

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARTOVA (TOKAT) KALKSİLİKAT METAMORFİTLERİNİN
MİNERALOGİK-PETROGRAFIK VE MİKROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru BAYRAKTAR

MART 2025

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARTOVA (TOKAT) KALKSİLİKAT METAMORFİTLERİNİN
MİNERALojİK-PETROGRAfİK VE MİKROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ebru BAYRAKTAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"JEOLojİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 / 02 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 21 / 03 / 2025

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hasan KOLAYLI

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Artova (Tokat) Kalksilikat Metamorfitlerinin Mineralojik-Petrografik ve Mikrokimyasal Özellikleri irdelenmesi amaçlanmıştır.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince çalışmalarıyla ve tecrübeleriyle bana yön veren, sabreden ve beni daima motive eden, bana çalışmalarında arkadaş gibi yardımcı olan ve ara verdiğim tez çalışmalarına sorgusuz sualsiz tekrar dönmemi kabul eden saygıdeğer hocam ve danışmanın Sayın Doç. Dr. Hasan KOLAYLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tanıştığımız ilk günden bu yana daima yanımda olan ve benden hiçbir desteği esirgemeyen arkadaşım Jeoloji Müh. Serap Çalık SÖNMEZ'e çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmeme büyük sabır ve destek gösteren ve hayatımın her anında yanımda olan sevgili aileme; annem Güli USTABAŞ, babam Adem USTABAŞ'a çok minnettarım.

Ebru BAYRAKTAR

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Artova (Tokat) Kalksilikat Metamorfitlelerinin Mineralojik-Petrografik ve Mikrokimyasal Özellikleri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Hasan KOLAYLI’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/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. 21/03/2025

Ebru BAYRAKTAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışılan Alanın Coğrafi ve İklimsel Özellikleri.....	1
1.3. Bölgesel Jeoloji	2
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	5
1.5. 1.5. Konu ile İlgili Öncel Çalışmalar	5
1.5.1. Yerel ve Bölgesel Jeolojik Öncel Çalışmalar	5
2. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLojİSİ.....	7
2.1. Eski Okyanus Kabuğu (Tetis) Kalıntısı; Peridotitler	8
2.2. Metamorfitleler.....	8
2.3. Rekristalize Kireçtaşı/Mermerler	9
3. MİNERALojİ VE PETROGRAFI	11
3.1. Bölgesel Metamorfitleler.....	11
3.1.1. Amfibolitler.....	11
3.1.2. Mermerler.....	11
3.1.3. Kuvarsit.....	12
3.1.4. Kuvars Feldspat Serisit Şist	13
3.1.5. Biyotit Amfibolit.....	13
3.2. Spilitler	14
3.3. Mikroklinitleler	15
3.4. Kalksilikat Metamorfitleler	16
3.5. Kireçtaşı/Rekristalize Kireçtaşı	22
3.6. Serpantinize Peridotitler	23

3.7. Dolerit/Diyabaz	24
4. KALKSİLİKAT KAYAÇLARIN MİNERAL KİMYASI	26
4.1. Garnet Mineral Kimyası	26
4.2. Plajiyoklaz Mineral Kimyası	32
4.3. Piroksen Mineral Kimyası	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	41
6. KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ARTOVA (TOKAT) KALKSİLİKAT METAMORFİTLERİNİN MİNERALOGİK-PETROGRAFİK VE MİKROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ebru BAYRAKTAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Hasan KOLAYLI
2025, 48 Sayfa

Artova kalsilikat metamorfileri, Artova ile Çamlıbel arasında yüzeyleyen bölgesel metamorfite içerisinde, boyutları en çok 500 m² yi bulan küçük adeseler şeklinde yüzeyleyir. Sonradan yapılan sondaj çalışmaları ile bu adeselerin birbirleriyle yanall devamlılık gösterdikleri, yoğun tektonizmanın etkisiyle parçalanarak küçük ölçekli faylarla birbirlerinden ayrıldıkları anlaşılmıştır.

Mineralojik olarak garnet (ortalama %20), epidot, vollastonit, diyopsit ve kalsit içeren kalk silikat metamorfite dokusal olarak da bölgesel metamorfitlerden ayrılırlar. Kaynak kaya olarak bölgesel metamorfite içerisinde yer alan eski çamurtaşları ve marn türü kayaların (bunların bölgesel metamorfizması ile kalkışit, mermer vb) olabileceği anlaşılmıştır.

Kontak metamorfizmada yüksek ısıyı sağlayabilecek herhangi bir plütonik kayaya sahada rastlanılmamıştır. Ancak kontak metamorfizmayı oluşturabilecek granit veya diyoritik kayalar birkaç kilometre güneybatıda yüzeyleyirler. Bölgesel tektonizma dikkate alındığında, kalsilikat metamorfite otokton olmadıkları, daha batı/güney batıda oluşarak diğer metamorfite ile birlikte kuzeydoğu yönünde sürüklenerek bugünkü konumlarına ulaştıkları anlaşılmaktadır.

Mineral kimyası çalışmalarıyla garnetin grossular ve andradit, piroksenlerin diyopsit, plajiyoklasların albit türü olduğu belirlenmiştir. Grossular, andradit, epidot ve diyopsitlerin NTE dağılımları kendi içlerinde uyumludur. Elde edilen bu sonuçlar değişik bölgelerdeki kontak metamorfik oluşumlarla da uyumluluk gösterir.

Anahtar Kelimeler: Kalsilikat Metamorfite, Grossular-Andradit, Vollastonit, Diyopsit, Epidot, Kristal NTE Dağılımları, Kontak Metamorfizma

Master Thesis

SUMMARY

MINERALOGICAL-PETROGRAPHIC AND MICROCHEMICAL PROPERTIES OF ARTOVA (TOKAT) CALCSILICATE METAMORPHICS)

Ebru BAYRAKTAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan KOLAYLI
2025, 48 Pages

Artova calcsilicate metamorphics crop out in the form of small patches, the size of which is up to 500 m², among the fragmentary metamorphics cropping out between Artova and Çamlıbel. With the subsequent drilling studies, it was understood that these points showed continuing lateral continuity, and that the intense tectonism broke apart and separated by faults with small separations.

Mineralogically, calc silicate metamorphics containing garnet (average 20%), epidote, wollastonite, diopside and calcite are also texturally different from regional metamorphites. It has been understood that the source rocks may be old mudstones and marl type rocks (calcschist, marble, etc. with their regional metamorphism) located in the regional metamorphics.

No plutonic rocks that could provide high temperatures in contact metamorphism have been encountered in the field. However, granite or dioritic rocks that can form contact metamorphism crop out a few kilometers to the southwest. Considering the regional tectonism, it is understood that calcsilicate metamorphics are not autochthonous, they formed further west/southwest and drifted towards the northeast together with other metamorphics, reaching their current location.

Mineral chemistry studies have determined that garnet is grossular and andradite, pyroxene is diopside, and plagioclase is albite. REE distributions of grossular, andradite, epidote and diopsides are compatible with each other and are compatible with contact metamorphic formations.

Key Words: Calc-Silicate Metmorphite, Grossular-Andradit, Wollostonite, Diopside, Epidote, Crystal NTE Distributions, Contact Metamorphism

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma sahasının karayolları bulduru haritası.....	1
Şekil 2. Avrasya ve Gondvana ana plakaları arasında yer alan Anadolu plakacıkları ve etkin kıvrım kuşakları	2
Şekil 3. Türkiye tektonik birlikleri.....	3
Şekil 4. Türkiye (Anadolu) tektonik birliği	4
Şekil 5. Çalışma alanının detay jeolojik haritası.....	7
Şekil 6. Çalışma alanının Doğu-Batı yönlü A-A' jeolojik enine kesiti	8
Şekil 7. Bölgesel metamorfitler içinde bindirme hattına yakın alanda yeşil şist-kalkışist içerisinde kataklastik yapı (Bölgesel metamorfit-Peridotit sınırı).....	9
Şekil 8. Amfibolit örneğinde amfibol, opak minerali birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Amf: Amfibol, Opx: Opak minerali)	11
Şekil 9. Mermer örneğinde granat, kalsit birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Grt: Garnet, Ca: Kalsit).....	12
Şekil 10. Kuvarsit örneğinde kuvars mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Q: Kuvars).....	12
Şekil 11. Kuvars Feldspat Serisit Şist örneğinde kuvars ve İkincil olarak gelişen prehnit minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Q: Kuvars, Pr: Prehnit).....	13
Şekil 12. Biyotit Amfibolit örneğinde biyotit ve opak minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda B: Biyotit, Opx: Opak min.).....	14
Şekil 13. Spilitler örneğinde opak minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Opx: Opak min.)	14
Şekil 14. Mikroklinitlerin arazideki görünümü	15
Şekil 15. Mikroklinit örneğinde epidot ve mikroklin minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda E: Epidot, M: Mikroklin).....	16
Şekil 16. Mikroklinit içerisinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlemeleri	16
Şekil 17. Kalksilikat Metamorfitlerde sondaj çalışmalarından görünüm	17
Şekil 18. Kalksilikat Metamorfitlerinin arazideki görünümü	18
Şekil 19. Kalksilikat Metamorfit örneğinde feldispat, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Fds: Feldispat, Grt: Garnet).....	19

Şekil 20.	Kalksilikat Metamorfite örneğinde feldispat, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Fds: Feldispat, Grt: Garnet)	20
Şekil 21.	Kalksilikat Metamorfite örneğinde apatit, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü, beraber büyüme (intergrow) dokusu (TN solda, ÇN sağda. Apt: Apatit, Grt: Garnet)	20
Şekil 22.	Kalksilikat Metamorfite örneğinde granat ve piroksen birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Px: Piroksen, Grt: Garnet).....	20
Şekil 23.	Kalksilikat Metamorfitler içerisinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlmeleri.....	21
Şekil 24.	Kalksilikat Metamorfitler içerisinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlmeleri.....	22
Şekil 25.	Kireçtaşı örneğinde kalsit mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Ca: Kalsit)	23
Şekil 26.	Kireçtaşı örneğinde kalsit mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Ca: Kalsit)	23
Şekil 27.	Serpantinize harzburjit örneğinde serpantin mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. S: Serpantin).	24
Şekil 28.	Serpantinize dunit örneğinde serpantin mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. S: Serpantin).	24
Şekil 29.	Dolerit/Diyabaz örneğinde plajiyoklas mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda.Pl: Plajiyoklas).....	25
Şekil 30.	Kalksilikat Metamorfitler içerisindeki garnetlere ait Mange ve Morton, (2007) pirop, almandin+spessartin ve grosülerin+andradit kutup oranlarının gösterildiği üçgen ayırtman diyagramı (Semboller: kareler; Kalksilikat Metamorfitlere aittir).....	30
Şekil 31.	Kalksilikatlar içerisindeki garnet kristallerine ait almandin+pyrop+spessartin+uvarovit+şolomit-grossular-andradit üçgen ayırtman diyagramı	30
Şekil 32.	Kalksilikat kayalara ait garnetlerin örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı	32
Şekil 33.	Kalksilikatlara ait plajiyoklas ayırtman diyagramı	35
Şekil 34.	Kalksilikat kayalara ait plajiyoklas ve epidotların örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı, (Değerler Sun and Macdonald (1989) C1 kondrit, Sun (1980), Wood at all (1979), Boynton (1984)'e göre alınmıştır).....	36
Şekil 35.	Kalksilikat Metamorfitlere ait piroksen ayırtman diyagramı (Semboller: kareler; Kalksilikat Metamorfitlere aittir)	38
Şekil 36.	Kalksilikat kayalara ait piroksen ve hornblendlerin örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı, (Değerler Sun and	

	Macdonald (1989) C1 kondrit, Sun (1980), Wood at all (1979), Boynton (1984)'e göre alınmıştır.).....	40
Şekil 37.	Kalksilikat kayalılara ait garnetlerdeki NTE örümcek diyagramları. a- Kalksilikat içindeki garnetin kondrite göre normalleştirilmiş NTE dağılımı, b- Kalksilikat içindeki garnetin kondrite göre normalleştirilmiş NTE dağılımının bölgesel metamorfizma ile oluşmuş garnetler ile, c- garnete ait kondrite göre normalleşmiş dağılımının kontak metamorfizma ürünü garnetler ile karşılaştırılması (AGC: Acasta Gneiss Complex, Kaempf vd. (2023), GCG: Gneiss Complex, southwest Greenland, Alfing vd. (2024), BLB: Borden Lake Belt, LaFontaine vd. (2022); CJ: Crown Jewel gold deposit, Gaspar vd. (2008), QX: Qiaomaishan skarn deposit, Xuancheng, Li vd. (2021), CS: Central Serbia, Kostic vd. (2021))......	42



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kalksilikatlara ait garnet mikrokimyasal analizleri.....	26
Tablo 2. Kalksilikatlarda garnete ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri	31
Tablo 3. Kalksilikatlara ait plajiyoklaz mikrokimyasal analizleri	33
Tablo 4. Kalksilikatlarda plajiyoklasa (ve epidota) ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri.....	35
Tablo 5. Kalksilikatlara ait piroksen mikrokimyasal analizleri	37
Tablo 6. Kalksilikatlarda piroksene (ve hornblend) ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri.....	39

Şekil 1. Çalışma sahasının karayolları bulduru haritası

1.3. Bölgesel Jeoloji

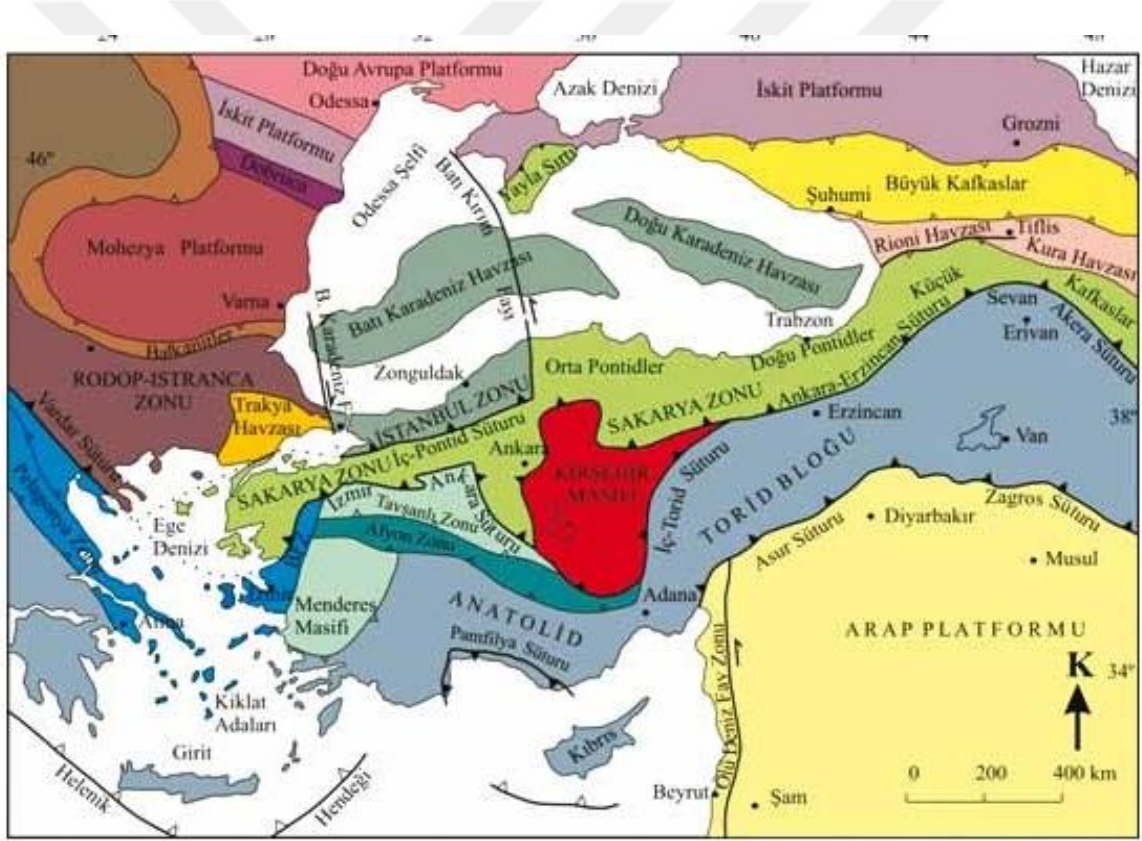
Tarihsel jeoloji ve tektonik açıdan Türkiye, iki plaka arasında yer alır. Kuzeyinde Avrasya, güneyinde Arap-Afrika (kısaca Gondwana) plakası bulunmaktaydı. Paleozoyik-Alt Tersiyer zaman aralığında bu iki plaka arasında Tetis okyanusu yer almaktaydı (Şekil 2). Tetis Okyanusu'nun kuzeyi aktif, güneyi ise pasif kıta kenarı özelliğindedir. Zaman zaman Gondwana plakasından Paleozoyik-Mesozoyik'de ayrılan daha küçük kıtasal parçalar kuzeye doğru hareket ederek Avrasya plakasının güney sınırına yamandı. Daha sonraki zaman dilimlerinde Gondwana'dan kopmalar devam ederek ayrılan parçalar hep kuzey yönlü olarak hareket etti. Bu ayrılan parçalar arasında D-B uzanımlı yeni okyanusal kabuk gelişti. Tetis denizi olarak bilinen bu yeni okyanus, K-G yönlü açılmanın eseri olarak ortaya çıkmıştır. Mesozoyik-Tersiyer zaman aralığında Gondwana Plakası'ndan koparak kuzeydeki Avrasya Plakası'na eklenen kıtasal parçacıklar ile Tetis Okyanusu'na ait parçacıklar hep birlikte bugünkü Anadolu Plakasını (Türkiye) oluşturur. Anadolu plakacığı Oligosen-Miyosen zaman aralığında bugünkü coğrafyasına kavuşmuştur.



Şekil 2. Avrasya ve Gondwana ana plakaları arasında yer alan Anadolu plakacıkları ve etkin kıvrım kuşakları (Okay, 1989'dan esinlenerek)

Tektonik açıdan ülkemiz Alpin dağ oluşum kuşağı içerisinde yer almaktadır (Şekil. 3). Bu kuşak ilk defa Argand (1924) tarafından dile getirilmiştir. Alpin dağ oluşum kuşağı ile benzer özellikleri olan Anadolu dağ oluşum kuşağı, güneyden kuzeye doğru; Toridler, ara Masifler ve Pontidler olmak üzere Argand (1924) tarafından üç farklı gruba ayrılmıştır. Daha sonra yine Anadolu plakacığı sırasıyla Arni (1939), Blumenthal (1946) ve Egeran (1947) benzerlik gösteren tektonik gruplara ayırmıştır.

Türkiye, Alpin dağ oluşum kuşağında konumlanır. Jeolojik açıdan birçok araştırmacıyla ayrı tektonik alt bölümlere ayrılmıştır. Ketin (1966), “Anadolu Tektonik Birliği”ni kuzeyden itibaren güney yöne doğru Pontid, Anatolid, Torid ve Kenar Kıvrım Kuşakları olmak üzere 4 gruba bölmüştür (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Türkiye tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999'dan esinlenerek)

Sakarya Zonu'nun temelini Jura öncesine ait çeşitli kayaç grupları oluşturur. Bu farklı kayaç grupları, Karbonifer'e ait yüksek başkalaşım kayaçları (Topuz ve diğ. 2004, 2007; Okay ve diğ. 2006), Paleozoyik'e ait granitoidler (Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve diğ. 2002, 2006; Topuz ve diğ.,2010) ve Permo-Triyas'a ait düşük derece metamorfitletler sayılabilir. (Yılmaz ve Yılmaz, 2004, Okay ve Göncüoğlu, 2004; Topuz ve diğ. 2004 b).

Sakarya Zonu Biga Yarımadası'ndan Doğu Pontid kuşağına kadar devam eden uzunca bir hattı kapsamaktadır.



