

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARMUTLU YARIMADASI DOĞUSUNDA YER ALAN
OFİYOLİTİK, METAMORFİK VE SOKULUM KAYAÇLARININ
BİRLİKTELİĞİ VE KÖKENİ

MUTLU ÖZKAN

KOCAELİ 2013

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

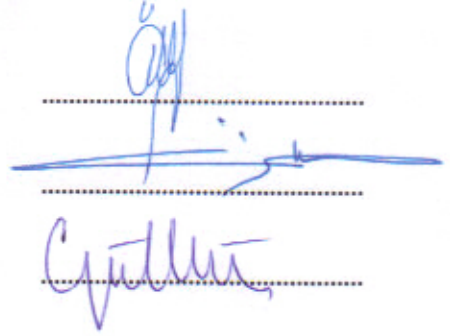
ARMUTLU YARIMADASI DOĞUSUNDA YER ALAN
OFİYOLİTİK, METAMORFİK VE SOKULUM KAYAÇLARININ
BİRLİKTELİĞİ VE KÖKENİ

MUTLU ÖZKAN

Doç. Dr. ÖMER FARUK ÇELİK
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. ÖMER FEYZİ GÜRER
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. GÜLTEKİN TOPUZ
Jüri Üyesi, İTÜ



Tezin Savunulduğu Tarih: 24.06.2013

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Armutlu Yarımadası'nın doğusunda, Sapanca ve Geyve (Sakarya) arasında yüzeyleyen metamorfik, ofiyolitik ve sokulum kayaçlarının kökenini ve birlikteliğini konu alan bu tez çalışması ile Dünya'da ve özellikle Türkiye'de nadir olarak gözlemlenen karbonatça zengin magmatik sokulum kayaçların çalışma alanını kapsayan bölgedeki varlığı ilk defa ortaya konulmuştur. Ayrıca ilk defa bu çalışma sonucunda ofiyolitik kayaçların oluşum yaşları Üst Jura olarak belirlenmiştir.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince fikirleriyle beni yönlendiren, yaptığımız çalışmalarla ilgili beni ve arkadaşlarımı sürekli motive eden, TÜBİTAK 112Y123 numaralı projede bursiyer olarak görevlendirerek maddi açıdan beni destekleyen ve bana iyi bir çalışma ortamı sağlayan saygıdeğer hocam ve danışmanın Doç. Dr. Ömer Faruk ÇELİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Üniversite de lisansüstü öğrencilerine oda temin ederek, bizlere çalışma ortamı sağlayan Jeoloji Mühendisliği bölümüne ve bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Ömer Feyzi GÜRER'e teşekkür ederim.

Tanıştığımız ilk günden bu yana daima yanımda olan çok değerli çalışma arkadaşım Jeoloji Yük. Müh. İsmail Emir ALTINTAŞ'a çok teşekkür ederim.

Tez yazım süresince her zaman yanımda olan Jeoloji Yük. Müh. arkadaşlarım Fatma ŞİŞMAN TÜKEL, Özlem YILDIZ, Hasan SİNİR, Kemal Anıl TÖZÜN ve Jeoloji Mühendisi arkadaşlarım Özlem ASLAN GÖKSUN, Onur YÜKSEKOL ve Ozan Rıza EKİM'e teşekkür ederim.

Kocaeli Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında tez çalışmamın önemli bir bölümü oluşturan tüm kayaç jeokimyası analizlerini yapılmasını sağlayan Doç. Dr. İrfan YOLCUBAL, Jeoloji Yük. Müh. Ayda DOĞRUL DEMİRAY ve ayrıca katkılarından dolayı Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ'ye teşekkür ederim.

Mineral kimyası analizlerini Padova Üniversitesi'nde (İtalya) gerçekleştiren Prof. Dr. Andrea MARZOLI ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nde ince kesit hazırlamama sayladığı imkân ve tez çalışmasının çeşitli bölümlerinde bilgi ve tecrübeleri ile bana yardımcı olan Prof. Dr. Gültekin TOPUZ'a teşekkür ederim.

Yaş tayini analizlerini Auburn Üniversitesi'nde (Amerika) gerçekleştiren Dr. Zeki BİLLOR ve izotop analizlerini Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştiren Dr. Serhat KÖKSAL'a teşekkür ederim.

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi (KOU) Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanırken, KOU Bilimsel Araştırmalar Proje birimi tarafından da (BAP, Hızlı Destek Proje No: 2011/32) kısmen desteklenmiştir.

Arazi çalışmaları sırasındaki desteklerinden dolayı Jeoloji Mühendisi ve Jeoloji Mühendisi öğrenci arkadaşlarım Serdal KARAAĞAÇ, Rahmi Melih ÇÖRTÜK, Fatih DEĞİRMENCİ, Deniz ALBAYRAK, Tuğçe ÖZYAVUZER, Önder Yücel ESENTÜRK ve Bekir GELENLİ'ye teşekkür ederim.

Hayatıma katmış olduğu mutluluk, huzur ve sevgi için Cansu ALKIŞ'a teşekkür ederim.

Bütün hayatım boyunca yanımda olan maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme; annem Fatma ÖZKAN'a, babam Hicret ÖZKAN'a ve çok sevgili kardeşim Metehan ÖZKAN'a gönülden minnettarım.

Haziran - 2013

Mutlu ÖZKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	2
1.1. Çalışma Yöntemi	2
1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu	4
1.3. Önceki Çalışmalar	7
1.4. Bölgesel Jeoloji	12
1.5. Karbonatitler	13
1.5.1 Karbonatitlerin tanımı	13
1.5.2. Karbonatitlerin Adlandırılması ve Sınıflandırılması	15
1.5.3. Karbonatitlerin Kökeni ve Kökeni Üzerine Tartışmalar	17
1.5.4. Türkiye’de Karbonatit Oluşumu ve Yayılımı	19
2. GENEL JEOLojİ	22
2.1. Geyve Boğazı Metamorfikleri	23
2.2. Dereçatı Formasyonu	29
2.3. Sapanca Kompleksi	31
2.3.1. Vartankeltepe Mafit-Ultramafikleri	34
2.3.2. Kocadağ Metabaziti	37
2.4. Karbonatça Zengin Dayklar	39
2.5. Bakacak Formasyonu	44
2.6. Arslanbey Formasyonu	46
2.7. Alüvyon	46
3. PETROGRAfİ VE MİNERAL KİMYASI	47
3.1. Geyve Boğazı Metamorfikleri	47
3.2. Sapanca Kompleksi	54
3.2.1. Vartankeltepe Mafit-Ultramafikleri	54
3.2.2. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metabaziti	64
3.3. Karbonatça Zengin Dayklar	65
4. TUM KAYAÇ JEOKİMYASI	74
4.1. Geyve Boğazı Metamorfikleri	74
4.2. Karbonatça Zengin Dayklar	79
4.3. Sapanca Kompleksi	87
4.3.1. Vartankeltepe Ultramafikleri-Mafit	87
4.3.2. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metabaziti	95
5. KARBONATÇA ZENGİN DAYKLARIN İZOTOP JEOKİMYASI	100
6. JEOKRONOLOjİ	102
7. KARBONATÇA ZENGİN DAYKLARIN KÖKENİ	105
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117

EKLER.....	128
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	162
ÖZGEÇMİŞ	163

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası	5
Şekil 1.2.	Çalışma alanının morfolojisini gösteren Dijital Yükseklik Modeli (DEM)	5
Şekil 1.3.	Çalışma alanının genel görünümü; (a) Sakarya Nehri tarafından kesilen Geyve Boğazı vadisinin görünümü (b) İkramiye köyü civarında gözlemlenen yoğun bitki örtüsünün görünümü	6
Şekil 1.4.	Türkiye'nin tektonik birlikleri ve kenet kuşaklarını gösteren tektonik haritası. (İAEK: İzmir-Ankara-Erzincan Kenedi, İTK: İç Torid Kenedi)	12
Şekil 1.5.	Karbonatitlerin Kimyasal Bileşimine göre sınıflanması	16
Şekil 1.6.	Karbonatitlerin Dünya üzerindeki dağılımı (İç dolgu siyah kareler karbonatit lokasyonlarını göstermektedir)	17
Şekil 1.7.	Türkiye'de gözlemlenen karbonatitik kayaların yüzeylediği lokasyonlar	19
Şekil 2.1.	Çalışma alanının jeoloji haritası	22
Şekil 2.2.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. Ölçeksizdir	23
Şekil 2.3.	Amfibolitik kayalarda mafik ve felsik renkli minerallerinin bolluğuna göre amfibolitler bantlı yapıda görünmektedir (36 T 0274748 D, 4502338 K)	24
Şekil 2.4.	Amfibolitlerde metamorfizmaya bağlı olarak gelişen sünek deformasyon yapılarının görünümü (36 T 0273312 D, 4501181 K)	25
Şekil 2.5.	(a), (b), İlksel yapısı korunmuş yastık yapılı mata-bazitlerin görünümü (36 T 0278724 D, 4499118 K)	25
Şekil 2.6.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında tektonik olarak yer alan kaba taneli masif dokulu amfibolitinin görünümü (36 T 0270673 D, 4500542 K)	26
Şekil 2.7.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında tektonik olarak yer alan amfibolit diliminde gözlemlenen (a) yoğun deformasyon ve (b) bu kayadaki granat minerallerinin görünümü (36 T 02706687 D, 4501099 K)	26
Şekil 2.8.	Geyve Amfiboliti'ni kesen meta-granitin görünümü (36 T 0273716 D, 4498775 K)	27
Şekil 2.9.	(a), (b), Metamorfizma sonrası amfibolite dönüşmüş bazik kökenli sokulum kayacının görünümü (36 T 0274105 D, 4500667 K)	27
Şekil 2.10.	Amfibolitik kayaları kesen genç (Alt Kretase sonrası) andezit/bazalt daykısı (36 T 0274688 D, 4501803 K)	28
Şekil 2.11.	Dereçatı Formasyonuna ait deforme çamurtaşlarının görünümü (36 T 0271855 D, 4499476 K)	30
Şekil 2.12.	Dereçatı Formasyonuna ait (a) biyoklastik kireçtaşı ve (b) çamurtaşı içerisinde gözlemlenen Spirifer sp. fosilinin görünümü (36 T 271683 D, 44996496 K)	30
Şekil 2.13.	Çalışma alanında yüzeyleyen Üst Kretase öncesi tektono-stratigrafik birimlerin ilişkilerini gösteren şematik kesit	32

Şekil 2.14.	Sapanca Kompleksi'nin olistostrom çökel özelliği gösteren seviyelerinde gözlemlenen çamurtaşı matriksi içindeki mermer olistolitlerinin görünümü (36 T 268265 D, 4498876 K; 36 T 0268395 D, 4498886 K).....	32
Şekil 2.15.	Sapanca Kompleksi içerisinde blok olarak yer alan meta-gabro ve onu kesen meta-bazaltın görünümü (36 T 0271867 D, 4502207 K).....	33
Şekil 2.16.	Sapanca Kopmleksi içerisinde yer alan meta-çakıltası örneğindeki çakıllarda metamorfizma etkisi ile oluşan yönlü doku ve uzamaların görünümü(36 T 027244 D, 4502812 K)	34
Şekil 2.17.	Vartankel Tepe ile Küçükkol tepe arasında yüzeyleyen (a) oldukça taze peridotitik kayalar ve bu kayalarda gözlemlenen (b) bantlı dokunun görünümü (36 T 0271876 D, 45011620 K)	35
Şekil 2.18.	Geyve Amfiboliti ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasında tektonik dokanak zonuna yakın kesimlerde ultramafik kayalarda gözlemlenen serpantinitleşme (36 T 0273785 D, 4502286 K)	35
Şekil 2.19.	Ultramafik kayalarda magmatik minerallerin tabakalanmasıyla oluşan bantlı dokunun görünümü (36 T 0271400 D, 4501192 K).....	36
Şekil 2.20.	Ultramafik kayalardaki plajiyoklas mineralinin bolluğuna bağlı olarak gabro seviyelerinin görünümü (36 T 0271404 D, 4501201 K)	36
Şekil 2.21.	(a), (b) Spinel içeren dünitlerde bantlı dokunun görünümü (36 T 0271468 D, 4501224 K; 36 T 0271452 D, 4500215 K).	37
Şekil 2.22.	Vebsterit içerisinde gözlemlenen pegmatit gabro daykının (a) uzaktan ve (b) yakından görünümü (36 T 0272111 D, 4501011 K).....	37
Şekil 2.23.	Kocadağ Metamorfitleri içerisinde gözlemlenen (a) mikaşist, (b) deformasyona uğramış meta-çört örneğinin görünümü (36 T 0271057 D, 4501544 K; 36 T 0270029, 4499915 K)	38
Şekil 2.24.	(a) ve (b) Kocadağ Metamorfitleri'ne ait meta-bazitlerde gözlemlenen yapraklanma (36 T 0271263 D, 4502046 K; 36 T 0270527 D, 4400249 K).....	38
Şekil 2.25.	Kocadağ Metamorfitleri içerisinde gözlemlenen mikaşist örneğindeki buruşma klivajının görünümü (36 T 0271057 D, 4501544 K).....	38
Şekil 2.27.	Karbonatça zengin dayklarının detay jeoloji haritasındaki konumu	39
Şekil 2.28.	Uydu görüntüsü üzerinde (Google Earth®) Karbonatça zengin dayklarının konumu ve bu dayklardan derlenen örnekleri gösteren yer bulduru haritası	40
Şekil 2.29.	Karbonatça zengin daykların (KZD), Geyve Amfiboliti ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki ilişkiyi ve bu birimlerden derlenen örneklerin yerlerini gösteren şematik kesit	40
Şekil 2.30.	Kirli sarımsı renkli ve hafif yönlenme gösteren KZD(1)'de gözlemlenen kuvars ksenolitinin (a) genel ve (b) yakından görünümü (36 T 272069 D, 4501012 K)	41
Şekil 2.31.	KZD(1) ve KZD(2)'nin görünümü (36 T 0272083, 4501002 K)	41
Şekil 2.32.	KZD(2)'e ait el örneğinin kirli beyaz renkli kaba taneli görünümü (36 T 0272083, 4501002 K)	42
Şekil 2.33.	(a) Açık pembe renkli KZD(3)'ün el örneğinde yakından görünümü ve (b) içermiş olduğu amfibolit ksenolitinin görünümü (36 T 027160 D, 4501056 K)	42
Şekil 2.34.	KZD(3) içerisinde gözlemlenen blok boyutundaki amfibolit ksenoliti (36 T 027160 D, 4501056 K).....	43
Şekil 2.35.	(a), (b) KZD(3) içerisinde gözlemlenen ultramafik kayaç ksenolitlerinin görünümü (36 T 027160 D, 4501056 K)	43

Şekil 2.36.	KZD(4)'ün (a) amfibolit içerisinde görünümü ve (b) içermiş olduğu amfibolit ksenolitlerinin yakından görünümü (36 T 0272186 D, 4501065 K).....	44
Şekil 2.37.	KZD(4)'ün amfibolit ksenoliti içeren el örneğinin (a) ayrılmış yüzeyinin ve (b) taze kırık yüzeyinin görünümü. (a) amfibolit ksenolitinin, içinde karbonatça zengin magmatik ergiyiğik etkisi ile oluşan kalsit minerallerinin karstik erimesi ile gözenekli görünüm kazanması (36 T 0272186 D, 4501065 K)	44
Şekil 2.38.	Bakacak Formasyonun genel görünümü; (a) Bolca kırık ve eklem/çatlak sistemine sahip yüzleklerin görünümü, (b) matriks destekli kötü boylanmalı çakıltaşı (36 T 0273822 D, 4497942 K).....	45
Şekil 2.39.	Bakacak Formasyonun genel görünümü; (a) Sivri Tepenin güneyindeki konglomeratik seviyelerin ve (b) Sivri tepe ile Koca Tepe arasında yüzeyleyen kumtaşı, çamurtaşı araldanmasından oluşan istifin görünümü (36 T 0271308 D, 4496961 K; 36 T 0271099 D, 4497771 K).....	45
Şekil 3.1.	Geyve Amfiboliti'ne ait M-069 numaralı granat amfibolit örneğinin (a) doğal ışık altındaki görünümü, (b) gnaysik ve bantlı yapılı, iri granat porfiroblastları içeren granat amfibolitinin görünümü (36 T 0274832 D, 4501602 K).....	48
Şekil 3.2.	M-030 numaralı granat amfibolit örneğinin (a) çapraz ve (b) doğal ışık altındaki görünümü.....	49
Şekil 3.3.	Granat mikaşist içerisindeki, (a) granat amfibolite ve (b) biyotit amfibolite dönüşmüş bazik kökenli sokulum kayalarının görünümü (36 T 0274105 D, 4500667 K)	49
Şekil 3.4.	Geyve Amfiboliti'ne ait granat mikaşist örneği; (a) İri öz şekilli granat mineralinin görünümü, (b) Kuvars (qz) kapanımları içeren iri granat (grt) porfiroblastı ve kuvars (qz), plajiyoklas (plj), biyotit (bio) ve sillimanit (sil) minerallerinin doğal ışık altındaki görüntüsü (36 T 0274105 D, 4500667 K)	50
Şekil 3.5.	Karbonatça zengin dayk içindeki amfibolit ksenoliti. (a) Amfibolit ile karbonatça zengin daykın (KZD) dokanak bölümünden hazırlanan ince kesitin görünümü: (b) Amfibolit ksenoliti, karbonatça zengin dayk ve iki kayaç arasındaki geçiş zonunun doğal ışık altındaki görüntüsü. İnce kesit camı üzerindeki numaralar, mineral kimyası analizi yapılan alanları temsil etmektedir. İnce kesit camının boyutları 4,7x2,7 santimetredir.....	51
Şekil 3.6.	(a), (b) M-083 numaralı örneğin doğal ışık altındaki görüntüleri.....	51
Şekil 3.7.	Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait amfibollerin, A odacığındaki Na+K 'a karşı Al(IV) sınıflandırma diyagramındaki dağılımları.....	52
Şekil 3.8.	(a) Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait feldspatların bileşimlerini gösteren An-Or-Ab diyagramı. b) M-081 numaralı örneğe ait ince kesitin görüntüsü. İnce kesitin üzerindeki numaralar, mineral kimyası analizleri gerçekleştirilen alanları göstermektedir. İnce kesit camının boyutları 4,7x2,7 santimetredir	53
Şekil 3.9.	Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait klinopiroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki yerleri.....	53
Şekil 3.10.	Vartankeltepe Ultramafik-Mafitleri'inde gözlemlenen mafik ve felsik minerallerinin bileşimsel bantlaşmasına bağlı olarak oluşan kümülat kayasının görünümü (36 T 271423 D, 4501268 K)	55
Şekil 3.11.	(a), (b) Ultramafik ve mafik kayalarda gözlemlenen kümülat dokularının doğal ışık altındaki görünümü.....	55

Şekil 3.12.	(a), (b) Oldukça taze olivin (ol), klinopiroksen (kpr), ortopiroksen (opr), minerallerden oluşan verlit örneğinin (M-048) doğal ve çapraz ışık altındaki görünümü	56
Şekil 3.13.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki yerleri	57
Şekil 3.14.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopiroksen minerallerinin Mg# ($100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$) değerlerinin ana oksit içeriklerine bağlı olarak karşılaştırılması	58
Şekil 3.15.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ortopiroksen minerallerinin Mg# ($100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$) değerlerinin ana oksit içeriklerine bağlı olarak karşılaştırılması	59
Şekil 3.16.	M-101 numaralı verlit örneğinin (a) ince kesit görüntüsü, (b) ortopiroksen ve spinel damarının doğal ışık altındaki görünümü. İnce kesit camının boyutları 4,4x2,7 santimetredir	59
Şekil 3.17.	(a), (b) M-003 ve M-113 numaralı örneklerdeki koyu yeşil zümrüt renkli spinel minerallerinin doğal ışık altındaki görünüşleri	60
Şekil 3.18.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait spinel minerallerinin Cr# - Mg# sınıflamasındaki yerleri	60
Şekil 3.19.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait spinel minerallerinin Cr# ($100 \cdot \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al})$) değerlerine karşı ana oksit bileşenlerinin değişimi	61
Şekil 3.20.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait spinel minerallerinin Mg# değerlerine karşı Cr# değerlerinin değişimi gösteren şekil	62
Şekil 3.21.	M-105 numaralı amfibol vebsterit örneğinin (a) ince kesit görüntüsü ve (b) doğal ışık altındaki görünümü	63
Şekil 3.22.	M-006 numaralı kümülat gabro örneğinin (a) batlı ve kaba taneli görünümü, (b) doğal ışık altındaki görünümü	63
Şekil 3.23.	Ultramafik-mafik kümülat kayaçlarına ait amfibollerin, A odacığındaki Na+K 'a karşı Al(IV) sınıflandırma diyagramındaki dağılımları	64
Şekil 3.24.	KZD(2) (M-103-b)'nin doğal ışık altındaki görünümü	66
Şekil 3.25.	KZD(3)'e ait M-109 numaralı örnekte gözlemlenen, kalsit (kal), flogopit (phl) ve klinopiroksen (kpir) mineralleri. (a) iri kalsit mineralleri içerisindeki kalsit eksolüsyon lamellerin doğal ışık altındaki görünümü: (b) klinopiroksen mineralleri içerisindeki kalsit kapanımlarının polarize ışık altındaki görünümü	66
Şekil 3.26.	M-103a (KZD(1)) ve M-082 (KZD(3)) numaralı örneklerde gözlemlenen klinopiroksen minerallerinin doğal ve çapraz ışık altındaki görünüşleri	67
Şekil 3.27.	Karbonatça zengin dayklara ait piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki yerleri	68
Şekil 3.28.	Karbonatça zengin dayklarda klinopiroksen minerallerinin Mg# ($100 \cdot \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$) değerlerinin ana oksit içeriklerine göre karşılaştırılması	69
Şekil 3.29.	M-109 (KZD(3))'da gözlemlenen kalsit (kal), klinopiroksen (kpir.) ve flogopit (phl) minerallerinin (a) çapraz ve (b) doğal ışık altındaki görünüşleri	69
Şekil 3.30.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait mika minerallerinin Al-Si-M ²⁺ diyagramında gösterimi	70
Şekil 3.31.	M-081 numaralı örneğinin doğal ışık altındaki görünümü	70
Şekil 3.32.	Karbonatça zengin dayklara ait feldspatların bileşimlerini gösteren An-Or-Ab diyagramı	71

Şekil 3.33. Karbonatça zengin dayklara ait sfen minerallerinin % Ağ. TiO_2 içeriklerine karşı % Ağ. $FeO_{(toplam)}$ ve Al_2O_3 içeriklerinin karşılaştırılması	72
Şekil 3.34. Karbonatça zengin dayklara ait pumpelleyit minerallerinin Al_2O_3 - MgO - $FeO_{(toplam)}$ üçgen sınıflama diyagramındaki yerleri.....	73
Şekil 4.1. (a) Geyve Amfiboliti'ne ait amfibolitik kayaçların Zr/Ti oranlarının Nb/Y oranları ile karşılaştırılması, (b) aynı kayaçların Ti/Y oranlarının Nb/Y oranları ile karşılaştırılması	76
Şekil 4.2. Geyve Boğazı Metamorfite'leri'ne ait amfibolitik kayaçların çeşitli tektono-magmatik ayırım diyagramları (a) Ti/100-Y*3-Zr diyagramı (b) Hf/3-Nb/16-Th diyagramı (c) Nb*2-Y-Zr/4 diyagramı (d) Zr – Zr/ Y diyagramı (e) Th/Yb-Nb/Yb (f) Y – Cr (g) V-Ti diyagramı (i) Ti-Zr diyagramı. Kısaltmalar: N-MORB, normal okyanus ortası sırtı bazaltları; E-MORB, zenginleşmiş MORB; OIB, okyanus adası bazaltı; IAB, Ada yayı bazaltı; VAB, volkanik yay bazaltları; WPB, plaka içi bazaltları; WPT, plaka içi toleyitleri; WPAB, plaka içi alkali bazaltları	78
Şekil 4.3. Geyve Boğazı Metamorfite'leri'nden derlenen amfibolitik kayaçların Kondrit'e göre normalize edilmiş nadir toprak elementleri (NTE) diyagramı.....	79
Şekil 4.4. Geyve Boğazı Metamorfite'leri'nden derlenen amfibolitik kayaçların N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramı	79
Şekil 4.5. Karbonatça zengin daykların % CaO içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması	82
Şekil 4.6. Karbonatça zengin daykların % CaO içeriklerine karşı iz element bileşenlerinin karşılaştırılması	83
Şekil 4.7. Karbonatça zengin daykların ağırlıkça %. SiO_2 içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması	84
Şekil 4.8. Karbonatça zengin daykların ağırlıkça % SiO_2 içeriklerine karşı iz element bileşenlerinin karşılaştırılması	85
Şekil 4.9. Karbonatça zengin daykların CaO - MgO - $FeO_{(toplam)}$ + MnO diyagramındaki yerleri.....	86
Şekil 4.10. Karbonatça zengin daykların kondirite normalize nadir toprak elementi (NTE) diyagramı	86
Şekil 4.11. Karbonatça zengin daykların toplam nadir toprak içeriklerine (ΣNTE) karşı CaO içeriklerinin karşılaştırılması	87
Şekil 4.12. Karbonatça zengin daykların ilksel manto bileşimine normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramı	87
Şekil 4.13. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin Al_2O_3 - MgO - CaO ayırtman diyagramındaki yerleri.....	91
Şekil 4.14. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin MgO içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması.....	92
Şekil 4.15. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin MgO içeriğindeki değişime karşı iz element içeriklerinin karşılaştırılması	93
Şekil 4.16. Kondirite normalize edilmiş mafik kümülat kayaçların diyagramı	94
Şekil 4.17. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait mafik kayaçların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramları	95
Şekil 4.18. Kondirite normalize edilmiş ultramafik kümülat kayaçların diyagramı.....	95
Şekil 4.19. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ultramafik kayaçların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramları.....	96
Şekil 4.20. Kondirite normalize edilmiş ultramafik kümülat (M-048, M-052) ve mafik kümülat (M-049, M-051) kayaçların diyagramı	96

Şekil 4.21.	Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfitleti'nden derlenen volkanik kayaların (a) Zr/Ti oranları ile Nb/Y oranlarının karşılaştırılması, (b) Ti/Y oranlarını ile Nb/Y oranlarının karşılaştırılması	97
Şekil 4.22.	Sapanca Kompleksi'ne ve Kocadağ Metamorfitleti'ne ait litolojilerin çeşitli tektono-magmatik ayırım diyagramları (a) Ti/100-Y*3-Zr diyagramı (b) Hf/3-Nb/16-Th diyagramı (c) Nb*2-Y-Zr/4 (d) Zr – Zr/ Y diyagramı (e) Th/Yb-Nb/Yb (f) Y – Cr diyagramı (g) V-Ti diyagramı (ı) Ti-Zr diyagramı. Kısaltmalar: N-MORB, normal okyanus ortası sırtı bazaltları; E-MORB, zenginleşmiş MORB; OIB, okyanus adası bazaltı; IAB, Ada yayı bazaltı; VAB, volkanik yay bazaltları; WPB, plaka içi bazaltları; WPT, plaka içi toleyitleri; WPAB, plaka içi alkali bazaltları.....	100
Şekil 4.23.	Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfitleti'nden derlenen volkanik kayaların kondirite normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramı	101
Şekil 4.24.	Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfitleti'nden derlenen volkanik kayaların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramı.....	101
Şekil 5.1.	Karbonatça zengin dayklara ait $^{87}\text{Sr}/\text{Sr}^{86}_{(i)}$ ve ilksel ϵNd oranlarının karşılaştırılması.....	102
Şekil 5.2.	Karbonatça zengin daykların CaO içerikleri ile (a) $^{87}\text{Sr}/\text{Sr}^{86}_{(i)}$ ve (b) ilksel ϵNd oranlarının karşılaştırılması	103
Şekil 6.1.	(a), (b) M-103 numaralı karbonatça zengin dayk örneğine ait mika minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu (İç boş dikdörtgenler tarihlendirmede kullanılmamıştır).....	105
Şekil 6.2.	M-006 numaralı gabro örneğine ait amfibol minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu.....	105
Şekil 6.3.	(a), (b) M-061 numaralı mikaşist örneğine ait muskovit minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu.....	106
Şekil 7.1.	Kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramları; (a) Çalışma alanındaki karbonatça zengin daykların Woolley ve Kempe, (1989) tarafından önerilen ortalama kalsiokarbonatit bileşimi ile karşılaştırılması, (b) Le bas ve diğ., (2002) tarafından yapılan çalışmadaki kalk silikat kayaları	110
Şekil 7.2.	İlksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında çalışma alanındaki karbonatça zengin dayklar ile ortalama kalsiokarbonatit bileşimin karşılaştırılması	110
Şekil 7.3.	İlksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında, çalışma alanındaki Grup 1 KZD ve Grup 2 KZD kayalarının ortalama bilişimleri ile Kavaklıdere (Muğla) yöresindeki mermerlerinin ortamla bileşiminin ortalama kalsiokarbonatit bilişimi ile karşılaştırılması.....	111
Şekil 7.4.	Çalışma alanındaki karbonatça zengin daykların (KZD'lar) küresel karbonatit verileri ile $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarına karşı $\epsilon\text{Nd}(i)$ oranları açısından karşılaştırılması. (Sembol gösterimleri; yeşil daireler, Afrika karbonatitleri; kırmızı daireler, Amba Dongar (Hindistan); sarı daireler, Laiwa-Zibu (LZ) karbonatitleri; pembe içi dolu kareler, Jacupiranga (Brezilya); turuncu içi dolu üçgenler, okyanusal karbonatitler; kahverengi içi dolu üçgenler, Pakistan karbonatitleri; siyah asteriks, Vulture (İtalya); siyah çarpı, Walloway Avustralya. Taralı alanlar; Açık yeşil alan yitim ile alakalı İtalya karbonatitlerini göstermektedir; Açık Pembe renkli	

alan, MORB+OIB türündeki küresel bazalt alanları
göstermektedir. DAKÇ = Doğu Afrika Karbonatit Çizgisi 112

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Karbonatitik kayaçlarda gözlemlenen başlıca mineraller (* yalnızca natrokarbonatit içinde bulunan minerallerdir)	15
Tablo 1.2.	Karbonatitik kayaçların mineralojik ve dokusal sınıflaması	16
Tablo 3.1.	Geyve Boğazı ve civarından derlenen, Geyve Amfiboliti'ne ait değişik kayaç türlerinin mineralojik ve petrografik özellikleri.....	47
Tablo 3.2.	Vartankel Tepe ile Küçüköl Tepe arasından derlenen, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin mineralojik ve petrografik özellikleri.....	54
Tablo 3.3.	Sapanca Kompleksinden derlenen litolojilerinin mineralojik ve petrografik özellikleri.....	64
Tablo 3.4.	Geyve Boğazı vadisinin doğusunda yer alan, karbonatça zengin dayklardan derlenen örneklerin petrografik özellikleri	65
Tablo 4.1.	Geyve Amfiboliti'ne ait beş örneğin ana, iz ve nadir toprak element sonuçları	75
Tablo 4.2.	Karbonatça zengin dayklardan derlenen örneklerin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri	81
Tablo 4.3.	Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait kayaçların ana, iz ve nadir toprak elementi analiz sonuçları.....	89
Tablo 4.4.	Sapanca Kompleksi'ne ve Kocadağ Metamorfitleri'ne ait volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element içerikleri	98
Tablo 5.1.	Karbonatça zengin dayklara ait Sr-Nd izotop içerikleri. $\epsilon Nd(i)$ değerleri (145 My önce) CHUR'un bugünkü değerleri $^{143}Nd/^{144}Nd = 0,512638$ ve $^{147}Sm/^{144}Nd = 0,1967$ kullanılarak hesaplanmıştır. Nd model yaşları (TDM) tüketilmiş mantoya göre, tüketilmiş mantonun bugünkü değerleri $^{144}Nd/^{143}Nd = 0,513151$ ve $^{147}Sm/^{144}Nd = 0,219$ kabul edilerek hesaplanmıştır	102
Tablo 7.1.	Dünya üzerinde tanımlanan bazı karbonatit komplekslerinin Sr-Nd izotop oran aralıkları.....	113

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

Ab	: Albit
AKD	: Ateşte kayıp değeri
Amf	: Amfibol
ANTE	: Ağır nadir toprak elementleri
Ap	: Apatit
Ar	: Argon
Bio	: Biyotit
BSE	: Bulk silicate earth (Toplam silikat yer bileşimi)
°C	: Santigrat
Chl	: Chlorite (Klorit)
Ep	: Epidot
g	: Gram
Grt	: Granat
HFSE	: High field strength elements (Yüksek alan şiddetli elementler)
HNTE	: Hafif nadir toprak elementleri
ICP-MS	: Inductively coupled plasma - mass spectrometer (Endüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi)
K-feld	: Potasyum feldspat
KAFZ	: Kuzey Anadolu fay zone
Kal	: Kalsit
Km	: Kilometre
Kpir	: Klinopiroksen
KZD	: Karbonatça zengin dayk
LILE	: Large-ion lithophile elements (Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler)
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mus	: Muskovit
My	: Milyon yıl
N	: Mol
Ol	: Olivin
Opir	: Ortopiroksen
Opq	: Opaq (Opak)
Qz	: Quartz (Kuars)
Pa.s	: Paskal-saniye
Phl	: Phlogopite (Flogopit)
Plj	: Plajiyoklas
ppm	: Milyonda bir
Rt	: Rutil
Serp	: Serpantin
Ska	: Skapolit
Sfn	: Sfen
Sil	: Sillimanit
Spn	: Spinel
XRF	: X-ray fluorescence (X-Işını Floresans)

ARMUTLU YARIMADASI DOĞUSUNDA YER ALAN OFİYOLİTİK, METAMORFİK VE SOKULUM KAYAÇLARININ BİRLİKTELİĞİ VE KÖKENİ

ÖZET

Armutlu Yarımadası'nın (KB Anadolu) doğusunda yer alan çalışma alanı, birbirleri ile tektonik ilişkili Alt-Orta Devoniyen yaşlı Dereçatı Formasyonu, Triyas yaşlı Geyve Boğazı Metamorfikleri, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Sapanca Kompleksi ve Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu'ndan meydana gelmektedir. Geyve Boğazı Metamorfikleri ve Sapanca Kompleksi, Alt Pleyistosen yaşlı Arslanbey Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Sapanca Kompleksi başlıca mermerler, volkanitler, gabrolar, serpantinleşmiş peridotitler, ultramafik-mafik kümülatlarla temsil edilmekte olup, bu kayaçlar düşük dereceli başkalaşım gösteren çamurtaşı ve serpantin matrisi içinde yer almaktadır. Sapanca Kompleksi içerisindeki mafik kümülatlara ait bir gabro örneğinden $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ tarihlendirmesiyle Üst Jura ($158,46 \pm 0,26$ My) oluşum yaşı elde edilmiştir. Aynı yöntemle, bir mikaşist (Kocadağ Metamorfikleri) numunesinden elde edilen ak mikalardan Alt Kretase metamorfizma yaşı elde edilmiştir.

Geyve Boğazı Metamorfikleri ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki tektonik zon boyunca her iki kayaç grubunu kesen karbonatça zengin daykların varlığı ilk kez bu çalışmayla tespit edilmiştir. Tüm kristalli ve kaba taneli minerallerden oluşan bu kayaçlar başlıca kalsit, $\pm$ klinopiroksen, $\pm$ plajiyoklas, $\pm$ mika (muskovit, flogopit), $\pm$ granat, $\pm$ K-feldspat minerallerinden oluşmaktadırlar. Bu kayaçların ana, iz, nadir toprak element içerikleri ve Sr-Nd izotop oranlarına göre kıtasal kabuk kökenli oldukları tespit edilmiştir. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ tarihlendirmesiyle karbonatça zengin daykların sokulum yaşı 145 My olarak belirlenmiştir. Bu yaş verisi Sapanca Kompleksi ile Geyve Boğazı Metamorfikleri'nin 145 My önce bir araya geldiklerini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Armutlu Yarımadası, Jura, Karbonatça zengin dayklar, Karbonatitler, Ofiyolit.

THE ORIGIN AND ASSOCIATIONS OF OPHIOLITIC, METAMORPHIC AND INTRUSIVE ROCKS IN THE EASTERN ARMUTLU PENINSULA

ABSTARCT

The investigated area, located at the eastern part of the Armutlu Peninsula, is made up of Middle to Early Devonian Dereçatı formation, Triassic Geyve Boğazı Metamorphics, Late Jurassic-Early Cretaceous Sapanca Complex and Late Cretaceous Bakacak Formation which are in tectonic contact with each others. The Geyve Boğazı Metamorphics and the Sapanca Complex are unconformably overlain by Lower Pleistocene Arslanbey formation.

Sapanca Complex are composed mainly of marbles, volcanites, gabbros, serpentized peridotites, ultramafic-mafic cumulates which are located in the low grade metamorphosed mudstone and serpentinite matrix. A gabbro sample from mafic cumulates of the Sapanca complex was dated by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method and yielded Upper Jurassic (158.46 ± 0.26 Ma) crystallization age. Early Cretaceous age was obtained by the same method from white micas of micaschist of the Kocadağ Metamorphics.

The carbonate-rich dykes observed along thrust zone of the Geyve Boğazı Metamorphics and Vartankeltepe ultramafites were firstly determined in this study. These dykes have xenoliths both from the Geyve Boğazı Metamorphics and Vartankeltepe Ultramafite-Mafites. These dykes, consisting mainly of calcite, $\pm$ clinopyroxene, $\pm$ plagioclase, $\pm$ mica (muscovite, phlogopite), $\pm$ garnet, $\pm$ K-feldspar, are coarse grained and holocrystalline. The origin of these rocks is related to the continental crust based on whole rock major, trace, rare earth element and Sr-Nd isotope ratios. Intrusion age of the carbonate-rich dykes is 145 My based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. This age indicate that the Sapanca Complex was tectonically together with the Geyve Boğazı Metamorphics around 145 My ago.

Key Words: Armutlu Peninsula, Jurassic, Carbonate-rich dykes, Carbonatites, Ophiolite

GİRİŞ

Çalışma alanının içerisinde bulunduğu Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve genellikle tektonik ağırlıklı genel jeoloji çalışmaları yapılmıştır (ör: Akartuna, 1968; Göncüoğlu ve diğ., 1987; Yılmaz ve diğ., 1995). Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte jeokimyasal (tüm kayaç jeokimyası, mineral kimyası vb.) ve jeokronolojik çalışmalar hız kazanmıştır (ör: Robertson ve Ustaömer, 2004; Okay ve diğ., 2008; Çelik ve diğ., 2009; Akbayram ve diğ., 2012). Yapılan çalışmalarda kayaç birimlerinin adlandırılması, sınıflandırılması, köken ve oluşum zamanı konularında görüş ayrılıkları bulunmaktadır. Görüş ayrılıklarının temelini, bölgenin jeolojik zaman içerisinde birden fazla deformasyona uğraması ve jeokronolojik verilerinin eksik olmasıdır. Bunların dışında Armutlu Yarımadası genelinde litolojilerin yoğun bitki örtüsü ve kalın toprak tabakası tarafından kapatılmış durumda olması bölgenin jeolojisinin detaylı incelenmesini engellemektedir.

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma alanı, bölgenin jeolojik evrimine katkı koyması amacıyla Armutlu Yarımadası'nın doğusunda Geyve Boğazı boyunca yer alan metamorfik ve magmatik kayaç topluluklarını kapsayacak şekilde belirlenmiştir. İlk defa bu tez çalışması esnasında, çalışma alanı içerisinde karbonatça zengin magmatik kayaçların varlığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Geyve Boğazı çevresinde yüzeyleyen karbonatça zengin kayaçların kökenlerinin belirlenmesi ve bu kayaçların sokulum yaptığı, ksenolit olarak içine aldığı ve dokanak oluşturduğu metamorfik/magmatik çevre kayaçlarıyla olan jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik ilişkilerini de incelemektir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışma Yöntemi

Tez çalışması üç aşamada gerçekleştirilmiş olup, uygulanan yöntemler sırasıyla; (i) arazi çalışması, (ii) laboratuvar çalışmaları ve (iii) elde edilen verilerin değerlendirilmesidir. Bu aşamalar esnasında jeolojik haritalama, petrolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Armutlu Yarımadası'nın doğusunda, Sakarya ilinin, Sapanca ve Geyve ilçelerinde yer alan bölgede detaylı arazi çalışmaları yürütülmüştür. 2011-2012 yıllarında, ağırlıklı olarak yaz aylarında gerçekleştirilen arazi çalışmalarıyla bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası çizilerek, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik analizler için 45 adet örnek derlenmiştir. Jeoloji haritası yapımında ADAPAZARI G24-c1 ve G24-c4 pafta numaralı topografya haritalardan yararlanılmıştır.

Araziden derlenen örnekler, Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda taş kesme makinesi ile kesilerek, ince kesit yapımına hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan 39 adet kesilmiş kayaç örneğinin, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yer alan İnce Kesit Yapım Atölyesi'nde ince kesitleri hazırlanmıştır. Bu ince kesitlerin petrografik incelemeleri, Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mikroskop Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Araziden derlenen örneklerden en az alterasyon içeren 35 adet örnek seçilmiştir. Seçilen kayaç örnekleri ilk olarak Kocaeli Üniversitesi (KOU) Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda çeneli kırıcı vasıtasıyla kırılarak kayaç yaklaşık 1 santimetre ve daha küçük çaptaki parçalara küçültülmüştür. Çeneli kırıcıda hazırlanan örnekler agat pulvarizatörde öğütülerek pudra haline getirilmiştir. Pudra haline getirilen örnekler KOU Jeoloji Mühendisliği Analitik Jeokimya Laboratuvarı'nda XRF ve ICP-MS cihazlarında tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Ana element ve iz elementlerin bir bölümünün analizleri için pudra halindeki kayaç örneğinden yaklaşık 2 gram alınarak bağlayıcı madde (borik asit) ile hidrolik pres altında disk haline getirilmiştir. Disk halindeki numuneler SKYRAY EDX3600 model EDXRF cihazı ile analiz edilmiştir. İz ve nadir

toprak element analizleri için pudra halindeki 200 miligram örnek 1,4 gram Spektromelt tozu (lityum-tetraborat, %66-%34) ile karıştırılarak kül fırında 30 dakika boyunca 1100 °C'de karbon kroze içerisinde ergitilmiştir. Ergitilen numune, ultra saf su içerisinde hazırlan % 5'lik ultra saf HNO₃ (Nitrik asit) çözeltisine aktarılarak 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılarak numunenin asit çözeltisi içerisinde çözünmesi saylanır. Çözünmüş olan numunelerin Perkin Elmer DRC-e model ICP-MS cihazı ile iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Ana, iz ve nadir toprak element analizi yapılan örneklerinin içerdikleri kristal öz suyu ve uçucu miktarını belirlemek için, ateşte kayıplar hesaplanmıştır. Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Analitik Jeokimya Laboratuvarları'nda analiz edilecek olan her bir örneğin, daha önceden hazırlanan toz örnekleri kullanılmıştır. Kristal suyunu belirlemek için örnekler, 110 °C'deki fırında 12 saat kurutulmuştur. Kurutulan her bir örnekten yaklaşık 1,5 gram kadar (A1) alınmış ve ateşte kaybı (AK) hesaplamak için 900 °C'de 2 saat boyunca kavrulmuşlardır. Fırından alınan örnekler ılık duruma gelince yeniden tartılmıştır (A2). Isıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki farklar belirlenerek, örneklerin ateşte kayıpları hesaplanmıştır (AK = A1– A2). Bu farkın, başlangıçtaki (A1) örnek miktarına oranlanıp, 100 ile çarpılması ile örneğe ait ateşte kayıp oranları (AKO) bulunmuştur (AKO = 100*(AK/A1)).

Petrografik incelemeler sonucu 10 adet ince kesit örneği mineral kimyası analizleri için seçilmiştir. Mineral kimyası analizleri Padova Üniversitesi'nde (İtalya) Prof. Dr. Andrea Marzoli tarafından yapılmıştır. Analitik yöntem Çelik ve diğ., (2013)'de anlatıldığı gibidir.

⁴⁰Ar/³⁹Ar radyometrik yaş tayini için üç adet örnek belirlenmiştir. Bu örneklerin ikisinden mika mineralleri, diğer örnekten ise amfibol mineralleri ayıklanmıştır. Ölçümler, Auburn Üniversitesi Jeokronoloji laboratuvarında (ANIMAL) Dr. Zeki Billor tarafından gerçekleştirilmiştir. Analitik yöntem Çelik ve diğ., (2013)'de verildiği gibidir.

Stronsiyum ve neodmiyum izotop jeokimyası analizleri, ODTÜ Merkez Laboratuvarı'nda Dr. Serhat Köksal tarafından yapılmıştır. Toz halindeki kayaç örneklerinin her birinden yaklaşık 80 mg tartılarak Savillex PFA şişelere aktarılmıştır. Örnekler, 4 mL % 52 HF içinde 4 gün süreyle 160 °C'lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde kurutulan örnekler önce 4

mL 6 N HCl içinde bir gün süreyle çözülmüştür. Örnekler tekrar ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılıp kurutularak 1 mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir.

Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamentleri üzerine Ta-aktivatör kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ verileri $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ 'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı $0,710244 \pm 10$ (n=2) olarak ölçülmüştür. Uzun dönemli ölçümlerde ise Sr NBS 987 standardından $0,710250 \pm 10$ (n=90) sonucu elde edilmiştir.

Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.022 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad- reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0,005 N H_3PO_4 ile birlikte filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ ile normalize edilmiş, Nd LaJolla standardı ise $0,511850 \pm 5$ (n=2) olarak ölçülmüştür. Uzun dönemli ölçümlerde ise Nd LaJolla standardından $0,511848 \pm 5$ (n=71) sonucu elde edilmiştir.

Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir. Ölçüm sonuçları üzerinde bias düzeltmesi yapılmamıştır.

Büro çalışmalarında, arazide topoğrafya haritası üzerine çizilen jeoloji haritası bilgisayar ortamına aktararak yeniden çizilmiştir. Ayrıca, petrografik ve jeokimyasal analiz sonuçları değerlendirilerek, arazi gözlemleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen tüm veriler ve sonuçlar tez halinde yazılmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

İnceleme alanı, Armutlu Yarımadası'nın Doğusunda yer almakta olup, Sakarya iline bağlı Sapanca ve Geyve ilçeleri arasında kalan yaklaşık 67 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1.1). Bölgedeki başlıca yerleşim alanları Doğançay kasabası ile İlimbey, Karaçam, Nuriosmaniye, Fındıksuyu ve İkramiye köyleridir (Şekil 1.2).

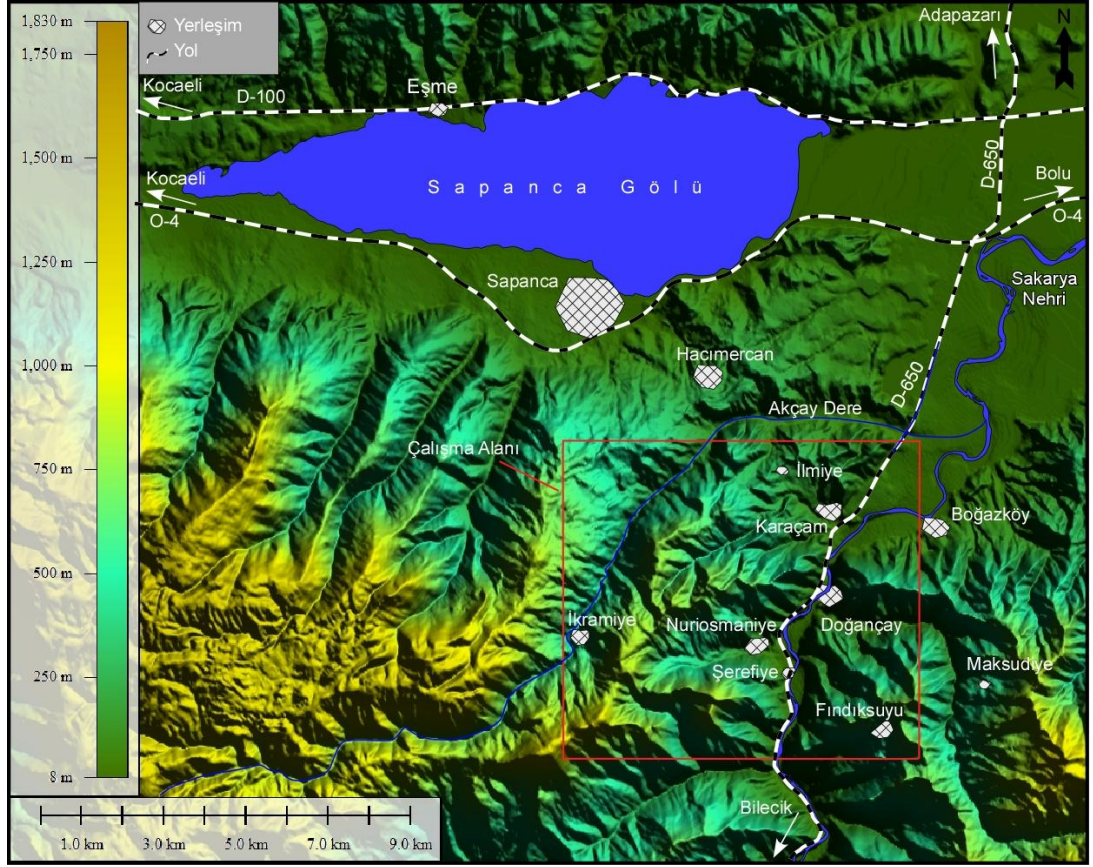
Çalışma alanının ana ulaşım hatları (İstanbul-Ankara Otoyolu (O-04) ve Sakarya-Bilecik (D-650) üzerinde yer alması nedeniyle (Şekil 1.2) ulaşım imkânları açısından oldukça gelişmiştir. Arazi içindeki yüksek dağlık alanlarda ise ormancılık faaliyetleri için Orman İşletme Müdürlüğü'nün açmış olduğu çok sayıda orman yolları bulunmaktadır.

Çalışma alanı oldukça engebeli topoğrafyaya sahip olup, derin vadiler tarafından kesilmektedir (Şekil 1.2). Geyve Boğazı vadisi, Sakarya Nehri tarafından kesilen dar ve derin bir vadi niteliğindedir (Şekil 1.3a). Çalışma alanındaki başlıca yükseltiler; Ihlamur Tepe (514 m), Top Tepe (624 m), Vartankel Tepe (713 m), Küçükkol Tepe (837 m), Sivri Tepe (877), Koca Tepe (891 m), Çilingir Tepe (1023 m) olarak sıralanmaktadır.

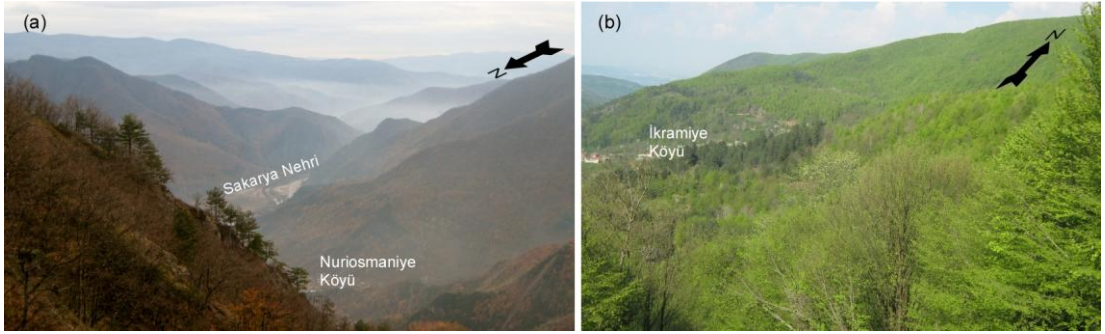


Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Marmara bölgesinde yer alan çalışma alanının iklimi; Karadeniz iklimi ile Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında görülen Akdeniz iklimi arasında geçiş niteliğindedir, sıcaklık ve yağış rejimi olarak bu iki iklimin de özelliklerini gösterir. Yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir fakat yazları kurak da değildir. Kışları Akdeniz ikliminin aksine soğuk geçer. Bitki örtüsü de alçak kesimlerde Akdeniz bitki örtüsü, yükseklerde ise Karadeniz kıyılarındaki gibi nemli ormanlar yer alır (Şekil 1.3b). Ormanlık alanlarda karaçam, kayın, meşe, kestane, kızılğaç, gürgen, kızılcık ve fındık sık olarak karşılan ağaç türleridir.



Şekil 1.2. Çalışma alanının morfolojisini gösteren Dijital Yükseklik Modeli (DEM)



Şekil 1.3. Çalışma alanının genel görünümü; (a) Sakarya Nehri tarafından kesilen Geyve Boğazı vadisinin görünümü (b) İkraniye köyü civarında gözlemlenen yoğun bitki örtüsünün görünümü

Su kaynakları açısından oldukça zengin olan inceleme alanında, Sakarya Nehri ve Akçay Dere en önemli su kaynaklarını oluşturmaktadır. Aynı zamanda çalışma alanın kuzeyinde yer alan Sapanca gölü, bölgenin en önemli tatlı ve içme suyu kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca bölgede yer alan sayısız kaynak çevredeki köylerin içme suyu gereksinimini karşılamaktadır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Armutlu Yarımadası'nın jeolojisine dair ilk detaylı çalışma Akartuna, (1968) tarafından gerçekleştirilmiştir. Akartuna (1968) çalışmasında, bölgede temel kayaçları temsil eden metamorfik kayaçları ve örtü birimleri tanımlanmıştır. Metamorfik kayaçları, Permokarbonifer öncesi yaşta kristalen şistler olarak değerlendirmiştir. Bu metamorfik kayaçların, Üst Kretase – Tersiyer yaşlı çökel ve volkanit kayaçlar tarafından uyumsuz olarak örtüldüklerini belirtmiştir.

Atan ve Akartuna (1981)'de, Geyve Boğazı boyunca yaptıkları çalışmada, Alt Devoniyen öncesi şist ve gnaysların bölgenin temelini oluşturduğunu ve Alt-Orta Devoniyen fosilleri içeren düşük dereceli metamorfik kayaçlar tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir. Tüm bu metamorfik kayaçların Jura ve daha genç çökeller tarafından ortak olarak örtüldüğünü vurgulamışlardır.

Şöngör ve Yılmaz (1981), tarafından oluşturan tektonik modelde, Rodop-Pontid fragmanı ile Sakarya Kıtası arasındaki sınırı belirleyen kenet kuşağının Armutlu Yarımadası'ndan geçtiği ve Üst Kretase ofiyolitik melanji ile temsil edildiğini belirtilmiştir. Bölgedeki ofiyolitik melanjin, Geç Jura döneminde açılan İç Pontid okyanusunun, Geç Kretase-Erken Tersiyer'de kapanması ile oluştuğunu savunmuşlardır. Bu kenet kuşağının Rodop - Pontid fragmanı ile Sakarya Kıtası arasındaki kapanmasından devam eden süreçte Eosen boyunca bölgede magmatik yayın etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Göncüoğlu ve diğ., (1987, 1992), Armutlu Yarımadası'nın Senomaniyen öncesi iki tektonik birlikten oluştuğunu savunmuşlardır. Bunlardan ilki, İznik Metamorfikleri olarak isimlendirdikleri ve Gemlik'in Kuzeyinde ve Sapanca gölü ile İznik arasında yüzeyleyen düşük dereceli metamorfiklerdir. İznik Metamorfiklerini de kendi içerisinde Şist-Mermer birimi ve Ofiyolitli Şistler olarak ikiye ayırmışlardır. Triyas yaşlı Şist-Mermer birimi İznik Metamorfiklerin alt bölümünü oluşturmakta ve temel niteliği taşımaktadır. İznik Metamorfiklerinin alt bölümünü oluşturan Şist-Mermer birimin üst kesimlerinden Üst Triyas yaşlı konodont fosilleri elde etmişlerdir (Önder ve Göncüoğlu, 1989). Ofiyolitli Şistler ise Şist-Mermer birimi üzerine uyumlu olarak gelmekte bölgede kapanan İç Pontid okyanusunun parçalarını temsil etmektedir. Ofiyolitli Şistleri, çökel ve volkanik kayaçlar içinde, mercekler ya da bloklar halindeki karbonat ve ofiyolitik kayaçlardan meydana geldiğini tanımlamışlardır. Ofiyolitli Şistlerin en üst düzeyinde bulunan genellikle diyabazik nitelikte meta-lavlar ve

piroklastik kayaçlar Metavolkanik birim olarak adlandırılmıştır. Ofiyolitli Şistlerin Üst Jura-Alt Kretase yaşlı olabileceğini düşünmüşlerdir.

Pamukova Metamorfikleri olarak adlandırılan ikinci tektonik birlik ise, Prekambriyen yaşlı yüksek dereceli metamorfiklerden ve Paleozoyik yaşlı düşük dereceli meta-kırıntılılardan meydana gelmektedir. Kuvarsit, şist, mermer, amfibolit ve meta-granit sokulumlarından oluşan Prekambriyen yaşlı yüksek dereceli metamorfiklerin, Paleozoyik yaşlı meta kırıntılılar tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir. Pamukova ve İznik Metamorfiklerini uyumsuz olarak örten en yaşlı çökel kayaçların Üst Kretase yaşlı olduklarını vurgulamışlardır.

Bozcu, M., (1992), Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolunun güneyinde kalan alanlarda yüzeyleyen birimleri "Güney Topluluk", kuzeyinde kalan alanlarda yüzeyleyen birimleri ise "Kuzey Topluluk" olarak isimlendirmiştir. Kuzey Toplulukta yüzeyleyen metamorfik topluluklardan ilkinin, Paleozoyik - Üst Kretase zaman aralığında oluşmuş, yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış çökel kökenli birimlerden oluşan İznik Metamorfik Topluluğu olduğunu belirtmiştir. İznik Metamorfik Topluluğu'nun metamorfizmasının, Üst Kretase'de bölgede hüküm süren sıkışma tektoniği ve ofiyolit yerleşmesi ile kökensel ilişkili olduğunu ileri sürmüş, metamorfizmanın nedenini ise, istifin ofiyolit napı altında derine gömülmesine bağlamıştır.

Bölgedeki ikinci metamorfik topluluğun, temelde amfibolit kayaçlarını kesen granitler ile bunların üzerinde yer alan kuvarsit ve mermerlerden oluşan Pamukova Metamorfik Topluluğu olduğunu ve yeşilşist-amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını öne sürmüştür.

Geyve Metaofiyoliti'nin bölgede allohton olarak bulunan düzenli bir ofiyolit dilimini temsil ettiğini belirtmiştir. İstifin en alt kesimlerini serpantinleşmiş metamorfik peridotitler, orta-üst kesimlerini ise mafik kümülatlardan metagabrolar ile metabazik kayaçların oluşturduğunu betimlemiştir. Geyve Metaofiyoliti'nin, İznik Metamorfik Topluluğu üzerinde tektonik dokanaklı olarak bulunduğunu ve her iki topluluğun birlikte bölgesel metamorfizmaya uğradığını vurgulamıştır. Kuzey alanda bulunan metamorfik toplulukları (İznik Metamorfik Topluluğu, Pamukova Metamorfik Topluluğu, Geyve Metaofiyoliti) ortak olarak örten en yaşlı çökel birimin Üst Kretase yaşlı olduğunu öne sürmüştür.

Yılmaz ve diğ., (1995), Armutlu Yarımadası ve Kuzeybatı Anadolu'daki çevre bölgelerin coğrafi açıdan üç farklı bölgeyi kapsadığını savunarak güney, orta ve kuzey kuşak olarak ayırmışlardır. Orta kuşağın, temelde İznik Metamorfik birimi ve Geyve Metaofiyoliti'nden oluştuğu ileri sürmüşlerdir. Geyve Meta-ofiyolitinin düzenli ve eksiksiz bir ofiyolit olarak yaklaşık 100 metreden kalın tektonik dilimler olarak izlenebildiğini belirtmişlerdir. Geyve ve yakın civarında ofiyolit alt diliminin, düzenli bir ofiyolit alt dilimlerine karşılık geldiğini ve ultramafik kümülatlardan mafik kümülatlara kadar farklı litolojileri içerdiğini belirtmişlerdir. Mafik kümülatların homojen gabro ile diyorit'ten meydana geldiğini tarif ederek, anatektik granitler ile geç safha granitik sokulumları içerdiklerini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar Geyve Metaofiyoliti'nin Neotetis okyanusunun Kuzey kolunun okyanusal litosferine ait kalıntılar olduğunu ve bu topluluğun İznik Metamorfik topluluğu ile birlikte Geç Kretase, muhtemelen Koniasiyen-Santoniyen aralığında metamorfizmaya uğradığını rapor etmişlerdir. Geyve Metaofiyoliti'nin yerleşme yaşını, ofiyolit altında ve üstünde yer alan birimlerin yaşlarından yola çıkarak Turaniyen ile Kampaniyen arasında olduğunu düşünmüşlerdir. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde Armutlu Yarımadası'nın, İznik Metamorfikleri, Armutlu Metamorfikleri ve Geyve Metaofiyoliti'nden oluşmuş tektonik bir mozaik olduğu ve bu toplulukların Sakarya kıtasının parçalarını temsil ettiği belirtmişlerdir. Araştırmacılar Pamukova ve İznik Metamorfiklerinin yaşını belirleyecek bir bulgu elde edemediklerini beyan ederek, Pamukova Metamorfiklerini, İznik Metamorfiklerine göre daha yüksek dereceli metamorfizma göstermeleri ve diğer birimleri kesmeyen metagranitlerle kesilmiş olmaları nedeni ile yarımada'nın temelini oluşturan istif olarak yorumlamışlardır.

Elmas ve Yiğitbaş, (2001) Kuzeybatı Anadolu'da üç tektono-stratigrafik oluşumun dikkati çektiğini ileri sürmüştür. Bunları kuzeyden güneye doğru, batıda İstanbul-Zonguldak Birimi ve doğuda Ballıdağ-Küre biriminden oluşan Pontid Hattı, Armutlu-Ovacık Hattı ve Sakarya Hattı (veya kıtası) olarak tanımlamıştır.

İstanbul-Zonguldak Birimi ve Sakarya Hattı'ndaki Paleozoyik-Triyas dizilerin birbirinden farklı olduğunu, İstanbul-Zonguldak Birimi ve Sakarya Hattı ile çevrili olan Armutlu-Ovacık Hattı'nın, bu iki hattın tektonik bir karışımı olduğunu öne sürmüştür.

Bölgedeki farklı tektonik rejimlere, Batı Pontid Hattı'nın faaliyetinin neden olduğunu, Armutlu-Ovacık Hattı içindeki ofiyolitlerin büyük bir kısmının, İstanbul-Zonguldak Birimi'nin Paleo-Tetis ve/veya Pre-Ordovisiyen ofiyolitik çekirdeğine ait olduğunu

betimlemiştir. Armutlu-Ovacık Hattı'nın doğu kesimlerindeki Geç Kretase ofiyolitlerinin ise Batı Pontid Hattı boyunca sol yanal doğrultulu atımlı faylarla, doğudaki Neo-Tetis ofiyolitlerinden taşındığını ileri sürmüştür. Geç Kretase boyunca, İstanbul-Zonguldak Birimi ve Sakarya Hattı arasında bir okyanus (İç Pontid Okyanusu) olduğunu gösterecek yeterli kanıt olmadığına dikkat çekmiştir.

Robertson ve Ustaömer (2004)'e göre Armutlu Yarımadası, iki önemli metamorfik birimden meydana gelmiştir. Bunlardan ilki, Prekambriyen yaşlı yüksek dereceli metamorfik temel olan Armutlu Metamorfikleri'dir. Bu metamorfikler daha düşük dereceli silisiklastikler karbonatlar ve volkanojenik kökenli malzemelerin karışımları tarafından uyumsuz olarak örtülürler ve gerilmeli rejim ile kalıntı olarak bulunan yitim işaretine sahiptirler. İkinci metamorfik birim, düşük dereceli İznik Metamorfikleridir. Bu metamorfik birim Triyas'a ait rift olarak yorumlanmış ve bu rift kırıntılılar, karbonatlı malzemeler ve plaka içi bazaltları özelliği gösteren volkanik malzemeler ile doldurulmuştur. Triyas rifti daha sonra silisiklastikler/karbonatlı türbiditler, radiolarialı çörtler ve mangan çökelleri içeren Jura-Geç Kretase yaşlı pasif kenar tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür. Araştırmacılara göre Armutlu Yarımadası'ndaki bahsi geçen temel metamorfik birimler Maastrihtiyen uyumsuzluğu tarafından örtülürler. Armutlu Metamorfikleri, araştırmacılara göre, kontak ilişkileri net olarak görülme de, Geç Kretase sürecinde İznik Metamorfikleri üzerine bindirmiştir. Aynı zamanda çalışma alanında gözlenen karbonatça zengin dayklarının eşleneniği olabilecek kayaları, Almacık Dağı'nda amfibolitik kayaçları kesen dayklar olarak gözlemleyerek, meta-karbonatitik kayaçlar şeklinde betimlemiştir.

Yiğitbaş ve diğ., (2004)'te Sünnice grubu olarak adlandırdıkları metamorfik birliğin, İstanbul-Zonguldak biriminin Prekambriyen yaşlı metamorfik temelini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Sünnice, Almacık ve Armutlu masiflerinde yaptıkları çalışmalarda Sünnice grubunun dört ana metamorfik topluluktan oluştuğunu savunmuşlardır. Bu topluluklar sırasıyla şöyle özetlenebilir: (i) parçalanıp, dağılmış dalma-batma zonu üstü ofiyolitleri olan Çele Metaofiyoliti, (ii) ofiyolitlerin üzerine gelişen ada yayı veya yay-ardı havza parçaları olarak tanımlanan Yellice Metavolkanikleri, (iii) masifin temelini temsil eden ve yeniden işlenmiş kıta parçalarından oluşan Demirci Metamorfikleri, (iv) bir araya gelmelerini takip eden dönemde, bu üç kaya topluluğunu keserek yerleşen Dirgine Graniti. Bu veriler ışığında, Armutlu, Almacık ve Sünnice masiflerinin, İstanbul sahasının Pan-Afrikan temeli olduklarını ileri

sürerek, bu birimleri Trans-Avrupa kenet kuşağının doğudaki devamı olarak yorumlamışlardır.

Okay ve diğ. (2008), tarafından, Armutlu Yarımadası'nda amfibolitleri kesen meta-granitoidlerden En Geç Proterozoyik ve Ordovisyen yaşları elde etmişlerdir. Elde edilen bu yaş verileri sonucunda uzun yıllar tartışma konusu olan Pre-Kambriyen yaşlı temelin varlığını net olarak ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, İstanbul ve Sakarya sahalarını, tektonik konumlarını, stratigrafilerini ve jeolojik konumlarını değerlendirerek İstanbul sahasını orta Avrupa'da yer alan Avalonia, Sakarya sahasını ise yine Orta Avrupa'da bulunan Armorikan sahası kayaç toplulukları ile kıyaslanabileceklerini rapor etmişlerdir.

Çelik ve diğ., (2009), Armutlu Yarımadası'nın Doğusunda ve Almacık Dağı'nda, İstanbul Paleozoyik istifinin temeli olarak kabul edilen amfibolitik/gnaysik kayaçlarda petrojenetik incelemeler ve radyometrik yaşlandırma çalışmaları yapmışlardır. Amfibolitik kayaçların ada yayı toleyitleri (IAT), okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) ve okyanus adası bazaltları (OIB) benzeri jeokimyasal özelliklere sahip olduklarını belirtilmiştir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranlarına göre metamorfik kayaçların ilksel kayaçlarının bir bölümünün ya kıtasal kabuktan ya da yitim zonuna katılan çökellerden etkilendikleri düşünülmüştür. Yapmış oldukları jeotermobarometre çalışmalar ile, amfibolitik kayaçların, metamorfizma esnasındaki sıcaklığın 600–720 °C ve basınç değerinin yaklaşık 5–6 kBar civarında olduğunu belirtmişlerdir. Amfibolitik kayaçlardan derlenen amfibol mineralleri üzerinde gerçekleştirilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinlerine göre, amfibolitlerin Geç Triyas ve Orta-Geç Jura zamanında iki ayrı metamorfizmaya uğramış olabileceğini vurgulamışlardır.

Akbayram ve diğ., (2012), Armutlu Yarımadası ve Almacık Dağı'ndan elde ettikleri izotopik ve stratigrafik yaş verilerine göre, İstanbul ve Sakarya Zon'larının Erken Kretase zamanında çarpışmaları sonucu İç Pontid kenedini oluşturduğunu savunmuşlardır. Armutlu Yarımadası'nın doğusunda birbirlerinden doğuya doğru eğimli bindirme düzlemleri ile ayrılan metamorfik birimleri sırasıyla en alttan üste doğru meta-klastik-mermer istifi (Maşukiye Grubu), Kretase yaşlı yitim-yığışım kompleksi (Sapanca Kompleksi) ve Protorezoyik yaşlı yüksek dereceli metamorfik birim (Pamukova Kompleksi) olarak tanımlamıştır. Maşukiye Grubu'na ait meta-klastiklerden yapmış olduğu, klastik zirkon yaşlarına göre, çökeltme yaşının Permiyen'den sonra, muhtemelen Triyas'ta olması gerektiğini vurgulamışlardır. İç

Pontid okyanusunun Erken Triyas'ta açılmış olabileceğini düşünmüşlerdir. Sapanca Kompleksi'nden elde ettikleri Erken Kretase metamorfizma yaşlarına göre İç Pontid okyanusun bu dönemde kapanmış olabileceğini ve Pamukova Kompleksi'nin de İstanbul Zonu'nun metamorfik temelini oluşturduğunu belirtmişlerdir.

1.4. Bölgesel Jeoloji

Kuzeybatı Türkiye, Batı Pontid Kuşağı içerisinde yer almaktadır (Yılmaz ve diğ., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999). Bu kuşak birbirlerinden tektonik/kenet zonları ile ayrılan Istranca Masifi, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu'na ait birimleri içermektedir (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 1.4).

Istranca Masifi, yüksek dereceli gnays, şist, migmatit ve amfibolitlerden oluşur ve Triyas yaşlı meta-kırıntılılar ve mermerler tarafından bölgesel bir uyumsuzlukla üzerlenir (Okay ve diğ., 2001).



Şekil 1.4. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve kenet kuşaklarını gösteren tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır). (İAEK: İzmir-Ankara-Erzincan Kenedi, İTK: İç Torid Kenedi)

Karadeniz'in Güneybatı kıyısında yer alan İstanbul Zonu yaklaşık Doğu-Batı uzanımlı, 400 km uzunluğa ve 70 km genişliğe sahiptir (Okay ve diğ., 1994). Prekambriyen yaşlı temel üzerinde (ör. Ustaömer, 1999; Yiğitbaş ve diğ., 2004) Ordovisyan'den Karbonifer'e transgresif sedimanter istif, uyumsuz olarak yer almaktadır. Geç Karbonifer'de sıkışmalı deformasyona uğramıştır (Dean ve diğ., 1997; Görür ve diğ., 1997). Geç Permiyen (255 My) yaşlı granitler (Yılmaz Şahin ve diğ., 2009) tarafından kesilen Paleozoyik istif Alt Triyas yaşlı kırmızı renkli

konglomera ve kumtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Yurttaş ve Özdemir, 1971; Gedik, 1975).

