

MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MUNZUR
ÜNİVERSİTESİ
2008

GULEMAN OFİYOLİTİ'NDEKİ (GD, TÜRKİYE) KROMİT CEVHERİ
İÇEREN PERİDOTİTLERİN PETROJENEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Raşit KARAKUZU

STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr.Öğr. ÜyesiÖzlemERDEM

TUNCELİ – 2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GULEMAN OFİYOLİTİ'NDEKİ (GD, TÜRKİYE) KROMİT CEVHERİ
İÇEREN PERİDOTİTLERİN PETROJENEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Raşit KARAKUZU

(200090005)

STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ – 2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**GULEMAN OFİYOLİTİ'NDEKİ (GD, TÜRKİYE) KROMİT CEVHERİ
İÇEREN PERİDOTİTLERİN PETROJENEZİ**

**Raşit KARAKUZU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI**

Bu tez 12/12/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Prof. Dr.
Leyla KALENDER
(Munzur Üniversitesi)

BAŞKAN

İmza:.....

Dr.Öğr.
Üy.ÖzlemERDEM(Munzur
Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza:.....

Doç. Dr.
Güllü KIRAT
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Eti Krom A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

Proje No:ETİ-OFYT-01

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Raşit KARAKUZU

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TEŞEKKÜR

Munzur Üniversitesi yüksek lisans tez çalışmaları kapsamında, “Guleman Ofiyoliti’ndeki (GD, Türkiye) Kromit Cevheri İçeren Peridotitlerin Petrojenezi” konusunda yapmış olduğum çalışmalara katkı veren, yol gösteren, yapmış olduğu bilimsel katkılarla tezin tamamlanmasına yardımcı olan önceki tez danışmanım, hocam Doç. Dr. Okay ÇİMEN ve çalışmalarımın her aşamasında desteklerini esirgemen Yılmaç Holding yöneticilerinden Özgür SAPANCI ve Gürkan TOKAT’a, tezin devamında yardımlarını esirgemeyen ve çalışmalarımın son aşamasında birlikte çalıştığımız danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem Erdem’e ve de bu süreçte manevi desteklerinden dolayı aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Raşit KARAKUZU

Tunceli, 2024



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
SEMBOLLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kromit ve Türkiye’deki Kromit Cevherleşmeleri	7
2.2. Jeolojik Değerlendirme.....	11
2.2.1. Bölgesel jeoloji	11
2.2.2. Çalışma alanının jeolojisi	13
2.2.2.1. Allakton birimler	17
2.2.2.1.1. Bitlis Metamorfitleri	17
2.2.2.1.2. Guleman Ofiyoliti (Jura-Alt Kretase).....	17
2.2.2.1.3. Hazar Karmaşığı (Üst Meastrihtiyen-Alt Eosen)	18
2.2.2.1.4. Maden Karmaşığı (Orta Eosen).....	19
2.2.2.2. Otokton birimler	20
2.2.2.2.1. Lice Formasyonu (Alt Miyosen)	20
2.2.2.3. Güncel çökeller (Örtü birimler).....	20
2.2.3. Çalışma alanının tektonizması.....	21
2.2.4. Çalışma alanında bulunan kromit cevherleşmeleri.....	22
3. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ.....	24
3.1. Arazi Çalışmaları	25
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	26
3.3. Önceki Çalışmalar	27
4. PETROGRAFİK DEĞERLENDİRME	29
5. MİNERAL KİMYASI.....	35
5.1. Kromitlerin Jeokimyasal Özellikleri	36
5.2. Harzburjit Yan Kayacının Jeokimyasal Özellikleri.....	48
6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	59
7. KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Bölgeye ve çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1. Podiform kromitlerin oluşum ortamları	6
Şekil 2.2. Türkiye’deki ofiyolitlerin dağılımı	8
Şekil 2.3. Türkiye’deki Güney kuşak ofiyolitleri’nin dağılımı	9
Şekil 2.4. Türkiye krom yatakları.....	10
Şekil 2.5. Güney Kuşak ofiyolitlerinin oluşum modeli.....	12
Şekil 2.6. Bölgenin Genel Jeoloji Haritası	14
Şekil 2.7. Çalışma sahasındaki birimlerin tektono-stratigrafik dikme kesiti	15
Şekil 2.8. Marmere Bölgesi kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi.....	21
Şekil 2.9. Şelale Bölgesi ait kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi	21
Şekil 2.10. Doğu Kef Bölgesi kromit mostrası ve sondaj karotlarından alınan cevher numunesi.....	22
Şekil 2.11. Kündiken Bölgesi kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi	22
Şekil 3.1. Çalışma kapsamında, numune alınan kromit cevherleşmelerinin ve yan kayaç örneklerinin ofiyolit içerisindeki konumu.....	24
Şekil 4.1. Ultramafiklerin olivin-piroksen oranlarına göre adlandırılması	28
Şekil 4.2. Kayaç içerisindeki mineral yoğunluğu.....	28
Şekil 4.3. Kayaç içerisindeki mineral yerleşimleri.....	29
Şekil 4.4. Ortopiroksenlerdeki dilinim yüzeyleri	29
Şekil 4.5. Serpantinleşmiş olivin yüzeyleri	30
Şekil 4.6. Uzamış özşekli spineller ve spinel içindeki diopsit minerali.....	30
Şekil 4.7. Tek yönlü klinopiroksen dilinimleri	31
Şekil 4.8. Kromit içeren serpantinlerin mikroskopta görünümü	31
Şekil 4.9. Serpantinit içerisindeki kromitlerin mikroskopta görünümü.....	32
Şekil 4.10. Örnekler içerisindeki kromit ve serpantinleşmiş kısımlara ait EPMA görüntüleri	32
Şekil 5.1. Kromit örneklerinin alındığı lokasyonlar ve bölgenin jeolojik haritası.....	34
Şekil 5.2. Kromit örneklerinin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 içerikleri	36
Şekil 5.3. Kromitlerin Cr# ve Mg# değerleri	37
Şekil 5.4. Kromitlerin TiO_2 içerikleri ve Cr# değerleri.....	38
Şekil 5.5. Kromitlerin Cr# ve Mg# değerleri	39
Şekil 5.6. Kromitlerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri	40
Şekil 5.7. Kromitlerin Cr# değerleri ve TiO_2 içerikleri.....	41
Şekil 5.8. Kromitleri oluşturan ergiyiklerin Al_2O_3 içeriklerinin modellenmesi.....	42
Şekil 5.9. Kromitleri oluşturan ergiyiklerin TiO_2 içeriklerinin modellenmesi.....	43
Şekil 5.10. Tüketilme dereceleri ile kısmi ergime derecelerinin karşılaştırılması	44
Şekil 5.11. Jeodinamik-tektonik model.....	45
Şekil 5.12. Spinellerin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 içerikleri.....	49
Şekil 5.13. Spinellerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri.....	50
Şekil 5.14. Spinellerin Cr# değerleri ve TiO_2 içerikleri	51
Şekil 5.15. Spinellerin Fe^{+3} ve Cr# değerleri	52
Şekil 5.16. Spinellerin TiO_2 içerikleri ve Fe^{+3} değerleri	53
Şekil 5.17. Spinellerin Cr# ve Mg# değerleri.....	54
Şekil 5.18. Ergiyiklerin kompozisyonel modellenmesi.....	55
Şekil 5.19. Ergiyiklerin kompozisyonel modellenmesi grafiği.....	56
Şekil 6.1. Kromit örneklerine ait mineral kimyası sonuçlarının bölgesel dağılımı.....	58

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 5.1. Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait kromitlerin mineral kimyası sonuçları (%)	35
Tablo 5.2. Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait yan kayaçlar içerisindeki krom-spinellerin mineral kimyası sonuçları-1 (%)	46
Tablo 5.3. Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait yan kayaçlar içerisindeki krom-spinellerin mineral kimyası sonuçları-2 (%)	47
Tablo 5.4. Doğu Kef bölgesine ait yan kayaç örneği içerisindeki olivin mineralinin, mineral kimyası sonuçları-1 (%)	47
Tablo 5.5. Doğu Kef bölgesine ait yan kayaç örneği içerisindeki olivin mineralinin, mineral kimyası sonuçları-2 (%)	47
Tablo 5.6. Şelale, Kündiken ve Marmerk bölgelerine ait yan kayaç örneği içerisindeki lizardit mineralinin, mineral kimyası sonuçları (%)	48
Tablo 5.7. Şelale, Marmerk ve Doğu Kef bölgelerine ait yan kayaç örneği içerisindeki piroksen minerallerinin, mineral kimyası sonuçları (%)	48

SEMBOLLER LİSTESİ

°C	: Derece
µm	: Mikron
%	: Yüzde
Al	: Alüminyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Fo	: Forsterit
Pt	: Platin
Si	: Silisyum
Mg	: Magnezyum
O	: Oksijen
Ni	: Nikel
Ti	: Titanyum
Zn	: Çinko
	: Doğu Kef
	: Şelale
	: Kündiken
	: Marmerk

KISALTMALAR LİSTESİ

Ağ. (wt)	: Yüzde Ağırlıkça
A.Ş.	: Anonim Şirketi
B	: Batı
BON	: Boninit
Cm	: Santimetre
ÇN	: Çift Nikol
D	: Doğu
Dun	: Dunit
EPMA	: Elektron Prob Mikro Analiz
Fm	: Formasyon
G	: Güney
Gr	: Gram
GD	: Güneydoğu
GB	: Güneybatı
GPS	: Global PositioningSystem,
Hz	: Harzburjit
IBM	: Izu-Bonin-Mariana
Cpx	: Klinopiroksen
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
Km	: Kilometre
M	: Metre
MORB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
MTA	: Maden Teknik Arama
NTE	: Nadir Toprak Elementi
Ol	: Olivin
Opx	: Ortapiroksen
Srp	: Serpantin
SSZ	: Supra-SubductionZone (Okyanus İçi Dalma-Batma Zonu)
TN	: Tek Nikol
XRF	: X Işını Floresansı

ÖZET

Türkiye'deki ekonomik krom cevheri oluşumlarının en önemlisi; Güneydoğu Anadolu–ZagrosSütur Kuşağı'nın içerisinde yer alan ve Neotetisofiyolitlerinin en büyüklerinden olan Guleman Ofiyolitidir. Ofiyolit içerisinde gözlemlenen kromitler genel olarak harzburjitler içerisinde yer alan dünit kılıfları ile birlikte bulunmaktadır. Bu araştırma kromitlerin kökensel oluşumu ile ilişkili manto süreçleri ve tektonik aktiviteleri daha iyi anlamak ve de peridotitlerin manto kaynağı bölgesi, ergiyik–kayaç etkileşimi ve tektonik ortamını incelemek amacıyla yapılmış olup, Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan 4 farklı bölgeden alınan kromit ve yan kayaç örneklerine ait mineral kimyası verilerini ve petrografik değerlendirmeleri sunmaktadır.

Kromitler içerisinde mevcut olan Cr-spineller yüksek Cr# [$(Cr/(Cr + Al)) = 0.619-0.802$] ve Mg# [$(Mg/(Mg + Fe^{+2})) = 0.66-0.72$] ile düşük TiO₂ (0.09-0.24) ve göreceli olarak değişken Al₂O₃ (10.23-20.40) içerikleri ile yer almaktadır. Burada sunulan mineral kimyası analizlerine göre, tüm Cr-spinellerin kompozisyonları magneziyokromitler ile uyumludur ve kimyasal olarak iki farklı grubun varlığına işaret etmektedir. İlk grup yüksek-Cr kromitler olup göreceli olarak daha yüksek Cr# (0.74-0.80) oranları ile temsil edilirken, ikinci grup ise ortaç-Cr kromitler olup yine göreceli olarak daha düşük Cr# (0.612-0.624) içerikleri ile karakterize edilmektedir. İlk grubun kimyasal kompozisyonu, kromitlerin ana ergiyiklerinin yay önü bir tektonik ortamdaki tipik boninitikergiyiklerle benzer olduğuna işaret etmektedir. Buna karşın, ikinci grubun göreceli olarak daha düşük Cr# içerikleri, kromitlerin kökeni için heterojen bir kaynak içerisinde okyanus ortası sırtı bazaltları (OOSB) veya ada yayı toleyitleri (AYT) benzeri ana ergiyiklerin dahil olmasına işaret edebilir.

Yine bu çalışmada ofiyolitinin önemli bir bileşeni pozisyonunda bulunan ve bahsi geçen diyabaz, gabro ve kromitleri ihtiva eden yan kayaçlar üzerinde de ayrıntılı mineral kimyası çalışmaları yürütülmüştür. Yan kayaç örneklemeleri de kromitler ile aynı lokasyonlardan yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada bahsi geçen harzburjitlerin nasıl bir tektonik ortamda oluştukları ve aynı zamanda kromit üretebilme potansiyeli bölgeler bazında irdelenmiştir.

Yapılan çalışmalar ve çıkarımlar neticesinde, Güney Neotetis okyanusunun jeodinamik evrimi için yayınlanmış ayrıntılı jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik veriler, Guleman ofiyoliti içerisindeki kromit ve yan kayaçların kökeni için yay önü ortamı, yay veya yay ardı açılımının erken evresi ortamları dahil bir okyanus içi dalma-batma zonunda oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir.

Guleman Ofiyoliti içerisindeki ultramafik kayaçlar ve kromit örnekleri üzerinde yürütülen petrografi çalışmalarında ise, kromit örnekleri dışında, ofiyolitinin önemli bir bileşeni pozisyonunda olan yan kayaçlar (harzburjit) üzerinde de ayrıntılı petrografik çalışmalarında bulunulmuştur. Bu kapsamda 4 farklı bölgeden yan kayaç, harzburjitörnekleride alınarak, bu örnekler içerisindeki olivin, piroksenve spinel minerallerinin EPMA (elektron mikroprob) yöntemi ile kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tektonik aktivite, ergiyik, yan kayaç, mineral kimyası analizleri, kromit, jeokimyasal veri

ABSTRACT

Chromite Ore in Guleman Ophiolite (SE, Türkiye) Petrogenesis of Peridotites Containing

The most important economic chrome ore formations in Turkey; The Guleman Ophiolite is located within the Southeastern Anatolia–Zagros Suture Belt and is one of the largest Neotethys ophiolites. Chromites observed in ophiolite are generally found together with dunite and harzburgites. This research was sustained to better understand the mantle processes and tectonic regimes associated with the original formation of chromites and to examine the mantle source region, melt-rock interaction and tectonic environment of peridotites. It provides chemical data and petrographic evaluations.

Cr-spinels in chromites contain high Cr# [$(\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})) = 0.619\text{--}0.802$] and Mg# [$(\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})) = 0.66\text{--}0.72$], low TiO_2 (0.09–0.24) and relatively variable Al_2O_3 (10.23–20.40) is characterized by its contents. According to the mineral chemistry analysis presented here, the compositions of all Cr-spinels are compatible with magnesiochromites, indicating the existence of two chemically distinct groups. The first group is high-Cr chromites and is represented by relatively higher Cr# (0.74–0.80) rates, while the second group is medium-Cr chromites and is characterized by relatively lower Cr# (0.612–0.624) contents. The chemical composition of the first group indicates that the main melts of chromites are similar to typical boninitic melts in a front-arc tectonic environment. On the other hand, the relatively lower Cr# contents of the second group may indicate the inclusion of main melt such as mid-ocean ridge basalts (OOSB) or island arc tholeiites (AYT) in a heterogeneous source for the origin of chromites.

Again in this study, detailed mineral chemistry studies were carried out on the host rocks containing the mentioned diabase, gabbro and chromites, which are an important component of the ophiolite. Host rock samples were made from the same locations as chromites. In this study, the tectonic environment in which the mentioned harzburgites were formed and their potential to produce chromite were examined on a regional basis.

As a result of the studies and conclusions, detailed geological, geochemical and geochronological data published for the geodynamic evolution of the Southern Neotethys ocean, an intra-oceanic subduction including front-arc environment, arc rear stage of back-arc expansion environments for the origin of chromite and host rocks in the Guleman ophiolite. This indicates that it may have formed in the zone.

In the petrographic studies carried out on ultramafic rocks and chromite samples in the Guleman Ophiolite, detailed petrographic studies were also carried out on the host rocks (harzburgite), which is an important component of the ophiolite, in addition to the chromite samples.

In this context, host rock and harzburgite samples were taken from 4 different regions and the chemical compositions of olivine, pyroxene and spinel minerals in these samples were determined by the EPMA (electron microprobe) method.

Key Words: Tectonic activity, melt, host rock, mineral chemistry analysis, chromite, geochemical data

1. GİRİŞ

Güneydoğu Toros kuşağında yer alan Guleman Ofiyoliti, Elazığ ilinin yaklaşık olarak 78-80km güneydoğusunda yer almaktadır. Elazığ ilinden çalışma alanına, Elazığ'dan Bingöl'e devam eden D-300 karayolunun yaklaşık 50-55 km'sinde Alacakaya ilçesine ayrılan yolu takip edilerek ulaşım sağlanmaktadır. Şekil 1.1'de çalışma alanına ait yer bulduru haritası gösterilmiştir.

Çalışma yapılan alan barındırdığı önemli kromit yatakları sebebiyle, cevher kaynağı, üretim ve ekonomik açıdan potansiyeli ile ülkemizin en önemli kromit yataklarına sahiptir. Çalışma alanı ve çevresi, sarp, dağlık, engebeli bir araziye sahip olmakla birlikte, büyük oranda bitki örtüsünden yoksundur. Bölgenin yüksekliği 850m ile 2088m arasında değişmektedir.