Şekil 4. Türkiye (Anadolu) tektonik birliği (Ketin, 1966)

Üst Kretase yaşlı Kırşehir Masifi, (Seymen 1983; Göncüoğlu ve diğ., 1997; Whitney ve diğ., 2003; Whitney ve Hamilton 2004) bölgesel metamorfizma ürünü, yeşilşist-granülit fasiyesleri arasında değişen ve yüksek sıcaklık-düşük basınç koşullarında oluşan metamorfik kayalardan ibarettir. Bu metamorfik kayalar başlıca mikaşist, gnays, metakuvarsit, mermer ve kalksilikatlardan oluşmaktadır (Seymen 1983). Bu metamorfik kayalar üzerine Genç Kretase'ye ait yığılma karmaşığı ofiyolitler nap şeklinde gelmiş olup, sonradan granitik kayalar tarafından kesilmiştir. Granitik kayaların 95 My ile 75 My arasında olduğu belirlenmiştir (Whitney ve diğ., 2003; Köksal ve diğ., 2004, Boztuğ ve diğ., 2007). Granitik kayalar ve metamorfik kayaların üzerine de uyumsuz olarak Üst Maastrichtiyen yaşlı kırıntılı-karbonatlı kayalar yerleşmiştir. Yapısal olarak alt kaya birliğini oluşturan Akdağmadeni Grubu da Kırşehir Masifi'nin bir parçasıdır (Seymen, 1983).

Yılmaz ve Yılmaz (2004)'a göre doğu pontidlerde Sakarya sonu içinde yer alan Tokat Masifi heterojen özellikli Jura öncesi kayaç grupları tarafından temsil edilir. Tokat Masifi bir bütün olarak yeşilşist fasiyesinde olup bölgesel metamorfizma geçirmiştir (Özcan ve diğ. 1980; A. Yılmaz 1980, 1982a, b). Tokat masifi, alt metamorfik birim (Turhal metamorfikleri) ve üst bloklu birim olarak (Devecidağ Karışığı) (Özcan ve diğerleri 1980;

A. Yılmaz 1980, 1982a, b) iki farklı gruba ayrılmıştır. Bu iki formasyon arası ilişki genellikle tektoniktir. Bunlardan ilki olan Turhal Metamorfitleeri yeşilşist fasiyesinde metamorfize olmuş olup başlıca illit şist, metasiltası, metakumtaşı, metatüf ve metabazitten ibaret olan bir volkano-tortul istif kayaçlarından oluşmuştur. Bölümün alt kısımlarında, amfibolit, gnays, mikaşist ve kuvarsit, üst kısımlarında ise kalsşist ve mermer yer alır. Devecidağ karmaşığı, masifin güneyini oluşturan ve yerel olarak olistostromal veya güçlü milonitleşmiş özellikli bir birim ile temsil edilmiştir. Bu nedenle; Güçlü milonitleşmenin olduğu alanlarda, farklı kayaç toplulukları arasındaki ilişkiler henüz belirlenememiştir.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Artova (Tokat) civarında, bölgesel metamorfitleer içerisinde, boyutları 30-500 m² arasında değişen kalsilikat metamorfitleeri mevcuttur. Bu amaçla adı geçen metamorfitleerin dağılımları ile oluşumları konu edilmiştir.

Bölgede kalsilikat metamorfitleer hakkında öncel çalışmalar mevcut değildir. Böylece bu kayaçlar içinde yoğunlaşan garnetlerin oluşum koşulları ve jeotektonik gelişimleri hakkında irdeleme yapılmıştır. Bu çalışma ile garnetlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, ana kaya ve yan kayaçlar ile olan ilişkisi araştırılarak, literatürde aynı veya farklı türde olan garnetler ile karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Kristal kimyası çalışmaları ile minerallerin ana oksit, iz ve Nadir Toprak Element (NTE) içerikleri ile dağılımları araştırılmıştır.

1.5. 1.5. Konu ile İlgili Öncel Çalışmalar

1.5.1. Yerel ve Bölgesel Jeolojik Öncel Çalışmalar

Bölgede yapılan ilk detaylı çalışmalar Özcan vd. (1980) tarafından Ladik-Turhal arasında Turhal Metamorfitleeri ve Devecidağ Karmaşığı üzerinde yapılan çalışmışlardır. Turhal metamorfitleerinin düzgün istif özellikleri taşıdıklarını ilksel kayatürü özelliklerinin iyi koruduklarını yaygın olarak, metavolkanit, hornblend (glokofan) yeşilşist, pelitik-psamitik meta-tortul, grafit-şist, kalk-şist ve mermerlerden ibaret olduklarını belirtirler. Devecidağ Karmaşığı ile ilgili olarak da, sleytler ve bazik volkanit içinde Karbonifer- Triyas aralığına tarihlenmiş kalker blokları olduklarından, oluşumlarında ise dinamotermal mekanizmanın etkisinden bahsederler. Turhal Metamorfitleeri ile Devecidağ Karmaşığı

üzerine Liyas yaşlı kırıntıların, Jura Alt Kretase yaşlı karbonatların oturduğundan, ofiyolitik kayaçların yerleşim yaşının ise Maestrihtiyen öncesi olduğundan bahsederler.

Tatar'ın (1977), Yıldızeli (Çamlıbal) civarında yaptığı çalışmalarda Akdağ metamorfitlelerinin, mermer, kuvarsit, mikaşist ve amfibolitlerden oluştuklarını ve bunların Hersinyen öncesi bölgesel metamorfizma ürünü olduklarından bahseder. Ofiyolitik serinin Üst Kretase öncesi yerleşmiş olduğunu, serpantinlerin bir istif şeklinde üste doğru radyolaritlere kadar devam ettiğinden bahseder.

Koçyiğit (1979)'in Tokat civarında yaptığı çalışmayla, bu bölümün tektonik ve stratigrafik özelliklerini incelemiştir. Bununla Tokat grubuna ait metamorfitleler ile ofiyolitler üzerinde çalışmıştır. Ofiyolitlere ait birimlerin karmaşık olduğunu, içerisinde Ağdağ, Tokat metamorfitleleri ile ofiyolitik kayaçlar içerdiğinden bahsetmiştir.

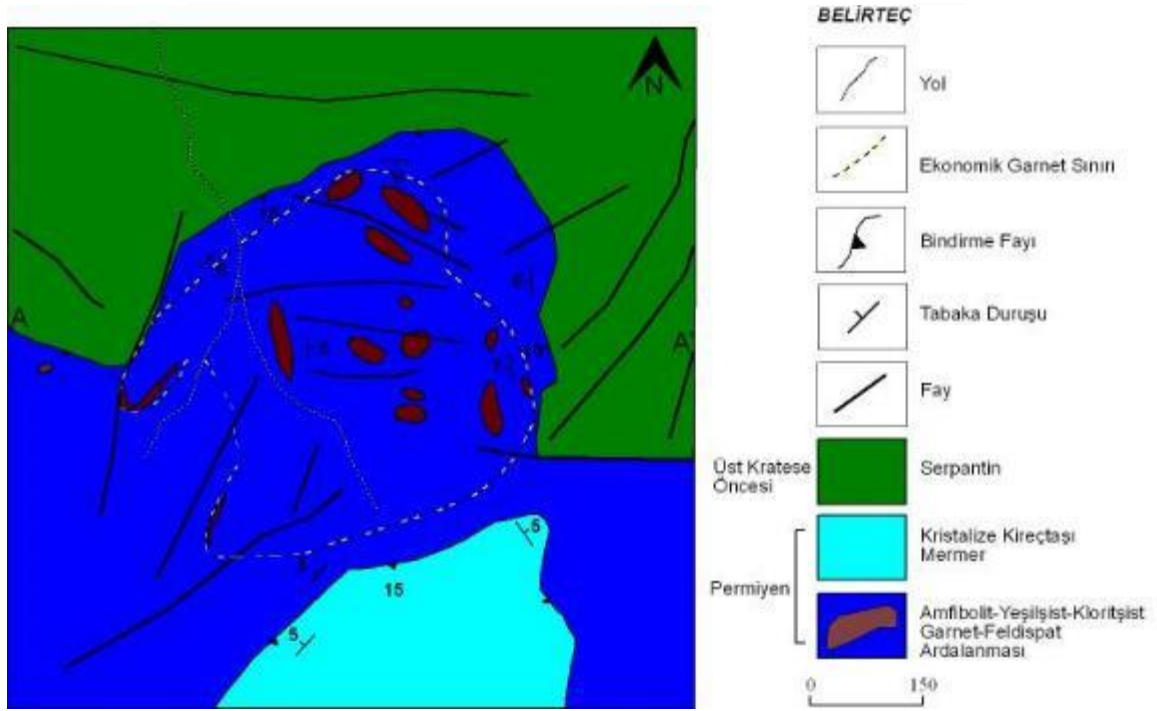
Yılmaz (1981)'in Sivas-Tokat arasında yaptığı çalışmaya göre, Bölgede yer alan melanj türü oluşumların Permiyen yaşlı kalkerler ile yeşil şistlerden oluştuklarını belirtilmiştir. Bölgede metamorfite olarak altta yeşilşist arakatkılı kalkşist, ile mermerler, üst kısımlara doğru kuvarsitin varlığından bahsetmektedir. Bu metamorfitleler içerisinde D-B doğrultulu ofiyolitik kayaçların yerleştiğini belirtir. Ofiyolitik karmaşa içerisinde serpantin yanarda tuf ve aglomera, mermer, fillit, kristalize kireçtaşı, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı sedimanlar, pelajik kireçtaşı, peridodit gabro, diyabaz blokları bulunmaktadır. Ofiyolitik karmaşanın Üst Kretasede oluştuğunu belirtmiştir. Bölgedeki metamorfitlelerin granodiyorit tarafından kesilmiş olduklarını belirtmiştir.

Yılmaz (1981) Dumanlı Dağı (Tokat) - Çeltek Dağı (Sivas) arasında yapmış olduğu çalışmada ofiyolitik kayaçların D-B doğrultulu uzanım gösterdiklerini, Üst Kampaniyen-Paleosen yaşlı Boztepe Formasyonunun uyumsuz bir şekilde bunları üzerlediklerini belirtmiştir.

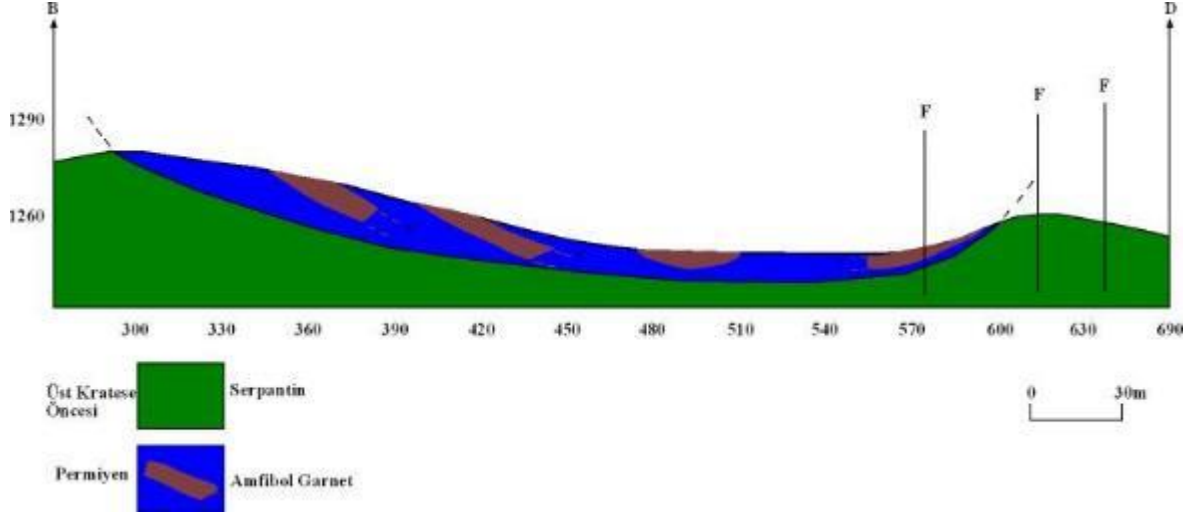
Özcan ve Aksay (1996) Turhal-Almus-Çamlıbel (Tokat) civarında yaptıkları çalışmada Tokat masifinin Alpin orojenezinden etkilendiğini, metamorfik temel üzerindeki Tersiyer- Mesozoyik yaşlı birimlerin kuzey-güney yönündeki sıkışma etkisini yaşadıklarını, Artova civarında yüzeylenen Ofiyolitik melanjin sıkışmanın etkisiyle kuzey yönünde bindirmelere neden olduğunu belirtmektedir.

2. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLojİSİ

Artova (Tokat) Güneydoğusunda yer alan çalışma sahası içerisinde başlıca peridotit ve metamorfitler yer alır. Peridotitler “Tetis Okyanus Kabuğu” kalıntısı olarak bilinmektedir (Şengör 1983). Metamorfitler ise Permo-Triyas yaşlı olup, başlıca amfibolit, yeşilşist, kalkışist, mikaşistler ile temsil edilir. Bölgesel metamorfitler içerisinde karmaşa şeklinde bulunan bol garnetli kayaçlar (kalksilikat metamorfitler) yüksek sıcaklık düşük basınç koşullarına karşılık gelen kontak metamorfizma ürünüdür. (Şekil 5,6)



Şekil 5. Çalışma alanının detay jeolojik haritası



Şekil 6. Çalışma alanının Doğu-Batı yönlü A-A' jeolojik enine kesiti

Bölgesel metamorfik kayalara ait yapısal veriler ile peridotitler içerisinde yer alan kromit yataklarının konumları, bunların D-B yönünde uzanım gösterdiklerini, bölgesel ölçekte K-G yönlü bir sıkışma ile oluştuklarını doğrular.

2.1. Eski Okyanus Kabuğu (Tetis) Kalıntısı; Peridotitler

İnceleme alanının kuzeyinde geniş alanlar kapsayan Peridotitler “Alt Kretase Sonu-Üst Kretase öncesi” yaşlı olup başlıca harzburjit ve dünitten ibarettir. Bölgenin KAF na yakın olması nedeniyle gelişen kataklastik deformasyon serpantinleşmeyi çok daha etkili hale getirmiştir. Peridotitlerin yer yer diyabaz daykaları ile kesilmesi de bu serpantinleşmeyi hızlandırmıştır.

2.2. Metamorfitleler

İnceleme alanındaki metamorfitleleri bölgesel ve kontak olmak üzere ikiye ayırmak gerekir. Kontak metamorfitleler bölgesel metamorfitleler içerisinde ve bu metamorfitlelerin kontak metamorfizma ile etkileşiminden oluştuğu anlaşılmıştır. Bölgesel metamorfitleler Orta Anadolu Metamorfik Masifinin bir parçası olarak kabul etmek gerekirken, bunların lokal bir kontak metamorfizmaya uğraması çok daha sonra olmalıdır. Sahadaki bölgesel metamorfitleler orta derece bölgesel metamorfizma ürünü olarak genellikle yeşil şist-amfibolit şist fasiyesinde oluşan kayalar içerir. Yapılan arazi çalışmalarında saha içerisinde kontak

metamorfizmayı oluşturabilecek ölçekte bir sıcak kaynağın (gabro, granit vb. plütonik kayaçlar) varlığına rastlanılmamıştır.

Ancak sahanın 5 km kadar batısında granit apofizlerinin yüzeylemeleri (Çörtük vd, 2018), bu kayaçların bölgesel metamorfitle birlikte sürüklendikleri fikrini doğrular. Bölgesel metamorfitle yaklaşık KD-GB doğrultulu olup hem kb ve hem de GD ya düşük açılar ile eğimidirler. Altta bulunan peridotitler ile düşük açılı tektonik dokanaklıdır. Tektonik dokanak izlerini arazide gözlemlemek mümkündür (Şekil 7).



Şekil 7. Bölgesel metamorfitle içinde bindirme hattına yakın alanda yeşil şist-kalkışist içerisinde kataklastik yapı (Bölgesel metamorfite-Peridotit sınırı)

2.3. Rekristalize Kireçtaşı/Mermerler

Çalışma alanının güneyinde, genellikle kristalize kireçtaşı, kısmen de mermer olarak yüzeyleme verirler. Kristalize kireçtaşları orta kalın katmanlı, mermerler masif yapılıdır. Altta bulunan bölgesel metamorfitle üzerine tektonizma etkisiyle bindirmiş olarak görülürler. Yani üzerledikleri metamorfitle ile az çok uyumludurlar. Genel doğrultuları KD-

GB olup eğimleri 3-5 derece ile KB ve GD yönlüdür. Toplam kalınlıkları 20 m den fazla olan bu birim içerisinde yer yer dolomitleşme izlenmiştir.



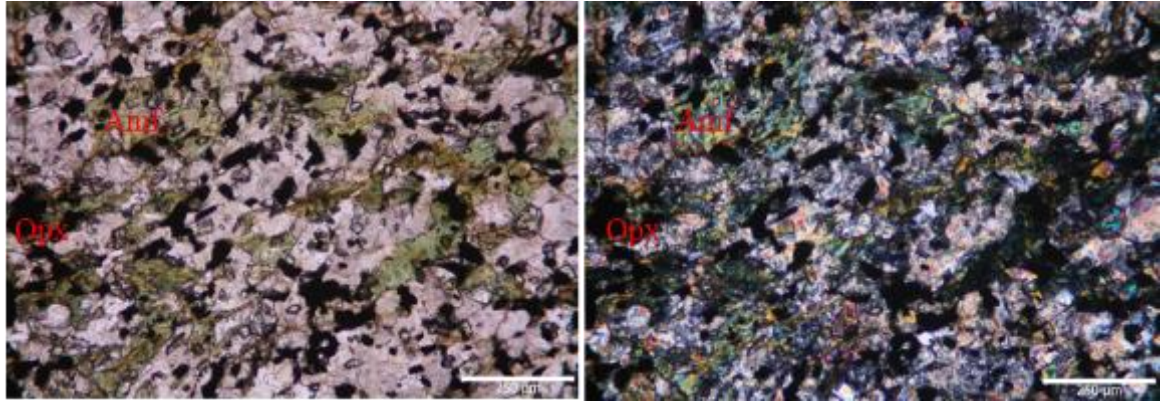
3. MİNERALOGİ VE PETROGRAFİ

3.1. Bölgesel Metamorfitler

3.1.1. Amfibolitler

Çalışma alanında yüzeyde mostra vermeyen bu kayaçlara sondaj örneklerinde rastlanılmıştır. Karotlarda tekrarlı olarak değişik seviyelerde gözlenmiş olup kalınlıkları 1 ila 15 m arasında değişmektedir. Sondajlarda 40 metrenin altında biraz daha yoğun olarak gözlenmiştir.

Amfibolitler megaskopik olarak çok az belirgin olan bantlı yapı sunarlar. Kristaller belli belirsiz seçilebilmektedir. Bu durum mikroskopta belirgin olup minerallerde yönseme gözlenir. Genellikle ince taneli granoblastik dokulu olup birincil olarak başlıca albit ve yoğun altere hornblend ve kısmen piroksenlerden oluşmaktadır. İkincil olarak klorit, kalsit, kuvars ve opak mineraller yoğundur.