Sakarya Zonu, Batıda Biga Yarımadası'ndan, Doğuda Doğu Pontidler'e kadar uzanmakta olup, temelini Jura öncesi farklı yaş ve nitelikteki kaya toplulukları meydana gelmektedir. Bu temel kayaları: (i) Karbonifer yaşlı yüksek sıcaklık metamorfikleri (Topuz ve diğ. 2004; 2007; Okay ve diğ. 2006), (ii) Paleozoyik yaşlı granitoidler (ör. Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve diğ. 2002, 2006; Topuz ve diğ., 2010) (iii) Permo-Triyas yaşlı düşük dereceli metamorfiklerden meydana gelmektedir (Ör. Okay ve Göncüoğlu 2004; Topuz ve diğ. 2004b; Yılmaz ve Yılmaz, 2004)

Armutlu Yarımadası hem kuzeyden hem de güneyden KAFZ'nun iki kolu ile sınırlanmaktadır (Şengör ve diğ., 1985). KAFZ'nun Kuzey kolunun kuzeyinde yer alan Kocaeli Yarımadası, İstanbul Zonu'nun bir parçasıdır. Bunun tersine, KAFZ'nun Güney kolunun güneyinde kalan alan ise Sakarya Zonu'na aittir. Buna karşın, KAFZ'nun her iki kolu arasında kalan ve genişliği 35 km'ye kadar çıkan Armutlu Yarımadası ise oldukça karmaşık bir tektonik zon niteliğindedir (ör. Yılmaz ve diğ., 1995; Yiğitbaş ve diğ., 1999). Armutlu-Ovacık Zonu (Yiğitbaş ve diğ., 1999) ve Biga-Armutlu-Ovacık Zonu (Elmas, 2012) olarak adlandırılan bu zonun karmaşık bir tektonik yapıya sahip olmasının yanı sıra, bu zon İstanbul ve Sakarya Zon'ları arasında çok büyük bir stratigrafik, metamorfik ve magmatik kesikliğe denk düşmektedir (ör. Yılmaz ve diğ., 1995; Robertson ve Ustaömer, 2004). İstanbul ve Sakarya Zon'larının, İç Pontid okyanusu olarak bilinen okyanus ile birbirinden ayrıldığı düşünülmektedir (ör. Şengör ve Yılmaz, 1981, Akbayram ve diğ., 2012). Ancak bu okyanusun açılma ve kapanma yaşları hakkında fikir birliği bulunmamaktadır (ör. Robertson ve Ustaömer, 2004; Elmas ve Yiğitbaş, 2005). Ayrıca, İç Pontid okyanusunun varlığı da sorgulanmaktadır (Kaya, 1977; Kaya ve Kozur, 1987; Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

1.5. Karbonatitler

1.5.1. Karbonatitlerin Tanımı

Karbonatitler, modal bileşimi temel alınarak incelendiğinde, % 50 den fazla karbonat (CO_3^{2-}) mineralleri (kalsit, dolomit, siderit vb.) ve % 20'dan az SiO_2 (Le Maitre, 2002) içeren magmatik kayalardır (Woolley ve Kempe, 1989). Karbonatitlerin minerolojik bileşimleri, iz element kimyaları, aksesuar mineral çeşitlilikleri, fiziksel özellikleri ve

ekonomik mineral yatakları içermeleri bakımından diğer magmatik silikat kayaçlarından farklılık sunarlar (Bell, 2005). Çok düşük yüzey lav sıcaklıkları (yaklaşık 600 °C), çok düşük viskozite değerleri ($1,5 \times 10^2 - 5,0 \times 10^3$ Pa·s) ve düşük yoğunluklarıyla ($2,2 \text{ g/mm}^3$) nitelenir. (Dobson ve diğ., 1996). Karbonatit magmaları çok yüksek uçucu bileşenlere (ör. H_2O , CO_2 ve Cl^-) sahiptirler (Fan ve diğ., 2001).

Tarihsel süreç içinde karbonatitler ilk defa Bose, (1884) tarafından, Aşağı Narbada vadisinde (Hindistan) tanımlanmıştır. Detaylı araştırmalar ise, Högbom, (1895) tarafından Alnö (İsveç) ve Brogger, (1921) tarafından Fen'de (Norveç) yapılmıştır. Hem Högbom hem de Brogger, alkali kayaçlarla birlikte bulunan karbonatitlerin magmatik kökenli olduğunu düşünmüşlerdir. Ancak, Daly, (1933) ve Shand, (1943) karbonatitler için 'magmatik kireçtaşı' terimi kullanmış ve karbonatitleri köken olarak sedimanter megaksenolit olarak yorumlamışlardır. Johannsen, (1938) tarafından yazılan "A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks" (Magmatik kayaçların tanımlayıcı petrografisi) başlıklı kitabında yoğun biçimde karbonat minerali içermeleri nedeniyle karbonatitleri magmatik kayaç sınıfına dâhil etmemiştir. Karbonatitlerin magmatik kökenli olup, olmadığı hakkındaki tartışmalar, Wyllie ve Tuttle, (1960) tarafından yapılan kalsitin magmadan kristalleşebildiğini gösteren deneysel çalışmalar ve günümüzdeki tek aktif karbonatit volkanizması olan Oldoinyo Lengai (Tanzanya) volkanizmasının keşfedilmesi (Guest, 1956; Dawson, 1962) sonucunda karbonatitlerin magmatik kökenli olduklarının ispatlanmasıyla son bulmuştur.

Karbonatitler, manto bileşimi hakkında önemli veriler sunmaları (Bell, 1989, 1998) ve NTE, niobyum, fosfat, flüorit, bakır, molibden gibi ekonomik cevherleşmeler barındırmaları (ör. Xu ve diğ., 2010; Tucker ve diğ., 2012) nedeniyle jeolojik ve ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Türkiye'nin en önemli NTE ve toryum cevherleşmesi Kızılcaören'de (Eskişehir) karbonatitlere bağlı olarak gelişmiştir (ör. Kaplan, 1977).

Karbonatit kayaçları, silikat kayaçlarında nadir olarak gözlemlenen veya hiç gözlemlenmeyen mineral çeşitliğine sahip olup, bunun başlıca sebepleri magmatik karbonat mineralleri (ör. Gregoryit, $(\text{Na},\text{K})_2\text{CO}_3$) ve bileşimlerindeki çok yüksek konsantrasyondaki iz element ve NTE içeriklerine bağlı olarak oluşan aksesuar mineralleridir (ör. Monazit $(\text{La},\text{Ce},\text{Th},\text{Nd})\text{PO}_4$; Bastnasit $(\text{La},\text{Ce})\text{CO}_3\text{F}$; Piroklor

$[(Ca,Na)_2(Nb,Ta)_2O_6(O,OH,F)]$). Karbonatitleri oluşturan başlıca karbonat minerali ve diğer mineral grupları ve mineralleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Karbonatit kayaçlarında gözlemlenen başlıca mineraller (Hogarth, 1989)

Karbonatlar	Sülfidler
kalsit ($CaCO_3$)	pirit (FeS_2)
dolomit ($CaMg(CO_3)_2$)	galen (PbS)
ankerit ($Ca(Fe,Mg)(CO_3)_2$)	sfalerit (ZnS)
siderit ($FeCO_3$)	Oksitler-Hidroksitler
stronsiyanit ($SrCO_3$)	manyetit (Fe_3O_4)
bastnasit ($(Ce,La)FCO_3$)	piroklor ($(Ca,Na)_2(Nb,Ta)_2O_6(O,OH,F)$)
*nyerereite ($(Na,K)_2Ca(CO_3)_2$)	perovoksit ($CaTiO_3$)
*gregoryit ($(Na,K)_2CO_3$)	hematit (Fe_2O_3)
Silikatlar	ilmenit ($FeTiO_3$)
egirin-ojit ($Ca(Mg,Fe)(Si_2O_6)$)	rutil (TiO_2)
diyopsid ($MgCaSi_2O_6$)	baddelleyit (ZrO_2)
ojit ($(Ca,Mg,Fe,Ti,Al)_2((Si,Al)_2O_6$	pirolüsit (MnO_2)
olivin ($(Mg,Fe)_2SiO_4$)	Halojenler
montisellit ($CaMgSiO_4$)	florit (CaF_2)
riyebekit ($Na_2(Fe,Mg)_3(Fe,Al)_2((OH)_2/Si_8O_{22})$)	Fosfatlar
allanit ($(Ca,Ce,Y,La,Th)_2(Al,Fe)Si_3O_{12}(OH)$)	apatit ($Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$)
flogopit ($KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$)	monazit ($(Ce,La,Y,Th)PO_4$)
zirkon ($ZrSiO_4$)	

* yalnızca natrokarbonatit içinde bulunan minerallerdir

1.5.2. Karbonatitlerin Adlandırılması ve Sınıflandırılması

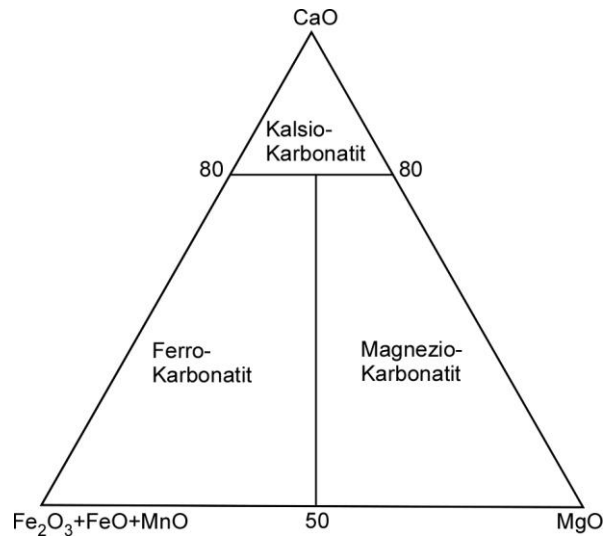
Karbonatitlerin adlandırılması ve sınıflandırılması diğer silikat kayalarından farklılık sunmakta olup, minerolojik, dokusal ve jeokimyasal özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan sınıflama, kayacı oluşturan baskın karbonat mineralinin türüne göre yapılmaktadır. Bu sınıflamaya göre; kalsit baskın minerali oluşturuyor ise kalsit karbonatit, dolomit baskın minerali oluşturuyor ise dolomit karbonatit, ankerit veya siderit gibi demirli karbonat mineralinden oluşuyor ise ferro karbonatit olarak adlandırılmaktadır (Woolley ve Kempe, 1989) (Tablo 1.2). Ayrıca nadir olarak gözlemlenen, potasyum, sodyum ve kalsiyum karbonat minerallerinden (ör. Gregoryit, $(Na,K)_2CO_3$) oluşan kayaç ise Natro-karbonatit olarak adlandırılmaktadır (Woolley ve Kempe, 1989).

Dokusal özelliklerine göre sınıflamada, kayacı oluşturan minerallerin türü ve tane boyutu dikkate alınmaktadır (Tablo 1.2). Bu sınıflamaya göre, kayacı oluşturan baskın mineral kalsit ise ve iri taneli ise “sövit”, ince taneli ise “alvikit” olarak adlandırılmaktadır. Eğer kayacı oluşturan baskın mineral dolomit ve kayaç iri taneli ise “Rohojit”, ince taneli ise “beforsit” olarak adlandırılmaktadır.

Tablo 1.2. Karbonatitik kayaçların mineralojik ve dokusal sınıflaması

Mineralojik Sınıflama	Dokusal Sınıflama	
	İri taneli	Orta-ince taneli
Kalsit-karbonatit	Sövit	Alvikit
Dolomit-karbonatit	Rohojit (rauhaugite)	Beforsit
Ferrokarbonatit		
Natro-karbonatit		

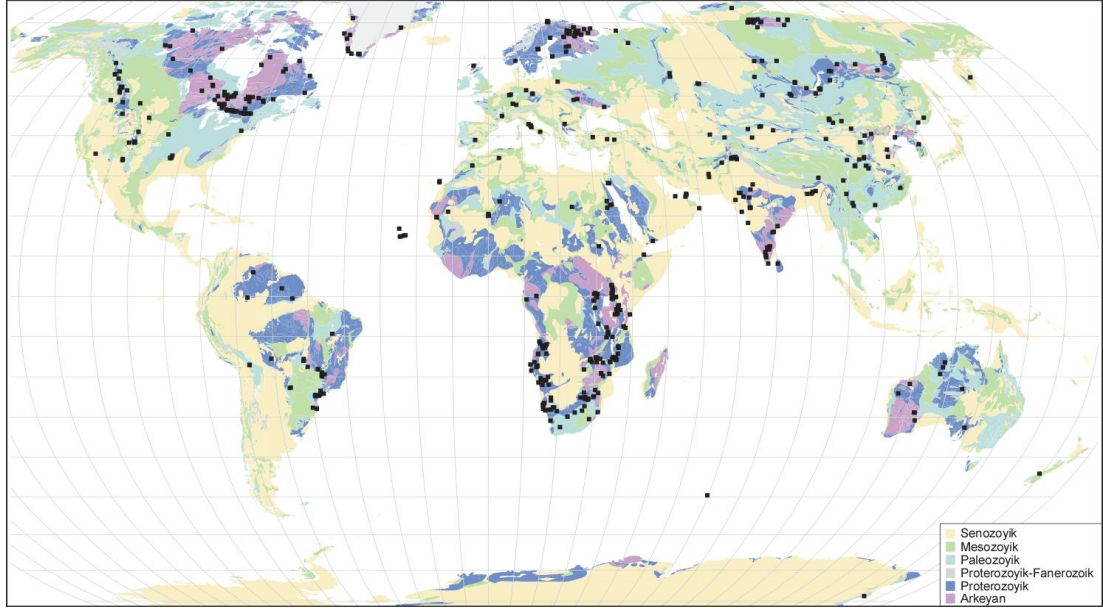
Karbonatitlerin, Woolley ve Kempe, (1989) tarafından önerilen kimyasal özelliklerine göre sınıflamasında ise, kayacı oluşturan ana oksitlerin (CaO, MgO, $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve MnO) ağırlıkça yüzde miktarları dikkate alınarak sınıflandırmışlardır (Şekil 1.5). Bu sınıflamaya göre karbonatitler "kalsiyokarbonatit", "magnezyokarbonatit" ve "ferrokarbonatit" olarak adlandırılmaktadır. Bu sınıflamanın dışından kalan ve alkali ($\text{NaO}+\text{K}_2\text{O}$) içeriği çok yüksek olan karbonatitler ise natrokarbonatit olarak adlandırılmaktadır. Kayacın ağırlıkça % 20'den fazla SiO_2 içermesi durumunda da alternatif olarak “silikokarbonatit” adlandırması kullanılmaktadır.



Şekil 1.5. Karbonatitlerin Kimyasal Bileşimine göre sınıflanması (Woolley ve Kempe, 1989)

1.5.3. Karbonatitlerin Kökeni ve Kökeni Üzerine Tartışmalar

Günümüzde 527 adet tanımlanmış karbonatit lokasyonu (Woolley ve Kjarsgaard, 2008) bulunmakta olup, çoğunlukla kıtasal alanlarda gözlenmektedir (Şekil 1.6). Karbonatitlerin oluşum yaşları Arkeen'den günümüze kadar değişmektedir (Bell, 1989). Aynı zamanda okyanusal kabuk üzerinde yer alan Kanarya Adaları ve Cape Verde Adası'nda da karbonatit oluşumları gözlemlenmiştir (ör. Bell ve Tilton, 2002; Hoernle ve diğ., 2002).



Şekil 1.6. Karbonatitlerin Dünya üzerindeki dağılımı (Jonas ve diğ., 2013). (İçerideki siyah kareler karbonatit lokasyonlarını göstermektedir)

Karbonatitler genellikle, levha içi anorojenik magmatizmanın ve kıtasal kabuğun kratonik bölgelerinde gözlenirler (ör. Le Bas ve diğ., 1987). Karbonatitler nadir olarak da, yitimle alakalı bölgelerde (ör. Bianchini ve diğ., 2004, D'Orazio ve diğ., 2007) ve çarpışma kuşaklarında gözlemlenmektedir (ör. Hou ve diğ., 2006; Sklyarov ve diğ., 2009).

Karbonatitlerin büyük çoğunluğu, göreceli olarak küçük sokulum kütleleri şeklinde alkalin silikat kayaçlar (ör. nefelin siyenit, ijolit, urtit) (ör. Woolley ve Kjarsgaard, 2008) ve daha az yaygın olarak piroksenit, peridotit, grup 1 kimberlit ve lamprofirler (ör. Mitchell, 1984; Bell, 1999) ile beraber gözlemlenmektedirler (Bell ve Blenkinsop, 1989; Woolley, 2003). Karbonatitlerin, alkalin silikat kayaçlar ile yaygın olarak beraber bulunmasından dolayı, bu birliktelik "silikat-karbonatit topluluğu" olarak adlandırılmaktadır (Woolley ve Kjarsgaard, 2008). Karbonatitler mekânsal olarak

alkalin sokulum kayaçları ile ilişkili olduğu ve karbonatit ergiyiğın ilksel magmadan itibaren, fraksiyonel kristallenme (ör. Lee ve Wyllie, 1994) veya sıvı karışmazlığı nedeniyle ayrıldığı düşünölmektedir (Koster van Groos ve Wyllie, 1963; Kjarsgaard ve Hamilton, 1989). Karbonatitlerin kökensel olarak alkali silikat magma ile aynı kaynaktan türediğı, her iki magmanın benzer yerleşme yaşları, birbirini tamamlayan jeokimyasal verileri ve benzer izotopik oranlar ile desteklenmektedir (Bell ve Blenkinsop, 1989; Kwon ve diğ., 1989; Simonetti ve Bell, 1994; Bell, 1989; Ray ve Ramesh, 2006). Bu görüşün aksi olarak da alkali silikat kayaları ile karbonatitlerin kökensel olarak ilişkili olmadıkları düşünölmektedir (Gittins ve Harmer, 2003).

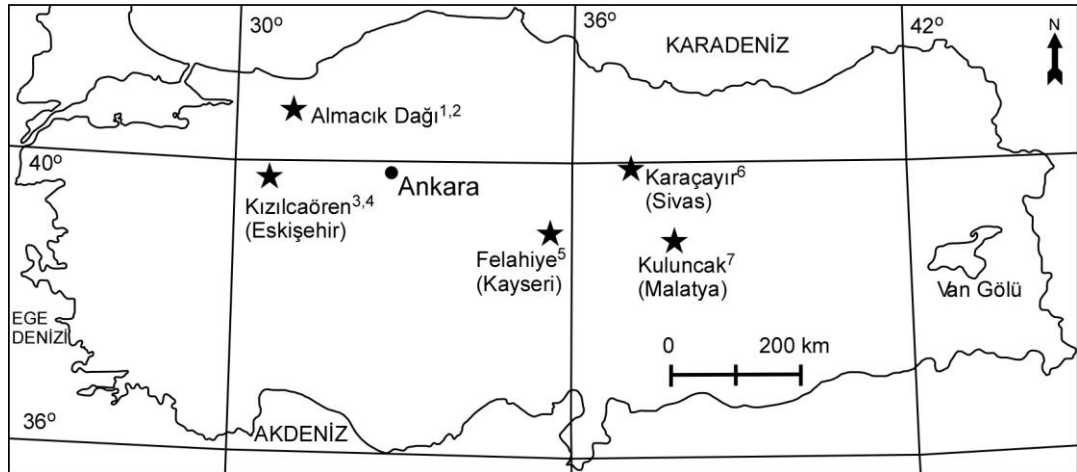
Karbonatit ergiyiğı, uçucularca zengin metasomatize manto kaynağın (Bailey, 1993; Lee ve diğ., 2002) çok düşük kısmi ergimesi ile oluşur (Wyllie ve Lee, 1998). Karbonatitlerden elde edilen, Sr-Nd-Pb izotop, (Nelson ve diğ., 1988; Bell ve Blenkinsop, 1989; Kwon ve diğ., 1989; Bell ve Tilton, 2002), duraylı izotop, (Deines, 1989; Keller ve Hoefs, 1995) ve soy gaz verileri (Sasada ve diğ., 1997; Dauphas ve Marty 1999; Tolstikhin ve diğ., 2002) ile faz denge çalışmaları (Wallace ve Green, 1988; Dalton ve Wood, 1993; Wyllie ve Lee, 1998) temel alındığında karbonatit ergiyiğının manto kaynaklı olduğu desteklenmektedir. Ancak karbonatit ergiyiğının litosferik mantodan (ör. Bell ve diğ., 1982; Bell ve Blenkinsop, 1987), astenosferik mantodan (ör. Nelson ve diğ., 1988), veya her ikisinin etkileşiminden (ör. Kwon ve diğ., 1989; Bell ve Simonetti, 1996; Bell ve diğ., 1999) mi türediğı konusu tartışmalıdır.

Karbonatitlerin, üzerine odaklanan bir çok petrolojik ve jeokimyasal çalışma bulunmaktadır çünkü bu kayaların iz element ve izotop bileşimleri, mantonun bileşimi ve evrimi konusunda çok önemli bilgiler sağlayabilmektedir (Bell ve Blenkinsop, 1987, 1989; Bell ve Simonetti, 1996; Tilton ve Bell, 1987; Toyoda ve diğ., 1994; Simonetti ve diğ., 1997; Bell ve diğ., 1998). Bu sebepten dolayı, karbonatitlerin sistematik jeokimyası, mineralojisi ve kökeni hakkında birçok kitap ve makale bulunmaktadır (ör; Tuttle ve Gittins, 1966; Bell, 1989; Bell ve diğ., 1998; Mitchell, 2005; Woolley ve Church 2005; Woolley ve Kjarsgaard, 2008; Downes ve diğ., 2012). Ancak günümüzde hala karbonatitlerin kökeni hakkında bir görüş birliğı bulunmayıp, bu konu hakkındaki tartışmalar devam etmektedir. Bell ve diğ., (1999), karbonatitlerin kökenleri hakkındaki başlıca problemleri sırasıyla şu başlıklar altında toplamışlardır; (1) Karbonatiti oluşturan ana ergiyik litosferden mi, astenosferden mi, yoksa her ikisinden mi türemektedir? (2) Karbonatitler doğrudan mantonun kısmi

ergimesi ile mi yoksa karbonatlı silikat ürünlerinin magmatik farklılaşması ile mi türemektedir? (3) İlksel ergiyik nasıl kolayca manto boyunca ilerleyebiliyor, üst mantonun kimyası nasıl kolay şekilde manto boyunca göç edebiliyor, nasıl üst manto kimyasını ve mineralojisini etkiliyor (modal ve kriptik metasomatizma)? (4) Karbonatitlerin, melilit, nefelinit, ijolit, siyenit ve fonolit gibi silikat kayaları ile olan ilişkileri nedir? (5) Karbonatit magmaları nasıl farklılaşır ve evrimleşir?

1.5.4. Türkiye’de Karbonatit Oluşumu ve Yayılımı

Karbonatit kayaları Türkiye’de oldukça nadir gözlemlenmekte olup, literatürde beş farklı lokasyonda tanımlanmış karbonatit kayaç oluşumu bilinmektedir (Şekil 1.7). Türkiye’de ilk karbonatit terimi Kızılcaören’de (Eskişehir) yer alan karbonatit oluşumları için kullanılmıştır (Delaloye ve Özgenç, 1983). Almacık Dağı’ndan yüzeyleyen karbonatitler dışındaki diğer tanımlanan karbonatitler alkali sokulum kayaları ile ilişkili olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 1.7. Türkiye’de gözlemlenen karbonatit kayaçlarının yüzeylediği lokasyonlar: ⁽¹⁾ Kaya ve Satır, 1992 ve 1995 ; ⁽²⁾ Robertson ve Ustaömer, (2004); ⁽³⁾ Delaloye ve Özgenç, (1983); ⁽⁴⁾ Özgenç, (1993); ⁽⁵⁾ Özgenç, 1993; ⁽⁶⁾ Cooper ve diğ., (2009); ⁽⁷⁾ Özgenç ve Kibici ,(1994)

Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir), Çukurköy (Felâhiye-Kayseri) ve Başören (Kuluncak-Malatya) yörelerinde yüzeylenen karbonatitlerin ekonomik açıdan önem arz eden flüorit, barit, Th ve NTE yataklarına sahip olmaları nedeniyle bu alanlarda detaylı incelemeler yürütülmüştür (ör. Arda, 1976; Stumpf ve Kırkoğlu, 1986; Özgenç, 1993). Karbonatitlere bağlı bu cevherleşmelerin, alkali kayaçların (ör. kuvarslı siyenit ve feldspatoidli siyenit) çevresinde damar tipi karbotermal cevherleşme şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Delaloye ve Özgenç, 1983; Özgenç,

1993). Karbonatitlere ait kalsit minerallerinden yapılan sıvı kapanımı çalışmaları ile 200-550 °C ısı aralığında homojenleştiğini ve kuvars, flüorit ve apatit minerallerinden yapılan sıvı kapanımı çalışmalarına göre de karbotermal damarların 150-500 °C ısı aralığında oluştuğunu belirtilmiştir (Özgenç, 1993). Bu alanlarda yüzeyleyen karbonatitlerin sövit, alvikit ve beforsit türünde olduğu belirtilmiştir (Özgenç, 1993).

Kızılcaören karbonatit oluşumları metamorfik kayaçlar içine yerleşmiş Geç Oligosen yaşlı (Delaloye ve Özgenç, 1983) fonolit ve trakit türü alkali kayaçlara bağlı oluşmuştur (Delaloye ve Özgenç, 1983; Özgenç, 1993). Özgenç (1993)'te yapmış olduğu çalışmalara göre, karbonatit kayaçların ışınsal, dairesel, huni ve baca şekilli kırık sistemlerini karbonatit magmasının (karbotermal sıvılar) doldurması sonucu ve iki farklı evrede oluştuğunu vurgulamıştır. Kızılcaören yöresindeki karbonatitler, Felâhiye ve Kuluncak yörelerindeki karbonatitlerden farklı olarak kabuksal kökenlidir (Özgenç, 1993).

Kuluncak yöresindeki karbonatitler üzerine yapılan ilk detaylı çalışmalar Özgenç, (1993) ve Özgenç ve Kibici, (1994) tarafından yapılmıştır. Yürütülen çalışmalara göre karbonatitlerin, Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarının (İzdar, 1962; Ayan, 1964) içerisine sokulum yapan Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı ($65,2 \pm 1,6$ my, Leo ve diğ., 1978) siyenitlere bağlı olarak geliştiğini ve damarlar şeklinde siyenitler içinde yer aldığını belirtmişlerdir. Özgenç, (1993), karbonatitlerin manto kökenli olduğunu vurgulamıştır. Özgenç ve İlbeyli, (2009) tarafından siyenitlerin kökeni üzerine yapılan çalışmalarıyla siyenitlerin çarpışma sonrası gerilmeli sistemde, metasomatize olmuş manto kaynağı olabileceğini vurgulamıştır.

Felâhiye yöresinde Özgenç, (1993) tarafından yürütülen çalışmalarda, karbonatit oluşumlarının metamorfikler ve Eosen yaşlı kırıntılı kayaçlar içerisine sokulum yapan alkali siyenit sokulumlarına bağlı olarak oluştuğunu ve karbonatitlerin beforsit türünde olduğunu belirterek bu oluşumların manto kökenli olduğunu vurgulamıştır.

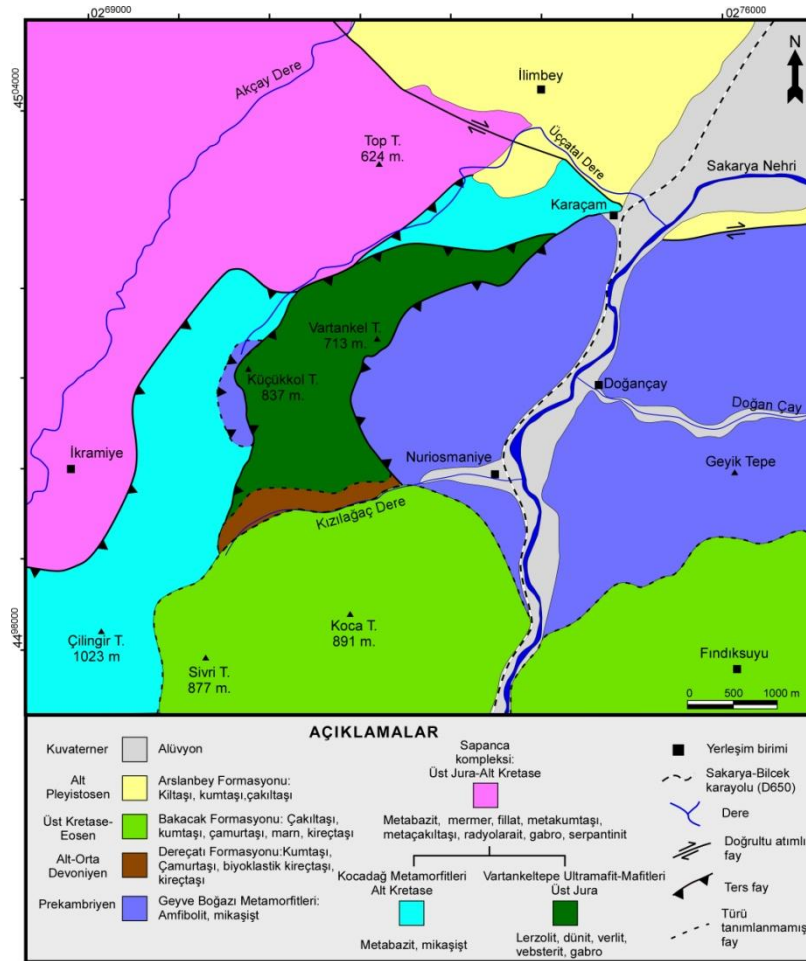
Karaçayır (Sivas) yöresindeki karbonatitlerin ilk tanımlaması Schuiling, (1961) tarafından yapılarak karbonatitlerin kökeninin için mermerlere sokulum yapan siyenitin, mermerler üzerinde metasomatik alterasyon etkisi yarattığı ve eş zamanlı olarak mermerlerin ergimesi sonucu karbonatitlerin oluştuğunu ifade etmiştir. Cooper ve diğ., (2009) tarafından da ana-iz element jeokimyası, mineral kimyası, duraylı ve radyojenik izotop jeokimyası açısından detaylı olarak incelenmiştir. Bu

Çalışmaya göre, karbonatitlerin st Kretase (Boztuğ ve diğ., 2009) yaşlı A tipi siyenit plütonunun fraksiyonel kristalleşmesi sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

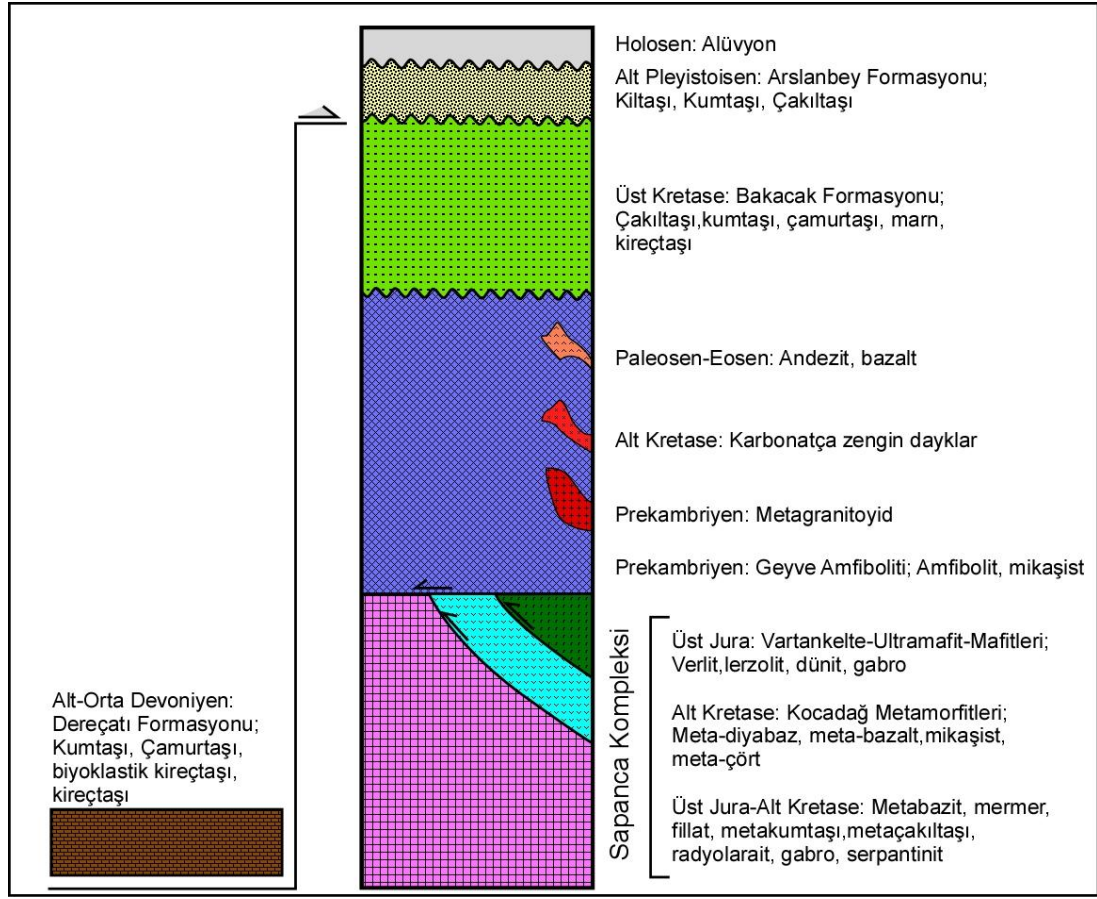
Almacık Dağı'nda (Sakarya) Kaya ve Satır (1992) tarafından svit olarak adlandırılan karbonatitlerin Jura ncesi metamorfit kayaçları dayk şeklinde kestiğini ve karbonatitlerin Jura öncesinde oluştuğu belirtilmiştir. Benzer gözlemler Robertson ve Ustaömer, (2004) tarafından yapılarak karbonatitleri, Prekambriyen yaşlı amfibolitler içerisindeki meta-karbonatitik dayk sokulumları şeklinde yorumlanmıştır. Bu alandaki karbonatitlerin hem oluşum yaşı hem de herhangi bir silikat kayacına bağlı olmadan yüzeylemesi sebebiyle diğer yörelerdeki karbonatitlerden farklılık sunmaktadır.

2. GENEL JEOLJİ

İnceleme alanında beş ana birim ayırtlanmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru Prekambriyen yaşlı Geyve Boğazı Metamorfikleri (GBM), Devoniyen yaşlı Dereçatı Formasyonu, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Sapanca Kompleksi, Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu ve Alt Pleyistosen yaşlı Arslanbey Formasyonu'dur. Sapanca Kompleksi içerisindeki ultramafik ve mafik kayalar Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri, meta-volkanit ve meta-çökel kayalar ise Kocadağ Metamorfikleri olarak iki gruba ayırtlanmıştır (Şekil 2.1). Çalışma alanındaki en yaşlı birim olan GBM, Sapanca Kompleksi üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Bakacak Formasyonu ve Dereçatı Formasyonu da çevre kayalar ile tektonik ilişkilidir. Arslanbey Formasyonu, GBM ve Sapanca Kompleksi'nin üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası



Şekil 2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. Ölçeksizdir

2.1. Geyve Boğazı Metamorfittleri

Çalışma alanı içerisinde yüzeyleyen yüksek dereceli metamorfik amfibolitik ve gnaysik kayalara benzer şekilde Armutlu Yarımadası'nda birçok alanda (ör. Gemlik ve Pamukova Kuzeyinde, Gölcük Güneyinde) gözlenmektedir. Bu kayaların Permokarbonifer öncesi (Akartuna, 1968), Devoniyen öncesi (Akartuna ve Atan, 1981), Prekambriyen (Göncüoğlu ve diğ., 1986,1992; Robertson ve Ustaömer, 2004; Okay ve diğ., 2008; Akbayram ve diğ., 2012) yaşlı temel kayaları veya Üst Kretase yaşlı ofiyolitik istifin birer parçası (Bozcu, 1992; Yılmaz ve diğ., 1995) oldukları düşünülmüştür. Okay ve diğ., (2008)'de amfibolitik ve gnaysik kayaları kesen meta-granitler üzerinde yaptıkları jeokronolojik çalışmalar ile Geç Proterozoyik ve Orto Ordovisyen oluşum yaşları elde etmişlerdir. Çelik ve diğ., 2009 tarafından yapılan çalışmada ise, bölgedeki metamorfik kayaların, Triyas döneminde metamorfizmaya uğradıklarını tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucu bu kayaların Prekambriyen oluşum yaşına sahip oldukları ve Triyas döneminde metamorfizmaya uğradıkları belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki en yaşlı kayaçları temsil eden amfibolitik ve gnaysik kayaçlardan oluşan Geyve Boğazı Metamorfitleri (GBM), Sapanca Kompleksi üzerinde tektonik olarak yer almakta olup, Üst Kretase yaşlı kırıntılılar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Ayrıca tektonik dilim halinde Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında GBM'ye ait yüzlekler gözlemlenmektedir. Birimin en güzel yüzlekleri Sakarya Nehri'nin aktığı Geyve Boğazının her iki yakasında gözlemlenmektedir. Başlıca, amfibolit, epidot amfibolit, biyotit amfibolit, granat amfibolit, piroksen amfibolit, granat mikaşist ve bu kayaçları kesen meta-granit, meta-bazit, andezit-bazalt ve karbonatça zengin dayklardan oluşmaktadır (Çelik ve diğ., 2008). Amfibolitler masif, bantlı ve gnaysik dokulara sahiptir (Çelik ve diğ., 2008). İçermiş oldukları felsik ve mafik minerallerin bolluk oranlarına göre kayaç açık veya koyu renkli olarak gözlemlenebilmektedir (Şekil 2.3). Amfibolitik kayaçlarda gözlemlenen sünek deformasyon yapıları metamorfizmanın mekanik etkilerini açıkça göstermektedir (Şekil 2.4).

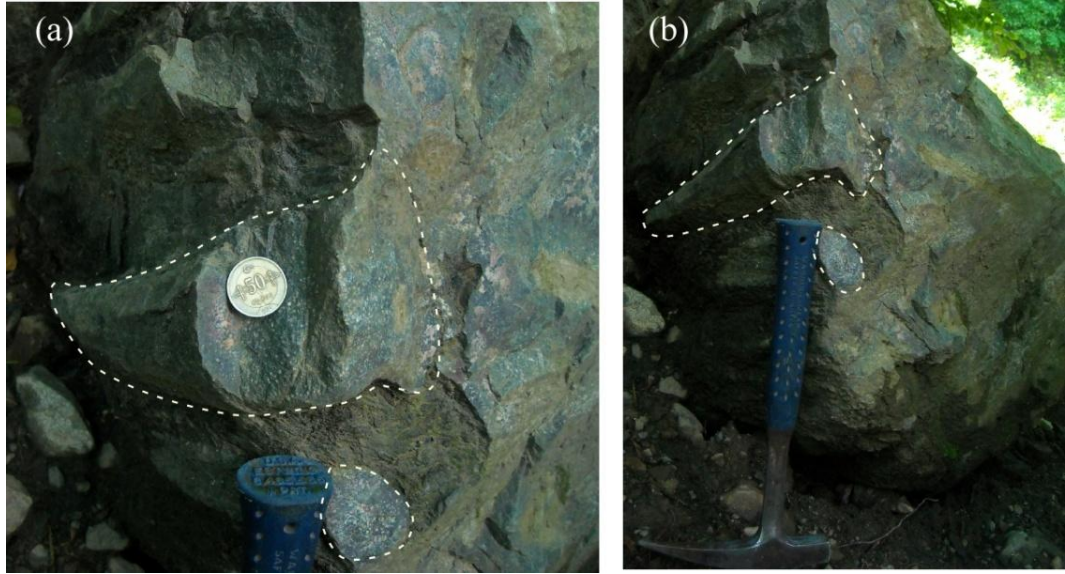


Şekil 2.3. Amfibolitik kayaçlarda mafik ve felsik renkli minerallerinin bolluğuna göre amfibolitler bantlı yapıda görünmektedir (36 T 0274748 D, 4502338 K)

Çalışma alanının doğusunda gidildikçe amfibolitik kayaçlarda belirgin bir şekilde dokusal değişim göze çarpmaktadır. Bunun en bariz örneği olarak, ilksel yapısı korunmuş yastık yapılı meta-bazaltlar gözlemlenmektedir (Şekil 2.5a,b).



Şekil 2.4. Amfibolitlerde metamorfizmaya bağlı olarak gelişen sünek deformasyon yapılarının görünümü (36 T 0273312 D, 4501181 K)



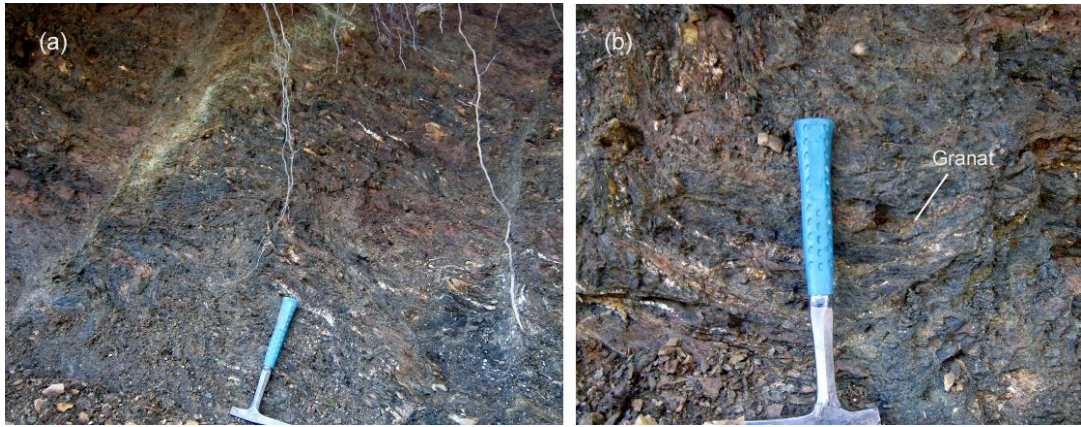
Şekil 2.5. (a), (b), İlksel yapısı korunmuş yastık yapılı mata-bazitlerin görünümü (36 T 0278724 D, 4499118 K)

Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında tektonik olarak yer alan amfibolitler ise amfibolit ve granat amfibolitlerden oluşmaktadır (Şekil 2.6a). Masif ve bantlı dokululara sahip olan kayaçların granat minerali içeren kesimlerinde iri taneli turuncu ve kırmızımsı renklerde granat mineralleri göz ile görülebilmektedir (Şekil 2.7b). Yoğun bitki örtüsü nedeniyle diğer birimleri ile olan ilişkileri net olarak gözlemlenememiştir. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin amfibolitlere yakın olan

kesimlerinde yoğun makaslama ve deformasyonun etkileri gözlemlenmesi diğer birimler ile olan dokanağının tektonik olduğunu desteklemektedir (Şekil 2.7a,b).

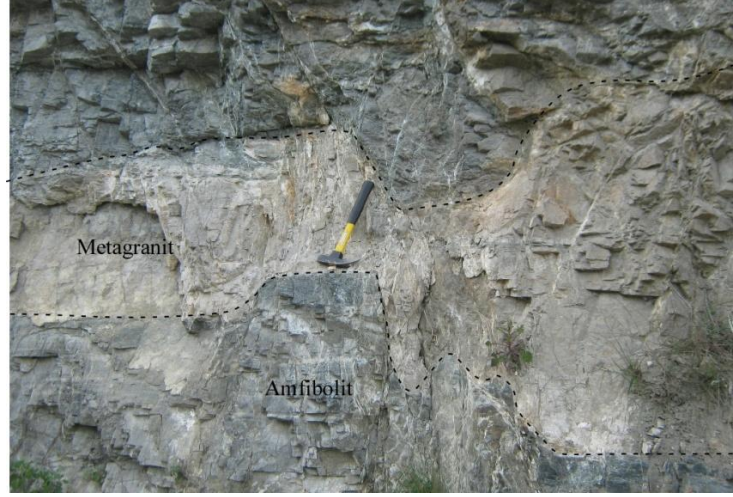


Şekil 2.6. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında tektonik olarak yer alan GBM'ye ait kaba taneli masif dokulu amfibolitinin görünümü (36 T 0270673 D, 4500542 K)



Şekil 2.7. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasında tektonik olarak yer alan GBM'ye ait amfibolitte gözlemlenen (a) yoğun deformasyon ve (b) bu kayadaki granat minerallerinin görünümü (36 T 02706687 D, 4501099 K)

Ana litolojiyi oluşturan amfibolitik kayalar başkalaşıma uğramış granitoyitik kökenli kayalar tarafından kesilmektedir. Bu sokulum kütleleri genellikle aplit, pegmatit dayk ve silleriyle birlikte düzensiz merceksi yapılar şeklinde gözlemlenmektedir (Şekil 2.8). Metamorfizma etkisiyle bazı meta-granitlerin yapraklanma ve gnaysik doku gösterdikleri tespit edilmiştir.



Şekil 2.8. GBM'yi kesen meta-granitin görünümü (36 T 0273716 D, 4498775 K)

Doğançay köyü yakınlarında metamorfizma öncesi pelitik kayaçlar içine sokulum yapmış bazik kökenli daykların metamorfizma neticesinde granat ve biyotit amfibolitlere dönüştükleri düşünülmektedir. Bazik magma kökenli bu daykların metamorfizmaya uğramış olmalarına rağmen granat mikaşistler ile olan kesme-kesilme ilişkisi arazide ayırtlanabilmektedir (Şekil 2.9a,b).



Şekil 2.9. (a), (b), Metamorfizma sonrası amfibolite dönüşmüş bazik kökenli sokulum kayacının görünümü (36 T 0274105 D, 4500667 K)

Amfibolitik kayaçları kesen bir başka sokulum kütlesi ise başkalaşım göstermeyen andezitik ve bazaltik kökenli dayklardır (Şekil 2.10). Bu dayklar çalışma alanının batısında (Sarısı Formasyonu, Göncüoğlu ve diğ., 1986) ve doğusunda (Dikmen Grubu, Gülmez, 2009) yaygın olarak yüzeyleyen Eosen yaşıli volkanik kayaçlar ile ilgili olmalıdırlar.



Şekil 2.10. Amfibolitik kayaçları kesen genç (Alt Kretase sonrası) andezit/bazalt daykı (36 T 0274688 D, 4501803 K)

Doğançay köyü civarından granat mikaşist ve granat amfibolit örnekleri derlenmiştir. Bu örnekler iri granat porfiroblastlarından oluşmakta olup, göreceli olarak diğler alanlarda yüzeyleyen amfibolitik ve gnaysik kayaçlara göre daha yüksek dereceli metamorfizma koşullarını yansıtmaktadır. Granat mikaşist örneğinden amfibol, plajiyoklas, kuvars ve granat mineral parajenezi, granat mikaşist örneğinden ise biyotit, plajiyoklas, granat, sillimanit ve opak mineral parajenezi tespit edilmiştir. Granat mikaşist içerisinde gözlemlenen sillimanit minerallerinin varlığı bu kayaçların yüksek sıcaklıklarda metamorfizmaya maruz kaldıklarını göstermektedir. Benzer olarak Çelik ve diğ., (2009)'de yapmış oldukları jeotermobarometre çalışmaları ile amfibolitik kayaçların Üst Amfibolit (~600-720 °C sıcaklık ve ~5-6 kBar basınç) fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğradıklarını tespit etmişlerdir. Amfibolitik kayaçlarda aynı zamanda Çelik ve diğ., (2009), Akbayram ve diğ., (2012)'de ve bu çalışmada da tespit edilen daha düşük dereceli metamorfizma koşullarını yansıtan mineral oluşumları (ör. Pumpelleyit, klorit ve epidot) amfibolitik kayaçların gerileyen metamorfizma veya çok fazlı deformasyona maruz kaldığını göstermektedir.

2.2. Dereçatı Formasyonu

Armutlu Yarımadası'nda Paleozoyik yaşlı çökel kayaçlar uzun zamandır tartışma konusudur (ör. Kaya, 1977; Yılmaz ve diğ., 1995; Robertson ve Ustaömer, 2004). Paleozoyik yaşlı çökel kayaçların Prekambriyen metamorfik temeli üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı ve İstanbul Paleozoyik istifinin eşleniği olabileceği vurgulanmıştır (ör. Göncüoğlu ve diğ., 1992; Yılmaz ve diğ., 1995, 1997; Yiğitbaş ve diğ., 1999; Bozkurt ve diğ., 2008). Armutlu Yarımadası'nda Gemlik ve Pamukova kuzeyinde, Gölcük güneyinde ve Nuriosmaniye köyü doğusunda Paleozoyik yaşlı çökel kayaçlar tanımlanmıştır (ör. Kaya, 1977; Erendil ve diğ., 1991; Akbayram ve 2012). Tanımlanan bu alanlar içerisinde, Nuriosmaniye köyü doğusunda Akartuna ve Atan, (1981) tarafından, çökel kayaçlardaki fosil içeriğine dayanarak Alt-Orta Devoniyen yaşı verilen Dereçatı Formasyonu diğer Paleozoyik yaşlı olduğu düşünülen çökel kayaçlardan farklılık sunmaktadır. Bu farklılık, Dereçatı Formasyonu'nu dışındaki diğer Paleozoyik yaşlı çökel kayaçların başkalaşım sonucu mikaşist ve mermer gibi başkalaşım kayaçlarına dönüşmüş olması, başkalaşıma uğramış granitoidler tarafından kesilmesi ve herhangi bir fosil içeriğine rastlanılmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Göncüoğlu ve diğ., (1986) ve Erendil ve diğ., (1991) tarafından yapılan çalışmalarda ise Dereçatı Formasyonu, Üst Kretase yaşlı çökeller (Bakacak Formasyonu) içerisinde blok halinde yer aldığını belirtmişlerdir. Dereçatı Formasyonu'na benzer kayaç birimleri çalışma alanının doğusundaki Almacık Dağı'nın doğu kesimlerinde gözlemlenmiş ve Ordovisyen öncesi yaştaki metamorfik kayaçlar üzerinde yer alan düşük dereceli metamorfik Paleozoyik tortul istifi olarak değerlendirilmiştir (Abdülselamoğlu 1959; Yılmaz ve diğ., 1981).

Dereçatı Formasyonu çalışma alanında Nuriosmaniye Köyü ile Sultan Tepe arasındaki alanda, Doğu-Batı yönlü uzanım sergilemekte olup, yaklaşık 2 km uzunluğunda ve 0,2 km genişliğindedir. Çevre kayaçları tektonik ilişkili olan birim kırıntılı ve karbonatlı kayaçlardan oluşmaktadır. Birimin içerisinde herhangi bir stratigrafik düzene rastlanılmamış olup, Kızılağaç Deresi boyunca dağınık parçalar halinde rastlanmaktadır. Birimin esas litolojisini koyu renkli çamurtaşları ve rekristalize kireçtaşları oluşturmaktadır (Şekil 2.11). Rekristalize biyoklastik kireçtaşları içerisinde bol miktarda, Akartuna ve Atan, (1981) tarafından tanımlanan Alt-Orta Devoniyen'e ait karakteristik makro fosillerine (ör. Spirifer) rastlanmaktadır (Şekil 2.12a,b).



Şekil 2.11. Dereçatı Formasyonuna ait deforme çamurtaşlarının görünümü (36 T 0271855 D, 4499476 K)



Şekil 2.12. Dereçatı Formasyonuna ait (a) biyoklastik kireçtaşı ve (b) çamurtaşı içerisinde gözlemlenen Spirifer sp. fosilinin görünümü (36 T 0271683 D, 44996496 K)

Birimin çevre kayalar ile olan ilişkisi yoğun bitki örtüsü nedeni ile net olarak gözlenememektedir. Ancak, yapılan arazi gözlemleri sırasında bu birimin ne Akartuna ve Atan, (1981) tarafından belirtildiği şekilde amfibolitler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığına, ne de Göncüoğlu ve diğ., (1987) tarafından belirtildiği şekilde, Üst Kretase yaşlı kırıntıların içerisinde blok konumlu olarak yer alabileceğine dair herhangi bir veriye de rastlanmamıştır. Birimin, Nuriösmaniye köyü batısındaki yüzeylemelerinde, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile dokanağında kalın bir ezik zonun varlığı gözlemlenmektedir. GBM'ye ait Triyas metamorfizma ve Vartankeltepe

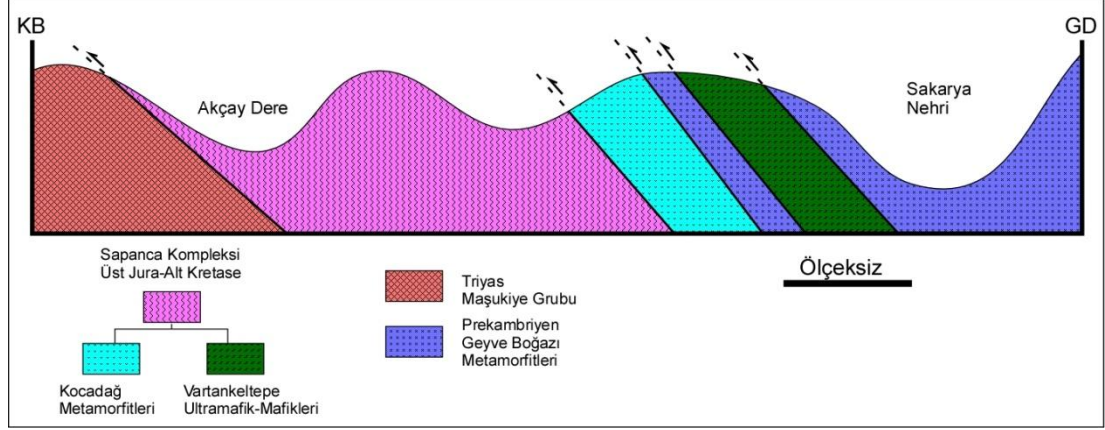
Ultramafit-Mafitleri'ne ait Jura oluşum yaşları, Alt-Orta Devoniyen yaşlı Dereçatı Formasyonunun bu birimler ile stratigrafik dokanaklı olamayacağını gösteren en güçlü delillerdir. Ayrıca Dereçatı Formasyonu Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu ile de tektonik dokanaklı olarak yer almaktadır. Bu durumda, Dereçatı Formasyonu'nun günümüzde dokanak halinde olduğu kayalar ile Üst Kretase sonrası tektonik hareketler sonucu bir araya gelmiş değildir. Dereçatı Formasyonu'nun kaynak alanı olarak iki ihtimal düşünülebilir. İlki Armutlu Yarımadası'nda Paleozoyik yaşlı olduğu düşünülen kayaların eşleniği olabilir. İkinci ise çalışma alanının doğusunda Almacık Dağı'nda yüzeyelen ve İstanbul Paleozoyik istifinin eşleştirilen (ör. Abdüselamoğlu 1959; Yılmaz ve diğ., 1981) kayaların eşleniği olabilir. İlk ihtimalde, Armutlu Yarımadasında gözlemlenen Paleozoyik kayalarında herhangi bir fosil içeriğine rastlanılmamış olması, volkanik kayaç katkılarının bulunması ve kuvvetli şekilde başkalım göstermeleri (ör. Göncüoğlu ve diğ., 1987, Robertson ve Ustaömer, 2004; Akbayram ve diğ., 2012) nedeniyle Dereçatı Formasyonu ile ilişkili olmaları düşük bir ihtimaldir. İkinci ihtimalde ise Almacık Dağı'nda tanımlanan kayaların Dereçatı Formasyonu ile hem litolojik hem de benzer fosil içerikleri bakımından benzerlik sunmaktadır (ör. Abdüselamoğlu 1959; Yılmaz ve diğ., 1981). Bu nedenle Dereçatı Formasyonu, çalışma alanının doğusunda Almacık Dağı'nda yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı çökel kayaları ile ilişkili olmalıdır.

2.3. Sapanca Kompleksi

Sapanca Kompleksi haritalama alanı içerisinde en geniş yüzeyleme alanına sahip kayaç topluluğunu oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki Üst Kretase öncesi birimleri yaklaşık D-GD eğimli bindirme düzleminden oluşan tektono-stratigrafik istif şeklindedir (Şekil 2.13). Bu istifin tabanında Akbayram ve diğ., (2012) tarafından tanımlanan Triyas yaşlı meta-klastik ve meta-karbonat kayalardan oluşan Maşukiye Grubu yer almaktadır. Maşukiye Grubu'nun üzerinde yitim yığılma karmaşasını temsil eden kayalardan oluşan Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Sapanca Kompleksi yer alır iken, bindirme düzleminin en üst seviyesini ise Triyas-Jura döneminde metamorfizma geçirmiş Prekambriyen yaşlı GBM yer almaktadır.

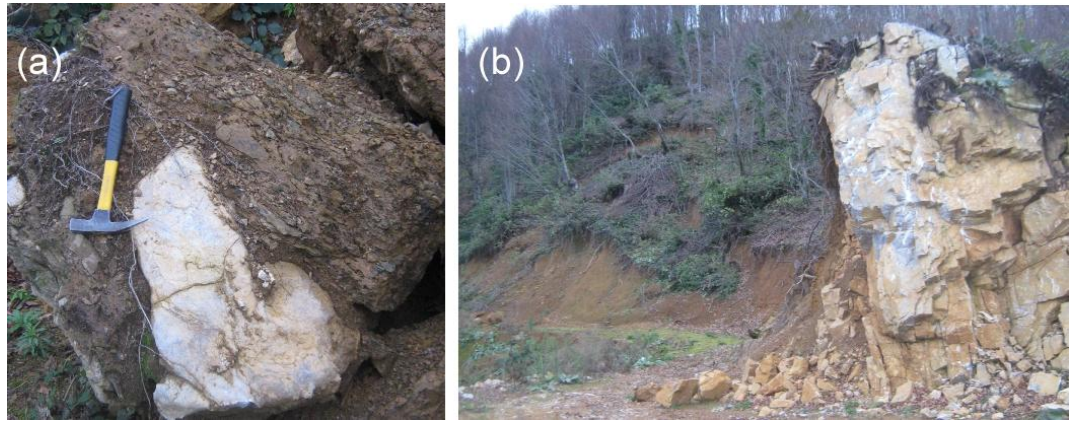
Bu çalışmada Sapanca Kompleksi içerisinde diğer litolojilerden farklılık sunan ve izole tektonik bir dilim halinde bulunan peridotit ve gabroik kayalardan meydana gelen birim Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri olarak adlandırılmıştır. Benzer şekilde bazik kökenli volkanitler ve az oranda çökel kökenli birimlerden oluşan ve Sapanca

Kompleksi'ndeki diğer birimler ile tektonik ilişkili olarak yer alan birim ise Kocadağ Metamorfikleri olarak adlandırılmıştır. Bu sebeple Vartankeltepe Ultramafik-Mafikleri ve Kocadağ Metamorfikleri ayrı başlık altında detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 2.13. Çalışma alanında yüzeyleyen Üst Kretase öncesi tektono-stratigrafik birimlerin ilişkilerini gösteren şematik kesit

Sapanca Kompleksi düşük dereceli metamorfik konglomera, kumtaşı, kıltaşı, çamurtaşı, radyolarit, tuf, serpantinit, gabro ve bazik kökenli volkanik kayalardan meydana gelmektedir. Birim kaotik bir yapıya sahip olup, birçok alanda olistostrom görünümündedir. İkraniye Köyü güneyinde çamurtaşı matriksi içerisinde çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen olistolit mermer bloklarına rastlanılmaktadır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Sapanca Kompleksi'nin olistostromal çökel özelliği gösteren seviyelerinde gözlemlenen çamurtaşı matriksi içindeki mermer olistolitlerinin görünümü (36 T 268265 D, 4498876 K; 36 T 0268395 D, 4498886 K)

Serpantinitler Sapanca Kompleksi içinde önemli ölçüde alan kaplamakta olup, İkraniye Köyü civarında en yaygın yüzeylemeleri gözlemlenmektedir. Serpantinitler büyük tektonik dilimler halinde bulunmasının yanı sıra çökel kayalar içerisinde

klastlar şeklinde de bulunmaktadır. İkramiye Köyü civarında yüzeyleyen serpantinitler gabro daykları tarafından kesilmektedir. Ayrıca Top Tepenin yaklaşık 1 km Güneyinde çökel kayalardan oluşan matriks içerisinde yaklaşık 50 m çapındaki gabro bloğuna rastlanılmıştır. Gabro bloğu pegmatit gabro ve bazaltik dayklar tarafından kesilmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Sapanca Kompleksi içerisinde blok olarak yer alan meta-gabro ve onu kesen meta-bazaltın görünümü (36 T 0271867 D, 4502207 K)

Sapanca Kompleksi'nin matriksini ağırlıklı olarak düşük dereceli metamorfik çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltası kırıntılı kayalar oluşturmaktadır. Çakıltaları oluşturan klastlar ofiyolitik malzemeden (ör. Bazalt, serpantinit) ve rekristalize kireçtaşı/mermerden türemiş olup, kötü boyanmalı ve matriks desteklidir. Çakıllarda yönlü yapılar ve uzamalar gözlemlenmektedir (Şekil 2.16).

Sapanca Kompleksi'nin içermiş olduğu ofiyolitik malzemeler (ör. Serpantinit, gabro, volkanit kayalar, radyolarit) ve kaotik yapısı dikkate alındığında eski bir okyanusun yitim-yığışım karmaşası özelliklerini taşımaktadır. Benzer gözlemler önceki araştırmacılar tarafında da belirtilmiştir (ör. Göncüoğlu ve diğ., 1986; Yılmaz ve diğ., 1995; Robertson ve Ustaömer, 2004; Akbayram ve diğ., 2012). İnceleme alanında Sapanca Kompleksi'ni oluşturan birimlerde genellikle ilksel dokuları korunmuş ve düşük dereceli metamorfizmanın etkilerini yansıtmaktadır. Kocadağ Metamorfitleri'nde ise göreceli olarak daha yüksek metamorfizma koşullarını yansıtan mineral parajenezlerine rastlanılmıştır. Ancak Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nde herhangi bir metamorfizma izine rastlanılmamıştır. Bu nedenle, Sapanca Kompleksinin bir bölümü yitim yığışım kaması içerisinde daha derinlere

gömölerek daha şiddetli metamorfizmaya maruz kalır iken bir bölümü ise daha sığ kesimlerde kaldığı için düşük dereceli metamorfizmadan etkilenmiş olabileceği söylenebilir.



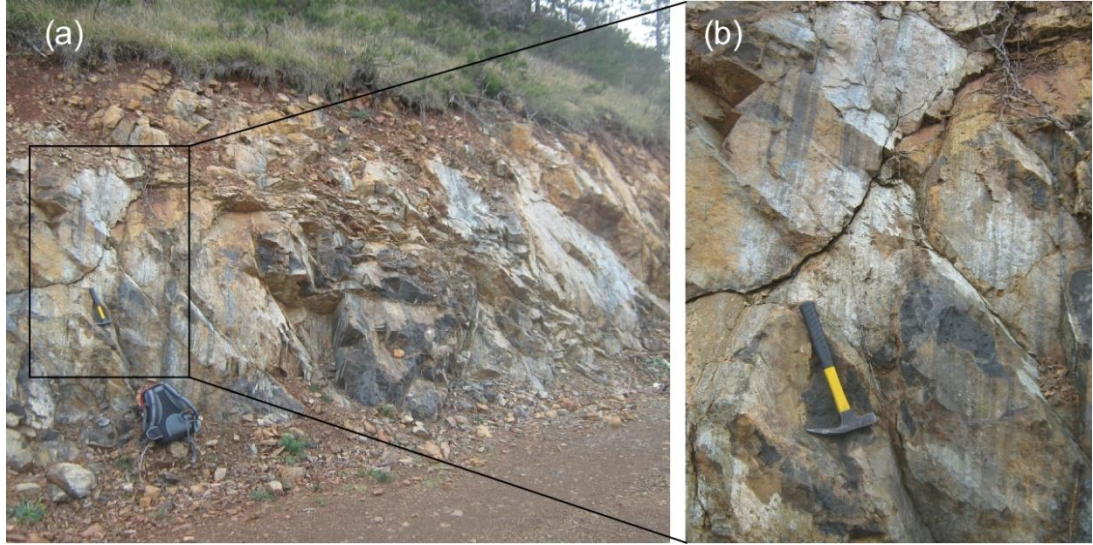
Şekil 2.16. Sapanca Kopmleksi içerisinde yer alan meta-çakıltası örneğindeki çakıllarda metamorfizma etkisi ile oluşan yönlü doku ve uzamaların görünümü (36 T 027244 D, 4502812 K)

2.3.1. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri

Birimin en iyi yüzeylemelerinin Vartankel Tepe civarında görülmesi ve egemen litoloji olan ultramafit kayaçlarının yanında mafit kayaçlarında birlikte gözlemlenmesi nedeniyle bu çalışmada “Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri” adlanması kullanılmıştır. Lertzolit, verlit, vebsterit, dünit ve gabrolardan oluşan birimin en karakteristik özelliği bantlı doku göstermesidir. Verlit ve vebsterit türü kayaçlar birim içerisindeki en yaygın kaya türünü oluştururken lertzolit ve gabroik türü kayaçlar nadiren gözlemlenmiştir. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri’nin minerolojik, dokusal ve jeokimyasal özellikleri açısından değerlendirildiğinde ofiyolitik dizinin “ultramafik-mafik kümülat” dizisini temsil etmektedir.

Birimin Vartankel Tepe ile Küçükkol Tepe arasında yüzeylemelerinde oldukça taze peridotitik kayaçlardan oluşmakta olup, bu örneklerde koyu yeşil ve sarımsı kahverengi renklerde piroksen ve olivin mineralleri çıplak göz ile seçilebilmektedir.

Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nde bantlı/katmanlı dokular arazide kolaylıkla tanımlanabilmektedir (Şekil 2.17a,b).



Şekil 2.17. Vartankel Tepe ile Küçükkol tepe arasında yüzeyleyen (a) oldukça taze peridotitik kayalar ve bu kayalarda gözlemlenen (b) bantlı dokunun görünümü (36 T 0271876 D, 45011620 K)

Birimde serpantinitleşme seyrek olup, yalnızca diğer birimler ile olan tektonik dokanak zonlarında kalın serpantin zonları gözlemlenmektedir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. GBM ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasında tektonik dokanak zonuna yakın kesimlerde ultramafik kayalarda gözlemlenen serpantinitleşme (36 T 0273785 D, 4502286 K)

Ultramafik ve mafik kayalarda gözlemlenen bantlı doku, olivin, piroksen, plajiyoklas ve spinel minerallerinin magmatik tabakalanması ile oluşmaktadır. Bu magmatik

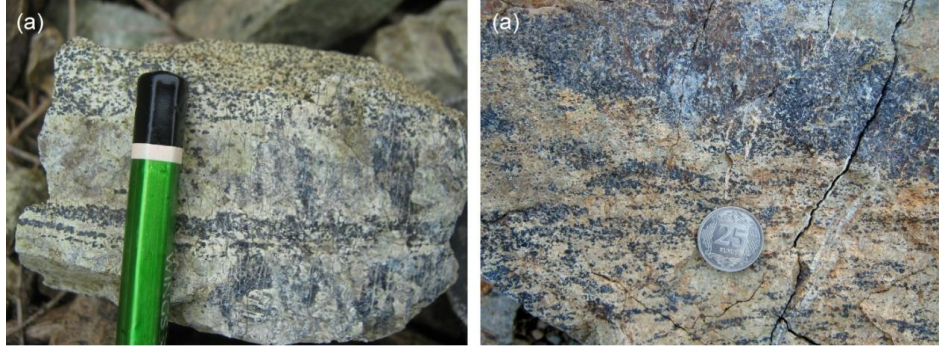
tabaklanma hem ultramafit hem de mafit kayaçlarda belirgin olarak gözlemlenebilmektedir (Şekil 2.19). Plajiyoklas minerallerinin bolluğunun kayaç içerisinde artışına bağlı olarak peridotitik kayaçlardan gabrolara geçilmektedir (Şekil 2.20). Benzer şekilde spinel mineralleri içeren dünitik seviyelerde de bantlı yapılar gözlemlenmektedir (Şekil 2.21a,b).



Şekil 2.19. Ultramafik kayaçlarda magmatik minerallerin tabakalanmasıyla oluşan bantlı dokunun görünümü (36 T 0271400 D, 4501192 K)

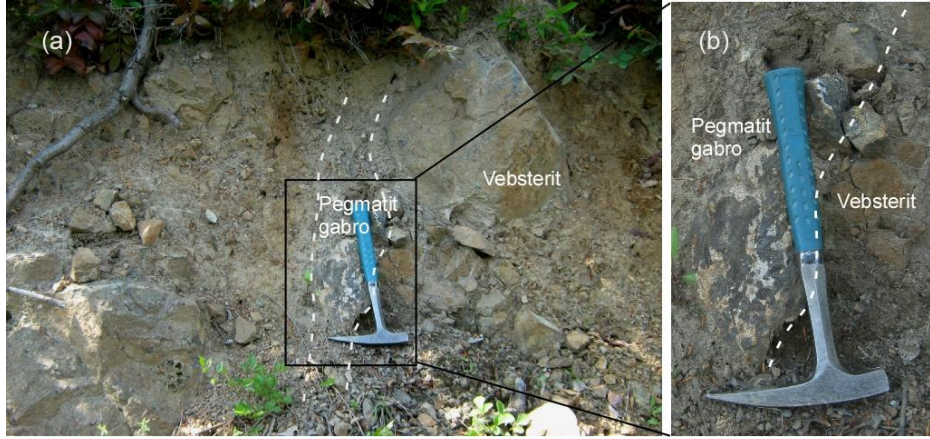


Şekil 2.20. Ultramafik kayaçlardaki plajiyoklas mineralinin bolluğuna bağlı olarak gabro seviyelerinin görünümü (36 T 0271404 D, 4501201 K)



Şekil 2.21. (a), (b) Spinel içeren dünitlerde bantlı dokunun görünümü (36 T 0271468 D, 4501224 K; 36 T 0271452 D, 4500215 K)

Çok seyrek olarak peridotitik kayaçların pegmatit gabro damarlar tarafından kesildikleri tespit edilmiştir (Şekil 2.22a,b).

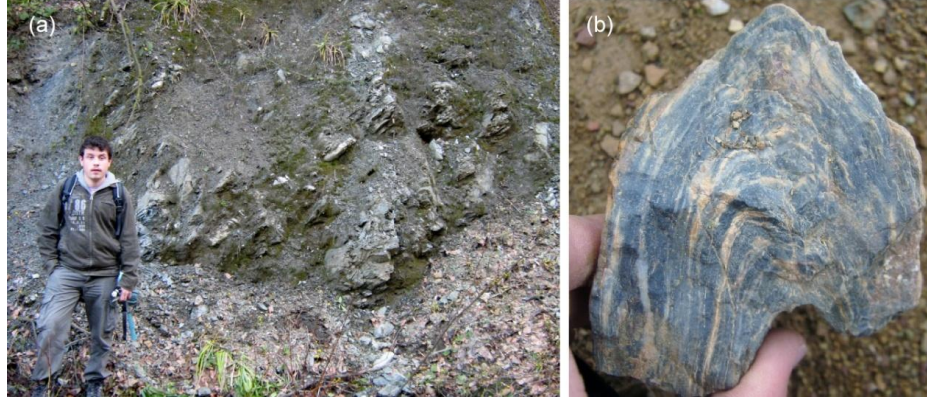


Şekil 2.22. Vebsterit içerisinde gözlemlenen pegmatit gabro daykının (a) uzaktan ve (b) yakından görünümü (36 T 0272111 D, 4501011 K)

2.3.2. Kocadağ Metamorfikleri

Kocadağ Metamorfikleri, yaklaşık KD-GB uzanımlı olarak geniş bir alan kaplamaktadır. Birim yaklaşık GD'ya eğimli yüksek açılı ters fay ile GBM ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri tarafından üzerlenir iken, yine yaklaşık GD'ya eğimli ters fay ile Sapanca Kompleksi'ne ait litolojilerin üzerinde yer almaktadır.

Meta-volkanit kayaçlar ayrıışmış yüzeylerinde pas rengi ve kahverengi tonlardadır. Taze kırık yüzeylerinde ise koyu yeşil renktedirler. Volkanik kökenli kayaçlara ilaveten çökel kökenli granat-epidot mikaşist ve meta-çörtlere de rastlanılmaktadır (Şekil 2.23a,b). Birimin genelinde yapraklanma iyi gelişmiştir (Şekil 2.24a,b). Bazı kesimlerinde de som ve eklemli şekillerdedir.