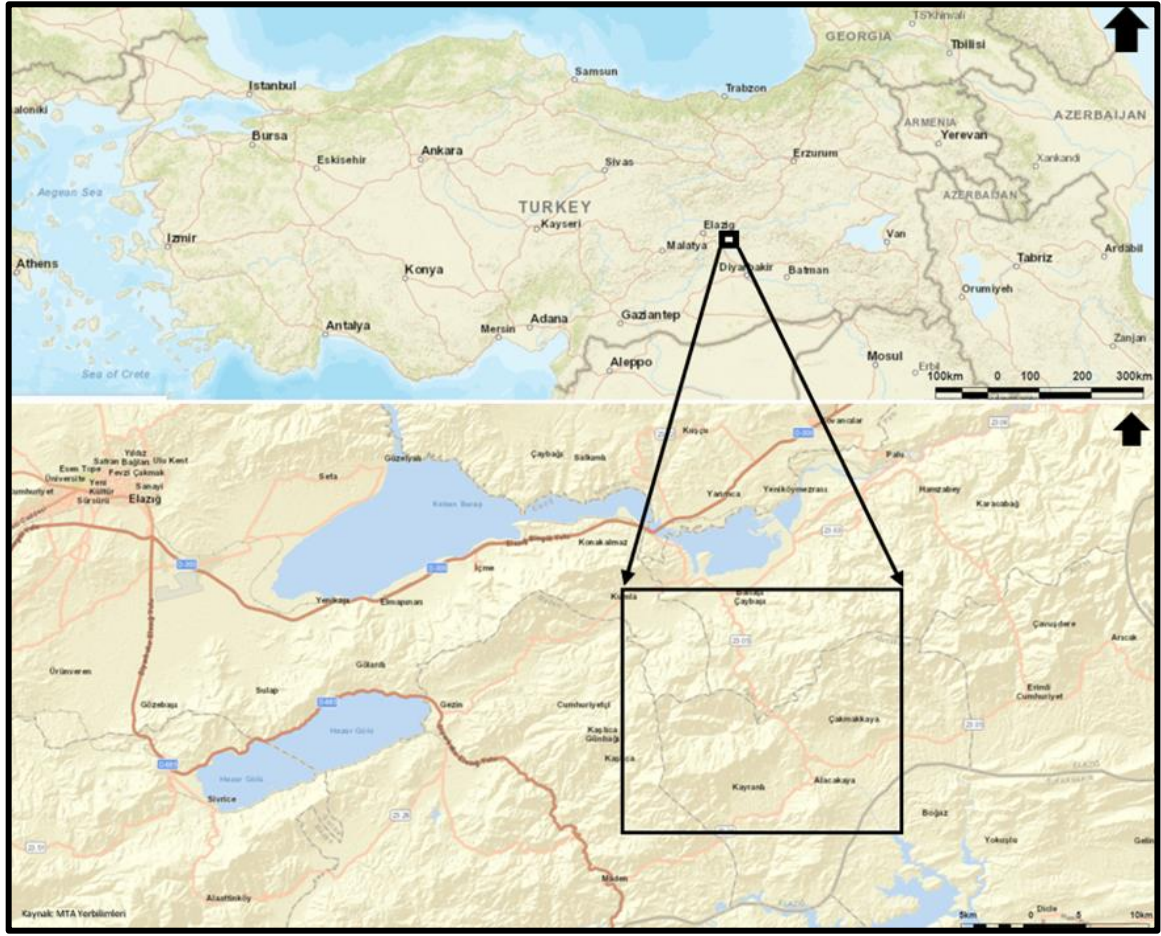
Genel olarak bölgede yaz ayları sıcak ve kurak geçerken, kış ayları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bölgede gözlemlenen sıcaklık ortalaması ocak ayı itibariyle yaklaşık 0-2 °C arasında seyrederken, temmuz ayı itibariyle de 30-35 °C' lere ulaşmakla birlikte yıllık ortalama sıcaklık ise 13-14° civarındadır. Bölgede karasal iklim hüküm sürmektedir. Bazı yıllarda kar yağışlarının yoğun yaşanması sebebiyle bölgeye ulaşımında sıkıntılar yaşanabilmektedir.

1936 yılında ilk defa kromit cevheri üretilen Guleman bölgesinde yaklaşık olarak mevcut olan kromit rezervi miktarı 12 milyon ton civarındadır (Odabaşı ve ark., 2011). Önceleri bölgede krom üretimi konusunda öncülüğü Eti Bank çekerken, yapılan özelleştirmeler sonrasında Eti Krom A.Ş. bayrağı devralmış olup, bölgenin ve ülkemizin öncü kromit üreticisi olarak, dünya pazarında güçlü bir konuma gelmiştir. Bölgede Eti Krom A.Ş. haricinde, küçük ve orta ölçekte özel firmalar da kromit üretimi gerçekleştirmektedir. Üretimler genel olarak açık ocak ve yeraltı galerisi şeklinde yapılmaktadır.

Ofiyolitte mevcut olan istif en alttan, en üste doğru sıralamak gerekirse; manto peridotitleri en altta olmak üzere, bantlı gabro, izotropik gabro, bunları istif içerisinde kesen tekil diyabaz dayklar ve en üstte levha dayk karmaşığı şeklinde sıralayabiliriz.

Küresel ölçekte dünyanın gelişmesi, teknolojik olarak ilerlemesi ve ülkelerin gelişmişlik durumlarına göre bundan payını alması, yeni ihtiyaçlara yol açmakta ve mevcut olana talepleri arttırmaktadır. Buna bağlı olarak ülkelerin gelişmesi, insan yaşamının ihtiyaçlarının karşılanması ve gelişen teknolojiye yararlanabilmesi adına yer altı

kaynakları önemli bir yer tutmaktadır. Yeraltı kaynaklarına olan talep her geçen gün artmaktadır.



Şekil 1.1.Bölgeye ve çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Maden Teknik Arama Yerbilimleri, 2023)

Ülkemiz yer altı kaynaklarının çıkartılması, işletilmesi, kullanılması gibi alanlarda gelişmekte olan ülkeler grubunda yer almaktadır. Gerek keşfedilmiş gerekse keşfedilmeyi bekleyen yer altı kaynaklarımızın doğru kullanılması, geliştirilmesi ve pazarlanması konusunda bu oluşumları iyi anlamak, iyi analiz etmek ve iyi çalışmak gerekmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasıyla, Türkiye’de mevcut olan kromit yatakları içerisinde çok önemli yere sahip olan hatta bu yatakların en önemlisi olan Guleman Ofiyoliti içerisindeki peridotit birimlerinin oluşumlarının ve oluşum ortamlarının araştırılması, incelenmesi ve buna bağlı olarak manto kaynağı, ergiyik-kayaç etkileşimi ve oluşumun gerçekleştiği tektonik ortam konusunda yeni bilgiler elde edebilmek adına çalışmalar yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Ofiyolitler, içinde mafik ve ultramafik kayaçların bulunduğu bir kayaç topluluğudur. Araştırmacıların büyük bir bölümü, ofiyolitlerin okyanus ortası sırtlarında oluştuğunu ve daha sonra okyanus tabanında genişleyerek kıta kenarlarına doğru ilerleyip mantoya doğru itildiğini savunmaktadır. Bu süreç, deniz tabanı yayılma bölgelerindeki yeni okyanus kabuğunun oluşumuyla ilişkilidir.

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda; ofiyolitler, eski okyanus kabuğu ve üst mantonun kalıntıları olmakla birlikte kıtasal kabuk içeresine yerleşimleri şimdiye kadar yapılmış olunan çalışmalara dayanarak tektonik hareketlerle açıklanmıştır. Okyanus tabanı yayılması, yitim zonları, yığılma ve çarpışma olayları hakkında yapılan araştırma ve çalışmalarda önemli verilerin elde edilebilmesi, ofiyolit grubunda yer alan kayaçların araştırılması ve incelenmesiyle doğrudan alakalı olmuştur.

Ofiyolitinin oluşumuyla ilgili farklı araştırmacılar, çeşitli modeller ortaya koymuşlardır. Bunlar arasında "Üst Manto Katı Dilimler Modeli", "Okyanus Ortası Sırtı Modeli" ve "Deniz Tabanı Volkanizma Modeli" bulunmaktadır (Juteau, 1975). Bazı araştırmalarda ofiyolitlerin oluşumu, okyanus ortası sırtlarında bulunan açılma bölgelerinde (MORB olarak adlandırılan orta okyanus sırtları) meydana gelmiş eski okyanus kabuğunun parçaları olduğu belirtilmiştir (Coleman, 1977). Sonraki çalışmalarda ise, ofiyolitlerin okyanus ortasındaki sırtlar dışında yer alan, yitim bölgelerinde batan okyanusal kabuk (SSZ: Supra-Subduction Zone) üzerine yerleşerek oluştuğu fikri ortaya atılmıştır (Pearce ve ark., 1984). Yapılan çalışmalar sonucu ortaya atılan bu farklı modeller, ofiyolitlerin oluşumuyla ilgili görüşlerin karmaşıklığını ve çok yönlülüğünü göstermektedir. Bu konudaki çeşitli yaklaşımlar, jeoloji alanında devam eden araştırmaların önemini ortaya çıkarmaktadır.

Türkiye’de ofiyolitler üzerinde yapılan araştırmalar kapsamında Özkan(1982) yapmış olduğu çalışmalar doğrultusunda ofiyolitleri genel olarak incelemiş, herhangi bir kimyasal analiz yapmamıştır. Bingöl(1986), ofiyolitlerin petrolojisi üzerinde çalışmalar yaparak en alttan en üst ofiyolit istifini, en altta tektonitler ve tektonitlerin üzerinde yer alan ultrabazik ve bazik kayaçlardan oluşan kümülatlar olarak belirlemiştir. Yine çalışma yaptığı ofiyolitlerde yer alan tektonitlerin yapısal özelliklerinden (foliasyon, lineasyon) ve dokusal özelliklerinden yola çıkarak, tabanda yer alan bu tabakanın yüksek sıcaklıklarda

(1000°C) plastik deformasyona uğrayan ultramafik kayalardan yani harzburjit ve az miktarda dünitlerden oluşuklarını belirtmiştir.

Podiform kromit yatakları, manto peridotitleri ve dünit bantları içerisinde gözlemlenirken, manto peridotitleri ise dünit bantları ihtiva eden, altere olmuş, serpantinleşmiş harzburjit birimlerinden meydana gelmiştir. Manto peridotitlerini oluşturan harzburjitlerin içeriğinde ise olivin ve ortapiroksenler yer almaktadır (Rizeli, 2014).

Pearce vd. (1984) ofiyolitlerin oluşumları ile ilgili yapmış oldukları jeokimyasal analizler sonucunda, ofiyolitlerin oluşum ortamları olarak; Okyanus Ortası Sırtları ve Okyanus İçi Yitim Zonları Üzerindeki (SSZ: Supra-Subduction Zone) ortamlar olarak ortaya koymuştur.

Yine ofiyolitlerin oluşumları ile ilgili çalışma yapan araştırmacılardan, Nicolas vd. (1999), sırt sistemlerinin yayılım hızındaki farklılıktan dolayı bu farklılıkların yani farklı oluşum ortamlarının ortaya çıktığını belirtmiştir.

Öncel yapılan araştırma ve incelemelerle birlikte, günümüzde kimyasal teknolojilerin ilerlemesi, ofiyolitlerin içerisinde farklı petrolojik ve yapısal özelliklerin varlığının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kayaç içerisinde yapılan ana oksit tayininin haricinde iz element tayini, nadir toprak elementlerinin tayini ve jeoteknik ortamların bu gelişen teknolojiyle birlikte incelenebilmesi, araştırmaları farklı bir boyuta taşıyarak, yeni petrolojik ve yapısal özelliklerin saptanmasına olanak sağlamıştır. Bu farklı özelliklerin nedenleri yapılan çalışmalar sonucunda, ofiyolit oluşumlarının farklı jeotektonik ortamlarda oluşmasıyla açıklanmıştır (Rizeli, 2014).

Barındırdığı kromit rezervi ve bu rezervin ekonomik değerinin yüksek olması sebebi ile Guleman Ofiyoliti üzerine birçok çalışma ve araştırma yapılmıştır. Yapmış olduğumuz bu çalışmalarda da ofiyolit birimindeki kromit cevheri içeren peridotitlerin oluşum ve oluşum ortamlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bölgede yapılan çalışma ve analizler sonucunda Alacakaya- Elazığ bölgesinde yer alan Guleman Ofiyoliti'ni oluşturan litolojik birimler için bir stratigrafi sıralaması yapmak gerekirse, litolojik birimler içerisinde en yaşlı olan birim; Paleozoyik yaşlı Bitlis Metamorfitleri olup, en genç birim ise; Miyosen yaşlı Lice Formasyonu'dur.

Kromit cevherleşmeleri, ofiyolit istif içerisinde yer alan ultramafik kayaç grupları (dunit, harzburjit) içerisinde oluşurlar. Kromit mineralinin ortaya çıkışı 1962 yılında Rusya'ya ait Ural Dağları'nda Johann Gottlob Lehmann tarafından yapılan keşifle

olmuştur(Akın, 2018). Ofiyolit içerisinde yer alan peridotitlerde gözlemlenen krom cevherleşmeleri,krom yataklarının içinde bulunduğu kayaç toplulukları köken, mineraloji, doku, v.b. özellikleri yönüyle başlıcaStratiform, Podiform ve Alaskan tip olarak üç tipe ayrılırlar:

Stratiform tipi cevherleşmelerinin, yapılan araştırmalar sonucunda kilometrelerce devamlılığı olan bir yanal uzunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Bu tip cevherleşmelere verilebilecek en iyi örnek Güney Afrika'da yer alan Bushveld Kompleksi'nde bulunan cevherleşmedir. Stratiform tipi bir cevherleşme Türkiye'de mevcut değildir. Bu tip cevherleşmelerin oluşumu için, kromit mineralinin kristalleşerek magmatik eriyikten ayrılması ve sahip oldukları ağırlık sebebiyle lapolitin tabanına çöktüğü düşünülmektedir (Odabaşı ve ark., 2011).

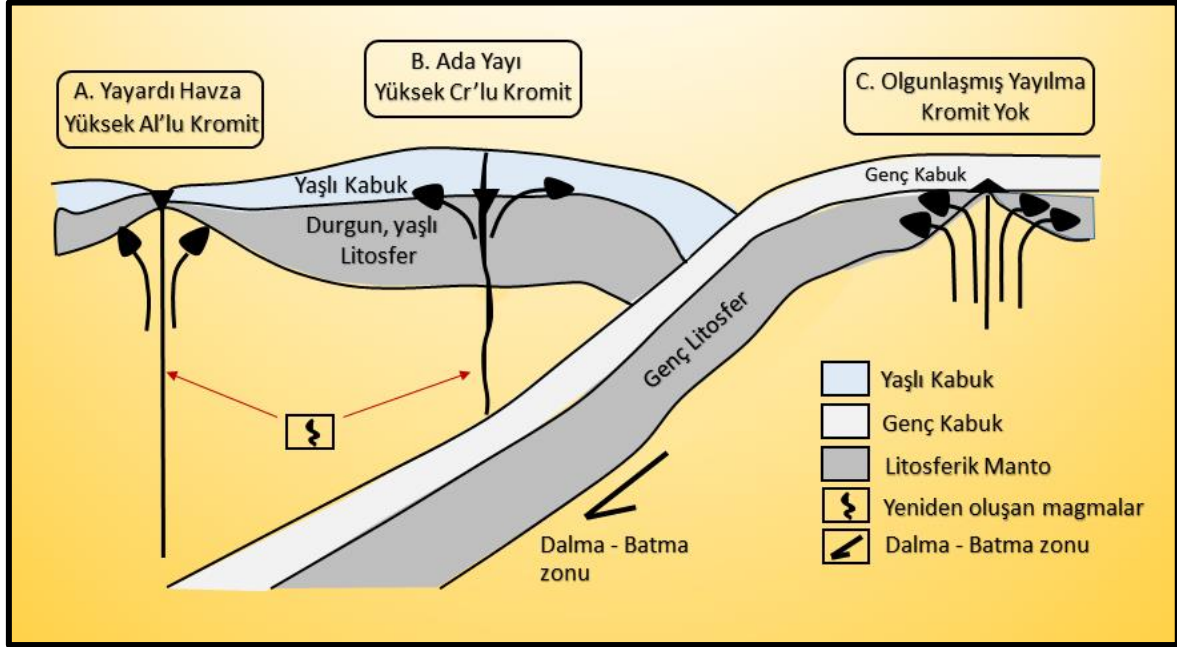
Bu tip cevherleşmelerderasyo oranları (Cr/Fe) hesaplandığında krom mineralinin, demir mineraline olan oranının 1.5-2 düzeyinde olduğu ve minerallerin kristalleştiği derinliğin 3 ile 10km arasında farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Stratiform tipi yataklar, dünya kromit rezervinin büyük bir bölümünü oluştururlar. Yaklaşık olarak dünyada mevcut olan kromit rezervinin yaklaşık olarak %96'sı bu tip yatlardan oluşmaktadır (Akın, 2018).

Krom cevherleşmelerinin tip olarak ayrılmasında, diğer tip cevherleşmepodiform tipi kromit cevherleşmesidir. Bu tip cevherleşme Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer almaktadır. Yer aldığı konum sebebiyle bu tip cevherleşmelere Alpin tipi cevherleşme denilebilir. Podiform tipi kromit cevherleşmelerinde, cevherleşmeler büyük oranda merceğimsi şekilde ve küçük boyutlarda gelişmektedir. Bu cevherleşmelerdekirasyo oranları (Cr/Fe) ve cevherleşmenin alüminyum içeriği yüksektir (Duke, 1983).

Türkiye sınırları içerisindestratiform tipi cevherleşme gözlemlenmezken, mevcut olan kromit cevherleşmeleri ve yatakları, podiform tip yatlara dahildir.Podiform tipi cevherleşmelerin oluşumları hakkında farklı araştırmacılar,farklı görüşler ortaya koymuştur. Araştırmacılardan Thayer (1964) ve Dickey (1975) cevherleşmenin oluşumunu kümülatifsüreç ile ilişkilendirerek, süreç sonunda üst mantoya yerleşimle açıklamışlardır. Neary ve Brown (1979) ve Boudier ve Coleman (1982) ise okyanusal yayılım merkezlerinde yükselen lerzolitik magmanın kısmi ergimeye uğraması sonucu podiform tip kromit cevherleşmelerini oluşturduğunu belirtmiştir.

Litosferik ve astenosferik manto kaynaklı ergiyiklerokyanusal kabuğun alt kısmında yer almaktadır. Bu ergiyikler arasında gerçekleşen kayaç-ergiyik etkileşimleri

sonucunda kromit cevherleşmeleri meydana gelmektedir. Kayaç-ergiyik etkileşimleri sonucunda oluşan kromitlere ait tenörler, zonlar arasında değişkenlikler göstermekle birlikte, bazı zonlarda da gözlemlenmemişlerdir (Şekil 2.1),(Zhou ve Robinson, 1997).



Şekil 2.1.Podiform kromitlerin oluşum ortamları (Zhou ve Robinson, 1997'den değiştirilmiştir)

Şimdiye kadar podiform tip kromit yataklarının oluşumlarına dair birçok görüş ortaya konmuş olsada günümüzde bu oluşumla ilgili en çok benimsenen görüş Lago vd. (1982) tarafından oluşumlar hakkında ortaya konulan ve sonraki süreçte Zhou ve Robinson (1997) ile Arai (1994,1997) tarafından geliştirilen çalışmalar, podiform tip kromit yataklarının oluşumu hakkında en çok benimsenen görüşlerdir. Bu görüşlere göre, kısmi ergime ile okyanus tabanı yayılma merkezleri altında oluşan bazaltik magma, kanallar vasıtasıyla kabuğun alt kesiminde bulunan magma odasını beslemekte ve yukarıya hareket etmektedir, bu esnada harzburjitler ile kimyasal etkileşime giren bazaltik magma bu etkileşim sonucunda kanallar içerisinde dike yakın, merceğimsi kromitler oluşturur.

2.1.Kromit ve Türkiye’deki Kromit Cevherleşmeleri

Gerek saha araştırmaları, gerek öncel yapılmış çalışmalar, gerekse MTA’nın resmi sitesinde yayınlanan ve güncel olarak mevcut bulunan bilgiler ışığında, kromit hakkında genel bilgiler şu şekildedir; Kromit minerali, parlak siyah renge sahip olmakla birlikte kahverengi çizgi rengine sahiptir. Kayacın üzerine, daha sert bir cisimle yapılacak olan bir çizim sonrası, çizgi renginin kahverengi şeklinde ortaya çıktığı görülecektir. Mineral üzerinde yapılan özgül ağırlık ölçümleriyle, kromit mineralinin özgül ağırlığı ortalama olarak 4,5 gr/cm³ olarak gözlemlenmektedir. Sertlik skalasına yani Mohs cetveline göre, kromit mineralinin sertliği 5,5 olarak saptanmıştır, genelde manyetik özellik taşımazlar.Kromit mineralinin üzerinde yapılan laboratuvar çalışmasıyla, kaynama sıcaklığı 2761°C, ergime sıcaklığı ise 1890°C olarak belirlenmiştir (Akın, 2018).