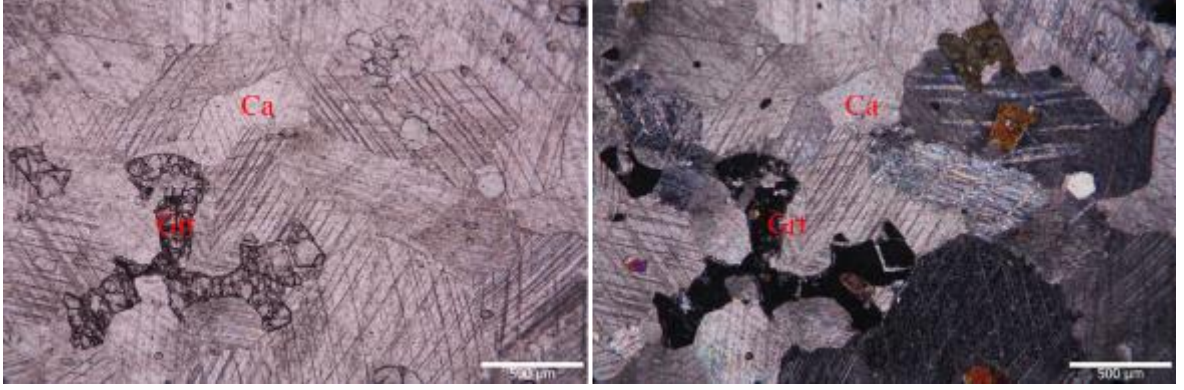


Şekil 8. Amfibolit örneğinde amfibol, opak minerali birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Amf: Amfibol, Opx: Opak minerali)

3.1.2. Mermerler

Yayılımları fazla geniş olmayan bu kayaçlara sondaj çalışmalarında rastlanılmıştır. Kalınlıkları 15-70 cm arasında değişen bu kayaçlara aynı sondaj içinde bir veya birkaç kez rastlanılmıştır. Gri-bej renkli olup kalsilikatlar ile mekan birliği sunarlar. Mikroskopik

alışmalar ile granoblastik dokulu oldukları gözlenmiştir. Ana mineral bileşeni kalsit olup (%95-97), çok daha az oranda garnet (%1-2), epidot (% 1-2) ve eser miktarda apatit içerir.

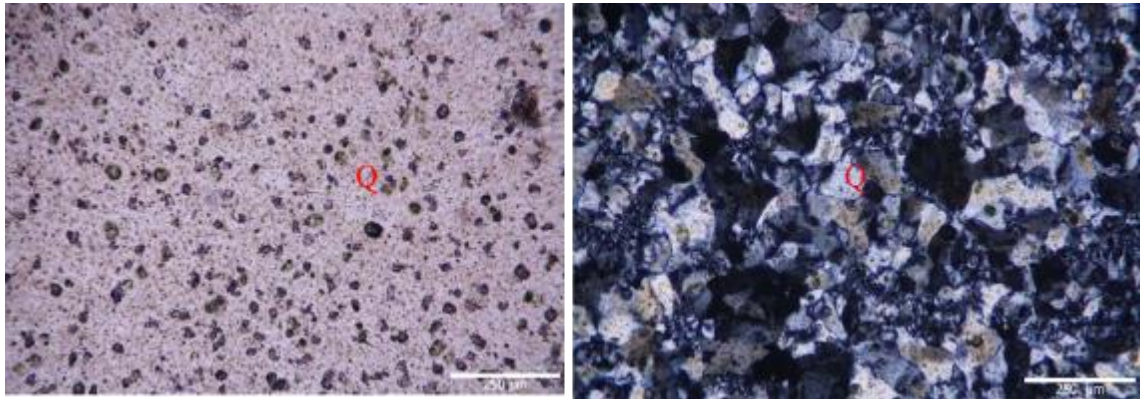


şekil 9. Mermer rneęinde granat, kalsit birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki grntř (TN solda, N sağda Grt: Garnet, Ca: Kalsit)

3.1.3. Kuvarsit

Metamorfitler içerisinde birkaç on santimetre ile birkaç metre boyunda ve 2- 50 cm arasında değişen kalınlığa sahip mercek şekli küçük mostralar şeklinde yüzeylenirler. Yüzeyde gözlenen kuvarsit bantları kısmen sondaj loglarında da gözlenmiştir.

Mikroskopta granoblastik dokunun hakim olduğu kuvarsitler tamamen kuvars kristallerinden oluşmaktadır. Kuvars kristallerinde belli belirsiz yönlenme mevcuttur. Kristal sınırları boyunca yer yer girift doku arzeder.

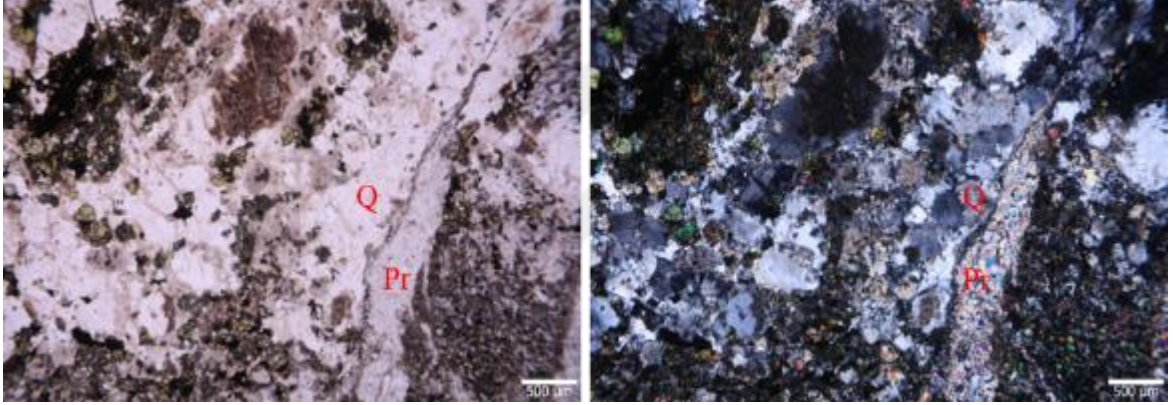


şekil 10. Kuvarsit rneęinde kuvars mineralinin polarizan mikroskoptaki grntř (TN solda, N sağda Q: Kuvars)

3.1.4. Kuvars Feldspat Serisit Şist

Bu tür metamorfitle inceleme alanının değişik bölümlerinde ve değişik kalınlıklarda bulunmaktadır. Yer yer foliasyonel yapı göstermelerine rağmen genelde masif görünümlüdürler. Arazi görünüşleriyle diğer tür metamorfitle oranla daha açık renkli olup meta kumtaşlarına benzerlik gösterirler.

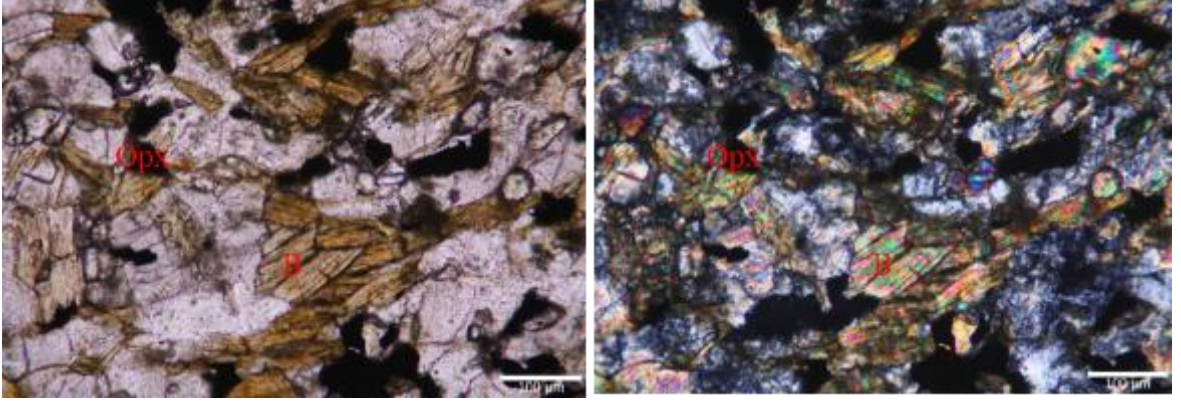
Mikroskopta genellikle granoblastik doku gözlenir. Foliasyonel yapı az çok belirgindir. Kristallerde yönelme mevcuttur. Başlıca mikroklin (%30-70), daha az oranda kuvars (%15-25), epidot (%2-5), albit (%2-5), opak (%1-2) minerallerden oluşmaktadır. Feldispatlarda orta-ileri derece alterasyona uğrayarak serisitleşme mevcuttur. İkincil olarak prehnit ince damarlar (kalınlık 200-500 mikron) şeklinde mevcuttur. Başlıca kuvars olmak üzere tüm minerallerde deformasyon izi olarak dalgalı sönmeler mevcuttur.



Şekil 11. Kuvars Feldspat Serisit Şist örneğinde kuvars ve İkincil olarak gelişen prehnit minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Q:Kuvars, Pr: Prehnit)

3.1.5. Biyotit Amfibolit

Sondaj çalışmaları ile belirlenen bu kayalar metamorfik istifin değişik derinliklerde kalınlığı 10-50 cm arasında değişen tekrarlı katmanlar şeklinde mevcuttur. Açık gri, grimsi kahve renkli olan bu kayaları diğerleri gibi tek formasyon adı altında haritalama olanağı olmamıştır. Masif görünümlü olan bu kayalar mikroskopta granoblastik ve lepidoblastik doku gösterir. Başlıca albit-oligoklas (%40-50), biyotit (%30-40), amfibol (%5-15) opak (%5-10), sfen (<%2) ve alterasyon ürünü olarak klorit ve serisit mevcuttur. Opak mineral amfibolün alterasyonu ile gelişmiştir.

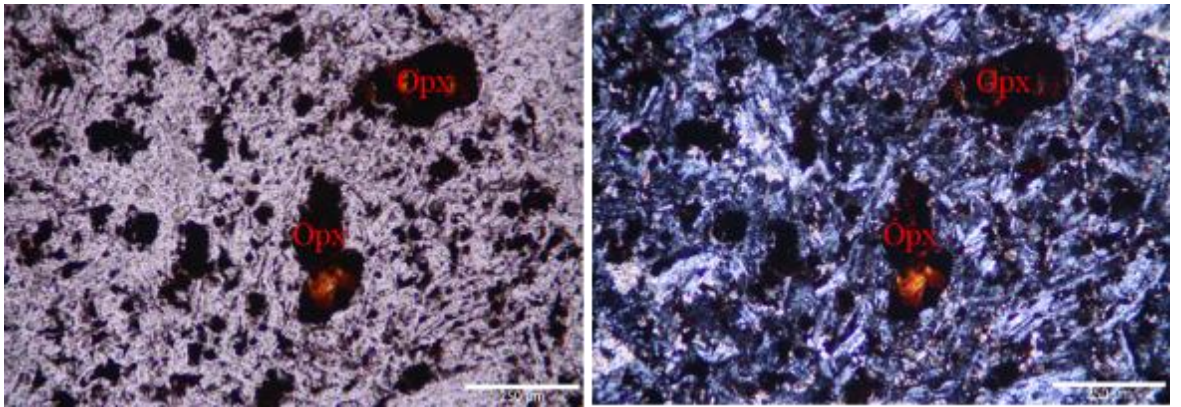


Şekil 12. Biotit Amfibolit örneğinde biyotit ve opak minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda B: Biotit, Opx: Opak min.).

3.2. Spilitler

Metamorfitletler içerisinde ve onları kesen ve ayrıca onlarla karmaşık halde yoğun olarak ayrılmış dayklar şeklinde görülürler. Gri-yeşil tonlarına sahip bu kayaçların kalınlıkları 50-150 cm arasında değişmektedir. Bölgesel metamorfizmadan etkilenmedikleri, ancak sadece yoğun olarak alterasyona uğramaları bunların metamorfitletlerden daha genç olduğunun kanıtı olarak gösterilebilir.

Mikroskopta genellikle entersertal, kısmen de ofitik dokulu oldukları görülmüştür. Başlıca albit, kalsit, klorit, aktinolit-tremolit, kuvars ve opak minerallerden oluşmaktadır. Opak minerallerin iddingsit ile beraberliği bunların olivin kristallerinin alterasyonu sonucu geliştiğini göstermektedir. Opak mineral oranının %20 nin üzerinde olması ilksel olivin oranının en az %20 den fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 13. Spilitler örneğinde opak minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Opx: Opak min.)

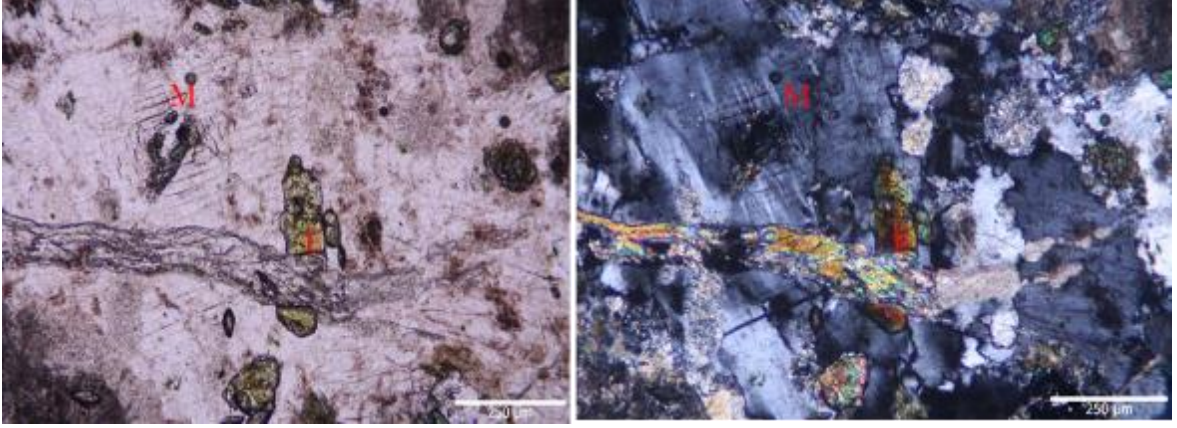
3.3. Mikroklinitler

Mikroklinitler bölgesel metamorfik karmaşı içerisinde ve onları kesen damarlar şeklinde bulunurlar. Damar uzantıları 1-20 m boyunda, kalınlıkları ise 2-70 cm arasında değişmektedir. Pembe renkli ve monomineralik olan bu kayalarda kristal tane boyu 0,1-5 cm arasında değişmektedir.

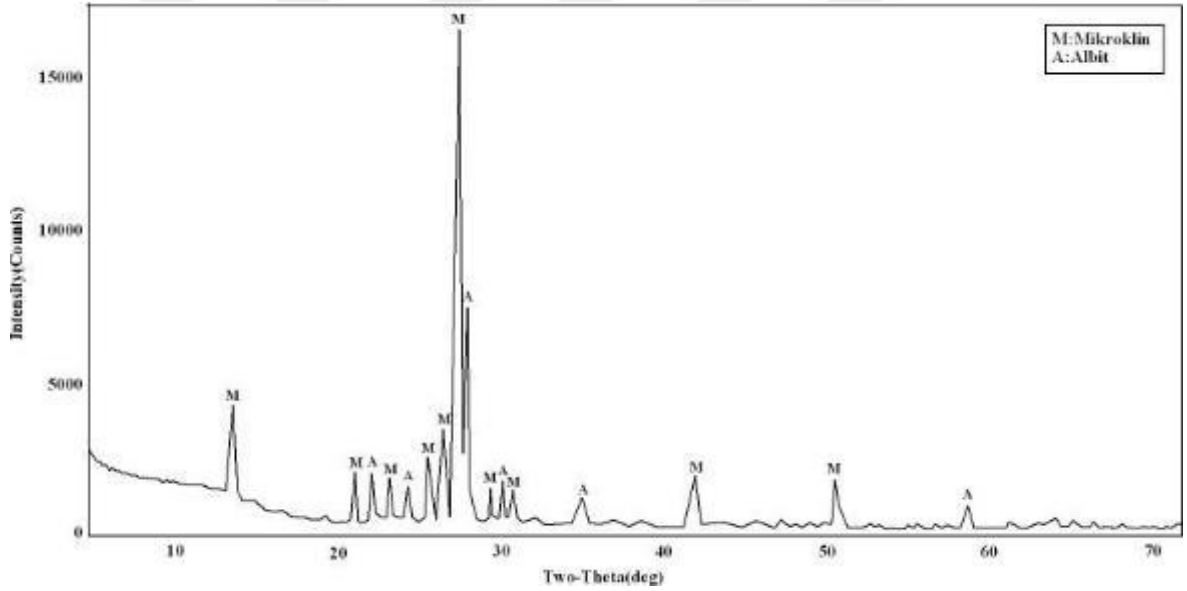


Şekil 14. Mikroklinitlerin arazideki görünümü

Birimden alınan örneklerin mikroskobik incelemesiyle genellikle taneli, yer yer de pegmatitik doku gösterirler. Kristallerde yönelme yoktur. Mineralojik olarak başlıca mikroklin (% 95-97), en çok %2 oranında epidot çok az miktarda kuvars, albit ve kalsit içerir. Mikroklin kristalleri polisentetik ikizli, yoğun dalgalı sönmeli olup kısmen serisitleşmiştir. Epidot hem öz şekilli yalın kristaller ve hem de mikroklin kristallerini kesen damarlar şeklinde görülmektedir.



Şekil 15. Mikroklinite içinde epidot ve mikroklin minerallerinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda E: Epidot, M: Mikroklin).



Şekil 16. Mikroklinite içinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlemeleri

3.4. Kalksilikat Metamorfitler

Bu kayaçlar Ca bakımından zengin silikat minerallerinden oluştuğundan kalksilikat kayaçlar olarak adlandırılmışlardır. Başlıca garnet (grossular-andradit), epidot?, vezüvyanit?, vollastonit ve kalsitten oluşurlar. Kayaç içinde bu minerallerin yoğunluğuna bağlı olarak grossular-andradit kalksilikat, mermer, garnet-epidot-diyopsit kalksilikat ve garnet-epidot-diyopsit-vollastonit kalksilikat alt grupları şeklinde birbirlerinin içine girmiş, birbirlerine tedrici olarak geçiş gösteren bu grupları ayrı ayrı haritalama olanağı olmamıştır.

Çalışmamızın ana konusunu oluşturan bu kayalar çalışma alanında peridotitler üzerinde bindirme şeklinde yer alan bölgesel metamorfik kayalar içerisinde merceğimsi kütleler şeklinde bulunurlar. Kalksilikat metamorfikler yaklaşık 400 m x300 m lik bir alan (12 hektar) içerisinde, yayılım alanları 30-500 m² arasında değişen mostralar/kütleler/mercekler şeklinde yüzeylenirler. Altta bulunan bindirme yüzeyinin (peridotit-bölgesel metamorfik sınırı) 5-25 m üzerinde yoğunlaşmalarıyla birlikte tektonizmanın etkisiyle değişik derinliklerde bulundukları da sondaj çalışmaları ile belirlenmiştir.



Şekil 17. Kalksilikat Metamorfiklerde sondaj çalışmalarından görünüm



Şekil 18. Kalksilikat Metamorfitlelerinin arazideki görünümü

Kısaca kalksilikatlar olarak adlandırılan bu kayalardan alınan örneklerin mikroskop incelemeleriyle başlıca granoblastik ve nematoblastik, kısmen de fibroblastik dokuya sahip oldukları belirlenmiştir.

Garnetler, izotropik özelliklerinden dolayı genellikle yuvarlağımsı kesitler verirler. Andradit ve grossularit bileşimli olup, optikçe aralarında kırılma indisleri haricinde önemli bir fark yoktur. Andraditin kırılma indisi grossularite oranla biraz daha büyüktür. Andraditin kristal bünyesindeki Fe den dolayı alterasyon ile kloritleşme gösterir. Kalksilikat kayalar içerisindeki bollukları değişken olup, modal olarak % 2-95 orana (ortalama %20) sahiptir. Kayaç kristal tane boyu 100-1500 mikron arasında değişmektedir. Genellikle yarı öz, kısmen öz şekilli olan garnet fenokristaloblastları içerisinde bolca öz şekilli epidot inklüzyonları mevcuttur. Grossularit veya andraditlerde zonlanma pek gözlenememiştir. Kristal çatlaklarında kısmen kloritleşme ve kalsitleşme izlenmiştir. Kataklağın etkili olduğu alanlardan alınan örneklerin garnetlerinde yoğun killeşme mevcuttur.