Şekil 2.23. Kocadağ Metamorfikleri içerisinde gözlemlenen (a) mikaşist, (b) deformasyona uğramış meta-çört örneğinin görünümü (36 T 0271057 D, 4501544 K; 36 T 0270029, 4499915 K)



Şekil 2.24. (a) ve (b) Kocadağ Metamorfikleri'ne ait meta-bazitlerde gözlemlenen yapraklanma (36 T 0271263 D, 4502046 K; 36 T 0270527 D, 4400249 K)



Şekil 2.25. Kocadağ Metamorfikleri içerisinde gözlemlenen mikaşist örneğindeki buruşma klivajının görünümü (36 T 0271057 D, 4501544 K)

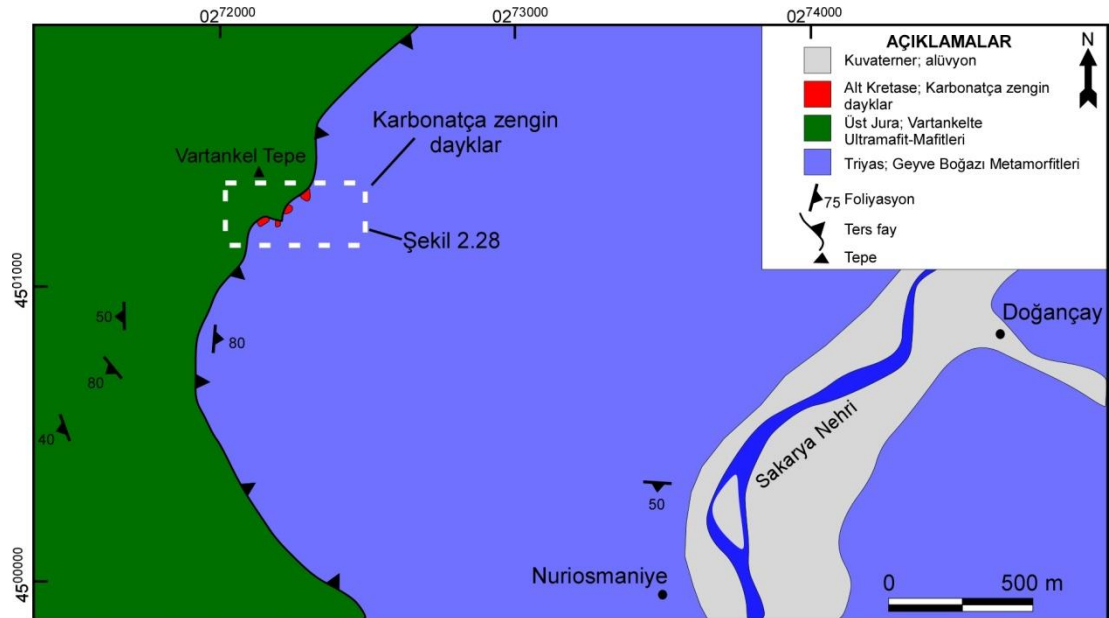
Metamorfizma derecesindeki artışa bağlı olarak meta-bazit kayaçlarda bantlı yapılar, mikaşistlerde ise buruşma klivajları gözlemlenmiştir (Şekil 2.25).

2.4. Karbonatça Zengin Daykların Jeolojisi

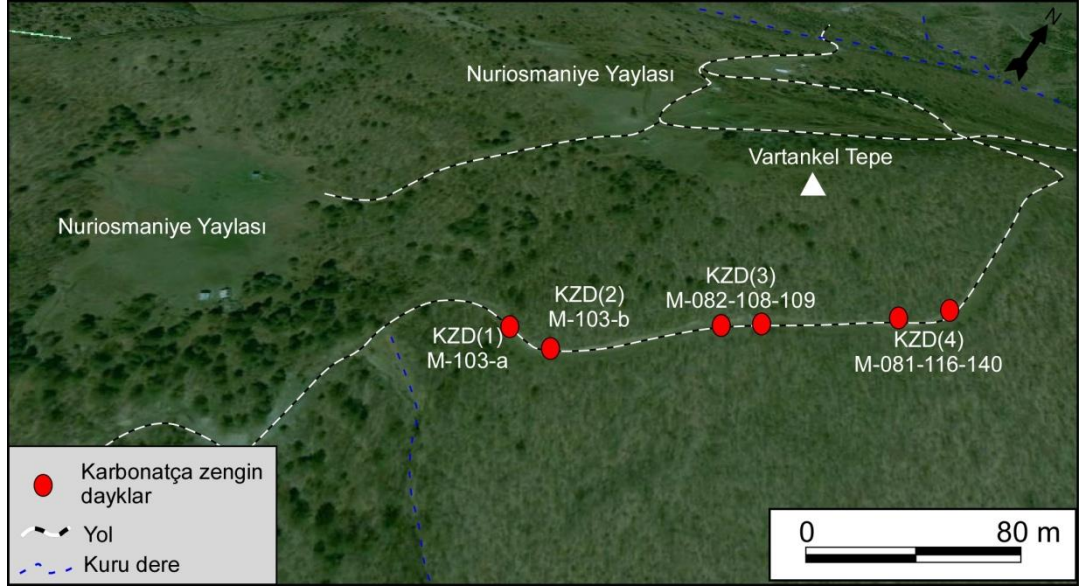
Varlığı ilk defa bu tez çalışması esnasında ortaya konulan karbonatça zengin dayklar, literatürde tanımlanan karbonatitlerden yan kayaç birlikteliği ve özellikle de jeokimyasal açıdan farklılık sunmaktadır. Bu sebeple, çalışma alanındaki daykların kalsit minerallerince zengin olması nedeniyle bu tez çalışması kapsamında “karbonatça zengin dayk (KZD)” adlanması tercih edilmiştir.

Nuriosmaniye köyünün Kuzeybatısında, Vartankel tepe ile Nuriosmaniye Yaylası arasında GBM yaklaşık Doğuya eğimli bindirme düzlemi ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin üzerinde tektonik olarak yer almaktadır (Şekil 2.27). Bu bindirme düzlemi boyunca gözlemlenen karbonatça zengin dayklar GBM'ye ait amfibolitik kayaçlar içerisinde dayklar şeklinde yer almaktadırlar (Şekil 2.29).

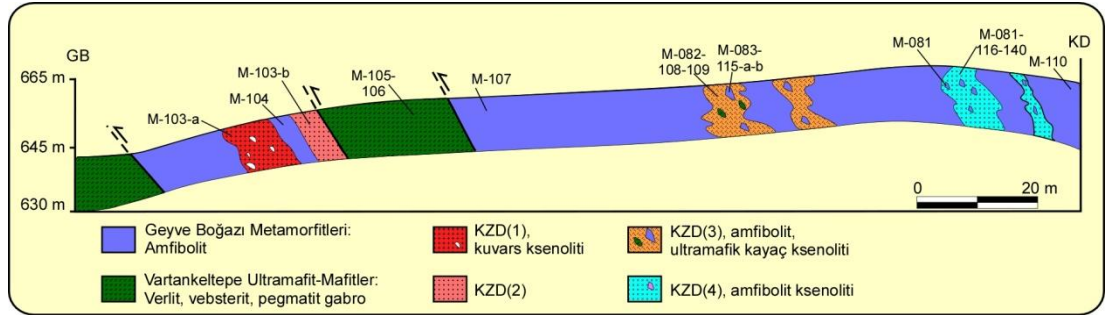
Şekil 2.28'te gösterilen yol boyunca toplam altı adet KZD tespit edilmiştir. Tespit edilen bu dayklar mineralojik bileşimleri, dokusal özellikleri ve içermiş oldukları ksenolitlerin türü dikkate alınarak basit şekilde 4 ayrı gruba ayrılarak KZD(1), KZD(2), KZD(3), ve KZD(4) olarak adlandırılmıştır. Bu altı dayktan birer tanesi KZD(1) ve KZD(2)'ye, ikişer tanesi de KZD 3 ve KZD 4'e aittir. Daykların kalınlıkları 1 ila 4 metre arasında değişmektedir (Şekil 2.29).



Şekil 2.27. Karbonatça zengin dayklarının detay jeoloji haritasındaki konumu



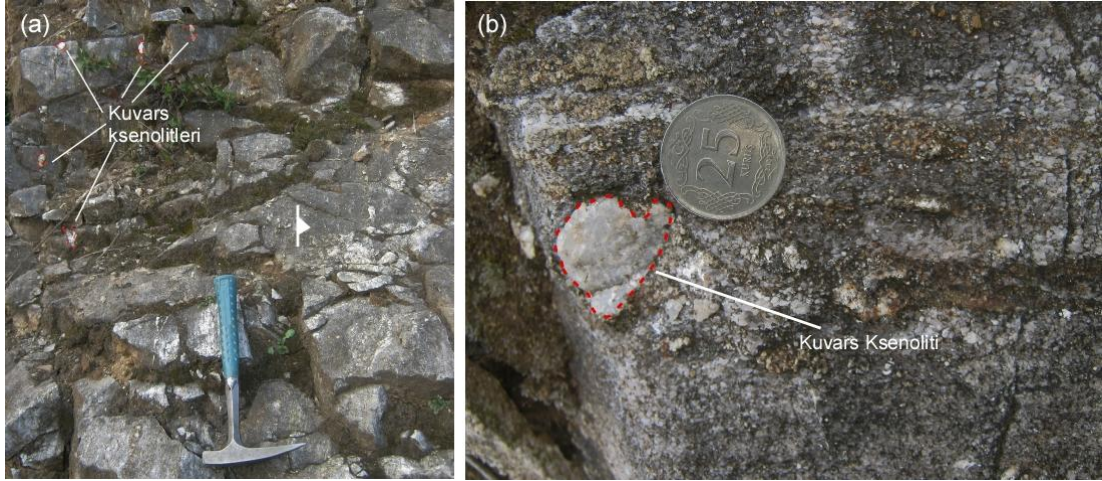
Şekil 2.28. Uydu görüntüsü üzerinde (Google Earth®) Karbonatça zengin dayklarının konumu ve bu dayklardan derlenen örnekleri gösteren yer bulduru haritası



Şekil 2.29. Karbonatça zengin daykların (KZD), GBM ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki ilişkiyi ve bu birimlerden derlenen örneklerin yerlerini gösteren şematik kesit

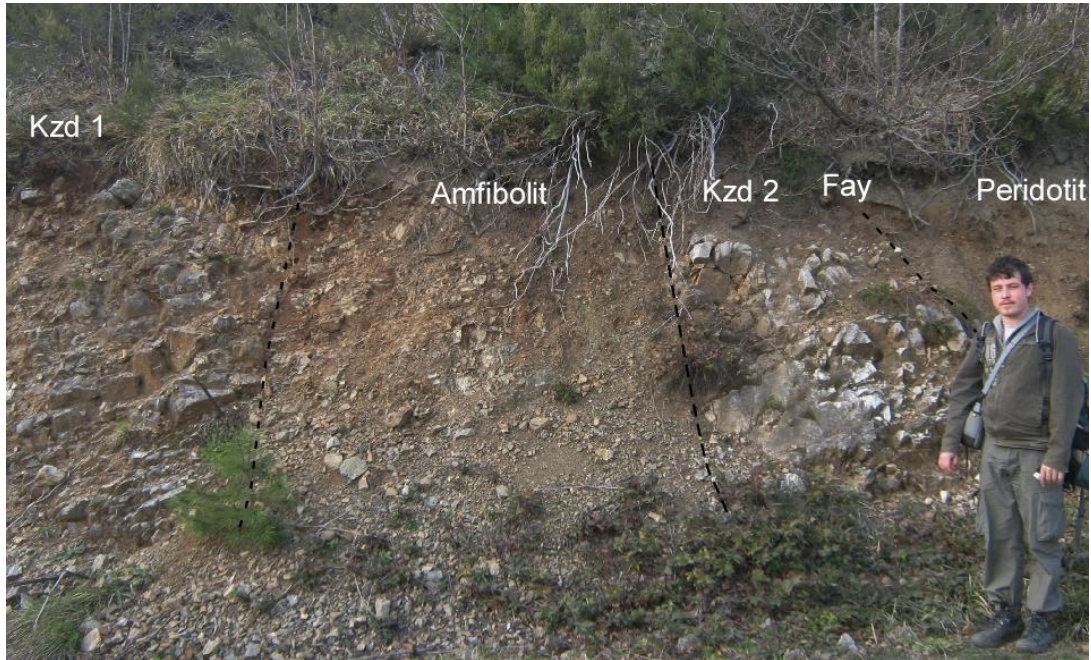
KZD'lerin ortak özelliği yüksek oranda karbonat minerali (kalsit) içermesi nedeniyle atmosferik koşullar altında karstik erimeler gözlemlenmektedir. Aşağıda her bir daykın kendine ait özellikleri aşağıda sırasıyla anlatılacaktır.

Yaklaşık 4 metre kalınlığında olan KZD(1), kaba taneli minerallerden oluşmakta olup, içersindeki silikat (ör. klinopiroksen) minerallerinin yüzey koşullarında bozuşması ile dış yüzeyleri kirli sarımsı görünüme sahiptir (Şekil 2.30a). Taze yüzeyleri ise daha açık renkli ve beyazımsı gri bir renge sahiptir. Büyüklükleri birkaç mm ile 5 cm çapına kadar değişen köşeli veya yarı yuvarlak kuvars ksenolitleri içermektedir (Şekil 2.30b). Çok küçük boyutlardaki, (milimetre büyüklüğünde) kuvars ksenokristalleri mikroskop altındaki petrografik tanımlamalar esnasında tespit edilmiştir.



Şekil 2.30. Kirli sarımsı renkli ve hafif yönlenme gösteren KZD(1)'de gözlemlenen kuvars ksenolitinin (a) genel ve (b) yakından görünümü (36 T 272069 D, 4501012 K)

KZD(2) yaklaşık 1 metre kalınlığa sahip (Şekil 2.31) beyaz renkli, kaba taneli ve som görünüme sahiptir (Şekil 2.32). Çünkü diğer KZD'lerden farklı olarak koyu renkli mineral (ör. Klinopiroksen) ve herhangi bir ksenolit içermemektedir. Amfibolit ve peridotitler ile olan dokanağı keskin olup, amfibolit ile magmatik dokanaklı iken peridotit ile olan dokanağı tektoniktir (Şekil 2.32).



Şekil 2.31. KZD(1) ve KZD(2)'nin görünümü (36 T 0272083, 4501002 K)



Şekil 2.32. KZD(2)'e ait el örneğinin kirli beyaz renkli kaba taneli görünümü (36 T 0272083, 4501002 K)

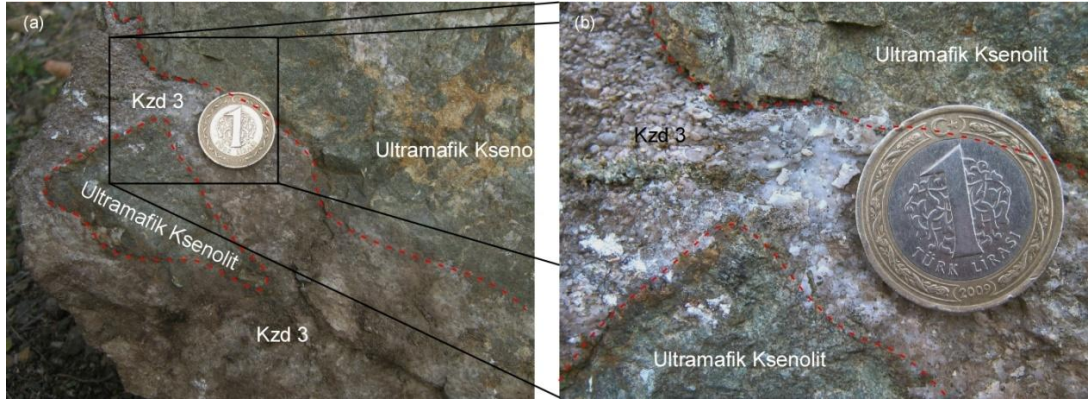
KZD(3) açık pembe renkli (Şekil 2.33a) görünümüne sahip olup, kalınlıkları yaklaşık 1 ila 3 metre arasında değişen 2 adet dayktan oluşmaktadır. Büyükleri santimetre boyutundan blok boyutuna değişen amfibolit ksenoliti (Şekil 2.33b, 2.34) içermesinin yanı sıra diğer KZD'lerden farklı olarak ultramafik kayaç ksenolitleri içermektedir (Şekil, 2.35a,b). Ultramafik kayaç ksenolitlerinin boyutları yaklaşık 1 ile 20 santimetre arasında değişmekte olup, genellikle köşeli ve yarı köşeli şekillerde gözlemlenmektedirler. KZD(3) içerisinde rastlanan bu ultramafik kayaç ksenolitleri Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait olmalıdır.



Şekil 2.33. (a) Açık pembe renkli KZD(3)'ün el örneğinde yakından görünümü ve (b) içermiş olduğu amfibolit ksenolitinin görünümü (36 T 027160 D, 4501056 K)

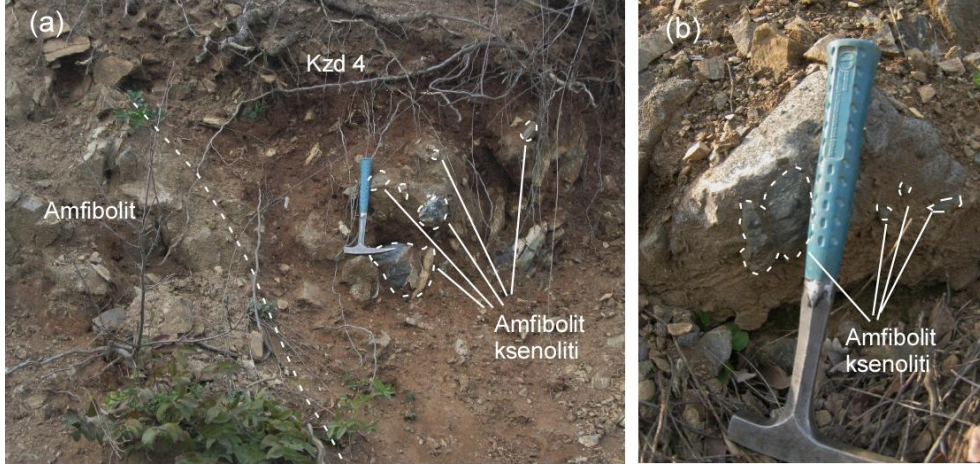


Şekil 2.34. KZD(3) içerisinde gözlemlenen blok boyutundaki amfibolit ksenoliti (36 T 027160 D, 4501056 K)

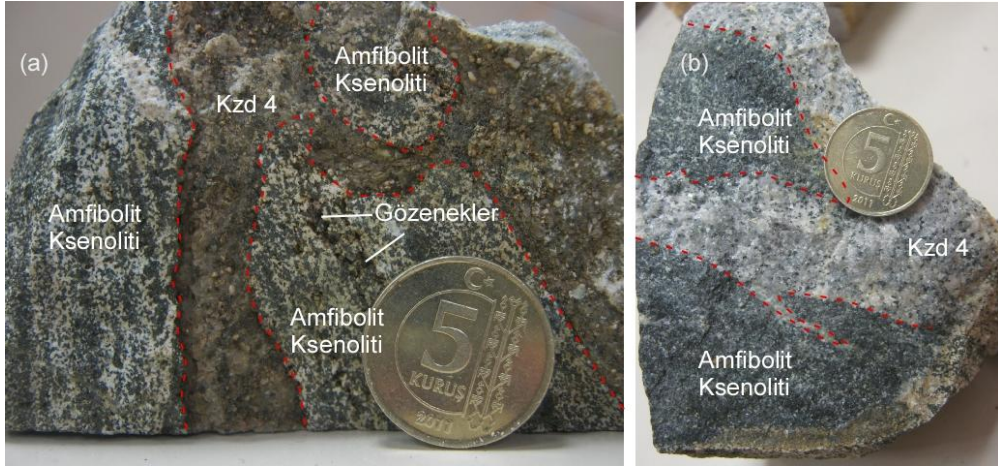


Şekil 2.35. (a), (b) KZD(3) içerisinde gözlemlenen ultramafik kayaç ksenolitlerinin görünümü (36 T 027160 D, 4501056 K)

KZD(4) bozuşmuş dış yüzeyi koyu gri tonlarda gözüktür iken taze yüzeyi beyaz ve açık gri renklerde gözlemlenmektedir (Şekil 2.36a, 2.37b). Kalınlıkları yaklaşık 0,5 m ile 2 m arasında değişen 2 dayktan oluşmaktadır. Dayk içerisindeki amfibolit ksenolitleri genellikle köşeli olup, seyrek olarak da yarı yuvarlaklaşmış şekillerde bulunmaktadır (Şekil 2.36a,b). Amfibolitlerin içinde karbonatça zengin magmatik ergiyiğin etkisi ile ikincil olarak kalsit minerali oluşumları gözlemlenmektedir. İkincil olarak oluşan bu kalsit minerallerinin atmosferik koşullarda erimesi ile kayacın boşluklar oluşturmakta bu durum ise kayacın gözenekli bir görünüm almasına neden olmaktadır (Şekil 2.37a).



Şekil 2.36. KZD(4)'ün (a) amfibolit içerisinde görünümü ve (b) içermiş olduğu amfibolit ksenolitlerinin yakından görünümü (36 T 0272186 D, 4501065 K)

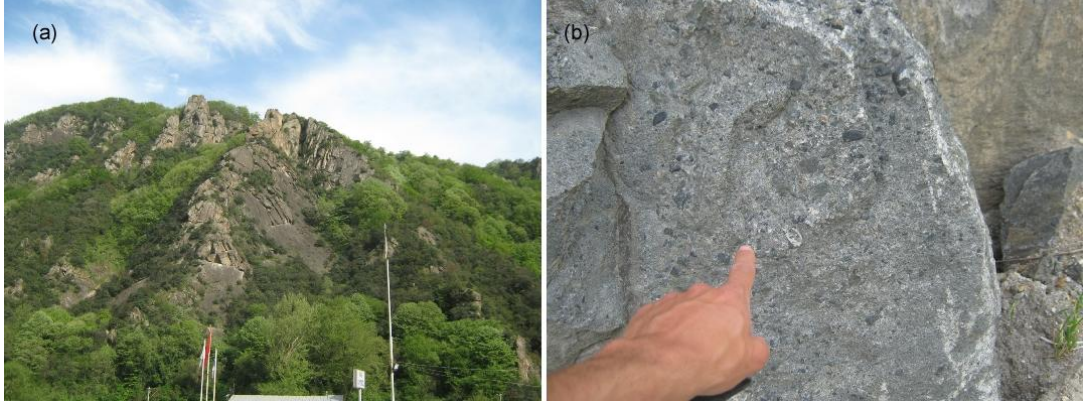


Şekil 2.37. KZD(4)'ün amfibolit ksenoliti içeren el örneğinin (a) ayrılmış yüzeyinin ve (b) taze kırık yüzeyinin görünümü. (a) amfibolit ksenolitinin, içinde karbonatça zengin magmatik ergiyik etkisi ile oluşan kalsit minerallerinin karstik erimesi ile gözenekli görünüm kazanması (36 T 0272186 D, 4501065 K)

2.5. Bakacak Formasyonu

Çalışma alanının Güneyinde sıg denizel çökel kayalardan oluşan çökel istif yer almaktadır. Birimin Geyve Boğazı boyunca olan yüzeylemelerinde birimin kıvılcı-bordo rengi, tabakalanma göstermeyen kötü boylanmalı görünümü ve kırıklı/çatlaklı yapısı ile tanınırlar (Şekil 2.38a,b). Koca Tepe ile Sivri Tepe arasındaki yüzeylemelerde ise açık kahverengi renkli tabakalı yapı sunan, kumtaşı çamurtaşı aralanmasından meydana gelmektedir (Şekil 2.39b). Sivri Tepenin kuzeyinde çamurtaşı ve marndan oluşan çökel istif yer almaktadır. Güneyinde ise tek kökenli çakıllardan oluşan,

matriks destekli kötü boylanmalı konglomeratik seviyeler gözlemlenmiştir (Şekil 2.39a).



Şekil 2.38. Bakacak Formasyonun genel görünümüleri; (a) Bolca kırık ve eklem/çatlak sistemine sahip yüzleklerin görünümü, (b) matriks destekli kötü boylanmalı çakıltaşı (36 T 0273822 D, 4497942 K)



Şekil 2.39. Bakacak Formasyonun genel görünümüleri; (a) Sivri Tepenin güneyindeki konglomeratik seviyelerin ve (b) Sivri tepe ile Koca Tepe arasında yüzeyleyen kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan istifin görünümü (36 T 0271308 D, 4496961 K; 36 T 0271099 D, 4497771 K)

Birimi oluşturan çakıllar incelendiğinde, tabanındaki temel kayalara ait çakıllardan türemiş olduğu tespit edilmiştir. Ancak birimin GBM, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ve Dereçatı Formasyonu ile olan dokanak ilişkileri tektoniktir. Önceki araştırmacılar tarafından birimin alttaki temel kayalar ile dokanak ilişkisinin uyumsuz olduğu belirtilmiştir (ör. Akartuna ve Atan, 1981; Bozcu, 1992). Akbayram ve diğ., (2012) tarafından ise Bakacak Formasyonu ile temel kayalar arasındaki ilişkinin Eosen sonrası tektonik olaylara bağlı olarak vurgulanmıştır. Birim içerisinde, Akartuna ve Atan, (1981) ile Bozcu, (1992) tarafından saptanan makro ve mikro fosil

içeriklerine göre birimin çökelme yaşının Kampaniyen-Maestrihtiyen olduğu belirtilmiştir.

2.6. Arslanbey Formasyonu

Arslanbey Formasyonu çalışma alanının kuzeyinde görülmekte olup, GBM ve Sapanca Kompleksi'ne ait litolojiler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Ancak çoğu alanda Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisi ile temel kayalarla olan dokanağı tektoniktir. Akarsu çökellerinden oluşan birim genellikle kötü boylanmalı, gevşek tutturulmuş konglomera, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmakta olup, sarı, açık kahverengi ve gri renklerde gözlemlenmektedir. Birimin çökelme yaşı Emre ve diğ., (1998) tarafından Alt Pleyistosen olarak belirlenmiştir.

2.7. Alüvyon

Çalışma alanı içerisinde alüvyonlar, Geyve Boğazı'nda Sakarya Nehri'nin taşıdığı çökeller ve bu nehire bağlanan nispeten daha küçük derelerin taşımış olduğu çökellerden oluşmaktadır. Sakarya Nehri'nin taşıdığı çökeller ağırlıklı olarak ince çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerden oluşur iken dereler (ör. Doğançay Dere) vasıtasıyla taşınan çökeller ise blok boyutuna ulaşan çok daha kaba taneli malzemelerden oluşmaktadır. Ayrıca Geyve Boğazı boyunca, % 60'a kadar ulaşan eğim değerlerine sahip olan yüzleklerin etek kesimlerde yamaç molozu çökellerine de rastlanılmaktadır.

3.1. PETROGRAFİ - MİNERAL KİMYASI

Petrografik inceleme amacıyla Geyve Boğazı Metamorfikleri (GBM), Sapanca Kompleksi, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri, Kocadağ Metamorfikleri ve karbonatça zengin dayklardan derlenen örneklerden toplam 39 adet ince kesit hazırlanarak polarizan mikroskop yardımıyla incelemeleri yapılmıştır. Minerolojik ve dokusal özelliklerine göre seçilen 10 örnek üzerinde de elektron mikroprobu ile mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Aşağıda değişik kaya türleri petrografik olarak tarif edilmekte ve içerdikleri minerallerin bileşimleri sunulmaktadır.

3.1. Geyve Boğazı Metamorfikleri

Çalışma alanı içerisinde GBM'nin esas litolojisini oluşturan amfibolitik kayalar ile daha az oranda gözlemlenen mikaşistlerin petrografik özelliklerinin belirlenmesi için Geyve Boğazı ve civarı ile karbonatça zengin dayklar içerisindeki amfibolit ksenolitlerden toplam 12 adet örnek alınmıştır. Derlenen örneklerin minerolojik ve dokusal özellikleri Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

Tablo 3.1. Geyve Boğazı ve civarından derlenen, GBM'ye ait değişik kayaç türlerinin minerolojik ve petrografik özellikleri

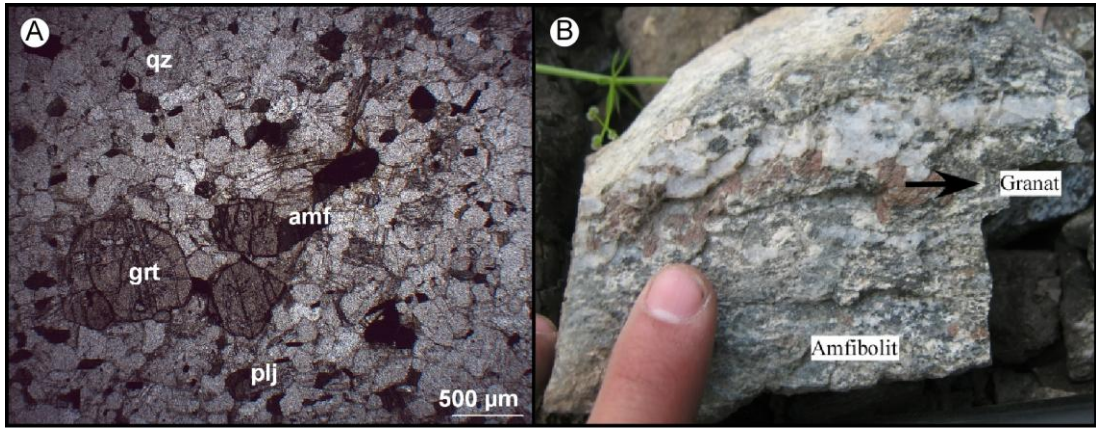
örnek	kayaç adı	dokusu	amf	kpir	plj	K-feld	bio	grt	kal	ep	qz	spn	ap	sil	chl	pum	rt	opq
M-030	Granat amfibolit	Nematoblastik	*		*		*	*			*		*		*			*
M-031	Granat biyoyit şist	Lepidogranoblastik			*		*	*			*	*		*		*	*	*
M-032	Biyotit amfibolit	Granolepidoblastik	*		*		*				*	*	*			*		*
M-044	Amfibolit	Granonematoblastik	*		*	*		*	*			*	*					*
M-069	Granat amfibolit	Granoblastik	*		*			*		*	*		*					*
M-081 ^x	Piroksen amfibolit	Granonematoblastik	*	*	*										*			*
M-083 ^x	Piroksen amfibolit	Granonematoblastik	*	*	*							*						*
M-100	Amfibolit	Granoblastik	*	*	*					*								*
M-104	Amfibolit	Granoblastik	*	*	*		*								*			*
M-107	Amfibolit	Granoblastik	*		*					*								*
M-110	Amfibolit	Granonematoblastik	*		*													*
M-115	Amfibolit	Granonematoblastik	*	*	*		*		*				*		*			*

^x Karbonatça zengin dayklar içerisinde derlenen amfibolit ksenolitleri

Amfibolitler, başlıca ince-kaba taneli, masif, bantlı ve gnaysik yapıdadır. Granoblastik, nematoblastik, granonematoblastik ve lepidogranoblastik dokular gözlemlenmiştir. Felsik ve mafik mineral tekrarlanmaları olarak belirginleşen bantlaşmalar birkaç mm ile birkaç cm arasında değişir. Amfibolitik kayaların mikroskop altındaki incelemelerinde amfibolit, biyotit amfibolit, piroksen amfibolit ve granat amfibolit olarak tanımlanmışlardır. Amfibolitler, amfibol ve plajiyoklas ana mineralleri yanında ilave olarak piroksen, kuvars, biyotit, epidot, granat, klorit ve

kalsit minerallerini de içerdikleri tespit edilmiştir. Aksesuar mineral olarak sfen, apatit ve opak (ilmenit, manyetit) minerallerden oluşmaktadır.

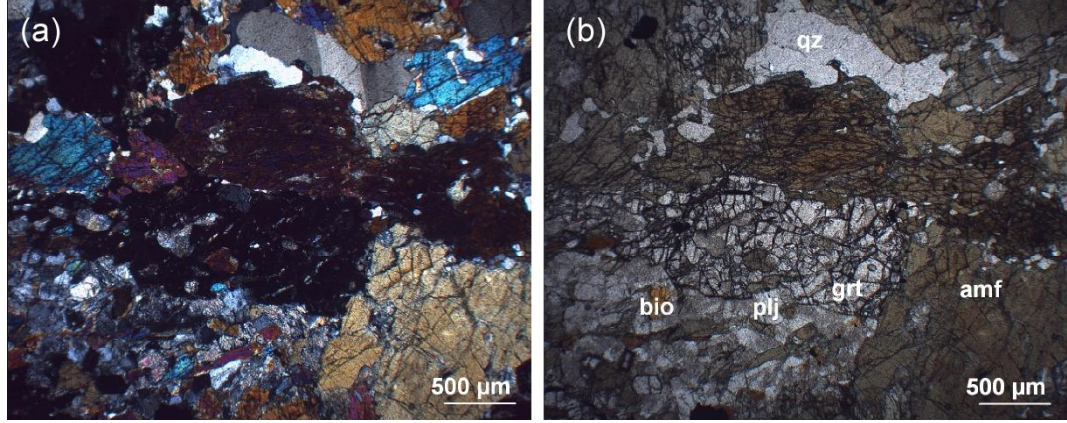
Geyve Boğazı civarından iki adet granat amfibolit örneği derlenmiştir. Derlenen örneklerden ilki (M-069) Geyve Boğazı'nın doğusunda, Doğançay kasabasının yaklaşık 1 kilometre Kuzeyinden örneklenmiştir. Bantlı ve gnaysik yapı sunan kayaç (Şekil 3.1b), pegmatitik düzeyler içermektedir. Felsik minerallerin mafik minerallere oranla daha yoğun olduğu kesimlerde kayaç açık renkli görünüme sahiptir. Amfiboller kuvvetli yeşil pleokroitir. Plajiyoklaslardaki hafif killeşmeler dışında kayaçta alterasyon gözlemlenmemektedir. Öz, yarı özşekilli granatlar ise kayacın yaklaşık % 5'ini oluşturmakta ve kuvars kapanımları içermektedir (Şekil 3.1a). Benzer olarak, amfibol mineralleri içinde de kuvars kapanımları bulunmaktadır. Aynı zamanda kayaçta yaklaşık % 10 oranında epidot bulunmaktadır.



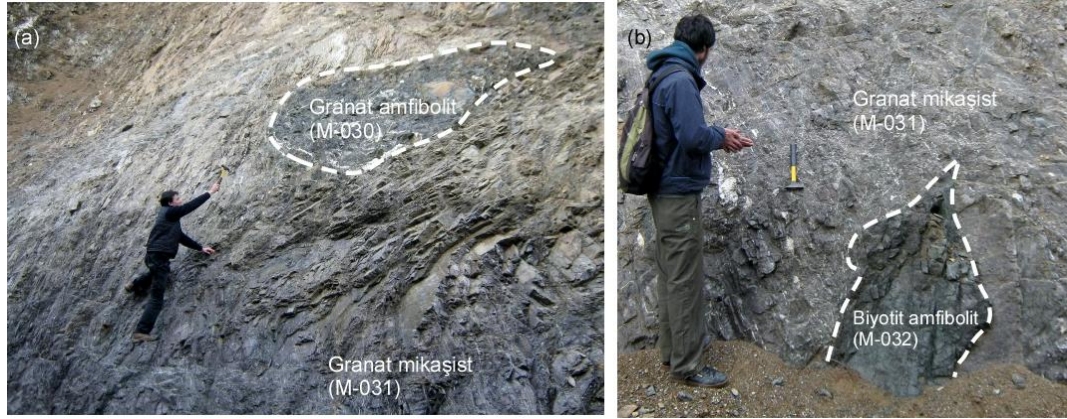
Şekil 3.1. GBM'ye ait M-069 numaralı granat amfibolit örneğinin (a) doğal ışık altındaki görünümü, (b) gnaysik ve bantlı yapılı, iri granat porfiroblastları içeren granat amfibolitinin görünümü (36 T 0274832 D, 4501602 K)

İkinci granat amfibolit örneği (M-030) ise Geyve Boğazı'nın batısında, Doğançay kasabasının yaklaşık 500 metre güneybatısından derlenmiştir. Bu örnek diğerinden farklı olarak masif yapılı olup, daha az oranda felsik mineral içermesi nedeniyle koyu renkli ve som görünüşe sahiptir. Kayaç amfibol, plajiyoklas, kuvars, biyotit, granat apatit ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Amfibol mineralleri koyu kahve pleokroit olup içerisinde bol miktarda kuvars ve plajiyoklas kapanımları içermektedir (Şekil 3.2a,b). Granatlar bol çatlaklı yapıya sahip olup, özşekilli ve yarı özşekillidir. İri öz şekilli granat porfiroblastları içinde kuvars, plajiyoklas ve biyotit kapanımları gözlemlenmektedir. Kloritler, amfibol ve biyotit minerallerinden itibaren ikincil olarak oluşmuştur. Aynı alandan M-030 numaralı granat mikaşist örneği ile ilişkili olarak

biyotit amfibolit (M-032) ve granat mikaşist (M-031) örnekleri derlenmiştir. Yapılan arazi gözlemlerinde granat amfibolit ve biyotit amfibolit kayaçlarının granat mikaşistler içerisinde metamorfizma öncesi sokulum yapan bazik kökenli sokulum kayaçları oldukları tespit edilmiştir (Şekil 3.3a,b).



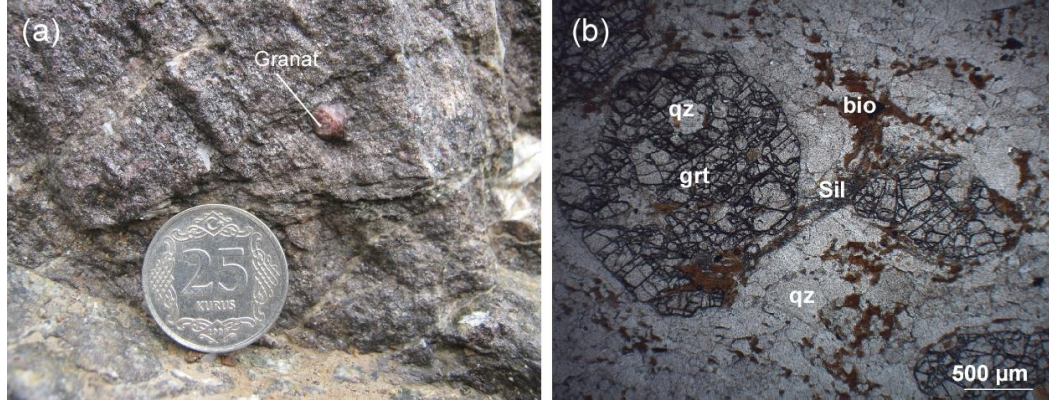
Şekil 3.2. M-030 numaralı granat amfibolit örneğinin (a) çapraz ve (b) doğal ışık altındaki görünümü



Şekil 3.3. Granat mikaşist içerisindeki, (a) granat amfibolite ve (b) biyotit amfibolite dönüşmüş bazik kökenli sokulum kayaçlarının görünümü (36 T 0274105 D, 4500667 K)

Biyotit amfibolit örneği lepidogranoblastik dokuya sahip olup, başlıca amfibol, plajiyoklas, biyotit, kuvars, pumpelleyit ve aksesuar mineral olarak apatitten oluşmaktadır. Granat mikaşistler ise bantlı yapılı, lepidoblastik dokuya sahiptir. Granat mikaşistler içinde çapı 1 santimetreye kadar ulaşan iri granat porfiroblastları mevcuttur. (Şekil 3.4a). Kayaç başlıca granat, biyotit, plajiyoklas, kuvars, sillimanit, pumpelleyit ve tali oranda sfen, rutil ve opak minerallerden oluşmaktadır. Granatlar içinde, bol miktarda biyotit ve kuvars kapanımları mevcuttur (Şekil 3.4b). Sillimanit mineralinin varlığı, kayacın yüksek sıcaklık metamorfizma koşullarına maruz kaldığı

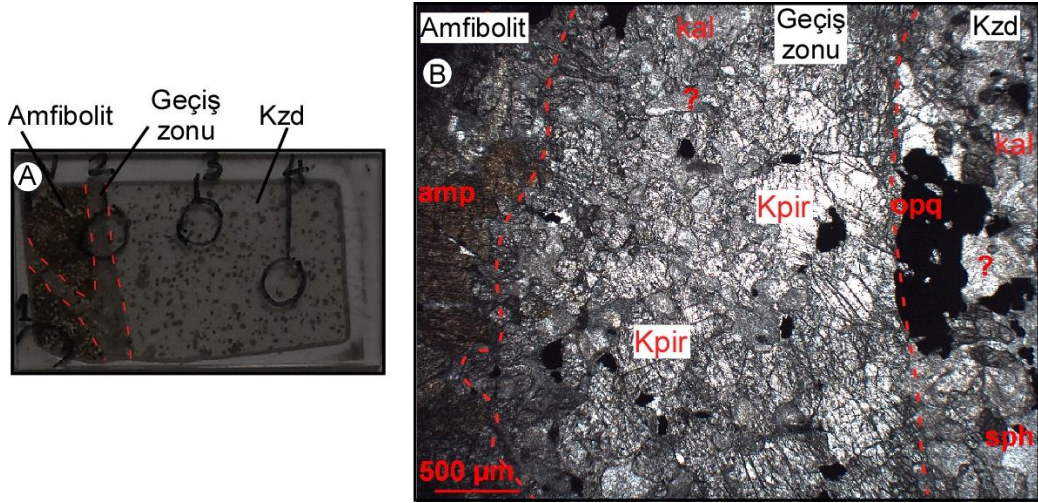
dair önemli bir veridir. Granat minerallerinde gözlemlenen makaslanmalar ve biyotit minerallerinden itibaren oluşan pumpelleyit mineralleri (M-032 de dahil) kayacın yüksek sıcaklık metamorfizması sonrasında düşük dereceli metamorfizma koşullarında ikinci bir başkalaşım evresi geçirmiş olduğunu göstermektedir.



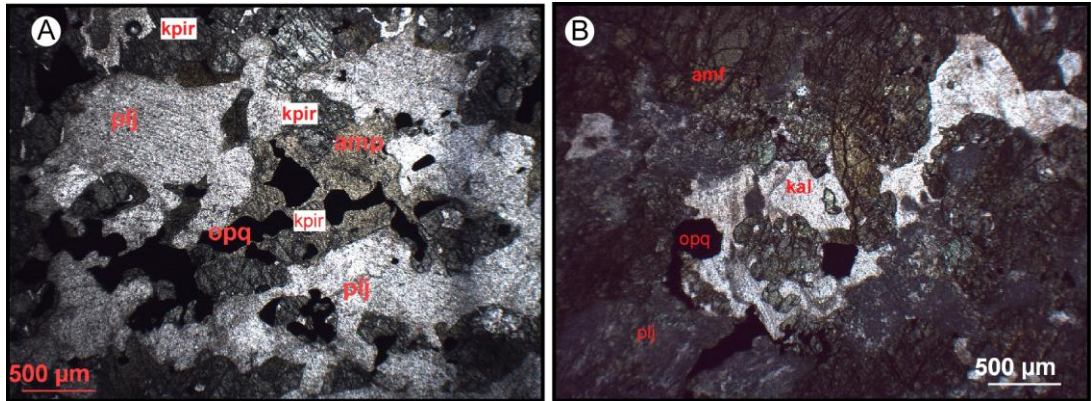
Şekil 3.4. GBM'ye ait granat mikaşist örneği; (a) İri öz şekilli granat mineralinin görünümü, (b) Kuvars (qz) kapanımları içeren iri granat (grt) porfiroblastı ve kuvars (qz), plajiyoklas (plj), biyotit (bio) ve sillimanit (sil) minerallerinin doğal ışık altındaki görüntüsü (36 T 0274105 D, 4500667 K)

M-081 ve M-083 numaralı örnekler karbonatça zengin dayklar içerisinde derlenen GBM'ye ait amfibolit ksenoliti örnekleridir. Karbonatça zengin daykların, amfibolit ksenolitleri üzerindeki minerolojik ve dokusal değişimleri gözlemleyebilmek için M-081 numaralı örnekte, hem amfibolit hem de karbonatça zengin dayka ait bölümü temsil edecek şekilde ince kesit örneği hazırlanmıştır (Şekil 3.5a). Piroksen amfibolit olarak tanımlanan amfibolit ksenoliti, amfibol, plajiyoklas, klinopiroksen ve opak minerallerden meydana gelmektedir. Aynı zamanda, miktarı karbonatça zengin dayka doğru artan kalsit mineralleri içermektedir. Geçiş zonu olarak adlandırılan, amfibolit ile karbonatça zengin dayk arasındaki sınır düzensiz olup, klinopiroksen, kalsit, plajiyoklas ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 3.5b).

M-083 numaralı amfibolit ksenoliti bantlı dokuya sahip olup, kırmızı bantlı seviyeler içermektedir. Petrografik inceleme sonucu pirosen amfibolit olarak tanımlanan amfibolit ksenolitinin içermiş olduğu kırmızı bantlı seviyelerin ise plajiyoklas minerali olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3.6a). Amfibolit ksenolitindeki plajiyoklas mineralleri, olasılıkla karbonatça zengin magmatik ergiyiğin metasomatizması sonucu kırmızı renkli plajiyoklasa dönüşmüş olmalıdır. Ayrıca kayaç içerisinde, bir kaç milimetre kalınlığına kadar ulaşan kalsit damarları mevcuttur (Şekil 3.6b).



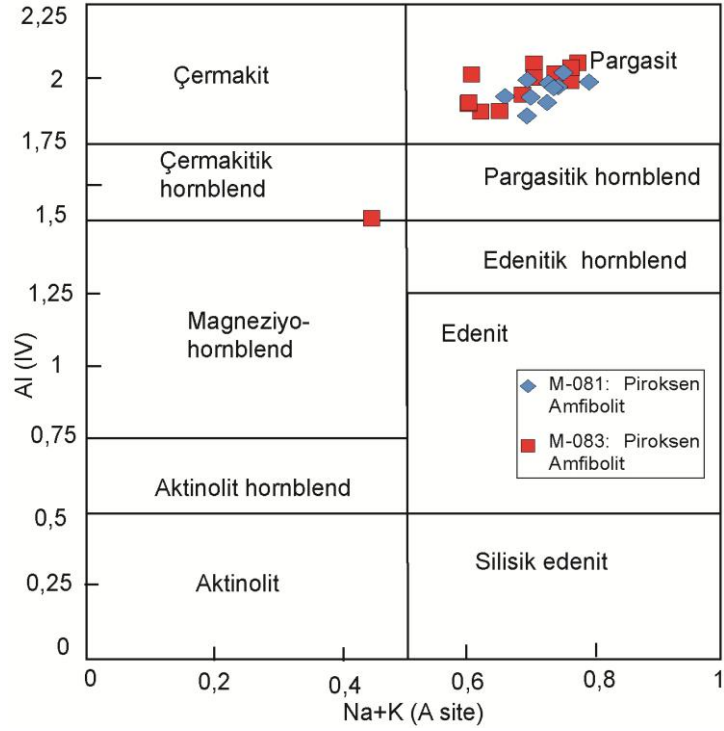
Şekil 3.5. Karbonatça zengin dayk içindeki amfibolit ksenoliti. (a) Amfibolit ile karbonatça zengin daykın (KZD) dokanak bölümünden hazırlanan ince kesitin görünümü: (b) Amfibolit ksenoliti, karbonatça zengin dayk ve iki kayaç arasındaki geçiş zonunun doğal ışık altındaki görüntüsü. İnce kesit camı üzerindeki numaralar, mineral kimyası analizi yapılan alanları temsil etmektedir (İnce kesit camının boyutları 28x48 milimetredir)



Şekil 3.6. (a), (b) M-083 numaralı örneğin doğal ışık altındaki görünümleri

Amfibolit ksenolitleri üzerinde yapılan mineral kimyası çalışmaları ile amfibol, plajiyoklas, piroksen, sfen ve demir-titanyum oksit minerallerinin tayinleri yapılmıştır.

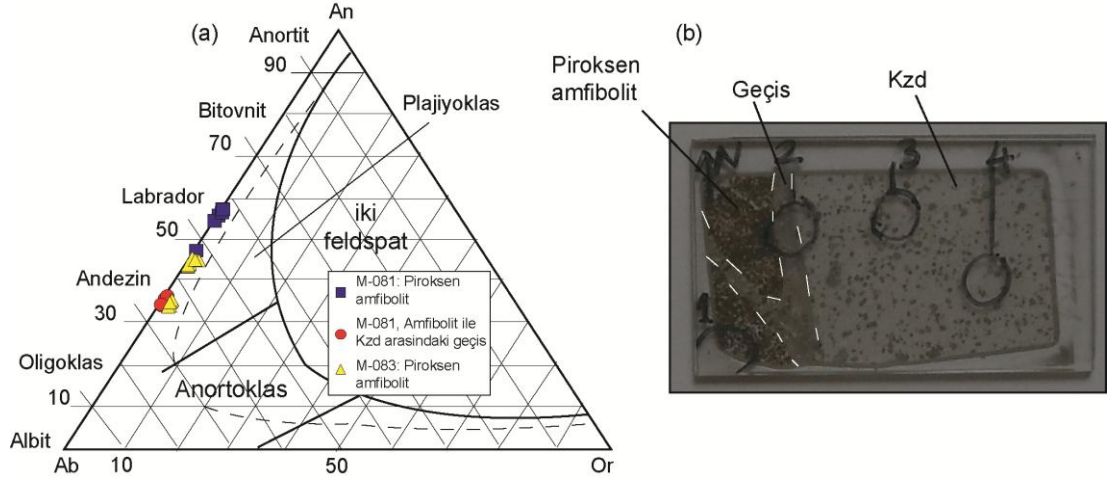
Amfibol mineralleri kalsik amfiboller olup, belirgin bir zonlanma göstermemektedir. Leake, (1978) tarafından önerilen sınıflamada, bir noktadaki çermakitik hornblend dışındaki diğer tüm amfibollerinin pargasit türü amfibollerden oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 3.7). M-081 numaralı örneğe ati amfibollerin X_{Mg} ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) sayıları 0,62 ile 0,75 arasında değişirken, M-083 numaralı örnekteki amfibollerin X_{Mg} sayıları 0,48 ile 0,58 arasında değişmektedir. TiO_2 içerikleri oldukça yüksek olan pargasitlerin % 2,12 ile 3,48 arasındadır (Tablo B.1). Çermakitik hornblende ise TiO_2 içeriği % 1,92'dir.



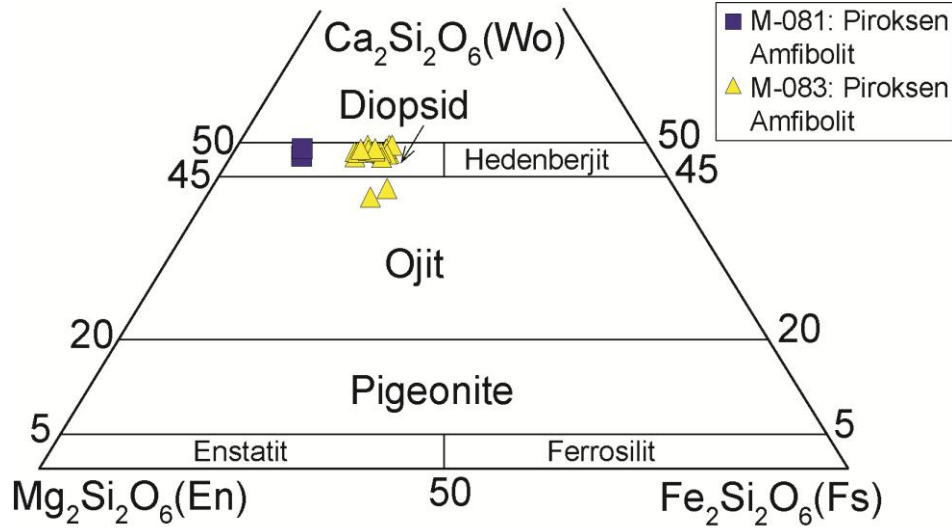
Şekil 3.7. Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait amfibollerin, A odacığindeki Na+K 'a karşı Al(IV) sınıflandırma diyagramındaki dağılımları (Leake, 1978)

Plajiyoklas mineralleri bileşiminin andezin ile labrador ($An_{26,69-57,47}$) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.8a). M-081 numaralı örnekte hem amfibolitik kesimine ait hem de amfibolit ile karbonatça zengin dayk arasındaki geçiş alanında gözlemlenen plajiyoklas minerallerinin analizi yapılmıştır (Şekil 3.8b). Amfibolite ait plajiyoklasların anortit içeriği % 47,50 ile 57,47 (Tablo B.1) arasında değişirken, amfibolitten karbonatça zengin dayka doğru geçişte yer alan plajiyoklasların anortit içeriği daha düşük olup % 34,34 ile 36,64 arasında değişmektedir. Kırmızı renkli plajiyoklas minerallerinden oluşan M-083 numaralı amfibolit örneğinin, plajiyoklas mineralleri % 34,12 ile 45,52 arası değişen anortit içeriğine sahiptir.

Klinopiroksenler, Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramına göre (Morimoto vd., 1989) diyopsit ve ojit bileşimleri gösterirler (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. (a) Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait feldspatların bileşimlerini gösteren An-Or-Ab diyagramı. (b) M-081 numaralı örneğe ait ince kesitin görüntüsü. İnce kesitin üzerindeki numaralar, mineral kimyası analizleri gerçekleştirilen alanları göstermektedir. İnce kesit camının boyutları 4,7x2,7 santimetredir



Şekil 3.9. Karbonatça zengin dayklar içindeki amfibolit ksenolitlerine ait klinopiroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki (Morimoto vd., 1989) yerleri

M-081 numaralı piroksen amfibolit örneğindeki klinopiroksenler yüksek Mg# (83,55-84,14) ve düşük Na₂O (% 0,52-0,57) ile Al₂O₃ (% 1,94-2,13) değerlerine sahiptirler. M-083 numaralı piroksen amfibolit örneğine ait klinopiroksenler ise geniş bir aralıkta dağılım gösteren daha düşük Mg# (62,19 ile 71,21 arası) ve yüksek Na₂O (% 0,69 ile 1,24 arası) ile Al₂O₃ (% 2,28 ile 6,08 arası) değerlerine sahiptir (Tablo B.2).

M-083 numaralı amfibolit örneğinin içersisinde aksesuar mineral olarak gözlemlenen sfenlerin bileşimleri dar bir aralıkta değişmektedir. Sfen minerallerinin TiO₂ içerikleri

% 37,10 ile 37,65 arasında, CaO içerikleri % 27,67 ile 28,10 arasında ve SiO₂ içerikleri % 27,13 ile 29,73 arasında değişmektedir (Tablo B.2).

M-083 numaralı örnekte petrografik incelemelerde opak mineral olarak tanımlanan minerallerin, mineral kimyası çalışmalarıyla Fe-Ti oksit mineralleri olduğu anlaşılmıştır. FeO_(toplam) içerikleri % 27,91 ile 77,09 arasında, TiO₂ içerikleri ise % 15,00 ile 68,48 arasında değişmektedir (Tablo B.4).

3.2. Sapanca Kompleksi

3.2.1. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri

İnceleme alanını içersinde, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri özellikle Vartankel Tepe ile Küçükkol Tepe arasında oldukça taze ultramafik-mafik kayalardan meydana gelmektedir. Arazide koyu yeşil-kahve renkli, çoğunlukla kırıklı çatlaklı yapıya sahiptirler. Petrografik inceleme için derlenen toplam 17 adet örnek serpantinleşmenin ve alterasyonun az gözlendiği ultramafik-mafik kayalardan derlenmiştir. Derlenen örneklerin minerolojik ve dokusal özellikleri Tablo 3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Vartankel Tepe ile Küçükkol Tepe arasından derlenen, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin minerolojik ve petrografik özellikleri

Örnek	Kayaç adı	Dokusu	ol	opir	kpir	amf	plj	ep	spn	talk	chl	serp	opq
M-003	Olivin klinopiroksenit	granüler	*	*	*	*			*		*		*
M-005	Kümülat gabro	granüler			*	*	*	*	*		*	*	*
M-006	Kümülat gabro	granüler				*	*						*
M-043	Vebsterit	granüler		*	*					*			*
M-045	Vebsterit	granüler		*	*								*
M-048	Verlit	granüler	*	*	*								*
M-049	Kümülat gabro	granüler		*	*			*			*		
M-051	Kümülat gabro	granüler			*	*	*				*		*
M-052	Verlit	granüler	*	*	*	*							*
M-091	Verlit	granüler	*	*	*	*							*
M-101	Verlit	granüler	*	*	*				*				*
M-102-a	Verlit	granüler	*	*	*	*					*		*
M-105	Amfibol vebsterit	poligonal granüler		*	*	*							*
M-106	Gabro pegmatit	granüler		*	*	*	*	*			*		
M-111	Klinopiroksenit	granüler	*	*	*	*	*		*		*		*
M-113	Kümülat gabro	granüler				*	*	*					*
M-117	Amf. klinopiroksenit	granüler		*	*	*	*		*				*
M-117	Kümülat gabro	granüler			*	*	*						*

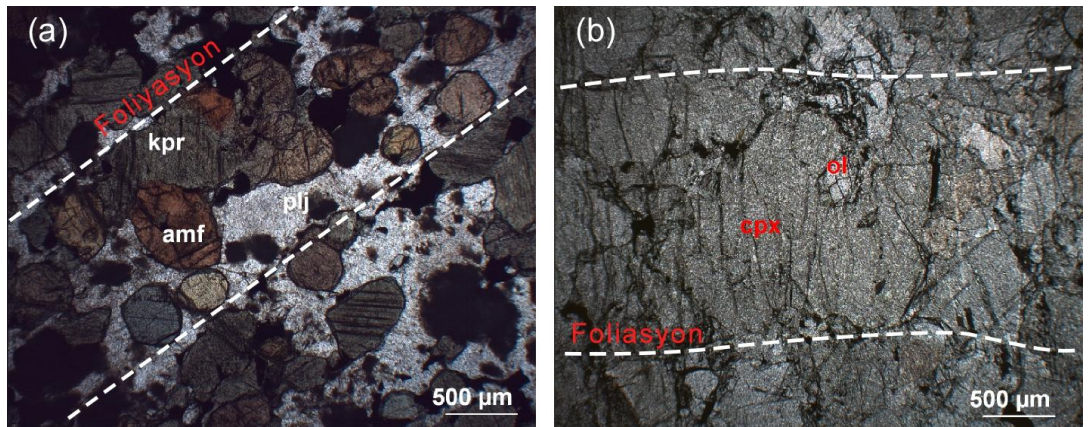
Derlenen ve tanımlanan ultramafik-mafik kayaların verlit, vebsterit, amfibol vebsterit, olivin klinopiroksenit, amfibol klinopiroksenit, kümülat gabro ve pegmatit gabrolardan oluştuğu tespit edilmiştir. Arazide, ultramafit-mafit kayaların büyük çoğunluğunda kümülat kayalarına özgü gözlenen bileşimsel bantlaşma yapıları

gözlemlenmektedir (Şekil 3.10). Ultramafik kayalarda modal plajiyoklas artışına bağlı olarak kümülat gabrolara geçiş gözlenmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nde gözlemlenen mafik ve felsik minerallerinin bileşimsel bantlaşmasına bağlı olarak oluşan kümülat kayasının görünümü (36 T 271423 D, 4501268 K)

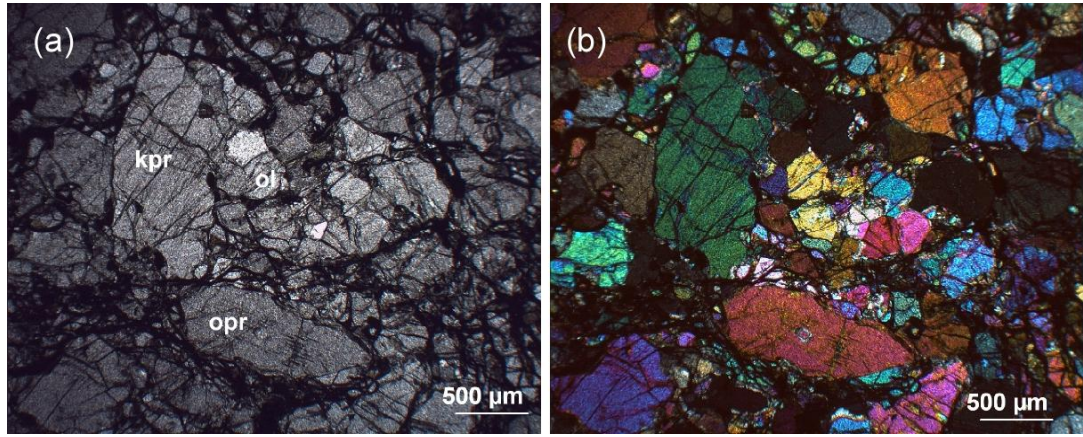
Mikroskobik araştırmalarda da kümülat dokusu gözlemlenebilmektedir (Şekil 3.11a). Ancak çok iri taneli (uzun eksenli yaklaşık 4 cm civarında) piroksen minerallerinden oluşan porfirik ve poligonal dokulu olan verlit ve vebsteritlerde bantlı yapı belirgin değildir (Şekil 3.11b).



Şekil 3.11. (a), (b) Ultramafik ve mafik kayalarda gözlemlenen kümülat dokularının doğal ışık altındaki görünümü

Derlenen örneklerdeki olivin mineralleri genel olarak taze olmalarına (Şekil 3.12a,b) rağmen nadir da olarak serpantinleşme ve talklaşma gözlemlenebilmektedir (ör. M-

045-M-101). M-091 verlit örneğinde, kayacın yaklaşık % 60'ı olivinden oluşmakta olup oldukça taze ve öz şekilli olarak korunmuşlardır ve üçlü mineral sınırlarında 120°lik açıya sahip olması ile poligonal granüler doku sergilemektedir. Derlenen gabroik kayaç örneklerinde ise olivin minerallerine rastlanılmamıştır. Yaklaşık % 70'i olivin minerallerinden oluşan M-101 numaralı verlit örneğine ait olivinlerin mineral kimyasal analizi yapılmıştır. Alterasyon sonucu kısmen serpantinleşme gösteren olivinler iri ve küçük kristallerden meydana gelmekte olup merkez ve kenar kısımları arasında herhangi bir kimyasal farklılık gözlenmemiştir. Forsterit (Fo) içerikleri (% 89,19–89,95) ve Mg# değerleri (% 89,30-90,11) çok dar bir aralıkta değişim göstermektedir. MnO içerikleri % 0,09 ile 0,18 arasında olup, CaO (% 0,00-0,03) içerikleri oldukça düşüktür.

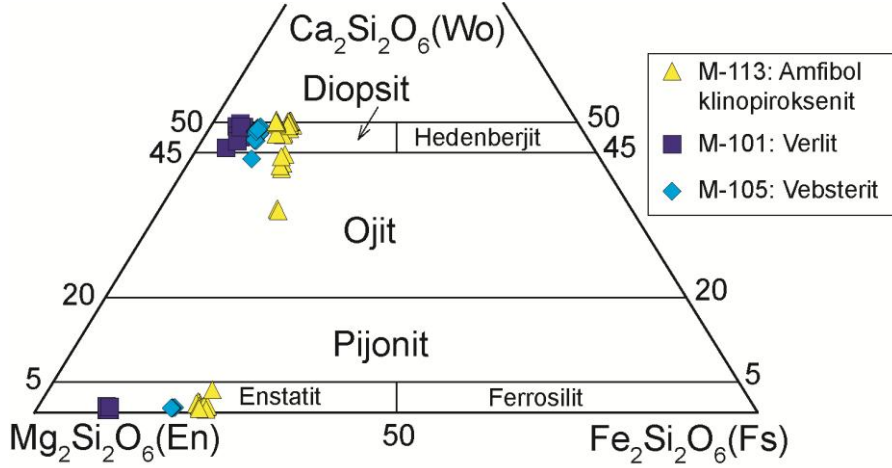


Şekil 3.12. (a), (b) Oldukça taze olivin (ol), klinopiroksen (kpr), ortopiroksen (opr), minerallerden oluşan verlit örneğinin (M-048) doğal ve çapraz ışık altındaki görünümü

Klinopiroksen mineralleri çalışma alanında derlenen kayaçlarda modal yüzde bileşim açısından en fazla gözlenen mineraldir. Hem birincil olarak hem de kısmi ergime ya da ikinci ergiyik gelişimleri ile oluşmaktadır. Bazı örneklerde (ör. M-106) klinopiroksen minerallerinin amfibol minerallerine dönüştüğü (uralitleşme) gözlemlenmiştir. Amfibol dönüşümü dışında klinopiroksen minerallerinde alterasyona rastlanılmamıştır. Ortopiroksen mineralleri, modal bileşim olarak en fazla vebsteritlerde bulunmaktadır. Verlitler, klinopiroksenit ve gabrolardaki bollukları ise % 10'u geçmemektedir.

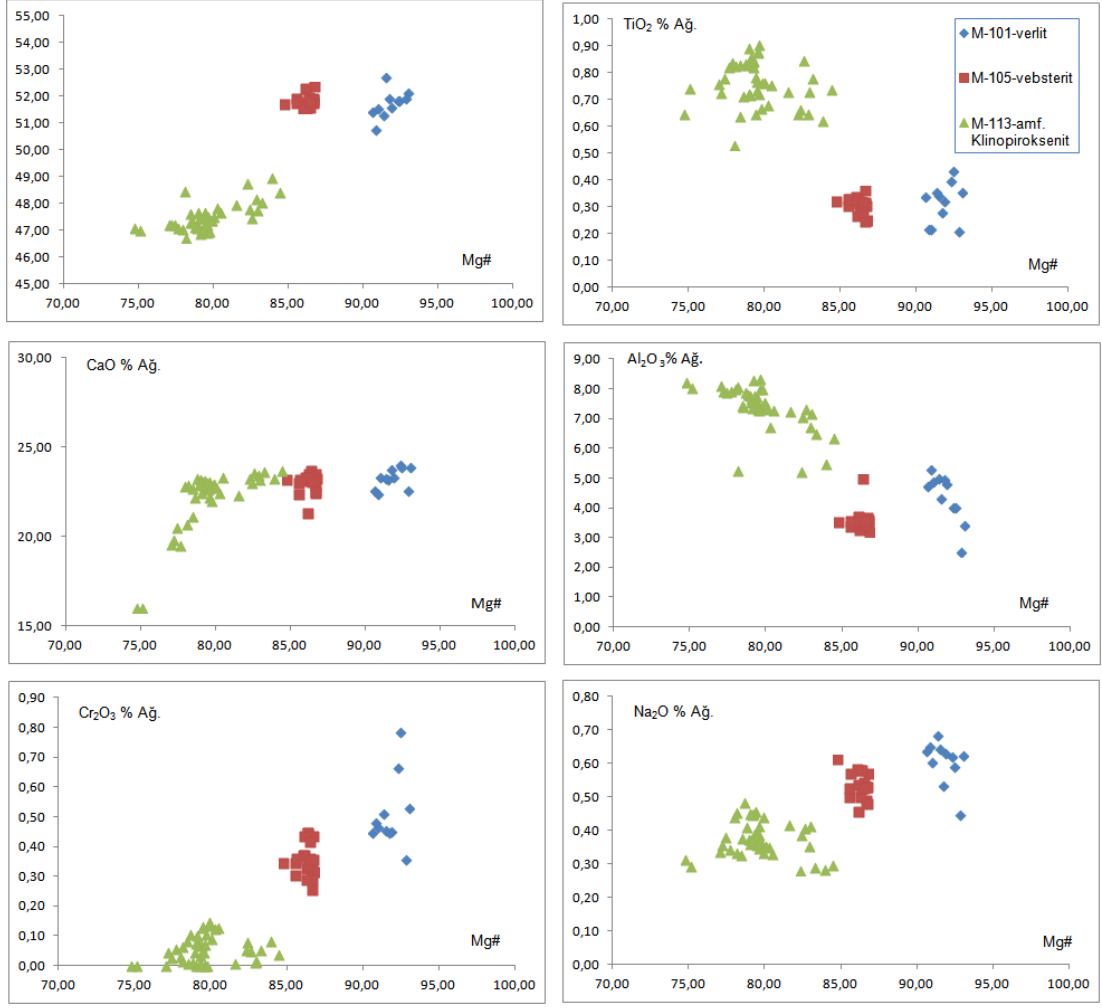
Verlit (M-101), vebsterit (M-105) ve amfibol klinopiroksenit (M-113) kayaçlarına ait piroksenlerin mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo B.6 ve Tablo B.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen

sınıflama diyagramındaki (Morimoto vd., 1989) yerleri verilmiştir (Şekil 3.13). Verlit ve vebsterit örneğinde klinopiroksenler diyopsit bileşiminde gözlenirken, amfibol klinopiroksenit örneğinde ise diyopsit ile ojit arasında değişen geniş bir aralıkta dağılım gözlemlenmektedir. Aynı diyagram üzerinde ortopiroksen minerallerinin enstatit bileşiminde görülmektedir.



Şekil 3.13. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki (Morimoto vd., 1989) yerleri

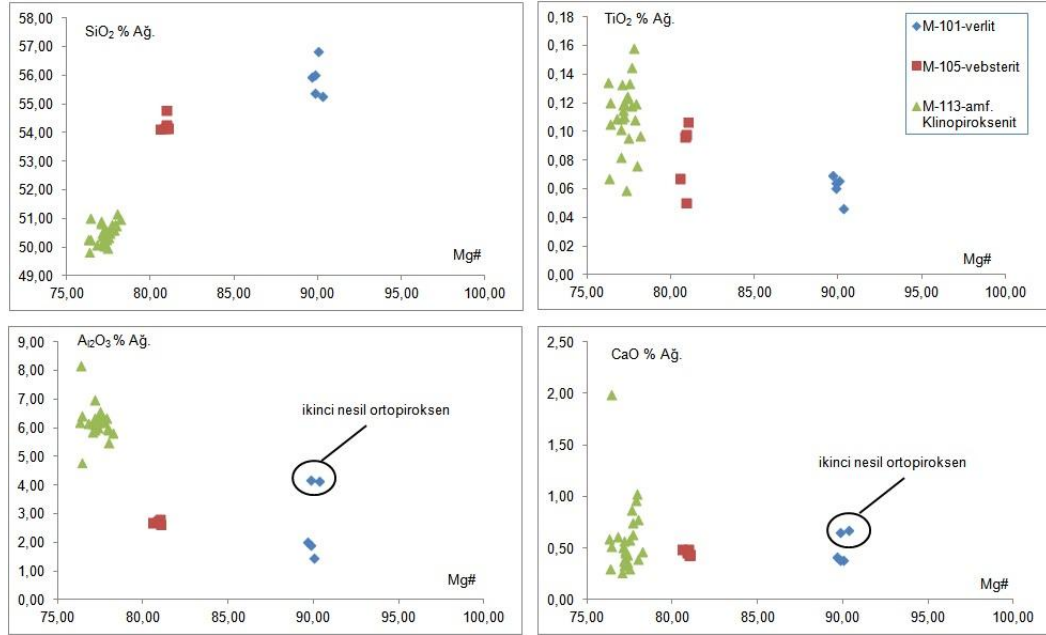
Klinopiroksen minerallerinin Mg# değerleri 74,76 ile 92,99 arasında değişmektedir. Şekil 3.14'te Mg# değerindeki değişime göre minerali oluşturan ana oksit içerikleri karşılaştırılmıştır. Klinopiroksen minerallerinin SiO₂, CaO, Na₂O ve Cr₂O₃ içerikleri Mg# değerlerindeki artışa paralellik sunmakta iken TiO₂, Al₂O₃ değerleri ise Mg# değerleri ile zıt olarak azalış göstermektedir. M-101 numaralı verlit örneğindeki klinopiroksenler diğerlerine göre en düşük Al₂O₃ (% 2,53-5,28) ve TiO₂ (% 0,21-0,43) değerlerine sahip iken en yüksek Mg# (90,62-92,99) değerine sahiptir. Vebsterit (M-105) örneğinin Al₂O₃ içerikleri % 3,20 ile 3,71 arasında değişirken, TiO₂ içerikleri de % 0,24 ile 0,36 arası değişmektedir. M-113 numaralı amfibol klinopiroksenit örneğine ait klinopiroksen mineralleri yüksek Al₂O₃ (% 5,22-8,29) ve TiO₂ (% 0,53-0,90) içeriklerine ve düşük Mg# (84,43-74,76) değerine sahiptir.



