

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında

Samet SAKA Tarafından Hazırlanan

**OKYANUS ORTASI SIRT VE YİTİM ZONLARINDAKİ KISMİ ERGİME,
ERGİYİK-PERİDOTİT ETKİLEŞİM SÜREÇLERİ VE OKYANUSAL KABUK
OLUŞUMU: ALADAĞ OFİYOLİTİ (ADANA, GÜNEY TÜRKİYE)**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 07 /01 /2020 gün ve 1836 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

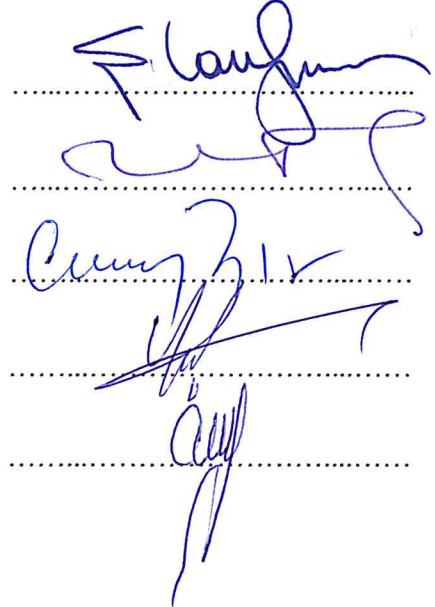
Başkan : Prof. Dr. Şengül Can GENÇ

Üye : Prof. Dr. İbrahim UYSAL

Üye : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Üye : Prof. Dr. Emrah Yalçın ERSOY

Üye : Prof. Dr. Ömer Faruk ÇELİK



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Okyanus Ortası Sırt ve Yitim Zonlarındaki Kısmi Ergime, Ergiyik-Peridotit Etkileşim Süreçleri ve Okyanusal Kabuk Oluşumu: Aladağ Ofiyoliti (Adana, Güney Türkiye)” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmış olup, 11547 proje numarası ile Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve 114Y094 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Bu çalışmanın her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. İbrahim UYSAL’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında yardımları olan Arş. Gör. Erdi AVCI’ya ve elde edilen örneklerin, ince ve parlak kesit yapım amacıyla kesilip, plakalar haline getirilmesi aşamasındaki katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DEMİR’e teşekkür ederim. Araziden alınan örneklerin hemen hemen tümü mineral kimyası çalışmaları için Ludwig Maximilians Üniversitesi (Münih), Yer ve Çevre Bilimleri Bölümü’ndeki elektron mikroprob cihazı ile analizlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında Dr. Dirk MULLER ve Dr. Melanie KALIWODA her zaman yanımda olmuştur; kendilerine çok teşekkür ederim. Ofiyolitik kayalar bünyesindeki farklı fazların LA-ICPMS ile iz element içerikleri Goethe Üniversitesi’nde (Frankfurt) belirlenmiş olup, bu çalışmalar sırasında Dr. Michael SEITZ önemli katkılarda bulunmuştur. Kendisine ne kadar teşekkür etsem azdır. Örneklerin Platin Grubu Element içerikleri ve Re-Os izotopik bileşimleri Çek Jeolojik Araştırmalar Enstitüsünde belirlenmiş olup, bu çalışmalar esnasındaki katkılarından dolayı Dr. Lukas ACKERMAN’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tezin hazırlanmasının her aşamasında bana destek olan değerli eşim Arş. Gör. Simge OĞUZ SAKA’ya ve aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Samet SAKA
Trabzon 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Okyanus Ortası Sırt ve Yitim Zonlarındaki Kısmi Ergime, Ergiyik-Peridotit Etkileşim Süreçleri ve Okyanusal Kabuk Oluşumu: Aladağ Ofiyoliti (Adana, Güney Türkiye)” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İbrahim UYSAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29/01/2020

Samet SAKA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Ofiyolit Kavramının Tarihçesi.....	1
1.1.2. Ofiyolit Tipleri.....	2
1.1.2.1. Yitim ile İlişkili Olmayan Ofiyolitler.....	4
1.1.2.2. Yitim İle İlişkili Ofiyolitler.....	5
1.1.3. Abisal (OSS) ve Yitim Zonu Ortamlarında Oluşan Ofiyolitlerin Jeokimyasal Özellikleri.....	5
1.2. Aladağ Ofiyoliti ile İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar.....	9
1.3. Çalışmanın Amacı.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	13
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	13
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	14
2.1.2.1. Mikroskopik İncelemeler.....	15
2.1.2.2. Kimyasal Analizler.....	15
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Ana Oksit Analizleri.....	16
2.1.2.2.2. Tüm Kayaç İz element ve Lantan Grubu Element (LGE) Analizleri...	17
2.1.2.2.3. Tüm Kayaç PGE ve Os-İzotop Analizleri.....	17
2.1.2.2.4. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri.....	18

2.1.2.2.5.	Mineral Kimyası Ana Oksit Analizleri.....	19
2.1.2.2.6.	Mineral Kimyası İz Element Analizleri.....	20
2.1.2.2.7.	Zirkon U-Pb İzotop Analizleri.....	20
2.1.3.	Büro Çalışmaları.....	21
3.	BULGULAR.....	22
3.1.	Bölgesel Jeoloji.....	22
3.2.	Arazi Gözlemleri.....	24
3.3.	Petrografik İncelemeler.....	28
3.4.	Tüm Kayaç Jeokimyası.....	40
3.4.1.	Ana Oksit Jeokimyası.....	40
3.4.2.	İz Element ve Lantan Grubu Element (LGE) Jeokimyası.....	57
3.4.3.	Tüm Kayaç Plâtin Grubu Element (PGE) Jeokimyası.....	66
3.4.4.	Tüm Kayaç Os-İzotop Jeokimyası.....	73
3.4.5.	Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası.....	76
3.5.	Mineral Kimyası.....	79
3.5.1.	Spinel.....	79
3.5.2.	Olivin.....	88
3.5.3.	Ortopiroksen.....	96
3.5.4.	Klinopiroksen.....	107
3.5.5.	Plajiyoklas.....	121
3.5.6.	Amfibol.....	123
3.6.	Mafik Dayklardaki Zirkonların U-Pb Yöntemi ile Yaşlandırılması.....	129
4.	TARTIŞMA.....	133
4.1.	Serpantinleşme Süreçlerinin Manto Peridotitleri Üzerindeki Etkisi.....	133
4.2.	Kabuksal Kayaçların Tektonik Ortamları.....	138
4.3.	Manto Peridotitlerinin Kısmi Ergime ve Ergiyik Kayaç Etkileşim Süreçleri.....	142
4.3.1.	Ana Element Oksit Bileşimleri.....	142
4.3.2.	Tüm Kayaç İz Element Bileşimleri.....	147
4.3.3.	Mineral Ana Oksit ve İz Element Kimyası.....	149
4.3.4.	Kısmi Ergime ve Ergiyik-Kayaç Etkileşim Süreçlerinde PGE Davranışları.....	164
4.3.5.	Aladağ Ofiyoliti Manto Peridotitlerinin Os-izotop Sistematiği.....	171

4.4.	Aladağ Ofiyoliti Manto Kayaçlarındaki Amfibollerin Kökeni.....	174
4.5.	Aladağ Ofiyoliti Manto Peridotitlerinin Tektonik Ortamı.....	176
5.	SONUÇLAR.....	179
6.	ÖNERİLER.....	183
7.	KAYNAKLAR.....	184
8.	EKLER (1 adet CD).....	202

ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

OKYANUS ORTASI SIRT VE YİTİM ZONLARINDAKİ KISMİ ERGİME, ERGİYİK-
PERİDOTİT ETKİLEŞİM SÜREÇLERİ VE OKYANUSAL KABUK OLUŞUMU:
ALADAĞ OFİYOLİTİ (ADANA, GÜNEY TÜRKİYE)

Samet SAKA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İbrahim UYSAL
2020, 203 Sayfa, 263 Sayfa Ek

Türkiye'nin güneyinde doğu Toroslar'da yüzeyleme veren Aladağ ofiyoliti, tabandan tavana doğru manto peridotitleri, ultramafik kümülatlar, mafik kümülatlar ve izotrop gabrolarla temsil edilmekte olup, bu kayalar yer yer mafik daylar tarafından kesilmektedir.

Manto peridotitleri jeokimyasal özelliklerine göre abisal (Grup-1) ve yitim (Grup-2) peridotitleri olarak iki gruba ayrılmıştır. Grup-1 manto peridotitleri yüksek modal klinopiroksen bollukları, tüm kayac ve klinopiroksen ağır Lantan Grubu Element (LGE) içerikleri ve düşük spinel Cr# değerleri (13-47) ile temsil edilir. Tüm kayac ağır LGE desenleri, bu kayaların yaklaşık %5-18 arasında değişen susuz kısmi ergime kalıntıları olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, Grup-2 manto peridotitleri Grup-1 örneklerine göre daha düşük modal klinopiroksen bollukları, tüm kayac ve klinopiroksen ağır LGE içerikleri ve yüksek spinel Cr# değerleri (44-74) ile temsil edilmekte olup, %33'lere ulaşan daha yüksek kısmi ergime derecelerini yansıtırlar. Zenginleşmiş tüm kayac ve klinopiroksen hafif LGE ve Büyük İyon Çaplı Element (BİÇE) içerikleri, Grup-2 örneklerinin yitim zonlarındaki tüketilmenin yanı sıra akışkan/ergiyikler ile hem kriptik hem de modal metazomatizmaya uğradığını göstermektedir.

Söz konusu bu veriler, kabuksal kesim altındaki litosferik mantonun oldukça heterojen mineralojik ve jeokimyasal bileşimine sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Aladağ ofiyoliti, manto peridotitleri, kısmi ergime, jeokimya

PhD. Thesis

SUMMARY

PARTIAL MELTING, MELT-PERIDOTITE INTERACTION PROCESSES AND OCEANIC CRUST FORMATION IN THE MID-OCEAN RIDGES AND SUPRA-SUBDUCTION ZONES: ALADAĞ OPHIOLITE (ADANA, SOUTHERN TURKEY)

Samet SAKA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. İbrahim UYSAL
2020, 203 Pages, 263 Pages Appendix

Aladağ ophiolite, outcropping out along the eastern Taurides in the southern Turkey, is represented by mantle peridotites and overlying ultramafic cumulates, mafic cumulates and isotropic gabbros which are cut by mafic dykes.

According to the geochemical characteristics, mantle peridotites are divided into two sub-groups as abisal (Group-1) and suprasubduction zone peridotites (Group-2). Group-1 mantle peridotites are represented by high clinopyroxene modal abundance, whole-rock and clinopyroxene heavy Lanthanum Group Element (LGE) contents and low spinel Cr# values (13-47). Whole-rock heavy LGE patterns indicate that these rocks are 5-18% unhydrous partial melting residues. In contrast, Group-2 mantle peridotites are represented by lower clinopyroxene modal abundances, whole-rock and clinopyroxene heavy LGE contents, and higher spinel Cr# values (44-74) than Group-1 samples, reflecting higher partial melting degrees (up to 33%). Light LGE and LILE enriched whole-rock and clinopyroxene contents of Group-2 samples reflect that, in addition to depletion, they were enriched with fluids/melts and underwent both cryptic and modal metasomatism in the subduction zone.

The obtained data show that the lithospheric mantle beneath the crustal section was highly heterogeneous in mineralogical and geochemical composition.

Key Words: Aladağ ophiolite, mantle peridotites, partial melting, geochemistry

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Farklı ofiyolit tiplerindeki birimlerin litolojisini ve iç yapısını gösteren kesitler.....	3
Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri.....	23
Şekil 3. Aladağ ofiyolitinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası	25
Şekil 4. Aladağ ofiyolitinin genelleştirilmiş dikme kesiti.....	26
Şekil 5. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı türdeki kayalara ait arazi görüntüleri.....	27
Şekil 6. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait örneklerin tüm kayaç ana oksit jeokimyası dikkate alınarak en küçük kareler yöntemi ile hesaplanmış modal mineralojik bileşimleri.....	31
Şekil 7. Aladağ ofiyoliti gabroları ve mafik dayklarına ait örneklerin modal mineralojik bileşimleri.....	32
Şekil 8. Aladağ ofiyoliti örneklerine ait ince kesitlerin polarizan mikroskop ve BSE görüntüleri.....	39
Şekil 9. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti, kümülat dunit, verlit, klinopiroksenit, kümülat gabro, izotrop gabro ve mafik dayk örneklerinin tüm kayaç MgO içeriklerine karşılık diğer ana oksit içeriklerindeki değişimlerin logaritmik ölçekte gösterimi.....	55
Şekil 10. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve izole diyabaz daykı örneklerinin tüm kayaç MgO-Al ₂ O ₃ -CaO üçgenindeki yerleri.....	56
Şekil 11. Aladağ ofiyolitine ait seçilmiş örneklerin Al ₂ O ₃ içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	58
Şekil 12. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin Al ₂ O ₃ içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	59
Şekil 13. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin spinel Cr# değerleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim	

Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	62
Şekil 14. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarını temsil eden örneklerin ilksel manto değerlerine oranlanmış LGE ve çoklu element desenleri.....	63
Şekil 15. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarını temsil eden örneklerin ilksel manto değerlerine oranlanmış Platin Grubu Element (PGE) ve Re desenleri.....	68
Şekil 16. Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin Os içeriklerine karşı Ir, Ru, Pt ve Pd içerikleri.....	72
Şekil 17. Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ içeriklerine karşı $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içerikleri.....	74
Şekil 18. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin minimum renyum tüketilme (TRD) yaşları.....	75
Şekil 19. Aladağ ofiyolitine ait kabuksal kesimi temsil eden piroksenitler ve mafik daykaları temsil eden gabro örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ içeriklerine karşı $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içerikleri.....	76
Şekil 20. Aladağ ofiyoliti izole diyabaz daykaları ve amfibolit örneğinin a: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarına karşılık $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları, b: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranlarına karşılık ϵNd değerleri, c: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranlarına karşılık $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları.....	77
Şekil 21. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve ultramafik kümülat örneklerindeki spinel grubu minerallerin Cr#-Mg# sınıflama diyagramındaki yerleri.....	80
Şekil 22. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve gabro örneklerinde gözlenen olivin kristallerinin Fo içeriklerine karşılık a- NiO ve b- MnO içeriklerindeki değişimler.....	96
Şekil 23. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri ve ultramafik kümülat örneklerindeki ortopiroksen kristallerinin Ca-Mg-Fe üçgenindeki yerleri.....	97
Şekil 24. Farklı kayaç gruplarındaki ortopiroksenlerin kondrite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları.	100
Şekil 25. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri, ultramafik kümülat ve izole diyabaz daykaları örneklerindeki klinopiroksen kristallerinin Ca-Mg-Fe üçgenindeki yerleri.....	108
Şekil 26. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait klinopiroksen kristallerinin TiO_2 içeriklerine karşılık Na_2O içeriklerindeki değişimler.....	109

Şekil 27.	Farklı kayaç gruplarındaki klinopiroksenlerin kondrite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları.	112
Şekil 28.	Aladağ ofiyolitine ait gabro örneklerindeki feldispat grubu minerallerin Or (K)-Ab (Na)-An (Ca) sınıflama diyagramındaki yerleri.....	121
Şekil 29.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve izole diyabaz daykısı örneklerindeki amfibol kristallerinin Si değerlerine karşılık Na+K içeriklerindeki değişimler.....	124
Şekil 30.	Farklı kayaç gruplarındaki amfibollerin kondrite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları.....	128
Şekil 31.	Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden örneklerden ayrılan zirkon minerallerinin katodoluminesans (CL) görüntüleri.....	129
Şekil 32.	Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden örneklere ait U-Pb izotop yöntemi belirlenen zirkon kristallenme yaşları.....	130
Şekil 33.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin tüm kayaç MgO/SiO ₂ oranlarına karşılık Al ₂ O ₃ /SiO ₂ oranları (a) ve ateşte kayıp (AK) içeriklerindeki (b) değişimler.....	135
Şekil 34.	Aladağ ofiyolitine ait Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerindeki ateşte kayıp (AK) içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	137
Şekil 35.	Aladağ ofiyolitine ait Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerine ait ateşte kayıp (AK) içerikleri ile Platin Grubu Element (Os, Ir, Ru, Pt ve Pd) ve Re konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	138
Şekil 36.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri, kabuksal kayaçlar ve izole diyabaz dayklarını temsil eden örneklerin tüm kayaç MgO-Fe ₂ O ₃ -Na ₂ O+K ₂ O üçgenindeki yerleri.....	139
Şekil 37.	Aladağ ofiyoliti izotrop gabro ve mafik daykların (a) Hf/3-Th-Ta, (b) TiO ₂ /10-MnO-P ₂ O ₅ tektonik ortam diyagramları.....	140
Şekil 38.	Aladağ ofiyoliti kümülat gabro, izotrop gabro ve mafik dayklarını temsil eden örneklerin V içeriklerine karşılık Ti içeriklerinin karşılaştırıldığı tektonik ortam diyagramları.....	141
Şekil 39.	Aladağ ofiyoliti izotrop gabro ve mafik dayklarını temsil eden örneklerin Nb/Yb oranlarına karşılık Th/Yb oranları.....	142

Şekil 40.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin tüm kayaç (TK) MgO içeriklerine karşılık bazı ana oksit içeriklerindeki değişimler.....	144
Şekil 41.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin tüm kayaç CaO içeriklerine karşılık Al ₂ O ₃ içeriklerindeki değişimler.....	145
Şekil 42.	Aladao ofiyoliti manto peridotitlerine ait örneklerin Al ₂ O ₃ (a) ve Na ₂ O (b) ergime eğrileri (ayrışmalı ergime modeli) üzerindeki yerleri.....	146
Şekil 43.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait örneklerin kondrit değerlerine oranlanmış LGE dağılımları.....	148
Şekil 44.	Aladağ ofiyoliti manto peridotiti ve gabro örneklerindeki spinel kristallerinin Al ₂ O ₃ içeriklerine karşılık TiO ₂ içeriklerindeki değişimler.....	151
Şekil 45.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve gabro örneklerindeki spinel kristallerinin Cr ₂ O ₃ içeriklerine karşılık Al ₂ O ₃ içeriklerindeki değişimler.....	152
Şekil 46.	Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti örneklerindeki ortopiroksen kristallerinin Mg# içeriklerine karşılık Al ₂ O ₃ içeriklerindeki değişimler.....	152
Şekil 47.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait klinopiroksen kristallerinin Al ₂ O ₃ içeriklerine karşılık TiO ₂ içeriklerindeki değişimler.....	153
Şekil 48.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki olivinlerin Fo içerikleri ile denge hâlindeki spinellerin Cr# değerleri arasındaki ilişki.....	154
Şekil 49.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri (a) ve kabuksal kayaçlarındaki (b) spinel kristallerinin Cr# değerleri ile TiO ₂ içerikleri arasındaki ilişki..	156
Şekil 50.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerin Yb içeriklerine karşılık spinel Cr# değerleri.....	159
Şekil 51.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerin Ti içeriklerine karşılık Dy içerikleri.....	160
Şekil 52.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin Sm _N /Yb _N oranlarına karşı Yb _N (a) ve Ti içeriklerine karşı Nd (b) ve Zr (c) içerikleri.....	163
Şekil 53.	Aladağ ofiyololiti manto peridotitlerine ait örneklerin Pd _N /Ir _N oranlarına karşı Pd _N /Os _N oranları (a) ve Ir (b), Ru (c), Pt (d), Pd (e), Cu (f) içeriklerine karşılık Al ₂ O ₃ içerikleri.....	167
Şekil 54.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin Cu içeriklerine karşı Pt (a) ve Pd (b) içerikleri.....	169

Şekil 55.	Aladağ ofiyolitit manto peridotitlerinin Al_2O_3 içeriklerine karşı Yb (a) ve Re (b) içeriklerindeki değişimler.....	171
Şekil 56.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin Al_2O_3 içeriklerine karşı $\sum Os$ değerleri.....	173
Şekil 57.	Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin tektonik ortamı için önerilen model.....	178



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı kayaç gruplarına ait örneklerin petrografik incelemeler sonrasında belirlenen kayaç dokuları ve modal bileşimleri.....	33
Tablo 2. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarının tüm kayaç ana oksit (ağ.%), iz element ve Lantan Grubu Element (LGE) (ppm) içerikleri.....	42
Tablo 3. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı kayaç gruplarının PGE içerikleri (ppb) ve Os izotop değerleri.....	69
Tablo 4. Aladağ ofiyolitine ait izole diyabaz daykların ve amfibolit örneğinin Sr-Nd-Pb izotop değerleri.....	78
Tablo 5. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen spinellerin örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimleri.....	81
Tablo 6. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen olivinlerin örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimleri.....	89
Tablo 7. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen ortopiroksenlerin örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimler.....	101
Tablo 8. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen klinopiroksenlerin örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimleri.....	114
Tablo 9. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen plajiyoklasların örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimleri.....	122
Tablo 10. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen amfibollerin örnek bazında hesaplanan ortalama kimyasal bileşimleri.....	125
Tablo 11. Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden örneklere ait zirkon U-Pb izotop analiz sonuçları.....	131

SEMBOLLER DİZİNİ

ağ.	: Ağırlık
AK	: Ateşte Kayıp
AMFT	: Amfibolit
AYT	: Ada Yayı Toleyiti
BİÇE	: Büyük İyon Çaplı Element
BMS	: Baz Metal Sülfid
BSE	: Geri Yansımali Elektron (Back Scattered Electron)
dla	: Deteksiyon Limiti Altında
En	: Enstatit
Fs	: Ferrosillit
IPGE	: İridyum Grubu Plâtin Grubu Element
İD	: İzole Diyabaz Daykları
İG	: İzotrop Gabrolar
LGE	: Lantan Grubu Element
Kon	: Kondrit
MK	: Mafik Kümülatlar
MP	: Manto Peridotitleri
OAB	: Okyanus Adası Bazaltı
OOS	: Okyanus Ortası Sırt
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
PGE	: Plâtin Grubu Element
PGM	: Plâtin Grubu Mineral
PPGE	: Palladyum Grubu Plâtin Grubu Element
PUM	: İlkse Üst Manto (Primitive Upper Mantle)
TK	: Tüm Kayaç
TOM	: Tüketilmiş Okyanus Ortası Sırtı Mantosu
UMK	: Ultramafik Kümülatlar
Vo	: Vollastonit
YÇAE	: Yüksek Çekim Alanlı Element

Cr#	: Cr/(Cr+Al)
Fe ²⁺ #	: Fe ²⁺ /(Mg+Fe ²⁺)
Fe ³⁺ #	: Fe ³⁺ /(Cr+Al+Fe ³⁺)
Mg#	: Mg/(Mg+Fe ²⁺)
T _{MA}	: Model Yaş
T _{RT}	: Renyum Tüketilme Yaşı



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

1.1.1. Ofiyolit Kavramının Tarihçesi

Ofiyolit, okyanusal litosfer ve ilişkili derin deniz sedimanlarından oluşan ve tektonik olarak kıtasal kabuk üzerine itilmiş kayaç gruplarını tanımlamak için kullanılan bir terim olarak bilinmektedir (Moore, 1982; Nicolas, 1989). Günümüz okyanuslarında 170 milyon yıldan daha yaşlı herhangi bir okyanus litosferi korunmadığından, 170 milyon yıldan günümüze kadar süregelen okyanus tabanı yayılmasıyla ilişkili magmatik, tektonik ve hidrotermal süreçleri açıklamak için ofiyolitler son derece önemlidirler. Bu nedenle ofiyolitler, yitim başlangıcından sonuna kadar olan okyanus tabanı yayılması ve açılma-sürüklenme süreçlerinin tarihsel gelişimini gösteren en iyi arşivdir. Okyanus kabuğun yapısal olarak ofiyolitlere karşılık geldiğinin ortaya konması, 1960'lı yıllarda levha tektoniği teorisinin ilerlemesinde önemli bir rol oynamıştır. Yerbilimciler, okyanus ortası sırtı oluşum süreçlerinin doğasını, manto kimyasını, eski okyanus havzalarının paleocoğrafyasını ve orojenik kuşakların tektonik evrimini araştırmak için ofiyolitleri kullanmışlardır (Dilek ve Furnes 2014).

Brongniart (1821), İtalyan Apeninleri'ndeki peridotitik, gabroyik, diyabazik ve volkanik kaya grubuna dayanarak ofiyolit'in ilk tanımlamasını yapmıştır. Daha sonra, Steinmann (1927) serpantin, bazalt ve çörtten oluşan birimlerin (Steinmann üçlüsü) Akdeniz dağlarında yaygın olarak görüldüğünü ve kökenlerinin farklılaşmış okyanus altı magmatik birimler olabileceğini belirtmiştir. Hollandalı jeolog de Roever (1957) ve daha sonra İsviçreli jeolog Vuagnat (1964), bu kayaçların, mantonun ergimesi sonucunda oluşan bazaltik kayalar ve ergime kalıntısı peridotitler olduğunu savunmuştur. 1960'lı yılların ortalarında, levha dayk kompleksi, plütonik kayalar ve refrakter harzburgit birlikteliğinin tanımlanması, levha tektoniği teorisi çerçevesinde ofiyolit oluşumu için bir model oluşturmada etkili olmuştur.

Penrose Konferansı'nda (1972) ofiyolitler, tabandan tavana doğru çoklukla serpantinleşmiş ultramafik manto peridotitleri (veya tektonitler), ultramafik ve mafik kümülatlar, kümülat doku sunmayan (masif) gabrolar, levha daykları ve mafik volkanik

kayaçlar (yastık yapılı bazaltlar) gibi birbirinden ayrılabilen kayaç gruplarından oluşan bir istif olarak tanımlanmıştır. Bu kayaç grupları genellikle pelajik sedimanlar, çört ve/veya derin deniz sedimanları ile örtülmüş olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte, Miyashiro (1973) okyanus ortası sırtlardaki ofiyolit oluşum modelini sorgulamış ve jeokimyasal yorumlara dayanarak Kıbrıs'taki Troodos okyanus kabuğunun ada yayı magmatizmasının bir ürünü olduğunu öne sürmüştür. Bu, ofiyolit konseptinde devrim niteliğinde fakat tartışmalı bir gelişme olup, 1980'lerin başlarında yitim zonu (suprasubduction zone) ofiyolitlerinin tanımlanmasında önemli bir rol oynamıştır. Önceleri, ofiyolitlerin sadece okyanus ortası sırtlarda (OOS) oluşan okyanusal kabuğu temsil ettiği düşünülmekte iken Coleman (1977) ve sonrasında birçok araştırmacı (örn., Shervais, 1982) bu kayaçların oluşumları için yay gerisi havzalar ve volkanik yay kökleri gibi farklı tektonik oluşum ortamları önermiştir. Ofiyolitik istife ait kayaçlar buldukları yerlerde bütünüyle temsil edilmiş (tam ofiyolit istifi) olabilmekle birlikte, bazı birimlerin kısmen veya tamamen eksik olduğu (eksikli ofiyolit istifi) seriler de gözlemlenebilmektedir.

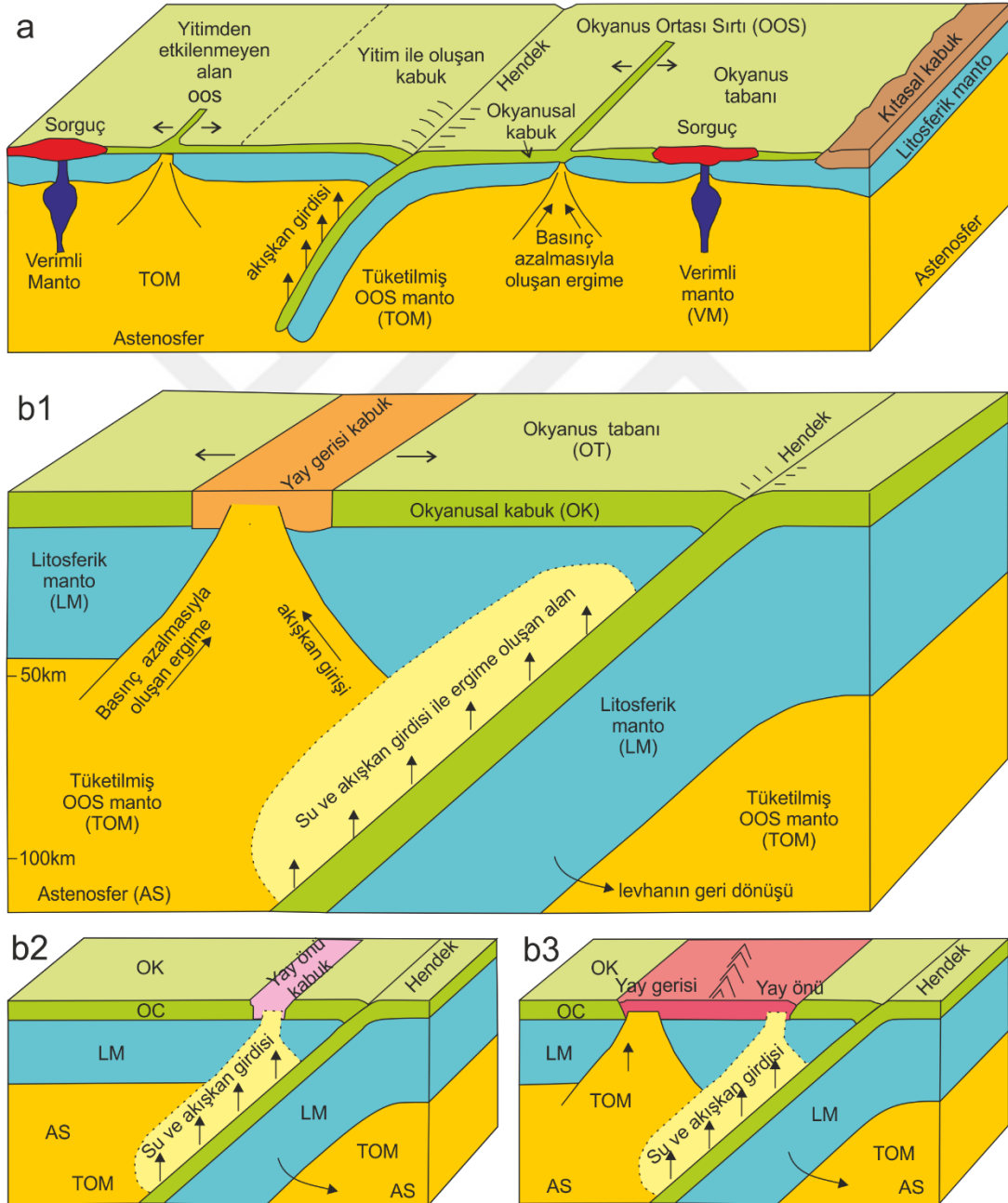
1980 ve 1990'larda Batı Pasifik'teki yitim zonunun üzerinde okyanusal kabuk oluşumu esnasında yerinde yapılan gözlemler, ofiyolit oluşumunda yitim zonlarındaki magmatik süreçlerin etkilerini açıklamak için oldukça önemli olmuştur. Bu nedenle, 1821'den beri ofiyolitler üzerinde yapılan çalışmalarla süre gelen bu bilimsel dönüşüm, farklı bilimsel disiplinlere de önemli katkılarda bulunmuştur (Dilek ve Furnes 2014).

1.1.2. Ofiyolit Tipleri

Ofiyolitlerin magmatik yapısı, oluştukları jeodinamik ortama ve yüzeyleme mekanizmasına bağlıdır. Bu nedenle, ofiyolitlerin oluşumu ve tipleri iki temel faktöre bağlıdır: 1. Tektonik, magmatik ve jeokimyasal süreçler. 2. Farklı yüzeyleme mekanizmaları sonucunda ofiyolitlerin korunması.

Ofiyolitleri yitim ile ilişkili (subduction related) ve yitim ile ilişkisi olmayan (Subduction unrelated) olarak sınıflandırmak mümkündür (Dilek ve Furnes 2014). Yitim süreçlerinden etkilenmeyen ofiyolitler kıta kenarları (continental margin), okyanus ortası sırt (MOR), ve sorguç tip (plume-type) ofiyolitler olarak tanımlanmıştır (Dilek ve Furnes 2014, Furnes ve Safonova 2019) (Şekil 1a). Kıta kenarlarında oluşan ofiyolitlere Ligurya ve Batı Alpler, okyanus ortası sırtlarda oluşan ofiyolitlere Macquarie Sırtı, Masirah (Oman), İzlanda, Taitao (Şili) ve sorguç tip ofiyolitlere de Nicoya (Kosta-Rika) ve Bolivar

(Kolombiya) örnek verilebilir. Yitim ilişkili ofiyolitler ise yitim zonu üstü (SSZ; supra subduction zone) ofiyolitleri olarak tanımlanır (Dilek ve Furnes 2014, Furnes ve Safonova 2019) (Şekil 1b1-b3). Yitim zonunda oluşan ofiyolitlere Troodos (Kıbrıs), Kızıldağ (Türkiye), Semail (Oman), Betts Cove (Kanada), Rocas Verdes (Şili) ve volkanik yay tipi ofiyolitlere de Smartville (Kaliforniya) ve Itoyon (Filipinler) örnek olarak verilebilir.



Şekil 1. Ofiyolitlerin oluşum ortamlarının şematik gösterimi. Yitim ile ilişkisi olmayanlar (a), yitim ile ilişkili olanlar (b1: yay gerisi, b2: yay özü, b3: yay gerisi-yay özü) (Furnes ve Safonova 2019).

1.1.2.1. Yitim ile İlişkili Olmayan Ofiyolitler

Yitim ilişkili olmayan ofiyolitler, (i) kıta kenarı (KK), (ii) okyanus ortası sırtı (OOS) ve (iii) sorguç (S) tip olmak üzere 3 alt grupta değerlendirilmektedir.

(i) Tektonik açılma ve riftleşme kıtaların incelmesine ve yeni bir okyanusun gelişmesine neden olabilir. Bu riftleşmeyle ilişkili magmatik aktivite neticesinde, küçük gabro plütonları ve mafik dayklar tarafından kesilen kıtasal litosferik manto lerzolitleri ve bunları direkt olarak üzerleyen bazaltik lavlardan oluşan olgunlaşmamış okyanus kabuğu oluşur (Manatschal ve Müntener 2009) (Şekil 1a). Okyanus ortası sırtı bazalt bileşimindeki bu kabuksal kayaçlar, riftleşmenin sonuçladığı basınç azalması ile astenosferin yavaş yükselimi ve çok az tüketilmiş litosferik mantonun düşük dereceli kısmi ergimesi sonucu oluşur ve okyanus-kıta geçiş zonu litosferi ile birlikte orojenik kuşaklarda kıta kenarı ofiyolitleri (KK tip) olarak korunabilir (Şekil 1a).

(ii) Magma üretiminin yoğun geliştiği hızlı açılma sırtlarında (örn. Doğu Pasifik Sırtı), açılma devam ettiği sürece ergiyik oluşumu devam eder ve bu açılma moho geçiş zonu ile birlikte Penrose konferansında kabul edilen okyanusal kabuk gelişimini sonuçlar. Orta hızda açılan sırtlarda (örn. Kosta Rika Rifti), daha ince bir volkanik sekans görülür ancak levha dayk kompleksi hızlı açılan sırtlardan daha kalındır (Dilek ve Furnes 2014). Yavaş açılan sırtlarda ise (örn. Orta-Atlantik Sırtı ve GB Hint Sırtı) açılma ile ilişkili faylanmalar ve kabuksal incelme deniz tabanındaki gabro ve serpantinleşmiş üst manto peridotitlerinin yüzeylenmesini sonuçlar (Dilek ve Furnes 2014). Dolayısıyla, yavaş açılma sırtlarında oluşan okyanusal kabuk daha incedir. Yastık yapılı bazaltlar genellikle direkt olarak serpantinleşmiş peridotitler ve gabro türü kayaçlar üzerinde gözlenir. Sonuç olarak, okyanus ortası sırtı ofiyolitleri yapısal olarak ve kabuk kalınlıkları bakımından açılma hızlarına bağlı olarak farklılıklar sunarlar.

(iii) S-tip ofiyolitler sorguca yakın okyanusal sırtlarda oluşurlar ve çoklukla pikritik bazalt bileşimindeki akma bazaltları ve az oranda yastık yapılı bazaltlar içerirler (Dilek ve Furnes 2014). Gabroyikten ultramafiğe kadar değişen plütonlar ve siller kalın volkanik sekans içerisinde sokulumlar halinde bulunurlar. Stratigrafik olarak üst kesimlerde, bazaltik lav akıntıları, hyolaklastitler ve çört-şeyl arakatıkları içerir. Kimyasal olarak S-tip ofiyolitler normal-okyanus ortası sırtı bazalt ve okyanus adası bazaltı arasında bir değişim sunar (Dilek ve Furnes 2014).

1.1.2.2. Yitim ile İlişkili Ofiyolitler

Yitim zonu (YZ) ofiyolitleri, yitim zonları üzerinde oluşmuş ve kıtalar üzerine itilmiş okyanusal litosferi temsil eder (örn. Izu-Bonin-Mariana ve Tonga-Kermadec yay-kenet kuşağı) (Stern ve Bloomer 1992; Ishizuka vd., 2014; Pearce 2014). Yay önü, yay ve yay gerisi ortamlar, yitim zonu ofiyolitlerin tektonik oluşum ortamları olarak bilinir (Şekil 1b1-b3). Hendeğe olan uzaklığa bağlı olarak yay gerisi ortamlarda oluşan ergiyikler değişen miktarlarda yitim etkileri gösterebilir. Yay önü ofiyolitleri, yitimin zamansal gelişimine bağlı olarak OOSB-benzeri ergiyiklerden ada yayı toleyitlerine (AYT) ve daha sonraki evrede boninitik karakterli ergiyik ürünleri olmak üzere farklı bileşimsel ve jeokimyasal farklılıklar sunan volkanik kayalar ve dayklar içerirler. OOSB-benzeri kayalar, derinlerdeki lerzolitik mantonun basınç ferahlaması sonucu oluşan düşük dereceli kısmi ergime ürünleri olup, yitim etkisi görünmez. Ada yayı toleyitleri (AYT), yiten okyanusal kabuğun dehidratasyonu ile oluşan manto metazomatizması, manto kamasındaki peridotitlerin ilerleyen kısmi ergime süreçleri, yiten sedimanların ergimesi, ve daha derindeki kısmen tüketilmemiş mantonun düşük dereceli kısmi ergime ürünü ergiyiklerin, tüketilmiş manto içerisindeki ergiyik kanallarından geçtiğinin izlerini taşır. Sığ derinliklerdeki aşırı tüketilmiş harzburjitlerin kısmi ergimeye uğramasıyla da sulu, Si ve Mg'ce zengin boninitik magmalar oluşur (Dilek ve Furnes 2014).

1.1.3. Abisal (OSS) ve Yitim Zonu Ortamlarında Oluşan Ofiyolitlerin Jeokimyasal Özellikleri

Ofiyolitler, üst mantodaki kısmi ergimeler sonrasında oluşan ergiyiklerden itibaren meydana gelen okyanusal kabuk ve kısmi ergime sonrasında geride kalan tüketilmiş manto kayalarını temsil eden, kıtalar üzerine itilmiş okyanusal litosfer parçaları olarak bilinirler. Özellikle ofiyolitlerin manto kesimlerini temsil eden kayalar gruplarının litolojik ve jeokimyasal özellikleri, söz konusu ofiyolitlerin hangi tektonik ortamlarda oluştuğu hakkında önemli ipuçları barındırırlar. Örneğin, okyanusal kabuk ile ilişkili abisal peridotitler okyanus ortası sırtlardaki ergiyik gelişimi ve sonrasındaki ergiyik-manto etkileşimi süreçleri hakkında önemli bilgiler verirler (Dick ve Bullen, 1984; Dick ve Fisher, 1984; Johnson vd., 1990; Elthon, 1992; Johnson ve Dick, 1992; Hellebrand vd., 2002; Seyler vd., 2004; Jean vd., 2010). Okyanus ortası sırtlardaki kısmi ergime kalıntıları olarak bilinen abisal peridotitler üzerine yapılan çalışmalar, bu kayaların, mantonun

Rayleigh kısmi ergimesi (near-fractional melting) ile oluşan ergiyiklerin mantodan ayrılması sonrasındaki kalıntılar olduklarını göstermektedir. Yığın/denge ergime (Batch/Equilibrium melting) süreçlerindeki farklı olarak, üst mantodaki bu tür kısmi ergimeler, piroksen minerallerinde ve dolayısıyla tüm kayaç hafif LGE içeriklerinde önemli miktarda bir tüketilmeye ve hemen hemen düze yakın ağır LGE–ortaç LGE yönsemesine yol açar (Johnson vd., 1990; Hellebrand vd., 2002).

Abisal peridotitler genellikle, üst mantodan, kuru koşullardaki düşük dereceli kısmi ergime (%2–15) süreçleri sonrasında oluşan az miktardaki ergiyiğin ayrılması ile geride kalan spinel lertzolitler olarak bilinir. Buna karşılık, yitim zonları üzerindeki manto kamasını temsil eden peridotitler, özellikle sulu ve daha yüksek dereceli kısmi ergimeler (> %20) sonrasında oluşan önemli miktardaki ergiyiğin mantodan ayrılması sonucunda geride kalan spinel harzburjitler ya da dunitlerdir (Parkinson vd., 1992; Ishii vd., 1992; Arai, 1994; Parkinson ve Pearce, 1998; Pearce vd., 2000; Widom vd., 2003; Uysal vd., 2007, 2012, 2014, 2015; Aldanmaz vd., 2009). Bu tür peridotitlerin oldukça yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları oldukları, abisal peridotitler ile karşılaştırıldığında, bünyelerindeki spinel kristallerinin oldukça yüksek Cr/Al oranları [ya da $Cr\# = Cr/(Cr+Al)$ değerleri] ve tüm kayaç ve mineral bazında (özellikle piroksen) oldukça tüketilmiş uyumsuz element içerikleri ile doğrulanmıştır (Parkinson vd., 1992; Parkinson ve Pearce, 1998; Pearce vd., 2000).

Ofiyolitler bünyesindeki lertzolitik kayaçlar yanı sıra klinopiroksen içerikleri bakımından kısmen zengin harzburjitler genellikle okyanus ortası yayılma ortamlarında meydana gelen kısmi ergime ve ergiyik ayrılımı ile ilişkilendirilmektedir. Buna karşılık, daha çok tüketilmiş harzburjit ve dunit bileşimindeki kayaçlar ise yitim zonlarında, yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkan ilavesinin sonuçladığı, daha önceden kısmen tüketilmiş olan manto kamasının yeniden daha yüksek dereceli ergimesi ve ergiyik ayrılımı sonrasında geride kalan manto kalıntıları olarak bilinmektedir. Her iki tektonik ortamda gerçekleşen kısmi ergime süreçlerinde oluşan ergiyiklerin kendilerini üzerleyen manto malzemesi içerisindeki hareketlerinin ise ergiyik-kayaç etkileşimini sonuçladığı ve bu süreçlerde manto kayaçlarında mineralojik ve jeokimyasal değişimlere neden olduğu bazı çalışmalar ile doğrulanmıştır (Kelemen vd., 1992; Müntener vd., 2004; Acken vd., 2008; Liu vd., 2009; Jean vd., 2010; Marchesi vd., 2013; Uysal vd., 2015). Son yıllarda yapılan birçok mineralojik ve jeokimyasal içerikli çalışma, okyanusal litosferin Okyanus Ortası Sırtı (OOS) ve Yitim Zonu (YZ) olmak üzere iki farklı ortamda oluşabileceğini

göstermiştir. Farklı tektonik ortamlarda ergime süreçlerine maruz kalmış bu tür kayaçlar üzerinde gerçekleştirilecek detaylı mineral kimyası ve tüm kayaç bazındaki jeokimyasal çalışmalar, söz konusu manto kayaçlarının hangi tektonik ortamları yansıttığını ortaya koyabilmektedir. Bununla birlikte, OOS ve yitim zonlarındaki ergime sonrası oluşan ergiyikler ve yitim zonlarında yiten okyanusal kabuktan türeyen ergiyik/akışkanların kendilerini üzerleyen manto kayaçlarında gerçekleştireceği mineralojik ve jeokimyasal değişimler, detaylı petrografik gözlemler yanı sıra ana oksit ve iz element bazında mineral kimyalarındaki değişimlerin tüm kayaç jeokimyasal içerikleri ile karşılaştırılmasıyla ortaya konabilmektedir. Manto kayaçları içerisinde modal olarak az bulunmasına karşılık birincil/ikincil olarak gözlenen özellikle klinopiroksen türü fazlar söz konusu manto kayaçlarının ergime geçmişi hakkında önemli bilgiler verebilmektedirler. Özellikle klinopiroksenler, diğer manto fazlarına göre alterasyona karşı daha dirençli olmaları sebebiyle serpantinleşmeden oldukça etkilenmiş manto kayaçları bünyesinde ilksel kimyasal bileşimlerini koruyabilmelerinin yanında, daha yüksek konsantrasyonlarda uyumsuz element içeriklerine sahip olmalarından dolayı noktasal bazda ana oksit analizleri yanı sıra bazı iz element ve LGE bolluklarının belirlenmesi, söz konusu fazları içeren manto kayaçlarının ergime tarihçeleri yanı sıra ergime esnasındaki ergiyik-kayaç etkileşim süreçlerinin aydınlatılmasında oldukça önemli veriler sağlarlar. Mineral iz ve LGE içeriklerinin LA-ICPMS ile belirlenmesi yanı sıra, manto kayaçlarının oldukça siderofil özellik sunan PGE içerikleri ve Re-Os izotop oranlarının belirlenmesi son yıllarda büyük önem kazanmış ve üst mantodaki kısmi ergime ve ergiyik etkileşim süreçlerinin aydınlatılmasına önemli oranda ışık tutmuştur. Tüm kayaç bazında elde edilecek olan element konsantrasyonları ve izotopik oranların manto fazlarının mineral kimyaları ile karşılaştırılması ile üst mantoda süregelen petrolojik olaylar aydınlatılabilmektedir. Birçok jeolojik problemin çözülmesinde Rb-Sr ve Sm-Nd izotopları oldukça yaygın ve sağlıklı bir şekilde kullanılmakla birlikte, söz konusu izotop çiftleri litofil davranış sergilemeleri ve mantodaki kısmi ergimeler esnasında uyumsuz davranış sergilemelerinden dolayı, mantoda gerçekleşen kısmi ergime ve ergiyik-kayaç etkileşimleri süreçlerinde modifikasyona uğrayabilmektedirler. Buna karşılık, Re-Os izotop sistemi, Rb-Sr ve Sm-Nd izotop çiftlerinden farklı bir davranış sergilemektedir. Kısmi ergime esnasında uyumsuz davranış sergileyen Re elementine karşılık Os oldukça uyumlu doğası gereği kısmi ergime sonrası manto fazlarında kalmayı tercih etmektedir (Barnes vd., 1985). Bu durumda, ergime sonrasında oluşacak ergiyikler yüksek Re/Os oranına sahip olacak ve söz konusu

ergiyiklerin manto içerisindeki hareketi esnasında mantonun Os içeriğinde önemli bir değişiklik sonuçlamayacaktır. Bu sebeple, Aladağ ofiyoliti manto kayaçlarının petrolojik özelliklerinin aydınlatılmasında Re-Os izotop jeokimyası oldukça önem arz etmektedir. Bununla birlikte, kısmi ergime esnasında oldukça uyumsuz davranış sergilediği bilinen Re elementinin kısmi ergime kalıntısı kayaçlar bünyesindeki konsantrasyonunun oldukça düşük olması beklenir. Buna karşılık, Re içeriği yüksek olan ergiyik ya da yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkanların manto içerisindeki hareketi, söz konusu manto malzemesinin Re içeriklerinin artmasını sonuçlayacaktır. Böylelikle, mineralojik olarak tüketilmiş karakter sunan manto kayaçlarındaki bu kısmen yüksek Re içerikleri, manto kayaçlarının ergiyik-kayaç etkileşim süreçlerine maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Re-Os izotop sistemi kullanılarak litosferik manto ürünü tüketilmiş kayaçların kısmi ergime ve ergiyik-kayaç etkileşim süreçleri sağlıklı bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Bununla birlikte, Os-izotop oranları kullanılarak litosferik mantonun Re-tüketilme, yani kısmi ergime yaşlarının belirlenmesi, ofiyolitik istiflerin petrolojik açıdan aydınlatılmasına önemli derecede ışık tutabilmektedir.

Manto kayaçları bünyesindeki ergime ve ergiyik etkileşim süreçlerinin aydınlatılmasında litofil elementler yanı sıra siderofil elementler olarak bilinen PGE'ler (Os, Ir, Ru, Rh, Pt ve Pd) oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir (Acken vd., 2010; O'Driscoll vd., 2015). Rodyum, Pt ve Pd (Pd-grubu PGE; PPGE) elementlerine göre daha uyumlu davranış sergileyen Os, Ir ve Ru (Ir-grubu PGE; IPGE) üst mantodaki kısmi ergime süreçlerinde farklı davranış sergilerler. Tüketilmiş manto kayaçları bünyesindeki bu elementlerin bollukları ilksel manto değerlerine oranlanmış PGE grafiklerinde Os'dan Pd'a doğru negatif bir yönseme sunar. Bu özellikleri ile manto ergimesi sonrasında oluşan ergiyikler PPGE/IPGE oranları bakımından kısmen zengin olmakla birlikte bu oranın değeri farklılaşan ergiyiklerde daha da artar. Dolayısıyla, kısmi ergime sonrası oluşan ergiyiklerden itibaren oluşan okyanusal kabuğun özellikle en üst kesimlerini oluşturan bazaltların oldukça yüksek PPGE/IPGE oranlarına sahip olması beklenir. Bu durumda, yitim zonlarında gelişen ergime süreçlerinde, yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkan ve ergiyikler manto kamasına önemli oranda uyumsuz PGE (özellikle Pt ve Pd) ilavesini sonuçlayacaktır. Bu durum, uyumsuz PGE içerikleri bakımından okyanus oluşumu esnasında tüketilmiş olan ilk evre kısmi ergime kalıntısı manto kamasının bu elementler bakımından yeniden zenginleşmesini sonuçlayacaktır. Bu durum da, ilksel mantoya oranlanmış PGE grafiklerinde beklenen negatif yönseme yerine daha düze yakın bir PGE

yönsemesini sonuçlayacaktır. Böylelikle, manto kayaçlarına ait PGE jeokimyaları bu kayaçlardaki ergime ve etkileşim süreçlerinin aydınlatılmasında litofil elementleri destekleyici olarak kullanılabilir.

1.2. Aladağ Ofiyoliti ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Aladağ ofiyolitinin özellikle kabuksal kesimi kapsayan önemli çalışmalar (Parlak vd., 2000, 2002) literatürde mevcut olmakla birlikte Saka vd. (2014) Aladağ ofiyolitinin Kızılyüksek bölgesindeki manto kayaçlarının ilksel olarak derinlerdeki garnet duraylılık alanında kısmi ergimeye uğradığını ve sonrasında ergimenin spinel duraylılık alanında devam ettiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, bu kalıntı kayaçların hafif LGE zenginleşmelerine ve kayaç içerisinde ikincil klinopiroksen minerallerinin varlığına dayanılarak söz konusu kayaçların yitim zonu metazomatizmasından etkilendiği belirtilmiştir. Bingöl (1978), Aladağ ofiyolitinin doğu kesiminde 300 km²'lik bir alanın ayrıntılı jeoloji haritasını yaparak, masifin bu kesimini petrografik ve mineralojik açıdan incelemiştir. Aladağ ofiyolitinin okyansusal litosferin açılması esnasında oluşan kümülat ve volkano-sedimenter kayaçlardan ve okyanusal kabuğun yitimi sürecinde oluşan metamorfitle ve diyabaz daykalarıyla temsil edildiğini belirtmiştir. Çakır (1978) Aladağ ofiyolitinin kuzeyini oluşturan bölgede ayrıntılı petrografik ve mineralojik incelemeler yaparak kayaç gruplarını adlandırmış ve dayk yerleşmelerinin ofiyolit Torid platformunu üzerlemeden önce meydana geldiğini belirtmiştir. Tekeli (1980), Aladağların yapısal evriminde 1- Üst Triyas-Alt Kretase zaman aralığını kapsayan duraylı kıta kenarı dönemi, 2- Senoniyen'de kıta kenarının bozulmasını ve ilk ofiyolit yerleşmesini kapsayan dönem ve 3- Maastrichtiyen'de gerçekleşen kıta kenarı naplanması ve peridotit napının yerleşmesi olaylarını kapsayan dönem olmak üzere 3 döneme ayırmıştır. Buna karşılık Çataklı (1983), Aladağ ofiyolitinin bölgeye Üst Maastrichtiyen'de allohton olarak yerleştiğini savunarak ofiyoliti dunitler-verlitler, piroksenitler ve gabrolar olmak üzere 3 zona ayırmıştır. 1990'lı yıllardan itibaren jeokimyasal analiz tekniklerinin gelişmesiyle birlikte, Dilek ve Moores (1990) Aladağ ofiyolitinin manto kayaçları, kümülat kayaçlar ve bunları kesen izole diyabaz dayklarından oluştuğunu savunmuş ve üst volkanik kesimin gözlenmediğini belirtmekle birlikte tektonit harzburjitlerin tabanındaki metamorfik dilimden alınan amfibollerden yapılan K/Ar analizi ile 95 milyon yıl yaş verisi elde edilmiştir. Polat vd. (1996), Orta-Üst Kretasede yaşındaki Aladağ metamorfik dilime ait kayaçları ve Aladağ

melanjını Aladağ Yığışım Kompleksi olarak tanımlamış ve söz konusu kompleksin Pozantı-Karsantı ofiyolitini tabanını oluşturduğunu belirtmiştir. Dilek vd. (1999), Aladağ ofiyolitine ait metamorfik dilimi temsil eden amfibolitleri $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle 90.4-91.7 My olarak yaşlandırmıştır. Parlak vd. (2000 ve 2002), Aladağ ofiyoliti kümülat kayaçlarını kesen mafik daykların subalkalen karakterde olduğunu, ada yayı toleyitik bazalt ve bazaltik andezitlere benzerlik gösterdiğini ve yitim zonu üzerinde oluştuğunu belirtmiş olmakla birlikte kümülat kayaçların ada yayı toleyiti (AYT) tarzındaki yitim karakterli ergiyiklerden itibaren oluştuklarını önermiştir. Çelik (2007 ve 2008), Aladağ ofiyolitine ait metamorfik dilimi temsil eden amfibolitlerin okyanus adası bazalt (OAB), okyanus ortası sırtı bazalt (OOSB) ve ada yayı toleyiti (AYT) karakterli olduklarını ve izole diyabaz daykları tarafından kesildiğini belirtmiş, K-Ar yöntemiyle 83.3–107 milyon yıl aralığında yaş verileri elde etmiştir. Bununla birlikte, Çelik vd., (2006) Aladağ ofiyoliti metamorfik birimleri temsil eden bir adet mika şist örneğindeki mikalardan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle 92.4 My plato yaşı elde etmiştir. Parlak vd. (2013), Aladağ ofiyolitine ait kümülat gabroları temsil eden bir örnekten 100-250 mikron boyutunda değişen 3 adet yarı öz şekilli zirkon ayırmış ve bu zirkonlardan U-Pb yaşlandırma yöntemi ile 69.1 ± 2.1 My konkordia yaşı elde etmiştir. Buna karşılık Lian vd. (2017a), Aladağ ofiyoliti mafik dayklarının tüketilmiş okyanus ortası sırtı mantosuna göre oldukça radyojenik Sr izotop oranlarına ve kısmen yüksek Nd değerlerine sahip olduğunu ve bu değerlerin söz konusu kayaçların yitim ortamında tüketilmiş bir manto kaynağından itibaren oluştuklarını, kayaçları oluşturan ergiyiklerin mantoya yiten okyanusal kabuktan ve sedimanlardan türeyen akışkanlarla etkileşime girdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte bu daykların yay önü ortamında okyanus içi yitim ile oluştuğunu ve bu dayklardan elde edilen U-Pb zirkon yaşlarının 86.9 ± 3.1 My olduğunu belirtmiştir. Avcı vd. (2017), Aladağ ofiyolitinin yüzelediği Kızılyüksek bölgesindeki kromititlerin yüksek Cr# değerlerine (68-81) sahip kromit kristallerinden oluştuğunu belirtmiş, kromit kristalleri bünyesindeki platin grubu mineral (PGM) ve baz metal sülfid (BMS) kapanımlarının kimyaları yanı sıra kromititlerin tüm kayaç PGE içerikleri dikkate alınarak, söz konusu kromitlerin bir yitim ortamında ve yay önünde, bonititik ergiyiklerden itibaren farklılaşarak oluştuğunu ortaya koymuştur. Lian vd. (2017b), aynı bölge kromititlerde mikro elmas ve moissanit mineralleri gözlemlemiş, podiform kromitlerin yüksek basınç altında ve derin manto koşullarında oluşabileceğini önermiştir. Lian vd. (2018), Saka vd. (2014) ve Avcı vd. (2017) tarafından üretilen verileri baz alarak kısmen yeni veriler elde etmiş ve benzer şekilde Aladağlar'daki peridotitler ve

kromititlerin iç Torid okyanusunun okyanus içi yitimiyle sığ derinlikte yay önü ortamında oluştuğunu desteklemiştir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Aladağ ofiyolitinin özellikle Kızılyüksek yöresi civarında yüzeyleme veren ve kabuksal kesimi temsil eden kayaç gruplarının yitim karakterli olduğu önceki çalışmalarda ortaya konmuştur (Parlak vd., 2000 ve 2002; Dilek ve Moores, 1990; Dilek vd., 1999). Aynı bölgede Saka vd. (2014) tarafından manto peridotitleri üzerinde yapılmış detaylı jeokimyasal çalışmalar, söz konusu kayaçların yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olduklarını ve yiten okyanusal kabuktan türeyen uçucular/ergiyikler tarafından önemli derecede etkilendiklerini göstermiştir. Özellikle hafif LGE içeriklerindeki zenginleşmelere karşılık ağır LGE içeriklerindeki tüketilme ve mineral kimyası verileri manto peridotitlerinin yitim ortamında kısmi ergime ve ergiyik/kayaç etkileşimine maruz kaldıklarını göstermiştir. Bununla birlikte, Türkiye'deki farklı ofiyolitik kayaçlarda özellikle manto peridotitleri üzerine gerçekleştirilmiş çalışmalar [Muğla, GB-Türkiye (Uysal vd., 2007, 2012; Aldanmaz vd., 2009), Harmancık, KB-Türkiye (Uysal vd., 2014) ve Refahiye, KD-Türkiye (Uysal vd., 2015)], söz konusu manto peridotitlerinin tüm kayaç ve mineral bazında oldukça değişken jeokimyalara sahip olduğunu ve geniş tüketilme derecelerini yansıttığını ortaya koymuştur. Her ne kadar Türkiye'de yüzeyleme veren ofiyolitik kayaçların oluşumu için genellikle yitim tektonik ortamı önerilmiş olsa da, özellikle yukarıda belirtilen ofiyolitik istiflerde oldukça az tüketilmiş manto peridotiti kalıntılarının gözlenmiş olması, okyanusal kabuk altındaki litosferik mantonun homojen olmadığını, buna karşılık bazı kesimlerinin yitim zonu ergime ve zenginleşme süreçlerinden etkilenmediklerini ortaya konmuştur. Oldukça az tüketilmiş bu manto peridotitlerinin abisal karakterli oldukları ve okyanus ortası sırt ortamındaki kısmi ergime özelliklerini kaybetmeden, okyanusun kapanması esnasında, yitim süreçlerinde oluşan yüksek dereceli kısmi ergime kalıntısı manto peridotitleri ile birlikte kıtalar üzerine itildiği önerilmiştir. Bu nedenle ofiyolitik istifin manto peridotitlerini temsil eden kısmının sistematik olarak örneklenmesi ile söz konusu abisal karakterli manto kayaçlarının varlığının da ortaya konulabileceği anlaşılmıştır.

Bu bulgular ışığında, Türkiye'nin güneyinde oldukça geniş bir alanda yüzlek veren Aladağ ofiyolitinin (Adana-Kayseri-Niğde) oluşumundaki petrolojik süreçlerin geniş tabanlı olarak ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda;

- Aladağ ofiyoliti manto ve kabuksal kesiminin sistematik olarak örneklenmesi ve detaylı petrografik özelliklerinin ortaya konması,
- Manto peridotitleri ve okyanusal kabuğa ait kayaçların tümünde tüm kayaç ve mineral bazında ana oksit içeriklerinin belirlenmesi, bu veriler dikkate alınarak seçilen örnekler üzerinde tüm kayaç iz element ve LGE içeriklerinin belirlenmesi,
- Tüm kayaç LGE desenleri ve mineral kimyası verileri dikkate alınarak seçilen örneklerdeki mineral fazlarının (özellikle klinopiroksen) iz element ve LGE içerikleri yanı sıra tüm kayaç PGE içerikleri ve Os izotop bileşimlerinin belirlenmesi,
- Manto peridotitleri ve okyanusal kabuğa ait kayaçları kesen mafik daykların Sr-Nd-Pb izotop yöntemi ile türedikleri manto kökeninin yanı sıra U-Pb zirkon yaşlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu hedefler doğrultusunda;

- Aladağ ofiyolitinin manto kesimini temsil eden örneklerin kısmi ergime derecelerinin belirlenmesini ve kısmi ergime tarihesinin ortaya konması,
- Tüm kayaç jeokimyası ve mineral kimyası analizleri sonrasında muhtemel olarak varlığı ortaya konması beklenen okyanus ortası sırt tektonik ortamındaki düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı OOS tipi manto kalıntılarının (abisal peridotitler) varlığının belirlenmesi, yitim ve OOS tip manto peridotitlerinin farklı tektonik ortamlardaki kısmi ergime süreçleri yanı sıra ergiyik-kayaç etkileşimlerinin manto kayaçları üzerindeki jeokimyasal ve mineralojik etkilerinin ortaya konması,
- Kabuksal kesimi temsil eden kayaçların ve bu kayaçlar yanı sıra manto peridotitlerini kesen mafik daykların Re-Os izokron yöntemi ve özellikle mafik daykların zirkon U-Pb yöntemi ile yaşlandırılmasını,
- Manto peridotitleri ve okyanusal kabuğa ait kayaçları kesen mafik daykların Sr-Nd-Pb izotop bileşimlerinin belirlenmesi ile kabuksal kayaçları oluşturan magmanın kökeninin ortaya konması,
- Tüm bu verilerin birlikte değerlendirilmesi ile Aladağ ofiyolitinin oluşumunda etkili olan petrolojik süreçlerin sayısal ve grafiksel olarak modellenmesi amaçlanmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Aladağ ofiyoliti manto ve kabuk kesimindeki petrolojik süreçlerin irdelenmesini amaçlayan bu çalışmada, ofiyolitik istifin farklı kesimlerinden alınan kayaç örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Bu çalışma, literatür araştırma, arazi, lâboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Literatür araştırmaları, bölgede konuyla ilgili yapılan çalışmalar ve çalışılması plânlanan sahaya yönelik yayımların taranması ve değerlendirilmesi tarzında gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, çalışmanın amacına yönelik güncel ulusal ve uluslararası yayımların derlenmesini ve değerlendirilmesini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları sırasında, MTA'nın hazırlamış olduğu 1/25.000 ve 1/500.000 ölçekli jeolojik haritalar temel alınmış, ofiyolitik kayaçların dağılım sunduğu tüm lokasyonlar mümkün olduğunca örneklenmiştir. Lâboratuvar çalışmaları, petrografik ve kimyasal analizler için örnek hazırlama ve analizleme süreçlerini kapsamaktadır. Büro çalışmaları ise, arazi ve lâboratuvar çalışmaları sonrasında elde edilen verilerin değerlendirilmesini ve sonrasında tez formatında yazımını kapsamaktadır.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarına başlamadan önce, jeolojik haritalar üzerinde örnekleme yapılması plânlanan lokasyonlar belirlenmiş ve mümkün olduğunca ofiyolitik istife ait tüm kayaç gruplarından sistematik örnekleme yapılması hedeflenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında, Aladağ-Ulupınar-Pozantı lokasyonlarında yüzeleme veren ofiyolitin manto peridotitlerini temsil eden kesiminden 100 adet, ultramafik kümülatları temsil eden 25 adet, mafik kümülatları temsil eden 3 adet, özellikle manto peridotitlerini ve yer yer de ultramafik kümülatları kesen izole mafik dayklardan 12 adet ve küçük bir alanda yüzeylemiş ve metamorfik dilimi temsil eden birimden 1 adet olmak üzere toplam 141 adet örnek alımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Ofiyolitik istifin özellikle manto kesimini temsil eden peridotitik kayaçlar genellikle farklı oranlarda serpantinleşme sunarlar ve serpantinleşmenin derecesi bazı durumlarda oldukça yüksektir. İlksel mineralojik

bileşimini kısmen ya da tamamen kaybetmiş olan bu kayaçların jeokimyasal analizleri, söz konusu kayaçların jeodinamik ortamlarının yorumlanmasında önemli hatalara sebep olabilmektedir. Bu sebeple, tüm lokasyonlarda gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında özellikle manto peridotitlerinin örneklenmesinde, alterasyondan en az etkilenmiş örnek alımı için azami hassasiyet gösterilmiştir.

2.1.2. Lâboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında ofiyolitinin farklı seviyelerini temsil eden kayaç grupları petrografik, mineralojik ve jeokimyasal açıdan incelenmek üzere farklı analiz teknikleri için farklı örnek hazırlama süreçlerine tâbi tutulmuştur. Örnek hazırlama süreçleri için Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarları kullanılmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında en az 2 kg olmak koşuluyla, söz konusu ofiyolitik istifin tamamını temsil edecek şekilde örnekler alınmıştır. Örnek hazırlama lâboratuvarında öncelikli olarak bazı örneklerin alterasyon süreçlerinden olası etkilenmiş dış yüzeyleri döner bıçaklar ile temizlenmiştir. Dış yüzeyleri temizlenmiş ve yüzeysel alterasyon izleri taşımayan her bir örnekten yaklaşık 3×5×8 cm boyutlarında plâkalar alınmış ve söz konusu bu plâkalar tüm kayaç ana oksit, iz element, Lantan Grubu Element (LGE) ve Platin Grubu Element (PGE) içerikleri yanı sıra Sr-Nd-Pb ve Os izotopik bileşimlerinin belirlenmesi için öğütülmüş ve toz hâline getirilmiştir. Özellikle izotopik analizler esnasında sorun teşkil etmesi muhtemel metal kirlenmelerinden sakınmak için tüm örnekler bilyalı agat havanlar kullanılarak öğütülmüştür.

Söz konusu örneklerden ayrıca ikişer adet olmak üzere yaklaşık 1×3×5 cm boyutlarında plâkacıklar alınmıştır. Bu plâkacıklardan bir tanesi petrografik amaçlı ince kesit hazırlanmasında kullanılmıştır. Petrografik incelemeler ve jeokimyasal analizler sonrasında seçilmiş örneklerdeki mineral fazlarının ana oksit ve iz element kimyalarını belirlemek için ikinci plâkacıklar kullanılmıştır. Söz konusu plâkacıklardan parlatılmış kalın kesitler hazırlanmış ve bu kesitler elektron mikroprob ve LA-ICPMS analizlerinde kullanılmak için parlatılmıştır.

Su ile ağır mineral ayırma laboratuvarında (Hydroseparation), izole mafik dayk örneklerini yaşlandırmak için bu kayaçlardan zirkon mineralleri ayrılmıştır. Söz konusu örnekler kırma işlemi ardından kademeli bir şekilde öğütülerek, 30-55, 55-78 ve 78-115 mikron aralıklarında elek üzeri malzeme kalacak şekilde eleme işlemine tabi tutulmuştur.

Daha sonra farklı elek boyutlarındaki bu malzemelerden “Hydroseparator HS-11” cihazı ile ağır mineral konsantresi elde edilmiş, elde edilen konsantreden manyetik özellik gösteren mineraller “Frantz” marka manyetik ayırıcı ile ayrılmıştır. Sonrasında, kalan konsantreden zirkon mineralleri binoküler mikroskop yardımı ile belirlenmiş ve seçilerek U-Pb yöntemi ile yaşlandırma süreçlerine hazır hale getirilmiştir.

2.1.2.1. Mikroskopik İncelemeler

Ofiyolitik istifin farklı kısımlarını temsil eden örneklerin petrografik ve mineralojik özelliklerinin belirlenebilmesi için hazırlanan ince kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı’nda “Nicon Eclipse E400 Pol” marka polarizan mikroskop ile incelenmiştir. Bu kapsamda, ince kesitleri hazırlanan örneklerin petrografik gözlemleri yapılmış, söz konusu kayaçlar bünyesindeki mineral birliktelikleri belirlenmiş ve ayrıca dokusal ilişkileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte, petrografik incelemesi yapılan tüm örneklerdeki minerallerin modal bollukları incelenen ince kesitlerin tüm yüzeyleri taranmak koşuluyla belirlenmiştir.

Mineral kimyası çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanan parlatılmış kalın kesitler aynı mikroskopta üstten aydınlatma modu kullanılarak incelenmiştir. Bu esnada, parlak kesitlerde farklı dokusal ve ışık yansıtma özelliklerine sahip olan silikat ve oksit mineralleri belirlenmiş, özellikle iz element ve LGE içerikleri belirlenecek olan ortopiroksen ve klinopiroksen kristalleri bir kalem yardımıyla işaretlenerek fotoğflanmış ve analizlere hazır hâle getirilmiştir.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

Petrografik incelemeleri gerçekleştirilen kayaç örnekleri tüm kayaç ve mineral bazında kimyasal analizlere tâbi tutulmuştur. Tüm kayaç bazında örneklerin ana oksit, iz element, Lantan Grubu Element (LGE), Plâtin Grubu Element (PGE), Sr-Nd-Pb ve Os-izotop bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca, petrografik özellikleri ve tüm kayaç jeokimyasaları dikkate alınarak seçilmiş olan örnekler üzerinde mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ofiyolitik istifin farklı kesimlerine ait farklı kayaç gruplarından seçilmiş örnekler için hazırlanan parlatılmış kalın kesitlerdeki mineral

fazlarının ana oksit içerikleri ile birlikte seçilmiş bazı örneklerdeki ortopiroksen ve klinopioksen kristallerinin iz element ve LGE içerikleri de belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Ana Oksit Analizleri

Farklı kayaç gruplarına ait seçilmiş örneklerin tüm kayaç ana oksit içerikleri Geosciences laboratuvarında (Sudbury-Kanada) Panalytical Axios XRF Spectrometersi üzerindeki X-ışını floresan spektrometresi (WD-XRF) ile ölçülmüştür. Örnekler uçucu içerikleri giderilmek üzere kalsine edilmiş (oksijen içinde 1000 °C'ye kadar ısıtılmıştır) ve 1 g kalsine edilmiş malzeme, 1/6 oranında, %49.75 Li metaborat, %49.75 Li tetraborat ve %0.5 Li iyodür içeren karışım ile karıştırılmıştır. Bu karışım daha sonra bir platin alaşım kap içinde propan alevi üzerinde eritilerek, önceden ısıtılmış bir platin alaşım kalıbına dökülmüş ve bir cam disk üretilmiştir. Cam disk üzerinde XRF cihazı ile 10 ana elemente (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe) ek olarak 8 iz element (S, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ba) ölçülmüştür. Ölçüm parametreleri, alınan numunelerin türüne göre dikkatlice optimize edilmiştir.

Ana oksit analizi yapılan kayaç örneklerinin içerdikleri kristal öz suyu ve uçucu miktarını belirlemek için ateşte kayıplar (AK) hesaplanmıştır. Bunun için analiz edilecek olan her bir örneğin, daha önceden hazırlanan toz örnekleri kullanılmıştır. Kristal suyunu belirlemek için örnekler fırında 110 °C'de 12 saat kurutulmuştur. Kurutulan her bir örnekten yaklaşık 1.5 g kadar (A_1) alınmış ve ateşte kaybı hesaplamak için 1000 °C'de 2 saat boyunca kavrulmuştur. Fırından alınan örnekler ılık duruma gelince yeniden tartılmıştır (A_2). Isıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki farklar belirlenmek suretiyle örneklerin ateşte kayıpları hesaplanmıştır ($AK = A_1 - A_2$).

Tüm kayaç ana oksit ölçümleri sırasında ölçüm hassasiyetinin belirlenmesi için bazı örneklerde tekrar ölçümleri yapılmış ve doğruluğun hesaplanması için ise NPD-1 (diyabaz), OKUM-1 (komatit) ve SY-4 (diyorit-gnays) referans materyalleri kullanılmıştır. Bu ölçümler sonrasında hesaplanan doğruluk ve hassasiyet değerlerinin genellikle sırasıyla %3 ve %1'den iyi olduğu belirlenmiştir. Her bir element için hesaplanan doğruluk ve hassasiyet değerleri Ek Tablo 1'de verilmiştir.

2.1.2.2.2. Tüm Kayaç İz element ve Lantan Grubu Element (LGE) Analizleri

Farklı kayaç gruplarına ait seçilmiş örneklerin Lantan Grubu Element (LGE: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), Büyük İyon Çaplı Element (BiÇE: Rb, Sr, Cs, Ba) ve Yüksek Çekim Alanlı Element (YÇAE: Zr, Nb, Hf, Ta) içerikleri yanı sıra Y, Th ve U konsantrasyonları Geosciences Laboratuvarı'nda (Sudbury-Kanada) Perkin Elmer Elan 9000 induktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile ölçülmüştür. Bu cihaz ile doğruluk ve hassasiyet birçok elementte % 10 un altına düşmüştür. Analizler sırasında, hassasiyeti arttırmak ve algılama alt limitini düşürmek için Ni, Cr ve V için normal 5000 seyreltme gerçekleştirilmiş olup diğer tüm analizler için 1250 kat seyreltme gerçekleştirilmiştir. Bunun için 0.2 g örneğe 25 ml %10 v/v HNO₃ ilave edilmiş daha sonra analizden önce %2'lik HNO₃ içinde 40 kat seyreltilmiştir. Ölçümler, Burham vd. (2002)'deki standartlar ve yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tüm kayaç iz element ve LGE ölçümleri sırasında ölçüm hassasiyetinin belirlenmesi için bazı örneklerde ve referans materyallerde tekrar ölçümleri yapılmış ve doğruluğun saptanması için ise AGV-2 (andezit), BHVO-2 (bazalt), UB-N (peridotit) ve OKUM (komatitik bazalt) referans materyalleri kullanılmıştır. Bu ölçümler sonrasında hesaplanan doğruluk ve hassasiyet değerlerinin genellikle sırasıyla %10 ve %5'ten iyi olduğu belirlenmiştir. Her bir element için hesaplanan doğruluk ve hassasiyet değerleri Ek Tablo 2'de verilmiştir.

2.1.2.2.3. Tüm Kayaç PGE ve Os-İzotop Analizleri

Örneklerin PGE konsantrasyonları ve Os izotopik bileşimleri sırasıyla Çekya Jeoloji Enstitüsü Jeokimya Laboratuvarı (ICP-MS) ve Çekya Jeolojik Araştırmalar Laboratuvarı'nda (N-TIMS) belirlenmiştir. Özet olarak, numuneler çözülmüş ve Carius Tüpleri kullanılarak ¹⁸⁵Re-¹⁹⁰Os ve ¹⁹¹Ir-⁹⁹Ru-¹⁰⁵Pd-¹⁹⁴Pt karıştırılarak dengelenmiş (Shirey ve Walker, 1995) ve en az 72 saat kral suyu (9 ml) ile çözülmüştür. Ayrışmayı, CHCl₃ (Cohen ve Waters, 1996) ve Os mikrodistillasyonu (Birck vd., 1997) ile çözücü ayrımı yoluyla Os ayrımı izlemiştir. İridyum, Ru, Pt, Pd ve Re kalan çözülden anyon değiştirme kromatografisi ile ayrılmış ve sonra Aridus IITM (CETAC) çözücü çıkaran nebülizör ile birleştirilen sektör alan ICP-MS Element 2 (Termo) kullanılarak analiz edilmiştir. İzotopik farklılaşma Ir, Ru, Pd, Pt ve Re (NIST 3143) standart solüsyonları kullanılarak

düzeltilmiştir. Ölçülen izotop oranlarının dahili hassasiyeti her zaman $\pm 0.4\%$ 'ten daha iyi olmuştur. Osmiyum konsantrasyonları ve izotop oranları N-TIMS kullanılarak elde edilmiştir (Creaser vd., 1991; Völkening vd., 1991). Numuneler, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ aktivatörü ile Pt filamentleri üzerine konsantre HBr ile yüklenmiştir ve dinamik modda Faraday fincanları ile Finnigan MAT 262 termal iyonizasyon spektrometresi kullanarak OsO_3 olarak analiz edilmiştir. Düşük Os konsantrasyonlarına sahip numuneler için ikincil elektron çarpanı kullanılarak analizleme yapılmıştır. $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ tayini için dahili hassasiyet her zaman $\pm 0.3\%$ 'e eşit veya daha hassas olmuştur. Ölçülen Os izotop oranları, $^{192}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 3.08271$ kullanılarak oksijen izobarik girişimler, metal katkıları ve alet kütle farklılaşmaları için düzeltilmiştir (Shirey ve Walker, 1998).

2.1.2.2.4. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri

Sr, Nd ve Pb izotopik analizleri New Mexico State Üniversitesi (ABD), Jeoloji Bölümü Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Söz konusu elementlerin izotopik bileşimlerinin tespit edilebilmesi için kullanılan örnek hazırlama ve analiz yöntemlerinin detayları Ramos (1992) ve Wollf ve Ramos (2003)'da verilmiştir. 0.2-0.4 gr arasındaki toz örnekleri hidroflorik (HF), hidroklorik (HCl) ve nitrik (HNO_3) asitler kullanılarak çözülmüştür. 2.5 N HCl ile Sr katyon derişim reçinesi kullanılarak saflaştırılmıştır. Sr izotopları dinamik modda ve $^{88}\text{Sr}=3.0\text{V}$ koşullarındaki 5 faraday kollektör ile çalışan termal iyonlaşma kütle spektrometresi (TIMS) cihazı ile ölçülmüştür. Sr izotopları $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ oranı ile normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Rb içeriği dikkate alınarak düzeltilmiştir. Neodimiyum (Nd) 0.25N HCl ve HDHEP kullanılarak saflaştırılmıştır. Nd izotop değerleri $\%2 \text{HNO}_3$ çözeltisinde 7 faraday kollektör ile çalışan MC-ICPMS cihazıyla ölçülmüştür. Nd izotop değerleri $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$ oranı ile normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Sm içeriği göz önüne alınarak düzeltilmiştir. Kurşun (Pb), 1N HBr ile anyon derişim reçinesi kullanılarak saflaştırılmıştır. Pb izotop değerleri $\%2 \text{HNO}_3$ çözeltisinde 5 faraday kollektör ile çalışan multi kollektör (MC) indüktif eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) cihazıyla ölçülmüştür. Örnekler Pb/Tl oranı ≤ 2 olan 15997 Tl ile zenginleştirilmiş ve Pb izotop değerleri $^{203}\text{Tl}/^{205}\text{Tl}=0.41892$ değerine normalize edilmiştir.

2.1.2.2.5. Mineral Ana Oksit Analizleri

Ofiyolitik istifin tamamını temsil eden farklı kayaç gruplarından hazırlanmış parlak kesitlerdeki farklı fazların mineral kimyalarının belirlenmesi için Ludwig Maximilian Üniversitesi (Münih, Almanya), Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'ndeki CAMECA-SX100 marka elektron mikroprob aleti kullanılmıştır.

Mikrokimyasal analizi yapılması düşünülen parlatılmış kalın kesitler mikroprob cihazına yerleştirildikten ve uygun analiz koşulları sağlandıktan sonra özellikle BSE görüntüsü kullanılarak, tüm kesit yüzeyleri taranmak suretiyle uygun yerlerden mineral kimyası analizleri yapılmaya çalışılmıştır. Ofiyolitik istifin manto ve kabuk kesimini temsil eden kayaç gruplarındaki farklı fazlar BSE görüntülerinde farklı tonlarda bir görüntü verdiklerinden, bu farklı fazlar birbirlerinden kolayca ayrılabilen ve mikrokimyasal analizi yapılacak noktalar kolayca ve sağlıklı bir şekilde belirlenebilmektedir. Kimyaları petrolojik anlamda önemli bilgiler barındıran ve manto peridotitlerindeki modal bollukları oldukça az olan klinopiroksenlerin polarizan mikroskop incelemeleri sırasında belirlenmesi oldukça güç olmakla birlikte, BSE görüntülerinde uygun çözünürlük koşulları sağlanarak kimyasal analizleri yapılabilmektedir. Bu sebeple, modal olarak oldukça düşük klinopiroksen içeren kayaçların özellikle tüm yüzeyleri taranmış ve klinopiroksen kimyaları belirlenmeye çalışılmıştır.

Silikat ve spinel ölçümleri sırasında doğal ve sentetik oksitler ve silikat standartlar kullanılmıştır. Aletin çalışma şartları 15 kV ve 20 nA'de sabitlenmiştir. Sayma zamanı (counting time) Al, Ni, Ca elementleri için 30 sn, Ti için 20 sn, diğer bütün elementler için 10 sn olarak belirlenmiştir. Peridotit örneklerine ait spinel fazlarının Ti algılama alt limitini düşürmek için sayma zamanı bu element için 100 sn olarak ayarlanmıştır. Elektron ışınının çapı (beam size) bütün silikat analizlerinde 1 µm iken, bazı kesitlerde ince klinopiroksen ayrılım lamelleri içeren ortopiroksen minerallerinin gerçek (ilksel) mineral kimyasını belirleyebilmek için 50 µm olarak düzenlenmiştir. Ölçülen elementlerin oksit bazındaki algılama alt limitleri (% ağırlık) Si, Al, K, Ti, Ca, Na için 0.01, Mg için 0.02, Cr için 0.03, Fe ve Ni için 0.04 ve Mn için 0.06 olarak belirlenmiştir. Spinel fazlarına ait Fe^{2+} ve Fe^{3+} dağılımları, mineral formülü (AB_2O_4) kullanılarak stokiyometrik olarak hesaplanmıştır.

2.1.2.2.6. Mineral İz Element Analizleri (LA-ICPMS)

Mineral iz element konsantrasyonları, Goethe Üniversitesinde (Frankfurt, Almanya) Resonetics Resolution M-50-HR lazer ablasyon cihazı ile bağlantılı Thermo Finnigan Element-2 indüktif kütle spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Lazer sistemi, bir eksimer lazeri (193 nm lazer dalga boyu) ve numune hacmini küçük ve sabit tutan çift hacimli bir numune hücresi ile donatılmıştır. Helyum, plağa girmeden önce Ar ile birleştirilmiş bir taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Lazer, 7 Hz'lik bir tekraralama oranı, %50 zayıflatıcı ve 20 demagnifikasyon ile 90 mJ'lik bir enerji ile çalıştırılmış ve numune üzerinde düşük akıcılık sağlanmıştır ($<2.5 \text{ J cm}^2$). Standartlar ve numuneler için lazer boyutu çoklukla 33 mikrometreye ayarlanmış olup, oldukça küçük boyutlardaki mineraller için lazer boyutu 7 mikrometreye kadar düşürülerek ölçüm yapılmış ve oksit üretimi % 0.3'ün altında minimize edilmiştir. Analiz sonuçları, ölçülen minerallerin elektron mikroprob ile belirlenen Si içerikleri kullanılarak GLITTER programı ile düzeltilmiştir. Her 20 ölçümden sonra uluslararası standart NIST-612 ölçümleri tekrarlanmıştır. Bu ölçümlerden hesaplanan doğruluk ve hassasiyetin genellikle sırasıyla %5 ve %7'nin altında olduğu belirlenmiştir. Her bir element için hesaplanan doğruluk ve hassasiyet değerleri Ek Tablo 3'te verilmiştir.

2.1.2.2.7. Zirkon U-Pb İzotop Analizleri

Aladağ ofiyoliti mafik dayklarını temsil eden 6 adet örnek zirkon U-Pb yaşlandırması için seçilmiştir. Bu örnekler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su ile Ağır Mineral Ayırma Laboratuvarı'nda sulu-ayırma (hydroseparation) yöntemine tabi tutulmuş ve ağır mineral zenginleştirmeleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen konsantrasyonlarında manyetik özellik sunan mineraller manyetik ayırıcı vasıtasıyla ayrılmış ve geride kalan ve manyetik özellik sunmayan mineraller binoküler mikroskop yardımıyla incelenmiş ve zirkon mineralleri seçilmiştir. Ayrılan zirkon mineralleri epoksiye yerleştirildikten sonra elektron mikroskopta incelenmiş ve katodoluminesans görüntüleri alınmıştır. AP13 ve AP96 numaralı örneklerde bulunan zirkon mineralleri, Granada Üniversitesi IBERSIMS laboratuvarındaki "SHRIMP-IIe/mc" marka iyon mikroprob ile U-Pb yöntemiyle analiz edilmiştir. U konsantrasyonu SL13 zirkon standardı (U: 238 ppm) kullanılarak kalibre edilmiştir. U/Pb oranı, her dört ölçümde bir gerçekleştirilen

TEMORA-1 zirkon standardının okunmasıyla kalibre edilmiştir. Düşük U/Pb oranına sahip minerallerdeki kurşun (common lead) değeri, Cumming ve Richards (1975) tarafından önerilen karasal kurşun gelişim modeli kullanılarak ölçülen $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ değeri ölçülerek düzeltilmiştir. Zirkon ölçümleri sırasında ölçülen TEMORA standardının tekrar ölçümleriyle belirlenen %95 güvenilirlik aralığındaki hata payları $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ için ± 0.23 ve $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ için ± 0.46 'dır. Veri düzenlenmesi "STATATM" program diliyle yazılan "SHRIMPTOOLS" yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Diğer örnekler ise Goethe Üniversitesinde (Frankfurt, Almanya) Resonetics Resolution M-50-HR lazer ablasyon cihazı ile bağlantılı bir TIMS cihazı ile ölçülmüştür. Mineral üzerinde yaklaşık 20-30 mikron çapında ve yaklaşık 15 mikron derinliğinde krater açılmış ve alınan parçalar analiz edilmiştir. Ölçüm esnasında Stacey and Kramers (1975)'in Pb düzeltme modeli kullanılarak Pb değerleri düzeltilmiş ve ölçümler sırasında GJ-1 standartı kullanılarak ölçümler normalleştirilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

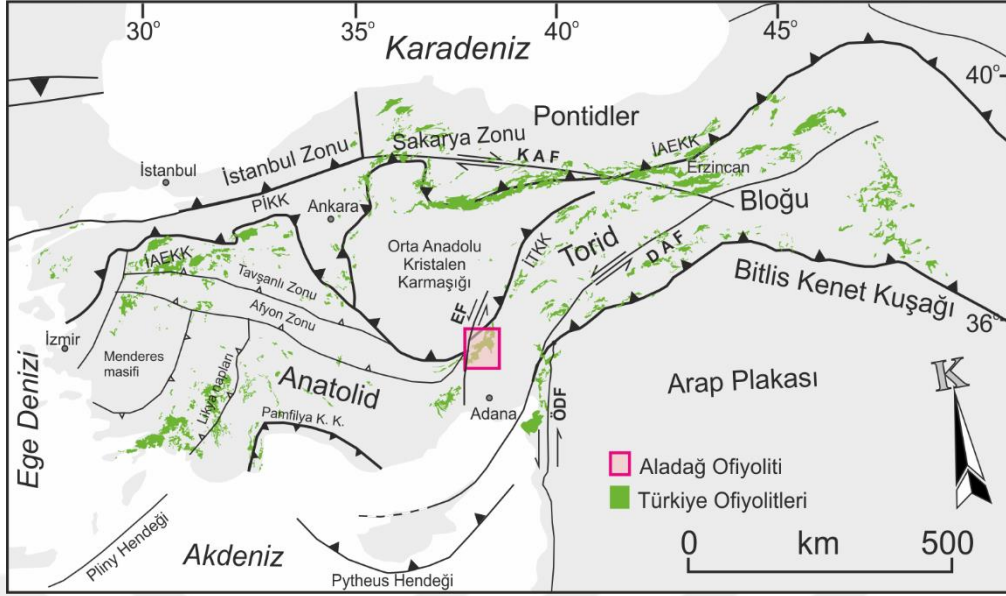
Arazi ve lâboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler büro çalışmaları sırasında bir araya getirilerek, Aladağ ofiyolitine ait kayaçların petrografi ve mineralojileri ortaya konmuş, ergiyik kayaç etkileşimleri, manto kayaçlarının kısmi ergime dereceleri, mineral ve tüm kayaç bazında ergime modellemeleri, kabuksal kesime ait kayaçlardaki izotopik oranlardan elde edilen yaş verileri ve tektonik oluşum ortamı hakkında sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgu ve sonuçlar değerlendirilerek Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü doktora tez yazım klavuzu dikkate alınarak tez haline getirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin karmaşık jeolojisi ve Anadolu'nun oluşumu, Paleo ve Neo-Tetis okyanuslarının evrimini anlamak için yıllardır birçok bilim insanının ilgisini çekmiştir. Ketin (1966) Türkiye'de; Pontidler, Torid-Anatolid Platformu ve Arap Platformu olmak üzere üç temel tektonik birlik tanımlamıştır (Şekil 2). Bu tektonik birlikler Triyas'tan Miyosen'e kadar geçen zaman içerisinde Neo-Tetis okyanus tabanının gelişimi ile birlikte çeşitli kenet zonlarına ayrılmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Robertson ve Dixon, 1984; Okay, 1986; Yılmaz, 1993; Yılmaz vd., 1993; Göncüoğlu vd., 1996, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Robertson, 2002, Pourteau vd., 2010; Parlak vd., 2013). Bunlar; Pontid içi kenet kuşağı, İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı, İç Torid kenet kuşağı ve Bitlis-Zagros Kenet kuşağı olup, bu kuşaklar boyunca Tetis okyanusunun kalıntıları olan ofiyolitik kayalar yüzeylemektedir (Şekil 2).