Epidot, kayaç içerisinde değişken alanlarda ve değişken oranlarda bulunmaktadır. Garnetlerin çok yoğun olduğu alanlarda daha az, az yoğun olduğu alanlarda ise daha yoğun olarak bulunurlar. Kristallerde yönelme yoktur. Kristal tane boyları 200-1000 mikron

arasında değişmektedir. Eşzamanlı büyümenin göstergesi olarak da bazı granat kristalleri ile iç içe büyüme (intergrowth) dokusuna sahiptir (iç içe büyüme dokusunda, mikroskop tablasının döndürülmesiyle garnet içindeki seri epidot kristalleri aynı anda yanıp sönerler).

Vollastonit, hemen her örnekte az çok mevcuttur (modal olarak % 0,5-3). Hem prizmatik ve hem de lifi kristal (at kuyruğu şekilli) olarak görülmüştür.

Mikroklin, genellikle garnet ve epidot kristalleri arasındaki çok köşeli alanları dolduracak şekilde kristalleşmiştir. Daima özşekilsiz olup kısmen serisitleşmiştir. Modal olarak en çok %5 oranında mevcuttur.

Albit, çok az miktarda (< %1) kısmen veya tamamen serisitleşmiş olarak gözlenmiştir.

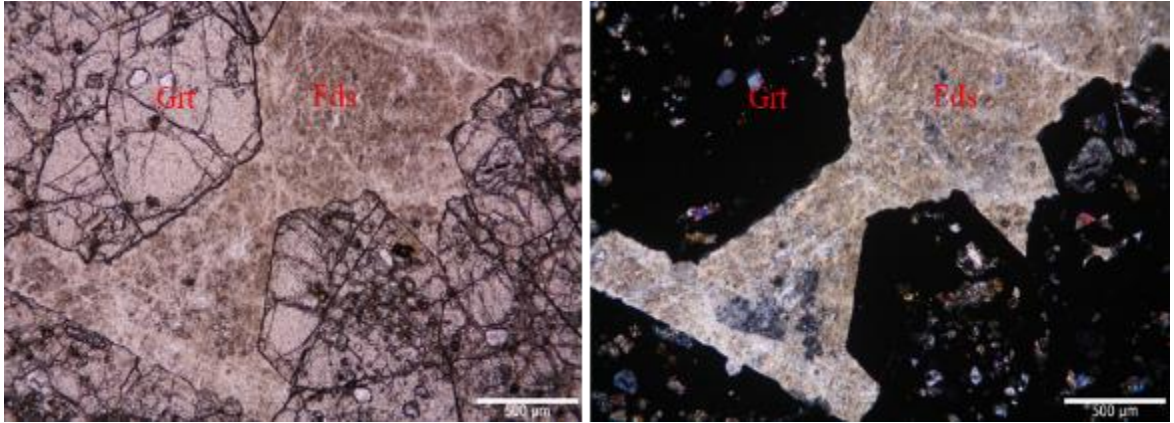
Diyopsit, prizmatik, yarı öz ve öz şekilli olarak hemen her örnekte mevcuttur (modal olarak % 1-3). Kısmen ayrışarak kalsite dönüşüm gösterir. Kristallerde yönelme yoktur.

Tremolit, çok az miktarda lifi kristaller şeklinde gözlenmiştir.

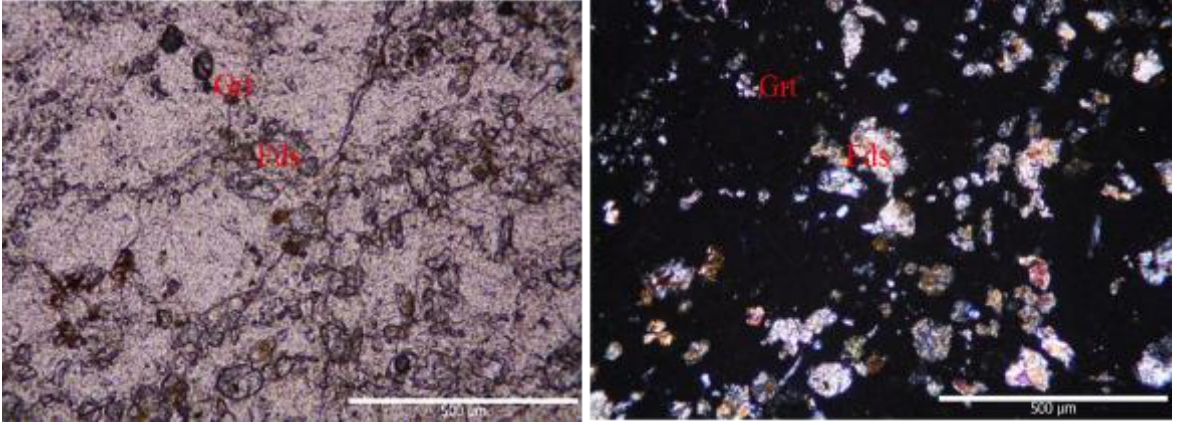
Apatit, öz şekilli kristaller şeklinde eser miktarda gözlenmiştir.

Kalsit, kalsilikat kayaçlar içerisinde değişik oranlarda hem birincil ve hem de ayrışma ürünü olarak ikincil gözlenir. Diğer mineraller arasında yarı öz şekilli olarak, ayrışma ürünü ve çatlaklarda dolgu olarak bulunduğu da özşekilsiz olarak görülür.

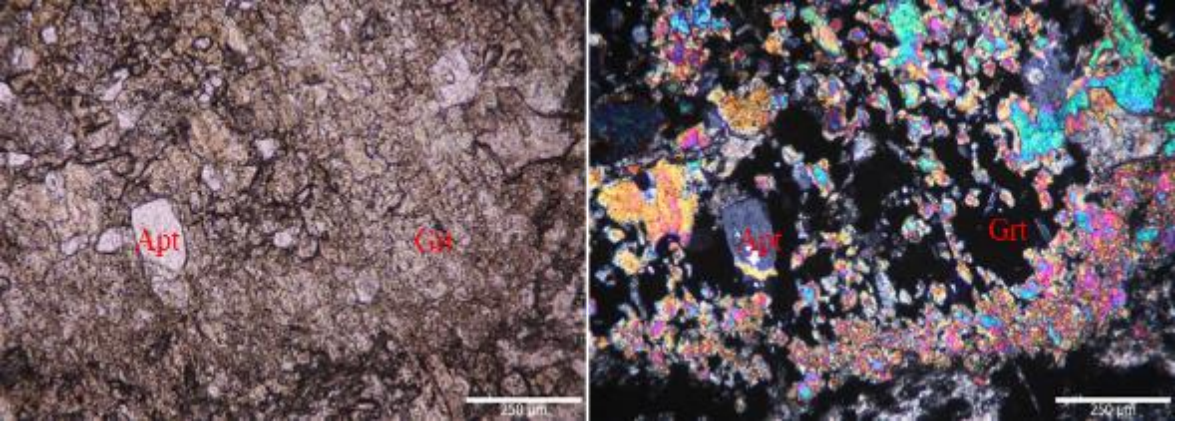
Klorit, genellikle andraditlerin ayrışma ürünü olarak, kristal çatlaklarında gözlenmiştir.



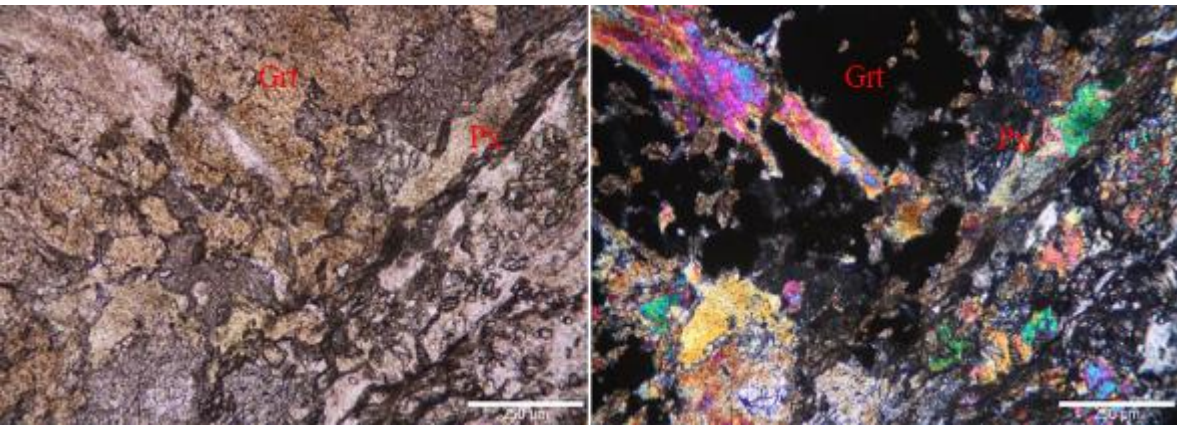
Şekil 19. Kalkilikat Metamorfite örneğinde feldispat, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Fds: Feldispat, Grt: Garnet)



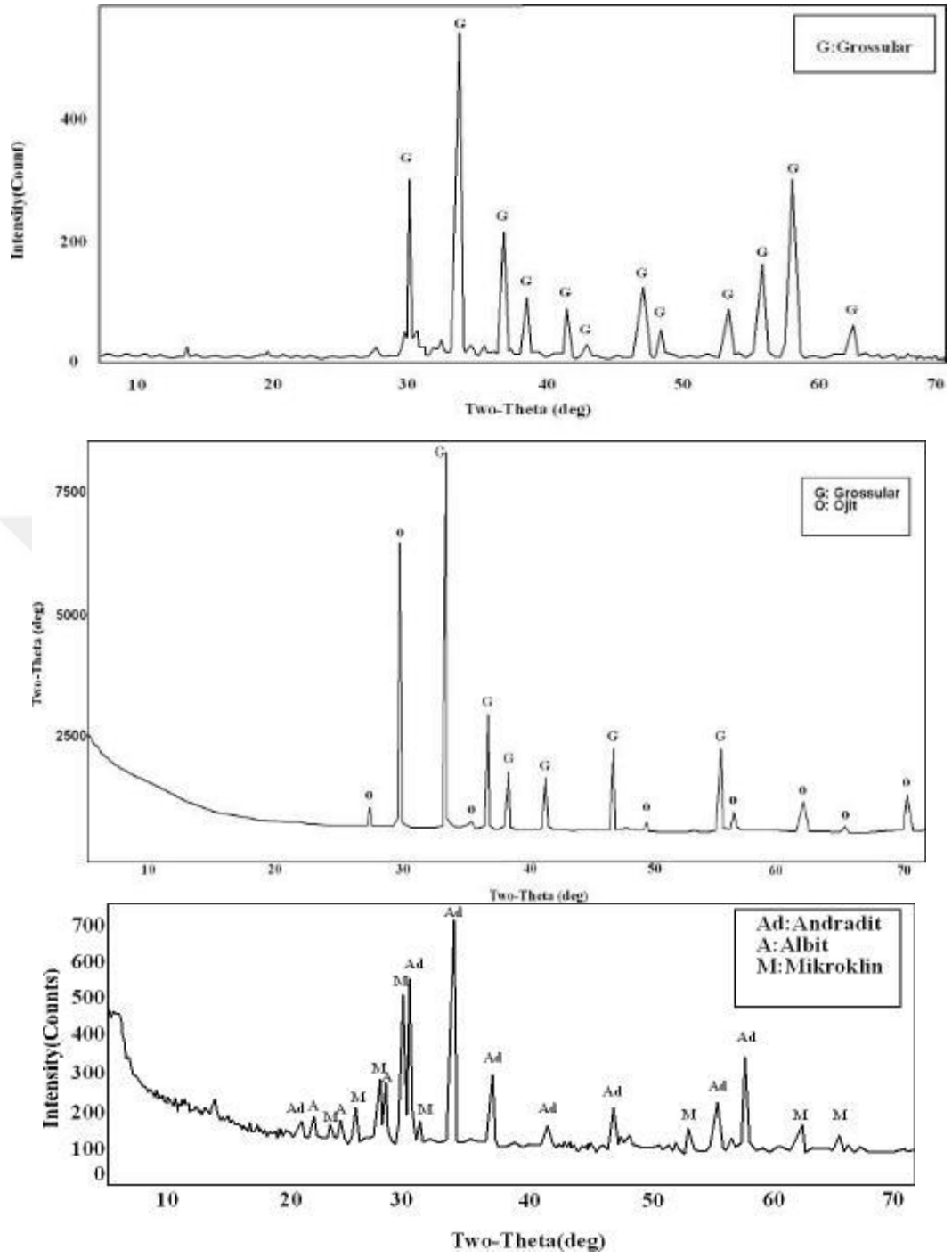
Şekil 20. Kalksilikat Metamorfite örneğinde feldspat, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Fds: Feldspat, Grt: Garnet)



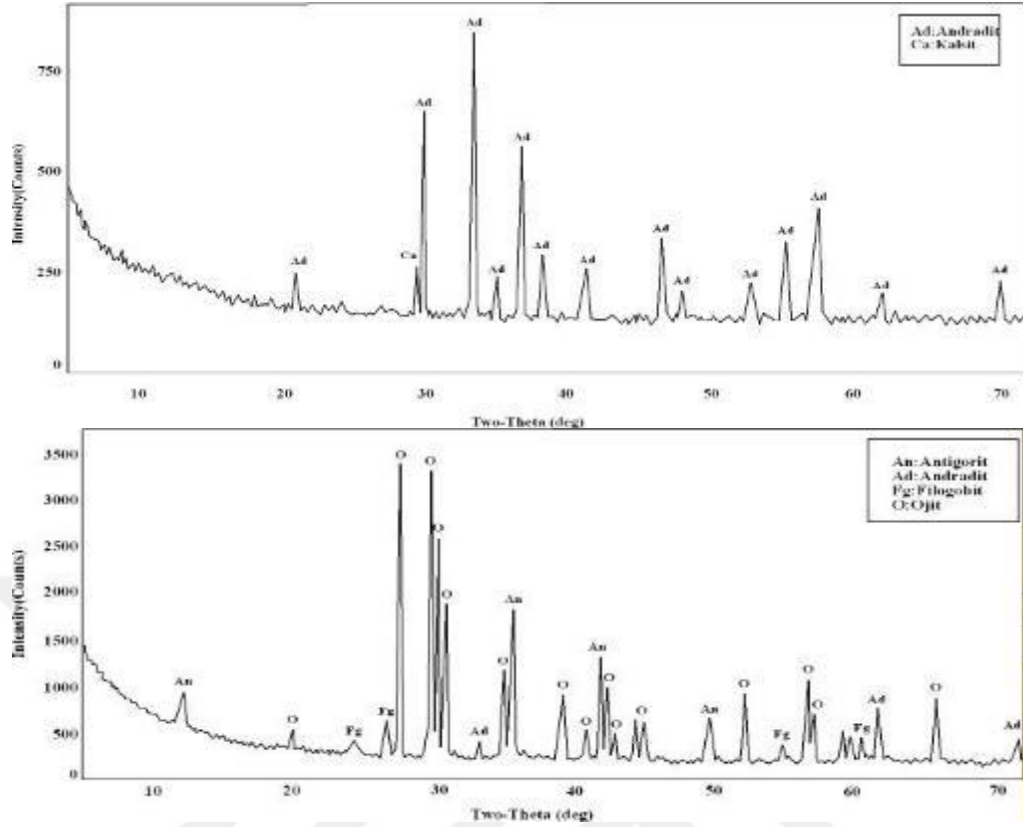
Şekil 21. Kalksilikat Metamorfite örneğinde apatit, granat birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü, beraber büyüme (intergrow) dokusu (TN solda, ÇN sağda. Apt: Apatit, Grt: Garnet)



Şekil 22. Kalksilikat Metamorfite örneğinde granat ve piroksen birlikteliğinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. Px: Piroksen, Grt: Garnet)



Şekil 23. Kalksilikat Metamorfitler içerisinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlmeleri

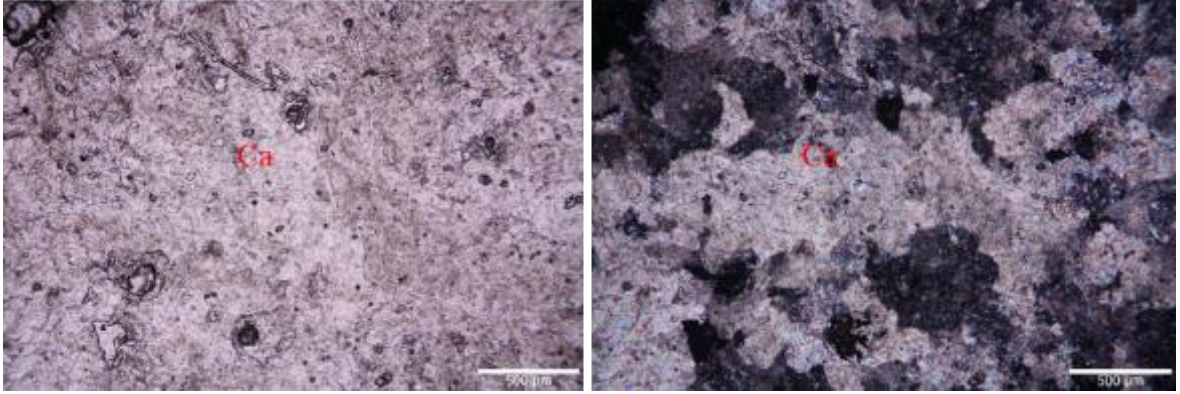


Şekil 24. Kalksilikat Metamorfizmler içerisinde seçilmiş minerallerin XRD çözümlenmeleri

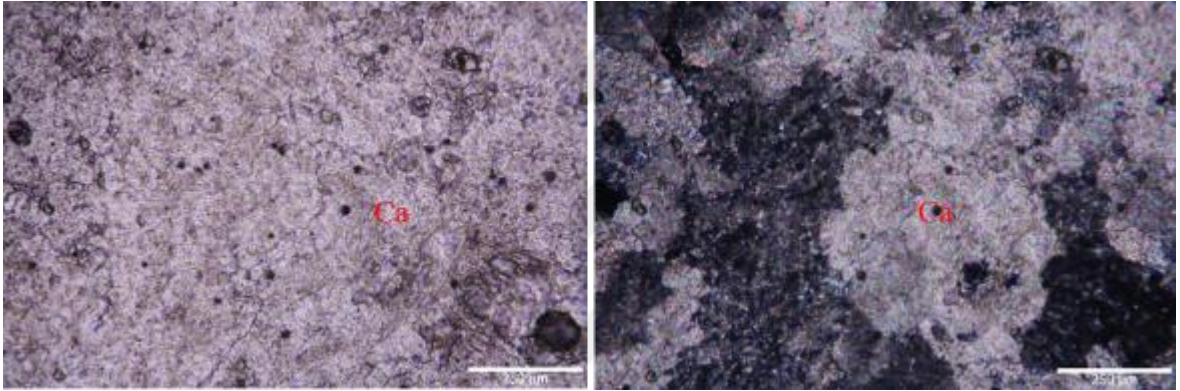
Garnet kalkşistlerde yapılan XRD analizlerinde granatların andradit (Fe ce zengin) ve grossularit (Al ca zengin) olmak üzere iki alt gruba ayrıldığı anlaşılmıştır. Ayrıca kalkşistler içerisinde feldispatların da mikroklin ve albit olarak iki ayrı cinste oldukları gözlenmiştir. Serpantinitlere yakın noktadan alınan örnekte andradit ve diyopsit yanında antigoritin varlığı da belirlenmiştir.

3.5. Kireçtaşı/Rekristalize Kireçtaşı

Genellikle bej renkli olan bu kayaçları tortul olan kireçtaşlarından şisti yapılarıyla ayrılırlar. Mikroskopta granoblastik dokuya sahip olup tamamen kalsit kristallerinden oluşmuştur. Kalsit kristal sınırları giriftir. Kristallerde dalgalı sönme yoğun olarak gözlenir.



Şekil 25. Kireçtaşı örneğinde kalsit mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Ca: Kalsit)



Şekil 26. Kireçtaşı örneğinde kalsit mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda Ca: Kalsit).