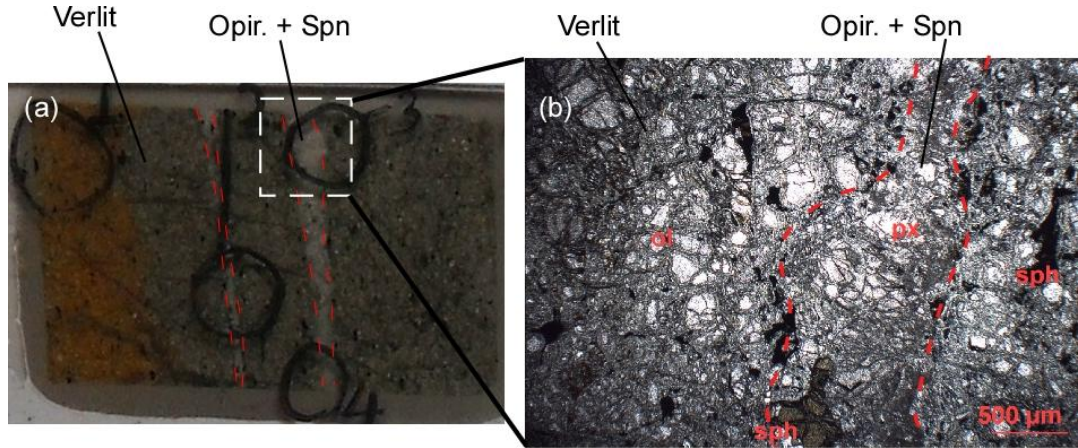
Şekil 3.14. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopirosen minerallerinin Mg# ($100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$) değerlerinin ana oksit içeriklerine bağlı olarak karşılaştırılması

Ortopiroksen minerallerinin Mg# değerleri 76,28 ile 90,32 arasında değişmektedir. Mg# değerindeki değişime göre minerali oluşturan ana oksit içerikleri karşılaştırıldığında klinopirosen minerallerinde gözlemlenen değişimlerle benzerlik sunmaktadır (Şekil 3.15). SiO_2 içerikleri Mg# değeri ile paralel artış sunar iken, TiO_2 , Al_2O_3 içerikleri ise Mg# değeri ile zıt olarak azalış göstermektedir. CaO içerikleri ise belirgin bir değişim sergilememektedir. M-101 numaralı verlit kayacı, ortopiroksen ve spinel minerallerinden oluşan birkaç milimetre ile iki üç santimetre arasında değişen kalınlıklardaki damarlar tarafından kesilmektedir (Şekil 3.16a,b). Bu damarlarda gözlemlenen ortopiroksen ve spinel mineralleri bileşimsel olarak ana kayadaki minerallerden farklılık sunmaktadır. Bu nedenle damarlarda ki mineraller “ikinci nesil ortopiroksen ve spinel” olarak adlandırılmıştır. İkinci nesil ortopiroksen mineralleri

ana kayaçtaki ortopiroksen minerallerine göre daha yüksek Al_2O_3 (% 4,16-4,23) ve nispeten daha yüksek CaO (% 0,66-0,68) içeriklerine sahiptir.



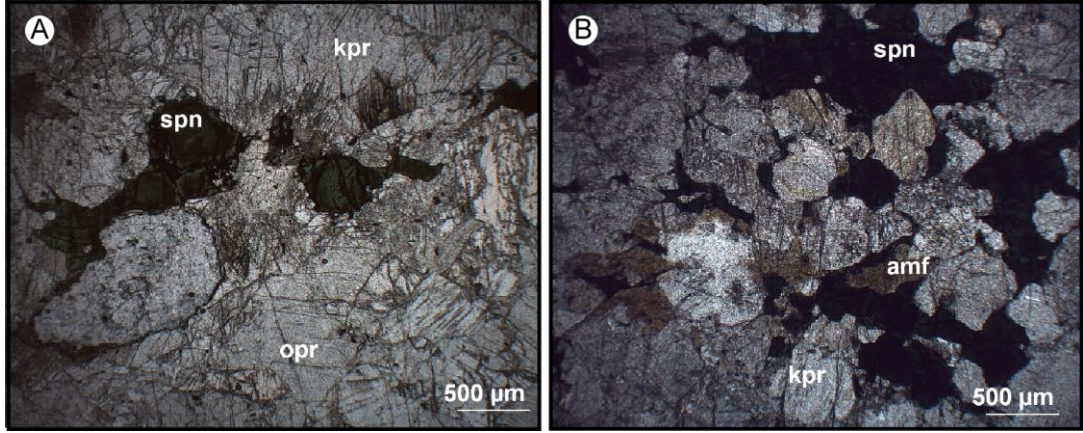
Şekil 3.15. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ortopiroksen minerallerinin $Mg\#$ ($100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$) değerlerinin ana oksit içeriklerine bağlı olarak karşılaştırılması



Şekil 3.16. M-101 numaralı verlit örneğinin (a) ince kesit görüntüsü, (b) ortopiroksen ve spinel damarının doğal ışık altındaki görünümü. İnce kesit camının boyutları 4,4x2,7 santimetredir

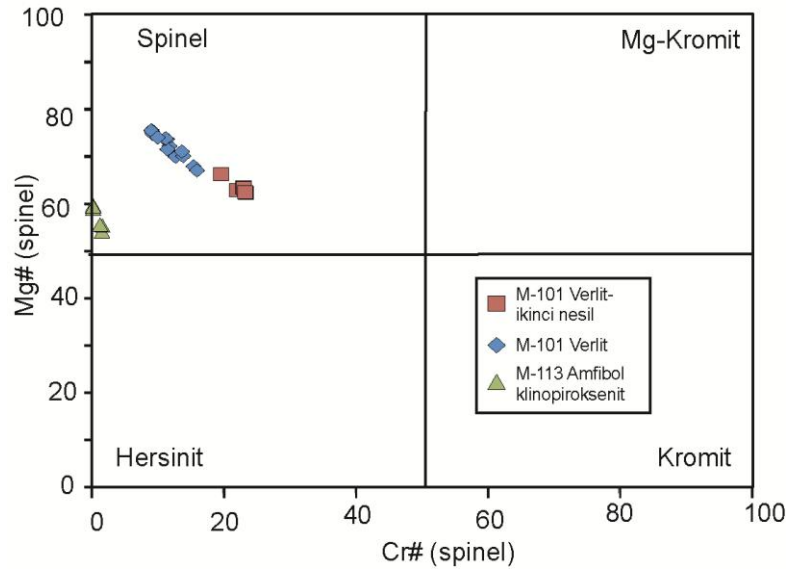
Verlit ve klinopiroksenitlerde spineller tespit edilmiştir. Bu kayaçlarda gözlemlenen spinel mineralleri koyu yeşil zümrüt renkleri ile karakteristiktir (Şekil 3.17a,b). Kayacın foliasyonuna paralel olarak uzanan spineller, sınırları boyunca opak mineral (manyetit?) oluşumları ve klinopiroksen kapanımları içermektedir (ör. M-111). M-101

numaralı verlit örneğindeki ikinci nesil spinel mineralleri açık kahverengi renge sahiptir.



Şekil 3.17. (a), (b) M-003 ve M-113 numaralı örneklerdeki koyu yeşil zümrüt renkli spinel minerallerinin doğal ışık altındaki görünüşleri

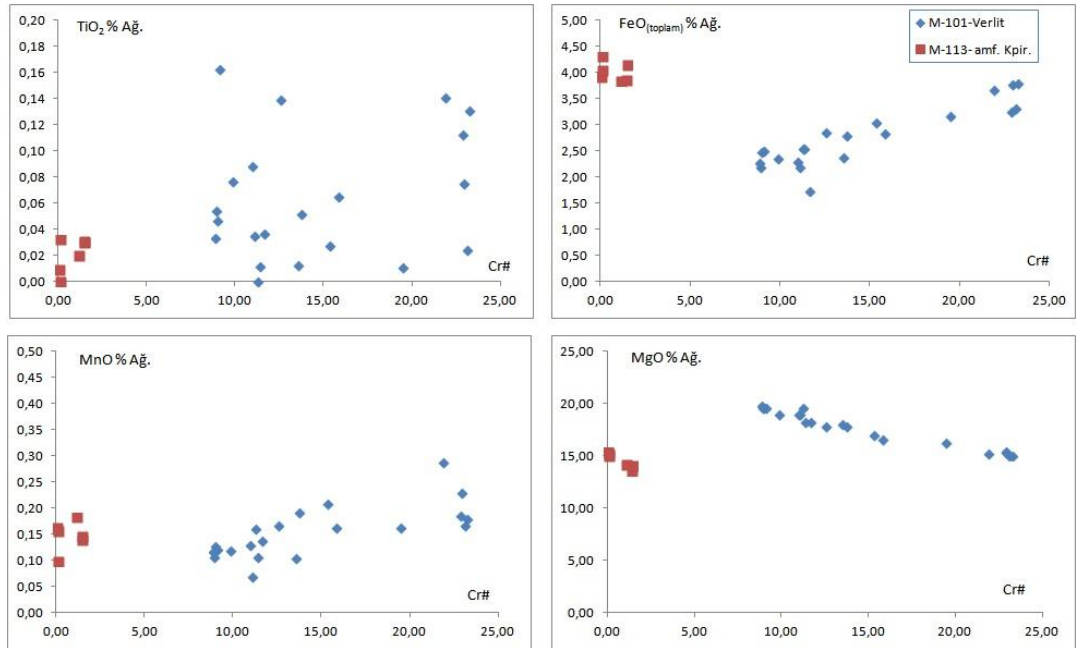
M-101 numaralı verlit ile M-113 numaralı amfibol klinopiroksenit örneğine ait spinel minerallerinin mineral kimyası analizleri Tablo B.8'de verilmiştir. M-101 numaralı verlit örneğindeki spinel mineralleri Cr-Al spinel bileşimine sahip iken M-113 numaralı amfibolit klinopiroksenit örneğindeki spineller Al spinel bileşimindedirler. Mg# - Cr# sınıflamasında ise her iki örneğe ait spineller “spinel” alanında yer almaktadırlar (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait spinel minerallerinin Cr# - Mg# sınıflamasındaki yerleri

M-113 numaralı amfibol klinopiroksenit içerisindeki spinel mineralleri % 59,65 ile 62,24 arasında Al_2O_3 ve % 0,05 ile 1,02 arası değişen Cr_2O_3 içeriğine sahiptir. M-101 numaralı verlit örneği % 51,01 ile 58,73 arasında Al_2O_3 ve % 8,47 ile 14,26 arasında Cr_2O_3 içeriğine sahip iken ikinci nesil spinel mineralleri ise daha düşük Al_2O_3 (% 44,72-48,37) ve daha yüksek Cr_2O_3 (% 17,40-20,18) içeriğine sahiptir. Spinel minerallerin Cr# değerleri Cr_2O_3 ve Al_2O_3 içeriklerine bağlı olarak uyumlu olarak şekilde değişmekte olup amfibol klinopiroksenit örneği en düşük Cr# (0,05-1,45) değerine sahip iken ikinci nesil spinel mineralleri ise en yüksek Cr# (19,44-23,23) değerine sahiptir.

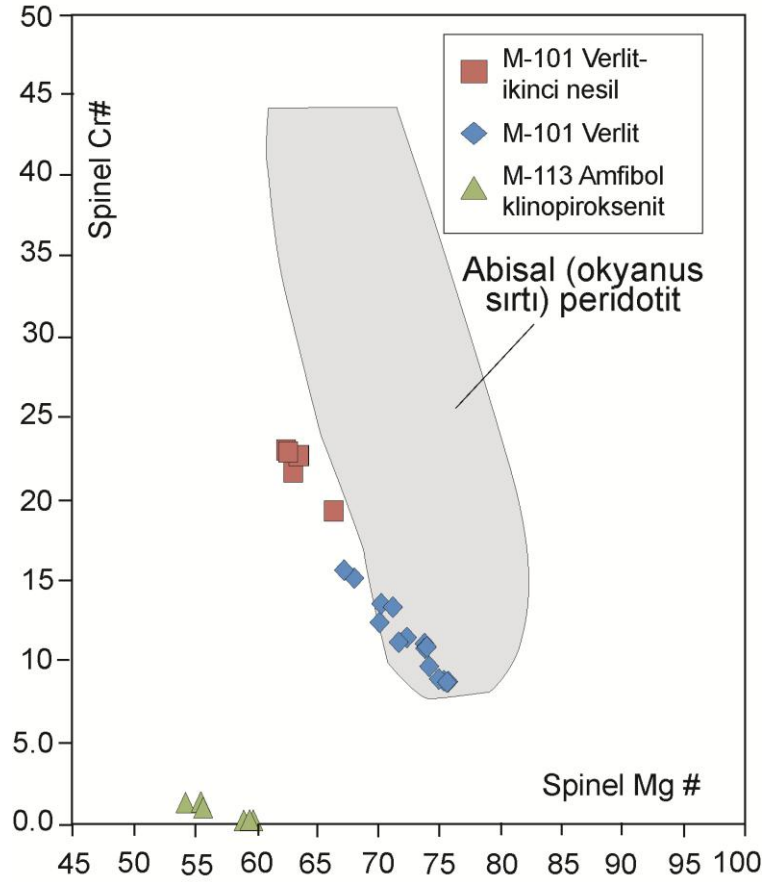
Spinel minerallerinin Cr# değerlerindeki değişime bağlı olarak ana oksit içeriklerindeki değişimler incelendiğinde; Cr# değerindeki artışa bağlı olarak TiO_2 , $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve MnO içerikleri artış gösterirken MgO içerikleri ise azalış göstermektedir (Şekil 3.19). Spinel minerallerinin Mg# değerlerindeki değişime karşı Cr# değerlerindeki değişimi gösteren Şekil 3.20’te M-101 numaralı örneğin Dick ve Bullen, (1984) tarafından önerilen abisal peridotit alanında yer aldığı görülür iken M-113 numaralı örneğe ait spineller bu alanının dışında yer almaktadır.



Şekil 3.19. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait spinel minerallerinin Cr# (100*Cr/(Cr+Al)) değerlerine karşı ana oksit bileşenlerinin değişimi

M-105 numaralı vebsterit örneğinde ortopiroksen ve klinopiroksen mineralleri modal bolluk olarak birbirlerine yakındır (yaklaşık %40). Aynı zamanda kayada modal olarak % 10 civarında kahverengi pleokraizma gösteren amfibol minerali

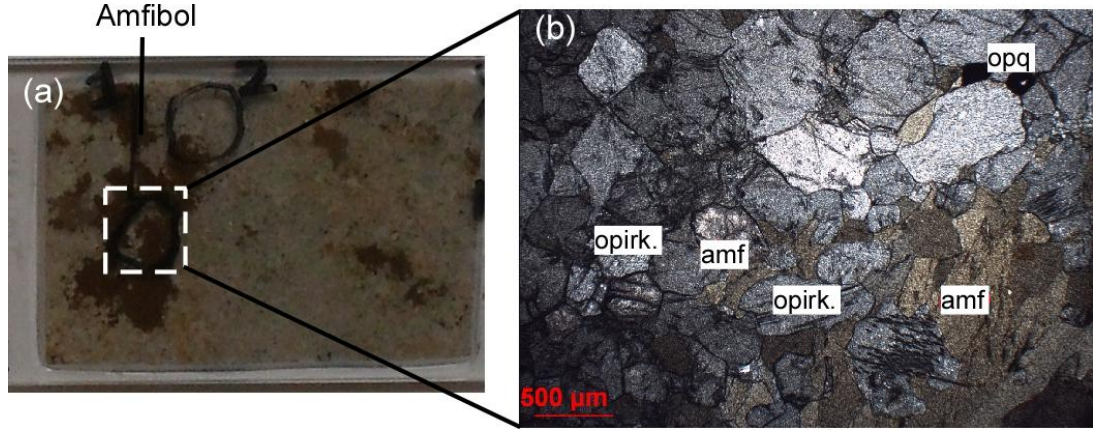
bulunmaktadır (Şekil 3.21a,b). Amfiboller magmatik amfibol olup piroksenler arasındaki boşlukları doldurmaktadır (Şekil 3.21b). Benzer şekilde diğer ultramafik kayalarda da modal yüzde olarak % 5 kadar amfibol minerallerine rastlanmaktadır (ör. M-113, M-111). Amfibol mineralleri modal bolluk açısından en fazla gabroik kayalarda gözlemlenmektedir. M-006 numaralı örnek bantlı yapılı, iri taneli amfibol, plajiyoklas ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 3.22a,b). Bazı örneklerde de (ör. M-106) piroksen minerallerinden itibaren uralitleşme ile oluşan amfiboller gözlemlenmektedir.



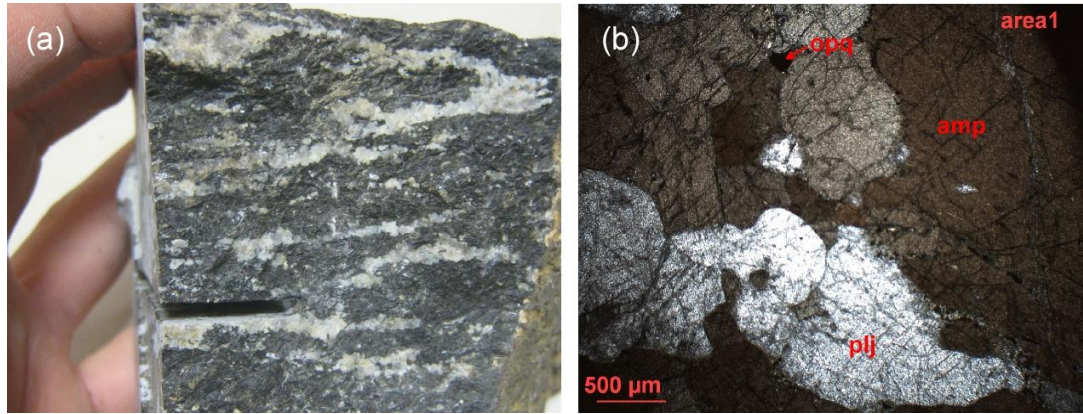
Şekil 3.20. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait spinel minerallerinin Mg# değerlerine karşı Cr# değerlerinin değişimi gösteren şekil. (Abisal peridotit alanı Dick ve Bullen, 1984'den alınmıştır)

Amfibol klinopiroksenit (M-113), vebsterit (M-105) ve kümülat gabroda (M-006) gözlenen amfibol mineralleri üzerinde yapılan mineral kimyası analizleri Tablo B.10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre amfibollerin, kalsik amfiboller oldukları ve belirgin bir zonlanma göstermedikleri tespit edilmiştir. Leake, (1978) tarafından önerilen sınıflamada M-006 ve M-113 numaralı örnekler pargasit alanına düşerken

M-105 numaralı örnekteki amfiboller ise çermakitik hornblend alanında yer almaktadır (Şekil 3.23).



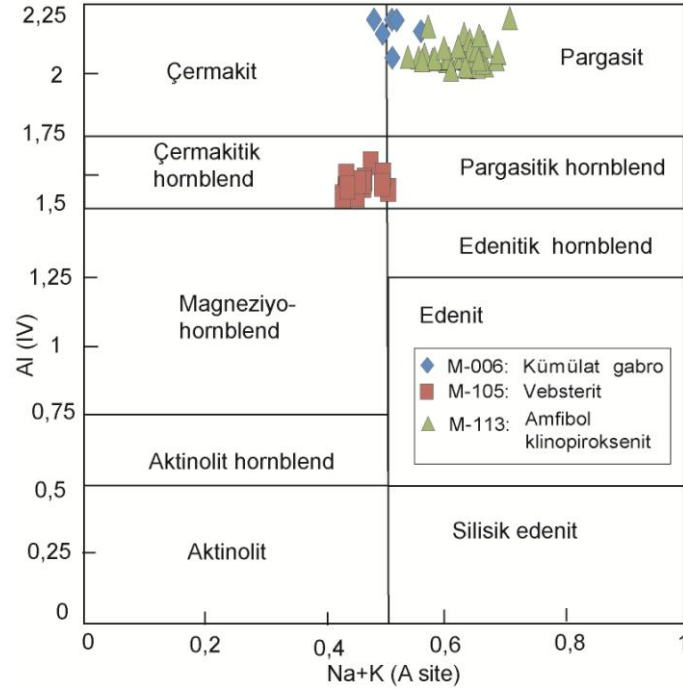
Şekil 3.21. M-105 numaralı amfibol vebsterit örneğinin (a) ince kesit görüntüsü ve (b) doğal ışık altındaki görünümü



Şekil 3.22. M-006 numaralı kümülat gabro örneğinin (a) batlı ve kaba taneli görünümü, (b) doğal ışık altındaki görünümü

Analizi yapılan amfibol mineralleri içerisinde M-006 numaralı örnek en düşük X_{Mg} ($Mg/Mg+Fe^{2+}$) sayısına (0,77 ile 0,85 arası) ve en yüksek TiO_2 (% 1,86 ile 3,11 arası) içeriğine sahiptir. Diğer amfibol minerallerinin ise ($Mg/Mg+Fe^{2+}$) sayıları 0,84 ile 0,94 arası değişir iken TiO_2 içerikleri de % 1,40 ile 2,19 arasında değişmektedir.

Kümülat ultramafikler içinde plajiyoklasların yerel zenginleşmiş konsantrasyonları ile kümülat gabro geçişleri gözlenmektedir. Kümülat gabrolar başlıca klinopiroksen ve plajiyoklaslar ve amfibollerden meydana gelmekte olup nadir olarak da koyu yeşil renkli Cr-Al spineller içermektedir (ör. M-005). M-117 ve M-006 numaralı örnekteki plajiyoklas mineralleri oldukça taze durumda iken M-049 ve M-111 numaralı örnekteki plajiyoklasların kil ve epidot minerallerine dönüştükleri gözlemlenmiştir.



Şekil 3.23. Ultramafik-mafik kümülat kayaçlarına ait amfibollerin, A odacığındaki Na+K 'a karşı Al(IV) sınıflandırma diyagramındaki dağılımları (Leake, 1978)

M-006 numaralı kümülat gabro örneğindeki plajiyoklasların mineral kimyası analizleri yapılmış olup sonuçları Tablo B.11'de verilmiştir. Bileşimsel zonlanma göstermeyen plajiyoklas mineralleri bitovnit ($An_{85,50-88,44}$) bileşimine sahiptir.

M-006 numaralı kümülat gabro örneğinin mineral kimyası analizlerinde içerisindeki opak minerallerin ilmenit mineralleri oldukları tespit edilmiştir. İlmenit minerallerinin TiO_2 içerikleri % 46,48 ile 48,66 arasında, $FeO_{(toplam)}$ içerikleri ise % 49,25 ile 49,79 arasında değişmektedir (Tablo B.12).

3.2.2. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfikleri

Petrografik inceleme amacıyla Sapanca Kompleksi içerisinde gözlemlenen gabro bloğunu kesen meta-bazaltik dayk ile Kocadağ Metamorfikleri'ne ait metavolkanik ve mikaşist örneği derlenmiştir. Derlenen üç adet örneğin minerolojik ve dokusal özellikleri Tablo 3.3'te özetlenmiştir.

Tablo 3.3. Sapanca Kompleksinden derlenen litolojilerinin minerolojik ve petrografik özellikleri

örnek	kayaç adı	dokusu	kpir	amf	plj	mus	bio	ep	qtz	grt	chl	kal	opq
M-013	meta-bazalt	porfiroblastik	*	*	*			*	*		*	*	*
M-112	meta-bazalt				*		*	*	*		*		*
M-061	granat mika şist	Lepidoblastik			*	*		*	*	*	*	*	*

Gabroyu kesen bazalt örneği (M-013), ince taneli plajiyoklas minerallerinden oluşan hamur içerisinde özşekli veya yarı özşekli klinopiroksen porfiroblastlarından oluşmaktadır. Plajiyoklas minerallerinin büyük çoğunluğu kil minerallerine dönüşmüştür. Bazı klinopiroksenlerin kenar kısımlarından itibaren amfibol ve klorit mineraline dönüştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı klinopiroksen minerallerinde yönlü kuvvetlerin etkisi ile oluşmuş makaslanmalar mevcuttur. Kayacı düzensiz olarak kesen birkaç milimetre kalınlığında kalsit damarları bulunmaktadır. Klinopiroksen minerallerinin büyük oranda korunmuş olması ve epidot minerallerinin yokluğuna rağmen klinopiroksen minerallerinde gözlemlenen yönlü makaslanmalar ile amfibol ve klorit minerallerinin oluşumu, bu kayacın çok düşük dereceli metamorfizma koşullarına maruz kaldığını göstermektedir.

Kocadağ Metamorfitleri'nden derlenen M-112 numaralı meta-bazit örneği gabro kütesini kesen bazaltik dayktan farklı olarak çok iyi yapraklanma göstermesi ve metamorfik mineral parajenezi ile farklılık sunmaktadır. İnce taneli minerallerden oluşan kayaç epidot, biyotit, klorit, albit, kuvars, opak ve kalıntı klinopiroksen mineralleri içermektedir.

Meta-volkanik kayaçlarla ara katkılı olarak gözlemlenen mikaşist örneği (M-061) muskovit, klorit, kuvars, epidot, kalsit, granat ve opak minerallerden oluşmaktadır. Granat mineralleri küçük taneli özşekli yarı özşekli agregatlar halinde bulunmaktadır. Ayrıca muskovit ve klorit minerallerinde kuvvetli makaslanma sonucu buruşma klivajı gözlemlenmiştir.

Meta-bazit ve mikaşist örneğinde rastlanan mineral parajenezlerine göre Kocadağ Metamorfitleri yeşil şist fasiyesi koşullarını yansıtmaktadır.

3.3. Karbonatça Zengin Dayklar

Çalışma alanı içerisinde tespit edilen altı adet karbonatça zengin dayktan minerolojik ve petrografik inceleme amacı ile yedi adet örnek derlenmiştir. Derlenen örneklere ait minerolojik ve dokusal özellikler Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Geyve Boğazı vadisinin doğusunda yer alan, karbonatça zengin dayklardan derlenen örneklerin petrografik özellikleri

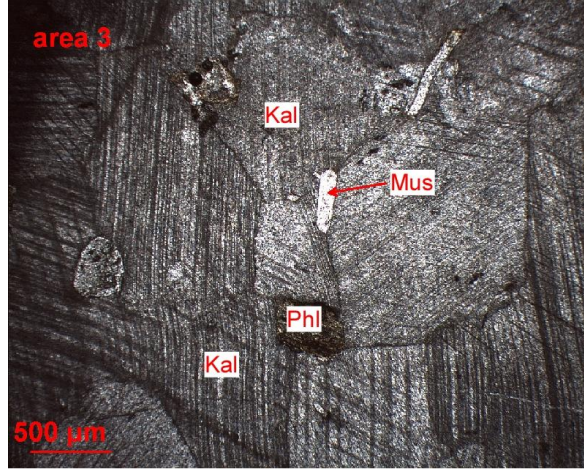
Grup	Örnek no	Kayaç adı	Dayk adı	Dokusu	kal	kpir	K-feld	plj	phl	mus	grt	ep	ska	sfn	pump	opq	ksenolit	ksenolit türü
Grup 1 KZD	M-103-a	KZD	KZD(1)	granüler	*	*					*		*	*		*	*	kuvars
Grup 1 KZD	M-081	KZD	KZD(4)	granüler	*	*		*			*		*	*		*	*	amfibolit
Grup 1 KZD	M-116	KZD	KZD(4)	granüler	*	*		*			*		*	*		*	*	amfibolit
Grup 2 KZD	M-103-b	KZD	KZD(2)	granüler	*		*		*	*					*		*	-
Grup 2 KZD	M-082	KZD	KZD(3)	granüler	*	*	*	*	*	*		*			*		*	amfibolit ve peridotit
Grup 2 KZD	M-108	KZD	KZD(3)	granüler	*	*	*	*	*	*		*	*		*		*	amfibolit ve peridotit
Grup 2 KZD	M-109	KZD	KZD(3)	granüler	*	*	*	*	*	*		*	*		*		*	amfibolit ve peridotit

Karbonatça zengin dayklar içerisinde, modal bileşim olarak en fazla bulunan kalsit mineralleri oldukça iri ve yaklaşık eş boyutlu tanelerden meydana gelmesinden dolayı kayaçlar masif yapılı ve granüler dokuludur. Yanlıca KZD(1)'de hafif bir yönlenme gözlemlenmiştir.

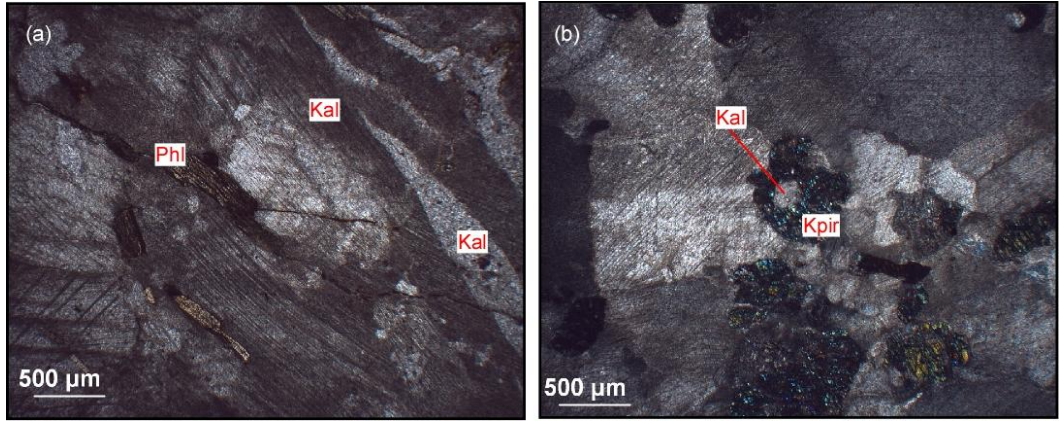
Kalsit mineralleri, tüm karbonatça zengin daykları oluşturan ana mineral olup, modal bileşim (% 70-94) olarak en fazla bulunan mineraldir. Klinopiroksen mineralleri, KZD(2) hariç diğer dayklarda kalsitten sonra karbonatça zengin daykları oluşturan mineraldir ve modal bileşim olarak % 10 ile % 25 arasında değişen oranlarında gözlemlenmektedir. Karbonatça zengin dayklarda, kalsit ve klinopiroksen minerallerine ilaveten, plajiyoklas, alkali feldspat, mika (muskovit ve flogopit), granat, sfen, epidot, pumpelleyit ve opak mineraller bulunmaktadır.

Tüm KZD'ler dokusal olarak birbirlerine çok benzer olmalarına rağmen mineralojik açıdan farklılık sunmaktadırlar. Örneğin, KZD(2)'den derlenen M-103-b numaralı örnek diğer 3 KZD'den farklı olarak klinopiroksen minerali içermez iken muskovit minerali içermektedir. Modal bileşim olarak % 4-5 muskovit minerali içermesinin yanı sıra % 1 oranında da flogopit minerali içermektedir (Şekil 3.24). Kalsit ve mika minerallerine ilaveten toplamda % 1'i geçmeyen K-feldspat ve pumpelleyit mineralleri bulunmaktadır. Mafik mineral olarak yalnızca % 1 oranındaki flogopit minerali dışında mafik mineral içermemesi nedeniyle kayaç beyaz renkli ve som görünümlüdür. Aynı zamanda bu kayaçta diğer KZD'lerde gözlemlenen ksenolitler gözlemlenmez.

Çoğunlukla özşekilli veya yarı özşekilli olan kalsitlerin aynı zamanda, kalsitlerin içerisinde ikincil olarak oluşmuş kalsit eksolüsyon lamelleri (ör. M-109) ve klinopiroksenlerin içerisinde kapanımlar halinde de gözlemlenmiştir (Şekil 3.25a, b). Modal bileşim olarak en fazla kalsit minerali % 94 oranıyla M-103-b numaralı örnektir.



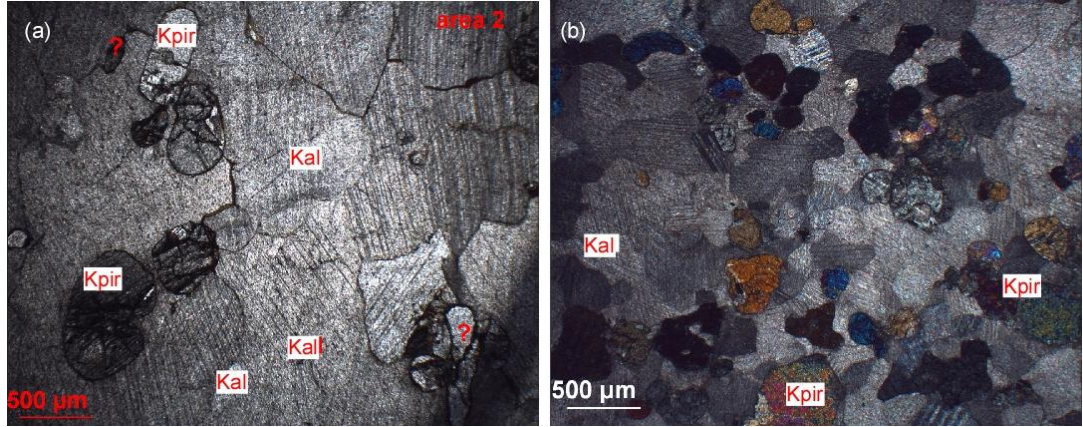
Şekil 3.24. KZD(2) (M-103-b)'nin doğal ışık altındaki görünümü



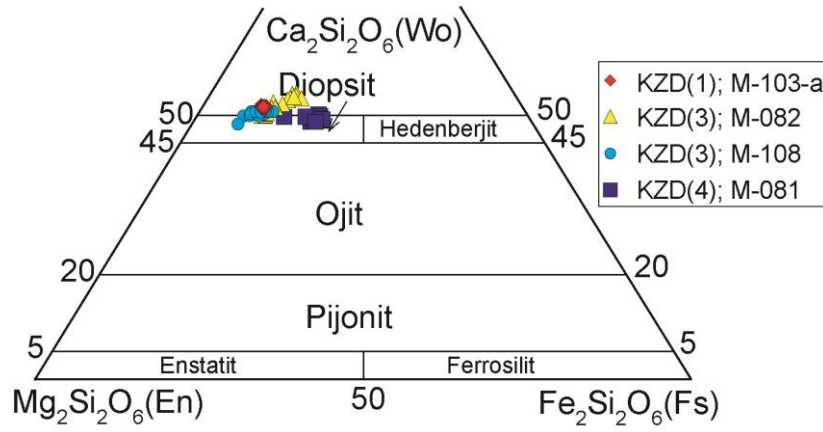
Şekil 3.25. KZD(3)'e ait M-109 numaralı örnekte gözlemlenen, kalsit (kal), flogopit (phl) ve klinopiroksen (kpir) mineralleri. (a) iri kalsit mineralleri içerisindeki kalsit eksolüsyon lamellerin doğal ışık atındaki görünümü: (b) klinopiroksen mineralleri içerisindeki kalsit kapanımlarının polarize ışık altındaki görünümü

Klinopiroksen minerallerinin gözlemlenmiş olduğu kayalarda, klinopiroksenler çeşitli boyutlarda yarı özşekilli veya öz şekilsiz (genellikle yuvarlağa yakın) olup çoğunlukla sınırları kemirilmiş taneler halinde bulunmaktadır (Şekil 3.26a,b). Klinopiroksen minerallerinde alterasyon gözlemlenmemektedir. Kalsit kapanımları içermesi nedeniyle klinopiroksenler kalsitlerden sonra oluştuğu söylenebilir.

Klinopiroksenlerin mineral kimyası sonuçları Tablo B.13'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki (Morimoto vd., 1989) yerleri verilmiştir (Şekil 3.27). Bu sınıflamada klinopiroksenlerin diyopsit bileşimde oldukları belirlenmiştir.



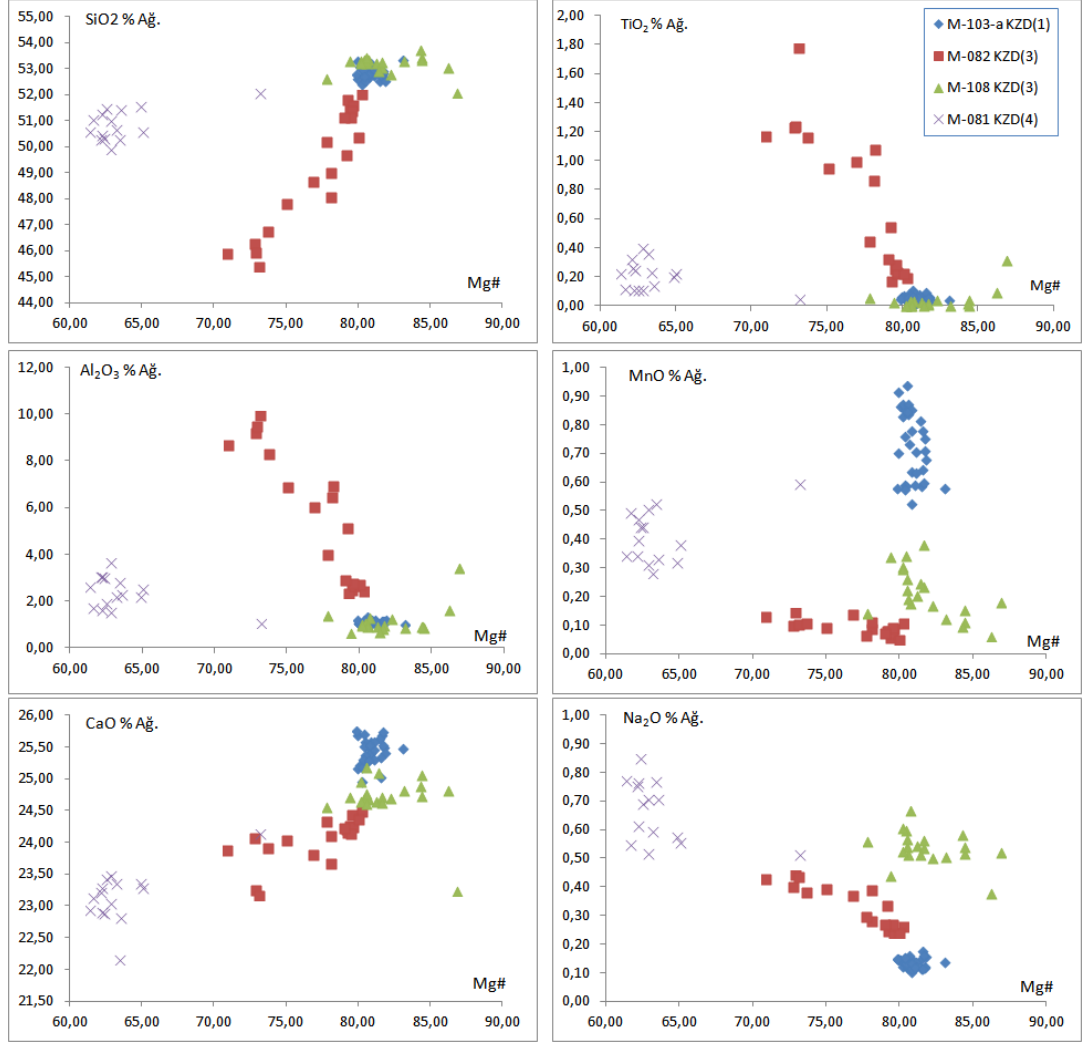
Şekil 3.26. M-103a (KZD(1)) ve M-082 (KZD(3)) numaralı örneklerde gözlemlenen klinopiroksen minerallerinin doğal ve çapraz ışık altındaki görünüşleri



Şekil 3.27. Karbonatça zengin dayklara ait piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramındaki (Morimoto vd., 1989) yerleri

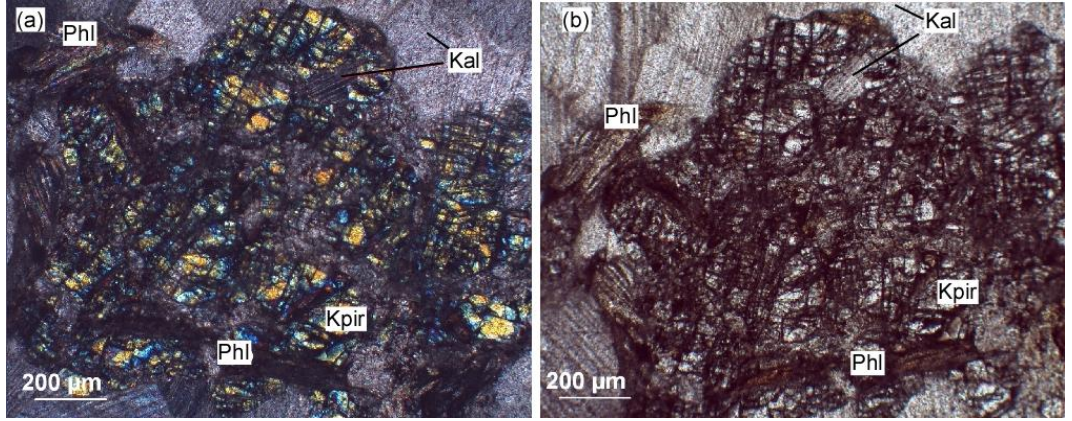
Şekil 3.28’de klinopiroksen minerallerinin bileşimsel farklılıklarını karşılaştırabilmek amacı ile Mg# değerline karşı ana oksit bileşenlerinin değişimleri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere klinopiroksen mineralleri çok geniş bir aralıkta bileşimsel değişim sunmaktadırlar. Klinopiroksenlerin SiO_2 ve CaO içerikleri Mg# değerlerindeki artışa paralel olarak artarken, TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , Na_2O içerikleri ise zıt şekilde azalış göstermektedir. Aynı zamanda her bir karbonatça zengin dayktaki klinopiroksen minerallerinin bileşimin farklı olduğu gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar içerisinde M-082 numaralı örnek, çok yüksek Al_2O_3 (% 2,32 ile 9,93 arasında) ve TiO_2 (% 0,66 ile 1,77 arasında) içeriğine sahip olması ile dikkati çekmektedir. Bileşimsel farklılık sunan bu klinopiroksen mineralleri olasılıkla, M-082 numaralı örneğin derlendiği KZD(3)’te gözlemlenen ultramafik kayaç ksenolitlerine ait ksenokristal klinopiroksen mineralleri olmalıdır.

İnce uzun kristaller halindeki mika grubu mineraller, KZD(2) (M-103-b) ve KZD(3) (M-082, M-108, M-109)'te rastlanılmıştır. M-103-b numaralı örnekte flogopit ve muskovit türü iki tip mika minerali bulunmaktadır. M-082, M-108 ve M-109 numaralı örneklerde ise yalnızca flogopit türü mika minerallerinden oluşmaktadırlar (Şekil 3.29 a,b).

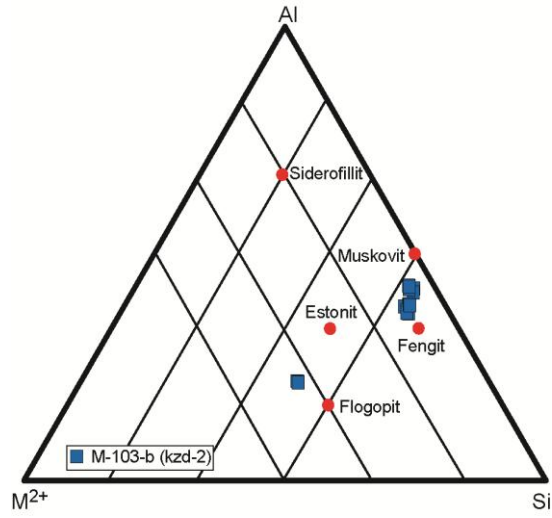


Şekil 3.28. Karbonatça zengin dayklarda klinopiroksen minerallerinin Mg# (100*Mg/(Mg+Fe²⁺)) değerlerinin ana oksit içeriklerine göre karşılaştırılması

M-103-b numaralı örneğe ait mikaların mineral kimyası analizleri yapılmış olup sonuçları Ek 14'te verilmiştir. Deer ve diğ., (1992) tarafından önerilen Al-Si-M²⁺ (M²⁺=Mg²⁺+Fe²⁺) üçgen diyagram sınıflamasında beyaz mika mineralleri muskovit ile fengit arasındaki alanda yer alır iken siyah mikalar ise flogopit alanına yakınlık göstermektedir (Şekil 3.30).



Şekil 3.29. M-109 (KZD(3))'da gözlemlenen kalsit (kal), klinopiroksen (kpir.) ve flogopit (phl) minerallerinin (a) çapraz ve (b) doğal ışık altındaki görünüşleri

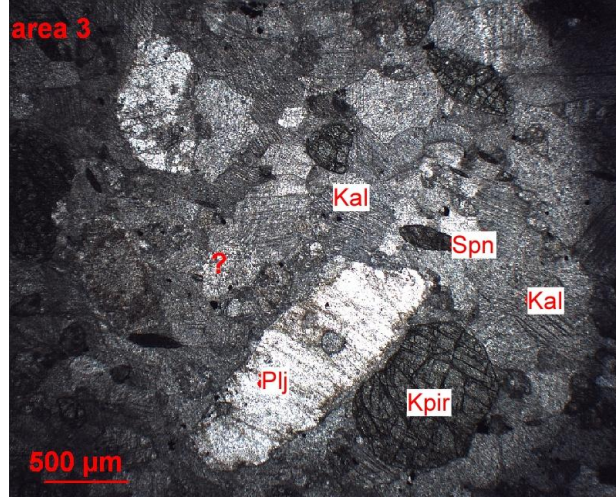


Şekil 3.30. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait mika minerallerinin Al-Si-M²⁺ diyagramında gösterimi (Deer ve diğ., 1992)

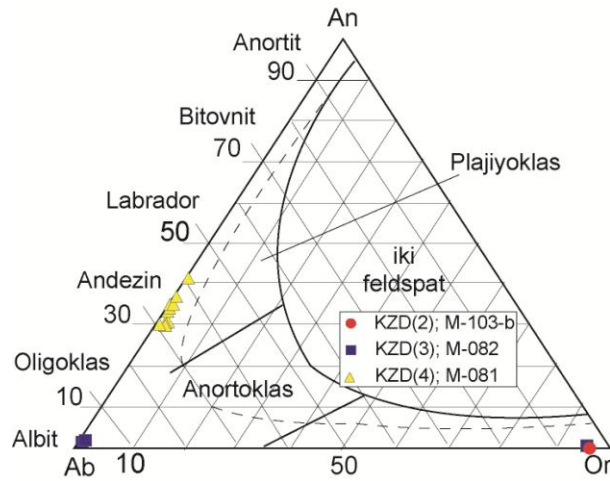
Plajiyoklas ve K-feldspat mineralleri genellikle öz şekilsiz olarak çeşitli boyutlarda (ör. M-081) bulunmaktadır (Şekil 3.31). Plajiyoklas mineralinin modal bolluk oranları % 1 ile 10 arasında değişmektedir. K-feldspat minerali ise yalnızca M-103-b ve M-082 örneklerinde gözlemlenmiş olup modal oranları % 1'den azdır.

M-081 (KZD(4)), M-082 (KZD(3)) ve M-103-b (KZD(2))'de gözlemlenen feldspat minerallerinin mineral kimyası analizleri yapılmış olup sonuçları Tablo B.15'da verilmiştir. M-082 ve M-103-b numaralı örneklerde yalnızca tek noktada analizi yapılan ortoklas minerallerini sırasıyla % 93 ve 95,71 ortoklas bileşenine sahip oldukları belirlenmiştir. M-082 numaralı örnekte albit bileşiminde plajiyoklas

gözlemlenirken, M-081 numaralı örnekte ise andezin bileşimde plajiyoklas mineralleri gözlemlenmektedir (Şekil 3.32).



Şekil 3.31. M-081 numaralı örneğinin doğal ışık altındaki görünümü

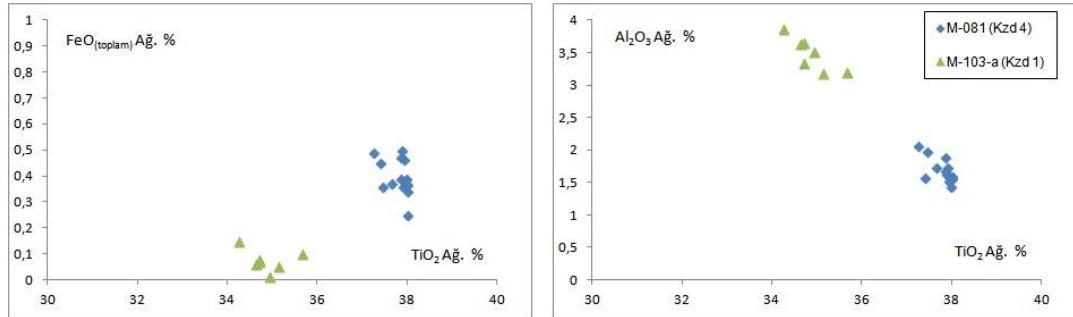


Şekil 3.32. Karbonatça zengin dayklara ait feldspatların bileşimlerini gösteren An-Or-Ab diyagramı

M-081 numaralı karbonatça zengin dayk örneğinden hazırlanan kesitte yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı üzere hem karbonatça zengin daykın hem de amfibolit ksenoliti aynı kesit üzerinde gözlemlenebilmektedir. Amfibolit ksenoliti ile karbonatça zengin dayk arasındaki geçiş zonunda yapılan detaylı mineral kimyası çalışması ile skapolit mineralleri tespit edilmiştir. Skapolit minerali yalnızca bu geçiş zonunda gözlemlenmiş olup diğer hiçbir karbonatça zengin dayk örneğinde gözlemlenmemiştir. Sonuçları Tablo B.16'de verilen, üç noktada yapılan mineral

kimyası analizlerinde skapolit minerallerinin bileşimin geniş bir aralıkta değişim gösterdiği görülmektedir. SiO_2 içerikleri % 40,09 ile 47,42 arasında, CaO içerikleri % 12,11 ile 19,59 arasında, Al_2O_3 içerikleri % 23,23 ile 26,45 ve Na_2O içerikleri ise % 4,10 ile 6,00 arasında değişmektedir. Skapolit minerali meiyonit ve marialit olmak üzere iki uç bileşene sahiptir. Analizi yapılan skapolit mineralleri % 4,10 ile 6,00 arasında değişen Na_2O içerikleri ile marialit türü skapolit mineraline yakın bileşime yakındır. Skapolit mineralleri uçucu bileşenlerle zenginleşmiş olan karbonatça zengin ergiyeğin amfibolit ksenoliti üzerindeki metasomatizma etkisi ile oluşmuş olmalıdır.

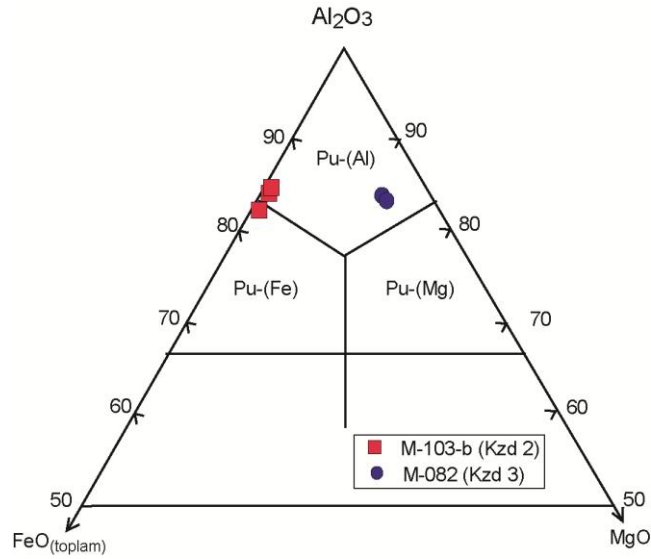
Sfen mineralleri genellikle özşekilli olup mızrak biçimli görüntüleri ile karakteristiktirler. KZD(1) (M-103-a) ve KZD(4) (M-081, M-116)'te modal bileşim olarak %5'e yakın bollukta bulunmaktadır. Sfen mineralleri üzerinde gerçekleştirilen mineral kimyası analiz sonuçları Tablo B.17'de verilmiştir. Sfenlerin TiO_2 içerikleri % 34,27 ile 38,01 arasında değişmektedir. Şekil 3.33'te sfen minerallerinin % TiO_2 içeriklerine karşı % $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve Al_2O_3 içerikleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre M-103-a örneğinin, M-081 numaralı örnekteki sfen minerallerine göre nispeten daha düşük $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve daha yüksek Al_2O_3 içeriğine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.33. Karbonatça zengin dayklara ait sfen minerallerinin % Ağırlık TiO_2 içeriklerine karşı % Ağırlık $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve Al_2O_3 içeriklerinin karşılaştırılması

Granat mineralleri küçük yuvarlak ve genellikle öz şekilli ve yarı öz şekilli taneler halinde M-103-a, M-108 ve M-109 numaralı örneklerde gözlemlenmiş olup modal bollukları % 1 civarındadır. M-103-a numaralı örneğe ait granat minerallerinin mineral kimyası analizi yapılmış olup sonuçlar Tablo B.18'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre granat minerallerinin grossular bileşimde granat oldukları tespit edilmiş olup bileşimleri $\text{Alm}_{0,0-0,0}\text{Prp}_{0,39-0,62}\text{Sps}_{1,43-1,91}\text{Grs}_{94,60-95,69}$ şeklindedir. Çok dar bir bileşim aralığında değişim gösteren granatlarda bileşimsel zonlanma gözlemlenmemiştir.

M-103-b ve M-082 numaralı örneklerde mineral kimyası analizlerinde pumpelleyit minerallerin varlığı belirlenmiştir (Tablo B.19'da). Modal bileşim olarak %1'den az bolluğa sahiptirler. Pumpelleyit mineralleri flogopit mineralinden itibaren hidrotermal bozuşma sonucu oluşmuş olabileceği gibi aynı zamanda da düşük dereceli metamorfizma koşullarında oluşmuş olabilir. Passaglia ve Gotttardi, (1973) tarafından önerilen üçgen sınıflama diyagramına göre pumpelleyit minerallerinin alüminyum-pumpelleyit bileşiminde oldukları anlaşılmıştır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Karbonatça zengin dayklara ait pumpelleyit minerallerinin Al_2O_3 - MgO - $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ üçgen sınıflama diyagramındaki yerleri (Passaglia ve Gotttardi, 1973)

M-082 numaralı karbonatça zengin diğer dayklardan farklı olarak yaklaşık % 3 civarında modal bolluğa sahip epidot minerali içermektedir. Epidot mineralleri klinozoisit türünde olup mineral kimyası sonuçları Tablo B.19'da verilmiştir. Mineral bileşimleri sınırlı bir alanda değişmekte olup SiO_2 içerikleri % 37,68 ile 38,42 arasında, Al_2O_3 içerikleri % 27,13 ile 28,07 arasında, CaO içerikleri % 23,13 ile 24,11 arasında ve $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ içerikleri ise % 4,48 ile 6,57 arasında değişmektedir.

4. TÜM KAYAÇ JEOKİMYASI

Çalışma alanında yüzeyleyen farklı kayaç topluluklarının jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini belirlemek amacı ile 35 tane örnekten (5 adet amfibolit, 6 adet karbonatça zengin dayk, 18 adet ultramafit-mafit, 5 adet volkanit ve 1 adet gabro) ana, iz ve nadir toprak elementi analizleri yapılmıştır. Jeokimyasal analizler, Kocaeli Üniversitesi Analitik Jeokimya Laboratuvarları'nda, ayrıntıları "1.1. Çalışma Yöntemi" bölümünde anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Ana elementler XRF, iz ve nadir toprak elementleri ise ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür.

Örneklerin ana, iz ve nadir toprak element verileri incelenerek, jeokimyasal ve tektono-magmatik karakterlerini belirlemek için çeşitli ayırım diyagramları kullanılmıştır. Bu ayırım diyagramlarında alterasyon süreçlerinden çok fazla etkilenmeyen elementler kullanılmıştır. Bazı elementler ölçülebilirlik sınırları altında kalmaları nedeniyle ilgili ayırım diyagramlarında kullanılamamıştır. Örneklere ait ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin sunulduğu tablolar, ilgili konu başlıklarının altında verilmiştir.

4.1. Geyve Boğazı Metamorfitleri

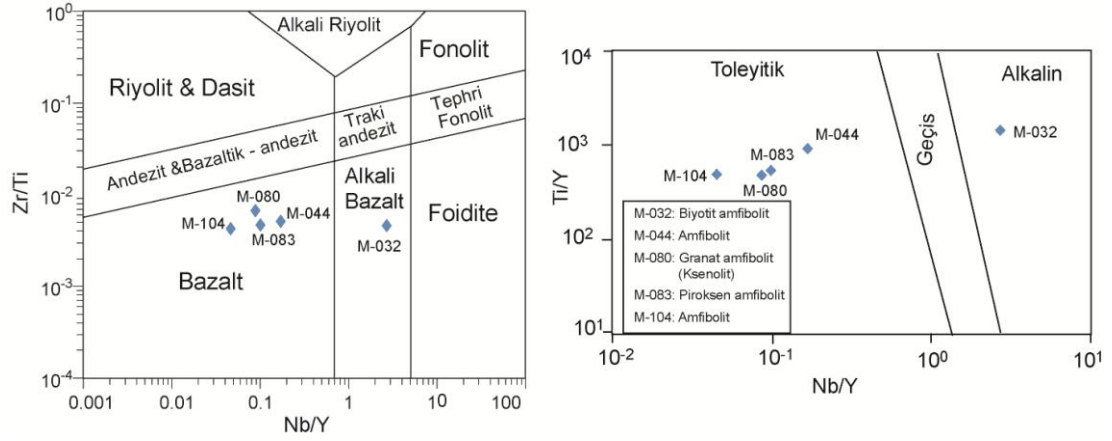
Geyve Boğazında yüzeyleyen meta-bazit daykından (M-032), karbonatça zengin daykların içerisindeki amfibolit ksenolitinden (M-083), karbonatça zengin daykların yakın çevresinden (M-044 ve M-104) ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile Kocadağ Metamorfitleri arasındaki tektonik dilim olarak yer alan Geyve Boğazı Metamorfitleri'nden (M-080) örnekler derlenmiştir. Derlenen örneklerin ana, iz ve nadir toprak elementi analiz sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Derlenen amfibolit örneklerinin ateşte kayıp değerleri (AKD) % 0,83 ile 2,06 arasındadır. Bu değerler kayacın içermiş olduğu sulu silikat (ör. Epidot, klorit) ve karbonat (ör. Kalsit) minerallerin varlığına göre değişmektedir. Örneğin % 2,06 AKD sahip olan M-044 numaralı örnek klorit, epidot ve kalsit gibi mineralleri içermektedir. Ana oksit içerikleri açısından değerlendirildiğinde M-032 numaralı granat amfibolit örneği diğer kayaçlara göre yüksek MgO (% 10,65) ve K₂O (% 1,54) içeriğine sahiptir. Bu farklılık Zr/Ti-Nb/Y ve Ti/Y-Nb/Y diyagramlarında açıkça gözlemlenmektedir (Şekil 4.1 a,b). Bu ayırım diyagramlarına göre M-032 numaralı

örnek alkali bazalt alanında yer almakta ve alkali kimyasal karakter göstermektedir. Diğer örneklerin ise toleyitik kimyasal karakterde bazaltik kökenli kayalar olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.1 a,b).

Tablo 4.1. Geyve Boğazı Metamorfitleleri'ne ait beş örneğin ana, iz ve nadir toprak element sonuçları

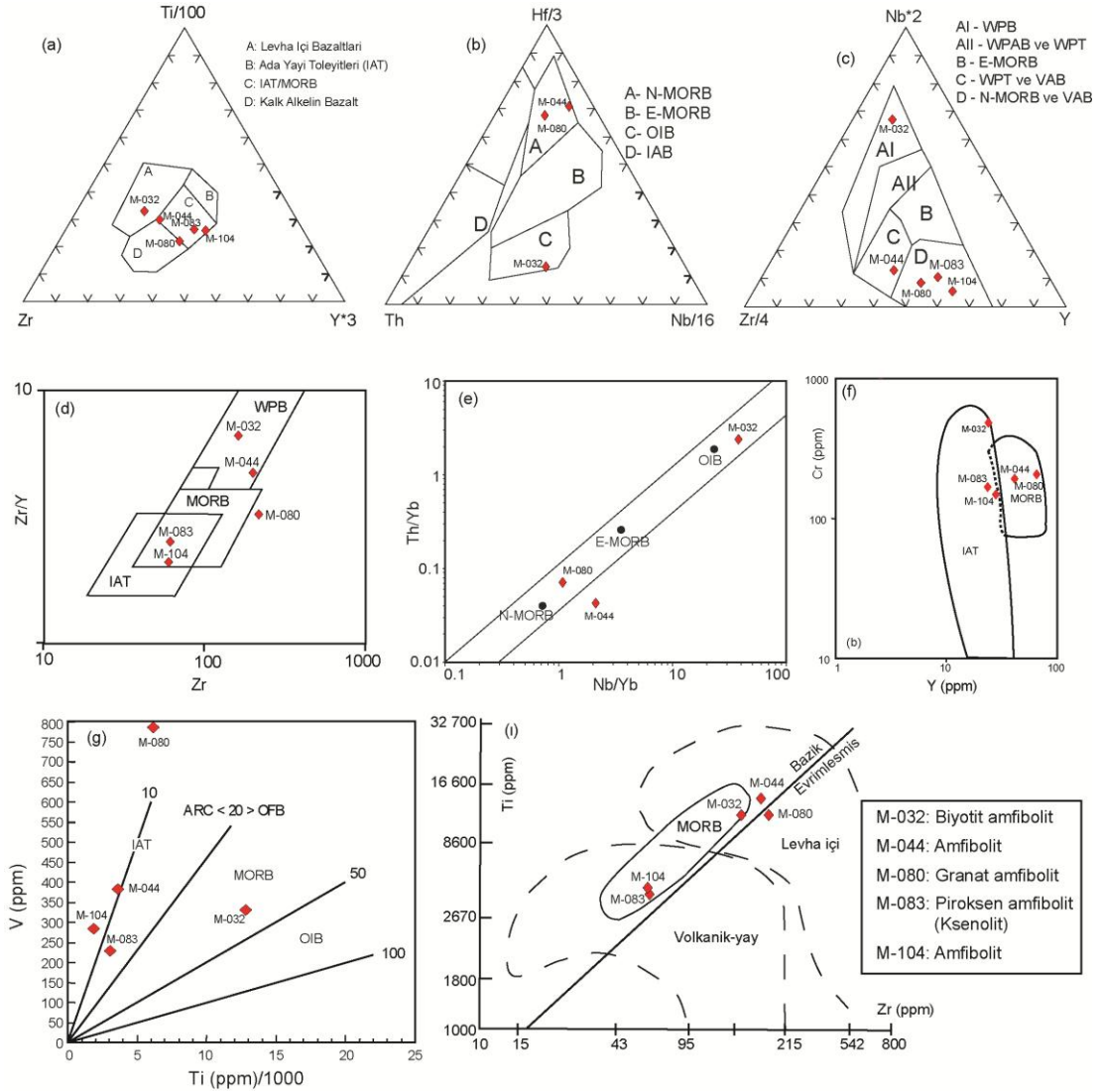
Örnek no	M 32	M 44	M 80	M 83	M 104
%					
SiO ₂	47,39	48,26	52,00	52,70	48,92
TiO ₂	1,93	2,33	1,93	0,78	0,84
Al ₂ O ₃	12,87	14,42	12,49	16,38	16,82
FeO	11,15	10,23	16,06	6,51	7,10
MnO	0,09	0,17	0,27	0,14	0,16
MgO	10,65	6,14	6,35	6,45	8,76
CaO	10,09	14,35	7,34	12,68	13,60
Na ₂ O	2,25	3,24	2,27	3,65	3,04
K ₂ O	1,54	0,43	0,74	0,36	0,22
P ₂ O ₅	0,49	0,35	0,15	0,00	0,16
Cr ₂ O ₃	0,07	0,03	0,03	0,02	0,02
AKD	1,88	2,06	1,56	1,39	0,83
Toplam	100,39	102,02	101,20	101,07	100,47
ppm					
Co	66,23	44,04	53,56	31,41	44,83
Ni	308,65	69,64	41,80	97,94	93,19
Rb	41,09	4,36	16,69	5,01	4,42
Sr	140,86	283,72	130,00	605,39	568,76
Y	24,33	42,09	66,76	23,94	28,39
Zr	161,93	199,78	217,11	60,74	59,60
Nb	65,94	7,12	5,82	2,38	1,29
Cs	0,44	0,07	0,40	0,14	0,64
Ba	273,21	33,82	106,02	97,75	33,38
Hf	3,97	4,44	4,78	1,60	1,53
Ta	3,77	0,47	0,33	0,13	0,09
Pb	2,09	1,05	1,39	3,39	1,52
Th	4,11	0,15	0,38	<0.0025	<0.0025
U	0,97	0,23	0,15	0,03	0,06
V	332,96	385,36	791,37	230,16	285,72
La	33,52	9,21	8,51	8,03	4,17
Ce	67,32	25,83	24,42	21,19	11,00
Pr	7,73	3,91	3,80	3,23	1,98
Nd	30,78	22,57	20,31	16,62	10,87
Sm	6,08	5,55	6,43	4,26	3,33
Eu	2,32	1,92	2,11	1,15	1,18
Gd	6,03	6,05	7,83	4,20	3,79
Tb	0,88	1,11	1,49	0,70	0,70
Dy	4,65	7,02	9,60	3,92	4,34
Ho	0,86	1,44	2,09	0,77	0,90
Er	2,24	4,05	6,02	2,09	2,49
Tm	0,29	0,57	0,87	0,29	0,34
Yb	1,74	3,56	5,48	1,79	2,12
Lu	0,26	0,53	0,83	0,26	0,32



Şekil 4.1. (a) Geyve Boğazı Metamorfitleti'ne ait amfibolitik kayaların Zr/Ti oranlarının Nb/Y oranları ile karşılaştırılması (Pearce, 1996'a göre), (b) aynı kayaların Ti/Y oranlarının Nb/Y oranları ile karşılaştırılması (Pearce, 1982'e göre)

M-032 örneği tektono-magmatik ayırım diyagramlarında levha içi bazaltı (WPB), okyanus adası bazaltı (OIB), okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) ve ada yayı toleyitleri (IAT) alanında yer almaktadır (ör. Ti-Zr, Ti/100-Y*3-Zr, Th/Yb-Nb/Yb) (Şekil 4.2a,d,i). Kondrite göre normalize edilmiş NTE grafiğinde hafif nadir toprak elementlerinde zenginleşme görülmekte olup La_N/Yb_N oranı 13,85'tir. Bu hali ile OIB benzeri grafik deseni sunmaktadır (Şekil 4.3). MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında da büyük iyonlu litofil (LIL) elementlerde negatif Sr anomalisi dışında Rb, Ba, K elementlerinde zenginleşme gözlemlenmektedir (Şekil 4.4). Aynı zamanda Nb ve Ta gibi yüksek alan enerjili (HFS) elementlerde göreceli olarak negatif anomali sunmaması ile OIB benzeri davranış sergilemektedir. Th/Yb-Nb/Yb oranları bu kayacın OIB benzeri karaktere sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1e).

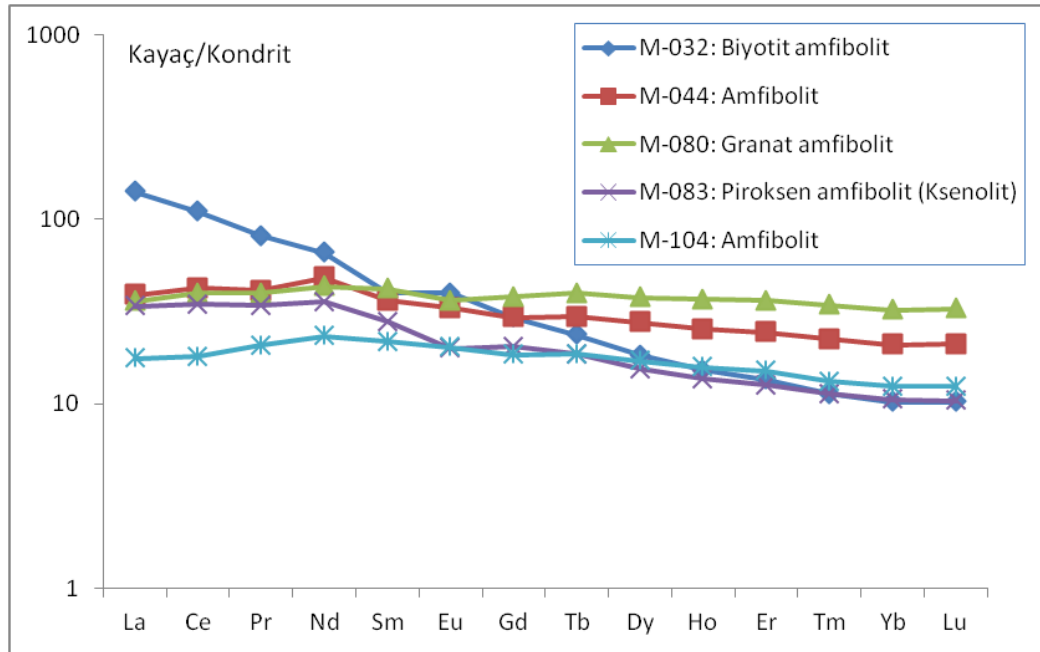
M-044, M-080, M-083 ve M-104 numaralı örnekler birbirlerine yakın jeokimyasal karakterlere sahiptir. Bu örnekler çeşitli tektono-magmatik ayırım diyagramlarında değerlendirildiğinde MORB, IAT, WPB alanlarında yer almaktadır (ör. Ti-Zr, Ti/100-Y*3-Zr, Nb*2-Y-Zr/4) (Şekil 4.2a,c,i). Pearce, (1982)'in Cr-Y ayırım diyagramlarında M-044 ve M-080 numaralı örnekler MORB alanında, M-083 ve M-104 numaralı örnekler ise IAT alanında yer almaktadır. Shervais, (1982) Ti-V ayırım diyagramında tüm örnekler IAT ile ilgili alanda dağılım göstermektedir. M-083 ve M-104 numaralı örneklerin Th konsantrasyonlarının çok düşük olduğu için ölçülebilirlik limitlerinin altında kalmıştır. M-044 ve M-080 numaralı örnekler bu diyagramlarda değerlendirildiğinde N-MORB alanında yer aldığı görülmüştür.



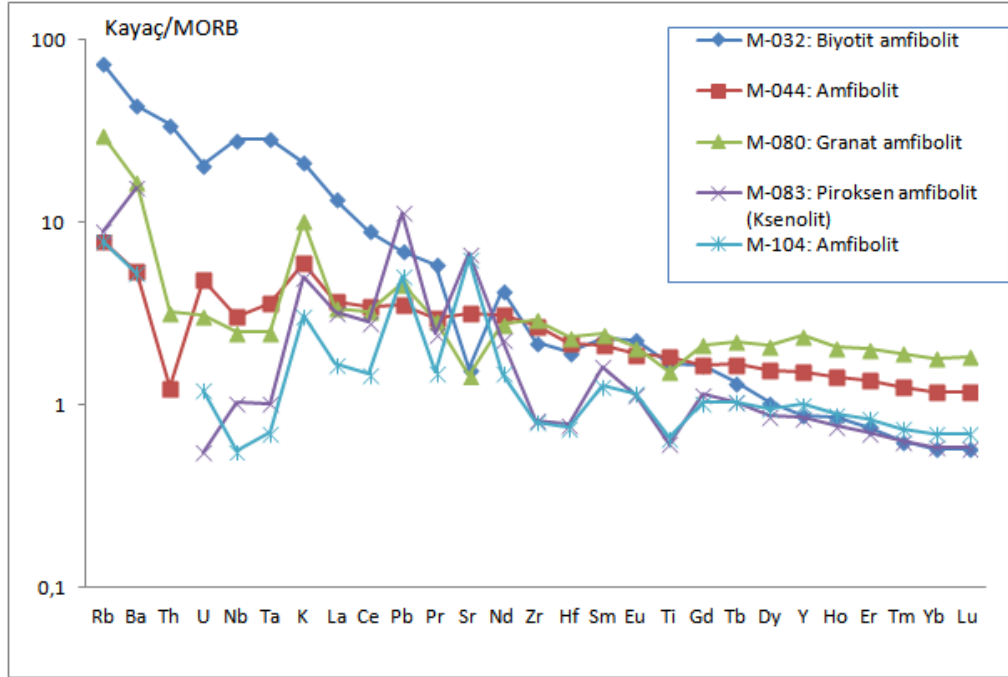
Şekil 4.2. Geyve Boğazı Metamorfite'lerine ait amfibolitik kayaçların çeşitli tektono-magmatik ayırım diyagramları; (a) Ti/100-Y*3-Zr diyagramı (Pearce ve Cann 1973'e göre); (b) Hf/3-Nb/16-Th diyagramı (Wood ve diğ., 1979'a göre); (c) Nb*2-Y-Zr/4 (Meschede, 1986'a göre); (d) Zr - Zr/ Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979'e göre); (e) Th/Yb-Nb/Yb (Pearce 1982'e göre); (f) Y - Cr diyagramı (Pearce, 1982'e göre); (g) V-Ti diyagramı (Shervais, 1982'e göre); (h) Ti-Zr diyagramı (Pearce ve Cann, 1973'e göre). Kısaltmalar: N-MORB, normal okyanus ortası sırtı bazaltları; E-MORB, zenginleşmiş MORB; OIB, okyanus adası bazaltı; IAB, Ada yayı bazaltı; VAB, volkanik yay bazaltları; WPB, plaka içi bazaltları; WPT, plaka içi toleyitleri; WPAB, plaka içi alkali bazaltları

Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramında M-80 numaralı amfibolit örneği yaklaşık düz bir dağılım deseni sunmaktadır. Bu örneğe ait La_N/Yb_N oranı 1,09'dur (Şekil 4.3). M-044 ve M-083 örneklerinde hafif nadir toprak elementlerinde zenginleşme gözlemlenmekte ve La_N/Yb_N oranları 1,42 ile 3,25 arasında değişmekte olup, hafif nadir toprak elementlerinden ağır nadir toprak elementlerine doğru düzenli şekilde tüketilme devam etmektedir (Şekil 4.3). M-104

numaralı örnekte ise hafif nadir toprak elementlerinde ve ağır nadir toprak elementlerinde tüketilme gözlenirken ortaç nadir toprak elementlerinde zenginleşme gözlemlenmektedir ($La_N/Yb_N=1,09$; $La_N/Gd_N=0,95$) (Şekil 4.3). MORB'a normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında M-083 ve M-104 numaralı örneklerde Rb, Ba, K ve Pb gibi LIL elementlerinde zenginleşme gözlenirken Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti gibi HFS elementlerince tüketilmiştir (Şekil 4.4). M-080 numaralı örnekte ise Sr dışındaki diğer LIL elementlerinde (ör. Rb, Ba ve K) zenginleşme gözlemlenirken Th, Nb, U ve Ti gibi HFS elementlerinde tüketilme göstermektedir (Şekil 4.4). M-080, M-083 ve M-104 numaralı örneklerdeki göreceli olarak HFS elementlerin LIL elementlerine karşı tüketilmiş olmasıyla bu örneklerin yitim bileşeninden etkilenmiş oldukları ve IAT'ne benzer bir nitelik sundukları söylenebilir.