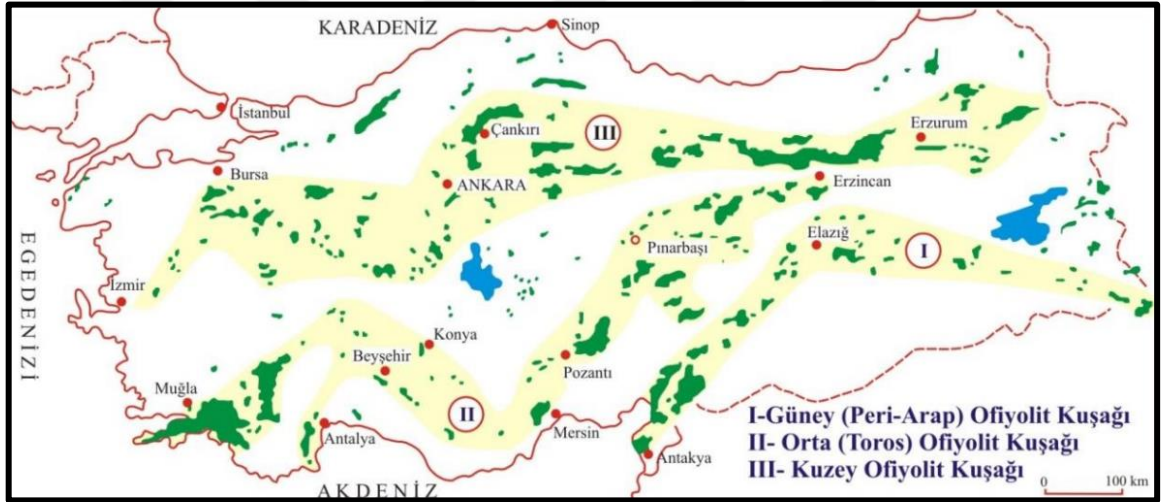
Krom mineralleri içinde doğada mevcut olan ve işlenebilen tek krom minerali kromittir, dolayısıyla kromun doğal kaynağıdır. FeCr_2O_4 kromitin teorideki kimyasal formülüdür.Doğada mevcut olan kromit mineralinin kabul edilen formülü $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al,Fe})_2\text{O}_4$ şeklindedir. Kayaç içerisinde mevcut olan kromit tanelerinin yoğunluğu ve dokusu cevherin masif, nodüllü, bantlı, dissemine gibi tanımlanmasını sağlar. Bu mineral içerisinde yer alan ve kromit mineralini oluşturan elementler; Magnezyum, Krom, Demir ve Alüminyum elementleri olmakla birlikte, gang minerallerinden kaynaklanan silis de krom cevheri analizlerinin ayrılmaz bir parçasıdır (MTA, 2023).

Türkiye’de kromit üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, cevherinin keşfi ilk olarak John Lawrence Smith tarafından 1848 yılında Bursa Harmancık’da olmuştur. Bundan yaklaşık 2 yıl sonra 1850 yılında ise Türkiye’nin ilk kromit ihracatı yapılmıştır (Akın, 2018). İleri süreçte keşfedilip ortaya çıkartılan yataklar ve yeni rezervler ile Türkiye büyük ilerleme kaydetmiş, bunun sonucunda krom üretimi ve ihracatı konusunda dünya da başı çeken ülkeler arasına girmiştir.

Cevherin sanayideki kullanım alanlarını krom cevherinin kimyasal bileşimi yani içeriği belirlemektedir. Kromit içerisinde bulunan SiO_2 , Cr_2O_3 , Al_2O_3 ’ün yüzdece miktarları ve Cr/Fe oranı kimyasal analizlerde çok belirleyici olmaktadır. Kromit mineralinin doğada ultramafik hamur içerisinde farklı oranlarda Cr_2O_3 muhtevaları

bulunmaktadır, bilinen en yüksek Cr_2O_3 içeriği %68'dir. İşletme açısından krom yatakları, maden yatağının boyutuna ve topoğrafyaya bağlı olarak açık veya yeraltı işletme yöntemleriyle işletilmektedirler.

Krom cevheri birçok farklı sanayiye kullanılmaktadır. Metalurji, kromun önemli bir kullanım alanıdır; çelik metaryalüretimlerinde, özellikle paslanmaz çeliklerin yapımında kullanılan bir ana bileşendir. Refrakter endüstrisi, yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzemelerin yapımında krom cevherini tercih eder. Kimya endüstrisinde krom, pigment üretimlerinde renklendirme özelliği sebebiyle kullanılmaktadır. Ayrıca döküm endüstrisi, metal alaşımlarında kullanılarak mukavemet ve direnç özelliklerini artırmak için kromu kullanır. Krom cevheri, bu farklı sektörlerdeki kullanım çeşitliliği ve özellikleri nedeniyle endüstriyel üretimde önemli bir yer tutmaktadır (MTA, 2023).

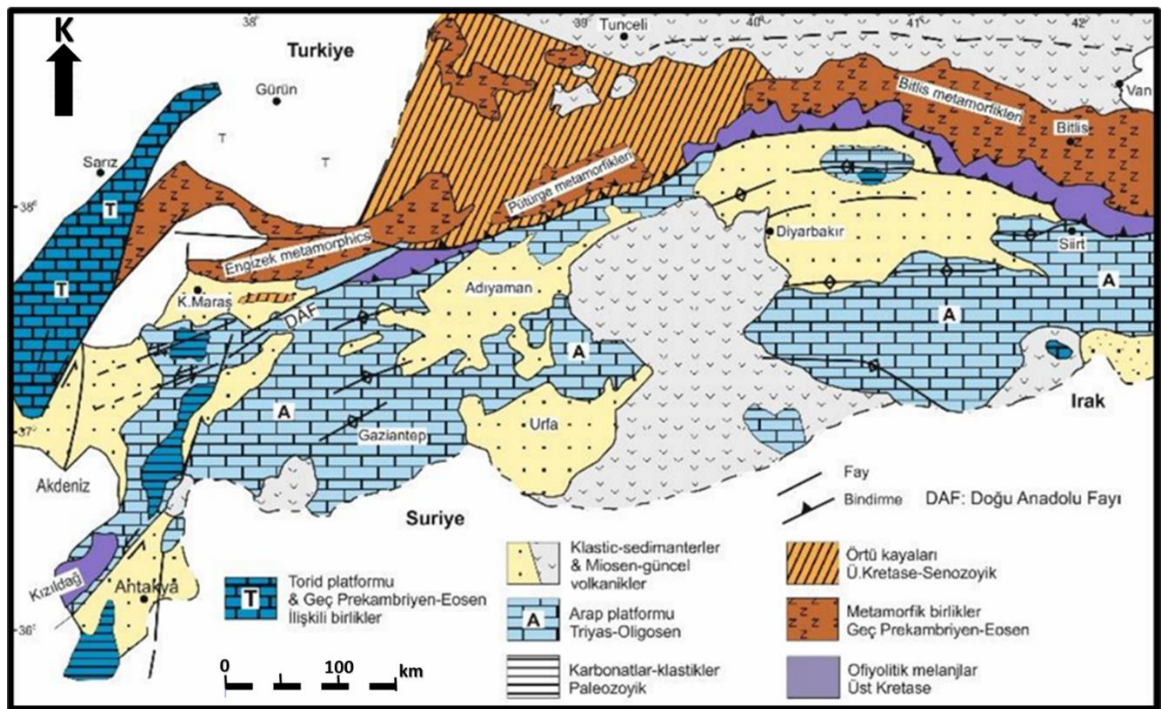


Şekil 2.2. Türkiye’deki ofiyolitlerin dağılımı (Juteau, 1980)

Bulunduğu konum itibariyle, Avrasya, Afrika ve Arap kıtaları arasında yer alan ve tektonik hareketlilik açısından önemli bir konumda bulunan Türkiye bahsi geçen bu kıtaların birbirleriyle olan hareketleri nedeniyle yoğun bir orojenik etkinliğe maruz kalmıştır. Neotesis okyanusunun, Kretase zamanından itibaren kapanmaya başlaması ile birlikte bölgede birçok basen, sıkışmalı rejim varlığından dolayı kapanmış ve okyanusal litosferin tüketilmesiyle kıta üstlerine ofiyolit yerleşimleri gerçekleşmiştir (MTA, 2023).

Anadolu’da mevcut olan ve gözlemlenen ofiyolit yerleşimleri genel olarak 3 önemli kısma ayrılarak incelenmektedir (Şekil 2.2). Bunlardan bahsetmek gerekirse, kuzeyden güneye doğru sıraladığımızda; 1) Kuzey ofiyolit kuşağı(III), 2) Orta (Toros) ofiyolit kuşağı(II), 3) Güney (Peri-Arap ofiyolitkuşağı’dır(I) (Juteau, 1980).

Türkiye'deki Güney kuşak ofiyolitlerin dağılımı Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu ofiyolitleriçersindeNeotetis okyanusunun kapanımına dair önemli ipuçlarını barındıran ofiyolitler Güneydoğu Anadolu ofiyolitleridir. Güneydoğu Anadolu bölgesindeki önemliofiyolit yerleşimleri (Şekil 2.3); Hatay çevresinde yer alan Kızıldağ ofiyoliti, Kahramanmaraş'da bulunan Göksun, Berit ve Meydan ofiyoliti, Malatya ili civarındaki İspendereofiyoliti, Elazığ bölgesinde yer almakta olan Kömürhan ve Guleman ofiyolitleridir(Özkan ve Öztunalı, 1984; Beyarslan, 1996; Genç vd., 1993 ve Rızaoğlu vd., 2006; Bağcı vd., 2005, 2008; Parlak vd., 2009, Dilek ve Thy, 2009, Nurlu vd., 2016).



Şekil 2.3. Türkiye'deki Güney kuşak ofiyolitleri'nin dağılımı (Yılmaz vd., 1993)

Krom yatakları genel olarak merccek, bant veya düzensiz şekilli kütlelerden oluşmaktadır. Kromitit kütlelerinin boyutu genel olarak 4-5m kadar olsada, birkaç santimetreden, 90-100 m'yi geçen uzunluğa kadar ulaşabilmektedir. Kütlelerin kalınlıklarının ise bazı hallerde 5 m'yi geçse de bu değer genelde 2-3 m kadardır. Alpin tip yataklardan üretilen krom cevherinin kullanım alanı genel olarak metalurji ve refrakter sanayileridir. Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermemekle birlikte, ultrabazik kayalar içinde ülke geneline yayılım göstermiş durumdadır. Türkiye'de coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplanmaktadır (MTA, 2023) (Şekil 2.4).

ve gelişen dinamiklere uyum sağlamak adına krom madenciliğinde farklı stratejilerin geliştirilmesine yol açmaktadır. Eski dönemlerde, krom işletmeciliğinde %45 Cr_2O_3 tenörün altında kalan krom yatakları işletilemezken, bugün arz-talep miktarının artması ve uygun koşulların oluşması, teknolojinin ilerlemesi nedenleriyle %7-9 Cr_2O_3 oranında düşük tenörlük kromitlerin zenginleştirme tesislerinde kırma ve öğütme işleminden sonra zenginleştirilerek, işletildiği bilinmektedir (MTA, 2023).

Krom rezervleri açısından, yaklaşık olarak 25 milyon tonun biraz üzerinde krom rezervine sahip olan Türkiye, ülkeler arası krom rezerv potansiyeli açısından dünya genelinde 4. sırada yer almaktadır (Odabaşı vd. 2011). Türkiye’de mevcut olan krom rezervi farklı bölgelerde dağılım göstermiştir. Mevcut olan rezerv miktarının yaklaşık olarak yüzde 45’i Elazığ bölgesinde, yüzde 26’ya yakın kısmı Sivas-Erzincan bölgesinde, yüzde 13’ü Bursa-Kütahya-Eskişehir bölgesinde, yüzde 10’u Mersin-Adana bölgesinde ve yüzde 6’sı da Muğla-Denizli-Burdur bölgesinde yer almaktadır (DPT, 2001). Türkiye’de farklı bölgelerde mevcut olan bu geniş krom rezervleri, ülkenin endüstriyel potansiyeline ve ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır.

2.2. Jeolojik Değerlendirme

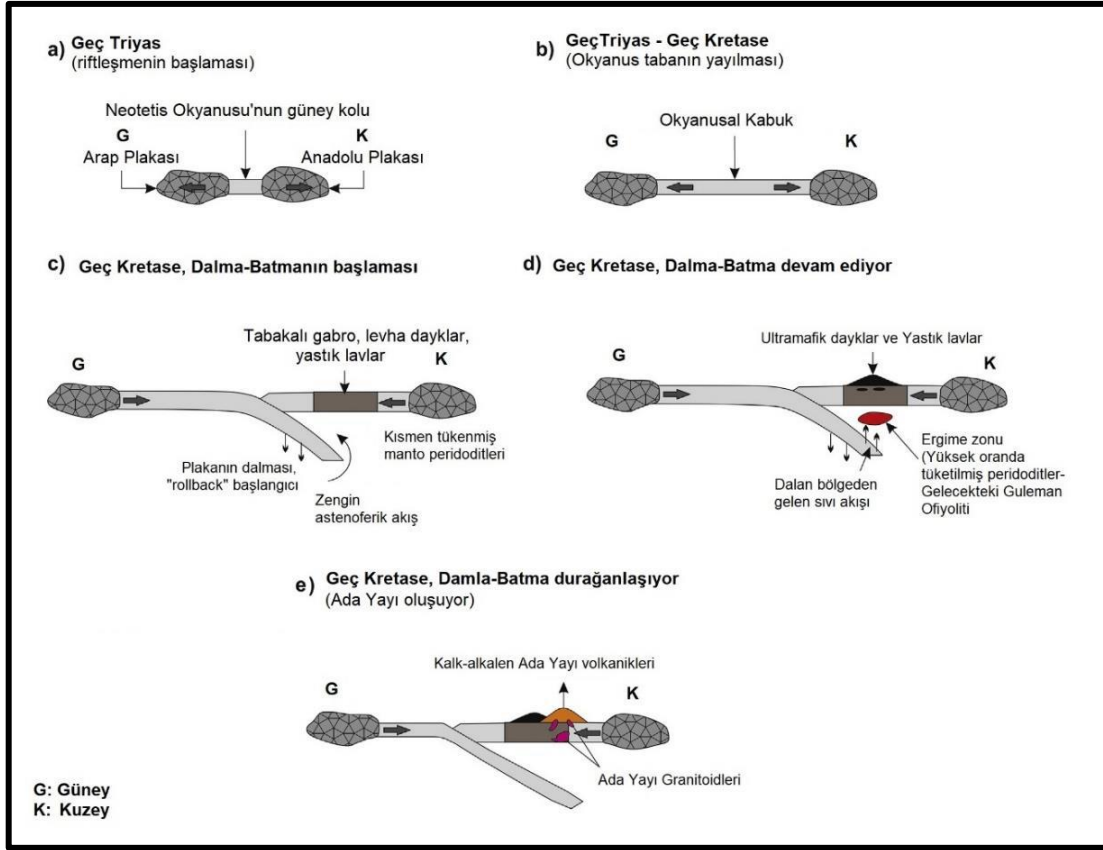
2.2.1. Bölgesel jeoloji

Türkiye’deki ofiyolit kuşaklarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, Juteau (1980) yaptığı araştırma ve çalışmalarla Türkiye’de mevcut olan ofiyolit kuşaklarını; Güney (Peri-Arap) Ofiyolit Kuşağı, Orta (Toros) Ofiyolit Kuşağı ve Kuzey Ofiyolit Kuşağı şeklinde 3 ana grup altında sınıflandırmıştır. Bu kuşaklar, Türkiye’nin farklı bölgelerindeki ofiyolitlerin coğrafi konumlarına göre belirlenmiş ve adlandırılmıştır. Ofiyolitler üzerinde yapılan bu sınıflama, jeolojik çalışmalarda farklı ofiyolit kuşaklarının özelliklerini anlamak ve bölgeler arası farklılıkları ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Çalışma alanının yani Guleman bölgesinin içerisinde bulunduğu Güney Ofiyolit Kuşağı’nın genel olarak İskenderun Körfezi’nden başlayıp Türkiye’nin İran-Irak sınırına kadar uzandığı bilinmektedir. Bu kuşak, coğrafi olarak geniş bir alanı kapsar ve jeolojik yapılar açısından önemli ofiyolitik birliktelikleri içerir (Şekil 2.2) İspendere, Kömürhan, Kızıldağ, Koçali, Oramar, Karadağ ve Guleman ofiyolitleri Güney Ofiyolit Kuşağı içerisinde yer alan ofiyolitlerdir.

Metamorfik masifler tektonik aktiviteler ile Doğu Toroslar içerisinde yer alan ofiyolitleri üzerlemiştir, üzerlenen bu ofiyolitler, Erken Miyosen'e kadar varlığını koruyan okyanus kabuğuna ait kalıntılardan oluşmaktadır (Yılmaz, 1993). Guleman Ofiyoliti'ni uyumsuz olarak örten birimler, Maden Karmaşığında ait birimlerdir. Maden Karmaşığı, çeşitli metamorfik, tortul ve magmatik kayalar içerisinde barındıran bir birimdir. Arap platformuna ait sedimanter kayalar üzerinde Anadolu levhasına ait birimler yer almaktadır.

Güney Ofiyolit Kuşağı içinde yer alan Guleman Ofiyoliti'nin oluşumu Neo-Tetis'in güney kolunun kuzeye doğru dalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Geç Triyas döneminde, Arap Levhası'nın kuzeyinde Bitlis-Pütürge metamorfik masifleri ile Arap levhası arasında bir riftleşme meydana gelmiş ve bu durum Neotetis'in güney kolunun açılmasına neden olmuştur. Bu süreç, Geç Triyas döneminden Geç Kretase dönemine kadar devam etmiş ve bu süreçte Neotetis'in güney kolunun kuzeye doğru dalım süreci başlamıştır.

Bu süreçte, Geç Kretase döneminde ofiyolitlerin oluşumu gerçekleşmiş ve üzerinde Elazığ Magmatitleri'ni üreten bir okyanus içi yay oluşmuştur. Geç Kretase döneminin sonunda ise Elazığ Magmatikleri ve ofiyolitler, güneydeki kıta kenarı üzerine bindirmişlerdir. Bu süreç, Guleman Ofiyoliti'nin oluşumunda ve konumlanmasında önemli bir rol oynamıştır (Rizeli vd., 2016).