İç Torid kenet kuşağı, ilk olarak Görür vd. (1984) tarafından tanımlanmış ve daha sonra diğer yazarlar tarafından da bu kuşağın varlığı desteklenmiştir (Dilek vd., 1999; Okay ve Tüysüz, 1999; Andrew ve Robertson, 2002; Parlak ve Robertson, 2004; Robertson, 2004; Kadioğlu vd., 2006; Robertson vd., 2009, Kadioğlu ve Dilek, 2010; Pourteau vd., 2010). İç Torid okyanus havzasının güneyinde Torid-Anatolid Platformu ve kuzeyinde ise Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı yer almaktadır (Şekil 2). Bu okyanus havzası, geç Kretase'den erken Senozoyik zamanına kadar okyanus içi kuzeye doğru yitim ile kapanmıştır (Parlak vd., 2013). Bazı yazarlar bu durumu sorgulamakla birlikte, Orta Anadolu Kristalen Kompleksini, iki kıtasal bloğun litostratigrafik benzerliklerine dayanarak, Torid-Anatolid bloğunun kuzeydeki bir burnu olarak görmektedirler (Göncüoğlu vd., 1996, 1997). Ofiyolitik kayalar, İç Torid kuşağının mekan ve zaman içindeki orojenik evrimini anlamak için kullanılacak çok önemli jeokimyasal ve jeokronolojik veriler içerir. Torid kuşağı ofiyolitlerinin, geç Kretase döneminde bir yitim ortamında oluştuğu ve daha sonra farklı alanlarda Kampaniyen-Paleosen zamanı boyunca Torid-Anatolid platformuna yüzelediği önerilmektedir (Dilek vd., 1999; Robertson, 2002; Parlak ve Robertson, 2004; Robertson vd., 2009).



Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan revize edilmiştir) ve ofiyolitik kayaçların Türkiye'deki dağılımı. PİKK; Pontid İç Kenet Kuşağı, İAEKK; İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı; İTKK; İç Torid Kenet Kuşağı, KAF; Kuzey Anadolu Fayı, DAF; Doğu Anadolu Fayı, EF; Ecemiş Fayı, ÖDF; Ölü Deniz Fayı.

Toroslar; batı, orta ve doğu Toroslar olmak üzere genel olarak birbirine komşu 3 kuşağa ayrılır (Özgül, 1976). Aladağ ofiyoliti, Türkiye'nin güneyinde, Adana ilinin kuzeyinde Doğu Toroslar'da yer almaktadır. Doğu Toroslar, stratigrafik özellikleri ve kaya birimleri açısından, birbirinden değişik havza koşullarını yansıtan kaya topluluklarını kapsamaktadır. Bu kapsamda, Doğu Toroslar'daki ofiyolitik kayaçlar son derece önemlidir. Doğu Akdeniz'deki Tetis Okyanusu ofiyolitleri iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup ofiyolitler Bitlis-Zagros çarpışma zonunda olup, Trodos (Kıbrıs), Bear-Bassit (Suriye) ve Kızıldağ (Hatay) ofiyolitlerinden oluşmaktadır (Dilek ve Moores, 1990). İkinci grup ofiyolitler ise Toros kuşağı ofiyolitleri olarak isimlendirilen (Juteau, 1980) Antalya, Beyşehir-Hoyran, Ali Hoca, Mersin, Aladağ, Pınarbaşı ve Divriği ofiyolitlerinden oluşmaktadır (Dilek ve Moores, 1990; Parlak ve Delaloye, 1999; Juteau, 1980). Söz konusu ofiyolitler genel olarak ofiyolitik melanj, ofiyolit tabanı metamorfite ve okyanusal litosfer kalıntıları (manto peridotitleri ve kümülat kayaçlar) olmak üzere üç tektonik birimden oluşmaktadır (Juteau, 1980).

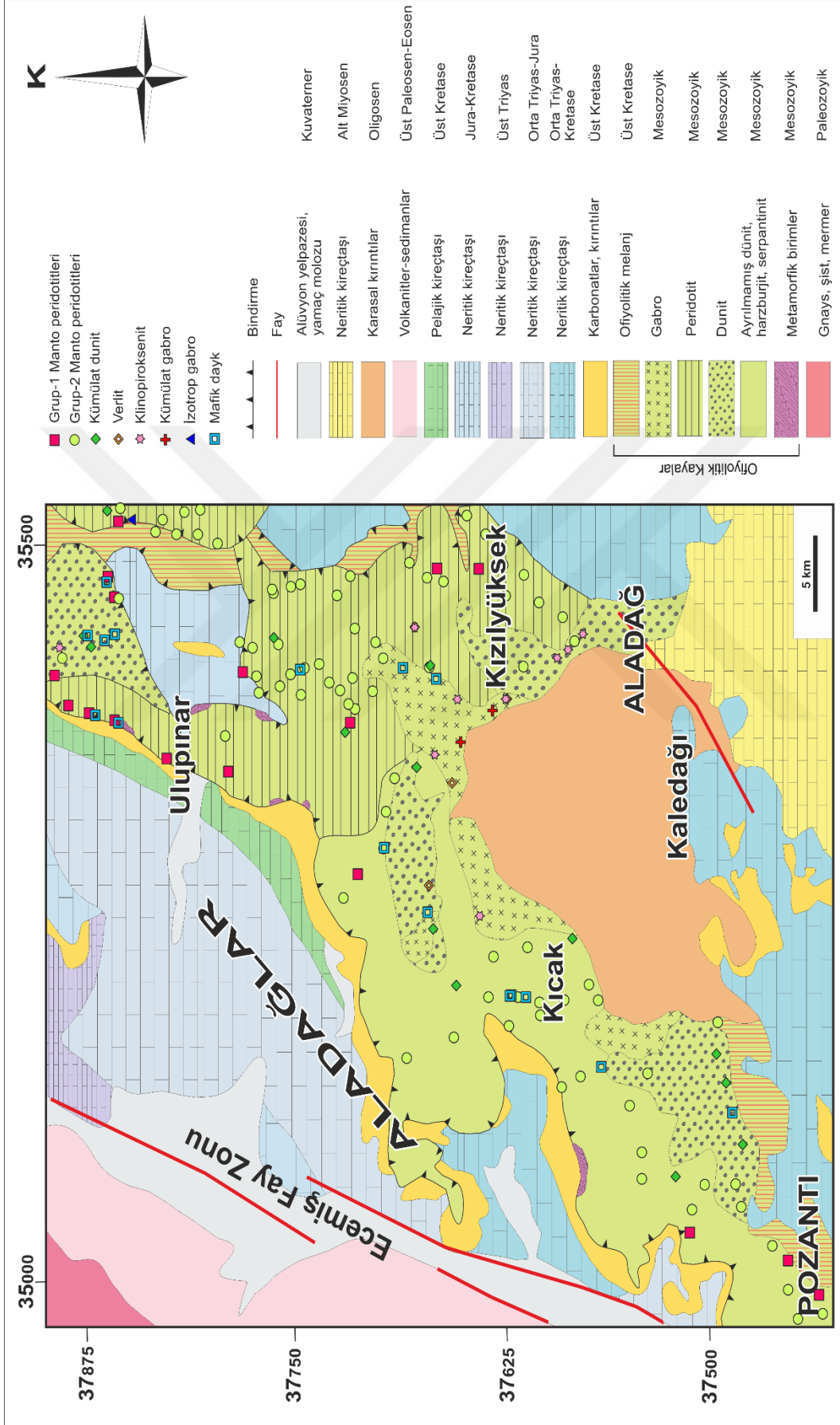
Aladağ ofiyoliti ve Mersin ofiyolitlerinin aynı kökenli olduğu, bölgeye yerleştikten sonra orta Eosen'den itibaren Ecemiş Fayı ile bir bölümünün güneye kaydığı belirtilmiştir (Çakır, 1978; Yetiş, 1984). Aladağ ofiyoliti, K-G yönünde 80 km ve D-B yönünde 60 km

uzunluğunda olup, yaklaşık 1300 km²'lik bir alanda yüzeyleme vermektedir. Üst Kretase yaşlı Aladağ ofiyolitinin (Juteau, 1980; Dilek ve Moores, 1990; Polat ve Casey, 1995) sınırları, batıda doğrultu atımlı sol yönlü Ecemiş Fay koridoru içerisinde bulunan Oligosen ve Neojen çökelleri ve Tersiyer volkanizmasına ait andezitler ile, kuzey ve doğuda Paleozoyik yaşlı Toros kireçtaşları ile bindirme sınırlı iken, güneyde Neojen yaşlı Adana Baseni sedimanları ile kaplıdır (Şekil 3; Ovalıoğlu, 1963; Bingöl, 1978; Çakır, 1978; Çataklı, 1983; Polat ve Casey, 1995).

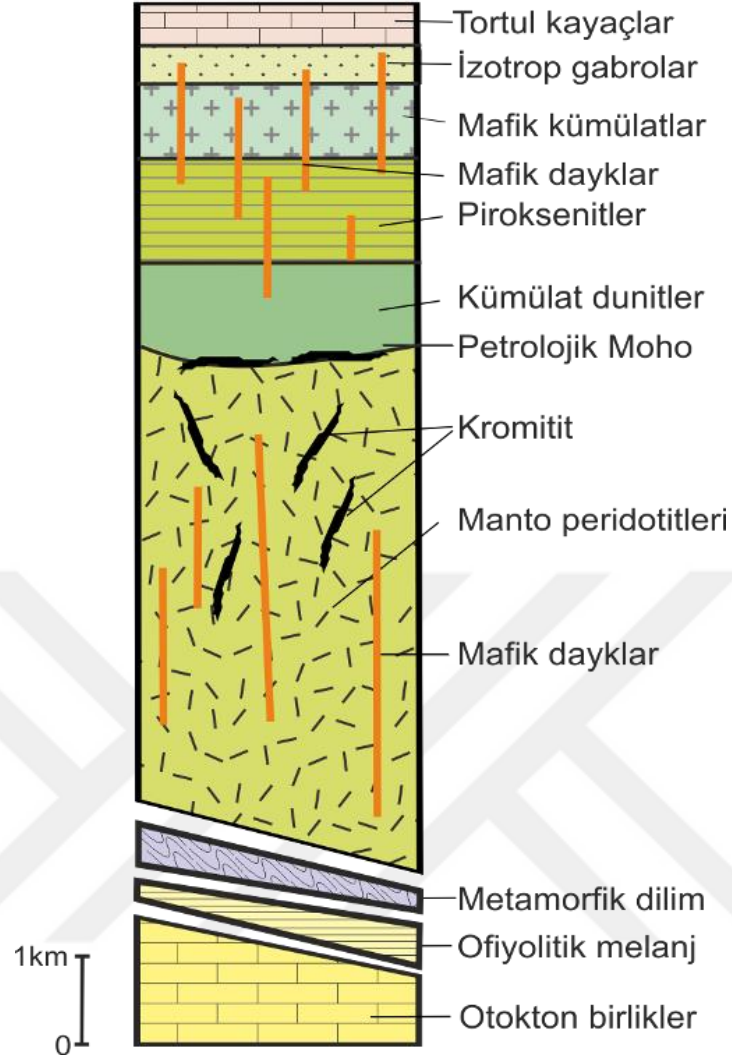
3.2. Arazi Gözlemleri

Aladağ ofiyoliti, tabandan tavana doğru, manto peridotitleri, ultramafik-mafik kümülatlar ve izotrop (masif) gabrolardan oluşmaktadır. Ofiyolitik istif, ofiyolitik olmayan sedimanter ve volkanik kayalardan oluşan bir tabanla, Paleozoyik ve Mesozoyik kireçtaşları üzerine tektonik olarak oturmuştur. Bu birim üzerine çoğu kez tektonik dokanaklı dunit, piroksenit ve gabrolardan oluşan kümülat seri gelir. Gerek manto peridotitleri ve gerekse kümülatlar çok sayıda izole ve nadiren gruplar hâlindeki KD-GB doğrultulu mafik dayklar ile kesilmişlerdir (Şekil 4; Anıl, 1990).

Bölgede geniş yayılımlar sunan manto peridotitleri genellikle grimsi renklere gözlenmekle birlikte yüzeysel ayrışmaya maruz kalmış dış yüzeyleri kızıl-kahve ve grimsi tonlarda gözlenmektedir (Şekil 5a). Buna karşılık, yüzeysel alterasyondan etkilenmemiş taze kırık yüzeyleri, koyu yeşilden koyu griye kadar değişmektedir (Şekil 5b). Bol çatlaklı ve kırıklı yapı sunan kayalar, genellikle farklı oranlarda serpantinleşme sunarlar (Şekil 5c). Serpantinleşmenin kısmen düşük olduğu örneklerde ortopiroksen mineralleri kayaların taze kırık yüzeylerinde belirgin bir şekilde gözlenirken, klinopiroksen kristalleri modal bolluklarındaki azlıktan dolayı makroskobik olarak açık bir şekilde gözlenmemektedir. Buna karşılık, bazı lokasyonlarda kalınlıkları yaklaşık 0.5 ilâ 3-4 cm arasında değişen ve belirli hatlar boyunca izlenebilen klinopiroksen zenginleşmeleri gözlenmiştir (Şekil 5d). İnceleme alanında gözlenen manto kayalarının, kalınlıkları 1-15 cm arasında değişen piroksenit ve pegmatitik gabbro daykları tarafından yer yer kesildiği görülmektedir (Şekil 5e).

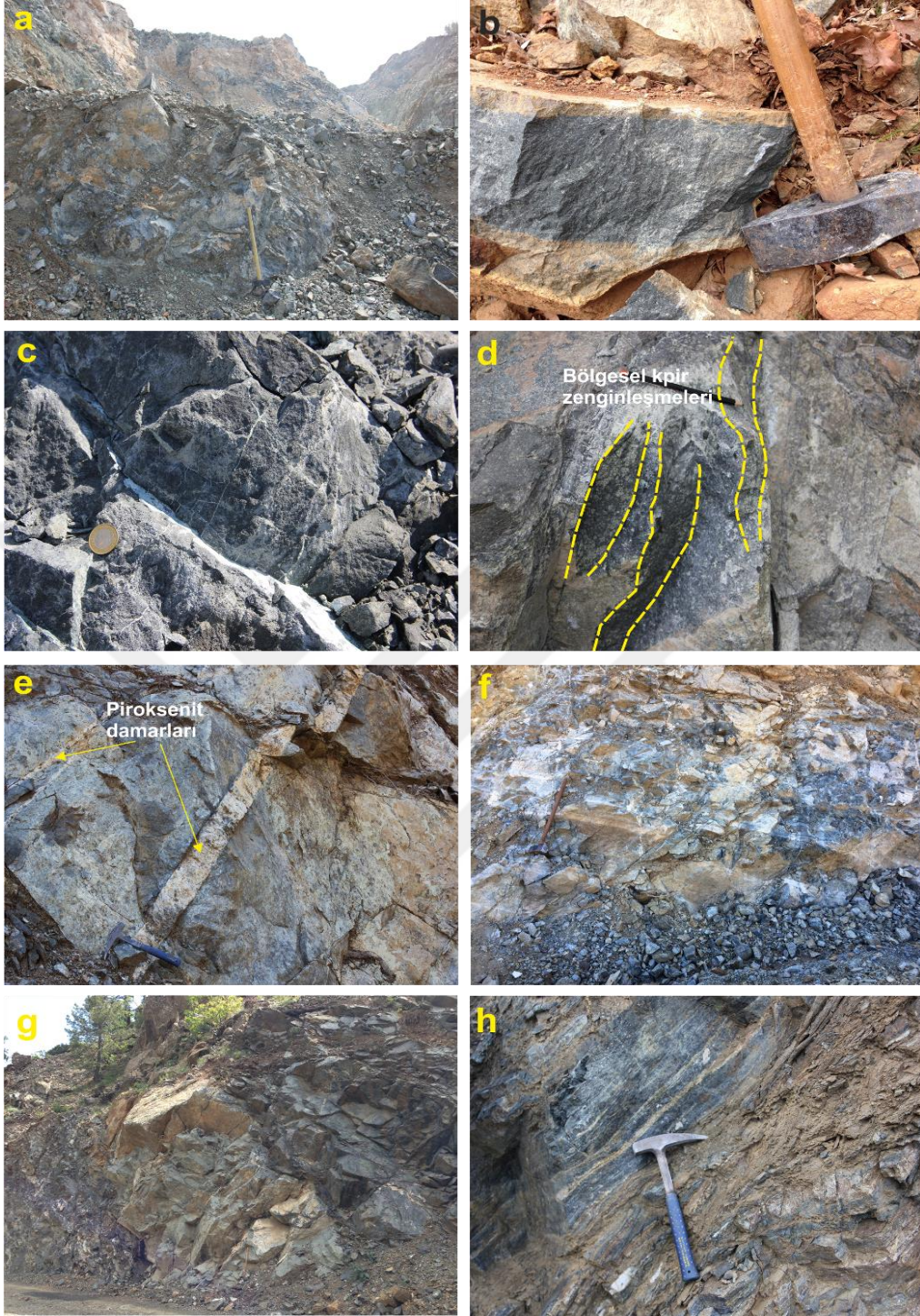


Şekil 3. Aladağ ofiyolitinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 2002'den basitleştirilmiştir). Örnekleme yapılan lokasyonlar farklı kayaç grupları için farklı sembollerle gösterilmiştir. Sembol açıklamaları şekil içerisinde verilmiştir.



Şekil 4. Aladağ ofiyolitinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Bingöl, 1978'den basitleştirilmiştir).

Manto kayaçlarına oranla daha dar bir alanda yüzeyleme veren ve ultramafik kümülatları temsil eden dunitik kayaçlar grimsi-kahverengimsi ayrışma yüzeylerine sahip olup, yer yer piroksenit damarları tarafından kesilmişlerdir. Ultramafik kümülatların üst kesimlerini temsil eden piroksenitler iri klinopiroksen mineralleri ile karakteristik olup ayrışma yüzeyleri açık kahve renklidir. Ultramafik kümülatların daha üst kesimlerini oluşturan mafik kümülat grubu kayaçlar, manto kayaçları ve ultramafik kümülatlara göre daha açık renkli olup, çoklukla plajiyoklas mineralleri ile karakteristiktir. Ayrışma yüzeyi genellikle açık gri renkli olan mafik kümülatlar bol kırıklı ve çatlaklı olup, kümülat doku sunarlar (Şekil 5f).



Şekil 5. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı türdeki kayalara ait arazi görüntüleri. Manto peridotitlerine ait yüzleğin genel görünümü (a) ve dış yüzeyleri yüzeysel alterasyona uğramış ancak iç kesimleri yüzeysel alterasyondan korunmuş harzburgite ait el örneği (b); oldukça kırıklı ve önemli derecede serpantinleşmiş manto peridotitleri (c); manto kayalarındaki ergiyik kanallarını temsil eden bölgesel klinopyroksen zenginleşmeleri (d); manto peridotitlerini kesen pirokse nit damarları (e); ultramafik kümülatların üst kesimlerini temsil eden kümülat gabrolar (f); manto peridotitlerini kesen mafik dayk (g); metamorfik dilimi temsil eden amfibolitler (h).

Aladağ ofiyoliti çoklukla manto kayaçları yanı sıra ultramafik kümülatlar ve az oranda mafik kümülatlar ile temsil edilmekle birlikte, söz konusu bu kayaçlar, kalınlıkları santimetre ölçeğinden birkaç metreye ulaşan çok sayıda mafik dayklar tarafından kesilir (Şekil 5g). Diyabaz daykları kısmen taze görünümlü olup, oldukça serttir. Bununla birlikte, Aladağ ofiyolitine ait metamorfik dilimi oluşturan amfibolit kayaçları da arazide Ulupınar civarında gözlemlenmiştir. Amfibolitler kısmen altere olmakla birlikte foliasyonlu yapısını korumuş ve manto kayalarına oranla daha koyu renktedirler (Şekil 5h).

3.3. Petrografik İncelemeler

Detaylı petrografik çalışmalar neticesinde manto peridotitlerini temsil eden örneklerin dunit ve farklı klinopiroksen ve ortopiroksen modal bolluklarına sahip harzburjit türünde kayaçlar oldukları belirlenmiş olmakla birlikte, klinopiroksen modal bolluklarındaki belirgin artış ile bazı örneklerde lertzolit bileşimine geçişin gözlemlendiği ortaya konmuştur (Şekil 6, Tablo 1). Ultramafik kümülatları temsil eden örneklerin çoklukla dunit, nadiren de verlit ve piroksenit türünde kayaçlar ile temsil edildiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, manto peridotitleri ve kabuksal kesimin alt kesimini oluşturan ultramafik kümülat grubu kayaçlara ait bazı örneklerin aşırı derecede serpantinleştikleri ve ilksel dokularını tamamen kaybettikleri gözlenmiş olup, bu örnekler serpantin olarak tanımlanmıştır.

Mafik grubu temsil eden örneklerin modal olarak gabro bileşimini yansıttığı (Şekil 7, Tablo 1), özellikle manto peridotitlerini ve yer yer ultramafik kümülatları kesen izole mafik daykların amfibol mikrogabro (diyabaz) bileşimlerinde oldukları belirlenmiştir (Şekil 7, Tablo 1).

Özellikle manto peridotitlerine ait örneklerin detaylı petrografik incelemeleri sonrasında tüm kayaç ana oksit jeokimyası dikkate alınarak modal mineralojik bollukları en küçük kareler yöntemi (Hermann ve Berry, 2002) ile belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 6, Tablo 1). Manto peridotitleri, içerdikleri spinel fazlarının Cr# değerleri ve tüm kayaç Lantan Grubu Element (LGE) içerikleri dikkate alınarak iki alt grup altında değerlendirilmiştir. Grup-1 manto peridotitleri düşük spinel Cr# [$Cr/(Cr+Al) = 13-47$] değerleri ve kısmen daha yüksek ağır Lantan Grubu Element (LGE) içeriklerine sahip iken Grup-2 manto peridotitleri kısmen daha yüksek spinel Cr# (44-74) değerlerine ve daha düşük ağır LGE içeriklerine sahiptir.

Grup-1 manto peridotitlerini temsil eden örnekler klinopiroksen modal bollukları bakımından (%1.4-7.6; ortalama %3.8) genel olarak Grup-2 manto peridotiti örneklerine göre kısmen daha zengin olmakla birlikte AP103 numaralı Grup-1 manto peridotiti örneği yaklaşık olarak %11.9 civarında klinopiroksen bolluğuna sahiptir (Şekil 6, Tablo 1) ve Workman ve Hart (2005) tarafından önerilen Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto TOM; ing. DMM: Depleted Mid ocean ridge Mantle) modal bileşimine oldukça yakınlık sunar (Şekil 6). Özellikle klinopiroksen içerikleri bakımından oldukça zengin olan örneklerde klinopiroksenler oldukça iri kristaller hâlinde bulunurlar (Şekil 8a, d). İri ortopiroksen kristalleri modal bollukları bakımından %13.1 ilâ 31.6 arasında değişen kısmen geniş bir aralık sunarlar (Tablo 1). Olivin modal bollukları Grup-2 örneklerine göre kısmen daha düşüktür ve %54.0 ilâ 83.2 arasında değişen geniş bir aralık sunar (Şekil 6, Tablo 1) ve yer yer serpantinleşmişlerdir (Şekil 8b). Spinel modal bollukları genellikle %2'nin altında olup, çoklukla özşekilsiz-yarı özşekilli kristaller hâlinde bulunur (Şekil 8c). Detaylı petrografik incelemeler ve elektron mikroprob analizleri sırasındaki BSE görüntülerinin incelenmesi esnasında bazı Grup-1 örneklerde amfibol gözlenmiştir (Şekil 8e,f). Modal bollukları genellikle %1'in altında olmakla birlikte AP107 numaralı örneğin yaklaşık %2 civarında amfibol içerdiği gözlenmiştir. Klinopiroksen modal bollukları genellikle %5'in altında olan Grup-1 peridotitleri çoklukla harzburjıt alanında dağılım sunmakla birlikte, bazı örnekler %5'in üzerindeki klinopiroksen modal bollukları ile lertzolit alanında dağılım sunarlar (Şekil 6).

Aladağ ofiyolitini temsil eden Grup-2 manto peridotitleri kısmen daha düşük klinopiroksen ve daha yüksek olivin modal bolluklarına sahiptir. Yarı özşekilli birincil klinopiroksenlerin modal bollukları bazı örneklerde %4.8'lere kadar ulaşırken, bazı örneklerde klinopiroksen gözlenmemiştir (ortalama %1.8; Şekil 6, Tablo 1). Bununla birlikte, bazı örneklerde olivin kristallerinin arasında ve ortopiroksen veya spinel kristallerinin etrafında gelişmiş özşekilsiz ikincil klinopiroksen oluşumları gözlenmiştir. Oldukça iri ve özşekilsiz olivin kristallerinin modal bollukları %67.5 ilâ 98.9 arasında değişir. Olivinler kısmen serpantinleşmiş olarak gözlenmekle birlikte, kink bant oluşumları bazı olivin kristallerinde oldukça belirgindir (Şekil 8g). Orta-iri daneli ve özşekilsiz/yarıözşekilli ortopiroksen minerallerinin modal bollukları %0 ilâ 28.3 arasında değişir. Ortopiroksenlerde tek yönde dilinim çoklukla belirgin olup, dilinim izleri bazı kristallerde eğilmiş/bükülmüş olarak görülür. Spinel kristalleri çoklukla özşekilsiz olarak gözlenir ve modal bollukları %0.6-2.2 arasındadır (Şekil 6, Tablo 1). Grup-2 örnekleri

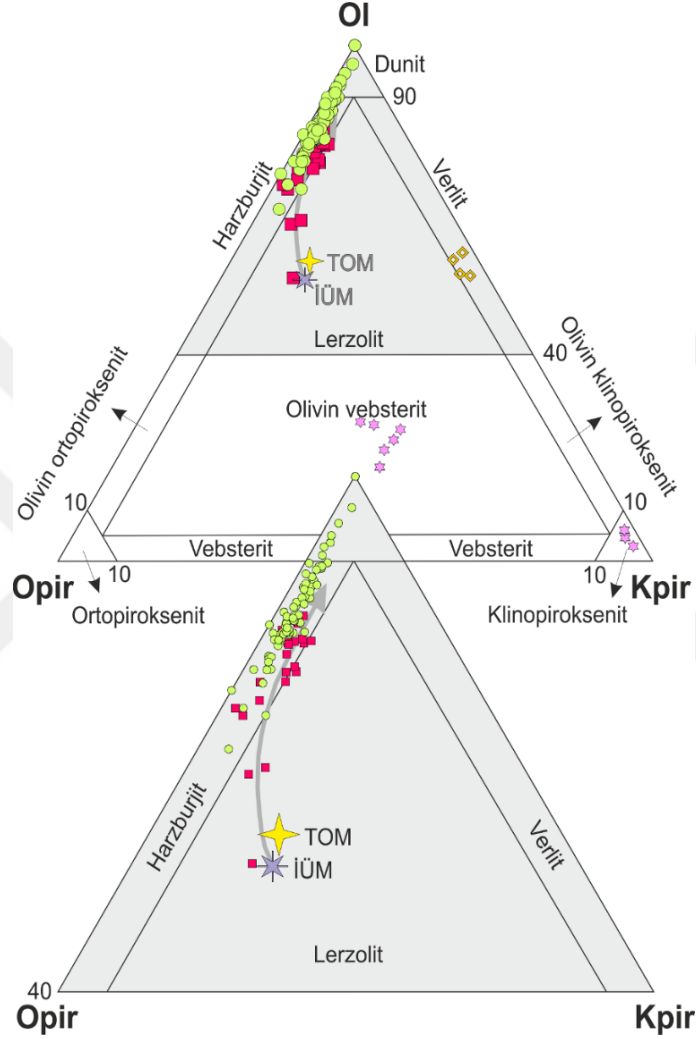
çoklukla harzburjit alanında dağılım sunarken olivin modal bollukları %90'ın üzerinde olan birkaç örneğin dunit alanında dağılım sunduğu gözlenmiştir (Şekil 6). Söz konusu dunitik kayalar çoklukla kısmen, bazen de önemli oranda serpantinleşmeye uğramıştır. Bu örneklerde ortopiroksenler yer yer bastitleşmiş olarak görülse de genellikle serpantinleşmeden pek fazla etkilenmemiştir. Birincil klinopiroksenlere rastlanmazken oldukça düşük oranlarda ve çoklukla olivin kristallerinin arasına özşekilsiz olarak yerleşmiş ikincil oluşumlar şeklinde klinopiroksenler gözlenir (Şekil 8h,i,j). Spinel kristalleri genellikle özşekilsiz olarak gözlenir ve manto deformasyonunun belirgin izlerini taşır (Şekil 8k). Grup-2 örnekleri çoklukla amfibol içermezken, 10 adet örnekte oldukça az modal bollukda (~%0.5) amfibol gözlenmiş olup, AP9 numaralı örnekte ise bu oran %1.5 civarındadır (Şekil 8l,m).

İlksel mineralojisi çoklukla dunit türündeki bazı örneklerin serpantinleşmesi ile oluşan serpantinlerde elek dokusu gayet belirgindir (Şekil 8o). Spinel kristalleri, serpantinleşme süreçlerinde ilksel dokusunu yer yer korumuş olarak görülse de bazı serpantin örneklerinde tamamen manyetitleştiği gözlenmiştir. Bunun yanı sıra çatlaklar buyunca gelişen manyetitleşmeler belirlenmiştir.

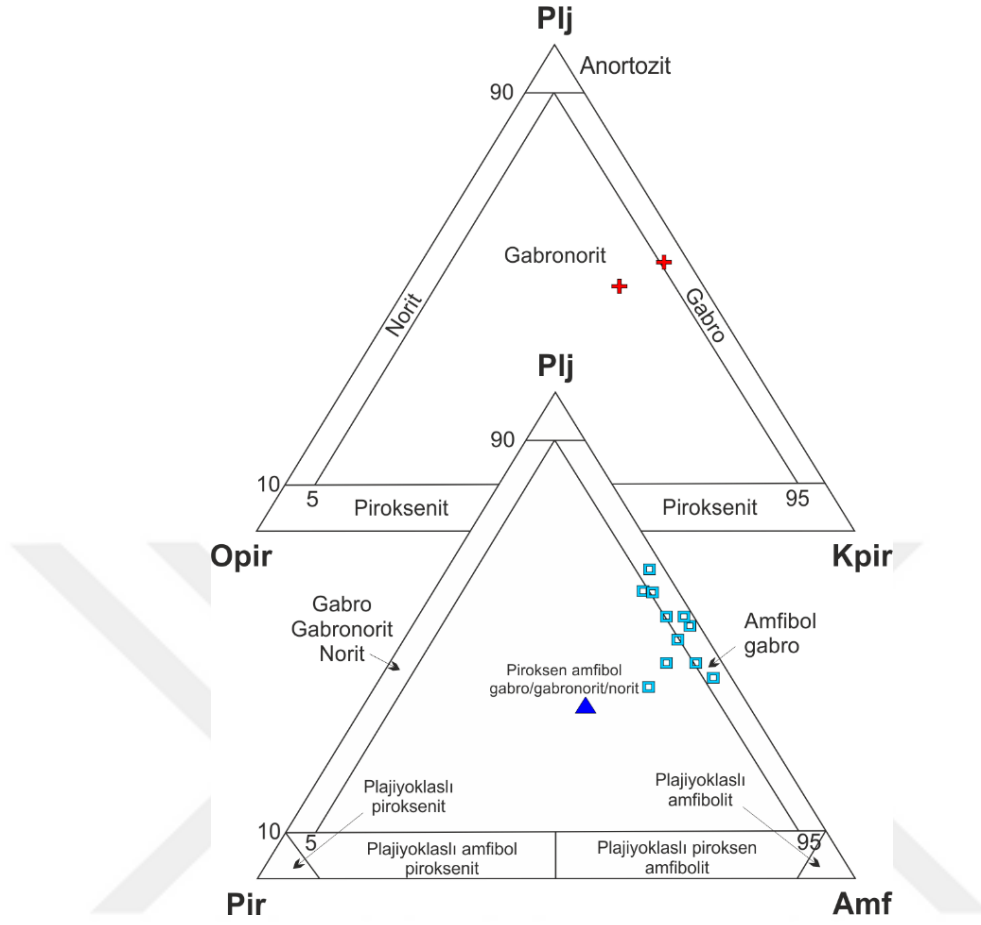
Ofiyolitik istifin kabuksal kesimini oluşturan ultramafik kayalara ait dunit örneklerinde ana mineral olan iri kristalli olivinler yanı sıra modal bollukları %3'lere ulaşan klinopiroksen kristalleri gözlenir. Oldukça değişen miktarlarda serpantinleşme sunan kümülat dunitler modal bollukları %3'lere ulaşan, çoklukla orta büyüklükte özşekilli spinel kristalleri içerir (Şekil 8n). Ultramafik kümülatlara ait verlit örneklerinde olivin ve az miktardaki ortopiroksen mineralleri hemen hemen tamamen serpantinleşmiştir ve modal olarak yaklaşık %40 civarında iri klinopiroksen kristalleri içerir (Şekil 8o). Klinopiroksenitlerde ise oldukça iri klinopiroksen minerallerinin yanı sıra, klinopiroksen minerallerinin arasında modal bollukları %8'i geçmeyen olivin mineralleri gözlenmiştir (Şekil 8p). Daneli ve kümülat dokusu sunan mafik kümülat grubu gabro örnekleri yaklaşık %50-55 civarında plajiyoklas ve bu plajiyoklasların aralarını dolduran modal olarak yaklaşık %35-40 civarında klinopiroksen ve az oranda da ortopiroksen minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 8r).

İzole dayklar daneli ve ofitik doku sunan diyabaz ve amfibol gabro türü kayalardan oluşur ve başlıca mineral bileşenleri plajiyoklas, klinopiroksen ve amfiboldür. Genellikle yarı-öz şekilli ve yassı-çubuksu şekillerdeki plajiyoklaslar polisentetik ikizlenme göstermekte, serizitleşme ve kaolenleşme sunmaktadırlar (Şekil 8s). Klinopiroksenler yarı

özşekilli olup, kenarlarından ve dilinimlerinden itibaren kısmen uralitleşme göstermektedirler. İncelenen örneklerde çubuksu ve özşekilli-yarı özşekilli amfibol mineralleri %32-55 arasında değişen modal bolluklarda bulunmaktadır (Şekil 8s).



Şekil 6. Tüm kayaç ana oksit jeokimyası ve Cr-spinel kimyası dikkate alınarak gruplandırılmış Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait örneklerin en küçük kareler yöntemi ile hesaplanmış modal mineralojik bileşimleri. İçi dolu neon kırmızı kareler Grup-1 manto peridotitlerini, içi dolu yeşil daireler ise Grup-2 manto peridotitlerini temsil etmektedir. İçi dolu sarı yıldız tüketilmiş okyanus ortası sırtı mantosu (TOM), mor yıldız ise ilksel üst manto (İÜM) modal bileşimini temsil etmektedir. Ol: olivin, Opir: ortopyroksen, Kpir: klinopyroksen. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi boş kare (sarı): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopyroksenit.



Şekil 7. Aladağ ofiyolitine ait kümülat gabro ve mafik daykları temsil eden örneklerin modal mineralojik bileşimleri. Plj: plajiyoklas, Opir: ortopiroksen, Kpir: klinopiroksen, Amf: amfibol, Pir: piroksen. Semboller: içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Tablo 1. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı kayaç gruplarına ait örneklerin petrografik incelemeler sonrasında belirlenen kayaç dokuları ve mineral modal bollukları (Olv: Olivin, Opir: Ortopirosken, Kpir: Klinopirosken, Spl: Spinel, Plj: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Opk: Opak mineral, G1: Grup-1, G2: Grup-2).

Örnek#	Koordinat K	Koordinat D	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)						
						Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk
AP10	37.7874	35.34579	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli-elek	72.9	24.3	1.4	0.3			1.0
AP11	37.77863	35.41306	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.2	16.8	2.9	1.1			
AP17	37.71458	35.37889	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	78.5	15.3	4.5	1.8			
AP36	37.63759	35.48281	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	63.8	27.4	6.4	1.9			0.5
AP38	37.66259	35.48298	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	75.8	17.0	5.3	1.9			
AP70	37.43776	34.99861	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	78.7	13.8	5.5	1.9			
AP71	37.44728	35.01965	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	76.2	16.7	5.3	1.9			
AP87	37.84929	35.50644	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	71.8	25.0	2.2	1.1			
AP90A	37.85941	35.47748	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	75.1	18.1	5.4	1.4			
AP90B	37.85941	35.47748	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	76.6	16.9	4.9	1.6			
AP90C	37.85941	35.47748	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	73.8	18.7	5.8	1.6			
AP91	37.85083	35.46876	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.0	16.0	1.6	1.4			
AP101	37.89119	35.41076	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.3	15.5	3.4	1.3			0.5
AP102	37.88293	35.39054	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	72.3	22.5	3.5	1.3			0.5
AP103	37.87022	35.37843	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	64.1	24.2	7.6	3.1			1.0
AP105	37.85302	35.37428	Manto peridotiti (G1)	Lerzolit	Daneli -elek	54.0	31.6	11.9	2.5			
AP107	37.8242	35.35469	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.5	13.9	4.2	1.5			1.0
AP116	37.71	35.27656	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	83.2	13.1	2.6	1.1			
AP126	37.51715	35.03214	Manto peridotiti (G1)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.3	14.6	2.6	1.4			
AP2	37.6672	35.4163	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	67.5	28.3	3.1	1.1			
AP3	37.73304	35.41843	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	91.5	6.3	1.3	0.9			
AP4	37.74178	35.41576	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	77.4	19.6	1.7	1.4			
AP6	37.75012	35.41152	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	77.9	19.0	1.9	1.2			
AP7	37.75653	35.40348	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	75.2	21.1	2.7	1.0			
AP8	37.7691	35.39912	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	80.5	16.8	1.5	1.2			

Tablo 1'in devamı.

Örnek#	Koordinat	Koordinat	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)						
	K	D				Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk
AP9	37.78923	35.36992	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	70.0	22.2	4.8	1.5			1.5
AP12	37.77051	35.4102	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	88.5	8.8	1.9	0.9			
AP14	37.69478	35.42239	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Elek	97.5	0.0	0.7	1.8			
AP15	37.70107	35.4001	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.8	15.3	1.8	1.0			
AP16	37.71161	35.38813	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.4	13.0	1.6	1.0			
AP19	37.71551	35.39146	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	78.2	17.0	3.4	1.3			
AP20	37.71308	35.40904	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.4	13.1	1.4	1.2			
AP21	37.72056	35.40069	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	88.3	8.8	1.8	1.1			
AP22	37.72701	35.406	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.4	15.8	1.7	1.0			
AP23	37.74387	35.39767	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	82.7	14.2	1.9	1.1			0.1
AP24	37.78056	35.43327	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.8	11.5	2.6	1.0			
AP25	37.77285	35.42947	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.9	14.0	2.4	1.2			
AP26	37.75742	35.4318	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	80.4	17.7	0.9	1.1			
AP28	37.58036	35.43395	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	88.5	7.9	2.2	1.3			
AP29	37.58744	35.45017	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	83.0	14.1	2.0	1.0			
AP30	37.6016	35.4601	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	76.4	19.6	2.8	1.2			
AP31	37.61061	35.4787	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	86.8	10.1	1.9	1.1			
AP32	37.62298	35.4854	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Elek	93.4	4.7	1.0	0.9			
AP33	37.62651	35.47633	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	91.6	6.2	1.0	1.2			
AP34	37.62154	35.46455	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	74.4	24.4	0.0	1.1			
AP35	37.63355	35.50612	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	86.6	11.3	1.2	0.9			
AP37	37.64474	35.51878	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	78.5	18.9	2.0	0.6			
AP39	37.65871	35.47427	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.9	10.6	2.6	1.9			
AP40	37.66853	35.47677	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	76.4	19.9	2.2	1.2			0.2
AP41	37.67911	35.48692	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	90.0	8.5	0.5	1.1			0.1
AP42	37.71443	35.47787	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.9	16.2	2.7	1.1			

Tablo 1'in devamı.

Örnek#	Koordinat	Koordinat	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)						
	K	D				Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk
AP43	37.72239	35.46484	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.8	15.3	3.8	1.2			
AP44	37.71175	35.4425	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.4	13.2	1.4	0.9			
AP45	37.69935	35.43323	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	85.3	11.9	1.9	0.9			
AP47	37.57176	35.20197	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	85.9	10.0	2.6	1.4			
AP48	37.58655	35.19153	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.8	14.0	2.8	1.3			
AP49	37.60131	35.18996	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	84.7	12.2	2.0	1.0			
AP50	37.61426	35.19353	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	80.3	15.9	2.5	1.3			
AP51	37.63183	35.19356	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	85.8	11.9	1.2	1.1			
AP53	37.60088	35.18132	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	80.9	16.2	1.7	1.2			
AP54	37.61957	35.1741	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.3	15.8	1.6	1.4			
AP55	37.65251	35.16636	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	80.4	15.8	2.5	1.2			
AP56	37.68069	35.15243	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	88.8	8.6	1.4	1.1			
AP57	37.60849	35.2272	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	87.7	9.1	1.8	1.3			
AP58	37.6288	35.22087	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	79.9	17.0	1.8	1.2			0.1
AP62	37.56364	35.19278	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	83.7	12.8	2.3	1.2			
AP66	37.48407	35.06725	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	86.9	10.7	1.5	0.9			
AP67	37.4377	34.95409	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	85.6	11.1	2.1	1.2			
AP68	37.43962	34.96947	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	91.7	6.5	0.9	0.9			
AP69	37.44677	34.97624	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	88.3	9.2	1.5	1.1			
AP72	37.45591	35.03063	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	82.0	13.9	2.9	1.2			
AP73	37.47635	35.05411	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	76.8	20.8	1.0	1.3			
AP74	37.4785	35.17978	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	95.9	2.1	1.4	0.6			
AP75	37.76032	35.46644	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	85.7	11.6	1.4	1.1			0.1
AP76	37.76115	35.46884	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	83.2	13.5	2.3	1.1			
AP77	37.74992	35.47071	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.6	15.2	2.2	1.0			
AP78	37.74424	35.47232	Manto peridotiti (G2)	Harzburjlit	Daneli -elek	81.5	15.1	2.2	1.2			

Tablo 1'in devamı.

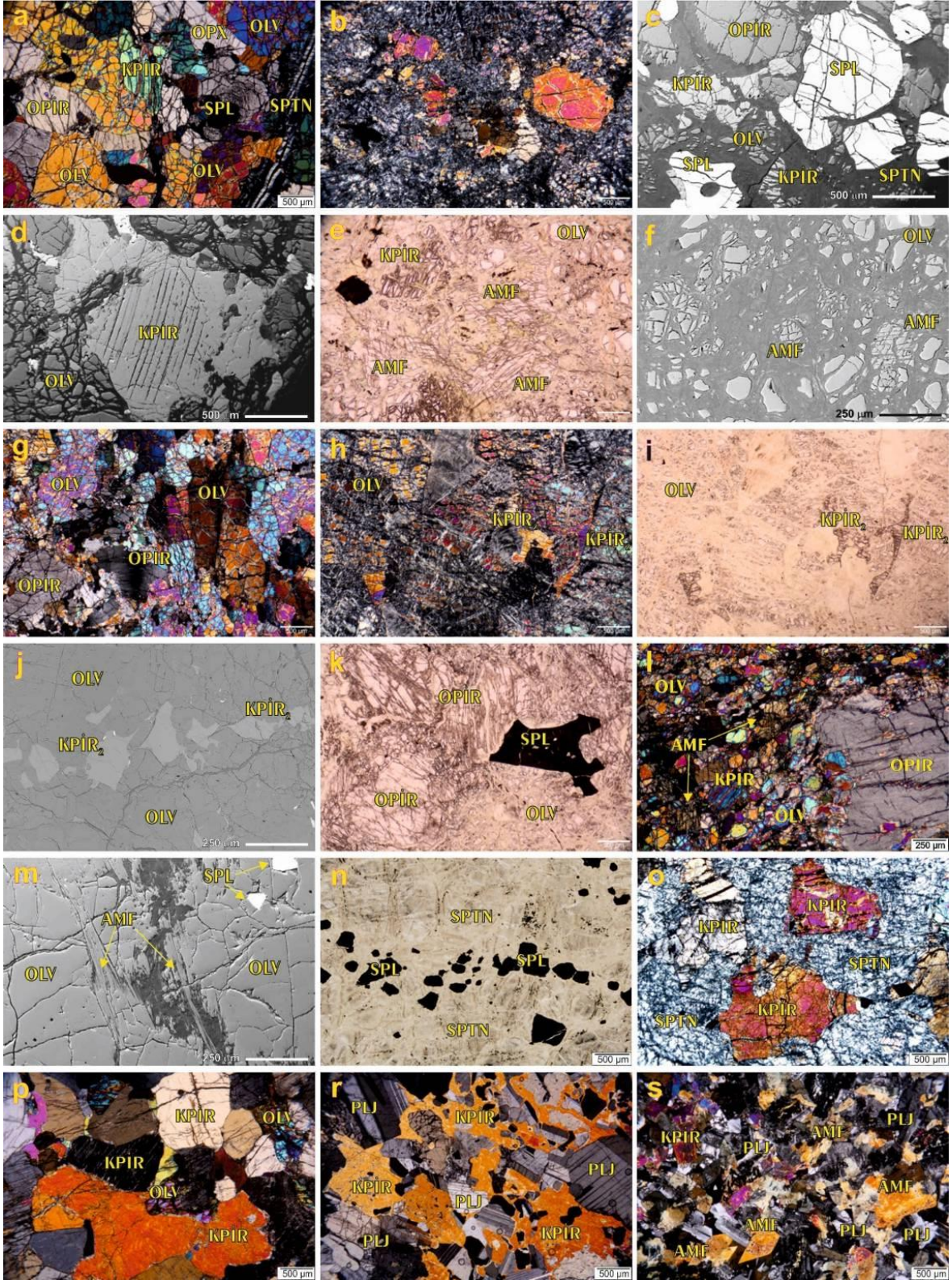
Örnek#	Koordinat		Koordinat D	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)							
	K	D					Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk	
AP79	37.79529		35.4945	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.1	15.7	1.9	1.1	0.1			
AP80	37.80554		35.50597	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	80.7	16.1	2.1	1.1				
AP81	37.81833		35.50614	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	80.6	16.3	2.0	1.0				
AP82	37.82659		35.51595	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	83.4	14.3	1.3	0.9	0.2			
AP83	37.81929		35.54527	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	75.5	21.4	2.4	0.8				
AP84	37.82226		35.56386	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	82.5	13.9	2.2	1.4				
AP85	37.83085		35.5078	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.1	16.0	1.8	1.1				
AP88	37.85193		35.52371	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	80.0	17.8	1.3	0.8				
AP92	37.85279		35.46275	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	90.3	8.5	0.4	0.8				
AP100	37.88659		35.42247	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	79.8	16.1	3.0	1.1				
AP112	37.68303		35.34015	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.1	13.7	3.9	1.2				
AP113	37.69022		35.31904	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.4	15.2	2.2	1.2				
AP115	37.69454		35.29394	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	83.4	14.9	0.7	1.0				
AP117	37.71852		35.26053	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	83.4	13.1	2.4	1.2				
AP119	37.57677		35.13996	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	79.3	17.5	2.1	1.1				
AP120	37.59044		35.13087	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	71.9	24.8	2.2	1.1				
AP121	37.5367		35.14209	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.7	17.1	0.0	1.2				
AP122	37.5474		35.12024	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	98.9	0.0	0.0	1.1				
AP123	37.54011		35.08875	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	76.8	20.0	2.1	1.1				
AP124	37.54012		35.07084	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	76.3	20.0	2.7	1.0				
AP127	37.51011		35.05005	Manto peridotiti (G2)	Harzburjtit	Daneli -elek	81.5	15.2	1.9	1.0	0.4			
AP128	37.50252		35.0669	Manto peridotiti (G2)	Dunit	Daneli -elek	90.0	7.2	1.3	1.2	0.3			
AP1	37.66659		35.4175	Ultramafik kümülüt	Dunit	Adkümülüt-elek	95.9	0.0	0.0	4.1				
AP18	37.71752		35.37247	Ultramafik kümülüt	Dunit	Adkümülüt-elek	96.9	0.0	0.2	2.9				

Tablo 1'in devamı.

Örnek#	Koordinat	Koordinat	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)								
	K	D				Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk		
AP27	37.76019	35.43624	Ultramafik kümülat	Harzburjrit	Adkümülat-elek	86.4	12.0	0.4	1.2					
AP46	37.58165	35.23313	Ultramafik kümülat	Harzburjrit	Adkümülat-elek	98.6	0.0	0.0	1.4					
AP52	37.65106	35.20144	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	97.8	0.0	0.0	2.2					
AP59	37.66489	35.2396	Ultramafik kümülat	Harzburjrit	Adkümülat-elek	78.3	15.5	4.6	1.6					
AP63	37.49553	35.15508	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	96.0	0.0	0.1	4.0					
AP64	37.48498	35.13632	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	97.8	0.0	0.0	2.2					
AP65	37.47979	35.09407	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	96.8	0.0	0.8	2.4					
AP89	37.8572	35.53225	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	98.3	0.0	0.0	1.7					
AP95	37.86938	35.43003	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	96.0	0.0	0.1	4.0					
AP97	37.87384	35.43751	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	97.9	0.0	0.0	2.1					
AP111	37.67297	35.35226	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	98.3	0.0	0.1	1.6					
AP125	37.51991	35.07236	Ultramafik kümülat	Dunit	Adkümülat-elek	98.1	0.0	0.5	1.4					
PK 41	37.62073	35.39494	Ultramafik kümülat	Verlit	Adkümülat-poiklitik	55	3	42	<1					
PK 53	37.67597	35.44349	Ultramafik kümülat	Verlit	Adkümülat-poiklitik	60	5	35	<1					
PK 70	37.65645	35.3363	Ultramafik kümülat	Verlit	Adkümülat-poiklitik	55	5	40	<1					
AP61	37.6674	35.269	Ultramafik kümülat	Verlit	Adkümülat-poiklitik	75.0	1.0	23.0	<1					
PK 18	37.59072	35.4226	Ultramafik kümülat	Klinopiroksenit	Adkümülat-poiklitik	8.0	2.0	90.0						
PK 19	37.58421	35.42812	Ultramafik kümülat	Klinopiroksenit	Adkümülat-poiklitik	5.0	3.0	92.0						
PK 28	37.57536	35.43877	Ultramafik kümülat	Olivinlivebsterit	Adkümülat-poiklitik	20.0	30.0	50.0						
PK 32	37.6417	35.24724	Ultramafik kümülat	Klinopiroksenit	Adkümülat-poiklitik	3.0	2.0	95.0						
PK 42	37.62149	35.39488	Ultramafik kümülat	Olivinlivebsterit	Adkümülat-poiklitik	27.0	30.0	43.0						
PK 44	37.64898	35.39769	Ultramafik kümülat	Olivinlivebsterit	Adkümülat-poiklitik	25.0	30.0	45.0						
PK 52	37.67592	35.44323	Ultramafik kümülat	Olivinlivebsterit	Adkümülat-poiklitik	25.0	25.0	50.0						

Tablo 1'in devamı.

Örnek#	Koordinat		Koordinat D	Kayaç Grubu	Kayaç tipi	Dokusu	Yaklaşık Modal Bileşim (%)						
	K	D					Olv	Opir	Kpir	Spl	Plj	Amf	Opk
AP98	37.8883	35.42964	35.42964	Ultramafik kümülüt	Olivinliversterit	Adkümülat-poikilitik	18	30	52				
AP110	37.6666	35.35305	35.35305	Ultramafik kümülüt	Olivinliversterit	Adkümülat-poikilitik	22	28	50				
AP108	37.62418	35.37554	35.37554	Mafik kümülüt	Gabro	Mezokümülat		5	40	55			<2
AP109	37.64209	35.35667	35.35667	Mafik kümülüt	Gabro	Mezokümülat		15	35	50			<1
AP86	37.84423	35.50205	35.50205	İzotrop gabro	Gabro	Daneli-ofitik		30	40	40			<2
AP5	37.7444	35.41467	35.41467	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			15	40	45		<2
AP13	37.68305	35.41592	35.41592	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			10	45	45		<2
AP60	37.66816	35.25081	35.25081	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			7	60	33		<2
AP90D	37.85941	35.47748	35.47748	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			5	45	40		<2
AP94	37.86141	35.4345	35.4345	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			5	60	35		<2
AP96	37.87146	35.43775	35.43775	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			5	45	50		<2
AP106	37.85302	35.37428	35.37428	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			3	42	55		<2
AP114	37.69425	35.29448	35.29448	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			2	53	45		<2
AP118	37.56438	35.14641	35.14641	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			5	55	40		<2
AP130	37.60952	35.19357	35.19357	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			5	60	35		<2
AP131	37.61814	35.19493	35.19493	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			3	65	32		<2
AP132	37.61904	35.19446	35.19446	İzole dayk	Gabro	Daneli-ofitik			2	55	43		<2
AP104	37.86778	35.37815	35.37815	Metamorfik dilim	Ambibolit	Nematoblastik				40	60		



Şekil 8. Aladağ ofiyoliti örneklerine ait ince kesitlerin polarizan mikroskop ve BSE görüntüleri. a: İri klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinden oluşan Grup-1 manto peridotiti örneği (ÇN); b: Serpantinleşmiş manto peridotiti örneği (ÇN); c: İri ortopiroksen ve spinel kristallerine sahip Grup-1 manto peridotiti örneği (BSE); d: İri klinopiroksen kristallerine sahip Grup-1 manto peridotiti (BSE);

e,f: Grup-1 manto peridotitlerindeki amfibol mineralleri (TN ve BSE); g: Grup-2 manto peridotitlerinde kink bantları sunan olivinler (ÇN); h,i,j: Grup-2 manto peridotiti örneklerinde gözlenen özşekilsiz ikincil klinopiroksenler (ÇN, TN, BSE); k: Grup-2 manto peridotitlerindeki özşekilsiz spineller (TN); l,m: Grup-2 manto peridotitlerindeki amfibol mineralleri (ÇN, BSE); n: Özşekilli ve yarı özşekilli spinellere sahip kümülat dunit örneği (TN); o: Olivinleri serpantinleşmiş verlit örneği (ÇN); p: Klinopiroksenit örneğindeki iri klinopiroksenler ve aralarındaki olivinler (ÇN); r: Kümülat gabrolarda plajiyoklas aralarında gelişmiş klinopiroksen (ÇN); s: Klinopiroksen, amfibol ve altere olmuş plajiyoklas minerallerinden oluşan diyabaz (ÇN). TN: Tek nikol, ÇN: Çift nikol, BSE: geri yansımali elektron (ing. Back Scattered Electron).

3.4. Tüm Kayaç Jeokimyası

Yapılan arazi çalışmaları sırasında alınan tüm örnekler ana oksit jeokimyası bakımından analizlenmiş olup, bu kayaçların petrografik özellikleri ve tüm kayaç ana oksit değerleri dikkate alınarak seçilen bazı örneklerin iz element ve LGE bollukları belirlenmiştir (Tablo 2). Bunun yanı sıra seçilen bazı örneklerde PGE jeokimyası, Os ve Sm-Nd-Pb izotopik analizleri de gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Ana Oksit Jeokimyası

Manto peridotitlerini temsil eden örneklerin tamamı Al_2O_3 ve CaO içerikleri bakımından Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto (TOM) değerlerine göre ($Al_2O_3 = 3.98$ ağı.% ve CaO = 3.17 ağı.%; Workman ve Hart, 2005) tüketilmiştir ve sırasıyla 0.10–2.66 ağı.% ve 0.11–3.00 ağı.% aralıklarındadır. Grup-2 örnekleri Al_2O_3 ve CaO içerikleri (0.10–1.34 ağı.% ve 0.11–1.40 ağı.%) bakımından Grup-1 örneklerine (0.61–2.66 ağı.% ve 0.52–3.00 ağı.%) göre düşüktür. Bununla birlikte, Grup-1 peridotitlerine ait birkaç örneğin Al_2O_3 ve CaO içerikleri TOM değerlerine oldukça yakınlık sunar (Şekil 9, Tablo 2). Manto peridotiteri oldukça düşük TiO_2 içeriklerine sahip olup (<0.05 ağı.%) Grup-1 örneklerinin TiO_2 içerikleri Grup-2 örneklerine göre kısmen daha yüksektir. Grup-1 ve Grup-2 örnekleri kısmen benzer MgO (39.63-50.31 ağı.%) ve Fe_2O_3 (7.01-9.77 ağı.%) içeriklerine sahip olsa da, Grup-1 peridotitlerine ait birkaç örnek Grup-2 örneklerine göre kısmen daha düşük MgO içeriklerine sahiptir. Na_2O içerikleri her iki grup örneklerinde benzer konsantrasyonlarda olup, <0.02 ilâ 0.35 ağı.% arasında bir değişim sunar (Şekil 9, Tablo 2). Her iki gruba ait manto peridotiti örneklerinin ateşte kayıp (AK) değerleri 0.93–16.4 ağı.%

arasındadır. Manto peridotitlerine ait örneklerin MgO içeriklerindeki artışa bağlı olarak Grup-1 örneklerinden Grup-2 örneklerine doğru SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ ve CaO içeriklerinde bir azalma gözlenir. Na₂O içerikleri ile MgO içerikleri arasında lineer bir ilişki gözlenmemiştir. Örnekler kendi içerisinde değerlendirildiğinde, MgO içerikleri kısmen yüksek olan bazı Grup-2 örneklerinin kendi içerisinde oldukça değişken Na₂O içeriklerine sahip olduğu görülür (Şekil 9).

Ultramafik kümülatları temsil eden dunit türündeki kayalar manto peridotitlerine benzer ana oksit jeokimyasalarına sahiptir. Al₂O₃ ve CaO içerikleri sırasıyla 0.06-1.01 ağırlık % ve 0.07-1.39 ağırlık % aralığında olup, oldukça düşük TiO₂ (<0.01 ağırlık %) içeriklerine sahiptir. Na₂O içerikleri 0.01 ilâ 0.34 ağırlık % arasında değişen dunitlerin MgO içerikleri 44.89-50.41 ağırlık % ve Fe₂O₃ içerikleri 8.23-10.51 ağırlık % arasında değişir. Ultramafik kümülatları temsil eden verlit örnekleri kısmen yüksek Al₂O₃ ve CaO içeriklerine sahip iken (sırasıyla 0.52-1.76 ağırlık % ve 5.68-15.11 ağırlık %), piroksenitler kısmen daha yüksek Al₂O₃ (1.01 ağırlık % -2.06 ağırlık %) ve yüksek CaO içeriğine (17.39-21.60 ağırlık %) sahiptir (Şekil 9, Tablo 2).

Kabuksal kesimi temsil eden 2 adet kümülat gabro örneği 0.35–0.85 ağırlık % arasında değişen TiO₂ ve 0.54–0.64 ağırlık % arasında değişen Na₂O içeriklerine sahiptir. Al₂O₃ içerikleri 16.78–16.84 ağırlık % aralığında değişen kümülat gabroların CaO içerikleri ise 13.15–14.05 ağırlık % arasında bir değişim sunmaktadır. Jeokimyasal analizi gerçekleştirilen 1 adet izotrop gabro örneği 0.34 ağırlık % TiO₂ içeriğine sahip olup, Na₂O içeriği (3.32 ağırlık %) kümülat gabrolara göre oldukça yüksektir. İzotrop gabro örneğinin Al₂O₃ içeriği kümülat gabrolara kısmen benzer değerde olup (15.10 ağırlık %), CaO içeriği kısmen düşüktür (9.20 ağırlık %). Kümülat gabro ve izotrop gabrolardaki bu değerler TOM'a göre belirgin bir zenginleşme sunar (Şekil 9, Tablo 2). Kümülat ve izotrop gabroların MgO içerikleri kısmen benzer aralıklarda olmakla birlikte (7.89–9.40 ağırlık %), kümülat gabroların Fe₂O₃ içerikleri (11.72–17.81 ağırlık %) izotrop gabro örneğine kıyasla (9.15 ağırlık %) kısmen daha yüksek değerlere sahiptir. Ateşte kayıp değerleri kısmen düşük olup, 0.02–2.8 ağırlık % arasındadır.

İzole daykları temsil eden diyabazlar ise 0.81–1.38 ağırlık % arasında değişen TiO₂ ve 0.91–4.09 ağırlık % arasında değişen Na₂O içeriklerine sahip olmakla birlikte bu değerler kümülat gabro örneklerine göre kısmen yüksektir (Şekil 9, Tablo 2). Al₂O₃ içerikleri 14.91–16.89 ağırlık % aralığında değişen örneklerin CaO içerikleri ise 7.56–17.97 ağırlık % arasında bir değişim sunmaktadır. Fe₂O₃ içerikleri 9.38–12.65 ağırlık % aralığındadır.

Tablo 2. Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin tüm kayaç ana oksit (ağ.%), iz element (ppm, TiO₂ ağ.%) ve Lantan Grubu Element (LGE) (ppm) içerikleri. DL: Deteksiyon limiti; dla: Deteksiyon limiti altında; AK: Ateşte kayıp.

Örnek#	AP10	AP11	AP17	AP36	AP38	AP70	AP87	AP90A	AP90B	AP90C	AP91
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	45.50	43.42	43.02	44.71	43.71	42.97	45.14	43.56	44.01	43.52	43.38
TiO ₂	0.010	-	0.009	0.033	0.010	0.012	-	0.007	0.009	0.009	-
Al ₂ O ₃	1.06	0.78	1.07	2.03	1.22	1.15	0.83	1.08	1.21	1.20	0.96
Cr ₂ O ₃	0.42	0.43	0.44	0.40	0.42	0.41	0.46	0.40	0.41	0.43	0.41
Fe ₂ O ₃	7.01	8.75	9.15	8.91	9.08	9.24	8.88	8.62	8.73	8.60	8.88
MnO	0.08	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
NiO	0.31	0.33	0.27	0.30	0.24	0.26	0.32	0.31	0.32	0.31	0.33
MgO	45.43	45.29	44.66	41.86	44.29	44.62	44.46	44.19	44.95	43.75	45.98
CaO	0.52	0.85	1.23	1.67	1.47	1.38	0.84	1.24	1.35	1.35	0.53
Na ₂ O	0.02	0.19	0.17	0.17	0.08	0.11	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	dla	dla	0.02	0.01	dla	0.01	dla	0.01	dla	0.01
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.4	100.2	100.2	100.2	100.6	100.3	101.1	99.5	101.1	99.3	100.6
AK	5.8	11.3	8.5	10.6	3.8	4.9	7.8	12.3	9.8	10.7	13.0
Cs	0.004		0.008	0.041	0.030	0.004		0.006	dla	0.004	
Rb	0.193		0.226	0.427	0.438	0.190		0.052	0.044	0.059	
Ba	0.260		0.240	2.620	0.300	0.120		0.100	0.160	0.223	
Sr	0.478		0.280	14.17	0.340	0.608		dla	0.367	0.749	
Zr	17.30		13.60	3.30	3.70	1.80		4.90	6.10	6.00	
Hf	0.396		0.292	0.082	0.081	0.040		0.113	0.138	0.136	
Ta	dla		dla	dla	dla	dla		dla	dla	Dla	
Y	0.234		0.297	1.038	0.299	0.292		0.251	0.379	0.352	
Nb	0.021		0.023	0.013	0.014	0.009		0.005	0.003	0.010	
Sc	7.34		13.09	12.96	12.66	8.58		7.64	8.01	7.75	
Cr	2709		2939	2498	2852	2782		2214	2186	2284	
Ni	2110		2126	1890	2148	2184		1808	1893	1772	
Co	98		109	99.9	113.7	112.7		90.9	94.6	89.3	
V	43.2		76.3	83.3	82.7	87.3		39.0	40.2	36.5	
W	0.007		0.011	0.013	0.010	0.013		0.013	0.005	0.006	
Ga	0.639		1.043	1.735	1.147	1.065		0.898	0.965	0.946	
Zn	35.8		45.5	44.7	46.9	46.3		36.7	37.2	37.2	
Cu	2.8		19.6	15.3	18.0	17.0		9.3	9.6	11.9	
La	0.038		0.029	0.022	0.028	0.017		0.009	0.021	0.019	
Ce	0.092		0.066	0.044	0.054	0.030		0.029	0.048	0.047	
Pr	0.009		0.008	0.008	0.008	0.004		0.003	0.006	0.006	
Nd	0.029		0.022	0.037	0.019	0.011		0.009	0.010	0.017	
Sm	0.012		0.008	0.036	0.008	0.006		0.002	0.008	0.005	
Eu	0.002		0.001	0.013	0.002	0.003		0.001	0.002	0.002	
Gd	0.013		0.012	0.076	0.012	0.014		0.008	0.019	0.016	
Tb	0.003		0.003	0.017	0.003	0.004		0.003	0.005	0.004	
Dy	0.031		0.034	0.148	0.035	0.039		0.028	0.048	0.044	
Ho	0.007		0.010	0.036	0.010	0.011		0.008	0.014	0.013	
Er	0.030		0.040	0.121	0.040	0.040		0.035	0.053	0.047	
Tm	0.005		0.007	0.019	0.008	0.007		0.007	0.009	0.009	
Yb	0.043		0.057	0.141	0.061	0.055		0.054	0.074	0.075	
Lu	0.008		0.011	0.023	0.011	0.010		0.010	0.013	0.012	
Li	0.813		1.607	1.602	1.591	3.389		0.956	0.921	0.708	
Pb	0.086		dla	dla	dla	dla		dla	0.048	dla	
Th	0.003		dla	dla	dla	dla		0.004	0.004	0.004	
U	0.014		0.011	0.004	0.004	0.002		0.004	0.005	0.005	

Tablo 2'nin devamı. MP: manto peridotiti, UMK: ultramafik kümülat, MK: mafik kümülat, İG: izotrop gabro, İD: izole dayk, AMF: amfibolit.

Örnek#	AP101	AP102	AP103	AP105	AP107	AP116	AP126	AP2	AP3	AP4	AP6
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	43.77	44.73	44.32	46.32	43.66	43.36	43.04	45.76	41.89	43.78	44.05
TiO ₂	0.006	0.029	0.042	0.050	0.008	-	0.005	0.004	0.005	-	0.01
Al ₂ O ₃	0.85	1.04	2.65	2.66	0.77	0.61	0.82	0.69	0.43	0.41	0.57
Cr ₂ O ₃	0.37	0.40	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.44	0.54	0.45	0.44
Fe ₂ O ₃	9.03	8.78	9.00	8.90	9.43	9.03	8.94	8.67	8.34	9.17	8.98
MnO	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.10	0.12	0.11
NiO	0.33	0.32	0.29	0.28	0.32	0.33	0.32	0.26	0.31	0.30	0.29
MgO	45.67	44.54	41.74	39.63	45.37	46.24	45.63	43.41	47.54	45.31	45.17
CaO	0.99	1.01	1.93	3.00	1.16	0.81	0.79	1.04	0.38	0.70	0.67
Na ₂ O	dla	0.05	0.06	dla	dla	dla	dla	0.12	0.12	0.12	0.08
K ₂ O	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	dla	0.01	dla	dla
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	101.2	101.1	100.6	101.4	101.3	101.0	100.2	100.5	99.7	100.3	100.4
AK	10.0	8.3	10.8	5.6	9.7	9.3	4.1	4.7	6.2	6.7	2.3
Cs	0.003	0.004	0.030	0.005	0.009		0.004	0.013	0.002		0.013
Rb	0.062	0.115	0.573	0.105	0.113		0.071	0.377	0.190		0.170
Ba	0.070	2.912	2.544	0.256	0.342		0.235	0.130	0.060		0.110
Sr	0.106	15.66	10.99	0.758	1.594		0.210	0.187	0.035		0.090
Zr	3.96	7.81	6.86	6.39	7.09		6.46	4.30	3.10		3.50
Hf	0.091	0.176	0.185	0.171	0.158		0.148	0.093	0.066		0.075
Ta	dla	dla	dla	dla	dla		dla	dla	dla		dla
Y	0.178	0.359	1.747	1.824	0.264		0.142	0.061	0.052		0.044
Nb	0.002	0.050	0.030	0.014	0.009		0.011	0.019	0.015		0.017
Sc	7.123	7.137	8.413	10.987	7.99		7.256	10.100	5.760		9.30
Cr	1905	2337	2116	2305	2293		2723	2853	3643		2888
Ni	1897	1860	1651	1720	1864		2012	2126	2496		2272
Co	95.5	93.4	84.9	90.4	96.1		102.4	105.7	113.6		114.1
V	43.4	25.0	52.2	63.5	41.5		31.9	64.6	40.8		55.3
W	0.003	0.015	0.069	0.007	0.046		0.009	0.006	0.008		0.013
Ga	0.723	0.890	2.132	2.059	0.797		0.823	0.548	0.472		0.574
Zn	36.2	39.0	38.6	39.5	39.3		44.0	41.8	62.9		45.3
Cu	14.6	2.5	19.1	23.4	21.9		11.2	43.0	57.4		5.2
La	0.015	0.046	0.065	0.032	0.018		0.023	0.012	0.009		0.009
Ce	0.036	0.074	0.097	0.071	0.035		0.050	0.046	0.039		0.037
Pr	0.005	0.006	0.016	0.013	0.005		0.005	0.004	dla		0.002
Nd	0.014	0.026	0.121	0.099	0.013		0.025	0.012	0.005		0.009
Sm	0.005	0.017	0.080	0.079	0.006		0.005	0.006	0.004		0.005
Eu	0.001	0.006	0.043	0.034	0.002		0.001	dla	dla		0.000
Gd	0.007	0.030	0.189	0.166	0.015		0.006	0.003	0.001		0.002
Tb	0.002	0.007	0.036	0.036	0.004		0.002	0.0004	0.0004		0.0004
Dy	0.022	0.050	0.286	0.298	0.037		0.017	0.007	0.007		0.005
Ho	0.006	0.013	0.062	0.066	0.010		0.004	0.002	0.002		0.002
Er	0.026	0.043	0.211	0.216	0.034		0.022	0.009	0.007		0.006
Tm	0.005	0.007	0.031	0.034	0.006		0.005	0.002	0.002		0.002
Yb	0.043	0.054	0.219	0.224	0.043		0.040	0.021	0.016		0.014
Lu	0.008	0.010	0.034	0.037	0.008		0.008	0.005	0.003		0.003
Li	0.837	1.890	1.886	0.694	0.905		0.973	0.836	0.976		1.437
Pb	0.015	0.086	0.112	0.040	0.034		0.035	0.025	2.763		0.027
Th	dla	0.009	0.012	0.005	dla		0.005	dla	dla		dla
U	0.003	0.008	0.013	0.005	0.006		0.006	0.004	0.003		0.003

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP7	AP8	AP9	AP12	AP14	AP15	AP16	AP19	AP20	AP21	AP22
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	44.59	43.64	44.18	42.47	39.32	43.45	43.36	43.74	43.06	42.36	42.24
TiO ₂	-	0.002	0.016	-	0.002	0.004	0.005	0.003	-	-	-
Al ₂ O ₃	0.78	0.49	1.34	0.45	0.17	0.38	0.55	0.79	0.37	0.43	0.59
Cr ₂ O ₃	0.39	0.45	0.44	0.35	0.44	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.39
Fe ₂ O ₃	8.48	8.97	8.67	8.80	9.77	8.86	8.73	9.04	9.28	8.83	7.43
MnO	0.13	0.11	0.13	0.11	0.12	0.13	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09
NiO	0.32	0.34	0.30	0.29	0.38	0.33	0.32	0.29	0.30	0.35	0.32
MgO	44.78	45.65	42.96	46.90	49.46	45.85	46.52	45.13	46.26	46.90	48.90
CaO	0.87	0.56	1.40	0.56	0.32	0.56	0.52	0.98	0.49	0.48	0.26
Na ₂ O	dla	0.17	dla	0.07	0.06	dla	0.07	0.06	0.01	0.09	0.01
K ₂ O	0.02	0.01	0.01	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.4	100.4	99.5	100.0	100.1	100.0	100.6	100.6	100.4	100.0	100.2
AK	8.2	12.0	2.7	8.7	16.3	12.6	7.8	7.5	4.4	10.7	6.8
Cs		0.018	0.005		0.002	0.009	0.014	0.020			
Rb		0.165	0.217		0.210	0.197	0.194	0.289			
Ba		0.110	0.370		2.750	0.460	0.210	0.090			
Sr		0.602	0.644		0.627	4.650	0.299	0.301			
Zr		3.10	8.70		6.40	13.50	12.30	0.80			
Hf		0.067	0.194		0.137	0.297	0.260	0.015			
Ta		dla	0.002		dla	dla	dla	Dla			
Y		0.034	0.460		0.050	0.093	0.095	0.054			
Nb		0.011	0.030		0.017	0.017	0.017	0.007			
Sc		9.01	12.24		5.87	10.16	10.39	9.84			
Cr		2715	2902		2730	2387	2674	2962			
Ni		2104	2186		2231	2124	2208	2145			
Co		104	110		111	104	109	108			
V		52.3	69.6		39.4	47.8	51.5	73.0			
W		0.123	0.014		0.004	0.009	0.079	0.007			
Ga		0.446	1.254		0.312	0.497	0.564	0.669			
Zn		39.3	45.3		41.8	39.5	42.6	44.2			
Cu		8.7	10.8		4.0	26.7	2.4	24.2			
La		0.010	0.038		0.038	0.031	0.029	0.014			
Ce		0.037	0.083		0.105	0.089	0.076	0.030			
Pr		0.003	0.009		0.008	0.007	0.006	0.004			
Nd		0.007	0.029		0.027	0.028	0.024	0.010			
Sm		0.005	0.011		0.007	0.010	0.008	0.004			
Eu		0.000	0.004		0.001	0.001	0.001	0.000			
Gd		0.001	0.026		0.005	0.005	0.005	0.001			
Tb		dla	0.0061		0.0007	0.0010	0.0008	dla			
Dy		0.004	0.061		0.006	0.010	0.009	0.005			
Ho		0.001	0.017		0.002	0.003	0.003	0.002			
Er		0.005	0.059		0.005	0.011	0.012	0.009			
Tm		0.001	0.010		0.001	0.002	0.003	0.002			
Yb		0.012	0.076		0.010	0.021	0.024	0.022			
Lu		0.003	0.014		0.002	0.005	0.005	0.005			
Li		0.923	2.889		0.377	1.570	1.166	0.959			
Pb		dla	0.050		0.025	0.039	0.037	dla			
Th		dla	0.002		0.002	0.002	0.001	dla			
U		0.003	0.009		0.006	0.011	0.010	0.002			

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP23	AP24	AP25	AP26	AP28	AP29	AP30	AP31	AP32	AP33	AP34
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	43.44	42.96	43.19	43.42	42.16	43.37	44.08	42.64	41.65	41.67	44.85
TiO ₂	0.003	-	-	0.003	-	-	0.002	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	0.44	0.54	0.57	0.34	0.44	0.38	0.53	0.37	0.26	0.33	0.36
Cr ₂ O ₃	0.44	0.43	0.44	0.41	0.42	0.41	0.44	0.42	0.42	0.41	0.46
Fe ₂ O ₃	8.97	8.69	8.95	8.92	9.36	9.01	8.94	9.07	8.58	9.33	9.17
MnO	0.13	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.13
NiO	0.34	0.32	0.29	0.34	0.33	0.33	0.30	0.32	0.37	0.38	0.35
MgO	46.04	46.26	45.63	46.00	46.66	46.02	44.74	46.58	48.33	47.32	45.00
CaO	0.63	0.73	0.75	0.46	0.65	0.63	0.80	0.58	0.36	0.34	0.22
Na ₂ O	dla	0.03	0.10	0.20	0.16	dla	0.07	0.03	dla	0.04	dla
K ₂ O	0.01	dla	0.01	0.02	0.01	dla	0.01	dla	dla	dla	0.01
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.4	100.1	100.0	100.3	100.3	100.3	100.1	100.1	100.1	99.9	100.6
AK	6.1	5.4	9.5	10.2	13.8	8.8	4.6	8.0	15.1	11.1	14.6
Cs	0.004			0.007			0.005				
Rb	dla			0.194			0.178				
Ba	dla			0.080			0.630				
Sr	0.532			0.030			0.012				
Zr	dla			3.50			1.30				
Hf	dla			0.075			0.028				
Ta	dla			dla			dla				
Y	0.045			0.037			0.021				
Nb	0.021			0.010			0.009				
Sc	9.17			8.08			10.34				
Cr	2799			2635			2988				
Ni	2491			2122			2154				
Co	120			107			111				
V	dla			54.2			67.7				
W	0.011			0.004			0.005				
Ga	0.497			0.370			0.502				
Zn	42.5			40.7			42.3				
Cu	17.4			2.3			9.0				
La	dla			0.011			0.012				
Ce	dla			0.033			0.030				
Pr	dla			0.002			0.003				
Nd	dla			0.008			0.007				
Sm	0.006			0.004			0.006				
Eu	0.001			dla			dla				
Gd	dla			0.002			0.001				
Tb	dla			dla			dla				
Dy	0.006			0.003			dla				
Ho	0.002			0.001			0.001				
Er	0.008			0.004			0.004				
Tm	0.002			0.001			0.001				
Yb	0.017			0.010			0.013				
Lu	0.004			0.002			0.003				
Li	1.108			0.953			1.098				
Pb	dla			dla			dla				
Th	0.008			dla			dla				
U	0.003			0.003			0.002				

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP35	AP37	AP39	AP40	AP41	AP42	AP43	AP44	AP45	AP47	AP48
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	43.11	43.93	42.20	44.30	42.70	43.12	42.97	43.46	42.99	42.50	43.23
TiO ₂	-	-	0.005	0.003	0.02	0.002	0.004	0.003	-	-	0.002
Al ₂ O ₃	0.31	0.74	0.44	0.53	0.25	0.35	0.64	0.47	0.36	0.57	0.71
Cr ₂ O ₃	0.40	0.38	0.69	0.47	0.43	0.38	0.43	0.45	0.42	0.43	0.45
Fe ₂ O ₃	8.97	8.14	9.59	8.94	8.93	9.21	9.02	8.56	8.62	9.38	8.80
MnO	0.13	0.10	0.11	0.13	0.11	0.13	0.13	0.10	0.11	0.12	0.11
NiO	0.34	0.33	0.32	0.32	0.31	0.33	0.33	0.30	0.30	0.31	0.31
MgO	46.91	45.48	45.81	44.94	47.54	45.10	45.11	46.62	46.41	46.17	45.64
CaO	0.42	0.64	0.62	0.78	0.35	0.60	0.83	0.48	0.59	0.72	0.79
Na ₂ O	dla	0.13	0.35	dla	0.19	dla	dla	0.17	0.21	0.02	0.04
K ₂ O	dla	dla	0.01	0.01	0.01	0.01	dla	0.01	0.03	dla	0.01
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.6	99.9	100.2	100.4	100.8	99.3	99.5	100.6	100.1	100.3	100.1
LOI	11.9	8.0	7.5	7.0	8.3	2.9	3.3	3.6	2.9	4.8	6.7
Cs			0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.008		0.012	0.008
Rb			0.184	dla	0.133	0.148	0.130	0.202		0.289	0.303
Ba			0.080	dla	0.070	0.080	0.120	0.060		0.190	0.180
Sr			0.042	dla	0.038	0.070	0.070	0.328		0.257	0.845
Zr			2.90	2.26	3.50	3.20	1.50	3.40		4.70	5.10
Hf			0.060	0.053	0.076	0.071	0.031	0.073		0.100	0.113
Ta			dla	dla	dla	dla	dla	dla		dla	dla
Y			0.048	0.041	0.029	0.035	0.069	0.031		0.053	0.081
Nb			0.008	0.016	0.008	0.011	0.007	0.007		0.016	0.015
Sc			8.40	10.15	7.26	9.40	10.4	7.92		9.880	9.970
Cr			4267	3092	2750	2506	2899	2731		2989	3044
Ni			2173	2362	2241	2380	2394	2295		2332	2232
Co			115	118	111	121.2	118.1	112.3		119.1	114.2
V			63.2	dla	53.4	59.2	67.0	57.5		75.4	71.3
W			0.004	0.007	0.004	0.011	0.013	0.011		0.007	0.007
Ga			0.641	0.558	0.312	0.444	0.679	0.463		0.606	0.669
Zn			52.7	41.8	41.1	45.7	45.6	42.0		45.0	43.3
Cu			3.4	4.8	4.9	3.0	15.8	15.8		12.2	5.0
La			0.011	dla	0.010	0.011	0.022	0.016		0.014	0.019
Ce			0.029	dla	0.026	0.026	0.045	0.050		0.035	0.050
Pr			0.003	dla	0.003	0.003	0.005	0.003		0.003	0.005
Nd			0.006	dla	0.006	0.009	0.012	0.013		0.008	0.021
Sm			0.006	dla	0.005	0.006	0.006	0.004		0.006	0.006
Eu			0.000	dla	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.001
Gd			0.001	dla	0.001	0.001	0.002	0.001		0.001	0.004
Tb			0.0004	dla	dla	dla	dla	dla		dla	0.009
Dy			0.004	0.004	0.004	0.004	0.006	0.004		0.005	0.008
Ho			0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001		0.002	0.003
Er			0.007	0.007	0.004	0.004	0.011	0.005		0.007	0.011
Tm			0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001		0.002	0.002
Yb			0.016	0.020	0.008	0.011	0.023	0.013		0.019	0.024
Lu			0.004	0.004	0.002	0.003	0.005	0.003		0.004	0.005
Li			1.310	1.037	1.137	1.412	1.148	1.741		1.734	1.390
Pb			dla	dla	dla	dla	dla	dla		dla	dla
Th			dla	dla	dla	dla	dla	dla		dla	dla
U			0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003		0.005	0.005

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP49	AP50	AP51	AP53	AP54	AP55	AP56	AP57	AP58	AP62	AP66
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	42.88	43.38	42.37	43.26	43.19	43.42	42.62	42.05	43.73	42.88	42.30
TiO ₂	-	0.002	-	-	0.002	-	0.004	-	0.002	-	0.002
Al ₂ O ₃	0.41	0.59	0.36	0.53	0.39	0.67	0.59	0.49	0.50	0.52	0.47
Cr ₂ O ₃	0.40	0.45	0.41	0.42	0.47	0.44	0.44	0.42	0.39	0.43	0.38
Fe ₂ O ₃	8.97	8.94	8.68	8.77	9.17	8.83	8.81	9.32	9.17	9.08	8.65
MnO	0.11	0.12	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.11	0.11	0.12	0.11
NiO	0.31	0.29	0.32	0.33	0.30	0.30	0.28	0.33	0.30	0.32	0.29
MgO	46.24	45.26	46.77	45.97	45.99	45.41	47.15	46.45	45.49	45.89	46.53
CaO	0.55	0.78	0.49	0.64	0.63	0.77	0.57	0.57	0.63	0.70	0.47
Na ₂ O	0.17	0.02	0.01	0.11	0.14	dla	0.04	0.11	0.11	0.08	0.13
K ₂ O	dla	dla	dla	dla	0.01	dla	dla	0.01	0.01	dla	dla
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.1	99.9	99.5	100.2	100.4	100.0	100.6	99.9	100.5	100.0	99.3
AK	10.2	7.9	13.4	8.1	7.3	5.0	3.7	11.6	12.2	7.9	8.0
Cs		0.009			0.045		0.005		0.004		0.008
Rb		0.246			0.420		0.152		0.132		0.290
Ba		0.140			0.350		0.080		dla		0.130
Sr		0.435			2.084		0.121		1.098		0.211
Zr		0.900			4.900		4.500		dla		5.100
Hf		0.018			0.108		0.098		dla		0.110
Ta		dla			dla		dla		dla		dla
Y		0.030			0.043		0.066		0.027		0.054
Nb		0.011			0.009		0.012		0.012		0.013
Sc		10.50			10.15		8.39		8.97		8.70
Cr		3040			3101		3017		2513		2624
Ni		2162			2236		2410		2279		2294
Co		110			113		116		111		113
V		70.2			75.5		72.9		dla		66.3
W		0.006			0.008		0.011		0.006		0.005
Ga		0.549			0.451		0.598		0.429		0.507
Zn		42.8			43.0		44.1		40.1		42.8
Cu		10.9			9.6		9.3		15.2		2.4
La		0.017			0.013		0.013		dla		0.016
Ce		0.044			0.030		0.036		0.068		0.032
Pr		0.005			0.004		0.003		dla		0.004
Nd		0.016			0.011		0.012		dla		0.016
Sm		0.006			0.004		0.005		dla		0.007
Eu		0.000			0.000		0.001		dla		0.001
Gd		0.002			0.003		0.002		dla		0.003
Tb		dla			dla		0.0004		dla		0.0005
Dy		0.003			0.004		0.007		0.003		0.006
Ho		0.001			0.001		0.002		0.001		0.002
Er		0.004			0.004		0.009		0.005		0.007
Tm		0.001			0.001		0.002		0.002		0.002
Yb		0.015			0.012		0.020		0.014		0.016
Lu		0.003			0.003		0.004		0.003		0.004
Li		1.581			2.909		1.176		0.633		1.320
Pb		dla			dla		0.010		dla		dla
Th		dla			dla		dla		dla		dla
U		0.002			0.005		0.004		dla		0.004