Şekil 4.3. Geyve Boğazı Metamorfittleri'nden derlenen amfibolitik kayaçların Kondrit'e göre normalize edilmiş nadir toprak elementleri (NTE) diyagramı (normalize edilmiş değerler ve ortalama N-MORB, E-MORB ve OIB değerleri Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)



Şekil 4.4. Geyve Boğazı Metamorfite'lerinden derlenen amfibolitik kayaçların N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)

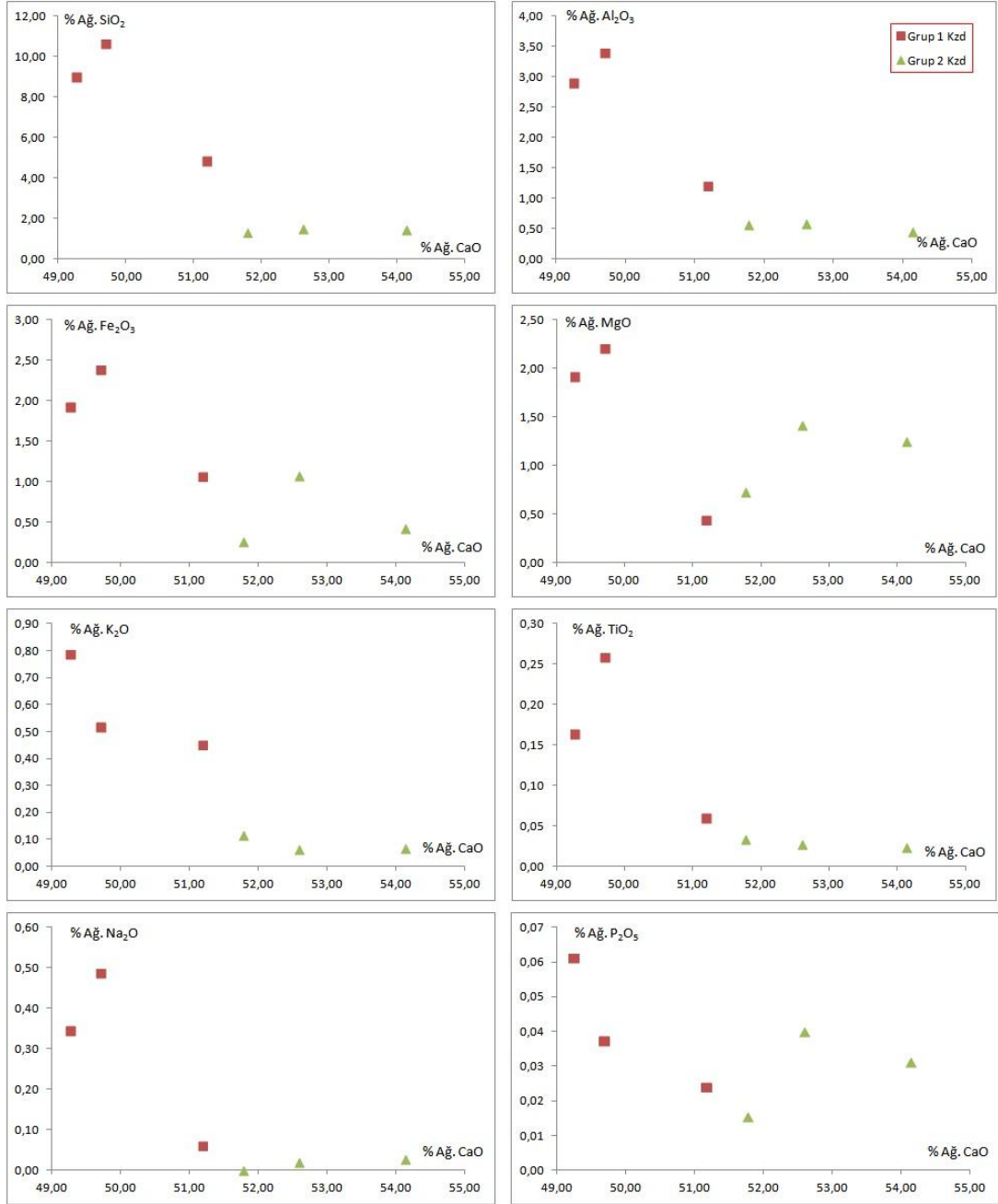
4.2. Karbonatça Zengin Dayklar

Minerolojik ve petrografik özelliklerine göre dört gruba ayrılan karbonatça zengin dayklardan ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin analizi için toplam altı adet örnek derlenmiştir. Derlenen örneklerle ait ana, iz ve nadir toprak elementi analiz sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir. Kayaçların AKD oldukça yüksek olup, % 29,82 ile 45,10 arasında değişmektedir. Bu oran kayaçların içermiş olduğu kalsit mineralinin modal bolluk bileşimi ile doğru orantılıdır. Karbonatça zengin daykların CaO içerikleri % 49,25 ile 54,13 arasında değişmektedir. SiO₂ içerikleri ise % 1,31 ile 10,62 arasındadır. SiO₂ içerikleri kayaçların içermiş oldukları silikat minerallerinin (ör. Klinopiroksen) modal bileşim bolluk oranlarına bağlıdır. Örneğin, M-103-b numaralı karbonatça zengin daykın içermiş olduğu toplam silikat mineralinin (ör. Muskovit) modal bolluğu yaklaşık % 5 olup SiO₂ içeriği % 1,31'dir. M-140 numaralı örnekte ise kayaçtaki toplam silikat minerali bolluğu % 30 civarında olup SiO₂ içeriği % 10,62'dir. Benzer şekilde Al₂O₃ (% 0,57 ile 3,40 arası), FeO_(toplam) (% 0,45 ile 3,40 arası) ve MgO (% 0,44 ile 2,20 arası) içerikleri de silikat minerallerinin türüne ve bolluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir. K₂O içerikleri %0,06 ile 0,79, TiO₂ içerikleri %0,02 ile 0,26, P₂O₅ içerikleri 0,02 ile 0,06, MnO içerikleri % 0,03 ile 0,18 ve Cr₂O₃ içerikleri % 0,00 ile 0,38 arasında değişmektedir. İz elementler açısından

değerlendirildiğinde Sr 110,00 ile 3825,00 ppm arasındaki değerlere sahiptir. Diğer iz elementleri ise 0,03 ile 112,83 ppm arası değişen değerlere sahiptirler.

Tablo 4.2. Karbonatça zengin dayklara ait altı örneğin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri

	Grup 1 Kzd			Grup 2 Kzd		
	M-103A	M-116	M-140	M-103B	M-108	M-109
%						
SiO ₂	4,83	8,98	10,62	1,31	1,46	1,47
Al ₂ O ₃	1,21	2,91	3,40	0,57	0,45	0,58
FeO	1,07	1,94	2,39	0,26	0,43	1,07
MgO	0,44	1,91	2,20	0,73	1,25	1,42
CaO	51,18	49,25	49,70	51,77	54,13	52,59
Na ₂ O	0,06	0,35	0,49	0,00	0,03	0,02
K ₂ O	0,45	0,79	0,52	0,12	0,07	0,06
TiO ₂	0,06	0,16	0,26	0,03	0,02	0,03
P ₂ O ₅	0,02	0,06	0,04	0,02	0,03	0,04
MnO	0,11	0,08	0,18	0,03	0,05	0,06
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,38
AKD	40,14	33,47	29,82	45,10	41,96	42,15
Toplam	99,57	99,91	99,60	99,93	99,90	99,87
ppm						
Co	3,69	6,08	8,82	1,98	1,57	1,50
Ni	20,31	20,70	39,76	18,87	14,40	13,21
Rb	27,14	26,00	44,60	5,61	2,74	3,32
Sr	3825,00	110,00	157,69	239,56	484,65	341,21
Y	13,68	18,73	19,33	3,90	3,50	3,84
Zr	23,43	50,60	80,27	0,79	3,51	5,98
Nb	2,73	7,21	3,64	1,09	0,59	0,92
Cs	0,89	0,15	1,43	0,34	0,05	0,19
Ba	83,70	81,96	112,83	13,29	14,08	10,38
Hf	0,56	1,22	1,75	0,03	0,06	0,11
Ta	0,15	0,47	0,41	0,04	0,02	0,04
Pb	3,27	51,72	6,73	0,57	1,01	2,34
Th	0,82	2,19	2,95	0,24	0,66	0,76
U	0,84	0,46	0,25	0,41	0,28	0,66
V	35,83	43,37	39,79	10,48	9,50	11,80
La	16,18	19,10	17,39	2,50	2,88	2,93
Ce	19,21	37,48	29,23	3,74	4,83	4,98
Pr	3,20	4,23	3,82	0,57	0,61	0,63
Nd	16,77	16,55	15,13	4,10	4,44	2,97
Sm	2,24	3,13	2,89	0,45	0,46	0,48
Eu	0,50	0,49	0,57	0,10	0,10	0,11
Gd	2,17	3,03	2,82	0,47	0,50	0,50
Tb	0,31	0,47	0,43	0,07	0,07	0,08
Dy	1,68	2,71	2,34	0,40	0,41	0,43
Ho	0,33	0,56	0,48	0,08	0,08	0,09
Er	0,91	1,59	1,41	0,26	0,23	0,25
Tm	0,13	0,23	0,20	0,03	0,03	0,04
Yb	0,78	1,44	1,27	0,22	0,20	0,23
Lu	0,11	0,22	0,19	0,03	0,03	0,03
ΣREE	64,51	91,22	78,17	13,03	14,85	13,74
La_N/Yb_N	14,92	9,50	9,85	8,05	10,36	9,05
Eu/Eu*	0,69	0,49	0,61	0,66	0,63	0,66
Ce/Ce*	0,65	1,02	0,88	0,77	0,89	0,90



Şekil 4.5. Karbonatça zengin daykların % CaO içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması

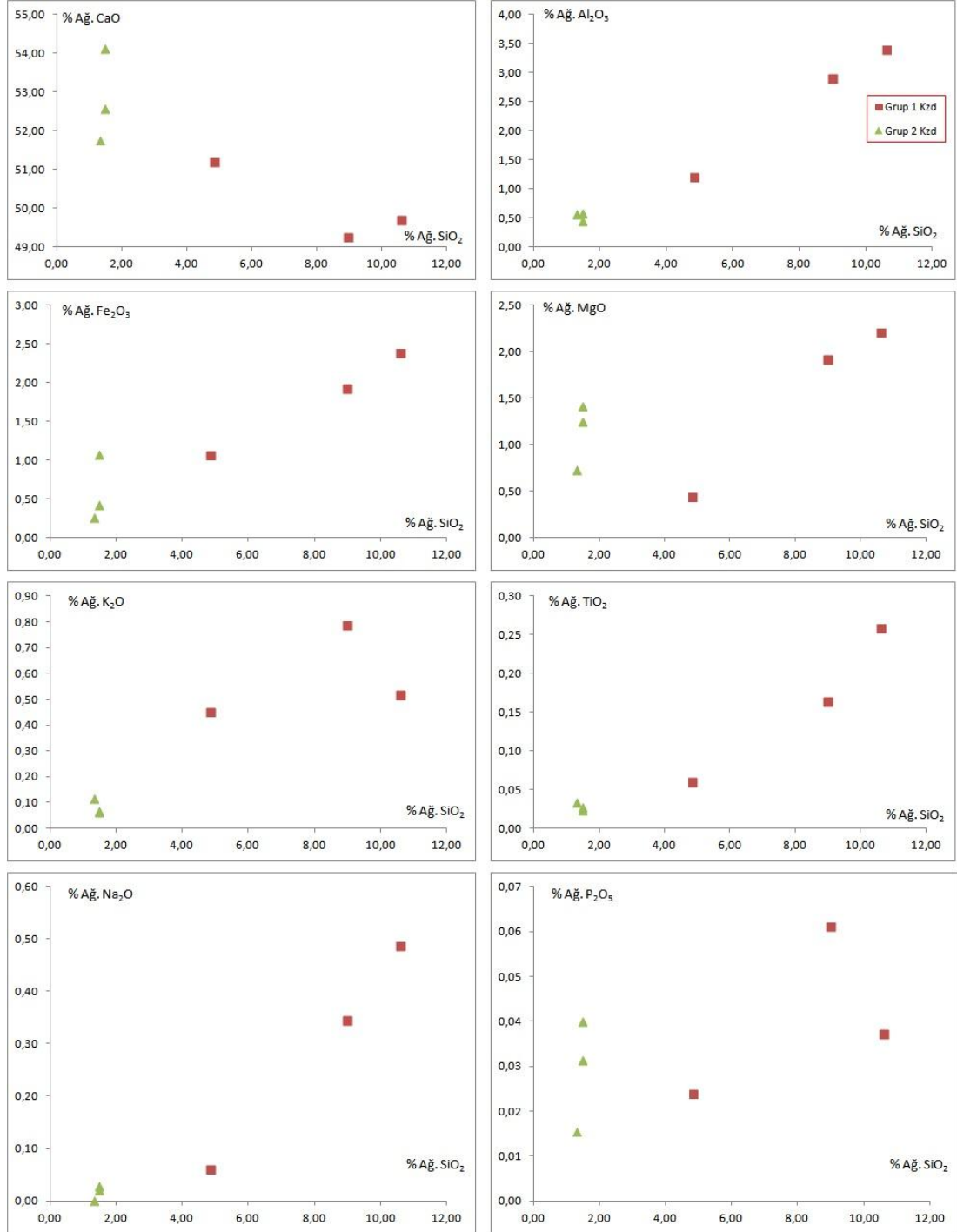
Karbonatça zengin dayklar minerolojik ve petrografik olarak dört gruba ayrılmakta iken ana iz ve nadir toprak element içerikleri bakımından iki ayrı gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki “Grup 1 KZD” olarak adlandırılmış olup KZD(1) (M-103-a) ve KZD(4) (M-116 ve M-140)’ü kapsamaktadır, ikincisi ise “Grup 2 KZD” olarak adlandırılmış olup, KZD(2) (M-103-b) ve KZD(3) (M-108 ve M-109)’ü kapsamaktadır. İki grup arasındaki başlıca farklılık Grup(1) KZD’ler Grup(2) KZD’lere göre nispeten düşük CaO içeriklerine sahip iken diğer ana, iz ve nadir toprak element içerikleri bakımından yüksek içeriklere sahip olmasından

kaynaklanmaktadır. Karbonatça zengin daykların CaO içeriklerine karşı ana oksit bileşenleri karşılaştırıldığı Şekil 4.5'te ve yine CaO içeriklerine karşı iz element bileşenlerinin karşılaştırıldığı Şekil 4.6'da iki grup karbonatça zengin dayk kolaylıkla ayrılabilir. CaO içeriğindeki artışa bağlı olarak kabaca MgO içeriklerinde artış gözlenirken diğer ana oksitlerde (ör. SiO₂, Al₂O₃, TiO₂) azalış gözlemlenmektedir (Şekil 4.5). Aynı kayaçların iz element (ör. Co, Rb, Zr, Y) içeriklerinde de CaO içeriğindeki artışa göre zıt olarak kabaca azalış göstermektedirler (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Karbonatça zengin daykların % CaO içeriklerine karşı iz element bileşenlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de KZD'lerin SiO_2 içeriğindeki değişimlere göre ana ve iz elementlerin değişim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklerde KZD'lerin ana ve iz element değişimlerinin SiO_2 içeriğindeki değişme paralel olarak CaO 'e göre daha iyi bir korelasyon sergiledikleri gözlenmektedir (ör. Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Co, Y, Zr, Th).

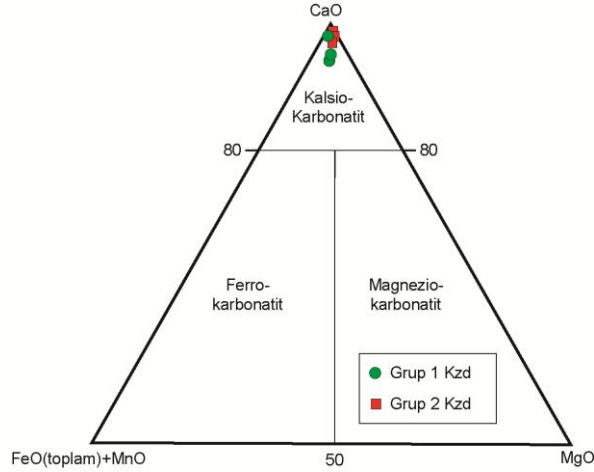


Şekil 4.7. Karbonatça zengin daykların ağırlıkça % SiO_2 içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması

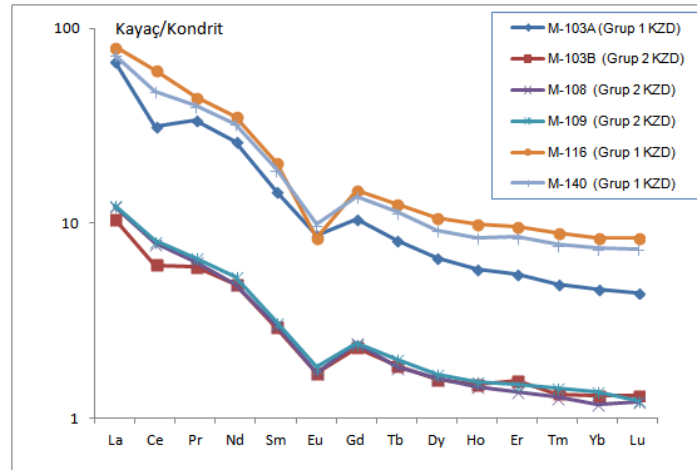


Şekil 4.8. Karbonatça zengin daykların ağırlıkça % SiO₂ içeriklerine karşı iz element bileşenlerinin karşılaştırılması

Bu tez çalışmasında “karbonatça zengin dayklar” olarak adlandırılan bu kayaçların detayları tezin 6. bölümünde anlatılan karbonatit kayaçlarıyla benzerlik sunmaktadır. Bu nedenle karbonatça zengin dayklar Woolley ve Kempe, (1989) tarafından önerilen ve karbonatitik kayaçların adlandırmasında ve sınıflandırılmasında kullanılan CaO-MgO-FeO_(toplam)+MnO üçgen diyagramında kullanılmıştır. Bu diyagramda karbonatça zengin daykların kalsiokarbonatit alanında yer almakta oldukları görülmektedir (Şekil 4.9).



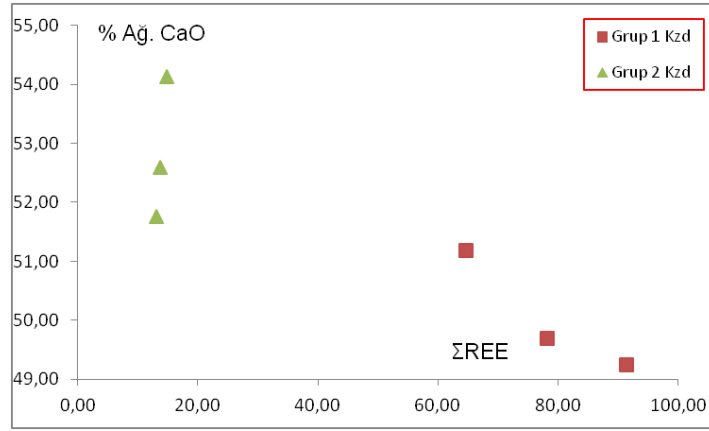
Şekil 4.9. Karbonatça zengin daykların CaO-MgO-FeO_(toplam)+MnO diyagramındaki yerleri (Woolley ve Kempe, 1989'dan alınmıştır)



Şekil 4.10. Karbonatça zengin daykların kondirite normalize nadir toprak elementi (NTE) diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, (1989)'a göredir)

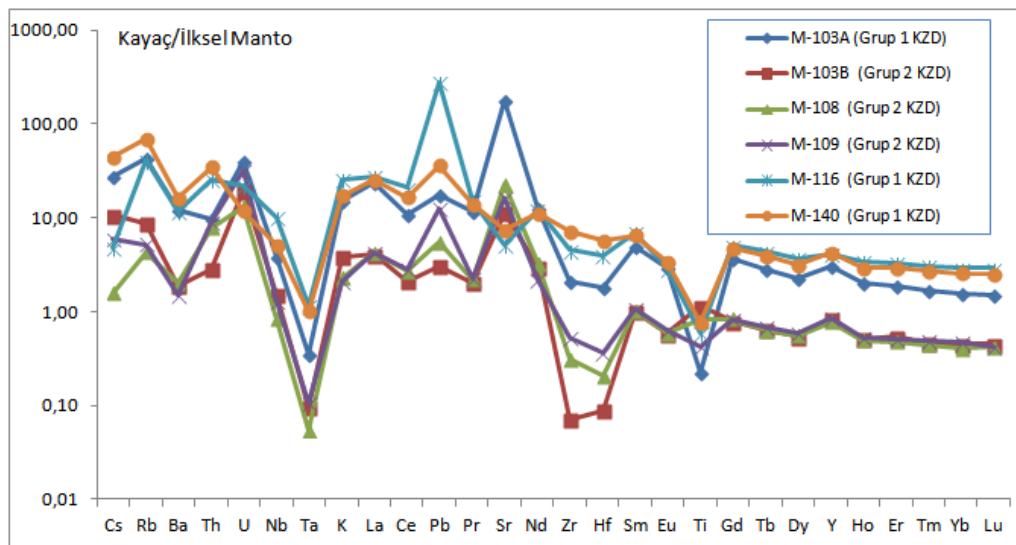
Karbonatça zengin daykların kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramında hafif nadir toprak elementleri, ağır nadir toprak elementlerine göre zenginleşme göstermektedirler (Şekil 4.10). Grup 1 KZD'lerde ve Grup 2 KZD'lere göre daha yüksek zenginleşme görülmekte olup $La_{(Grup\ 1\ KZD)_N}/La_{(Grup\ 2\ KZD)_N}$ oranları yaklaşık 6'dır. Bu farklılık, Grup 1 KZD'lerin toplam nadir toprak (ΣNTE) içeriklerinin Grup 2 KZD'lere göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda Grup 1 KZD'lerin ΣNTE miktarı CaO içeriklerine bağlı olarak belirgin bir değişim gözlemlenmez iken Grup 2 KZD'lerde ise ΣNTE miktarı CaO içeriğindeki artış ile ters orantılıdır (Şekil 4.11). La_N/Yb_N oranları Grup 1 KZD'lerde 9,50 ile 14,92 arasında, Grup 2 KZD'lerde ise 8,05 ile 10,36 arasında değişmektedir. Her iki grup

KZD 0,49 ile 0,66 arası değişen negatif Eu anomalisi değerlerine sahiptirler. Ayrıca 0,65 ile 1,02 arasında değişen Ce anomalisi de görülmektedir.



Şekil 4.11. Karbonatça zengin daykların toplam nadir toprak içeriklerine (ΣNTE) karşı CaO içeriklerinin karşılaştırılması

İlksel manto bileşimine (Sun ve Mc Donough, 1989) normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında KZD'ler yaklaşık birbirlerine benzer grafikler sunmaktadırlar (Şekil 4.12). LIL elementlerinde (Cs, Rb, Ba, Pb, Sr) göreceli olarak zenginleşme gözlemlenirken Y hariç diğer HFS elementlerinde (Ta, Nb, Zr, Hf) ise tüketilme gözlemlenmektedir (Şekil 91). Ancak Grup 1 KZD'ler negatif Ti anomalisine sahip iken Grup 2 KZD'lerde (M-109 hariç) ise pozitif Ti anomalisi gözlemlenmektedir. Ayrıca M-116 ve M-140 numaralı örnekler diğer örneklerden farklı olarak negatif Sr anomalisi sahiptirler.



Şekil 4.12. Karbonatça zengin daykların ilksel manto bileşimine normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)

4.3. Sapanca Kompleksi

4.3.1. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri

Ultramafik-mafik kümülat kayalarından oluşan Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nden derlenen 18 adet kayaç örneğinin ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Ultramafik kayaçlar içerisinde M-101 numaralı verlit örneği (AKD: % 8,90) dışındaki diğer örneklerde % 0,36 ile 1,97 arasında değişen nispeten düşük AKD'lerine sahiptir. Bu değerler mafik kümülat kayaçlarında ise 0,62 ile 1,98 arasında değişmektedir. Ultramafik kayaçların SiO₂ içerikleri % 42,72-53,79, TiO₂ içerikleri % 0,07-0,45, Al₂O₃ içerikleri % 0,84-3,47, FeO_(toplam) içerikleri % 5,46-11,16, MgO içerikleri % 14,83-32,60, CaO içerikleri % 2,85-18,15 ve Na₂O içerikleri de % 0,19-2,60 arasında değişmektedir. Mafik kayaçların SiO₂ içerikleri % 44,23-52,28 TiO₂ içerikleri % 0,17-2,05, Al₂O₃ içerikleri % 11,43-24,53, FeO_(toplam) içerikleri % 5,82-14,39, MgO içerikleri % 4,56-13,82, CaO içerikleri % 12,01-15,34 ve Na₂O içerikleri de % 1,94-2,62 arasında değişmektedir. Ultramafik kümülat kayaçlarda Sr içerikleri 16,37 ile 70,47 ppm ve V içerikleri 82,59 ile 398,20 ppm arasında değişirken mafik kümülat kayaçlarda Sr içerikleri 158,51 ile 845,84 ppm ve V içerikleri de 232,34 ile 836,81 ppm arasında değişmektedir. Ultramafik kayaçların Mg# değerleri 81,05-87,90 arasında değişirken mafik kayaçlarda bu değer daha geniş bir aralıkta yayılmakta ve 43,59 ile 79,27 arasında değişmektedir. Ultramafik kümülat kayaçlar içerisinde, M-101 numaralı verlit örneği diğer örneklerle oranla yüksek MgO (% 32,6), Ni (2311,72 ppm), Cr₂O₃ (% 0,57) ve düşük SiO₂ (% 42,72), Na₂O (% 0,19), V (82,59 ppm) içeriklerine sahip olması ile farklılık sunmaktadır. Mafik kümülat kayaçları içerisinde de M-006 numaralı kümülat gabro örneğinin yüksek Al₂O₃ (% 24,53) içeriği ve M-051 numaralı kümülat gabro örneğinin düşük Mg# (43,59) değerine sahip olması nedeniyle diğer örneklerden farklılık sunmaktadırlar.

M-113 numaralı amfibol klinopiroksenit örneği petrografik olarak ultramafik kayaç olarak tanımlanmasına rağmen, ultramafik kümülat kayaçlarından farklı olarak % 11,43 Al₂O₃, % 1,26 TiO₂ içermesi nedeniyle mafik kümülat kayaçları içerisinde değerlendirilmiştir.

Al₂O₃-MgO-CaO üçgen diyagramında (Coleman, 1977) ultramafik kayaçların bir bölümü ultramafik kümülatlar alanında yer alırken, bir kısmı da bu alanın dışında

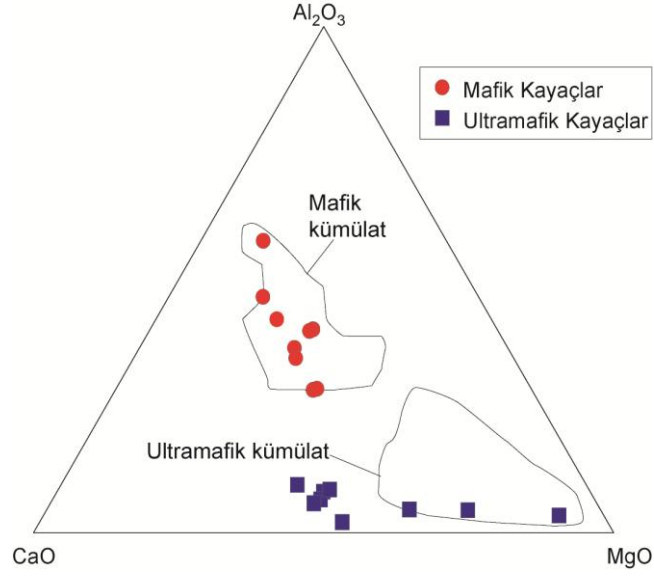
kalmıştır (Şekil 4.13). Aynı diyagram üzerinde mafik kayaların tümü mafik kümülat kayalar alanında yer almaktadır.

Tablo 4.3. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait 18 örneğin ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları

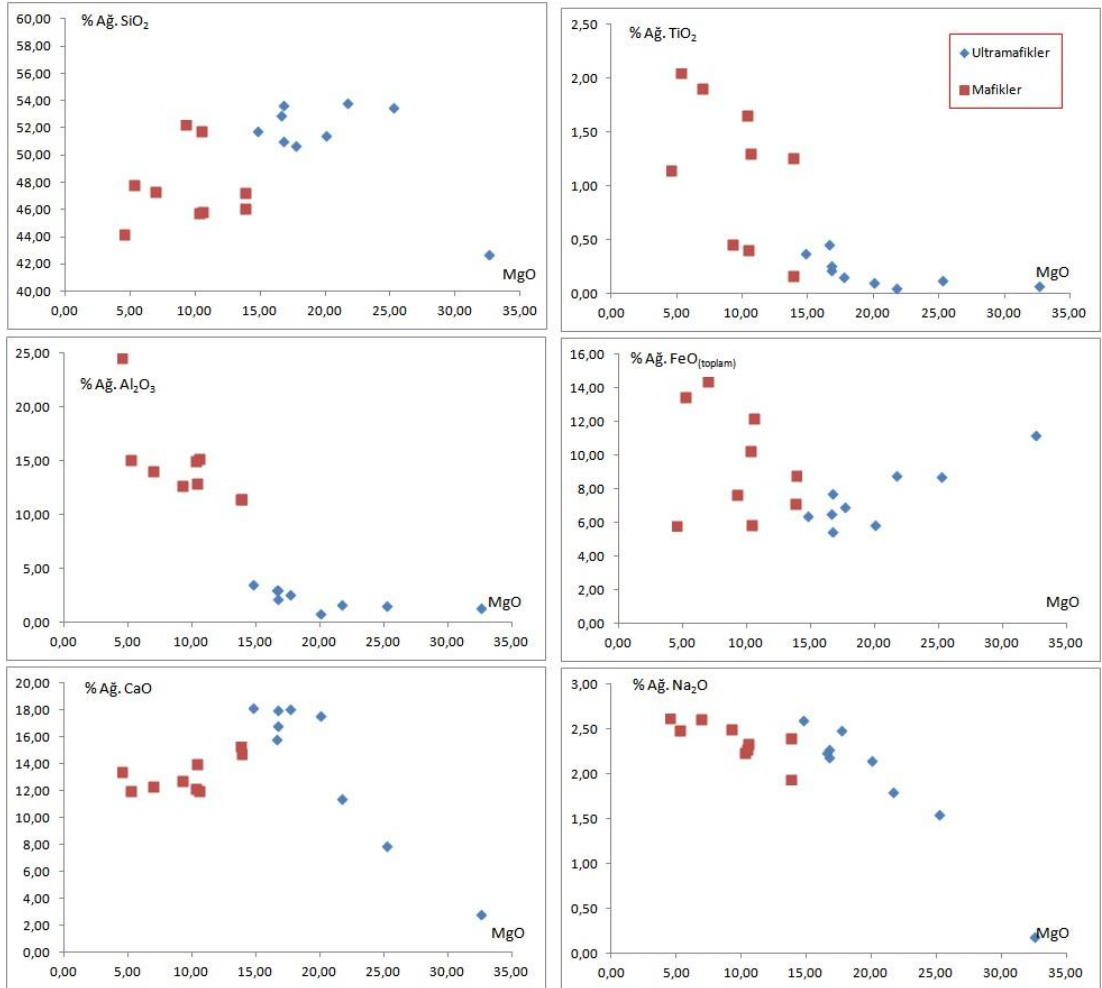
Kayaç adı	Olivin Klinopiroksenit	Verlit	Vebsterit	Vebsterit	Verlit	Verlit	Verlit	Verlit	Amfibol Vebsterit
Örnek no	M-003	M39	M 043	M 045	M48	M52	M101	M 102	M 105
%									
SiO ₂	51,00	51,78	53,54	53,79	51,44	50,70	42,72	53,69	52,91
TiO ₂	0,21	0,37	0,12	0,05	0,10	0,15	0,07	0,25	0,45
Al ₂ O ₃	3,01	3,47	1,57	1,63	0,84	2,56	1,28	2,18	3,05
FeO	7,75	6,43	8,73	8,78	5,87	6,92	11,16	5,46	6,52
MnO	0,211	0,151	0,236	0,250	0,113	0,133	0,240	0,144	0,155
MgO	16,73	14,83	25,23	21,70	20,04	17,68	32,60	16,73	16,59
CaO	16,82	18,15	7,97	11,46	17,61	18,11	2,85	18,00	15,86
Na ₂ O	2,20	2,60	1,55	1,80	2,16	2,49	0,19	2,28	2,25
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,15	0,17	0,31	0,23	0,13	0,12	0,57	0,26	0,22
AKD	0,44	0,97	1,00	0,36	1,97	0,50	8,90	0,57	0,51
Toplam	98,52	98,92	100,25	100,04	100,27	99,38	100,62	99,58	98,57
ppm									
Co	56,59	56,33	97,18	80,85	62,67	79,28	136,86	61,06	70,76
Ni	292,85	254,63	1358,94	174,12	349,47	382,77	2311,72	474,46	663,85
Rb	0,46	0,43	1,32	0,14	0,06	0,20	0,02	0,09	0,62
Sr	63,23	33,65	19,55	17,12	16,37	22,25	25,33	32,93	70,47
Y	13,21	14,60	3,65	5,52	3,76	8,60	1,45	10,19	13,56
Zr	6,05	15,23	<0.0025	1,34	<0.0025	0,63	<0.0025	7,16	17,61
Nb	0,21	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	0,17
Cs	0,10	0,10	0,14	0,04	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02
Ba	0,41	1,57	3,34	1,13	0,66	2,57	1,02	1,40	7,30
Hf	0,46	0,59	0,07	0,12	<0.0025	0,21	<0.0025	0,38	0,61
Ta	0,01	0,02	0,00	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	0,00
Pb	0,21	0,35	0,41	0,39	0,15	0,55	0,25	0,30	0,49
Th	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
U	0,01	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
V	308,37	381,20	173,27	247,00	181,75	334,00	82,59	297,80	301,64
La	0,59	1,82	0,33	0,53	0,14	0,23	0,04	0,47	1,87
Ce	2,84	5,54	1,01	1,80	0,58	1,13	0,16	2,08	6,32
Pr	0,63	0,93	0,18	0,30	0,13	0,25	0,03	0,46	1,10
Nd	3,97	5,00	1,33	2,74	0,88	2,95	0,47	3,43	6,09
Sm	1,56	1,67	0,38	0,56	0,41	0,86	0,08	1,11	1,82
Eu	0,51	0,51	0,13	0,16	0,14	0,31	0,05	0,32	0,54
Gd	1,87	1,91	0,47	0,67	0,52	1,07	0,13	1,32	1,99
Tb	0,36	0,36	0,09	0,13	0,10	0,21	0,02	0,25	0,35
Dy	2,41	2,39	0,58	0,89	0,68	1,39	0,19	1,60	2,13
Ho	0,52	0,50	0,13	0,19	0,13	0,29	0,04	0,33	0,43
Er	1,46	1,41	0,38	0,56	0,38	0,78	0,14	0,92	1,24
Tm	0,21	0,20	0,06	0,08	0,05	0,10	0,02	0,13	0,17
Yb	1,32	1,23	0,39	0,54	0,30	0,64	0,14	0,78	1,04
Lu	0,20	0,18	0,06	0,08	0,05	0,09	0,02	0,11	0,15
Eu/Eu*	0,91	0,88	0,91	0,80	0,96	0,97	1,34	0,80	0,87
La _N /Yb _N	0,32	1,06	0,60	0,70	0,33	0,26	0,22	0,43	1,28
Mg#	81,05	82,05	85,13	83,05	87,90	83,50	85,27	85,85	83,45

Tablo 4.3. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait 18 örneğin ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları

Kayaç adı	Kümülat	Kümülat	Kümülat	Kümülat	Kümülat	Pegmatit	Kümülat	Kümülat	Kümülat
Örnek no	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro	Gabro
%	M-005	M 006	M 40	M49	M 51	M 106	M 113	M 114	M 117
SiO ₂	52,28	44,23	45,90	47,30	47,89	45,84	46,18	51,86	47,41
TiO ₂	0,47	1,15	1,30	0,17	2,05	1,66	1,26	0,41	1,91
Al ₂ O ₃	12,69	24,53	15,20	11,49	15,13	14,95	11,43	12,92	14,06
FeO	7,66	5,82	12,23	7,16	13,47	10,26	8,84	5,90	14,39
MnO	0,11	0,06	0,17	0,10	0,28	0,17	0,096	0,14	0,23
MgO	9,25	4,56	10,59	13,82	5,25	10,33	13,87	10,43	6,94
CaO	12,77	13,45	12,01	15,34	12,05	12,18	14,81	14,05	12,33
Na ₂ O	2,50	2,62	2,33	2,40	2,49	2,23	1,94	2,27	2,61
K ₂ O	0,00	0,92	0,19	0,00	0,12	0,63	0,20	0,09	0,05
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,04	0,02	0,02	0,05	0,04	0,02	0,06	0,07	0,05
AKD	1,10	1,70	1,32	1,41	0,62	1,98	1,46	1,03	1,41
Toplam	98,86	99,05	101,27	99,23	99,38	100,24	100,15	99,19	101,40
ppm									
Co	41,48	41,12	49,09	62,66	58,69	63,62	87,43	58,66	51,00
Ni	93,16	69,31	36,05	155,94	64,96	164,42	428,66	79,62	211,28
Rb	0,77	14,31	5,43	0,74	4,68	10,10	1,89	5,16	5,25
Sr	158,51	712,34	845,84	299,38	414,70	643,20	188,89	256,96	179,48
Y	12,13	15,03	15,94	6,02	37,42	34,61	18,51	41,21	14,10
Zr	19,05	5,95	5,55	0,24	55,31	38,05	17,25	56,53	10,05
Nb	0,79	0,72	0,33	<0.0025	2,18	3,11	0,67	2,18	0,10
Cs	0,12	0,68	1,21	0,04	4,00	0,05	0,28	8,59	0,08
Ba	5,51	81,70	227,85	8,69	35,74	127,44	31,05	32,70	13,70
Hf	0,66	0,46	0,38	0,14	1,68	1,34	0,73	1,62	0,36
Ta	0,06	0,04	0,03	<0.0025	0,14	0,12	0,04	0,10	0,00
Pb	0,71	0,53	0,26	0,46	0,34	1,08	0,30	0,21	0,48
Th	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
U	0,01	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
V	253,85	459,51	512,31	232,34	541,55	463,76	836,81	660,72	283,94
La	1,30	1,30	2,33	0,26	2,23	4,53	1,29	1,70	0,66
Ce	3,61	4,00	7,11	0,96	8,27	14,68	4,95	7,36	1,95
Pr	0,58	0,73	1,36	0,20	1,59	2,63	0,99	1,49	0,37
Nd	3,02	4,72	8,28	1,38	13,32	14,65	6,20	9,48	2,59
Sm	1,14	1,69	2,59	0,59	3,65	4,69	2,17	3,54	1,04
Eu	0,58	0,73	1,21	0,29	1,45	1,35	0,80	1,29	0,54
Gd	1,47	2,07	2,72	0,79	4,49	5,07	2,58	4,53	1,41
Tb	0,30	0,40	0,47	0,16	0,89	0,89	0,48	0,91	0,29
Dy	2,06	2,65	2,86	1,04	5,89	5,32	3,00	6,07	1,96
Ho	0,45	0,56	0,59	0,22	1,27	1,10	0,61	1,31	0,42
Er	1,28	1,58	1,60	0,59	3,59	2,98	1,67	3,79	1,24
Tm	0,18	0,22	0,22	0,08	0,50	0,41	0,22	0,53	0,17
Yb	1,16	1,31	1,33	0,48	3,14	2,44	1,30	3,37	1,11
Lu	0,17	0,19	0,19	0,07	0,47	0,35	0,18	0,49	0,16
Eu/Eu*	1,37	1,18	1,40	1,30	1,10	0,85	1,03	0,99	1,37
(La/Yb) _N	0,81	0,71	1,26	0,38	0,51	1,33	0,72	0,42	0,36
Mg#	70,54	71,30	63,18	79,27	43,59	66,60	75,65	77,78	48,85



Şekil 4.13. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin Al₂O₃-MgO-CaO (Coleman, 1977) ayırtman diyagramındaki yerleri



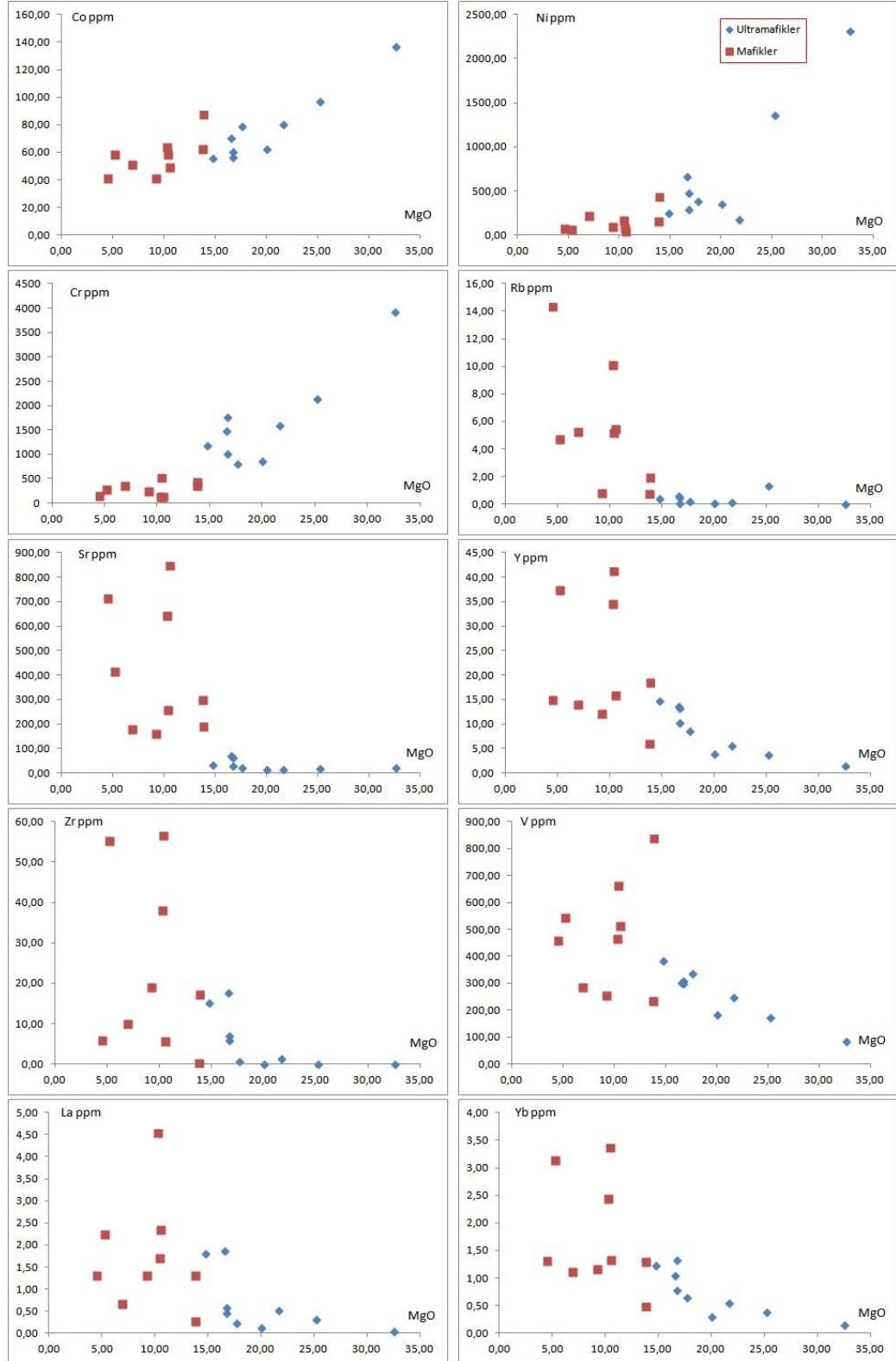
Şekil 4.14. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin MgO içeriklerine karşı ana oksit bileşenlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.14'te ultramafik ve mafik kümülat kayaçların ana oksit bileşenleri MgO'e karşı ana oksit değişimi diyagramında karşılaştırılmıştır. Ultramafik ve mafik kümülat kayaçların MgO içeriğindeki değişime karşı ana oksit bileşenlerinin değişimleri birbirlerine benzer davranış sergilemektedir. SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , CaO ve Na_2O içerikleri MgO içeriğindeki pozitif yönelime zıt olarak azalmakta iken $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ içeriği artmaktadır. İlgili grafikte ultramafik kümülat kayaçları içerisinde diğerlerine oranla nispeten yüksek MgO içeriğine sahip M-043 (% 25,23), M-045 (% 21,70) ve M-101 (% 32,6) numaralı örneklerin aykırı gidiş gösterdikleri tespit edilmiştir.

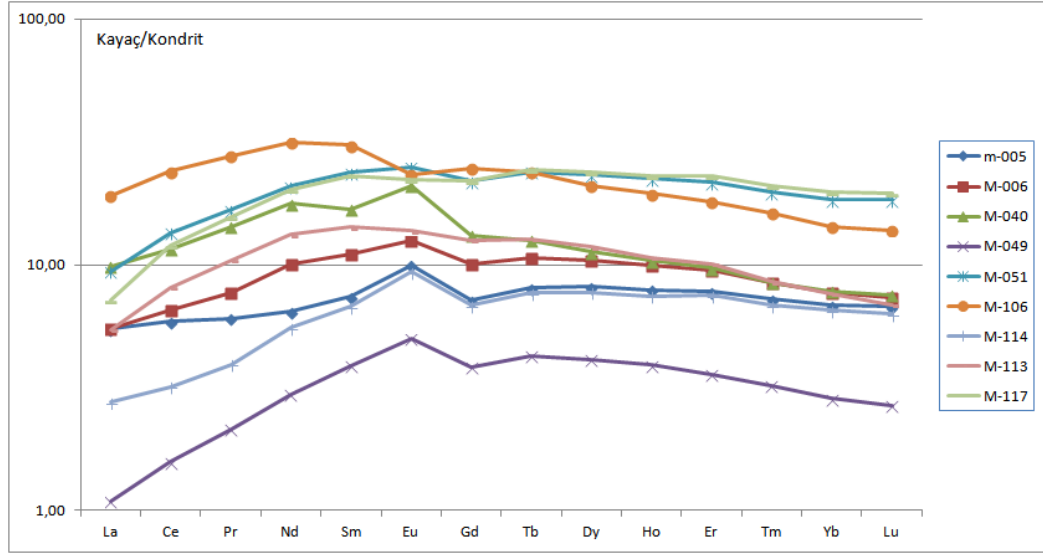
Şekil 4.15'te de MgO içeriğindeki değişime karşı iz ve nadir toprak element içeriklerinin değişimi karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre Co, Ni ve Cr elementleri MgO içeriğindeki pozitif yönelime bağlı olarak uyumlu şekilde arttığı gözlenmektedir. Kısmen uyumlu olarak da MgO içeriğindeki pozitif yönelime bağlı olarak Y, V ve Yb içeriklerinde azalış gözlemlenmektedir. Sr, Rb ve La içeriklerinde ise MgO'teki değişime bağlı olmayıp düzensiz dağılım sergilemektedir.

Kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi grafiklerinde ultramafik ve mafik kümülat kayaçlarının büyük çoğunluğu nadir toprak elementi profillerinde yukarı dışbükey eğri sunmakta olup, M-101 ve M-048 numaralı örnekler hariç diğer örnekler kondirite göre yaklaşık 1 ila 10 kat arasında zenginleşme göstermektedirler (Şekil 4.16, 4.18). La_N/Yb_N oranları 0,22 ile 1,33, arasında Gd_N/Yb_N oranları da 1,05 ile 1,91 arasında değişmektedir. Bu durum göreceli olarak hafif nadir toprak elementleri (La, Ce, Pr, Nd) ve ağır nadir toprak elementleri (Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) bakımından tüketilmiş olup, orta nadir toprak elementleri (Sm, Eu, Gd, Tb) bakımından da zenginleşmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ultramafik kayaçlarda (M-101 hariç, $\text{Eu}/\text{Eu}^*=1,34$) 0,87 ile 0,97 arasında değişen hafif negatif Eu anomalisi göstermektedirler. Mafik kümülat kayaçlar ise (M-106 ve M-114 hariç, $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,85-0,99$) diğer örnekler 1,03 ile 1,40 arasında değişen hafif pozitif Eu anomali sunmaktadırlar. Mafik kümülat kayaçlardaki Eu anomalisi plajiyoklas birikimine bağlı olmalıdır. Arazide verlit kayaçları içerisindeki plajiyoklas konsantrasyonunun artmasıyla kümülat gabrolara geçildiği kesimlerden verlit ve gabro örnekleri derlenmiştir. Verlit-gabro geçişinin gözlemlendiği iki farklı alanda sırasıyla ilk alandan M-048 numaralı verlit ve M-049 numaralı gabro örneği, ikinci alandan ise M-052 numaralı verlit ve M-051 numaralı gabro örneği derlenmiştir. Bu şekilde iki farklı lokasyondan derlenen verlit (M-048) ve gabro (M-049) ile verlit (M-052) ve gabro (M-051) örneklerin kondirite normalize diyagramında gabroik kayaçların verlitlere göre

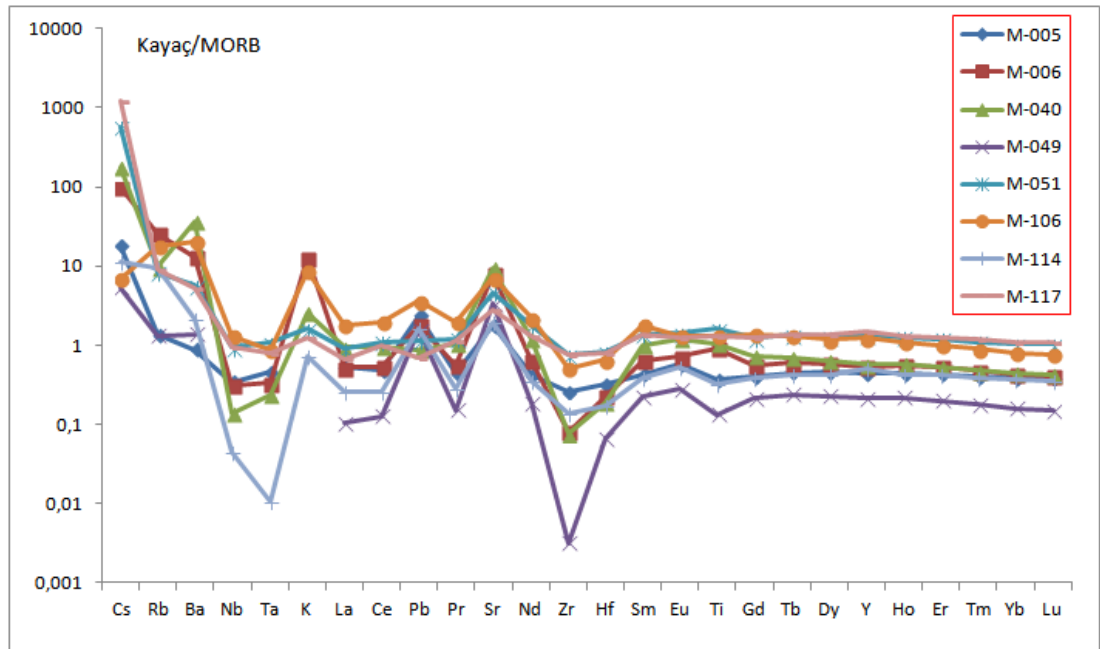
nadir toprak elementi içerikleri açısından daha çok zenginleştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.15. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin MgO içeriğindeki değişime karşı iz element içeriklerinin karşılaştırılması



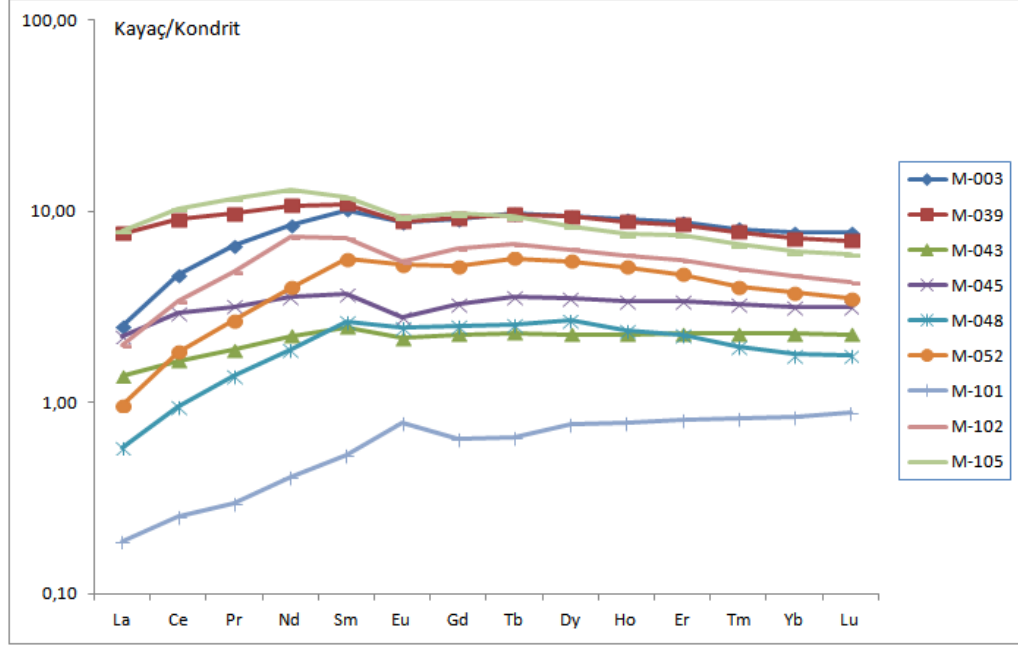
Şekil 4.16. Kondrite göre normalize edilmiş mafik kümülat kayaların diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göre)



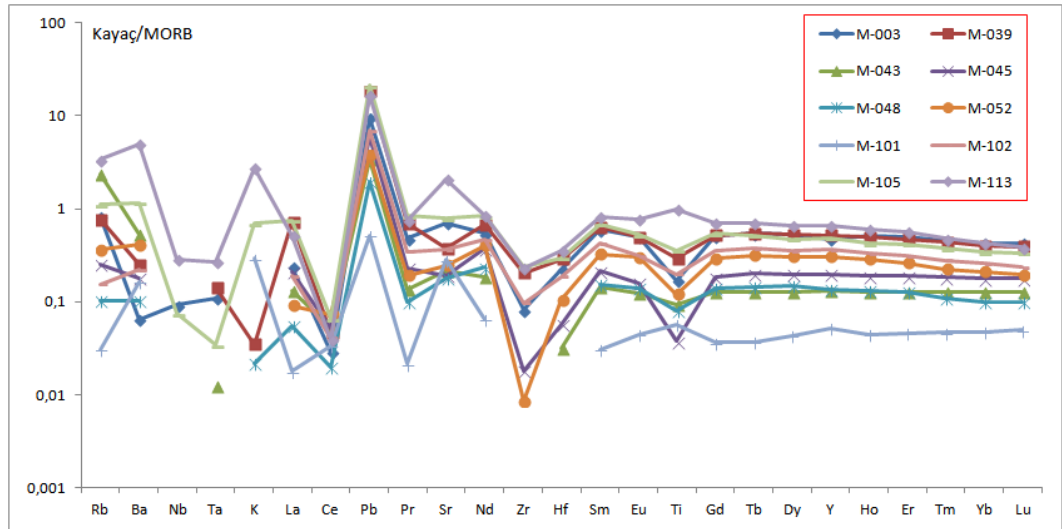
Şekil 4.17. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait mafik kayaların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramları (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göre)

Kümülat ultramafik ve mafik kayaların MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramlarında göreceli olarak Cs, Rb, Ba, K, Pb, Sr gibi LIL elementlerde zenginleşme gözlenirken, Nb, Ta, Zr, Hf elementlerinde de tüketilme gözlemlenmektedir (Şekil 4.18, 4.19). Ultramafik kümülat kayalarının göreceli olarak mafik kümülat kayalarına göre (M-049 hariç) Ti içerikleri açısından tüketilme göstermektedir.

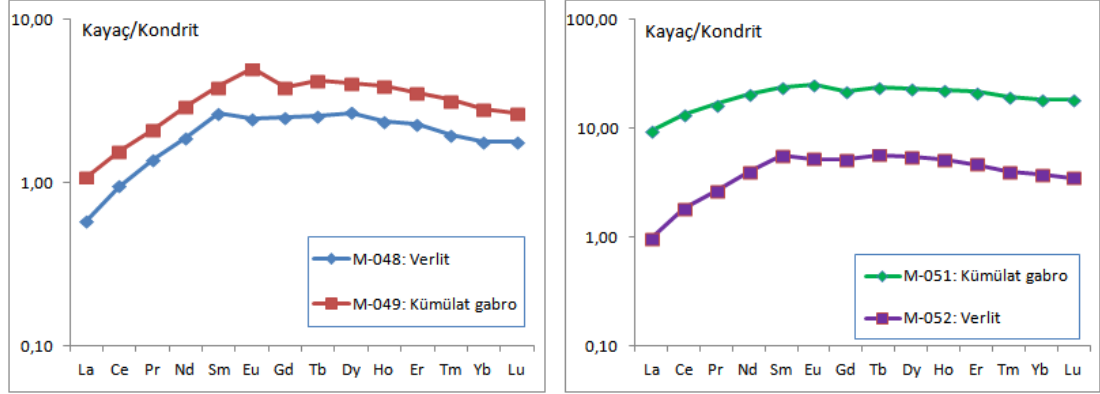
Sonuç olarak ultramafik ve mafik kayaların hem kondrite göre normalize edilmiş diyagramlarında hem de MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramlarında MORB benzeri kimyasal karakter göstermektedirler.



Şekil 4.18. Kondrite göre normalize edilmiş ultramafik kümülat kayaların diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)



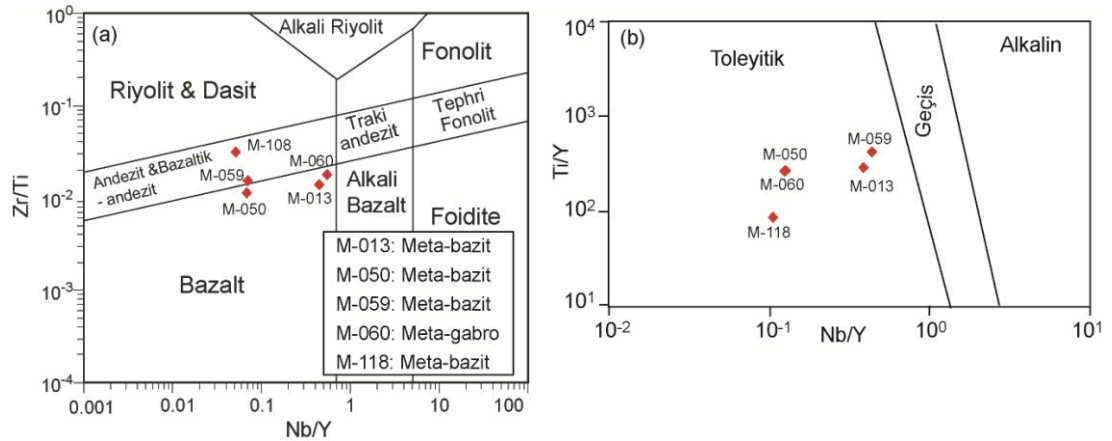
Şekil 4.19. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ultramafik kayaların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramları (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)



Şekil 4.20. Kondirite normalize edilmiş ultramafik kümülat (M-048, M-052) ve mafik kümülat (M-049, M-051) kayaların diyagramı (normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)

4.3.2. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfittleri

Sapanca Kompleksi'nden derlenen meta-gabro (M-060) ve meta-gabro kütlesini kesen meta-bazalt (M-013) ile Kocadağ Metamorfittleri'ne ait meta-volkanik kayalardan (M-050, M-059, M-118) ana, iz nadir toprak elementi analizleri yapılmış olup sonuçlar Tablo 4.4'te verilmiştir. Bazaltik kayaların SiO_2 içerikleri % 47,83 ile 51,95 arasında değişirken gabro örneğinin SiO_2 içeriği % 48,86'dır. M-013 numaralı örneğin içerisindeki plajiyoklas minerallerin büyük bir bölümünün kil minerallerine dönüşmüş olması nedeniyle AKD oldukça yüksek olup % 8,80'dir. Diğer örneklerde de AKD nispeten yüksek olup % 2,42 ile 4,18 arasında değişmektedir.



Şekil 4.21. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfittleri'nden derlenen volkanik kayaların (a) Zr/Ti oranları ile Nb/Y oranlarının karşılaştırılması (Pearce, 1996'a göredir), (b) Ti/Y oranlarını ile Nb/Y oranlarının karşılaştırılması (Pearce, 1982'e göredir)

Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfittleri'nden derlenen örnekler Ti/Y-Nb/Y diyagramlarında değerlendirildiğinde tüm örneklerin toleyitik karakterde oldukları

görülmektedir. Zr/Ti-Nb/Y diyagramında ise M-059 ve M-108 numaralı örnekler andezit ve bazaltik andezitik alanına düşerken, diğer örnekler bazaltik alanlara düşmektedir (Şekil 4.21a,b).

Tablo 4.4. Sapanca Kompleksi'ne ve Kocadağ Metamorfitleri'ne ait beş örneğin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri

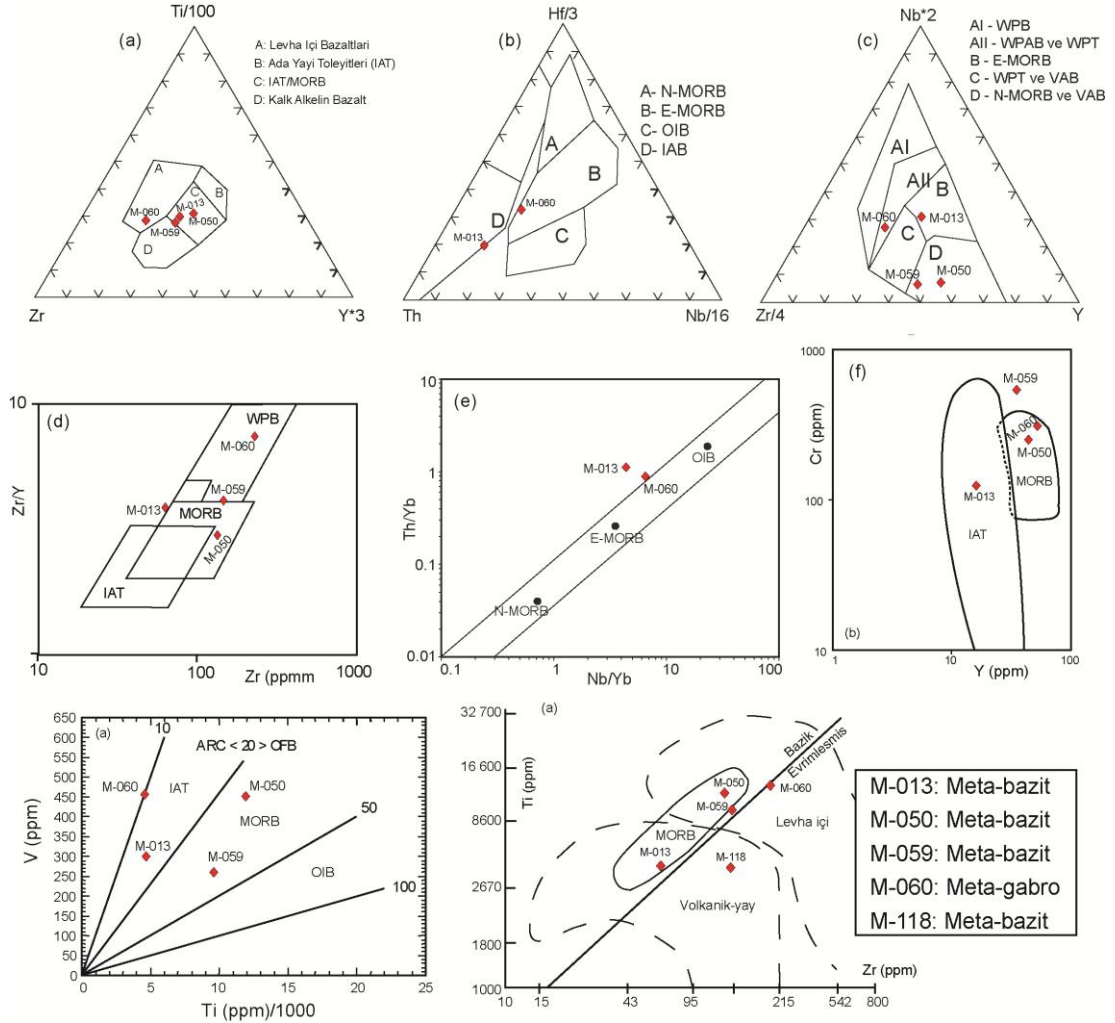
Örnek no	M 13	M 50	M 59	M 118	M 60
%					
SiO ₂	47,83	50,69	48,68	51,95	48,86
TiO ₂	0,79	1,99	1,61	2,19	0,77
Al ₂ O ₃	14,57	11,25	16,01	11,69	14,88
FeO	7,10	12,48	11,33	13,28	10,35
MnO	0,21	0,23	0,21	0,24	0,21
MgO	5,75	7,90	6,61	8,60	10,45
CaO	11,96	10,90	9,36	8,20	7,39
Na ₂ O	3,52	2,04	2,18	2,49	2,19
K ₂ O	2,94	0,38	0,38	0,00	1,60
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,02	0,04	0,08	0,05	0,04
AKD	8,80	2,42	3,27	2,56	4,18
Toplam	103,48	100,32	99,71	101,26	100,92
ppm					
Co	41,91	47,11	68,58	45,96	21,95
Ni	49,42	83,86	252,67	77,69	83,42
Rb	41,16	7,91	14,57	0,74	130,51
Sr	145,21	216,20	536,91	191,15	41,41
Y	16,07	44,23	35,11	52,51	30,57
Zr	62,57	133,39	145,80	143,36	229,70
Nb	7,04	2,92	2,38	2,63	16,35
Cs	1,18	0,23	0,49	0,08	3,27
Ba	237,11	12,40	40,55	13,34	405,28
Hf	1,72	3,29	2,81	3,21	4,78
Ta	0,39	0,19	0,14	0,16	0,90
Pb	1,64	0,80	1,14	0,95	0,04
Th	1,83	<0.0025	<0.0025	<0.0025	2,28
U	1,27	0,06	0,13	0,07	10,27
V	301,67	452,82	261,74	457,65	201,77
La	12,92	4,62	7,12	6,86	34,04
Ce	25,44	14,15	15,69	15,03	68,51
Pr	3,12	2,35	2,79	2,87	7,70
Nd	13,24	12,87	14,17	15,20	28,51
Sm	3,05	4,32	4,11	4,87	5,52
Eu	1,02	1,51	1,61	1,63	1,28
Gd	3,07	5,26	4,72	6,07	5,31
Tb	0,49	1,05	0,84	1,17	0,79
Dy	2,92	7,02	5,21	7,57	4,45
Ho	0,59	1,49	1,07	1,64	0,92
Er	1,66	4,31	3,03	4,78	2,68
Tm	0,25	0,63	0,41	0,68	0,39
Yb	1,62	3,98	2,62	4,22	2,52
Lu	0,25	0,60	0,39	0,64	0,38
Eu/Eu*	1,02199	0,968785	1,115326	0,917054	0,720907
(La/Yb) _N	5,736544	0,832098	1,948925	1,164839	9,687174
Mg#	61,62	55,64	53,62	56,20	66,67

M-013 numaralı bazalt ve M-060 numaralı gabro örneği çeşitli tektono-magmatik diyagramlarda çoğunlukla IAT, MORB ve E-MORB karakterinde oldukları görülmektedir. Örneğin, Pearce, (1982)'nin Cr'a karşı Y diyagramında M-013 IAT alanında gözlenirken M-060 MORB alanında yer almaktadır (Şekil 4.22f). V-Ti diyagramında ise her iki örneğinde IAT bölgesine düşmektedir. Örnekler, Wood ve diğ., (1979)'nin Hf/3-Nb/16-Th diyagramında incelendiğinde ise M-060 E-MORB alanında yer alırken M-013 IAT alanında yer almaktadır (Şekil 4.22b). Aynı kayaçlar Ti/100-Y*3-Zr, Nb*2-Y-Zr/4, Zr/Y-Zr ve Ti-Zr diyagramlarında incelendiğinde benzer olarak IAT, MORB ve E-MORB ve WPB özellikleri sunmaktadırlar (Şekil 4.22). Th/Yb-Nb/Yb diyagramında her iki örneğin E-MORB ve OIB kaynağı arasındaki alandan bir miktar sapma gösterdikleri görülmektedir. Bu durum MORB'a normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramlarından da anlaşılacağı üzere göreceli olarak Th elementinin Nb-Ta elementlerine göre zenginleşme göstermesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.24). Ayrıca LIL elementlerindeki (Rb, Ba, K, Pb) zenginleşmesi ve HFS elementlerindeki (Zr, Hf Ti) tüketilme bu kayaçların zenginleşmiş bir kaynaktan (yitim zonu üstü) türemiş olduklarını göstermektedir. Kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramında N-MORB'a göre hafif nadir toprak elementlerinde zenginleşme, ağır nadir toprak elementlerine göre de tüketilme gözlemlenmekte olup, bu kayaçların zenginleşmiş bir kaynaktan türemiş olduklarını desteklemektedir (Şekil 4.23).