Şekil 2.5. Güney Kuşak ofiyolitlerinin oluşum modeli (Rizeli vd., 2016;Tokat, 2021)
2.2.2. Çalışma alanının jeolojisi

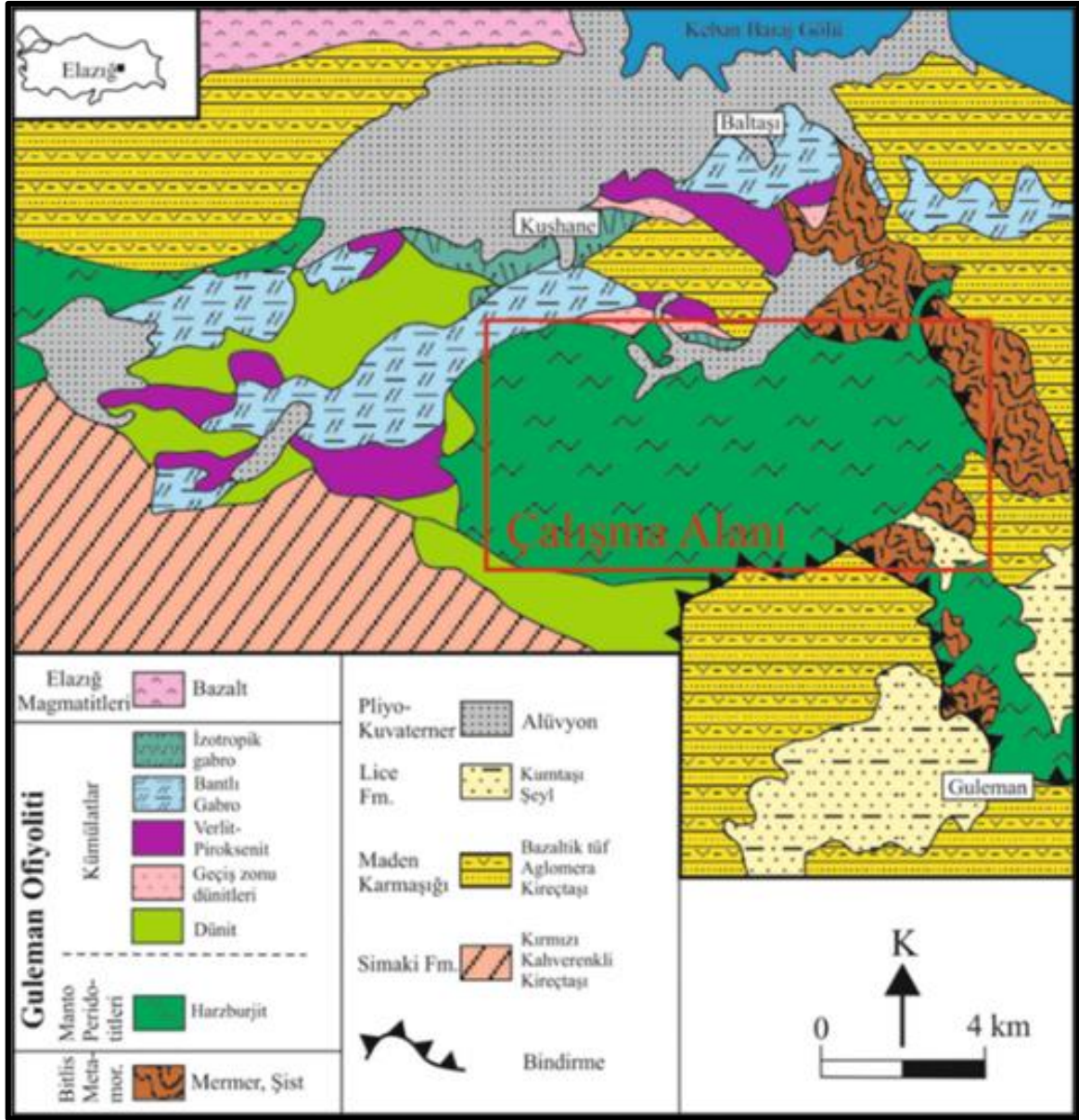
Güney Ofiyolit Kuşağı içinde yer alan inceleme alanı ve bölgedeki litolojik birimler, kronolojik olarak yaşlıdan gence doğru sıralandığında en yaşlı birim Bitlis Metamorfitleri olarak karşımıza çıkar. Daha sonra Guleman Ofiyoliti, Hazar Grubu ve Maden Karmaşığı sıralaması gelir. Bölgede ki en genç birim ise Lice Formasyonu olarak sıralanır. Bu sıralama, bölgedeki jeolojik oluşumların yaş ve kronolojik sıralamalarını belirtir ve jeolojik süreçlerin gelişiminin ortaya konması açısından önemlidir (Ercan vd., 1970).

Yapısal gruplara göre sınıflandırılmış jeolojik birimler bölgede farklı dönemlere ait olup çeşitli yapısal özellikler gösterir. Allohton birimler genellikle Paleozoyik döneme ait olup, bölgede yer değiştirmiş ve orijinal konumlarından taşınmış birimlerden oluşmaktadır. Bu grup Bitlis Metamorfitleri, Guleman Ofiyoliti, Hazar Grubu ve Maden Karmaşığı gibi oluşumları içerir. Otokton birimler ise bölgenin yerel konumunda bulunan, genellikle diğer birimlerin altında kalmış ve yapısal olarak daha durağan olan birimlerdir. Bu grupta yer alan Lice Formasyonu gibi oluşumlar, genellikle yerinde kalmış ve yerel yapıları temsil

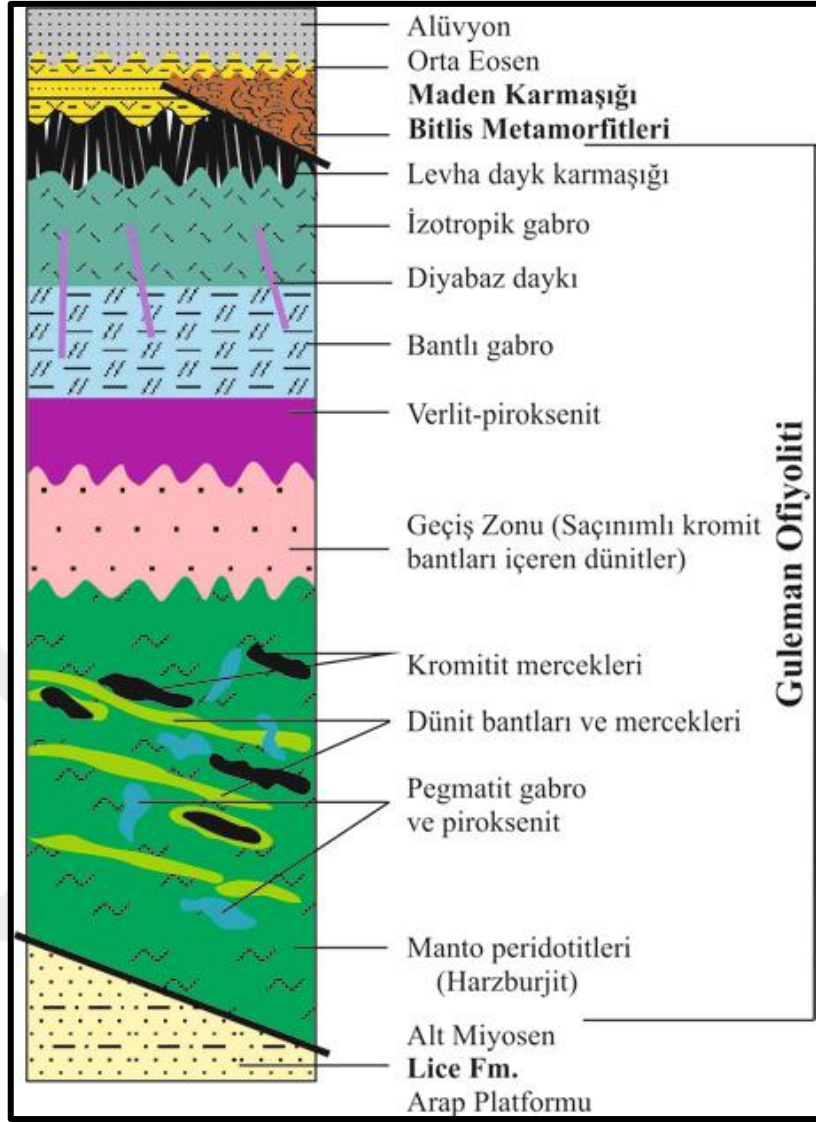
eder. Güncel çökeller ise daha yakın zamanlarda, genellikle Kuvaterner dönemden günümüze kadar oluşmuş birimlerdir. Yataya yakın az eğimli, gevşek çimentolu konglomeralar, kumtaşları ve traverten özelliğindeki kireçtaşları, genellikle çevresel koşulların etkisiyle oluşmuş, genç ve yerel çökeltileri temsil ederler. Bu çökeller genellikle daha gevşek yapıdadır ve yüzey kısmında bulunurlar (Ercan vd., 1970).

Bitlis Metamorfikleri, Guleman ofiyolitleri üzerine gelerek bir tür tektonik dokanak gerçekleşmiştir. Ardından, Maden Karmaşığı ve Hazar Grubu, Bitlis Metamorfikleri üzerine uyumsuz bir şekilde yerleşmiştir. Bu durum, tektonik süreçlerde farklı jeolojik birimlerin yer değiştirmesini ve üst üste binmesini göstermektedir. Ayrıca, bu birimlerin altında yer alan miyosen yaşlı Lice Formasyonu, bu tür tektonik hareketlerin sonucunda bu birimlerin üzerine bindirilmiş veya örtülmüş durumdadır. Bu jeolojik ilişki, bölgedeki karmaşık tektonik etkileşimleri ve farklı dönemlere ait jeolojik birimler arasındaki ilişkileri gösterir (Şekil 2.6; Şekil 2.7).

Guleman Ofiyoliti, çoğunlukla dünit ve kromitit içeren harzburjitlerden oluşan tektonitlerden ve bunların üzerine açılı uyumsuzlukla gelen dünit, verlit, klinopiroksenit, tabakalı gablo ve izotrop gabrolardan oluşan kümülatlardan meydana gelir. Bu birimlerin yanı sıra, bu birimleri kesen tekil diyabaz daykları da bulunur. Levha dayk karmaşığı ve bazik volkanik kayalar da Guleman Ofiyoliti'nin bileşenlerindendir.



Şekil 2.6. Bölgenin genel jeoloji haritası (Beyarslan ve Bingöl, 2014; Rizeli, 2014)



Şekil 2.7. Çalışma sahasındaki birimlerin tektono-stratigrafik dikme kesiti (Beyarslan ve Bingöl, 2014; Rizeli, 2014)

Ofiyolitlerin petrolojisini üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda Guleman Ofiyoliti'nin tabanında tektonit birimlerin ve bu birimlerin üzerinde ise ultramafik ve mafik kayalardan oluşan kümülâtların yer aldığı belirtilmiştir. Tektonitlerin yapraklanma, çizgisellik gibi yapısal ve dokusal özellikleri, yüksek sıcaklıklarda plastik deformasyona uğramış harzburjit ve az miktarda dünitlerden oluştuğunu göstermektedir (Bingöl, 1986). Harzburjitler, yüksek sıcaklıklarda oluşan ultrabazik kayalardandır ve plastik deformasyona uğramış olabilir. Bu tür plastik deformasyonlar, yüksek sıcaklık ve basınç altında kayaların dokusal ve yapısal özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır.

2.2.2.1. Allaktonbirimler

2.2.2.1.1. Bitlis Metamorfitleeri

Guleman ofiyoliti içerisinde yer alan Bitlis Metamorfitleeri ilk olarak Tolun (1954) tarafından “Bitlis Metamorfik Masifi” olarak isimlendirilmiştir (İmamoğlu vd., 2014). Bitlis Metamorfitleerini kapsayan başlıca geniş çaplı çalışmalar; Boray (1976), Perinçek (1980), Genç (1981), Göncüoğlu ve Turhan (1984) ve Balcı (1986) tarafından gerçekleştirilmiştir. Genç (1984)’e göre formasyonun yaşıPaleozoyik’tir.

İnceleme alanının orta kısımlarında gözlenen Bitlis Metamorfitleerine ait birimler mermer, gnays, kuvarsit ve amfibolitlerden oluşmaktadır (Genç 1984). Bitlis Metamorfitleeri, İmamoğlu vd. (2014)’e göre granat, gnays, amfibolit, kuvars, albit, biyotit, şist, kuvarsit, mermer, kristalize kireçtaşı ve meta-tüflerden oluşmaktadır.

Bitlis Metamorfitleeri kuşağı, bölgenin kuzey kısmında gözlenir ve birbiri üzerine bindirmiş çok sayıdaki tektonik dilimi kapsar ve bölge üzerinde yapılan çalışmalar kapsamında metamorfitleer Hizan Grubu ve Mutki grubu olarak iki alt birime ayrılmıştır (Göncüoğlu ve Turhan, 1984). Bitlis metamorfitleeri tektonik olarak Guleman ofiyolitinin üzerine gelirken, Hazar Grubu ve Maden Karmaşığı birimleri tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Tokat, 2021)

2.2.2.1.2. Guleman Ofiyoliti (Jura-Alt Kretase)

Birim üzerinde birçok araştırmacı çalışmalar yapmış ve bu doğrultuda birim için farklı isimlendirmeler yapılmıştır. Son olarak Bingöl (1984, 1986) birimi “Guleman Ofiyoliti” olarak isimlendirmiştir.

Çalışma alanında yer almakta olan Guleman Ofiyolit Birimi, Güney Kuşak Ofiyolit grubu içerisinde bulunmaktadır (Şekil 2.5). Ofiyolit üzerinde yapılan öncel çalışmalarda (Bingöl, 1986), istif içerisinde levha dayk karmaşığı görüldüğünü ve volkanik kayaların ise tartışmalı olduğunu belirtirken, birim üzerinde çalışma yapan farklı araştırmacılar ise (Erdoğan, 1982; Özkan, 1983b; Özkan ve Öztunalı, 1984) bölgede yayılım gösteren Caferi Volkanitlerini Guleman Ofiyoliti’nin yüzey kayacı olarak kabul etmiş, ancak bir grup araştırmacı da (Perinçek, 1979; Yazgan, 1981; Bingöl, 1984) yapmış oldukları çalışmalar

sonucunda bölgede yayılım gösteren bu volkanitlerin Elazığ Magmatitlerine ait olduğunu belirtmişlerdir.

Üzerinde çalışılan ofiyolit kompleksi içerisinde yer alan kümülatlar, tektonit birimlerin üzerinde konumlanmıştır. (Engin vd. 1982). Tektonitleri oluşturan birimler; dünit, kromit ve harzburgitlerden meydana gelirken, bunların üzerine gelen kümülatlar ise verlit, klinopiroksenit, dünit, tabakalı ve izotrop gabrolardan oluşmaktadır. Bu birimleri kesen tekil diyabaz daykları, levha dayk karmaşığı ve bazik volkanik kayalar da bu ofiyolitik kompleksin bileşenleri arasında yer almaktadır (Başpınar, 2006; Tokat, 2021). Kompleksinin alt kısmında manto peridotitleri yer almaktayken, mafik kısmında izotropik gabro, bantlı gabro ve levha dayk oluşumları gözlemlenmektedir (Beyarslan ve Bingöl 2014).

Guleman Ofiyoliti'nin katmanları ve içerdiği farklı kayaç türlerinin ortaya konulduğu bu araştırmalar ile; Tektonit birimlerin, daha alta yer alan dünit, kromit ve harzburgitlerden oluştuğunu, kümülatların ise bu birimlerin üzerine gelip ve farklı bazik kayaları içerdiğini görmekteyiz. Ofiyolitik oluşumlar içerisinde gözlemlenen tekil diyabaz daykları, levha dayk karmaşığı ve bazik volkanik kayalar da bu oluşumların jeolojik yapısının çeşitlenmesine ve zenginleşmesine neden olmaktadır.

2.2.2.1.3. Hazar Karmaşığı (Üst Meastrihtiyen-Alt Eosen)

Bu birimin adlandırılması konusunda farklı çalışmacılar arasında çeşitli terimler kullanılmıştır. Rigo De Righi ve Cortesini (1964) bu birimi "Hazar Birimi" olarak adlandırmıştır. Bu adlandırma yapılan ilk adlandırma olmuştur. Daha sonraki dönemlerde yapılan çalışmalar sonucu, farklı araştırmacılar bu birime farklı isimlerde tanımlamalar yapmıştır. Özkaya (1974) ile Aktaş ve Robertson (1984) bu birimi "Hazar Grubu" olarak adlandırırken, Perinçek (1979) ile Tuna ve Dülger (1979) ise "Hazar Karmaşığı" terimini kullanmışlardır. Bu tür farklı adlandırmalar genellikle farklı araştırmacıların gözlem ve analizlerine dayanarak yapılmıştır. Çalışma yapılan birimin adlandırılması ve tanımlanması konusunda birbirinden farklı bakış açıları ortaya çıkmaktadır, aynı zamanda adlandırmaların yapıldığı dönemlerdeki çalışma koşulları, imkanlar ve ortada olan terminolojiler farklı adlandırılmaların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Hazar Karmaşığı, Guleman grubu üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Hazar karmaşığının yaşı Üst Meastrihtiyen-Alt Eosen şeklindedir. Hazar Karmaşığı içinde yer

alan birimler çeşitli sedimanter kayalardan meydana gelmiştir. Bu birim, tabanından başlayarak farklı kayaç türlerinin aralanması şeklinde karakterize edilmiştir ve birimin tabanında konglomera yer alır. Daha sonra tabandan tavana doğru kumtaşı-kiltaşı-marn-killi kireçtaşı-sileksit-radyolarit ve pembe-kırmızı renkli fosilli kireçtaşları gibi aralanmalar gözlemlenir. Ayrıca, bu karmaşık içinde ve belirtilen kayaç gruplarının dışında bazalt, diyabaz, tuf ve andezit gibi volkanik ara katkılar da bulunur. Bu tür volkanik ara katkılar, sedimentasyon süreci içerisinde birime dâhil olmuş veya sonradan birikmiş olabilir. (Arıkal ve Taşan, 1986).

2.2.2.1.4. Maden Karmaşığı (Orta Eosen)

Birimin adlandırılması ve yaşının belirlenmesi üzerinde farklı araştırmacılar arasında çeşitli terminolojiler ve yaş belirlemeleri yapılmıştır. İlk olarak Rigo de Righi ve Cortesini (1964) bu birimi "Maden Birimi" olarak adlandırmışlardır. Ancak, daha sonraki farklı zaman diliminde yapılan çalışmalar sonucunda; Açıkbaş ve Baştuğ (1975) birimi "Baykan Karmaşığı" olarak, Özkaya (1978) "Sason-Baykan Grubu" olarak adlandırmıştır. Perinçek (1979), Hempton (1984), Yiğitbaş ve Yılmaz (1996) ise bu birimi "Maden Karmaşığı" olarak adlandırmışlardır.

Birimin yaşının belirlenmesi konusunda, farklı araştırmacılar tarafından farklı zaman dilimlerinde yapılan çalışmalar sonucu birim için yapılan yaş tayinleri şu şekilde ortaya çıkmıştır; Özkaya (1978), Perinçek (1979), Özkan (1982) ve Yiğitbaş vd. (1993) Orta Eosen yaşını belirtirken, Erdoğan (1982) Üst Kretase-Alt Eosen, Aktaş ve Robertson (1984) ise Paleosen-Eosen yaş aralığı olduğunu ifade etmişlerdir.