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP67	AP68	AP69	AP72	AP73	AP74	AP75	AP76	AP77	AP78	AP79
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	42.83	42.46	42.55	43.37	43.88	41.56	42.81	43.95	44.05	43.76	43.92
TiO ₂	-	0.006	-	-	-	-	-	0.010	-	-	0.002
Al ₂ O ₃	0.51	0.44	0.37	0.73	0.58	0.41	0.42	0.56	0.60	0.54	0.44
Cr ₂ O ₃	0.39	0.53	0.43	0.42	0.44	0.34	0.45	0.39	0.46	0.44	0.49
Fe ₂ O ₃	9.08	8.34	9.08	8.82	9.14	8.37	8.88	9.04	8.54	9.04	8.79
MnO	0.12	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
NiO	0.36	0.28	0.30	0.32	0.36	0.30	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
MgO	46.35	48.01	46.97	45.71	44.69	48.40	46.53	46.40	46.16	45.87	46.18
CaO	0.65	0.30	0.48	0.87	0.47	0.38	0.47	0.72	0.70	0.71	0.63
Na ₂ O	0.06	0.05	dla	0.03	0.20	0.20	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	0.01	dla	dla	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	dla	0.01
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.4	100.5	100.3	100.4	99.9	100.1	100.0	101.5	101.0	100.8	100.9
AK	9.7	5.9	3.2	9.3	15.0	13.3	5.1	9.4	9.6	9.2	12.8
Cs		0.002						0.004			0.012
Rb		0.147						0.059			0.193
Ba		0.100						1.333			dla
Sr		0.066						0.181			1.813
Zr		0.800						3.168			dla
Hf		0.016						0.074			dla
Ta		dla						dla			dla
Y		0.048						0.109			0.022
Nb		0.007						0.008			0.015
Sc		5.470						7.066			8.416
Cr		3282						2178			2874
Ni		2392						2025			2266
Co		114						103			110
V		59						28			dla
W		0.007						0.021			0.024
Ga		0.387						0.567			0.459
Zn		39.7						38.6			39.0
Cu		3.4						2.5			9.2
La		0.014						0.023			dla
Ce		0.032						0.052			dla
Pr		0.004						0.006			dla
Nd		0.013						0.019			dla
Sm		0.006						0.006			dla
Eu		0.001						0.002			dla
Gd		0.004						0.008			dla
Tb		dla						dla			dla
Dy		0.008						0.014			0.003
Ho		0.002						0.003			0.001
Er		0.006						0.013			0.005
Tm		0.001						0.003			0.001
Yb		0.009						0.022			0.014
Lu		0.002						0.004			0.003
Li		1.151						0.865			1.350
Pb		dla						0.015			dla
Th		dla						0.003			dla
U		0.002						0.003			dla

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP80	AP81	AP82	AP83	AP84	AP85	AP88	AP92	AP100	AP112	AP113
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
SiO ₂	44.32	44.10	43.79	44.52	43.58	43.92	43.75	42.63	43.79	43.65	43.94
TiO ₂	-	-	0.001	-	-	-	-	-	0.003	0.007	-
Al ₂ O ₃	0.51	0.49	0.45	0.81	0.44	0.50	0.50	0.18	0.68	0.48	0.51
Cr ₂ O ₃	0.45	0.41	0.46	0.48	0.43	0.43	0.40	0.41	0.43	0.42	0.44
Fe ₂ O ₃	8.89	8.89	8.64	8.08	9.49	8.91	8.42	8.47	8.99	9.11	9.04
MnO	0.13	0.13	0.12	0.13	0.14	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13
NiO	0.33	0.33	0.33	0.31	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.32
MgO	46.08	45.90	46.61	45.18	45.97	45.91	45.68	47.95	45.59	45.44	45.96
CaO	0.69	0.66	0.46	0.74	0.70	0.65	0.50	0.24	0.89	1.11	0.71
Na ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	101.4	100.9	100.9	100.3	101.1	100.8	99.7	100.4	100.8	100.7	101.1
AK	8.7	8.3	10.2	8.7	12.3	12.4	10.7	14.5	10.8	10.1	7.6
Cs			0.025						0.003	0.003	
Rb			0.234						0.060	0.044	
Ba			dla						0.145	0.207	
Sr			dla						0.484	0.932	
Zr			dla						1.852	5.471	
Hf			dla						0.044	0.127	
Ta			dla						dla	dla	
Y			0.021						0.091	0.161	
Nb			0.014						0.005	0.008	
Sc			6.990						7.942	7.871	
Cr			2722						2337	2356	
Ni			2285						1922	1854	
Co			109						96	97	
V			dla						38.9	27.8	
W			0.012						0.003	0.006	
Ga			0.415						0.640	0.519	
Zn			39.0						38.0	38.5	
Cu			2.1						8.5	16.3	
La			dla						0.023	0.019	
Ce			dla						0.049	0.042	
Pr			dla						0.006	0.005	
Nd			dla						0.025	0.016	
Sm			dla						0.004	0.006	
Eu			dla						0.001	0.003	
Gd			dla						0.005	0.012	
Tb			dla						0.001	0.002	
Dy			0.003						0.009	0.021	
Ho			0.001						0.003	0.005	
Er			0.005						0.011	0.020	
Tm			0.001						0.003	0.004	
Yb			0.011						0.025	0.030	
Lu			0.003						0.006	0.006	
Li			1.575						0.606	0.544	
Pb			dla						0.022	0.033	
Th			0.005						0.003	0.005	
U			dla						0.003	0.005	

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP115	AP117	AP119	AP120	AP121	AP122	AP123	AP124	AP127	AP128	AP1
	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	UMK
SiO ₂	43.37	43.61	43.85	44.56	43.54	40.05	43.68	43.87	43.48	42.62	39.60
TiO ₂	-	-	-	0.004	-	0.003	-	-	0.001	0.001	0.002
Al ₂ O ₃	0.45	0.47	0.53	0.81	0.64	0.10	0.56	0.63	0.36	0.25	0.13
Cr ₂ O ₃	0.41	0.39	0.41	0.43	0.45	0.44	0.47	0.42	0.44	0.47	0.47
Fe ₂ O ₃	8.81	9.21	8.84	8.99	9.00	7.99	8.52	9.01	8.91	9.38	8.41
MnO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.09
NiO	0.33	0.33	0.33	0.31	0.33	0.37	0.32	0.32	0.33	0.34	0.39
MgO	46.36	46.22	45.40	44.16	46.17	49.90	44.73	44.78	45.84	47.48	50.41
CaO	0.33	0.73	0.69	0.75	0.11	0.22	0.69	0.83	0.55	0.42	0.18
Na ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	dla	0.01	dla
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.2	101.1	100.2	100.2	100.4	99.2	99.1	100.0	100.0	101.1	99.7
AK	12.8	7.6	12.4	12.0	15.2	16.4	11.2	5.8	0.9	1.2	15.2
Cs				0.019		0.002			0.003	0.004	0.003
Rb				0.237		0.050			dla	0.101	0.096
Ba				0.165		0.192			dla	dla	0.300
Sr				4.476		1.898			dla	dla	0.497
Zr				1.179		3.375			dla	dla	3.700
Hf				0.026		0.075			dla	dla	0.080
Ta				dla		dla			dla	dla	dla
Y				0.114		0.054			0.019	0.016	0.037
Nb				0.001		0.002			0.018	0.019	0.016
Sc				7.984		2.680			9.239	8.172	3.720
Cr				2212		1048			3038	3091	2630
Ni				1839		2131			2484	2626	2348
Co				93		97			123	128	107
V				34.0		11.1			dla	dla	28.1
W				0.001		0.022			0.008	0.024	0.017
Ga				0.754		0.129			0.465	0.404	0.181
Zn				37.6		27.8			44.8	45.5	32.8
Cu				7.8		2.7			3.7	3.7	0.6
La				0.024		0.019			dla	dla	0.011
Ce				0.060		0.050			dla	dla	0.058
Pr				0.008		0.006			dla	dla	0.003
Nd				0.027		0.023			dla	dla	0.010
Sm				0.008		0.007			0.004	dla	0.005
Eu				0.002		0.002			dla	dla	0.001
Gd				0.005		0.007			dla	dla	0.003
Tb				0.001		0.001			dla	dla	0.000
Dy				0.012		0.007			dla	0.003	0.005
Ho				0.003		0.002			dla	dla	0.001
Er				0.015		0.007			0.004	0.004	0.004
Tm				0.004		0.001			0.001	0.001	0.001
Yb				0.031		0.013			0.011	0.009	0.009
Lu				0.007		0.003			0.003	0.002	0.002
Li				0.425		0.421			1.203	1.173	0.577
Pb				0.015		0.019			dla	dla	0.170
Th				0.006		0.003			dla	dla	dla
U				0.002		0.003			dla	dla	0.004

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP18	AP27	AP46	AP52	AP59	AP63	AP64	AP65	AP89	AP97	AP111
	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
SiO ₂	40.28	42.44	39.79	39.37	43.26	38.68	39.23	39.80	39.90	40.08	40.47
TiO ₂	0.001	0.001	-	0.005	0.006	0.008	0.005	-	0.003	0.002	0.003
Al ₂ O ₃	0.06	0.19	0.12	0.29	1.01	0.46	0.26	0.08	0.20	0.11	0.15
Cr ₂ O ₃	0.51	0.43	0.48	1.11	0.44	2.02	1.09	0.40	0.95	0.83	0.60
Fe ₂ O ₃	8.88	9.12	8.96	8.34	9.05	8.92	8.56	10.51	8.23	9.49	9.36
MnO	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.07	0.08	0.16	0.12	0.14	0.14
NiO	0.37	0.32	0.34	0.37	0.29	0.35	0.38	0.34	0.41	0.24	0.29
MgO	49.68	46.87	50.28	50.31	44.89	49.07	50.35	48.32	50.03	49.43	49.86
CaO	0.17	0.31	0.18	0.29	1.39	0.10	0.24	0.33	0.14	0.07	0.30
Na ₂ O	dla	0.34	0.15	0.25	0.10	0.05	0.19	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	0.03	dla	0.01	0.01	dla	0.01	dla	0.01	0.01	0.02
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	100.1	100.2	100.4	100.5	100.6	99.8	100.4	100.0	100.0	100.4	101.2
AK	14.9	8.3	15.1	16.2	10.4	16.0	15.8	14.9	9.6	15.8	15.8
Cs	0.003	0.003		0.016	0.001	0.002	0.008		0.001	0.002	0.007
Rb	0.172	0.136		0.214	0.073	0.202	0.156		0.034	0.031	0.064
Ba	0.180	0.070		0.200	1.120	0.830	0.200		0.159	0.170	0.306
Sr	0.907	0.004		1.048	0.202	1.158	2.522		0.183	0.343	2.686
Zr	3.800	2.900		2.500	2.400	6.000	5.500		7.072	6.953	5.333
Hf	0.083	0.063		0.054	0.051	0.133	0.122		0.155	0.153	0.123
Ta	dla	dla		dla	dla	dla	dla		dla	dla	dla
Y	0.029	0.020		0.035	0.068	0.083	0.059		0.063	0.053	0.062
Nb	0.010	0.011		0.009	0.007	0.023	0.010		0.012	0.009	0.012
Sc	3.580	7.260		4.110	4.520	4.480	4.150		2.977	3.063	3.310
Cr	2178	2635		6115	4818	11795	5884		2436	1171	2287
Ni	2336	2166		2450	1381	2066	2162		2450	1390	1694
Co	110	110		108	127	117	111		106	101	105
V	32.3	49.2		83.4	77.6	84.4	97.2		1.8	3.1	7.1
W	0.011	0.005		0.007	0.010	0.009	0.006		0.030	0.002	0.005
Ga	0.140	0.234		0.456	0.401	0.790	0.431		0.247	0.126	0.276
Zn	34.9	41.5		35.8	39.0	45.9	35.7		27.0	25.7	34.6
Cu	3.0	3.1		2.3	1.8	0.6	2.1		6.6	2.4	1.8
La	0.012	0.007		0.011	0.015	0.111	0.015		0.018	0.015	0.016
Ce	0.035	0.029		0.035	0.043	0.271	0.035		0.040	0.039	0.039
Pr	0.003	0.002		0.003	0.004	0.032	0.004		0.004	0.005	0.004
Nd	0.011	0.005		0.008	0.016	0.133	0.014		0.022	0.015	0.015
Sm	0.007	0.005		0.006	0.005	0.022	0.005		0.005	0.004	0.003
Eu	0.000	0.000		0.000	0.001	0.002	0.001		0.001	0.001	0.001
Gd	0.002	0.001		0.001	0.006	0.009	0.004		0.005	0.005	0.006
Tb	0.000	0.000		0.000	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001
Dy	0.004	0.003		0.003	0.009	0.011	0.006		0.007	0.006	0.006
Ho	0.001	0.001		0.001	0.002	0.003	0.002		0.002	0.001	0.001
Er	0.003	0.002		0.004	0.010	0.009	0.008		0.006	0.007	0.006
Tm	0.001	0.000		0.001	0.002	0.002	0.002		0.002	0.001	0.001
Yb	0.006	0.005		0.011	0.013	0.014	0.013		0.015	0.009	0.014
Lu	0.001	0.001		0.002	0.003	0.003	0.003		0.003	0.002	0.003
Li	0.351	1.062		1.552	0.124	0.136	1.364		0.765	0.136	0.859
Pb	0.023	dla		dla	dla	0.013	dla		0.045	0.035	0.040
Th	dla	dla		dla	dla	0.051	dla		0.004	0.004	0.003
U	0.004	0.003		0.003	0.003	0.006	0.004		0.005	0.005	0.005

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP125	PK 41	PK 53	PK 70	AP61	PK 18	PK 19	PK 28	PK 32	PK 42	PK 44
	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
SiO ₂	39.96	45.62	48.17	49.55	43.32	52.32	52.45	51.18	51.78	53.19	51.89
TiO ₂	-	0.022	-	-	-	0.068	-	0.054	-	0.044	-
Al ₂ O ₃	0.12	0.53	1.76	1.13	0.52	1.34	1.69	1.01	1.57	1.02	1.90
Cr ₂ O ₃	0.58	0.47	0.40	0.64	0.69	0.48	0.29	0.49	0.59	0.50	0.39
Fe ₂ O ₃	8.93	8.13	8.47	5.35	8.00	4.75	3.91	4.95	4.80	3.32	5.25
MnO	0.12	0.13	0.15	0.12	0.11	0.11	0.09	0.11	0.11	0.09	0.11
NiO	0.29	0.10	0.07	0.08	0.14	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03
MgO	49.51	35.88	26.13	27.46	41.10	20.48	19.86	24.19	21.46	19.78	20.36
CaO	0.19	8.44	14.24	15.11	5.68	19.99	21.18	17.48	19.16	21.60	19.48
Na ₂ O	dla	0.04	0.06	0.10	0.23	0.08	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08
K ₂ O	0.01	dla	dla	dla	0.02	dla	dla	dla	dla	dla	dla
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toplam	99.7	99.4	99.5	99.6	99.9	99.7	99.6	99.6	99.7	99.7	99.6
AK	7.9	6.4	4.4	5.6	12.7	2.4	2.6	2.2	2.9	1.9	2.6
Cs		dla				dla		dla		dla	
Rb		0.047				0.178		0.127		0.039	
Ba		0.670				0.684		0.813		0.802	
Sr		2.303				4.364		4.171		3.752	
Zr		0.601				0.591		0.806		0.298	
Hf		0.019				0.029		0.029		0.016	
Ta		0.001				0.000		0.000		0.001	
Y		0.534				2.045		1.454		1.189	
Nb		0.025				0.028		0.026		0.011	
Sc		22.38				67.06		43.95		53.4	
Cr		3102				3048		3168		3129	
Ni		1032				270		515		395	
Co		98				47		58		42	
V		45.8				148.3		103.1		103.6	
W		dla				dla		dla		dla	
Ga		0.570				1.433		1.042		0.934	
Zn		23.8				9.2		16.5		5.6	
Cu		2.8				84.3		3.2		2.5	
La		0.037				0.037		0.034		0.043	
Ce		0.078				0.105		0.100		0.090	
Pr		0.012				0.021		0.019		0.015	
Nd		0.080				0.183		0.163		0.114	
Sm		0.034				0.118		0.088		0.067	
Eu		0.014				0.051		0.037		0.031	
Gd		0.062				0.238		0.171		0.139	
Tb		0.013				0.049		0.035		0.029	
Dy		0.089				0.341		0.240		0.199	
Ho		0.020				0.077		0.052		0.044	
Er		0.053				0.207		0.146		0.119	
Tm		0.009				0.033		0.024		0.020	
Yb		0.054				0.195		0.140		0.114	
Lu		0.009				0.030		0.023		0.018	
Li		dla				dla		dla		dla	
Pb		1.033				0.436		0.770		0.683	
Th		0.015				0.013		0.008		0.012	
U		0.005				0.003		0.005		0.004	

Tablo 2'nin devamı.

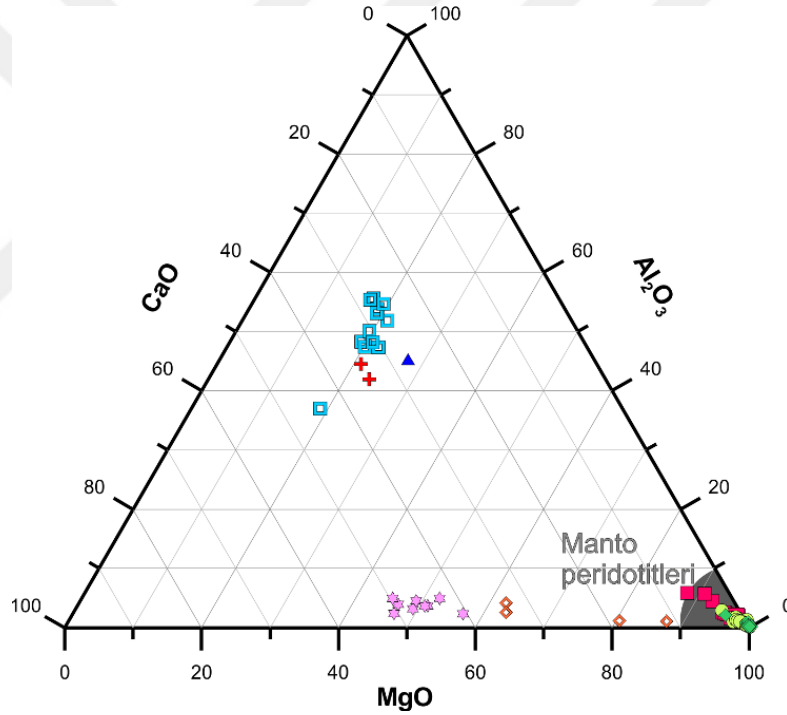
Örnek#	PK 52	AP98	AP110	AP108	AP109	AP86	AP5	AP13	AP60	AP90D	AP94
	UMK	UMK	UMK	MK	MK	İG	İD	İD	İD	İD	İD
SiO ₂	51.67	53.51	52.42	47.51	43.58	53.22	52.45	54.12	51.94	52.27	51.21
TiO ₂	-	0.066	0.074	0.348	0.852	0.33	0.97	1.32	0.89	0.90	1.15
Al ₂ O ₃	2.06	2.01	1.56	16.84	16.78	15.10	15.88	15.25	15.71	16.54	15.72
Cr ₂ O ₃	0.51	0.35	0.41	0.02		0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Fe ₂ O ₃	5.54	6.09	4.88	11.72	17.81	9.15	9.75	12.20	9.79	9.66	12.65
MnO	0.14	0.16	0.11	0.18	0.23	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17
NiO	0.03	0.03	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
MgO	18.76	21.01	21.44	9.40	7.89	9.12	6.28	4.73	7.33	6.40	6.40
CaO	20.72	17.39	19.47	14.05	13.15	9.20	10.84	7.56	10.27	10.20	8.30
Na ₂ O	0.10	dla	0.03	0.64	0.54	3.32	3.07	4.09	3.54	2.76	4.05
K ₂ O	dla	dla	0.01	0.01	0.00	1.19	0.07	0.38	0.32	0.48	0.21
P ₂ O ₅	dla	dla	dla	0.00	0.00	0.02	0.08	0.09	0.07	0.07	0.06
Toplam	99.7	100.6	100.4	100.8	100.9	100.9	99.6	99.9	100.0	99.5	99.9
AK	2.5	0.4	2.4	0.6	0.0	2.8	1.9	2.1	1.3	1.4	2.2
Cs		0.014	0.018	dla	dla	1.017	dla	0.117	0.079	0.164	0.130
Rb		dla	dla	0.130	0.170	30.380	0.660	6.037	5.564	6.835	3.420
Ba		0.900	dla	3.800	2.100	212.80	9.000	42.470	18.570	35.433	24.600
Sr		3.10	3.900	70.2	66.6	149.5	108.0	137.2	146.9	177.5	134.4
Zr		7.00	dla	dla	dla	15.00	57.00	70.30	53.90	51.89	49.00
Hf		0.180	dla	0.160	dla	0.480	1.680	2.026	1.507	1.461	1.470
Ta		dla	dla	dla	dla	0.053	0.060	0.066	0.047	0.051	0.050
Y		2.180	1.970	4.920	5.260	9.830	22.950	25.238	22.167	21.294	20.990
Nb		dla	dla	0.044	0.045	0.648	0.984	1.043	0.736	0.773	0.734
Sc		dla	dla	55.000	58.900	44.200	37.700	36.070	40.990	32.298	39.300
Cr		2305	2672	187	11.0	269.0	73.0	68.9	140.2	96.1	79.0
Ni		220	293	58	35.8	73.7	50.3	26.8	56.7	43.9	32.8
Co		49.5	49.8	54.0	69.2	40.1	34.4	35.6	37.9	32.8	46.1
V		218.8	149.3	442.0	872.0	273.1	277.7	414.3	262.4	257.1	567.0
W		dla	dla	dla	dla	0.090	0.070	0.054	0.019	0.053	dla
Ga		2.010	1.660	13.290	15.790	11.410	17.370	16.745	15.394	16.012	15.650
Zn		22.0	15.0	46.0	83.0	108.0	65.0	77.2	63.0	58.7	78.0
Cu		44.2	2.0	40.3	159.5	98.5	57.9	65.6	70.0	57.2	87.8
La		0.100	dla	0.170	0.100	0.580	2.440	3.049	1.899	1.930	1.720
Ce		dla	dla	0.370	0.260	1.290	6.930	8.197	5.848	5.940	5.180
Pr		0.033	0.031	0.083	0.072	0.203	1.210	1.384	1.063	1.065	0.899
Nd		0.130	0.170	0.590	0.490	1.180	6.670	7.185	5.849	5.860	5.170
Sm		0.099	0.119	0.306	0.346	0.558	2.325	2.453	2.099	2.034	1.924
Eu		0.046	0.063	0.195	0.252	0.234	0.930	1.015	0.827	0.820	0.757
Gd		0.222	0.235	0.577	0.629	1.019	3.284	3.422	2.934	2.948	2.849
Tb		0.051	0.048	0.112	0.134	0.202	0.573	0.606	0.530	0.517	0.521
Dy		0.401	0.372	0.868	0.952	1.528	3.947	4.227	3.659	3.568	3.553
Ho		0.087	0.079	0.192	0.215	0.354	0.848	0.898	0.778	0.760	0.769
Er		0.273	0.219	0.607	0.638	1.180	2.497	2.727	2.339	2.335	2.328
Tm		0.038	0.033	0.088	0.094	0.175	0.361	0.397	0.340	0.333	0.342
Yb		0.246	0.202	0.575	0.628	1.186	2.378	2.612	2.191	2.175	2.249
Lu		0.038	0.029	0.088	0.101	0.189	0.365	0.397	0.334	0.328	0.338
Li		1.200	1.000	0.900	0.600	20.800	4.600	12.125	5.677	4.463	7.400
Pb		dla	dla	0.200	dla	23.700	0.500	0.948	0.362	0.667	0.700
Th		dla	dla	dla	dla	0.083	0.202	0.244	0.140	0.151	0.163
U		dla	dla	dla	dla	0.054	0.080	0.093	0.056	0.068	0.080

Tablo 2'nin devamı.

Örnek#	AP96	AP106	AP114	AP118	AP130	AP131	AP132	AP104	DL
	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD	AMF	
SiO ₂	52.94	55.94	51.75	51.50	55.85	47.32	54.75	41.33	0.04
TiO ₂	1.08	0.94	1.01	1.06	0.92	0.98	1.12	1.40	0.001
Al ₂ O ₃	16.89	16.02	15.85	16.21	15.66	14.91	15.57	15.24	0.02
Cr ₂ O ₃	dla	dla	dla	0.02	dla	0.03	dla	0.07	0.002
Fe ₂ O ₃	10.82	10.75	10.15	10.52	9.48	9.38	10.92	15.83	0.01
MnO	0.18	0.16	0.17	0.17	0.17	0.16	0.18	0.29	0.002
NiO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
MgO	5.86	4.88	6.70	6.99	5.59	7.56	5.46	11.01	0.01
CaO	8.75	8.14	10.99	10.55	8.35	17.97	7.56	12.24	0.006
Na ₂ O	3.82	3.14	3.56	3.26	3.50	0.91	4.09	2.37	0.02
K ₂ O	0.33	0.79	0.46	0.30	0.28	0.04	0.53	0.64	0.01
P ₂ O ₅	0.09	0.07	0.08	0.09	0.10	0.08	0.10	0.15	0.002
Toplam	100.8	100.8	100.7	100.7	99.9	99.3	100.3	100.6	
AK	1.4	1.6	1.9	1.4	2.1	3.3	2.0	1.3	0.05
Cs	0.116	0.776	0.135	0.536	0.113	dla	0.093	0.052	0.003
Rb	6.15	16.60	8.64	3.84	5.32	0.220	8.95	1.94	0.097
Ba	53.4	85.1	50.1	28.2	31	5.10	38.4	46.1	0.046
Sr	188	164	174	147	132	37.8	146	125	0.212
Zr	65	60	63	71	78.0	63.0	76.0	39.0	1.699
Hf	1.920	1.760	1.740	1.860	2.120	1.730	2.190	1.330	0.039
Ta	0.067	0.055	0.055	0.077	0.071	0.066	0.068	0.236	0.006
Y	27.170	23.660	23.550	25.350	27.550	22.090	28.650	36.100	0.016
Nb	0.929	0.804	0.825	1.117	1.095	0.982	1.044	4.915	0.002
Sc	35.100	34.200	36.900	35.800	33.600	34.900	35.800	56.200	0.348
Cr	95.0	42.0	101.0	145.0	44.0	193.0	54.0	484.0	3.000
Ni	39.5	40.4	50.4	57.1	24.7	63.7	30.1	177.8	0.700
Co	34.3	32.0	36.7	38.8	29.4	36.5	34.2	69.0	0.130
V	277.0	307.1	283.5	269.1	179.0	261.6	319.6	399.0	0.800
W	dla	0.130	dla	0.060	0.130	0.070	0.050	dla	0.003
Ga	17.62	16.06	14.87	16.23	16.40	13.34	17.19	16.57	0.027
Zn	74.0	72.0	68.0	69.0	83.0	63.0	76.0	150.0	1.763
Cu	51.6	89.1	73.2	66.0	77.1	58.4	54.7	77.9	0.877
La	2.710	2.130	2.290	2.670	2.890	2.230	2.890	10.040	0.008
Ce	7.920	6.150	7.000	7.790	8.260	6.700	8.280	20.750	0.028
Pr	1.400	1.068	1.237	1.403	1.436	1.186	1.446	2.943	0.002
Nd	7.600	6.040	6.660	7.630	7.870	6.630	7.820	13.680	0.004
Sm	2.719	2.158	2.360	2.572	2.771	2.304	2.813	4.061	0.002
Eu	1.046	0.835	0.932	0.985	1.049	0.840	1.044	1.520	0.001
Gd	3.734	3.202	3.371	3.625	3.872	3.191	3.921	5.369	0.004
Tb	0.670	0.582	0.592	0.627	0.689	0.567	0.704	0.919	0.0004
Dy	4.569	3.979	4.028	4.336	4.671	3.935	4.837	6.295	0.003
Ho	0.987	0.859	0.852	0.925	0.992	0.833	1.032	1.332	0.001
Er	2.932	2.621	2.547	2.705	3.050	2.465	3.129	3.911	0.002
Tm	0.434	0.384	0.373	0.393	0.431	0.357	0.456	0.555	0.001
Yb	2.801	2.546	2.399	2.573	2.916	2.294	2.997	3.508	0.003
Lu	0.419	0.393	0.358	0.395	0.435	0.348	0.447	0.514	0.002
Li	6.100	6.900	6.900	4.900	5.000	2.900	6.100	17.700	0.065
Pb	0.600	0.700	0.500	0.400	0.700	0.500	0.500	1.200	0.044
Th	0.212	0.194	0.170	0.179	0.261	0.155	0.241	1.470	0.004
U	0.087	0.096	0.072	0.074	0.110	0.059	0.100	0.353	0.003

Manto peridotiti olarak sınıflandırılmış tüm örnekler yüksek MgO değerleri ile Şekil 10'daki MgO-Al₂O₃-CaO diyagramında manto peridotitleri olarak sınırlandırılmış MgO ucunda toplanırken, kümülat dunit örnekleri de özellikle manto dunitlerine benzer mineralojilere sahip olmalarından dolayı düşük CaO ve Al₂O₃ değerleri ile bu uçta toplanmışlardır.

Verlit ve klinopiroksenit örnekleri klinopiroksen modal bolluğunun kısmen yüksek olması ve dolayısıyla daha yüksek CaO içeriği ile bu alanın dışında kalmıştır (Şekil 10). Kümülat gabro, izotrop gabro ve mafik dayk örnekleri ise artan klinopiroksen ve plajiyoklas içerikleri ile ultramafik kümülat örneklerine göre oldukça yüksek Al₂O₃ ve CaO değerleri ile Al₂O₃ uç üyesine yakınlık sunarlar.



Şekil 10. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç türlerinin tüm kayaç MgO-Al₂O₃-CaO üçgenindeki yerleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

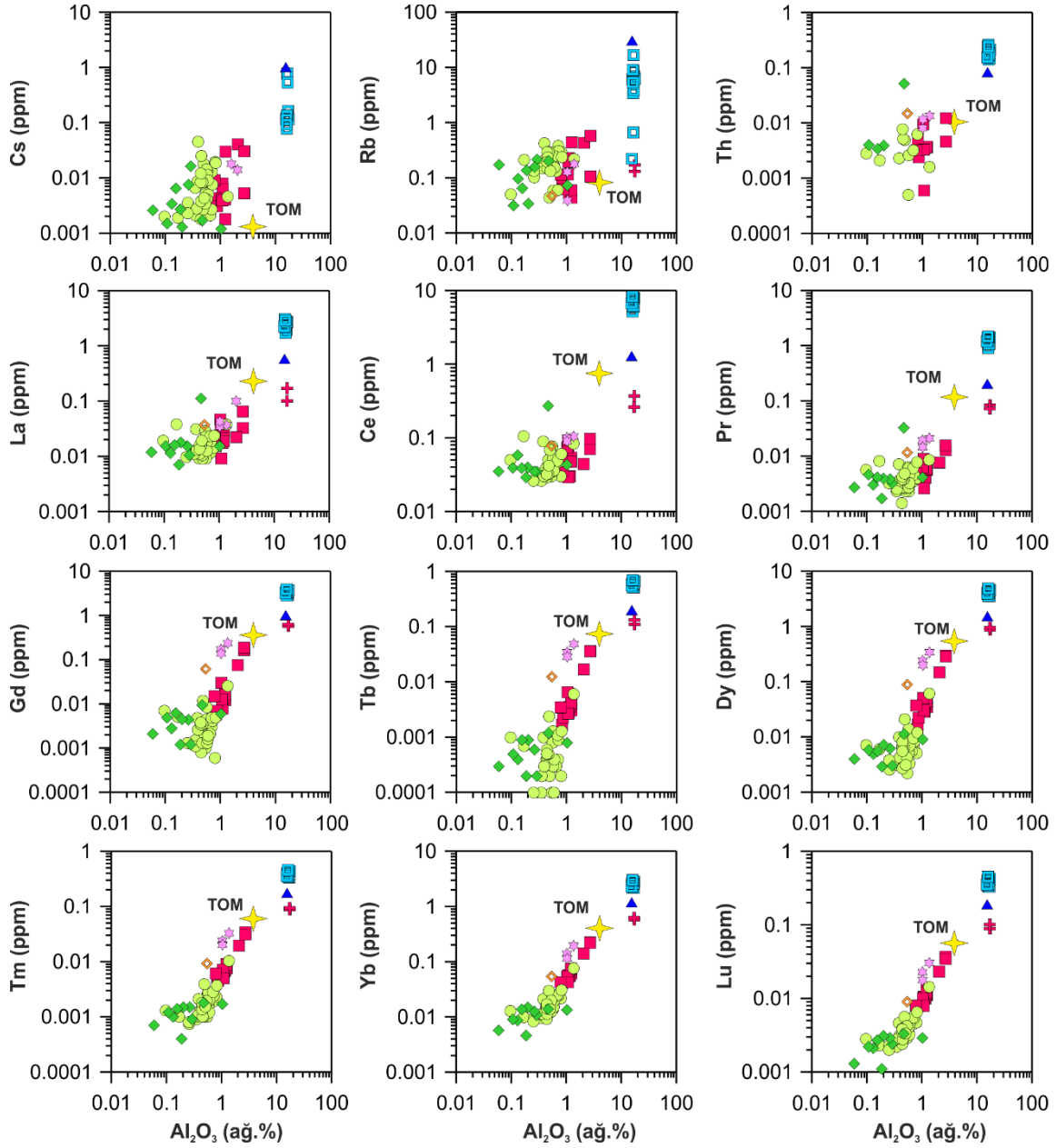
3.4.2. İz Element ve Lantan Grubu Element (LGE) Jeokimyası

Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarından seçilmiş örnekler üzerinde iz element ve Lantan Grubu Element (LGE) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerinden 16 ve Grup-2 örneklerinden 39 olmak üzere toplam 55, ultramafik kümülatları temsil eden dünitlere ait 9, verlitlere ait 1, klinopiroksenitlere ait 5, mafik kümülatları temsil eden gabrolara ait 2, izotrop gabrolara ait 1, izole diyabaz daykları temsil eden 13 ve metamorfik dilimi temsil eden 1 adet amfibolit örneğinin tüm kayaç iz element ve LGE jeokimyası belirlenmiştir. Söz konusu örneklere ait jeokimyasal veriler Tablo 2’de sunulmuş, Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb ve Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarına karşılık Al_2O_3 içerikleri ofiyolitik istife ait tüm kayaç grupları için Şekil 11’de, sadece manto peridotitleri için Şekil 12’de karşılaştırılmıştır. Söz konusu diyagramda iz elementler azalan uyumsuzluk derecesine göre sıralanmıştır.

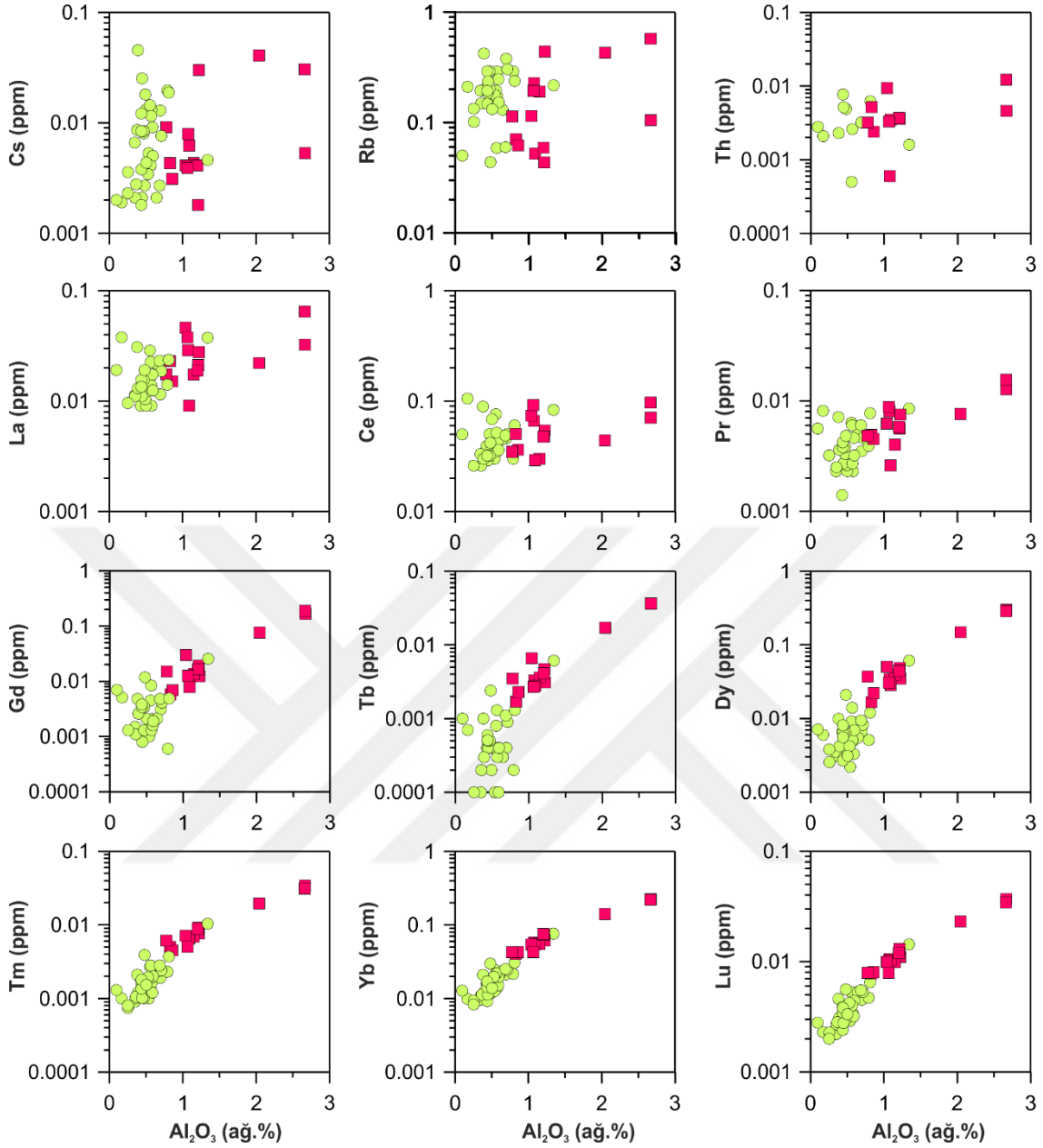
Manto kayaçlarını temsil eden Grup-1 ve Grup-2 örnekleri yanı sıra kümülat dünit örnekleri Cs ve Rb gibi BİÇE dışında hemen hemen tüm YÇAE’ler ve Al bakımından TOM’a göre farklı derecelerde tüketilmiştir (Şekil 11, 12). Buna karşılık YÇAE’ler içerisinde oldukça uyumsuz davranış gösteren Th bakımından manto peridotitleri çoklukla bir tüketilme sunsa da birkaç Grup-1 ve Grup-2 örneği bu element bakımından TOM’a göre çok hafif bir zenginleşme sunar. Bununla birlikte ultramafik kümülatların dunit türü kayaçları Grup-2 manto peridotitlerine oldukça benzer jeokimyasal davranışlar sergiler (Şekil 11).

Klinopiroksenit örnekleri LGE ve Al içerikleri bakımından TOM’a göre hafif bir tüketilme sunmakla birlikte söz konusu örneklerin BİÇE içeriklerinde bir zenginleşme söz konusudur (Şekil 11). Kümülat gabrolara ait bazı örnekler hafif LGE’ler bakımından TOM’a göre kısmen tüketilmiş olsa da diğer kümülat gabro, izotrop gabro ve izole diyabaz dayklarına ait tüm örnekler hemen hemen tüm YÇAE’ler ve BİÇE’ler bakımından önemli derecede bir zenginleşme sunarlar (Şekil 11).

Özellikle Al_2O_3 içerikleri bakımından kısmen daha zengin olan Grup-1 manto peridotitlerinin ağır ve ortaç LGE içerikleri, Al_2O_3 içerikleri bakımından daha tüketilmiş olan Grup-2 peridotitlerine göre kısmen daha fazladır (Şekil 12).



Şekil 11. Aladağ ofiyolitine ait seçilmiş örneklerin Al_2O_3 içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması. TOM: Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.



Şekil 12. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin Al_2O_3 içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Her iki grup birlikte değerlendirildiğinde, Al_2O_3 içeriklerindeki azalmaya bağlı olarak özellikle ağır LGE bolluklarında düzenli bir tüketilme söz konusudur. Al_2O_3 içeriklerindeki azalmaya bağlı olarak LGE içeriklerindeki bu tüketilme ortaç ve özellikle hafif LGE'lerde kısmen daha farklı bir davranış sergiler.

Her ne kadar Al_2O_3 içeriklerindeki azalmaya bağlı olarak ortaç ve hafif LGE içeriklerinde bir tüketilme söz konusu olsa da özellikle Grup-2 peridotitlerine ait bazı örneklerin ortaç ve özellikle hafif LGE bolluklarında önemli bir zenginleşme söz konusudur (Şekil 12). Buna karşılık BİÇE ve Th konsantrasyonları ile Al_2O_3 bollukları arasında her iki grup örnekleri için herhangi bir ilişki söz konusu olmayıp, örneklerdeki bu element bollukları farklı zenginleşmeler sunarlar (Şekil 12).

Manto kayaçları bünyesindeki spinel kristalleri kısmi ergime derecesindeki değişikliğe bağlı olarak önemli kimyasal bileşim değişikliklerine uğrarlar. Özellikle spinel $Cr\#$ değerleri kısmi ergime derecelerindeki değişimleri oldukça hassas bir şekilde yansıtabilmektedir. Şekil 13'te, bahsi geçen element konsantrasyonları söz konusu örnekler bünyesindeki spinel $Cr\#$ değerlerine karşı değerlendirilmiş olup, tüketilme süreçlerinde bu elementlerin davranışları detaylı bir şekilde gözlenmeye çalışılmıştır. $Cr\#$ değerleri düşük spinel kristalleri içeren Grup-1 örnekleri, Grup-2 örneklerine göre ağır ve ortaç LGE içerikleri bakımından kısmen daha zengindir. Söz konusu örneklerin bünyesindeki spinel $Cr\#$ değerlerindeki azalmaya bağlı olarak örneklerin ortaç ve ağır LGE bolluklarında düzenli bir tüketilme söz konusu olsa da özellikle Grup-2 örneklerindeki bazı ağır ve ortaç LGE bollukları spinel $Cr\#$ değerlerindeki artışa rağmen yüksek konsantrasyonlardadır (Şekil 13). Hafif LGE'lerde ve özellikle BİÇE'lerde artan $Cr\#$ değerlerine göre daha belirgin bir tüketilme beklenmesine rağmen söz konusu elementler farklı derecelerde zenginleşme sunarlar ve spinel $Cr\#$ değerleri ile herhangi bir ilişki sunmazlar (Şekil 13).

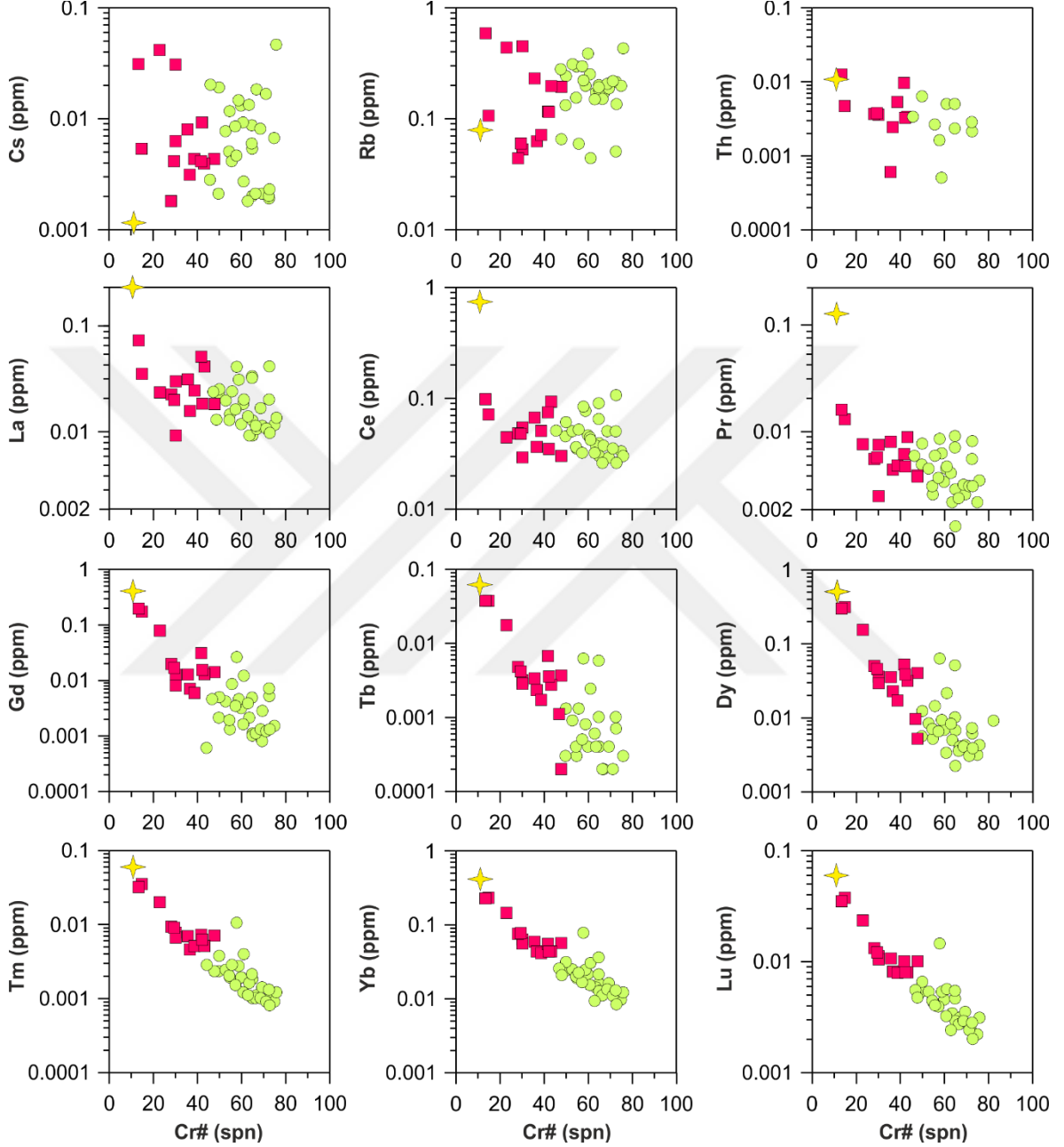
Şekil 14'te Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarının ilksel mantoya normalize edilmiş tüm kayaç Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element değişim diyagramları verilmiştir. Grup-1 örneklerine ait manto peridotitleri ilksel mantoya göre 5-20 kat arasında değişen oranlarda tüketilmişlerdir ($Yb_N = 0.09-0.48$) (Şekil 14a). Ağır LGE içerikleri bakımından kısmen düşük oranlarda tüketilmiş olan örneklerde ($Yb_N = 0.30-0.48$) ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere ve hafif LGE'leri temsil eden Nd'ye kadar bir tüketilme söz konusudur ($Yb_N/Dy_N = 1.15-1.46$; $Dy_N/Nd_N = 4.42-5.63$) (Şekil 14a). Bu örneklerde Nd'dan oldukça uyumsuz olan La'a doğru gidildikçe element konsantrasyonlarında kısmi bir zenginleşme net bir şekilde görülür ($Nd_N/La_N = 0.82-1.57$) (Şekil 14a). Buna karşılık, Grup-1 örneklerini temsil eden ve ağır LGE içerikleri bakımından kısmen daha tüketilmiş örneklerde ($Yb_N = 0.09-0.16$) ağır LGE'lerden hafif LGE'lere doğru devamlı bir tüketilme söz konusu olsa da bazı örneklerde Eu'dan daha uyumsuz davranış sergileyen Nd ve La'a doğru element konsantrasyonlarında bir zenginleşme söz konusudur (Şekil 14a, b).

Grup-1 örneklerine ait farklı modal bolluklarda amfibol içeren ve Yb_N değerleri bakımından ilksel manto değerlerine göre oldukça hafif tüketilme sunan AP103 ve AP36 numaralı örneklerde ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere ve hafif LGE'leri temsil eden Nd'ye kadar bir tüketilme söz konusu olmasına karşılık, amfibol içermeyen ve oldukça az tüketilmiş AP105 numaralı peridotit örneğine benzer şekilde Nd'dan La'a doğru element bolluklarında kısmi bir zenginleşme gözlenir (Şekil 14a, b). Yb_N değerleri kısmen daha düşük olan ve amfibol içeren örnekler amfibol içermeyen diğer örneklerle benzer LGE yönsemeleri sunsa da, söz konusu amfibol içeren örneklerdeki bazı ortaç LGE bollukları ($Yb_N/Dy_N = 1.64-2.13$), Yb_N değerleri benzer amfibol içermeyen diğer örneklerle göre ($Yb_N/Dy_N = 2.17-2.96$) kısmen daha yüksektir (Şekil 14a, b).

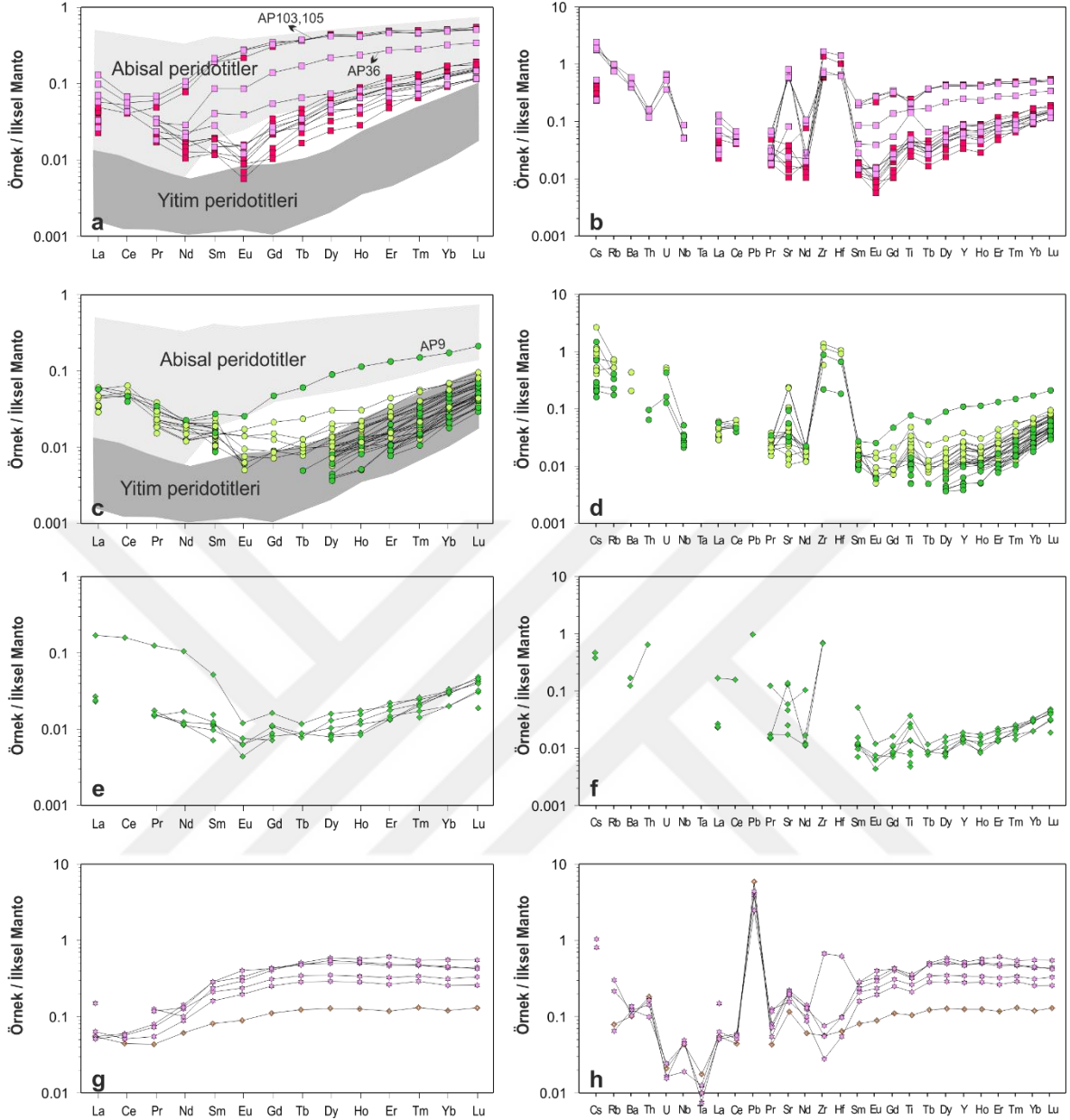
Grup-1 örneklerini temsil eden oldukça yüksek Yb_N değerlerine sahip AP103, AP105 ve AP36 numaralı örneklerin çoklu element diyagramlarında, ağır LGE'lerden ortaç LGE'lerin sonuna doğru devam eden hafif negatif yönseme pozitif Zr ve Hf anomalileri ile kesilir (Şekil 14b). Bununla birlikte, özellikle AP103 ve AP105 numaralı örneklerde belirgin negatif Ti anomalisi söz konusudur. AP103, AP105 ve AP36 numaralı örnekler dışında kalan kısmen düşük Yb_N değerlerine sahip örnekler, ağır LGE'lerden ortaç LGE'lerin sonlarına doğru kısmen daha belirgin negatif yönseme sunmakla birlikte benzer şekilde belirgin pozitif Zr ve Hf anomalileri yanı sıra pozitif Ti anomalileri ile karakteristiktirler (Şekil 14b). Grup-1 manto peridotitlerine ait amfibol içermeyen örneklerin hemen hemen tamamında Nd'dan itibaren hafif LGE ve BİÇE'lerin büyük bir çoğunluğu önemli derecede tüketilmişken (birçok element ölçüm alt sınırları altında kalmıştır), özellikle amfibol içeren örneklerde Nd'dan hafif LGE ve BİÇE'lere doğru önemli oranlarda zenginleşmeler gözlenmiştir (Şekil 14b).

Grup-2 örneklerine ait manto peridotitleri ilksel mantoya göre 30 ilâ 90 kat arasında değişen oranlarda tüketilmiştir ($Yb_N = 0.02-0.07$) (Şekil 14c). Manto peridotitleri ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere doğru önemli oranlarda tüketilmiş olup ($Yb_N/Dy_N = 1.7-8.1$), amfibol içeren AP9 numaralı manto peridotiti örneği ağır ve ortaç LGE'ler bakımından diğer Grup-2 örneklerine göre kısmen zenginleşmiş olarak görülür ($Yb_N = 0.17$) (Şekil 14c). Grup-2 manto peridotitlerine ait diğer amfibol içeren örnekler ise LGE'ler bakımından aşırı tüketilmiş olup, ortaç ve hafif LGE'lerinin hemen hemen hepsi ölçüm alt sınırları altında kalmıştır (Şekil 14c). Bazı Grup-2 örneklerinde ortaç LGE'lerden hafif LGE'lere doğru önemli oranlarda zenginleşmeler gözlenmekle birlikte ($Nd_N/La_N = 0.35-$

0.63), örneklerin büyük bir kısmında hafif LGE içerikleri ölçüm alt sınırları altında kalmıştır (Şekil 14c).



Şekil 13. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin spinel Cr# değerleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Sarı yıldız TOM. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

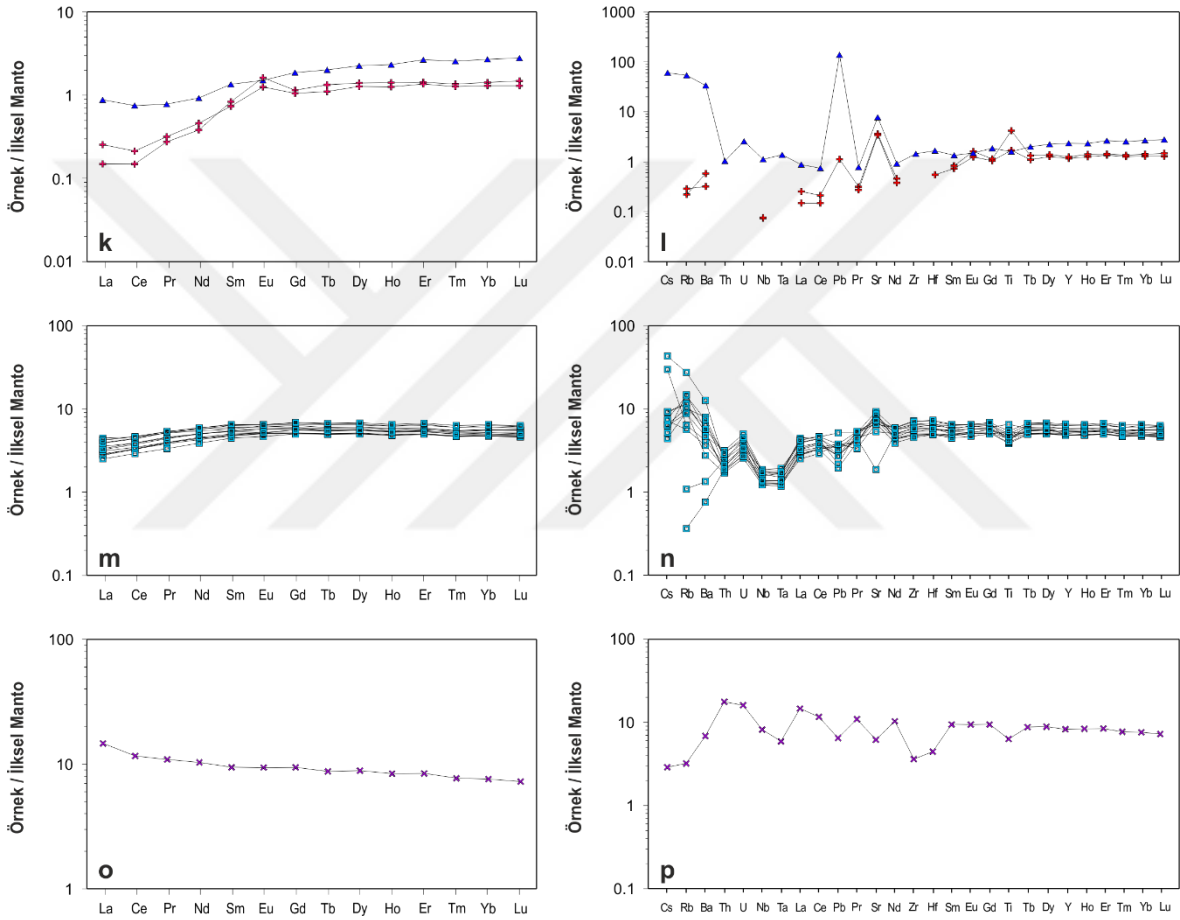


Şekil 14. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarını temsil eden örneklerin ilkse manto değerlerine (Palme ve O'Neil, 2004) oranlanmış LGE ve çoklu element desenleri. Abisal peridotit alanı Niu (2004) ve yitim peridotitleri alanı Parkinson ve Pearce (1998)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, içi dolu kare (pembe): amfibol içeren Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, daire (koyu yeşil): amfibol içeren Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk, çarpı (mor): amfibolit.

Farklı derecelerdeki kısmi ergime kalıntısı olan Grup-2 örnekleri, ağır LGE'lerden ortaç LGE'lerin sonlarına doğru Grup-1 örneklerine göre kısmen daha belirgin negatif

yönseme sunmakla birlikte, Grup-1 örneklerine benzer benzer şekilde belirgin pozitif Zr ve Hf anomalileri yanı sıra pozitif Ti anomalileri ile karakteristiktirler (Şekil 14d). Bazı örneklerde pozitif Sr anomalisi gözlenir. Bazı BİÇE'ler örneklerin birçoğunda ölçüm alt sınırı altında kalmakla beraber genel olarak örneklerin tamamında Nd'dan BİÇE'lere doğru (özellikle Cs) bir zenginleşme gözlenir (Şekil 14d).

Şekil 14'ün devamı.



Kümülat dunitlere ait ağır LGE desenleri Grup-2 manto peridotitlerinin ağır LGE desenlerine kısmen benzemekte olup, ilksel mantoya göre yaklaşık 80-90 kat tüketilmiş oldukları görülür ($Yb_N = 0.02-0.03$) (Şekil 14e). Genel olarak bakıldığında, bu örneklerde ağır LGE'lerden hafif LGE'lere doğru bir tüketilme söz konusu iken ($Yb_N/Dy_N = 2.0-3.8$), birkaç örnekte ortaç LGE'lerden hafif LGE'lere doğru zenginleşmelere mevcuttur (Şekil 14e). AP63 numaralı kümülat dunit örneği diğer örneklere kıyasla ortaç LGE'lerden (Eu) hafif LGE'leri temsil eden oldukça uyumsuz La'a doğru artan pozitif bir yönseme sunar

(Şekil 14e). Kümülat dunitlerin çoklu element diyagramında ise Grup-2 manto kayaçlarından farklı olarak tüm örneklerde Zr ve Hf ölçüm alt sınırları altında kalmakla birlikte sadece 2 adet örnekte pozitif Zr anomalisi görülmektedir (Şekil 14f). Titanyum bir kısım örnekte herhangi bir anomali sunmazken bazı örneklerin pozitif Ti anomalisi sundukları görülür. Kümülat dunitlerde hafif LGE ve BİÇE'lerin çoğu ölçüm alt sınırları altında kalmasına rağmen birkaç örnekte hafif LGE'lerin ve BİÇE'lerin bazı elementleri orta LGE'lere göre önemli miktarlarda zenginleşmiştir (Şekil 14e, f).

Ağır ve orta LGE içerikleri, verlit örneğine oranla ($Yb_N = 0.117$) önemli miktarlarda zenginleşme sunan klinopiroksenitler ($Yb_N = 0.25-0.53$), ağır LGE'lerden orta LGE'lere doğru kısmen düze yakın bir yönseme ($Yb_N/Dy_N = 0.84-0.94$), orta LGE'lerden hafif LGE'lere doğru ise bir tüketilme sunarlar ($Nd_N/La_N = 0.68$) (Şekil 14g). Bununla birlikte, verlit örneğinin LGE deseni de kısmen piroksenit örneklerine benzemekle birlikte ağır LGE'lerden orta LGE'lere doğru kısmen düze yakın bir yönseme ($Yb_N/Dy_N = 0.94$), orta LGE'lerden hafif LGE'lere doğru ise hafif bir tüketilme sunarlar ($Nd_N/La_N = 1.11$) (Şekil 14g). Bazı piroksenit örneklerinin hafif LGE'leri ve BİÇE'lerinin bazıları ölçüm alt sınırlarında kalmasına rağmen, Cs içeriklerinin iki örnekte, Ba ve La içeriklerinin de diğer örneklerde zenginleştiği görülmektedir (Şekil 14h). AP98 numaralı klinopiroksenit örneğinde pozitif Zr ve Hf anomalisi söz konusu iken verlit ve diğer piroksenit örneklerinde negatif bir anomali söz konusudur. Bunların yanı sıra, piroksenitler ve verlit örneğinde hafif negatif Ti ve pozitif Sr anomalileri görülmektedir (Şekil 14h).

Kümülat gabrolar ağır ve orta LGE'ler bakımından ilksel manto değerlerine göre 1.4 kat kata kadar varan zenginleşmeler gösterirken, izotrop gabro örneği 2.5 kat zenginleşmiştir (Şekil 14k). Kümülat gabro ve izotrop gabro örneklerinde ağır LGE'lerden orta LGE'lere doğru kısmen benzer ve düze yakın bir yönseme görülürken ($Yb_N/Dy_N = 1.02-1.20$). Kümülat gabro örneklerinde orta LGE'lerden hafif LGE'lere doğru bir tüketilme söz konusu ($Nd_N/La_N = 1.79-2.50$) iken, izotrop gabro örneğinde hafif LGE'ler kısmen zenginleşmiştir ($Nd_N/La_N = 1.05$) (Şekil 14k). Kümülat gabro örneklerinde pozitif Ti anomalisi görülürken, ağır LGE içerikleri bakımından kısmen daha zengin olan izotrop gabro örneği negatif Ti anomalisi gösterir (Şekil 14l). Her üç gabro örneğinde de pozitif Sr anomalisi gözlenmekle birlikte AP109 numaralı örnek hariç diğer iki örnekte pozitif Pb anomalisi söz konusudur (Şekil 14l). Özellikle izotrop gabro örneği olmak üzere tüm kümülat gabro örnekleri de hafif LGE'lerden BİÇE'lere doğru önemli miktarlarda bir zenginleşme sunarlar (Şekil 14l).

İzole daykları temsil eden diyabaz türünde kayaçlar kısmen birbirlerine benzer LGE desenlerine sahiptir (Şekil 14m). LGE içerikleri bakımından ilksel mantoya göre 4.7 ilâ 6.5 kat zenginleşmiş olan kayaçlarda, ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere doğru düze yakın bir yönseme mevcutken ($Yb_N/Dy_N = 0.9-1.0$), ortaç LGE'lerden hafif LGE'lere doğru hafif bir tüketilme görülür (Şekil 14m). Örneklerin birçoğunda hafif negatif Ti anomalisi görülürken, sadece bir örnekte hafif pozitif Ti anomalisi gözlenir. Bununla birlikte bir örnekte negatif Sr anomalisi görülürken diğer tüm örnekler pozitif Sr anomalisi ile karakteristiktir (Şekil 14n). Söz konusu kayaçların tümünde oldukça belirgin negatif Nb ve Ta anomalileri gözlenmekle birlikte, 2 örnek dışındaki diğer tüm örneklerde BİÇE bakımından önemli miktarda zenginleşmeler mevcuttur (Şekil 14n).

Metamorfik dilimi temsil eden amfibolit örneği ilksel mantoya göre yaklaşık 7.6 kat zenginleşmiştir (Şekil 14o). Söz konusu örnek ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere doğru düze yakın bir yönseme sunarken ($Yb_N/Dy_N = 0.9$) ortaç LGE'lerden hafif LGE'lere doğru kısmi bir artış mevcuttur ($Nd_N/La_N = 0.7$) (Şekil 14o). Örnekte negatif Ti, Zr, Hf, Ta ve Pb anomalileri mevcut olmakla birlikte pozitif Nd ve Pr anomalileri de sunar. BİÇE'ler ve hafif LGE'ler bakımından ise farklı miktarlarda zenginleşmeler gözlenmektedir (Şekil 14p).

3.4.3. Tüm Kayaç Plâtin Grubu Element (PGE) Jeokimyası

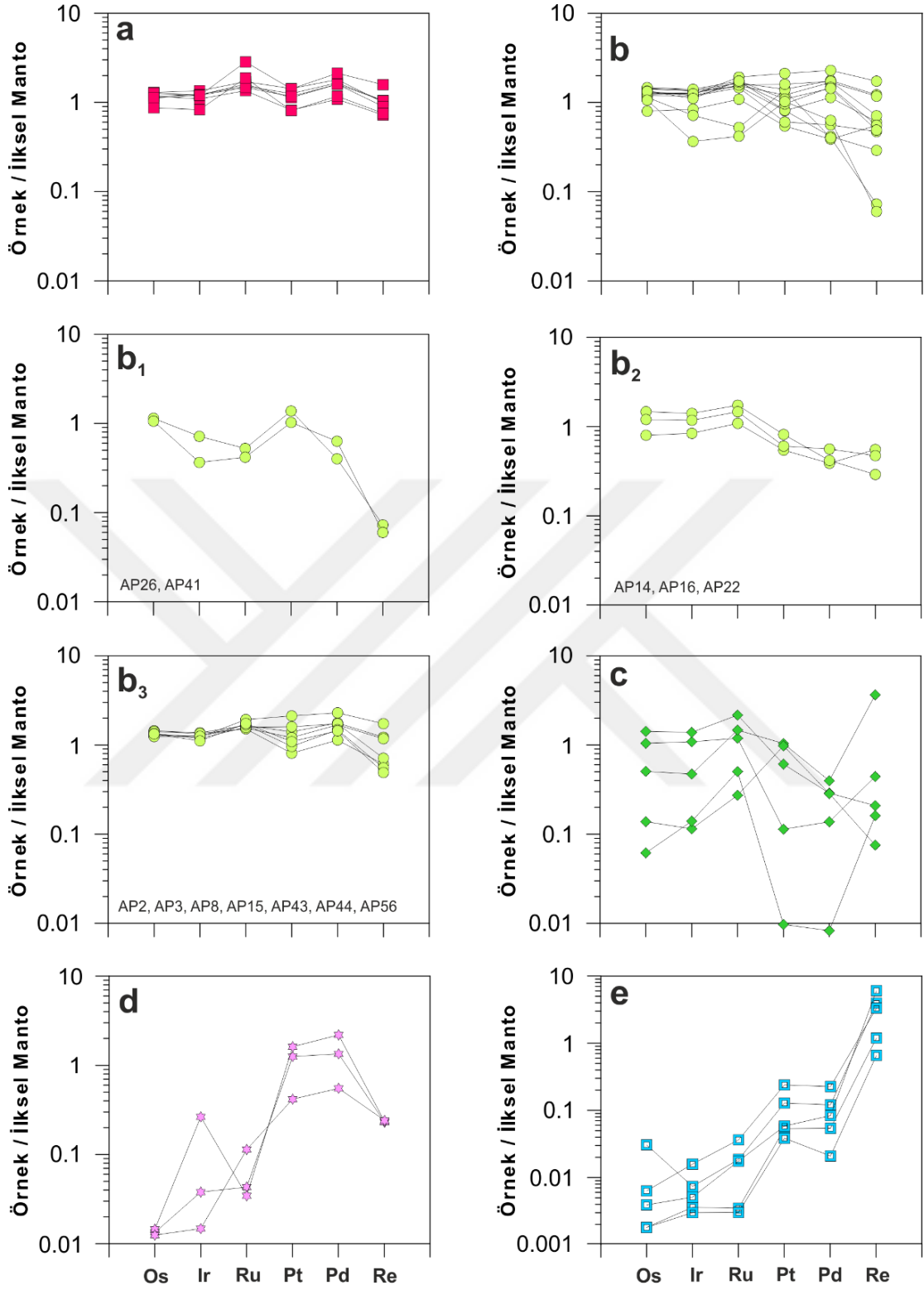
Aladağ ofiyolitini temsil eden Grup-1 manto peridotitlerinden 7, Grup-2 manto peridotitlerinden 12, kümülat dunitlerden 5, piroksenitlerden 3 ve mafik dayklardan 6 adet olmak üzere toplam 33 adet örnek Platin Grubu Element (Os, Ir, Ru, Pt, Pd, Re) içerikleri bakımından analizlenmiştir (Tablo 3).

Grup-1 manto peridotitlerinin Os içerikleri 2.95-4.40 ppb, Ir içerikleri 2.65-4.32 ppb, Ru içerikleri 6.78-14.73 ppb, Pt içerikleri 5.75-10.15 ppb, Pd içerikleri 4.23-8.27 ppb ve Re içerikleri 0.20-0.44 ppb arasında değişmektedir (Tablo 3). İlksel manto değerlerine normalize edilmiş Grup-1 manto peridotitleri PGE içerikleri, Os'dan Re'ye doğru kısmen düze yakın bir yönseme sunarken, Ru ve Pd elementlerinde kısmen pozitif bir anomali mevcuttur (Şekil 15a). Özellikle AP105 ve AP103 örnekleri daha yüksek Ru içerikleri ile (sırasıyla 14.23 ve 9.41 ppb) belirgin pozitif Ru anomalileri ile karakteristiktir (Şekil 15a, Tablo 3).

Grup-2 manto peridotilerinin Os içerikleri 2.71-4.99 ppb, Ir içerikleri 1.17-4.50 ppb, Ru içerikleri 2.09-9.64 ppb, Pt içerikleri 3.86-15.02 ppb, Pd içerikleri 1.51-8.93 ppb ve Re içerikleri 0.02-0.49 ppb arasında değişmektedir (Tablo 3). İlksel manto değerlerine normalize edilmiş Grup-2 manto peridotitleri PGE içerikleri birbirinden farklı 3 ayrı desen sunmaktadır (Şekil 15b, b₁, b₂, b₃). AP26 ve AP41 örneklerinde Os'dan Re'ye doğru ciddi bir tüketilme söz konusu olmakla birlikte Pt ve Pd elementleri pozitif anomaliler ile karakteristiktir (Şekil 15b₁). AP14, AP16 ve AP22 örneklerinde Os'dan Ru'ya doğru kısmen düze yakın bir yönseme mevcuttur. AP16 ve AP22 örneklerinde Ru'dan Re'ye doğru bir tüketilme söz konusu olmakta iken, AP14 örneğinde Ru'dan Pd'ye doğru bir tüketilme Re'de ise hafif bir zenginleşme gözlenir (Şekil 15b₂). AP2, AP3, AP8, AP15, AP43, AP44 ve AP56 örneklerinde Os'dan Pd'ye doğru kısmen düze yakın bir yönseme mevcuttur (Şekil 15b₃). Bu yönseme bütün örneklerde hafif pozitif Ru anomalisi ile kesilirken, AP3 ve AP43 örnekleri dışındaki örneklerde hafif negatif Pt anomalisi gözlenir. AP2, AP3 ve AP8 örnekleri Re bakımında hafif bir tüketilme sunarken, diğer örnekler Re bakımından kısmen daha fazla tüketilmiştir (Şekil 15b₃).

Kümülat dunit örneklerindeki PGE ve Re içerikleri oldukça geniş aralıklarda olup, Os içerikleri 0.21-4.83 ppb, Ir içerikleri 0.37-4.43 ppb, Ru içerikleri 1.36-10.82 ppb, Pt içerikleri 0.07-7.37 ppb, Pd içerikleri 0.03-1.55 ppb ve Re içerikleri 0.02-1.02 ppb arasında değişmektedir. AP1, AP18, AP27 ve AP59 numaralı örneklerde Os'dan Ir'ye doğru düze yakın bir yönseme gözlenmekte iken AP64 örneğinde Os'dan Ir'ye doğru pozitif bir yönseme mevcuttur (Şekil 15c). AP1, AP18, AP27 ve AP64 numaralı örneklerde pozitif Ru anomalisi gözlenirken, AP1, AP27 ve AP64 örneklerinde negatif Pt ve Pd anomalileri mevcuttur. AP1, AP27 ve AP64 örneklerinde Re bakımından önemli zenginleşmeler mevcut iken, AP18 ve AP59 numaralı örnekler Re bakımından tüketilmişlerdir (Şekil 15c).

Piroksenit örneklerinin Os içerikleri 0.43-0.50 ppb, Ir içerikleri 0.04-0.85 ppb, Ru içerikleri 0.17-0.57 ppb, Pt içerikleri 2.96-11.38 ppb, Pd içerikleri 2.15-8.47 ppb arasında iken Re içerikleri benzer olup her üç örnekte de 0.06 ppb civarındadır. Tüm örneklerde Os'dan Ru'ya doğru pozitif yönseme söz konusu iken, özellikle AP110 numaralı örnekte kuvvetli bir Ir anomalisi mevcuttur. Söz konusu üç örnekte önemli oranda Pt ve Pd pozitif anomalileri mevcut olmakla birlikte, Re içerikleri Pt ve Pd'ye göre daha düşük konsantrasyonlarda olup kısmen benzerdir (Şekil 15d).



Şekil 15. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarını temsil eden örneklerin ilksel manto değerlerine (Palme ve O'Neil, 2004) oranlanmış PGE ve Re desenleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kumulat dunit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Tablo 3. Aladağ ofiyolitini temsil eden farklı kayaç gruplarının PGE içerikleri (ppb) ve Re-Os izotop oranları. RT: Renyum tüketilme yaşı, iÜM: İiksel üst manto, Kon: Kondrit.

Örnek#	Kayaç tipi	Re	Os	Ir	Ru	Pt	Pd	$^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$	$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$	2sm	My	$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_{\text{ii}}$	$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_{\text{RT}}$	Υ_{Os}	T_{My} (Mil. yıl) Kon.	T_{RT} (Mil. yıl) Kon.	T_{RT} (Mil. yıl) iÜM
AP17	Harzburjıt	0.28	4.40	4.32	8.52	10.15	7.02	0.30684	0.12720	6	80	0.126791	0.126465	0.3	-0.13	0.03	0.39
AP36	Harzburjıt	0.25	3.81	3.84	7.35	8.27	6.21	0.31879	0.12895	10	80	0.128525	0.126465	1.6	-1.43	-0.23	0.15
AP38	Harzburjıt	0.29	3.98	3.91	7.58	8.90	6.48	0.35578	0.12639	10	80	0.125915	0.126465	-0.4	0.79	0.16	0.51
AP70	Harzburjıt	0.29	4.29	3.88	8.01	8.02	6.24	0.32842	0.12636	4	80	0.125922	0.126465	-0.4	0.52	0.16	0.51
AP90C	Harzburjıt	0.20	4.00	3.50	6.78	5.82	4.23	0.24321	0.12358	8	80	0.123256	0.126465	-2.5	1.28	0.56	0.87
AP105	Harzburjıt	0.44	4.33	3.81	14.23	10.06	8.27	0.49337	0.13360	4	80	0.132942	0.126465	5.1	4.18	-0.89	-0.47
AP103	Harzburjıt	0.21	2.95	2.65	9.41	5.75	4.57	0.34456	0.12562	6	80	0.125160	0.126465	-1.0	1.43	0.27	0.61
AP2	Harzburjıt	0.34	4.90	4.38	8.27	9.97	6.88	0.33590	0.12539	8	80	0.124942	0.126465	-1.2	1.45	0.31	0.64
AP3	Harzburjıt	0.49	4.47	3.92	9.64	15.02	8.93	0.52321	0.12576	4	80	0.125062	0.126465	-1.1	-0.62	0.29	0.63
AP8	Harzburjıt	0.33	4.29	4.09	7.74	8.58	6.55	0.36968	0.12654	6	80	0.126047	0.126465	-0.3	0.85	0.14	0.49
AP14	Dunit	0.16	2.71	2.69	5.42	3.86	1.51	0.27534	0.12628	6	80	0.125916	0.126465	-0.4	0.34	0.16	0.51
AP15	Dunit	0.17	4.80	4.30	7.58	5.73	4.43	0.17066	0.12570	8	80	0.125473	0.126465	-0.8	0.34	0.23	0.57
AP16	Harzburjıt	0.08	4.99	4.50	8.67	5.78	1.63	0.07839	0.11921	4	80	0.119105	0.126465	-5.8	1.43	1.17	1.44
AP22	Harzburjıt	0.13	4.08	3.76	7.33	4.28	2.18	0.15550	0.11242	10	80	0.112213	0.126465	-11.3	3.45	2.17	2.36
AP26	Harzburjıt	0.02	3.88	2.29	2.62	9.79	1.56	0.02526	0.12345	16	80	0.123416	0.126465	-2.4	0.56	0.53	0.85
AP41	Dunit	0.02	3.60	1.17	2.09	7.27	2.46	0.02241	0.12716	30	80	0.127130	0.126465	0.5	-0.03	-0.02	0.34
AP43	Harzburjıt	0.20	4.55	3.80	7.87	11.37	6.74	0.21041	0.12569	4	80	0.125409	0.126465	-0.8	0.41	0.24	0.58
AP44	Harzburjıt	0.15	4.22	4.00	8.43	6.83	5.78	0.17670	0.12125	2	80	0.121014	0.126465	-4.3	1.51	0.89	1.18
AP56	Harzburjıt	0.14	4.52	3.55	8.70	7.74	5.62	0.14623	0.12176	6	80	0.121565	0.126465	-3.9	1.22	0.81	1.10

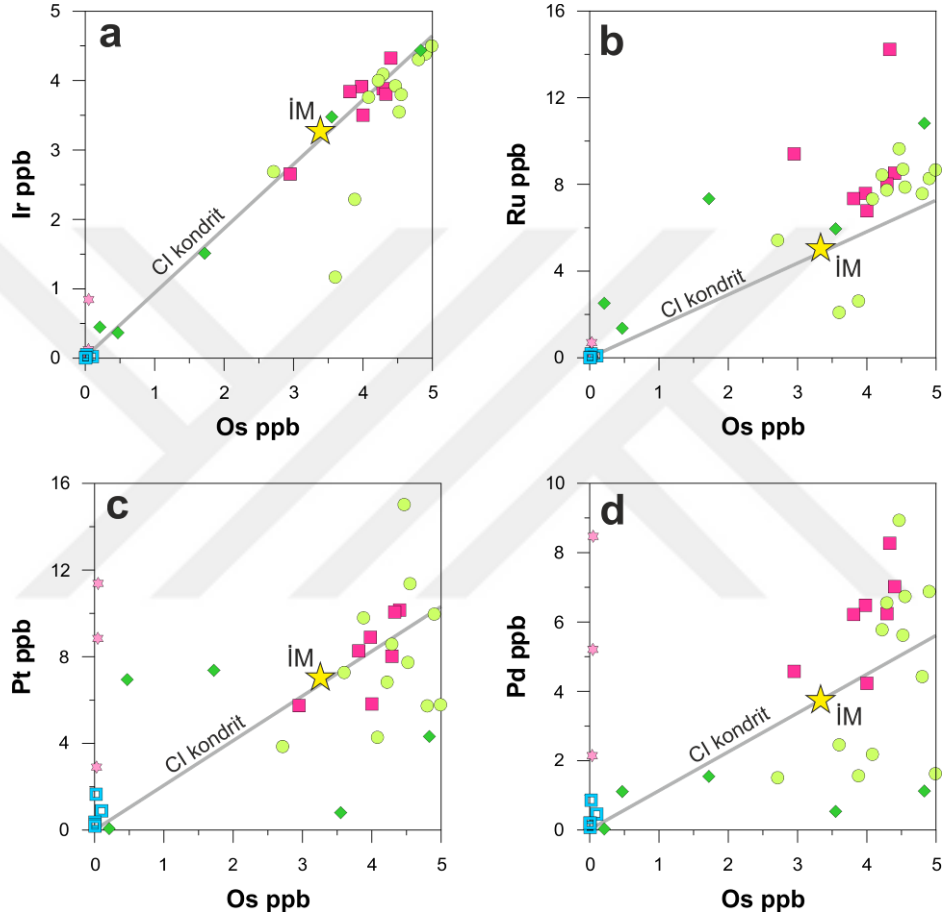
Gabro örnekleri oldukça düşük Os (0.006-0.102 ppb), Ir (0.005-0.049 ppb), Ru (0.009-0.18 ppb) içeriklerine sahip olmakla birlikte, Pt (0.19-1.66 ppb), Pd (0.08-0.86 ppb) ve Re (0.18-1.65 ppb) içerikleri kısmen daha yüksektir. AP13 dışındaki bütün örneklerde Os'dan Re'ye doğru pozitif bir yönseme gözlenmekte iken, AP13 örneğinin Os içeriği diğer örneklerle göre kısmen daha yüksektir. Bütün örneklerde hafif Pd negatif anomalisi gözlenmekle birlikte, Re içerikleri oldukça yüksektir (Şekil 15e, Tablo 3).

Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin Os içeriklerine karşı Ir, Ru, Pt ve Pd içerikleri Şekil 16'da verilmiştir. Grup-1, kümülat dunit ve gabro örnekleri genellikle kondiritik değerlerde Ir/Os oranlarına sahip olmakla birlikte, Grup-1 örneklerinin büyük bir kısmı ilksel mantoya göre Os ve Ir elementleri bakımından kısmen zenginleşme sunar. Kümülat dunit örnekleri ise oldukça değişen oranlarda Os ve Ir içeriklerine sahiptir. Buna karşılık gabro örnekleri ilksel mantoya göre oldukça düşük Os ve Ir içeriklerine sahiptir. Grup-2 manto peridotitlerinin büyük bir kısmı benzer şekilde kondiritik Ir/Os oranlarına sahip olup, çoklukla ilksel mantoya göre zenginleşme sunmakla birlikte, AP26 ve AP41 örnekleri kondiritik değerlerin altında Ir/Os oranlarına sahiptir (Şekil 16a). Os ve Ir içerikleri bakımından ilksel mantoya göre önemli derecede tüketilmiş olan klinopiroksenit örnekleri kondiritik Ir/Os oranlarına sahip olmakla birlikte, AP110 numaralı örnek kondiritik değerlerin kısmen daha üzerinde Ir/Os oranı ile temsil edilir (Şekil 16a).

Grup-1 örneklerinin tamamı ve Grup-2 örneklerinin büyük bir kısmı kondiritik değerlerinin kısmen üzerinde Ru/Os oranlarına sahip olup, ilksel mantoya göre Ru içerikleri bakımından kısmen zenginleşme sunarlar. Özellikle Grup-1 örneklerini temsil eden AP103 ve AP105 numaralı örnekler oldukça yüksek Ru/Os oranlarına sahip olmalarına karşın, Grup-2 örneklerini temsil eden AP26 ve AP41 numaralı örnekler kondiritik değerlerin altında Ru/Os oranlarına sahiptir (Şekil 16b). Benzer şekilde kümülat dunitleri temsil eden örnekler kısmen yüksek Ru/Os oranları ile temsil edilir. Bir kısım örnek ilksel mantoya göre Ru içerikleri bakımından zenginleşme sunmakla birlikte, özellikle Os içerikleri bakımından tüketilmiş olan AP59 ve AP64 numaralı örnekler Ru içerikleri bakımından tüketilme sunarlar. Gabro ve klinopiroksenit örnekleri genellikle kondiritik Ru/Os oranlarına sahip olup ilksel mantoya göre Ru içerikleri bakımından önemli derecede tüketilmişlerdir (Şekil 16b).

Grup-1 manto peridotitlerinin önemli bir kısmı kondiritik Pt/Os oranlarıyla temsil edilirken, AP90C numaralı örnek kısmen daha düşük Pt/Os oranına sahiptir. Grup-1 örneklerinin birçoğu ilksel mantoya göre kısmen yüksek Pt içeriklerine sahip iken, AP103

ve AP90C numaralı örnekler ilksel mantoya göre tüketilmişlerdir. Grup-2 manto peridotitlerinin birçoğunun Pt/Os oranı kondritik değerlerin altında iken, bazı örneklerin Pt/Os oranları kondritik değerlerin üzerindedir. Bununla birlikte, örneklerin birçoğu ilksel mantoya göre Pt bakımında tüketilmiş olup, bazı örnekler Pt bakımından zenginleşmiştir (Şekil 16c).