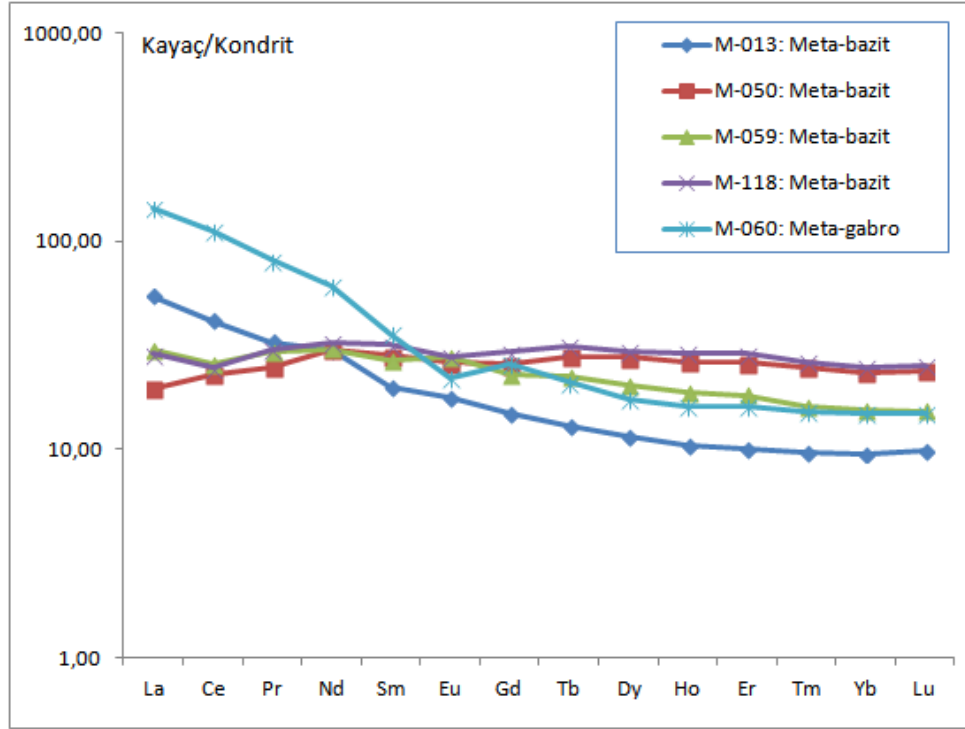
M-108 numaralı örnek Ti'a karşı Zr (Pearce ve Cann, 1973) diyagramında evrimleşmiş alanda yer aldığı için bazaltik magmaların tektono-magmatik ayırımında kullanılan diyagramlarda kullanılmayacaktır (Şekil 4.22i). M-050 ve M-059 numaralı örneklerin Th konsantrasyonları ölçülebilirlik sınırlarının altında kalmıştır. Dolayısıyla bu örnekleri Th/Yb-Nb/Yb ve Hf/3-Nb/16-Th ayırım diyagramlarında kullanmak mümkün olmamıştır. Örnekler bu diyagramlar dışındaki tektono-magmatik ayırım diyagramlarında değerlendirildiğinde IAT ve MORB alanlarına düşmektedirler. Örneğin Meschede (1986)'in Ti/100-Y*3-Zr diyagramında IAT ve MORB ortak alanında gözlemlenmektedir (Şekil 4.22a). Pearce ve Cann, (1973) tarafından önerilen Nb*2-Y-Zr/4 diyagramında da N-MORB ve volkanik yay bazaltları (VAB) alanında yer almaktadırlar. Diğer tektono-magmatik diyagramlarda (ör. Zr/Y-Zr, Cr-Y, V-Ti ve Ti-Zr) değerlendirildiğinde benzer olarak MORB ve IAT benzeri özellik sunmaktadırlar (Şekil 4.22).

Kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramında M-050 ve M-118 numaralı örnekler hafif nadir toprak elementlerinde (ör. La, Ce) hafif tüketilme

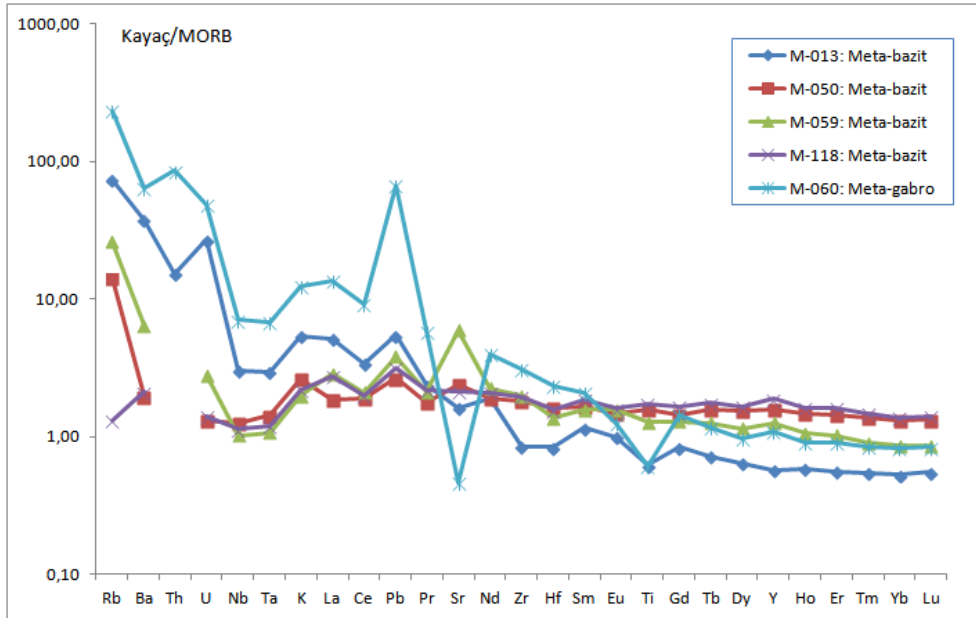
dışında yaklaşık düz bir grafiğe sahiptirler (Şekil 4.23). M-059 numaralı örnekte ise hafif nadir toprak elementlerinde zenginleşme gözlemlenmekte olup La_N/Yb_N oranı 1,95'tir. MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında Rb (M-118 hariç), Ba, Pb gibi LIL elementlerinde zenginleşme gözlemlenirken Nb, Ta ve Hf gibi HFS elementlerinde tüketilme gözlemlenmektedir (Şekil 4.24). Bu durum, bu kayaların oluşumunda yitim bileşeninden etkilendiklerini göstermektedir.



Şekil 4.22. Sapanca Kompleksi'ne ve Kocadağ Metamorfitle'ne ait litolojilerin çeşitli tektono-magmatik ayırım diyagramları; (a) Ti/100-Y*3-Zr diyagramı (Pearce ve Cann 1973'e göre); (b) Hf/3-Nb/16-Th diyagramı (Wood ve diğ., 1979'a göre); (c) Nb*2-Y-Zr/4 (Meschede, 1986'a göre); (d) Zr – Zr/ Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979'e göre); (e) Th/Yb-Nb/Yb (Pearce 1982'e göre); (f) Y – Cr diyagramı (Pearce, 1982'e göre); (g) V-Ti diyagramı (Shervais, 1982'e göre); (h) Ti-Zr diyagramı (Pearce ve Cann, 1973'e göre). Kısaltmalar: N-MORB, normal okyanus ortası sırtı bazaltları; E-MORB, zenginleşmiş MORB; OIB, okyanus adası bazaltı; IAB, Ada yayı bazaltı; VAB, volkanik yay bazaltları; WPB, plaka içi bazaltları; WPT, plaka içi toleyitleri; WPAB, plaka içi alkali bazaltları



Şekil 4.23. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfittleri'nden derlenen volkanik kayaların kondirite normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramı (normalize edilmiş değerler ve ortalama N-MORB, E-MORB ve OIB değerleri Sun ve Mc Donough, 1989'a göre dir)



Şekil 4.24. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfittleri'nden derlenen volkanik kayaların MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramı (Normalize değerleri Sun ve McDonough, (1989)'a göre dir)

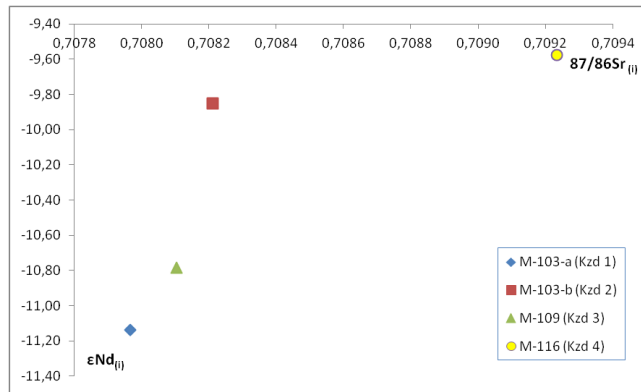
5. KARBONATÇA ZENGİN DAYKLARIN İZOTOP JEOKİMYASI

Karbonatça zengin daykları oluşturan magmatik ergiyin kaynak alanının belirlenebilmesi amacı ile 4 adet örnek (M-103-a: KZD(1), M-103-b: KZD(2), M-109: KZD(3), M-116: KZD(4)) seçilerek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları ölçülmüştür. Seçilen örneklerle ait Sr-Nd izotop içerikleri tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Karbonatça zengin dayklara ait Sr-Nd izotop içerikleri. $\epsilon\text{Nd}(i)$ değerleri (145 My önce) CHUR’un bugünkü değerleri $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512638$ ve $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1967$ kullanılarak hesaplanmıştır (Jacobsen ve Wasserburg 1980). Nd model yaşları (TDM) tüketilmiş mantoya göre, tüketilmiş mantonun bugünkü değerleri $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd} = 0,513151$ ve $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,219$ (Liew ve Hofmann 1988) kabul edilerek hesaplanmıştır

Örnek	Sr (ppm)	Rb (ppm)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$	$\epsilon\text{Nd}(i)$	$T_{DM}(\text{Ga})$
M-103-a (Kzd 1)	3825	27,14	2,24	16,77	0,0205	0,708009	0,70797	0,081098	0,512067	0,511990	-11,14	1,67
M-103-b (Kzd 2)	239,6	5,61	0,45	4,1	0,0678	0,708351	0,70821	0,066639	0,512133	0,512070	-9,85	1,54
M-109 (Kzd 3)	341,2	3,32	0,48	2,97	0,0282	0,708162	0,70810	0,098125	0,512085	0,511992	-10,79	1,66
M-116 (Kzd 4)	110	26	3,13	16,55	0,6841	0,710645	0,70924	0,114828	0,512147	0,512038	-9,58	1,59

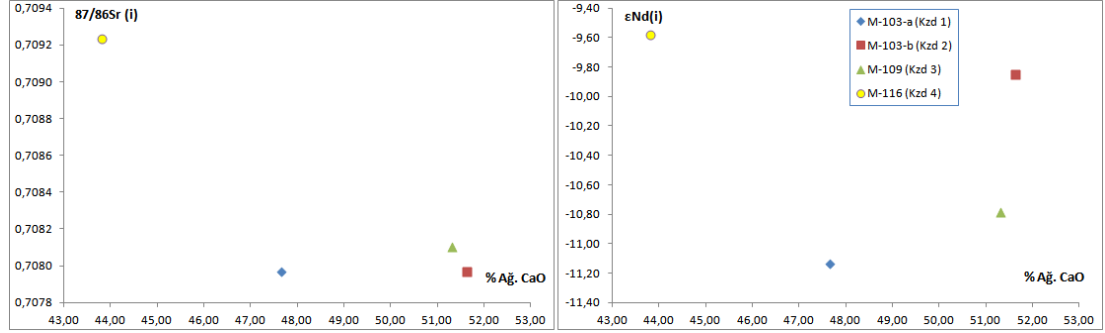
Karbonatça zengin daykların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerleri 0,70797 ile 0,70924 arasında değişirken, ilksel ϵNd değerleri ise -9,58 ile -11,1 arasında değişmektedir. M-103-a, M-103-b, M-109 numaralı örnekler birbirine yakın Sr-Nd izotop oranlarına sahip iken M-116 numaralı örnek diğer örneklerden farklılık sunmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Karbonatça zengin dayklara ait $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ ve ilksel ϵNd oranlarının karşılaştırılması

Benzer şekilde, Sr-Nd izotop oranlarının kayaçların içermiş oldukları CaO içerikleri ile karşılaştırıldığında M-116 numaralı örneğin diğer örneklerden farklılık sunduğu görülebilmektedir (Şekil 5.2). Bu durum örneğin derlendiği KZD(4)’ün içermiş olduğu

bol miktardaki amfibolit ksenolitlerine bağı olarak gelişen kirlenme veya kıtasal kabuğun farklı seviyelerindeki kirlenmeler şeklinde açıklanabilir. Karbonatça zengin daykların yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranları ve negatif değerdeki $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ oranları bu kayaçların kıtasal kabuktan türediklerini göstermektedir.



Şekil 5.2. Karbonatça zengin daykların CaO içerikleri ile (a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ ve (b) ilksel ϵNd oranlarının karşılaştırılması

6. JEOKRONOLOJİ

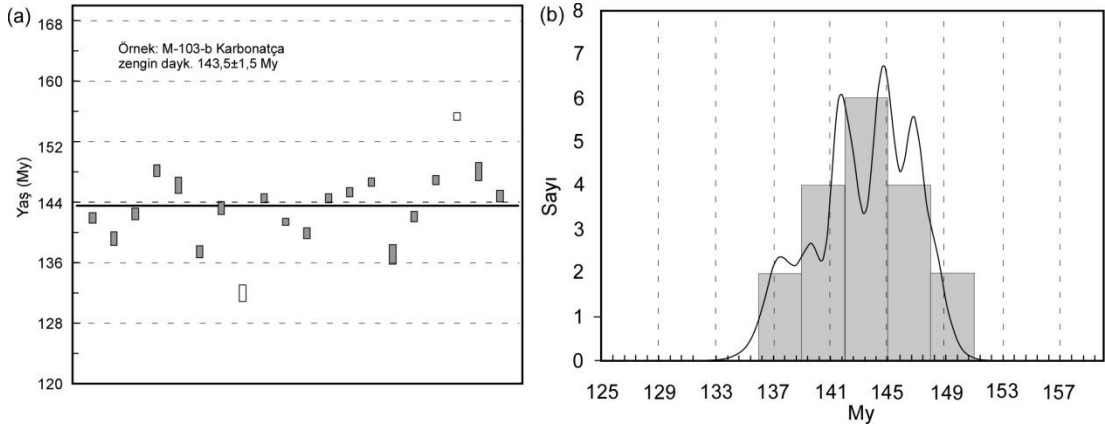
Armutlu Yarımadasında yüzeyleyen Üst Kretase öncesi magmatik ve metamorfik kayaçlar üzerinde yapılan radyometrik yaş tayini verileri kısıtlıdır. Bölgedeki ilk radyometrik yaş tayini çalışması Okay ve diğ., (2008) tarafından yapılarak, meta-granitlerden elde edilen zirkon mineralleri üzerinde LA-MC-ICP-MS ve TIMS Pb-Pb yaş tayini yöntemleriyle meta-granitlerin oluşum yaşları Prekambriyen ve Ordovisyen olarak belirlenmiştir. Çelik ve diğ., (2009)'da ise amfibolitik kayaçlardan elde ettikleri amfibol mineralleri üzerinde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yöntemiyle amfibolitik kayaçların metamorfizma yaşlarını belirleyerek Triyas ve Jura metamorfizma yaşları elde etmişlerdir. Akbayram ve diğ., (2012)'de ise metamorfik kayaçlarda derlenen mika ve granat minerallerinden TIMS Rb-Sr ve Sm-Nd yöntemleriyle metamorfik kayaçlarda Jura-Alt Kretase yaşlı metamorfizma yaşlarını belirlemişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada meta-granitlerden elde edilen zirkon ve meta-kumtaşlarından elde edilen kırıntı zirkon mineralleri üzerinde TIMS U-Pb ve TIMS Pb-Pb yaş tayini yöntemleriyle meta-granitlerden Prekambriyen ve Ordovisyen oluşum yaşları ve meta-kırıntılı kayaçların çökelim yaşının minimum alt sınırını Alt Triyas olarak tespit etmişlerdir.

Bu tez çalışması ile bölgenin jeolojik evrimin aydınlatılmasına katkıda bulunması amacıyla magmatik ve metamorfik kayaçlardan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yöntemiyle yeni yaş verileri elde edilmiştir. Elde edilen yaş verileri sırasıyla aşağıda anlatılacaktır.

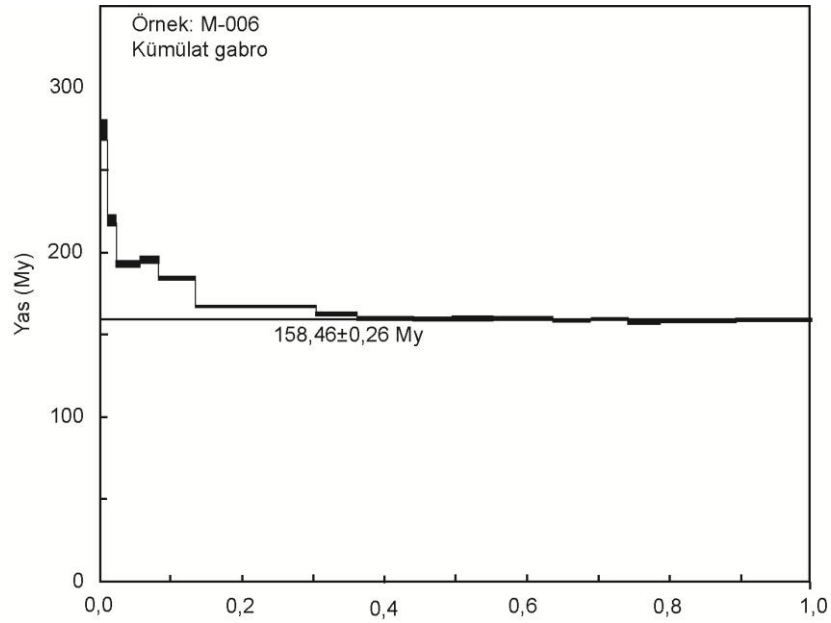
Tez çalışması esnasında çalışma alanındaki varlığı ilk kez ortaya konulan karbonatça zengin magmatik kayaçların oluşum yaşı tespit edilmiştir. Bu kayaçların oluşum yaşını tespit edebilmek için KZD(2)'nin mika minerallerinden $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ tarihlendirmesi yapılmıştır. Mika mineralleri üzerinde yapılan mineral kimyası analizleri ile muskovit ve flogopit türünde oldukları belirlenmiştir. Flogopit minerallerinin modal bolluk oranının % 1 civarındadır. Detayları Tablo C.1'de verilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini analiz sonuçlarına göre muskovit minerallerinden $143,5 \pm 1,5$ My soğuma yaşı elde edilmiştir.

Çalışma alanında yüzeyleyen Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ultramafik ve mafik kayaçlar ofiyolitik istifin kümülat kesimini temsil etmektedir. Bu ultramafik ve

mafik ofiyolitik kütle, düşük dereceli metamorfik melanj (yitim-yığışım karmaşası) olan Sapanca Kompleksi içerisinde tektonik dilim halinde yer almaktadır. Bu kayaçların $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yöntemiyle okyanus içi oluşum yaşının tespiti için M-006 numaralı kümülat gabro kayacından amfibol mineralleri derlenmiştir. Kayaç kaba taneli amfibol, plajiyoklas ve ilmenit minerallerinden oluşmaktadır. Detayları Tablo C.2’de verilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini analiz sonuçlarına göre amfibol minerallerinden $158,46 \pm 0,26$ My plato yaşı elde edilmiştir.



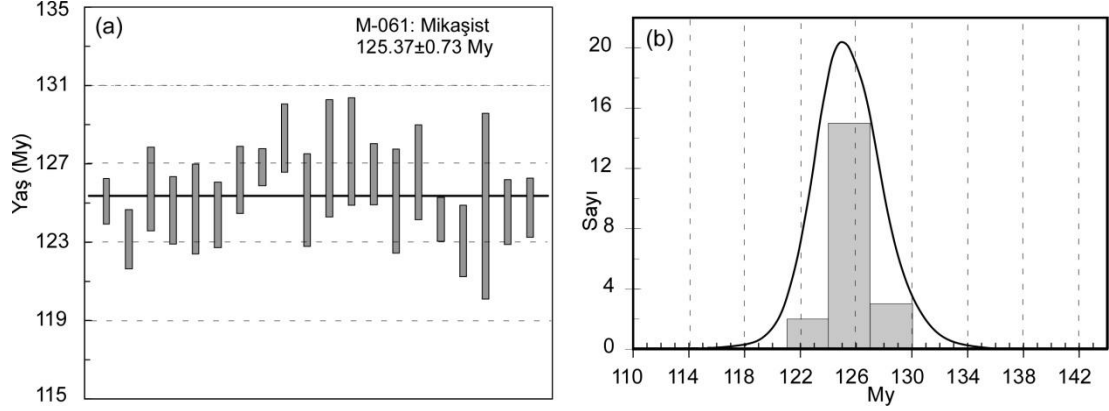
Şekil 6.1. (a), (b) M-103 numaralı karbonatça zengin dayk örneğine ait mika minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu (İçeride boş dikdörtgenler tarihlendirmede kullanılmamıştır)



Şekil 6.2. M-006 numaralı gabro örneğine ait amfibol minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu

Bir diğer yaş tayini Sapanca Kompleksi içerisinde tektonik olarak yer alan yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış Kocadağ Metamorfitleri'nin

metamorfizma yaşının belirlenmesi için yapılmıştır. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yöntemi için meta-bazit kayalarla ara katkı olarak gözlemlenen mikaşistlerden muskovit mineralleri derlenmiştir. M-061 numaralı mikaşist çok iyi yapraklanmaya sahip olup, kalsit-klorit-epidot-granat-muskovit-kuvars ve opak minerallerden oluşmaktadır. Detayları Tablo C.3’de verilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini analiz sonuçlarına göre muskovit minerallerinden $125,37 \pm 0,73$ My’lik soğuma yaşı elde edilmiştir.



Şekil 6.3. (a), (b) M-061 numaralı mikaşist örneğine ait muskovit minerallerinden yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini sonucu

7. KARBONATÇA ZENGİN DAYKLARIN KÖKENİ

Türkiye’de karbonatitlere nadir rastlanılmasına rağmen global olarak bakıldığında, karbonatitler tüm kıtasal alanlarda ve ayrıca iki okyanusal alanda da (Kanarya Adaları ve Cape Verde Adası) yaygınca gözlemlenmektedir (Bell ve diğ., 1999; Bell ve Tilton, 2002; Hoernle ve diğ., 2002). Birçok petrolojist karbonatitlerin çok düşük basınç koşulları altında ilksel silikat magmasından (genellikle alkali karakterde) sıvı karışamamazlığı (ör. Le Bas, 1987; Kjarsgaard ve Hamilton, 1989; Simonetti ve Bell, 1994) veya fraksiyonel kristallenme (ör. Gittins, 1989) ile ikincil olarak oluştuğunu düşünmektedir. Bu düşüncenin aksine karbonatitlerin, mantoda ilksel karbonatitik magmadan türediği de düşünülmektedir (ör. Bailey, 1989; Harmer ve diğ., 1998; Harmer ve Gittins, 1998). Ortak kabul gören görüş ise karbonatitlerin manto kökenli olduklarıdır (ör. Nelson ve diğ., 1988; Bell ve Blenkinsop, 1989; Bell ve Tilton, 2002).

Çalışma sahasında ilk defa bu tez çalışması sırasında varlığı ortaya konulan karbonatça zengin dayklar için “karbonatit” terimi yerine kayaçların litolojik özellikleri göz önüne alınarak “karbonatça zengin dayk” teriminin kullanımı tercih edilmiştir. Çünkü kökensel ve jeokimyasal özellikleri açısından literatürde tanımlanan karbonatitik kayaçlardan farklılıklara sahiptir. Benzer şekilde kökensel ilişkileri tartışmalı olan karbonatitik kayaçlar için farklı terimler kullanılmıştır. Örneğin, Sklyarov ve diğ., (2009) tarafından “pseudo-carbonatites” (psödo-karbonatit), Liu ve diğ., (2006) tarafından da “carbonatite-like” (karbonatit benzeri) terimleri kullanılmıştır.

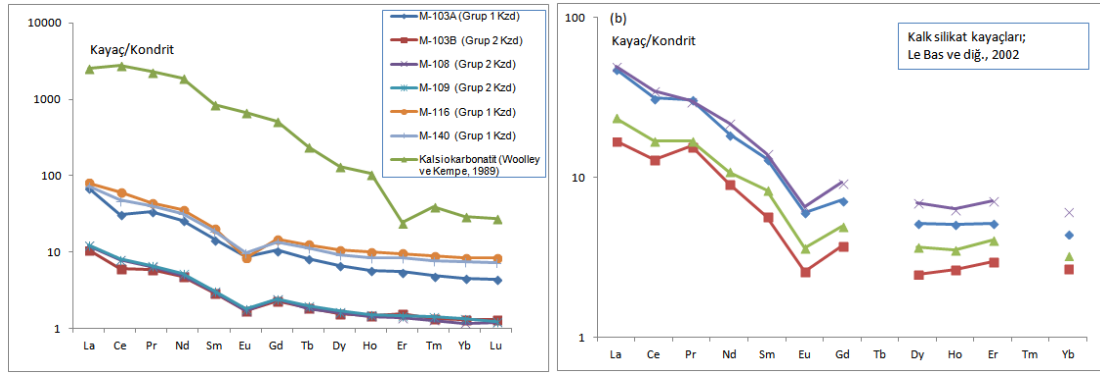
Karbonatça zengin daykların kökenleri için iki ihtimal göz önüne alınabilir. Bunlardan ilki bu kayaçların sedimanter kökenli karbonatlı kayaçların metamorfizması sonucu oluşan kalk silikat kayaçları olduklarıdır. İkincisi ise uçucularca (CO_2) zengin magmanın ürünleridir. Bu iki ihtimal aşağıda arazi gözlemleri, jeokimyasal analizler ve radyometrik yaş tayini sonuçlarına göre karbonatça zengin kayaçların kökenleri üzerine tartışılacaktır.

Arazi çalışmalarında, karbonatça zengin daykların magmatik kökenli olduğuna dair veriler elde edilmiştir. Karbonatça zengin dayklar, Geyve Boğazı Metamorfitleri ile

Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki tektonik sınır boyuca gözlemlenmekte olup Geyve Boğazı Metamorfikleri'ne ait amfibolitler içerisine sokulum yapmışlardır. KZD(1), KZD(3) ve KZD(4) içerisinde yaygın olarak kuvars, amfibolit ve ultramafik kayaç ksenolitleri gözlemlenmektedir. Bu ksenolitler karbonatça zengin daykların içerisinde çeşitli boyutlarda ve genellikle köşeli-yarı köşeli şekillerde gözlemlenmektedir. Ksenolitler kenar kısımları boyunca magmatik bir ergiyiğik tarafından kemirildiğini/özümsemiğini gösteren düzensiz sınırlara sahiptirler. Ayrıca ksenolitlerin içerisinde, kenar kısımlarından iç kısımlara doğru azalan kalsit minerali oluşumları mevcuttur. Bu veriler ksenolitlerin, karbonatça zengin magmatik ergiyiğin sokulumu sırasında yan kayaçtan kopardığı kayaç parçaları olduğunu göstermektedir. Tespit edilen bu ksenolitler, Geyve Boğazı Metamorfikleri ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki bindirme zonu boyunca, her iki kayaç topluluğunu da keserek yerleşen karbonatça zengin ergiyiğiklerin içerisine almış olduğu Geyve Boğazı Metamorfikleri ve Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait kayaç parçalarıdır.

Yapılan petrografik gözlemlerde de KZD(1)'de gözlemlenen hafif yönlendirmeler dışında diğer karbonatça zengin dayklarda metamorfik dokuya rastlanılmamıştır. KZD(1)'de gözlemlenen bu düşük dereceli başkalaşım izleri Kocadağ Metamorfikleri'nde yeşilşist fasiyesi koşullarındaki Alt Kretase ($125,37 \pm 0,73$ My) yaşlı başkalaşım ile ilişkili olarak oluşmuş olabilir. KZD(2), KZD(3) ve KZD(4)'de karbonatça zengin daykları oluşturan minerallerin magmatik olarak oluştuğuna dair veriler edilmiştir. Minerolojik açıdan incelendiğinde literatürde tanımlanan karbonatitik kayaçlar ile benzerlik sunmasının yanında mantodan türeyen karbonatitlerde gözlemlenen piroklor, alkali mineraller (ör. Ejirin-ojit ve ribekit), apatit ve nadir toprak elementi içeren mineraller (ör. Allanit, monazit ve bastnasit) karbonatça zengin daykların içerisinde bulunmaz. Kalk silikat kayaçları ile karşılaştırıldığında ise özellikle skapolit minerali içermesi nedeniyle benzerlik sunmaktadır. Aynı zamanda kalk silikat kayaçların minerolojik açıdan manto kökenli karbonatitlerden en önemli farkı skapolit minerali içermeleridir. Skapolit minerali, saf olmayan mermerlerde ve kalk silikat kayaçlarında bölgesel metamorfizma koşullarında oluşabilmektedir (ör. Kusachi ve diğ., 1999; Searle ve Cox, 2002). Ancak karbonatça zengin dayklar içerisinde gözlemlenen skapolit minerali yalnızca karbonatça zengin dayklar içerisindeki amfibolit ksenolitlerinin kenar kısımlarında gözlemlenmiştir. Skapolit minerallerinin yalnızca amfibolit ksenolitlerinin kenar kısımlarında gözlemlenmesi, karbonatça zengin magmatik ergiyiğin amfibolit

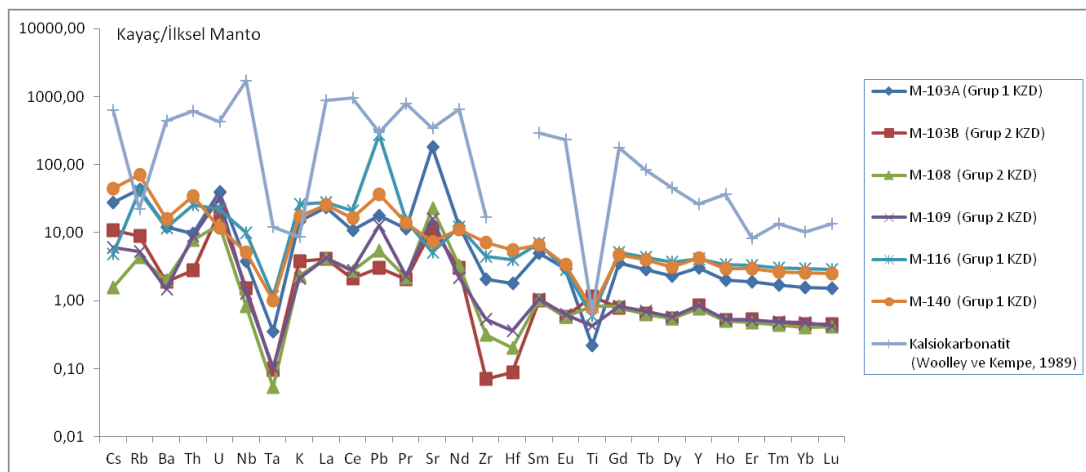
kxenolitleri üzerindeki metasomatizma etkisi olduğunu göstermektedir. Amfibolit ve meta-gabrolarda CO_2 , SO_3 veya Cl^- uçucularca zengin akışkanların etkisiyle skapolit mineralinin oluşabilmektedir (ör. Kassoli-Founaraki, 1991; Kullerud ve Erambert, 1999; Pandit ve diğ., 2003). Sonuç olarak karbonatça zengin dayklarda gözlenen skapolit minerali bölgesel metamorfizma koşullarından ziyade karbonatça zengin ergiyüklerin etkisi ile oluşmuş olmalıdır. Ayrıca karbonatça zengin bu kayalar eğer metamorfizma sonucu oluşmuş kalk silikat kayaları ise kalsit $\pm$ diyopsit $\pm$ grassuler şeklindeki mineral parajenezi minimum üst amfibolit fasiyesi veya granülit fasiyesi koşullarında oluşmuş olmalıdır. Ancak karbonatça zengin dayklara eşlik eden yan kayalarda böyle bir metamorfizma izine rastlanılmamıştır. Öte yandan karbonatça zengin kayalardaki plajiyoklasların düşük anortit içerikleri ($\text{An}_{1,28-59,58}$) üst amfibolit veya granülit fasiyesindeki metamorfizma koşulları için oldukça düşük bir değerdedir. Minerolojik ve dokusal özellikler karbonatça zengin daykların magmatik kökenli olduklarına işaret etmektedir.



Şekil 7.1. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi diyagramları; (a) Çalışma alanındaki karbonatça zengin daykların Woolley ve Kempe, (1989) tarafından önerilen ortalama kalsiokarbonatit bileşimi ile karşılaştırılması, (b) Le bas ve diğ., (2002) tarafından yapılan çalışmadaki kalk silikat kayaları. (Normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989'a göredir)

Çalışma alanında yüzeyleyen karbonatça zengin daykların özellikle iz ve nadir toprak element içerikleri açısından (ör. düşük Ba, Th ve NTE içerikleri) dünya genelinde tanımlanan manto kökenli karbonatitik kayalardan oldukça farklı olup daha çok sedimanter kökenli karbonat kayaları ile benzerlik sunmaktadırlar. Karbonatitler, magmatik kayalar içerisinde genellikle en yüksek NTE içeriklerine ve HNTE/ANTE oranlarına sahiptirler (Woolley ve Kempe, 1989; Hornig-Kjarsgaard, 1998). Kondrite normalize nadir toprak elementleri grafiğinde karbonatça zengin daykların hafif nadir toprak elementlerinin ağır nadir toprak elementlerine göre zenginleşme göstermesi ile karbonatitlere benzer bir grafik deseni sunmasına

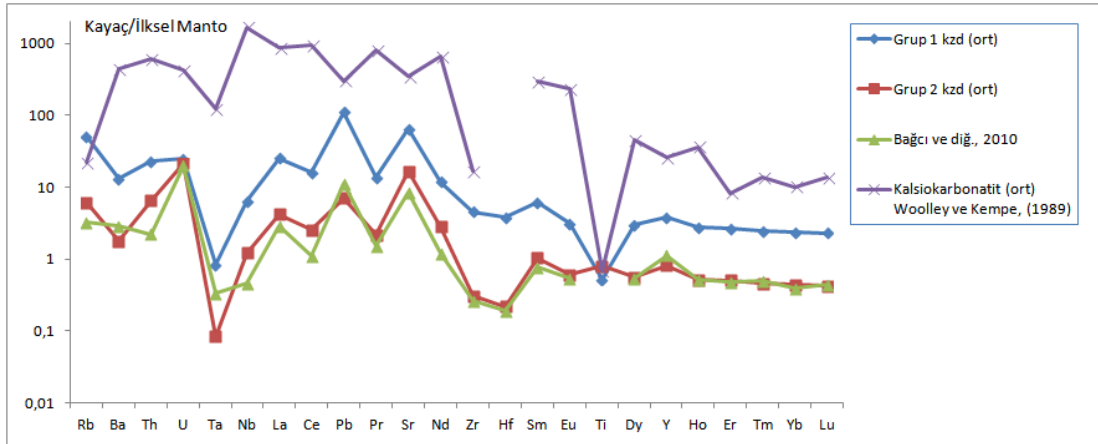
rağmen kondirite oranla zenginleşme katsayılarında önemli ölçüde farklılık sunmaktadır (Şekil 7.1a). Bu durum, karbonatça zengin daykların toplam NTE içeriklerinin (13,03 ile 91,22 ppm arasında) Woolley ve Kempe, (1989) tarafından önerilen ortalama kalsiokarbonatit bileşiminin toplam NTE içeriğinin (3731 ppm) oldukça altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Karbonatça zengin daykların, karbonatitlerden bir diğer önemli farklılığı da kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak elementi grafiğinde belirgin bir Eu anomalisi (0,49 ile 069 arasında) göstermesidir (Şekil 7.1a). (Meta)-Sedimanter kökenli karbonatlı kayaçlarda belirgin negatif Eu anomalisi karakteristik olmasına (ör. Le Bas ve diğ., 2002) (Şekil 7.1b) rağmen bu durum nadir olarak ta karbonatitlerde gözlemlenmektedir (ör. Gwalani ve diğ., 2010).



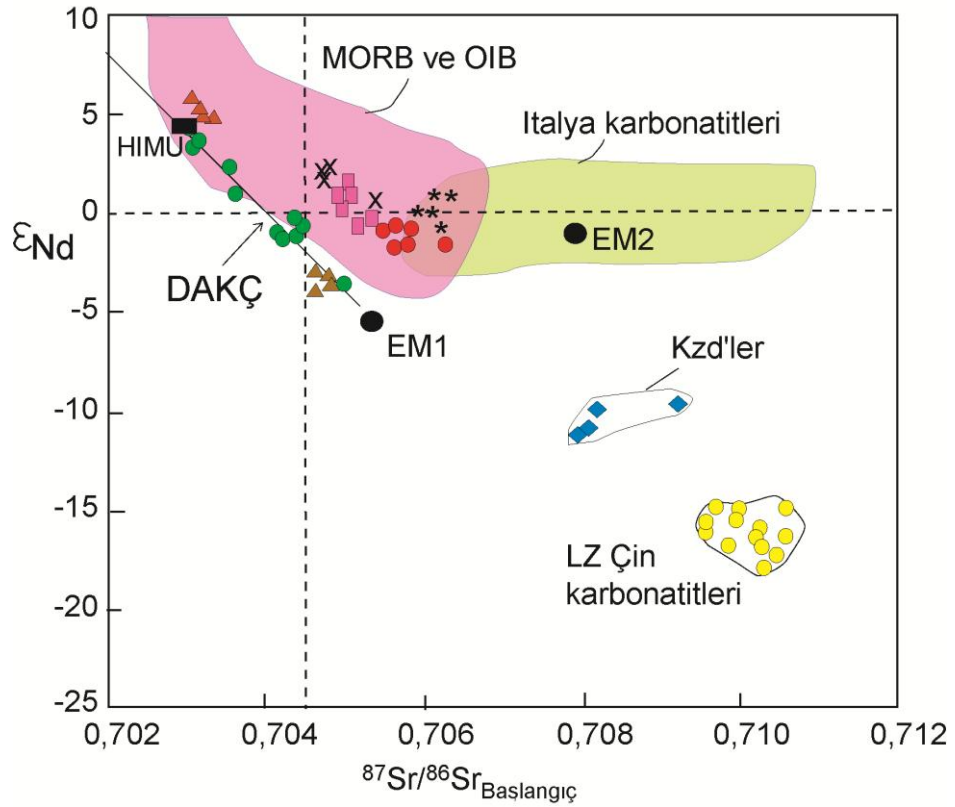
Çalışma alanındaki karbonatça zengin dayklar ve Bağcı ve diğ., (2010) tarafından Güneybatı Türkiye’de Kavaklıdere, (Muğla) yöresinde yüzeyelen mermerler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalarda sonuçlar karşılaştırıldıklarında Grup 2 KZD’lerin ortalama bileşimleri ile büyük oranda benzeştikleri görülmektedir (Şekil 7.3). Grup 1 KZD kayaçlarının ortalamsı aynı element dizilimine sahip olmasına rağmen belirgin bir şekilde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekil üzerinde karbonatça zengin daykların ve Kavaklıdere (Muğla) yöresindeki mermerlerin, ortalama kalsiokarbonatit bileşiminin (Woolley ve kempe, 1989) Ti ve Rb içeriklerindeki benzerlik dışında oldukça tüketilmiş element bileşimine sahip olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki şekil ve açıklamalara göre karbonatça zengin daykların iz ve nadir toprak içerikleri bakımından manto kökenli karbonatitlerden ziyade sedimanter kökenli karbonatlı kayaçlara benzelik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Karbonatça zengin dayklar yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(t)}$ (0,70797-0,70924) ve düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,511990-0,512070) oranları Bell ve Blenkinsop, (1989) tarafından tanımlanan Doğu Afrika Karbonatit Çizgisi (DAKÇ) trendinden farklılık sunmaktadır (Şekil 7.4). Tanımlanan genç karbonatitlerin büyük çoğunluğu (<200 My) Nd-Sr izotop diyagramında tüketilmiş çeyrek alanda yer almaktadır (Nelson ve diğ., 1988; Bell ve Blenkinsop, 1989; Harmer ve Gittins, 1998).



Şekil 7.3. İlkse mantoya göre normalize edilmiş çoklu element örümcek diyagramında, çalışma alanındaki Grup 1 KZD ve Grup 2 KZD kayaçlarının ortalama bileşimleri ile Kavaklıdere (Muğla) yöresindeki mermerlerinin ortalama bileşiminin ortalama kalsiokarbonatit bileşimi ile karşılaştırılması (Normalize edilmiş değerler Sun ve Mc Donough, 1989’a göredir)



Şekil 7.4. Çalışma alanındaki karbonatça zengin daykların (KZD'ler) küresel karbonatit verileri ile $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarına karşı $\epsilon\text{Nd}(i)$ oranları açısından karşılaştırılması. (Sembol gösterimleri; yeşil daireler, Afrika karbonatitleri, Bell ve Blenkinsop, (1987); kırmızı daireler, Amba Dongar (Hindistan), Simonetti ve diğ., (1995); sarı daireler, Laiwa-Zibu (LZ) karbonatitleri, Ying ve diğ., (2004); pembe içi dolu kareler, Jacupiranga (Brezilya), Huang ve diğ., 1995); turuncu içi dolu üçgenler, okyanusal karbonatitler, Hoernle ve diğ., (2002); kahverengi içi dolu üçgenler, Pakistan karbonatitleri, Tilton ve diğ., (1998); siyah asteriks, Vulture (İtalya), Rosatelli ve diğ., (2007); siyah çarpı, Walloway Avustralya, Nelson ve diğ., (1988). Taralı alanlar; Açık yeşil alan yitim ile alakalı İtalya karbonatitlerini göstermektedir (Stoppa ve Woolley 1997); Açık Pembe renkli alan, MORB+OIB türündeki küresel bazalt alanları göstermektedir (Hoffman 1997). DAKÇ = Doğu Afrika Karbonatit Çizgisi (Bell ve Blenkinsop, 1987)

Tablo 7.1'de dünya üzerinde tanımlanan karbonatit kompleksine ait Sr-Nd izotop oranlarının aralıkları verilmiştir. Laiwa-Zibo (Çin) (Ying ve diğ., 2004) ve Yarlung Zangbo (Çin) (Liu ve diğ., 2006) dışındaki diğer karbonatit komplekslerinin göreceli olarak düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarına sahip iken yüksek $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranlarına sahiptirler. Bu kayaçların Sr-Nd izotopları oranlarına göre karbonatitlerin DMM (Tüketilmiş MORB Mantosu), HIMU (Hi-μ manto) ve EM 1 (Zenginleşmiş Manto Kaynağı 1) uç bileşenleri arasında değişen kaynak alanlardan türedikleri belirtilmiştir

(ör. Bell ve Blenkinsop 1987, 1989; Hofmann, 1997; Bell ve Tilton, 2002). Laiwa-Zibo (Çin) yöresindeki karbonatitlerin Sr-Nd izotop oranlarına göre manto kökenli karbonatitlerden oldukça farklı trendi sunmasına rağmen (Şekil 7.4) ana, iz ve nadir toprak elementi içerikleri bakımından manto kökenli karbonatitlere benzer olması nedeniyle metasomatize manto kaynağından doğrudan kısmı ergime ile oluştuğu vurgulanmıştır (Ying ve diğ., 2004). Sr-Nd izotop oranlarına göre genel karbonatit trendinin dışına kalan karbonatit örneği ise Liu ve diğ., (2006) tarafından tanımlanan Yarlung Zangbo (Çin) yöresindeki karbonatit oluşumlarıdır. Bu karbonatitlerin çarpışma zonunda kıtasal kabuk içerisindeki karbonatlı kayaçların ergimesi ile oluştuğu vurgulanmıştır. Ancak jeokimyasal açıdan manto kökenli karbonatitlerden farklı jeokimyasal içerikleri ve Nd-Sr izotop oranları nedeniyle “Carbonatite-like” (Karbonatit benzeri) şeklinde adlandırmışlardır. Bu bölgede tanımlanan karbonatit benzeri kayaçlar çalışma alanında tanımlanan karbonatça zengin dayklara ana, iz, nadir toprak element içerikleri ve Sr-Nd açısından benzerlik göstermektedir. Çünkü çalışma alanındaki karbonatça zengin kayaçlar da, yüksek $87/86\text{Sr}_{(i)}$ oranlarına ve düşük $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ oranlarına sahip olması ile kıtasal kabuktan etkilenmiş bir kaynağın varlığına işaret etmektedir.

Tablo 7.1. Dünya üzerinde tanımlanan bazı karbonatit komplekslerinin Sr-Nd izotop oran aralıkları

Karbonatit kompleksi	$^{87}/^{86}\text{Sr}$	$^{143}/^{144}\text{Nd}$	Referans
Oldinyo Lengai, Tanzanya	0,70437-0,70445	0,51259 - 0,51263	(Bell ve Dawson, 1995)
Homa Körfezi, Kenya	0,70502	0,51244	(Bell ve Blenkinsop, 1987)
Panda Hill, Tanzanya	0,70423	0,51249	(Bell ve Blenkinsop 1987; Bell ve Dawson 1995)
Igaliko, Grönland	0,70267 - 0,70380	0,51191 - 0,51206	(Pearce ve Leng, 1996)
Laiwa-Zibo, Çin	0,7095 - 0,7106	0,51155 - 0,51174	(Ying ve diğ., 2004)
Yarlung Zangbo, Çin	0,70910-0,72391	0,511726-0,512040	(Liu ve diğ., 2006)
Eppawala, Sri Lanka	0,704906 - 0,705084	0,51193 - 0,512064	(Manthilakea ve diğ., 2008)
Ilmensky-Vishnevogorsky, Rusya	0,70356 - 0,70470	0,51190 - 0,51231	(Nedosekova ve diğ., 2009)
Cape Verde Adası	0,703098- 0,70472	0,512890 - 0,512945	(Doucance ve diğ., 2010)

Deforme karbonatitler literatürde nadir olarak tanımlanmaktadır. Çünkü karbonatitler eski kratonik alanlar gibi genellikle duraylı tektonik ortamlarda oluşmaktadır. Deforme karbonat-İçeren kayaçlar petrografik ve jeokimyasal özellikleri açısından karbonatitlere benzemektedirler. Bu nedenle literatürde bu kayaçlar, kimyasal açıdan modifiye edilmiş mermerler veya hareketli kuşaklarda deforme olmuş karbonatitler şeklinde tanımlanmaktadır (ör. Fourcade ve diğ., 1996; Lapin ve diğ., 1999; Lentz, 1999; Burke ve diğ., 2003; Liu ve diğ., 2006; Attah ve diğ., 2007; Chakhmouradian ve diğ., 2008). Deforme karbonat-İçeren kayaçlar ile deforme karbonatitler foliyasyon, kesme-kesilme ve yan kayaç ilişkileri gibi doku özellikleri benzerlik göstermektedir. Örneğin, Santos ve diğ., (2013)’de granülit fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış alanlarda, jeokimyasal açıdan sedimanter

kökenli kayaçlara benzeyen deforme karbonat-içeren kayaçları tanımlamışlardır. Yan kayaçlara ait kayaç ksenolitleri içeren deforme karbonat-içeren kayaçların yüksek metamorfizma koşulları altında sedimanter kökenli kayaçların sünek deformasyon gösterdiğini ve bunun sonucunda yan kayaçlar ile ilksel ilişkini kaybederek magmatik kayaç gibi davrandığını belirtmişlerdir. Bu düşüncenin aksine, Liu ve diğ., (2006) tarafından granülit fasiyesinde metamorfizma koşullarını yansıtan orojenik kuşak içerisinde, sedimanter kökenli karbonat kayaçlarının ergimesi ile karbonatit benzeri sokulum kayaçlarının oluştuğunu vurgulamışlardır.

Dünya üzerinde tanımlanan karbonatitlerin 527 adet karbonatit lokasyonunun % 76'sı silikat kayaçları ile (genellikle alkali kimyasal karakterde) birlikte gözlenirken, % 24'ü ise herhangi bir silikat kayacı olmadan gözlemlenen karbonatitlerdir. Çalışma alanındaki karbonatça zengin dayklar ile ilişkili olabilecek herhangi bir başka sokulum kayacına rastlanılmamıştır. Geyve Boğazı Metamorfitleri içerisinde tanımlanan granitoyitik kayaçların ise Okay ve diğ., (2008) tarafından yapılan radyometrik yaşlandırmalar ile Prekambriyen ve Ordovisyen yaşlı oldukları tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanı içerisine karbonatça zengin dayk sokulumları ile kökensel olarak ilişkili olabilecek Jura-Alt Kretase yaşlı tanımlanmış sokulum kayaçları bulunmamaktadır.

Yukarıda anlatılan görüşler çerçevesinde karbonatça zengin daykların oluşumları bölgesel jeoloji içerisinde değerlendirildiğinde Triyas'ta başkalaşıma uğrayan Geyve Boğazı Metamorfitleri ile Üst Jura'da oluşan Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin bir araya geliş zamanı en azından Jura - Alt Kretase (yaklaşık 145 My) geçişi veya hemen öncesi olmalıdır. Bölgede 145 My'a karşılık gelen bir başkalaşım olayı bilinmemektedir. Saha gözlemleri, petrografik analizler ve jeokronolojik veriler karbonatça zengin kayaçların başkalaşım ürünleri olmadıklarını düşündürmektedir.

Sonuç olarak çalışma alanı içerisinde tespit edilen karbonatça zengin dayklar magmatik bir oluşumu yansıtmaktadır. Ancak ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ve Sr-Nd izotop oranları bu kayaçların literatürde tanımlanan manto kökenli karbonatit kayalarından farklılık sunarken, daha çok sedimanter kökenli kayaçlar ile benzerlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Karbonatça zengin daykların bu özellikleri ve bölgenin jeolojik evrimi dikkate alındığında karbonatça zengin daykları oluşturan ergiyeğin kıtasal kabuktan türemiş olduğu düşünülmektedir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geyve Boğazı Metamorfitleri başlıca amfibolit, epidot amfibolit, biyotit amfibolit, granat amfibolit, piroksen amfibolit, granat mikaşist kayaçlarından oluşmaktadır. Ayrıca, metamorfe olmuş bazik ve asidik kökenli sokulum kayaçlarına ilaveten Alt Kretase ($143,5 \pm 1,5$ My) yaşlı karbonatça zengin sokulum kayaçları ve Eosen (?) yaşlı bazaltik-andezitik dayklar tarafından kesilmektedir. Geyve Boğazı Metamorfitleri kendi içerisinde kabaca iki ayrı metamorfizma koşullarını yansıtan kayaç topluluklarına sahiptir. İlki Geyve Boğazı'nda Sakarya Nehrinin aktığı vadi boyunca gözlemlenen meta-granitoidler tarafından kesilen metamorfik kayaçlardır. Granat mikaşist kayacında gözlemlenen biyotit-kuvars-granat-sillimanit-pumpelleyit-sfen-rutil mineral parajenezi bu kayaçların yüksek sıcaklık metamorfizması koşullarını maruz kaldıklarını göstermektedir. İkincisi ise Geyve Boğazının doğusunda ve batısında yüzeyleyen amfibolitik kayaçlardır. Özellikle çalışma alanının doğusunda Maksudiye köyü civarında gözlemlenen ilksel dokusunu korumuş yastık yapılı meta-bazit kayaçları göreceli olarak Sakarya Nehri boyunca gözlemlenen kayaçlara göre daha düşük metamorfizma koşullarını yansıtmaktadır. Her iki kayaç topluluğu da, muhtemelen ikinci bir deformasyon evresinde oluşan klorit, epidot ve pumpelleyit benzeri düşük dereceli metamorfik koşulları yansıtan mineraller içermektedirler.

Geyve Boğazı Metamorfitleri'nden jeokimyasal analiz için derlenen örneklerin MORB ve IAT benzer kimyasal karakterlere sahip oldukları belirlenmiştir. Granat mikaşistleri kesen M-032 numaralı biyotit amfibolit örneği WPB/OIB benzer kimyasal karakterine sahiptir. Bu özelliklerine göre Geyve Boğazı Metamorfitleri, önceki araştırmacılar (Çelik ve diğ., 2009) tarafından da belirtildiği üzere yitim zonu üstü ortamı koşullarını yansıtan bazik kökenli kayaçlardan oluşmaktadır.

Yılmaz ve diğ., (1995) ve Akbayram ve diğ., (2012)'de Geyve Boğazı Metamorfitleri'ni, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ile ilişkilendirerek Üst Kretase/Neoproterozoyik yaşlı ofiyolitik istif olarak değerlendirmişlerdir. Geyve Boğazı Metamorfitleri'nde amfibolit/üst amfibolit fasiyesinde metamorfizma gözlenirken, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin metamorfik olmayışı bu kayaçların birbirleri ile ilişkili olmadıklarını göstermektedir. Ayrıca Geyve Boğazı

Metamorfitleleri'nin Prekambriyen yaşı granitler tarafından kesilmesi (Okay ve diğ., 2008), Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin Üst Jura oluşum yaşları bu birimlerin birbirlerinden farklı koşullarda ve evrelerde geliştiklerini desteklemektedir.

Geyve Boğazı Metamorfitleleri ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki tektonik zon boyunca ve her iki topluluğu kesen karbonatça zengin dayklardan Alt Kretase ($143,5 \pm 1,5$ My) oluşum yaşı elde edilmiştir. Bu durum Triyas'ta başkalaşıma uğrayan Geyve Boğazı Metamorfitleleri ile Üst Jura'da oluşan Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'nin bir araya geliş zamanı en azından Jura - Alt Kretase ($143,5 \pm 1,5$ My) geçişi veya hemen öncesinde olduğu konusunda önemli bir ipucu sağlamaktadır.

Üst Jura veya daha öncesinde açık olan okyanusun kapanması sonucu oluşan yitim yığılma karmaşasını temsil eden Sapanca Kompleksi yaklaşık doğu-güneydoğuya eğimli ters faylar ile ayrılan üç ayrı birimden oluşmaktadır. Bunlardan ilki yapısal olarak en alt seviyeyi oluşturan, ağırlıklı olarak çamurtaşları ile destekli matrikse sahip melanj içerisinde mermer, meta-konglomeralardan, radyolarit, serpantin, meta-volkanit, meta-gabro bloklarından oluşan ayırtlanmamış melanj birimidir. Çok düşük dereceli metamorfizma izi taşıyan bu melanj biriminde kayaçların ilksel dokuları korunmuş olup, gelişen metamorfik mineral parajenezleri sınırlıdır. Bu melanj birimi üzerine yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış mikaşist ve meta-çört ara katkıları içeren meta-volkanit birimler ise Kocadağ Metamorfitleleri olarak adlandırılan birim yer almaktadır. Meta-volkanit kayaçlar ile ara katkıları olarak gözlemlenen mikaşist kayacından derlenen mika minerallerinden $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayiniyle Alt Kretase ($125,37 \pm 0,73$ My) soğuma yaşları elde edilmiştir. Sapanca Kompleksi ve Kocadağ Metamorfitleleri'nden derlenen volkanit ve gabro örneklerinden yapılan jeokimyasal analizlere göre, bu kayaçların IAT, MORB, E-MORB karakterlerinde oldukları tespit edilmiştir.

Sapanca Kompleksi'nin yapısal olarak en üst kesimini ise ultramafik-mafik kümülat kayalarından oluşan Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri oluşturmaktadır. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ofiyolitik istifin kümülat kesimini temsil eden verlit, vebsterit, dünit, lertzolit ve gabroik kayaçlardan meydana gelmektedir. Bu birimde Sapanca Kompleksi içerisindeki diğer birimlerin aksine herhangi bir metamorfizma izi gözlemlenmemektedir. Ultramafik ve mafik kümülat kayaçları üzerinde yapılan jeokimyasal analizler sonucu MORB benzeri kimyasal karaktere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Kümülat gabro örneğinden elde edilen amfibol mineralleri üzerinde

yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini analizlerine göre bu kayaçların okyanus içi oluşum yaşları Üst Jura ($158,46 \pm 0,26$ My) olarak tespit edilmiştir.

Sapanca Kompleksi'ne ait Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ve Kocadağ Metamorfikleri'nden elde edilen yaş verileri bölgede Üst Jura döneminde açık olan bir okyanus varlığını ve bu okyanusun Alt Kretase döneminde yitim zonunda metamorfizmaya uğrayarak kapandığını göstermektedir. Bu veriler, Armutlu Yarımadası'nda İç Pontid okyanusunun Jura dönemindeki varlığına dair önemli ipuçları sağlamaktadır.

Çalışma alanı içerisinde bu tez çalışması ile ilk defa keşfedilen karbonatça zengin kayaların Geyve Boğazı Metamorfikleri içerisinde dayklar şeklinde yer alan toplam altı adet dayktan meydana geldiği belirlenmiştir. "Karbonatça zengin dayk" (KZD) olarak adlandırılan bu kayaçlar minerolojik ve petrografik özelliklerine göre dört gruba ayrılarak KZD(1), KZD(2), KZD(3) ve KZD(4) şeklinde sınıflandırılmışlardır. Tüm kristalli ve kaba taneli minerallerden oluşan kayaçların mineral çeşitlilikleri dayklara göre farklılık göstermektedir. Bu kayaçlar başlıca, kalsit, $\pm$ klinopiroksen, $\pm$ plajiyoklas, $\pm$ mika (muskovit, flogopit), $\pm$ granat, $\pm$ K-feldspat minerallerinden oluşmaktadırlar. Pumpellyit ve epidot mineralleri muhtemelen daha sonra gelişen düşük dereceli başkalaşım sonucunda oluşmuş olabilirler. Ayrıca dayklar içerisinde amfibolit, kuvars ve ultramafik kayaç ksenolitleri tespit edilmiştir. Bu ksenolitler, Geyve Boğazı Metamorfikleri ile Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri arasındaki tektonik zon boyunca her iki kayaç grubunu keserek yerleşen karbonatça zengin ergiyiğiklerin, yan kayaçlardan ergiyiğik içerisine almış oldukları kayaç parçalarını temsil etmektedirler. Ana, iz ve nadir toprak element analizlerine göre karbonatça zengin dayklar Grup 1 KZD ((KZD(1) ve KZD(4)) ve Grup 2 KZD (KZD(2) ve KZD(3)) şeklinde iki gruba ayrılmışlardır. Grup 1 KZD kayaları, Grup 2 KZD kayalarına göre daha yüksek SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}_{(\text{toplam})}$ ve toplam NTE içeriklerine sahiptir. Karbonatça zengin daykların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranları 0,70797 ile 0,70924 arasında değişirken, $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}_{(i)}$ oranları 0,511990 ile 0,512070 arasında değişmektedir. Karbonatça zengin bu dayklar ana, iz ve nadir toprak element içerikleri açısından değerlendirildiğinde manto kökenli karbonatitlere oranla çok düşük uyumsuz element (ör. Sr, Ba, Th, Nb) ve NTE içerikleri ile manto kökenli karbonatitlerden oldukça farklı bileşime sahiptirler. Benzer şekilde Sr-Nd izotop oranlarına göre, yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranları ve düşük $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}_{(i)}$ oranları ile manto kökenli karbonatitlerden farklılık sunmaktadırlar. Bu durumun aksine karbonatça zengin dayklar sedimanter kökenli karbonatlı kayaçlar ile karşılaştırıldığında büyük

benzerlikler sunmaktadır. Karbonatça zengin dayklar bu özellikleri ile manto kökenli karbonatitlerin aksine kıtasal kabuk kökenli kayaçlar oldukları sonucuna varılmıştır.

Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu, sık denizel çökel istiflerden oluşmaktadır. Birimin, temel kayaçlarıyla olan dokanağının tektonik olmasına rağmen çökel kayaçlar içerisindeki temel birimlere ait çakılların bulunmaktadır. Bu durum çökel kayaçların ilksel olarak temel kayaçları üzerinde uyumsuz olarak yer aldığına göstergesidir. Ayrıca bölgedeki temel kayaçların Üst Kretase öncesi bir araya gelmiş olduklarını göstermektedir.

Nuriosmaniye köyü Batısında, içerisinde Akartuna ve Atan, (1981) tarafından tanımlanan Alt-Orta Devoniyen yaşlı fosiller kapsayan Dereçatı Formasyonu'nun bölgedeki diğer kayaç birliktekileri ile tektonik ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Geyve Boğazı Metamorfikleri'nden elde edilen Triyas-Jura metamorfizma yaşları (Çelik ve diğ., 2009) ve Sapanca Kompleksi'nden elde edilen Jura-Alt Kretase oluşum ve metamorfizma yaşları Dereçatı Formasyonun temel kayaçlar ile tektonik dokanaklı olduğuna dair en güçlü verilerdir. Öte yandan bu kayaçların Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu ile de tektonik dokanaklı olması, bu birim olasılıkla Üst Kretase sonrası tektonik faaliyetlerle bugünkü yerine gelmiş olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile Armutlu Yarımadasında uzun yıllardır tartışma konusu olan İç Pontid kenedinin Jura dönemindeki varlığına dair önemli ipuçları elde edilmiştir. Ayrıca ilk defa bu tez çalışması esnasında kıtasal kabuk kökenli olduğu düşünülen Alt Kretase yaşlı karbonatça zengin magmatik kayaçların varlığı ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

Abdülselemaoğlu Ş., *Almacıkdağı ile Mudurnu ve Göynük Civarının Jeolojisi*, 1. basım, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1959.

Akartuna M., *Armutlu yarımadasının jeolojisi*, 1. basım, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1968.

Akartuna M., Atan O. R., Gevye - İkraniye - Fındıksuyu (Sakarya) dolayının jeolojisi, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 1981, **1**, 25-47.

Akbayram K., Okay A. I., Satir M., Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (Northwestern Turkey), *Journal of Geodynamics*, DOI: 10.1016/j.jog.2012.05.003.

Bailey D. K., Carbonate magmas, *Journal of the Geological Society London*, 1993, **150**, 637-651.

Bell K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K, 1989.

Beard J. S., Characteristic mineralogy of arc-related cumulate gabbros: implications for the tectonic setting of gabbroic plutons and for andesite genesis, *Geology*, 1986, **14**, 848-851.

Bell K., Blenkinsop J., Cole T. J. S., Menagh D. P., Evidence from Sr isotopes for long-lived heterogeneities in the upper mantle, *Nature*, 1982, **298**, 251-253.

Bell K., Blenkinsop J., Archean depleted mantle-evidence from Nd and Sr initial isotope ratios of carbonatites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1987, **51**, 291-298.

Bell K., Blenkinsop J., Neodymium and strontium isotope geochemistry of carbonatites, Editors: Bell K., *In Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K, 278-300, 1989.

Bell K., Kjarsgaard B. A., Simonetti A., Carbonatites - into the twenty - first century. *Journal of Petrology*, 1998, **39**, 1839-1845.

Bell K., Simonetti A., Carbonatite magmatism and plume activity: implications from the Nd, Pb and Sr isotope systematics of Oldoinyo Lengai, *Journal of Petrology*, 1996, **37**, 1321-1339

Bell K., Tilton G. R., Nd, Pb, and Sr isotopic compositions of East African carbonatites: evidence for mantle mixing and plume in homogeneity, *Journal of Petrology*, 2001, **42**, 1927-1945.

Bell K., Tilton G. R., Probing the mantle: the story from carbonatites, *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 2002, **83**, 273-277.

Bianchini G., Beccaluva L., Siena F., A reappraisal of ultra alkaline intra-Apennine volcanism in central-southern Italy: evidence for subduction-modified mantle sources, *Periodico di Mineralogia*, 2004, **73**, 177-185.

Bose P. N., Geology of the Lower Narbada Valley between Nimáwar and Káwant. *Memoirs of the Geological Survey of India*, 1884, **21**, 1-72

Bozcu M., Gevye (Adapazarı ili) Sapanca dolayının jeolojik ve petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1992, 25174.

Bozkurt E., Winchester J. A., Yiğitbas E., Ottley C. J., Proterozoic ophiolites and mafic-ultramafic complexes marginal to the Istanbul Block: an exotic zone of Avalonian affinity in NW Turkey, *Tectonophysics*, 2008, **461**, 240-251.

Brøgger W. C., *Die Eruptivegesteine des Kristianiagebietes*, 4th ed., Das Fengebiet in Telemarken, Norwegen, 1921.

Carrigan C. W., Mukasa S. B., Haydoutov I., Kolcheva K., Age of Variscan magmatism from the Balkan sector of the orogen, central Bulgaria, *Lithos*, 2005, **82**, 125-147.

Chen F., Siebel W., Satır M., Terzioğlu N., Saka K., Geochronology of the Karadere basement (NW Turkey) and implications for the geological evolution of the Istanbul Zone, *International Journal of Earth Sciences*, 2002, **91**, 469-481.

Coleman R. G., *Ophiolites, Ancient Oceanic Lithosphere*, 12th ed., Springer Verlag, New York, 1977.

Cooper A. F., Reid D. L., Nepheline sövites as Parental Magmas in Carbonatite Complexes: evidence from Dicker Willem, Southwest Namibia, *Journal of Petrology*, 1998, **39**, 2123-2136.

Çelik Ö. F., Gürer Ö. F., Aldanmaz E., Köprübaşı N., Öz İ., Geyve meta-ofiyolitinin kökeni ve Türkiye ofiyolitleri içindeki yeri, Bilimsel araştırma projesi raporu, *Kocaeli Üniversitesi*, 2005/13, 1-45, 2008.

Çelik Ö. F., Gürer Ö. F., Aldanmaz E., Spell T., Öz İ., Armutlu Yarımadası ve Almacık dağı amfibolitik kayalar için izotop ve jeokimyasal sınırlamalar, 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 13-17 Nisan 2009.

Daly R. A., *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*, 2nd ed., Mc Graw - Hill, New York, 1933.

Dalton J. A., Wood B. J., The composition of primary carbonate melts and their evolution through wallrock reaction in the mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 1993, **119**, 511-525.

Dauphas N., Marty B., Heavy nitrogen in carbonatites of the Kola Peninsula: a possible signature of the deep mantle, *Science*, 1999, **286**, 2488-2490.

Downes H., Wall F., Demeny A., Szabo C., Continuing the carbonatite controversy: preface, *Mineralogical Magazine*, 2012, **76**, 255-257.

Dawson J. B., Sodium carbonate lavas from Oldoinyo Lengai, Tanganyika, *Nature*, 1962, **195**, 1075-1076.

Dean W. T., Martin F., Monod O., Demir O., Richhards R. B., Bultynck P., Bozdoğan N., Lower Palaeozoic stratigraphy, Karadere-Zirze area/Central Pontides, Northern Turkey, Editors: Göncüoğlu M.C., Derman S., *Late Palaeozoic Evolution in NW Gondwana*, 1st ed., Turkish Association of Petroleum Geologists Publication, Ankara, 32-38, 1997.

Deines P., Stable isotope variations in carbonatites, Editor: Bell K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 301-359, 1989.

Delaloye M., Bingöl E., Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modelling of geodynamic evolution, *International Geology Review*, 2000, **42**, 241-268.

Delaloye M., Özgenç İ., Petrography and age determination of the alkaline volcanic rocks and carbonatite of Kızılcaören district, Beylikahır-Eskişehir, Turkey, *Schweiz Mineralogy and Petrography*, 1983, **63**, 289-294.

Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., *An introduction to the rock-forming minerals*, 2nd ed., Prentice Hall, USA, 1992.

Dick H. J. B., Bullen T., Chrome spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1984, **86**, 54-76.

D'Orazio M., Innocenti F., Tonarini S., Doglioni C., Carbonatites in a subduction system: The Pleistocene alvikites from Mt. Vulture (southern Italy), *Lithos*, 2007, **98**, 313-334.

Dobson D. P., Jones A. P., Rabe R., Sekine T., Kurita K., Taniguchi T., Kondo T., Kato T., Shimomura O., Urakawa S., In-situ measurement of viscosity and density of carbonate melts at high pressure, *Earth and Planetary Science Letters*, 1996, **143**, 207-215.

Emre Ö., Erkal T., Tchapygala A., Kazancı N., Keçer M., Ünay E., Neogene-Quaternary evolution of the eastern Marmara region, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 1998, **120**, 61-79.

Elmas A., Yiğitbaş E., Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontide Zone and the Sakarya Zone in northwestern Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 2001, **90**, 257-269.

Elmas A., Yiğitbaş E., Comment on Tectonic evolution of the Intra- Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey by Robertson and Ustaömer, *Tectonophysics*, 2005, **405**, 213-221.

Elmas A., Yılmaz İ., Yiğitbaş E., Ullrich T., A late Jurassic - Early Cretaceous metamorphic core complex, Strandja Massif, NW Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 2011, **100**, 1251-1263.

Elmas A., Basement types of the Thrace Basin and a new approach to the pre-Eocene tectonic evolution of the northeastern Aegean and northwestern Anatolia: a review of data and concepts, *International Journal of Earth Sciences*, DOI 10.1007/s00531-012-0756-5.

Erendil M., Göncüoğlu M. C., Tekeli O., Aksay A., Kuşçu İ., Ürgün B. M., Tunay G., Temren A., Armutlu yarımadasının jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama*, Rapor no. 45529, 1-51, 1991.

Fan H. R., Xie Y. H., Wang K. Y., Yang X. M., Carbonatitic fluids and REE mineralization, *Earth Science Frontiers*, 2001, **8**, 289–295.

Gedik İ., Die Conodonten der Trias auf der Kocaeli-Halbinsel (Türkei), *Palaeontographica A.*, 1975, **150**, 99-160.

Gittins J., The origin and evolution of carbonatite magmas, Editors: Bell K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 580-600, 1989.

Gittins J., Harmer R. E., Myths and reality in the carbonatite-silicate rock 'association', *Periodicals of Mineralogy*, 2003, **72**, 19-24.

Göncüoğlu M. C., Erendil M., Tekeli O., Ürgün B. M., Aksay A., Kuşçu İ., 1986, Armutlu Yarımadasının doğu kesiminin jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama*, Rapor no. 7786, 1986.

Göncüoğlu M. C., Erendil M., Tekeli O., Aksay A., Kuşçu İ., Ürgün B. M., Geology of the Armutlu Peninsula, Excursion Guidebook for the IGCP, project No. 5, 1987.

Göncüoğlu M. C., Erendil M., Armutlu yarımadasının Geç Kretase öncesi tektonik birimleri, *Türkiye 8. Petrol Kongresi*, Ankara, Türkiye, 1990.

Görür N., Monod O., Okay A. I., Şengör A. M. C., Tüysüz O., Yiğitbaş E., Sakıncı M., Akkök R., Palaeogeographic and tectonic position of the Carboniferous rocks of the western Pontides (Turkey) in the frame of the Variscan belt, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1997, **168**, 197-205.

Guest N. J., The volcanic activity of Oldoinyo Lengai 1954, *Rec. Geol. Surv. Tanganyika*, 1956, **4**, 56-59.

Gülmez F., Almacık dağı Eosen volkanizmasının petrografik ve petrolojik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009, 252071.

Haas W., Das Alt-Paläozoikum von Bithynien (Nordwest Türkei), *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 1968, **131**, 178-242.

Harmer R. E., Gittins J., The origin of dolomitic carbonatites: field and experimental constraints, *Journal of African Earth Sciences*, 1997, **1**, 5-28.

Harmer R. E., Gittins J., The case for primary, mantle-derived carbonatite magma, *Journal of Petrology*, 1998, **39**, 1895-1903.

Harmer R. E., Lee C. A., Eglington M., A deep mantle source for carbonatite magmatism: Evidence from the nephelinites and carbonatites of the Buhera district, SE Zimbabwe, *Earth Planetary Science Letters*, 1998, **158**, 131-142.

Hogarth D. D., Pyrochlore, apatite and amphibole: distinctive minerals in carbonatite, Editors: Bell K., *In Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 105-148, 1989.

Hoernle K., Tilton G., Le Bas M. J., Duggen S., Garbe Schonberg D., Geochemistry of oceanic carbonatites compared with continental carbonatites: mantle recycling of oceanic crustal carbonate, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2002, **142**, 520-542.

Hou Z. Q., Tian S. H., Yuan Z. X., Xie Y. L., Yin S. P., Yi L. S., Fei H. C., Yang Z. M., The Himalayan collision zone carbonatites in western Sichuan, SW China: petrogenesis, mantle source and tectonic implication, *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, **244**, 234-250.

Högbohm A. G., Über das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö, *Geol. Fören. Stockholm Förh*, 1895, **17**, 100-160.

Jacobsen S. B., Wasserburg G. J., Sm-Nd isotopic evolution of chondrites, *Earth and Planetary Science Letters*, 1980, **50**, 139-155.

Johannsen A., *A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks*, 4th ed., University of Chicago Press, Chicago, 1938.

Jones A. P., Matthew G., Laura C., Carbonate Melts and Carbonatites, Mineralogical Society of America, DOI: 10.2138/rmg.2013.75.10.