Farklı isimlendirmeler ve yaş belirlemeleri genellikle yapılan çalışmalara, gözlemlere ve kullanılan metodolojiye bağlı olarak farklılık gösterebilir. Hazar Karmaşığı üzerine uyumlu olarak gelen Maden Karmaşığının yaşı Orta Eosen şeklindedir. Maden Karmaşığında yer alan litolojik istif ise; karbonatlı kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, yastıklavlar, andezit-bazalt, aglomera ve tuf birimleri şeklinde gözlemlenmektedir. Birim içerisinde yer alan kireçtaşlarında Nummulit fosilleri gözlenmiştir (Arıkal ve Taşan, 1986). Perinçek (1980), Maden Karmaşığı içerisinde yer alan kireçtaşı bloklarının sığ ortamda çökeldiğini daha sonra havzanın derin kısmına yerleşimini olistolit olarak tanımlamışlardır.

Maden Karmaşığı içerisinde yer alan volkanik kayalar ise Aktaş ve Robertson (1984)'ın volkanikkayalar üzerinde yapmış olduklarıjeokimyasal değerlendirmeler neticesinde kuzeye dalımlı olan bir yitim zonuüzerinde, yay önu bölgede oluştuğunu göstermektedir.

2.2.2.2. Otokton birimler

2.2.2.2.1. Lice Formasyonu (Alt Miyosen)

Lice Formasyonu, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde geniş bir alanda bulunur ve bu formasyon için ilk tanımlama 1958 yılında Schmidt tarafından yapılmıştır(Rizeli 2014). Yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda Lice Formasyonu'nun yaşı konusunda farklı araştırmacılar tarafından farklı zaman aralıkları ortaya konulmuştur. Perinçek (1978), Önalın (1988), Yılmaz ve Duran (1997) gibi araştırmacılar bu formasyonun Alt Miyosen yaşımda olduğunu belirlemişlerdir. Formasyon içindeki birimlerin Alt Miyosen döneminde farklı ortamlarda çökelmiş olduğu ve birimlerin sığ şelf, havza yamacı, havza kenarı ve havza içi gibi çeşitli çevresel ortamlarda oluştuğu öne sürölmektedir(Önalın 1988).

Alt Miyosen yaşılı Lice Formasyonu, bölgede yer alan tek otokton birimdir. Bu formasyon filiş özelliği taşımaktadır. Güneydoğu Anadolu Bindirmesi'nin denizel bir klastik istifı olarak geniş bir alanda bölgede yaygın olduğu bilinmektedir (Perinçek, 1979).

Lice Formasyonu, içerisinde yer alan litolojik istif, kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşı şeklindedir. Formasyon, Diyarbakır İline bağlı Ergani İlçesinin güney kısmında ise kaba kumtaşı litolojisi sunar ve yaklaşık olarak kalınlığı 150 m'dir. Ergani'nin kuzey bölgesinde ortaya çıkışı ise ince kireçtaşı arakatmanlı, düzgün şeyl ve marn aralanmasışeklindedir.(Arıkıl ve Taşın, 1986).

2.2.2.3. Güncel çökeller (Örtü birimler)

Çalışma alanını içerisinde yer alan bu birimlerin kendisinden yaşılı tüm birimleri meydana gelen tektonik aktiviteler sonucu uyumsuzlukla örttüğu düşünölmektedir. Bu birimin içeriğinehirler tarafından taşınıp, malzeme birikmesiyle oluşan akarsu çökelleri ve alüvyon yelpazelerle birlikte fay zonlarındaki tutturulmamış malzemelerden oluşmaktadır.Palu Formasyonu olarak adlandırılan, çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı içeren kayalar Kerey ve Türkmen (1991) tarafından örtü birimler içerisinde değerlendirilmiştir ve bu çalışmacılar birimin yaşıını Pliyo-Kuvaterner olarak belirlemiştir.

Başka bir değişle bölgede gözlemlenen güncel çökeller, akarsuların yüksek alanlardan taşıdığı ve eğimin kaybolduğu ve yataklarının genişlediği kısımlarda biriken, ofiyolit, çakıltaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, kum, silt ve kil boyutu malzemelerden oluşmaktadır.

2.2.3. Çalışma alanının tektonizması

Bölgenin jeodinamik evrimi konusunda yapılan çalışmalar farklı görüşlere sahip olsada, yapılan çalışmalar ile belirli modeller ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde, Bitlis-Pütürge Masifi'nin kuzeyinde bulunan Güney Neotetis okyanusunun kuzey kolunun Geç Kretase döneminde kuzeye doğru yiterek Neotetis'in kapandığı düşünülmektedir. Bu kapama sürecinde, Guleman Ofiyoliti ile Elazığ Magmatitlerinin kıta kenarına bindiğı öne sürülmüştür (Rizeli vd. 2016).

Bölge üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda Özkan (1982), Guleman Ofiyolitinin Üst Jura – Alt Kretase, Bingöl (1984, 1986) ise Geç Jura – Erken Kretase yaşı olduğunu tayin etmişlerdir.

Kılıç (2005), birimin yaşını Üst Kretase olarak belirlemiş ve bunun sebebi olarak Guleman Ofiyoliti'nin Neotetis'in güney kolunun, Üst Kretase'de kuzeye doğru dalmasıyla, dalan kabuk üzerindeki okyanusal kabukta meydana gelen açılmaya bağlı olarak gelişen okyanus kabuğu ürünleri olmasını göstermiştir.

Yine bölgenin okyanusal kabuk ürünü olması konusunda görüş bildiren Çelik (2005)'de Guleman Ofiyoliti, Anadolu Levhası ile Arap Levhası'nın arasında meydana gelen çarpışma sonucu; dalan okyanusal kabuk üzerinde meydana gelen açılma ve sonrasında bu açıklığı dolduran okyanusal ürünüdür şeklinde görüş bildirmiştir.

Guleman Ofiyolitinde izlenen çeşitli yapılar, birimin farklı tektonik ortamlarda birbirini izleyen deformasyonlara uğramış olduğunu göstermektedir. Bölgede gelişen deformasyonlar sonucunda, yapraklanma, çizgisellik gelişimi, plastik kıvrımlanmalar ve plastik yırtılmalar manto içi plastik deformasyon evresinde gelişmiş yapılar olarak gösterilmiştir (Başpınar, 2006).

Ofiyolit içerisinde önemli bir yere sahip olan Batı ve Doğu Kef Krom yatakları genel olarak K-G doğrultulu sıkışma fazına bağlı kuvvetli bir tektonik hareketin etkisinde kalmış ve iki büyük tektonik dilime ayrılmışlardır (Çakır, 1994).

Batı Kef ve Doğu Kef bölgelerinde kromit cevherleşmeleri yaklaşık olarak D-B doğrultusunda ve 80-85° ile güneye eğimlidir. Bu bölgedeki cevherleşmeler genel olarak

D-B uzanımlı kendisine paralel fayların arasında yer almaktadırlar. Batı ve Doğu Kef bölgesinde yer alan kromit cevherleşmelerinin kalınlıkları ortalama 35-40 m civarında olup, cevherleşmenin bölgede yer alan faylara paralel olması sebebi ile bölgede cevher takibinde fayların cevhere olan olumsuz etkileri minimum seviyededir (Dursun, 2010).

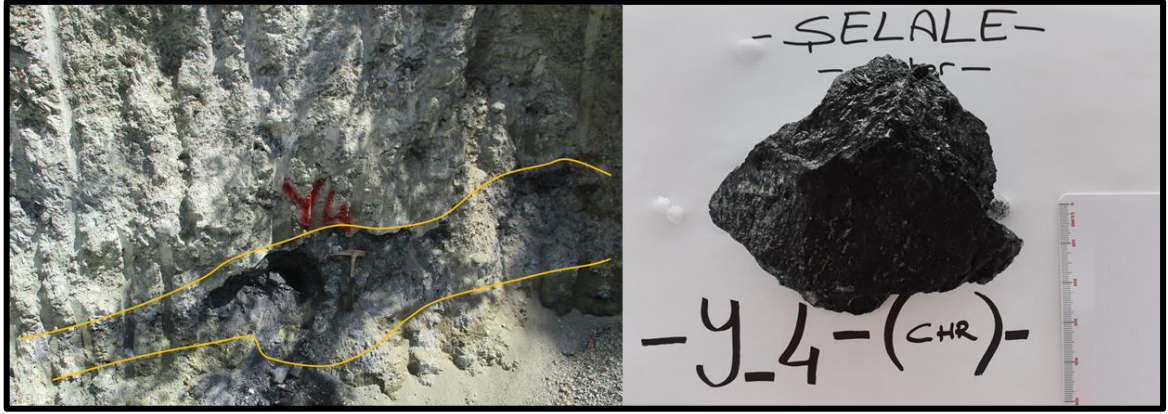
2.2.4. Çalışma alanında bulunan kromit cevherleşmeleri

Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan bölgelerde ve çalışma alanında çok sayıda kromit cevher yatağı ve mostrası bulunmaktadır (Akın, 2018). Bu tez kapsamında, Guleman Ofiyoliti'nde yer alan dört farklı bölgedeki cevher anomalileri incelenmiştir. Tüm bu cevherleşmeler, ofiyolitler içinde masif yapıda gelişmiş, podiform (düzleştirilmiş) tip kromititlerdir. Ofiyolit içindeki bu cevherleşmeler, gözlemlenen yüzey hatları ve bulundukları bölgeler aşağıda belirtilmiştir. Marmerk bölgesinde, boyutları küçük ölçekte ve yapı olarak ise, saçınımlı ve masif cevherleşmeler gözlemlenmektedir (Şekil 2.8).



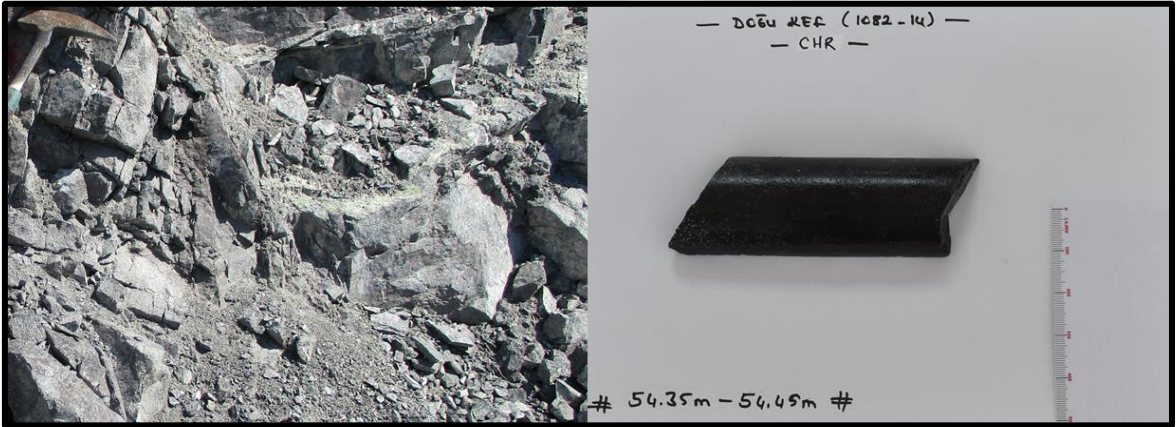
Şekil 2.8. Marmerk Bölgesine ait kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi

Şelale bölgesinde yüzeyde gözlemlenen cevherler genel olarak masif yer yer saçınımlı ve bantlı bir yapıda tespit edilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Şelale Bölgesine ait kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi

Kefcevherleşmelerinde önemli bir yere sahip olan Doğu Kef bölgesinde gözlemlenen cevherleşmeler büyük ölçekli masif yapıdaki adeselerden oluşan yüzlekler vermektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Doğu Kef Bölgesine ait kromit mostrası ve sondaj karotlarından alınan cevher numunesi

Alacakaya bölgesinde yer alan ve daha önce işletilmiş kromit mostralarının yanında yine bu alanda kalan Kündiken bölgesinde küçük boyutlarda cevher oluşumları gözlemlenmiştir, yapılan gözlemlere göre altere harzburjitler içerisinde yer alan cevherleşmeler, genel olarak masif formda olmak üzere yer yer saçınımlı, bantlı şekilde oluşumlar göstermektedir. (Şekil 2.11).



Şekil 2.11.Kündikan Bölgesine ait kromit mostrası ve mostradan alınan cevher numunesi

3. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Bu çalışma ile ofiyolitin jeolojisi, ofiyolit içerisindeki kromitit yataklarının konumları, özellikleri ve ofiyoliti oluşturan kayaçların petrojenezi ve bu kayaçların oluşum ortamlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, literatür araştırması yapılarak önceki çalışmalar irdelenmiş, arazi çalışmalarıyla gözlem noktaları oluşturulup numuneleme çalışmaları yapılmış, alınan örneklerin laboratuvar ortamında analizleri yapılmış ve süreç boyunca toplanan veriler ofis çalışmalarıyla derlenerek tez haline getirilmiştir.

Literatür araştırması öncelikle tez konusunun genelininin, sonrasında da çalışılan bölgeye yönelik yayınların taranmasından oluşmuştur ve arazi çalışmalarının öncesinden başlayıp süreç boyunca devam etmiştir.

Arazi çalışması; inceleme yapılan alanın petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin saptanabilmesi amacıyla bölgeden cevherleşme ve yan kayaç örneklerinin toplanmasından ibarettir.

Laboratuvar çalışmaları kısmında araziden toplanan örnekler üzerinden 30 mikron ve 100 mikron kalınlıklarında ince kesitler hazırlanmıştır. 30 mikron kalınlığında hazırlanan kesitler mikroskop altında petrografik gözlemlerde kullanılmıştır. Diğer taraftan 100 mikron kalınlığın yüzeyi parlatılmış olarak hazırlanan kesitler kullanılarak olivin, klinopiroksen, ortopiroksen ve spinel minerallerinin üzerinden EPMA (ana oksitler ve minor elementler için) analizleri gerçekleştirilmiştir. Böylece harzburjit ve dunit

kayaçlarının oluştuğu jeotektonik ortam ve kayaç-ergiyik karakteristiklerinin elde edilmesi amacıyla petrolojik özellikleri belirlenecektir.

Ofis çalışmaları kapsamında ise arazi ve laboratuvar verilerinin, literatür araştırmalarıyla birlikte, tez yazım çalışmalarını kapsamaktadır.

Bu çalışmalar ile Türkiye'nin en önemli kromit cevherleşmelerini ihtiva eden bu okyanusal kabuk parçasının nasıl bir tektonik ortamda ve ne tür petrolojik koşullar altında oluştuğu anlaşılabilecektir. Elde edilecek bu bulgular ile aynı kuşak içerisinde yer alan ofiyolitlerin zaman-mekansal konumları incelenerek yeni kromit yataklarının bulunmasına bilimsel bir bakış açısı getirilebilecektir.

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışmalar kapsamında, inceleme konusu olan ve Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan 4 farklı bölgeden alınan kromit ve yan kayaç örnekleri ile cevherleşmenin petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda yapılan arazi çalışmalarında Doğu Kef, Şelale, Kundikan ve Marmerk bölgelerinden gerekli olan numuneler toplanılmıştır (Şekil 3.1). Arazi çalışmaları yapılırken yararlanılan ekipmanlar;

- El gps'i, pusula
- Jeolog çekici
- Numune torbası, numune kartı
- Fotoğraf makinesi, Tablet
- Baret, madenci feneri vb. ekipmanlar kullanılmıştır.

Alınan numune ve karot örneklerinin kesimi için ise taş kesme makinesi vb. araçlardan yararlanılmıştır.



Şekil 3.1.Çalışma kapsamında, numune alınan kromit cevherleşmelerinin ve yan kayaçörneklerinin ofiyolit içerisindeki konumu

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında, Guleman Ofiyoliti içerisindeki Baltaşı, Doğu Kef, Marmerek ve Kündiken bölgelerini temsil edecek şekilde, 4 adet kromit, 4 adet yan kayaç numunesinin mineral kimyası incelenmiş ve petrografik analizleri yapılmıştır.

Çalışmalar kapsamında bu bölgelerden alınan örneklerin mikroskop altındaki incelemeleri yapılmış, petrografik özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Mineral kimyası analizleri için, araziden alınan örnekler içerisindeki kromit, olivin, piroksen ve spinel mineralleri belirlenmiş, ince kesitler üzerinde haritalanmış ve görüntüleri alınmıştır.

Petrografik gözlemler sonucunda Guleman Ofiyoliti içerisindeki bu 4 bölgeyi temsil edecek olan numune örnekleri EPMA analizleri için ABD’de bulunan New Mexico Tech Üniversitesine gönderilmiştir. Analiz sonuçları temin edilmiş ve yorumlamalar tamamlanmıştır.

Bu çalışmalar ile Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan bu bölgelere ait mineral kimyası ve petrografik özellikler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3.3. Önceki Çalışmalar

Bu çalışmalar ile Türkiye'nin en önemli kromit cevherleşmelerini ihtiva eden bu okyanusal kabuk parçasının nasıl bir tektonik ortamda ve ne tür petrolojik koşullar altında oluştuğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Elde edilen bu bulgular ile aynı kuşak içerisinde yer alan ofiyolitlerin zaman-mekansal konumları incelenerek yeni kromit yataklarının bulunmasına bilimsel bir bakış açısı getirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmaya konu olan Guleman kromit yatakları ilk olarak 1900'lerin başında Abdullah Hüsrev tarafından keşfedilmiştir (1915). Bölgede mevcut olan kromit cevherini Şark Kromları Türk Anonim Şirketi 1936 yılında işletmeye başlanmıştır sonrasında bu şirket 1939 yılı itibarıyla Etibank'a bağlı kurum haline gelmiştir (Tokat, 2021).

Helke (1938), bölgedeki ilk önemli çalışmayı yapan kişi olmuştur ve çalışmalarda, haritalama ve etüt faaliyetlerinde bulunmuştur. Kündiken bölgesinde kromit cevherleşmenin dik konumda oluşunu, serpantinleşmiş birimler içerisindeki kromitlerin basınç ve sıkışma faktörleriyle farklı yönlerde itilmiş olduğu tezi ile açıklamıştır. Bölge üzerinde çalışmalarını sürdüren Helke, Guleman kromit cevherleşmelerinin stratiform kromit yataklarının kalıntıları olduğunu 1962 yılındaki yaptığı çalışmalar ile ortaya koyup, bu yatakların da Alpin tektonizmasından etkilendiğini belirtmiştir.

Thayer (1964), Guleman bölgesi cevherleşmelerinin doku ve yapıları üzerinde araştırmalar yapmış ve yaptığı çalışmalar sonucunda cevherleşmenin stratiform yataklarındaki cevherleşmelerden farklı olduğunu belirtmiştir. Bölgedeki cevherleşmenin Alpin tipte olduğu ortaya koymasının sebebi, Podiform tip yataklarda görülen nodüler kromit cevherleşmelerinin çek ayır dokularının Alpin Tip yataklanmalarda görülmesi ve bölgede bu yapının gözleniyor olması, Thayer'ın cevherleşmenin Alpin tipte olduğu görüşüne itmiştir.