Şekil 16. Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin Os içeriklerine karşı Ir, Ru, Pt ve Pd içerikleri. CI kondrit ve ilksel manto (İM) değerleri McDonough ve Sun (1995)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Kümülat dunit örneklerinin Pt/Os oranları oldukça değişken aralıklarda olup, AP27 ve AP59 numaralı örneklerin Pt/Os oranları kondritik değerlerin üzerinde iken, AP1 ve AP18 numaralı örneklerin Pt/Os oranları kondritik değerlerin altındadır. Oldukça düşük Pt ve Os içeriklerine sahip olan AP64 numaralı örnek ise kısmen kondritik Pt/Os oranına

sahiptir. Gabro ve klinopiroksenit örnekleri ilksel mantoya göre oldukça düşük Os içerikleri ile temsil edilirken, Pt/Os oranları bazı gabro örneklerinde kondritik değerlerin kısmen üzerindedir. Klinopiroksenit örneklerinde bu oran oldukça değişken ve daha yüksektir. Özellikle AP98 ve AP110 numaralı örneklerde Pt içerikleri ilksel manto değerlerine göre zenginleşmiştir (Şekil 16c).

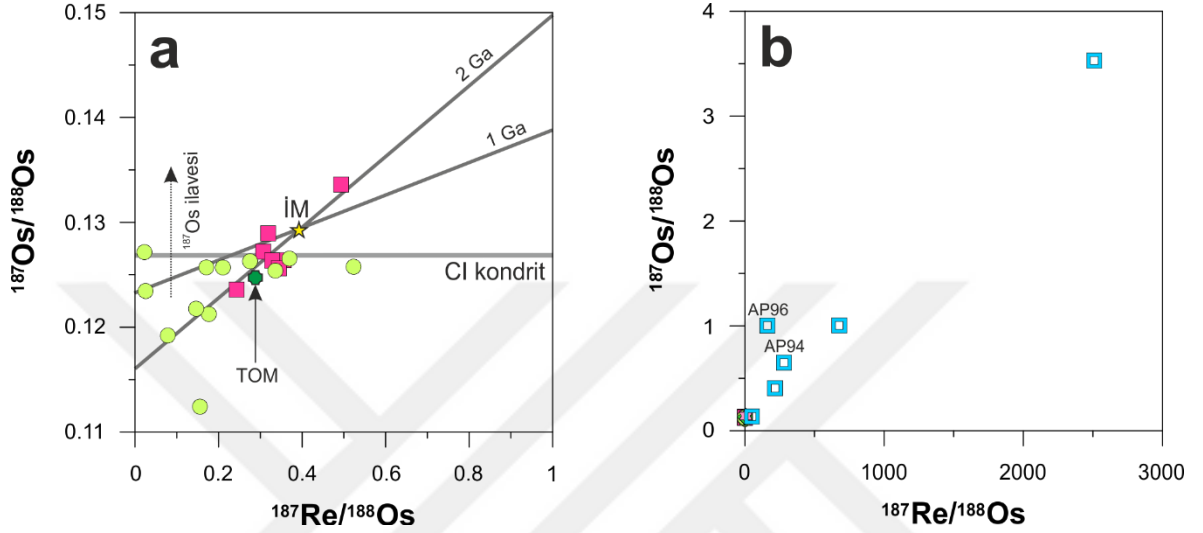
Grup-2 manto peridotitleri oldukça değişken Pd/Os oranlarına sahip olup, örnekler Pt/Os oranlarına benzer şekilde kondritik değerlerin altında ve üzerinde dağılım sunar. Örneklerin birçoğu Pd içerikleri bakımından ilksel mantoya göre farklı derecelerde zenginleşme sunmakla birlikte, bir kısım örnek ilksel mantoya göre tüketilmiştir. Buna karşılık, Grup-1 manto peridotitleri çoklukla kondritik değerlerin üzerinde Pd/Os oranlarına sahip olup, Pd içerikleri ilksel mantoya göre farklı derecelerde zenginleşme sunar. Kümülat dunit örnekleri oldukça düşük Pd/Os içeriklerine sahip olup, Os içerikleri kısmen yüksek olan AP1 ve AP18 numaralı örnekler kondritik değerlerin oldukça altında Pd/Os oranlarına sahip iken, Os içerikleri daha düşük olan diğer örnekler kondritik değerlere yakın Pd/Os içeriklerine sahiptir (Şekil 16e).

Bazı gabro örnekleri oldukça düşük Pd içerikleri ile kondritik Pd/Os oranlarına sahip iken bazı örneklerde bu oran kondritik değerlerin hafif üzerinde yer alır. Buna karşılık klinopiroksenit örnekleri kondritik değerlerin üzerinde ve oldukça değişken Pd/Os oranlarına sahiptir. Özellikle AP98 ve AP110 numaralı örnekler ilksel mantoya göre Pd içerikleri bakımından zenginleşmiştir (Şekil 16e).

3.4.4. Tüm Kayaç Os-İzotop Jeokimyası

Manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları çoklukla 0.24-0.35 aralığında olup, bu değerler günümüz kondirit $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranı olan 0.4'ün altındadırlar. Grup-1 manto peridotitlerine ait AP105 numaralı örnek ise kısmen kondirit değerlerinin üzerinde $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranına (0.49) sahiptir (Şekil 17a). Grup-2 örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları 0.02-0.36 olup, bu değerler Grup-1 örneklerine göre kısmen daha düşük olmakla birlikte kondirit $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranının altındadır. Grup-2 örneklerini temsil eden AP3 numaralı örneğin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranı 0.52 olup, bu değer kondirit değerlerinin üzerindedir (Şekil 17a). Kümülat dunitleri temsil eden örneklerin bir çoğunun $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları 0.05-0.21 aralığında değişmekte olup, AP64 ve AP27 numaralı örneklerin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları sırasıyla 1.03 ve 2.86'dır ve bu değerler kondirit $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranına

göre yüksektir. Piroksenit örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları 6.33-6.76 aralığında değişmekte iken izotrop gabrolar piroksenitlere göre oldukça yüksek $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranlarına sahiptir ve bu oranlar 51-2509 aralığında olup, kondirit $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranına göre oldukça yüksektir (Şekil 17b).

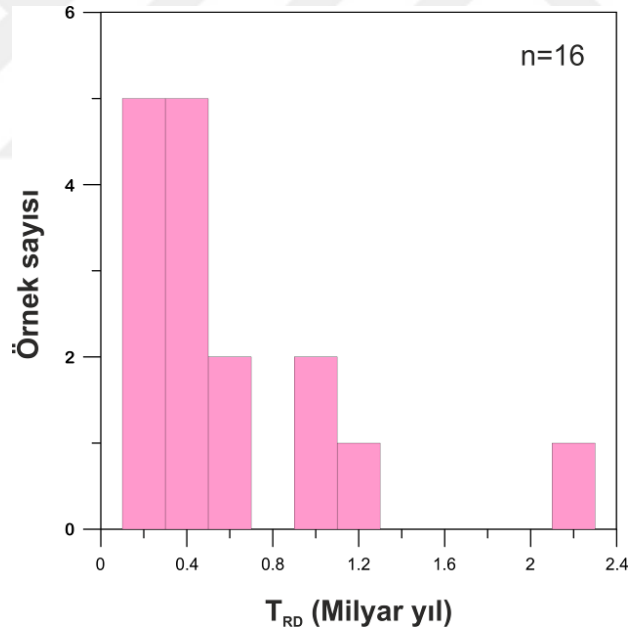


Şekil 17. Aladağ ofiyoliti farklı kayaç gruplarına ait örneklerin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ içeriklerine karşı $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içerikleri. İM; $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$: 0.1296, TOM; $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$: 0.1246 (Meisel vd. 2001). Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu yıldız (pembe): klinopyroksenit, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Grup-1 manto peridotitlerinin VOs değerleri geniş bir aralık sunmakta olup, bu değerler -2.53 ilâ 5.12 arasında (ort: 0.36) değişmektedir. Manto peridotitlerinin minimum renyum tüketilme yaşları (T_{RD}) 70 milyon yıl ilâ 2.1 milyar yıl arasında değişen oldukça geniş bir aralık sunarlar (Şekil 18) örneklerini temsil eden AP90C örneği en az radyojenik örnek olup (VOs : -2.53) minimum renyum tüketilme yaşı T_{RD} : 556 milyon yıldır (Şekil 18). Grup-2 örnekleri Grup-1 örneklerine göre daha az radyojenik olup VOs değerleri -11.2 ilâ 0.52 arasında (ort: -2.65) değişmektedir. Grup-2 örneklerine ait en az radyojenik olan AP22 örneğinin (VOs : -11.2) minimum renyum tüketilme yaşı T_{RD} : 2.1 milyar yıldır (Şekil 18). Grup-1 ve Kümülat dunit örnekleri manto peridotitlerine göre kısmen radyojenik olup VOs değerleri -0.42 ilâ 3.66 arasında (ort:1.31) değişmektedir. Piroksenit örnekleri kısmen daha radyojenik olup, VOs değerleri 3.4-8 arasındadır (ort: 5.7). İzotrop gabrolar oldukça geniş aralıklarda değişen VOs değerleri sunmakla birlikte bu değerler -46 ilâ 522 arasında

(ort:126) değişmektedir. İzotrop gabrolarda AP132 (VOs: 44), AP90D (VOs: 117) ve AP96 (VOs: 522) örnekleri oldukça radyojeniktir.

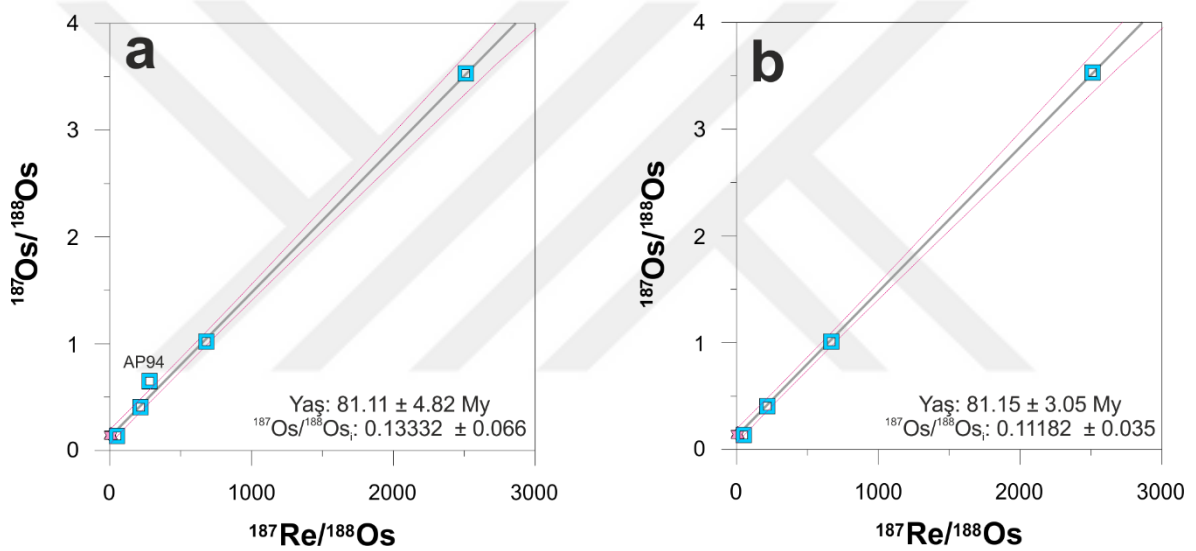
Günümüz $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ oranları Grup-1 manto peridotitlerinde 0.12358–0.13360 aralığında olmakla birlikte (ort: 0.12762), AP105 numaralı örnek günümüz kondirit değerine (0.127) göre oldukça yüksek $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içeriğine sahiptir (0.13360). Grup-2 örneklerine ait $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ oranları (0.11242–0.12716; ort: 0.12338) aralığında olup bu değerler Grup-1 örneklerine göre kısmen düşüktür. Bununla birlikte AP41 numaralı Grup-2 manto peridotiti örneği günümüz kondirit değerlerine yakın bir Os izotopik bileşimine sahiptir (0.12716). AP1 ve AP18 numaralı örnek dışındaki kümülat dunitlerin $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ oranları kondirit değerlerinin üzerinde olup (0.12592-0.13248; ort: 0.12928), klinopiroksenit örnekleri 0.1393–0.1457 aralığında değişen oldukça yüksek (ort: 0.1429) Os izotopik bileşimlerine sahiptir. Mafik dayklar ise diğer kayaç gruplarına oranla oldukça radyojenik olup $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ oranları (0.1357–3.53; ort: 1.1218) aralığında değişmektedir.



Şekil 18. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin minimum renyum tüketilme (T_{RD}) yaşları.

Aladağ ofiyolitik istifi kabuksal kesimi temsil eden piroksenitler ve mafik daykları temsil eden gabro örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerleri kullanılarak GeoDate (Eglington ve Harmer, 1999) programı vasıtasıyla Şekil 19'daki izokronlar oluşturulmuş ve bu kayaçlardan izokron yaşları elde edilmiştir. AP 96 numaralı gabro örneği oldukça

düşük Re/Os değerine karşılık kısmen yüksek $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ oranına sahip olup (Şekil 17b), diğer örneklerin oluşturduğu izokronlara göre sapma sunmaktadır. Bu sebeple söz konusu örnek izokron yöntemiyle yaş hesaplanmasında değerlendirmeye katılmamıştır. AP94 numaralı gabro örneği ise kısmen söz konusu Re/Os değerine karşılık, diğer örneklerle göre çok hafif $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ zenginleşmesi gösterir (Şekil 19a). Bu örneğin dikkate alınması ile hesaplanan izokron yaşı 81.11 ± 4.82 milyon yıl olup, ilksel $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değeri 0.13332'dir (Şekil 19a). Buna karşılık, söz konusu örnek dikkate alınmadığında izokron yaşı önemli oranda değişmemesine rağmen, ilksel $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değeri 0.11182 olup, kondritik değer altındadır (Şekil 19b).



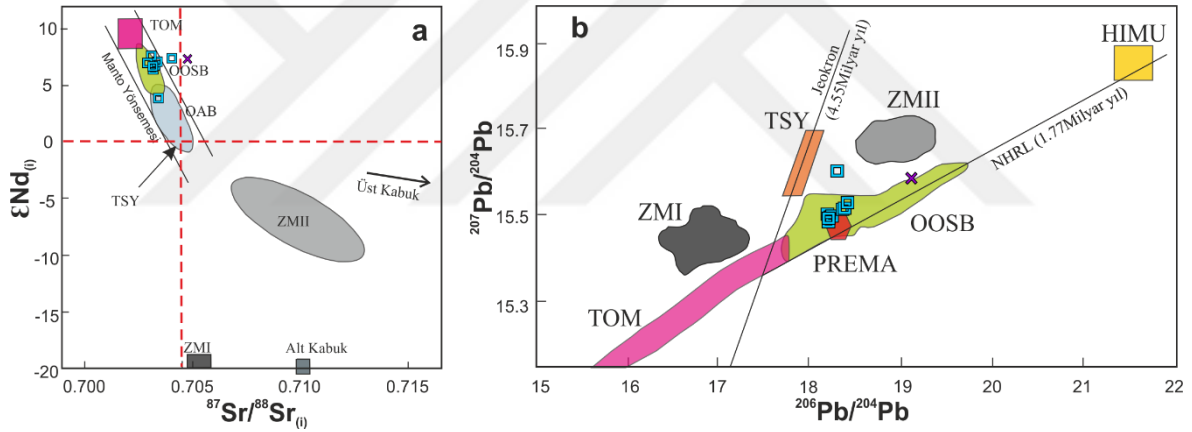
Şekil 19. Aladağ ofiyolitik istifi kabuksal kesimi temsil eden piroksenitler ve mafik daykları temsil eden gabro örneklerinin $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ içeriklerine karşı $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içerikleri. Semboller; içi dolu yıldız (pembe): klinopyroksenit, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

3.4.5. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası

Aladağ ofiyoliti izole diyabaz dayklarını temsil eden 8 adet ve metamorfik dilimi temsil eden amfibolit örneğinden 1 adet olmak üzere toplam 9 örnek Sr-Nd-Pb izotopları bakımından analizlenmiştir. İzole diyabaz dayklarının $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları 0.703271-0.704168 arasında iken $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları 0.512848-0.513027 arasında değişmektedir (Tablo 4). Bununla birlikte analizi gerçekleştirilen amfibolit örneğinin ise $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı 0.704870 ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı 0.513012'dir (Tablo 4). Bir adet mafik dayk ve amfibolit

örneğindeki benzer $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranlarına karşılık $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları, diğer örnekler göre kısmen daha zenginleşmiştir.

Aladağ ofiyolitine ait izole diyabaz daykları temsil eden örneklerdeki zirkon U-Pb izotopu izokron yaşları 85-97 milyon yıl arasında değişen yaşlar vermektedir. Buna istinaden, söz konusu bu kayaçların 90 milyon yıl önceki ilksel $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları hesaplanmıştır. İzole diyabaz dayklarının ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranları 0.703131-0.704146 arasında değişmekte iken ilksel $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranları 0.512723-0.512907 aralığında değişmektedir (Tablo 4). Bu değerlerle hesaplanan ϵNd değerleri ise 3.91-7.51 arasında değişmektedir. Amfibolit örneğinin ise ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranı 0.704813 ve ilksel $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranı 0.512906 olup, ϵNd değeri 7.49'dur (Tablo 4). Söz konusu bu ilksel değerler Şekil 20a'daki diyagramda değerlendirildiğinde okyanus ortası sırtı bazaltı değerleri ile benzerlik sundukları söylenebilir.



Şekil 20. Aladağ ofiyoliti izole diyabaz daykları ve amfibolit örneğinin a: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranlarına karşılık ϵNd değerleri, b: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranlarına karşılık $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranı. ZMI ve ZMII: Zenginleşmiş Manto I ve II, HIMU: μ -değeri veya $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ oranı yüksek olan manto kaynağı, TOM: Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto, TSY: Toplam Silikat Yerküre, PREMA; Ortalama Manto, OOSB: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı, OAB; Okyanus Adası Bazaltı, Manto Aralığı alanları, NHRL: Kuzey Yarımküre Referans Çizgisi Zindler ve Hart (1986)'dan alınmıştır. Semboller; içi boş kare (mavi): mafik dayk, çarpı (mor): amfibolit.

İzole diyabaz dayklarının $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları 18.192-18.407 arasında değişmekte iken $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları 15.487-15.602 arasında değişmektedir. Bununla birlikte amfibolit örneğinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranı 19.093 ve $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranı 15.585'dir. Amfibolit örneği ise mafik dayklara göre kısmen daha yüksek Pb izotopu değerlerine sahiptir (Şekil 20b).

Tablo 4. Aladağ ofiyolitine ait izole diyabaz daykların ve amfibolit örneğinin (AP104) Sr-Nd-Pb izotopik oranları.

Örnek	Rb	Sr	Nd	Sm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Yaş (My)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon\text{Nd}(t)$	$\epsilon\text{Sr}(t)$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
AP5	0.66	108	6.67	2.325	0.703424	0.51299	90	0.2107	0.0177	0.703401	0.512866	-19.69	6.71	18.192	15.487
AP13	6.04	137.27	7.185	2.453	0.70356	0.512992	90	0.2064	0.1273	0.703397	0.512870	-19.74	6.79	18.215	15.49
AP96	6.15	188.3	7.6	2.719	0.703597	0.513013	90	0.2163	0.0945	0.703476	0.512886	-18.62	7.09	18.225	15.497
AP114	8.64	174.2	6.66	2.36	0.703314	0.513013	90	0.2142	0.1434	0.703131	0.512887	-23.53	7.11	18.28	15.514
AP118	3.84	147.7	7.63	2.572	0.703271	0.513027	90	0.2038	0.0752	0.703175	0.512907	-22.90	7.51	18.34	15.515
AP130	5.32	132.7	7.87	2.771	0.703684	0.512848	90	0.2129	0.1159	0.703536	0.512723	-17.78	3.91	18.341	15.517
AP131	0.22	37.8	6.63	2.304	0.704168	0.513026	90	0.2101	0.0168	0.704146	0.512902	-9.11	7.42	18.367	15.526
AP132	8.95	146	7.82	2.813	0.703534	0.51298	90	0.2175	0.1773	0.703307	0.512852	-21.02	6.43	18.407	15.602
AP104	1.94	125.1	13.68	4.061	0.70487	0.513012	90	0.1795	0.0449	0.704813	0.512906	0.34	7.49	19.093	15.585

3.5. Mineral Kimyası

Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri, ultramafik ve mafik kümülatların yanı sıra izole diyabaz dayklarından derlenen tüm örneklere ait farklı fazlardan toplam 4200 civarında nokta analizi gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan tüm noktalara ait veriler ilgili diyagramlara aktırılmış ve değerlendirilmiştir.

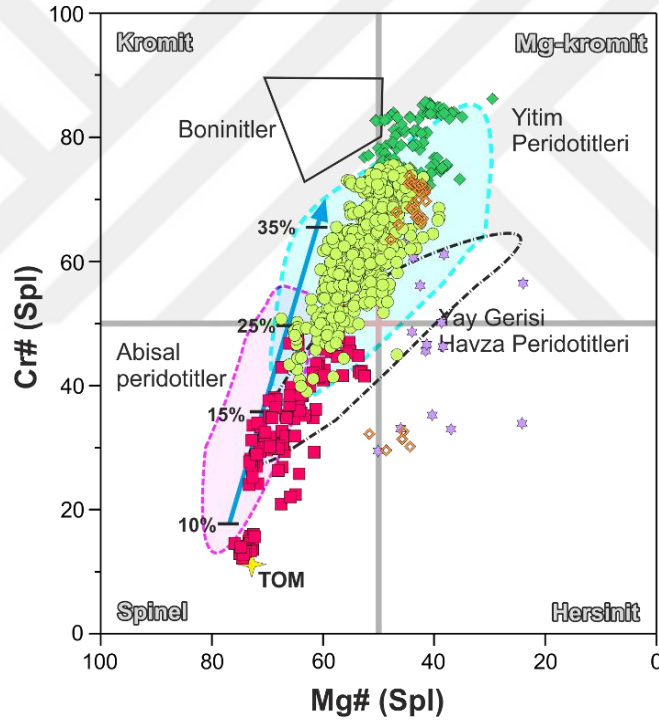
3.5.1. Spinel

Spinel, manto peridotitleri ve ultramafik kümülatları temsil eden örneklerde modal olarak genellikle %2'den daha az bolluklara sahip olmakla birlikte kümülat gabro ve mafik dayklarda gözlenmemiştir. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen spinellerin mineral kimyası ortalama ana oksit değerleri Tablo 5'te, analizlerin tümü ise Ek Tablo 4'te verilmiştir.

Manto peridotitlerini temsil eden örnekler oldukça değişken spinel kimyalarına sahiptir. Grup-1 peridotit örneklerine ait spinel fazları 11.07-43.13 ağırlık % arasında değişen Cr_2O_3 ve 26.63-53.86 ağırlık % arasında değişen Al_2O_3 içeriklerine sahip olup, TiO_2 içerikleri 0.19 ağırlık %'den düşüktür. Spinel kristallerinin hesaplanan $\text{Cr}\# [100 \times \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})]$ değerleri 12.2 ilâ 52.1 arasında, $\text{Mg}\# [100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})]$ değerleri ise 52.2 ilâ 75.7 arasında değişmektedir. Buna karşılık Grup-2 örnekleri kısmen daha yüksek Cr_2O_3 (31.02-58.02 ağırlık %) ve daha düşük Al_2O_3 (11.92-34.43 ağırlık %) içeriklerine sahiptir. TiO_2 içerikleri Grup-1 örneklerindeki spinel kristallerine göre kısmen daha düşük olup, 0.13'den azdır. Söz konusu örnekler Grup-1 örneklerine göre genellikle daha yüksek $\text{Cr}\#$ değerleri (38.9-75.4) ve daha düşük $\text{Mg}\#$ (38.7-67.3) değerleri ile temsil edilir (Şekil 21).

Ultramafik kümülatları temsil eden dunitlerde gözlenen spinel kristallerinin Cr_2O_3 içerikleri 51.14 ilâ 62.39 ağırlık % arasında değişirken Al_2O_3 içerikleri 6.16 ilâ 13.49 ağırlık % arasında değişir. TiO_2 içerikleri 0.26 ağırlık %'ye kadar ulaşan spinellerin $\text{Cr}\#$ değerleri 72.0 ilâ 86.1 arasında ve $\text{Mg}\#$ değerleri 29.1 ilâ 52.3 arasında değişir (Şekil 21). Ultramafik kümülat grubu verlit örneklerinde spinel kristallerin $\text{Cr}\#$ değerleri kısmen daha geniş aralıklarda olup 29.5-72.9 arasında ve TiO_2 içerikleri de 0.09-0.22 ağırlık % arasında değişir (Şekil 21). Buna karşılık, klinopiroksenit örneklerinde spinel kristallerinin $\text{Cr}\#$ değerleri ve TiO_2 içerikleri verlit örneklerine kısmen benzer olup, sırasıyla 29.4-62.8 ve 0.06-0.18 ağırlık % aralığında değişir (Şekil 21).

Spinel kristallerinin Mg# ve Cr# değerleri basit bir spinel sınıflama diyagramına aktarıldığında, Grup-1 manto peridotitlerindeki bu fazların “spinel”, Grup-2 örneklerindeki spinel kristallerinin ise çoklukla “kromit” ve az oranda “Mg-kromit” bileşimlerinde oldukları gözlenmekte iken ultramafik kümülatları temsil eden dunit ve verlit örneklerinde bulunan fazların ise çoklukla “Mg-kromit” bileşiminde oldukları gözlenmekle beraber, PK53 numaralı verlit örneğindeki spinel kristallerinin “hersinit” bileşiminde oldukları görülmüştür (Şekil 21). Buna karşılık, piroksenit örneklerindeki spinel kristalinin ise “Mg-kromit-hersinit” bileşiminde geniş bir aralıkta yer aldıkları görülmüştür (Şekil 21). Karışıklığa sebebiyet vermemek için, ofiyolitik istifeye ait tüm kayaç gruplarındaki bu fazlar için “spinel” terimi kullanılmıştır.



Şekil 21. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve ultramafik kümülat örneklerindeki Cr-spinel grubu minerallerin Cr#-Mg# sınıflama diyagramındaki yerleri. Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto; TOM (Salters ve Stracke, 2004); mavi ok: tüketilme yönsemesi. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.

Tablo 5. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen spinellerin ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı.

Örnek#	Kayaç Grubu	N	AP10	AP11	AP17	AP36	AP38	AP70	AP71	AP87	AP90C	AP90A	AP90B	AP91	AP101	AP102	AP103	AP105	AP107	AP116	AP126
			MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)
SiO ₂	0.02	0.17	0.02	0.02	0.02	0.02	0.12	0.03	0.04	0.03	0.03	0.20	0.06	0.07	0.08	0.02	0.04	0.10	0.05	0.03	0.11
TiO ₂	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.17	0.05	0.04	0.06	0.01	0.03
Al ₂ O ₃	33.17	30.30	38.02	45.45	41.52	29.31	32.85	29.86	42.70	41.75	43.30	41.75	43.30	38.28	36.90	31.89	53.24	52.56	32.34	29.33	35.68
Cr ₂ O ₃	36.99	37.81	30.97	19.94	26.41	39.38	36.50	38.53	26.28	26.57	25.00	26.57	25.00	30.33	31.41	33.61	12.13	13.46	34.70	38.53	33.09
FeO ₃	0.04	0.85	0.18	2.70	2.07	0.80	0.58	0.70	0.08	2.08	1.65	2.08	1.65	1.93	1.61	3.87	2.81	3.03	1.28	1.00	1.63
FeO	14.20	17.23	15.75	14.63	13.12	17.19	15.87	16.74	13.73	11.99	11.87	11.99	11.87	12.77	14.73	15.63	11.36	11.91	18.77	16.66	13.75
MnO	0.06	0.08	0.10	0.09	0.05	0.09	0.09	0.09	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.04	0.06	0.07	0.12	0.07	0.03
NiO	0.10	0.11	0.13	0.26	0.19	0.12	0.14	0.08	0.17	0.18	0.20	0.18	0.20	0.16	0.13	0.15	0.33	0.33	0.13	0.17	0.12
MgO	14.87	12.67	14.31	15.56	16.35	12.54	13.84	12.70	15.83	17.02	17.41	17.02	17.41	16.32	14.94	13.81	18.47	18.11	11.73	12.60	15.37
CaO	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Σ	99.50	99.27	99.53	98.71	99.69	99.56	99.95	98.78	98.94	99.50	99.54	99.50	99.54	99.85	99.83	99.21	98.50	99.42	99.20	98.40	99.61
Si	0.001	0.005	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.002	0.006	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.003
Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Al	1.141	1.071	1.290	1.499	1.373	1.040	1.137	1.062	1.416	1.376	1.415	1.376	1.415	1.280	1.250	1.115	1.682	1.658	1.143	1.050	1.214
Cr	0.856	0.898	0.705	0.442	0.587	0.937	0.847	0.920	0.585	0.588	0.548	0.588	0.548	0.681	0.714	0.789	0.257	0.285	0.823	0.926	0.756
Fe ³	0.001	0.019	0.004	0.057	0.044	0.018	0.013	0.016	0.002	0.044	0.034	0.044	0.034	0.041	0.035	0.086	0.057	0.061	0.029	0.023	0.035
Fe ²	0.347	0.432	0.379	0.343	0.308	0.433	0.390	0.423	0.323	0.280	0.275	0.280	0.275	0.303	0.354	0.388	0.255	0.267	0.471	0.423	0.332
Mn	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001
Ni	0.002	0.003	0.003	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.007	0.007	0.003	0.004	0.003
Mg	0.648	0.567	0.614	0.649	0.684	0.563	0.606	0.572	0.664	0.710	0.720	0.710	0.720	0.690	0.640	0.611	0.738	0.723	0.525	0.570	0.661
Ca	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
K	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.998	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	65.1	56.7	61.8	65.5	69.0	56.5	60.9	57.5	67.3	71.7	72.3	71.7	72.3	69.5	64.4	61.2	74.3	73.1	52.7	57.4	66.6
Cr#	42.9	45.6	35.4	22.8	29.9	47.4	42.7	46.4	29.2	29.9	27.9	29.9	27.9	34.7	36.4	41.4	13.3	14.7	41.9	46.9	38.4

Tablo 5'in devamı.

Örnek# Kayaç Grubu	AP2		AP3		AP4		AP6		AP7		AP8		AP9		AP12		AP14		AP15		AP16		AP19		AP20		AP21		AP22		AP23		AP24		AP25		AP26	
	MP (G2)	7	MP (G2)	10	MP (G2)	11	MP (G2)	8	MP (G2)	8	MP (G2)	3	MP (G2)	7	MP (G2)	6	MP (G2)	1	MP (G2)	6	MP (G2)	9	MP (G2)	11	MP (G2)	7	MP (G2)	10	MP (G2)	5	MP (G2)	6	MP (G2)	8	MP (G2)	7	MP (G2)	7
SiO ₂	0.01	0.03	0.03	0.03	0.27	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	1.10	0.02	0.07	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.09	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.24	0.03	0.03	0.06		
TiO ₂	0.02	0.09	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05	0.06	0.04	0.07	0.05	0.06	0.02	0.03	0.04	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05		
Al ₂ O ₃	21.88	19.07	14.91	19.69	24.19	17.70	21.85	21.85	21.66	11.92	18.80	18.80	22.25	28.63	16.31	17.29	17.29	18.80	22.25	28.63	16.31	17.29	28.63	16.31	17.29	17.29	32.24	23.51	23.86	23.51	23.86	21.11	23.86	21.11	13.00			
Cr ₂ O ₃	47.71	51.62	53.10	48.93	44.73	52.22	43.73	43.73	47.95	45.84	50.44	50.44	46.43	38.40	52.73	52.23	52.23	50.44	46.43	38.40	52.73	38.40	2.56	38.40	52.73	52.23	38.10	46.80	43.31	46.80	43.31	48.61	48.61	56.19				
Fe ₂ O ₃	0.71	0.46	1.99	1.02	0.84	0.27	4.26	4.26	0.70	18.01	9.03	1.56	1.09	2.56	1.26	1.55	1.55	1.56	1.09	2.56	1.26	1.09	2.56	1.26	1.55	1.55	0.24	0.03	1.61	0.03	1.61	0.85	0.85	1.42				
FeO	18.10	17.31	20.88	18.80	17.02	18.24	20.11	20.11	18.01	18.01	20.24	17.92	18.61	16.16	19.59	18.06	18.06	17.92	18.61	16.16	19.59	16.16	19.59	16.16	18.06	18.06	14.31	17.61	18.87	17.61	18.87	18.30	18.30	19.33				
MnO	0.11	0.08	0.15	0.11	0.10	0.10	0.15	0.15	0.11	0.11	0.14	0.09	0.11	0.08	0.14	0.11	0.11	0.09	0.11	0.08	0.14	0.11	0.08	0.14	0.11	0.11	0.07	0.10	0.13	0.10	0.13	0.09	0.09	0.10				
NiO	0.10	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.06	0.07	0.07	0.13	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.13	0.08	0.07	0.13	0.08	0.08	0.08	0.10	0.06	0.12	0.06	0.12	0.07	0.07	0.04				
MgO	11.20	11.65	8.69	10.71	12.01	10.59	9.91	9.91	11.23	8.80	11.09	11.09	10.95	13.04	9.65	10.88	10.88	11.09	10.95	13.04	9.65	10.95	13.04	9.65	10.88	14.72	11.60	10.90	11.60	10.90	11.11	11.11	9.56					
CaO	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.19	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	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	0.01	0.01	0.01			
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Σ	99.87	100.40	99.86	99.67	99.00	99.25	100.18	100.18	99.86	97.47	97.47	100.07	99.65	99.16	99.82	100.26	100.26	100.07	99.65	99.16	99.82	99.65	99.16	99.82	100.26	99.88	99.77	99.11	100.22	99.77	99.11	100.22	99.77	99.11	99.76			
Si	0.000	0.001	0.001	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.037	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			
Ti	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			
Al	0.805	0.705	0.575	0.734	0.879	0.669	0.809	0.809	0.797	0.474	0.700	0.700	0.820	1.018	0.621	0.648	0.648	0.700	0.820	1.018	0.621	0.820	1.018	0.621	0.648	1.112	0.857	0.877	0.857	0.877	0.777	0.777	0.502					
Cr	1.177	1.279	1.373	1.224	1.099	1.323	1.088	1.088	1.184	1.224	1.224	1.260	1.148	0.918	1.347	1.312	1.312	1.260	1.148	0.918	1.347	1.148	0.918	1.347	1.312	0.882	1.144	1.069	1.144	1.069	1.201	1.201	1.457					
Fe ³	0.017	0.011	0.049	0.024	0.020	0.006	0.101	0.101	0.017	0.229	0.229	0.037	0.026	0.058	0.031	0.037	0.037	0.037	0.026	0.058	0.031	0.026	0.058	0.031	0.037	0.005	0.001	0.038	0.005	0.038	0.020	0.035						
Fe ²	0.473	0.454	0.571	0.497	0.443	0.489	0.529	0.529	0.470	0.572	0.572	0.474	0.487	0.408	0.529	0.480	0.480	0.474	0.487	0.408	0.529	0.487	0.408	0.529	0.480	0.350	0.455	0.492	0.455	0.492	0.478	0.478	0.530					
Mn	0.003	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002				
Ni	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002				
Mg	0.521	0.544	0.423	0.505	0.553	0.506	0.464	0.464	0.523	0.443	0.443	0.522	0.510	0.587	0.465	0.515	0.515	0.522	0.510	0.587	0.465	0.510	0.587	0.465	0.515	0.642	0.535	0.507	0.535	0.507	0.517	0.517	0.467					
Ca	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000					
Na	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001				
K	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	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	0.000	0.000				
Σ	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	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.999	2.998	3.000	2.999	3.000	3.000	3.000	3.000					
Mg#	52.4	54.5	42.6	50.4	55.5	50.9	46.7	46.7	52.6	43.6	43.6	52.5	51.2	59.0	46.8	51.8	51.8	52.5	51.2	59.0	46.8	51.2	59.0	46.8	51.8	64.7	54.0	50.7	54.0	50.7	52.0	52.0	46.8					
Cr#	59.4	64.5	70.5	62.5	55.6	66.4	57.4	57.4	59.8	72.1	72.1	64.3	58.3	47.4	68.4	66.9	66.9	64.3	58.3	47.4	68.4	58.3	47.4	68.4	66.9	44.2	57.2	54.9	57.2	54.9	60.7	60.7	74.4					

Tablo 5'in devamı.

Örnek#	AP28	AP29	AP30	AP31	AP32	AP33	AP34	AP35	AP37	AP39	AP40	AP41	AP42	AP43	AP44	AP45	AP47	AP48	AP49
Kayaç	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Grubu	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)
N	8	5	6	5	14	10	4	8	7	4	6	8	17	7	5	6	7	4	7
SiO ₂	0.03	0.02	0.16	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.17	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
TiO ₂	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.02
Al ₂ O ₃	19.88	19.38	18.78	21.89	14.19	15.42	17.29	18.82	28.85	15.74	20.93	14.62	17.68	28.16	16.48	15.57	24.70	26.07	17.80
Cr ₂ O ₃	50.14	49.91	50.79	46.64	54.26	52.49	51.94	50.28	40.66	51.84	48.73	56.76	51.02	40.83	52.51	53.55	43.76	42.80	50.44
Fe ₂ O ₃	0.01	1.39	0.63	1.13	0.63	1.25	1.43	1.10	0.79	2.33	2.22	0.11	1.98	0.81	1.13	1.83	0.73	1.13	2.15
FeO	18.00	17.31	18.46	19.39	18.12	18.20	19.32	18.89	15.80	20.20	16.65	18.46	18.97	16.45	19.28	18.85	17.01	16.92	18.87
MnO	0.09	0.07	0.10	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.06	0.13	0.05	0.09	0.10	0.07	0.12	0.12	0.10	0.10	0.11
NiO	0.06	0.08	0.08	0.07	0.04	0.06	0.07	0.06	0.11	0.07	0.09	0.05	0.08	0.13	0.06	0.09	0.10	0.06	0.08
MgO	10.94	11.45	10.77	10.36	9.94	10.04	10.04	10.37	13.44	9.13	11.87	10.34	10.31	12.86	9.85	10.18	11.92	12.38	10.30
CaO	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	99.17	99.67	99.80	99.68	97.36	97.61	100.26	99.74	99.78	99.54	100.24	100.49	100.22	99.37	99.49	100.27	98.38	99.53	99.88
Si	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	0.743	0.720	0.702	0.811	0.556	0.599	0.651	0.706	1.018	0.605	0.768	0.554	0.664	1.003	0.628	0.590	0.905	0.938	0.670
Cr	1.257	1.245	1.273	1.160	1.426	1.368	1.313	1.265	0.963	1.336	1.201	1.444	1.285	0.976	1.342	1.362	1.076	1.034	1.274
Fe ³	0.000	0.033	0.015	0.027	0.016	0.031	0.034	0.026	0.018	0.057	0.052	0.003	0.048	0.018	0.028	0.044	0.017	0.026	0.052
Fe ²	0.477	0.457	0.489	0.510	0.504	0.502	0.516	0.503	0.395	0.550	0.434	0.497	0.506	0.416	0.521	0.507	0.442	0.432	0.504
Mn	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.004	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ni	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Mg	0.517	0.539	0.509	0.485	0.492	0.494	0.478	0.492	0.600	0.443	0.551	0.496	0.490	0.579	0.475	0.488	0.553	0.564	0.491
Ca	0.000	0.000	0.001	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	0.000	0.000	0.001
Na	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
K	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	0.000	0.000	0.001
Σ	2.999	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.999	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	52.0	54.1	51.0	48.8	49.4	49.6	48.1	49.5	60.3	44.6	56.0	49.9	49.2	58.2	47.6	49.0	55.5	56.6	49.3
Cr#	62.9	63.3	64.5	58.9	72.0	69.5	66.8	64.2	48.6	68.8	61.0	72.3	65.9	49.3	68.1	69.8	54.3	52.4	65.5

Tablo 5'in devamı.

Örnek#	AP78	AP79	AP80	AP81	AP82	AP83	AP84	AP85	AP88	AP92	AP100	AP112	AP113	AP115	AP117	AP119	AP120	AP121	AP122
Kayaç	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Grubu	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)
N	9	4	3	3	9	10	8	2	8	8	2	7	8	3	4	7	7	3	14
SiO ₂	0.07	0.05	0.02	0.10	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.15	0.15	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.18	0.03
TiO ₂	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.05	0.03	0.01	0.04	0.02	0.06	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.10
Al ₂ O ₃	24.10	17.26	21.10	24.56	20.32	29.40	21.73	20.94	21.71	13.44	29.22	20.88	21.65	22.02	21.77	23.40	27.89	26.59	14.18
Cr ₂ O ₃	43.36	51.62	47.96	43.17	48.72	39.83	47.09	47.57	47.11	55.90	37.77	47.88	46.81	47.76	46.26	43.20	40.81	42.10	54.21
Fe ₂ O ₃	2.25	1.29	0.77	2.99	2.42	1.95	2.10	1.16	1.50	1.42	2.90	1.11	1.31	0.52	1.28	3.23	1.52	1.60	2.34
FeO	16.63	18.95	18.09	17.11	16.26	14.31	16.97	18.19	17.49	19.26	16.53	17.98	17.70	16.42	18.45	18.23	16.08	15.84	17.91
MnO	0.07	0.10	0.14	0.06	0.04	0.03	0.04	0.12	0.07	0.09	0.11	0.10	0.10	0.05	0.14	0.06	0.05	0.03	0.08
NiO	0.06	0.08	0.13	0.06	0.07	0.11	0.08	0.05	0.10	0.04	0.10	0.07	0.09	0.07	0.05	0.07	0.09	0.09	0.06
MgO	12.17	10.16	10.99	12.10	12.33	14.60	12.08	10.90	11.55	9.45	12.76	11.10	11.30	12.13	10.73	11.30	13.20	13.37	10.56
CaO	0.01	0.00	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	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
K ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Σ	98.68	99.55	99.24	100.09	100.17	100.27	100.16	99.01	99.59	99.52	99.26	99.24	99.00	99.02	98.76	99.51	99.72	99.85	99.47
Si	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.001
Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003
Al	0.882	0.654	0.784	0.887	0.745	1.024	0.794	0.780	0.800	0.520	1.040	0.776	0.803	0.810	0.811	0.858	0.990	0.946	0.543
Cr	1.065	1.311	1.195	1.047	1.199	0.931	1.154	1.190	1.164	1.452	0.902	1.194	1.164	1.179	1.157	1.063	0.972	1.006	1.393
Fe ³	0.053	0.031	0.018	0.069	0.057	0.043	0.049	0.028	0.035	0.035	0.066	0.026	0.031	0.012	0.031	0.076	0.035	0.036	0.057
Fe ²	0.432	0.509	0.477	0.439	0.423	0.354	0.440	0.481	0.457	0.529	0.417	0.474	0.466	0.429	0.488	0.475	0.405	0.400	0.487
Mn	0.002	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.002
Ni	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
Mg	0.564	0.487	0.516	0.553	0.572	0.643	0.558	0.514	0.538	0.463	0.574	0.522	0.530	0.564	0.506	0.524	0.593	0.602	0.512
Ca	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
K	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	0.000	0.001	0.000
Σ	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	2.999	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	56.6	48.9	52.0	55.7	57.5	64.5	55.9	51.7	54.1	46.7	57.9	52.4	53.2	56.8	50.9	52.5	59.4	60.1	51.2
Cr#	54.7	66.7	60.4	54.1	61.7	47.6	59.3	60.4	59.3	73.6	46.4	60.6	59.2	59.3	58.8	55.3	49.5	51.5	72.0

Tablo 5'in devamı.

Örnek# Kayaç Grubu	AP123	AP124	AP127	AP128	AP1	AP18	AP27	AP46	AP52	AP59	AP63	AP64	AP65	AP89	AP95	AP97	AP111	AP125	
	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	UMK 11	UMK 13	UMK 9	UMK 13	UMK 7	UMK 12	UMK 6	UMK 9	UMK 9	UMK 6	UMK 10	UMK 8	UMK 11	UMK 7	
N	10	5	3	6															
SiO ₂	0.03	0.10	0.05	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.09
TiO ₂	0.02	0.02	0.02	0.01	0.12	0.06	0.03	0.15	0.21	0.24	0.19	0.17	0.22	0.18	0.13	0.16	0.20	0.18	0.18
Al ₂ O ₃	23.85	28.42	17.15	15.78	9.46	8.03	7.25	12.41	12.21	11.58	10.59	10.74	12.54	12.14	8.52	7.50	12.99	11.80	11.80
Cr ₂ O ₃	44.74	40.08	51.79	51.19	59.52	61.66	60.60	55.20	55.46	52.62	56.96	58.19	52.69	57.68	61.39	57.68	52.30	55.37	55.37
Fe ₂ O ₃	1.79	1.45	1.95	1.77	2.07	0.92	3.09	3.14	2.85	5.39	2.72	2.30	4.82	1.22	1.30	4.64	5.30	4.07	4.07
FeO	16.66	16.61	18.24	18.62	20.16	21.22	21.06	18.76	18.64	21.88	20.06	19.30	21.15	19.13	18.65	21.61	18.43	19.04	19.04
MnO	0.05	0.04	0.05	0.08	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.19	0.17	0.14	0.18	0.13	0.12	0.15	0.07	0.07	0.07
NiO	0.08	0.09	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06	0.07	0.09	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07	0.03	0.07	0.05	0.05
MgO	12.36	12.91	10.69	9.78	8.72	7.81	7.82	9.84	9.86	7.73	8.82	9.49	8.35	9.69	9.53	7.37	10.13	9.89	9.89
CaO	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.01	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	0.01	0.00	0.00	0.00
Σ	99.60	99.77	99.90	97.33	100.28	99.92	100.10	99.77	99.48	99.72	99.61	100.41	100.07	100.27	99.75	99.16	99.52	100.54	100.54
Si	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003
Ti	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.002	0.001	0.004	0.005	0.006	0.005	0.004	0.005	0.005	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005
Al	0.866	1.008	0.646	0.615	0.372	0.321	0.291	0.480	0.474	0.457	0.416	0.417	0.489	0.468	0.336	0.304	0.502	0.455	0.455
Cr	1.090	0.954	1.308	1.338	1.570	1.652	1.628	1.434	1.445	1.394	1.504	1.516	1.379	1.493	1.624	1.567	1.356	1.432	1.432
Fe ³	0.041	0.033	0.047	0.044	0.052	0.023	0.079	0.078	0.071	0.136	0.068	0.057	0.120	0.030	0.033	0.120	0.131	0.100	0.100
Fe ²	0.429	0.418	0.488	0.515	0.562	0.602	0.598	0.515	0.514	0.613	0.560	0.532	0.585	0.524	0.522	0.621	0.506	0.521	0.521
Mn	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.003	0.004	0.002	0.002	0.002
Ni	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001
Mg	0.568	0.579	0.509	0.482	0.434	0.394	0.396	0.482	0.484	0.386	0.439	0.466	0.412	0.473	0.475	0.378	0.495	0.482	0.482
Ca	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	0.000	0.000	0.000
Na	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
K	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	0.000	0.000	0.000
Σ	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	2.999	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	56.9	58.1	51.1	48.4	43.5	39.6	39.8	48.3	48.5	38.6	43.9	46.7	41.3	47.4	47.7	37.8	49.5	48.1	48.1
Cr#	55.7	48.6	66.9	68.5	80.8	83.7	84.9	74.9	75.3	75.3	78.3	78.4	73.8	76.1	82.8	83.8	73.0	75.9	75.9

Tablo 5'in devamı.

Örnek# Kayaç Grubu	PK41		PK53		PK70		AP61		PK18		PK28		PK32		PK44		PK52		AP98	
	N	11	UMK	UMK	8	9	UMK	UMK	3	3	4	UMK	UMK	3	3	3	UMK	UMK	1	1
SiO ₂	0.02	0.03	0.02	0.01	0.06	0.04	0.24	0.01	0.05	0.05	0.05	0.14	0.12	0.16	0.13	0.10	0.09	0.14	0.12	0.12
TiO ₂	0.18	0.11	0.14	0.21	23.77	19.68	26.27	33.23	31.07	36.55	44.14	34.51	26.89	23.71	5.41	4.09	5.78	5.97	4.64	10.24
Al ₂ O ₃	50.62	24.23	48.14	52.74	24.29	21.24	22.00	22.38	23.02	28.47	0.00	0.00	0.00	0.40	0.04	0.06	0.10	0.10	0.12	
Cr ₂ O ₃	3.68	5.48	4.47	2.99	6.84	8.68	8.91	9.92	8.61	4.97	0.15	0.07	0.13	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	
FeO	20.63	20.86	20.49	20.59	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	
MnO	0.00	0.00	0.00	0.17	97.29	98.14	98.04	99.87	96.73	99.23	0.002	0.001	0.008	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	
NiO	0.04	0.09	0.06	0.04	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	
MgO	8.59	10.33	8.92	8.68	0.913	0.755	0.979	1.271	1.220	1.157	0.944	1.136	0.864	0.591	0.662	0.592	0.662	0.592	0.592	
CaO	0.03	0.12	0.02	0.00	0.133	0.100	0.138	0.134	0.109	0.243	0.664	0.578	0.582	0.558	0.600	0.752	0.600	0.011	0.011	
Na ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.01	0.000	0.000	0.005	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.011	0.011	
K ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.331	0.421	0.421	0.439	0.400	0.234	0.400	0.234	0.234	
Σ	98.16	97.26	98.53	99.19	0.005	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.005	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	
Si	0.001	0.001	0.001	0.000	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	3.000	
Ti	0.004	0.003	0.003	0.005	33.3	42.1	41.9	44.0	40.0	23.7	0.002	0.001	0.008	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	
Al	0.564	1.287	0.630	0.536	50.9	60.1	46.9	31.8	35.2	33.9	0.913	0.755	0.979	1.271	1.220	1.157	1.220	1.157	1.157	
Cr	1.334	0.581	1.252	1.380	0.944	1.136	0.864	0.591	0.662	0.592	0.944	1.136	0.864	0.591	0.662	0.592	0.662	0.592	0.592	
Fe ³	0.092	0.125	0.111	0.075	0.133	0.100	0.138	0.134	0.109	0.243	0.133	0.100	0.138	0.134	0.109	0.243	0.109	0.243	0.243	
Fe ²	0.575	0.529	0.564	0.570	0.664	0.578	0.582	0.558	0.600	0.752	0.664	0.578	0.582	0.558	0.600	0.752	0.600	0.011	0.011	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.011	0.011	
Ni	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	
Mg	0.427	0.467	0.437	0.428	0.331	0.421	0.421	0.439	0.400	0.234	0.331	0.421	0.421	0.439	0.400	0.234	0.400	0.234	0.234	
Ca	0.001	0.004	0.000	0.000	0.005	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.005	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
K	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	0.000	0.000	0.000	
Σ	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	3.000	3.000	3.000	3.000	
Mg#	42.6	46.9	43.7	42.9	33.3	42.1	41.9	44.0	40.0	23.7	0.002	0.001	0.008	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	
Cr#	70.3	31.1	66.2	72.0	50.9	60.1	46.9	31.8	35.2	33.9	0.913	0.755	0.979	1.271	1.220	1.157	1.220	1.157	1.157	

3.5.2. Olivin

Olivin, manto peridotitlerini ve kümülat dunitleri temsil eden örneklerde gözlenen en bol mineral olmakla birlikte verlit ve klinopiroksenit örneklerinde de gözlenmiştir. Kümülat gabro ve izole diyabaz dayklarında ise olivin kristallerine rastlanmamıştır. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen olivinlerin mineral kimyası ortalama ana oksit içerikleri Tablo 6, analizlerin tümü ise Ek Tablo 5'te verilmiştir.

Manto peridotitlerine ait Grup-1 ve Grup-2 örneklerinde gözlenen olivin kristalleri kısmen yüksek ve değişen forsterit ($Fo = [100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})]$) içeriklerine (89.4–92.8) sahip olup, MnO içerikleri her iki grup örnekler için benzer aralıklardadır ve 0.07–0.19 ağırlık % arasında değişir (Şekil 22a,b). NiO içerikleri ise Grup-1 ve Grup-2 örneklerinde kısmen benzer aralıklarda (0.35-0.56 ağırlık %) olmalarına rağmen, Grup-1 manto peridotitlerini temsil eden birkaç örnekteki bazı olivin kristallerinin NiO içerikleri 0.05 ağırlık %'ye kadar düşmektedir. Söz konusu manto peridotitlerine ait olivinler forsterit ve NiO içerikleri bakımından çoklukla manto yönsemesi alanı içerisinde kalmakla birlikte bazı olivinler Ni içerikleri bakımından hafif bir zenginleşme sunarak bu alanın kısmen üzerinde yer alırlar (Şekil 22a). MnO içerikleri Vance ve Dungan (1977) tarafından önerilen manto alanının kısmen üst kesimlerinde yer almakla birlikte, her iki gruba ait örneklerin büyük bir çoğunluğundaki olivinlerin MnO içerikleri kısmen daha yüksek MnO içerikleri ile temsil edilir (Şekil 22b).

Her iki grup manto peridotitlerinde gözlenen olivinler oldukça düşük CaO içeriklerine sahip olmakla birlikte Grup-1 örneklerindeki olivinlerin CaO içerikleri (<0.04 ağırlık %) Grup-2 örneklerindeki olivinlerin CaO içeriklerine (<0.10 ağırlık %) göre kısmen daha düşüktür. Kümülat dunitlere ait olivinler manto peridotitlerindeki olivinlere kısmen benzer forsterit içeriklerine sahip olmakla birlikte ($Fo = 89.7–92.6$) verlit ve piroksenit örneklerindeki olivinlerin forsterit içerikleri kısmen birbirlerine benzer olup kümülat dunitlerden daha düşüktür ($Fo = 82.5–89.2$). Kümülat dunitlere ait olivinlerin NiO ve MnO içerikleri manto peridotitlerine ait olivinlere benzer değerlerde olup, sırasıyla 0.21–0.50 ağırlık % ve 0.09–0.18 ağırlık % aralıklarında değişir (Şekil 22a,b). Buna karşılık, verlit ve klinopiroksenit örneklerindeki olivin kristalleri kısmen daha düşük NiO içeriklerine (sırasıyla 0.10–0.27 ağırlık % ve 0.08-0.24 ağırlık %) ve daha yüksek MnO içeriklerine (sırasıyla 0.13–0.24 ağırlık % ve 0.17-0.28 ağırlık %) sahiptir.

Tablo 6. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen olivinlerin ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı.

Örnek#	AP10	AP11	AP17	AP36	AP38	AP70	AP71	AP87	AP90C	AP90A	AP90B	AP91	AP101	AP102	AP103	AP105	AP107	AP116
Kayaç Grubu	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)
N	6	7	6	2	5	7	6	5	4	7	6	5	6	6	4	4	8	7
SiO ₂	41.71	41.36	41.25	40.74	40.93	40.38	41.14	41.18	41.34	41.22	40.99	41.43	41.43	40.96	41.09	40.84	41.53	41.29
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.00	0.61	0.00	0.01	0.01	0.00	0.07	0.09	0.12	0.54	0.09	0.00	0.31	0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
FeO	7.10	8.96	9.35	10.14	9.28	9.20	9.15	8.90	8.83	9.06	8.89	8.59	9.10	9.00	9.44	10.10	9.48	8.90
MnO	0.10	0.12	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.14	0.12	0.14	0.13	0.16	0.15
NiO	0.45	0.43	0.44	0.40	0.41	0.41	0.41	0.43	0.44	0.42	0.41	0.42	0.41	0.43	0.43	0.43	0.39	0.42
MgO	50.31	48.56	48.97	48.59	50.07	48.96	48.75	48.19	48.20	50.08	50.21	50.81	50.12	49.87	49.40	49.44	47.29	47.97
CaO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Na ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Σ	99.71	99.47	100.19	100.03	101.46	99.18	99.64	98.90	98.97	100.95	100.66	101.52	101.73	100.31	100.01	101.28	98.88	98.77
Si	1.012	1.014	1.007	1.001	0.988	0.997	1.009	1.016	1.018	0.998	0.995	0.995	0.995	0.998	1.007	0.991	1.026	1.019
Ti	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	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.003	0.015	0.003	0.015	0.009	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.144	0.184	0.191	0.208	0.187	0.190	0.188	0.184	0.182	0.183	0.180	0.173	0.183	0.184	0.193	0.205	0.196	0.184
Mn	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ni	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008
Mg	1.820	1.775	1.782	1.779	1.801	1.802	1.782	1.772	1.770	1.808	1.817	1.820	1.794	1.812	1.804	1.788	1.741	1.765
Ca	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	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	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	2.988	2.986	2.993	2.999	3.004	3.003	2.991	2.984	2.982	3.001	3.004	3.003	2.998	3.003	3.001	3.005	2.974	2.981
Fo	92.7	90.6	90.3	89.5	90.6	90.5	90.5	90.6	90.7	90.8	91.0	91.3	90.8	90.8	90.3	89.7	89.9	90.6

Tablo 6'nin devamı.

Örnek#	AP126	AP2	AP3	AP4	AP6	AP7	AP8	AP9	AP12	AP14	AP15	AP16	AP19	AP20	AP21	AP22	AP23	AP24	AP25
N	12	8	13	12	8	11	4	14	6	4	4	6	7	2	1	6	3	7	8
SiO ₂	41.17	41.55	41.66	41.37	41.25	41.16	40.79	41.69	41.46	40.57	41.05	41.34	41.31	41.34	41.42	41.60	41.13	41.76	41.65
TiO ₂	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	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
FeO	8.98	9.24	8.02	9.27	9.23	8.72	8.87	8.93	8.74	8.89	8.86	8.61	9.11	9.00	8.54	7.20	8.90	8.61	8.85
MnO	0.13	0.14	0.12	0.15	0.15	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14	0.14	0.12	0.13	0.14	0.14
NiO	0.40	0.45	0.43	0.43	0.46	0.43	0.48	0.41	0.40	0.38	0.44	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.45	0.44
MgO	50.06	49.02	49.89	48.98	49.07	49.51	49.25	49.09	49.32	49.53	49.62	49.52	49.11	49.03	49.58	50.78	49.49	49.20	48.89
CaO	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Na ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.84	100.43	100.15	100.22	100.18	100.00	99.56	100.30	100.10	99.57	100.21	100.05	100.13	99.97	100.12	100.14	100.09	100.18	99.99
Si	0.998	1.011	1.011	1.009	1.007	1.004	1.001	1.014	1.010	0.996	1.001	1.007	1.008	1.010	1.008	1.006	1.003	1.015	1.015
Ti	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	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	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	0.000	0.000
Cr	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	0.000	0.000	0.000
Fe ²	0.182	0.188	0.163	0.189	0.188	0.178	0.182	0.182	0.178	0.183	0.181	0.175	0.186	0.184	0.174	0.146	0.182	0.175	0.180
Mn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
Ni	0.008	0.009	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009
Mg	1.809	1.778	1.804	1.781	1.785	1.801	1.802	1.779	1.791	1.813	1.803	1.799	1.786	1.785	1.799	1.831	1.800	1.783	1.777
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	3.001	2.989	2.989	2.991	2.993	2.996	2.999	2.986	2.990	3.004	3.000	2.993	2.992	2.990	2.992	2.994	2.997	2.985	2.985
Fo	90.9	90.4	91.7	90.4	90.5	91.0	90.8	90.7	91.0	90.8	90.9	91.1	90.6	90.7	91.2	92.6	90.8	91.1	90.8

Tablo 6'nin devamı.

Örnek#	AP26	AP28	AP29	AP30	AP31	AP32	AP33	AP34	AP35	AP37	AP39	AP40	AP41	AP42	AP43	AP44	AP45	AP47	AP48
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	5	6	10	12	6	24	21	13	7	6	20	3	14	21	9	5	12	14	9
SiO ₂	41.36	40.39	40.85	41.47	41.55	40.42	39.42	41.27	41.41	41.38	41.26	41.39	40.89	41.31	41.35	41.22	41.66	41.36	41.60
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
FeO	8.83	9.04	8.97	9.17	8.60	8.08	8.96	9.19	8.84	8.31	9.48	9.27	8.54	9.12	8.77	8.99	8.36	9.08	8.73
MnO	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.14	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14	0.13	0.15	0.15	0.14	0.13	0.15	0.13
NiO	0.44	0.39	0.42	0.44	0.42	0.42	0.40	0.44	0.41	0.44	0.39	0.43	0.42	0.44	0.43	0.39	0.45	0.39	0.43
MgO	49.10	49.20	49.22	48.84	49.38	49.21	48.22	49.28	49.44	49.74	48.77	50.03	49.45	49.14	49.31	49.21	49.34	48.76	49.26
CaO	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	99.91	99.23	99.63	100.11	100.11	98.29	97.18	100.36	100.29	100.04	100.10	101.28	99.48	100.21	100.05	99.99	99.98	99.77	100.19
Si	1.010	0.996	1.002	1.012	1.011	1.001	0.993	1.005	1.007	1.007	1.009	1.000	1.003	1.007	1.008	1.007	1.014	1.012	1.012
Ti	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	0.000	0.000	0.000
Al	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	0.000	0.000	0.000
Cr	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	0.000	0.000	0.000
Fe ²	0.180	0.187	0.184	0.187	0.175	0.167	0.189	0.187	0.180	0.169	0.194	0.187	0.175	0.186	0.179	0.184	0.170	0.186	0.178
Mn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ni	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008
Mg	1.787	1.809	1.800	1.777	1.791	1.818	1.812	1.790	1.793	1.805	1.777	1.801	1.808	1.786	1.792	1.791	1.790	1.779	1.786
Ca	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Na	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	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000	0.000
Σ	2.990	3.004	2.998	2.988	2.989	2.999	3.007	2.995	2.993	2.993	2.991	3.000	2.997	2.993	2.992	2.993	2.986	2.988	2.988
Fo	90.8	90.7	90.7	90.5	91.1	91.6	90.6	90.5	90.9	91.4	90.2	90.6	91.2	90.6	90.9	90.7	91.3	90.5	91.0

Tablo 6'nin devamı.

Örnek#	AP49	AP50	AP51	AP53	AP54	AP55	AP56	AP57	AP58	AP62	AP66	AP67	AP68	AP69	AP72	AP73	AP74	AP75	AP76
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	9	3	7	11	9	11	13	19	8	7	9	14	24	11	8	12	6	10	4
SiO ₂	41.41	41.37	41.45	41.35	41.13	41.38	40.97	40.93	40.83	41.25	41.39	40.76	41.17	40.86	40.98	41.32	40.97	41.14	41.33
TiO ₂	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 ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.00
FeO	8.82	8.64	8.46	8.66	9.08	8.78	8.55	9.10	9.15	8.98	8.65	8.75	8.15	8.79	8.80	8.08	8.87	8.58	8.92
MnO	0.15	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.14	0.13	0.12	0.14	0.14	0.14
NiO	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	0.43	0.41	0.41	0.39	0.45	0.44	0.39	0.41	0.42	0.44	0.40	0.41	0.40	0.38
MgO	49.19	49.26	49.31	49.59	49.11	49.40	49.69	48.91	48.59	49.22	49.21	48.70	49.76	49.12	49.44	50.25	49.50	48.71	47.99
CaO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
Na ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	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
Σ	100.02	99.85	99.83	100.21	99.92	100.16	99.78	99.54	99.16	100.09	99.87	98.78	99.67	99.36	99.85	100.21	99.90	99.05	98.78
Si	1.010	1.010	1.011	1.006	1.006	1.008	1.001	1.005	1.007	1.006	1.010	1.007	1.005	1.004	1.002	1.003	1.002	1.012	1.020
Ti	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	0.000	0.000	0.000
Al	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	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ²	0.180	0.176	0.173	0.176	0.186	0.179	0.175	0.187	0.189	0.183	0.177	0.181	0.166	0.181	0.180	0.164	0.181	0.177	0.184
Mn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ni	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008
Mg	1.788	1.792	1.793	1.799	1.790	1.794	1.811	1.791	1.786	1.790	1.790	1.794	1.811	1.799	1.803	1.818	1.804	1.786	1.765
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Na	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	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000	0.000
Σ	2.990	2.990	2.989	2.994	2.994	2.992	2.999	2.995	2.993	2.993	2.990	2.993	2.995	2.996	2.998	2.997	2.998	2.988	2.980
Fo	90.9	91.0	91.2	91.1	90.6	90.9	91.2	90.5	90.4	90.7	91.0	90.8	91.6	90.9	90.9	91.7	90.9	91.0	90.6

Tablo 6'nin devamı.

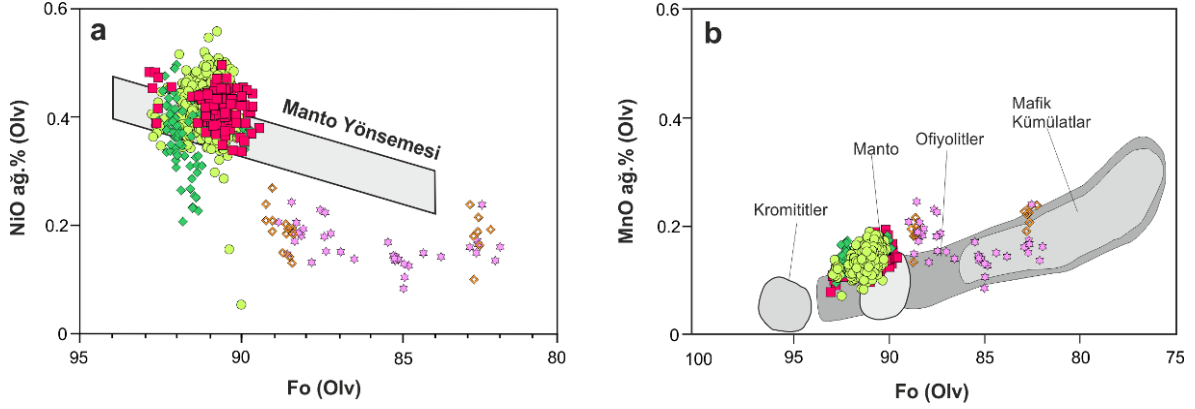
Örnek#	AP77	AP78	AP79	AP80	AP81	AP82	AP83	AP84	AP85	AP88	AP92	AP100	AP112	AP113	AP115	AP117	AP119	AP120
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	4	5	1	7	9	4	4	5	4	4	6	5	6	7	6	7	6	4
SiO ₂	41.41	41.46	41.25	41.36	41.24	41.49	41.61	41.38	41.40	41.34	41.26	41.28	41.05	41.18	41.66	41.24	41.68	41.07
TiO ₂	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	0.19	-0.11	0.00	0.01	0.06	0.02	0.02	0.10	0.01	0.01	0.06	0.35	0.00	0.01	0.01	0.01	-0.27	0.10
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02
FeO	8.56	8.79	8.98	8.76	8.91	8.57	8.30	9.32	8.91	8.57	8.15	9.03	9.17	8.79	8.89	9.02	8.80	9.43
MnO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.13	0.13
NiO	0.44	0.42	0.41	0.40	0.42	0.43	0.40	0.40	0.43	0.44	0.38	0.42	0.41	0.40	0.41	0.40	0.39	0.41
MgO	50.53	50.03	48.22	47.97	50.71	50.99	50.87	50.08	48.19	48.35	51.20	50.00	48.37	48.25	49.31	48.00	50.45	49.55
CaO	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Na ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Σ	101.25	100.69	99.01	98.65	101.48	101.65	101.35	101.43	99.11	98.85	101.19	101.03	99.20	98.78	100.47	98.88	100.85	100.72
Si	0.997	1.005	1.016	1.021	0.993	0.996	1.000	0.998	1.018	1.018	0.993	0.998	1.011	1.016	1.011	1.018	1.009	0.998
Ti	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	0.000	0.000
Al	0.005	0.019	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.002	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.003
Cr	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²	0.172	0.178	0.185	0.181	0.179	0.172	0.167	0.188	0.183	0.176	0.164	0.183	0.189	0.181	0.181	0.186	0.178	0.192
Mn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ni	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Mg	1.814	1.808	1.771	1.765	1.821	1.824	1.822	1.801	1.767	1.775	1.837	1.803	1.776	1.775	1.785	1.766	1.820	1.796
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.000	2.997	2.984	2.979	3.006	3.004	3.000	3.000	2.981	2.982	3.006	2.999	2.989	2.984	2.989	2.983	3.000	3.000
Fo	91.3	91.0	90.5	90.7	91.0	91.4	91.6	90.6	90.6	91.0	91.8	90.8	90.4	90.7	90.8	90.5	91.1	90.4

Tablo 6'nin devamı.

Örnek# Kayaç Grubu	AP122	AP123	AP124	AP127	AP128	AP1	AP18	AP27	AP52	AP63	AP64	AP65	AP89	AP97	AP111	AP125	PK41-	PK53
	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
N	8	5	7	11	15	9	3	8	10	7	5	9	6	8	7	7	9	7
SiO ₂	41.53	41.36	41.35	41.25	41.04	41.64	40.95	41.53	41.53	41.10	41.67	41.27	41.94	41.15	41.39	41.83	41.22	40.50
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	0.13	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.07	0.04	0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
FeO	7.43	8.66	9.04	9.00	8.83	7.75	8.26	8.78	7.63	7.89	7.52	9.69	7.29	8.39	8.52	8.06	10.69	15.98
MnO	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.16	0.12	0.14	0.13	0.13	0.18	0.22
NiO	0.38	0.43	0.42	0.41	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.37	0.36	0.36	0.44	0.24	0.31	0.34	0.18	0.18
MgO	51.43	50.48	50.76	50.12	49.01	50.42	49.91	49.21	49.93	50.02	50.08	48.32	49.02	50.90	50.67	51.53	46.13	42.56
CaO	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.01	0.01	0.09	0.11	0.08	0.20	0.07	0.06	0.09	0.07	0.02	0.02
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Σ	101.07	101.13	101.74	100.97	99.46	100.42	99.69	100.10	99.75	99.64	99.87	100.04	98.91	100.62	100.86	101.92	98.46	99.49
Si	0.997	0.998	0.994	0.998	1.007	1.007	1.001	1.011	1.010	1.003	1.011	1.011	1.025	0.997	1.001	0.998	1.027	1.024
Ti	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	0.000	0.000
Al	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.009	0.001	0.000	0.000
Cr	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	0.000	0.000
Fe ²	0.149	0.175	0.182	0.182	0.181	0.157	0.169	0.179	0.155	0.161	0.153	0.198	0.149	0.170	0.172	0.161	0.223	0.338
Mn	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005
Ni	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.009	0.005	0.006	0.006	0.004	0.004
Mg	1.841	1.816	1.818	1.808	1.793	1.817	1.818	1.787	1.811	1.820	1.812	1.764	1.786	1.838	1.827	1.833	1.714	1.604
Ca	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.003	0.002	0.005	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
Na	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	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.001	3.001	3.006	3.001	2.993	2.993	2.999	2.989	2.990	2.997	2.989	2.989	2.974	3.007	3.003	3.002	2.973	2.976
Fo	92.5	91.2	90.9	90.8	90.8	92.1	91.5	90.9	92.1	91.9	92.2	89.9	92.3	91.5	91.4	91.9	88.5	82.6

Tablo 6'nin devamı.

Örnek# Kayaç Grubu	PK70	AP98	AP110	PK18	PK28	PK32	PK44	PK52
	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
N	5	3	4	7	12	4	4	4
SiO ₂	41.31	39.79	40.24	40.60	41.45	40.86	40.25	39.98
TiO ₂	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	0.00	0.01	0.28	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.01	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02
FeO	10.46	15.95	14.09	13.78	11.16	11.69	14.52	16.22
MnO	0.00	0.21	0.21	0.18	0.17	0.18	0.00	0.22
NiO	0.22	0.19	0.14	0.13	0.20	0.16	0.15	0.15
MgO	47.96	42.62	46.49	44.08	46.72	45.57	45.93	42.31
CaO	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.04	0.02	0.01
Na ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Σ	100.00	98.82	100.92	98.80	99.77	98.53	100.90	98.95
Si	1.013	1.015	0.997	1.023	1.022	1.023	0.998	1.019
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe ²	0.215	0.340	0.292	0.290	0.230	0.245	0.302	0.346
Mn	0.000	0.005	0.004	0.004	0.003	0.004	0.000	0.005
Ni	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003
Mg	1.753	1.620	1.717	1.656	1.717	1.701	1.698	1.607
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	2.987	2.985	3.007	2.977	2.978	2.977	3.001	2.981
Fo	89.1	82.6	85.5	85.1	88.2	87.4	85.0	82.3

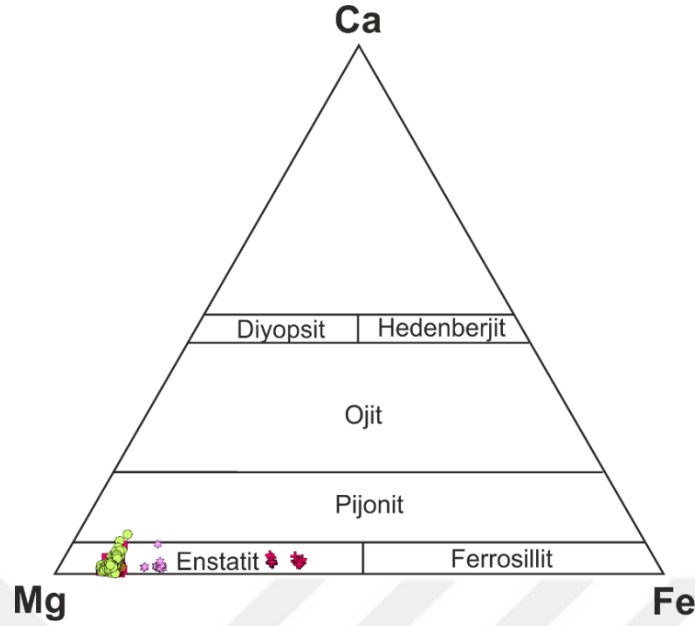


Şekil 22. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve gabro örneklerine ait olivin kristallerinin Fo içeriklerine karşılık a- NiO ve b- MnO içeriklerindeki değişimler. Şekil a'daki manto olivin yönsemesi Takahashi vd. (1987)'den ve b'deki alanlar Vance ve Dungan (1977)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.

3.5.3. Ortopiroksen

Ortopiroksen çoklukla manto peridotitlerinde gözlenmesine rağmen kümülat dunit, verlit, klinopiroksenit ve kümülat gabro örneklerinde de az miktarda gözlenmiştir. Bir adet verlit örneğinde ise az miktardaki ortopiroksenlerin tamamen serpantinleştiği görülmüştür. Bununla birlikte, izole diyabaz dayklarında ise ortopiroksen minerallerine rastlanılmamıştır. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen ortopiroksenlerin mineral kimyası ortalama ana oksit içerikleri Tablo 7, analizlerin tümü ise Ek Tablo 6'da verilmiştir.

Grup-1 ve Grup-2 manto peridotiti örneklerinde gözlenen ortopiroksenler Mg içerikleri bakımından zengin olup, enstatit içerikleri 84.4–92.2 arasında değişir Enstatit (En)= $100 \times \text{Mg}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe})$; Volastonit (Vo)= $100 \times \text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe})$; Ferrosilit (Fs)= $100 \times \text{Fe}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe})$ (Şekil 23). Her iki grup örneklerdeki ortopiroksenler yüksek Mg# (89.3–93.2) değerlerine sahiptir. Buna karşılık, Grup-2 örneklerindeki ortopiroksenler Al_2O_3 içerikleri (0.11–3.23 ağırlık %) bakımından, Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenlerin Al_2O_3 (0.99–5.41 ağırlık %) içeriklerine göre kısmen tüketilmiştir.



Şekil 23. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri ve ultramafik kümülat örneklerindeki ortopirosen kristallerinin Ca-Mg-Fe üçgenindeki yerleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi dolu yıldız (pembe): klinopirosenit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro.

Kümülat dunit örneğinde gözlenen ortopirosenler manto peridotitlerine benzer şekilde yüksek Mg# (91.2–91.5) değerlerine sahiptir ve oldukça düşük Al_2O_3 içeriklerine (0.24 ilâ 0.48 ağırlık %) sahiptir. Verlitlerden klinopirosenitlere doğru ortopirosenlerin Al_2O_3 içerikleri kısmi bir artış gösterirken (sırasıyla 1-1.10 ağırlık % ve 1.40-2.10 ağırlık %), kümülat gabroların Al_2O_3 içerikleri klinopirosenitlerden kısmen düşüktür (0.84-1.38 ağırlık %). Verlitlerden, klinopirosenitlere ve kümülat gabrolara doğru ortopirosenlerin Mg# değerlerinde belirgin bir düşüş söz konusudur (sırasıyla 89.5–90.1, 82.6–85.8 ve 59.9–65.4).

Manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerinden 11 ve Grup-2 örneklerinden 22 olmak üzere toplam 33, ultramafik kümülatları temsil eden dunitlere ait 1, klinopirosenitlere ait 1 ve mafik kümülatları temsil eden gabrolara ait 1 adet örnekteki ortopirosen minerallerinin iz element ve LGE jeokimyasaları belirlenmiş ve Ek Tablo 10'da verilmiştir. Ortopirosenlerin grup bazında derlenmiş örneklere ait LGE yönsemeleri ise Şekil 24'de verilmiştir.

Manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenlerin toplam ALGE içerikleri 0.102 ppm-0.755 ppm (ort: 0.414 ppm) ve toplam OLGE içerikleri 0.021 ppm-0.410 ppm (ort: 0.146 ppm) aralığında iken, Grup-2 örneklerinin toplam ALGE ve OLGE içerikleri Grup-1 örneklerine göre düşük olup, sırasıyla 0.013 ppm-0.197 ppm (ort: 0.099 ppm) ve 0.001 ppm-0.067 ppm (ort: 0.012 ppm) aralığındadır. Bununla birlikte, Grup-2 örneklerine ait ortopiroksenlerin birçoğunun OLGE içerikleri ölçüm sınırları altında kalmıştır. Grup-1 ve Grup-2 örneklerindeki ortopiroksenlerin HLGE içerikleri sırasıyla 0.002 ppm-0.129 ppm (ort: 0.039 ppm) ve 0.001 ppm-0.073 ppm (ort: 0.015 ppm) aralığında olup, her iki grupta da ortopiroksenlerin büyük bir kısmının HLGE içerikleri ölçüm sınırları altında kalmıştır.

Ofiyolitik istifin kabuksal kesiminin alt kısmını temsil eden kümülat dunit örneğindeki ortopiroksenlerin ALGE içerikleri 0.014 ppm-0.038 ppm (ort: 0.024 ppm) arasındadır. OLGE içerikleri çoğu ortopiroksende ölçüm sınırları altında kalmakla birlikte, ölçülebilen OLGE içerikleri 0.001 ppm-0.008 ppm (ort: 0.004 ppm) aralığındadır. Bununla birlikte, HLGE içerikleri de ölçüm limitlerinin altında kalmış olup sadece La ve Pr elementleri 0.004 ppm-0.053 ppm aralığında değerler vermektedir. Piroksenitlerdeki ortopiroksenlerin ALGE içerikleri 0.201 ppm-0.248 ppm (ort: 0.220 ppm) aralığında değişmekte iken, ofiyolitik istifin daha üst kesimlerini temsil eden kümülat gabro örneklerindeki ortopiroksenlerin ALGE içerikleri 1.433 ppm-1.505 ppm (ort: 1.470 ppm) aralığındadır. Kümülat gabrolardaki ortopiroksenlerin OLGE ve HLGE'leri (sırasıyla 0.464 ppm-0.494 ppm; ort: 0.480 ve 0.062 ppm-0.093 ppm; ort: 0.077), pirosenitlerdeki ortopiroksenlerin OLGE ve HLGE'lerine (sırasıyla 0.005 ppm-0.100 ppm; ort: 0.058 ppm ve 0.001 ppm-0.004 ppm; ort: 0.002) göre oldukça yüksek değerlere sahiptir.

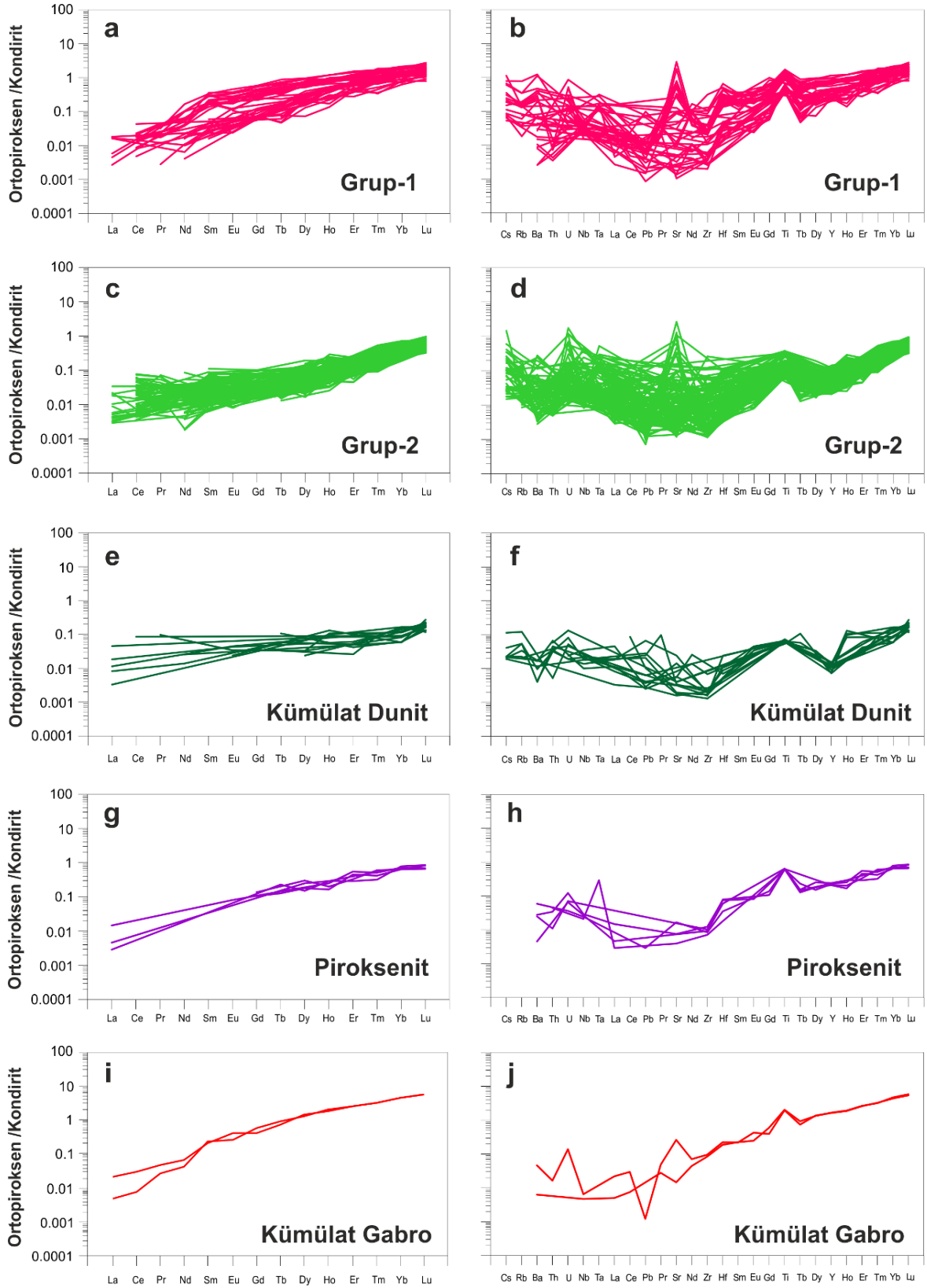
Kondirite normalize edilmiş Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenler ait ALGE'lerden OLGE'lerin başlarına doğru hafif bir tüketilme sunarken (D_{Y_N}/L_{U_N} = 0.024-0.646; ort: 0.158) (Şekil 24a), Grup-2 örneleindeki ortopiroksenlerde bu tüketilme (D_{Y_N}/L_{U_N} = 0.024-0.409; ort: 0.105) Grup-1 örneklerinden fazladır (Şekil 24c). Bununla birlikte, Grup-1 örneklerinin ortopiroksenlerinin ALGE'leri kondirite göre kısmen tüketilmiş olmakla birlikte 2.7 kata kadar varan zenginleşmeler mevcuttur (Şekil 24a). Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlerin ALGE içerikleri ise kondirite göre 2-75 kata kadar değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 24c). Grup-1 ve Grup-2 örneklerine ait ortopiroksenlerde ALGE'lerden HLGE'lerin başlarına doğru olan tüketilme kısmen benzer olup (sırasıyla S_{m_N}/L_{u_N} = 0.013-0.165; ort: 0.093, S_{m_N}/L_{u_N} = 0.011-0.208; ort: 0.100), HLGE'lerin

sonlarına doğru olan tüketilme Grup-1 örneklerinde ($L_{aN}/L_{uN}=0.002-0.023$; ort: 0.008), Grup-2 örneklerine ($L_{aN}/L_{uN}=0.005-0.094$; ort: 0.020) oranla daha fazladır (Şekil 24a,c). Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenlerin OLGE içeriklerinde kondirite göre yaklaşık 2 ila 75 kat arasında tüketilme görülürken, Grup-2 örnekleri ortopiroksenlerinin OLGE içerikleri kondirite göre yaklaşık 8 ila 200 kat arasında değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 24a,c). Bununla birlikte Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenlerin HLGE içerikleri kondirite göre 6 ila 700 kat arasında tüketilme sunarken, Grup-2 örnekleri 10 ila 800 kat arasında değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 24a,c).

Kümülat dunitlerdeki ortopiroksenlerin, kondirit değerlerine oranlanmış ALGE'leri kendi içerisinde bir tüketilme sunarken ($D_{yN}/L_{uN}=0.133-0.189$; ort: 0.161), OLGE'ler ve HLGE'lerin çoğu ölçüm sınırları altında kalmıştır (Şekil 24e). Bununla birlikte, ALGE'ler kondirit değerlerine göre 7 ila 75 kat arasında değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 24e).

Piroksenit ve kümülat gabrolardaki ortopiroksenlerin kondirit değerlerine oranlanmış ALGE'lerinden HLGE'lerine doğru bir tüketilme söz konusudur (sırasıyla $L_{aN}/L_{uN}=0.020-0.279$; ort: 0.101 ve $L_{aN}/L_{uN}=0.003-0.021$; ort: 0.011). Bununla birlikte, piroksenitlerdeki ortopiroksenlerin ALGE içerikleri kondirit değerlerine göre 2 ila 9 kat tüketilmiş iken, kümülat gabro örneklerindeki ortopiroksenlerin ALGE içerikleri kondirite oranla 2 ila 6 kat zenginleşmiştir (Şekil 24g,i). Piroksenitlerdeki ortopiroksenlerin OLGE içerikleri kondirite göre 7 ila 20 kat arasında değişen oranlarda tüketilmeler sunmakla birlikte, kümülat gabrolardaki ortopiroksenlerin OLGE'lerin uyumsuzluk derecesi yüksek olanları 7 kata kadar değişen oranlarda tüketilmiştir (Şekil 24g,i). Bunun yanı sıra, her iki grubun da HLGE içerikleri kondirite göre 500 kata kadar değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 24g,i).