Kaplan H., Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü yakın güneyi nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağı, *Jeoloji Mühendisliği*, 1977, **2**, 29-34.

Kaya O., Gemlik-Orhangazi alanının Paleozoik temel yapısına yaklaşım, *Yerbilimleri*, 1977, **3**, 115-128.

Kaya O., Kozur H., A new and different Jurassic to Early Cretaceous sedimentary assemblage in northwestern Turkey (Gemlik, Bursa): Implications for the pre-Jurassic to Early Cretaceous tectonic evolution, *Yerbilimleri*, 1987, **14**, 253-26.

Kaya O., Satır M., Preliminary report on the presence of a pre Late Jurassic metacarbonatite in northwest Turkey (Almacıkdağ, Bolu), Editors: Erler A., Ercan T., Bingöl E. and Örçen S., *In Geology of the Black Sea Region*, 1st ed., Mineral Research and Exploration General Directorate, Ankara, 19-22, 1995.

Kjarsgaard B. A., Hamilton D. L., The genesis of carbonatites by immiscibility, Editors: Bell, K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 388-404, 1989.

Koster van Groos A. F., Wyllie P. J., Experimental data bearing on the role of liquid immiscibility in the genesis of carbonatites, *Nature*, 1963, **199**, 801-802.

Kullerud K., Erambert M., Cl-scapolite, Cl-amphibole, and plagioclase equilibria in ductile shear zones at Nusfjord, Lofoten Norway: Implications for fluid

compositional evolution during fluid-mineral interaction in the deep crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1999, **63**, 3829-3844.

Kusachi I., Osonai Y., Toyoshima T., Owada M., Tsunogae T., Hokada T., Crowe W.A., Mineralogy of scapolite from Skallen in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica, *Polar Geoscience*, 1999, **12**, 143-156.

Kwon S. T., Tilton G. R., Grunenfelter M. H., Lead isotope relationship in carbonatites and alkaline complexes: an overview, Editor: Bell K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 360-387 1989.

Le Bas M. J., Mian I., Rex D. C., Age and nature of carbonatite emplacement in North Pakistan, *International Journal of Earth Sciences*, 1987, **76**, 317-323.

Le Maitre R. W., *Igneous Rocks, A Classification and Glossary of Terms*, 2, University Press, Cambridge, 2002.

Leake B. E., Nomenclature of Amphiboles, *American Mineralogist*, 1978, **63**, 1023-1052

Lee W. J., Wyllie P. J., Rossman G. R., CO²-rich glass, round calcite crystals and no liquid immiscibility in the system CaO-SiO₂-CO₂ at 2.5 GPa., *American Mineralogist*, 1994, **79**, 1135-1144.

Lee W. J., Huang W. L., Wyllie P. J., Melts in the mantle modelled in the system CaO-MgO-SiO₂-CO₂ at 2.7 GPa, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2002, **138**, 199-213.

Liew T. C., Hofmann A. W., Precambrian crustal components, plutonic associations, plate environment of the Hercynian Fold Belt of central Europe: indications from a Nd and Sr isotopic study, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 1988, **98**, 129-138.

Meschede M., A method of discriminating between different types of mid-oceanic ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chemical Geology*, 1986, **56**, 207-218.

Mitchell R. H., Carbonatites and carbonatites and carbonatites, *The Canadian Mineralogist*, 2005, **43**, 2049-2068.

Morimoto N., Fabries J., Ferguson A. K., Ginzburg I. V., Ross M., Seifert F. A., Zussman J., Aoki K., Gottardi G., Nomenclature of the Pyroxenes, *American Mineralogist*, 1988, **73**, 1123-1133.

Nelson D. R., Chivas A. R., Chappell B. W., McCulloch M. T., Geochemical and isotopic systematics of carbonatites and implications for the evolution of ocean-island sources, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1988, **52**, 1-17.

Okay A. I., Tüysüz O., Tethyan sutures of northern Turkey, Editors: Durand B., Jolivet L., Horváth F., Séranne M., *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, 1st ed., Geological Society of London, London, U.K., 475-515, 1999.

Okay A. I., Bozkurt E., Satır M., Yiğitbaş E., Crowley Q. G, Shang C. K., Defining the southern margin of Avalonia in the Pontides: Geochronological data from the Late Proterozoic and Ordovician granitoids from NW Turkey, DOI:10.1016/j.tecto.2008.02.004

Okay A. I., Göncüoğlu M. C., Karakaya Complex: A review of data and concepts, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2004, **13**, 77-95.

Okay A. I., Satır M., Tüysüz O., Akyüz S., Chen F., The tectonics of the Strandja Massif: Variscan and mid-Mesozoic deformation and metamorphism in the northern Aegean, *International Journal of Earth Sciences*, 2001, **90**, 217-233.

Okay A. I., Monod O., Monie P., Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the Paleo-Tethyan subduction, *Lithos*, 2002, **64**, 155-178.

Okay A. I., Tüysüz O., Satır M., Özkan-Altın S., Altın D., Sherlock S., Eren R. H., Cretaceous and Triassic subduction-accretion, HP/LT metamorphism and continental growth in the Central Pontides, Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 2006, **118**, 1247-1269.

Okay A. I., Satır M., Siebel W., Pre-Alpide orogenic events in the Eastern Mediterranean region, European Lithosphere Dynamics, *Memoir of the Geological Society London*, 2006, **32**, 389- 405.

Okay A. I., Satır M., Tüysüz O., Akyüz S., Chen F., The tectonics of the Strandja Massif: Variscan and mid-Mesozoic deformation and metamorphism in the northern Aegean, *International Journal of Earth Sciences*, 2001, **90**, 217-233.

Okay A. I., Şengör A. M. C., Görür N., Kinematic history of the opening the Black Sea and its effect on the surrounding regions, *Geology*, 1994, **22**, 267-270.

Önder F., Göncüoğlu M. C., Armutlu yarımadasında (batı Pontidler) Üst Triyas konodontları, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 1989, **109**, 147-152.

Özgenç İ., Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) karbotermal bastneazit-fluorit-barit yatağının jeolojisi ve nadir toprak element jeokimyası, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1993, **36**, 1-11.

Özgenç İ., Kibici Y., Başören köyü (Kuluncak-Malatya) Britolit damarlarının jeolojisi ve kimyasal-mineralojik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **37**, 1994, 77-85.

Pandit M. K., Carter L. M., Ashwal L. D., Tucker R. D., Torsvik T. H., Jamveit B., Bhushan S. K., Age, petrogenesis and significance of 1 Ga granitoids and related rocks from the Sendra area, Aravalli craton, NW India, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2003, **22**, 363-381.

Passaglia E., Gottardi G., Crystal chemistry and nomenclature of pumpellyires and jigsawites, *Canadian Mineralogist*, 1973, **12**, 219-223.

Pearce J. A., Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, Editor: Thorpe R.S., *Andesites*, 1st ed., Wiley and Sons, New York, 525-548, 1982.

Pearce J. A., Peate D. W., Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas, *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 1995, **23**, 251-85.

Pearce J. A., A users guide to basalt discrimination diagrams, Editor: Wyman, D.A., *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*, 1st ed., Geological Association of Canada, Canada, 79-113, 1996.

Pearce J. A., Cann, J. R., Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis, *Earth and Planetary Science Letters*, 1973, **19**, 290-300.

Pearce J. A., Norry M. J., Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1979, **69**, 33-47.

Pearce J. A., Alabaster T., Shelton A. W., Searle M. P., The Oman ophiolite as a Cretaceous arc-basin complex: evidence and implications. *Philosophical Transactions Royal Society of London*, 1981, **300**, 299-317.

Ray J. S., Ramesh R., Stable carbon and oxygen isotopic compositions of Indian carbonatites, *International Geology Review*, 2006, **48**, 17-45.

Robertson A. H. F., Ustaömer T., Tectonic evolution of the Intra-Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey, *Tectonophysics*, 2004, **381**, 175-209.

Sasada T., Hiyagon H., Bell K., Ebihara M., Mantle-derived noble gases in carbonatites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997, **61**, 4219-4228.

Searle M. P., Cox J., Subduction zone metamorphism during formation and emplacement of the Semail ophiolite in the Oman Mountains, *Geological Magazine*, 2002, **139**, 241-255.

Shand S. J., *Eruptive Rocks*, 2, J. Wiley and Sons, New York, 1943.

Shervais W. J., Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, *Earth and Planetary Science Letters*, 1982, **59**, 102-118.

Simonetti A., Bell K., Nd, Pb and Sr isotopic data from the Napak carbonatite-nephelinite centre, eastern Uganda: An example of open-system crystal fractionation, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1994, **115**, 356-366.

Simonetti A., Bell K., Shradly C., Trace- and rare-earth-element geochemistry of the June 1993 natrocarbonatite lavas, Oldoinyo Lengai (Tanzania): Implications for the origin of carbonatite magmas, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1997, **75**, 89-106.

Sklyarov E. V., Fedorovsky V. S., Kotov A. B., Lavrenchuk A. V., Mazukabzov A. M., Levitsky V. I., Salnikova E. B., Starikova A. E., Yakovleva S. Z., Anisimova I. V., Fedoseenko A. M., Carbonatites in collisional settings and pseudo-carbonatites of the Early Paleozoic Ol'khon collisional system, *Russian Geology and Geophysics*, 2009, **50**, 1091-1106.

Srivastava R. K., Heaman L. M., Sinha A. K., Sun, S. H., Emplacement age and isotope geochemistry of Sung Valley alkaline-carbonatite complex, Shillong Plateau, northeastern India: implications for primary carbonate melt and genesis of the associated silicate rocks, *Lithos*, 2005, **81**, 33-54.

Sun S., Mc Donough W. F., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, *Geological Society*, 1989, **42**, 313-345.

Sweeney R. J., Carbonatite melt compositions in the Earth's mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 1994, **128**, 259-270.

Şengör A. M. C., Yılmaz Y., Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 1981, **75**, 181-241.

Şengör A. M. C., Görür N., Şaroğlu F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, Editors: Biddle K., Christie-Blick N., *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation*, 1st ed., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, U.S.A., 227-264, 1985.

Tilton G. R., Bell K., Sr-Nd-Pb isotope relationships in Late Archean carbonatites and alkaline complexes: Applications to the geochemical evolution of Archean mantle, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1987, **58**, 3145-3154.

Tolstikhin I. N., Kramers J. D., Hofmann A. W., A chemical Earth model with whole mantle convection: the importance of a core-mantle boundary layer (D'') and its early formation, *Chemical Geology*, 2006, **226**, 79-99.

Topuz G., Altherr R., Kalt A., Satir M., Werner O., Schwartz, W.H., Aluminous granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallisation, *Lithos*, 2004, **72**, 183-207.

Topuz G., Altherr R., Schwartz W. H., Dokuz A., Meyer H. P., Variscan amphibolites-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex (Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey), *International Journal of Earth Sciences*, 2007, **96**, 861-873.

Toyoda K., Horiuchi H., Tokonami M., Dupal anomaly of Brazilian carbonatites: geochemical correlations with hotspots in the South Atlantic and implications for the mantle source, *Earth and Planetary Science Letters*, 1994, **126**, 315-331.

Tucker R. D., Belkin H. E., Schulz K. J., Peters S. G., Horton, F., Buttleman K., Scott E. R., A major light rare earth element (LREE) resource in the Khanneshin carbonatite Complex, southern Afghanistan, *Economic Geology*, 2012, **207**, 197-205.

Tuttle O. F., Gittins J., *Carbonatites*, 1st ed., John Wiley, London, U.K., 1966.

Veksler I. V., Petibon C., Jenner G. A., Dorfman A. M., Dingwell D. B., Trace element partitioning in immiscible silicate-carbonate liquid systems: an initial experimental study using a centrifuge autoclave, *Journal of Petrology*, 1998, **39**, 2095-2104.

Wallace M. E., Green D. H., An experimental determination of primary carbonatite magma composition, *Nature*, 1988, **335**, 343-346

Woolley A. R., Church A. A., Extrusive carbonatites: A brief review, *Lithos*, 2005, **85**, 1-14

Woolley A. R., Kempe, D. R. C., Carbonatites: nomenclature, average chemical compositions, and element distribution, Editor: Bell K., *Carbonatites: Genesis and Evolution*, 1st ed., Unwin Hyman, London, U.K., 1-14, 1989.

Woolley A. R., Kjarsgaard B. A., Paragenetic types of carbonatites as indicated by the diversity and relative abundances of associated silicate rocks: evidence from a global database, *Canadian Mineralogist*, 2008, **46**, 741-752.

Wyllie P. J., Lee W. J., Model system controls on conditions for formation of magnesiocarbonatite and calciocarbonatite magmas from the mantle, *Journal of Petrology*, 1998, **39**, 1885-1893.

Wyllie P. J., Tuttle O. F., The system CaO-CO₂-H₂O and the origin of carbonatites, *Journal of Petrology*, 1960, **1**, 1-46.

Xu C., Kynicky J., Chakhmouradian A. R., Campbell I. H., Allen C. M., Trace element modeling of the magmatic evolution of rare-earth-rich carbonatite from the Miaoya deposit, Central China, *Lithos*, 2010, **118**, 145-155

Yiğitbaş E., Elmas A., Yılmaz Y., Pre-Cenozoic tectono-stratigraphic components of the Western Pontides and their geological evolution, *Geological Journal*, 1999, **34**, 55-74.

Yiğitbaş E., Kerrich R., Yılmaz Y., Elmas A., Xie Q., Characteristics and geochemistry of Precambrian ophiolites and related volcanics from the Istanbul-Zonguldak Unit, northwestern Anatolia, Turkey: following the missing chain of the Precambrian south European Suture Zone to the east, *Precambrian Research*, 2004, **132**, 179--206.

Yiğitbaş E., Winchester J. A., Ottley C. J., The geochemistry and setting of the Demirci paragneisses of the Sünnice Massif, NW Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2008, **17**, 421-31.

Yılmaz - Şahin S., Güngör Y., Aysal N., Öngen S., Istanca ve İstanbul zonları (KB Türkiye) içerisinde yüzeylenen granitoidlerin jeokimyası ve SHRIMP zirkon U-Pb yaşlandırması, 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 13-17 Nisan 2009.

Yılmaz Y., Gözübol A. M., Tüysüz O., Geology of an area in and around the Northern Anatolian Transform Fault Zone between Bolu and Akyazı, Editors: Işıkara A. M., Vogel A., *Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction, Earthquake Prediction*, 1st ed., Vieweg, Braunschweig, Germany, 45-66, 1981.

Yılmaz Y., Genç C., Yiğitbaş E., Bozcu M., Yılmaz K., Geological evolution of the Late Mesozoic continental margin of northwestern Anatolia, *Tectonophysics*, 1995, **243**, 155-71.

Yılmaz Y., Tüysüz O., Yiğitbaş E., Genç S. C., Şengör A. M. C., Geology and tectonic evolution of the Pontides, Editor: Robinson A. G., *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, 1st ed., American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, U.S.A., 183-226, 1997.

Yılmaz A., Yılmaz H., Geology and Structural Evolution of the Tokat Massif (Eastern Pontides, Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2004, **13**, 231-246.

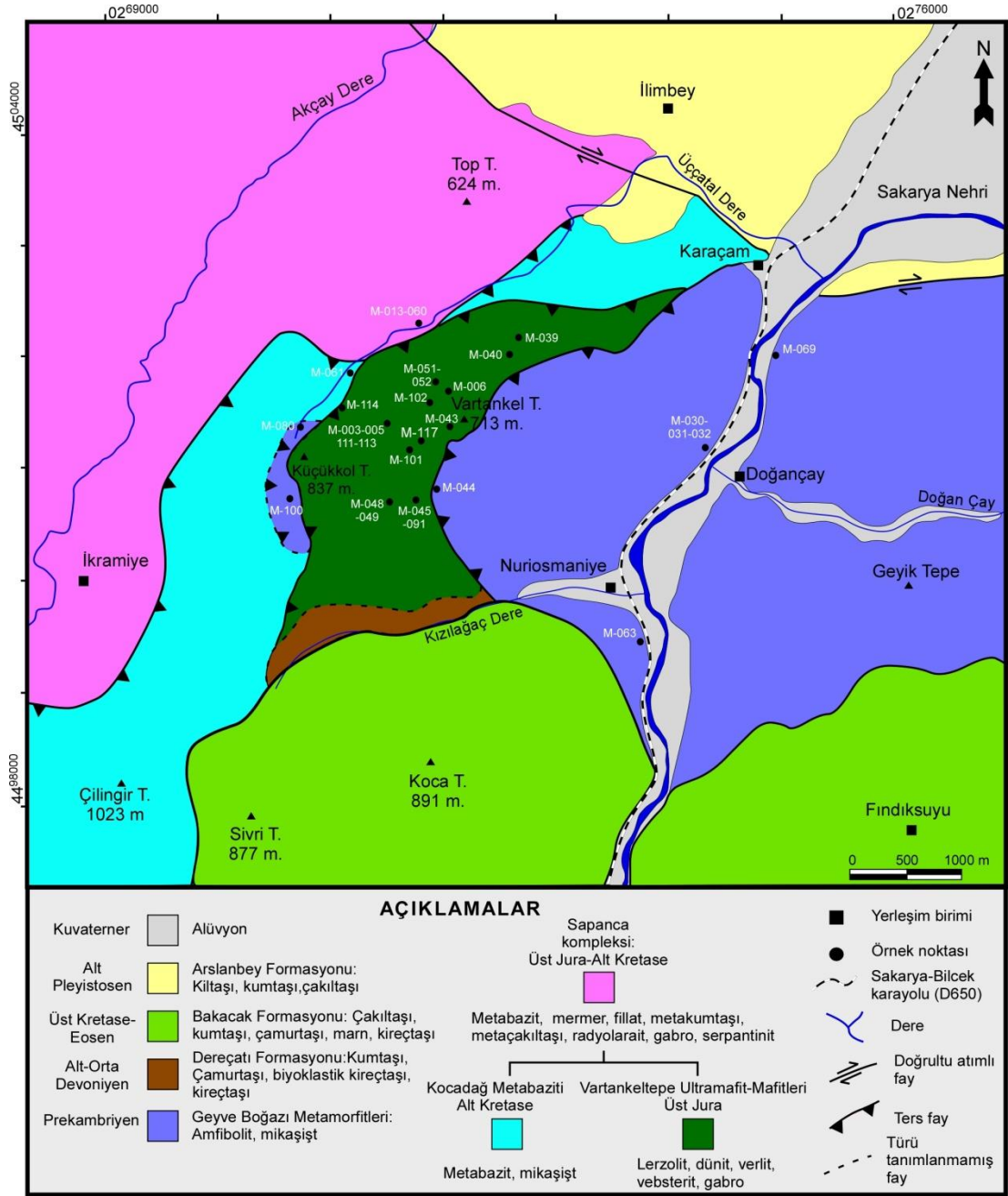
Yurttaş-Özdemir Ü., Kocaeli Yarımadası Tepeköy Triyas'ı makro faunası ve biyostratigrafisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 1971, **77**, 57-98.

EKLER

EK A. 1. Çalışma alanının jeoloji ve örnek haritası.

EK B. 1. Geyve Amfiboliti, Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri ve Karbonatça zengin dayklara ait litolojilerin mineral kimyası analiz sonuçları.

EK C.1. Detaylı $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analiz verileri.



Şekil A.1. Çalışma alanının jeoloji ve örnek haritası

Tablo B.1. Geyve Amfiboliti'ne ait amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 23 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg} = (Mg/Mg+Fe^{2+})$)

Örnek Mineral	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-081 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf	M-083 Amf
SiO ₂	40,84	40,38	41,05	40,48	40,78	40,57	40,60	41,47	40,47	40,25	40,29	43,72	40,05	38,04	39,26	39,29	39,51	39,25	39,04	39,69	39,88	40,26	40,10
TiO ₂	2,95	3,08	2,85	3,04	3,48	3,20	3,22	3,22	3,19	3,45	2,44	1,91	2,49	2,84	2,74	2,60	3,26	3,27	3,17	2,87	2,44	2,12	3,07
Al ₂ O ₃	14,65	14,55	14,35	14,68	14,39	14,59	14,23	14,29	14,53	14,72	12,80	11,25	14,23	13,00	13,47	13,74	13,24	13,42	13,60	13,20	12,58	12,68	12,86
FeO	9,38	9,35	9,63	9,57	9,46	9,61	9,76	9,13	10,79	9,40	18,04	18,93	17,01	18,33	18,12	18,25	17,90	17,88	18,25	17,20	17,07	17,41	16,94
MnO	0,23	0,22	0,22	0,24	0,24	0,17	0,21	0,18	0,24	0,20	0,20	0,23	0,20	0,19	0,26	0,25	0,30	0,30	0,29	0,25	0,14	0,16	0,23
MgO	12,84	12,99	12,96	12,81	12,69	12,79	13,14	12,89	12,00	12,83	8,81	8,85	8,31	8,13	8,52	8,64	8,49	8,26	8,16	9,45	9,25	9,68	9,45
CaO	11,69	11,91	11,77	11,88	11,71	11,87	11,72	11,78	11,82	12,00	11,51	11,24	10,48	11,57	11,70	11,50	11,75	11,54	11,64	11,17	11,48	11,52	11,63
Na ₂ O	1,65	1,85	1,72	1,60	1,54	1,65	1,59	1,56	1,54	1,56	1,23	1,25	1,22	1,31	1,31	1,35	1,39	1,34	1,39	1,45	1,32	1,27	1,54
K ₂ O	1,91	1,87	1,91	1,96	1,84	1,96	2,00	2,00	2,10	2,06	1,99	1,60	2,75	2,19	2,25	2,29	2,26	2,14	2,29	1,95	1,90	1,88	1,83
Cr ₂ O ₃	0,03	0,10	0,05	0,10	0,05	0,04	0,16	0,11	0,10	0,18	0,08	0,08	0,07	0,09	0,02	0,09	0,04	0,04	0,01	0,12	0,12	0,15	0,08
Toplam	96,17	96,30	96,52	96,35	96,17	96,47	96,64	96,64	96,78	96,64	97,40	99,06	96,81	95,68	97,67	97,98	98,13	97,44	97,84	97,37	96,17	97,13	97,72
Si	6,07	6,01	6,08	6,02	6,06	6,03	6,01	6,13	6,03	5,98	6,11	6,48	6,09	5,95	5,98	5,95	6,01	6,00	5,96	5,99	6,11	6,08	6,06
Al iv	1,93	1,99	1,92	1,98	1,94	1,97	1,99	1,87	1,97	2,02	1,89	1,52	1,91	2,05	2,02	2,05	1,99	2,00	2,04	2,01	1,89	1,92	1,94
Al vi	0,63	0,57	0,59	0,59	0,59	0,59	0,49	0,62	0,59	0,56	0,40	0,45	0,64	0,34	0,40	0,40	0,38	0,41	0,41	0,33	0,38	0,34	0,34
Ti	0,33	0,35	0,32	0,34	0,39	0,36	0,36	0,36	0,36	0,39	0,28	0,21	0,28	0,33	0,31	0,30	0,37	0,38	0,36	0,33	0,28	0,24	0,35
Cr	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
Fe ³⁺	0,08	0,03	0,09	0,08	0,05	0,03	0,22	0,00	0,03	0,01	0,43	0,40	0,39	0,33	0,33	0,48	0,18	0,24	0,23	0,60	0,39	0,61	0,33
Fe ²⁺	1,08	1,14	1,10	1,10	1,13	1,16	0,99	1,13	1,31	1,16	1,86	1,94	1,77	2,07	1,98	1,83	2,09	2,04	2,10	1,56	1,80	1,59	1,81
Mn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
Mg	2,84	2,88	2,86	2,84	2,81	2,83	2,90	2,84	2,67	2,84	1,99	1,96	1,88	1,89	1,94	1,95	1,93	1,88	1,86	2,13	2,11	2,18	2,13
Ca	1,86	1,90	1,87	1,89	1,87	1,89	1,86	1,87	1,89	1,91	1,87	1,79	1,71	1,94	1,91	1,87	1,91	1,89	1,90	1,81	1,88	1,87	1,88
Na	0,48	0,53	0,49	0,46	0,44	0,48	0,46	0,45	0,45	0,45	0,36	0,36	0,36	0,40	0,39	0,40	0,41	0,40	0,41	0,42	0,39	0,37	0,45
K	0,36	0,35	0,36	0,37	0,35	0,37	0,38	0,38	0,40	0,39	0,39	0,30	0,53	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,45	0,38	0,37	0,36	0,35
OH*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Toplam	17,70	17,79	17,72	17,73	17,66	17,74	17,69	17,67	17,73	17,75	17,62	17,45	17,60	17,77	17,74	17,70	17,76	17,70	17,76	17,60	17,65	17,60	17,68
(Ca+Na) _(B)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na _(B)	0,14	0,10	0,13	0,11	0,13	0,11	0,14	0,13	0,11	0,09	0,13	0,21	0,29	0,06	0,09	0,13	0,09	0,11	0,10	0,19	0,12	0,13	0,12
(Na+K) _(A)	0,70	0,79	0,72	0,73	0,66	0,74	0,69	0,69	0,73	0,75	0,62	0,45	0,60	0,77	0,74	0,70	0,76	0,70	0,76	0,60	0,65	0,60	0,68
X _{Mg#}	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,75	0,72	0,67	0,71	0,52	0,50	0,52	0,48	0,50	0,52	0,48	0,48	0,47	0,58	0,54	0,58	0,54

Tablo B.2. Geyve Amfiboliti'ne ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$)

Örnek Mineral	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.	M-083 Kpir.
SiO ₂	52,41	52,52	49,34	48,43	49,91	48,13	48,58	48,29	49,37	47,54	49,61	49,56	48,47	49,24	51,38	51,42	51,20	50,23	49,99	49,86	50,59
TiO ₂	0,20	0,23	0,54	0,68	0,42	0,68	0,70	0,72	0,53	0,88	0,44	0,37	0,70	0,70	0,19	0,17	0,18	0,36	0,69	0,55	0,31
Al ₂ O ₃	2,13	1,94	4,23	5,68	3,39	5,69	5,13	5,63	3,94	6,08	3,95	3,95	4,80	4,77	2,42	2,50	2,28	3,48	4,77	4,17	3,31
FeO	5,35	5,08	10,68	11,12	9,57	10,75	10,75	10,63	10,12	10,88	11,43	10,84	12,28	10,90	9,36	9,08	9,33	9,74	10,10	10,01	9,31
MnO	0,23	0,29	0,29	0,31	0,31	0,29	0,35	0,27	0,35	0,31	0,33	0,35	0,26	0,34	0,32	0,34	0,32	0,30	0,35	0,42	0,23
MgO	15,26	15,16	10,95	10,62	11,67	10,39	10,67	10,50	11,49	10,18	11,14	11,24	11,33	11,15	12,75	12,60	12,52	11,64	11,21	11,15	12,15
CaO	22,99	23,74	21,84	21,68	23,04	22,18	22,07	21,80	22,28	22,01	22,52	22,47	18,90	21,64	22,66	22,99	23,02	22,43	22,08	22,19	22,91
Na ₂ O	0,52	0,57	1,05	1,23	0,90	1,19	1,15	1,21	1,02	1,11	0,93	0,95	1,24	1,17	0,79	0,84	0,69	0,98	1,16	1,18	0,93
K ₂ O	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,04	0,03	0,01	0,07	0,00	0,13	0,11	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,05	0,08
Toplam	99,14	99,58	98,92	99,80	99,21	99,41	99,50	99,07	99,15	99,01	100,37	99,74	98,06	100,00	99,94	100,04	99,61	99,25	100,42	99,59	99,83
Si	1,95	1,95	1,89	1,84	1,90	1,84	1,85	1,85	1,88	1,82	1,88	1,88	1,87	1,86	1,93	1,93	1,93	1,91	1,88	1,89	1,91
Ti	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Al(IV)	0,05	0,05	0,11	0,16	0,10	0,16	0,15	0,15	0,12	0,18	0,12	0,12	0,13	0,14	0,07	0,07	0,07	0,09	0,12	0,11	0,09
Al(VI)	0,04	0,03	0,08	0,10	0,05	0,09	0,08	0,10	0,06	0,10	0,06	0,06	0,09	0,08	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,08	0,05
Al (total)	0,09	0,08	0,19	0,25	0,15	0,26	0,23	0,25	0,18	0,28	0,18	0,18	0,22	0,21	0,11	0,11	0,10	0,16	0,21	0,19	0,15
Fe	0,17	0,16	0,34	0,35	0,30	0,34	0,34	0,34	0,32	0,35	0,36	0,34	0,40	0,35	0,29	0,29	0,29	0,31	0,32	0,32	0,29
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,85	0,84	0,62	0,60	0,66	0,59	0,61	0,60	0,65	0,58	0,63	0,64	0,65	0,63	0,71	0,71	0,70	0,66	0,63	0,63	0,68
Ca	0,92	0,94	0,89	0,88	0,94	0,91	0,90	0,89	0,91	0,90	0,91	0,92	0,78	0,88	0,91	0,93	0,93	0,91	0,89	0,90	0,93
Na	0,04	0,04	0,08	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09	0,09	0,06	0,06	0,05	0,07	0,08	0,09	0,07
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum	4,02	4,03	4,04	4,06	4,05	4,06	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,04	4,05	4,04	4,04	4,03	4,04	4,04	4,04	4,04
Mg#	83,55	84,17	64,63	63,00	68,49	63,27	63,89	63,78	66,93	62,51	63,47	64,88	62,19	64,58	70,83	71,21	70,51	68,04	66,42	66,51	69,94
Cr#	1,18	0,89	0,13	0,79	0,00	1,47	1,36	0,00	0,93	0,00	0,57	0,00	1,16	1,11	1,50	2,23	1,84	1,61	0,83	0,81	1,69
Vo	46,59	47,64	46,17	45,78	47,63	47,03	46,57	46,48	46,41	47,16	46,31	46,54	40,66	45,30	46,12	46,79	47,01	46,73	46,32	46,57	46,97
En	43,02	42,32	32,20	31,21	33,57	30,64	31,32	31,16	33,30	30,35	31,89	32,39	33,91	32,46	36,11	35,69	35,57	33,74	32,73	32,55	34,66
Fs	8,47	7,96	17,62	18,33	15,44	17,79	17,71	17,70	16,45	18,20	18,35	17,53	20,61	17,80	14,87	14,43	14,87	15,85	16,54	16,39	14,90

Tablo B.3. Geyve Amfiboliti'ne ait plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081
Mineral	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj
Na ₂ O	4,96	4,69	5,95	5,04	4,84	4,83	7,21	7,17	7,33	7,11	7,52	7,74
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	28,83	28,85	27,99	28,50	28,97	28,96	25,41	25,38	25,36	25,45	25,74	24,05
SiO ₂	52,57	52,88	54,00	53,63	52,81	52,74	58,17	58,10	58,28	57,65	58,43	59,44
K ₂ O	0,05	0,03	0,07	0,04	0,10	0,07	0,10	0,09	0,14	0,11	0,09	0,39
CaO	11,44	11,52	9,81	11,03	11,55	11,83	7,45	7,38	7,02	7,51	7,27	6,38
TiO ₂	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
MnO	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00
FeO	0,06	0,05	0,07	0,07	0,08	0,04	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06	0,06
Toplam	97,98	98,10	97,91	98,34	98,36	98,48	98,45	98,22	98,20	97,93	99,13	98,09
Ab %	43,83	42,33	52,10	45,18	42,88	42,33	63,29	63,40	64,85	62,71	64,86	67,18
An %	55,86	57,47	47,50	54,60	56,53	57,26	36,14	36,06	34,35	36,64	34,62	30,61
Or %	0,31	0,20	0,39	0,22	0,60	0,41	0,57	0,55	0,80	0,65	0,52	2,21

Örnek	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083
Mineral	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj
Na ₂ O	7,90	7,67	7,84	7,58	7,47	8,42	5,03	6,49	6,33	6,41	6,43	6,49
MgO	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,39	23,78	24,78	24,89	24,97	25,38	26,45	26,93	26,79	26,78	26,76	26,68
SiO ₂	59,73	59,42	59,22	59,01	58,72	55,97	47,24	56,55	56,74	55,73	56,04	56,76
K ₂ O	0,32	0,36	0,16	0,15	0,14	0,13	0,43	0,14	0,11	0,14	0,14	0,14
CaO	6,39	6,04	6,15	6,87	7,00	10,81	14,18	9,24	9,16	9,31	9,42	9,25
TiO ₂	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,04	0,05	0,04	0,00	0,02
MnO	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,03	0,07	0,00
FeO	0,06	0,06	0,08	0,02	0,01	0,28	0,18	0,09	0,06	0,14	0,01	0,05
Toplam	98,83	97,33	98,26	98,56	98,34	101,09	93,63	99,49	99,28	98,58	98,88	99,41
Ab %	67,85	68,19	69,11	66,06	65,37	58,15	38,28	55,52	55,21	55,02	54,83	55,48
An %	30,34	29,69	29,98	33,10	33,84	41,24	59,58	43,68	44,16	44,19	44,37	43,71
Or %	1,81	2,12	0,91	0,84	0,78	0,61	2,15	0,79	0,63	0,79	0,80	0,80

Örnek	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083	M-083
Mineral	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj
Na ₂ O	6,33	6,15	6,08	6,08	6,11	7,32	7,38	7,17	7,32	7,21	7,28
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Al ₂ O ₃	26,93	27,02	27,04	26,95	26,73	25,15	25,09	25,25	25,30	25,20	25,23
SiO ₂	56,41	56,26	55,98	56,61	56,05	59,11	59,01	58,85	58,76	58,93	58,70
K ₂ O	0,12	0,12	0,28	0,37	0,23	0,38	0,35	0,32	0,35	0,33	0,32
CaO	9,11	9,42	9,38	9,41	9,38	7,17	7,13	7,45	7,46	7,48	7,33
TiO ₂	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,03	0,04	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03
MnO	0,03	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00
FeO	0,06	0,08	0,12	0,12	0,31	0,07	0,05	0,07	0,10	0,09	0,06
Toplam	99,02	99,08	98,91	99,61	98,91	99,31	99,08	99,16	99,34	99,27	98,96
Ab %	55,31	53,79	53,13	52,75	53,39	63,47	63,89	62,36	62,71	62,38	63,10
An %	44,02	45,52	45,25	45,12	45,28	34,36	34,13	35,80	35,35	35,73	35,09
Or %	0,66	0,69	1,62	2,13	1,33	2,18	1,98	1,84	1,95	1,90	1,81

Tablo B.4. Geyve Amfiboliti'ne ait sfen ve Fe-Ti oksitlerin mineral kimyası analiz sonuçları. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-083 Sfn	M-083 Sfn	M-083 Sfn	M-083 Sfn	M-083 Sfn	M-083 Sfn
SiO ₂	29,23	29,33	29,50	27,13	29,73	29,36
TiO ₂	37,10	37,28	37,65	37,16	37,16	37,49
Al ₂ O ₃	1,27	1,36	1,30	1,11	1,53	1,25
FeO	0,81	1,05	0,95	0,97	0,81	0,80
MnO	0,04	0,12	0,00	0,11	0,10	0,09
MgO	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00
CaO	27,67	27,90	28,10	27,51	27,95	28,01
Na ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
K ₂ O	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00
Toplam	96,15	97,07	97,55	94,05	97,30	97,03

Örnek Mineral	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit	m-83 Fe-Ti oksit
SiO ₂	0,12	1,05	0,12	0,16	0,14	0,14	0,15	0,13	0,11
TiO ₂	46,27	14,69	45,33	18,64	15,00	15,99	17,64	15,32	68,48
Al ₂ O ₃	0,00	0,22	0,03	0,14	0,11	0,12	0,14	0,11	0,03
FeO	50,61	76,31	49,99	73,69	77,09	76,61	74,79	76,74	27,91
MnO	1,62	0,24	1,36	0,19	0,15	0,17	0,22	0,36	0,04
MgO	0,26	0,10	0,28	0,09	0,13	0,13	0,10	0,07	0,02
CaO	0,01	0,42	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,06	0,03
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,01	0,00	0,03
K ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr ₂ O ₃	0,08	0,35	0,14	0,42	0,29	0,36	0,28	0,42	0,21
Toplam	98,98	93,39	97,28	93,37	92,98	93,57	93,36	93,22	96,86

Tablo B.5. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait olivinlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler oksijen 4 alınarak hesaplanmıştır)

Örnek	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101	M-101
Mineral	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
MgO	49,31	49,17	49,52	49,43	49,26	49,42	49,29	49,19	49,64	49,46	49,50	49,52	49,69	49,70	49,31	49,64	49,30	49,45	50,18	50,06	49,59	49,84
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SiO ₂	40,77	40,59	40,64	40,92	40,86	40,38	40,78	40,61	40,77	40,99	40,73	41,19	40,70	40,73	40,57	40,84	40,54	40,68	41,46	40,92	40,72	40,88
CaO	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
TiO ₂	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,05	0,03	0,01	0,00	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,04	0,00	0,06	0,03	0,00
MnO	0,16	0,20	0,20	0,17	0,18	0,19	0,12	0,17	0,16	0,15	0,14	0,17	0,22	0,14	0,16	0,15	0,10	0,12	0,14	0,13	0,21	0,13
FeO	10,19	10,32	10,26	9,98	10,09	9,85	10,52	10,18	10,04	10,14	10,24	9,69	10,20	10,21	9,73	10,07	10,01	9,92	10,00	10,00	9,84	9,81
Toplam	100,43	100,31	100,70	100,55	100,40	99,84	100,79	100,14	100,66	100,75	100,61	100,63	100,85	100,79	99,81	100,70	100,01	100,21	101,78	101,20	100,42	100,67
Si	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,21	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,80	1,80	1,80	1,80	1,79	1,81	1,79	1,80	1,80	1,79	1,80	1,79	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,81	1,80	1,81
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	3,00	3,01	3,01	3,00	3,00	3,01	3,00	3,00	3,01	3,00	3,01	3,00	3,01	3,01	3,00	3,01	3,01	3,00	3,00	3,01	3,01	3,01
Fo	89,46	89,29	89,40	89,67	89,53	89,77	89,19	89,44	89,65	89,55	89,48	89,95	89,48	89,54	89,88	89,64	89,69	89,77	89,82	89,81	89,79	89,94
Fa	10,38	10,51	10,40	10,16	10,29	10,03	10,68	10,39	10,18	10,30	10,38	9,88	10,30	10,32	9,95	10,20	10,22	10,10	10,04	10,06	10,00	9,93
Mg#	89,61	89,47	89,58	89,83	89,69	89,95	89,30	89,59	89,81	89,69	89,60	90,11	89,68	89,67	90,03	89,78	89,77	89,88	89,95	89,93	89,98	90,05

Tablo B.6. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$)

Örnek Mineral	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-101 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.
SiO ₂	52,12	51,85	51,85	51,93	51,41	52,69	51,57	51,28	51,53	50,75	51,93	51,78	52,37	51,87	51,77	51,81	51,70	52,31	51,56
TiO ₂	0,35	0,40	0,43	0,21	0,34	0,34	0,32	0,35	0,21	0,22	0,28	0,31	0,25	0,32	0,33	0,36	0,32	0,27	0,31
Al ₂ O ₃	3,42	4,02	4,03	2,53	4,74	4,32	4,80	4,99	4,89	5,28	4,97	3,50	3,20	3,57	3,38	3,66	3,53	3,25	3,54
FeO	2,23	2,42	2,37	2,50	3,04	2,82	2,54	2,69	2,82	3,02	2,64	4,38	4,34	4,18	4,34	4,69	4,21	5,46	4,39
MnO	0,03	0,07	0,06	0,09	0,03	0,10	0,06	0,07	0,11	0,06	0,08	0,15	0,14	0,15	0,14	0,09	0,13	0,14	0,17
MgO	16,57	16,29	16,14	18,08	16,45	16,91	16,05	15,94	15,91	16,76	16,31	15,56	15,77	15,35	15,72	15,56	15,31	17,01	15,27
CaO	23,88	24,03	23,88	22,54	22,58	23,21	23,34	23,26	23,33	22,35	23,73	23,51	23,27	23,26	23,01	22,87	23,19	21,31	23,49
Na ₂ O	0,62	0,62	0,59	0,44	0,64	0,64	0,63	0,68	0,60	0,65	0,53	0,53	0,57	0,49	0,50	0,53	0,61	0,46	0,58
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,53	0,66	0,79	0,36	0,45	0,46	0,45	0,51	0,46	0,48	0,45	0,32	0,31	0,29	0,34	0,25	0,34	0,37	0,33
Toplam	99,76	100,36	100,12	98,66	99,68	101,49	99,76	99,78	99,87	99,57	100,92	100,04	100,24	99,51	99,53	99,83	99,35	100,58	99,64
Si	1,904	1,887	1,890	1,914	1,879	1,891	1,883	1,874	1,882	1,858	1,876	1,903	1,917	1,912	1,909	1,905	1,910	1,908	1,903
Ti	0,010	0,011	0,012	0,006	0,009	0,009	0,009	0,010	0,006	0,006	0,008	0,009	0,007	0,009	0,009	0,010	0,009	0,007	0,009
Al(IV)	0,096	0,113	0,110	0,086	0,121	0,109	0,117	0,126	0,118	0,142	0,124	0,097	0,083	0,088	0,091	0,095	0,090	0,092	0,097
Al(VI)	0,052	0,059	0,062	0,024	0,083	0,073	0,089	0,089	0,092	0,086	0,087	0,054	0,055	0,067	0,056	0,064	0,064	0,048	0,057
Al (total)	0,147	0,172	0,173	0,110	0,204	0,183	0,206	0,215	0,210	0,228	0,212	0,152	0,138	0,155	0,147	0,158	0,154	0,140	0,154
Fe ²⁺	0,068	0,074	0,072	0,077	0,093	0,085	0,078	0,082	0,086	0,093	0,080	0,135	0,133	0,129	0,134	0,144	0,130	0,166	0,136
Mn	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004	0,004	0,005
Mg	0,903	0,884	0,877	0,994	0,897	0,905	0,873	0,868	0,866	0,915	0,878	0,852	0,860	0,844	0,864	0,853	0,843	0,925	0,840
Ca	0,935	0,937	0,932	0,890	0,884	0,892	0,913	0,911	0,913	0,877	0,918	0,926	0,913	0,919	0,909	0,901	0,918	0,832	0,929
Na	0,044	0,044	0,042	0,032	0,045	0,045	0,045	0,048	0,043	0,046	0,037	0,038	0,040	0,035	0,036	0,038	0,044	0,032	0,042
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,015	0,019	0,023	0,010	0,013	0,013	0,013	0,015	0,013	0,014	0,013	0,009	0,009	0,008	0,010	0,007	0,010	0,011	0,010
Sum	4,027	4,029	4,022	4,036	4,025	4,025	4,021	4,025	4,022	4,038	4,023	4,027	4,022	4,015	4,022	4,021	4,021	4,026	4,027
Mg#	92,99	92,30	92,39	92,81	90,62	91,44	91,84	91,35	90,95	90,82	91,69	86,36	86,62	86,74	86,59	85,53	86,63	84,74	86,10
Cr#	9,40	9,99	11,57	8,63	5,94	6,60	5,93	6,43	5,98	5,75	5,69	5,83	6,18	5,16	6,41	4,45	6,16	7,14	5,85
Vo	47,94	48,35	48,49	44,67	46,08	46,33	47,84	47,69	47,85	45,42	47,99	47,46	46,89	47,70	46,78	46,54	47,44	42,56	47,74
En	46,30	45,60	45,59	49,87	46,73	46,96	45,76	45,48	45,40	47,40	45,90	43,70	44,21	43,80	44,48	44,05	43,57	47,28	43,16
Fs	3,49	3,80	3,76	3,86	4,84	4,40	4,06	4,31	4,52	4,79	4,16	6,90	6,83	6,70	6,89	7,46	6,73	8,51	6,97

Tablo B.6. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-105 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.
SiO ₂	51,98	51,56	51,95	51,69	51,83	51,93	51,72	51,60	51,60	51,87	51,80	51,86	47,25	46,90	47,02	47,24	47,04	47,24	47,13
TiO ₂	0,32	0,34	0,30	0,31	0,33	0,24	0,30	0,28	0,32	0,30	0,32	0,29	0,73	0,86	0,74	0,76	0,84	0,88	0,84
Al ₂ O ₃	3,49	3,71	3,57	3,41	3,54	3,53	3,47	3,46	3,58	3,60	3,57	3,59	7,92	8,29	8,04	8,11	8,00	8,00	7,83
FeO	4,44	4,33	4,62	4,72	4,39	4,80	4,24	4,35	4,39	4,59	4,27	4,31	7,80	6,18	9,52	8,03	6,65	6,34	6,39
MnO	0,17	0,17	0,12	0,16	0,13	0,12	0,12	0,14	0,18	0,21	0,15	0,11	0,15	0,11	0,19	0,14	0,15	0,14	0,18
MgO	15,57	15,35	15,94	15,63	15,47	15,97	15,45	15,43	15,70	15,98	15,59	15,45	14,78	13,18	16,12	15,10	13,18	13,86	13,27
CaO	23,22	23,32	22,37	23,11	23,22	22,48	23,14	23,20	23,33	22,52	23,10	23,25	19,85	23,10	16,05	19,61	22,84	22,25	23,28
Na ₂ O	0,58	0,58	0,53	0,50	0,57	0,48	0,53	0,54	0,54	0,53	0,53	0,48	0,36	0,45	0,29	0,34	0,44	0,39	0,41
K ₂ O	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,34	0,37	0,31	0,29	0,36	0,43	0,45	0,36	0,44	0,36	0,42	0,27	0,05	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01
Toplam	100,13	99,73	99,71	99,82	99,85	99,99	99,42	99,36	100,08	99,96	99,75	99,61	98,89	99,16	97,98	99,33	99,20	99,09	99,36
Si	1,907	1,900	1,909	1,905	1,906	1,906	1,909	1,908	1,896	1,904	1,906	1,910	1,772	1,759	1,774	1,764	1,767	1,769	1,767
Ti	0,009	0,009	0,008	0,009	0,009	0,007	0,008	0,008	0,009	0,008	0,009	0,008	0,021	0,024	0,021	0,021	0,024	0,025	0,024
Al(IV)	0,093	0,100	0,091	0,095	0,094	0,094	0,091	0,092	0,104	0,096	0,094	0,090	0,228	0,241	0,226	0,236	0,233	0,231	0,233
Al(VI)	0,058	0,061	0,064	0,053	0,060	0,059	0,060	0,058	0,051	0,060	0,061	0,066	0,122	0,126	0,132	0,121	0,121	0,122	0,113
Al (total)	0,151	0,161	0,155	0,148	0,153	0,153	0,151	0,151	0,155	0,156	0,155	0,156	0,350	0,367	0,358	0,357	0,354	0,353	0,346
Fe ²⁺	0,136	0,133	0,142	0,145	0,135	0,147	0,131	0,134	0,135	0,141	0,131	0,133	0,245	0,194	0,300	0,251	0,209	0,198	0,200
Mn	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,007	0,005	0,003	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006
Mg	0,852	0,843	0,873	0,858	0,848	0,874	0,850	0,850	0,860	0,874	0,855	0,848	0,826	0,737	0,907	0,841	0,738	0,774	0,742
Ca	0,913	0,921	0,881	0,912	0,915	0,884	0,915	0,919	0,919	0,886	0,911	0,917	0,798	0,929	0,649	0,785	0,919	0,893	0,935
Na	0,041	0,042	0,038	0,036	0,041	0,034	0,038	0,039	0,038	0,038	0,037	0,034	0,026	0,033	0,022	0,024	0,032	0,028	0,030
K	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001
Cr	0,010	0,011	0,009	0,008	0,011	0,013	0,013	0,011	0,013	0,010	0,012	0,008	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Sum	4,024	4,025	4,019	4,026	4,023	4,021	4,019	4,024	4,030	4,023	4,021	4,017	4,045	4,048	4,037	4,048	4,049	4,044	4,052
Mg#	86,22	86,34	86,00	85,52	86,26	85,58	86,65	86,35	86,44	86,12	86,68	86,46	77,16	79,16	75,11	77,03	77,93	79,60	78,74
Cr#	6,07	6,28	5,43	5,37	6,42	7,62	7,99	6,56	7,54	6,24	7,28	4,83	0,39	0,62	0,00	0,00	0,25	0,00	0,11
Vo	47,00	47,48	45,54	46,75	47,20	45,58	47,33	47,31	47,07	45,68	47,07	47,46	42,11	49,08	34,56	41,29	48,43	47,15	49,03
En	43,86	43,49	45,16	43,98	43,74	45,07	43,96	43,77	44,06	45,11	44,20	43,90	43,61	38,94	48,29	44,23	38,87	40,88	38,89
Fs	7,01	6,88	7,35	7,45	6,97	7,59	6,77	6,92	6,91	7,27	6,79	6,88	12,91	10,25	16,00	13,19	11,01	10,48	10,50

Tablo B.6. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.
SiO ₂	47,09	47,17	47,31	47,23	46,94	47,11	47,09	46,75	46,99	47,01	47,09	47,03	47,07	48,49	47,78	47,97	47,83	48,20	48,06
TiO ₂	0,84	0,90	0,83	0,78	0,88	0,65	0,82	0,83	0,90	0,83	0,83	0,82	0,85	0,53	0,73	0,73	0,66	0,65	0,78
Al ₂ O ₃	7,73	7,66	7,40	7,89	8,32	8,21	7,93	8,07	8,02	7,77	7,76	7,60	7,57	5,27	7,16	7,26	7,08	6,72	6,49
FeO	6,25	6,29	6,65	7,52	6,00	9,79	7,63	6,60	6,32	6,20	6,36	6,23	6,26	7,47	5,05	5,78	5,27	5,19	5,05
MnO	0,11	0,14	0,15	0,12	0,09	0,17	0,08	0,20	0,11	0,19	0,14	0,16	0,16	0,23	0,21	0,19	0,17	0,13	0,13
MgO	13,45	13,25	13,56	14,42	13,12	16,28	14,87	13,21	13,90	13,25	13,33	13,35	13,45	14,92	13,80	14,33	13,83	14,10	14,05
CaO	22,84	23,26	22,76	20,56	22,76	16,05	19,55	22,94	22,03	23,12	22,89	23,16	22,76	20,74	23,22	22,34	23,01	23,45	23,69
Na ₂ O	0,46	0,36	0,38	0,38	0,42	0,31	0,35	0,46	0,35	0,45	0,37	0,39	0,38	0,34	0,42	0,42	0,39	0,36	0,29
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,07	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,06	0,02	0,01	0,08	0,01	0,06
Toplam	98,83	99,02	99,05	98,92	98,55	98,57	98,39	99,06	98,63	98,82	98,82	98,78	98,51	98,05	98,40	99,03	98,33	98,82	98,59
Si	1,772	1,773	1,778	1,772	1,767	1,769	1,772	1,759	1,767	1,770	1,772	1,772	1,776	1,837	1,796	1,792	1,800	1,805	1,805
Ti	0,024	0,025	0,024	0,022	0,025	0,018	0,023	0,023	0,026	0,024	0,023	0,023	0,024	0,015	0,021	0,021	0,019	0,018	0,022
Al(IV)	0,228	0,227	0,222	0,228	0,233	0,231	0,228	0,241	0,233	0,230	0,228	0,228	0,224	0,163	0,204	0,208	0,200	0,195	0,195
Al(VI)	0,114	0,112	0,106	0,121	0,136	0,132	0,124	0,117	0,122	0,115	0,117	0,110	0,113	0,072	0,114	0,112	0,113	0,102	0,092
Al (total)	0,343	0,339	0,328	0,349	0,369	0,363	0,352	0,358	0,355	0,345	0,344	0,338	0,337	0,235	0,317	0,320	0,314	0,297	0,287
Fe ²⁺	0,197	0,198	0,209	0,236	0,189	0,308	0,240	0,208	0,199	0,195	0,200	0,196	0,198	0,237	0,159	0,181	0,166	0,162	0,159
Mn	0,003	0,004	0,005	0,004	0,003	0,005	0,003	0,006	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	0,007	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
Mg	0,754	0,742	0,760	0,807	0,736	0,911	0,834	0,741	0,779	0,744	0,748	0,750	0,757	0,842	0,773	0,798	0,776	0,787	0,787
Ca	0,921	0,937	0,916	0,827	0,918	0,646	0,788	0,925	0,888	0,933	0,923	0,935	0,920	0,842	0,935	0,894	0,928	0,941	0,953
Na	0,033	0,026	0,028	0,028	0,030	0,023	0,025	0,033	0,026	0,033	0,027	0,029	0,028	0,025	0,030	0,030	0,028	0,026	0,021
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002
Sum	4,049	4,045	4,048	4,045	4,039	4,043	4,041	4,055	4,043	4,050	4,045	4,049	4,045	4,042	4,039	4,042	4,038	4,041	4,039
Mg#	79,32	78,96	78,43	77,37	79,59	74,76	77,65	78,12	79,69	79,20	78,89	79,26	79,29	78,07	82,96	81,55	82,38	82,89	83,21
Cr#	0,59	0,00	0,08	0,25	0,00	0,00	0,50	0,14	0,00	0,00	0,41	0,30	0,08	0,81	0,16	0,08	0,77	0,13	0,57
Vo	48,34	49,21	47,91	43,58	49,01	34,22	41,75	48,50	46,93	48,96	48,63	48,97	48,38	43,27	49,29	46,98	48,88	49,10	49,65
En	39,59	39,01	39,72	42,53	39,30	48,27	44,19	38,87	41,20	39,05	39,39	39,26	39,77	43,30	40,75	41,94	40,88	41,08	40,98
Fs	10,32	10,39	10,92	12,44	10,08	16,30	12,72	10,89	10,50	10,26	10,54	10,27	10,39	12,16	8,37	9,49	8,74	8,48	8,27

Tablo B.6. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.	M-113 Kpir.
SiO ₂	47,48	48,78	48,45	47,32	47,68	47,39	47,64	47,67	47,50	47,47	47,50	47,67	47,85	47,54	47,38	47,50	47,26	48,96
TiO ₂	0,85	0,65	0,74	0,71	0,72	0,67	0,64	0,65	0,72	0,72	0,74	0,76	0,68	0,76	0,76	0,79	0,77	0,62
Al ₂ O ₃	7,34	5,22	6,34	7,89	7,57	7,31	7,44	7,32	7,37	7,37	7,37	7,29	6,71	7,41	7,54	7,41	7,28	5,51
FeO	5,19	5,56	4,64	6,46	6,25	6,05	7,08	6,27	6,06	6,45	6,15	5,84	6,16	6,07	6,03	6,26	6,19	5,04
MnO	0,09	0,21	0,16	0,25	0,16	0,13	0,09	0,19	0,16	0,10	0,16	0,06	0,10	0,12	0,17	0,13	0,14	0,11
MgO	13,81	14,46	14,11	13,34	13,18	13,44	14,45	13,59	13,30	13,68	13,41	13,51	14,06	13,63	13,43	13,53	13,46	14,71
CaO	23,57	23,28	23,76	22,22	23,04	22,95	21,16	22,76	22,81	22,47	23,11	23,35	22,47	22,79	22,91	23,02	22,69	23,29
Na ₂ O	0,41	0,28	0,30	0,48	0,45	0,44	0,33	0,38	0,37	0,38	0,35	0,33	0,35	0,36	0,34	0,36	0,36	0,28
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,05	0,06	0,04	0,11	0,08	0,14	0,09	0,13	0,11	0,10	0,07	0,13	0,12	0,09	0,15	0,13	0,05	0,09
Toplam	98,80	98,52	98,54	98,78	99,11	98,55	98,94	98,96	98,40	98,74	98,87	98,94	98,54	98,78	98,73	99,12	98,21	98,61
Si	1,781	1,836	1,816	1,779	1,788	1,787	1,786	1,790	1,792	1,786	1,786	1,788	1,801	1,786	1,782	1,782	1,788	1,834
Ti	0,024	0,018	0,021	0,020	0,020	0,019	0,018	0,018	0,021	0,020	0,021	0,021	0,019	0,022	0,022	0,022	0,022	0,018
Al(IV)	0,219	0,164	0,184	0,221	0,212	0,213	0,214	0,210	0,208	0,214	0,214	0,212	0,199	0,214	0,218	0,218	0,212	0,166
Al(VI)	0,106	0,067	0,096	0,129	0,122	0,112	0,115	0,113	0,119	0,113	0,112	0,111	0,099	0,114	0,117	0,109	0,112	0,077
Al (total)	0,325	0,231	0,280	0,349	0,334	0,325	0,329	0,324	0,328	0,327	0,327	0,322	0,298	0,328	0,334	0,328	0,324	0,243
Fe ²⁺	0,163	0,175	0,145	0,203	0,196	0,191	0,222	0,197	0,191	0,203	0,193	0,183	0,194	0,191	0,190	0,196	0,196	0,158
Mn	0,003	0,007	0,005	0,008	0,005	0,004	0,003	0,006	0,005	0,003	0,005	0,002	0,003	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Mg	0,772	0,811	0,789	0,748	0,736	0,756	0,808	0,760	0,748	0,767	0,751	0,756	0,789	0,763	0,753	0,757	0,759	0,821
Ca	0,948	0,939	0,954	0,895	0,925	0,927	0,850	0,915	0,922	0,906	0,931	0,938	0,906	0,918	0,923	0,925	0,920	0,935
Na	0,030	0,021	0,022	0,035	0,033	0,032	0,024	0,028	0,027	0,027	0,025	0,024	0,026	0,026	0,025	0,026	0,027	0,021
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,004	0,003	0,004	0,003	0,003	0,002	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,001	0,003
Sum	4,047	4,040	4,033	4,042	4,040	4,046	4,043	4,042	4,036	4,043	4,042	4,039	4,042	4,040	4,039	4,043	4,041	4,036
Mg#	82,59	82,27	84,43	78,64	78,99	79,84	78,43	79,45	79,64	79,08	79,54	80,48	80,25	80,00	79,88	79,40	79,48	83,88
Cr#	0,47	0,71	0,41	0,90	0,68	1,24	0,76	1,16	0,97	0,93	0,66	1,17	1,23	0,81	1,32	1,19	0,43	1,04
Vo	49,54	48,25	49,96	47,58	48,95	48,64	44,65	48,17	48,83	47,58	48,97	49,35	47,33	48,36	48,84	48,59	48,38	48,33
En	40,39	41,70	41,29	39,74	38,95	39,65	42,43	40,01	39,61	40,32	39,53	39,74	41,20	40,22	39,83	39,74	39,92	42,45
Fs	8,51	8,99	7,61	10,80	10,36	10,01	11,67	10,35	10,12	10,67	10,17	9,64	10,14	10,05	10,03	10,31	10,31	8,16

Tablo B.7. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ortopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-101 Opir.	M-101 Opir.	M-101 Opir.	M-101 Opir.	M-101 Opir.	M-105 Opir.	M-105 Opir.	M-105 Opir.	M-105 Opir.	M-105 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.
SiO ₂	55,96	56,84	56,02	55,27	55,38	54,26	54,13	54,15	54,78	54,16	50,79	50,52	50,61	51,16	50,28	49,98	50,28
TiO ₂	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,07	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,16	0,08	0,11	0,12	0,13
Al ₂ O ₃	2,04	1,48	1,92	4,16	4,23	2,76	2,71	2,73	2,84	2,65	6,20	6,30	6,38	5,49	6,44	6,40	6,24
FeO	6,99	6,90	6,95	6,39	6,82	12,56	12,80	12,60	12,55	12,44	14,06	13,95	13,78	13,84	14,96	13,99	15,02
MnO	0,16	0,23	0,12	0,14	0,14	0,32	0,28	0,26	0,34	0,30	0,27	0,17	0,28	0,23	0,21	0,23	0,25
MgO	34,09	34,99	34,38	33,43	33,84	29,84	29,78	29,87	29,93	29,81	27,36	27,02	27,10	27,46	27,17	26,91	27,10
CaO	0,42	0,38	0,38	0,68	0,66	0,49	0,49	0,46	0,43	0,44	0,75	0,87	0,96	0,77	0,52	0,58	0,59
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	0,00	0,02	0,04	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00
K ₂ O	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04
Cr ₂ O ₃	0,22	0,16	0,26	0,27	0,43	0,23	0,25	0,24	0,31	0,23	0,08	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
Toplam	99,96	101,06	100,12	100,43	101,60	100,52	100,54	100,42	101,32	100,14	99,68	99,08	99,38	99,15	99,81	98,36	99,76
Si	1,939	1,947	1,938	1,902	1,890	1,920	1,918	1,918	1,922	1,923	1,831	1,831	1,829	1,851	1,817	1,826	1,820
Ti	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002	0,003	0,003	0,004
Al(IV)	0,061	0,053	0,062	0,098	0,110	0,080	0,082	0,082	0,078	0,077	0,169	0,169	0,171	0,149	0,183	0,174	0,180
Al(VI)	0,023	0,007	0,016	0,071	0,060	0,036	0,031	0,033	0,040	0,034	0,095	0,101	0,100	0,086	0,092	0,101	0,086
Al (total)	0,083	0,060	0,078	0,169	0,170	0,115	0,113	0,114	0,118	0,111	0,263	0,269	0,272	0,234	0,274	0,276	0,266
Fe ²⁺	0,203	0,198	0,201	0,184	0,195	0,372	0,379	0,373	0,368	0,369	0,424	0,423	0,416	0,419	0,452	0,427	0,455
Mn	0,005	0,007	0,004	0,004	0,004	0,009	0,009	0,008	0,010	0,009	0,008	0,005	0,008	0,007	0,006	0,007	0,008
Mg	1,761	1,787	1,773	1,715	1,721	1,574	1,573	1,578	1,566	1,578	1,470	1,460	1,460	1,481	1,464	1,465	1,462
Ca	0,015	0,014	0,014	0,025	0,024	0,018	0,019	0,017	0,016	0,017	0,029	0,034	0,037	0,030	0,020	0,023	0,023
Na	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
K	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
Cr	0,006	0,004	0,007	0,007	0,012	0,006	0,007	0,007	0,009	0,006	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Sum	4,015	4,019	4,018	4,010	4,019	4,018	4,021	4,019	4,014	4,016	4,034	4,031	4,030	4,028	4,042	4,032	4,042
Mg#	89,68	90,04	89,81	90,32	89,84	80,90	80,57	80,86	80,95	81,03	77,63	77,55	77,81	77,96	76,41	77,42	76,28
Cr#	6,68	6,91	8,31	4,16	6,36	5,27	5,91	5,60	6,84	5,48	0,87	0,69	1,06	1,33	1,09	1,18	1,16
Vo	0,78	0,71	0,71	1,31	1,24	0,94	0,95	0,88	0,82	0,85	1,50	1,76	1,94	1,55	1,04	1,17	1,18
En	88,98	89,41	89,16	89,04	88,60	80,10	79,75	80,13	80,18	80,34	76,39	76,07	76,30	76,73	75,53	76,45	75,38
Fs	10,24	9,89	10,12	9,55	10,02	18,92	19,23	18,97	18,87	18,81	22,02	22,03	21,76	21,69	23,32	22,29	23,44

Tablo B.7. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait ortopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.	M-113 Opir.
SiO ₂	50,92	50,09	49,86	51,04	50,60	50,39	50,50	50,29	50,17	50,58	50,08	50,78	50,61	50,83	51,00	50,26	50,37	50,83
TiO ₂	0,08	0,11	0,07	0,12	0,12	0,11	0,13	0,06	0,12	0,11	0,12	0,12	0,15	0,11	0,10	0,12	0,10	0,10
Al ₂ O ₃	6,17	6,17	8,21	4,81	6,05	5,97	6,16	6,20	6,38	6,21	6,18	5,97	6,32	6,01	5,83	7,01	6,58	5,89
FeO	14,39	14,61	14,95	14,59	14,38	14,61	14,45	14,18	14,41	14,37	14,34	13,85	13,98	13,66	13,88	14,23	14,17	14,63
MnO	0,25	0,19	0,32	0,30	0,30	0,30	0,26	0,22	0,31	0,24	0,23	0,24	0,25	0,20	0,32	0,23	0,29	0,27
MgO	27,09	27,09	27,01	26,43	27,50	27,60	27,32	27,16	27,30	27,32	27,24	27,44	27,22	26,97	27,92	26,94	27,31	27,52
CaO	0,51	0,61	0,30	1,99	0,36	0,39	0,33	0,44	0,57	0,45	0,47	0,40	0,63	1,03	0,46	0,38	0,30	0,26
Na ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Cr ₂ O ₃	0,17	0,06	0,15	0,02	0,09	0,10	0,05	0,14	0,03	0,09	0,14	0,08	0,11	0,09	0,15	0,03	0,10	0,09
Toplam	99,60	98,94	100,87	99,32	99,39	99,48	99,21	98,72	99,27	99,38	98,82	98,87	99,26	98,89	99,67	99,21	99,24	99,60
Si	1,838	1,824	1,782	1,858	1,831	1,825	1,830	1,831	1,819	1,830	1,824	1,841	1,830	1,843	1,836	1,819	1,823	1,836
Ti	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Al(IV)	0,162	0,176	0,218	0,142	0,169	0,175	0,170	0,169	0,181	0,170	0,176	0,159	0,170	0,157	0,164	0,181	0,177	0,164
Al(VI)	0,100	0,089	0,128	0,065	0,089	0,080	0,093	0,097	0,092	0,094	0,089	0,096	0,100	0,100	0,084	0,118	0,104	0,087
Al (total)	0,262	0,265	0,346	0,206	0,258	0,255	0,263	0,266	0,273	0,265	0,265	0,255	0,269	0,257	0,247	0,299	0,281	0,251
Fe ²⁺	0,434	0,445	0,447	0,444	0,435	0,443	0,438	0,432	0,437	0,435	0,437	0,420	0,423	0,414	0,418	0,431	0,429	0,442
Mn	0,008	0,006	0,010	0,009	0,009	0,009	0,008	0,007	0,009	0,007	0,007	0,007	0,008	0,006	0,010	0,007	0,009	0,008
Mg	1,457	1,471	1,439	1,435	1,483	1,490	1,476	1,474	1,476	1,474	1,479	1,483	1,468	1,458	1,498	1,453	1,474	1,482
Ca	0,020	0,024	0,011	0,078	0,014	0,015	0,013	0,017	0,022	0,018	0,018	0,015	0,024	0,040	0,018	0,015	0,012	0,010
Na	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Cr	0,005	0,002	0,004	0,000	0,002	0,003	0,001	0,004	0,001	0,002	0,004	0,002	0,003	0,002	0,004	0,001	0,003	0,003
Sum	4,027	4,040	4,041	4,036	4,036	4,044	4,034	4,033	4,041	4,034	4,039	4,027	4,029	4,024	4,035	4,028	4,033	4,035
Mg#	77,04	76,78	76,31	76,35	77,32	77,10	77,11	77,35	77,16	77,22	77,20	77,93	77,63	77,87	78,19	77,14	77,46	77,03
Cr#	1,86	0,66	1,18	0,23	0,94	1,08	0,53	1,51	0,30	0,91	1,48	0,86	1,15	0,95	1,75	0,31	0,98	1,05
Vo	1,03	1,23	0,60	3,98	0,72	0,77	0,66	0,89	1,14	0,91	0,95	0,80	1,27	2,08	0,92	0,77	0,62	0,52
En	76,22	75,83	75,85	73,32	76,76	76,44	76,60	76,66	76,28	76,48	76,41	77,31	76,64	76,25	77,47	76,55	76,98	76,63
Fs	22,72	22,94	23,55	22,71	22,52	22,70	22,74	22,45	22,58	22,56	22,56	21,89	22,09	21,67	21,61	22,68	22,40	22,85

Tablo B.8. Vartankeltepe ultramafik-mafik kümülatlarına ait spinel minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 4 oksijene göre hesaplanmıştır, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{2+\#} = 100 \cdot Fe^{2+} / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{3+\#} = 100 \cdot Fe^{3+} / (Mg + Fe^{3+} + Fe^{2+})$, Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn
SiO ₂	0,10	0,14	0,10	0,11	0,10	0,11	0,17	0,13	0,13	0,23	0,10	0,13	0,11	0,10	0,12
TiO ₂	0,14	0,05	0,03	0,07	0,05	0,05	0,16	0,03	0,04	0,00	0,01	0,01	0,09	0,04	0,08
Al ₂ O ₃	54,33	53,82	51,98	51,01	58,22	58,19	58,14	58,73	55,44	57,72	54,15	55,64	56,44	56,36	56,62
Cr ₂ O ₃	11,64	12,75	14,00	14,26	8,55	8,47	8,63	8,52	10,87	10,90	12,60	10,60	10,36	10,44	9,21
Fe ₂ O ₃	2,86	2,79	3,04	2,83	2,47	2,19	2,49	2,28	1,73	2,53	2,38	2,54	2,28	2,19	2,35
FeO	13,58	13,53	14,29	14,50	11,44	11,24	11,72	11,40	12,50	12,42	13,07	12,92	12,05	11,95	11,80
MnO	0,17	0,19	0,21	0,16	0,13	0,11	0,12	0,12	0,14	0,16	0,10	0,11	0,13	0,07	0,12
MgO	17,84	17,89	17,05	16,65	19,59	19,63	19,65	19,80	18,32	19,59	18,10	18,31	19,03	19,02	18,96
CaO	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Toplam	100,65	101,17	100,71	99,59	100,54	100,02	101,09	101,00	99,23	103,59	100,52	100,27	100,49	100,17	99,24
Si	0,003	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,004	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Ti	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002
Al	1,690	1,670	1,637	1,628	1,771	1,776	1,761	1,775	1,729	1,722	1,684	1,722	1,733	1,735	1,753
Cr	0,243	0,265	0,296	0,305	0,174	0,173	0,175	0,173	0,228	0,218	0,263	0,220	0,213	0,216	0,191
Fe ³⁺	0,057	0,055	0,061	0,058	0,048	0,043	0,048	0,044	0,035	0,048	0,047	0,050	0,045	0,043	0,046
Fe ²⁺	0,300	0,298	0,319	0,328	0,247	0,243	0,252	0,244	0,277	0,263	0,288	0,284	0,262	0,261	0,259
Mn	0,004	0,004	0,005	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003
Mg	0,702	0,702	0,679	0,672	0,754	0,758	0,753	0,757	0,723	0,739	0,712	0,717	0,739	0,740	0,743
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Toplam	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Cr#	12,56	13,71	15,30	15,79	8,97	8,90	9,06	8,87	11,63	11,25	13,50	11,34	10,96	11,05	9,84
Mg#	70,08	70,21	68,02	67,17	75,32	75,69	74,93	75,59	72,31	73,76	71,17	71,64	73,80	73,94	74,13
Fe ³⁺ #	2,85	2,77	3,07	2,90	2,41	2,14	2,42	2,21	1,73	2,43	2,37	2,52	2,25	2,16	2,33
Fe ²⁺ #	29,92	29,79	31,98	32,83	24,68	24,31	25,07	24,41	27,69	26,24	28,83	28,36	26,20	26,06	25,87

Tablo B.9. (Devam)Vartankeltepe ultramafik-mafik kümülatlarına ait spinel minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 4 oksijene göre hesaplanmıştır, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{2+\#} = 100 \cdot Fe^{2+} / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{3+\#} = 100 \cdot Fe^{3+} / (Mg + Fe^{3+} + Fe^{2+})$,. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-101 Spn	M-113 Spn	M-113 Spn	M-113 Spn	M-113 Spn	M-113 Spn	M-113 Spn
SiO ₂	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,14	0,12	0,10	0,13	0,09	0,11	0,11
TiO ₂	0,14	0,11	0,07	0,01	0,13	0,02	0,03	0,01	0,00	0,03	0,03	0,02
Al ₂ O ₃	45,73	45,65	45,10	48,37	44,72	45,03	61,34	62,24	61,88	59,65	60,04	60,80
Cr ₂ O ₃	19,06	20,17	19,95	17,40	20,18	20,14	0,05	0,05	0,06	1,27	1,32	1,02
Fe ₂ O ₃	3,67	3,24	3,77	3,17	3,78	3,30	4,30	3,92	4,05	3,85	4,14	3,83
FeO	15,96	15,86	15,72	14,77	16,19	16,04	18,62	18,41	18,50	20,36	20,03	20,05
MnO	0,29	0,18	0,23	0,16	0,18	0,17	0,10	0,16	0,16	0,15	0,14	0,18
MgO	15,25	15,50	15,32	16,33	15,09	15,07	15,02	15,35	15,23	13,53	14,00	14,12
CaO	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,00	0,05	0,03	0,01
Toplam	100,25	100,85	100,27	100,33	100,39	99,93	99,60	100,27	100,00	98,99	99,83	100,14
Si	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003
Ti	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Al	1,493	1,482	1,475	1,553	1,465	1,478	1,906	1,914	1,910	1,886	1,880	1,892
Cr	0,417	0,439	0,438	0,375	0,443	0,444	0,001	0,001	0,001	0,027	0,028	0,021
Fe ³⁺	0,077	0,067	0,079	0,065	0,079	0,069	0,085	0,077	0,080	0,078	0,083	0,076
Fe ²⁺	0,370	0,365	0,365	0,336	0,376	0,374	0,411	0,402	0,405	0,457	0,445	0,443
Mn	0,007	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004
Mg	0,630	0,637	0,634	0,663	0,625	0,626	0,591	0,597	0,595	0,541	0,555	0,556
Ca	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000
Toplam	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Cr#	21,85	22,86	22,88	19,44	23,23	23,08	0,05	0,05	0,07	1,41	1,45	1,11
Mg#	63,02	63,54	63,46	66,34	62,43	62,61	58,99	59,77	59,47	54,23	55,48	55,67
Fe ³⁺ #	3,85	3,38	3,95	3,26	3,98	3,48	4,28	3,87	4,00	3,91	4,16	3,83
Fe ²⁺ #	36,98	36,46	36,54	33,66	37,57	37,39	41,01	40,23	40,53	45,77	44,52	44,33