Engin vd. (1982), kromit minerali ve kayaç ilişkisi üzerine yaptıkları çalışmalarda, tektonitler ve kümülatlar içinde yer alan dünitlerin ülkemizde var olan krom yataklanmalarıyla ilişkili olduklarını belirtmişlerdir ve çalışma alanını kapsayan bölgeleri kimyasal farklılıklarına göre alt gruplara ayırmışlardır.

Aslantaş (2001), Kapin ve Şabata bölgesindeki kromit cevherlerinin Alpin Tipi cevherleşme olduğu sonucuna yapmış olduğu jeokimyasal çalışmalar ile ulaşmıştır. Yan kayaç üzerinde petrografik çalışmalar yaparak, ana kayaç ve mineral tayinleri yapmıştır.

Dursun (2010), Kef kromit cevherleşmeleri üzerinde çalışmalar yapmış ve kromitleri analiz sonuçları neticesinde ferri kromit olarak adlandırmıştır. Çalışma alanında mevcut olan cevherleşme tipini ise, Alpin Tipi cevherleşme olarak saptamıştır.

Beyarslan ve Bingöl (2014), Guleman yöresinde yaptıkları çalışmalarda bölgedeki formasyon yerleşimlerini; Guleman Ofiyolitinin Geç Kretase yaşlı okyanusal kabuğun yay önü kalıntıları olduğunu ve bu kalıntıların üzerine Bitlis Metamorfitlerinin tektonik dokanakla geldiğini, Hazar Grubu ve Maden Karmaşığı birimlerinin ise Bitlis Metamorfitlerini uyumsuz olarak örtüğünü belirtmişler ve tüm bu birimlerin Lice Formasyonu üzerine bindirme ile geldikleri şeklinde tanımlamışlardır.

Rizeli vd. (2016), Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan harzburgit ve dünit birimleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu birimler üzerinde yapmış oldukları çalışmalar ve analizler sonucunda düşük Al_2O_3 ve CaO içeriği saptamışlardır. Bu analizlere göre kayaçların oldukça tükenmiş olduklarını ve bu birimlerin az oranda klinopiroksen içeriğine sahip oldukları sonucuna varmışlardır. Bu çalışmacılar aynı zamanda Guleman Ofiyoliti manto peridotitlerinin yay önü harzburgitleri olduğu görüşünü ortaya koymuşlardır.

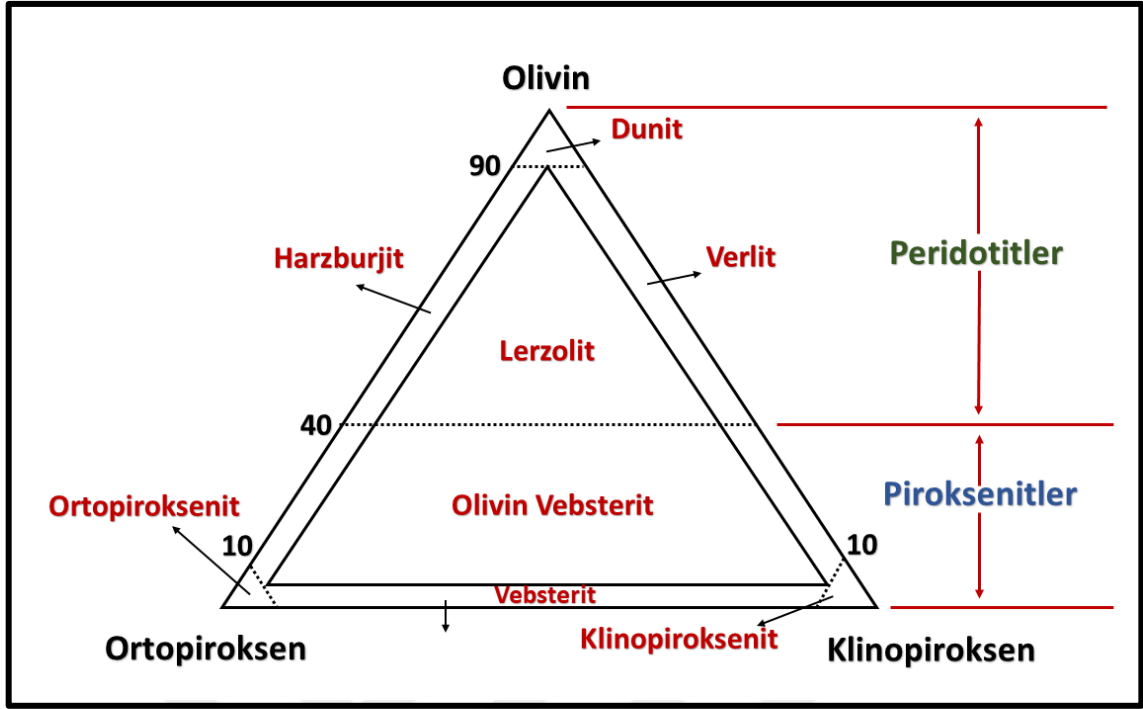
4. PETROGRAFİK DEĞERLENDİRME

Petrografinin tanımını yapmak gerekirse petrografi doğada varolan kayaçların minerallerini, kimyasal bileşimlerini, yapı ve dokularını ve doğada bulunuş şekillerini ortaya koyarak, kayaçları tanımlamayı, sınıflandırmayı hedefleyen bir bilim dalıdır. Kayacın mineral içeriği ve dokusal yapısı ayrıntılı bir şekilde incelenir. Petrografik tanımlar sahada makro boyutlarda başlar ve Petrografik mikroskopun inceleyeceği ölçeklere kadar ufalır. Minerallerin optik mineraloji ile detaylı incelenip mikro dokuları ve yapılarının anlaşılması kayacın orijinin bulunması için hayati önem taşır (URL-1, 2023).

Çalışma alanı içerisinde yer alan ve farklı bölgeleri (Marmerk, Baltaş, Doğu Kef, Kündiken) temsil eden dört bölgeden toplanan kromit ve yan kayaç numuneleri polarizan mikroskop (üstten aydınlatmalı) ile incelenerek mineralojik özelliklerinin yanında petrografik özellikleride belirlenerek ofiyolitinin oluştuğu tektonik ortam ortaya konulmaya çalışılmıştır.

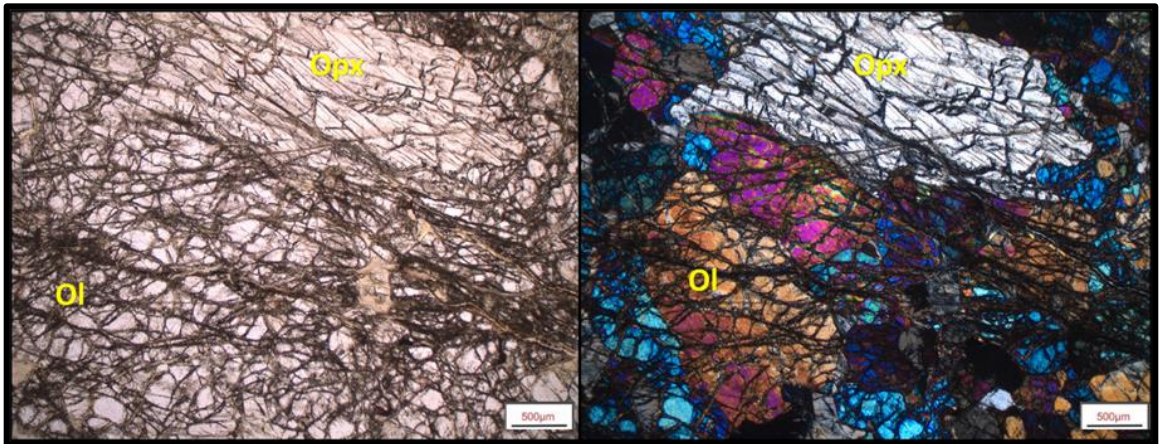
Guleman Ofiyoliti içerisindeki ultramafik kayaçlar ve kromit örnekleri üzerinde yürütülen petrografik ve mineral kimyası çalışmalarında, kromit örnekleri dışında, ofiyolitinin önemli bir bileşeni pozisyonunda olan yan kayaçlar (harzburjit) üzerinde de ayrıntılı petrografik çalışmalarında bulunulmuştur. Bu kapsamda 4 farklı bölgeden kromit örnekleri haricinde, harzburjitörnekleride alınarak, bu örnekler içerisindeki olivin, klinopiroksen, ortapiroksen ve spinel minerallerinin EPMA (elektron mikroprob) yöntemi ile kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir. Harzburjit örneklemeleri ile kromit örneklemeleri aynı lokasyonları içersinden yapılmıştır. Aşağıda araziden alınan harzburjit ve kromit numunelerine ait ince kesit örneklerinin üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop altındaki görüntüleri ve mineral birliktelikleri verilmiştir.

Çalışılan bölgede tektonit grubunu oluşturan kayaçların yaklaşık %85-90'lık kısmını harzburjitler oluştururken, çok dar bir alanda da dünitler gözlemlenmektedir. Harzburjitler ve dünitler, olivin, piroksen ve spinel minerallerinden oluşmuştur. Peridotitlere ait kayaç grupları içerdikleri mineral yüzdelere göre adlandırılmaktadır. Streckeisen in ultramafik kayaçları sınıflandırdığı yüzde içerik tablosu Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



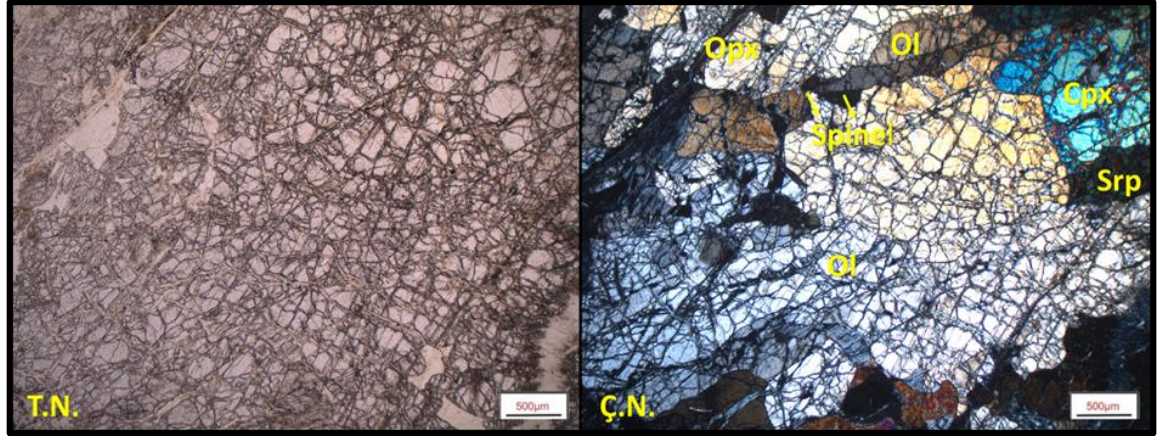
Şekil 4.1. Ultramafiklerin olivin-piroksen oranlarına göre adlandırılması (Streckeisen, 1976'dan değiştirilmiştir).

Polarizantmikroskopda (üstten aydınlatmalı) yapılmış olunan ince kesit analiz sonuçlarına göre, harzburgitlerin, ortalama olarak yüzde 75 oranında olivin, yüzde 20 oranında ortapiroksen, yüzde 3 oranındaklinopiroksen ve yine aynı oranlarda krom spinelden oluştuğu gözlemlenmektedir. Dunitlerde ise mevcut olivin içeriği oranı yüzde 90 ve üstü olmakla birlikte, yüzde 10'dan daha az miktarda ortapiroksen, klinopiroksen ve opak mineral içerikleri mevcuttur(Şekil 4.2).



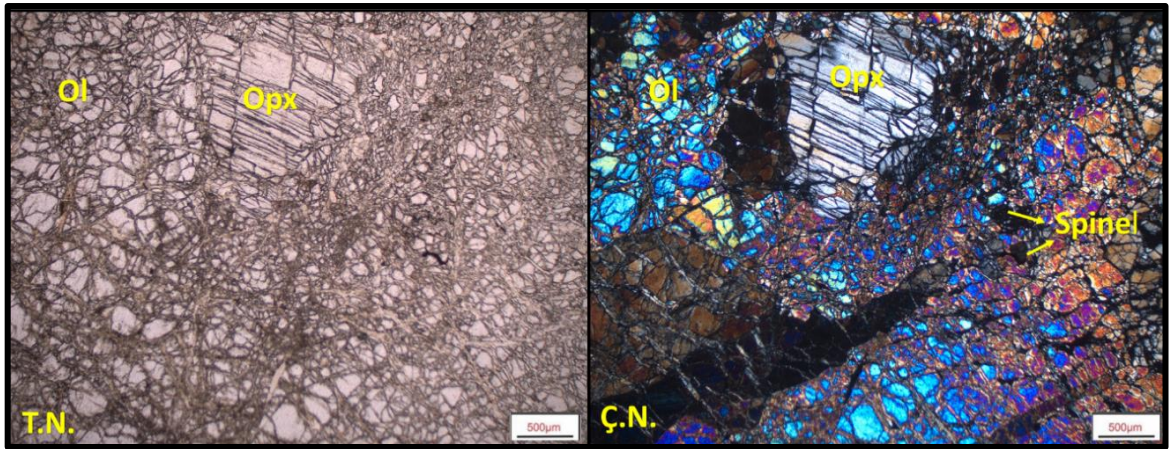
Şekil 4.2. Harzburgiti içerisindeki mineral parajenezi (TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol)(Ol: Olivin, Opx: ortapiroksen).

Olivin tektonik hareketlere maruz kaldığı yerlerde parçalanmış küçük taneler şeklinde görüldüğü gibi, iri, özşekilsiz kristaller halinde de görülebilir. Olivinlerde serpantinleşme yaygındır. Yüksek çift kırma rengine sahip olivinler bazı kesimlerde serpantinleşmiştir. Kırık çatlak yapıları boyunca gelişen serpantinleşmeler kayaca ağısı bir görünüm kazandırmıştır (Şekil 4.3).



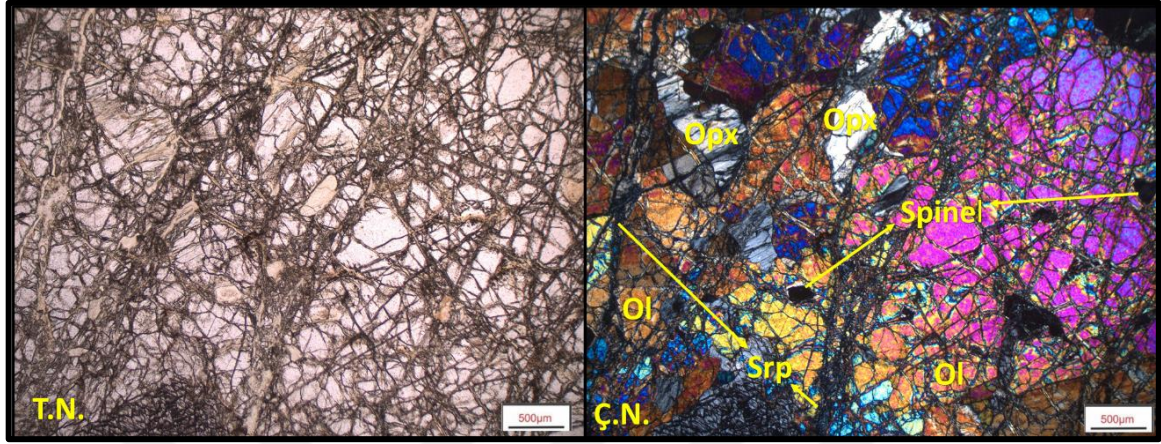
Şekil 4.3.Harzburgit içerisindeki mineral parajenezi(TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol) (Ol: olivin, Opx: ortopiroksenCpx: Klinopiroksen).

Harzburgitler içerisinde olivinden sonra en çok bulunan mineral ortopiroksenlerdir. İri ortopiroksen mineralinin yapısı özşekilsizdir. Ortapiroksenler tek yönde belirgin dilinime sahiptir ve paralel sönme gösterir (Şekil 4.4). Dunitlerde ise kayalık içerisindeki piroksenlerin toplam oranı %4-5 civarındadır ve tek yönde belirgin dilinimleri vardır.



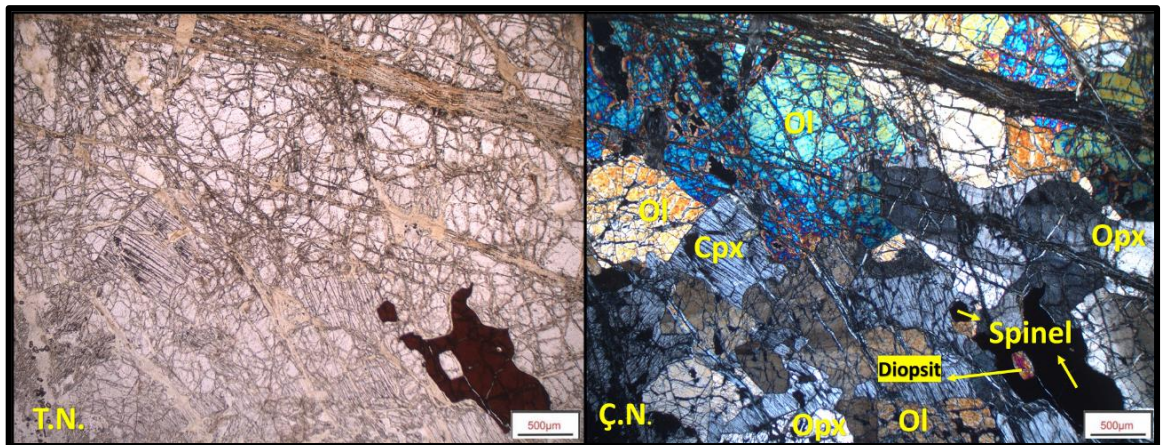
Şekil 4.4.Ortopiroksenlerdeki dilinim yüzeyleri (TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol),(Ol: Olivin, Opx: Ortopiroksen).

Olivinler içerisinde yüksek çift kırma rengine sahip kısımlar, bazı kısımlarda içerisinde su alması sebebi ile altere olmuş, serpantinleşmiş ve ağsı bir görünüme sahip olmuştur (Şekil 4.5).



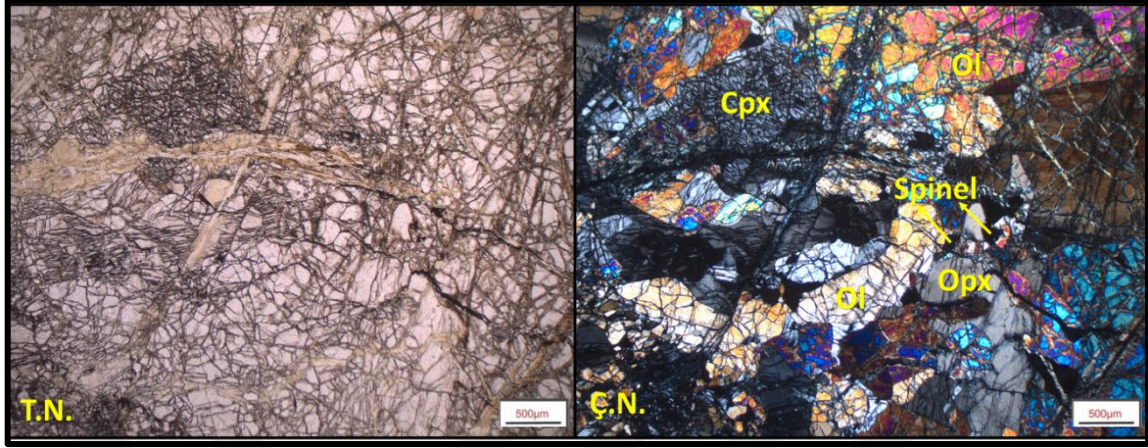
Şekil 4.5. Sertantınleşmiş olivin yüzeyleri (TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol) (ol: olivin, Opx: ortopiroksen, Srp: Sertantınleşme).