3.6. Serpantinize Peridotitler

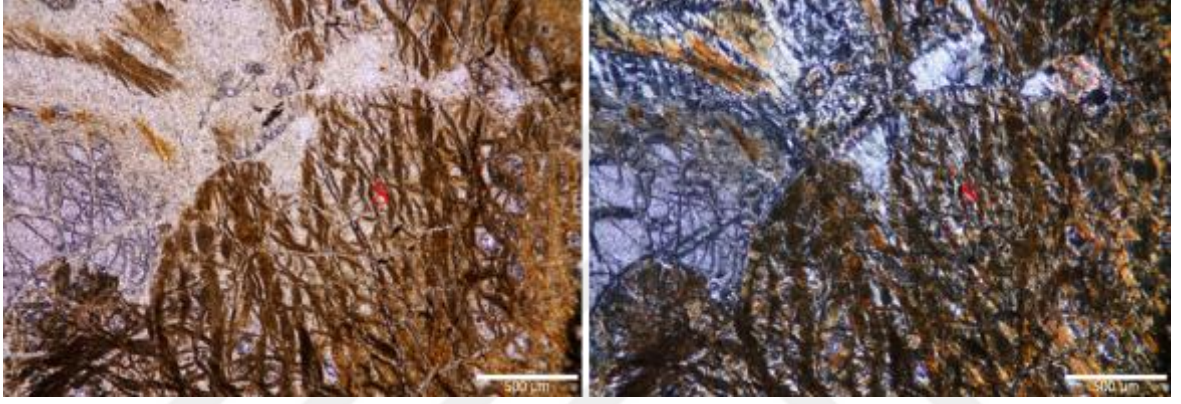
Çalışma alanı içinde bulunan ve metamorfitlemin üzerine bindirdiği ultramafitler çalışma alanının kuzey bölümünde mostra verirler.

Tektonizma ve yüksek oranda (%90-95) serpantinleşme ile ilksel özelliklerini önemli ölçüde kaybetmişlerdir. Genellikle harzburjit ve kısmen de dünitlerden türeyen serpantinit haline dönüşmüşlerdir. Arazi gözlemleriyle harzburjit kaynaklı serpantinitler koyu yeşil-gri, dünit kaynaklı serpantinitler ise açık kahve- açık gri renklidir.

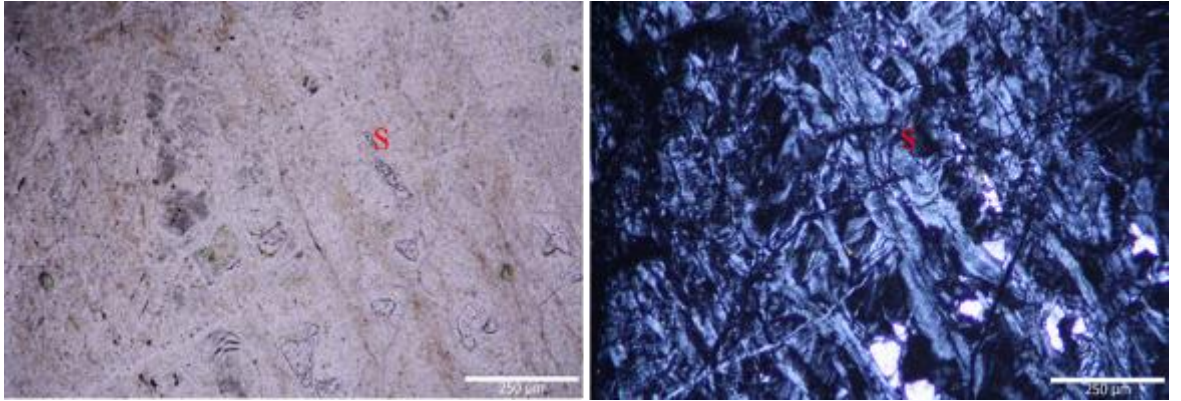
Serpantinize harzburjitler (ya da harzburjitten türeyen serpantinit) primer dokuları olan taneli doku tamamen kaybolmuş, yerine ikincil ağsal-kafes dokusu kazanmışlardır. Olivinler serpantinleşme ile genellikle ağsal yapı, piroksenler ise kafes yapıyı verirler. Buradan hareketle primer olarak numunenin %80 oranında olivin, % 18-20 oranında ortopiroksen içerdiği gözlenmiştir. Kayaç içinde eser miktarda diyopsit ve kromit mevcuttur. Olivin

kristalleri aleyhine kalsit, klinoklor, brusit gelişmiştir. Ortopiroksenlerin serpantinleşmesiyle yine kalsit ve magnetit ortaya çıkmıştır. Tektonizmanın yoğun olduğu alanlarda kromit kristallerinin özellikle çatlaklarında ve kenarları boyunca manyetitleşme izlenmiştir.

Serpantinize dünitlerde (ya da dünitten türeyen serpantinit) olivin alterasyonu ile gelişen ikincil ağsal doku hakimdir. İkincil dokudan hareketle primer olivin oranı %95 den fazladır. Kısmen kalıntı (relict) olivin kristalleri mevcuttur. Çok az miktarda ortopiroksen ve klinopiroksen kalıntıları mevcuttur Olivinin alterasyonu ile yoğun serpantinleşmeye kalsit oluşumu da eklenmiştir. Kromit %2 den azdır.



Şekil 27. Serpantinize harzburgit örneğinde serpantin mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. S: Serpantin)



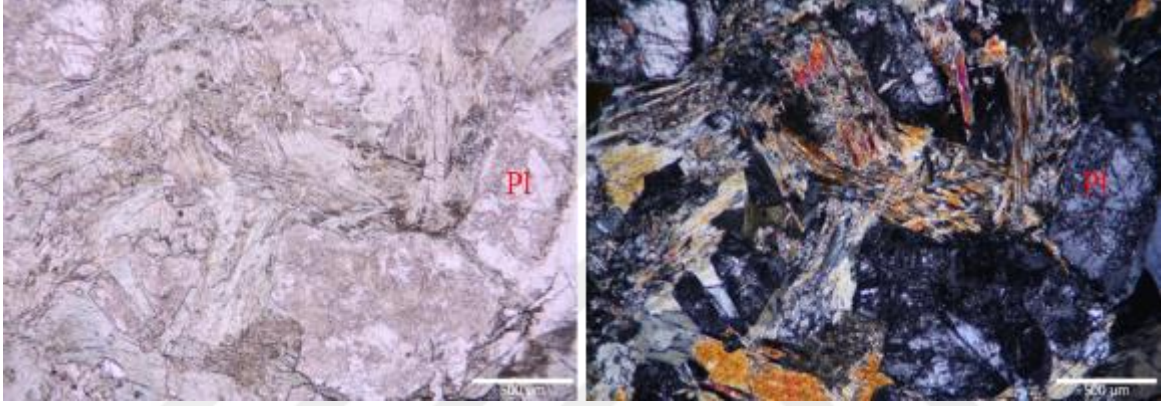
Şekil 28. Serpantinize dunit örneğinde serpantin mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda. S: Serpantin).

3.7. Dolerit/Diyabaz

Serpantinleşmiş ultramafik kayaçları dayk ve stok şeklinde keserek yüzeyleme gösteren bu kayaçlar, sert ve ayrılmaya olan dirençlerinden dolayı küçük tepecikler şeklinde

gözlenirler. Yayılım alanları (mostra yüzey alanları) birkaç metrekareden 100 metrekareye kadar değişmektedir. Çalışma alanı içinde çok küçük yayımlı olduklarından haritaya işlenmemiştir.

Koyu-açık gri renklerde olan bu kayaçlardan alınan örneklerde doleritik, hyalo-ofitik doku gözlenmiştir. Başlıca plajiyoklaz ve piroksen ile alterasyon ürünü minerallerden oluşmaktadır. Mineralojik olarak labrador-bitovnit (%60-80) kristallerinde yoğun albitleşme, kalsitleşme ve epidotlaşma, ojit kristallerinde (%15-25) ise aktinolit, magnetit, kalsit ve kloritleşme yoğunudur.



Şekil 29. Dolerit/Diyabaz örneğinde plajiyoklas mineralinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (TN solda, ÇN sağda.Pl: Plajiyoklaz)

4. KALKSİLİKAT KAYAÇLARIN MİNERAL KİMYASI

Çalışmanın asıl konusunu oluşturan Kalksilikat kayaçların mineral kimyası araştırılmıştır. Buna göre bu metamorfitlet içerisinde mevcut olan asıl minerallerin EPMA ve LA ICP MS analizleri yapılmış, analiz sonuçları tablo halinde verilmiştir (Tablo 1-6).

4.1. Garnet Mineral Kimyası

Kalksilikat Metamorfitletler ait garnetlerde SiO_2 ; % 35-36, Al_2O_3 ; %4-21, CaO ; %29-33, Na_2O ; % 0-0,06 aralığındadır. Garnetlerde Mange ve Morton, (2007) pirop, almandin+spessartin ve grossülerin+andradit kutup oranlarının gösterildiği üçlü ayırım üçgen diyagramları ile almandin+pyrop+spessartin+uvarovit+şolomit, grossüler, andradit üçgen diyagramı kullanılmıştır.

Bu üçgen diyagramlara göre grossüler, andradit bileşimindedir. Granatların K_2O ve Na_2O içeriği son derece düşük olup, hesaplamalara eklenmemişlerdir. (Şekil.30,31)

Tablo 1. Kalksilikatlara ait garnet mikrokimyasal analizleri

oxide	Grt 1	Grt 2	Grt 3	Grt 4	Grt 5	Grt 6	Grt 7	Grt 8
wt %								
SiO_2	36,75	36,49	37,97	36,46	36,48	36,15	37,70	37,84
TiO_2	0,01	0,03	0,04	0,11	0,01	0,93	0,40	0,52
Al_2O_3	20,23	20,66	22,31	20,45	20,63	6,46	4,52	6,63
Cr_2O_3	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
FeO	9,41	8,55	8,01	9,37	8,36	24,19	25,24	23,46
MnO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,42	0,67	0,78
MgO	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,17	0,12	0,18
CaO	32,71	32,88	32,00	32,89	33,07	31,61	29,31	29,58
Na_2O	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,06	0,04	0,01
K_2O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
total	99,13	98,62	100,36	99,33	98,62	100,00	98,01	99,04
Si	5,80	5,76	5,83	5,74	5,76	6,20	6,59	6,47
Ti	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,12	0,05	0,07
Al	3,76	3,85	4,03	3,80	3,84	1,31	0,93	1,34
Fe	1,24	1,13	1,03	1,24	1,11	3,48	3,69	3,36
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,10	0,11
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,05
Ca	5,53	5,56	5,26	5,55	5,60	5,81	5,49	5,42
total	16,32	16,31	16,15	16,35	16,32	17,02	16,89	16,80

Tablo 1'in devamı

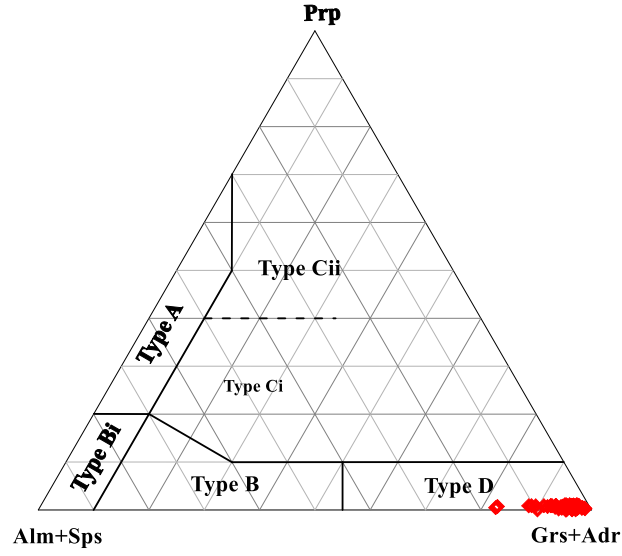
oxide	Grt 9	Grt10	Grt 11	Grt12	Grt 13	Grt 14	Grt 15	Grt 16
wt %								
SiO ₂	34,70	34,72	34,70	36,18	36,40	37,15	37,27	35,97
TiO ₂	0,61	0,59	0,43	0,74	0,62	0,11	0,04	0,74
Al ₂ O ₃	5,31	4,99	4,62	6,82	6,86	19,36	21,03	4,97
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00
FeO	24,39	24,60	25,55	22,50	23,42	10,05	7,96	23,95
MnO	0,68	0,72	0,90	0,42	0,42	0,01	0,04	0,25
MgO	0,08	0,11	0,10	0,18	0,15	0,05	0,00	0,11
CaO	31,95	31,48	31,48	32,79	32,49	32,66	33,24	33,47
Na ₂ O	0,03	0,01	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,02
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	97,75	97,24	97,79	99,69	100,48	99,40	99,58	99,48
Si	6,17	6,21	6,20	6,20	6,20	5,86	5,80	6,25
Ti	0,08	0,08	0,06	0,10	0,08	0,01	0,00	0,10
Al	1,11	1,05	0,97	1,38	1,38	3,60	3,86	1,02
Fe	3,63	3,68	3,82	3,23	3,34	1,33	1,04	3,48
Mn	0,10	0,11	0,14	0,06	0,06	0,00	0,01	0,04
Mg	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,01	0,00	0,03
Ca	6,08	6,03	6,03	6,02	5,93	5,52	5,55	6,23
total	17,19	17,19	17,25	17,02	17,03	16,33	16,26	17,14
oxide	Grt 17	Grt 18	Grt 19	Grt 20	Grt 21	Grt 22	Grt 23	Grt 24
wt %								
SiO ₂	36,13	36,39	36,48	36,33	35,50	34,85	35,63	35,84
TiO ₂	0,71	0,69	0,75	0,78	0,65	0,58	0,40	0,46
Al ₂ O ₃	5,30	7,20	7,56	7,55	5,44	5,36	5,05	4,47
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02
FeO	23,81	22,39	21,51	22,36	24,07	23,70	25,61	25,42
MnO	0,21	0,44	0,45	0,47	0,49	0,37	0,55	0,57
MgO	0,08	0,18	0,18	0,17	0,11	0,06	0,09	0,13
CaO	33,57	32,69	32,79	32,59	31,94	32,52	31,69	31,49
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,00	0,01
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	99,81	99,99	99,74	100,28	98,23	97,46	99,01	98,40
Si	6,24	6,20	6,20	6,16	6,24	6,19	6,25	6,33
Ti	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,05	0,06
Al	1,08	1,44	1,51	1,51	1,13	1,12	1,04	0,93
Fe	3,44	3,19	3,06	3,17	3,54	3,52	3,76	3,76
Mn	0,03	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08
Mg	0,02	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
Ca	6,22	5,96	5,97	5,92	6,02	6,19	5,96	5,96
total	17,13	16,99	16,95	16,98	17,11	17,17	17,17	17,15

Tablo 1'in devamı

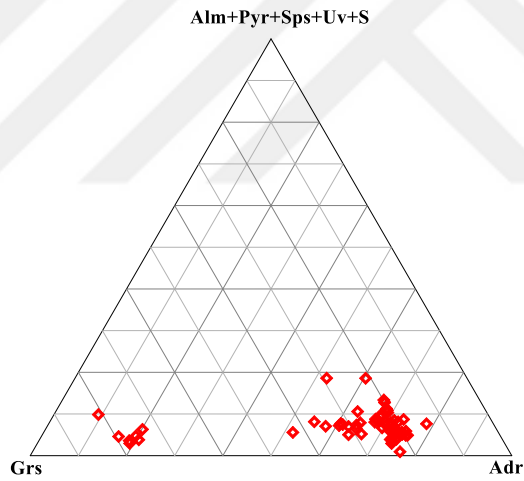
oxide	Grt 25	Grt 26	Grt 27	Grt 28	Grt 29	Grt30	Grt 31	Grt 32
wt %								
SiO ₂	36,07	36,07	36,55	36,03	36,49	36,54	37,39	35,73
TiO ₂	1,19	1,61	0,94	0,74	0,80	0,78	0,75	0,70
Al ₂ O ₃	7,49	6,41	6,38	5,23	7,57	8,27	9,81	4,27
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
FeO	21,73	22,15	21,46	23,66	22,18	20,71	17,57	25,73
MnO	0,24	0,34	0,20	0,25	0,38	0,34	0,44	1,10
MgO	0,13	0,14	0,14	0,09	0,19	0,18	0,20	0,23
CaO	33,87	33,60	33,89	33,67	32,70	32,94	34,18	31,54
Na ₂ O	0,03	0,07	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	100,74	100,39	99,55	99,66	100,34	99,82	100,36	99,31
Si	6,10	6,14	6,25	6,24	6,18	6,17	6,18	6,28
Ti	0,15	0,21	0,12	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
Al	1,49	1,29	1,28	1,07	1,51	1,65	1,91	0,88
Fe	3,07	3,16	3,07	3,43	3,14	2,93	2,43	3,78
Mn	0,03	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,16
Mg	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,06
Ca	6,13	6,13	6,21	6,24	5,93	5,96	6,05	5,93
total	17,01	17,01	16,99	17,13	16,97	16,90	16,77	17,19
oxide	Grt 33	Grt34	Grt 35	Grt36	Grt 37	Grt 38	Grt 39	Grt 40
wt %								
SiO ₂	35,98	36,23	37,20	35,74	35,59	35,76	35,55	35,36
TiO ₂	0,65	0,62	1,30	1,72	1,69	0,84	1,63	1,66
Al ₂ O ₃	3,15	4,73	8,30	5,40	5,78	4,87	5,44	5,63
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	26,88	25,39	19,01	24,41	23,99	24,93	24,43	23,98
MnO	0,47	0,78	0,19	0,41	0,36	0,40	0,38	0,38
MgO	0,16	0,23	0,13	0,25	0,26	0,15	0,26	0,21
CaO	32,07	31,93	34,04	32,79	32,93	33,08	32,64	32,77
Na ₂ O	0,00	0,06	0,00	0,03	0,06	0,04	0,05	0,07
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
total	99,37	99,98	100,17	100,76	100,65	100,08	100,40	100,08
Si	6,35	6,29	6,21	6,13	6,10	6,21	6,13	6,11
Ti	0,09	0,08	0,16	0,22	0,22	0,11	0,21	0,22
Al	0,66	0,97	1,63	1,09	1,17	1,00	1,10	1,15
Fe	3,97	3,69	2,66	3,51	3,44	3,62	3,52	3,47
Mn	0,07	0,12	0,03	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06
Mg	0,04	0,06	0,03	0,06	0,07	0,04	0,07	0,06
Ca	6,06	5,94	6,09	6,03	6,05	6,15	6,02	6,06
total	17,24	17,14	16,81	17,10	17,10	17,19	17,11	17,11