Grup-1 ve Grup-2 örneklerindeki ortopiroksenlerin kondirite normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında bazı ortopiroksen minerallerinde özellikle Sr, Ti, Ta ve U pozitif anomalilerinin görülmesinin yanısıra (Şekil 24b,d), özellikle Grup-1 örneklerindeki ortopiroksenlerde negatif Zr ve Sm anomalileri de gözlenmektedir (Şekil 24b,d). Kümülat dunit, piroksenit ve gabro örneklerindeki ortopiroksenlerde ise pozitif Ti anomalilerinin yanı sıra, negatif Zr ve Pb anomalileri görülmektedir (Şekil 24f,h,j). Bütün kayaç gruplarındaki ortopiroksenlerdeki BİÇE'lerin çoğu ölçüm limitlerinin altında kalmış olup, ölçülebilenler HLGE'lere göre kısmen zenginleşmişlerdir (Şekil 24b,d,f,h,j).



Şekil 24. Farklı kayaç gruplarındaki ortopiroksenlerin kondirite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları.

Tablo 7. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen ortopiroksenlerin ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı.

Örnek# Kayaç Grubu N	AP17	AP38	AP70	AP90C	AP90A	AP90B	AP101	AP105	AP126	AP87	AP11	AP71	AP91	AP116	AP10	AP36	AP102	AP103
	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)
	9	4	6	6	9	9	7	7	5	4	12	9	9	8	10	9	7	6
SiO ₂	56.68	55.68	54.62	55.87	56.13	55.84	56.73	54.99	56.65	55.50	57.05	56.21	56.17	56.98	57.48	55.88	56.33	56.10
TiO ₂	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.05	0.06	0.06
Al ₂ O ₃	2.50	3.52	2.17	3.31	2.70	2.86	2.66	4.11	2.31	2.13	2.00	2.66	2.87	1.87	2.36	3.34	1.97	2.29
Cr ₂ O ₃	0.50	0.55	0.63	0.73	0.43	0.47	0.47	0.48	0.41	0.62	0.48	0.67	0.57	0.47	0.66	0.55	0.51	0.25
FeO	6.08	5.96	6.19	5.90	5.98	6.04	5.86	6.65	5.97	5.89	6.05	6.01	5.76	5.92	4.79	6.69	6.06	6.48
MnO	0.16	0.14	0.17	0.17	0.14	0.14	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13	0.17	0.14	0.15
NiO	0.09	0.11	0.08	0.09	0.09	0.09	0.07	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09
MgO	33.48	33.97	33.22	32.66	34.45	34.47	34.63	33.53	34.75	33.14	33.62	32.71	34.49	32.91	34.38	32.85	34.59	34.30
CaO	0.68	1.26	0.86	0.58	0.54	0.53	0.48	0.40	0.46	0.79	0.62	1.21	0.86	0.55	0.64	0.38	0.38	0.28
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Σ	100.18	101.22	97.97	99.35	100.48	100.47	101.09	100.48	100.78	98.34	100.08	99.73	100.97	98.94	100.56	99.98	100.14	100.00
Si	1.951	1.904	1.931	1.938	1.928	1.920	1.934	1.895	1.938	1.948	1.964	1.947	1.921	1.980	1.959	1.932	1.942	1.938
Ti	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002
Al	0.101	0.141	0.090	0.135	0.109	0.116	0.107	0.167	0.093	0.088	0.081	0.108	0.116	0.076	0.095	0.136	0.080	0.093
Cr	0.014	0.015	0.018	0.020	0.012	0.013	0.013	0.013	0.011	0.017	0.013	0.018	0.015	0.013	0.018	0.015	0.014	0.007
Fe ²⁺	0.175	0.171	0.183	0.171	0.172	0.174	0.167	0.192	0.171	0.173	0.174	0.174	0.165	0.172	0.136	0.193	0.175	0.187
Mn	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004
Ni	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002
Mg	1.718	1.732	1.751	1.689	1.764	1.766	1.760	1.723	1.773	1.734	1.726	1.689	1.758	1.705	1.747	1.693	1.777	1.767
Ca	0.025	0.046	0.032	0.021	0.020	0.020	0.017	0.015	0.017	0.030	0.023	0.045	0.031	0.021	0.023	0.014	0.014	0.010
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.991	4.017	4.014	3.984	4.011	4.015	4.006	4.014	4.009	3.999	3.989	3.990	4.013	3.975	3.985	3.992	4.010	4.011
Mg#	90.7	91.0	90.5	90.8	91.1	91.0	91.3	90.0	91.2	90.9	90.8	90.7	91.4	90.8	92.8	89.8	91.1	90.4
Vo	1.3	2.4	1.6	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	1.5	1.2	2.4	1.6	1.1	1.2	0.7	0.7	0.5
En	89.6	88.9	89.0	89.8	90.2	90.1	90.5	89.3	90.4	89.5	89.8	88.5	90.0	89.9	91.6	89.1	90.4	89.9
Fs	9.1	8.7	9.3	9.1	8.8	8.9	8.6	9.9	8.7	8.9	9.1	9.1	8.4	9.1	7.2	10.2	8.9	9.5

Tablo 7'nin devamı.

Örnek#	AP107	AP2	AP3	AP4	AP6	AP7	AP8	AP12	AP15	AP16	AP19	AP20	AP22	AP21	AP24	AP25	AP26
Kayaç Grubu	MP (G1)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	4	7	6	11	8	17	5	10	6	10	8	12	5	24	6	9	11
SiO ₂	57.29	57.64	57.88	57.90	57.32	57.21	57.80	57.53	56.73	57.49	55.91	57.74	56.75	57.86	58.27	58.21	57.93
TiO ₂	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	2.21	1.45	1.36	0.97	1.15	1.73	1.26	1.48	1.25	1.62	1.91	1.01	2.37	1.25	1.34	1.45	0.88
Cr ₂ O ₃	0.49	0.54	0.54	0.41	0.34	0.49	0.42	0.51	0.45	0.56	0.56	0.41	0.72	0.51	0.39	0.43	0.41
FeO	6.25	6.07	5.24	5.96	6.12	5.77	5.81	5.64	5.82	5.70	6.03	5.88	4.65	5.56	5.75	6.03	5.81
MnO	0.17	0.16	0.13	0.16	0.17	0.14	0.17	0.15	0.16	0.14	0.15	0.16	0.11	0.15	0.16	0.16	0.16
NiO	0.08	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08
MgO	32.75	33.67	34.30	33.80	34.46	34.05	34.09	34.02	34.22	33.93	33.68	33.97	34.61	34.03	34.21	33.99	34.11
CaO	0.45	1.07	0.77	1.12	0.58	0.63	0.63	0.76	0.90	0.84	0.85	0.84	0.72	0.99	0.48	0.55	0.89
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
K ₂ O	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	0.00
Σ	99.70	100.72	100.34	100.41	100.24	100.13	100.27	100.17	99.64	100.38	99.21	100.13	100.03	100.46	100.70	100.93	100.29
Si	1.977	1.975	1.980	1.988	1.972	1.967	1.983	1.976	1.964	1.971	1.947	1.986	1.946	1.982	1.987	1.984	1.989
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.090	0.058	0.055	0.039	0.047	0.070	0.051	0.060	0.051	0.066	0.078	0.041	0.096	0.050	0.054	0.058	0.036
Cr	0.013	0.015	0.015	0.011	0.009	0.013	0.011	0.014	0.012	0.015	0.015	0.011	0.020	0.014	0.010	0.012	0.011
Fe ²	0.180	0.174	0.150	0.171	0.176	0.166	0.167	0.162	0.169	0.164	0.176	0.169	0.133	0.159	0.164	0.172	0.167
Mn	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005
Ni	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002
Mg	1.685	1.720	1.750	1.730	1.767	1.745	1.743	1.742	1.767	1.734	1.750	1.742	1.769	1.737	1.740	1.727	1.746
Ca	0.017	0.039	0.028	0.041	0.021	0.023	0.023	0.028	0.033	0.031	0.032	0.031	0.026	0.036	0.018	0.020	0.033
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000
Σ	3.971	3.989	3.985	3.987	4.000	3.992	3.986	3.988	4.004	3.988	4.006	3.988	3.996	3.986	3.980	3.981	3.988
Mg#	90.3	90.8	92.1	91.0	90.9	91.3	91.3	91.5	91.3	91.4	90.9	91.1	93.0	91.6	91.4	90.9	91.3
Vo	0.9	2.0	1.5	2.1	1.1	1.2	1.2	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.4	1.9	0.9	1.0	1.7
En	89.5	89.0	90.8	89.1	89.9	90.2	90.2	90.2	89.7	89.9	89.4	89.7	91.7	89.9	90.5	90.0	89.7
Fs	9.6	9.0	7.8	8.8	9.0	8.6	8.6	8.4	8.6	8.5	9.0	8.7	6.9	8.2	8.5	9.0	8.6

Tablo 7'nin devamı.

Örnek#	AP28	AP29	AP30	AP31	AP34	AP35	AP37	AP42	AP43	AP44	AP45	AP47	AP48	AP49	AP50	AP51	AP53	AP54
Kayaç	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Grubu	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)	(G2)
N	7	7	5	10	1	8	8	10	7	11	6	7	8	7	11	16	6	10
SiO ₂	57.05	56.89	57.37	57.70	57.60	57.72	56.92	57.40	57.26	57.80	57.78	57.30	57.90	57.76	57.55	57.66	57.64	57.68
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	1.42	1.36	1.26	1.26	1.11	1.21	2.09	1.11	2.00	1.13	1.12	1.68	1.83	1.21	1.42	1.09	1.40	1.08
Cr ₂ O ₃	0.55	0.49	0.51	0.45	0.44	0.51	0.66	0.44	0.53	0.47	0.46	0.50	0.56	0.48	0.45	0.47	0.49	0.44
FeO	5.85	5.77	5.94	5.64	5.96	5.69	5.36	5.93	5.98	5.79	5.46	6.00	5.79	5.72	5.90	5.61	5.73	5.95
MnO	0.15	0.15	0.16	0.15	0.18	0.14	0.13	0.15	0.15	0.14	0.14	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
NiO	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.09	0.08	0.08	0.09	0.06	0.11	0.09	0.11	0.10	0.07	0.08
MgO	33.52	33.98	34.07	34.34	34.10	34.08	34.00	34.25	33.69	34.10	33.58	33.45	34.06	33.80	33.81	34.27	34.19	34.18
CaO	1.12	0.96	0.81	0.71	0.85	0.99	0.77	0.69	0.68	0.92	1.47	0.72	0.54	0.99	0.84	0.76	0.82	0.77
Na ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
K ₂ O	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
Σ	99.75	99.71	100.21	100.35	100.32	100.45	100.05	100.07	100.40	100.44	100.12	99.90	100.95	100.23	100.25	100.12	100.52	100.33
Si	1.972	1.967	1.974	1.978	1.979	1.979	1.957	1.976	1.965	1.982	1.987	1.976	1.973	1.984	1.977	1.981	1.974	1.980
Ti	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	0.000	0.000
Al	0.058	0.055	0.051	0.051	0.045	0.049	0.085	0.045	0.081	0.046	0.045	0.068	0.074	0.049	0.058	0.044	0.057	0.044
Cr	0.015	0.013	0.014	0.012	0.012	0.014	0.018	0.012	0.014	0.013	0.012	0.014	0.015	0.013	0.012	0.013	0.013	0.012
Fe ²	0.169	0.167	0.171	0.162	0.171	0.163	0.154	0.171	0.172	0.166	0.157	0.173	0.165	0.164	0.170	0.161	0.164	0.171
Mn	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
Ni	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
Mg	1.728	1.752	1.747	1.755	1.747	1.742	1.743	1.758	1.723	1.743	1.721	1.719	1.730	1.731	1.732	1.756	1.746	1.750
Ca	0.041	0.035	0.030	0.026	0.031	0.037	0.028	0.025	0.025	0.034	0.054	0.027	0.020	0.036	0.031	0.028	0.030	0.028
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.991	3.999	3.994	3.991	3.993	3.990	3.992	3.995	3.987	3.989	3.984	3.984	3.983	3.986	3.988	3.991	3.991	3.992
Mg#	91.1	91.3	91.1	91.6	91.1	91.4	91.9	91.1	90.9	91.3	91.7	90.9	91.3	91.3	91.1	91.6	91.4	91.1
Vo	2.1	1.8	1.5	1.3	1.6	1.9	1.5	1.3	1.3	1.7	2.8	1.4	1.0	1.9	1.6	1.4	1.6	1.4
En	89.1	89.6	89.7	90.3	89.6	89.7	90.5	90.0	89.8	89.7	89.1	89.6	90.4	89.6	89.6	90.3	90.0	89.8
Fs	8.7	8.5	8.8	8.3	8.8	8.4	8.0	8.7	8.9	8.5	8.1	9.0	8.6	8.5	8.8	8.3	8.5	8.8

Tablo 7'nin devamı.

Örnek#	AP55	AP56	AP57	AP62	AP66	AP67	AP68	AP69	AP72	AP74	AP76	AP77	AP78	AP80	AP81	AP83	AP84	AP85
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	2	1	5	13	5	18	13	8	5	9	9	9	9	11	8	10	5	10
SiO ₂	56.88	56.04	57.32	57.31	57.54	56.97	57.50	56.83	56.71	57.41	56.77	57.20	57.00	57.14	57.14	57.14	57.06	56.97
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	1.73	1.87	1.43	1.44	1.66	1.71	1.34	1.21	2.08	1.15	1.95	1.80	1.86	1.48	1.62	2.01	1.70	1.55
Cr ₂ O ₃	0.52	0.62	0.43	0.57	0.56	0.59	0.51	0.49	0.66	0.44	0.63	0.55	0.52	0.50	0.50	0.50	0.54	0.49
FeO	5.82	5.23	5.97	5.87	5.62	5.80	5.34	5.65	5.71	5.80	5.78	5.51	5.81	5.79	5.74	5.45	6.04	5.94
MnO	0.16	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.15	0.16
NiO	0.12	0.10	0.08	0.10	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09	0.07	0.09
MgO	33.94	33.45	33.80	33.65	33.72	33.69	34.36	33.98	33.45	34.36	32.89	34.75	34.63	33.10	34.93	35.12	34.57	33.04
CaO	0.92	1.89	0.85	1.10	0.79	0.91	0.68	0.87	1.32	0.75	0.85	1.04	0.75	0.76	0.76	0.80	0.95	0.64
Na ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Σ	100.11	99.35	100.07	100.22	100.14	99.91	99.99	99.29	100.18	100.15	99.16	101.09	100.83	99.01	100.95	101.25	101.10	98.91
Si	1.960	1.948	1.974	1.972	1.976	1.965	1.976	1.972	1.954	1.974	1.971	1.950	1.950	1.985	1.952	1.944	1.950	1.983
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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
Al	0.070	0.077	0.058	0.058	0.067	0.069	0.054	0.050	0.084	0.047	0.080	0.072	0.075	0.061	0.065	0.080	0.069	0.064
Cr	0.014	0.017	0.012	0.016	0.015	0.016	0.014	0.014	0.018	0.012	0.017	0.015	0.014	0.014	0.014	0.013	0.015	0.013
Fe ²	0.168	0.152	0.172	0.169	0.161	0.167	0.153	0.164	0.165	0.167	0.168	0.157	0.166	0.168	0.164	0.155	0.173	0.173
Mn	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Ni	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003
Mg	1.743	1.733	1.736	1.727	1.727	1.733	1.760	1.758	1.718	1.762	1.703	1.767	1.766	1.714	1.779	1.781	1.761	1.714
Ca	0.034	0.070	0.031	0.041	0.029	0.034	0.025	0.032	0.049	0.027	0.032	0.038	0.027	0.028	0.028	0.029	0.035	0.024
Na	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.998	4.005	3.990	3.991	3.983	3.992	3.990	3.997	3.995	3.996	3.979	4.006	4.006	3.978	4.009	4.010	4.009	3.979
Mg#	91.2	91.9	91.0	91.1	91.5	91.2	92.0	91.5	91.3	91.4	91.0	91.8	91.4	91.1	91.6	92.0	91.1	90.8
Vo	1.7	3.6	1.6	2.1	1.5	1.7	1.3	1.6	2.5	1.4	1.7	1.9	1.4	1.5	1.4	1.5	1.8	1.3
En	89.6	88.6	89.5	89.2	90.1	89.6	90.8	90.0	89.0	90.1	89.5	90.1	90.1	89.7	90.3	90.6	89.5	89.7
Fs	8.6	7.8	8.9	8.7	8.4	8.6	7.9	8.4	8.5	8.5	8.8	8.0	8.5	8.8	8.3	7.9	8.8	9.0

Tablo 7'nin devamı.

Örnek# Kayaç Grubu N	AP88	AP92	AP112	AP113	AP115	AP117	AP119	AP120	AP123	AP124	AP9	AP23	AP40	AP41	AP58	AP75	AP79	AP82
	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
	8	9	12	7	6	10	8	6	9	12	1	5	5	21	17	8	5	9
SiO ₂	56.79	57.96	56.93	56.90	57.93	57.15	57.51	56.58	56.94	56.99	58.66	56.38	56.88	57.66	56.60	57.38	57.31	57.21
TiO ₂	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	1.67	0.84	1.47	1.64	1.62	1.52	1.62	2.42	1.72	1.95	0.66	1.61	1.69	0.90	1.19	1.64	1.36	1.61
Cr ₂ O ₃	0.61	0.30	0.46	0.54	0.56	0.46	0.52	0.64	0.56	0.60	0.10	0.60	0.19	0.39	0.44	0.63	0.55	0.52
FeO	5.46	5.36	5.99	5.88	5.54	6.04	5.85	6.04	5.75	5.95	6.23	5.76	5.94	5.61	5.97	5.72	5.69	5.73
MnO	0.15	0.13	0.16	0.15	0.14	0.16	0.13	0.14	0.14	0.13	0.17	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.13
NiO	0.08	0.09	0.06	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.08	0.10	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08
MgO	33.06	36.00	33.22	33.19	33.79	32.96	35.24	34.29	34.82	34.94	34.60	33.77	34.76	34.43	33.72	32.96	33.11	35.52
CaO	1.25	0.60	0.89	0.82	1.25	0.76	0.69	0.90	0.90	0.78	0.10	1.14	0.86	0.68	0.92	1.01	0.71	0.66
Na ₂ O	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Σ	99.08	101.30	99.22	99.22	100.93	99.14	101.66	101.12	100.91	101.46	100.60	99.49	100.55	99.91	99.09	99.58	98.99	101.47
Si	1.974	1.967	1.978	1.975	1.976	1.985	1.951	1.934	1.947	1.940	2.003	1.956	1.952	1.985	1.971	1.983	1.990	1.945
Ti	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	0.000	0.000
Al	0.068	0.033	0.060	0.067	0.065	0.062	0.065	0.098	0.069	0.078	0.026	0.066	0.068	0.036	0.049	0.067	0.056	0.065
Cr	0.017	0.008	0.013	0.015	0.015	0.013	0.014	0.017	0.015	0.016	0.003	0.017	0.016	0.010	0.012	0.017	0.015	0.014
Fe ²	0.159	0.152	0.174	0.171	0.158	0.176	0.166	0.173	0.165	0.169	0.178	0.167	0.171	0.162	0.174	0.165	0.165	0.163
Mn	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004
Ni	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Mg	1.713	1.822	1.720	1.718	1.718	1.707	1.782	1.747	1.775	1.773	1.761	1.747	1.778	1.767	1.751	1.698	1.714	1.800
Ca	0.047	0.022	0.033	0.031	0.046	0.028	0.025	0.033	0.033	0.029	0.004	0.042	0.032	0.025	0.034	0.037	0.027	0.024
Na	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	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	0.000	0.000
Σ	3.984	4.012	3.986	3.984	3.985	3.978	4.009	4.008	4.010	4.012	3.983	4.003	4.011	3.992	3.999	3.975	3.975	4.016
Mg#	91.5	92.3	90.8	91.0	91.6	90.7	91.5	91.0	91.5	91.3	90.8	91.3	91.2	91.6	91.0	91.1	91.2	91.7
Vo	2.4	1.1	1.7	1.6	2.4	1.5	1.3	1.7	1.7	1.4	0.2	2.2	1.6	1.3	1.7	2.0	1.4	1.2
En	89.3	91.3	89.3	89.5	89.4	89.3	90.3	89.5	90.0	90.0	90.7	89.3	89.8	90.4	89.4	89.3	89.9	90.6
Fs	8.3	7.6	9.0	8.9	8.2	9.2	8.4	8.8	8.3	8.6	9.2	8.5	8.6	8.3	8.9	8.7	8.7	8.2

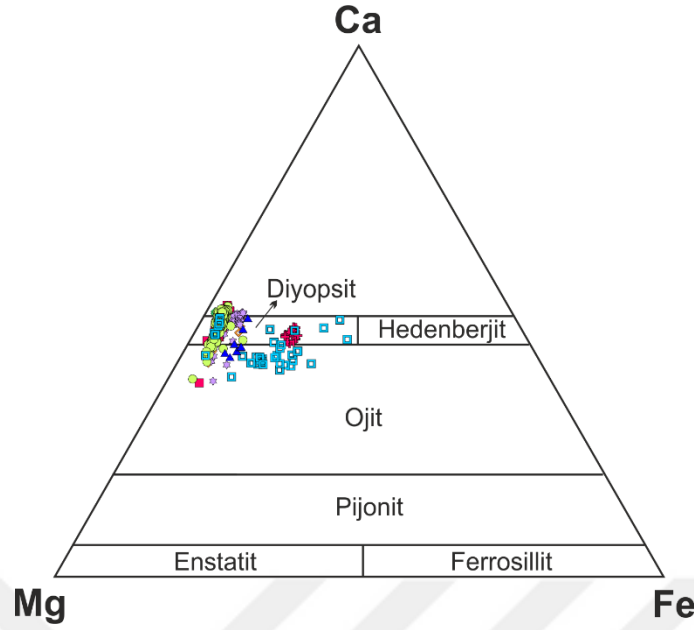
Tablo 7'nin devamı.

Örnek#	AP100	AP127	AP128	AP27	PK70	PK18	PK52	AP98	AP108	AP109
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
N	5	10	5							
SiO ₂	56.72	57.01	57.65	58.45	57.28	56.49	55.96	55.69	53.50	52.76
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.06	0.03	0.16	0.13
Al ₂ O ₃	2.15	1.09	0.95	0.39	1.05	1.51	2.01	1.90	0.97	1.18
Cr ₂ O ₃	0.52	0.37	0.35	0.24	0.47	0.39	0.39	0.27	0.02	0.00
FeO	5.92	5.96	5.76	5.81	6.70	9.03	10.53	10.53	21.30	23.75
MnO	0.15	0.14	0.15	0.16	0.00	0.21	0.24	0.27	0.48	0.64
NiO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.02
MgO	34.40	35.37	34.22	34.44	33.18	30.24	29.60	29.57	22.14	20.35
CaO	0.91	0.71	0.78	0.69	0.78	1.19	0.65	0.75	1.17	1.09
Na ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.87	100.75	99.95	100.29	99.54	99.14	99.48	99.07	99.78	99.94
Si	1.942	1.954	1.985	2.003	1.987	1.991	1.976	1.976	1.988	1.982
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.005	0.004
Al	0.086	0.044	0.038	0.016	0.043	0.063	0.083	0.080	0.043	0.052
Cr	0.014	0.010	0.009	0.006	0.013	0.011	0.011	0.008	0.000	0.000
Fe ²	0.170	0.171	0.166	0.167	0.194	0.266	0.311	0.312	0.662	0.746
Mn	0.004	0.004	0.004	0.005	0.000	0.006	0.007	0.008	0.015	0.020
Ni	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Mg	1.755	1.807	1.756	1.760	1.716	1.588	1.558	1.564	1.226	1.139
Ca	0.033	0.026	0.029	0.025	0.029	0.045	0.025	0.029	0.046	0.044
Na	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.008	4.019	3.991	3.986	3.984	3.972	3.975	3.980	3.987	3.989
Mg#	91.2	91.4	91.4	91.4	89.8	85.6	83.4	83.4	64.95	60.43
Vo	1.7	1.3	1.5	1.3	1.5	2.4	1.3	1.5	2.4	2.274
En	89.6	90.2	90.0	90.2	88.5	83.6	82.3	82.1	63.39	59.06
Fs	8.7	8.5	8.5	8.5	10.0	14.0	16.4	16.4	34.21	38.67

3.5.4. Klinopiroksen

Aladağ ofiyolitini temsil eden tüm kayaç gruplarında gözlenen klinopiroksenlerin mineral kimyası ortalama ana oksit içerikleri Tablo 8, analizlerin tümü ise Ek Tablo 7’de verilmiştir. Grup-1 örneklerindeki klinopiroksenler 0.34 ağırlık %’lara ulaşan TiO_2 ve 0.66 ağırlık %’lara ulaşan Na_2O içeriklerine sahiptir. Buna karşılık, Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenler TiO_2 (<0.1 ağırlık %) ve Na_2O (<0.56 ağırlık %) içerikleri bakımından Grup-1 örneklerine göre kısmen tüketilme sunar. Oldukça düşük Na_2O içerikleri söz konusu peridotitlerin okyanusal peridotitler olduğunu desteklemektedir (Şekil 25). Manto peridotitlerine ait tüm örnekler yüksek Mg# değerlerine sahip olup, bu değer 91.6-96.8 arasında değişir. Al_2O_3 içerikleri Grup-1 örneklerinde 0.36-5.29 ağırlık % aralığında değişirken Grup-2 örneklerinde ise bu değer kısmen daha düşük olup, 0.07-2.87 ağırlık % arasındadır. Grup-1 ve Grup-2 manto peridotiti örneklerinin büyük bir çoğunluğundaki klinopiroksenler kısmen düşük Al_2O_3 ve TiO_2 içerikleri ile yay önü peridotit (yitim peridotitleri) alanında dağılım sunarken, az sayıdaki Grup-1 peridotit örneğinde gözlenen klinopiroksenler kısmen daha yüksek Al_2O_3 ve TiO_2 içerikleriyle abisal peridotit alanında dağılım sunmuşlardır (Şekil 26).

Kümülat dunit örnekleri bünyesindeki klinopiroksenlerde Mg# değerleri 93.0-97.6 arasında olup, Al_2O_3 içerikleri 0.06-0.90 ağırlık % arasında değişir. Na_2O ve TiO_2 içerikleri manto peridotitlerindeki klinopiroksenlere benzer olup, sırasıyla 0.01-0.44 ağırlık % ve <0.06 ağırlık % değerlerindedir. Verlit örneklerine ait klinopiroksenler 0.58-2.54 ağırlık % arasında değişen Al_2O_3 ve 0.04-0.19 ağırlık % arasında değişen Na_2O değerlerine sahip olup, TiO_2 içerikleri <0.14 ağırlık %’dir. Bununla birlikte, Mg# değerleri kümülat dunit örneklerindeki klinopiroksenlerden kısmen düşük olup, 87-94.9 aralıklarındadır. Klinopiroksenit örneklerinde gözlenen klinopiroksenler verlitlere göre kısmen daha düşük Al_2O_3 içeriklerine (0.10-2.17 ağırlık %) sahip olup, TiO_2 ve Na_2O içerikleri (sırasıyla 0.01-0.16 ağırlık % ve <0.14) kısmen verlitlerdeki klinopiroksenlere benzerdir. Bununla birlikte, klinopiroksenitlerdeki klinopiroksenlerin Mg# değerleri de verlitlerdeki klinopirokslerin Mg# değerlerine benzer olup 86.5-95.1 aralığındadır.



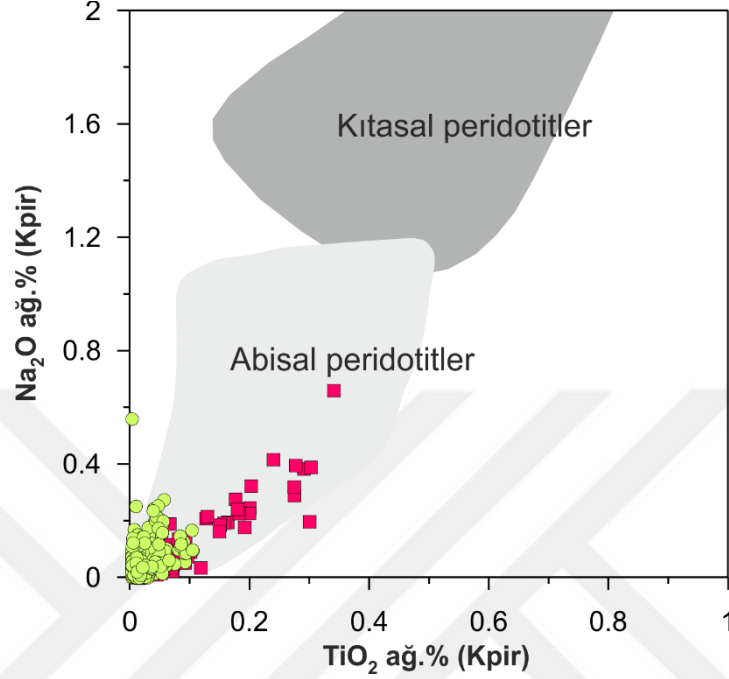
Şekil 25. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri, ultramafik kümülat ve izole diyabaz daykı örneklerindeki klinopiroksen kristallerinin Ca-Mg-Fe üçgenindeki yerleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Kümülat gabro örneklerine ait klinopiroksenler 68.9 ilâ 72.8 arasında değişen Mg# değerlerine sahiptir. Klinopiroksenlerin TiO_2 içerikleri 0.22 ilâ 0.35 ağırlık % arasında değişmekte iken Al_2O_3 içerikleri 1.63-2.18 ağırlık % ve Na_2O içerikleri 0.16 ilâ 0.26 arasında değişir. İzotrop gabro örneğinde ise klinopiroksenlerin Mg# değerleri kümülat gabrolardan kısmen yüksek olup, 84.6-88.4 arasında değişir. İzotrop gabrolardaki klinopiroksenlerin TiO_2 ve Na_2O içerikleri (sırasıyla 0.08-0.15 ağırlık % ve 0.06-0.20 ağırlık %) kümülat gabrolara göre kısmen düşük olmakla birlikte, Al_2O_3 içerikleri (1.30-2.90 ağırlık %) kısmen benzerdir.

İzole diyabaz dayklarında bulunan klinopiroksenlerin Al_2O_3 içerikleri 0.42-3.60 ağırlık % arasında değişirken, Mg# değerleri 54.1 ilâ 95 arasında değişen oldukça geniş bir aralık sunar. TiO_2 içerikleri 0.71 ağırlık %'lere çıkan klinopiroksenlerin Na_2O içerikleri ise 0.03 ilâ 0.40 ağırlık % arasında değişir.

Manto peridotitleri ve ultramafik-mafik kümülat, izotrop gabro ve izole diyabaz dayklarındaki klinopiroksenler diyopsit bileşimli olup, bazı izolole diyabaz örneklerinin

klinopiroksenleri artan FeO içerikleri ile ojit bileşimine yakınlık göstermektedirler (Şekil 25).



Şekil 26. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait klinopiroksen kristallerinin TiO₂ içeriklerine karşılık Na₂O içeriklerindeki değişimler. Abisal ve kıtasal peridotit alanları Ishikawa vd. (2007)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarından seçilmiş örnekler üzerindeki klinopiroksen minerallerinde iz element ve Lantan Grubu Element (LGE) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerinden 11 ve Grup-2 örneklerinden 21 olmak üzere toplam 32, ultramafik kümülatları temsil eden dünitlere ait 1, klinopiroksenitlere ait 2, mafik kümülatları temsil eden gabrolara ait 1 ve izole diyabaz daykları temsil eden 2 adet örnekteki klinopiroksen minerallerinin iz element ve LGE jeokimyası belirlenmiş ve Ek Tablo 11'de verilmiştir. Grup bazında derlenmiş örneklere ait LGE yönsemeleri ise Şekil 27'de verilmiştir.

Aladağ Ofiyoliti Grup-1 manto peridotitlerine ait klinopiroksen minerallerinin Ağır Lantan Grubu Element (ALGE; Ho, Er, Tm, Yb, Lu) içerikleri 0.963-5.074 ppm (ort: 1.893 ppm) ve Ortaç Lantan Grubu Element (OLGE; Eu, Gd, Tb, Dy) içerikleri 0.271-4.880 ppm

(ort: 1.377 ppm) aralığında değişmekte iken, Grup-2 manto peridotitlerine ait klinopiroksen minerallerinin ALGE içerikleri 0.115-0.796 ppm (ort: 0.354) ve OLGE içerikleri 0.006-0.316 ppm (ort: 0.074) arasında değişmekle birlikte Grup-1 örneklerine oranla oldukça düşüktür. Grup-1 örneklerine ait klinopiroksen mineralleri Hafif Lantan Grubu Element (HLGE; La, Ce, Pr, Nd, Sm) içerikleri 0.025-1.597 ppm (ort: 0.294 ppm) aralığında değişmekte iken, Grup-2 örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin HLGE içerikleri (0.002-0.099 ppm; ort: 0.027 ppm) Grup-1 örneklerine göre oldukça tüketilmiştir. Kümülat dunit örneğinin klinopiroksen ALGE içerikleri (0.463-0.689 ppm; ort: 0.567 ppm), Grup 2 örneklerine kısmen benzemekle birlikte, OLGE içerikleri (0.293-0.581 ppm; ort: 0.447 ppm) ve HLGE içerikleri (0.053-0.135 ppm; ort: 0.095 ppm) Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlere göre kısmen yüksektir.

Kondirite normalize edilmiş Grup-1 ve Grup-2 örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin LGE içerikleri birbirlerinden farklı desenler sunmaktadır. Grup-1 örneklerine ait klinopiroksenler ALGE'lerden OLGE'lere doğru düze yakın bir yönseme sunarken ($D_{Y_N/Lu_N} = 0.349-1.302$ ort; 0.745), Grup-2 örneklerinde ALGE'lerden OLGE'lere doğru ciddi bir tüketilme söz konusudur ($D_{Y_N/Lu_N} = 0.044-0.407$ ort; 0.191) (Şekil 27a,c). Grup-2 örneklerinin OLGE'leri ($Sm_N/Lu_N = 0.009-0.136$; ort: 0.050) Grup-1 örneklerinin OLGE'lerine göre ($Sm_N/Lu_N = 0.030-0.570$; ort: 0.179) daha fazla tüketilmiş olup, Grup 2 örnekleri klinopiroksen mineralleri HLGE içerikleri Sm'dan La'a doğru bir tüketilme sunarken ($La_N/Sm_N = 0.107-2.135$; ort: 0.550) Grup-1 örneklerinde Sm'dan La'a doğru hafif bir zenginleşme gözlenir ($La_N/Sm_N = 0.005-0.265$; ort: 0.057) (Şekil 27a,c). Grup-1 örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin ALGE içerikleri kondirite göre 1.8-12.6 kat zenginleşme sunarken, Grup-2 örneklerinin çoğu kondirite göre 75 kata kadar değişen oranlarda tüketilmiş olmakla birlikte bazı klinopiroksenlerde 3 kata kadar değişen kısmen zenginleşmeler mevcuttur (Şekil 27a,c). Grup-1 örnekleri klinopiroksenlerinin OLGE içerikleri kondirite göre 10 kata kadar varan zenginleşmeler sunarken bazı klinopiroksenler yaklaşık 8 kata varan tüketilmeler sunar. Grup-2 örneklerinin klinopiroksenlerinin OLGE içerikleri ise kondirite ve Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlere göre oldukça tüketilmiştir (Şekil 27a,c).

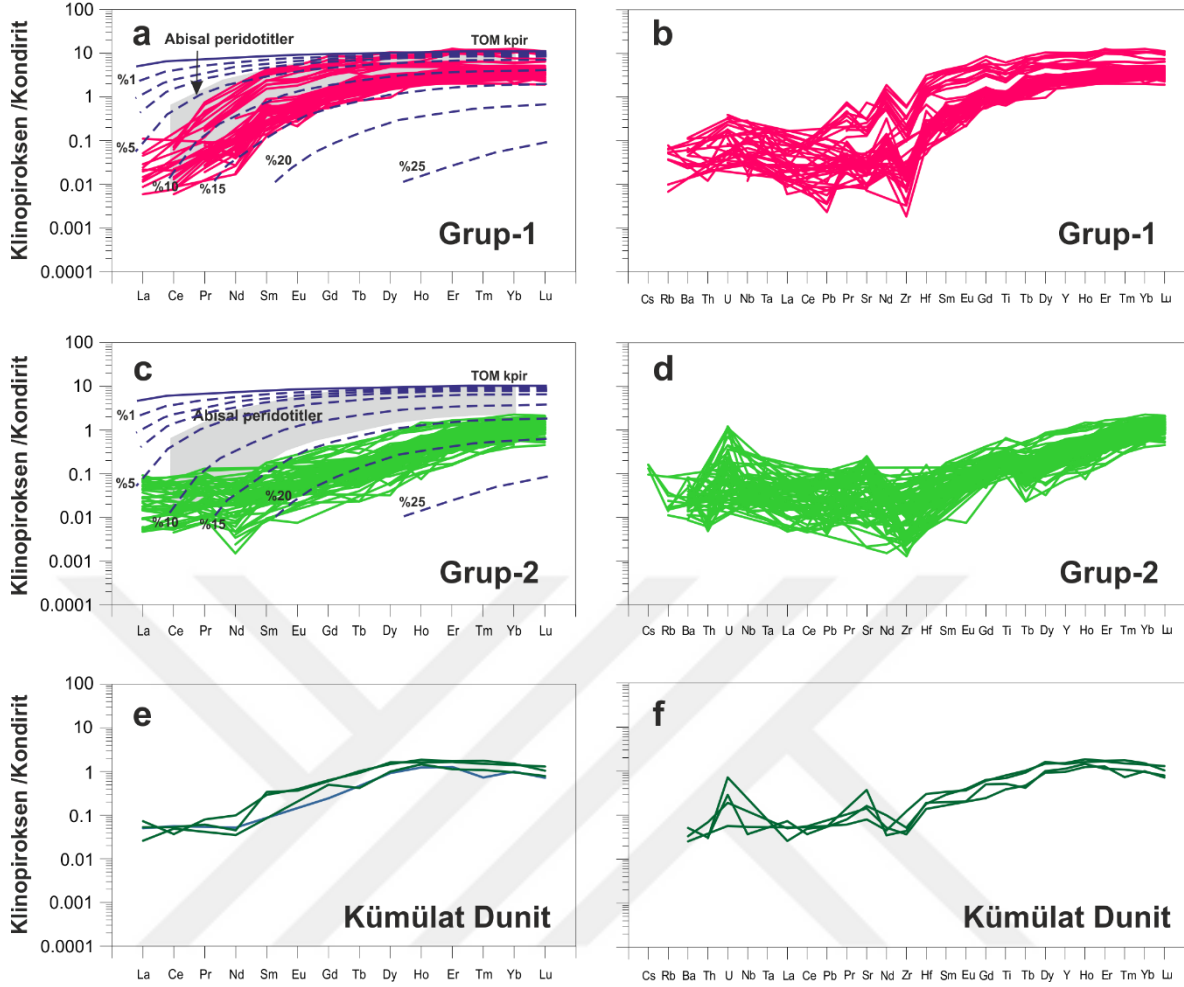
Kümülat dunit örneğindeki klinopiroksenlerde ALGE'lerinden OLGE'lere doğru bir zenginleşme söz konusu iken ($Sm_N/Lu_N = 0.224-0.326$; ort:0.275), HLGE içerikleri ($La_N/Lu_N = 0.033-0.069$; ort: 0.052) kısmen Grup-2 örneklerine benzerdir (Şekil 27e). Kümülat dunit örneklerindeki klinopiroksenlerin ALGE içerikleri kondirit değerlerine

kısmen benzemekle birlikte OLGE'ler bakımından yaklaşık 20 kata kadar varan tüketilmeler mevcuttur (Şekil 27e).

Grup-1 örneklerindeki klinopiroksenler negatif Ti, Zr, Sr ve Pb anomalileri göstermekle birlikte Nd ve Sr elementlerinde kısmen pozitif anomaliler görülmektedir. Grup-2 örneklerinde ise bazı örnekler kısmen pozitif Zr anomalisi göstermekle birlikte örneklerin çoğu negatif Zr anomalisi göstermektedir (Şekil 27b,d). Bunun yanı sıra Grup-2 klinopiroksenlerin tamamında hafif pozitif Ti anomalisi ve önemli oranda pozitif Sr anomalisi görülmektedir (Şekil 27d). Kümülat dunitlerdeki klinopiroksenler negatif Zr ve Nd anomalilerinin yanı sıra pozitif Sr ve Hf anomalileri gösterir (Şekil 27f). Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitleri yanı sıra kümülat dunitler Büyük İyon Yarıçaplı Elementler (BİÇE) bakımından önemli oranda zenginleşmeler gösterirler (Şekil 27b,d,f).

Aladağ ofiyoliti kabuksal kesiminin alt kısımlarını temsil eden piroksenit örneklerindeki klinopiroksenlerin ALGE içerikleri 0.588-0.908 ppm (ort: 0.714 ppm) ve OLGE içerikleri 0.730-0.987 ppm (ort: 0.846 ppm) aralığında değişmekte iken, kabuksal kesimin daha üst kısımlarını temsil eden kümülat gabro örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin ALGE içerikleri 4.988-5.908 ppm (ort: 5.475 ppm) ve OLGE içerikleri 5.887-7.208 ppm (ort: 6.569 ppm) aralığında olup, piroksenitlerdeki klinopiroksenlere göre oldukça yüksektir. İzole diyabaz dayklarını temsil eden örneklerdeki klinopiroksen minerallerinin ALGE içerikleri ve OLGE içerikleri oldukça değişken aralıklarda olup (sırasıyla 2.49-7.09 ppm; ort: 4.86 ppm ve 3.49-8.73 ppm; ort: 6.18 ppm) piroksenitler ve kümülat gabro örneklerindeki klinopiroksenlere göre oldukça zengindir.

Kondirite normalize edilmiş piroksenit ve kümülat gabrolarda bulunan klinopiroksen minerallerinin sırasıyla $Sm_N/Lu_N = 0.304-0.748$ (ort: 0.601) ve $Sm_N/Lu_N = 0.613-0.692$; (ort: 0.650) olup, ALGE'lerinden OLGE'lerine doğru düze yakın bir yönseme görülmektedir (Şekil 27g,i). Kümülat gabrolarda bulunan klinopiroksenlerin ALGE ve OLGE içerikleri kondirite göre yaklaşık 10-14 kat kadar zenginleşmiş iken piroksenitlerdeki klinopiroksenler kısmen kondirite benzer değerlere sahip olup 2 kata kadar varan zenginleşmeler sunarlar (Şekil 27g,i). Her iki kayaç grubunda bulunan klinopiroksenlerin HLGE'leri ALGE ve OLGE'lere göre kısmen tüketilmiş olup, La_N/Lu_N oranları sırasıyla 0.023-0.101 (ort: 0.046) ve 0.028-0.030 (ort: 0.029) aralığındadır (Şekil 27g,i).

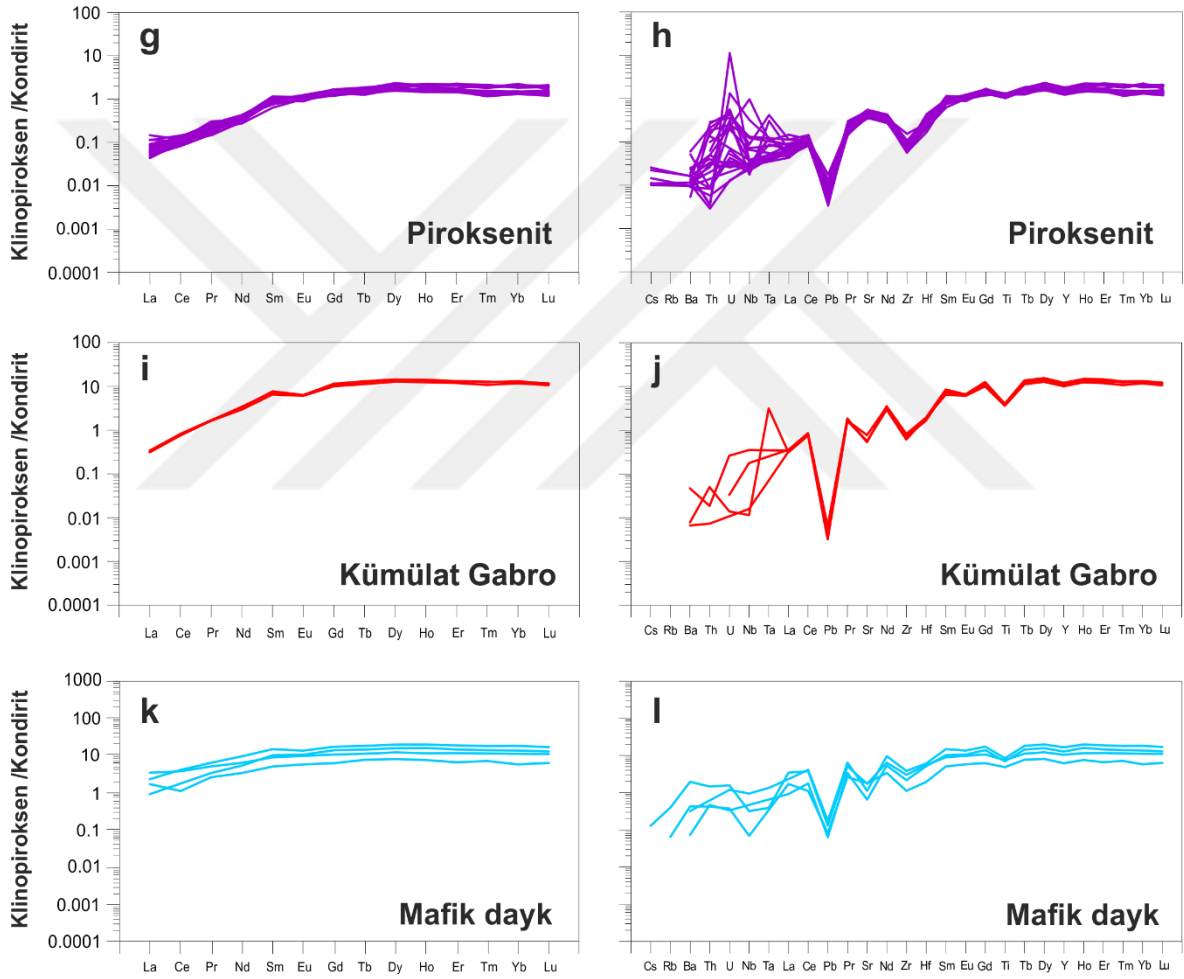


Şekil 27. Farklı kayaç gruplarındaki klinopiroksenlerin kondirite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları. Şekil a ve c'deki mavi kesikli renkli çizgiler spinel duraylılık alanındaki modal olmayan ayrılaşmalı ergimeyi yansıtmaktadır. Ergime parametreleri Johnson vd., (1990) ve Sano ve Kimura, (2007)'den alınmıştır.

Piroksenit örneklerindeki klinopiroksenlerin HLGE içerikleri kondirite göre yaklaşık 40 kata kadar tüketilmiş olmakla birlikte, Sm içerikleri kondiritik bileşime yakındır (Şekil 27g). Kümülat gabrolarda bulunan klinopiroksenlerde ise La ve Ce içerikleri kondirite göre yaklaşık 3 kat kadar tüketilmiş olup, Pr, Nd ve Sm elementleri yaklaşık 8 kata kadar değişen oranlarda zenginleşmiştir (Şekil 27i). Mafik daykları temsil eden gabrolardaki klinopiroksenlerin ALGE'lerinden OLGE'lerine doğru düze yakın bir yönseme görülmekte iken ($Sm_N/Lu_N = 0.800-0.879$; ort: 0.821), HLGE'lere doğru azalan bir yönseme görülmektedir ($La_N/Lu_N = 0.073-0.316$; ort: 0.200) (Şekil 27k). İzole diyabaz dayklarında bulunan klinopiroksenlerin LGE içeriklerinde kondirite göre 10 kata kadar oldukça değişken aralıklarda zenginleşmeler mevcuttur (Şekil 27k).

Piroksenitler, kümülat gabrolar ve izole diyabaz dayklarındaki klinopiroksenlerde negatif Pb, Zr ve Ti anomalileri mevcuttur (Şekil 27h,j,l). Piroksenitlerdeki klinopiroksenler negatif Eu anomalisi göstermez iken kümülat gabro ve izole diyabaz dayklarında negatif Eu ve Sr anomalileri gözlenir (Şekil 27h,j,l). Bunların yanı sıra, piroksenitler ve mafik dayklarda negatif U ve Th anomalileri gözlenirken, piroksenitlerde pozitif U anomalisi gözlenmektedir (Şekil 27j, l).

Şekil 27'nin devamı.



Tablo 8. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen klinopiroksenlerin ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı.

Örnek#	AP10	AP17	AP36	AP38	AP70	AP90C	AP90A	AP90B	AP101	AP105	AP126	AP87	AP11	AP71	AP91	AP102	AP103	AP107
Kayaç Grubu	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)	MP (G1)
N	7	8	1	5	9	8	9	7	9	7	6	6	7	9	8	7	9	6
SiO ₂	54.13	53.84	52.14	52.42	50.45	53.06	53.06	53.03	53.48	51.57	53.48	53.39	53.34	52.51	53.60	53.55	53.33	54.77
TiO ₂	0.05	0.04	0.20	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.28	0.05	0.03	0.03	0.04	0.07	0.12	0.18	0.05
Al ₂ O ₃	2.20	2.16	4.30	3.08	2.54	2.44	2.44	2.40	2.10	4.33	1.72	1.87	1.94	2.81	1.93	1.35	1.79	1.32
Cr ₂ O ₃	0.77	0.68	1.10	0.85	0.97	0.61	0.58	0.50	0.62	0.86	0.45	0.64	0.63	0.92	0.46	0.52	0.27	0.35
FeO	1.69	1.97	2.12	2.11	2.18	2.06	1.93	1.93	1.90	2.27	1.88	2.12	2.43	2.35	1.78	1.90	1.95	1.81
MnO	0.08	0.08	0.05	0.07	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.06	0.08	0.09	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07
NiO	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.03	0.03
MgO	17.52	17.10	15.80	17.51	16.93	16.83	17.71	17.63	17.71	16.76	18.13	17.19	17.96	17.40	18.00	17.79	17.47	16.84
CaO	23.64	24.50	23.78	24.32	24.08	24.76	24.51	24.54	24.87	23.68	24.69	24.17	22.83	23.31	24.93	24.71	24.85	25.36
Na ₂ O	0.12	0.05	0.32	0.07	0.08	0.08	0.06	0.08	0.06	0.41	0.04	0.02	0.04	0.02	0.06	0.19	0.21	0.06
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Σ	100.24	100.46	99.84	100.54	97.44	100.08	100.46	100.31	100.90	100.27	100.56	99.56	99.34	99.49	100.95	100.25	100.16	100.65
Si	1.954	1.947	1.900	1.901	1.895	1.931	1.922	1.924	1.930	1.875	1.935	1.949	1.948	1.919	1.932	1.945	1.939	1.976
Ti	0.001	0.001	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.001
Al	0.094	0.092	0.185	0.132	0.112	0.107	0.104	0.103	0.089	0.185	0.073	0.081	0.083	0.121	0.082	0.058	0.077	0.056
Cr	0.022	0.019	0.032	0.024	0.029	0.018	0.017	0.014	0.018	0.025	0.013	0.019	0.018	0.027	0.013	0.015	0.008	0.010
Fe ²⁺	0.051	0.060	0.065	0.064	0.068	0.063	0.058	0.059	0.057	0.069	0.057	0.065	0.074	0.072	0.054	0.058	0.059	0.054
Mn	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
Ni	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
Mg	0.943	0.922	0.858	0.946	0.949	0.913	0.956	0.954	0.953	0.909	0.978	0.936	0.978	0.948	0.967	0.964	0.947	0.906
Ca	0.914	0.949	0.928	0.945	0.970	0.965	0.951	0.954	0.961	0.923	0.957	0.946	0.893	0.914	0.963	0.962	0.968	0.980
Na	0.008	0.003	0.023	0.005	0.006	0.006	0.004	0.006	0.004	0.029	0.003	0.002	0.003	0.002	0.004	0.013	0.015	0.004
K	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	0.000	0.000
Σ	3.991	3.998	3.998	4.022	4.035	4.008	4.018	4.019	4.017	4.026	4.021	4.001	4.002	4.007	4.020	4.022	4.021	3.991
Mg#	94.9	93.9	93.0	93.7	93.3	93.6	94.2	94.2	94.3	93.0	94.5	93.5	93.0	93.0	94.7	94.4	94.1	94.3
Vo	47.9	49.2	50.2	48.3	48.8	49.7	48.4	48.5	48.8	48.5	48.1	48.6	45.9	47.2	48.5	48.5	49.0	50.5
En	49.4	47.7	46.4	48.4	47.7	47.0	48.6	48.5	48.3	47.8	49.1	48.1	50.3	49.0	48.8	48.6	48.0	46.7
Fs	2.7	3.1	3.5	3.3	3.4	3.2	3.0	3.0	2.9	3.6	2.9	3.3	3.8	3.7	2.7	2.9	3.0	2.8

Tablo 8'in devamı.

Örnek#	API16	AP2	AP3	AP4	AP6	AP7	AP8	AP12	AP14	AP15	AP16	AP19	AP20	AP21	AP22	AP23	AP24
Kayaç Grubu	MP (G1)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	8	8	10	6	7	9	2	6	4	5	5	9	18	9	4	5	9
SiO ₂	53.94	54.28	54.67	54.79	54.10	53.86	54.40	54.29	53.96	53.31	54.30	53.35	54.56	54.27	54.02	54.47	54.75
TiO ₂	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	1.84	1.43	1.23	0.85	1.32	1.53	1.35	1.38	1.10	1.09	1.65	1.96	0.97	1.17	1.95	1.40	1.53
Cr ₂ O ₃	0.64	0.70	0.57	0.49	0.61	0.59	0.71	0.64	0.64	0.47	0.76	0.77	0.54	0.59	0.74	0.65	0.69
FeO	2.07	1.98	1.83	1.99	2.05	1.89	1.88	1.89	1.85	2.13	2.01	2.03	1.98	2.15	1.63	1.89	1.94
MnO	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08
NiO	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05
MgO	16.96	17.53	17.66	17.62	17.72	17.26	17.74	17.72	17.38	18.88	17.48	17.29	17.76	17.90	17.53	17.50	17.69
CaO	24.46	24.41	24.08	24.39	23.67	24.04	23.74	23.73	24.22	23.06	23.57	24.37	24.00	23.82	24.23	24.20	23.37
Na ₂ O	0.05	0.03	0.09	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.17	0.03	0.05	0.01	0.07	0.04	0.07	0.09	0.09
K ₂ O	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
Σ	100.08	100.51	100.28	100.30	99.66	99.38	100.02	99.82	99.46	99.15	99.97	99.91	100.02	100.09	100.34	100.34	100.21
Si	1.958	1.962	1.975	1.982	1.968	1.966	1.970	1.970	1.970	1.951	1.967	1.942	1.978	1.967	1.952	1.969	1.975
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Al	0.079	0.061	0.052	0.036	0.057	0.066	0.058	0.059	0.047	0.047	0.071	0.084	0.041	0.050	0.083	0.060	0.065
Cr	0.018	0.020	0.016	0.014	0.018	0.017	0.020	0.018	0.019	0.014	0.022	0.022	0.016	0.017	0.021	0.019	0.020
Fe ²	0.063	0.060	0.055	0.060	0.063	0.058	0.057	0.057	0.057	0.065	0.061	0.062	0.060	0.066	0.049	0.057	0.059
Mn	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003
Ni	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Mg	0.918	0.944	0.951	0.950	0.961	0.939	0.958	0.958	0.946	1.031	0.944	0.938	0.960	0.968	0.945	0.943	0.952
Ca	0.951	0.945	0.932	0.945	0.923	0.941	0.921	0.922	0.947	0.904	0.915	0.951	0.932	0.925	0.938	0.937	0.903
Na	0.004	0.002	0.006	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.012	0.002	0.004	0.001	0.005	0.003	0.005	0.006	0.007
K	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	0.000
Σ	3.995	3.999	3.993	3.994	3.995	3.994	3.992	3.992	4.002	4.019	3.988	4.004	3.996	4.000	3.998	3.995	3.985
Mg#	93.6	94.0	94.5	94.0	93.9	94.2	94.4	94.4	94.4	94.1	93.9	93.8	94.1	93.7	95.1	94.3	94.2
Vo	49.2	48.5	48.1	48.3	47.4	48.5	47.6	47.6	48.6	45.3	47.6	48.7	47.8	47.3	48.6	48.4	47.2
En	47.5	48.4	49.1	48.6	49.4	48.5	49.5	49.4	48.5	51.5	49.2	48.1	49.2	49.4	48.9	48.7	49.7
Fs	3.3	3.1	2.8	3.1	3.2	3.0	2.9	3.0	2.9	3.3	3.2	3.2	3.1	3.3	2.5	3.0	3.1

Tablo 8'in devamı.

Örnek#	AP25	AP26	AP28	AP29	AP30	AP31	AP32	AP33	AP35	AP37	AP39	AP40	AP41	AP42	AP43	AP44	AP45	AP47
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	6	4	7	8	7	8	7	11	10	9	6	5	14	13	7	9	6	6
SiO ₂	55.01	54.22	53.38	53.19	54.48	54.42	52.51	52.33	54.44	53.23	54.38	53.37	54.10	54.13	54.31	54.86	54.67	54.08
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	1.28	0.90	1.33	1.31	1.29	1.25	0.83	0.96	1.25	2.08	1.03	1.61	0.85	1.26	1.60	1.07	1.15	1.78
Cr ₂ O ₃	0.45	0.58	0.67	0.67	0.59	0.61	0.54	0.55	0.68	0.84	0.52	0.66	0.55	0.65	0.52	0.53	0.64	0.72
FeO	2.00	2.13	1.92	1.89	2.01	1.97	1.71	1.82	2.12	1.91	2.25	2.05	2.00	2.06	2.07	1.97	1.97	2.03
MnO	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.09
NiO	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05
MgO	17.57	18.17	17.43	17.52	17.64	17.71	17.48	17.16	17.86	17.40	17.58	18.16	18.06	17.71	17.42	17.68	17.76	17.20
CaO	24.02	23.15	24.39	24.46	24.18	24.12	23.32	23.29	23.59	24.28	23.70	24.38	23.84	24.13	23.95	24.01	23.70	23.93
Na ₂ O	0.03	0.10	0.04	0.04	0.01	0.09	0.12	0.06	0.13	0.08	0.04	0.03	0.08	0.08	0.01	0.05	0.08	0.01
K ₂ O	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
Σ	100.49	99.37	99.30	99.22	100.32	100.31	96.65	96.31	100.23	100.00	99.66	100.09	99.61	100.17	100.05	100.32	100.10	99.91
Si	1.982	1.976	1.955	1.951	1.970	1.968	1.971	1.972	1.970	1.936	1.979	1.940	1.971	1.963	1.968	1.981	1.978	1.963
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.054	0.039	0.058	0.057	0.055	0.053	0.037	0.043	0.053	0.089	0.044	0.069	0.037	0.054	0.069	0.046	0.049	0.076
Cr	0.013	0.017	0.020	0.019	0.017	0.017	0.016	0.016	0.020	0.024	0.015	0.019	0.016	0.019	0.015	0.015	0.018	0.021
Fe ²	0.060	0.065	0.059	0.058	0.061	0.059	0.054	0.057	0.064	0.058	0.068	0.062	0.061	0.063	0.063	0.060	0.060	0.062
Mn	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003
Ni	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
Mg	0.944	0.988	0.952	0.958	0.951	0.955	0.979	0.964	0.963	0.943	0.954	0.984	0.981	0.958	0.941	0.952	0.958	0.931
Ca	0.927	0.904	0.957	0.962	0.937	0.935	0.938	0.940	0.914	0.946	0.924	0.949	0.931	0.937	0.930	0.929	0.919	0.931
Na	0.002	0.007	0.003	0.003	0.001	0.006	0.008	0.005	0.009	0.006	0.003	0.002	0.006	0.005	0.001	0.003	0.005	0.001
K	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	0.000	0.000
Σ	3.986	3.999	4.007	4.012	3.994	3.999	4.007	4.001	3.998	4.009	3.992	4.021	4.006	4.003	3.990	3.990	3.991	3.988
Mg#	94.0	93.8	94.2	94.3	94.0	94.1	94.8	94.4	93.8	94.2	93.3	94.1	94.2	93.9	93.7	94.1	94.1	93.8
Vo	48.0	46.2	48.6	48.6	48.1	48.0	47.6	47.9	47.1	48.6	47.5	47.6	47.2	47.9	48.1	47.9	47.4	48.4
En	48.9	50.5	48.4	48.4	48.8	49.0	49.7	49.1	49.6	48.4	49.0	49.3	49.7	48.9	48.7	49.1	49.5	48.4
Fs	3.1	3.3	3.0	2.9	3.1	3.1	2.7	2.9	3.3	3.0	3.5	3.1	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2

Tablo 8'in devamı.

Örnek#	AP48	AP49	AP50	AP51	AP53	AP54	AP55	AP56	AP57	AP58	AP62	AP66	AP67	AP68	AP69	AP72	AP73	AP74
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	9	7	8	9	6	6	10	9	19	14	9	6	11	8	5	10	4	9
SiO ₂	54.00	54.26	54.18	54.76	54.30	54.67	54.40	53.64	53.92	54.30	53.96	54.05	53.61	54.44	54.12	53.01	54.22	54.26
TiO ₂	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.02	0.05	0.01
Al ₂ O ₃	1.81	0.95	1.49	1.05	1.35	1.01	1.55	1.46	1.69	1.22	1.48	1.48	1.62	1.39	1.09	2.09	1.50	1.17
Cr ₂ O ₃	0.69	0.48	0.67	0.54	0.65	0.51	0.65	0.58	0.78	0.60	0.70	0.70	0.71	0.80	0.59	0.87	0.76	0.65
FeO	2.20	1.89	1.91	1.97	1.86	1.88	1.88	1.80	2.17	1.99	2.05	1.72	1.89	1.67	1.84	2.00	1.67	2.01
MnO	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.06	0.09
NiO	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06
MgO	17.70	17.86	17.39	17.60	17.39	17.62	17.40	17.64	17.53	17.48	17.59	17.32	17.38	17.35	17.54	17.54	17.73	17.84
CaO	23.65	23.29	24.11	24.04	24.29	24.63	24.43	24.37	23.39	23.83	24.18	24.63	24.00	24.01	24.61	24.02	24.42	23.81
Na ₂ O	0.01	0.07	0.01	0.06	0.06	0.02	0.01	0.05	0.09	0.06	0.04	0.04	0.01	0.23	0.04	0.02	0.10	0.12
K ₂ O	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
Σ	100.20	98.91	99.88	100.16	100.05	100.48	100.47	99.69	99.72	99.62	100.14	100.04	99.34	100.05	99.95	99.69	100.56	100.01
Si	1.955	1.984	1.967	1.981	1.969	1.975	1.965	1.954	1.961	1.976	1.958	1.962	1.959	1.972	1.967	1.934	1.957	1.968
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Al	0.077	0.041	0.064	0.045	0.058	0.043	0.066	0.063	0.072	0.052	0.063	0.063	0.070	0.059	0.047	0.090	0.064	0.050
Cr	0.020	0.014	0.019	0.015	0.019	0.015	0.019	0.017	0.023	0.017	0.020	0.020	0.021	0.023	0.017	0.025	0.022	0.019
Fe ²	0.067	0.058	0.058	0.060	0.056	0.057	0.057	0.055	0.066	0.061	0.062	0.052	0.058	0.050	0.056	0.061	0.050	0.061
Mn	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
Ni	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002
Mg	0.956	0.974	0.941	0.949	0.940	0.949	0.937	0.958	0.950	0.948	0.952	0.937	0.946	0.937	0.951	0.954	0.954	0.965
Ca	0.917	0.912	0.938	0.932	0.944	0.953	0.945	0.952	0.911	0.929	0.940	0.958	0.939	0.932	0.959	0.939	0.944	0.925
Na	0.001	0.005	0.001	0.004	0.004	0.002	0.001	0.004	0.006	0.004	0.003	0.003	0.001	0.016	0.003	0.001	0.007	0.009
K	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	0.000	0.000
Σ	3.996	3.991	3.992	3.991	3.995	3.997	3.993	4.007	3.994	3.991	4.002	3.998	3.997	3.994	4.003	4.009	4.003	4.002
Mg#	93.5	94.4	94.2	94.1	94.3	94.4	94.3	94.6	93.5	94.0	93.9	94.7	94.3	94.9	94.4	94.0	95.0	94.1
Vo	47.3	46.9	48.4	48.0	48.6	48.7	48.8	48.4	47.3	47.9	48.1	49.2	48.3	48.6	48.8	48.1	48.5	47.4
En	49.3	50.1	48.6	48.9	48.5	48.4	48.3	48.8	49.3	48.9	48.7	48.1	48.7	48.8	48.4	48.8	49.0	49.4
Fs	3.4	3.0	3.0	3.1	2.9	2.9	2.9	2.8	3.4	3.1	3.2	2.7	3.0	2.6	2.8	3.1	2.6	3.1

Tablo 8'in devamı.

Örnek#	AP75	AP76	AP77	AP78	AP79	AP80	AP81	AP82	AP83	AP84	AP85	AP88	AP92	AP100	AP112	AP113	AP115	AP117
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)
N	5	12	5	7	4	8	8	5	7	11	9	12	6	18	11	7	5	9
SiO ₂	54.12	53.54	53.99	53.79	54.19	53.95	53.46	53.77	53.53	54.07	53.86	53.84	54.82	53.49	53.79	53.79	55.25	54.04
TiO ₂	0.01	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	1.43	2.03	1.89	1.56	1.24	1.49	1.74	1.65	2.03	1.40	1.65	1.40	0.60	1.77	1.46	1.35	1.47	1.59
Cr ₂ O ₃	0.70	0.92	0.66	0.64	0.55	0.67	0.70	0.79	0.75	0.54	0.73	0.64	0.30	0.63	0.66	0.52	0.64	0.70
FeO	1.81	1.94	1.83	1.98	1.97	1.96	1.95	1.79	1.85	1.93	2.04	1.81	1.56	2.00	2.21	1.91	1.98	2.08
MnO	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.07	0.07	0.09
NiO	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05
MgO	17.05	16.78	18.08	17.86	17.25	16.98	18.03	18.08	17.86	18.07	17.02	17.16	18.62	17.83	17.31	17.18	17.60	17.37
CaO	25.23	24.77	24.71	24.77	24.69	24.94	24.81	24.64	24.73	24.67	24.68	25.01	25.12	24.61	24.40	25.08	24.59	24.31
Na ₂ O	0.04	0.12	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.11	0.07	0.06	0.03	0.14	0.07	0.05	0.08	0.03	0.07	0.05
K ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.51	100.31	101.31	100.58	100.01	100.13	100.83	100.96	100.94	100.89	100.13	100.17	101.20	100.54	100.07	99.98	101.72	100.30
Si	1.960	1.944	1.938	1.947	1.969	1.960	1.932	1.938	1.930	1.949	1.957	1.957	1.967	1.937	1.956	1.958	1.970	1.958
Ti	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.061	0.087	0.080	0.067	0.053	0.064	0.074	0.070	0.086	0.059	0.071	0.060	0.025	0.076	0.063	0.058	0.062	0.068
Cr	0.020	0.027	0.019	0.018	0.016	0.019	0.020	0.023	0.021	0.016	0.021	0.018	0.009	0.018	0.019	0.015	0.018	0.020
Fe ²	0.055	0.059	0.055	0.060	0.060	0.059	0.059	0.054	0.056	0.058	0.062	0.055	0.047	0.061	0.067	0.058	0.059	0.063
Mn	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003
Ni	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Mg	0.920	0.908	0.967	0.964	0.934	0.920	0.971	0.971	0.960	0.971	0.922	0.930	0.996	0.963	0.938	0.933	0.935	0.938
Ca	0.979	0.963	0.950	0.961	0.961	0.971	0.961	0.952	0.955	0.953	0.961	0.974	0.966	0.955	0.951	0.978	0.940	0.944
Na	0.003	0.008	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.008	0.005	0.004	0.002	0.010	0.005	0.003	0.006	0.002	0.005	0.004
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.001	4.002	4.014	4.014	3.997	3.999	4.021	4.020	4.018	4.015	3.998	4.010	4.018	4.017	4.005	4.006	3.992	3.999
Mg#	94.4	93.9	94.6	94.2	94.0	93.9	94.3	94.7	94.5	94.3	93.7	94.4	95.5	94.1	93.3	94.1	94.1	93.8
Vo	50.1	49.9	48.2	48.4	49.2	49.8	48.3	48.1	48.5	48.1	49.4	49.7	48.1	48.3	48.6	49.7	48.6	48.5
En	47.1	47.0	49.0	48.6	47.8	47.2	48.8	49.1	48.7	49.0	47.4	47.5	49.6	48.7	48.0	47.4	48.4	48.2
Fs	2.8	3.0	2.8	3.0	3.1	3.0	3.0	2.7	2.8	2.9	3.2	2.8	2.3	3.1	3.4	2.9	3.0	3.2

Tablo 8'in devamı.

Örnek#	AP119	AP120	AP122	AP123	AP124	AP127	AP128	AP27	AP64	AP111	AP125	PK41	PK53	PK70	AP61	AP18
Kayaç Grubu	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	MP (G2)	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK
N	12	8	7	10	8	3	15	5	3	2	5	13	9	12	7	10
SiO ₂	54.07	53.09	54.19	53.73	53.75	54.14	54.70	55.05	54.71	53.66	55.09	54.52	53.60	54.60	54.36	53.95
TiO ₂	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.04	0.04	0.13	0.05	0.06	0.07
Al ₂ O ₃	1.18	2.03	0.88	1.58	1.76	0.83	0.81	0.46	0.78	0.54	0.37	1.12	2.37	1.09	1.02	1.35
Cr ₂ O ₃	0.53	0.68	0.47	0.68	0.68	0.35	0.53	0.53	0.71	0.13	0.28	0.70	0.54	0.65	0.66	0.46
FeO	1.85	1.99	1.27	1.86	1.99	3.19	1.59	2.07	1.44	1.30	1.10	2.35	3.75	2.31	2.03	3.08
MnO	0.07	0.07	0.04	0.07	0.06	0.09	0.07	0.08	0.02	0.01	0.02	0.07	0.11	0.00	0.09	0.09
NiO	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03
MgO	18.20	17.62	17.90	18.07	18.15	17.87	17.60	17.71	17.09	18.16	18.25	16.97	15.95	17.43	17.48	16.88
CaO	24.82	24.78	25.61	24.68	24.49	24.11	25.63	23.64	24.60	26.16	25.81	23.43	23.27	23.71	23.62	23.51
Na ₂ O	0.02	0.02	0.16	0.03	0.00	0.05	0.04	0.23	0.38	0.05	0.13	0.11	0.10	0.15	0.13	0.08
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Σ	100.81	100.36	100.59	100.76	100.96	100.68	101.07	99.81	99.85	100.03	101.09	99.34	99.83	100.02	99.48	99.50
Si	1.951	1.928	1.959	1.940	1.937	1.963	1.969	1.998	1.987	1.955	1.978	1.989	1.958	1.980	1.980	1.973
Ti	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.002
Al	0.050	0.087	0.037	0.067	0.075	0.036	0.034	0.020	0.033	0.023	0.016	0.048	0.102	0.047	0.044	0.058
Cr	0.015	0.020	0.013	0.019	0.019	0.010	0.015	0.015	0.020	0.004	0.008	0.020	0.016	0.019	0.019	0.013
Fe ²	0.056	0.060	0.038	0.056	0.060	0.096	0.048	0.063	0.044	0.039	0.033	0.072	0.115	0.070	0.062	0.094
Mn	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.000	0.003	0.003
Ni	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Mg	0.979	0.954	0.965	0.973	0.975	0.966	0.945	0.958	0.926	0.987	0.977	0.923	0.868	0.942	0.949	0.921
Ca	0.959	0.964	0.992	0.955	0.945	0.937	0.988	0.919	0.957	1.021	0.993	0.916	0.911	0.921	0.922	0.920
Na	0.002	0.002	0.011	0.002	0.000	0.004	0.003	0.016	0.027	0.003	0.009	0.008	0.007	0.010	0.010	0.005
K	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
Σ	4.016	4.019	4.020	4.017	4.016	4.016	4.007	3.993	3.998	4.033	4.015	3.980	3.984	3.991	3.991	3.992
Mg#	94.6	94.1	96.2	94.6	94.2	91.0	95.2	93.9	95.5	96.2	96.7	92.8	88.3	93.1	93.9	90.8
Vo	48.1	48.7	49.7	48.1	47.7	46.9	49.9	47.4	49.7	49.9	49.6	47.9	48.1	47.7	47.7	47.6
En	49.1	48.2	48.4	49.0	49.2	48.3	47.7	49.4	48.0	48.2	48.8	48.3	45.9	48.7	49.1	47.5
Fs	2.8	3.0	1.9	2.8	3.0	4.8	2.4	3.2	2.3	1.9	1.6	3.8	6.1	3.6	3.2	4.9

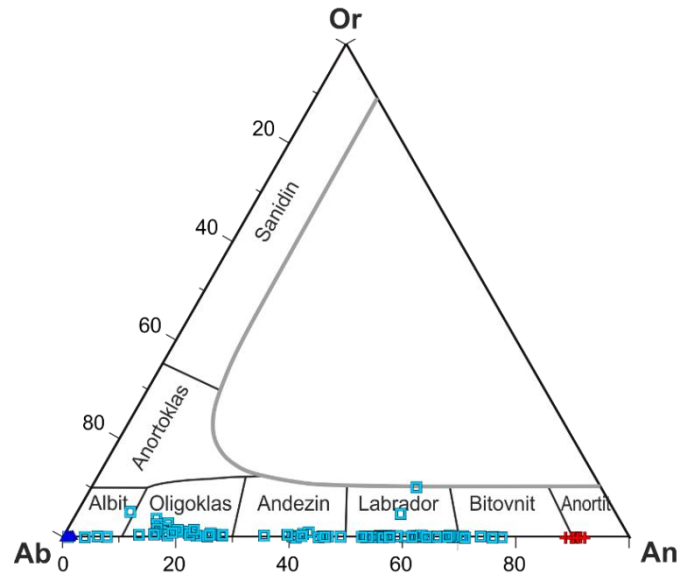
Tablo 8'in devamı.

Örnek#	PK28	PK32	PK44	PK52	AP98	AP110	AP108	AP109	AP86	AP5	AP13	AP60	AP130	AP131	AP132
Kayaç Grubu	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	UMK	MK	MK	MK	ID	ID	ID	ID	ID	ID
N	15	13	3	3	14	9	10	11	8	10	12	2	11	2	4
SiO ₂	54.75	53.30	52.95	53.65	53.47	53.06	52.23	52.16	52.54	54.32	51.18	53.13	51.34	51.29	51.71
TiO ₂	0.06	0.07	0.06	0.14	0.06	0.09	0.31	0.25	0.11	0.01	0.48	0.34	0.51	0.39	0.33
Al ₂ O ₃	1.05	1.78	2.01	2.12	2.01	1.56	1.78	1.95	2.35	0.94	2.27	2.46	2.70	3.07	1.79
Cr ₂ O ₃	0.56	0.79	0.60	0.52	0.39	0.44	0.03	0.01	0.39	0.46	0.04	0.25	0.04	0.05	0.07
FeO	2.45	2.93	2.83	3.89	3.83	2.86	9.66	9.94	4.93	1.95	10.45	6.21	9.34	9.87	10.42
MnO	0.07	0.06	0.00	0.10	0.15	0.10	0.27	0.32	0.17	0.07	0.29	0.19	0.26	0.32	0.33
NiO	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00
MgO	17.55	16.42	16.94	16.30	16.08	17.77	13.76	13.03	17.08	18.17	14.70	17.68	15.01	13.96	13.91
CaO	23.07	23.57	23.94	22.97	23.83	23.94	21.87	22.23	21.72	23.60	20.35	19.31	20.22	20.90	21.42
Na ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08	0.23	0.20	0.10	0.05	0.26	0.20	0.25	0.26	0.25
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Σ	99.69	99.04	99.44	99.82	99.94	99.93	100.16	100.10	99.41	99.62	100.02	99.77	99.70	100.13	100.23
Si	1.988	1.960	1.941	1.960	1.956	1.938	1.951	1.954	1.934	1.975	1.918	1.944	1.918	1.916	1.939
Ti	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.009	0.007	0.003	0.000	0.013	0.009	0.014	0.011	0.009
Al	0.045	0.077	0.088	0.091	0.087	0.067	0.078	0.086	0.102	0.040	0.100	0.106	0.119	0.135	0.079
Cr	0.016	0.023	0.016	0.015	0.011	0.013	0.001	0.000	0.011	0.013	0.001	0.007	0.001	0.002	0.002
Fe ²	0.075	0.090	0.087	0.119	0.117	0.087	0.302	0.311	0.152	0.059	0.328	0.190	0.292	0.309	0.328
Mn	0.002	0.002	0.000	0.003	0.005	0.003	0.009	0.010	0.005	0.002	0.009	0.006	0.008	0.010	0.011
Ni	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Mg	0.950	0.900	0.926	0.888	0.877	0.968	0.767	0.727	0.937	0.985	0.821	0.964	0.836	0.775	0.775
Ca	0.898	0.929	0.941	0.899	0.934	0.937	0.875	0.892	0.857	0.919	0.817	0.757	0.810	0.837	0.861
Na	0.007	0.006	0.006	0.007	0.005	0.006	0.017	0.014	0.007	0.003	0.019	0.014	0.018	0.019	0.018
K	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	0.001	0.000
Σ	3.983	3.991	4.007	3.987	3.996	4.022	4.009	4.003	4.010	4.000	4.027	3.997	4.017	4.014	4.021
Mg#	92.8	90.9	91.4	88.2	88.2	91.7	71.8	70.0	86.1	94.3	71.4	83.5	74.0	70.8	69.9
Vo	46.7	48.4	48.1	47.2	48.4	47.0	45.0	46.2	44.0	46.8	41.6	39.6	41.8	43.6	43.8
En	49.4	46.9	47.4	46.6	45.5	48.6	39.4	37.7	48.2	50.1	41.8	50.4	43.1	40.2	39.5
Fs	3.9	4.7	4.4	6.2	6.1	4.4	15.5	16.1	7.8	3.0	16.7	9.9	15.1	16.2	16.7

3.5.5. Plajiyoklas

Aladağ ofiyolitik istifine ait kümülat gabrolar, izotrop gabro ve izole diyabaz dayklarında gözlenen plajiyoklasların mineral kimyası ortalama ana oksit içerikleri Tablo 9, analizlerin tümü ise Ek Tablo 8’de verilmiştir. Kümülat gabroları temsil eden 2 adet örnekte gözlenen plajiyoklasların An içerikleri [$An = 100 \times Ca / (K + Ca + Na)$; $Ab = 100 \times Na / (K + Ca + Na)$; $Or = 100 \times K / (K + Ca + Na)$] 88.2-91.6 arasında olup, çoklukla anortit bileşimindedir. 1 adet izotrop gabro örneğinde gözlenen plajiyoklasların An içerikleri ise 0.4 ilâ 1.5 arasında değişmekte olup, çoklukla albit bileşimli oldukları belirlenmiştir (Şekil 28). Söz konusu izotrop gabrodaki plajiyoklas kristallerinin FeO içerikleri oldukça düşük olup 0.05 ilâ 0.29 ağırlık % arasında değişmekte iken, kümülat gabrolardaki plajiyoklas kristallerinin FeO içerikleri kısmen yüksektir ve 0.30 ilâ 0.65 ağırlık % arasında bir değişim aralığı sunar.

İzole diyabaz dayklarında gözlenen plajiyoklas minerallerinin An içerikleri oldukça farklı olup tüm örnekler dikkate alındığında bu değer 1 ilâ 77 arasında değişmektedir. Bununla birlikte aynı örnek içerisinde yüksek An içerikli plajiyoklas kristalleri ile birlikte An içerikleri oldukça düşük plajiyoklas kristalleri de mevcuttur. Plajiyoklasların FeO içerikleri 0.01-0.97 ağırlık % arasında değişen değerlere sahiptir.



Şekil 28. Aladağ ofiyolitine ait gabro örneklerindeki feldispat grubu minerallerin Or (K)-Ab (Na)-An (Ca) sınıflama diyagramındaki yerleri.

Tablo 9. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen plajiyoklasların ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı

Örnek#	AP108	AP109	AP86	AP5	AP13	AP60	AP90D	AP94	AP96	AP106	AP114	AP118	AP130	AP132
Kayaç Grubu	MK	MK	MK	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD	İD
N	5	5	6	3	2	11	12	4	12	8	10	12	14	5
SiO ₂	45.89	45.80	68.86	72.18	69.72	53.86	58.93	59.66	56.03	59.13	56.18	52.84	56.60	58.99
TiO ₂	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	33.62	34.24	20.09	20.18	21.13	29.07	25.49	24.75	27.94	26.27	27.41	29.01	27.09	25.79
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
FeO	0.48	0.42	0.10	0.09	0.11	0.49	0.30	0.09	0.24	0.27	0.37	0.62	0.36	0.25
MnO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
NiO	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01
MgO	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.06	0.03	0.00	0.01	0.01	0.04	0.12	0.05	0.01
CaO	18.51	18.47	0.19	1.13	2.16	12.18	7.22	6.40	10.63	8.31	11.16	12.71	10.29	8.01
Na ₂ O	1.22	1.03	11.76	9.92	9.23	4.72	7.37	8.34	5.70	7.01	5.57	4.30	5.74	7.08
K ₂ O	0.00	0.00	0.09	0.03	0.51	0.03	0.44	0.08	0.07	0.14	0.07	0.04	0.04	0.08
Σ	99.76	99.99	101.15	103.56	102.91	100.45	99.82	99.35	100.64	101.18	100.84	99.69	100.23	100.21
Si	2.126	2.114	2.977	3.023	2.958	2.427	2.639	2.679	2.505	2.614	2.514	2.407	2.539	2.630
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
Al	1.836	1.863	1.024	0.996	1.057	1.548	1.350	1.310	1.478	1.373	1.448	1.559	1.436	1.358
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ²⁺	0.018	0.016	0.004	0.003	0.004	0.019	0.011	0.004	0.009	0.010	0.014	0.024	0.014	0.009
Mn	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
Ni	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.008	0.004	0.000
Ca	0.919	0.913	0.009	0.051	0.098	0.592	0.349	0.308	0.513	0.397	0.538	0.621	0.498	0.385
Na	0.109	0.092	0.986	0.806	0.760	0.410	0.638	0.726	0.491	0.599	0.482	0.379	0.497	0.611
K	0.000	0.000	0.005	0.002	0.027	0.002	0.025	0.005	0.004	0.008	0.004	0.002	0.002	0.004
Σ	5.010	5.000	5.007	4.882	4.907	5.003	5.017	5.031	5.002	5.003	5.004	5.003	4.992	4.998
Al	10.6	9.2	98.6	93.9	85.8	40.9	62.9	69.9	48.8	59.8	47.3	37.8	50.0	61.3
An	89.4	90.8	0.9	5.9	11.2	58.9	34.6	29.6	50.8	39.4	52.3	61.9	49.7	38.3
Or	0.0	0.0	0.5	0.2	2.9	0.2	2.5	0.5	0.4	0.8	0.4	0.2	0.2	0.4

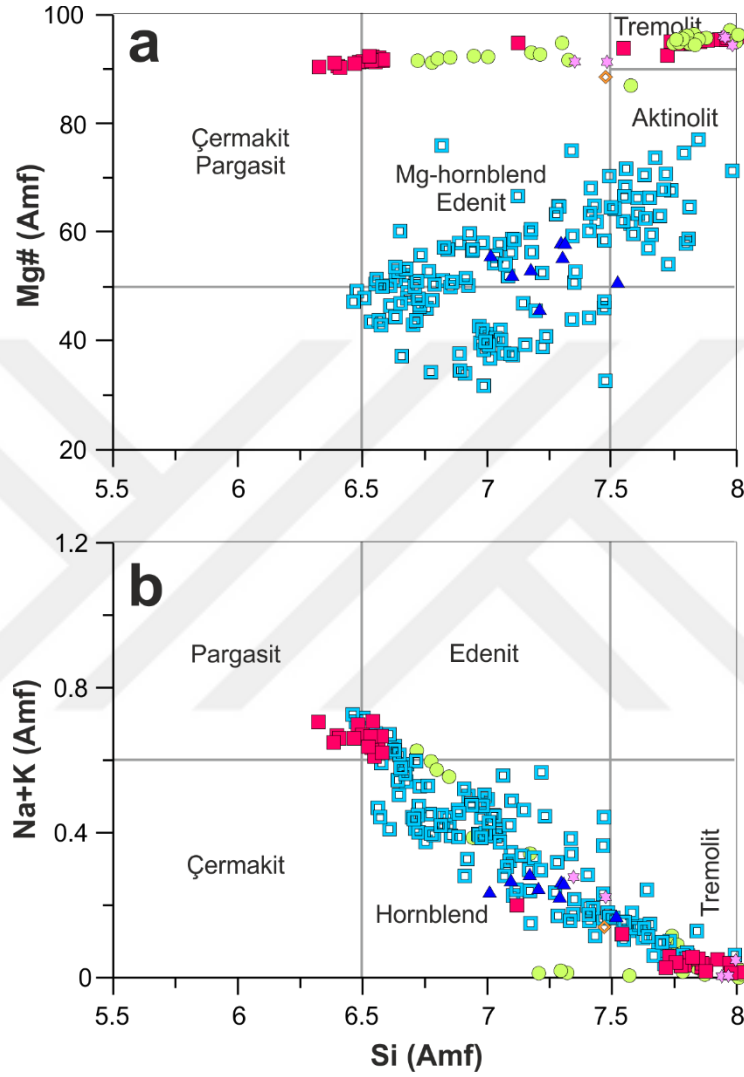
3.5.6. Amfibol

Amfibol kristalleri mafik dayk örneklerinde bol miktarda gözlenmiş olmakla birlikte, bazı manto peridotiti, verlit, piroksenit, izotrop gabro ve amfibolit örneklerinde de gözlenmiştir. Amfibollerin mineral kimyası ortalama ana oksit içerikleri Tablo 10, analizlerin tümü ise Ek Tablo 9’da verilmiştir. Özellikle manto peridotitlerine ait Grup-1 ve Grup-2 örneklerinin elektron mikroprob analizleri esnasında BSE görüntüleri yardımıyla belirlenen amfiboller yüksek Mg# değerlerine (86.6–96) sahiptir (Şekil 29). Grup-1 örneklerine ait amfibol kristallerinin Al₂O₃ içerikleri 0.82-13.58 ağı.% arasında değişirken, Grup-2 örneklerinde bu değer 0.07-10.33 arasındadır. Grup-1 örneklerinde gözlenen amfibollerin Na+K içerikleri genellikle düşük (<0.15 ağı%) olmasına rağmen bazı Grup-1 örneklerinde bu değer 0.70 ağı.%’lere kadar ulaşmaktadır. Grup-2 örnekleri amfibol kristalleri ise Na+K içerikleri bakımından geniş bir aralık sunar (<0.62 ağı%).