Opak mineraller, ince kesitler üzerinde farklı yapılarda görülebilir. Bunlar özşekilli, yarı özşekilli ve özşekilsiz yapısında olabilir. Harzburjitler içerisinde %2-3 oranında opak mineral barındırırken bu oran dünitlerde %4-5 civarındadır. Özşekilli opak mineraller uzamış kristaller şeklinde gözlemlenir. Opak minerallere yüksek ışık altında bakıldığında kırmızımsı kahve renkli olarak gözlemlenirler. Bu opak mineraller spinel olarak adlandırılır. Spineller içerisinde diğer mineraller kapanım halinde bulunabilir (Şekil 4.6).



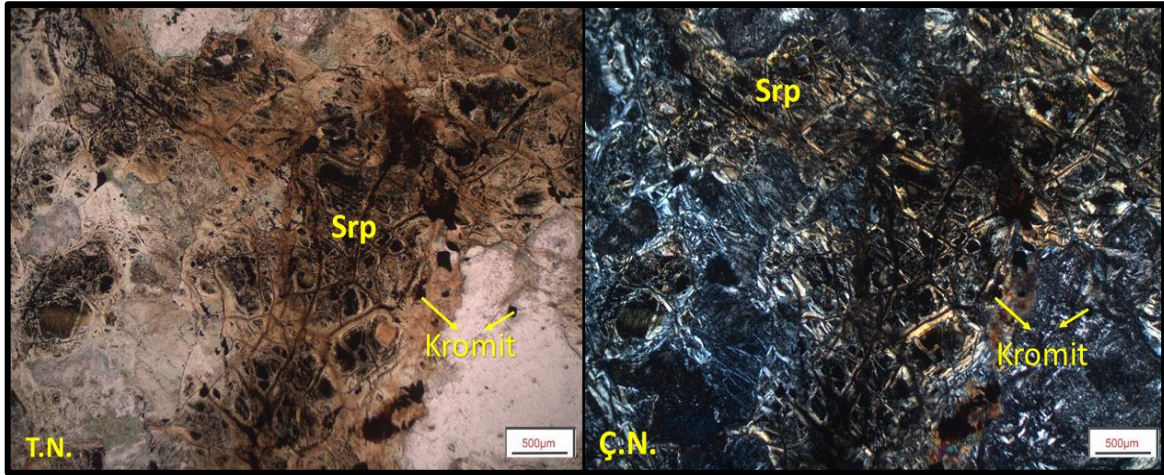
Şekil 4.6. Uzamış özşekilli spineller ve spinel içindeki diopsit minerali (TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol) (ol: olivin, Opx: ortopiroksen, Cpx: klinopiroksen).

Klinopiroksenler, harzburgitler içerisinde %2-3 oranındadır ve öz şekilsizdirler. Tek yönde dilinim gösterirler ve yaklaşık 40° olan dar bir açı ile sönme gösterirler (Şekil 4.7).



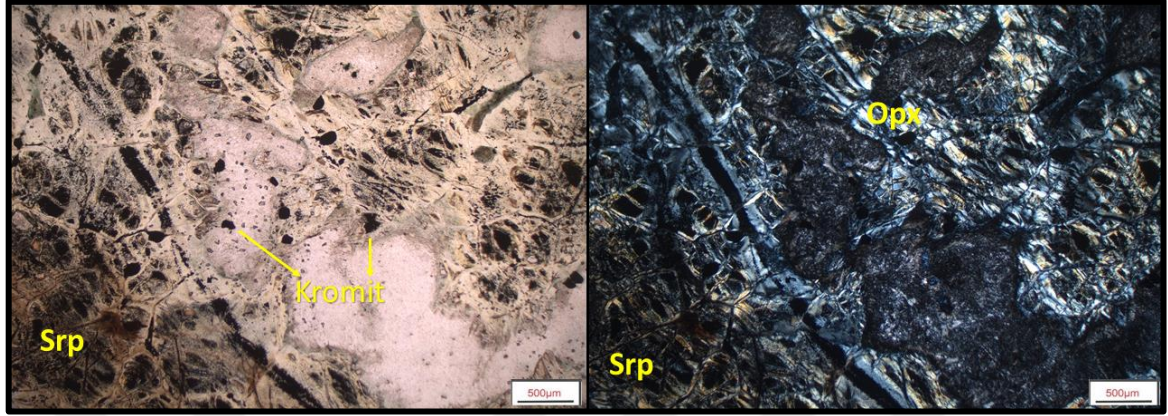
Şekil 4.7. Tek yönlü klinopiroksendilinimleri (TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol) (Ol: Olivin, Opx: Ortopiroksen, Cpx: Klinopiroksen).

Ofiyolit içerisinde yer alan dünitlerin içerdikleri kromitlereve bu kromitlerin etrafında yer alan serpantinleşme yüzeylerine ait kesit görüntüleri aşağıda yer alan şekil 4.8’ de gösterilmiştir.



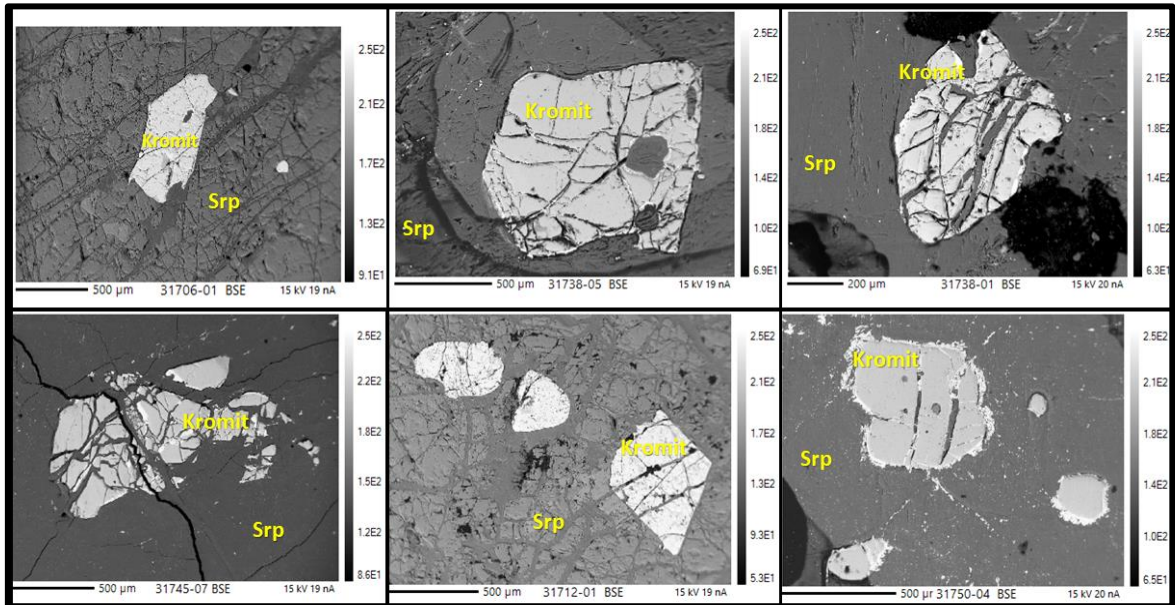
Şekil 4.8.Kromit içeren serpantinitleerin mikroskopta görünümü (Cr: Kromit, Srp: Serpantinleşme, Opx: Ortopiroksen).

Yine şekil 4.8’de olduğu gibi dünit içerisinde yer alan kromitlerin mikroskopta görünüşleri şekil 4.9’ da verilmiştir.



Şekil 4.9.Serpantinit içerisindeki kromitlerin mikroskopta görünümü (Cr: Kromit, Srp: Serpantinleşme).

Şekil 4.10’ da ise kromit örneklerinden alınan elektron mikroskop (EPMA) görüntüleri görülmekte ve kromitlerin yarı masif ve masif özellikleri sergilenmektedir. Burada kromitler ile birlikte bulunan serpantin grubu mineralin lizardit olduğu mineral kimyası çalışmaları ile tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Örnekler içerisindeki kromit ve serpantinleşmiş kısımlara ait EPMA görüntüleri (Srp: Serpantinleşme, EPMA: Elektron Prob Mikro Analiz).

5. MİNERAL KİMYASI

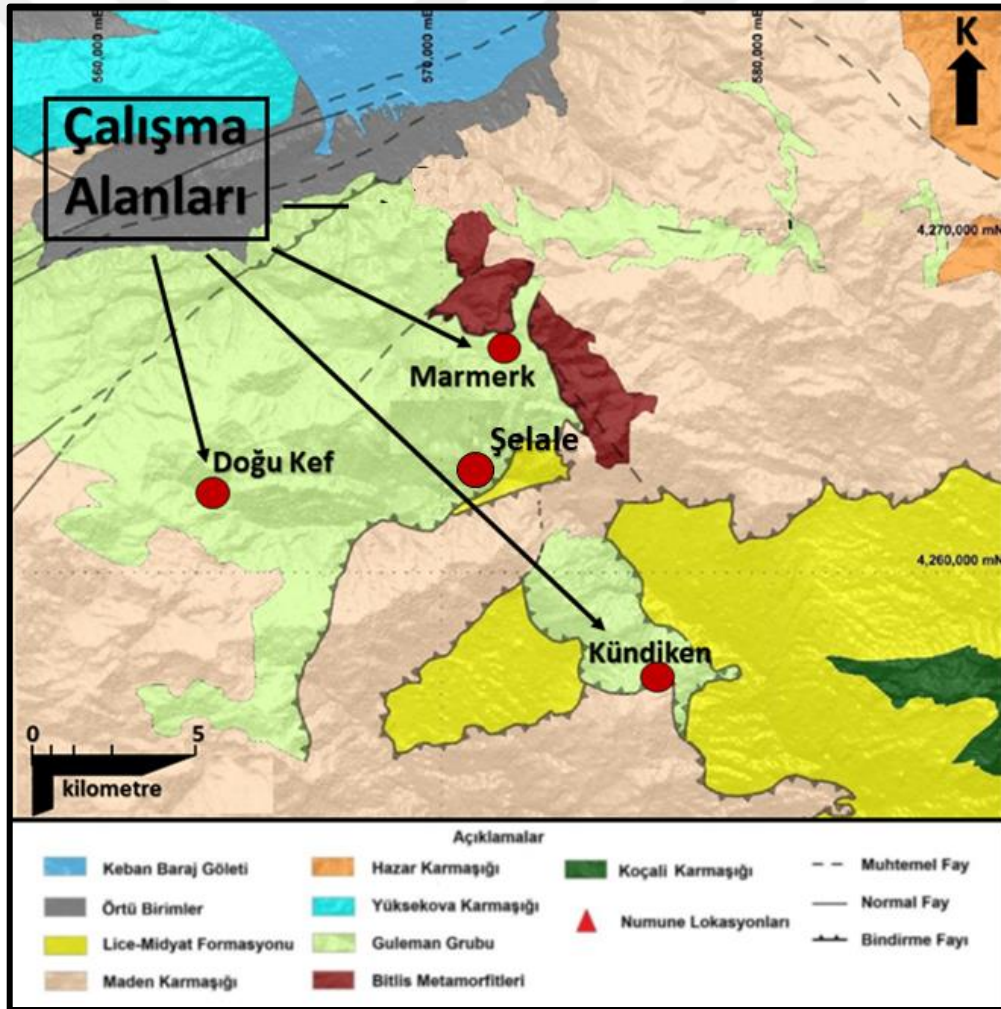
Jeokimya ya da yer kimyası Dünya'nın ve diğer gezegenlerin kimyasal bileşimlerini, kaya ve toprakları etki altında tutan kimyasal süreçleri ve tepkileri, Dünya'nın kimyasal bileşenlerine ilişkin maddi ve enerjetik döngüleri ve bunların atmosfer ve hidrosfer ile etkileşimlerini yer ve zaman bakımından konu alan bir yerbilim dalıdır (URL-2, 2023). Bu çalışmada ise ülkemizin en büyük ve en önemli kromit yataklarına sahip, çalışma konusunu oluşturan Guleman Ofiyoliti içerisinde gözlemlenen kromit cevherleşmelerinin ve ofiyolit içerisinde yer kalan yan kayaçların jeokimyasal özelliklerinin saptanıp petrolojik özellikleri ile birlikte oluşturdıkları tektonik ortamın belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma ile Guleman Ofiyoliti içerisinde bulunan ve yüzlek vermeyen kromit oluşumlarını ihtiva edebilecek potansiyel alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu alanların belirlenmesinde ise kullanılacak en etkili bilimsel yöntem jeokimya olup ayrıntılı teknikler ve bilimsel bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu temel bilimsel yaklaşım yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla basit ve anlaşılabilir şekilde ifade edilmeye çalışılacaktır.

Yine bu çalışma ile kromitlerin kökensel oluşumu ile ilişkili manto süreçleri ve tektonik rejimleri daha iyi anlamak ve de peridotitlerin manto kaynağı bölgesi, ergiyik-kayaç etkileşimi ve tektonik ortamlarının incelenmesi, Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan 4 farklı bölgeden alınan kromit ve yan kayaç örneklerine petrografik değerlendirmeler haricinde mineral kimyası verileriyle peridotiti oluşturan birimlerin oluştukları tektonik ortamların anlaşılabilmesi amaçlanmıştır. Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan ve çalışmaya konu olan bölgeler; Doğukef, Şelale, Kundikan ve Marmerk bölgeleridir.

5.1. Kromititlerin Jeokimyasal Özellikleri

Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan ve şekil 5.1’de yerleri gösterilen, Doğu kef, Şelale, Kundikan ve Marmere bölgelerini temsil edecek şekilde sistematik olarak alınan kromit örnekleri üzerinde ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda bu alanlardan kromit numuneleri temin edilmiş ve bu örnekler üzerinde yapılan analizlerle kromit örnekleri içerisinde yüksek Cr kromitler ve ortaç kromitler olarak iki farklı grubun varlığı tespit edilmiş ve gömülü kromit mostraların aranmasında önemli jeokimyasal bilgiler ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.1. Kromit örneklerinin alındığı lokasyonlar ve bölgenin jeolojik haritası (Sümer,1989; Tokat, 2021’den değiştirilmiştir).

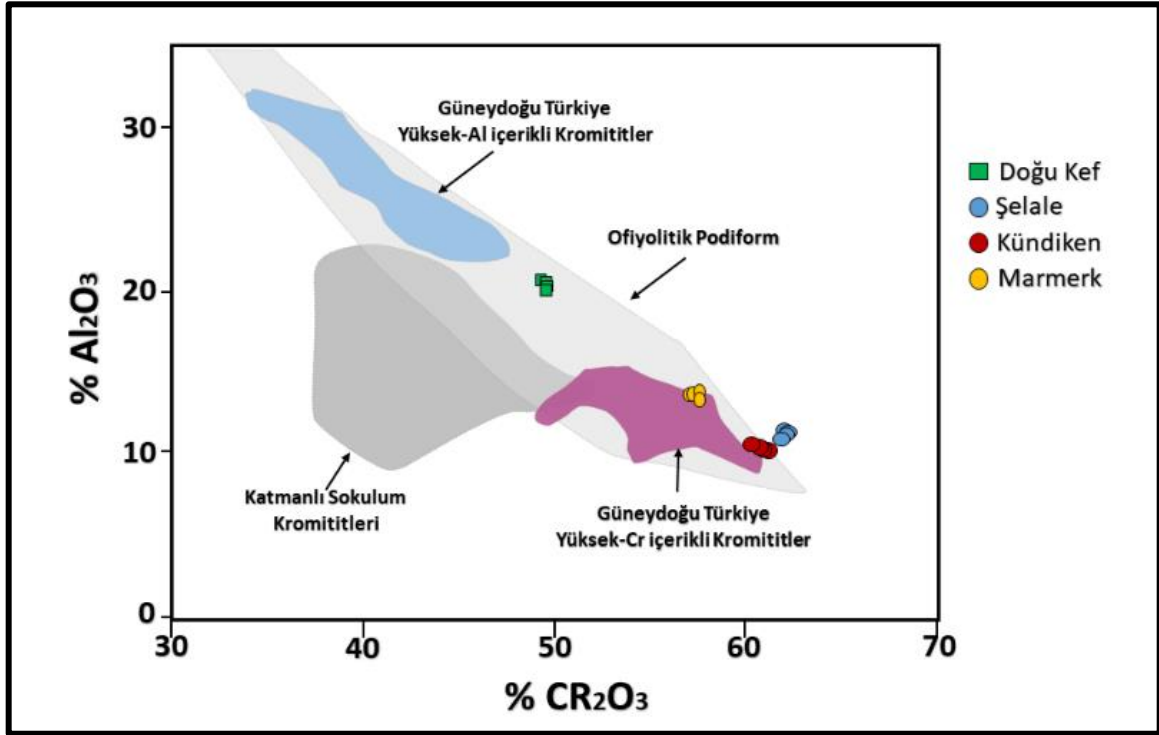
Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerinden alınan kromit örneklerine ait mineral kimyası sonuçları tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5.1: Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait kromitlerin mineral kimyası sonuçları (%)