Tablo 1'in devamı

oxide	Grt 41	Grt 42	Grt 43	Grt 44	Grt45	Grt46	Grt 47	Grt 48
wt %								
SiO ₂	35,48	35,90	36,14	36,28	35,68	35,97	36,25	35,54
TiO ₂	1,48	0,85	0,68	0,90	0,92	0,94	0,68	1,66
Al ₂ O ₃	5,26	4,77	5,07	5,21	5,06	4,96	5,24	5,83
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00
FeO	24,51	25,90	25,20	24,34	25,20	25,01	24,86	23,49
MnO	0,36	0,24	0,51	0,40	0,32	0,35	0,36	0,35
MgO	0,22	0,20	0,19	0,18	0,22	0,24	0,19	0,25
CaO	32,71	32,94	32,62	32,80	32,81	32,90	32,98	33,10
Na ₂ O	0,03	0,01	0,05	0,00	0,05	0,02	0,06	0,07
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	100,06	100,81	100,49	100,11	100,27	100,40	100,63	100,26
Si	6,14	6,20	6,24	6,25	6,18	6,21	6,24	6,11
Ti	0,19	0,11	0,09	0,12	0,12	0,12	0,09	0,21
Al	1,07	0,97	1,03	1,06	1,03	1,01	1,06	1,18
Fe	3,55	3,74	3,64	3,51	3,65	3,62	3,58	3,38
Mn	0,05	0,04	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Mg	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06
Ca	6,06	6,09	6,03	6,06	6,09	6,09	6,08	6,09
total	17,13	17,20	17,16	17,10	17,18	17,16	17,14	17,09
oxide	Grt49	Grt 50	Grt51	Grt52	Grt 53	Grt 54	Grt 55	Grt 56
wt %								
SiO ₂	35,74	35,76	35,65	35,36	35,58	35,22	35,54	35,57
TiO ₂	0,79	0,78	0,71	1,28	0,59	1,19	0,67	0,60
Al ₂ O ₃	4,48	4,77	4,57	5,41	5,09	5,47	5,24	5,18
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
FeO	25,75	25,39	26,05	24,85	24,93	24,06	25,15	25,08
MnO	0,45	0,44	0,41	0,40	0,70	0,40	0,71	0,74
MgO	0,19	0,22	0,20	0,26	0,21	0,23	0,21	0,21
CaO	32,64	32,90	32,76	32,85	32,34	32,79	32,44	32,29
Na ₂ O	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,05	0,03	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
total	100,08	100,29	100,37	100,47	99,47	99,41	99,98	99,66
Si	6,23	6,20	6,20	6,11	6,21	6,13	6,18	6,20
Ti	0,10	0,10	0,09	0,17	0,08	0,16	0,09	0,08
Al	0,92	0,98	0,94	1,10	1,05	1,12	1,07	1,06
Fe	3,75	3,69	3,79	3,59	3,64	3,51	3,66	3,66
Mn	0,07	0,07	0,06	0,06	0,10	0,06	0,10	0,11
Mg	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05
Ca	6,09	6,11	6,10	6,08	6,05	6,12	6,04	6,03
total	17,21	17,21	17,24	17,18	17,19	17,15	17,20	17,19



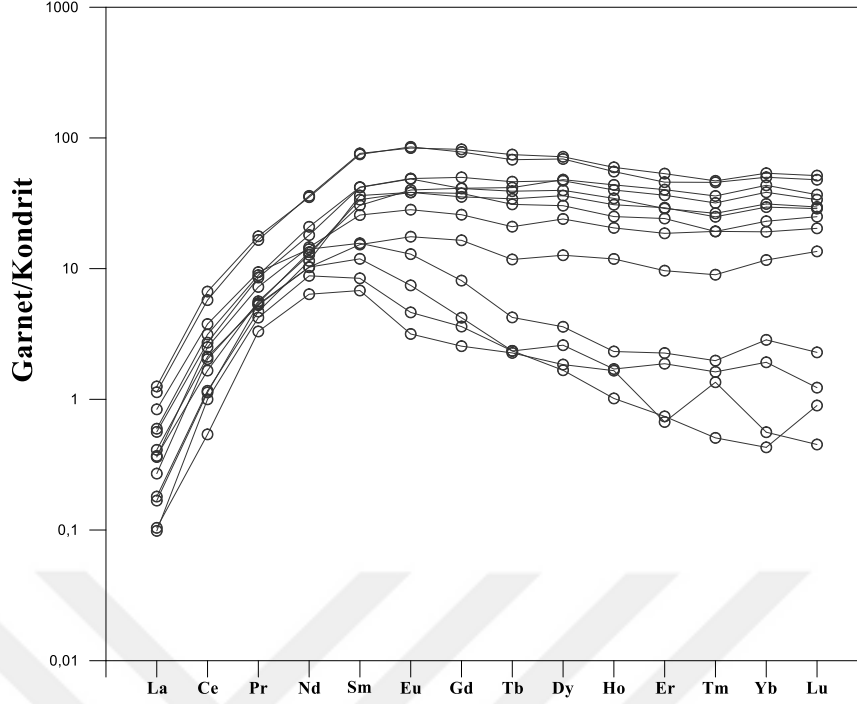
Şekil 30. Kalksilikat Metamorfizmler içerisindeki garnetlere ait Mange ve Morton, (2007) pirop, almandin+spessartin ve grosüleri+andradit kutup oranlarının gösterildiği üçgen ayırtma diyagramı (Semboller: kareler; Kalksilikat Metamorfizmlere aittir)



Şekil 31. Kalksilikatlar içerisindeki garnet kristallerine ait almandin+pyrop+spessartin+uvarovit+şolomit-grosüleri-andradit üçgen ayırtma diyagramı

Tablo 2. Kalksilikatlarda garnete ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri

Örnek	A5-1-1	A5-1-2	A5-4-1	A5-5-1	A5-5-2	A5-6-1	A5-7-1	A5-8-1	A6-9-1	A25-15-1	412-19-1	412-21-1	412-22-1	
NTE	La	0,18	0,35	0,08	0,06	0,11	0,17	0,11	0,39	0,13	0,26	0,03	0,05	0,03
	Ce	2,53	4,64	1,64	0,94	1,34	2,19	2,02	5,39	1,71	3,04	0,44	0,91	0,81
	Pr	1,09	2,02	0,67	0,57	0,69	1,04	0,88	2,16	0,64	1,15	0,40	0,65	0,51
	Nd	12,54	21,63	8,02	6,88	7,66	10,84	8,75	21,11	6,15	8,46	3,82	6,16	5,29
	Sm	8,18	14,86	5,94	7,07	6,57	8,16	5,01	14,60	2,98	3,05	1,33	2,32	1,64
	Eu	3,59	6,15	2,94	2,82	2,82	3,57	2,08	6,28	1,29	0,95	0,23	0,55	0,34
	Gd	12,93	21,18	10,68	9,76	9,16	10,63	6,69	20,22	4,26	2,10	0,66	1,09	0,93
	Tb	2,19	3,53	1,98	1,47	1,62	1,85	0,99	3,23	0,56	0,20	0,11	0,11	0,11
	Dy	15,15	23,10	15,45	9,77	11,66	12,79	7,72	22,24	4,08	1,16	0,59	0,54	0,84
	Ho	2,87	4,28	3,14	1,80	2,22	2,47	1,47	3,97	0,85	0,17	0,12	0,07	0,12
	Er	7,65	11,19	8,44	5,08	6,14	6,06	3,91	9,63	2,02	0,48	0,14	0,16	0,39
	Tm	1,08	1,60	1,22	0,65	0,85	0,90	0,66	1,55	0,31	0,07	0,05	0,02	0,06
	Yb	8,02	11,23	9,08	4,82	6,18	6,53	4,00	10,45	2,43	0,60	0,12	0,09	0,40
	Lu	1,08	1,66	1,19	0,80	0,93	0,95	0,66	1,54	0,44	0,07	0,01	0,03	0,04
Normalize NTE	La	0,60	1,13	0,27	0,18	0,37	0,56	0,36	1,25	0,41	0,84	0,10	0,17	0,10
	Ce	3,13	5,74	2,03	1,16	1,66	2,71	2,51	6,67	2,12	3,77	0,54	1,13	1,00
	Pr	8,92	16,57	5,45	4,69	5,62	8,55	7,24	17,69	5,26	9,40	3,31	5,34	4,22
	Nd	20,91	36,05	13,37	11,47	12,77	18,07	14,59	35,19	10,25	14,11	6,37	10,27	8,82
	Sm	41,97	76,19	30,48	36,23	33,68	41,83	25,70	74,85	15,29	15,63	6,81	11,89	8,43
	Eu	48,90	83,70	39,95	38,31	38,33	48,52	28,26	85,45	17,54	12,91	3,16	7,44	4,62
	Gd	49,91	81,76	41,23	37,67	35,38	41,04	25,83	78,06	16,47	8,09	2,55	4,21	3,60
	Tb	46,27	74,53	41,68	31,01	34,24	39,10	20,93	68,19	11,75	4,23	2,26	2,35	2,35
	Dy	47,04	71,75	47,98	30,34	36,20	39,72	23,97	69,07	12,66	3,59	1,84	1,67	2,59
	Ho	39,97	59,56	43,73	25,02	30,86	34,47	20,49	55,27	11,85	2,32	1,66	1,02	1,71
	Er	36,42	53,30	40,20	24,17	29,25	28,85	18,63	45,87	9,64	2,26	0,67	0,74	1,87
	Tm	31,83	46,92	35,99	19,24	24,93	26,52	19,28	45,71	8,99	1,98	1,35	0,51	1,62
	Yb	38,35	53,74	43,43	23,04	29,57	31,23	19,13	49,99	11,63	2,85	0,56	0,43	1,92
	Lu	33,67	51,44	36,82	24,95	28,81	29,60	20,35	47,85	13,55	2,29	0,45	0,90	1,23
	Eu/Eu*	1,06	1,06	1,11	1,04	1,11	1,17	1,10	1,12	1,10	1,09	0,68	0,92	0,77
Yb/Gd	0,77	0,66	1,05	0,61	0,84	0,76	0,74	0,64	0,71	0,35	0,22	0,10	0,53	
Sm/Nd	2,01	2,11	2,28	3,16	2,64	2,31	1,76	2,13	1,49	1,11	1,07	1,16	0,96	
LREE	75,52	135,68	51,60	53,73	54,10	71,73	50,39	135,65	33,32	43,73	17,12	28,79	22,56	
HREE	372,37	576,69	371,01	253,77	287,59	319,05	196,87	545,45	114,09	40,53	14,51	19,26	21,51	



Şekil 32. Kalksilikat kayalara ait garnetlerin örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı, (Sun and Macdonald 1989 C1 kondrit, Sun 1980, Wood at all 1979, Boynton 1984)

Kalksilikatlara ait garnetlerin NTE ve iz element içerikleri (ppm) La 0.03-0.26, Ce; 0.44-5.39, Pr; 0.40-2.16, Nd; 3.82-21.63, Sm; 1.33-14.86, Eu; 0.23-6.28, Gd; 0.66-21.18, Tb; 0.11-3.53, Dy; 0.54-23.10, Ho; 0.07-4.28, Er; 0.14-11.19, Tm; 0.02-1.60, Yb; 0.09-11.23, Lu; 0.01-1.66 değerine sahiptir. Benzer şekilde toplam hafif NTE içerikleri 17.12-135.68, toplam ağır NTE içerikleri 14.51-576.69 arasındadır. Garnetlerin Eu/Eu* oranları da 0.68-1.17 arasında değişmektedir (Tablo 2).

4.2. Plajiyoklaz Mineral Kimyası

Kalksilikat Metamorfitlere ait plajiyoklazlarda SiO₂; %59-67, Al₂O₃; %20-28, CaO; %0,1-0,4, Na₂O; % 6-13 aralığındadır.

Kalksilikat Metamorfitlerde bulunan plajiyoklazlar albit bileşiminde olup bir örnek anortoklas bileşimindedir. Pegmatitik gabrolara ait plajiyoklazlar Ab₆₇₋₉₉ bileşimindedir. Gnaylarda K₂O içeriği son derece düşük olup, örneklerin birkaç tanesi hariç Or bileşimi sifıra yakındır (Şekil 33).

Tablo 3. Kalksilikatlara ait plajiyoklaz mikrokimyasal analizleri

oxide	Plj 1	Plj 2	Plj 3	Plj 4	Plj 5	Plj 6	Plj 7	Plj 8
SiO ₂	67,70	67,88	67,47	64,35	65,25	63,60	66,85	67,44
TiO ₂	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	19,72	19,64	19,99	21,61	19,73	20,90	20,26	20,14
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	0,01	0,01	0,01	0,08	0,03	0,03	0,01	0,02
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
CaO	0,27	0,13	0,15	0,17	0,15	0,49	0,22	0,15
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	12,98	12,95	12,96	13,65	13,53	13,92	13,08	12,92
K ₂ O	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,05	0,05
total	100,74	100,70	100,65	99,95	98,80	99,04	100,49	100,73
Or	0,27	0,35	0,35	0,36	0,39	0,42	0,26	0,24
Ab	98,59	99,12	99,02	98,98	99,00	97,70	98,81	99,15
An	1,13	0,54	0,62	0,67	0,61	1,89	0,93	0,61
Si	2,91	2,92	2,90	2,76	2,84	2,74	2,87	2,89
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,00	0,99	1,01	1,09	1,01	1,06	1,03	1,02
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	1,08	1,08	1,08	1,13	1,14	1,16	1,09	1,08
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
oxide	Plj 9	Plj 10	Plj11	Plj 12	Plj 13	Plj 14	Plj 15	Plj 16
SiO ₂	67,10	65,61	65,90	65,22	65,06	64,89	63,50	64,70
TiO ₂	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	20,11	20,63	20,27	20,24	21,09	21,39	24,30	22,32
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04	0,05	0,20	0,12
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,03	0,03
CaO	0,32	0,53	0,43	0,33	0,47	0,30	0,30	0,52
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	12,87	12,84	13,27	13,19	12,56	12,07	10,13	11,62
K ₂ O	0,04	0,10	0,10	0,10	0,54	0,86	2,07	0,92
total	100,46	99,76	100,00	99,09	99,76	99,59	100,52	100,23
Or	0,22	0,51	0,49	0,47	2,68	4,43	11,67	4,83
Ab	98,43	97,28	97,74	98,18	95,36	94,26	86,92	92,89
An	1,35	2,21	1,77	1,35	1,96	1,31	1,41	2,28

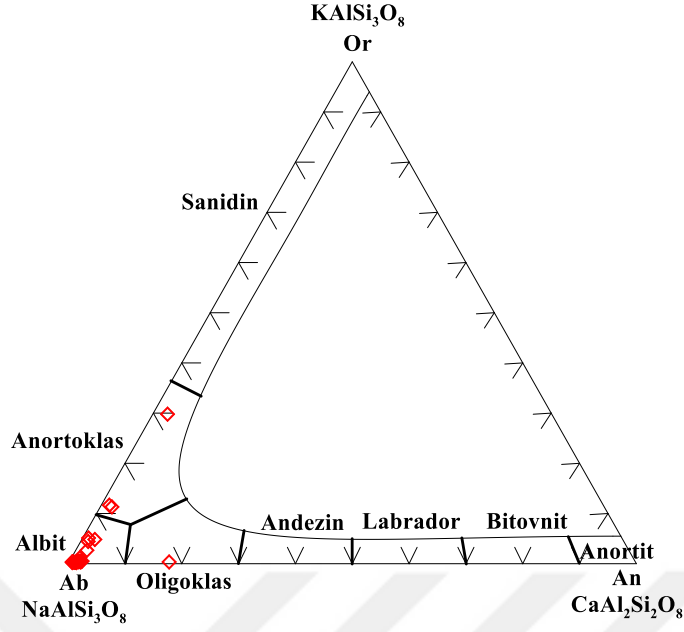
Tablo 3'ün devamı

Si	2,89	2,84	2,84	2,83	2,82	2,82	2,76	2,80
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,02	1,05	1,03	1,04	1,08	1,10	1,25	1,14
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	1,07	1,08	1,11	1,11	1,05	1,02	0,85	0,98
K	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,11	0,05

oxide	Plj 17	Plj 18	Plj 19	Plj 20	Plj 21	Plj 22
SiO2	66,94	67,65	66,19	64,75	66,03	59,57
TiO2	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00
Al2O3	20,17	20,38	21,53	23,59	20,21	28,36
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	0,12	0,03	0,12	0,12	0,05	0,16
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,01	0,01	0,19	0,14	0,01	0,17
CaO	0,36	0,34	0,23	0,42	0,49	0,44
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2O	12,94	12,62	11,33	9,92	12,78	6,30
K2O	0,08	0,22	0,94	1,97	0,07	4,22
total	100,62	101,26	100,54	100,91	99,65	99,21

Or	0,40	1,14	5,12	11,32	0,35	29,79
Ab	98,07	97,41	93,85	86,63	97,60	67,61
An	1,53	1,45	1,03	2,05	2,05	2,60

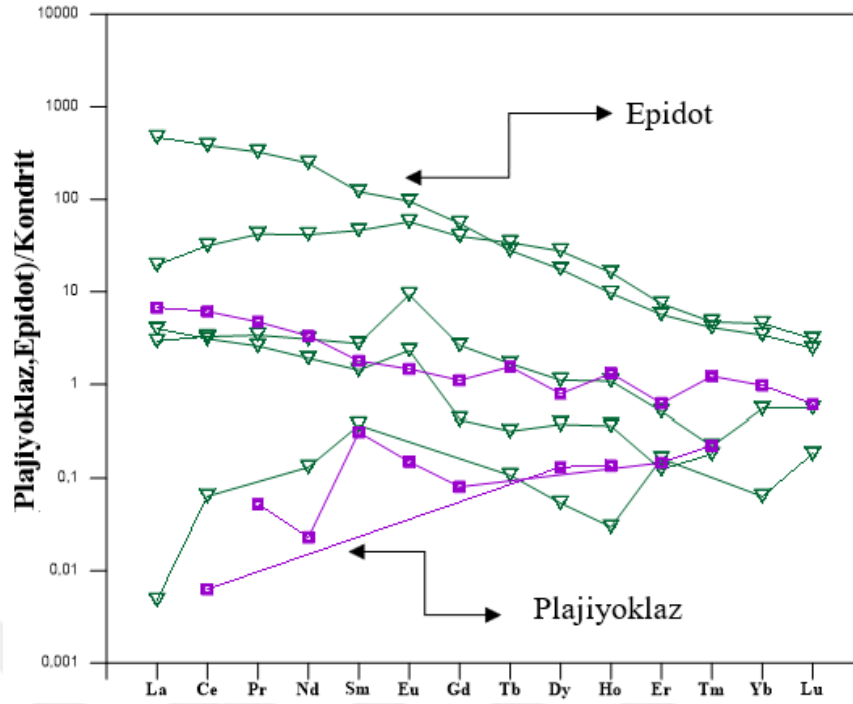
Si	2,88	2,90	2,87	2,81	2,86	2,67
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,02	1,03	1,10	1,21	1,03	1,50
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Ca	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	1,08	1,05	0,95	0,84	1,07	0,55
K	0,00	0,01	0,05	0,11	0,00	0,24



Şekil 33. Kalksilikatlara ait plajiyoklas ayırtman diyagramı

Tablo 4. Kalksilikatlarda plajiyoklasa (ve epidota) ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri

Örnek	A25-15-3	412-21-12	412-22-12	A6-10-1 ep	A6-11-1 ep	A6-11-2 ep	A25-14-1 ep	A25-15-2ep
NTE	La	2,08	0,00	0,00	144,39	5,99	0,00	1,23
	Ce	4,94	0,01	0,00	308,37	25,39	0,05	2,50
	Pr	0,58	0,00	0,01	39,61	5,12	0,00	0,32
	Nd	2,01	0,00	0,01	147,38	24,94	0,08	1,15
	Sm	0,35	0,00	0,06	23,54	8,95	0,07	0,28
	Eu	0,11	0,00	0,01	7,01	4,20	0,00	0,17
	Gd	0,29	0,00	0,02	14,20	10,25	0,00	0,11
	Tb	0,07	0,00	0,00	1,33	1,61	0,01	0,02
	Dy	0,26	0,04	0,00	5,65	8,89	0,02	0,12
	Ho	0,09	0,01	0,00	0,69	1,16	0,00	0,03
	Er	0,13	0,00	0,03	1,19	1,56	0,03	0,03
	Tm	0,04	0,00	0,01	0,14	0,16	0,00	0,01
	Yb	0,20	0,00	0,00	0,71	0,95	0,01	0,00
	Lu	0,02	0,00	0,00	0,08	0,10	0,01	0,00
Normalize NTE	La	6,72	0,00	0,00	465,76	19,32	0,00	3,96
	Ce	6,12	0,01	0,00	381,64	31,43	0,06	3,28
	Pr	4,74	0,00	0,05	324,69	41,93	0,00	2,60
	Nd	3,35	0,00	0,02	245,63	41,57	0,13	1,91
	Sm	1,79	0,00	0,31	120,74	45,90	0,37	1,43
	Eu	1,47	0,00	0,15	95,34	57,09	0,00	2,33
	Gd	1,11	0,00	0,08	54,81	39,56	0,00	0,43
	Tb	1,55	0,00	0,00	27,99	34,06	0,11	0,32
	Dy	0,79	0,13	0,00	17,54	27,60	0,05	0,38
	Ho	1,32	0,14	0,00	9,66	16,14	0,03	0,36
	Er	0,63	0,00	0,15	5,68	7,43	0,16	0,12
	Tm	1,22	0,00	0,22	4,10	4,74	0,00	0,18
	Yb	0,98	0,00	0,00	3,41	4,53	0,06	0,00
	Lu	0,61	0,00	0,00	2,44	3,09	0,18	0,00
Eu/Eu*		1,01	0,00	0,76	1,09	1,34	0,00	3,44
Yb/Gd		0,88	0,00	0,00	0,06	0,11	0,00	0,21
Sm/Nd		0,54	0,00	13,71	0,49	1,10	2,84	0,90
LREE		22,71	0,01	0,39	1538,46	180,15	0,57	15,44
HREE		9,68	0,27	0,60	220,98	194,22	0,60	17,66



Şekil 34. Kalksilikat kayalara ait plajiyoklaz ve epidotların örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı, (Değerler Sun and Macdonald (1989) C1 kondrit, Sun (1980), Wood at all (1979), Boynton (1984)'e göre alınmıştır)

Kalksilikat Metamorfittlere ait plajiyoklazların ve epidotların NTE ve iz element içerikleri (ppm) La 0-144.39, Ce; 0-308.37, Pr; 0-39.61, Nd; 0-147.38, Sm; 0-23.54, Eu; 0-7.01, Gd; 0-14.20, Tb; 0-1.61, Dy; 0.03-8.89, Ho; 0-1.16, Er; 0-1.56, Tm; 0-0.16, Yb; 0-0.95, Lu; 0-0.10 değerine sahiptir. Benzer şekilde toplam hafif NTE içerikleri 0.01-1538.46, toplam ağır NTE içerikleri 0.27-220.98 arasındadır. Plajiyoklaz ve epidotların Eu/Eu* oranları da 0-3.44 arasında değişmektedir (Tablo 4).