Grup-1 peridotit örneklerinde gözlenen amfiboller genellikle 0.01 ilâ 0.07 ağı.% arasında değişen oldukça düşük TiO₂ içeriklerine sahip olmakla birlikte, AP102 ve AP103 numaralı iki adet örnekte gözlenen amfiboller 0.58 ilâ 0.76 ağı.% arasında değişen kısmen daha yüksek TiO₂ içeriklerine sahiptir. Grup-2 peridotitlerinde gözlenen amfibollerin tümü oldukça düşük TiO₂ içerikleri ile karakteristik olup, bu değer <0.10 ağı.%’dir. Her iki grup manto peridotitlerindeki Si katyon değerleri 6.3 ilâ 8.0 arasında değişen amfibollerin tremolit, hornblend ve pargasit bileşimlerinde olduğu belirlenmiş olup, Si katyon değerlerindeki azalmaya bağlı olarak Na+K içeriklerinde bir artış buna karşılık Mg# değerlerinde bir azalma söz konusudur (Şekil 29b).

Ultramafik kümülat kayaçların üst kesimini temsil eden piroksenit örneğinde gözlenen amfibol kristallerinin Mg# değerleri (95-97) manto peridotitlerinde gözlenen amfibol Mg# değerlerine benzer olup, Na+K ve Al₂O₃ içerikleri oldukça düşük değerlerdedir. TiO₂ içerikleri de benzer şekilde düşük olup, 0.02 ilâ 0.05 ağı.% arasında değişir. Kümülat gabrolardaki amfibollerin ise Mg# değerleri 45.8-58 arasında değişmekte olup, Na+K ve Al₂O₃ içerikleri piroksenitlerdeki amfibollere göre oldukça zengindir ve sırasıyla 0.16-0.28 ağı.% ve 4.48-7.20 ağı.% aralığında değişir. TiO₂ içerikleri kısmen yüksek olup, 0.23 ilâ 0.76 arasında değişir. İzole diyabaz dayklarına ait örneklerde gözlenen amfiboller benzer şekilde kalsik amfiboller olup, Mg# değerleri 31.7 ilâ 76.8 arasında geniş bir aralık sunar (Şekil 29a,b). Al₂O₃ içerikleri 0.86-10.27 arasında değişen amfibollerin Ti içerikleri oldukça değişken olup bu değer 2.75 ağı.%’lere kadar

ulaşabilmektedir. Si kasyon değerlerindeki (6.4-8.0) azalmaya bağlı olarak Na+K değerleri (0.01-0.72 ağırlık %) değerlerinde bir artış buna karşılık Mg# değerlerinde bir azalma sunan amfiboller benzer şekilde tremolit ve çoklukla hornblend bileşimindedir (Şekil 29a,b).



Şekil 29. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve izole diyabaz daykı örneklerindeki amfibol kristallerinin Si değerlerine karşılık Na+K içeriklerindeki değişimler. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro.

Tablo 10. Aladağ ofiyolitine ait farklı kayaç gruplarında gözlenen amfibollerin ortalama kimyasal bileşimleri. N: Analiz sayısı

Örnek# Kayaç Grubu	AP10		AP36		AP102		AP103		AP107		AP9		AP41		AP58		AP23		AP40		AP75		AP79		AP82		AP100		AP127		AP128		PK53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	MP (G1)	1	MP (G1)	1	MP (G1)	13	MP (G1)	4	MP (G1)	16	MP (G2)	7	MP (G2)	1	MP (G2)	1	MP (G2)	1	MP (G2)	2	MP (G2)	2	MP (G2)	1	MP (G2)	1	MP (G2)	2	MP (G2)	2	MP (G2)	3	MP (G2)	3	UMK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
SiO ₂	51.49	54.48	45.99	45.11	57.35	49.09	48.86	49.35	50.96	56.96	56.23	52.39	57.75	57.28	57.12	58.87	53.49	0.18	0.14	0.61	0.74	0.05	0.10	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.29	8.56	4.30	11.05	13.35	2.35	9.21	0.45	0.94	1.18	1.45	2.81	1.09	0.90	1.92	1.62	0.26	5.31	1.58	1.05	1.83	0.87	0.40	1.93	0.25	0.45	0.74	0.38	0.88	0.16	0.24	0.71	0.42	0.14	0.37	2.11	2.64	3.27	3.58	2.18	3.15	3.88	3.87	2.43	1.96	2.34	4.62	2.02	1.80	2.40	1.94	4.71	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.09	0.14	0.07	0.07	0.09	0.10	0.07	0.04	0.07	0.08	0.16	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.11	0.03	0.02	0.03	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.05	0.03	20.00	21.16	19.10	18.53	21.70	19.55	26.17	22.77	23.13	23.20	21.75	16.79	24.19	22.85	23.60	23.01	19.73	12.85	12.99	12.80	12.74	13.33	12.42	13.82	15.76	17.92	13.22	12.87	21.77	13.35	13.55	12.77	13.22	12.66	0.73	0.44	2.36	2.43	0.14	1.68	0.04	0.04	0.07	0.04	0.42	0.02	0.13	0.11	0.24	0.04	0.51	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	97.66	97.39	97.17	97.52	97.66	97.49	93.59	93.35	96.54	97.34	97.47	97.01	98.73	98.37	98.35	97.61	97.26	7.116	7.537	6.531	6.375	7.846	6.889	7.203	7.316	7.291	7.823	7.736	7.566	7.827	7.790	7.780	8.030	7.465	0.019	0.015	0.065	0.078	0.005	0.011	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.030	1.393	0.701	1.850	2.224	0.379	1.524	0.079	0.164	0.200	0.233	0.455	0.186	0.143	0.307	0.260	0.043	0.874	0.173	0.115	0.205	0.097	0.043	0.214	0.029	0.053	0.084	0.041	0.095	0.018	0.025	0.076	0.046	0.015	0.040	0.244	0.306	0.388	0.423	0.250	0.370	0.478	0.480	0.291	0.226	0.269	0.558	0.229	0.205	0.274	0.221	0.549	0.004	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.011	0.018	0.008	0.008	0.011	0.012	0.007	0.004	0.008	0.018	0.013	0.013	0.014	0.013	0.011	0.012	0.004	0.002	0.003	0.006	0.008	0.008	0.007	0.009	0.009	0.006	0.004	4.121	4.363	4.044	3.905	4.426	4.091	5.751	5.032	4.933	4.749	4.461	3.615	4.889	4.633	4.791	4.679	4.104	1.902	1.925	1.948	1.930	1.954	1.867	2.183	2.504	2.747	1.945	1.897	3.368	1.939	1.974	1.864	1.933	1.894	0.197	0.117	0.650	0.666	0.037	0.457	0.012	0.013	0.018	0.012	0.113	0.006	0.034	0.029	0.063	0.011	0.138	0.002	0.003	0.001	0.001	0.000	0.038	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.001	15.182	15.100	15.701	15.719	14.957	15.479	15.749	15.582	15.576	15.045	15.047	15.336	15.104	15.033	15.097	14.946	15.117	94.4	93.4	91.3	90.2	94.7	91.7	92.3	91.3	94.4	95.5	94.3	86.6	95.5	95.8	94.6	95.5	88.2	0.2	0.1	0.7	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1

Tablo 10'un devamı.

Örnek#	PK18	AP110	AP86	AP5	AP13	AP60	AP90D	AP94	AP96	AP106	AP114	AP118	AP130	AP131	AP132	AP104
Kayaç Grubu	UMK	UMK	MK	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	İG	AMFT
N	3	2	8	18	3	6	11	10	10	16	14	15	3	14	10	12
SiO ₂	54.90	58.32	47.95	49.45	47.43	47.68	48.33	45.71	47.17	47.38	48.85	49.19	45.74	45.27	47.84	40.78
TiO ₂	0.15	0.03	0.42	0.69	1.27	1.50	0.77	1.41	1.26	0.77	1.08	0.80	1.22	1.91	1.07	1.38
Al ₂ O ₃	4.18	0.05	6.18	5.67	6.16	7.10	6.04	8.22	7.56	7.29	6.68	5.20	5.90	8.69	5.39	15.13
Cr ₂ O ₃	0.65	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.06	0.01	0.07	0.06	0.01	0.02	0.03	0.08
FeO	3.16	1.96	17.94	15.98	17.60	15.47	17.06	18.44	17.44	20.33	16.36	18.84	26.42	17.47	20.37	14.22
MnO	0.04	0.04	0.40	0.32	0.31	0.35	0.33	0.36	0.30	0.43	0.31	0.37	0.57	0.29	0.46	0.28
NiO	0.04	0.06	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03
MgO	20.61	23.73	11.61	13.39	11.71	12.61	11.82	10.34	11.88	9.48	12.30	11.69	7.22	11.85	11.09	10.71
CaO	12.85	13.86	10.75	11.51	12.45	10.57	11.35	10.82	11.37	10.34	11.48	10.91	8.62	10.51	10.70	11.72
Na ₂ O	0.67	0.02	0.79	0.90	1.33	1.50	1.05	1.17	0.95	1.11	0.99	1.03	1.55	1.84	1.17	2.65
K ₂ O	0.00	0.00	0.06	0.06	0.14	0.07	0.07	0.08	0.11	0.07	0.06	0.09	0.04	0.09	0.10	0.72
Σ	97.25	98.07	96.13	98.00	98.42	96.87	96.87	96.57	98.08	97.22	98.22	98.16	97.30	97.94	98.21	97.70
Si	7.601	7.948	7.233	7.249	7.045	7.056	7.213	6.912	6.976	7.142	7.156	7.291	7.115	6.738	7.167	6.084
Ti	0.015	0.003	0.048	0.077	0.142	0.171	0.088	0.161	0.142	0.088	0.121	0.091	0.142	0.216	0.122	0.155
Al	0.689	0.009	1.099	0.984	1.079	1.259	1.073	1.470	1.328	1.299	1.164	0.914	1.081	1.530	0.957	2.659
Cr	0.071	0.001	0.001	0.004	0.002	0.000	0.001	0.002	0.007	0.001	0.008	0.007	0.001	0.002	0.003	0.009
Fe ²	0.366	0.223	2.265	1.962	2.202	1.932	2.139	2.337	2.168	2.568	2.016	2.355	3.438	2.182	2.567	1.775
Mn	0.005	0.005	0.051	0.040	0.039	0.044	0.042	0.046	0.038	0.054	0.039	0.046	0.075	0.037	0.059	0.036
Ni	0.005	0.006	0.001	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.003
Mg	4.253	4.822	2.611	2.925	2.583	2.772	2.626	2.328	2.610	2.127	2.680	2.568	1.674	2.625	2.467	2.382
Ca	1.907	2.024	1.738	1.808	1.974	1.680	1.815	1.753	1.801	1.670	1.802	1.729	1.435	1.676	1.713	1.873
Na	0.181	0.004	0.232	0.258	0.385	0.439	0.307	0.344	0.275	0.325	0.284	0.301	0.468	0.534	0.342	0.765
K	0.001	0.000	0.012	0.011	0.026	0.014	0.014	0.015	0.021	0.014	0.012	0.018	0.009	0.016	0.018	0.138
Σ	15.095	15.045	15.291	15.316	15.478	15.369	15.322	15.371	15.364	15.290	15.285	15.318	15.440	15.556	15.412	15.879
Mg#	92.0	95.6	53.6	59.9	54.4	58.6	55.2	49.9	54.5	45.3	57.0	52.4	32.8	54.6	49.2	57.3
Na+K	0.2	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.4	0.9

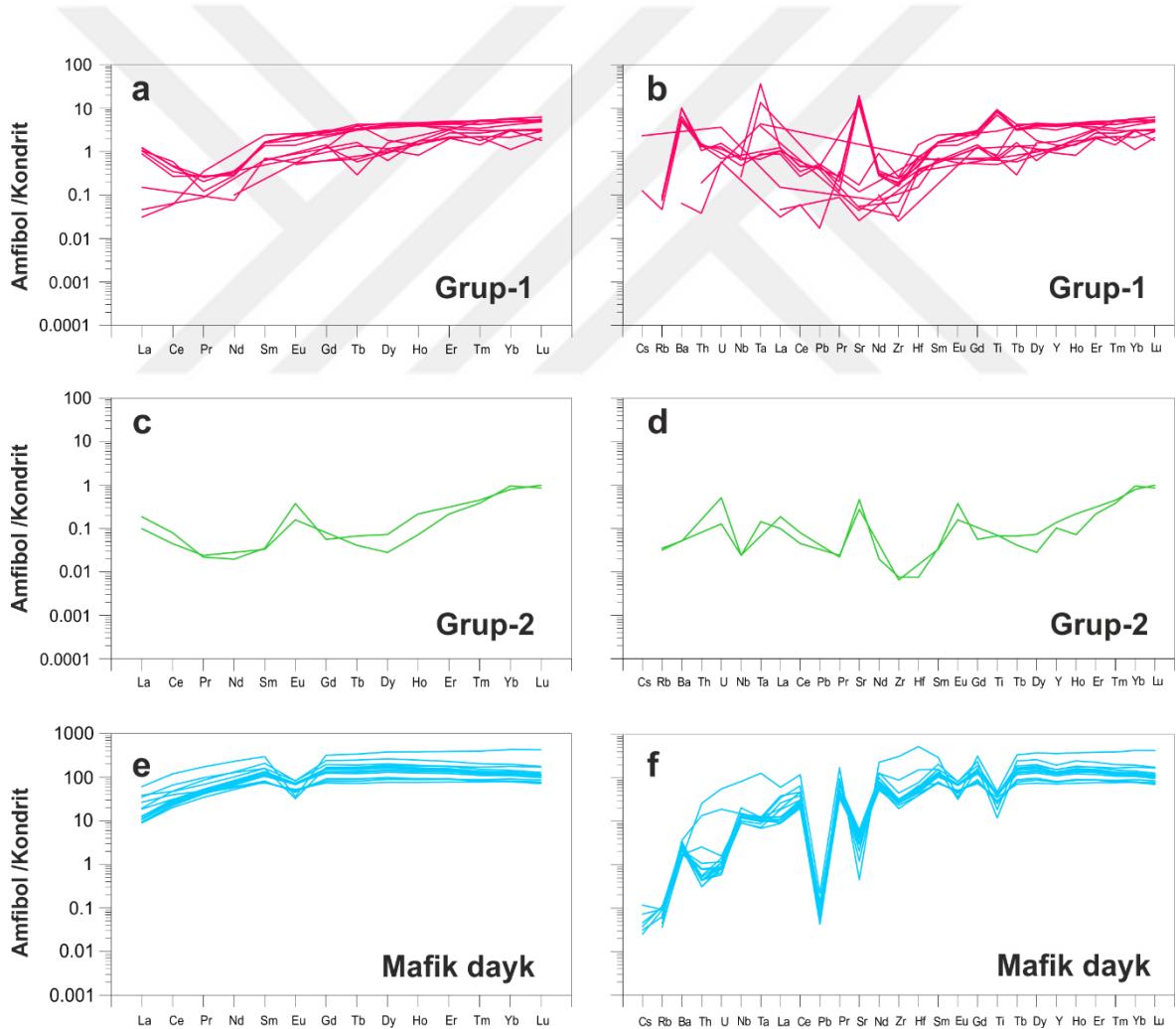
Manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerinden 4 ve Grup-2 örneklerinden 1 olmak üzere toplam 5 ve mafik daylara ait gabrolara ait 3 adet örnekte amfibol minerallerinin iz element ve LGE jeokimyasaları belirlenmiş ve Ek Tablo 12’de verilmiştir. Söz konusu grup bazında derlenmiş örneklere ait LGE yönsemeleri ise Şekil Şekil 30’da verilmiştir.

Manto peridotitlerini temsil eden Grup-1 örneklerindeki amfibollerin toplam ALGE içerikleri 0.043 ppm-2.251 ppm (ort: 1.275 ppm) ve toplam OLGE içerikleri 0.211 ppm-1.923 ppm (ort: 0.975 ppm) aralığında iken, Grup-2 örneklerini temsil eden AP128 numaralı örnekte toplam ALGE ve OLGE içerikleri Grup-1 örneklerine göre düşük olup, sırasıyla 0.222 ppm-0.223 ppm (ort: 0.223 ppm) ve 0.017 ppm-0.053 ppm (ort: 0.034 ppm) aralığındadır. Grup-1 ve Grup-2 örneklerindeki amfibollerin HLGE içerikleri sırasıyla 0.023 ppm- 0.807 ppm (ort: 0.391 ppm) ve 0.030 ppm-0.060 ppm (ort: 0.045 ppm) aralığında olup, her iki grupta da amfibollerin büyük bir kısmının HLGE içerikleri ölçüm sınırları altında kalmıştır. İzotrop gabrolardaki amfibollerin ALGE, OLGE ve HLGE içerikleri oldukça yüksek konsantrasyonlarda olup, sırasıyla 19 ppm-255 ppm (ort: 85 ppm), 15 ppm-182 ppm (ort: 71 ppm) ve 23 ppm-197 ppm (ort: 72 ppm) aralığındadır.

Kondrite normalize edilmiş Grup-1 örneklerindeki amfiboller ALGE’lerden OLGE’lerin başlarına doğru hafif bir tüketilme sunarken ($D_{Y_N/Lu_N} = 0.216-0.853$; ort: 0.610) (Şekil 30a), Grup-2 örneklerini temsil eden AP128 örneğindeki amfibollerde bu tüketilme ($D_{Y_N/Lu_N} = 0.032-0.073$; ort: 0.053) Grup-1 örneklerinden fazladır (Şekil 30c). Bununla birlikte, Grup-1 örneklerinin amfibollerinin ALGE’leri kondirite göre 6.2 kata kadar varan zenginleşmeler mevcuttur (Şekil 30a). Grup-2 örneklerindeki amfibollerin ALGE içerikleri ise kondirite göre 10 kata kadar değişen oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 30c). Grup-1 örneklerine ait amfibollerde ALGE’lerden HLGE’lerin başlarına doğru olan tüketilme düze yakın bir yönseme sunarken (sırasıyla $S_{M_N/Lu_N} = 0.200-0.381$; ort: 0.288), Grup-2’yi temsil eden AP128 numaralı örneğe ait amfibollerde ALGE’lerden OLGE’lere doğru şiddetli bir tüketilme söz konusudur ($S_{M_N/Lu_N} = 0.035-0.038$; ort: 0.036) (Şekil 30a,c). HLGE’lerin sonlarına doğru olan tüketilme Grup-1 örneklerinde ($La_N/Lu_N = 0.004-0.236$; ort: 0.148) ve Grup-2 örneklerine ($La_N/Lu_N = 0.115-0.187$; ort: 0.151) kısmen benzerdir (Şekil 30a,c). Grup-1 örneklerindeki bazı amfibollerin OLGE içeriklerinde kondirite göre yaklaşık 3 kata kadar varan zenginleşmeler görülürken, bir kısım amfibollerde 7 kata kadar varan tüketilmeler mevcuttur. Grup-2 örneği amfibollerinin OLGE içerikleri kondirite göre yaklaşık 7 ila 80 kat arasında değişen

oranlarda tüketilmişlerdir (Şekil 30a,c). Bununla birlikte Grup-1 örneklerindeki bazı amfibollerin HLGE içerikleri kondirite göre 80 kata kadar değişen oranlarda tüketilme sunarken bazı örneklerdeki La içerikleri 2 kata kadar varan zenginleşmeler sunmaktadır. Bununla birlikte Grup-2 örneği kondirite göre 9 ila 90 kat arasında değişen oranlarda tüketilmiştir (Şekil 30a,c).

İzole diyabaz dayklarındaki amfibollerin kondirit değerlerine oranlanmış ALGE'lerinden HLGE'lerine doğru kısmen düze yakın bir yönseme görülmele birlikte HLGE'lerin sonuna doğru kısmen negatif bir yönseme söz konsusudur ($La_N/Lu_N=0.085-1.340$; ort: 0.271) (Şekil 30e). Bununla birlikte, amfibollerin LGE içerikleri kondirit değerlerine göre 8 ila 300 kata kadar değişen oranlarda zenginleşmişlerdir (Şekil 30e).

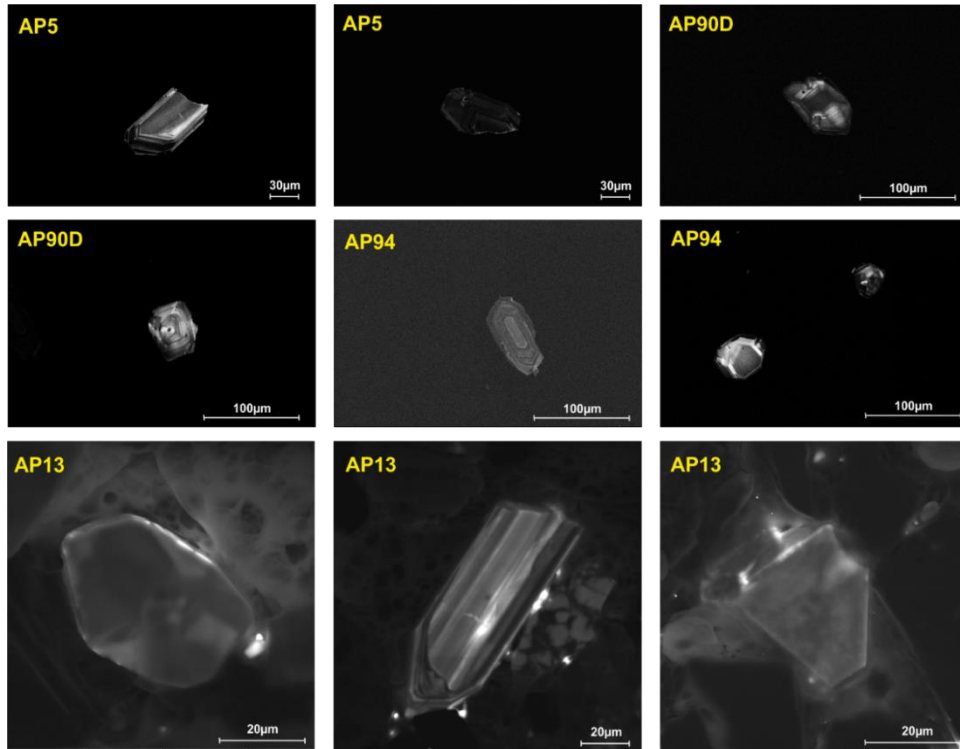


Şekil 30. Farklı kayaç grublarındaki amfibollerin kondirite normalize edilmiş Lantan Grubu Element (LGE) ve çoklu element diyagramları.

Grup-1 örneklerindeki amfibollerin kondirite normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında bazı amfibollerde özellikle Ba, Ta, Sr ve Ti pozitif anomalilerinin görülmesinin yanısıra bazılarında negatif Sr, Zr ve Ti (Şekil 30b) anomalileri görülmektedir. Grup-2 örneklerindeki amfibollerde ise pozitif Eu ve Sr anomalileri yanı sıra negatif Zr, Hf ve Nb anomalileri de gözlenmektedir (Şekil 30d). Mafik dayklardaki örneklerindeki amfibollerde ise negatif Ti, Eu, Sr, Zr, Th, U ve Pb anomalileri anomalileri görülmektedir (Şekil 30f). Grup-1 ve Grup-2 amfibollerindeki BİÇE'lerin birçoğu ölçüm limitlerinin altında kalmış olup, ölçülebilenler HLGE'lere göre kısmen zenginleşmişlerdir (Şekil 30b,d,f).

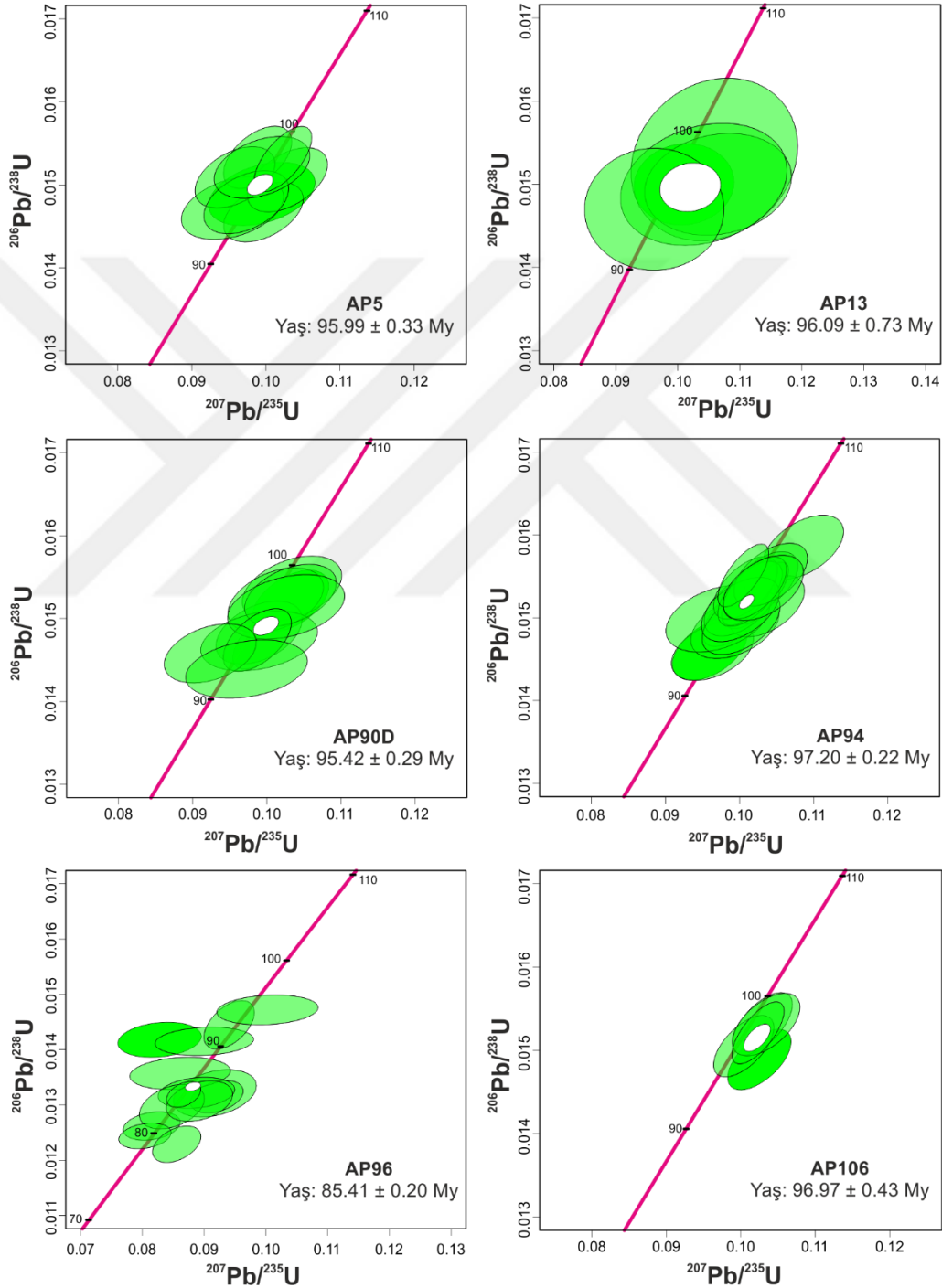
3.6. Mafik Dayklardaki Zirkonların U-Pb Yöntemi ile Yaşlandırılması

Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden 6 adet örnekten zirkon mineralleri ayrılarak zirkon U-Pb izotopu yaş analizi yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Zirkon mineralleri çoklukla özşekilli-yarı öz şekilli olmakla beraber boyutları 30-100 mikron arasında değişmektedir (Şekil 31).



Şekil 31. Aladağ ofiyoliti mafik dayklarını temsil eden örneklerden ayrılan zirkon minerallerinin katodolüminesans (CL) görüntüleri.

Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden AP5 numaralı örnekte 95.99 ± 0.33 , AP13 numaralı örnekte 96.09 ± 0.73 , AP90D numaralı örnekte 95.42 ± 0.29 , AP94 numaralı örnekte 97.20 ± 0.22 , AP96 numaralı örnekte 85.41 ± 0.20 ve AP106 numaralı örnekte ise 96.97 ± 0.43 milyon yıl zirkon kristallenme yaşı elde edilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. Aladağ ofiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden örneklere ait U-Pb izotop yöntemi belirlenen zirkon kristallenme yaşları.

Tablo 11. Aladağ offiyoliti izole mafik dayklarını temsil eden örneklere ait zirkon U-Pb izotop analiz sonuçları.

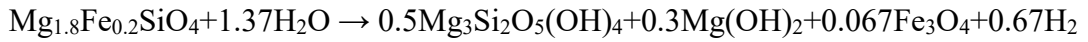
Örnek #	U (ppm)	Pb (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	ρ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}_{(\text{My})}$	$\pm 2s$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}_{(\text{My})}$	$\pm 2s$
AP5_1	581	8.46	611.4	1.05	0.01489	2.1	0.09944	5.9	0.36	95.3	2.0	96.3	5.4
AP5_2	810	11.64	1254.1	1.55	0.01467	2.0	0.09966	4.4	0.45	93.9	1.8	96.5	4.1
AP5_3	744	10.71	1932.2	2.60	0.01472	2.1	0.09549	5.9	0.36	94.2	2.0	92.6	5.2
AP5_4	936	13.81	146.9	0.16	0.01506	2.1	0.1029	4.3	0.48	96.3	2.0	99.5	4.1
AP5_5	1968	29.48	3840.9	1.95	0.01533	2.0	0.09888	3.8	0.51	98.1	1.9	95.7	3.5
AP5_6	1191	17.55	3057.9	2.57	0.01509	2.0	0.09583	4.6	0.44	96.6	2.0	92.9	4.1
AP5_7	710	10.26	1504.5	2.12	0.01479	2.1	0.09735	4.8	0.43	94.6	1.9	94.3	4.3
AP5_8	1528	22.71	4554.7	2.98	0.01521	2.0	0.09947	5.3	0.38	97.3	1.9	96.3	4.9
AP5_9	1839	27.55	5878.9	3.20	0.01531	2.1	0.1023	3.1	0.66	98.0	2.0	98.9	3.0
AP13_1	1819	552	12480.0	6.86	0.01496	0.2	0.1010	3.3	0.05	95.7	1.1	97.7	3.1
AP13_2	3560	352	9000.0	2.53	0.01529	0.4	0.1059	5.7	0.16	97.8	2.6	102.1	5.2
AP13_3	1875	372	11930.0	6.36	0.01497	0.5	0.1065	9.7	0.15	95.8	3.2	102.5	8.9
AP13_4	1098	188	4745.0	4.32	0.01504	0.3	0.1042	5.7	0.23	96.2	2.1	100.9	5.4
AP13_5	1717	368	10060.0	5.86	0.01470	0.3	0.0962	4.6	0.00	94.0	1.7	93.6	4.2
AP90D-1	1125	16.76	1228.8	1.09	0.01521	2.0	0.1032	4.1	0.49	97.3	2.0	99.7	3.9
AP90D-2	1079	15.58	1468.9	1.36	0.01475	2.0	0.09943	3.3	0.61	94.4	1.9	96.3	3.1
AP90D-3	1373	20.64	2534.3	1.85	0.01536	2.1	0.1034	5.3	0.40	98.3	2.0	99.9	5.0
AP90D-4	638	9.26	1599.3	2.51	0.01483	2.1	0.09896	4.8	0.42	94.9	1.9	95.8	4.4
AP90D-5	1205	17.95	2297.2	1.91	0.01522	2.1	0.1012	5.2	0.40	97.4	2.0	97.9	4.9
AP90D-6	979	14.11	2854.4	2.92	0.01473	2.0	0.09896	6.5	0.31	94.3	1.9	95.8	5.9
AP90D-7	1050	15.69	2844.0	2.71	0.01528	2.0	0.1032	4.9	0.41	97.7	2.0	99.7	4.7
AP90D-8	530	7.85	1243.6	2.35	0.01514	2.1	0.1026	6.3	0.34	96.9	2.1	99.2	6.0
AP90D-9	750	10.82	1299.5	1.73	0.01474	2.1	0.09871	3.8	0.55	94.4	1.9	95.6	3.4
AP90D-10	901	12.82	839.2	0.93	0.01458	2.0	0.09237	5.5	0.37	93.3	1.9	89.7	4.7
AP90D-11	708	9.97	414.0	0.58	0.01439	2.0	0.09727	6.9	0.28	92.1	1.8	94.3	6.3
AP94-1	910	13.00	1144.6	1.26	0.01462	2.1	0.096	4.3	0.48	93.6	1.9	93.1	3.9
AP94-2	824	11.76	940.7	1.14	0.0146	2.0	0.09634	4.7	0.42	93.5	1.8	93.4	4.2
AP94-3	731	11.35	921.7	1.26	0.01585	2.0	0.1086	4.1	0.49	101.4	2.0	104.7	4.1
AP94-4	1030	15.13	810.8	0.79	0.01502	2.0	0.09917	3.4	0.60	96.1	1.9	96.0	3.1
AP94-5	730	10.63	726.7	1.00	0.01489	2.1	0.09938	4.9	0.42	95.3	2.0	96.2	4.5
AP94-6	428	6.34	885.7	2.07	0.01514	2.0	0.1037	4.0	0.50	96.9	1.9	100.2	3.8

Örnek #	U (ppm)	Pb (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	rho	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}_{(\text{Mv})}$	$\pm 2s$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}_{(\text{Mv})}$	$\pm 2s$
AP94-7	1132	16.91	237.7	0.21	0.01526	2.1	0.1019	3.2	0.65	97.7	2.0	98.5	3.0
AP94-8	1639	24.73	6496.4	3.96	0.01542	2.0	0.1032	3.7	0.54	98.6	1.9	99.8	3.5
AP94-9	690	10.11	1477.9	2.14	0.01499	2.2	0.09704	5.9	0.37	95.9	2.1	94.0	5.3
AP94-10	1440	21.57	3055.2	2.12	0.0153	2.0	0.1032	2.7	0.74	97.9	1.9	99.7	2.5
AP94-11	1169	17.32	730.2	0.62	0.01515	2.0	0.1	3.9	0.51	97.0	1.9	96.8	3.6
AP94-12	953	13.94	236.2	0.25	0.01494	2.1	0.1002	4.3	0.50	95.6	2.0	97.0	4.0
AP94-13	1548	23.17	3450.7	2.23	0.0153	2.1	0.1013	3.0	0.68	97.9	2.0	98.0	2.8
AP94-14	838	12.58	1199.4	1.43	0.01536	2.0	0.1008	3.5	0.58	98.3	2.0	97.6	3.2
AP94-15	1142	17.08	914.6	0.80	0.01529	2.1	0.1014	3.5	0.61	97.8	2.0	98.1	3.2
AP94-16	697	10.29	536.7	0.77	0.0151	2.1	0.1001	4.3	0.50	96.6	2.0	96.9	4.0
AP94-17	766	11.63	307.1	0.40	0.01552	2.0	0.1042	3.9	0.52	99.3	2.0	100.6	3.7
AP94-18	1404	21.09	1210.1	0.86	0.01536	2.0	0.1021	3.4	0.59	98.2	2.0	98.7	3.2
AP94-19	1074	16.28	951.6	0.89	0.01551	2.0	0.1005	2.8	0.71	99.2	2.0	99.7	4.1
AP94-20	620	9.32	605.4	0.98	0.01536	2.1	0.1032	4.3	0.48	98.2	2.0	80.8	5.2
AP96-1	670	8.3	122.7	0.18	0.01418	0.3	0.0828	5.5	0.20	90.8	1.7	80.8	5.2
AP96-2	952	11.7	241.9	0.25	0.01415	0.2	0.0900	6.5	0.15	90.6	1.3	87.5	6.1
AP96-3	1033	11.8	1400.8	1.36	0.01321	0.4	0.0917	5.5	0.32	84.6	2.2	89.1	5.1
AP96-4	1014	12.8	1373.0	1.35	0.01445	0.4	0.0941	3.3	0.50	92.5	2.3	91.3	3.1
AP96-5	1458	16.5	655.3	0.45	0.01315	0.2	0.0921	3.5	0.34	84.2	1.5	89.4	3.2
AP96-6	755	8.3	48.6	0.06	0.01262	0.2	0.0815	3.8	0.26	80.8	1.3	79.6	3.6
AP96-7	834	9.9	1896.4	2.27	0.01357	0.2	0.0861	6.7	0.17	86.9	1.6	83.9	6.3
AP96-8	761	8.7	1015.8	1.33	0.01322	0.2	0.0888	5.1	0.22	84.6	1.4	86.3	4.7
AP96-9	721	9.2	800.5	1.11	0.01472	0.2	0.1003	6.7	0.16	94.2	1.4	97.0	6.2
AP96-10	1600	18.0	6247.0	3.90	0.01297	0.3	0.0848	4.3	0.36	83.1	2.1	82.6	4.0
AP96-11	2818	31.4	2038.4	0.72	0.01244	0.2	0.0804	3.5	0.26	79.7	1.2	78.5	3.2
AP96-12	1058	11.3	2216.0	2.09	0.01229	0.3	0.0856	3.2	0.42	78.7	1.7	83.4	3.0
AP96-13	1263	14.3	1302.3	1.03	0.01307	0.3	0.0893	4.4	0.34	83.7	1.9	86.8	4.1
AP96-14	929	10.7	886.3	0.95	0.01319	0.2	0.0867	2.3	0.39	84.5	1.2	84.4	2.1
AP106-1	1074	15.66	2463.8	2.29	0.01489	2.0	0.1025	3.4	0.59	95.3	1.9	99.1	3.2
AP106-2	1081	16.20	1757.2	1.63	0.01531	2.0	0.1034	3.6	0.56	98.0	1.9	99.9	3.4
AP106-3	1562	23.25	1641.2	1.05	0.01521	2.0	0.1023	2.8	0.70	97.3	1.9	98.9	2.7
AP106-4	1390	20.84	2622.2	1.89	0.01532	2.0	0.1029	3.2	0.62	98.0	1.9	99.5	3.0
AP106-5	1895	27.90	2931.1	1.55	0.01505	2.0	0.1004	3.3	0.61	96.3	1.9	97.2	3.0

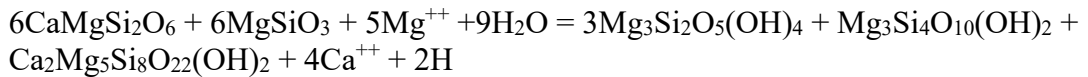
4. TARTIŞMA

4.1. Serpantinleşme Süreçlerinin Manto Peridotitleri Üzerindeki Etkisi

Okyanus havzalarında, yitim zonlarında ve rift sistemlerinde deniz suyu üst mantodaki peridotitik kayalar ile reaksiyona girer ve bu süreç serpantinleşme süreci olarak bilinir. Serpantinleşme süreçlerinde bir miktar suyun peridotit bünyesine geçişi sırasında Mg, Ca, Si, Fe ve C gibi ana katyonlar serpantin, magnetit ve brusit gibi yeni oluşan ikincil mineraller arasında yeniden konsantre olurken, B, Cs, Sr ve U gibi akışkanlar ile kolayca hareketlenebilen elementler de kayaç bünyesine eklenebilmektedir. Bunun yanı sıra, Mg'ce fakir, CH₄ ve H₂'ce zengin, alkalın hidrotermal akışkanlar oluşabilmektedir (Allen ve Seyfried, 2003; Paulick vd., 2006; Beard vd., 2009; Bach ve Früh-Green, 2010; Kodolányi vd., 2012; Deschamps vd., 2013). Genel olarak serpantinleşme 180°C-350°C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşir ve birincil silikat minerallerinin (örneğin olivin, klinopiroksen ve ortopiroksen) ikincil (veya alterasyon) minerallere (örneğin serpantin, brusit ve manyetit) dönüşmesi ile sonuçlanır (Janecky ve Seyfried, 1986; Kadko vd., 1994; Snow ve Dick, 1995; Paulick vd., 2006; Seyfried vd., 2007; Foustoukos vd., 2008; Jöns vd., 2010). Ortamın sıcaklığına bağlı olarak farklı serpantin türleri oluşabilir. Düşük sıcaklıklarda (180°C - 250°C) serpantinleşme genellikle olivin hidrolizi ile oluşmakla birlikte bu olayı aşağıdaki denklem ile açıklamak mümkündür.



Daha yüksek sıcaklıklarda ise (250°C - 350°C) serpantinleşme çoklukla piroksen hidrolizi ile aşağıdaki tepkime sonucu oluşur.



Bu denklemde özellikle diyopsit çözünmesi sırasında, çözülmüş Ca'da bir artış ile eş zamanlı olarak çözülmüş Mg'de bir düşüş olur (Janecky ve Seyfried, 1986; Palandri ve Reed, 2004).

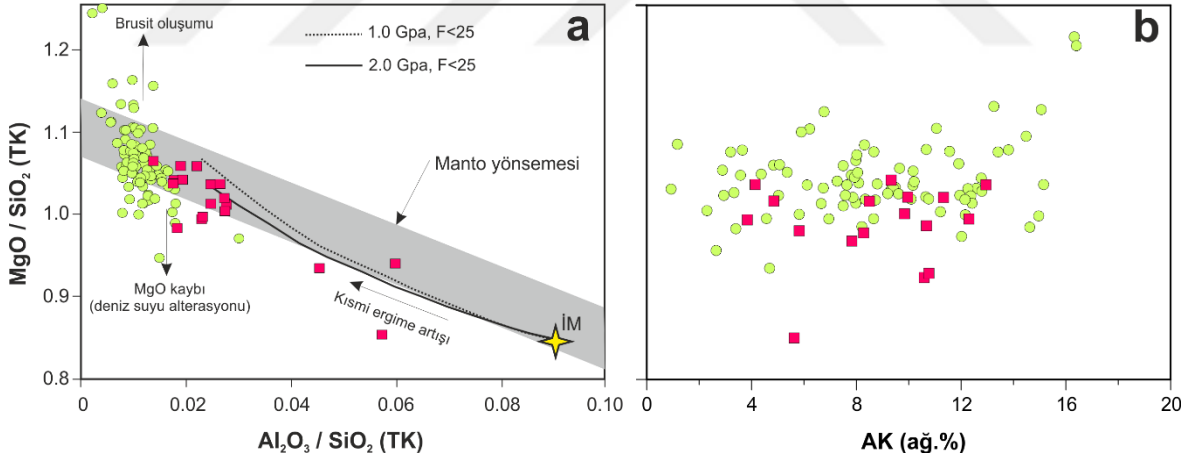
Her ne kadar serpantinleşme süreçleri ve bu süreçler esnasında akışkan ve kayaç arasında ana element değişimleri anlaşılmış olsa da, Lantan Grubu Elementlerin (LGE) ve

yüksek çekim alanlı elementlerin (YÇAE: Nb, Ta, Zr, Hf, Ti) serpantinleşme esnasındaki davranışları, özellikle hidrotermal akışkanlar tarafından taşınması ve alterasyon esnasında hareketlilikleri ve bu elementlerin birbirleri ile olan göreceli farklılaşmaları tam olarak anlaşılammıştır. Hem denizel (Elderfield ve Greaves, 1982; Elderfield vd., 1990; German vd., 1990; Alibo ve Nozaki, 1999; Shiller, 2003; Sonke ve Salters, 2006; Johannesson vd., 2011; Schijf ve Marshall, 2011) hem de karasal ortamlardaki (Frey ve Haskin, 1964; Nagasawa vd., 1969; Schilling, 1975; Frey vd., 1980; McDonough ve Frey, 1989; Johnson vd., 1990; Putirka, 1999) petrolojik süreçlerin aydınlatılmasında oldukça önemli rol oynamalarından dolayı LGE'lerin serpantinleşme süreçlerinde nasıl davrandıklarını anlamak oldukça önemlidir. Seryum (Ce) ve bazı durumlarda Eu dışında diğer LGE'ler ³⁺ değerlikli olup, söz konusu elementlerin iyon yarıçapları La'dan Lu'a doğru azalır. Serpantinleşmeden önemli oranlarda etkilenmemiş olması durumunda, Sr, Nd ve Hf izotopları ile birlikte, kayalardaki LGE sistematiği, magmatik süreçleri modellemek ve yorumlamak için oldukça kullanışlıdır (McCulloch vd., 1980; Menzies vd., 1993; Snow vd., 1994; Salters ve Zindler, 1995; Bizimis vd., 2004; Niu, 2004; Allen ve Seyfried, 2005; Paulick vd., 2006; Delacour vd., 2008; Stracke vd., 2011).

Lantan Grubu Elementlerin (LGE) ve Yüksek Çekim Alanlı Elementlerin (YÇAE; Nb, Ta, Zr, Hf, Ti) serpantinleşme esnasında hareketlendiği veya farklılaştığı konusunda bir belirsizlik söz konusudur. Uyumsuz ve oldukça hareketsiz Th elementi ile LGE konsantrasyonları arasındaki pozitif ilişki, serpantinleşmiş peridotitlerin, ilksel magmatik (yüksek sıcaklık) süreçlerde LGE sistematiğini koruduğunun kanıtı olup (Niu, 2004; Paulick vd., 2006), LGE'lerin kayaların alterasyondan önceki ilksel mineraloji ve magmatik tarihçeyi yorumlamak için kullanılabileceğini gösterir (Deschamps vd., 2010). Aynı örnekteki bazı taze klinopiroksen minerallerine kıyasla serpantinleşmiş peridotitlerdeki tüm kayaç HLGE zenginleşmeleri, bu kayaların içerisinde bazı LGE'lerin farklılaştığını destekler. Bu farklılaşma, genel olarak, ergiyiğin klinopiroksen ile önemli ölçüde etkileşime girmemiş olmasından kaynaklanmaktadır (Niu, 2004). Aksine, deneysel çalışmalar serpantinleşme esnasından hidrotermal sıvıların içinde LGE'lerin hareket edebileceğini ortaya koymuştur (Allen ve Seyfried, 2005).

Ana elementlerin serpantinleşme esnasında transferi genellikle önemsiz kabul edilmekle birlikte (Mevel, 2003; Deschamps vd., 2013), abisal peridotitlerde yapılan araştırmalar (Snow ve Dick, 1995 ve Niu, 2004), tüm kayaç MgO/SiO₂ oranlarındaki azalmanın serpantinleşmeden ziyade deniz suyu alterasyonu ile ilişkili olduğunu

göstermiştir. Aladağ ofiyoliti manto kayaçlarında tüketilme derecesinin bir göstergesi olan Al_2O_3/SiO_2 oranlarında Grup-1 örneklerinden Grup-2 örneklerine doğru bir azalma, buna karşılık MgO/SiO_2 oranlarında bir artış söz konusudur. Grup-1 manto kayaçlarını temsil eden özellikle AP103, AP105 ve AP36 numaralı örnekler kısmen daha yüksek Al_2O_3/SiO_2 oranları ile ilksel mantoya yakınlık sunarken, diğer örnekler kısmen daha düşük Al_2O_3/SiO_2 oranları ve daha yüksek MgO/SiO_2 oranlarına sahiptir (Şekil 33a). Grup-1 örnekleri çoklukla manto yönsemesi alanında veya oldukça yakınında yer alırken, AP105 numaralı örnek kısmen daha düşük MgO/SiO_2 oranı ile manto yönsemesi alanının bir miktar altında yer almıştır. Buna karşılık, Grup-2 manto peridotitleri oldukça düşük Al_2O_3/SiO_2 oranlarına sahip olup, söz konusu bu kayaçlar ilksel mantoya göre önemli derecelerde tüketilmişlerdir. Kısmen benzer Al_2O_3/SiO_2 oranlarına sahip olmakla beraber, söz konusu örnekler oldukça değişken MgO/SiO_2 oranlarına sahiptir. Her ne kadar örneklerin önemli bir kısmı manto yönsemesi alanında dağılım sunmuş olsa da, bazı örnekler kısmen daha yüksek veya daha düşük MgO/SiO_2 oranları ile bu alanın kısmen üzerinde veya altında yer almıştır (Şekil 33a).



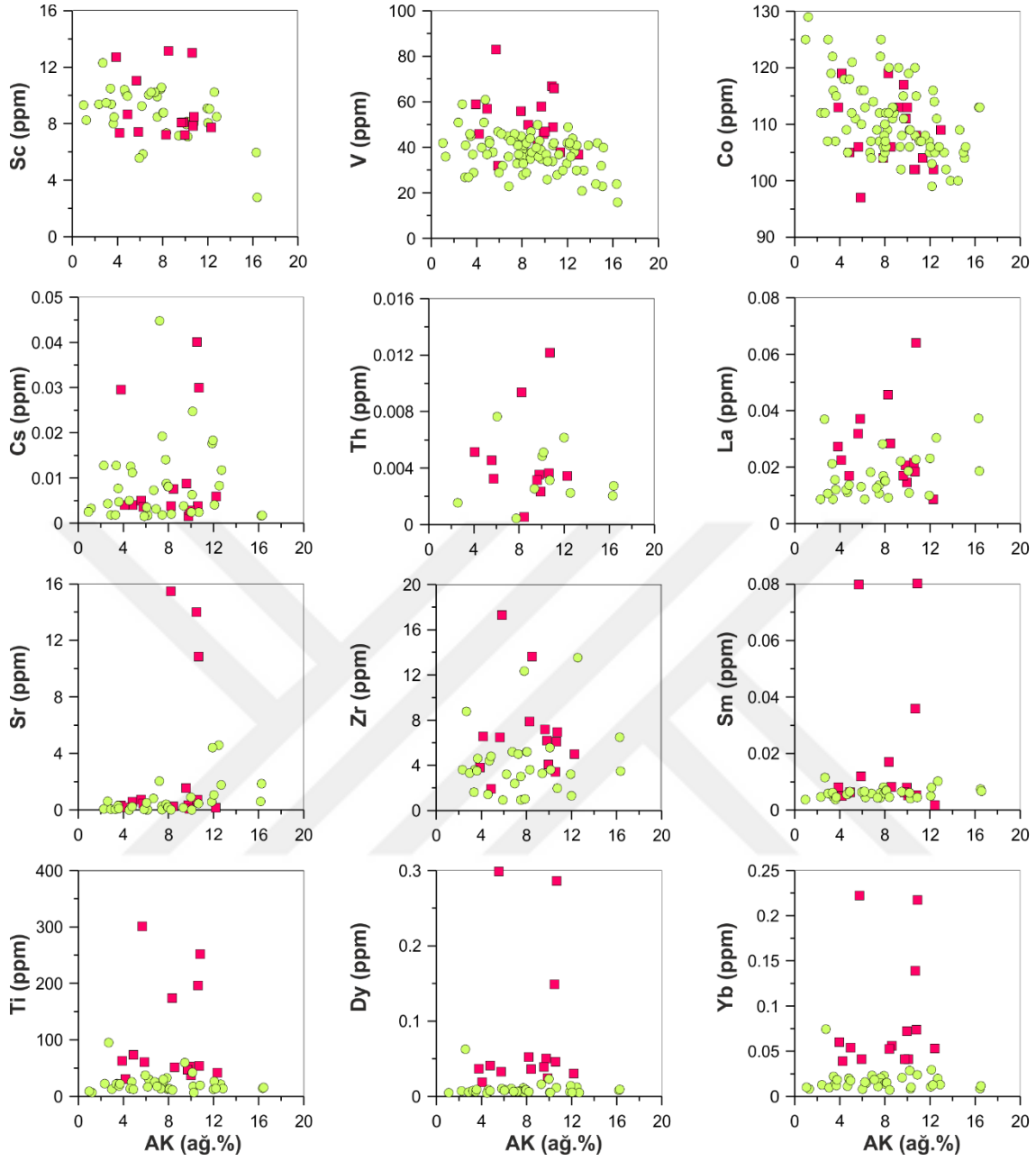
Şekil 33. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin tüm kayaç MgO/SiO_2 oranlarına karşılık Al_2O_3/SiO_2 oranları (a) ve Ateşte Kayıp içeriklerindeki (b) değişimler. Manto yönsemesi alanı Jagoutz vd. (1979)'nden alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Kısmen yüksek MgO/SiO_2 oranları, muhtemelen serpantinleşme esnasında bu kayaçların bünyesinde oluşan brisit minerali ile ilişkili olmakla birlikte (Şekil 33a), kısmen düşük MgO/SiO_2 oranları ise muhtemelen serpantinleşme (Jagoutz vd., 1979, Hart ve Zindler, 1986) veya deniz tabanı alterasyonu (Snow ve Dick, 1995 ve Niu, 2004) ile

ilişkilidir (Şekil 33a). Azalan MgO/SiO₂ oranlarının serpantinleşme ile ilişkilendirilmesi durumunda, söz konusu MgO/SiO₂ oranlarının serpantinleşmenin bir göstergesi olan AK değerleri ile azalan bir ilişki sunması beklenir. Şekil 33b’de Aladağ ofiyoliti Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerinin MgO/SiO₂ oranlarına karşılık AK değerleri karşılaştırılmış olup, bu iki değer arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Bu durumda söz konusu azalan MgO/SiO₂ oranları serpantinleşmeden ziyade muhtemelen deniz suyu alterasyonu ile ilişkili olmalıdır.

Serpantinleşme süreçlerinde iz element hareketliliklerini irdelemek amacıyla, Aladağ ofiyoliti manto kayaçlarının ateşte kayıp (AK) değerleri ile ölçümü gerçekleştirilen her bir element arasındaki ilişki irdelenmeye çalışılmıştır. Manto peridotitleri genellikle farklı derecelerde serpantinleşme sunup, serpantinleşmenin derecesi bazı örneklerde oldukça yoğun olarak gözlenir (AK: 2-16 % ağı.). Şekil 34’de farklı davranışlar sergileyen element gruplarından üçer tanesi üzerinde bu değişim izlenmiştir. Bu kapsamda ilk sıra geçiş metallerini temsil eden Sc, V ve Co gibi element konsantrasyonlarının Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerindeki AK değerlerindeki artışa bağlı olarak önemli bir ilişki gözlenmemiştir. Benzer şekilde, büyük iyon çaplı elementlerden (BİÇE) Cs ve Sr ile yüksek çekim alanlı elementlerden (YÇAE) Ti, Zr ve Th ve LGE’leri temsil eden La, Sm, Dy ve Yb gibi farklı uyumsuzluk derecelerine sahip elementlerin Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerinde AK değerleri ile herhangi bir ilişki sunmaması, söz konusu örnekler bünyesindeki element konsantrasyonlarının serpantinleşme süreçlerinden fazla etkilenmediklerini ortaya koymaktadır (Şekil 34). Bu durumda, BİÇE, YÇAE ve LGE gibi element konsantrasyonlarının serpantinleşme süreçlerinden etkilenmediği ve dolayısıyla petrolojik yorum ve değerlendirmelerde sağlıklı bir şekilde kullanılabileceği ortaya konmuştur.

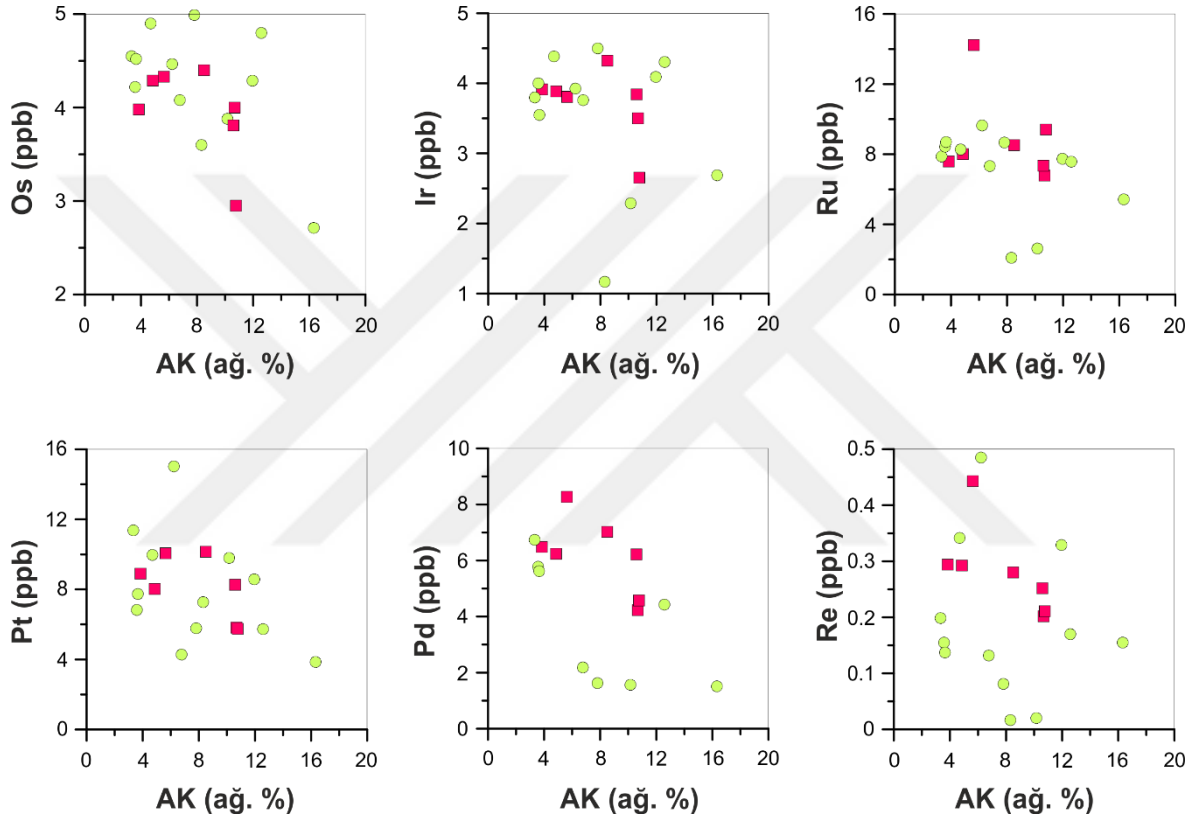
Önceki çalışmalar ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os izotopik bileşiminin (Snow ve Reisberg, 1995; Standish et. al. 2002) yanı sıra, Re ve Pd (Luguet vd., 2003; Harvey vd., 2006) konsantrasyonlarının hidrotermal alterasyondan ve deniz tabanı alterasyonundan etkilenebileceğini ortaya koymuştur. Deniz suyundaki Re ve Os konsantrasyonu ile birlikte abisal peridotitlerdeki bu elementlerin davranışları göz önüne alındığında, Re konsantrasyonunun Os’a göre deniz suyu süzülmesinden daha fazla etkilenebileceğini düşündürmektedir.



Şekil 34. Aladağ ofiyolitine ait Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerindeki ateşte kayıplarının (AK) içerikleri ile Büyük İyon Çaplı Elementlerden (BİÇE) Cs ve Rb olmak üzere Lantan Grubu Elementleri de (LGE) içerisine alan Yüksek Çekim Alanlı Elementlerden (YÇAE) Th, La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb ve Lu konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Deniz suyu Re içeriği Os'dan oldukça yüksek iken ($Re/Os \approx 740$), abisal peridotitlerdeki Os içeriği genellikle sülfat fazları ile kontrol edilip Re/Os oranı düşüktür ($Re/Os < 1.0$) (Harvey vd., 2006). Peridotitler içerisindeki Os deniz suyundan oldukça az miktarlarda etkilenirken, Re oldukça fazla etkilenebilmekte ve kayaç içerisinde yüksek

konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Bu nedenle Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri PGE (Os, Ir, Ru, Pt, Pd) ve Re içerikleri AK ile kıyaslanmış olup (Şekil 35), Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerinde artan AK içeriklerine karşı herhangi bir PGE zenginleşmesi söz konusu kayalarda gözlenmemiştir. Bununla birlikte Re’de ise Grup-2 örneklerinde yüksek AK içeriklerine karşı birkaç örnekte kısmen zenginleşmeler mevcut olup, bu zenginleşmeleri deniz suyu etkisi ile açıklamak mümkündür (Şekil 35).



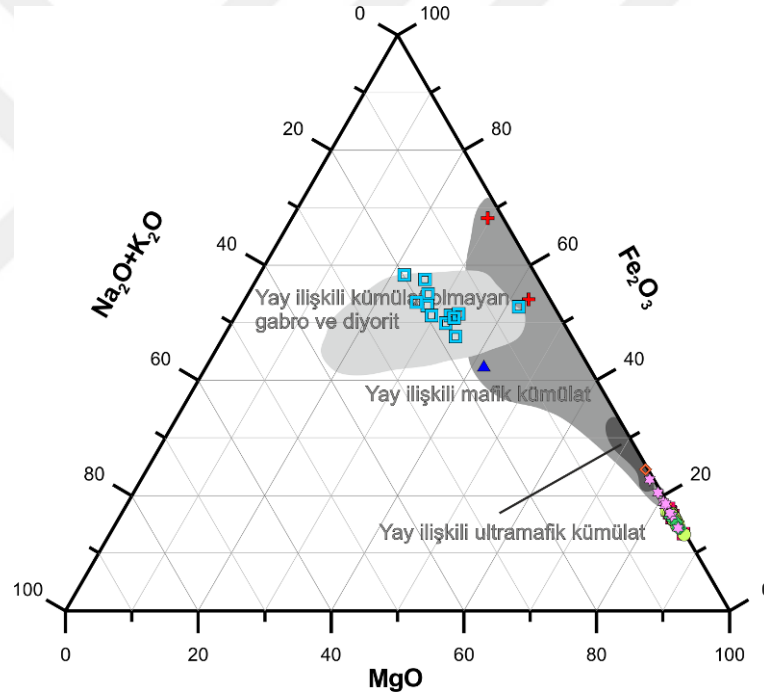
Şekil 35. Aladağ ofiyolitine ait Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerine ait ateşte kayıp (AK) içerikleri ile Platin Grubu Element (Os, Ir, Ru, Pt ve Pd) ve Re konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

4.2. Kabuksal Kayaçların Tektonik Ortamları

Ultramafik kümülatları temsil eden dunit ve verlit örneklerinde gözlenen spinel kristalleri oldukça düşük Al_2O_3 değerlerine sahip olmakla birlikte, TiO_2 içerikleri kısmen değişim sunmakta olup, yay ilişkili ergiyik alanında yer almaktadır. Bu durum, söz konusu kümülat kayaçların bir yitim zonunda oluşan ergiyiklerden itibaren kristallendiğinin bir

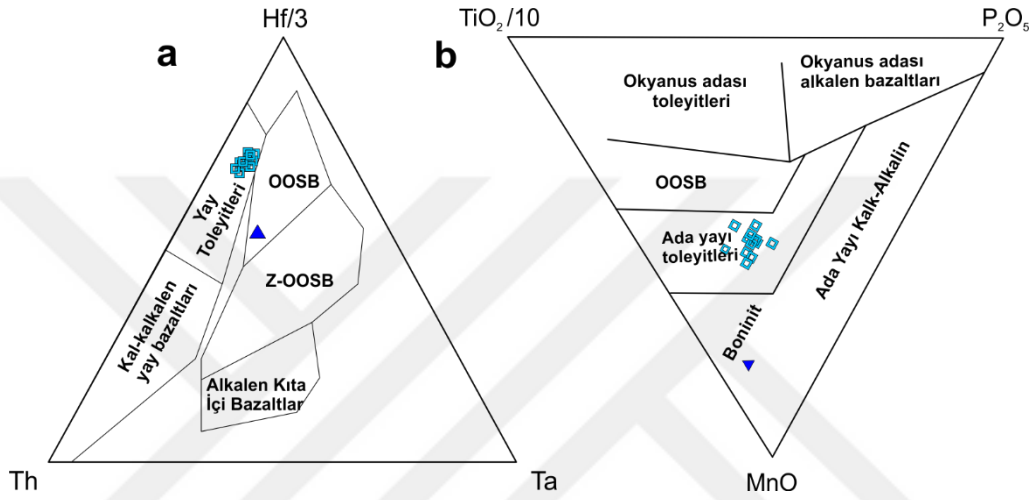
göstergesidir. Klinopiroksenit örneklerine ait spinel kristalleri ise oldukça değişen Al_2O_3 içeriklerine sahip olup, TiO_2 içerikleri artan Al_2O_3 değerlerine karşılık kısmen bir azalma sunmakla birlikte OOSB'lere göre bir tüketilme sunar (Şekil 44). Bu durum, söz konusu klinopiroksenit örneklerinin kümülat dunit ve sonrasında verlitleri kristallendiren ergiyiğin daha da farklılaşması sonucu oluşan ergiyiklerden itibaren kristallendiğini gösterir.

Tüm kayaç $MgO-Fe_2O_3-(Na_2O+K_2O)$ değerleri dikkate alındığında klinopiroksenit ve verlit örnekleri yay ilişkili ultramafik kümülat alanında yer alırken, kümülat gabro ve izotrop gabro örnekleri ise yay ilişkili mafik kümülat alanında dağılım sunmuşlardır. Buna karşılık mafik daykları temsil eden gabro örnekleri Şekil 36'de açık gri ile sınırlandırılmış yay ile ilişkili kümülat olmayan gabro ve diyorit alanında yer almışlardır.



Şekil 36. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri, kabuksal kayaçlar ve izole diyabaz dayklarını temsil eden örneklerinin tüm kayaç $MgO-Fe_2O_3-(Na_2O+K_2O)$ üçgenindeki yerleri. Manto peridotitleri, yay ilişkili ultramafik ve mafik kümülat ve yay ilişkili kümülat olmayan gabro ve diyorit alanları Bedard (1986)'dan alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit, içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Aladağ ofiyolitine ait izotrop gabro ve mafik daykların jeokimyasal bileşimleri Şekil 37’de verilen Hf/3-Th-Ta (Wood, 1980) ve $TiO_2/10-MnO-P_2O_5$ (Mullen, 1983) tektonik ortam diyagramlarında değerlendirilmiştir. Bu ayırtman diyagramlarına göre levha dayklarının tümü her üç diyagramda da “yay toleyitleri” alanına düşmektedir. İzotrop gabrolardan alınan bir örnek ise başlıca N-OOSB bileşimini temsil etse de, izotrop gabroların tektonik ortamına karar vermek için tek bir analiz yeterli olmayacaktır.

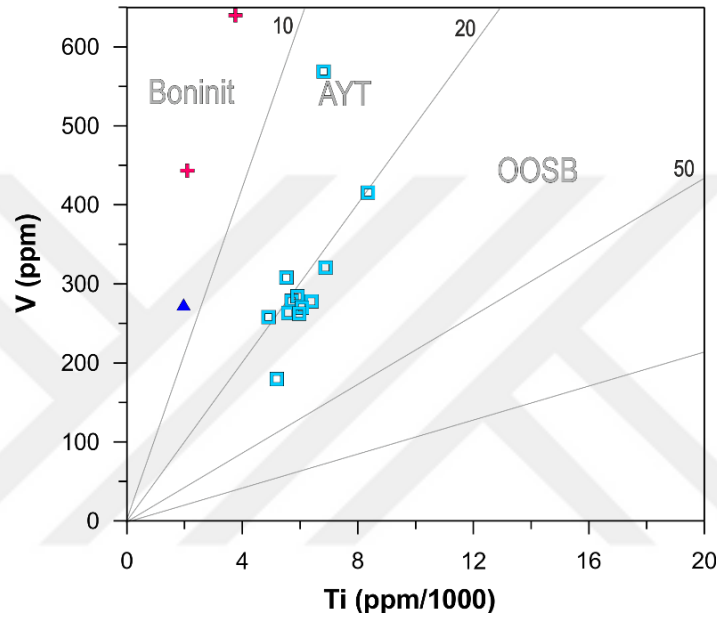


Şekil 37. İzotrop gabro ve mafik daykların (a) Hf/3-Th-Ta (Wood, 1980), (b) $TiO_2/10-MnO-P_2O_5$ (Mullen, 1983) tektonik ortam diyagramları. Semboller; içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Aladağ ofiyolitine ait kümülat gabro örnekleri düşük Ti içeriklerine karşılık yüksek V içerikleriyle boninit alanında yer almakta olup, bir adet izotrop gabro örneği de kümülat gabrolara kıyasla kısmen düşük V içeriğine sahip olmasına karşılık düşük Ti içeriğiyle boninit alanında yer almıştır. Buna karşılık Aladağ ofiyolitine ait mafik dayklar ise kısmen yüksek V ve Ti içerikleriyle çoklukla Ada Yayı Toleyitleri (AYT) ve Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (OOSB) alanlarının geçişinde yer almışlardır (Şekil 38).

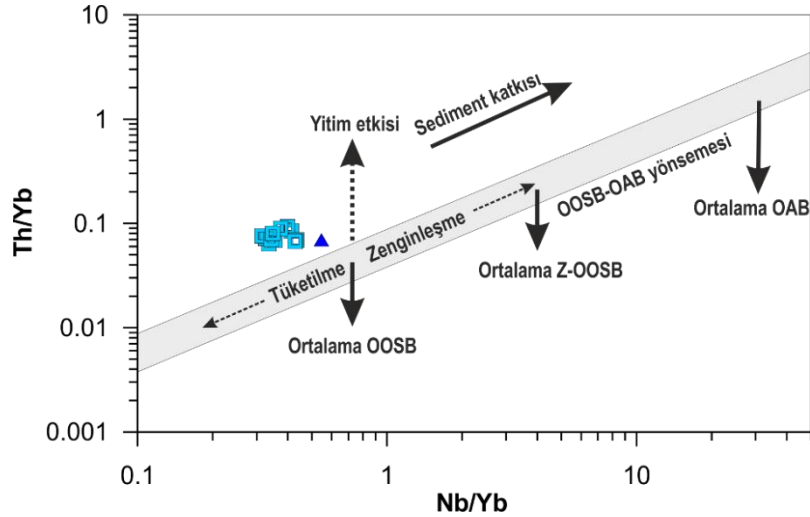
Kısmi ergime süreçlerinde Nb ve Th elementlerinin ikisi de oldukça uyumsuz davranış sergilerler. Bununla birlikte farklı kimyasal özellikleri nedeniyle yitim ortamlarında bu iki element birbirlerine göre farklı davranış sergilerler. Th yitim ortamlarında uyumlu davranış sergilerken Nb ise uyumsuz davranış sergiler. Bu durum, bu kayaçları kristallendiren ergiyiklere yitim/kabuk bileşeni girdisi hakkında bilgi sağlayabilir (Lian et. al. 2017). Th/Yb’ye karşı Nb/Yb diyagramında Aladağ ofiyoliti mafik daykları ve

bir adet izotrop gabro örneği değerlendirilmiş olup, bu kayalar OOSB-OAB yönsemesi alanı üzerinde ve okyanusal yay kayalarının kısmen üzerinde ve sınırında yer alırlar (Şekil 39). Bu da bu kayaların oluşturan ergiyiklere yitim bileşenlerinin katkıda bulunduğunu gösterir (Pearce 2008, 2014; Lian vd., 2017). Bu yitim bileşenleri yiten sedimanlardan ve altere kabuktan türeyebilir. Bu durum bazı BİÇE'lerin zenginleşmesini, yüksek Th/Nb oranının oluşmasını sağlar (Elliott vd., 1997).



Şekil 38. Aladağ ofiyoliti kümülat gabro, izotrop gabro ve mafik daylarını temsil eden örneklerin V içeriklerine karşılık Ti/1000 içeriklerinin karşılaştırıldığı tektonik ortam diyagramları (Pearce, 2014). Semboller; içi dolu artı (kırmızı): kümülat gabro, içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Aladağ ofiyolitinin okyanusal kabuğu temsil eden klinopiroksenit, verlit, kümülat gabro ve verlit kayaları zenginleşmiş BİÇE'ler yanı sıra zenginleşmiş Sr içerikleri ile karakteristiktirler (Şekil 14h,1). Aladağ ofiyoliti mafik daylarının BİÇE'lerin zenginleşmesi ve negatif Nb, Ta anomalileri de (Şekil 14n) bu kayaların bir yitim ortamında oluştuğunu ve yiten okyanusal kabuktan türeyen yitim bileşenlerinden etkilendiğini göstermektedir. Bununla birlikte, kümülat gabrolardaki plajiyoklasların yüksek An içeriğine karşılık klinopiroksenlerin yüksek Mg# değerleri söz konusu kayaların bir yay ortamında oluştuğunu desteklemektedir.



Şekil 39. Aladağ ofiyoliti izotrop gabro ve mafik dayklarını temsil eden örneklerin Nb/Yb oranlarına karşılık Th/Yb oranları. Semboller; içi dolu üçgen (mavi): izotrop gabro, içi boş kare (mavi): mafik dayk.

Aladağ ofiyoliti mafik dayklarının Sr-Nd-Pb izotop oranları, söz konusu kayaların manto yönsemesi alanında kaldıkları ve okyanus ortası sırtı bazaltı bileşimine benzer bir manto kaynağından türediklerini göstermektedir (Şekil 20). Bununla birlikte manto peridotitleri ve okyanusal kabuğa ait kayaları kesen mafik daykların U-Pb zirkon yaşlarının 85My ila 97My arasında değişmesi yitim karakterli okyanusal kabuğun gelişiminin minimum yaklaşık 12 My sürdüğünü göstermektedir.

4.3. Manto Peridotitlerinin Kısmi Ergime ve Ergiyik Kayaç Etkileşim Süreçleri

4.3.1. Ana Element Oksit Bileşimleri

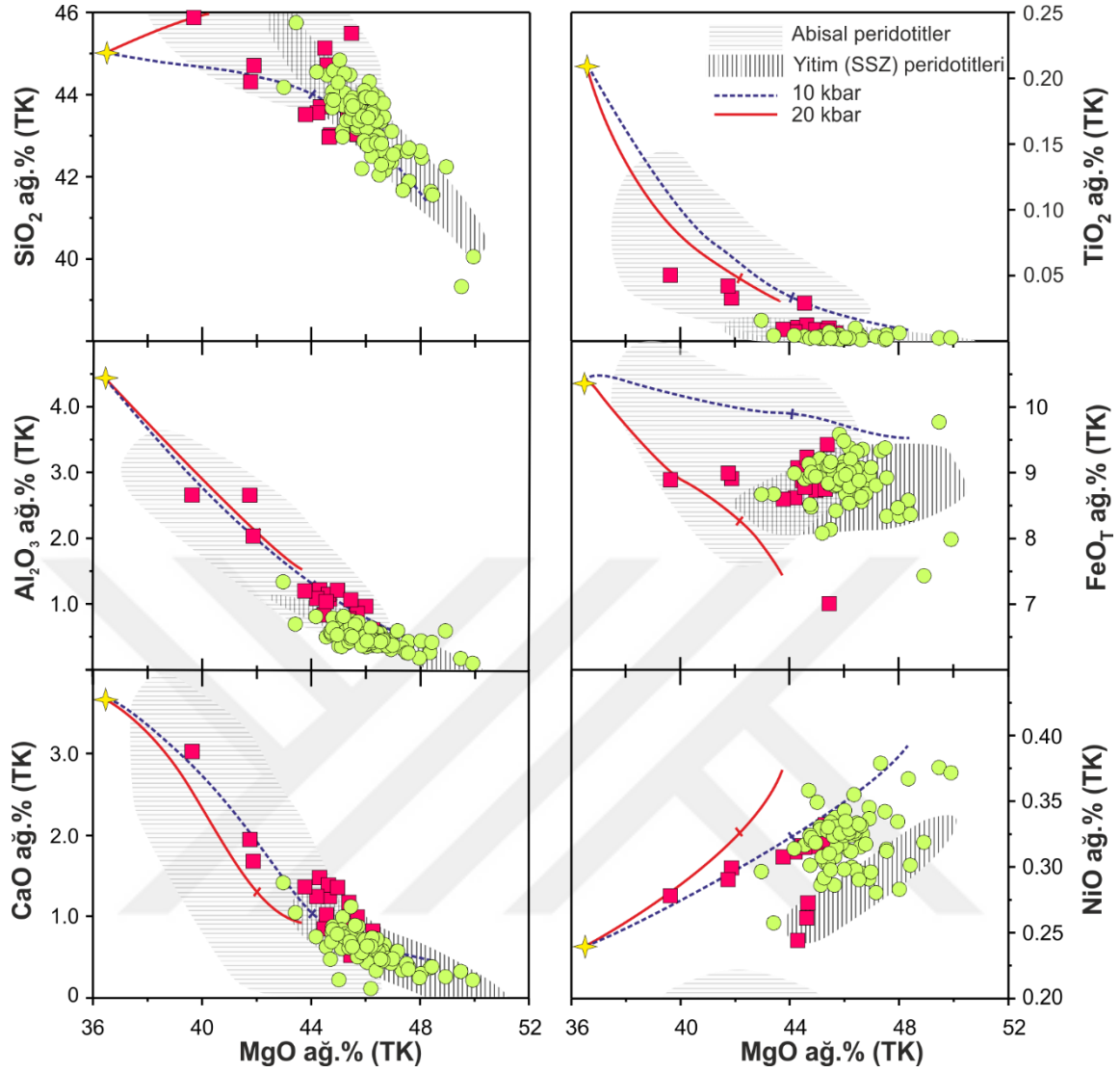
Çalışma alanında incelenene manto peridotitlerinin hem tüm kayaç jeokimyasal (ana ve iz element) bileşimleri hem de mineral kimyasından elde edilen veriler bu kayaların farklı derecelerde tüketilmiş manto peridotitleri olduklarını göstermektedir.

Aladağ ofiyolitinin manto kesimini temsil eden peridotit örneklerine ait tüm kayaç ana oksit jeokimyasalarına ait veriler, Şekil 40'daki diyagramda abisal (Niu, 1997) ve yitim peridotitlerini temsil eden alanlar (Parkinson ve Pearce, 1998) ile karşılaştırılmıştır. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitleri çoklukla harzburjit ve az oranda lerzolit ve dunit türü kayalardan ve bu kayaların farklı derecelerde serpantinleşmiş eşleniklerinden

oluşmaktadır. İncelenen manto peridotitlerine ait örneklerin MgO içeriklerine karşılık SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, CaO ve Na₂O içeriklerindeki değişimler, söz konusu kayaçlarının tüketilmiş okyanus ortası sırtı mantosu (TOM) değerlerine göre farklı derecelerde tüketildiklerini göstermektedir (Şekil 40). Grup-1 örneklerinin SiO₂, Al₂O₃, CaO ve TiO₂ içerikleri TOM'a göre farklı derecelerde tüketilmiş olup, tüketilme dereceleri kısmen yüksek olan örnekler abisal peridotit-yitim peridotitleri ortak alanında yer alırken, kısmen daha az tüketilmiş bazı Grup-1 örnekleri çoklukla abisal peridotit alanında yer almaktadır (Şekil 40). Buna karşılık, Grup-2 manto peridotitleri, TOM'a göre oldukça tüketilmiş SiO₂, Al₂O₃, CaO ve TiO₂ içeriklerine sahip olup, çoklukla yitim peridotitleri alanında yer almalarına rağmen, AP9 numaralı Grup-2 manto peridotiti örneği diğer örneklerden oldukça yüksek modal amfibol bolluğuna sahip olması ve kısmen yüksek SiO₂, Al₂O₃ ve CaO içeriğiyle abisal peridotit alanında yer almıştır (Şekil 40). Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerine ait MgO ve NiO içerikleri TOM'a göre değişen miktarlarda zenginleşme sunarken, FeO içerikleri TOM'a göre kısmen tüketilmişlerdir (Şekil 40). Grup-2 manto peridotitlerinin oldukça düşük Al₂O₃, CaO ve TiO₂ içerikleri ile yitim peridotitleri alanında yer alması ve Grup-1 örneklerinin Grup-2 örneklerine göre kısmen daha yüksek Al₂O₃, CaO ve TiO₂ içeriklerine sahip olup, abisal peridotit ve abisal peridotit-yitim peridotitleri ortak alanında yer alması, söz konusu Grup-2 örneklerinin Grup-1 örneklerine göre kısmen yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olduklarını göstermektedir.

Şekil 40'daki diyagramda ayrıca pMELTS (Ghiorso vd., 2002) programı kullanılarak belirlenmiş, ilksel mantonun (Palme ve O'Neill, 2004) 10 ve 20 Kb basınç koşullarında kısmi ergimesi (maksimum %40) sonrasında geride kalan manto kalıntısının kimyasal bileşimleri karşılaştırma amacıyla gösterilmiştir. Tüm manto peridotiti örneklerine ait ana oksit verileri aynı diyagramda mavi ve kırmızı çizgiler ile gösterilmiş olan 10 ve 20 Kb basınç koşullarındaki ergime yönsemeleri arasında kalmış ya da bu yönsemelere yakın alanlarda dağılım sunmuştur. Bu da, söz konusu kayaçların oluşmasına sebep olan ergimelerin çoklukla ~10 ilâ 20 Kb arasında, bazı örnekler için ise 20 Kb'ı kısmen aşan basınç koşullarında gerçekleştiğini doğrulamaktadır.

Manto peridotitlerindeki CaO bollukları klinopiroksen, Al₂O₃ bollukları ise piroksen ve spinel fazları tarafından kontrol edilmekte olup, üst mantodaki kısmi ergime süreçlerinde klinopiroksenin ilk ergiyen faz olması, klinopiroksen bünyesindeki Ca elementinin ergiyik ile birlikte ayrılmasını ve ergime kalıntısı kayacın Ca bakımından önemli derecede tüketilmesini sonuçlayacaktır.

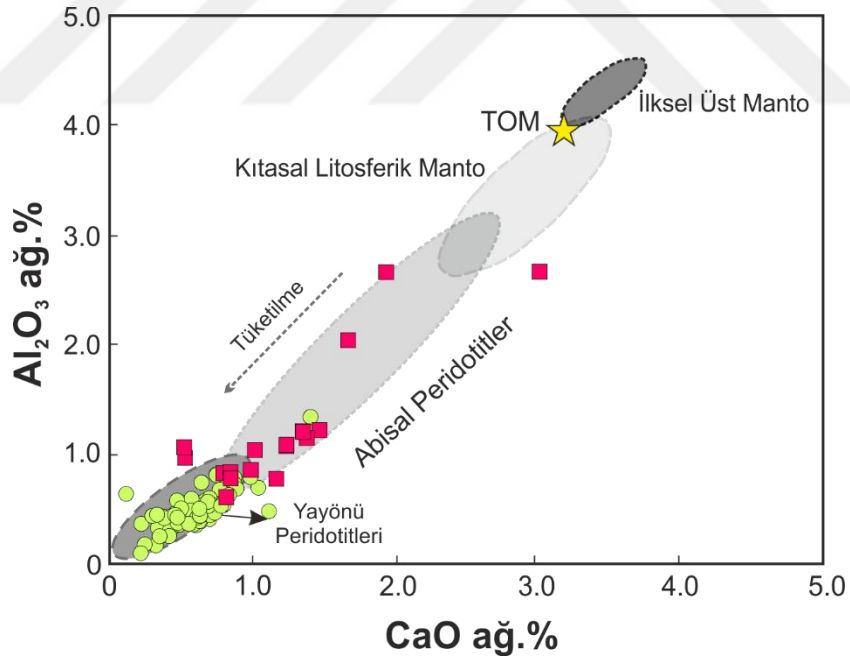


Şekil 40. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin tüm kayaç (TK) MgO içeriklerine karşılık bazı ana oksit içeriklerindeki değişimler. Abisal ve yitim peridotitlerini temsil eden alanlar sırasıyla Niu (1997) ve Parkinson ve Pearce (1998)'den alınmıştır. Diyagramlarda, pMELTS (Ghiorso vd., 2002) programı kullanılarak belirlenmiş, (ilksel manto sarı yıldız; Palme ve O'Neill, 2004) 10 ve 20 Kb basınç koşullarında kısmi ergimesi (maksimum %40) sonrasında geride kalan manto kalıntısının kimyasal bileşimleri karşılaştırma amacıyla gösterilmiştir. Klinopiroksen, 10 Kb altındaki kısmi ergime süreçlerinde manto kalıntısı bileşiminin %40 MgO ve 20 Kb basınç koşullarında ise %42 MgO'ye ulaşması durumunda kaybolur. Söz konusu noktalar, 10 ve 20 Kb basınç koşulları için çizilmiş ergime yönsemeleri üzerinde kısa çizgiler şeklinde gösterilmiştir. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Benzer şekilde, mantodaki bollukları kısmen düşük olan spinel fazları bünyesinde bol miktarda bulunan Al_2O_3 , mantodaki kısmi ergime derecesindeki artışa bağlı olarak

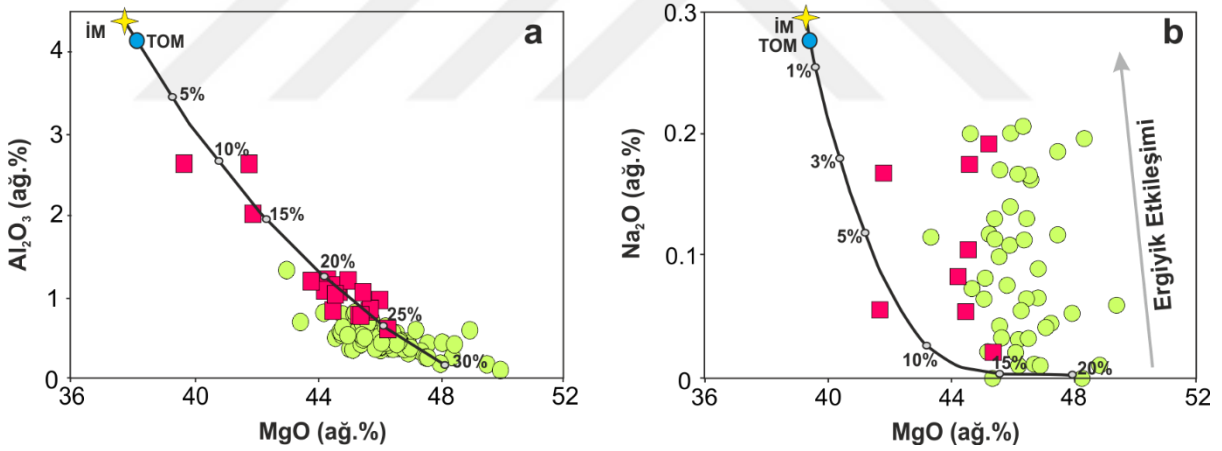
spinelden uzaklaşıp ergiyik bünyesine geçerek, kalıntı fazın söz konusu element bakımından fakirleşmesini sonuçlayacaktır. Aynı şekilde, manto kayaçlarında daha bol modal bolluklarda bulunan ortopiroksen bünyesindeki Al_2O_3 içerikleri de tüketilme derecesindeki artışa bağlı olarak azalacak ve ergiyik fazına geçecek, sonuç olarak da kalıntı manto kayaçları içerisindeki Al_2O_3 konsantrasyonunun azalmasını sonuçlayacaktır. Grup-1 manto peridotitlerine ait örneklerin Al_2O_3 ve CaO içerikleri Grup-2 örneklerine kıyasla kısmen yüksek olmakla birlikte TOM'a göre farklı derecelerde tüketilmişlerdir (Şekil 41).

Grup-2 örnekleri CaO ve Al_2O_3 içerikleri bakımından TOM'a göre önemli derece tüketilmiş olup, söz konusu örnekler yayönü peridotitleri alanı içerisinde ve yakın civarında dağılım sunmaktadır. Buna karşılık, Grup-1 peridotit örneklerinin kısmen daha yüksek Al_2O_3 ve CaO içerikleri ile üst mantoda daha düşük dereceli kısmi ergime süreçlerini yansıtan abisal peridotit ve abisal peridotit-yayönü ortak alanında dağılım sunduğu gözlenmiştir (Şekil 41).