Tablo B.10. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 23 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg} = (Mg/Mg+Fe^{2+})$). Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-105	M-113	M-113
Kayaç	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.
SiO ₂	40,55	40,20	40,32	40,29	40,04	40,82	44,36	45,03	43,40	44,66	45,59	44,17	44,52	44,33	44,92	44,87	45,24	44,63	45,40	41,66	41,56
TiO ₂	2,96	2,95	1,81	2,73	3,11	2,76	1,59	1,46	1,65	1,44	1,40	1,54	1,45	1,57	1,55	1,50	1,48	1,49	1,41	1,86	1,93
Al ₂ O ₃	15,66	15,82	16,74	16,04	15,66	15,52	12,46	12,22	12,30	12,34	12,43	12,53	12,32	12,39	12,17	12,15	11,68	12,27	12,02	15,65	15,73
FeO	12,25	12,58	12,03	11,91	12,64	11,59	6,88	6,72	7,01	7,05	7,23	6,92	7,29	7,05	6,96	7,11	7,18	7,16	7,07	7,79	7,90
MnO	0,19	0,15	0,12	0,11	0,17	0,10	0,05	0,11	0,06	0,02	0,04	0,12	0,10	0,09	0,06	0,04	0,06	0,12	0,09	0,16	0,07
MgO	12,39	12,32	12,57	12,30	12,20	12,33	16,07	16,51	16,05	16,15	16,79	16,14	16,26	16,10	16,39	16,31	16,52	16,23	16,74	14,95	15,08
CaO	10,70	10,85	10,85	11,24	10,72	11,19	12,02	12,17	11,99	12,26	12,06	12,12	11,99	12,14	12,04	12,19	12,02	11,95	12,19	12,10	12,12
Na ₂ O	2,58	2,61	2,59	2,44	2,52	2,31	1,75	1,77	1,76	1,86	1,89	1,88	1,91	1,76	1,80	1,88	1,81	1,83	1,84	2,44	2,52
K ₂ O	0,64	0,55	0,66	0,68	0,58	0,61	0,60	0,52	0,56	0,53	0,55	0,53	0,49	0,50	0,67	0,60	0,51	0,54	0,47	0,40	0,39
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,33	0,22	0,03	0,26	0,16	0,11	0,78	0,62	0,60	0,78	0,63	0,11	0,14
Toplam	97,91	98,05	97,72	97,74	97,65	97,24	95,83	96,55	95,12	96,52	98,02	96,21	96,48	96,06	97,33	97,28	97,09	97,00	97,85	97,12	97,45
Si	5,85	5,80	5,80	5,84	5,80	5,94	6,41	6,44	6,32	6,42	6,41	6,36	6,38	6,39	6,39	6,40	6,44	6,37	6,41	5,98	5,95
Al iv	2,15	2,20	2,20	2,16	2,20	2,06	1,59	1,56	1,68	1,58	1,59	1,64	1,62	1,61	1,61	1,60	1,56	1,63	1,59	2,02	2,05
Al vi	0,51	0,49	0,64	0,58	0,47	0,60	0,53	0,50	0,44	0,51	0,47	0,49	0,46	0,50	0,43	0,45	0,40	0,43	0,41	0,63	0,60
Ti	0,32	0,32	0,20	0,30	0,34	0,30	0,17	0,16	0,18	0,16	0,15	0,17	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,20	0,21
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,03	0,02	0,01	0,09	0,07	0,07	0,09	0,07	0,01	0,02
Fe ³⁺	0,85	0,88	0,97	0,67	0,91	0,60	0,40	0,43	0,50	0,35	0,57	0,42	0,52	0,42	0,47	0,41	0,51	0,54	0,53	0,49	0,53
Fe ²⁺	0,63	0,64	0,48	0,77	0,62	0,81	0,43	0,38	0,36	0,50	0,28	0,41	0,36	0,43	0,36	0,44	0,35	0,32	0,30	0,44	0,42
Mn	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mg	2,66	2,65	2,70	2,66	2,63	2,67	3,46	3,52	3,48	3,46	3,52	3,47	3,47	3,46	3,48	3,47	3,51	3,45	3,52	3,20	3,22
Ca	1,65	1,68	1,67	1,75	1,66	1,74	1,86	1,86	1,87	1,89	1,82	1,87	1,84	1,88	1,84	1,86	1,83	1,83	1,84	1,86	1,86
Na	0,72	0,73	0,72	0,69	0,71	0,65	0,49	0,49	0,50	0,52	0,52	0,53	0,53	0,49	0,50	0,52	0,50	0,51	0,50	0,68	0,70
K	0,12	0,10	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,09	0,10	0,09	0,07	0,07
OH*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Toplam	17,49	17,51	17,52	17,56	17,48	17,51	17,46	17,45	17,47	17,50	17,43	17,49	17,46	17,46	17,45	17,49	17,43	17,43	17,43	17,61	17,63
(Ca+Na) _(B)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na _(B)	0,35	0,32	0,33	0,25	0,34	0,26	0,14	0,14	0,13	0,11	0,18	0,13	0,16	0,12	0,16	0,14	0,17	0,17	0,16	0,14	0,14
(Na+K) _(A)	0,49	0,51	0,52	0,56	0,48	0,51	0,46	0,45	0,47	0,50	0,43	0,49	0,46	0,46	0,45	0,49	0,43	0,43	0,43	0,61	0,63
X _{Mg#}	0,81	0,81	0,85	0,78	0,81	0,77	0,89	0,90	0,91	0,87	0,93	0,89	0,91	0,89	0,91	0,89	0,91	0,92	0,92	0,88	0,89

Tablo B.10. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 23 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg}=(Mg/Mg+Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113
Kayaç	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.
SiO ₂	41,47	41,60	41,50	41,31	41,25	41,17	41,16	41,29	41,04	41,18	41,20	41,06	40,02	40,96	41,03	40,92	41,19	41,18	40,96	40,68	40,81	
TiO ₂	1,90	1,89	1,90	1,92	1,97	1,89	1,91	1,92	1,92	1,90	1,97	1,94	2,01	2,00	1,93	1,88	1,93	1,73	1,83	1,88	2,02	
Al ₂ O ₃	15,69	15,74	15,59	15,59	15,83	15,60	15,71	15,75	15,94	15,63	15,56	15,67	15,51	15,67	15,60	15,68	15,37	15,15	15,28	15,65	15,97	
FeO	7,86	8,02	8,29	7,84	7,68	7,63	8,01	7,89	7,63	7,77	7,59	7,53	7,30	7,58	7,40	7,60	7,43	7,86	7,15	7,43	7,21	
MnO	0,16	0,08	0,12	0,07	0,09	0,07	0,11	0,11	0,07	0,12	0,02	0,03	0,08	0,02	0,10	0,12	0,08	0,09	0,14	0,05	0,06	
MgO	15,08	15,18	15,04	15,14	14,78	14,92	15,02	15,06	15,00	15,08	14,98	15,04	15,00	14,98	14,88	14,93	15,06	15,42	15,20	14,89	14,96	
CaO	12,10	12,03	12,26	12,18	12,17	12,06	12,26	12,26	12,22	12,22	12,19	12,33	12,24	12,11	12,13	12,07	12,08	12,01	12,18	12,15	12,41	
Na ₂ O	2,43	2,48	2,46	2,50	2,43	2,38	2,59	2,46	2,43	2,38	2,44	2,44	2,31	2,36	2,35	2,36	2,34	2,30	2,38	2,36	2,40	
K ₂ O	0,36	0,41	0,38	0,38	0,40	0,37	0,41	0,39	0,41	0,39	0,48	0,46	0,40	0,42	0,45	0,46	0,37	0,40	0,41	0,39	0,45	
Cr ₂ O ₃	0,08	0,06	0,11	0,15	0,10	0,06	0,08	0,09	0,16	0,08	0,04	0,11	0,14	0,07	0,06	0,08	0,00	0,09	0,08	0,06	0,14	
Toplam	97,14	97,51	97,66	97,07	96,69	96,16	97,25	97,22	96,82	96,74	96,47	96,62	95,01	96,16	95,94	96,10	95,85	96,23	95,61	95,54	96,44	
Si	5,95	5,94	5,94	5,94	5,96	5,96	5,92	5,93	5,92	5,94	5,97	5,94	5,88	5,94	5,97	5,94	5,98	5,95	5,97	5,94	5,92	
Al iv	2,05	2,06	2,06	2,06	2,04	2,04	2,08	2,07	2,08	2,06	2,03	2,06	2,12	2,06	2,03	2,06	2,02	2,05	2,03	2,06	2,08	
Al vi	0,60	0,59	0,57	0,58	0,65	0,63	0,58	0,60	0,62	0,59	0,62	0,62	0,57	0,62	0,64	0,62	0,61	0,52	0,60	0,63	0,65	
Ti	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,21	0,20	0,21	0,19	0,20	0,21	0,22	
Cr	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	
Fe ³⁺	0,58	0,61	0,56	0,53	0,43	0,50	0,50	0,52	0,50	0,54	0,42	0,41	0,50	0,50	0,43	0,52	0,49	0,71	0,47	0,47	0,36	
Fe ²⁺	0,37	0,35	0,43	0,41	0,50	0,42	0,47	0,43	0,42	0,40	0,50	0,50	0,40	0,42	0,47	0,40	0,41	0,24	0,41	0,44	0,51	
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
Mg	3,22	3,23	3,21	3,24	3,18	3,22	3,22	3,23	3,22	3,24	3,23	3,25	3,29	3,24	3,23	3,23	3,26	3,32	3,30	3,24	3,23	
Ca	1,86	1,84	1,88	1,88	1,88	1,87	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,91	1,93	1,88	1,89	1,88	1,88	1,86	1,90	1,90	1,93	
Na	0,68	0,69	0,68	0,70	0,68	0,67	0,72	0,68	0,68	0,67	0,69	0,69	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,64	0,67	0,67	0,67	
K	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,09	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	
OH*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Toplam	17,60	17,60	17,63	17,64	17,64	17,61	17,69	17,64	17,64	17,62	17,67	17,68	17,66	17,62	17,64	17,63	17,61	17,58	17,65	17,64	17,69	
(Ca+Na) _(B)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Na _(B)	0,14	0,16	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,07	0,12	0,11	0,12	0,12	0,14	0,10	0,10	0,07	
(Na+K) _(A)	0,60	0,60	0,63	0,64	0,64	0,61	0,69	0,64	0,64	0,62	0,67	0,68	0,66	0,62	0,64	0,63	0,61	0,58	0,65	0,64	0,69	
X _{Mg#}	0,90	0,90	0,88	0,89	0,86	0,88	0,87	0,88	0,88	0,89	0,87	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,89	0,93	0,89	0,88	0,86	

Tablo B.10. (Devam) Vartankeltepe Ultramafit-Mafitleri'ne ait amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 23 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg} = (Mg/Mg+Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113	M-113
Kayaç	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.	Amf.
SiO ₂	40,47	39,32	40,99	41,09	41,08	41,04	40,67	40,64	40,35	40,65	41,05	39,76	41,43	40,37	40,61	40,66	40,77	40,80	40,48	40,80	40,56	39,82	40,81
TiO ₂	2,09	2,19	1,66	1,67	1,71	1,68	1,57	1,55	1,56	1,65	1,59	1,57	1,46	1,64	1,68	1,60	1,66	1,53	1,58	1,70	1,67	1,56	1,56
Al ₂ O ₃	16,19	16,84	15,85	15,77	15,90	15,74	15,84	15,71	15,77	15,50	15,61	15,35	15,55	15,48	15,54	15,54	15,32	15,34	15,82	15,55	15,78	15,86	15,61
FeO	6,85	6,76	8,84	8,80	8,95	8,72	9,15	9,11	9,33	9,17	9,19	9,25	9,13	9,37	9,28	8,64	8,63	8,85	8,46	8,78	8,72	8,35	8,55
MnO	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,13	0,07	0,13	0,17	0,07	0,11	0,09	0,09	0,04	0,08	0,12	0,07	0,06	0,11	0,12	0,11	0,11
MgO	14,85	14,49	14,44	14,42	14,30	14,49	14,34	14,32	14,47	14,42	14,47	14,67	14,86	14,43	14,27	14,23	14,31	14,49	14,44	14,41	14,45	14,43	14,47
CaO	12,29	12,37	11,86	11,86	12,11	12,01	12,08	12,24	12,14	12,00	12,04	11,73	11,94	12,15	12,13	12,17	11,99	11,86	12,20	12,17	11,99	12,09	12,14
Na ₂ O	2,33	2,31	2,25	2,31	2,31	2,12	2,33	2,25	2,29	2,28	2,33	2,28	2,26	2,29	2,29	2,29	2,31	2,19	2,26	2,30	2,29	2,26	2,28
K ₂ O	0,46	0,49	0,52	0,52	0,54	0,52	0,54	0,53	0,53	0,48	0,47	0,43	0,41	0,53	0,54	0,53	0,51	0,47	0,54	0,53	0,58	0,56	0,62
Cr ₂ O ₃	0,19	0,08	0,02	0,11	0,00	0,01	0,04	0,06	0,05	0,08	0,05	0,01	0,01	0,07	0,01	0,05	0,08	0,11	0,08	0,05	0,07	0,11	0,06
Toplam	95,82	94,94	96,50	96,61	96,95	96,40	96,70	96,48	96,62	96,39	96,88	95,14	97,12	96,41	96,40	95,80	95,70	95,70	95,93	96,38	96,21	95,14	96,21
Si	5,90	5,80	5,93	5,94	5,94	5,94	5,89	5,91	5,85	5,90	5,93	5,83	5,94	5,88	5,91	5,96	5,97	5,95	5,91	5,94	5,90	5,86	5,95
Al iv	2,10	2,20	2,07	2,06	2,06	2,06	2,11	2,09	2,15	2,10	2,07	2,17	2,06	2,12	2,09	2,04	2,03	2,05	2,09	2,06	2,10	2,14	2,05
Al vi	0,68	0,72	0,63	0,63	0,64	0,62	0,60	0,60	0,55	0,55	0,59	0,47	0,56	0,53	0,58	0,64	0,61	0,58	0,63	0,60	0,60	0,61	0,62
Ti	0,23	0,24	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,19	0,18	0,17	0,17
Cr	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,36	0,33	0,68	0,64	0,55	0,65	0,65	0,60	0,74	0,71	0,67	0,94	0,82	0,69	0,60	0,47	0,53	0,71	0,54	0,54	0,64	0,61	0,53
Fe ²⁺	0,47	0,50	0,39	0,42	0,53	0,40	0,46	0,51	0,39	0,40	0,44	0,19	0,28	0,45	0,53	0,59	0,53	0,37	0,49	0,52	0,42	0,41	0,51
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Mg	3,23	3,18	3,11	3,11	3,08	3,13	3,10	3,10	3,13	3,12	3,12	3,20	3,17	3,13	3,10	3,11	3,12	3,15	3,14	3,12	3,13	3,16	3,14
Ca	1,92	1,95	1,84	1,84	1,88	1,86	1,88	1,91	1,89	1,87	1,86	1,84	1,83	1,89	1,89	1,91	1,88	1,85	1,91	1,90	1,87	1,91	1,89
Na	0,66	0,66	0,63	0,65	0,65	0,59	0,66	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,62	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64
K	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12
OH*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Toplam	17,66	17,71	17,56	17,58	17,62	17,55	17,63	17,64	17,63	17,60	17,60	17,57	17,54	17,64	17,64	17,66	17,63	17,56	17,65	17,64	17,62	17,65	17,65
(Ca+Na) _(B)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na _(B)	0,08	0,05	0,16	0,16	0,12	0,14	0,12	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,11	0,11	0,09	0,12	0,15	0,09	0,10	0,13	0,09	0,11
(Na+K) _(A)	0,66	0,71	0,56	0,58	0,62	0,55	0,63	0,64	0,63	0,60	0,60	0,57	0,54	0,64	0,64	0,66	0,63	0,56	0,65	0,64	0,62	0,65	0,65
X _{Mg#}	0,87	0,86	0,89	0,88	0,85	0,89	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,94	0,92	0,88	0,85	0,84	0,86	0,89	0,86	0,86	0,88	0,88	0,86

Tablo B.11. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006	M-006
Mineral	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj
Na ₂ O	1,40	1,46	1,38	1,56	1,53	1,55	1,51	1,50	1,29	1,55	1,62
MgO	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
Al ₂ O ₃	34,38	34,42	34,38	34,26	34,23	34,31	34,10	34,09	34,39	34,24	33,77
SiO ₂	45,14	45,41	45,36	45,55	45,69	45,68	45,70	45,72	45,22	45,31	45,72
K ₂ O	0,15	0,03	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	0,04	0,02
CaO	17,59	17,75	17,76	17,46	17,44	17,37	17,50	17,60	17,98	17,54	17,39
TiO ₂	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
MnO	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00
FeO	0,16	0,10	0,11	0,14	0,06	0,15	0,09	0,08	0,10	0,10	0,16
Toplam	98,88	99,21	99,05	99,04	99,01	99,10	98,90	99,09	99,02	98,80	98,73
Ab %	12,50	12,94	12,28	13,94	13,68	13,88	13,51	13,33	11,47	13,73	14,38
An %	86,60	86,85	87,53	86,01	86,30	86,06	86,49	86,46	88,44	86,07	85,50
Or %	0,90	0,20	0,18	0,05	0,02	0,06	0,00	0,22	0,09	0,21	0,12

Tablo A.12. Vartankeltepe Ultramafit-Mafitlerine ait plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek	M-006	M-006	M-006
Mineral	Fe-Ti oksit	Fe-Ti oksit	Fe-Ti oksit
SiO ₂	0,01	0,02	0,00
TiO ₂	48,48	48,65	48,66
Al ₂ O ₃	0,00	0,02	0,00
FeO	49,52	49,79	49,25
MnO	0,57	0,61	0,83
MgO	0,82	0,62	0,36
CaO	0,04	0,00	0,10
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,07	0,00	0,00
Toplam	99,51	99,73	99,20

Tablo B.13. Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.
SiO ₂	52,38	53,08	53,28	52,74	53,00	53,01	53,03	52,80	52,76	52,59	52,84	52,98	52,66	52,55
TiO ₂	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,08	0,11	0,08	0,06	0,07	0,04	0,07	0,05
Al ₂ O ₃	1,04	1,01	1,08	1,32	1,08	1,09	1,06	1,11	1,12	1,07	1,16	1,21	1,14	0,95
FeO	6,16	6,16	6,29	6,00	6,11	6,11	6,03	5,98	5,87	6,23	5,71	6,03	5,62	5,99
MnO	0,83	0,86	0,91	0,94	0,85	0,87	0,87	0,84	0,85	0,70	0,64	0,52	0,71	0,85
MgO	14,04	13,90	14,04	13,95	14,02	13,92	14,08	13,96	13,87	13,91	14,22	14,25	14,15	13,88
CaO	24,95	25,22	25,17	25,27	25,30	25,18	25,34	25,52	25,41	25,70	25,70	25,59	25,50	25,59
Na ₂ O	0,12	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,12	0,12	0,10	0,14	0,17	0,15	0,12	0,12
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,00	0,03	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00
Toplam	99,68	100,45	100,98	100,42	100,54	100,40	100,68	100,43	100,10	100,42	100,52	100,82	99,96	99,98
Si	1,959	1,968	1,966	1,957	1,964	1,966	1,962	1,959	1,963	1,955	1,956	1,956	1,959	1,961
Ti	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Al(IV)	0,041	0,032	0,034	0,043	0,036	0,034	0,038	0,041	0,037	0,045	0,044	0,044	0,041	0,039
Al(VI)	0,005	0,012	0,013	0,015	0,011	0,014	0,008	0,008	0,012	0,002	0,007	0,009	0,009	0,002
Al (total)	0,046	0,044	0,047	0,058	0,047	0,048	0,046	0,048	0,049	0,047	0,051	0,053	0,050	0,042
Fe ²⁺	0,193	0,191	0,194	0,186	0,189	0,190	0,187	0,185	0,183	0,194	0,177	0,186	0,175	0,187
Mn	0,026	0,027	0,029	0,029	0,027	0,027	0,027	0,026	0,027	0,022	0,020	0,016	0,022	0,027
Mg	0,782	0,768	0,772	0,772	0,774	0,770	0,777	0,772	0,769	0,771	0,785	0,784	0,785	0,772
Ca	1,000	1,002	0,995	1,004	1,004	1,001	1,005	1,015	1,013	1,024	1,019	1,012	1,017	1,023
Na	0,009	0,010	0,010	0,008	0,010	0,010	0,008	0,009	0,007	0,010	0,012	0,011	0,009	0,009
K	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Cr	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Sum	4,019	4,013	4,014	4,017	4,016	4,014	4,017	4,018	4,014	4,025	4,023	4,021	4,018	4,022
Mg#	80,25	80,10	79,91	80,56	80,36	80,24	80,63	80,64	80,80	79,93	81,62	80,82	81,77	80,50
Cr#	5,22	0,00	0,00	0,43	0,53	1,30	3,15	0,00	1,77	0,53	0,00	3,23	0,00	0,00
Vo	50,41	50,83	50,46	50,97	50,79	50,80	50,82	51,22	51,36	51,22	51,13	50,78	51,22	51,38
En	39,45	38,96	39,16	39,16	39,15	39,07	39,31	38,99	39,01	38,58	39,37	39,35	39,53	38,78
Fs	9,71	9,68	9,85	9,45	9,57	9,62	9,44	9,36	9,27	9,69	8,87	9,34	8,81	9,40

Tablo B.13. (Devam) Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.
SiO ₂	52,78	52,90	52,53	52,74	53,21	52,79	52,52	53,04	52,95	52,85	52,69	52,95	52,94	52,78
TiO ₂	0,05	0,03	0,07	0,04	0,01	0,09	0,05	0,07	0,03	0,08	0,03	0,05	0,05	0,06
Al ₂ O ₃	1,19	1,05	0,95	1,07	1,07	1,18	1,20	1,13	1,18	1,20	1,17	1,22	1,18	1,13
FeO	6,31	5,58	5,74	5,87	5,95	6,14	5,61	6,09	5,72	5,86	5,94	6,18	5,85	5,96
MnO	0,58	0,75	0,82	0,70	0,63	0,59	0,68	0,59	0,59	0,63	0,78	0,57	0,59	0,73
MgO	14,07	13,97	14,14	14,14	14,10	14,14	14,16	14,10	14,15	14,12	14,02	14,17	14,04	13,98
CaO	25,75	25,54	25,64	25,59	25,41	25,52	25,42	25,38	25,34	25,47	25,53	25,31	25,32	25,29
Na ₂ O	0,15	0,12	0,14	0,14	0,11	0,14	0,16	0,13	0,11	0,12	0,13	0,15	0,12	0,16
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,01	0,07	0,06	0,06	0,01	0,00	0,01	0,04
Toplam	100,91	99,94	100,03	100,31	100,50	100,61	99,83	100,60	100,15	100,38	100,30	100,62	100,08	100,16
Si	1,952	1,968	1,957	1,958	1,968	1,955	1,957	1,962	1,964	1,959	1,957	1,959	1,965	1,962
Ti	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002
Al(IV)	0,048	0,032	0,043	0,042	0,032	0,045	0,043	0,038	0,036	0,041	0,043	0,041	0,035	0,038
Al(VI)	0,004	0,013	0,000	0,005	0,015	0,007	0,010	0,011	0,016	0,011	0,008	0,012	0,017	0,012
Al (total)	0,052	0,046	0,042	0,047	0,047	0,051	0,053	0,049	0,052	0,052	0,051	0,053	0,051	0,050
Fe ²⁺	0,195	0,173	0,179	0,182	0,184	0,190	0,175	0,188	0,177	0,182	0,185	0,191	0,182	0,185
Mn	0,018	0,024	0,026	0,022	0,020	0,019	0,021	0,018	0,018	0,020	0,025	0,018	0,019	0,023
Mg	0,776	0,775	0,785	0,783	0,777	0,780	0,787	0,777	0,782	0,780	0,776	0,782	0,777	0,775
Ca	1,020	1,018	1,024	1,018	1,007	1,013	1,015	1,006	1,007	1,011	1,016	1,003	1,007	1,007
Na	0,011	0,008	0,010	0,010	0,008	0,010	0,011	0,009	0,008	0,009	0,010	0,011	0,008	0,012
K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001
Sum	4,026	4,013	4,025	4,022	4,012	4,022	4,021	4,015	4,012	4,016	4,021	4,018	4,011	4,017
Mg#	79,89	81,70	81,44	81,10	80,87	80,42	81,82	80,49	81,52	81,11	80,80	80,35	81,06	80,69
Cr#	1,19	0,55	0,00	1,60	0,00	1,44	0,72	3,90	3,53	3,03	0,49	0,00	0,73	2,48
Vo	50,97	51,56	51,22	51,08	50,95	50,80	51,05	50,77	51,00	51,03	51,15	50,50	51,02	50,90
En	38,75	39,24	39,30	39,27	39,34	39,15	39,59	39,24	39,61	39,36	39,08	39,34	39,36	39,15
Fs	9,75	8,79	8,96	9,15	9,31	9,54	8,80	9,51	8,98	9,17	9,29	9,62	9,20	9,37

Tablo B.13. (Devam) Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-103-a Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.
SiO ₂	52,68	52,73	52,84	53,31	51,51	52,01	46,28	45,97	45,40	45,92	46,77	47,84	48,10	48,68
TiO ₂	0,03	0,09	0,06	0,04	0,25	0,19	1,22	1,24	1,77	1,16	1,16	0,94	1,07	0,99
Al ₂ O ₃	1,04	1,02	1,16	1,02	2,44	2,40	9,19	9,50	9,93	8,68	8,30	6,89	6,92	6,04
FeO	6,09	5,68	5,69	5,26	6,53	6,32	7,28	7,25	7,15	7,94	7,31	7,20	6,25	6,79
MnO	0,76	0,78	0,60	0,58	0,05	0,10	0,10	0,14	0,10	0,13	0,10	0,09	0,09	0,14
MgO	14,01	14,09	14,22	14,51	14,13	14,43	10,93	10,95	10,92	10,87	11,49	12,15	12,53	12,66
CaO	25,71	25,03	25,74	25,48	24,25	24,47	24,07	23,25	23,16	23,88	23,90	24,03	24,10	23,80
Na ₂ O	0,15	0,11	0,16	0,14	0,26	0,26	0,40	0,44	0,44	0,43	0,38	0,40	0,28	0,37
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	0,05	0,02	0,03	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04
Toplam	100,48	99,54	100,55	100,34	99,43	100,27	99,51	98,78	98,89	99,04	99,43	99,55	99,37	99,52
Si	1,956	1,968	1,956	1,969	1,925	1,927	1,743	1,740	1,717	1,745	1,762	1,798	1,802	1,824
Ti	0,001	0,003	0,002	0,001	0,007	0,005	0,035	0,035	0,050	0,033	0,033	0,027	0,030	0,028
Al(IV)	0,044	0,032	0,044	0,031	0,075	0,073	0,257	0,260	0,283	0,255	0,238	0,202	0,198	0,176
Al(VI)	0,002	0,013	0,006	0,013	0,033	0,031	0,151	0,164	0,160	0,134	0,130	0,103	0,108	0,091
Al (total)	0,045	0,045	0,051	0,044	0,107	0,105	0,408	0,424	0,443	0,389	0,368	0,305	0,306	0,267
Fe ²⁺	0,189	0,177	0,176	0,162	0,204	0,196	0,229	0,230	0,226	0,252	0,230	0,226	0,196	0,213
Mn	0,024	0,025	0,019	0,018	0,002	0,003	0,003	0,005	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004
Mg	0,776	0,784	0,785	0,799	0,787	0,797	0,614	0,618	0,616	0,615	0,645	0,681	0,700	0,707
Ca	1,023	1,001	1,021	1,008	0,971	0,971	0,971	0,943	0,939	0,972	0,965	0,968	0,968	0,956
Na	0,011	0,008	0,011	0,010	0,019	0,019	0,030	0,033	0,032	0,032	0,028	0,029	0,021	0,027
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cr	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Sum	4,026	4,011	4,022	4,012	4,023	4,025	4,033	4,029	4,027	4,043	4,035	4,037	4,025	4,028
Mg#	80,40	81,56	81,66	83,11	79,42	80,29	72,79	72,91	73,13	70,94	73,70	75,04	78,13	76,86
Cr#	0,83	0,00	3,82	0,57	0,00	1,30	0,14	0,18	0,00	0,16	0,15	0,11	0,07	0,42
Vo	51,18	50,80	51,22	50,93	49,02	48,98	52,68	51,73	51,78	51,94	51,64	50,84	51,35	50,22
En	38,81	39,79	39,37	40,37	39,74	40,20	33,28	33,89	33,96	32,89	34,54	35,76	37,15	37,17
Fs	9,46	9,00	8,84	8,20	10,29	9,87	12,44	12,60	12,48	13,47	12,33	11,89	10,40	11,19

Tablo B.13. (Devam) Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-082 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.
SiO ₂	49,70	49,00	51,82	51,61	50,20	51,40	50,40	51,15	51,16	52,62	53,35	53,29	53,35	53,21
TiO ₂	0,54	0,86	0,16	0,22	0,44	0,23	0,22	0,28	0,32	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	5,10	6,46	2,32	2,62	4,00	2,67	2,70	2,75	2,88	1,37	1,31	0,65	1,04	1,02
FeO	6,29	6,41	6,54	6,34	6,78	6,30	6,21	6,36	6,52	6,91	6,03	6,50	6,22	6,08
MnO	0,08	0,11	0,08	0,08	0,06	0,07	0,05	0,09	0,07	0,14	0,18	0,34	0,35	0,26
MgO	13,43	12,83	14,00	13,90	13,32	13,77	13,97	13,86	13,76	13,62	14,17	14,05	14,33	14,11
CaO	24,21	23,67	24,16	24,24	24,32	24,43	24,37	24,14	24,23	24,57	24,69	24,72	24,71	24,78
Na ₂ O	0,34	0,39	0,25	0,24	0,30	0,27	0,24	0,27	0,27	0,56	0,67	0,44	0,60	0,54
K ₂ O	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,00	0,03	0,06	0,02	0,01	0,00	0,01
Toplam	99,68	99,78	99,37	99,32	99,49	99,19	98,21	98,91	99,23	99,91	100,45	100,02	100,63	100,06
Si	1,854	1,825	1,936	1,929	1,881	1,925	1,909	1,921	1,917	1,962	1,970	1,982	1,970	1,974
Ti	0,015	0,024	0,005	0,006	0,012	0,006	0,006	0,008	0,009	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Al(IV)	0,146	0,175	0,064	0,071	0,119	0,075	0,091	0,079	0,083	0,038	0,030	0,018	0,030	0,026
Al(VI)	0,078	0,109	0,039	0,044	0,057	0,043	0,030	0,043	0,044	0,023	0,027	0,010	0,015	0,019
Al (total)	0,224	0,284	0,102	0,116	0,176	0,118	0,121	0,122	0,127	0,060	0,057	0,029	0,045	0,045
Fe ²⁺	0,196	0,200	0,204	0,198	0,213	0,197	0,197	0,200	0,204	0,216	0,186	0,202	0,192	0,189
Mn	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,005	0,006	0,011	0,011	0,008
Mg	0,747	0,712	0,780	0,775	0,744	0,769	0,789	0,776	0,768	0,757	0,780	0,779	0,789	0,780
Ca	0,967	0,945	0,967	0,970	0,976	0,980	0,989	0,971	0,972	0,982	0,977	0,985	0,977	0,985
Na	0,024	0,028	0,018	0,017	0,022	0,019	0,018	0,020	0,020	0,040	0,048	0,032	0,043	0,039
K	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cr	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
Sum	4,031	4,023	4,017	4,016	4,029	4,019	4,033	4,020	4,020	4,025	4,024	4,019	4,028	4,022
Mg#	79,18	78,10	79,24	79,63	77,78	79,58	80,02	79,53	79,00	77,83	80,73	79,39	80,41	80,52
Cr#	0,00	0,32	1,08	1,07	0,90	1,29	1,10	0,06	0,65	2,65	1,09	0,88	0,00	0,84
Vo	50,00	50,11	49,11	49,49	49,95	49,87	49,64	49,38	49,50	49,21	49,07	49,31	48,84	49,43
En	38,60	37,79	39,59	39,51	38,07	39,11	39,59	39,46	39,10	37,95	39,18	38,99	39,42	39,15
Fs	10,15	10,60	10,37	10,11	10,87	10,03	9,88	10,16	10,39	10,81	9,35	10,12	9,60	9,47

Tablo B.13. (Devam) Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.	M-108 Kpir.
SiO ₂	53,31	53,05	53,24	53,04	53,43	53,35	53,72	52,79	53,33	53,42	53,29	53,25	53,33	52,93
TiO ₂	0,00	0,09	0,03	0,01	0,00	0,04	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	1,01	1,65	0,93	0,97	0,86	0,94	0,92	1,23	0,99	0,90	0,81	0,96	0,86	0,67
FeO	6,18	4,48	5,99	5,75	4,96	5,05	5,04	5,66	6,20	6,37	5,91	6,27	5,31	5,97
MnO	0,31	0,06	0,20	0,24	0,11	0,16	0,10	0,17	0,22	0,19	0,38	0,30	0,12	0,25
MgO	14,03	15,72	14,53	14,36	15,05	15,31	15,18	14,69	14,39	14,79	14,73	14,25	14,68	14,63
CaO	24,65	24,83	24,66	24,72	25,07	24,73	24,89	24,70	24,61	25,18	24,63	24,97	24,82	25,11
Na ₂ O	0,61	0,38	0,54	0,54	0,52	0,54	0,58	0,50	0,57	0,51	0,56	0,52	0,50	0,51
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,05	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,11	100,31	100,15	99,65	100,03	100,14	100,47	99,78	100,37	101,39	100,43	100,53	99,65	100,09
Si	1,977	1,948	1,972	1,973	1,973	1,968	1,974	1,961	1,973	1,961	1,970	1,970	1,979	1,967
Ti	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Al(IV)	0,023	0,052	0,028	0,027	0,027	0,032	0,026	0,039	0,027	0,039	0,030	0,030	0,021	0,033
Al(VI)	0,022	0,019	0,012	0,016	0,011	0,009	0,014	0,015	0,016	0,000	0,005	0,012	0,016	0,000
Al (total)	0,044	0,071	0,040	0,043	0,037	0,041	0,040	0,054	0,043	0,039	0,035	0,042	0,038	0,029
Fe ²⁺	0,192	0,138	0,186	0,179	0,153	0,156	0,155	0,176	0,192	0,195	0,183	0,194	0,165	0,185
Mn	0,010	0,002	0,006	0,007	0,003	0,005	0,003	0,005	0,007	0,006	0,012	0,009	0,004	0,008
Mg	0,776	0,861	0,802	0,797	0,829	0,842	0,832	0,813	0,794	0,809	0,812	0,786	0,812	0,811
Ca	0,979	0,977	0,979	0,985	0,992	0,978	0,980	0,983	0,975	0,990	0,976	0,990	0,987	1,000
Na	0,044	0,027	0,039	0,039	0,037	0,039	0,041	0,036	0,041	0,036	0,040	0,038	0,036	0,037
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Cr	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000
Sum	4,022	4,027	4,026	4,024	4,027	4,029	4,026	4,029	4,026	4,038	4,031	4,028	4,021	4,038
Mg#	80,18	86,21	81,21	81,66	84,41	84,39	84,30	82,23	80,53	80,55	81,63	80,20	83,13	81,38
Cr#	0,00	1,72	2,43	2,04	1,62	1,49	1,51	0,00	3,45	1,55	6,54	0,00	0,00	0,00
Vo	49,20	48,80	48,80	49,28	49,33	48,54	48,81	48,94	48,73	48,75	48,52	49,30	49,35	49,18
En	38,98	42,99	40,00	39,84	41,21	41,81	41,41	40,51	39,65	39,84	40,38	39,15	40,60	39,88
Fs	9,63	6,88	9,25	8,95	7,61	7,73	7,71	8,75	9,59	9,62	9,09	9,67	8,24	9,12

Tablo B.13. (Devam) Karbonatça zengin dayklara ait klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır, $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Cr\# = 100 \cdot Cr / (Cr + Al)$, $Vo = 100 \cdot Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $En = 100 \cdot Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+})$, $Fs = 100 \cdot Fe / (Ca + Mg + Fe^{2+})$).

Örnek Mineral	M-108 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.	M-081 Kpir.
SiO ₂	52,10	51,00	51,47	51,03	51,26	50,64	51,56	50,56	49,89	50,26	50,44	51,41	50,33	52,05	50,57	50,26
TiO ₂	0,31	0,11	0,11	0,11	0,11	0,36	0,20	0,22	0,40	0,33	0,27	0,14	0,25	0,05	0,22	0,23
Al ₂ O ₃	3,41	1,52	1,93	1,70	1,65	2,23	2,22	2,52	3,66	3,04	3,05	2,31	2,99	1,06	2,63	2,81
FeO	4,25	11,28	11,34	11,70	11,54	11,28	10,88	10,54	10,75	11,18	11,18	11,00	11,17	8,30	11,55	10,79
MnO	0,18	0,51	0,44	0,50	0,47	0,28	0,32	0,38	0,31	0,35	0,40	0,33	0,45	0,59	0,34	0,52
MgO	15,79	10,69	10,61	10,54	10,66	10,85	11,26	11,00	10,20	10,29	10,31	10,75	10,36	12,72	10,29	10,48
CaO	23,25	23,47	23,42	23,12	23,29	23,36	23,34	23,28	23,03	23,20	22,89	22,81	22,88	24,13	22,94	22,15
Na ₂ O	0,52	0,52	0,69	0,55	0,61	0,59	0,57	0,56	0,71	0,75	0,76	0,71	0,85	0,51	0,77	0,77
K ₂ O	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06
Cr ₂ O ₃	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,03	0,12	0,02	0,06	0,02	0,00	0,04
Toplam	100,15	99,09	100,03	99,26	99,61	99,62	100,36	99,09	98,96	99,43	99,43	99,52	99,33	99,42	99,32	98,10
Si	1,909	1,958	1,955	1,957	1,958	1,932	1,945	1,933	1,910	1,921	1,926	1,955	1,925	1,966	1,936	1,940
Ti	0,009	0,003	0,003	0,003	0,003	0,010	0,006	0,006	0,011	0,009	0,008	0,004	0,007	0,001	0,006	0,007
Al(IV)	0,091	0,042	0,045	0,043	0,042	0,068	0,055	0,067	0,090	0,079	0,074	0,045	0,075	0,034	0,064	0,060
Al(VI)	0,056	0,027	0,041	0,034	0,032	0,032	0,044	0,046	0,075	0,058	0,063	0,058	0,060	0,014	0,054	0,067
Al (total)	0,147	0,069	0,086	0,077	0,074	0,100	0,099	0,114	0,165	0,137	0,137	0,104	0,135	0,047	0,119	0,128
Fe ²⁺	0,130	0,362	0,360	0,375	0,369	0,360	0,343	0,337	0,344	0,358	0,357	0,350	0,357	0,262	0,370	0,348
Mn	0,006	0,016	0,014	0,016	0,015	0,009	0,010	0,012	0,010	0,011	0,013	0,011	0,014	0,019	0,011	0,017
Mg	0,862	0,612	0,601	0,602	0,607	0,617	0,633	0,627	0,582	0,586	0,587	0,609	0,591	0,716	0,587	0,603
Ca	0,913	0,965	0,953	0,950	0,953	0,955	0,943	0,953	0,945	0,950	0,937	0,929	0,938	0,977	0,941	0,916
Na	0,037	0,038	0,051	0,041	0,045	0,044	0,042	0,041	0,052	0,056	0,057	0,052	0,063	0,037	0,057	0,057
K	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,003
Cr	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001
Sum	4,023	4,024	4,025	4,022	4,025	4,029	4,021	4,025	4,022	4,029	4,024	4,016	4,031	4,027	4,027	4,019
Mg#	86,87	62,82	62,51	61,62	62,20	63,16	64,84	65,04	62,83	62,11	62,18	63,53	62,32	73,21	61,38	63,39
Cr#	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	0,34	0,71	2,58	0,53	1,33	1,17	0,00	0,93
Vo	46,99	48,81	48,50	48,26	48,28	48,34	48,09	48,68	49,12	48,74	48,34	47,88	48,12	49,01	48,12	47,59
En	44,40	30,93	30,57	30,61	30,74	31,23	32,28	32,01	30,26	30,06	30,30	31,41	30,32	35,95	30,05	31,33
Fs	6,71	18,31	18,34	19,07	18,68	18,21	17,50	17,21	17,90	18,34	18,43	18,03	18,33	13,16	18,91	18,10

Tablo B.14. Karbonatça zengin dayklara ait mika minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 22 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg} = (Mg/Mg+Fe^{2+})$)

Örnek Mineral	M-103-b Phl	M-103-b Phl	M-103-b Phl	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus	M-103-b Mus
Na ₂ O	0,04	0,12	0,12	0,11	0,09	0,11	0,40	0,55	0,28	0,30	0,09	0,11	0,34	0,35	0,24	0,22
MgO	19,62	19,47	19,65	3,69	3,04	4,08	1,91	2,03	2,32	2,47	3,88	4,00	2,26	2,37	3,08	3,17
Al ₂ O ₃	17,20	16,95	16,94	28,44	28,18	28,02	32,12	31,19	31,99	31,54	27,82	27,81	32,09	31,93	28,05	28,06
SiO ₂	39,10	39,17	39,54	47,56	47,17	50,36	48,60	48,51	46,74	47,01	48,49	49,30	46,50	46,85	46,93	47,46
K ₂ O	9,53	9,43	8,81	10,88	10,30	10,89	9,50	8,56	10,96	10,78	10,61	10,46	10,96	10,58	9,68	10,71
CaO	0,25	0,28	0,52	0,18	0,15	0,00	0,19	0,32	0,02	0,04	0,61	0,15	0,04	0,01	0,08	0,02
TiO ₂	2,79	2,82	2,94	2,39	3,61	0,15	0,02	0,02	0,27	0,26	0,14	0,13	0,28	0,28	0,22	3,11
Cr ₂ O ₃	0,01	0,03	0,04	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
MnO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05
FeO	6,07	6,05	6,05	1,73	1,63	1,23	1,09	1,41	0,85	0,97	1,41	1,50	1,07	0,91	1,34	1,24
Toplam	94,62	94,33	94,62	95,00	94,22	94,85	93,83	92,63	93,42	93,41	93,09	93,48	93,53	93,29	89,63	94,08
Si	5,603	5,630	5,645	6,413	6,394	6,729	6,502	6,556	6,351	6,388	6,631	6,690	6,323	6,363	6,619	6,442
Ti	0,301	0,305	0,315	0,242	0,369	0,015	0,002	0,002	0,028	0,027	0,015	0,014	0,029	0,029	0,024	0,318
Al	2,905	2,871	2,850	4,518	4,501	4,412	5,066	4,969	5,122	5,051	4,483	4,447	5,143	5,112	4,663	4,489
Fe+3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe+2	0,727	0,727	0,723	0,196	0,185	0,137	0,122	0,159	0,096	0,110	0,161	0,170	0,121	0,104	0,158	0,140
Mn	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,006
Mg	4,192	4,172	4,182	0,741	0,614	0,813	0,381	0,410	0,470	0,501	0,791	0,808	0,458	0,480	0,647	0,642
Ca	0,038	0,044	0,079	0,026	0,021	0,000	0,028	0,046	0,003	0,006	0,090	0,021	0,006	0,002	0,012	0,003
Na	0,012	0,034	0,033	0,028	0,023	0,030	0,103	0,145	0,073	0,080	0,025	0,029	0,090	0,093	0,066	0,057
K	1,741	1,730	1,605	1,871	1,780	1,857	1,621	1,477	1,900	1,869	1,851	1,811	1,901	1,833	1,741	1,854
H	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	2,000
Toplam	17,520	17,512	17,434	16,035	15,888	15,993	15,825	15,768	16,047	16,034	16,050	15,993	16,072	16,015	15,930	15,951
X _{Mg}	0,85213	0,85153	0,85266	0,79125	0,76833	0,85573	0,75704	0,71991	0,83028	0,81955	0,83085	0,82618	0,79074	0,82233	0,80381	0,82069

Tablo B.15. Karbonatça zengin dayklara ait plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek no	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-081	M-082	M-082	M-082	M-082	M-103-b
Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	Plj	K-Feld	Plj	Plj	K-Feld
Na ₂ O	7,74	7,90	7,67	7,84	7,58	7,47	8,42	5,03	7,28	0,69	11,42	11,65	0,44
MgO	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,05	24,39	23,78	24,78	24,89	24,97	25,38	26,45	25,23	18,18	19,83	19,55	18,66
SiO ₂	59,44	59,73	59,42	59,22	59,01	58,72	55,97	47,24	58,70	63,58	67,22	67,65	63,26
K ₂ O	0,39	0,32	0,36	0,16	0,15	0,14	0,13	0,43	0,32	15,25	0,03	0,02	15,58
CaO	6,38	6,39	6,04	6,15	6,87	7,00	10,81	14,18	7,33	0,12	0,36	0,26	0,03
TiO ₂	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
MnO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
FeO	0,06	0,06	0,06	0,08	0,02	0,01	0,28	0,18	0,06	0,11	0,04	0,00	0,00
Toplam	98,09	98,83	97,33	98,26	98,56	98,34	101,09	93,63	98,96	97,96	98,91	99,13	98,01
Ab %	67,18	67,85	68,19	69,11	66,06	65,37	58,15	38,28	63,10	6,36	98,11	98,69	4,13
An %	30,61	30,34	29,69	29,98	33,10	33,84	41,24	59,58	35,09	0,64	1,72	1,22	0,16
Or %	2,21	1,81	2,12	0,91	0,84	0,78	0,61	2,15	1,81	93,00	0,17	0,09	95,71

Tablo B.16. Karbonatça zengin dayklara ait skapolitlerin mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek	M-081	M-081	M-081
Mineral	Ska	Ska	Ska
Na ₂ O	6,00	4,10	5,03
MgO	0,07	0,21	0,07
Al ₂ O ₃	26,09	23,23	26,45
SiO ₂	47,42	40,09	47,24
K ₂ O	0,21	0,91	0,43
CaO	12,11	19,59	14,18
TiO ₂	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,04	0,06
FeO	0,20	0,31	0,18
Toplam	92,10	88,49	93,63

Tablo B.17. Karbonatça zengin dayklara ait sfenlerin mineral kimyası analiz sonuçları. Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir

Örnek Mineral	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn
SiO ₂	29,80	29,77	29,61	29,32	29,81	29,83	29,94	30,09	30,24	30,01
TiO ₂	38,01	37,40	38,00	38,01	37,66	37,47	37,91	37,86	37,95	37,27
Al ₂ O ₃	1,58	1,57	1,59	1,56	1,73	1,97	1,73	1,88	1,51	2,05
FeO	0,37	0,45	0,34	0,25	0,37	0,36	0,36	0,39	0,46	0,49
MnO	0,04	0,03	0,09	0,05	0,07	0,07	0,10	0,07	0,00	0,04
MgO	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,03	0,06	0,04	0,01	0,00
CaO	28,42	28,21	28,01	27,94	27,86	27,94	28,45	28,11	28,82	28,54
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,05	0,10	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,06
Toplam	98,26	97,47	97,75	97,22	97,59	97,77	98,62	98,45	99,00	98,47

Örnek Mineral	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-081 Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn	M-103-a Sfn
SiO ₂	29,98	29,95	29,46	30,13	30,29	30,42	30,16	30,33	30,38	30,34
TiO ₂	37,89	37,85	37,99	34,70	34,63	34,27	35,68	34,72	34,93	35,14
Al ₂ O ₃	1,62	1,67	1,43	3,34	3,64	3,85	3,20	3,66	3,51	3,18
FeO	0,50	0,47	0,39	0,08	0,07	0,15	0,10	0,07	0,01	0,06
MnO	0,02	0,07	0,04	0,00	0,00	0,04	0,01	0,05	0,01	0,00
MgO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
CaO	28,35	28,48	28,53	28,94	28,96	29,07	29,39	28,88	28,98	29,24
Na ₂ O	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,05	0,03	0,05	0,03	0,11	0,15	0,03	0,01	0,04	0,04
Toplam	98,41	98,55	97,91	97,69	97,96	98,58	97,76	97,87	98,00	98,00

Tablo B.18. Karbonatça zengin dayklara ait granat minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçları (yapısal parametreler 12 oksijene göre hesaplanmıştır, $X_{Mg} = (Mg/Mg+Fe^{2+})$)

Örnek	M-103-a	M-103-a	M-103-a	M-103-a	M-103-a
Mineral	Grt	Grt	Grt	Grt	Grt
SiO ₂	39,64	39,33	39,03	39,45	39,49
TiO ₂	0,04	0,19	0,00	0,05	0,03
Al ₂ O ₃	22,29	21,84	22,26	22,56	22,57
FeO	0,90	1,40	1,07	0,98	0,94
MnO	0,67	0,89	0,70	0,79	0,75
MgO	0,13	0,10	0,16	0,15	0,13
CaO	36,43	36,19	36,69	36,67	36,90
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04	0,00	0,02	0,06
Total	100,19	100,07	100,02	100,74	100,93
Si	2,98	2,97	2,95	2,96	2,95
Al iv	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05
Al vi	1,96	1,92	1,94	1,95	1,95
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,03	0,06	0,06	0,04	0,04
Fe ²⁺	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
Mn	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05
Mg	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Ca	2,94	2,93	2,97	2,94	2,96
Almandin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Andradit	1,58	2,98	2,89	2,01	2,16
Grossular	96,40	94,60	94,95	95,69	95,56
Pirop	0,49	0,39	0,62	0,56	0,50
Spesartin	1,43	1,91	1,53	1,69	1,60
Uvarovit	0,10	0,12	0,01	0,05	0,18
X_{Mg}	0,21	0,12	0,21	0,21	0,20

Tablo B.19. Karbonatça zengin dayklara ait epidot ve pumpelleyit minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek Mineral	m-082 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.	M-82 Ep.
Na ₂ O	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02
MgO	0,20	0,06	0,10	0,06	0,10	0,09	0,06	0,04	0,41	0,04
Al ₂ O ₃	27,52	28,07	29,17	28,07	29,17	28,46	29,45	28,09	27,13	28,85
SiO ₂	38,04	38,42	38,98	38,42	38,98	38,52	38,67	38,01	37,68	38,26
K ₂ O	0,00	0,00	0,06	0,00	0,06	0,03	0,01	0,03	0,00	0,01
CaO	24,15	24,11	24,27	24,11	24,27	24,02	24,30	23,96	23,13	24,26
TiO ₂	0,18	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,08	0,06	0,00
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,02
MnO	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,04	0,01
FeO	6,57	6,16	4,92	6,16	4,92	5,74	4,48	5,79	6,11	5,00
Toplam	96,75	96,84	97,51	96,84	97,51	96,90	97,02	96,03	94,64	96,48

Örnek Mineral	M-103-b Pump.	M-103-b Pump.	M-103-b Pump.	M-082 Pump.	M-082 Pump.
Na ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,03	0,05
MgO	0,14	0,14	0,10	3,52	3,44
Al ₂ O ₃	28,20	28,52	28,86	24,96	25,63
SiO ₂	38,22	37,55	38,08	38,14	37,54
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,23	0,03
CaO	23,73	23,61	23,60	22,22	23,21
TiO ₂	0,10	0,09	0,13	1,01	1,07
Cr ₂ O ₃	0,10	0,03	0,00	0,06	0,00
MnO	0,00	0,01	0,02	0,04	0,03
FeO	5,77	5,08	4,92	1,32	1,39
Toplam	96,27	95,03	95,73	91,53	92,39

Tablo C.1. M-103-b numaralı karbonatça zengin dayk örneğinin detaylı $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analiz verileri

(M-103-b) $J=0.019400 \pm 0.000029$																			
Sample	P	t	40 V		39 V		38 V		37 V		36 V		Moles ^{40}Ar		%Rad	R	Age (Ma)		%-sd
1	1,6	10	0,70528	$\pm 0,000862$	0,16723	$\pm 0,000325$	0,00216	$\pm 0,000040$	0,00000	$\pm 0,000056$	-0,000017	$\pm 0,000010$	4,94E-15	100,70%	4,2173	141,875	$\pm 0,685$	0,48%	
2	1,6	10	0,75217	$\pm 0,001654$	0,17974	$\pm 0,000649$	0,00226	$\pm 0,000026$	0,00551	$\pm 0,000184$	0,000033	$\pm 0,000012$	5,27E-15	98,77%	4,1334	139,156	$\pm 0,906$	0,65%	
3	1,6	10	1,00881	$\pm 0,001251$	0,22459	$\pm 0,000786$	0,00321	$\pm 0,000059$	0,00085	$\pm 0,000079$	0,000196	$\pm 0,000012$	7,06E-15	94,26%	4,2341	142,417	$\pm 0,786$	0,55%	
4	1,6	10	1,04745	$\pm 0,002665$	0,23565	$\pm 0,000731$	0,00315	$\pm 0,000033$	0,00081	$\pm 0,000059$	0,000027	$\pm 0,000012$	7,34E-15	99,24%	4,4112	148,137	$\pm 0,771$	0,52%	
5	1,6	10	0,53013	$\pm 0,000906$	0,12177	$\pm 0,000462$	0,00169	$\pm 0,000031$	0,00031	$\pm 0,000093$	0,000001	$\pm 0,000011$	3,71E-15	99,94%	4,3510	146,195	$\pm 1,054$	0,72%	
6	1,6	10	0,85547	$\pm 0,001462$	0,20795	$\pm 0,000778$	0,00274	$\pm 0,000039$	0,00043	$\pm 0,000084$	0,000025	$\pm 0,000012$	5,99E-15	99,14%	4,0784	137,375	$\pm 0,809$	0,59%	
7	1,6	10	0,75747	$\pm 0,001192$	0,17519	$\pm 0,000632$	0,00228	$\pm 0,000050$	0,00072	$\pm 0,000065$	0,000039	$\pm 0,000011$	5,30E-15	98,47%	4,2576	143,177	$\pm 0,848$	0,59%	
8	1,6	10	0,60233	$\pm 0,001237$	0,15041	$\pm 0,000883$	0,00204	$\pm 0,000037$	0,00214	$\pm 0,000051$	0,000049	$\pm 0,000011$	4,22E-15	97,63%	3,9097	131,896	$\pm 1,100$	0,83%	
9	1,6	10	0,99893	$\pm 0,002242$	0,23109	$\pm 0,000324$	0,00294	$\pm 0,000026$	0,00064	$\pm 0,000074$	0,000020	$\pm 0,000010$	7,00E-15	99,43%	4,2979	144,480	$\pm 0,592$	0,41%	
10	1,6	10	1,44052	$\pm 0,001841$	0,34088	$\pm 0,000737$	0,00433	$\pm 0,000028$	0,00008	$\pm 0,000054$	0,000029	$\pm 0,000010$	1,01E-14	99,41%	4,2010	141,345	$\pm 0,468$	0,33%	
11	1,6	10	0,83020	$\pm 0,000981$	0,19869	$\pm 0,000655$	0,00253	$\pm 0,000041$	0,00010	$\pm 0,000062$	0,000016	$\pm 0,000011$	5,81E-15	99,45%	4,1554	139,869	$\pm 0,727$	0,52%	
12	1,6	10	1,02612	$\pm 0,000963$	0,23826	$\pm 0,000550$	0,00309	$\pm 0,000039$	0,00016	$\pm 0,000064$	0,000007	$\pm 0,000012$	7,19E-15	99,80%	4,2979	144,480	$\pm 0,611$	0,42%	
13	1,6	10	1,07391	$\pm 0,001317$	0,24512	$\pm 0,000555$	0,00309	$\pm 0,000038$	0,00056	$\pm 0,000079$	0,000049	$\pm 0,000012$	7,52E-15	98,65%	4,3221	145,262	$\pm 0,607$	0,42%	
14	1,6	10	1,45172	$\pm 0,001538$	0,32660	$\pm 0,000844$	0,00420	$\pm 0,000053$	0,00044	$\pm 0,000059$	0,000089	$\pm 0,000013$	1,02E-14	98,19%	4,3643	146,624	$\pm 0,564$	0,38%	
15	1,6	10	0,47458	$\pm 0,000677$	0,11668	$\pm 0,000472$	0,00148	$\pm 0,000037$	0,00059	$\pm 0,000083$	-0,000006	$\pm 0,000014$	3,32E-15	100,40%	4,0677	137,026	$\pm 1,307$	0,95%	
16	1,6	10	0,95981	$\pm 0,001331$	0,22647	$\pm 0,000649$	0,00280	$\pm 0,000040$	0,00030	$\pm 0,000033$	0,000012	$\pm 0,000011$	6,72E-15	99,64%	4,2227	142,049	$\pm 0,671$	0,47%	
17	1,6	10	1,23493	$\pm 0,000845$	0,27640	$\pm 0,000846$	0,00353	$\pm 0,000043$	0,00058	$\pm 0,000070$	0,000089	$\pm 0,000010$	8,65E-15	97,86%	4,3725	146,887	$\pm 0,596$	0,41%	
18	1,6	10	1,51998	$\pm 0,001694$	0,31871	$\pm 0,000515$	0,00402	$\pm 0,000038$	0,00030	$\pm 0,000049$	0,000145	$\pm 0,000013$	1,06E-14	97,17%	4,6345	155,320	$\pm 0,502$	0,32%	
19	1,6	10	0,43491	$\pm 0,000851$	0,09825	$\pm 0,000408$	0,00122	$\pm 0,000029$	0,00027	$\pm 0,000065$	0,000006	$\pm 0,000010$	3,05E-15	99,58%	4,4078	148,026	$\pm 1,204$	0,81%	
20	1,6	10	0,84181	$\pm 0,001142$	0,19513	$\pm 0,000619$	0,00248	$\pm 0,000041$	0,00004	$\pm 0,000107$	0,000006	$\pm 0,000012$	5,90E-15	99,81%	4,3057	144,732	$\pm 0,781$	0,54%	

*italik olarak belirtilen değerler kullanılmamıştır

Tablo C.2. M-006 numaralı kümülat gabro örneğinin detaylı $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analiz verileri

Sample	P	t	40 V			39 V			38 V			37 V			36 V		Moles 40Ar	%Rad	R	Age (Ma)		%-sd
au16.3e.hb	0,5	30	0,00264	±	0,00048	0,00008	±	0,00003	-0,00001	±	0,00001	-0,00048	±	0,00037	0,000004	±	0,000012	1,43E-17	52,16%	16,1411	382,46 ± 1038,165	271,45%
au16.3e.hb	0,58	30	0,04842	±	0,00052	0,00041	±	0,00003	0,00006	±	0,00002	0,00322	±	0,00058	0,000166	±	0,000011	2,63E-16	-1,06%	-1,2530	-33,38 ± -362,733	1086,72%
au16.3e.hb	0,66	30	0,12920	±	0,00052	0,00182	±	0,00003	0,00008	±	0,00002	0,01404	±	0,00043	0,000400	±	0,000013	7,01E-16	9,32%	6,6440	167,35 ± 69,079	41,28%
au16.3e.hb	0,74	30	0,09250	±	0,00052	0,00086	±	0,00003	0,00008	±	0,00003	0,01576	±	0,00059	0,000259	±	0,000019	5,02E-16	18,49%	20,2409	467,94 ± 185,766	39,70%
au16.3e.hb	0,88	30	0,46628	±	0,00098	0,00615	±	0,00005	0,00042	±	0,00003	0,06340	±	0,00140	0,001420	±	0,000019	2,53E-15	11,11%	8,4855	211,12 ± 32,250	15,28%
au16.3e.hb	0,98	30	0,65299	±	0,00135	0,02350	±	0,00006	0,00095	±	0,00003	0,18161	±	0,00193	0,001375	±	0,000019	3,54E-15	40,05%	11,1922	273,57 ± 6,278	2,29%
au16.3e.hb	1,1	30	0,55270	±	0,00075	0,03840	±	0,00018	0,00119	±	0,00002	0,23805	±	0,00155	0,000797	±	0,000015	3,00E-15	60,91%	8,8095	218,71 ± 3,460	1,58%
au16.3e.hb	1,2	30	0,88593	±	0,00158	0,09457	±	0,00040	0,00283	±	0,00004	0,56584	±	0,00445	0,000701	±	0,000016	4,81E-15	81,79%	7,6969	192,50 ± 1,687	0,88%
au16.3e.hb	1,3	30	0,69108	±	0,00078	0,07393	±	0,00043	0,00225	±	0,00004	0,42935	±	0,00195	0,000514	±	0,000015	3,75E-15	83,05%	7,7975	194,89 ± 2,022	1,04%
au16.3e.hb	1,4	30	1,25014	±	0,00199	0,14795	±	0,00035	0,00441	±	0,00005	0,87093	±	0,00325	0,000817	±	0,000016	6,79E-15	86,35%	7,3286	183,74 ± 1,030	0,56%
au16.3e.hb	1,5	30	3,45792	±	0,00250	0,48461	±	0,00106	0,01450	±	0,00011	2,82964	±	0,00887	0,001676	±	0,000018	1,88E-14	92,33%	6,6171	166,71 ± 0,502	0,30%
au16.3e.hb	1,55	30	1,13947	±	0,00120	0,16410	±	0,00052	0,00479	±	0,00006	0,95425	±	0,00455	0,000570	±	0,000020	6,18E-15	92,01%	6,4171	161,89 ± 1,092	0,67%
au16.3e.hb	1,7	30	1,52654	±	0,00213	0,22823	±	0,00072	0,00670	±	0,00007	1,33569	±	0,00640	0,000679	±	0,000016	8,29E-15	93,96%	6,3126	159,36 ± 0,796	0,50%
au16.3e.hb	1,75	30	1,00590	±	0,00159	0,15180	±	0,00058	0,00448	±	0,00005	0,88952	±	0,00326	0,000430	±	0,000016	5,46E-15	94,54%	6,2929	158,89 ± 1,057	0,67%
au16.3e.hb	1,8	30	1,14809	±	0,00101	0,16637	±	0,00061	0,00488	±	0,00006	1,00058	±	0,01052	0,000620	±	0,000020	6,23E-15	91,12%	6,3169	159,47 ± 1,116	0,70%
au16.3e.hb	1,9	30	1,67557	±	0,00176	0,24311	±	0,00045	0,00724	±	0,00006	1,43251	±	0,00526	0,000897	±	0,000022	9,09E-15	91,13%	6,3088	159,27 ± 0,773	0,49%
au16.3e.hb	1,95	30	1,03671	±	0,00184	0,15450	±	0,00041	0,00453	±	0,00003	0,91272	±	0,00524	0,000500	±	0,000021	5,63E-15	92,89%	6,2613	158,12 ± 1,161	0,73%
au16.3e.hb	2	30	0,96093	±	0,00141	0,14669	±	0,00045	0,00429	±	0,00004	0,86217	±	0,00351	0,000382	±	0,000013	5,22E-15	95,55%	6,2871	158,75 ± 0,871	0,55%
au16.3e.hb	2,1	30	0,83226	±	0,00082	0,12639	±	0,00028	0,00373	±	0,00004	0,76287	±	0,00601	0,000378	±	0,000012	4,52E-15	94,02%	6,2190	157,10 ± 0,837	0,53%
au16.3e.hb	2,3	30	2,02670	±	0,00244	0,30635	±	0,00077	0,00897	±	0,00007	1,78459	±	0,00715	0,000904	±	0,000016	1,10E-14	93,98%	6,2448	157,72 ± 0,617	0,39%
au16.3e.hb	2,5	30	1,92408	±	0,00192	0,28925	±	0,00058	0,00843	±	0,00009	1,74425	±	0,00740	0,000878	±	0,000015	1,04E-14	93,89%	6,2739	158,43 ± 0,551	0,35%
au16.3e.hb	2,8	30	0,02903	±	0,00064	0,00537	±	0,00005	0,00016	±	0,00002	0,03331	±	0,00085	0,000018	±	0,000014	1,58E-16	90,58%	4,9155	125,29 ± 19,905	15,89%
au16.3e.hb	3,1	30	0,02293	±	0,00043	0,00436	±	0,00006	0,00012	±	0,00002	0,02532	±	0,00084	0,000006	±	0,000011	1,24E-16	100,71%	5,3141	135,07 ± 19,115	14,15%
au16.3e.hb	3,3	30	0,00293	±	0,00044	0,00142	±	0,00005	0,00002	±	0,00002	0,00748	±	0,00060	-0,000006	±	0,000013	1,59E-17	179,04%	2,4966	64,72 ± 71,676	110,75%

Tablo C.3. M-061 numaralı mikaşist örneğinin detaylı $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analiz verileri

M-061 $J=0.019400 \pm 0.000029$																	
Sample	P	t	40 V	39 V	38 V		37 V		36 V	Moles ^{40}Ar	%Rad	R	Age (Ma)			%sd	
1	1,6	10	0,36444 $\pm$ 0,000808	0,09775 $\pm$ 0,000377	0,00128 $\pm$ 0,000048	0,00117 $\pm$ 0,000032	0,000009 $\pm$ 0,000010	2,55E-15	99,27%	3,7013	125,103	$\pm$ 1,161	0,93%				
2	1,6	10	0,31066 $\pm$ 0,000479	0,08395 $\pm$ 0,000353	0,00109 $\pm$ 0,000035	0,00000 $\pm$ 0,000039	0,000017 $\pm$ 0,000012	2,18E-15	98,42%	3,6422	123,173	$\pm$ 1,503	1,22%				
3	1,6	10	0,20153 $\pm$ 0,000550	0,05373 $\pm$ 0,000159	0,00071 $\pm$ 0,000035	0,00020 $\pm$ 0,000071	0,000006 $\pm$ 0,000011	1,41E-15	99,20%	3,7208	125,741	$\pm$ 2,131	1,69%				
4	1,6	10	0,26065 $\pm$ 0,000397	0,07070 $\pm$ 0,000354	0,00088 $\pm$ 0,000029	0,00033 $\pm$ 0,000049	-0,000006 $\pm$ 0,000011	1,83E-15	100,64%	3,6870	124,637	$\pm$ 1,721	1,38%				
5	1,6	10	0,16232 $\pm$ 0,000570	0,04230 $\pm$ 0,000150	0,00055 $\pm$ 0,000030	0,00000 $\pm$ 0,000052	0,000021 $\pm$ 0,000009	1,14E-15	96,14%	3,6892	124,709	$\pm$ 2,291	1,84%				
6	1,6	10	0,24678 $\pm$ 0,000180	0,06627 $\pm$ 0,000279	0,00087 $\pm$ 0,000026	0,00000 $\pm$ 0,000053	0,000010 $\pm$ 0,000010	1,73E-15	98,83%	3,6803	124,418	$\pm$ 1,666	1,34%				
7	1,6	10	0,28485 $\pm$ 0,000445	0,07358 $\pm$ 0,000341	0,00101 $\pm$ 0,000036	-0,00003 $\pm$ 0,000063	0,000034 $\pm$ 0,000012	1,99E-15	96,48%	3,7349	126,199	$\pm$ 1,712	1,36%				
8	1,6	10	0,44265 $\pm$ 0,000320	0,11666 $\pm$ 0,000442	0,00150 $\pm$ 0,000032	0,00004 $\pm$ 0,000059	0,000016 $\pm$ 0,000009	3,10E-15	98,95%	3,7546	126,843	$\pm$ 0,950	0,75%				
9	1,6	10	0,23515 $\pm$ 0,000409	0,06061 $\pm$ 0,000164	0,00078 $\pm$ 0,000034	0,00007 $\pm$ 0,000045	0,000016 $\pm$ 0,000010	1,65E-15	97,95%	3,8000	128,323	$\pm$ 1,745	1,36%				
10	1,6	10	0,19737 $\pm$ 0,000565	0,05279 $\pm$ 0,000317	0,00071 $\pm$ 0,000033	-0,00001 $\pm$ 0,000076	0,000006 $\pm$ 0,000012	1,38E-15	99,06%	3,7032	125,164	$\pm$ 2,359	1,88%				
11	1,6	10	0,14495 $\pm$ 0,000354	0,03768 $\pm$ 0,000111	0,00051 $\pm$ 0,000032	-0,00006 $\pm$ 0,000079	0,000010 $\pm$ 0,000011	1,02E-15	97,96%	3,7683	127,288	$\pm$ 2,986	2,35%				
12	1,6	10	0,24077 $\pm$ 0,000462	0,06371 $\pm$ 0,000184	0,00085 $\pm$ 0,000026	-0,00001 $\pm$ 0,000063	-0,000019 $\pm$ 0,000017	1,69E-15	102,31%	3,7794	127,649	$\pm$ 2,736	2,14%				
13	1,6	10	0,27821 $\pm$ 0,000469	0,07295 $\pm$ 0,000372	0,00093 $\pm$ 0,000028	-0,00006 $\pm$ 0,000082	0,000017 $\pm$ 0,000010	1,95E-15	98,17%	3,7435	126,479	$\pm$ 1,554	1,23%				
14	1,6	10	0,15716 $\pm$ 0,000598	0,04218 $\pm$ 0,000181	0,00054 $\pm$ 0,000032	0,00001 $\pm$ 0,000069	0,000003 $\pm$ 0,000011	1,10E-15	99,36%	3,7017	125,115	$\pm$ 2,644	2,11%				
15	1,6	10	0,16645 $\pm$ 0,000354	0,04443 $\pm$ 0,000422	0,00059 $\pm$ 0,000026	0,00004 $\pm$ 0,000060	-0,000005 $\pm$ 0,000009	1,17E-15	100,81%	3,7467	126,585	$\pm$ 2,415	1,91%				
16	1,6	10	0,39880 $\pm$ 0,000631	0,10737 $\pm$ 0,000396	0,00136 $\pm$ 0,000035	0,00018 $\pm$ 0,000055	0,000015 $\pm$ 0,000011	2,79E-15	98,90%	3,6734	124,190	$\pm$ 1,119	0,90%				
17	1,6	10	0,20207 $\pm$ 0,000533	0,05420 $\pm$ 0,000211	0,00073 $\pm$ 0,000026	0,00006 $\pm$ 0,000049	0,000016 $\pm$ 0,000009	1,42E-15	97,61%	3,6394	123,081	$\pm$ 1,816	1,48%				
18	1,6	10	0,12149 $\pm$ 0,000426	0,03289 $\pm$ 0,000136	0,00048 $\pm$ 0,000035	-0,00005 $\pm$ 0,000048	-0,000033 $\pm$ 0,000015	8,51E-16	108,06%	3,6937	124,855	$\pm$ 4,731	3,79%				
19	1,6	10	0,59051 $\pm$ 0,000933	0,10832 $\pm$ 0,000534	0,00152 $\pm$ 0,000033	-0,00007 $\pm$ 0,000078	0,000648 $\pm$ 0,000014	4,14E-15	67,59%	3,6846	124,557	$\pm$ 1,651	1,33%				
20	1,6	10	0,24757 $\pm$ 0,000397	0,06642 $\pm$ 0,000224	0,00089 $\pm$ 0,000040	-0,00011 $\pm$ 0,000067	0,000008 $\pm$ 0,000010	1,73E-15	99,04%	3,6910	124,768	$\pm$ 1,514	1,21%				

*italik olarak belirtilen değerler kullanılmamıştır

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Özkan M.**, Çelik Ö. F., Marzoli A., Topuz G., Altıntaş İ. E., Geyve Boğazı Civarında Yüzeyleyen Karbonatça Zengin (Karbonatit?) Kayaçların Jeolojik Özellikleri, *65. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 2-6 Nisan 2012.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Aydın'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2010-2013 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.