4.3. Piroksen Mineral Kimyası

Kalksilikat Metamorfittlere ait piroksenlerde SiO₂ %38-55, Al₂O₃; %0-23, CaO; %20-52, Na₂O; % 0-1 aralığındadır.

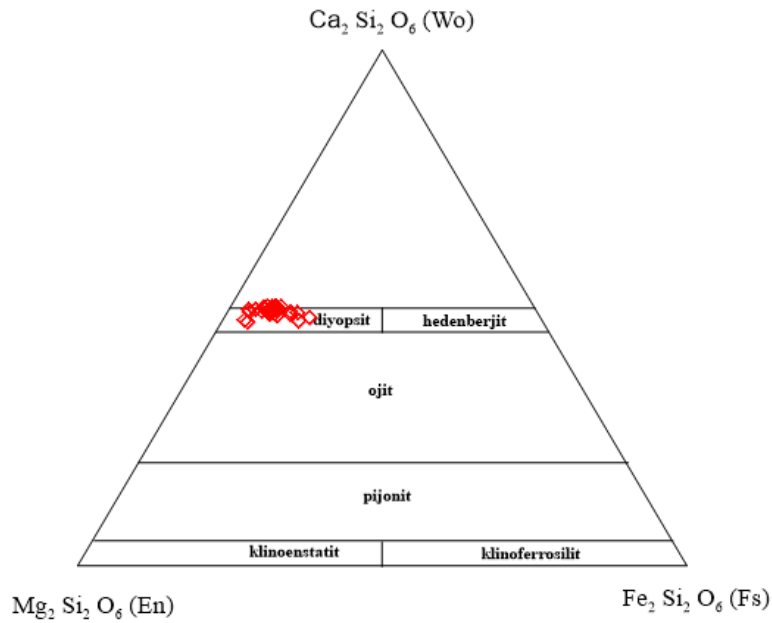
Tablo 5. Kalsilikatlara ait piroksen mikrokimyasal analizleri

oxide	Prx1	Prx2	Prx3	Prx4	Prx5	Prx6	Prx7	Prx8	Prx9	Prx10
wt %										
SiO ₂	53,59	54,79	53,94	54,47	53,53	53,24	54,18	46,80	53,92	56,66
TiO ₂	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03
Al ₂ O ₃	1,15	1,01	1,09	0,99	0,93	1,12	0,88	1,23	1,06	1,27
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
FeO	5,70	5,92	4,89	3,54	6,33	6,88	4,69	7,41	6,15	1,86
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	13,66	13,61	14,25	15,08	14,00	13,42	14,57	11,42	13,86	16,53
CaO	23,08	20,98	23,72	24,38	23,48	23,45	24,06	20,37	23,66	24,44
Na ₂ O	0,86	0,83	0,78	0,50	0,96	0,95	0,72	1,40	0,85	0,49
total	98,04	97,14	98,67	98,97	99,25	99,04	99,11	88,65	99,51	101,28
Si	2,01	2,08	2,01	2,01	1,99	1,99	2,01	1,95	2,00	2,03
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,00	0,15	0,02	0,00
Fe ₂	0,18	0,19	0,15	0,11	0,14	0,17	0,14	0,11	0,17	0,06
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,76	0,77	0,79	0,83	0,77	0,75	0,80	0,71	0,77	0,88
Ca	0,93	0,85	0,95	0,97	0,93	0,94	0,95	0,91	0,94	0,94
Na	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	0,07	0,05	0,11	0,06	0,03

oxide	Prx11	Prx12	Prx13	Prx14	Prx15	Prx16	Prx17	Prx18	Prx19	Prx20
wt %										
SiO ₂	56,08	56,12	54,61	55,45	55,07	56,01	55,30	54,44	54,32	54,32
TiO ₂	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
Al ₂ O ₃	0,92	0,51	1,17	0,83	0,66	0,48	0,93	0,82	0,87	1,05
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	2,12	2,60	5,05	4,30	3,39	3,37	3,88	4,15	4,21	4,71
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	16,74	16,50	14,72	15,45	15,60	16,12	15,33	15,21	15,00	15,02
CaO	24,50	25,00	23,33	23,97	24,68	24,71	23,98	23,84	24,23	23,79
Na ₂ O	0,46	0,27	0,96	0,66	0,41	0,32	0,61	0,77	0,49	0,86
total	100,83	101,01	99,88	100,66	99,82	101,03	100,04	99,23	99,13	99,74
Si	2,02	2,03	2,00	2,02	2,02	2,03	2,02	2,01	2,01	1,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03
Fe ₂	0,06	0,08	0,15	0,13	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13	0,11
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,90	0,89	0,80	0,84	0,85	0,87	0,84	0,84	0,83	0,82
Ca	0,95	0,97	0,92	0,93	0,97	0,96	0,94	0,94	0,96	0,94
Na	0,03	0,02	0,07	0,05	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,06

Tablo 5'in devamı

oxide	Prx21	Prx22	Prx23	Prx24	Prx25	Prx26	Prx27	Prx28	Prx29
wt %									
SiO ₂	54,87	54,23	54,18	55,03	55,70	55,44	54,84	55,29	54,46
TiO ₂	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	0,56	0,47	0,28	0,84	0,54	0,56	0,88	1,06	1,09
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	3,40	4,05	4,34	4,37	3,30	3,31	4,17	4,64	4,92
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	15,48	14,95	14,91	14,46	15,61	15,60	15,04	14,68	14,14
CaO	24,31	24,48	24,67	24,09	24,76	24,70	23,93	23,92	24,06
Na ₂ O	0,36	0,51	0,22	0,60	0,40	0,38	0,74	0,80	0,77
total	98,99	98,71	98,62	99,40	100,30	100,02	99,60	100,41	99,46
Si	2,03	2,01	2,02	2,03	2,03	2,03	2,02	2,02	2,01
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,11	0,13	0,14	0,14	0,10	0,10	0,13	0,14	0,15
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,85	0,83	0,83	0,80	0,85	0,85	0,82	0,80	0,78
Ca	0,96	0,97	0,99	0,95	0,97	0,97	0,94	0,94	0,95
Na	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06

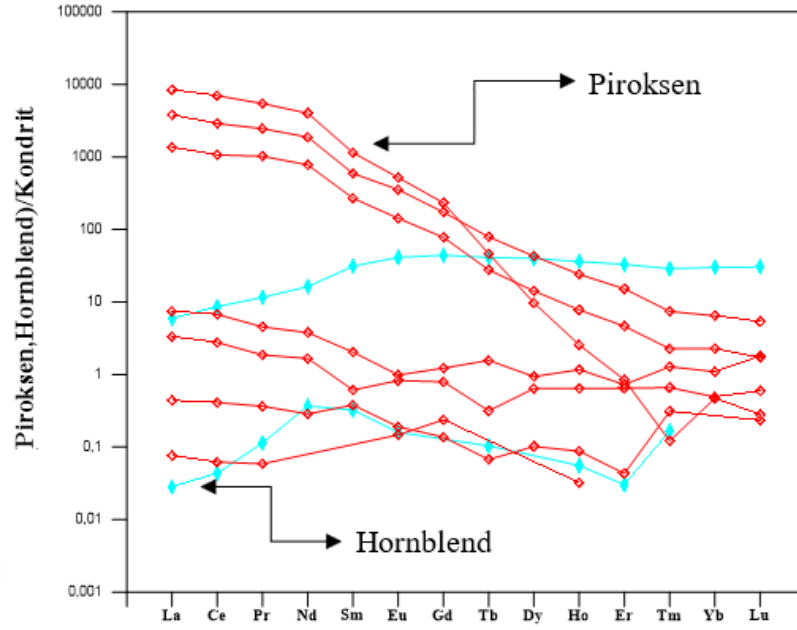


Şekil 35. Kalksilikat Metamorfizmlere ait piroksen ayırtma diyagramı (Semboller: kareler; Kalksilikat Metamorfizmlere aittir)

Kalksilikat Metamorfitlere ait piroksenler piroksen ayırım diyagramında Diyopsit aralığında dağılım gösterirler (Şekil 35).

Tablo 6. Kalksilikatlarda piroksene (ve hornblend) ait NTE element içerikleri ve kondrite göre normalize edilmiş değerleri

Örnek		A5-2-1	A5-2-2	A5-4-2	A5-23-1	A5-23-2	A6-10-2	A25-14-2	A5-3-1 hbl	A5-3-2 hbl
NTE	La	1174,68	2,31	2601,85	0,14	1,03	421,32	0,02	0,01	1,83
	Ce	2337,44	5,45	5656,39	0,33	2,24	863,23	0,05	0,04	6,96
	Pr	300,11	0,55	665,05	0,04	0,23	124,71	0,01	0,01	1,41
	Nd	1127,12	2,27	2406,67	0,17	1,00	466,30	0,00	0,22	9,77
	Sm	115,25	0,40	223,50	0,07	0,12	52,64	0,00	0,06	6,09
	Eu	26,07	0,07	38,21	0,01	0,06	10,46	0,01	0,01	3,03
	Gd	44,70	0,32	60,08	0,04	0,21	20,14	0,06	0,00	11,44
	Tb	3,74	0,07	2,19	0,00	0,01	1,31	0,00	0,00	1,94
	Dy	13,81	0,30	3,14	0,03	0,21	4,57	0,00	0,00	12,89
	Ho	1,73	0,08	0,18	0,01	0,05	0,56	0,00	0,00	2,59
	Er	3,19	0,15	0,18	0,01	0,14	0,97	0,00	0,01	6,94
	Tm	0,25	0,04	0,00	0,01	0,02	0,08	0,00	0,01	0,98
	Yb	1,35	0,23	0,10	0,00	0,10	0,47	0,00	0,00	6,28
	Lu	0,17	0,06	0,01	0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	0,99
Normalize NTE	La	3789,29	7,45	8393,07	0,44	3,33	1359,10	0,08	0,03	5,89
	Ce	2892,87	6,75	7000,48	0,41	2,77	1068,35	0,06	0,04	8,61
	Pr	2459,90	4,53	5451,21	0,36	1,86	1022,19	0,06	0,11	11,58
	Nd	1878,53	3,78	4011,12	0,29	1,66	777,17	0,00	0,37	16,29
	Sm	591,01	2,04	1146,14	0,38	0,61	269,97	0,00	0,32	31,23
	Eu	354,64	0,98	519,85	0,19	0,83	142,27	0,15	0,16	41,17
	Gd	172,59	1,23	231,96	0,14	0,79	77,77	0,24	0,00	44,18
	Tb	78,93	1,57	46,22	0,07	0,32	27,59	0,00	0,10	41,02
	Dy	42,89	0,93	9,74	0,10	0,64	14,19	0,00	0,00	40,03
	Ho	24,10	1,17	2,56	0,09	0,64	7,79	0,03	0,06	36,04
	Er	15,17	0,73	0,84	0,04	0,65	4,62	0,00	0,03	33,05
	Tm	7,39	1,28	0,12	0,31	0,66	2,26	0,00	0,17	28,78
	Yb	6,45	1,09	0,47	0,00	0,49	2,27	0,00	0,00	30,05
	Lu	5,36	1,79	0,28	0,23	0,59	1,70	0,00	0,00	30,89
Eu/Eu*		0,93	0,60	0,75	0,74	1,18	0,82	1,24	0,99	1,09
Yb/Gd		0,04	0,89	0,00	0,00	0,62	0,03	0,00	0,00	0,68
Sm/Nd		0,31	0,54	0,29	1,32	0,37	0,35	0,00	0,88	1,92
LREE		11611,61	24,54	26002,02	1,88	10,24	4496,78	0,20	0,87	73,59
HREE		707,53	10,77	812,04	1,17	5,61	280,46	0,42	0,51	325,19



Şekil 36. Kalksilikat kayalara ait piroksen ve hornblendlerin örümcek diyagramı üzerinde NTE element dağılımı, (Değerler Sun and Macdonald (1989) C1 kondrit, Sun (1980), Wood at all (1979), Boynton (1984)'e göre alınmıştır.)

Kalksilikat Metamorfitlere ait piroksen ve hornblendlerin NTE ve iz element içerikleri (ppm) La 0.01-2601.85, Ce; 0.04-5656.39, Pr; 0.01-665.05, Nd; 0-2406.67, Sm; 0-223.50, Eu; 0.01-38.21, Gd; 0-60.08, Tb; 0-3.74, Dy; 0-13.81, Ho; 0-2.59, Er; 0-6.94, Tm; 0-0.98, Yb; 0-6.28, Lu; 0-0.99 aralığında bulunur. Benzer şekilde toplam hafif NTE içerikleri 0,20-11611,61, toplam ağır NTE içerikleri 0.42-707.53 arasındadır. Piroksen ve hornblendlerin Eu/Eu* oranları da 0.60-1.24 arasında değişmektedir (Tablo 6).

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

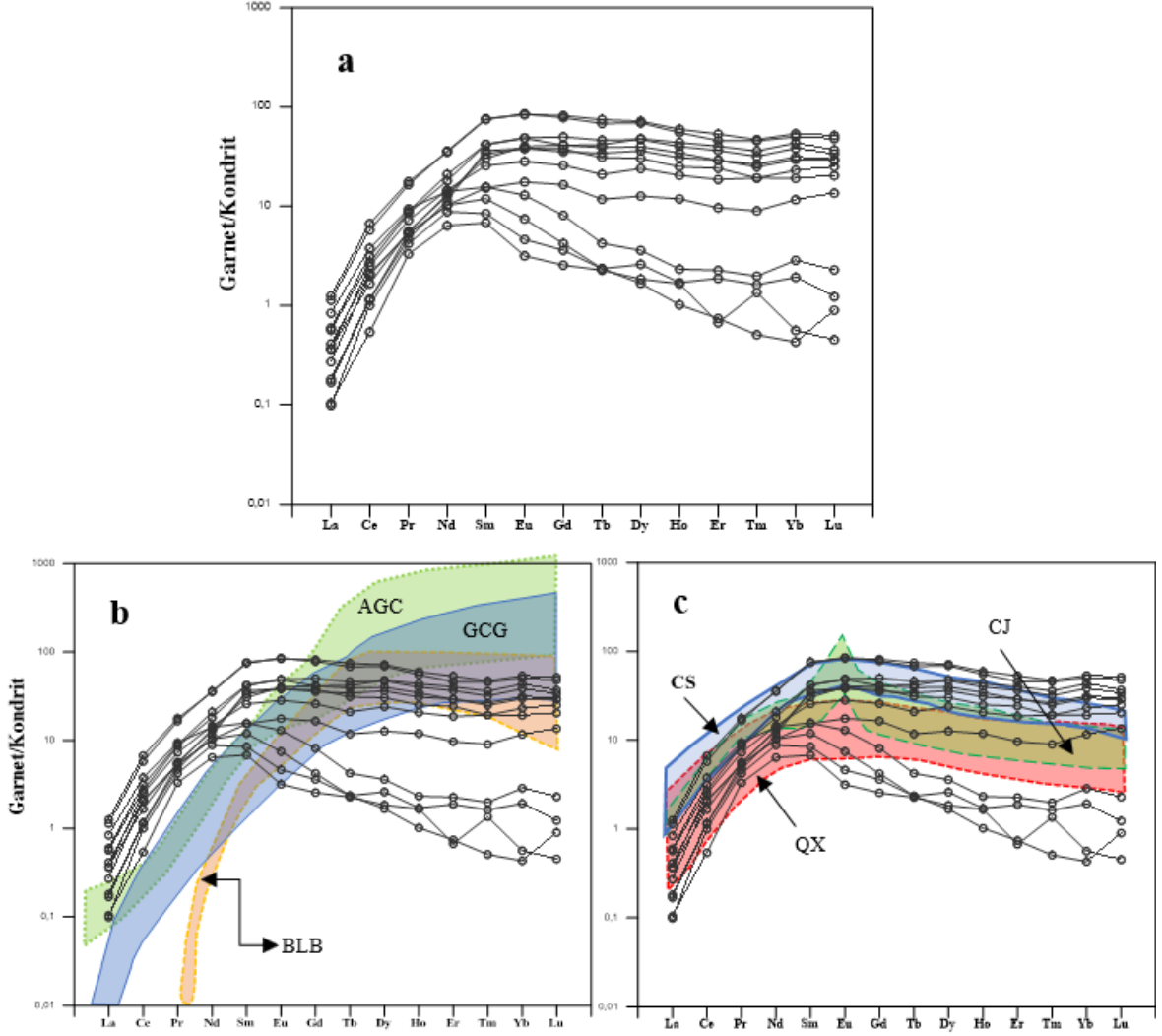
İnceleme alanındaki metamorfitle bölgesel ve kontak olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Kontak metamorfitle kalsilikat şist karakterli olup bölgesel metamorfitle içerisinde adese şeklinde yer alırlar. Sahadaki bölgesel metamorfitle sahip oldukları mineralojik ve petrografik (doku, mineral parajenezleri vb) özellikleriyle Orta Anadolu Metamorfik Masifinin bir parçası olarak kabul edilmiştir (Şekil 8-10). Bu metamorfitle sonradan kontak metamorfizma etkisiyle yoğun garnet içeren garnetfels/kalsilikat metamorfit özelliği kazanmışlardır (Şekil.17-22). Orta derece metamorfik yeşil-şist, amfibolit-şist, kalkışist özelliğindeki bölgesel metamorfitle içerisinde gelişen kalsilikat kayalar her ne kadar kontak metamorfizmanın kendine özgü özelliklerine sahip olsalar da, yer yer ilksel olan bölgesel metamorfizma izlerini de taşırlar. Garnetfels ve kalsilikat metamorfitlelerdeki skarn dokuları bunların oluşumunda basınçtan ziyade ısınnın daha etken olmasını gerektirir (Şekil 21 ve 22). Kalsilikat kayaçların mineral parajenezleri kontak metamorfizma ile oluşmuş olabileceklerine kanıt olarak gösterilebilir (Buick, 1994). Garnetin epidot ile birlikte beraber büyüme dokusu (granitlerde gelişen yazı dokusu gibi) da bunların kontak metamorfizma ile gelişmiş olduklarının kanıtıdır (Buick, 1994; Prakash ve diğ., 2017).