Şekil 41. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerinin tüm kayaç CaO içeriklerine karşılık Al_2O_3 içeriklerindeki değişimler. Abisal ve yayım peridotitleri alanı ile kısmi ergime yönsemesi Pearce vd. (1992)'den, kıtasal litosferik manto ve ilksel üst manto alanları Griffin vd. (2009)'den alınmıştır. TOM: Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Peridotitlerin ana oksit içerikleri, okyanus ortası sırtları ve yitim zonları gibi farklı tektonik ortamlardaki kısmi ergime derecesini tahmin etmek için kullanılabilir (Niu 1997; Takazawa ve diğerleri 2000, 2003; Barth ve diğerleri 2008). Şekil 42’de Niu 1997 tarafından hesaplanan ilksel manto kaynağı kullanılarak ana oksitlerin ayrılaşmalı ergime modeli (fractional melting) kullanılarak, Aladağ manto peridotitleri bazı ana oksitleri modellenmiştir. Grup-1 manto peridotitleri CaO ve Al₂O₃ içeriklerine göre çoklukla yaklaşık %20-25 arası kısmi ergime kalıntısı olmakla birlikte AP105, AP103 ve AP36 numaralı manto peridotiti örnekleri kısmen yüksek CaO ve Al₂O₃ içeriklerine sahip olup, yaklaşık %5-16 arasında değişen kısmi ergime kalıntılarıdır (Şekil 42a). Bununla birlikte Grup-2 örnekleri Grup-1 örneklerine göre kısmen daha fazla tüketilmiş olup, yaklaşık %18-32 arasında değişen kısmi ergime kalıntılarıdır (Şekil 42a). Grup-1 ve Grup-2 örneklerinin bir kısmı ergime yönsemesinin altında yer almış olup, MgO kaybına karşı CaO içeriğindeki azalma örneklerdeki klinopiroksen minerallerinin alterasyonuna işaret ederken (Ulrich vd., 2010; Şekil 42a).



Şekil 42. Manto peridotitlerinin, ilksel manto kaynağı kullanılarak Niu (1997) tarafından hesaplanan MgO içeriklerine karşı Al₂O₃ (a) ve Na₂O (b) ana oksitlerin ayrılaşmalı ergime modeli (fractional melting) kullanılarak modellenmesi. TOM: Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto, İM: İlksel Manto. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

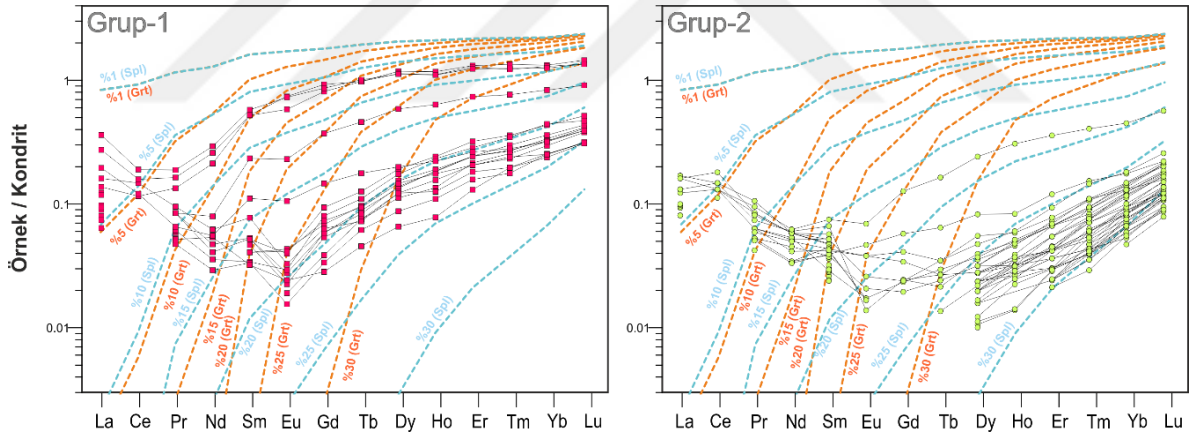
İlksel mantoda oldukça düşük miktarlarda bulunan (yaklaşık 0.36 ağ.%; Workman ve Hart, 2005) ve düşük dereceli kısmi ergimelerde bile oldukça uyumsuz olan Na₂O, manto heterojenliğini ve etkileşim süreçlerini yansıtmaya adına oldukça kullanışlı olabilir (Chen vd., 2015). Na₂O düşük dereceli kısmi ergimelerde hemen peridotit bünyesinden ayrılır ve

ergiyik faza geçer. Kısmi ergime derecesi arttıkça ise bu geçiş yavaşlar, çünkü kayaç içerisindeki Na_2O miktarı oldukça azalır. Bu nedenle yüksek dereceli kısmi ergimelerine karşı Na_2O hassas olmayıp, etkileşim süreçlerinde oldukça önemlidir. Aladağ Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitleri de kısmen benzer Na_2O içeriklerine sahip olup, artan kısmi ergime derecesine karşın Na_2O içeriklerinde de bir artış söz konusudur. Bu durum da bu kayaçların Na_2O 'ca zengin ergiyiklerle etkileştiğini göstermektedir (Şekil 42b).

4.3.2. Tüm Kayaç İz Element Bileşimleri

Peridotitlerin tüm kayaç iz element bileşimleri genellikle magmatik süreçler ve akışkan alterasyon süreçleri tarafından kontrol edilir, ancak altresyon süreçlerinde yalnızca akışkanlarla taşınabilen elementler (ör; K, Rb, Sr, Ba ve Cs) etkilenebilir. Dolayısıyla, akışkanlarla hareket etmeyen elementler (ör; Nb, Ta, Zr, Hf, Ti ve ALGE) peridotitlerdeki kısmi ergime derecesini belirlemek için kullanılabilir. Özellikle Ağır Lantan Grubu Elementler (ALGE) manto kısmi ergime derecesini tahmin etmek için kullanılan en yaygın göstergelerden biridir (Pearce vd., 2000; Niu 2004, Lazarov vd, 2012). Manto peridotitlerinin LGE içerikleri kısmi ergimeye uğradığı derinliğe bağlı olarak değişiklik gösterir. Üst mantonun garnet peridotitler ile temsil edilen daha derin kesimlerinde (60–400 km) meydana gelen bir kısmi ergime sonrasında manto peridotitlerindeki ağır LGE'lerde herhangi bir tüketilme gözlenmezken, ortaç ve hafif LGE'ler önemli oranda tüketilirler. Bu durum, ağır LGE'lerin garnet minerali için dağılım katsayılarının kısmen yüksek ($KD > 1$), ortaç ve hafif LGE'lerin dağılım katsayılarının ise oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Hauri vd., 1994). Garnet minerali düşük basınç koşullarında ($\sim < 20$ Kbar) duraylılığını kaybederek spinel+klinopiroksen (\pm ortopiroksen) fazlarına ayrılır. Klinopiroksen minerali de bünyesinde önemli miktarda LGE barındırır ve klinopiroksen minerali için ağır LGE'lerin Kd 'leri garnet mineraline göre daha düşüktür. Dolayısıyla, garnet peridotit duraylılık alanında gerçekleşen kısmi ergimeler sonrasında kalıntı kayaç hafif LGE bolluklarının, daha sığ (20–50 km) kesimde bulunan spinel duraylılık alanında meydana gelen kısmi ergimelere göre oldukça fazla tüketilmesi beklenir. Grup-1 örneklerini temsil eden AP103 ve AP105 numaralı örneklerin ALGE içerikleri diğer manto peridotiti örneklerinden oldukça yüksek olup spinel duraylılık alanındaki %10'luk kısmi ergime eğrisi ile kısmen uyumludur (Şekil 43). Bununla birlikte, bu iki örnekte ALGE'lerden OLGE'lerin sonunda kadar olan tüketilme yerini HLGE'lerde

zenginleşmeye bırakmıştır. AP 36 numaralı Grup-1 örneği de diğer Grup-1 örneklerinden kısmen yüksek ALGE' içeriğine sahip olup, spinel duraylılık alanındaki yaklaşık %15'lik kısmi ergime kalıntısını yansıtan desenle kısmen uyumlu olmakla beraber OLGE içerikleri kısmen zenginleşmiştir (Şekil 43). Diğer Grup-1 manto peridotitleri ise teker teker dikkate alındığında bazı örneklerin kısmen spinel duraylılık alanındaki kısmi ergime eğrileri ile kısmen uyumlu olduğu, bazılarının ise uyumlu olmadığı görülmektedir (Şekil 43). Bu durum örneklerin önce garnet duraylılık alanında bir miktar kısmi ergimeye uğradıktan sonra spinel duraylılık alanına taşınıp burada ergimeye devam ettiklerini göstermektedir. Bu örneklerin de yaklaşık %21-%25 arasında değişen kısmi ergime kalıntıları oldukları söylenebilir (Şekil 43). Düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı olan ve okyanus ortası sırtındaki kısmi ergimeler sonucu oluşmuş manto kalıntılarını yansıtan Grup-1 örnekleri OLGE ve HLGE içeriklerindeki zenginleşmeler de, muhtemelen okyanus ortası sırtı açılımı esnasındaki daha derinden gelen OLGE ve HLGE'lerce zengin eğiyiklerle etkileştiklerini göstermektedir (Şekil 43).



Şekil 43. Aladağ manto peridotitlerine ait örneklerin kondrit değerlerine oranlanmış LGE dağılımları. Mor kesikli çizgiler garnet duraylılık alanında meydana gelen farklı derecelerdeki kısmi ergime yönsemelerini (Sano ve Kimura, 2007; garnet duraylılık alanındaki modal olmayan ayrılaşmalı ergimede mineral modları ol:55, opir: 20, kpir: 15, grnt: 10; melt modları olv: 8, opir: -19, kpir: 81, grnt: 30) mavi çizgiler ise spinel duraylılık alanında meydana gelen farklı derecelerdeki kısmi ergime yönsemelerini (Kelemen vd., 1993 ve Kinzler, 1997; spinel duraylılık alanındaki modal olmayan ayrılaşmalı ergimede mineral modları ol:53, opir: 27, kpir: 17, spl:3; melt modları olv: -6, opir: 28, kpir: 67, spl: 11) temsil etmektedir. Başlangıç bileşimi TOM Workman ve Hart (2005)'ten alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Grup-2 örneklerinin Ağır Lantan Grubu Elementleri (ALGE) içerikleri bu örneklerin çoklukla spinel duraylılık alanındaki kısmi ergimelerle uyumlu olup, yaklaşık %26-%31 arasında değişen kısmi eğime kalıntıları olduklarını göstermektedir. Buna karşın, Grup-2 örneklerini temsil eden AP9 numaralı manto peridotiti kısmen daha düşük kısmi ergime kalıntısı gibi gözükse de, bu örneğin yüksek ALGE ve OLGE içeriklerine sahip olmasının nedeni, içerdiği amfibol mineralinin modal bolluğunun (%9) diğer amfibol içeren örneklerle göre fazla olmasıdır. Grup-2 örneklerinin OLGE ve HLGE içeriklerinin ALGE'lere göre oldukça tüketilmiş olması beklenirken, bu elementlerde önemli miktarlarda zenginleşmeler mevcuttur. Bu durum da bu örneklerin yitim ortamında metazomatik süreçlerden geçtiğini ve bu elementlerce zengin ergiyikler tarafından etkileştirildiğini göstermektedir (Şekil 43).

4.3.3. Mineral Ana Oksit ve İz Element Kimyası

Çalışma kapsamında değerlendirilen manto peridotitlerine ait spinellerin Mg# ve Cr# bileşimleri değerlendirildiğinde, Grup-1 örneklerinin büyük bir çoğunluğu oldukça düşük spinel Cr# değerleri ile temsil edilen abisal peridotitler ile sınırlandırılmış alanda yer alırken, bazı örnekler kısmen daha yüksek spinel Cr# değerleri ile bu alanın daha tüketilmiş ucunda yer almışlardır (Şekil 21). Buna karşılık, Grup-2 örneklerinin birçoğuna ait spinel kristalleri kısmen yüksek Cr# değerleri ile tamamen yitim peridotitleri alanında sınırlanırken, az sayıda Grup-2 örneğine ait spinel kristalleri ise kısmen daha düşük Cr# değerleri ile abisal peridotit-yitim peridotitleri ortak alanında yer almıştır (Şekil 21).

Benzer şekilde Al_2O_3 ve TiO_2 içerikleri dikkate alındığında (Şekil 44), Grup-1 örneklerine ait bir kısım örnek yüksek Al_2O_3 içerikleri ile okyanus ortası sırtı peridotitleri alanında yer alırken bir kısım örnek ise kısmen daha düşük Al_2O_3 içerikleri ile okyanus ortası sırtı peridotitleri-yitim peridotitleri ortak alanında yer almıştır. Buna karşılık, Grup-2 örnekleri, çoklukla yitim peridotitleri alanında yer alırken bir kısım örnek daha yüksek Al_2O_3 içerikleri ile okyanus ortası sırtı peridotitleri-yitim peridotitleri ortak alanında yer almıştır. Ultramafik kümülat kayaçları temsil eden dunit örneklerinin spinel Al_2O_3 içeriklerindeki artışla birlikte TiO_2 içeriklerinde bir artış gözlenmekte olup, söz konusu spinel kristalleri yay ergiyikleri alanı içerisinde yer almıştır. Bununla birlikte verlit örneklerinin bazılarında ait spinel kristalleri, Al_2O_3 ve TiO_2 içerikleri zengin spinel kristalleri içeren dunitlere kısmen benzerlik sunar (Şekil 44). Buna karşılık, ultramafik

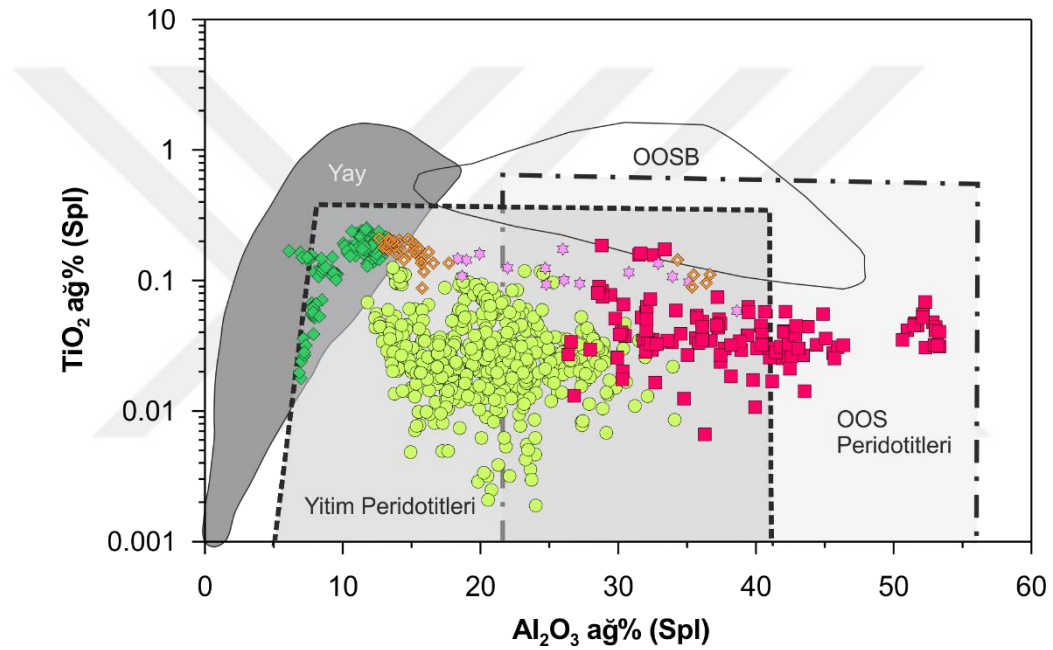
kümülatların daha üst kısmını temsil eden klinopiroksenit örneklerine ait spinel kristalleri ise yüksek Al_2O_3 ve kısmen daha düşük TiO_2 içeriklerine sahiptir. Bunun yanı sıra, PK53 numaralı bir adet verlit örneğine ait spinel kristalleri oldukça yüksek Al_2O_3 içeriğine sahip olmakla birlikte diğer verlit örneklerine benzer TiO_2 içerikleri ile temsil edilirler (Şekil 44).

Manto peridotitlerindeki spinel kristalleri oldukça değişen kimyasal bileşimlere sahip olup (Şekil 21), $Cr\#$ değerleri 60'dan büyük olan spinel fazları çoklukla yitim zonlarındaki kısmi ergime ürünü manto kayaçlarını temsil ederken, $Cr\#$ değerleri 60'dan küçük olan spinel fazları okyanus ortası sırtlardaki kısmi ergime kalıntısı manto kayaçları ile ilişkilendirilmiştir (Dick ve Bullen, 1984). Buna karşılık, literatürde şu ana kadar elde edilen jeokimyasal veriler, 40 ilâ 60 arasındaki spinel $Cr\#$ değerlerine sahip manto kayaçlarının yitim zonları veya okyanus ortası sırt oluşumu esnasındaki ergime sonrası kalıntı kayaçlarla ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur. Aladağ ofiyolitine ait Grup-1 örneklerindeki oldukça düşük spinel $Cr\#$ değerleri, tüketilmenin bu kayaçlarda oldukça az olduğunu göstermektedir. Bu örneklerle ait CaO ve Al_2O_3 bolluklarının kısmen yüksek oluşu düşük dereceli kısmi ergime süreçlerini desteklemektedir. Söz konusu ergime muhtemelen okyanus ortası sırt oluşumu esnasında üst mantoda meydana gelen astenosferik yükselim ile ilişkili olmalıdır. Buna karşılık, Grup-2 manto peridotitlerinin büyük bir kısmındaki kısmen yüksek spinel $Cr\#$ değerleri, söz konusu örneklerin, Grup-1 örneklerine göre kısmen yüksek dereceli kısmi ergime kalıntısı olduklarına işaret etmektedir. Grup-2 manto peridotitlerindeki oldukça düşük tüm kayaç CaO ve Al_2O_3 içerikleri (Şekil 40, 41), söz konusu tüketilmenin kısmen yüksek olduğunu ve muhtemelen yitim zonundaki ergime süreçleri ile ilişkili olduğunu desteklemektedir.

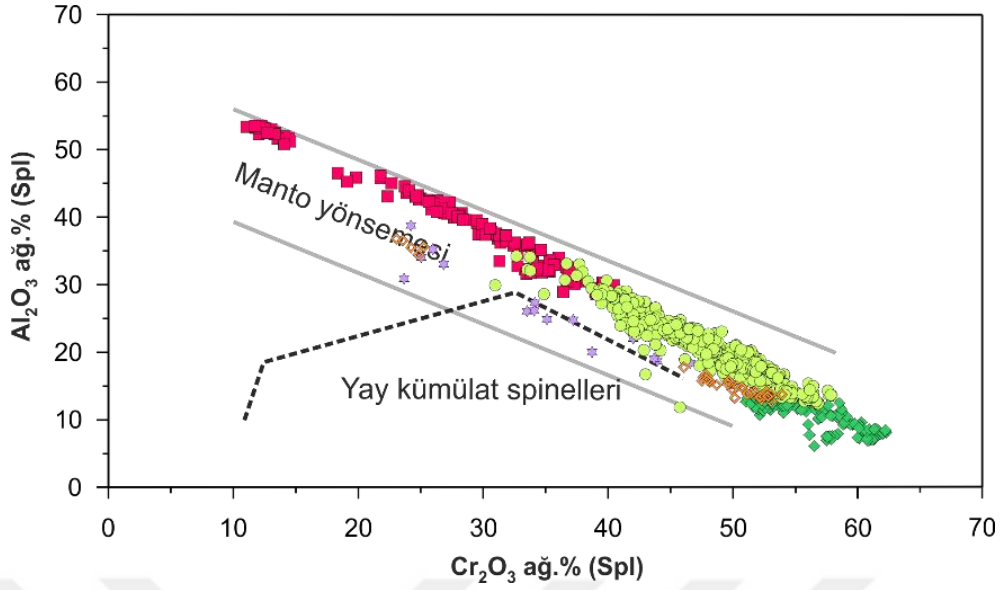
Manto peridotitlerine ait spinel fazları Cr_2O_3 - Al_2O_3 diyagramında manto yönsemesi alanında oldukça geniş bir kimyasal bileşim aralığı sunar (Şekil 45). Kümülat dunit ve verlit örneklerine ait spinel fazları ise kısmen yüksek Cr_2O_3 değerleri ile manto yönsemesinin sağ ucunda dağılım sunarlar. Al_2O_3 içerikleri manto peridotitlerine göre kısmen daha düşük olmasına rağmen, söz konusu spinel fazları Cvetkovic vd. (2004) tarafından önerilen yay kümülat spinelleri alanının kısmen üzerinde bir dağılım sunar (Şekil 45). Buna karşılık, klinopiroksenit örneklerindeki spineller, kümülat dunit ve verlit örneklerine göre kısmen daha düşük Cr_2O_3 ve daha yüksek Al_2O_3 içeriği ile yay kümülat spinelleri alanının kısmen üzerinde, manto yönsemesi alanında yer almıştır (Şekil 45).

Spinel kimyası yanı sıra ortopiroksenlerin Mg# değerlerine karşılık Al_2O_3 içeriklerinin karşılaştırıldığı Şekil 46'daki diyagramda, söz konusu Grup-2 ortopiroksenlerinin birçoğu yay önü (yitim zonu) peridotitleri alanında dağılım sunarken, Al_2O_3 içerikleri bakımından kısmen daha yüksek olan Grup-1 ortopiroksenlerinin abisal peridotit-yay önü alanında dağılım sunduğu gözlenir.

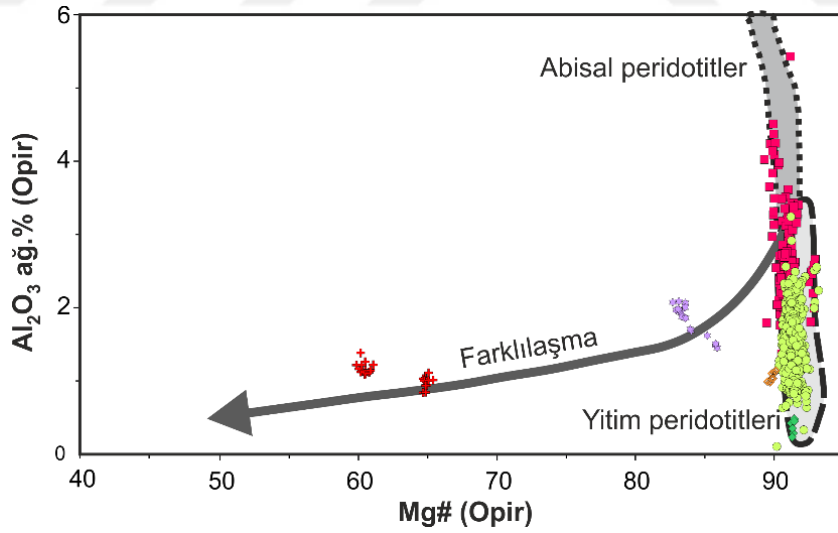
Benzer şekilde, klinopiroksenlerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri de Grup 1 peridotitlerinin daha çok abisal, Grup 2 peridotitlerinin ise yay önü (yitim zonu) peridotitleri olduğuna işaret etmektedir (Şekil 47).



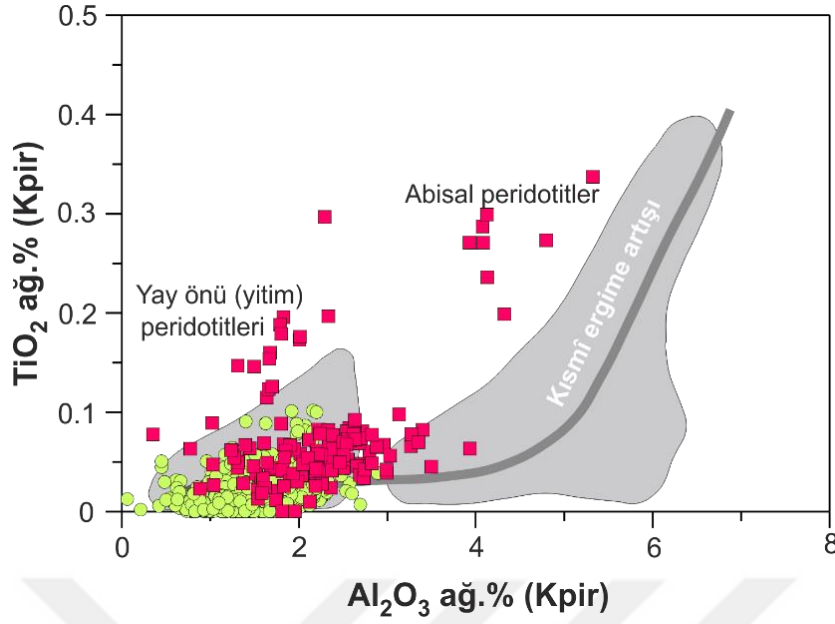
Şekil 44. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve gabro örneklerindeki spinel kristallerinin Al_2O_3 içeriklerine karşılık TiO_2 içeriklerindeki değişimler. Abisal (beyaz alan) ve yitim (gri alan) peridotitleri alanları Cvetkovic vd. (2004)'den alınmıştır. Yay ve OOSB alanları Kamenetsky vd. (2001)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.



Şekil 45. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti ve gabro örneklerindeki spinel kristallerinin Cr_2O_3 içeriklerine karşılık Al_2O_3 içeriklerindeki değişimler. Manto yönsemesi ve yay kümülat spinelleri alanları Cvetkovic vd. (2004)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.



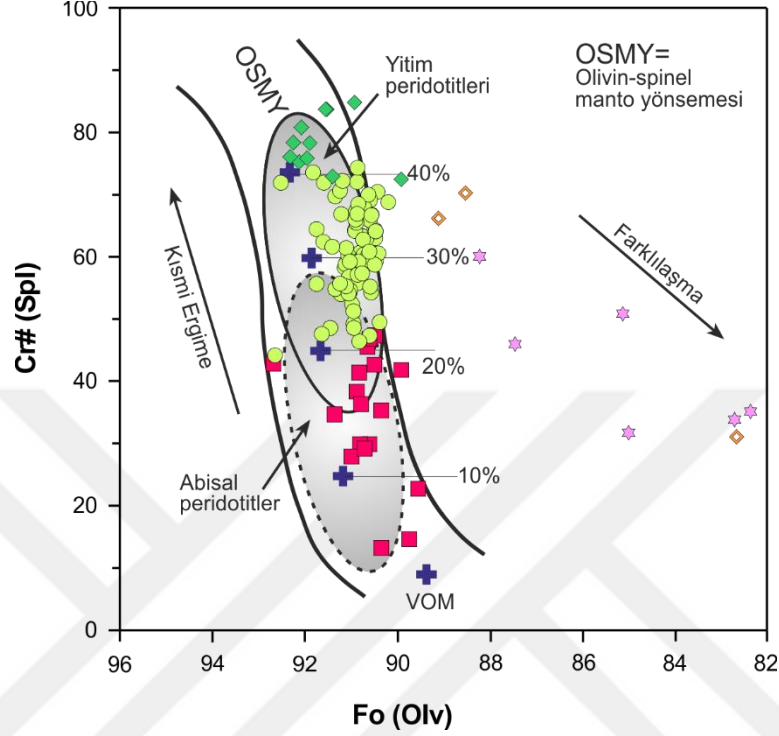
Şekil 46. Aladağ ofiyolitine ait manto peridotiti örneklerindeki ortopiroksen kristallerinin $\text{Mg}\#$ içeriklerine karşılık Al_2O_3 içeriklerindeki değişimler. Abisal ve yay önü peridotit alanları Bedard vd. (2009)'dan alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.



Şekil 47. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait klinopiroksen kristallerinin Al_2O_3 içeriklerine karşılık TiO_2 içeriklerindeki değişimler. Abisal peridotit alanı Hebert vd. (1990) ve Johnson vd. (1990), yay önü peridotit alanı Ishii vd. (1992)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Aladağ ofiyolitine ait manto peridotitlerindeki olivin kristallerinin forsterit içerikleri ve spinel fazlarının Cr# değerlerinin karşılaştırıldığı olivin-spinel manto yönsemesi (OSMY; Arai 1994) diyagramında (Şekil 48), Grup-1 ve Grup-2 örneklerine ait olivin Fo ve spinel Cr# değerleri çoklukla OSMY alanı içerisinde dağılım sunsa da, her iki gruba ait bazı örneklerde olivin kristallerinin söz konusu spinel Cr# değerlerine göre kısmen daha düşük Fo içerikleri ile temsil edildiği ve bu alanın kısmen dışında yer aldığı görülür. Her iki gruba ait kısmen daha düşük Fo içeriklerine sahip olivinlerin, kısmi ergime süresince veya sonrasında manto kayaçları içerisinde hareket eden demirce kısmen daha zengin ergiyiklerden itibaren kristallenen ikincil olivinlerin varlığını göstermektedir. Bu durum, petrografik gözlemlerde iri ortopiroksenlerin etrafında gözlenen küçük olivin neoblastları ile desteklenmektedir (Şekil 81). Bazı Grup-1 örnekleri abisal peridotit alanında yer alırken Grup-2 örneklerinin büyük bir kısmı yitim peridotitleri alanında yer almaktadır. Kısmen yüksek spinel Cr# değerlerine sahip bazı Grup-1 örnekleri ile kısmen daha düşük spinel Cr# değerlerine sahip bazı Grup-2 örnekleri ise abisal peridotit ve yitim peridotitleri ortak alanında yer almışlardır. Spinel Cr# değerleri, Grup-1 örneklerinin yaklaşık %6 ilâ 21,

Grup-2 örneklerinin ise yaklaşık %21 ilâ 41 arasında tüketilmiş olduklarını gösterir (Şekil 48).



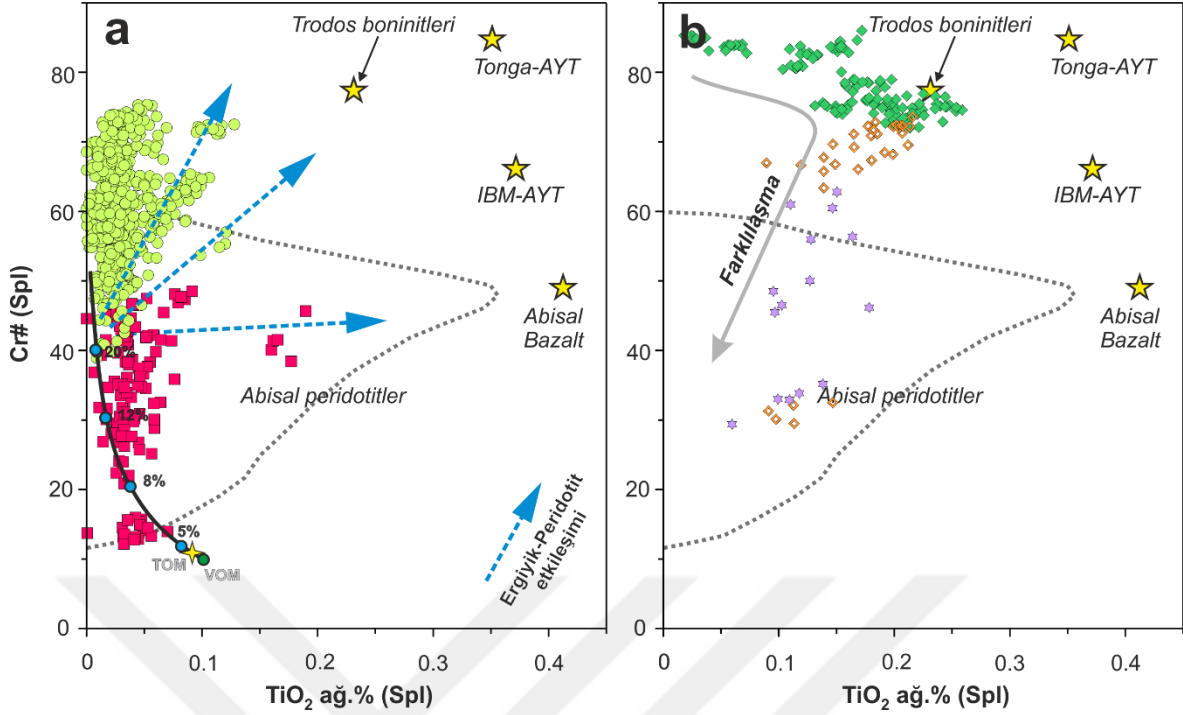
Şekil 48. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki olivinlerin Fo içerikleri ile denge hâlindeki spinellerin Cr# değerleri arasındaki ilişki. VOM: Verimli Okyanus ortası sırtı Manto. Pasif kıta kenarı ve abisal peridotit alanları Dick ve Bullen (1984), yayönü peridotit alanı Pearce vd. (2000)'den alınmıştır. OSMY (Olivin-spinel Manto Yönsemesi), kısmî ergime ve farklılaşma yönsemeleri Arai (1994)'den alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.

Aladağ ofiyoliti kabuksal kayaçlarını temsil eden kümülat dunit örnekleri oldukça yüksek spinel Cr# ve olivin Fo değerlerine sahiptir. Kabuksal kesimin daha üst kesimlerini temsil eden verlit ve piroksenit örnekleri ise azalan spinel Cr# ve olivin Fo değerleri ile temsil edilirler. Bu durum kabuksal kesimin kümülat dunitlerden verlit ve piroksenitlere doğru farklılaşarak oluştuğunu göstermektedir (Şekil 48).

Şekil 49a'da, Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitlerindeki spinel kristallerin TiO₂ içeriklerine karşılık Cr# değerleri karşılaştırılmıştır. Grup-1 ve Grup-2 örneklerine ait spinel kristallerinin verimli okyanus ortası sırt mantosu bileşimli malzemenin deneysel

olarak belirlenmiş kısmi ergime yönsemesi üzerinde (>0%5) yer almasına karşılık, incelenen örneklerin büyük bir çoğunluğundaki spinel kristallerinin TiO_2 içerikleri ergime yönsemesinin daha zengin TiO_2 içerikleri ile temsil edilen sağ kısmında dağılım sunmuştur. Bununla birlikte, spinel Cr# değerlerindeki artışa paralel olarak TiO_2 içeriklerinde kısmi bir artış gözlenmiştir. Artan TiO_2 ve Cr# değerine bağlı olarak gelişen bu yönseme birçok araştırmacı tarafından (Pearce vd., 2000; Choi vd., 2008) kısmi ergime sonucu tüketilmiş manto kayacının daha sonradan TiO_2 'ce farklı oranlarda zenginleşmiş ergiyikler ile etkileşimi ile açıklanmıştır. Buna göre, özellikle Grup-2 örneklerinin kısmen farklı TiO_2 içeriklerine sahip boninitik/ada yayı toleyitleri bileşimindeki ergiyiklerle etkileşime geçtiği görülür. Spinel TiO_2 içerikleri kısmen daha zengin olan bazı Grup-1 peridotit örnekleri, söz konusu diyagramda abisal peridotit alanında dağılım sunmakla birlikte, bu örneklerin oluşumu için düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı manto kayaçları (spinel Cr# 30-45) ile abisal bazalt bileşiminde ergiyiklerin etkileşmiş olabileceği önerilmektedir (Şekil 49a).

Aladağ ofiyolitine ait ultramafik kümülatları temsil eden dunit türündeki kayaçlar bünyesindeki spinel fazları, kısmen yüksek Cr# değerlerine sahip olmakla birlikte, Cr# değerlerindeki azalmaya bağlı olarak TiO_2 içeriklerinde lineer bir artış gösterir (Şekil 49b). Spinel Cr# ve TiO_2 içeriklerindeki bu yönseme muhtemelen boninitik ergiyiklerin farklılaşmasını yansıtmaktadır. Bu durumda, Grup-2 manto kayaçlarındaki spinel fazlarında gözlenen kısmi TiO_2 artışı, kimyasal bileşim olarak farklı TiO_2 içeriklerine sahip boninit türündeki ergiyikler ile tüketilmiş manto peridotitleri arasındaki etkileşim ile ilişkili olmalıdır. Buna karşılık verlitlerden piroksenitlere doğru spinel Cr# ve TiO_2 içeriklerinde bir azalma söz konusudur. Bu durum muhtemelen kümülat dunitlerde spinel fazını tercih eden Ti elementinin, verlit ve klinopiroksenit kayaçlarında klinopiroksen fazını tercih etmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 49. Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri (a) ve kabuksal kayaçlarındaki (b) spinel kristallerinin Cr# değerleri ile TiO_2 içerikleri arasındaki ilişki. Kesik çizgiler ile gösterilmiş alan abisal peridotitleri temsil etmektedir. Kalın mavi oklar, Trodos boninitleri ve Tonga ada yayı toleyitleri benzeri bileşimindeki ergiyikler ile Grup-2 manto peridotitleri arasındaki etkileşimi ve abisal peridotitler ile abisal bazalt bileşimindeki ergiyik etkileşimini göstermektedir. Tonga ve Izu-Bonin-Mariana ada yayı toleyitleri ve abisal bazaltlar (Pearce vd. 2000), Troodos boninitleri (Dick ve Bullen 1984)'den alınmıştır. TOM: Tüketilmiş Okyanus ortası sırtı Manto, VOM: Verimli Okyanus ortası sırtı Manto. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti, içi dolu kare (koyu yeşil): kümülat dunit, içi boş kare (turuncu): verlit, içi dolu yıldız (pembe): klinopiroksenit.

Grup-1 manto peridotiti örneklerindeki ağır LGE'lerden ortaç LGE'lere olan doğru olan tüketilemenin (Şekil 14a, b), Grup-2 örneklerinden daha az olması, söz konusu Grup-1 örneklerinin önemli bir kısmının okyanus ortası sırtlardaki kısmen daha düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı manto kayaçları olduklarını göstermektedir. Söz konusu örneklerin hafif LGE ve BİÇE içeriklerindeki farklı oranlardaki zenginleşmeler (Şekil 14a, b), bu örneklerin okyanus ortası sırtı ortamında daha derinden gelen düşük dereceli kısmi ergimeler sonucu oluşmuş hafif LGE'ler ve BİÇE'ler bakımından kısmen zengin ergiyiklerle etkileştiklerini göstermektedir. Buna karşılık, yüksek dereceli kısmi ergime kalıntısı olan Grup-2 örneklerindeki hafif LGE ve BİÇE'lerdeki önemli oranlardaki zenginleşmeler bu kayaçların bir yitim zonunda yiten okyanusal kabuktan türeyen hafif

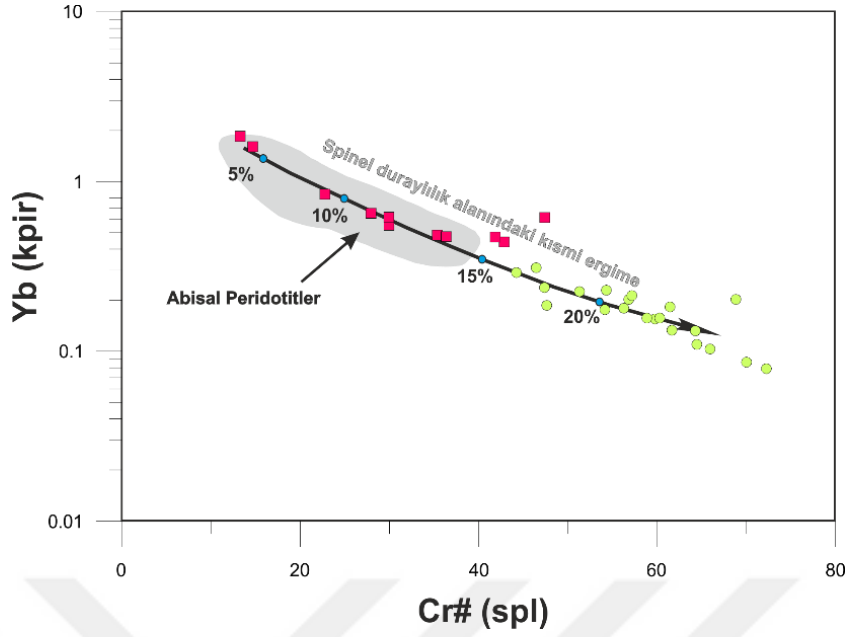
LGE'ler ve BİÇE'lerce zengin ergiyikler tarafından zenginleştirildiklerini göstermektedir (Şekil 14a, b). Grup-1 örneklerinin bazılarında gözlenen önemli oranlardaki amfibolün varlığı, özellikle okyanus ortası sırtı düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı kayaçlarda farklı türde amfibol minerallerinin oluşabileceğini göstermektedir. Ofiyolitik istifin okaynusal kabuk kesimini temsil eden klinopiroksenitler ve kümülat gabrolardaki hafif LGE'lerdeki tüketilmeye karşılık BİÇE'ler tarafından önemli oranlardaki zenginleşmeler (Şekil 14g, h, k, l), bu kayaçların BİÇE'lerce zengin, yitim karakterli ergiyiklerden itibaren oluştuklarını göstermektedir. Manto kayaçlarını ve kabuksal kayaçları kesen mafik daykların ise negatif Ta ve Nb anomalileri ve BİÇE'ler bakımından önemli miktarlardaki zenginleşmeler (Şekil 14n), bu daykların yitim ortamında oluştuklarını desteklemektedir.

Üst mantodaki kısmi ergime süreçleri sonrasında geride kalan kalıntı içerisindeki birincil mineral fazlarının sahip olduğu iz element konsantrasyonları, mantodaki ergime ve metasomatik süreçler hakkında önemli bilgiler verir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar, manto kalıntısındaki klinopiroksen minerallerinin bünyesindeki iz element bolluklarının farklı petrolojik süreçleri ve farklı tektonik ortamları yansıtabileceğini ortaya koymuştur (Johnson vd, 1990; Hellebrand vd, 2005; Aldanmaz vd, 2009; Aldanmaz, 2012; De Hoog vd, 2010; Jean vd, 2010). Kısmi ergime derecesi düşük olan OOS peridotitlerindeki klinopiroksen mineralleri, yitim peridotitlerindeki klinopiroksenlere kıyasla kısmen yüksek Al, Ti, Na ve Cr içeriklerinin yanı sıra yüksek YÇAE, ALGE ve OLGE içeriklerine de sahiptir (Aldanmaz, 2009; 2012).

Grup-1 manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin kondirite normalize edilmiş LGE desenleri, abisal peridotitlerdeki klinopiroksen minerallerinin LGE desenleri ile oldukça benzerdir (Şekil 27a). Bununla birlikte bu minerallerin A-OLGE desenleri TOM'daki klinopiroksen minerallerine göre yaklaşık %15'e kadar varan farklı derecelerdeki kısmi ergime kalıntılarını yansıtır (Şekil 27a). Buna karşılık, Grup-2 örnekleri bünyesindeki klinopiroksen mineralleri Grup-1 örneklerine göre oldukça tüketilmiş OLGE ve ALGE içeriklerine sahip olup, abisal peridotit alanının kısmen altında desen sunarlar ve %15-21 arasında değişen derecelerdeki kısmi ergime kalıntılarını yansıtır. Grup-2 peridotitlerindeki bu tüketilme, bu kayaçların OOS ortamındaki düşük dereceli kısmi ergime kalıntıları olmadığını, yitim ortamında yüksek dereceli kısmi ergimeler sonucu oluştuklarını göstermektedir. Grup-2 örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin ALGE ve OLGE içeriklerindeki tüketilmelere rağmen HLGE içerikleri Grup-1 örnekleri ile kısmen benzerdir. Normalde yitim ortamında daha fazla tüketilmesi

gereken HLGE'lerin Grup-2 klinopiroksenleri bünyesinde zenginleşmiş olması bu kayaçların yitim ortamında metasomatizmaya uğradıklarını göstermektedir.

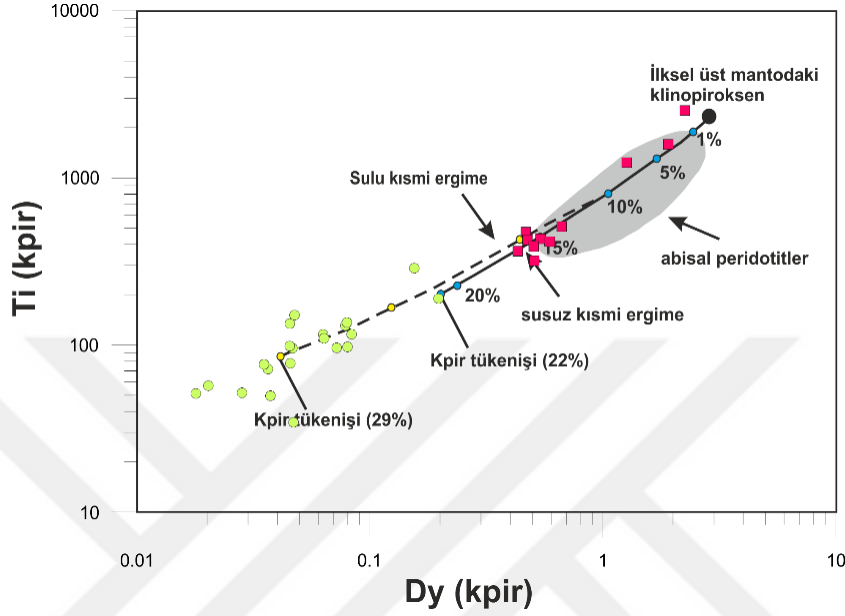
Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinde gözlenen klinopiroksen mineralleri spinel duraylılık alanında ayrılaşmalı ergime yapılarak spinel Cr# değerleri ve Yb içerikleri modellenmiştir (Aldanmaz, 2012). Aladağ manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin Yb içerikleri ile spinel Cr# arasında negatif bir yönseme mevcut olmakla beraber örnekler çoklukla hesaplanmış ergime yönsemesi ile uyumludur (Şekil 50). Grup-1 örnekleri klinopiroksen minerallerinin Yb içerikleri Grup-2 örneklerine göre yüksek olup, çoklukla kuru ergime koşullarını yansıtan abisal peridotit alanında yer almakta ve yaklaşık %4-17 arasında değişen ergime kalıntıları oldukları görülmektedir (Şekil 50). AP103 ve AP105 numaralı Grup-1 manto peridotiti örneklerindeki klinopiroksenler, diğer örneklerle göre oldukça yüksek Yb içerikleri ve oldukça düşük spinel Cr# değerleri ile temsil edilmekte olup, TOM'a göre oldukça düşük dereceli (%3-5) kısmi ergime kalıntılarını yansıtır (Şekil 50). Bununla birlikte, bazı tüketilmiş Grup-1 örnekleri klinopiroksen minerallerinin Yb içeriklerinde kısmen bir zenginleşme söz konusudur. Bu durumu OOS'de tüketilmiş manto kayaçları içerisine, daha derindeki bir manto kayacının düşük dereceli kısmi ergimesi sonucu oluşan ergiyiklerin girerek, kayaç içerisinde Yb'ce zengin klinopiroksen kristallendirmesi ile açıklamak mümkündür. Grup-2 örneklerindeki klinopiroksen minerallerinin Yb içerikleri oldukça düşük olup daha çok sulu ergime koşullarını yansıtmaktadır ve yaklaşık %18-33 arasında değişen ergime kalıntısı oldukları görülmektedir. Normal şartlarda bir manto kayacında sulu ergime koşullarında %29 kısmi ergime sonucu klinopiroksen minerallerinin tamamının tüketilmesi beklenir (Johnson vd, 1990). Bu durumda aşırı tüketilmiş Grup-2 manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin muhtemelen bir yitim zonunda yiten okyanusal kabuktan açığa çıkan uçucu/sıvılarla farklı derecelerde tüketilmiş manto kamasının ergimesi sonucu oluşan ergiyiklerden itibaren oluştuğu düşünülebilir (Şeki 50). Bu durum, aşırı tüketilmiş Grup-2 peridotitleri bünyesindeki ikincil klinopiroksen minerallerinin varlığı ile uyumludur (Şekil 8i, j).



Şekil 50. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerin Yb içeriklerine karşılık spinel Cr# değerleri. Kısmi ergime yönsemesi spinel mineralinin kısmi ergime sırasındaki bileşim değişiminden (Hellebrand vd., 2001) ve klinopiroksen mineralinin spinel duraylılık alanındaki kısmi ergime derecesinden (Johnson vd., 1990) hesaplanmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin Ti ve Dy içerikleri modellendiğinde bu kayaçların oluşumunu sadece OOS ortamındaki kuru ergime ile açıklamak mümkün değildir. Grup-1 örnekleri çoklukla yüksek Ti ve Dy içerikleri ile abisal peridotit alanında yer almakta ve kısmen OOS'deki kuru ergime eğrisine uymaktadırlar. AP103 ve AP105 numaralı manto peridotiti örnekleri diğer Grup-1 örneklerine göre oldukça yüksek klinopiroksen Ti ve Dy içeriklerine sahip olup, bu kayaçların oldukça düşük dereceli (%3-5) kısmi ergime kalıntıları olduklarını desteklemektedirler (Şeki 51). Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenler oldukça düşük Ti ve Dy içerikleri ile söz konusu örneklerin Grup-1 örneklerine göre kısmen daha yüksek kısmi ergime derecelerine (>%20) sahip olduğunu gösterir (Şeki 51). Daha önce de belirtildiği gibi sulu ergimelerde kısmi ergime derecesi yaklaşık %29'a ulaştığında kayaç içerisinde klinopiroksen minerallerinin tamamen tüketilmesi gerekir (Johnson, 1990). Ancak, sulu ergime eğrisi üzerinde %29'luk kısmi ergime derecesini aşan Grup-2 örneklerine ait bazı klinopiroksenler oldukça düşük Ti ve Dy içeriklerine sahiptir. Ti ve Dy bakımından

oldukça tüketilmiş bu klinopiroksenler daha önce de belirtildiği gibi oldukça tüketilmiş manto kayaçları bünyesindeki ergiyik etkileşimlerinin ürünü olan ikincil klinopiroksenler olmalıdır.



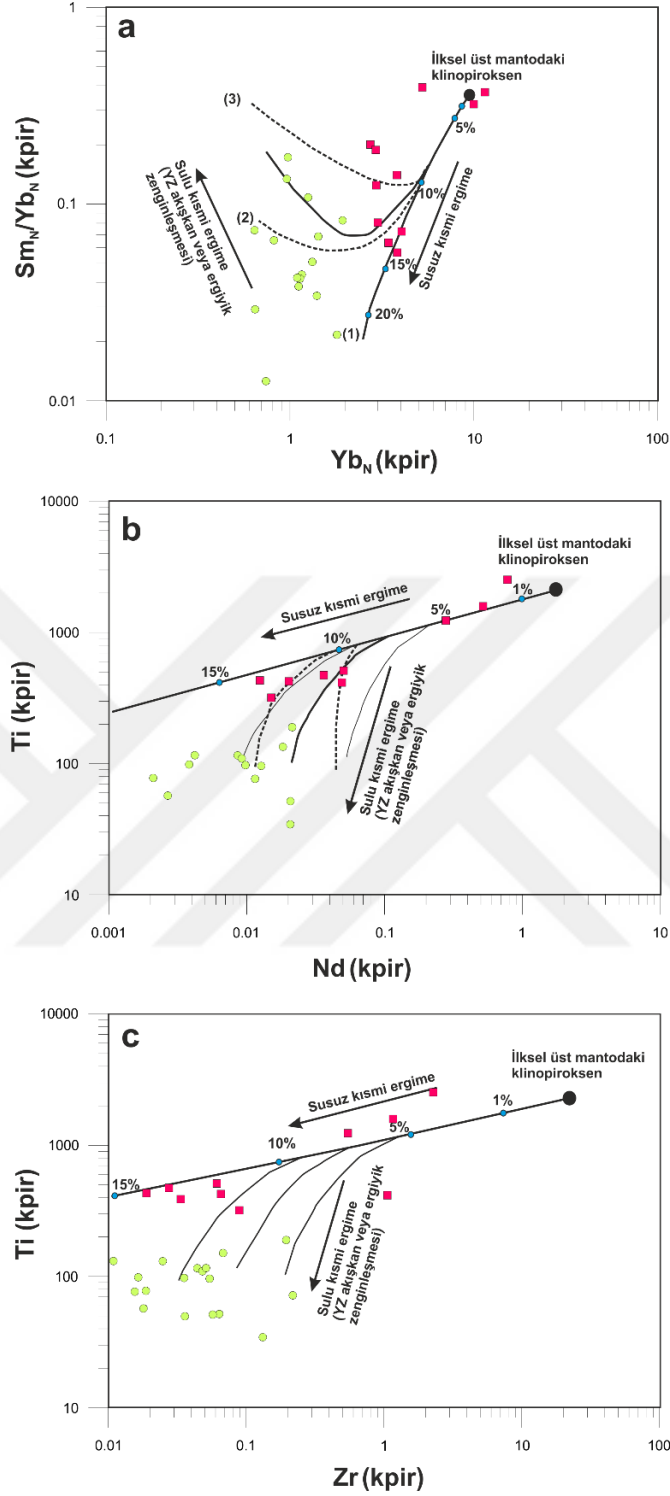
Şekil 51. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerin Ti içeriklerine karşılık Dy içerikleri (Aldanmaz vd., 2009). Modelleme spinel duraylılık alanında dengeli ergimeler için, susuz ortamda mineral yüzdeleri olv:0.57, opir:0.26, kpir:0.15, spl:0.2 ve ergiyiğe katılma yüzdeleri olv:0.10, opir:0.20, kpir:0.68, spl:0.02 ve sulu ortamda mineral yüzdeleri olv:-0.17, opir:0.65, kpir:0.47, spl:0.05 olarak alınmış olup dağılım katsayıları Johnson vd., (1990)'dan alınmıştır. Susuz ergimede klinopiroksenin %22, sulu ergimede ise %29'luk kısmi ergimede tükendiği varsayılmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Şekil 52'de manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerin bazı iz element bileşimleri başlangıç bileşimi TOM kabul edilmiş dengeli ergime yönsemeleri ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte söz konusu şekilde daha önce tüketilmiş olan manto kalıntısının yitim ortamındaki ergiyik-manto etkileşim süreçlerinde uyumsuz iz elementlerin manto kalıntısındaki refertilizasyonunun olası etkisini açıklamak için, OOS ergime sonrasındaki kalıntı katı bileşimi sulu ergimede (Bizimis vd., 2000) ve açık sistem ergimede (Ozawa, 2001) modellenmiştir (Aldanmaz vd., 2009). Açık sistem ergime modelinde çok aşamalı

kısmi ergime modeli kabul edilir. Bu modelde orta derecede tüketilmiş OOS karakterli manto kayaçları su girdisiyle aşırı tüketilir ve yitim karakterli manto kalıntısı oluşur. Bununla birlikte, su girdisiyle yeniden kısmi ergimeye uğrayan manto kamasından türeyen uyumsuz element içerikleri yitim karakterli bazaltik ergiyiklere benzeyen ergiyik ve akışkanlar oluşur. Bu ergiyiklerin manto kaması içerisindeki hareketleri kalıntı manto bileşimini değiştirir.

Şekil 52'deki modelleme OOS'deki kuru ergime ve yitim ortamındaki sulu ergime olmak üzere iki ayrı ergime rejimini gösterir. Grup-1 manto peridotitlerindeki klinopiroksenlerde Sm/Yb oranının OOS ortamındaki susuz ergimede sistematik olarak tüketildiği buna karşılık Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlerde Sm/Yb oranının susuz ergime yönsemesine göre yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bazı Grup-1 örneklerindeki klinopiroksenlerde yüksek Sm/Yb oranının görülmesi bu kayaçların muhtemelen daha derinden gelen, düşük kısmi ergimeler sonucu oluşmuş, Sm'ce kısmen zengin ergiyikler ile ergime kalıntısı klinopiroksenlerin etkileşmiş olabileceğini gösterir (Şekil 52a). Bazı Grup-1 örneklerinde gözlenen spinel kristallerinin TiO_2 'ce zenginleşme sunmaları, kısmen tüketilmiş abisal peridotitler ile etkileşime geçen ergiyiklerin abisal bazalt türündeki ergiyikler olduğunu desteklemektedir. Kısmi ergime derecesi yüksek Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlerde ise Sm/Yb oranındaki zenginleşme, bu kayaçların muhtemelen yitim ortamında Sm'ce zengin akışkan/ergiyiklerden etkilendiklerini göstermektedir (Şekil 52a). Bu durum Grup-2 örneklerine ait klinopiroksenlerde önemli ölçüde daha yüksek Zr/Ti ve Nd/Ti oranları ile de belirgindir (Şekil 52b,c). Grup-2 örneklerine ait klinopiroksenlerde ölçülen Nd ve Zr içeriklerinin Ti ve ALGE tüketilmelerine karşılık oldukça yüksek olması ve yüksek H-OLGE/ALGE ve Zr/Ti oranları bu kayaçların oluşumunda sadece OOS ortamındaki basit bir kısmi ergimenin etkili olmadığını göstermektedir (Şekil 52b,c). Susuz ergime esnasında oldukça düşük Ti ve ALGE içeriklerine ulaşılmadan önce klinopiroksen mineralinin tüketilmesi beklenir. Sulu ergime esnasında ortopiroksenin ergimeye büyük oranda katılması manto peridotitlerinin daha fazla tüketilmesini sonuçlar. Bu durum söz konusu kayaçların sulu ergimeler sonucu oluşan kalıntılar olduklarını desteklemektedir. Grup-2 kayaçlarındaki klinopiroksen minerallerindeki Zr, Sm ve HLGE içeriklerinin Ti ve ALGE'lerden yüksek olması bu kayaçların akışkan girdisi veya ergiyik kayaç etkileşimi ile iz element bileşimlerinin metazomatik süreçlerle değiştiğini göstermektedir.

Akışkan girdisi genellikle yitim ortamlarındaki sulu ergimeler için önerilir ve kalıntı piroksenlerdeki HLGE ve OLGE zenginleşmesinin muhtemel nedeni olabilir. Sulu akışkanlar genellikle ALGE'leri taşımazlar ve bu iz elementlerin önemli oranda artışına neden olmazlar (Tatsumi ve Kogiso, 1997; Bizimis vd., 2000; Kessel vd., 2005). Bununla birlikte yitim süreçlerinde manto ergimesi esnasında tüketilmesi gereken H-OLGE'ler, yitim ortamında akışkan girdisinin devamı ile akışkanlarla hareket edebilen H-OLGE'lerin tüketilmesini engelleyebilir. Aynı zamanda akışkan girdisi ile oluşan ergimelerde ergime derecesinin artmasıyla kalıntı klinopiroksen bünyesindeki ALGE'ler de tüketilir. Bununla birlikte, YÇAE'ler yitim ortamında akışkanlar tarafından genellikle taşınmadığından, yitim peridotitlerindeki yüksek Zr/Ti oranını mantonun susuz kısmi ergime modeli açıklamak mümkün değildir. Bununla birlikte, Ti ve ALGE'lerin tüketilmesine karşılık Zr ve H-OLGE'lerce metasomatik zenginleşmesini, sulu silikat ergiyiklerin etkileşimi ile açıklamak mümkündür. Silikat ergiyiklerin manto içerisinde hareketi oldukça uyumsuz elementlerin manto içerisinde zenginleşmesini sonuçlar (Pearce vd., 2000). Modal metazomatizma sonucu silikat ergiyik ve manto peridotitleri arasındaki etkileşim ile olivince zengin manto kalıntısı oluşur. Grup-2 örneklerine ait klinopiroksenlerdeki zenginleşmiş H-OLGE içerikleri ve modal olivin bolluğunun yüksek olması bu kayaçların ergiyik kayaç etkileşiminden etkilendiklerini göstermektedir. Grup-2 örneklerindeki oldukça yüksek spinel Cr# ve klinopiroksenlerdeki düşük Zr ve ALGE içerikleri, söz konusu peridotilerin muhtemelern daha önceden tüketilmiş bir mantonun kısmi ergimesiyle oluşan düşük Ti ve ALGE içeriğine sahip ergiyiklerle metazomatizmaya uğradıklarını göstermektedir. Buna karşılık bazı Grup-2 örneklerine ait spinel kristallerindeki hafif Ti zenginleşmeleri, söz konusu örneklerle etkileşime geçen ergiyiklerin kısmen değişen Ti içeriklerine sahip boninitik-AYT türündeki ergiyikler olduğunu gösterir (Şekil 49a).



Şekil 52. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerindeki klinopiroksen minerallerinin Sm_N/Yb_N 'ye karşılık Yb_N (a), Ti 'ye karşı Nd (b) ve Zr (c) içerikleri. Ergime yönsemeleri susuz, sulu ve açık sistemdeki kısmi ergime yönsemeleri yansıtmaktadır. Modelleme parametreleri ve kısmi ergime yönsemeleri Aldanmaz vd., 2009'dan alınmıştır. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

4.3.4. Kısmi Ergime ve Ergiyik-Kayaç Etkileşim Süreçlerinde PGE Davranışları

PGE'ler oldukça siderofil elementler olarak bilinirler (Lorand vd., 1999, Alard vd., 2000). PGE'ler ergime dereceleri dikkate alındığında IPGE (Os, Ir ve Ru; ergime dereceleri >2000 °C) ve PPGE (Rh, Pt ve Pd; ergime dereceleri < 2000 °C) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. IPGE'ler manto içerisinde çoklukla silikat mineralleri bünyesinde kapanımlar şeklinde farklı fazlar veya sülfid fazları (osmiridyum veya laurit) olarak bulunurken PPGE'ler çoklukla manto mineralleri arasında yer alan sülfid fazları şeklinde bulunurlar. PPGE'ler kısmi ergime süreçlerinde mantodan oldukça kolay ayrılabilen ve ergiyik faza geçen elementler olarak bilinir (Woodland vd., 2002). Dolayısıyla, kısmi ergime süreçlerinde manto fazları IPGE ve PPGE içerikleri bakımından ayrılaşırlar. Manto mineralleri PGE içerikleri bakımından oldukça değişen konsantrasyonlara sahiptir. Garnet, en düşük PGE içeriklerine sahip manto fazı olmakla birlikte PGE içerikleri olivinden ortopiroksen, klinopiroksen ve spinele doğru bir artış gösterir (Mitchell ve Keays, 1981). Manto peridotitlerinin modal mineralojileri dikkate alınarak hesaplanan PGE içeriklerinin, söz konusu manto peridotitlerinin ölçülen PGE içeriklerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yaklaşık %60-80 oranındaki PGE'lerin sülfidçe zengin fazlar içinde konsantre olduklarını desteklemektedir (Mitchell ve Keays, 1981). Dolayısıyla, manto peridotitleri içindeki sülfid fazlarının ana PGE kaynakları oldukları düşünülmektedir.

Grup-1 manto peridotitleri Os'dan Re'a doğru düze yakın ilksel mantoya normalize edilmiş PGE grafikleri sunar. Bu grafik hafif pozitif Ru ve Pd anomalileri ile kesilmektedir (Şekil 15a). Kısmi ergime dereceleri her ne kadar düşük olsa da söz konusu örnekler ilksel mantonun farklı derecelerde tüketilmiş kalıntıları olarak düşünülmektedir. Bu durum, Grup-1 örneklerinin ilksel mantoya yakın ya da kısmen zenginleşmiş IPGE içerikleri ile desteklenmektedir. Buna karşılık, kısmi ergime esnasında uyumsuz davranış sergileyen ve ergime dereceleri daha düşük sülfid fazları bünyesinde konsantre olan PPGE'lerin, söz konusu kısmi ergime kalıntısı kayalarda daha düşük konsantrasyonlarda olması ve dolayısıyla ilksel mantoya normalize edilmiş PGE grafiklerinde Os'dan Pd ve Re'a negatif bir yöne sunması beklenir. Buna karşılık, Grup-1 örneklerindeki bu yüksek konsantrasyonlardaki PPGE içerikleri, söz konusu manto peridotitlerinin kısmi ergimesi esnasında veya hemen sonrasında, özellikle PPGE'lerce zengin ergiyiklerle etkileşimi ile açıklanabilmektedir. Bu etkileşim esnasında manto peridotitleri içerisine eklenen PPGE

içeren sülfid fazları, söz konusu örneklerin PPGE içeriklerinde bir zenginleşme ve dolayısıyla PGE grafiklerinde Os'dan Pd ve Re'a doğru düze yakın bir yönsemeyi sonuçlayacaktır. Bu grafiklerdeki özellikle Ru ve Pt pozitif anomalileri, muhtemelen manto peridotitleri bünyesindeki Ru ve Pt içeren spesifik sülfid fazlarının varlığına işaret etmektedir. Okyanus ortası sırtı oluşumu esnasındaki kısmi ergime süreçleri ile ilişkili olarak oluşan abisal peridotitler bünyesindeki bu Grup-1 örneklerinde gözlenen düze yakın PGE grafikleri, söz konusu ortamdaki abisal peridotitlerin sadece kısmi ergime kalıntıları olmadıklarını, tüketilme süreçlerine daha derinden gelen ergiyik etkileşimlerinin eşlik ettiğini göstermektedir.

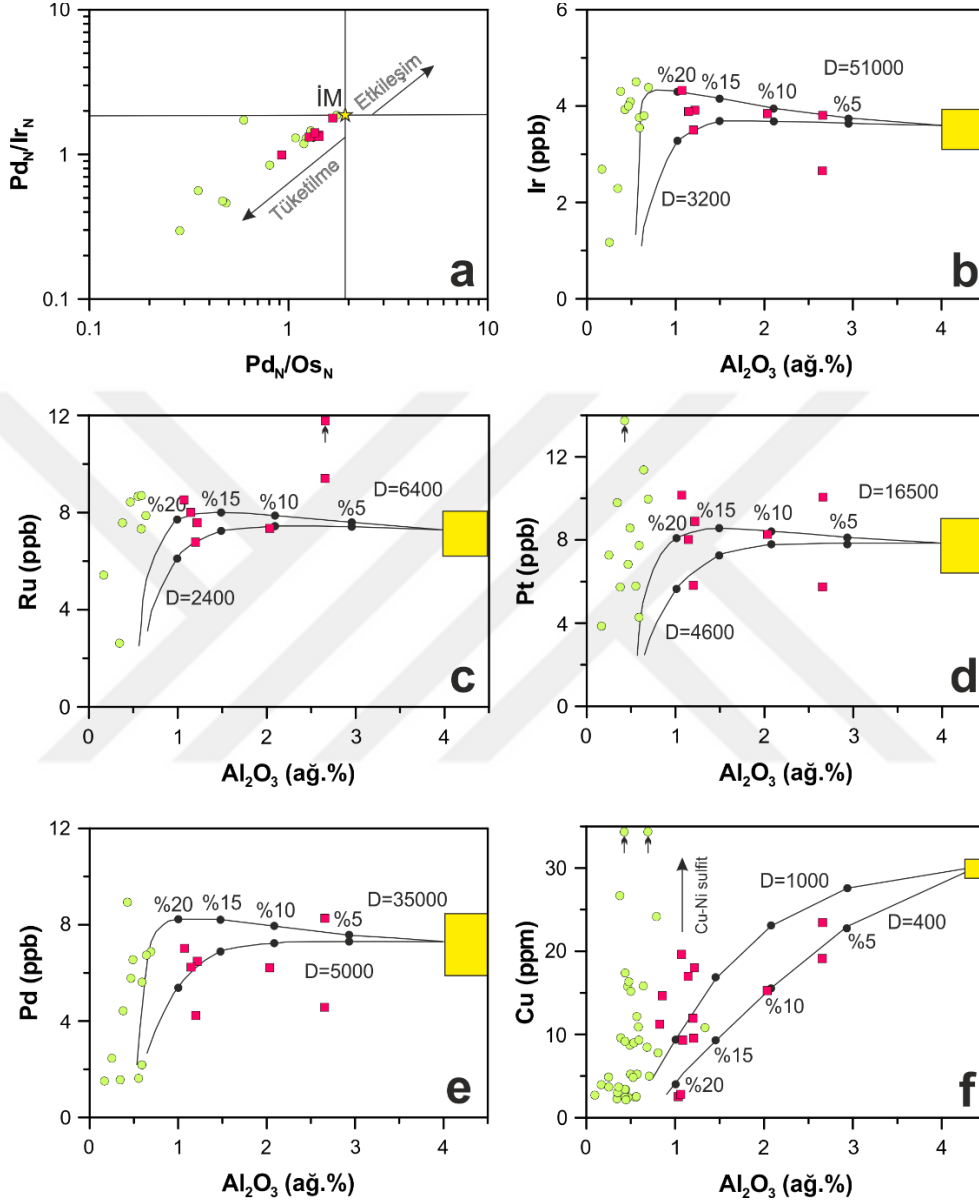
Yitim karakterli Grup-2 örneklerini temsil eden manto peridotitleri oldukça değişken PGE grafikleri sunmaktadır (Şekil 15b, b₁, b₂, b₃). Bir kısım Grup-2 örnekleri (Şekil 15b₁) belirgin bir Pt ve Pd pozitif anomalisi ile kesilen Os'dan Re'a belirgin bir negatif yönseme sunmaktadır. Bu genel yönseme söz konusu kayaçların kısmen yüksek dereceli kısmi ergime dereceleri ile uyumlu olmakla birlikte pozitif Pt ve Pd anomalileri bu örneklerin sadece yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olmadıklarını göstermektedir. Özellikle tüm kayaç LGE ve çoklu element grafikleri yanı sıra mineral kimyaları da dikkate alındığında bu örneklerin yitim karakterli oldukları ortaya konmuştur. Bu durum dikkate alındığında söz konusu örneklerin oluşumunda akışkanların rol oynadığı sulu kısmi ergime yanı sıra, bu kayaçların yiten okyanusal kabuktan türeyen Pt ve Pd'ca zengin ergiyiklerle/akışkanlarla etkileşime uğradığı ve tüketilmeleri sırasında veya sonrasında özellikle Pt ve Pd içeren sülfid fazlarınca zenginleştikleri ortaya konmuştur.

Şekil 15b₂'deki Grup-2 manto peridotitleri Os'dan Ru'a kısmen düze yakın ve ilksel manto değerleri yakınlarında bir yöseme ve Ru'dan Pt, Pd ve Re'a doğru giderek azalan negatif bir yönseme sunar. İlksel manto değerlerine yakın değerlerdeki IPGE konsantrasyonları yanı sıra PPGE'lerdeki bu negatif yönseme söz konusu örneklerin kısmi ergime kalıntısı manto peridotitleri olduklarını desteklemekle birlikte özellikle yitim zonlarındaki PPGE'ce zengin akışkan/ergiyik etkileşimlerinden pek etkilenmediklerini göstermektedir. Buna karşılık Şekil 15b₃'deki Grup-2 örnekleri Os'dan Ru'a düze yakın bir yönseme, Ru'dan Re'a çok hafif pozitif ya da negatif bir yönseme sunar. Örneklerin kısmen yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları oldukları düşünüldüğünde, PPGE'lerdeki bu farklı oranlardaki zenginleşmeler, söz konusu kayaçların benzer şekilde yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkan/ergiyiklerde farklı derecelerde etkileştiklerini göstermektedir. Bu

etkileşim muhtemelen ergime kalıntısı manto kayaçları bünyesinde PPGE ve Re içeren fazların zenginleşmesini sonuçlamıştır.

Manto ergimesinin farklı evrelerindeki sülfid fazlarının varlığı, sülfid mineralleri için oldukça uyumlu olan PGE bolluklarını önemli ölçüde etkilemektedir (Barnes vd., 1997). Üst mantodan farklı miktarlarda sülfid ayrılımı ya da girdisi kısmi ergime kalıntısı manto kayaçlarının veya oluşan ergiyiklerin PGE içeriklerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür (Rehkamper vd., 1999, Bockrath vd., 2004). Şekil 53a'daki Pd_N/Os_N oranına karşılık Pd_N/Ir_N oranlarının karşılaştırıldığı diyagramda Grup-1 ve Grup-2 manto peridotiti örnekleri ergime yönsemesine paralel dağılım sunmuşlardır. Grup-1 manto peridotitleri daha düşük dereceli kısmi ergime kalıntıları olarak ilksel manto değerlerine daha yakınken Grup-2 örneklerine ait daha düşük Pd_N/Os_N ve Pd_N/Ir_N değerleri söz konusu örneklerin daha yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olmaları ile uyumludur. Buna karşılık bazı Grup-2 manto peridotiti örnekleri, yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olmalarına rağmen kısmen yüksek Pd_N/Os_N ve Pd_N/Ir_N değerleri ile ilksel manto değerlerine yakınlık sunar. Bu durum, söz konusu örneklerin tüketilme süreçleri veya sonrasında Pd'ca zengin ergiyiklerle kısmen etkilemiş olabileceklerini gösterir. Şekil 53'de ayrıca PGE ve Cu içeriklerine karşılık kısmi ergime derecesinin bir göstergesi olan Al₂O₃ içerikleri karşılaştırılmıştır. Söz konusu şekiller üzerinde teorik olarak hesaplanmış ergime eğrileri de gösterilmiştir (Marchesi vd., 2013). Genellikle yüksek konsantrasyonlarda siderofil element (Cu, Mo ve PGE) içeren yiten okyanusal kabuktan türeyen pelajik sedimanların ergimesi sonucu ada yayı toleyitleri veya boninitik ergiyikler Os, Ir ve Ru gibi uyumlu PGE'ler bakımından da zenginleşebilirler (Woodland vd., 2002). Dolayısıyla, söz konusu IPGE'ler sadece kısmi ergime derecelerini yansıtılmaları yanında farklı derecelerdeki manto metazomatizması ve ergiyik etkileşimleri süreçleri hakkında önemli bilgi verirler. Bazı Grup-1 örneklerinde ve birçok Grup-2 örnekleri teorik olarak hesaplanmış ergime çizgileri üzerinde Ru konsantrasyonlarına sahiptir (Şekil 53c). Bu durum, söz konusu ergime süreçleri veya sonrasında bu kayaçların Ru'ca zengin ergiyiklerle etkileştiklerini ve muhtemelen Ru'ca zengin fazlarca (özellikle laurit ve Ru içeren sülfidler) zenginleştiklerini gösterir. Aladağ ofiyoliti Grup-1 manto peridotitleri ilksel üst mantoya göre yaklaşık %7-20 oranında tüketilmişlerdir. Söz konusu örneklere ait Pd içerikleri teorik olarak hesaplanmış ergime çizgilerine yakın ya da kısmen düşük değerlerle bu çizgilerin altında yer almıştır (Şekil 53e). Bu durum, Grup-1 manto peridotitleri ile etkileşen ergiyiklerin Pd'ce önemli derecede zengin olmadığını gösterir. Buna karşılık bazı örneklerde kısmi Pt

zenginleşmeleri gözlenmekle birlikte söz konusu örneklerin Pt'ce kısmen zengin ergiyik etkileşimine uğradığını göstermektedir (Şekil 53d).



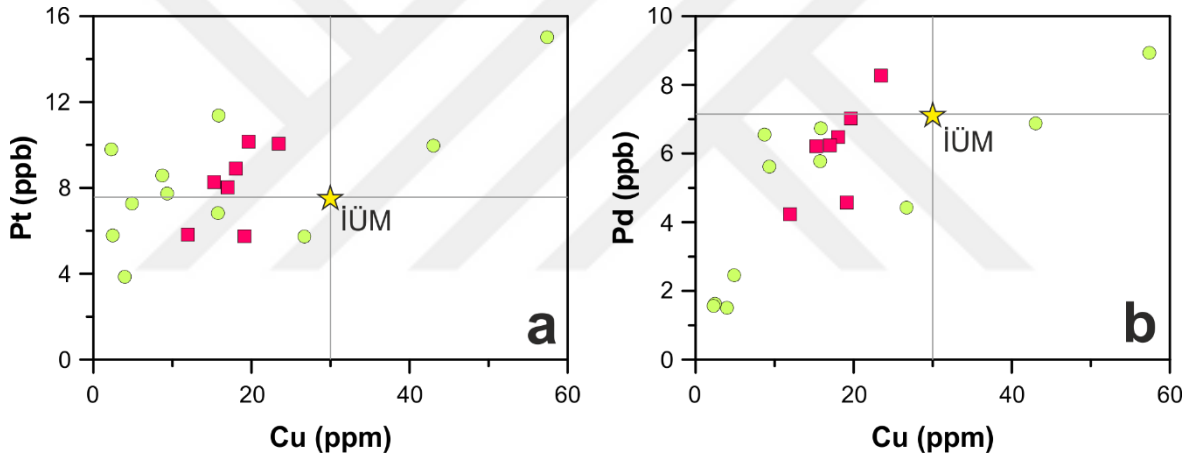
Şekil 53. Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri Pd_N/Ir_N oranlarına karşılık Pd_N/Os_N oranları (a) ve Ir (b), Ru (c), Pt (d), Pd (e), Cu (f) içeriklerine karşılık Al_2O_3 içerikleri. D: Sülfür ergiyik ve silikat ergiyiğın farklı dağılım katsayıları ile dengeli ergimede modellenmesini temsil eder. Sarı yıldız (McDonough ve Sun, 1995) ve sarı kutu (Becker vd., 2006): ilksel üst manto. İlksel üst manto kaynağındaki $S=250$ ppm ve ergiyikte çözünen $S=1000$ ppm olarak alınarak modellenmiştir. D değerleri a: Barnes vd., (2009) ve Rose-Weston vd., (2009), b: Barnes vd., (2009) ve Fellows ve Canil (2012), c, d, e, f, g: Peach vd., (1990), Crocket vd., (1997), Fleet vd., (1999) ve Handler ve Bennett (1999)'den alınmıştır.

Grup-1 örneklerine kıyasla Grup-2 örnekleri daha yüksek dereceli kısmi ergime kalıntılarıdır (>%20). Bu örneklerle ait Pd içerikleri kısmi ergime eğrilerine kısmen uyumlu bir dağılım sunarken Pt içerikleri önemli zenginleşmeler sunarlar. Bu durum, okyanus ortası sırtı ortamında tüketilmiş Grup-1 manto peridotitlerinin yitim ortamında yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkanların da etkisiyle tekrar tüketilmesi sırasında bünyelerine önemli derece Pt girdisinin olduğunu gösterir. Yitim zonlarında oluşan ada yayı toleyitleri ya da boninitik ergiyikler yiten okyanusal kabuktan türeyen uyumsuz PGE'lerce (Rh, Pt, Pd) zenginleşebilirler. Dolayısıyla söz konusu elementlerce (özellikle Pt) zengin ada yayı toleyitleri veya boninitik ergiyiklerin daha önce tüketilmiş üst manto malzemesi ile etkileşimi, üst manto malzemesinin bu elementlerce zenginleşmesini sonuçlamıştır. Şekil 53f'de görüldüğü gibi, bazı Grup-1 ve birçok Grup-2 örneklerine ait Cu konsantrasyonlarının, hesaplanan ergime çizgilerinin üzerinde bir dağılım sunması, manto peridotitlerinin Cu içeren fazlarca (muhtemelen Pt içeren Cu fazları) zenginleştiklerini ve dolayısıyla metazomatize olduklarını gösterir.

Şekil 54a'da Grup-1 ve Grup-2 manto peridotiti örneklerinin Cu içeriklerine karşılık Pt ve Pd konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Grup-1 manto peridotitleri Cu içerikleri bakımından ilksel üst manto değerlerine kısmen yakın olmakla birlikte, azalan Cu içerikleri ile birlikte Pt içeriklerinde bir azalma söz konusudur. Buna karşılık söz konusu örneklerin birçoğu ilksel üst mantoya göre Pt içerikleri bakımından bir zenginleşme sunar. Bu zenginleşme muhtemelen okyanus ortası sırtı oluşumu süreçlerindeki tüketilme ile birlikte ergiyik-kayaç etkileşimi ile ilişkili olmalıdır. Mantonun daha az tüketilmiş derin kısımlarından gelen Pt'ce zengin ergiyiklerin kendilerini üzerleyen manto içerisindeki hareketi sırasında Pt'ce zengin fazları kristallendirmesi, söz konusu örneklerin ilksel üst mantoya göre kısmen zenginleşmiş Pt içeriklerini açıklayabilmektedir. Grup-2 manto peridotitleri oldukça değişen Cu içeriklerine sahip olup, söz konusu örneklerin Grup-1 örneklerine göre daha fazla tüketildikleri dikkate alındığında Cu ve Pt içeriklerinin daha düşük konsantrasyonlarda olması beklenir. Buna karşılık, her ne kadar bazı örnekler Cu içerikleri bakımından bir tüketilme sunsa da Pt içerikleri bakımından ilksel üst mantoya göre bir zenginleşme sunarlar. Cu içerikleri bakımından fakir bu örneklerdeki Pt zenginleşmeleri muhtemelen söz konusu kayaçlar bünyesindeki ikincil Pt-fazı zenginleşmeleri ile ilişkilidir. Bununla birlikte bazı örneklerde önemli oranda Cu zenginleşmesi ile birlikte Pt zenginleşmesi de görülür. Bu durum, yitim ortamında

tüketilen kayaçlar ile Cu ve Pt'ce zengin ergiyiklerin etkileşimi ve dolayısıyla muhtemelen Pt içeren Cu fazlarının eklenmesi ile açıklanabilmektedir.

Şekil 54b'deki Cu ve Pd konsantrasyonlarının karşılaştırıldığı diyagramda Grup-1 örneklerinin birçoğu ve bir kısım Grup-2 örnekleri ilksel üst mantoya göre tüketilmiş Cu ve Pt içeriklerine sahip olup, azalan Cu içeriklerine karşılık Pd içeriklerinde bir tüketilme gözlenir. Bazı Grup-2 örneklerinin bir kısım Grup-1 örneklerine göre kısmen daha yüksek Pd içeriklerine sahip olup, bu durum muhtemelen söz konusu örneklerin oluşumda Pd'ce kısmen zengin ergiyiklerin etkileşimi ile açıklanabilmektedir. Birkaç Grup-2 örneği Cu içerikleri bakımından ilksel üst mantoya göre önemli oranda zenginleşme sunmakta olup, bu durum söz konusu kayaçlar bünyesine farklı derecelerde Pd içeren Cu fazlarının eklenmesi ile ilişkili olmalıdır.



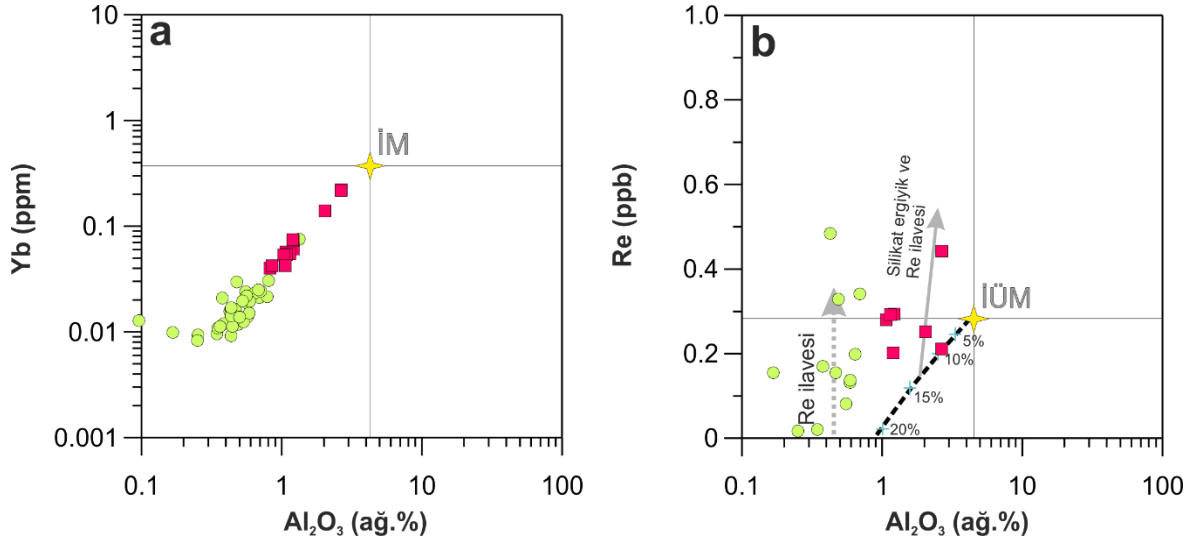
Şekil 54. Aladağ ofiyoliti manto kayaçlarının Cu içeriklerine karşı a: Pt ve b: Pd içerikleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Kısmi ergime süreçlerinde Re ile benzer uyumsuz davranış sunan Yb elementi, Grup-1 manto peridotiti örneklerinde Al_2O_3 içeriklerindeki azalmaya bağlı olarak lineer bir azalma sunup, ilksel manto bileşimine göre farklı derecelerde tüketilmişlerdir (Şekil 55a). Bununla birlikte Grup-2 örnekleri Grup-1 örneklerine göre kısmen daha düşük Yb ve Al_2O_3 içeriklerine sahip olup, ilksel mantoya göre oldukça tüketilmişlerdir (Şekil 55a). Grup-2 örneklerinden AP9 numaralı manto peridotiti örneği önemli ölçüde amfibol modal bolluğuna sahip olup, diğer Grup-2 örneklerine göre kısmen daha yüksek Yb ve Al_2O_3 içeriklerine sahiptir. Bununla birlikte yitim karakterli olduğu bilinen Grup-2 manto peridotitlerindeki bazı örnekler düşük Al_2O_3 içeriklerine karşılık kısmen daha yüksek Yb

içerikleri ile temsil edilirler. Bu durum bu kayaların bünyesindeki ikincil klinopiroksenlerin varlığı ile açıklanabilir.

Adam ve Green (2006) ve Batanova vd. (2008)'den alınan dağılım katsayıları kullanılarak ilksel üst manto Re ve Al_2O_3 içeriklerindeki tüketilme yönsemesi Şekil 55b'de gösterilmiştir. Manto kayalarındaki normal bir kısmi ergime sürecinde azalan Al_2O_3 içeriklerine karşılık Re içeriklerinin de azalması ve bu yönseme üzerinde kalması beklenir. Grup-1 ve Grup-2 örneklerinin Re içerikleri, bu tüketilme yönsemesi ile herhangi bir korelasyon sunmayıp, Re içeriklerindeki zenginleşme ile bu yönsemenin üzerinde kalmıştır (Şekil 55b). Grup-1 manto peridotiti Re içerikleri bazı örneklerde ilksel üst manto değerlerine göre tüketilmiş olmasına rağmen bazı Grup-1 örneklerinin Re içerikleri ilksel üst manto değerine kısmen benzer içeriklere sahiptir. Bununla birlikte bir örnek ilksel üst manto değerlerine göre oldukça yüksek Re içeriğine sahiptir. Tüketilme derecesinin bir göstergesi olan Al_2O_3 içerikleri bakımından oldukça tüketilmiş bazı Grup-2 peridotitleri, Re içerikleri bakımından ilksel üst manto değerlerine göre tüketilmiş olmasına karşılık, bazı örnekler ilksel manto değerlerine göre zenginleşme sunar. Bununla birlikte, hemen hemen tüm Grup-2 örnekleri farklı oranlarda Re zenginleşmesi sunmaları ile tüketilme yönsemesi üzerinde kalırlar (Şekil 55b).

OOS ortamında daha derinde meydana gelen düşük dereceli kısmi ergimeler neticesinde, daha az tüketilmiş manto içerisindeki düşük ergime sıcaklığına sahip sülfür minerallerinin (Cu-Ni sülfürler) ergimesi sonucu Re, Cu ve S' ce zengin ergiyikler ortaya çıkar. Bu ergiyikler manto içerisinde hareket ederek daha üst kesimlerdeki tüketilmiş manto kalıntıları içerisinde ikincil sülfür minerali kristallendirebilir. Grup-1 örneklerindeki Re zenginleşmeleri de muhtemelen bu kayalar içerisinde kristallenen ikincil sülfür mineralleri ile ilişkilidir. Genellikle yüksek konsantrasyonlarda siderofil element (Cu, Mo ve PGE) içeren yiten okyanusal kabağa ait pelajik sedimanların ergimesi sonucu manto kamasına taşınan bu elementler, manto kamasının ergimesi sonucu oluşan ergiyiklerle zenginleşirler ve söz konusu ergiyiklerin manto kaması içerisindeki hareketi esnasında ikincil sülfür mineralleri kristallendirebilir. Bu durum aynı zamanda Cu'ca zenginleşmiş olan yitim karakterli Grup-2 örneklerindeki Re zenginleşmesini açıklayabilmektedir (Şekil 53f).



Şekil 55. Aladağ ofiyolitit manto peridotitlerinin Al_2O_3 içeriklerine karşı a: Yb ve b: Re içeriklerindeki değişimler. Tüketilme yönsemesi Adam ve Green (2006) ve Batanova vd. (2008)'den alınan dağılım katsayıları kullanılarak çizilmiştir. İM: İlksel manto (McDonough ve Sun, 1995). Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

4.3.5. Aladağ Ofiyoliti Manto Peridotitlerinin Os-izotop sistematiği

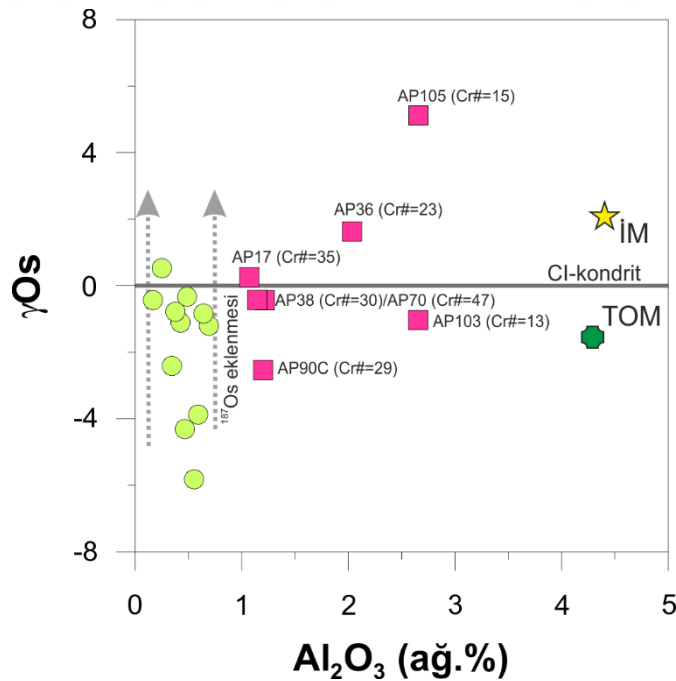
OOS karakterli Grup-1 örneklerinin $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ oranları çoklukla TOM'un üzerinde yer almakla birlikte bir adet Grup-1 örneği (AP90C) TOM'un kısmen altında değerlere sahiptir (Şekil 17a). Söz konusu diyagramda genel olarak $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ değerlerindeki artışa bağlı olarak $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerinde kısmi bir artış görülür. Grup-1 örneklerinin OOS karakterli oldukları ve muhtemelen Neotetis okyanusunun açılması sırasındaki kuru kısmi ergime kalıntılarını yansıttıkları düşünüldüğünde, söz konusu örneklerin TOM'a göre daha düşük $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahip olması beklenir. Buna karşılık, Grup-1 örneklerinin birçoğunun TOM değerleri üzerinde Re/Os ve Os-izotopik bileşimlerine sahip olması, söz konusu örneklerin oluşumunda Re/Os oranı kısmen yüksek ve radyojenik Os'ca zengin bir kaynağın (örneğin piroksenit) ergimesiyle oluşan ergiyiklerle OOS kalıntısı manto kayaçlarının etkileşmiş olabileceğini göstermektedir (Luguet vd. 2008). Özellikle AP105 numaralı örnek oldukça yüksek $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ (0.13360) ve $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os}$ (0.49) değerleri ile ilksel mantoya göre önemli oranda zenginleşme sunar. Bu durum, söz konusu manto peridotiti örneğinin, Re/Os oranı kısmen yüksek ve radyojenik Os'ca zengin ergiyiklerle önemli oranda etkileştiğini ve bünyesinde radyojenik Os'ca zengin sülfürleri barındırdığını göstermektedir (Carlson, 2005, Walker vd

1995,1997, Widom ve Shirey 1996). Buna karşılık AP90C numaralı örneğin, TOM'a göre daha düşük $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerleri ile normal bir kısmi ergime kalıntısını yansıttığı ve söz konusu radyojenik Os'ca zengin ergiyiklerden önemli oranda etkilenmediği gözlenir (Şekil 17a).

Yitim karakterli oldukları düşünülen Grup-2 örnekleri oldukça değişken $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahip olmakla birlikte bir kısım Grup-2 örneği TOM'a göre daha düşük $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ ve $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahiptir (Şekil 17). Bu durum, söz konusu kayaların tüketilmiş karakterli olmaları ile uyumludur. Buna karşılık, diğer Grup-2 örnekleri TOM'a göre kısmen daha zenginleşmiş $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahip olup oldukça geniş aralık sunan $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahiptir. Bu durum, yitim karakterli Grup-2 örneklerinin yiten okyanusal kabuktan türeyen ^{187}Os 'ca zengin akışkanlar/ergiyikler tarafından etkileşmiş olabileceğini gösterir (Hauri ve Hart, 1993; Reisberget vd. 1993). Özellikle 3 adet Grup-2 örneği TOM'a göre $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ içerikleri bakımından bir zenginleşme sunarlar. Aladağ ofiyoliti yitim karakterli okyanusal kabuğun 81 My'lık Re-Os izokron yaşı dikkate alındığında (Şekil 19), söz konusu örneklerdeki Re bakımından bu zenginleşmenin yaklaşık 81 My önce gerçekleşmiş olabileceği ve dolayısıyla manto kamasına giren Re'nin bu kadar kısa bir sürede radyojenik Os (^{187}Os) üretmediği düşünülmektedir. AP41 numaralı Grup-2 örneği oldukça düşük Re/Os oranına karşılık kondritik değer üzerinde $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değeri ile karakteristik olup, bu durum söz konusu örneğe yitim esnasında ^{187}Os 'ca zengin sülfür girdisini gösterir.

Şekil 56' da Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin VOs değerlerine karşılık Al_2O_3 içerikleri karşılaştırılmıştır. OOS karakterli Grup-1 örnekleri TOM'a göre Al_2O_3 bakımından farklı derecelerde tüketilmiş olmasına rağmen AP90C dışındaki tüm Grup-1 örnekleri TOM'a göre daha yüksek VOs değerlerine sahiptir. Oldukça düşük spinel Cr# değerleri ve kısmen yüksek Al_2O_3 değerleri ile karakteristik olan AP105, AP36 ve AP103 numaralı örnkler oldukça değişken VOs değerleri sunarlar. Benzer tüketilme derecesine sahip bu örneklerin TOM değerinin altında VOs değerleri sunması beklenirken oldukça yüksek VOs değerleri, söz konusu örneklerin radyojenik Os bakımından zenginleşmiş olduklarını desteklemektedir. Benzer şekilde kısmen daha yüksek tüketilme derecelerine sahip AP17, AP38, AP70 ve AP90C numaralı örnekler de benzer tüketilme dereceleri sunmalarına karşılık değişen VOs değerlerine sahiptir. Bu durum, söz konusu bu kayaların da radyojenik Os'ca zengin ergiyiklerden farklı oranlarda etkilendiklerini göstermektedir. Söz konusu radyojenik Os'ca zengin ergiyiklerin kaynağı olarak

piroksenitler düşünülürğinde (Luguet vd. 2008), bu kaynağın ergimesi sonucunda oluşan ergiyiklerin OOS ergime süreçlerinde, içerisinde geçtikleri manto kaynağını bazaltik bileşimli silikat ergiyiklerce ve radyojenik Os'ca zengin sülfidlerce zenginleştirilmesi beklenir. γ_{Os} değerleri ile Al_2O_3 içerikleri arasında gözlenen kısmen pozitif korelasyon, kısmen tüketilmiş OOS karakterli manto kayalar bünyesine silikat ergiyik ve sülfid eklenmesi ile açıklanabilir. Ancak, AP70 numaralı örnek dışındaki tüm örnekler için, tüketilme derecesinin bir göstergesi olan spinel Cr# değerleri ile tüm kayaç Al_2O_3 içerikleri uyumludur. Diğer bir deyişle, özellikle AP105, AP36 ve AP103 numaralı örneklerin kısmen yüksek Al_2O_3 içerikleri bünyelerine silikat ergiyik eklenmeleri ile ilişkili olsaydı, ilksel olarak bu örneklerin daha tüketilmiş ve yüksek spinel Cr# değerlerine sahip olması ve sonrasında silikat ergiyiklerce zenginleşmiş olması beklenirdi. Ancak, söz konusu örnekler için düşük spinel Cr# değerleri, söz konusu örneklerin önemli derecede tüketilmediklerini gösterir. Bu durum, her ne kadar petrografik gözlemler söz konusu örnekler için az miktarda silikat ergiyik eklenmesini destekleyen veriler sunsa da, radyojenik Os içeren sülfid ilavesinin önemli derecede olduğunu gösterir. Petrografik gözlemler söz konusu örnekler için önemli derecede sülfid ilavesini desteklemektedir.



Şekil 56. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin Al_2O_3 içeriklerine karşılık γ_{Os} değerleri. Semboller; içi dolu kare (kırmızı): Grup-1 manto peridotiti, daire (yeşil): Grup-2 manto peridotiti.

Grup-2 örnekleri oldukça düşük Al_2O_3 ve kısmen daha yüksek spinel $Cr\#$ değerleri ile temsil edilmekte olup, yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları olarak kabul edilmiştir. Her ne kadar bazı Grup-2 örnekleri TOM değerinin altında $\sum Os$ değerleri sunsa da bazı örnekler TOM ve kondritik değerlerin üzerinde $\sum Os$ değerleri ile karakteristiktir (Şekil 56). Kısmen benzer Al_2O_3 içeriklerine karşılık oldukça değişken $\sum Os$ değerleri, yüksek dereceli kısmi ergime kalıntıları bünyesine ergime süreçlerinde radyojenik Os girdisini gerektirir. Yiten okyanusal kabuğun özellikle üst kesimleri $^{187}Os/^{188}Os$ bakımından zengin sedimanlar ve bazaltlar ile temsil edilir. Yitim süreçlerinde bu kayalardan türeyen ^{187}Os akışkanlarla taşınıp manto kamasını metazomatize eder ve bu manto kamasının ergimesi ile radyojenik Os bakımından zengin ergiyikler oluşur. Söz konusu ergiyiklerin tüketilmiş manto kaması içerisindeki hareketi esnasında ikincil silikat ve sülfat mineralleri kristallenebilir. Grup-2 örneklerindeki oldukça değişken $\sum Os$ değerleri, bu kayalar bünyesine farklı radyojenik Os değerlerine sahip sülfat girdisini desteklemektedir.

4.4. Aladağ Ofiyoliti Manto Kayalarındaki Amfibollerin Kökeni

Serpantinleşmiş abisal peridotitlerdeki amfiboller, genellikle serpantin ve talk gibi alterasyon mineralleriyle ilişkili olup (Cannat ve Seyler, 1995), deniz suyu alterasyonu sırasında oluşmaları durumunda genellikle tremolit bileşimli olarak görülürler. Alterasyon ürünü bu amfiboller genellikle ortopiroksenlerin kenarlarında veya ortopiroksenlerin içerisindeki klinopiroksen lamelleri ile uyumlu olarak gözlenirler. Söz konusu dokular akışkan veya ergiyiklerin ortopiroksen ve klinopiroksen ile reaksiyona girip yerlerine amfibol kristallerinin oluştuğunu gösterir.

Aladağ ofiyoliti Grup-1 örneklerine ait AP102 ve AP103 numaralı, oldukça az tüketilmiş manto peridotitleri bünyesindeki amfiboller pargasitik bileşimdedir. Söz konusu amfiboller kısmen yüksek TiO_2 ve Na_2O içerikleri ile temsil edilirler. Bununla birlikte AP10 numaralı örnekte gözlenen bir adet amfibol kristali edenitik bileşimde olup daha düşük TiO_2 ve Na_2O içeriklerine sahiptir. Grup-1 peridotitlerine ait bazı örneklerde gözlenen amfibol kristalleri ise tremolitik bileşimde olup oldukça düşük TiO_2 ve Na_2O içeriklerine sahiptir. Buna karşılık Grup-2 peridotitlerine ait AP9 numaralı peridotit örneği önemli oranda amfibol kristalleri içermekle birlikte söz konusu amfiboller diğer Grup-2 örneklerinde gözlenen amfibollere göre kısmen daha yüksek TiO_2 ve Na_2O içeriklerine sahip olup edenitik bileşimlidir. Diğer Grup-2 örneklerinde oldukça nadir olarak gözlenen

amfibol kristalleri ise oldukça düşük TiO_2 ve Na_2O içeriklerine sahip olup, tremolit bileşimindedir.

Pargasitik amfiboller genellikle modal metazomatizmaya uğramış manto peridotitlerinde bulunmakla birlikte bazen de flogopit gibi uçucu içeren minerallerle birlikte bulunabilir (Coltorti vd., 2007). Bu minerallerin genel anlamda oluşumu kuru ergimeler sonucu geride kalan OOS karakterli manto kalıntısının yitim ortamında ergiyik etkileşimi ve metazomatik olaylara maruz kalması şeklinde açıklanabilir (Ionov vd., 1997). Örneğin, Sen ve Dunn (1994), yaptıkları deneysel çalışmada, yiten okyanusal kabuk benzeri bazaltik bileşimli amfiboliti ergiterek modal olarak tüketilmiş manto peridotiti ile etkileştirmişler ve manto peridotiti bünyesinde pargasitik amfibollerin kristallendiğini gözlemlemişlerdir. Bu durumda, özellikle AP102, AP103 ve AP10 numaralı örnekler bünyesindeki pargasitik-edenitik bileşimdeki amfibollerin, muhtemelen yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkan/ergiyiklerin manto kaması içerisinde tüketilmiş mantoyu ergiterek oluşan BİÇE ve HLGE'ce zengin ergiyiklerin, manto kaması içerisine taşınan, OOS ortamında oldukça az tüketilmiş manto peridotitleri içerisinde hareketi esnasında meydana gelen ergiyik-peridotit etkileşimi sırasında oluştukları düşünülebilir. Söz konusu amfibollere ait çoklu element diyagramlarındaki BİÇE zenginleşmeleri bunu desteklemektedir (Şekil 30b) Buna karşılık bazı Grup-1 örnekleri içerisindeki tremolitik bileşimli amfiboller ise muhtemelen söz konusu örnekler bünyesindeki piroksenlerin deniz suyu alterasyonu ile ilişkili olmalıdır. Benzer şekilde Grup-2 örneklerinde gözlenen tremolitik amfiboller muhtemelen deniz suyu alterasyonu ile ilişkili olmakla birlikte, modal metazomatizma izleri gösteren AP9 numaralı örnek bünyesindeki edenitik amfiboller ise yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkanların sonuçladığı tüketilmiş manto kamasının ergimesi sonucu oluşan ergiyiklerin, kendilerini üzerleyen yine tüketilmiş manto kaması içerisinde hareketi esnasında kristallenen amfiboller olmalıdır.

Coltorti vd. (2004, 2007) ve Ionov ve Hofmann (1995), amfibol kimyasının, manto peridotitlerini metazomatize eden ergiyiklerin doğasını yansıttığını belirtmiştir. Örneğin, Coltorti vd. (2007), yitim zonlarındaki manto ksenolitleri bünyesindeki amfibollerin, kıta içi manto ksenolitlerinde görülen amfibollere göre daha düşük YÇAE (örn. Nb) ve Ti içeriklerine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Aladağ ofiyoliti Grup-1 ve Grup-2 örnekleri bünyesindeki pargasitik ve edenitik bileşimli amfiboller genellikle düşük Nb (<0.2 ppm) ve Ti (<0.76 ağırlık %) içeriklerine sahip olup söz konusu değerler yitim zonlarındaki manto ksenolitlerinde gözlenen amfibollere benzemekle birlikte kıta içi manto ksenolitlerindeki

amfibollere göre oldukça düşüktür. Bu durum, Grup-1 ve Grup-2 örnekleri bünyesindeki bu amfibollerin yitim ergiyikleri ile ilişkili olduklarını desteklemektedir.

4.5. Aladağ Ofiyoliti Manto Peridotitlerinin Tektonik Ortamı

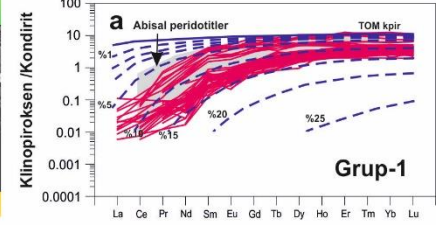
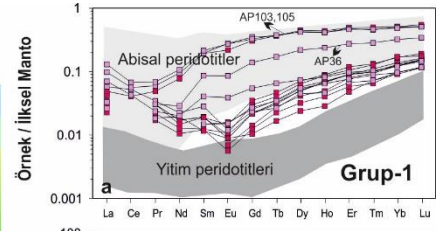
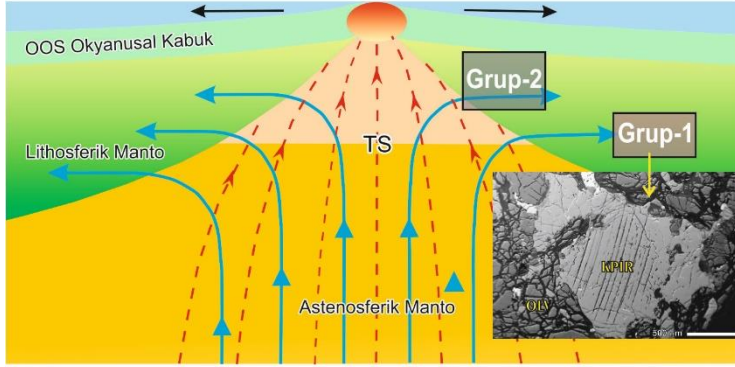
Aynı ofiyolit kompleksi içerisinde abisal ve yitim karakterli manto kayaçlarının bir arada bulunması, bu kayaçların farklı tektonik ortamlardaki çok aşamalı evrimlerini yansıtabilir. Türkiye ofiyolitlerinden Harmancık ve Muğla'da yapılan daha önceki çalışmalar da (Uysal vd., 2012, 2014 ve Aldanmaz vd., 2009) bu durumu destekler niteliktedir. Aladağ ofiyolitinde okyanusal kabuğu oluşturan kayaçların jeokimyasal özellikleri, bazı araştırmacılar tarafından yorumlanmış (Parlak 2000, Parlak vd., 2002; Dilek, 1999) ve bu kayaçların iç Torid Okyanusunun kapanması esnasındaki yitim ile ilişkili oldukları belirtilmiştir. Buna karşılık özellikle Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerine ait kayaçlar üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar ile Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin yalnızca yitim ile ilişkilendirilemeyeceği, bu kayaçların oluşumunda Neo-Tetis okyanusunun açılımı esnasında ve/veya daha önceki süreçlerin de etkili olduğu anlaşılmıştır.

Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri, petrografik gözlemlerin yanı sıra farklı lantan grubu element içerikleri ve spinel Cr# dikkate alınarak Grup-1 (OOS karakterli) ve Grup-2 (SSZ karakterli) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Grup-1 örnekleri kısmen daha yüksek klinopiroksen modal bolluklarına sahip olmakla birlikte çoklukla lertzolit ve klinopiroksence zengin harzburjitler ile temsil edilir (Şekil 6, Şekil 57a). Grup-2 örnekleri ise düşük klinopiroksen modal bolluğuna sahip olup, daha çok harzburjit ve dunit kayaçlarından oluşmaktadır (Şekil 6, Şekil 57b). Grup 1 örnekleri tüm kayaç CaO, Al₂O₃ ve TiO₂ içerikleri kısmen yüksek olup, abisal peridotit alanında yer almakta iken, Grup-2 örnekleri oldukça tüketilmiş CaO, Al₂O₃ ve TiO₂ içerikleri ile yitim peridotitleri alanında yer almaktadırlar (Şekil 40). Grup-1 ve Grup-2 örneklerinin tüm kayaç ALGE içerikleri karşılaştırıldığında, Grup-1 örneklerinin ilksel mantoya göre kısmen daha az tüketilmiş olduğu ve global ölçekteki abisal peridotitlerle kısmen benzer LGE deseni sunduğu görülmekte iken (Şekil 14a, Şekil 57a), buna karşılık Grup-2 örneklerinin ALGE içeriklerinin ise oldukça tüketilmiş olduğu ve yitim peridotitlerine oldukça benzerlik sunduğu görülmektedir (Şekil 14c, Şekil 57b). Bununla birlikte özellikle Grup-2 kayaçlarındaki HLGE içerikleri ve BİÇE'lerdeki önemli oranlardaki zenginleşmeler bu

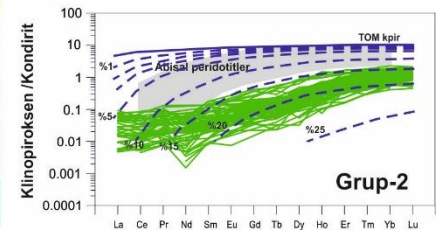
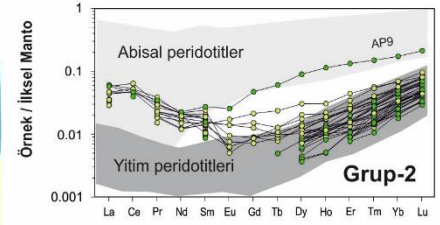
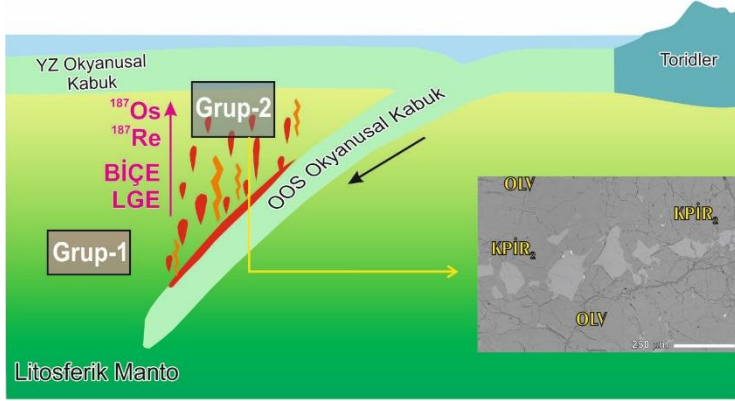
kayaçlarının yitim ortamı metazomatizmasından etkilendiğini göstermektedir (Şekil 14d, Şekil 57b). Manto kayaçlarının oluşum süreçlerinde içerdiği minerallerin kimyaları oldukça önemli bilgiler sunabilir. Özellikle spinel mineralinin, kısmi ergime süreçlerini en iyi yansıtan minerallerden biri olması bu manto fazları içerisindeki spinel kimyalarını önemli kılmaktadır. Grup-1 manto peridotitleri 13-47 arasında değişen spinel Cr# değerlerine sahip olup, söz konusu örneklerin abisal karakterli olduklarını desteklemektedir. Bununla birlikte, Grup-2 peridotitleri 44-74 arasında değişen daha yüksek spinel Cr# değerlerine sahip olup, yitim peridotitlerini temsil etmektedirler (Şekil 21). İki grup manto peridotitinin de klinopiroksenlerinin Na₂O içerikleri oldukça düşük olup, bu kayaçların okyanusal kökenli olduklarını desteklemektedir (Şekil 26). Bununla birlikte klinopiroksen minerallerinin LGE içerikleri Grup-1 örneklerinin TOM'a göre yaklaşık yüzde %15'e kadar varan derecelerde tüketildiklerini ve abisal karakterde olduklarını göstermektedir (Şekil 27a, Şekil 57a). Buna karşılık Grup-2 örneklerindeki klinopiroksenlerin LGE içerikleri TOM'a göre yaklaşık %15-21 arasında değişen kısmi ergime derecelerine sahip olup yitim karakterlidirler (Şekil 57b). İki grup örneğin de klinopiroksen BİÇE içerikleri zenginleşmiş olup, Grup-1 klinopiroksenlerindeki zenginleşmeleri OOS ortamında daha derinden gelen düşük dereceli kısmi ergimeler sonucu oluşmuş ergiyiklerden etkileşim ile açıklamak mümkünken (Şekil 57a), Grup-2 klinopiroksenlerindeki BİÇE ve HLGE zenginleşmelerini yiten okyanusal kabuktan türeyen ergiyiklerle manto kamasının metazomatizması ile açıklamak mümkündür (Şekil 57b).

Tüm bu verilerle birlikte Aladağ ofiyoliti kabuksal kesiminden 81 milyon yıllık Re-Os izokron yaşı elde edilmiştir (Şekil 19). Bununla birlikte, okyanusal kabuğu oluşturan kayaçların mantonun ergimesi ile ayrılan ergiyiklerin farklılaşması ile oluştuğu düşünüldüğünde, mantodan elde edilen Re tüketilme yaşlarının kabuk oluşum yaşları ile aynı olması beklenir. Ancak, Grup-1 örneklerinde 556 milyon yıl ve Grup-2 örneklerinde 2.1 milyar yıla kadar varan oldukça değişken renyum tüketilme yaşlarının bulunması (Şekil 18), bu kayaçlardan bazılarının Neo-Tetis okyanusunun açılımından önce farklı ortamlardaki kısmi ergime süreçlerinin bu kayaçlar üzerinde etkili olduğunu, dolayısıyla mantonun homojen olmadığını göstermektedir.

a Neo-Tetis Okyanusu açılımı (~250 My önce)



b İç Torid Okyanusu Kapanışı (85-97 My önce)



Şekil 57. Aladağ ofiyoliti manto peridotitlerinin tektonik ortamı için önerilen model.

5. SONUÇLAR

Aladağ ofiyoliti manto peridotitleri petrografik gözlemler, tüm kayaç ALGE içerikleri, spinel kimyaları dikkate alınarak Grup-1 ve Grup-2 manto peridotitleri olarak ikiye ayrılmıştır. Grup-1 manto peridotitlerinin modal klinopiroksen bolluklarının fazla olması, yüksek ALGE içerikleri, kısmen düşük spinel Cr# değerleri (13-47) ve klinopiroksen yüksek ALGE içerikleri ile abisal peridotitler oldukları, buna karşılık daha düşük ALGE ve daha yüksek spinel Cr# değerleri ile daha düşük ALGE içeriklerine sahip klinopiroksen içeren Grup-2 örneklerinin ise yitim karakterli peridotitler oldukları ortaya konmuştur.

Aladağ ofiyoliti Grup-1 manto kayaçları Neo-Tetis okyanusunun açılması esnasındaki kuru ergimeler sonucu yaklaşık %5-18 arasında değişen derecelerde kısmi ergimeye uğramışlardır. Okyanus açılımı esnasındaki kısmi ergimeler sonucu kayaçların bünyesindeki klinopiroksen mineralleri ergiyerek lertzolit ve klinopiroksence kısmen zengin harzburjitler oluşmuştur. Bununla birlikte, kısmi ergimeler esnasında spinel fazlarının uyumsuz Al içerikleri bakımından kısmen tüketilmesiyle manto kayaçlarında bulunan spinel Cr# değerleri 13-47 arasında değişen değerlere ulaşmıştır. Kısmi ergime süreçlerinde Grup-1 kayaçlarının tüm kayaç ve klinopiroksen minerallerinin HLGE içerikleri ALGE içeriklerine göre kısmen daha fazla ve farklı derecelerde tüketilmişlerdir. Okyanus ortası sırtında düşük dereceli kısmi ergimeler sonucu oluşmuş Grup-1 manto kayaçlarının kondirit değerlerine oranlanmış PGE desenlerinin Os'dan Re'ye doğru tüketilmesi beklenirken kısmen düze yakın bir yöneme gözlenmektedir. Bu durum bu kayaçların bünyesine okyanus açılımı esnasında daha derindeki düşük dereceli kısmi ergimeler sonucu oluşmuş ergiyiklerin manto içerisinde hareketi esnasında daha üst kesimlerdeki bu kayaçlar içerisinde Cu-Ni sülfürleri kristallendirdiğini göstermektedir. Neo-Tetis okyanusunun açılımı esnasında gerçekleşen kısmi ergime olayları neticesinde manto kayaçlarındaki Re elementinin tüketilmesiyle bu kayaçların TOM değerlerinden kısmen daha düşük $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içeriklerine sahip olması gerekir. Grup-1 manto peridotiti örneklerinin tüketilmenin bir göstergesi olan azalan Al_2O_3 içeriklerine karşılık $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içeriklerindeki TOM değerini geçen zenginleşmeler bu kayaçlar içerisine radyojenik Os ilavesinin olduğunu göstermektedir. Grup-1 manto kayaçlarının oldukça yüksek $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahip olması muhtemelen manto içerisindeki piroksenit gibi

radyojenik Os'ca zengin bir kaynağın ergimesi sonucu oluşan ergiyiklerin manto içerisinde hareketi esnasında kristallenen ikincil sülfid minerallerince farklı oranlarda zenginleşmesi ile açıklanabilir. $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ içerikleri bakımından zenginleşmiş örnekler negatif Re tüketilme yaşları vermekle birlikte AP90C numaralı örnek 556 My Re tüketilme yaşı sunar.

Tektonik rejimin değişmesi ile manto kamasına taşınan okyanus ortası sırtı ortamında farklı derecelerde tüketilen manto kayaçlarının bazıları (Grup-2), yiten okyanusal kabuktan türeyen uçucu/akışkanların etkisiyle tekrar ergimeye başlamıştır. Bu ergimeler sonucu hali hazırda farklı derecelerde tüketilmiş OOS ergime kalıntısı manto kayaçlarının kısmi ergime dereceleri %33'lere varan değerlere ulaşır. Dolayısıyla, kısmi ergime derecesinin artışı ile bu kayaçlardaki tüm kayaç Al_2O_3 , CaO, TiO_2 , Na_2O ve A-OLGE içerikleri de oldukça tüketilmiştir. Bununla birlikte bu kayaçlardaki spinel minerallerinin bünyesindeki Al kısmi ergime derecesinin artışı ile tüketilmiş ve spinel Cr# değerlerinin (44-74) artışını sonuçlamıştır. Yitim ortamında yiten okyanusal kabuktan türeyen uçucular ve akışkanların manto içerisinde hareketi esnasında bazı Grup-2 örneklerinin tüm kayaç HLGE ve BİÇE içerikleri yanı sıra klinopiroksen minerallerindeki HLGE ve BİÇE içerikleri de önemli miktarda zenginleşmiştir.

Grup-2 örneklerinin PGE desenleri kendi içerisinde farklı desenler sunmaktadır. Aşırı tüketilmiş Grup-2 örneklerinin PPGE içerikleri tüketilmişken, diğer örneklerde Pt, Pd zenginleşmeleri mevcuttur. Bu durum yitim karakterli olduğu bilinen Grup-2 peridotitlerinin bazılarının bünyesine yitim esnasında okyanusal kabuktan türeyen Pt ve Pd'ce zengin ergiyiklerle etkileşime girerek sülfid fazlarınca zenginleştiklerini gösterir. Bununla birlikte, Grup-2 örnekleri oldukça tüketilmiş Al_2O_3 içeriklerine sahip olmakla birlikte oldukça değişken $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerleri ile temsil edilir. Grup-2 manto peridotitlerine ait bazı örnekler oldukça düşük $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerine sahip olup, 2.1 milyar yıla varan Re tüketilme yaşları sunarlar. Bu durum yitim karakterli olduğu açıklanan bu örneklerin oluşumunun sadece Neo-Tetisin açılımı ve yitim süreçleri ile açıklanamayacağını ve bu kayaçların muhtemelen Neo-Tetis okyanusunun açılımından çok daha önce kısmi ergime süreçlerine uğradığını göstermektedir. Bununla birlikte Grup-2 örneklerindeki yüksek $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ değerlerini ise bu kayaçlara yiten okyanusal kabuktaki sedimenlerden türeyen radyojenik Os girdisi ile açıklamak mümkündür.

OOS ortamından manto kamasına taşınan bazı Grup-1 örnekleri yitim esnasında oluşan kısmi ergime süreçlerinden etkilenmemiş ve OOS ortamındaki jeokimyasal

özelliklerini kısmen korumuştur. Bununla birlikte özellikle amfibol içeren bazı Grup-1 örnekleri hafif LGE ve BİÇE zenginleşmeleri sunarlar. Söz konusu örnekler bünyesindeki amfiboller hafif LGE ve BİÇE'lerdeki zenginleşmeler ile karakteristiktir. Bu durum, düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı bazı Grup-1 örneklerinin manto kamasındaki kısmi ergimelerden etkilenmemiş olmasına rağmen, yitim karakterli ergiyiklerin, mantonun üst kesimlerine doğru hareketi esnasında OOS karakterli bazı Grup-1 örneklerinde amfibol eklenmesini (modal metazomatizma) sonuçlamıştır. Bu durum, amfibol içeren düşük dereceli kısmi ergime kalıntısı Grup-1 örneklerindeki tüm kayaç hafif LGE ve BİÇE zenginleşmelerini açıklamaktadır. Bununla birlikte, özellikle BİÇE'lerdeki benzer zenginleşme söz konusu bazı Grup-1 örneklerindeki klinopiroksenlerde de görülür. Söz konusu zenginleşme muhtemelen amfibolleri kristallendiren özellikle BİÇE'lerce zengin yitim ergiyikleri ile klinopiroksen etkileşimleri ile ilişkili olmalıdır. Grup-1 kayaçlarındaki amfibol zenginleşmeleri bazı Grup-2 kayaçlarında da görülür. Benzer şekilde bu amfibolleri içeren Grup-2 kayaçları da kısmen Grup-1 amfibol içeren kayaçları ile benzer LGE ve BİÇE zenginleşmelerine sahip olup, söz konusu kayaçlar yitim karakterli ergiyiklerin kısmen yüksek derecelerde tüketilmiş manto içerisinde hareketi esnasında LGE ve BİÇE'lerce zengin ergiyiklerden etkilenmişlerdir. Bu durum, söz konusu kayaçların sadece kriptik metazomatizmaya değil modal metazomatizmaya da uğradığını göstermektedir.

Özet olarak, Aladağ ofiyoliti manto ve okyanusal kabuk kayaçlarını kesen mafik daykların yitim karakterli oldukları ortaya konmuş ve söz konusu kayaçlar Re-Os izokron yöntemi ile 81 My olarak yaşlandırılmıştır. Söz konusu kayaçlar ayrıca zirkon U-Pb izotop yöntemiyle de yaşlandırılmış olup 85My ila 97My arasında değişen yaşlar elde edilmiştir. Yitim karakterli Aladağ ofiyoliti kabuksal kesimi temsil eden bu kayaçların, Neotetis okyanusunun açılımı ile ilişkili OOS kısmi ergime süreçleri sonrasında, manto kamasına taşınan kısmen düşük dereceli ergime kalıntısı manto kayaçlarının yitim ortamındaki sulu kısmi ergime süreçlerinde tekrar ergiyerek oluşan ergiyiklerden itibaren oluştuğu düşünülmektedir. Bu durumda, söz konusu Aladağ ofiyoliti manto kayaçlarının yitim karakterli mineralojik ve jeokimyasal özelliklere sahip olması beklenir. Sistemik olarak örneklenen Aladağ ofiyoliti manto kayaçları üzerinde gerçekleştirilen detaylı mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar, söz konusu manto peridotitlerinin oldukça değişken jeokimyasal özellikler sunduğunu ve bu kayaçların hem abisal hem de yitim karakterli jeokimyasal özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Abisal karakterli bazı manto

peridotitleri muhtemelen yitim zonlarındaki kısmi ergime ve zenginleşme süreçlerinden önemli derecede etkilenmemiş olmakla birlikte, bazı abisal karakterli örnekler bünyesindeki amfibol kristallerinin varlığı, söz konusu peridotitlerin yitim zonunda oluşan ergiyik etkileşimine bağlı olarak modal metazomatizmaya uğradığını göstermektedir. Buna karşılık yitim karakterli örneklerin yitim zonlarındaki akışkan/ergiyikler ile tekrar tüketildiği, hem kriptik hem de modal metazomatizmaya uğradığı ortaya konmuştur. Aladağ ofiyoliti Grup-1 ve Grup-2 peridotitlerinin ilk olarak Neotetis okyanusunun açılımı esnasında kısmi ergimeye uğradıkları varsayıldığında söz konusu örneklerin yaklaşık 250 My'lık Re tüketilme yaşları sunması beklenir. Buna karşılık, her iki grup peridotit örneklerindeki oldukça değişken ve 2.1 milyar yıla ulaşan Re tüketilme yaşları, Neotetis okyanusunun açılımı esnasında kısmi ergimeye uğrayan manto kayaçlarının daha önceleri bir veya daha fazla kısmi ergime süreçlerine maruz kaldığını gösterir. Tüm bu veriler, Aladağ ofiyoliti kabuksal kesimi altındaki litosferik mantonun oldukça heterojen mineralojik, jeokimyasal ve Os-izotop bileşimine sahip olduğunu göstermektedir.

6. ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında Aladağ ofiyolitini oluşturan farklı kayaç grupları güncel analiz teknikleri ile analiz edilmiş, söz konusu kayaçların oluşumunda etkili olan petrolojik süreçler ve oluşum ortamları ortaya konmuştur. Özellikle manto kayaçlarının kısmi ergime tarihçeleri yanı sıra ergiyik-kayaç etkileşim süreçlerindeki metazomatik ve zenginleşme olayları ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir. Manto peridotitleri bu incelemelerle abisal ve yitim karakterli olmak üzere 2 gruba ayrılmış ve jeokimyasal özellikleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Aladağ ofiyoliti içermiş olduğu kromit cevherleşmeleri ile Türkiye’de önemli bir yere sahiptir. Çalışma sahasında birçok kromitit zuhuru ve bu zuhurları işleten işletmeler bulunmaktadır. Bölgede işletilen cevherler genellikle kümülat dunitlerin yüzeylediği alanlarda olup, kromititler genellikle bantlı ve saçınımlı yapıda ve düşük tenörlüdür. Söz konusu bu tezde elde edilen veriler ile, özellikle Grup 2 manto peridotitleri içerisindeki aşırı tüketilmiş dunitik kayaçların olduğu alanlar belirlenip çalışılarak, bir dunit kılıfı içerisinde olduğu bilinen (Avcı vd., 2017) masif yapılı ve yüksek tenörlü kromitlerin bulunması mümkün olabilir. Bunun yanı sıra forsterit içerikleri yüksek olan olivinlerin refakter, demir çelik ve döküm sanayiine uygun olup olmadığı belirlenip, olivinlerin bu kapsamda ekonomik bir rezerv oluşturup oluşturmadığı araştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Acken, D., Becker, H. ve Walker, R., J., 2008. Refertilization of Jurassic oceanic peridotites from the Tethys ocean implications for the Re-Os systematics of the upper mantle, Earth and Planetary Science Letters, 268, 171–181.
- Acken, D., Becker, H., Hammerschmidt K, Walker, R., J. ve Wombacher, F., 2010. Highly siderophile elements and Sr–Nd isotopes in refertilized mantle peridotites: A case study from the Totalp ultramafic body, Swiss Alps, Chemical Geology, 276, 257–678.
- Adam, J., ve Green, T., 2006. Trace element partitioning between mica- and amphibole-bearing garnet lherzolite and hydrous basaltic melt: 1. Experimental results and the investigation of controls on partitioning behavior, Contributions to Mineralogy and Petrology, 152, 1–17.
- Aldanmaz, E., Schmidt, M., W., Gourgaud, A., ve Meisel, T., 2009. Mid-ocean ridge and supra-subduction geochemical signatures in spinel–peridotites from the Neotethyan ophiolites in SW Turkey: Implications for upper mantle melting processes, Lithos, 113, 691–708.
- Aldanmaz, E., 2012. Trace element geochemistry of primary mantle minerals in spinel–peridotites from polygenetic MOR–SSZ suites of SW Turkey: constraints from an LA-ICP-MS study and implications for mantle metasomatism, Geological Journal, 47, 59–76.
- Allen, D., E. ve Seyfried, W., E., 2003. Compositional controls on vent fluids from ultramafic-hosted hydrothermal systems at mid-ocean ridges: An experimental study at 400 degrees C, 500 bars, Geochimica Cosmochimica Acta, 67, 1531–1542.
- Allen, D., E. ve Seyfried, W., E., 2005. REE controls in ultramafic hosted MOR hydrothermal systems: An experimental study at elevated temperature and pressure, Geochimica et Cosmochimica Acta, 69, 675–683.
- Alibo, D., S. ve Nozaki, Y., 1999. Rare earth elements in seawater: particle association, shale-normalization, and Ce oxidation, Geochimica et Cosmochimica Acta, 63, 363–372.
- Andrew, T. ve Robertson, A., H., F., 2002. The Beys, ehir-Hoyran-Hadim Nappes: genesis and emplacement of Mesozoic marginal and oceanic units of the northern Neotethys in southern Turkey. The Journal of the Geological Society, 159, 529–543.
- Anıl, M., 1990. Character morpho-structural and genetic of some chromite deposits of the Pozantı-Karsantı, Mersin and Kızıldağ (Hatay) ophiolitic massifs and comparison with other Mediterranean chromite deposits, Journal of Engineering and Environmental Sciences, 14, 645–675.

- Arai, S., 1994. Compositional variation of olivine–chromian spinel in Mg–rich magmas as a guide to their residual spinel peridotites, Journal of Volcanology Geothermal Research, 59, 279–293.
- Arai, S., Kadoshima, K. ve Morishita, M., 2006. Widespread arc-related melting in the mantle section of the northern Oman ophiolite as inferred from detrital chromianspinels, Journal Geological Society London, 163, 869.
- Avcı, E., Uysal, I., Akmaz, R., M. ve Saka, S., 2017. Ophiolitic chromitites from the Kızılyüksek area of the Pozantı-Karsantı ophiolite (Adana, southern Turkey): Implication for crystallization from a fractionated boninitic melt, Ore Geology Reviews, 90C, 166–183.
- Bach, W. ve Früh-Green, G., L., 2010. Alteration of the oceanic lithosphere and implications for seafloor processes, Elements, 6, 173–178.
- Barnes, S., J., Makovicky, E., Makovicky, M., Rose-Hansen, J. ve KarupMoller, S., 1997. Partition coefficients for Ni, Cu, Pd, Pt, Rh, and Ir between monosulphide solid solution and sulphide liquid and the formation of compositionally zoned Ni-Cu sulphide bodies by fractional crystallization of sulphide liquid, Canadian Journal of Earth Sciences, 34, 366–374.
- Barnes S., J., Naldrett A., J. ve Gorton M., P., 1985. The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas, Chemical Geology, 53, 303–323.
- Barnes, S., J., Savard, D., Bedard, L., P. ve Maier, W., D., 2009. Selenium and sulfur concentrations in the Bushveld Complex of South Africa and implications for formation of the platinum-group element deposits, Mineralium Deposita, 44, 647–663.
- Barth, M. G., Mason, P. R. D., Davies, G. R. ve Drury, M. R. 2008. “The Othris Ophiolite, Greece: A snapshot of subduction initiation at a mid-ocean ridge”, Lithos, 100, 234–254.
- Batanova, V., G., Brüggmann, G., E., Bazylev, B., A., Sobolev, A., V., Kamenetsky, V., S. ve Hofmann, A., W., 2008. Platinum-group element abundances and Os isotope composition of mantle peridotites from the Mamonia complex, Cyprus, Chemical Geology, 248, 195–212.
- Becker, H., Shirey, S., B. ve Carlson, R., W., 2001. Effects of melt percolation on the Re-Os systematics of peridotites from a Paleozoic convergent plate margin, Earth and Planetary Science Letters, 188, 107–121.
- Bedard, J., S., 1986. Characteristic Mineralogy of Arc Related of Cumulate Gabbros: Implication for the Tectonic Setting of Gabbroic Plutons and for Andesite Genesis, Geology, 14, 848–851.
- Bedard, E., Hebert, R., Guilmette, C., Lesage, G., Wang, C., S. ve Dostal, J., 2009. Petrology and geochemistry of the Saga and Sangsang ophiolitic massifs, Yarlung

- Zangbo Suture Zone, Southern Tibet: Evidence for an arc–back–arc origin, Lithos, 113, 48–67.
- Bingöl, A., F., 1978. Petrologie du Masif Ophiolitique de Pozantı-Karsantı (Taurus Cilicien, Turquie): Etude de la Orientale, These 3^e Cycle, Universite Strasbourg.
- Birck, J., L., Roy-Barman, M. ve Capmas, F., 1997. Re-Os isotopic measurements at the femtomole level in natural samples, Geostandards Newsletters, 21, 19–27.
- Bizimis, M., Salters, V., J., M. ve Bonatti, E. 2000. Trace and REE content of clinopyroxenes from suprasubduction zone peridotites. Implications for melting and enrichment processes in island arcs, Chemical Geology, 165, 67–85.
- Bizimis, M., Sen, G. ve Salters, V., J., M., 2004. Hf-Nd isotope decoupling in the oceanic lithosphere: constraints from spinel peridotites from Oahu, Hawaii, Earth and Planetary Science Letters, 217, 43–58.
- Bockrath, C., Ballhaus, C. ve Holzheid, A., 2004. Fractionation of the platinum-group elements during mantle melting, Science, 305, 1951–1953.
- Brongniart, A., 1821. Sur le gisement ou position relative des ophiolites, euphotides, jaspes, etc. dans quelques parties des Apennins, Annales des Mines, 6, 177–238.
- Cannat, M. ve Seyler, M., 1995. Transform tectonics, metamorphic plagioclase and amphibolitization in ultramafic rocks of the Vema transform fault (Atlantic Ocean), Earth and Planetary Science Letters, 133, 283–298.
- Chen, C., Su, B., Uysal, İ., Avcı, E., Zhang, P., F., Xiao, Y. ve He, Y., 2015. Iron isotopic constraints on the origin of peridotite and chromitite in the Kızıldağ ophiolite, southern Turkey, Chemical Geology, 417, 115–124.
- Choi, S., H., Shervais, J., V. ve Mukasa, S., B., 2008. Supra–subduction and abyssal mantle peridotites of the Coast Range ophiolite, Contributions to Mineralogy and Petrology, 156, 551–576.
- Carlson R., W., 2005. Application of the Pt–Re–Os isotopic systems to mantle geochemistry and geochronology, Lithos, 82, 249–277.
- Cohen, A., S. ve Waters, F., G., 1996. Separation of osmium from geological materials by solvent extraction for analysis by thermal ionisation mass spectrometry, Analytica Chimica Acta, 332, 269–275.
- Coleman, R., G., 1977. Ophiolites, Springer Verlag, New York, 229.
- Coltorti, M., Beccaluva, L., Bonadiman, C., Faccini, B. ve Natflos, T., 2004. Amphibole genesis via metasomatic reaction with clinopyroxene in mantle xenoliths from Victoria Land, Antarctica, Lithos, 75, 115–139.

- Coltorti, M., Bonadiman, C., Faccini, B., Gregoire, M., O'Reilly, S., Y. ve Powell, W., 2007. Amphiboles from suprasubduction and intraplate lithospheric mantle, Lithos, 99, 68–84.
- Creaser, R., A., Papanastassiou, D., A. ve Wasserburg, G., J., 1991. Negative thermal ion mass spectrometry of osmium, rhenium and iridium, Geochimica Cosmochimica Acta, 55, 397–401.
- Cumming, G., L. ve Richards, J., R., 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing Earth, Earth and Planetary Science Letters, 28, 155–171.
- Cvetkovic, V., Downes, H., Prelevic, D., Jovanovic, M. ve Lazarov, M., 2004. Characteristics of the lithospheric mantle beneath East Serbia inferred from ultramafic xenoliths in Palaeogene basanites, Contributions to Mineralogy and Petrology, 148, 335–357.
- Çakır, Ü., 1978. Petrologie Du Masisf De Pozantı-Karsantı (Taurus Cilicien, Turquie): Etude La Partie Centralla. These De Doctorat d'Ing. Univ. Strasbourg, 251.
- Çataklı, A., S., 1983. Assemblage Ophiolitique et Roches Associees de la Partie Occidentale du Masif de Pozantı-Karsantı, These d'etat, Univ. NancyI.
- Çelik, Ö., F., Delaloye, M. ve Feraud, G., 2006. Precise ^{40}Ar – ^{39}Ar ages from the metamorphic sole rocks of the Tauride Belt Ophiolites, southern Turkey: implications for the rapid cooling history, Geological Magazine, 143, 213–227.
- Çelik, Ö., F., 2007. Metamorphic sole rocks and their mafic dykes in the eastern Tauride belt ophiolites (southern Turkey): implications for OIB type magma generation following slab break-off, Geological Magazine, 144, 849–866.
- Çelik, Ö., F., 2008. Comparison of the K-Ar and ^{40}Ar – ^{39}Ar dating methods: Examples from the metamorphic sole rocks of the southern Turkish ophiolites, Bulletin for Earth Sciences, 29, 101–110.
- Dale, C., W., Burton, K., W., Pearson, D., G., Gannoun, A., Alard, O., Argles, T., W. ve Parkinsoni, I., J., 2009. Highly siderophile element behaviour accompanying subduction of oceanic crust: Whole rock and mineral-scale insights from a high-pressure terrain, Geochimica et Cosmochimica Acta, 73, 1394–1416.
- De Hoog, J., C., M., Janák, M., Vrabec, M. ve Froitzeim, N., 2008. Serpentinised peridotites from an ultrahigh-pressure terrane in the Pohorje Mts. (Eastern Alps, Slovenia): geochemical constraints on petrogenesis and tectonic setting, Lithos, 109, 209–222.
- Delacour, A., Früh-Green, G., L., Frank, M., Gutjahr, M. ve Kelley, D., S., 2008. Sr- and Ndisotope geochemistry of the Atlantis Massif (30°N, MAR): Implications for fluid fluxes and lithospheric heterogeneity, Chemical Geology, 254, 19–35.

- Deschamps, F., Guillot, S., Godard, M., Chauvel, C., Andreani, M. ve Hattori, K., 2010. In situ characterization of serpentinites from forearc mantle wedges: Timing of serpentinitization and behavior of fluid-mobile elements in subduction zones, Chemical Geology, 269, 262–277.
- Deschamps, F., Godard, M., Guillot, S. ve Hattori, K., 2013. Geochemistry of subduction zone serpentinites: A review, Lithos, 178, 96–127.
- Dick, H., J., B. ve Bullen, T., 1984. Chromium Spinel as A Petrogenetic Indicator in Abyssal and Alpine-type Peridotites and Spatially Associated Lavas, Contributions to Mineralogy and Petrology, 86, 54–76.
- Dick, H., B., Fisher, R., L. ve Bryan, W., B., 1984. Mineralogic variability of the uppermost mantle along mid-ocean ridges, Earth Planet Science Letter, 69, 88–106.
- Dilek, Y. ve Moores, E., M., 1990. Regional Tectonics of the Eastern Mediterranean Ophiolites. In: Malpas J, Moores E, Panayiotou A, Xenophontos C (eds.), Ophiolites–Oceanic Crustal Analogues, Proc Troodos Ophiolite Symp, Geological Survey, Cyprus 1987, 295–309.
- Dilek, Y., Thy, P., Hacker, B. ve Grundving, S. 1999. Structure and petrology of Tauride ophiolites and mafic dike intrusions (Turkey): implications for the Neotethyan ocean, Geological Society of America Bulletin, 111, 1192–1216.
- Dilek, Y. ve Furnes, H., 2014. Ophiolites and Their Origins, Elements, 10, 93–100.
- Eglington, B., M. ve Harmer, R., E., 1999. GEODATE for Windows version 1: Isotope regression and modelling software, Council for Geoscience Open-file report, 1999-0206 O, 24.
- Elderfield, H. ve Greaves, M., J., 1982. The rare earth elements in seawater, Nature, 296, 214–219.
- Elderfield, H., Upstill-Goddard, R. ve Sholkovitz, E., R., 1990. The rare earth elements in rivers, estuaries, and coastal seas and their significance to the composition of ocean waters, Geochimica et Cosmochimica Acta, 54, 971–991.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W. ve Bourdon, B., 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc, Journal of Geophysical Research, 102, 14991–15019.
- Elthon, D., 1992. Chemical trends in abyssal peridotites: refertilization of depleted oceanic mantle, Journal of Geophysical Research, 97, 9015–9025.
- Fellows, S., A. ve Canil, D., 2012. Experimental study of the partitioning of Cu during partial melting of Earth's mantle, Earth and Planetary Science Letters, 337–338, 133–143.

- Fleet, M., E. ve Stone, W., E., 1997. Implications of composition for experimental partitioning of platinum-group elements and gold between sulfide liquid and basalt melt: the significance of nickel content, Geochimica Cosmochimica Acta, 61, 4139–4149.
- Fleet, M., E., Crocket, J., H., Liu, M. ve Stone, W., E., 1999. Laboratory partitioning of platinum-group elements (PGE) and gold with application to magmatic sulfide-PGE deposits, Lithos, 47, 127–142.
- Foustoukos, D., I., Savov, I., P. ve Janecky, D., R., 2008. Chemical and isotopic constraints on water/rock interactions at the Lost City hydrothermal field, 30°N Mid-Atlantic, Geochimica et Cosmochimica Acta, 72, 5457–5474.
- Frey, F., A. ve Haskin, L., 1964. Rare earths in oceanic basalts, Journal of Geophysical Research, 69, 775–780.
- Frey, F., A., Roden, M., F. ve Zindler, A., 1980. Constraints on mantle source compositions imposed by phosphorus and the rare-earth elements, Contributions to Mineralogy and Petrology, 75, 165–173.
- Furnes, H., ve Safonova, I., 2019. Ophiolites of the Central Asian Orogenic Belt: geochemical and petrological characterization and tectonic settings, Geoscience Frontiers, 10, 1255–1284.
- German, C., R., Klinkhammer, G., P., Edmond, J., M., Mitra, A. ve Elderfield, H., 1990. Hydrothermal scavenging of rare-earth elements in the ocean, Nature, 345, 516–518.
- Ghiorso M., S., Hirschmann, M., M., Reiners, P., W. ve Kress, III V., C., 2002. The pMELTS: a revision of MELTS aimed at improving calculation of phase relations and major element partitioning involved in partial melting of the mantle at pressures up to 3 GPa, Geochemistry Geophysics Geosystems, 3, 10.1029/2001GC000217.
- Göncüoğlu, M., C., Dirik, K. ve Kozlu, H., 1996–1997. Pre-alpine and alpine terranes in Turkey: explanatory notes to the terrane map of Turkey. Annales Geologiques des Pays Helleniques, 37, 1–3.
- Görür, N., Oktay, F., Y., Seymen, I. ve Sengör, A., M., C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuz Gölü Basin complex, central Turkey. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society, London, Special Publication, 1781–1796.
- Griffin, W., L., Suzanne, Y., O., Alfonso, J., C. ve Begg, G., C., 2009. The Composition and Evolution of Lithospheric Mantle: a Re-evaluation and its Tectonic Implications, Journal of Petrology, 50, 1185–1204.

- Handler, M., R., Bennett, V., C. ve Dreibus, G., 1999. Evidence from correlated Ir/Os and Cu/S for late-stage Os mobility in peridotite xenoliths: implications for Re-Os systematics, Geology, 27, 75–78.
- Hart, S., R. ve Zindler, A., 1986. In search of a bulk-Earth composition, Chemical Geology, 57, 247–267.
- Harvey, J., Gannoun, A., Burton, K., W., Rogers, N., W., Alard, O. ve Parkinson, I., J., 2006. Ancient melt extraction from the oceanic upper mantle revealed by Re–Os isotopes in abyssal peridotites from the Mid-Atlantic ridge, Earth and Planetary Science Letters, 244, 606–621.
- Hauri, E.H. ve Hart, S.R., 1993. Re–Os isotope systematics of HIMU and EMII oceanic island basalts from the south Pacific Ocean. Earth Planet. Sci. Lett. 114, 353–371.
- Hauri, E., H., Whitehead, J., A. ve Hart, S., R., 1994. Fluid dynamic and geochemical aspects of entrainment in mantle plumes, Journal of Geophysical Research, 99, 24275–24300.
- Hebert, R., Adamson, A., C. ve Komor, S., C., 1990. Metamorphic Petrology of ODP 109, Hole 670A Serpentinized Peridotites: Serpentinization Processes at a Slow Spreading Ridge Environment. In Proceedings of the ODP, Sci. Results 106/109. (R. Detrick, J. Honnorez, W.B. Bryan, T. Juteau, Ed.), College Station, Texas, 103–115.
- Hellebrand, E., Snow, J., E., Dick, H., J., B. ve Hofmann, A., W., 2001. Coupled major and trace elements as indicators of the extent of melting in mid-ocean-ridge peridotites, Nature 410, 677–681.
- Hellebrand, E., Snow, J., E., Hoppe, P. ve Hofmann, A., W., 2002. Garnet-field melting and late-stage refertilization in residual abyssal peridotites from the Central Indian Ridge, Journal of Petrology, 43, 2305–2338.
- Hellebrand, E., Snow, J., E., Mostefaoui, S. ve Hoppe, P., 2005. Trace element distribution between orthopyroxene and clinopyroxene in peridotites from the Gakkel Ridge: a SIMS and NanoSIMS study. Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 486–504.
- Herrmann, W. ve Berry, R., F., 2002. MINSQ; a least squares spreadsheet method for calculating mineral proportions from whole rock major element analyses, Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 2, 361–368.
- Ionov, D., A. ve Hofmann, A., W., 1995. Nb–Ta-rich mantle amphiboles and micas: implications for subduction-related metasomatic trace element fractionations, Earth and Planetary Science Letters, 131, 341–356.
- Ionov, D., Griffin, W., L. ve O'Reilly, S., Y., 1997. Volatile-bearing minerals and lithophile trace elements in the upper mantle, Chemical Geology, 141, 153–184.

- Ishii, T., Robinson, P., T., Maekawa, H. ve Fiske, R., 1992. Petrological Studies of Peridotites from Diapiric Serpentinite Seamounts in the Izu–Ogasawara–Mariana Forearc, Leg 125. In: Fryer, O., Pearce, J.A., Stokking, L.B. vd. (ed.) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 125, Ocean Drilling Program, College Station, TX, 445–485.
- Ishikawa, A., Kuritani, T., Makishima, A. ve Nakamura, E., 2007. Ancient recycled crust beneath the Ontong Java Plateau: Isotopic evidence from the garnet clinopyroxenite xenoliths, Malaita, Solomon Islands, Earth Planetary Science Letters, 259, 134–148.
- Ishizuka, O., Tani, K. ve Reagan, M., K., 2014. Izu-Bonin-Mariana forearc crust as a modern ophiolite analogue, Elements, 10, 115–120.
- Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Cendales, M., Dreibus, G., Spettel, B., Lorenz, V. ve Vanke, H., 1979. The abundance of major, minor and trace elements in the earth's mantle as derived from primitive ultramafic nodules, Geochimica et Cosmochimica Acta, 43, 2031–2050.
- Janecky, D., R. ve Seyfried, W., E., 1986. Hydrothermal serpentinization of peridotite within the oceanic crust: Experimental investigations of mineralogy and major element chemistry, Geochimica et Cosmochimica Acta, 50, 1357–1378.
- Jean, M., M., Shervais, J., W., Choi, S., H. ve Mukasa, S., B., 2010. Melt extraction and melt refertilization in mantle peridotite of the Coast Range ophiolite: an LA–ICP–MS study, Contributions to Mineralogy and Petrology, 159, 113–136.
- Johannesson, K., H., 2011. Submarine groundwater discharge is an important net source of light and middle REEs to coastal waters of the Indian River Lagoon, Florida, USA, Geochimica et Cosmochimica Acta, 75, 825–843.
- Johnson, K., T., Dick, H., J., B. ve Shimizu, N., 1990. Melting in the oceanic upper mantle: an ion microprobe study of diopsides in abyssal peridotites, Journal of Geophysical Research, 95, 2661–2678.
- Johnson, K., T. ve Dick, H., J., B., 1992. Open system melting and temporal and spatial variation of peridotite and basalt at the Atlantis II Fracture Zone, Journal of Geophysical Research, 97, 9219–9241.
- Jöns, N., Bach, W. ve Klein, F. 2010. Magmatic influence on reaction paths and element transport during serpentinization, Chemical Geology, 274, 196–211.
- Juteau, T., 1980. Ophiolites of Turkey, Ophioliti, 2, 199–205.
- Kadioğlu, Y., K., Dilek, Y. ve Foland, K., A., 2006. Slab breakoff and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), Postcollisional Tectonics and Magmatism in the Mediterranean Region and Asia. Geological Society of America, 409, 381–415.

- Kadioğlu, Y., K. ve Dilek, Y., 2010. Structure and geochemistry of the adakitic Horoz granitoid, Bolkar Mountains, southcentral Turkey, and its tectonomagmatic evolution. International Geology Review, 52, 505–535.
- Kadko, D., Baker, E., Alt, J. ve Baross, J., A., 1994. Global impact of submarine hydrothermal processes, Final Rep., Workshop, 55.
- Kamenetsky, V., Crawford, A., J. ve Meffre, S., 2001. Factors controlling chemistry of magmatic spinel: An empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks, Journal of Petrology, 42, 655–67.
- Kelemen, P., B., Shimizu, N. ve Dunn, T., 1993. Relative depletion of niobium in some arc magmas and the continental crust: partitioning of K, Nb, La and Ce during melt/rock reaction in the upper mantle, Earth and Planetary Science Letters, 120, 111–134.
- Kessel, R., Schmidt, M., Ulmer, P. ve Pettke, T., 2005. Trace element signature of subduction-zone fluids, melts and supercritical liquids at 120–180 km depth. Nature, 437, 724–727.
- Ketin, I., 1966. Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). Bulletin Mineral Research Exploration Institute, 66, 23–34.
- Kinzler, R., J., 1997. Melting of mantle peridotite at pressures approaching the spinel to garnet transition: application to the generation of mid-ocean ridge basalts, Journal of Geophysical Research, 102, 853–874.
- Kodolányi, J., Pettke, T., Spandler, C., Kamber, B., S. ve Gméling, K., 2012. Geochemistry of Ocean Floor and Fore-arc Serpentinites: Constraints on the Ultramafic Input to Subduction Zones, Journal of Petrology, 53, 235–270.
- Lazarov, M., Brey, G., P. ve Weyer, S., 2012. Evolution of the South African mantle: a case study of garnet peridotites from the Finsch diamond mine (Kapaalvaal craton); Part 2: Multiple depletion and re-enrichment processes, Lithos, 154, 210–223.
- Lian, D., Yang, J., Dilek, Y., Fei Liu, F., Wu, W. ve Xiong, F., 2017a. Geochemical, Geochronological, and Sr-Nd Isotopic Constraints on the Origin of the Mafic Dikes from the Pozanti-Karsanti Ophiolite: Implications for Tectonic Evolution, The Journal of Geology, 125, 223–239.
- Lian, D., Yang, J., Dilek, Y., Wu, W., Zhang, Z., Xiong, F., Liu, F. ve Zhou, W., 2017b. Deep mantle origin and ultra-reducing conditions in podiform chromitite: diamond, moissanite, and other unusual minerals in podiform chromitites from the Pozanti-Karsanti ophiolite, southern Turkey, American Mineralogist, 102, 1101–1113.
- Lian, D., Yang, J., Dilek, Y. ve Rocholl, A., 2018. Mineralogy and geochemistry of peridotites and chromitites in the Aladag Ophiolite (southern Turkey): melt

- evolution of the Cretaceous Neotethyan mantle, Journal of the Geological Society, jgs2018–060.
- Liu, C., Z., Snow, J., E., Brüggmann, G., Hellebrand, E. ve Hofmann, A., W., 2009. Non-chondritic budget in Earth's upper mantle evidenced by abyssal peridotites from Gakkel ridge (Arctic Ocean), Earth and Planetary Science Letters, 283, 122–132.
- Luguet, A., Lorand, J., P. ve Seyler, M., 2003. Sulfide petrology and highly siderophile element geochemistry of abyssal peridotites: a coupled study of samples from the Kane Fracture Zone (45°W 23°20'N, MARK Area, Atlantic Ocean), Geochimica Cosmochimica Acta, 67, 1553–1570.
- Luguet, A., Pearson, D., G., Nowell, G., M., Dreher, S., T., Coggon, J., A., Spetsius, Z., V. ve Parman, S., W., 2008. Enriched Pt–Re–Os isotope systematics in plume lavas explained by metasomatic sulfides, Science, 319, 453–456.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2002. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Adana paftası, MTA, Ankara.
- Manatschal, G. ve Müntener, O., 2009. A type sequence across an ancient magmapoor ocean–continent transition: The example of the western Alpine Tethys ophiolites. Tectonophysics, 473, 4–19.
- Marchesi, C., Garrido, C., J., Bosch, D., Bodinier, J., L., Gervilla, F. ve Hidas, K., 2013. Mantle refertilization by melts of crustal-derived garnet pyroxenite: Evidence from the Ronda peridotite massif, southern Spain, Earth and Planetary Science Letters, 362, 66–75.
- McCulloch, M., T., Gregory, R., T., Wasserburg, G., J. ve Taylor, H., P., J., 1980. A neodymium, strontium, and oxygen isotopic study of the Cretaceous Samail ophiolite and implications for the petrogenesis and seawater-hydrothermal alteration of oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 46, 201–211.
- McDonough, W., F. ve Frey, F., A., 1989. Rare earth elements in upper mantle rocks. In: Lipin, B.R., McKay, G.A. (Eds.), Geochemistry and mineralogy of the rare earth elements. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Washington, DC, 99–145.
- McDonough, W., F. ve Sun S. 1995. The composition of the Earth, Chemical Geology, 120, 223–253.
- Meisel, T., Walker, R.J., Iring, A.J. ve Lorand, J.P., 2001. Osmium isotopic compositions of mantle xenoliths: A global perspective, Geochim. Cosmochim. Acta, 65, 1311–1323.
- Menzies, M., A., Long, A., Ingram, G., Tatnell, M. ve Janecky, D., 1993. MORB peridotite-sea water interaction: experimental constraints on the behaviour of trace elements, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios, Geological Society London, Special Publications, 76, 309–322.

- Mével, C., 2003. Serpentinization of abyssal peridotites at mid-ocean ridges, Comptes Rendus Geoscience, 335, 825–852.
- Mitchell, R., H. ve Keays, R., R. 1981. Abundance and distribution of gold, palladium and iridium in some spinel and garnet lherzolites: implications for the nature and origin of precious metal-rich intergranular components in the upper mantle, Geochimica Cosmochimica Acta, 45, 2425–2442.
- Miyashiro, A., 1973. The Troodos ophiolitic complex was probably formed in an island arc, Earth and Planetary Science Letters, 19, 218–224.
- Müntener, O., Pettke, T., Desmurs, L., Meier, M. ve Schaltegger, U., 2004. Refertilization of mantle peridotite in embryonic ocean basins: trace element and Nd isotopic evidence and implications for crust-mantle relationships, Earth and Planetary Science Letters, 221, 293–308.
- Moore, E., M., 1982. Origin and Emplacement of Ophiolites, Reviews of Geophysics and Space Physics, 20, 735–760.
- Mullen, E., D., 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅ A minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis, Earth and Planetary Science Letters, 62, 53–62.
- Nagasawa, H., Wakita, H. ve Onuma, N., 1969. Rare earths in peridotite nodules: an explanation of the genetic relationship between basalts and peridotite nodules, Earth and Planetary Science Letters, 5, 377–381.
- Nakajima, K. ve Arima, M., 1998. Melting experiments on hydrous low-K tholeiite: Implications for the genesis of tonalitic crust in the Izu–Bonin–Mariana arc, Island Arc, 7, 359–373.
- Nicolas, A., 1989. Structures of Ophiolites and Dynamics of Oceanic Lithosphere, Kluwer Ed., 367.
- Niu, Y., 1997. Mantle melting and melt extraction process beneath ocean ridges: Evidence from abyssal peridotites, Journal of Petrology, 38, 1047–1074.
- Niu, T., 2004. Bulk-rock major and trace element compositions of abyssal peridotites: implications for mantle melting, melt extraction and post-melting processes beneath mid ocean ridges, Journal of Petrology, 45, 2423–2458.
- O’Driscoll, B., Walker, R., J., Day, J., M., D, Ash, R., D. ve Daly, J., S., 2015. Generations of Melt Extraction, Melt–Rock Interaction and High-Temperature Metasomatism Preserved in Peridotites of the ~497Ma Leka Ophiolite Complex, Norway, Journal of Petrology, 56, 1797–1828.

- Okay, A., I., 1986. High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey. In: Evans, B.W., Brown, E.H. (Eds.), *Blueschists and Eclogites. Geological Society of America Memoir*, 164, 333–348.
- Okay, A., I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Mascle, A., Lolivet, L. (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogeny. Geological Society, London, Special Publication 156*, 475–516,.
- Ovalıoğlu, P., 1963. Die Chromerzlagerristatten Von Pozantı Reviers und ihre Ophiolitische Muttergesteine, *MTA*, 114, 86.
- Ozawa, K., 1989. Stress-induced Al–Cr zoning of spinel in deformed peridotites. *Nature* 338, 141–144.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65–78.
- Palandri, J., L. ve Reed, M., H., 2004. Geochemical models of metasomatism in ultramafic systems: serpentinization, rodingitization, and sea floor carbonate chimney precipitation 1, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 1115–1133.
- Palme, H. ve O’Neill, H., St., C., 2004. Cosmochemical estimates of mantle composition. In: Holland HD, Turrekian KK (eds) *Treatise on geochem*, 2. Elsevier, Amsterdam, 1–38.
- Parkinson, I., J., Pearce, J., A., Thirwall, M., F., Johnson, K., T., M. ve Ingram, G., 1992. Trace element geochemistry of peridotites from the Izu–Bonin–Mariana forearc, Leg 125. In: Fryer P, Pearce JA, Stokking LB (eds) *Proceedings of the ODP Sci Results 125. Ocean Drilling Program, College Station, Texas*, 487–506.
- Parkinson, I., J. ve Pearce, J., A., 1998. Peridotites From the Izu–Bonin–Mariana Forearc (ODP Leg 125), Evidence for Mantle Melting and Melt–mantle Interaction in a Supra–subduction Zone Setting, *Journal of Petrology*, 39, 1577–1618.
- Parlak, O. ve Delaloye, M., 1999. Precise $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ages from the Metamorphic Sole of the Mersin Ophiolite (Southern Turkey), *Tectonophysics*, 301, 145–158.
- Parlak, O., Höck, V. ve Delaloye, M., 2000. Suprasubduction zone origin of the Pozantı–Karsanti ophiolite (southern Turkey) deduced from whole-rock and mineral chemistry of the gabbroic cumulates. In: Bozkurt, E., Winchester, J. A., Piper, J., D., A. (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications*, 173, 219–234.
- Parlak, O., Höck, V. ve Delaloye, M., 2002. The suprasubduction zone Pozantı–Karsanti ophiolite, southern Turkey: Evidence for high-pressure crystal fractionation of ultramafic cumulates, *Lithos*, 65, 205–224.

- Parlak, O. ve Robertson, A., H., F., 2004. The ophiolite-related Mersin mélange, southern Turkey: its role in the tectonic-sedimentary setting of the Tethys in the eastern Mediterranean region, Geological Magazine, 141, 257–286.
- Parlak, O., Karaoğlan, F., Rizaoglu, T., Klötzli, U., Koller, F. ve Billor, Z., 2013. U-Pb And Ar-40-Ar-39 Geochronology Of The Ophiolites And Granitoids From The Tauride Belt: Implications For The Evolution Of The Inner Tauride Suture, Journal of Geodynamics, 65, 22–37.
- Paulick, H., Bach, W., Godard, M., De Hoog, J., C., M., Suhr, G. ve Harvey, J. 2006. Geochemistry of abyssal peridotites (Mid-Atlantic Ridge, 15°20'N, ODP Leg 209): implications for fluid/rock interaction in slow spreading environments, Chemical Geology, 234, 179–210.
- Peach, C., L., Mathez, E., A. ve Keays, R., R., 1990. Sulfide melt-silicate melt distribution coefficients for noble metals and other chalcophile elements as deduced from MORB: implications for partial melting, Geochim Cosmochim Acta, 54, 3379–3389.
- Pearce, J., A., van der Laan, S., R., Arculus, R., J., Murton, B., J., Ishii, T., Peate, D., W. ve Parkinson, I., J., 1992. Boninite and harzburgite from Leg 125 (Bonin-Mariana forearc): a case study of magma genesis during the initial stage of subduction. In: Fryer, P., Pearce, J.A., Stokking, L.B., vd. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, College Station, TX, Ocean Drilling Program, 125, 623–659.
- Pearce, J., A., Barker, P., F., Edwards, S., J., Parkinson, I., J. ve Leat, P., T., 2000. Geochemistry and Tectonic Significance of Peridotites From The South Sandwich Arc-basin Systems, South Atlantic, Contributions to Mineralogy and Petrology, 139, 36–53.
- Pearce, J., A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust, Lithos, 100, 14–48.
- Pearce, J., A., 2014. Immobile element fingerprinting of ophiolites, Elements, 10, 101–108.
- Polat, A. ve Casey, J., F., 1995. A Structural Record of The Emplacement of the Pozanti-Karsanti Ophiolite Onto the Menderes-Taurus Block in the Late Cretaceous, Eastern Taurides, Turkey, Journal of Structural Geology, 17, 1673–1688.
- Polat, A., Casey, J., F. ve Kerrich, R., 1996. Geochemical characteristics of Accreted Material Beneath The Pozanti-Karsanti Ophiolite, Turkey: Intra- Oceanic detachment, Assembly and Obduction, Tectonophysics, 263, 249–276.
- Pourteau, A., Candan, O. ve Oberhänsli, R., 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: constraints on the Neotethyan closure history, Tectonics, 29, TC5004.

- Putirka, K., 1999. Melting depths and mantle heterogeneity beneath Hawaii and the East Pacific rise: Constraints from Na/Ti and rare earth element ratios, Journal of Geophysical Research, 104, 2817–2829.
- Ramos, F., C., 1992. Isotope Geology of the Metamorphic Core of the Central Grouse Creek Mountains, Box Elder County, Utah, UCLA PhD Thesis.
- Rehkamper, M., Halliday, A., N., Alt, J., Fitton, J., G., Zipfel, J. ve Takazawa, E., 1999. Non-chondritic platinum-group element ratios in oceanic mantle lithosphere: petrogenetic signature of melt percolation?, Earth and Planetary Science Letters, 172, 65–81.
- Reisberg, L., Zindler, A., Marcantonio, F., White, W., Wyman, D. ve Weaver, B., 1993. Os isotope systematics in ocean island basalts. Earth Planet. Sci. Lett., 120, 149–167.
- Robertson, A. ve Dixon, J., E., D., 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: Dixon, J., E., D., Robertson, A., H., F. (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geological Society, London, Special Publications 17, 1–74.
- Robertson, A., H., F., 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region, Lithos, 65, 1–67.
- Robertson, A., H., F., 2004. Development of concepts concerning the genesis and emplacement of Tethyan ophiolites in the Eastern Mediterranean and Oman regions, Earth Science Reviews, 66, 331–387.
- Robertson, A., H., F., Parlak, O. ve Ustaömer, T., 2009. Melange genesis and ophiolite emplacement related to subduction of the northern margin of the Tauride-Anatolide continent, central and western Turkey. In: Van Hinsbergen, D.J.J., Edwards, M.A., Govers, R. (Eds.), Collision and Collapse at the Africa- Arabia-Eurasia Subduction Zone, Geological Society, London, Special Publications 311, 9–66.
- Roeber, W., P., 1957. Sind die alpinotypen Peridotitmassen vielleicht tektonisch verfrachtete Bruchstücke der Peridotitschale?, Geologische Rundschau, 46, 137–146.
- Rose-Weston, L., Brenan, J., M., Fei, Y., Secco, R., A. ve Frost, D., J., 2009. Effect of pressure, temperature, and oxygen fugacity on the metalsilicate partitioning of Te, Se, and S: implications for earth differentiation, Geochimica et Cosmochimica Acta, 73, 4598–4615.
- Saka, S., Uysal, İ., Akmaz, R., M., Kaliwoda, M. ve Hochleitner, R., 2014. The effects of partial melting, melt–mantle interaction and fractionation on ophiolite generation: Constraints from the late Cretaceous Pozantı-Karsantı ophiolite, southern Turkey, Lithos, 202, 300–316.

- Salters, V., J., M. ve Zindler, A., 1995. Extreme $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ in the suboceanic mantle, Earth and Planetary Science Letters, 129, 13–30.
- Salters, V., J., M. ve Stracke, A., 2004. Composition of the depleted mantle, Geochemistry Geophysics Geosystems, 5, Q05004.
- Sano, S. ve Kimura, J., I., 2007. Clinopyroxene REE geochemistry of the Red Hills Peridotite, New Zealand: interpretation of magmatic processes in the upper mantle and in the Moho transition zone, Journal of Petrology, 48, 113–139.
- Schijf, J. ve Marshall, K., S., 2011. YREE sorption on hydrous ferric oxide in 0.5M NaCl solutions: A model extension, Marine Chemistry, 123, 32–43.
- Schilling, J., G., 1975. Rare-earth variations across 'normal segments' of the Reykjanes Ridge, 60°-53°N, mid-Atlantic ridge, 29°S, and East Pacific Rise, 2°-19°S, and evidence on the composition of the underlying low-velocity layer, Journal of Geophysics, 80, 1459–1473.
- Sen, C. ve Dunn, T., 1994. Experimental modal metasomatism of a spinel lherzolite and the production of amphibole-bearing peridotite, Contributions to Mineralogy and Petrology, 119, 422–432.
- Seyfried, W., E., Foustoukos, D., I. ve Fu, Q., 2007. Redox evolution and mass transfer during serpentinization: An experimental and theoretical study at 200°C, 500 bar with 181 implications for ultramafic-hosted hydrothermal systems at Mid-Ocean Ridges, Geochimica et Cosmochimica Acta, 71, 15, 3872–3886.
- Seyler, M., Lorand, J., P., Toplis, M., J. ve Godard, G., 2004. Asthenospheric metasomatism beneath the mid-ocean ridge: Evidence from depleted abyssal peridotites, Geology, 32, 301–304.
- Shervais, J., W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth and Planetary Science Letters, 59, 101–118.
- Shiller, A., M., 2003. Syringe filtration methods for examining dissolved and colloidal trace element distributions in remote field locations, Environmental Science and Technology, 37, 3953–3957.
- Shirey, S., B. ve Walker, R., J., 1995. Carius tube digestion for low blank rhenium-osmium analysis, Analytica Chimica Acta, 34, 2136–2141.
- Shirey, S., B. ve Walker, R., J., 1998. Re-Os isotopes in cosmochemistry and high-temperature geochemistry, Ann. Rev. Earth and Planetary Science Letters, 26, 423–500.
- Snow, J., E., Hart, S., R. ve Dick, H., J., B., 1994. Nd and Sr isotope evidence linking mid-ocean ridge basalts and abyssal peridotites, Nature, 371, 57–60.

- Snow, J., E. ve Dick, H., J., B., 1995. Pervasive magnesium loss by marine weathering of Peridotit, Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 4219–4235.
- Snow, J., E. ve Reisberg, L., 1995. Os isotopic systematics of altered abyssal peridotites, Earth and Planetary Science Letters, 135, 411–421.
- Sonke, J., E. ve Salters, V., J., M., 2006. Lanthanide–humic substances complexation. I. Experimental evidence for a lanthanide contraction effect, Geochimica et Cosmochimica Acta, 70, 1495–1506.
- Steinmann, G., 1927. Die ophiolitischen Zonen in den mediterranen Kettengebirgen, Compte Rendu, XIVe Congrès Géologique International, 1926, Madrid, Grafi cas Reunidas, 2, 637–667.
- Stern, R., J. ve Bloomer, S., H., 1992. Subduction zone infancy: Examples from the Eocene Izu-Bonin-Mariana and Jurassic California arcs, GSA Bulletin, 104, 1621–1636.
- Stacey, J. S. ve Kramers, J.D., 1975. Approximation of Terrestrial Lead Isotope Evolution by a 2-Stage Model, Earth and Planetary Science Letters, 26, 207–221.
- Standish, J., J., Dick, H., J., B., Michael, P., J., Melson, W., G. ve O'Hearn, T., 2008. MORB generation beneath the ultraslow spreading Southwest Indian Ridge (9–25°E): 182 Major element chemistry and the importance of process versus source, Geochemistry Geophysics Geosystems, 9, Q05004.
- Stracke, A., Snow J., E., Hellebrand, E., von der Handt, A., Buordon, B., Birbaum, K. ve Günther, D., 2011. Abyssal peridotite Hf isotopes identify extreme mantle depletion, Earth and Planetary Science Letters, 308, 359–368.
- Sengör, A., M., C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 81–241.
- Takahashi, E., Uto, K. ve Schilling, J., G., 1987. Primary magma compositions and Mg/Fe ratios of their mantle residues along Mid Atlantic Ridge 29° N to 73° N, Technical Report of ISEI, Okayama University, 9, 1–4.
- Takazawa, E., Frey, F., A., Shimizu, N. ve Obata, M., 2000. Whole rock compositional variations in an upper mantle peridotite (Horoman, Hokkaido, Japan): are they consistent with a partial melting process?, Geochimica et Cosmochimica Acta, 64, 695–716.
- Takazawa, E., Okayasu T. ve Satoh, K., 2003. Geochemistry and origin of the basal lherzolites from the northern Oman ophiolite (northern Fızh block), Geochemistry Geophysics Geosystems, 4.
- Tatsumi, Y. ve Kogiso, T. 1997. Trace element transport during dehydration processes in the subducted oceanic crust: 2. Origin of chemical and physical characteristics in arc magmatism, Earth and Planetary Science Letters, 148, 207–221.

- Tekeli, O., 1980. Toroslarda Aladağlar'ın yapısal evrimi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 23, 11–14.
- Uysal, I., Kaliwoda, M., Karsli, O., Tarkian, M., Sadıklar, M., B. ve Ottley, C., J., 2007. Compositional variations as a result of partial melting and melt-peridotite interaction in an upper mantle section from the Ortaca area, southwestern Turkey, Canadian Mineralogist, 45, 1471–1493.
- Uysal, I., Ersoy, Y., Karşı, O., Dilek, Y., Sadıklar, M.B., Ottley, C., J., Tiepolo, M. ve Meisel, T., 2012. Coexistence of abyssal and ultra-depleted SSZ type mantle peridotites in a Neo-Tethyan Ophiolite in SW Turkey: Constrains from mineral composition, whole-rock geochemistry (major-trace-REE-PGE) and Re-Os isotope systematics, Lithos, 132–133, 50–69.
- Uysal, İ., Şen, A., D., Ersoy, E., Y., Dilek, Y., Saka, S., Zaccarini, F., Escayola, M. ve Karsli, O., 2014. Geochemical make-up of oceanic peridotites from NW Turkey and the multi-stage melting history of the Tethyan upper mantle, Mineralogy and Petrology, 1, 49–69.
- Uysal, İ., Ersoy, E., Y., Dilek, Y., Escayola, M., Sarıfakıoğlu, E., Saka, S. ve Hirata, T., 2015. Depletion and refertilization of the Tethyan oceanic upper mantle as revealed by the early Jurassic Refahiye ophiolite, NE Anatolia-Turkey, Gondwana Research, 27, 594–611.
- Ulrich, M., Picard, C., Guillot, S., Chauvel, C., Cluzel, D. ve Meffre, S., 2010. Multiple melting stages and refertilization as indicators for ridge to subduction formation: The New Caledonia ophiolite, Lithos, 115, 223–236.
- Vance, J., A. ve Dungan, M., A., 1977. Formation of peridotites by deserpentinization in the Darrington and Sultan areas, Cascade Mountains, Washington, Geology Society of America, 88, 497–1508.
- Völkening, J., Walczyk, T. ve Heumann, K., G., 1991. Osmium isotope ratio determinations by negative thermal ion mass spectrometry, Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes, 105, 147–159.
- Walker, R., Morgan, J. ve Horan, M., 1995. Osmium-187 enrichments in some plumes: evidence for core–mantle interaction?, Science, 269, 819–822.
- Walker, R.J., Morgan, J.W., Beary, E.S., Smoliar, M.I., Czamanske, G.K. ve Horan, M.F., 1997. Applications of the ^{190}Pt – ^{186}Os isotope system to geochemistry and cosmochemistry. Geochim. Cosmochim. Acta, 61, 4799–4807.
- White, W., M., Dupré, B. ve Vidal, P., 1985. Isotope and trace element geochemistry of sediments from the Barbados ridge-Demerara plain region, Atlantic ocean, Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 1875–1886.

- Widom, E. ve Shirey, S.B., 1996. Os isotope systematics in the Azores: implications for mantle plume sources. Earth Planet. Sci. Lett., 142, 451–465.
- Wolff, J., A. ve Ramos, F., C., 2003. Pb isotope variations among Bandelier Tuff feldspars: no evidence for a long-lived silicic magma chamber, Geology, 31, 533–536.
- Wood, D., A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas on the British Tertiary Volcanic Province, Earth and Planetary Science Letters, 50, 11–30.
- Woodland, S., J., Pearson, D., G. ve Thirwall, M., F., 2002. A platinum group element and Re–Os isotope investigation of siderophile element recycling in subduction zones: comparison of Grenada, Lesser Antilles Arc, and the Izu–Bonin Arc, Journal of Petrology, 43, 171–198.
- Workman, R. ve Hart, S., 2005. Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM), Earth and Planetary Science Letters, 231, 53–72.
- Yetiş, C., 1984. New Observation on The Age of The Ecemiş Fault: International Symposium On The Geology of Taurus Belt, Proceeding, Ankara, 159–164.
- Yılmaz, Y., 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian Orogen, Geological Society of America Bulletin, 105, 251–271.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, Ş., C., 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of Southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the Orogenic Belt, Tectonics, 12, 1280–1297.
- Zhou, M., F., Robinson, P., T., Malpas, J., Edwards, S., J. ve Qi, L., 2005. REE and PGE geochemical constraints on the formation of dunite in the Luobusa ophiolite, Southern Tibet, Journal of Petrology, 46, 615–639.
- Zindler, A. ve Hart, S., 1986. Chemical geodynamics, Annu. Rev. Earth Planetary Sciences, 14, 493–571.

8. EKLER

1 adet Cd içerisinde verilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

Samet SAKA, 1986 yılında Trabzon’da doğdu. 1992–2000 yılları arasında ilk ve orta öğrenimini (Trabzon 100. Yıl İlköğretim Okulu) ve 2000–2003 yılları arasında Lise öğrenimini (Trabzon Lisesi) tamamladıktan sonra, 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde Lisans programına başladı. Bu bölümden 2009 yılında başarı ile mezun oldu. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2013 Yılında Yüksek Mühendis Ünvanı alan yazar, aynı yıl içerisinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora eğitimine başladı. 2018 yılı Mayıs ayında “Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Alanında Genç Bilim ve Sanat İnsanı Ödülü” nı alan yazar aynı ay içerisinde Araştırma Görevliliğinden ayrılarak Maden Tetkik Arama Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğüne geçiş yaptı. Halen MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi’nde Jeoloji Yüksek Mühendisi olarak çalışan yazar, iyi derecede İngilizce bilmektedir.