Kristal kimyası ve XRD analizlerine göre kalsilikat kayaçlar içerisindeki garnetler grossular ve andradit bileşimindedir. Ca ve Fe ce zengin olan bu granatların katı izomorf seri oluşturmaları bölgesel metamorfizmadan ziyade kontak metamorfizma ile oluşmuş olabileceklerini gösterir. Mineral parajenezi olarak bu kalsilikat kayaçlar içerisindeki vollastonitin mevcudiyeti kontak metamorfizmanın etkisinin bir diğer kanıtı olarak sayılabilir.

Saha içerisinde kontak metamorfizmayı oluşturabilecek magmatik intrüzyonlara (gabro, granit vb.) rastlanılmamıştır. Ancak sahanın 5 km kadar batısında subvolkanik intrüzivler mevcuttur. Bölgesel metamorfitle içerisindeki kalsilikat kayaçların ısı kaynağının bu tür subvolkanik kayaçlar olduğu, ancak ilksel olarak oluştukları bölgeden KD yönünde ve serpantinitler üzerinde sürüklendikleri kanısına varılmıştır.

Kontak metamorfizma ile oluşmuş kalsilikat kayaç içerisindeki garnet kristallerinde çoğu kalsilikat kayaçalarda mevcut olan zonlu yapı görülmemiştir. Bunun nedeni kontak metamorfizmaya neden olan intrüziv kayaçların asit bileşimli (granit, granodiyorit, vb.) olmaktan ziyade bazik karakterli olmasına bağlanmıştır.

Örümcek diyagramlarında garnet kristallerinin normalize edilmiş hafif NTE (HNTE) bakımından fakir, ancak ağır NTE (ANTE) bakımından zengin oldukları görülmektedir. Bu durum granatların hafif NTE lerden ziyade ağır NTE leri daha fazla tercih ettiklerini göstermektedir. Burada grossular ve andradit, nispeten küçük iyon çapına sahip ANTE'leri (örneğin Y, Ho, Er, Yb) kristal yapısına almıştır.



Şekil 37. Kalksilikat kayalara ait garnetlerdeki NTE örümcek diyagramları. a- Kalksilikat içindeki garnetin kondrite göre normalleştirilmiş NTE dağılımı, b- Kalksilikat içindeki garnetin kondrite göre normalleştirilmiş NTE dağılımının bölgesel metamorfizma ile oluşmuş garnetler ile, c- garnete ait kondrite göre normalleşmiş dağılımının kontak metamorfizma ürünü garnetler ile karşılaştırılması (AGC: Acasta Gneiss Complex, Kaempfer vd. (2023), GCG: Gneiss Complex, southwest Greenland, Alfing vd. (2024), BLB: Borden Lake Belt, LaFontaine vd. (2022); CJ: Crown Jewel gold deposit, Gaspar vd. (2008), QX: Qiaomaishan skarn deposit, Xuancheng, Li vd. (2021), CS: Central Serbia, Kostic vd. (2021)).

Kalksilikatların oluşumu sırasında hafif NTE'ler (HNTE; La, Ce, Nd gibi) garnetin kristal yapısından ziyade ortamdaki diğer minerallerde kendilerine yer bulmuş olup, garnetten ziyade piroksen amfibol ve epidotun yapısını tercih etmişlerdir. Granatların örümcek diyagramlarında kondrite göre normalize edilmiş NTE değerleri hem bölgesel ve hem de kontak metamorfizma ile gelişmiş granatlar ile karşılaştırılmıştır (Şekil 37). Buna göre Artova kalksilikat metamorfizma ile gelişmiş granatların NTE örümcek diyagramları, literatürdeki bölgesel metamorfizma ile gelişmiş olanlar ile çok daha benzer oldukları görülmüştür.

Garnet örümcek diyagramlarında Eu/Eu^* değerlerinin 1'e yakın olması (Eu/Eu^* : 0.7-1.1), yani anomali vermemesi, Eu'nun normal davrandığını, ilksel kayanın (protolit) plajiyoklas içermeyen kayaçlardan türemiş olabileceğini (plajiyoklas içeren granit, gabro, bazalt, andezit, tuf, piroklastit vb. olamayacağını), ancak bünyesinde Al, Ca ve bir miktar da Fe'nin olması gerektiğini gösterir. Böyle bir ilksel kayanın kil bakımından zengin kilaşı veya marn bileşimli tortul veya bunlardan türemiş serisit şist, mikaşist gnays türü bölgesel metamorfik kayaçlar olabileceğini gösterir. Bölgesel jeolojiye bakıldığında, kalksilikat metamorfizma ile orta derece metamorfizmaya uğramış bu tür bölgesel metamorfizma ile gelişmiş granatların bahsedilen ilksel kaya düşüncesini desteklemektedir.

Piroksen, hornblend epidot ve plajiyoklaslarda HNTE'lerin ANTE'lere oranla zenginleşmesi ANTE'lerin daha küçük iyon yarıçapına sahip olmasına bağlanmıştır. ANTE'ler yüksek sıcaklıklarda grossularit ve andradit kristal yapısını tercih ederler. HNTE'ler ise büyük iyon yarıçaplı olmalarından dolayı grossularit ve andraditten ziyade kendi parajenezleri olan piroksen, hornblend, epidot veya plajiyolas kristal yapısını tercih etmişlerdir.

Çalışmada Artova civarında yüzeylenen orta derece bölgesel metamorfik kayaçlar içinde yüzeylenen kalksilikat metamorfik kayaçlarının dağılımı, mineralojik-petrografik özellikleri ile mikrokimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalar ile kalksilikat metamorfizma ile gelişmiş granatların bölgesel metamorfizma ile gelişmiş olanlar ile çok daha benzer oldukları görülmüştür. Grossular ve andradit türü iki tip garnet, diopsit, vollastonit ve yoğun epidot içermeleri, bunların kontak metamorfizma ürünü olduğunu teyit etmektedir. Bir diğer kanıt da bunların bölgesel metamorfizma ile gelişmiş olan dokusal farklılıklarıdır. Bölgesel

metamorfitleerin aksine iç içe büyüme dokularının varlığı kalsilikat kayaçlarının kontak metamorfizma ile geliştiklerini göstermektedir.

Grossular, andaradit, diyopsit ve epidot minerallerinin NTE içerikleri değişik bölgelerde oluşmuş olan kontak metamorfik ürünler ile benzerlik sunması, bunların kontak metamorfizma ile oluşmuş olabileceğini göstermektedir. Aynı minerallerin NTE içeriklerinin kendi içlerinde tutarlı olmaları bunların aynı kaynak etkisiyle oluşmuş olabileceğini düşündürür.

Ancak her ne kadar kalsilikat kayaçlarının kontak metamorfizma ile oluşmuş olduğu kabul edilse de, yapılan arazi çalışmaları ile yakın civarda ısı kaynağı olabilecek plütonik kayaçların olmaması/gözlenmemesi çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Çalışma sahasının birkaç km güneybatısında granitodik kayaçların varlığı birkısım araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışmaları ve bölgenin tektonik özelliği de dikkate alınarak kalsilikat kayaçlarının şimdiki konumlarından birkaç km güneybatıda oluştuğu, içerisinde bulundukları bölgesel metamorfitleer ile birlikte tektonik etkiler ile kuzeydoğu yönünde hareket ederek bugünkü konumlarına ulaşmış oldukları anlaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Alfing J., Johnson T. E., Kaempf J., Brown M., Szilas K., Rankenburg K. & Clark C. (2024)., Eoarchean granulite-facies metamorphism in the Itsaq Gneiss Complex, southwest Greenland, *Earth and Planetary Science Letters*, 646, 118977
- Angi G., Cirrincione R., Fazio E., Ortolano G., Pezzino A. & Punturo R. (2008). Garnet growth in natural high pressure regime: a key tool in unravelling the pressure-temperature path of rocks involved in mountain belt orogeny, *Journal of Physics: Conference Series*, 121
- Bovay T., Lanari P., Rubatto D., Smit M. & Piccoli F. (2021). Pressure–temperature–time evolution of subducted crust revealed by complex garnet zoning (Theodul Glacier Unit, Switzerland), *Journal of Metamorphic Geology*, 00, 1–32.
- Bozkaya Ö., Bozkaya G., Aysal N., Hanilçi N. & Yılmaz H. (2024). Mineral chemistry and garnet U-Pb dating in the Bizmis, en iron skarn deposit, Erzincan, East-Central Türkiye, *Geochemistry*, 84, 126163
- Buick I. S., Cartwright I., Hand M. & Powell R. (1994). Evidence for pre-regional metamorphic fluid infiltration of the lower Calcsilicate Unit, Reynolds Range Group (central Australia), *Journal of Metamorphic Geology*, 12, 789-810
- Buick I.S., Hermann J., Williams I.S., Gibson R.L. & Rubatto D. (2006). A SHRIMP U–Pb and LA-ICP-MS trace element study of the petrogenesis of garnet–cordierite–orthoamphibole gneisses from the Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa, *Lithos*, 88, 150–172
- Cruciani G., Fancello D., Franceschelli M. & Rubatto D. (2024). Continuous vs. discontinuous garnet growth in mylonitic micaschists from northeastern Sardinia, Italy: Evidence from LA-ICPMS trace element mapping, *Lithos*, 464-465, 107436
- Cruz-Uribe A. M., Hoisch T. D., Wells M. L., Vervoort J. D. & Mazdab F. K. (2015). Linking thermodynamic modelling, Lu–Hf geochronology and trace elements in garnet: new P–T–t paths from the Sevier hinterland, *Journal of Metamorphic Geology*, 33, 763–781
- Çelik Ö.F., Özkan M, Chelle-Michou C, Sherlock S., Marzoli A., Ulianov A., Altıntaş İ. E. & Topuz G. (2018). *Journal of the Geological Society*, <http://jgs.lyellcollection.org/>
- Dasgupta S., Pal S. (2005). Origin of Grandite Garnet in Calc-Silicate Granulites: Mineral Fluid Equilibria and Petrogenetic Grids, *Journal Of Petrology*, 46(5), 1045,1076
- Duan X.X., Ju Y.F., Chen B. & Wang Z.Q. (2020). Garnet Geochemistry of Reduced Skarn System: Implications for Fluid Evolution and Skarn Formation of the Zhuxiling W (Mo) Deposit, China, *Minerals*, 10, 1024

- Gaspar M., Knaack C., Meinert L. D. & Moretti R. (2008). REE in skarn systems: A LA-ICP-MS study of garnets from the Crown Jewel gold deposit, *Science Direct*, 72, 185-205
- Heimann A., Spry P.G., Teale G.S, Conor C.H.H. & Pearson N.J. (2011). The composition of garnet in garnet-rich rocks in the southern Proterozoic Curnamona Province, Australia: an indicator of the premetamorphic physicochemical conditions of formation, *Miner Petrol*, 10, 49–74
- Hernández-Filiberto L., Roda-Robles R., Simmons W. B. & Webber K.L. (2021). Garnet as Indicator of Pegmatite Evolution: The Case Study of Pegmatites from the Oxford Pegmatite Field (Maine, USA), *Minerals*, 11, 802
- Hong J., Zhang H., Li D., Ouyang Y., State D.Z., Liu F. & Liu J. (2022). In situ LA-ICP-MS U-Pb geochronology and geochemical characteristics of garnet from the Zhuxi skarn W-Cu deposit, South China, *Ore Geology Reviews*, 140, 104577
- Hong J., Zhang H., Li D., Ouyang Y., Zhai D., Liu F. & Liu J. (2022). In situ LA-ICP-MS U-Pb geochronology and geochemical characteristics of garnet from the Zhuxi skarn W-Cu deposit, South China, *Ore Geology Reviews*, 140, 104577
- Kaempf J., Johnson T. E., Clark C, Alfing J., Brown M., Lanari P. & Rankenburg K. (2024). Paleoarchean metamorphism in the Acasta Gneiss Complex: Constraints from phase equilibrium modelling and in situ garnet Lu–Hf geochronology, *Journal of Metamorphic Geology*., 42, 373–394
- Kilic A.D., Konakci N. & Sasmaz A. (2024). Garnet Geochemistry of Pertek Skarns (Tunceli, Turkey) and U-Pb Age Findings, *Minerals*, 14, 539
- Koçyiğit A. (1979). Tekneli bölgesinin (Tokat Güneyi) tektonik özelliği, *Tübitak Proje Raporu No: Tbag-262*, 63
- Kostić B, Srecković-Batocanin D, Filipov P, Tancić P. & Sokol K. (2021). Anisotropic grossular–andradite garnets: Evidence of two stage skarn evolution from Rudnik, Central Serbia, *Geologica Carpathica*, 72(1), 17–25
- Kotkova J., Harley S. L. (2010). Anatexis during High-pressure Crustal Metamorphism: Evidence from Garnet Whole-rock REE Relationships and Zircon Rutile Ti-Zr Thermometry in Leucogranulites from the Bohemian Massif, *Journal Of Petrology*, 51(10), 1967-2001
- Krippner A., Meinhold G., Mortonb A. C. & Eynatten H. V. (2014). Evaluation of garnet discrimination diagrams using geochemical data of garnets derived from various hostrocks, *Sedimentary Geology*, 306, 36-52
- Krogh E. J. (1988). The garnet-clinopyroxene Fe-Mg geothermometer-a reinterpretation of existing experimental data, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 99, 44-48
- LaFontaine D., Bouvier A. & Hill M. L. (2022). Garnet Geochemistry and Lu-Hf Geochronology of a Gold-Bearing Sillimanite-Garnet-Biotite Gneiss at the Borden Lake Belt, *Geosciences*, 12, 218

- Li F., Liu X., Zhu J., Zhou Y., Zhao C., Wang J., Li S., Lu B., Cao Z. & Zhou J. (2023). The geochemistry and geochronology of garnet from the Jinchanghe Fe-Cu-Pb-Zn deposit, Baoshan Block, western Yunnan, *Ore Geology Reviews*, 162, 105669
- Li Y., Yuan F., Jowitt S. M., Li X., Deng Y., Li X. & Zhou T. (2021). Garnet major and trace element evidence of the alteration and mineralizing processes associated with genesis of the Qiaomaishan skarn deposit, Xuancheng ore district, eastern China, *Ore Geology Reviews*, 137, 104304
- Liang P., Zhang Y & Xie Y. (2021). Chemical Composition and Genesis Implication of Garnet from the Laoshankou Fe-Cu-Au Deposit, the Northern Margin of East Junggar, NW China, *Minerals*, 11, 334
- Maresch W. V., Stanek K. P., Speicha L., Schertla H., Schertla P. & Villagomez D. (2022). Garnetite, garnet-quartz ('cotecule') and calc-silicate layers in high-pressure metapelitic rocks, Venezuela: metamorphosed exhalites in a Cretaceous back-arc basin, *International Geology Review*, 64(7), 885-910
- Mathavana V., Fernando G.W.A.R. (2001). Reactions and textures in grossular-wollastonite-scapolite calc-silicate granulites from Maligawila, Sri Lanka: evidence for high-temperature isobaric cooling in the meta-sediments of the Highland Complex, *Lithos* 59, 217-232
- Nabelek P.I., Be' Dard J.H., Hryciuk M. & Hayes B. (2013). Short-duration contact metamorphism of calcareous sedimentary rocks by Neoproterozoic Franklin gabbro sills and dykes on Victoria Island, Canada, 31, 205-220
- Newton R.C. (1966). Some calc-silicate equilibrium relations, *American Journal of Science*, 264, 204-222
- Ören U., Koralay T. (2024). Evaluation of garnet phenocrysts in volcanic rocks (Görece/İzmir – Western Türkiye) for their usability as a semi-precious gemstone by multi-analytical methods, *Spectroscopy Letters*, 57(7), 388-411
- Özcan A., Erkan A., Keskin A., Oral A., Özer S., Mengen M. & Tekeli O. (1980). Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi, MTA, Rapor No: 6722
- Park C., Song Y., Kang M., Shim J., Chung D. & Park C.S. (2017). Metasomatic changes during periodic fluid flux recorded in grandite garnet from the Weondong W-skarn deposit, South Korea, *Chemical Geology*, 451, 135-153
- Prakash, D., Yadavi, R., Tewar, S., Frimmel, H. E., Koglin, N., Sachan, H. K., Yadavi, M., K., (2017). Geochronology and phase equilibria modelling of ultra-high temperature sapphirine + quartz-bearing granulite at Usilampatti, Madurai Block, Southern India: Geochronology and Phase Equilibria Modelling of UHT Granulites. *Geological Journal*. 10.1002/gj.2882.
- Ranjbara S., Tabatabaei Manesha S.M., Mackizadeha M.A., Tabatabaei S. H., & Parfenova O. V. (2016). Geochemistry of Major and Rare Earth Elements in Garnet of the Kalle Kafi Skarn, Anarak Area, Central Iran: Constraints on Processes in a Hydrothermal System, *Geochemistry International*, 54(5), 423-438

- Ravi Sekhar Ch., Reddy K.S.N., Naidu B. K., Rao P. G. & Krishna K.N. M. (2019). Garnet mineral chemistry as a provenance indicator for the modern beach sediments of north-eastern Andhra Pradesh, east coast of India, *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(6), 917-924
- Sadegh H.R, Moeinzadeh H. & Nakashima K. (2019). Geochemistry, mineral chemistry and P-T evaluation of metasediments of Bahram-Gur complex, ES Sanandaj-Sirjan zone, Iran, *Mineralogical Society Of Poland Polskie Towarzystwo Mineralogiczne*, 50,(1-4), 34-68
- Schulz B., C. Audren C. & Triboulet C. (1998). Regional vs contact metamorphism of garnet metapelites in the vicinity of Late Variscan granites (Central Armorican Domain, Brittany, France, *Geologische Rundschau*, 87, 78-93
- Smith D., William L. & Griffin W.L. (2005). Garnetite Xenoliths and Mantle–Water Interactions Below the Colorado Plateau, Southwestern United States, *Journal Of Petrology*, 46(9), 1901-1924
- Tatar Y. (1977). Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinin stratigrafi ve petrografisi, *MTA Dergisi*, 127, 56-84
- Varol E., Tatar Erkül S., & Külahcı G.D. (2021). Mineralogical and gemmological characteristics of garnets associated with xenoliths within trachyte dome, Hisarlıkaya (Ankara), Central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30, 379-391
- Wang X., Greenwood H.J. (1988). An Experimental Study of The Equilibrium: Grossular+Clinocllore=E 3 Diopside+ 2 Spinel+ 4H₂O, *Canadian Mineralogist*, 26, 269-281
- Yılmaz A. (1981). Tokat ile Sivas arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın İç Yapısı ve Yerleşme Yaşı, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24,31-36
- Yılmaz A. (1984). Dumanlı Dağı (Tokat) ve Çelttek Dağı (Sivas) arasındaki bölgede Boztepe Formasyonu'nun yaşı, Alt bölümleri ve Dokanak İlişkileri, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 27, 111-117
- Zhang S., Chen H., Shu Q., Zhang Y., Chu G., Cheng J.& Tian J.(2019). Unveiling growth histories of multi-generational garnet in a single skarn deposit via newly-developed LA-ICP-MS U\Pb dating of grandite, *Gondwana Research*, 73, 65–76

ÖZGEÇMİŞ

Ebru Bayraktar, Kemalpaşa İlköğretim Okulu'nda ilköğrenime başladı. Orta öğrenimini 1999 yılında tamamladı. Lise öğrenimine yine aynı yıl başlayarak, 2002 yılında mezun oldu. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde başladığı eğitimini 2008 yılında tamamlayarak Jeoloji Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Yüksek lisans eğitimine 2010 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde başladı. Kamu kurumunda jeoloji mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