Sample	Comment	Cr2O3	Al2O3	TiO2	FeO	MgO	MnO	NiO	Total				
ŞELELE (31870)	31870-01	62.19	10.40	0.11	13.06	14.87	0.28	0	100				
	31870-02	62.24	10.35	0.11	12.83	14.95	0.30	0	100				
	31870-03	62.10	10.23	0.10	12.99	14.84	0.32	0	100				
	31870-04	62.24	10.38	0.10	13.08	14.82	0.27	0	100				
	31870-05	62.22	10.30	0.09	13.05	14.82	0.29	0	100				
(KÜNDİKEN) 31871	31871-01	59.99	10.88	0.18	14.93	13.97	0.24	0	100				
	31871-02	60.02	10.82	0.18	15.01	13.94	0.28	0	100				
	31871-03	60.81	10.27	0.14	14.66	14.25	0.24	0	100				
	31871-04	60.65	10.39	0.14	14.44	14.19	0.30	0	100				
	31871-05	60.57	10.39	0.16	14.53	14.29	0.25	0	100				
(MARMERK) 31881	31881-01	57.72	13.06	0.22	13.93	14.67	0.27	0	100				
	31881-02	57.54	13.21	0.24	13.90	14.90	0.24	0	100				
	31881-03	57.42	13.23	0.24	14.04	14.64	0.26	0	100				
	31881-04	57.68	13.25	0.22	14.04	14.61	0.29	0	100				
	31881-05	57.45	13.30	0.23	13.84	14.60	0.25	0	100				
(DOĞU KEF) 31891	31891-01	49.66	20.03	0.23	13.67	15.92	0.20	0	100				
	31891-02	49.58	20.38	0.22	13.73	15.83	0.27	0	100				
	31891-03	49.64	20.22	0.23	13.87	15.84	0.21	0	100				
	31891-04	49.51	20.32	0.22	13.90	15.84	0.22	0	100				
	31891-05	49.48	20.40	0.22	13.86	15.90	0.27	0	100				
*Chromite (Temel olarak O:32)													
Sample	Comment	Cr	Al	Ti	Fe3+	Fe2+	Mg	Mn	Ni	Total	100Mg/ Mg+Fe2+	100Cr/ Cr+Al	100Fe3+/ Cr+Al+Fe3+
ŞELELE (31870)	31870-01	12.471	3.110	0.021	0.375	2.398	5.621	0.007	0.000	24.002	70.10	80.04	2.35
	31870-02	12.491	3.098	0.021	0.368	2.358	5.656	0.011	0.000	24.002	70.57	80.13	2.30
	31870-03	12.499	3.070	0.019	0.390	2.378	5.631	0.015	0.000	24.002	70.31	80.28	2.45
	31870-04	12.488	3.106	0.019	0.365	2.413	5.606	0.005	0.000	24.002	69.91	80.08	2.29
	31870-05	12.501	3.086	0.017	0.376	2.400	5.613	0.009	0.000	24.002	70.05	80.20	2.36
(KÜNDİKEN) 31871	31871-01	12.148	3.286	0.035	0.493	2.709	5.333	0.000	0.000	24.004	66.31	78.71	3.10
	31871-02	12.153	3.267	0.035	0.506	2.713	5.321	0.009	0.000	24.004	66.23	78.81	3.18
	31871-03	12.303	3.099	0.027	0.540	2.602	5.435	0.001	0.000	24.005	67.62	79.88	3.39
	31871-04	12.297	3.142	0.027	0.503	2.599	5.424	0.012	0.000	24.004	67.61	79.65	3.15
	31871-05	12.264	3.137	0.031	0.533	2.584	5.454	0.002	0.000	24.004	67.86	79.63	3.34
(MARMERK) 31881	31881-01	11.559	3.900	0.042	0.453	2.501	5.539	0.008	0.000	24.003	68.89	74.77	2.85
	31881-02	11.482	3.931	0.046	0.492	2.446	5.605	0.002	0.000	24.004	69.62	74.50	3.09
	31881-03	11.497	3.950	0.046	0.458	2.520	5.526	0.007	0.000	24.003	68.68	74.43	2.88
	31881-04	11.526	3.948	0.042	0.439	2.532	5.504	0.013	0.000	24.003	68.49	74.48	2.76
	31881-05	11.520	3.977	0.044	0.413	2.526	5.519	0.004	0.000	24.003	68.60	74.34	2.59
(DOĞU KEF) 31891	31891-01	9.594	5.771	0.042	0.546	2.253	5.798	0.000	0.000	24.005	72.02	62.44	3.43
	31891-02	9.548	5.853	0.040	0.514	2.287	5.747	0.015	0.000	24.004	71.53	62.00	3.23
	31891-03	9.565	5.810	0.042	0.536	2.295	5.754	0.002	0.000	24.005	71.48	62.21	3.37
	31891-04	9.536	5.836	0.040	0.543	2.294	5.751	0.005	0.000	24.005	71.49	62.03	3.41
	31891-05	9.513	5.849	0.040	0.552	2.272	5.763	0.015	0.000	24.005	71.72	61.93	3.47

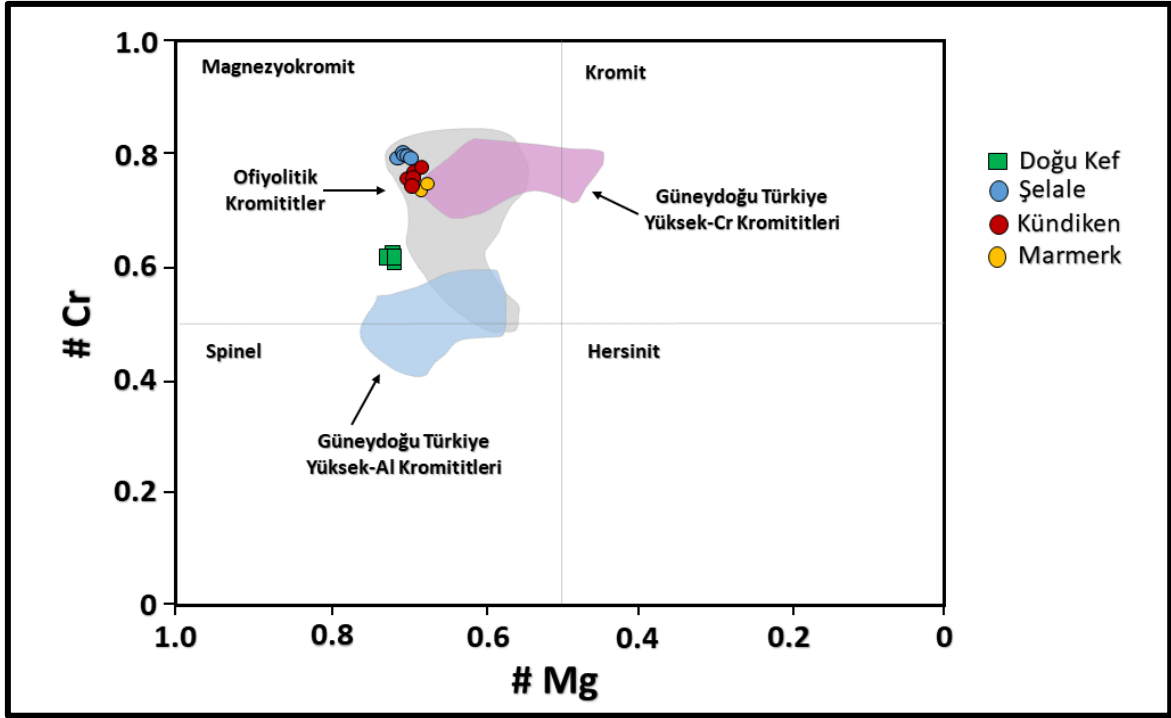
Şelale, Kündiken, Marmerk ve Doğu Kef bölgelerinden alınan kromit örneklerinin ana oksit bolluklarını belirlemek amacıyla yapılan analizlerde Cr₂O₃ (%) içeriklerinin 49,48 ile

62,24 arasında, Al_2O_3 (%) içeriklerinin 10,23 ile 20,40 arasında değerler verdiği gözlemlenmiştir (Tablo 5.1.).



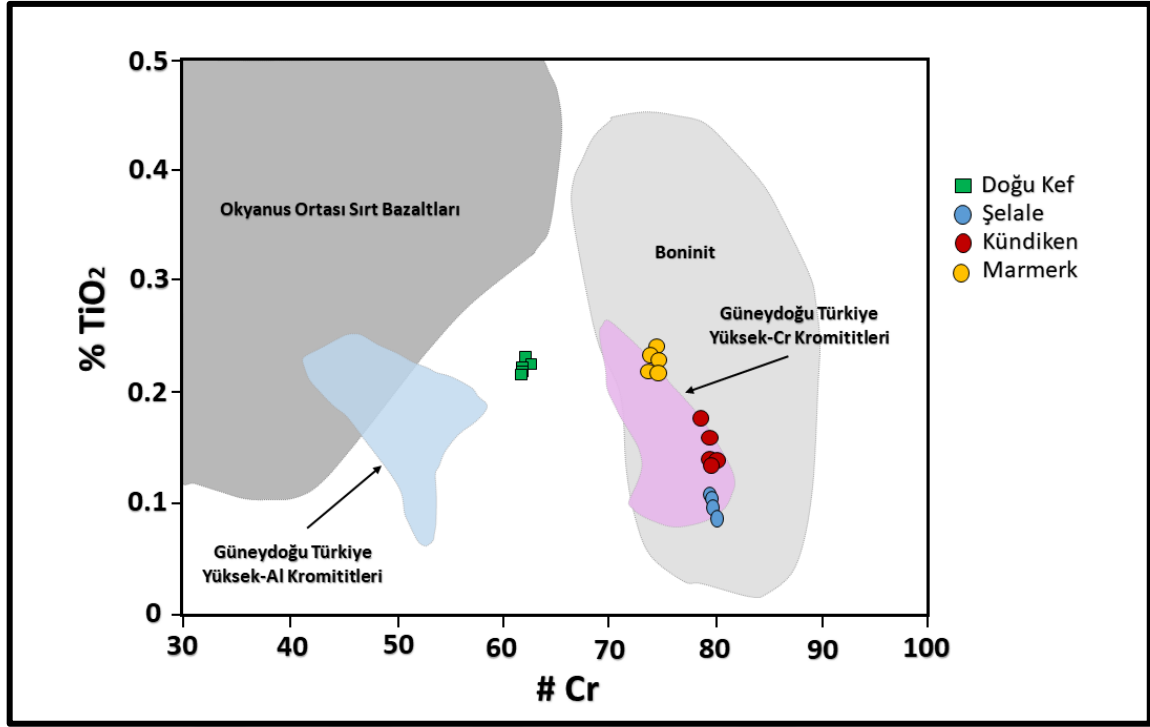
Şekil 5.2. Kromit örneklerinin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 içerikleri (Ofiyolitikpodiform ve tabakalı intrüzyon kromitleri alanları Barnes ve Roeder, 2001; Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014).

Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan bu dört bölgeyi temsil edecek şekilde arazi-den temin edilen kromit örnekleri üzerinde yürütülen mineral kimyası çalışmaları neticesinde kromitlerin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 içeriklerine göre tamamının podiform kromitler alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 5.2). Yine Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan Şelale, Kündiken ve Marmerk bölgelerine ait kromit örnekleri yüksek Cr içerikli alana düşerken, Doğu Kef bölgesine ait kromit örneğinin ise daha yüksek Al ve daha düşük Cr içerikleri ile ortaça bir karaktere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yine burada karşılaştırma amacıyla literatürde yer alan Göksun, Doğanşehir ve İslahiye Ofiyolitlerindeki (Güneydoğu Türkiye kromitleri) kromitlerin mineral kimyası verileri kullanılmış olup, bu bölgelerdeki kromitlerin yüksek Al kromitler ve yüksek Cr kromitleri olarak gruplandırıldığı gözlenmektedir. Guleman Ofiyoliti içerisindeki kromitler yüksek Al kromitleri kompozisyonunda olmayıp, yüksek Cr kromitleri ve ortaça kromitler şeklinde iki farklı gruba ayrılmaktadır (Şekil 5.2).



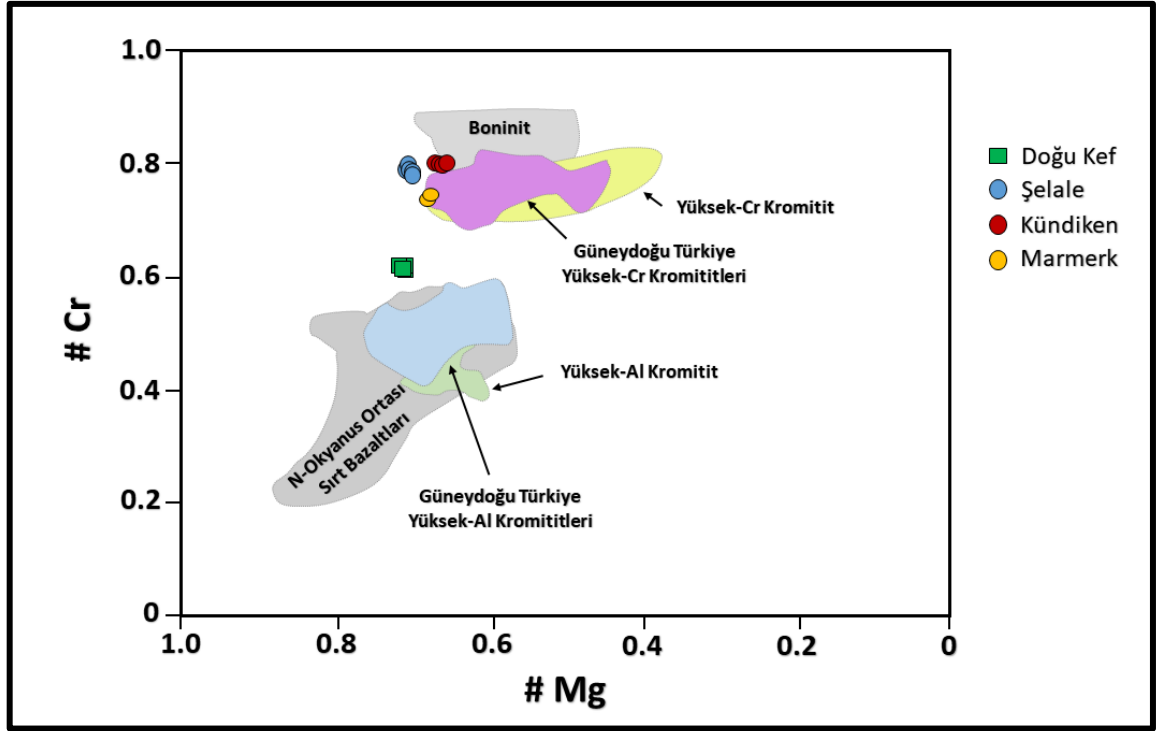
Şekil 5.3. Kromitlerin Cr# ve Mg# değerleri (Ofiyolitik kromitit alanı Barnes ve Roeder, 2001, Uysal vd., 2018; Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014).

Şekil 5.3'de ise Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan bölgelerden alınan kromit örneklerinin Cr# ($\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$) ve Mg# ($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$) değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde tüm kromitlerin magnezyokromit alanına düştükleri gözlenmiştir. Şekil 5.2'ye benzer şekilde Şelale, Kündiken ve Marmerek bölgesi kromitlerinin bu diyagram üzerinde yüksek Cr kromitleri olduğu, Doğu Kef bölgesi kromitlerinin ise orta ç kromitler olduğu gözlemlenmiştir, bölgelerin iki farklı gruba ayrıştığı tespit edilmiştir. Yine burada da Güneydoğu Türkiye kromitlerinin Cr# ve Mg# değerlerine göre yüksek Cr kromitleri ve yüksek Al kromitleri olarak belirgin iki farklı gruptan oluştukları gözlenmektedir. Guleman Ofiyoliti kromitlerinin bir kısmı yüksek Cr kromitleri alanına düşerken, diğer bölümü ise orta ç bir kompozisyon sergilemektedir.



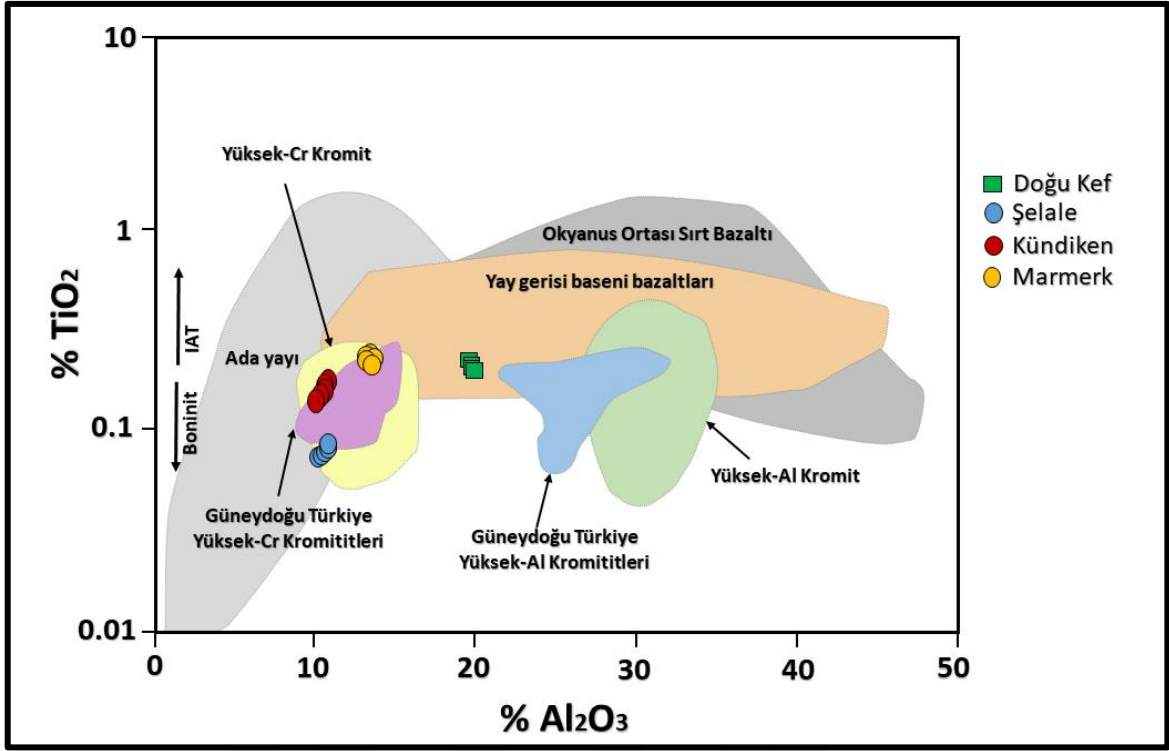
Şekil 5.4. Kromitlerin TiO_2 içerikleri ve $\text{Cr\#}$ değerleri (MORB ve Boninit alanları Barnes ve Roeder, 2001, Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014).

Kromit oluşumunun bazaltikergiyikler ile litosferik manto arasında kayaç-ergiyik etkileşimi ile oluştuğu bilinmektedir. Burada litosferik manto ile etkileşime giren bazaltikergiyiğin kimyasal kompozisyonu ve türediği tektonik ortam kromit üretme potansiyeli noktasında kritik bir öneme sahiptir. Şekil 5.4’de Guleman Ofiyoliti içerisindeki kromitleri oluşturan bazaltikergiyiğin kompozisyonunun ve oluştuğu tektonik ortamın anlaşılması amaçlanmıştır. Burada yüksek Cr kromitlerini oluşturan Şelale, Kündiken ve Marmerekbölgesine ait ergiyiklerin yay-önü tektonik ortamı karakterize eden boninitik kompozisyona sahip olduğu, ortaç kromitleri oluşturan Doğu Kef bölgesi ergiyiklerinin ise boninit ve MORB arasında bir kimyasal özellikte olduğu saptanmıştır. Daha önce raporda gösterilen Şekil 5.2 ve yine paylaşımı yapılan Şekil 5.3 ile uyumlu olarak iki farklı jeokimyasalkarakterin varlığı ergiyik kompozisyonları ile de doğrulanmıştır. Guleman Ofiyoliti içerisindeki yüksek Cr kromitleri yay-önü gibi bir tektonik ortamda boninitik karakterdeki ergiyiklerin sıkışmanın etkisi ile nispeten kalınlaşmış bir litosferik manto ile etkileşim sonucu oluşurken, ortaç karakterdeki kromitlerin ise boninit ve MORB arasında kimyasal özelliklere sahip ergiyiklerin, litosferik manto ile etkileşim sonucu oluşmuş olduğu düşünülmektedir. Bu tarz kompozisyona sahip ergiyikler intipik olarak yay-ardı ortamlarda oluştuğu bilinmektedir.



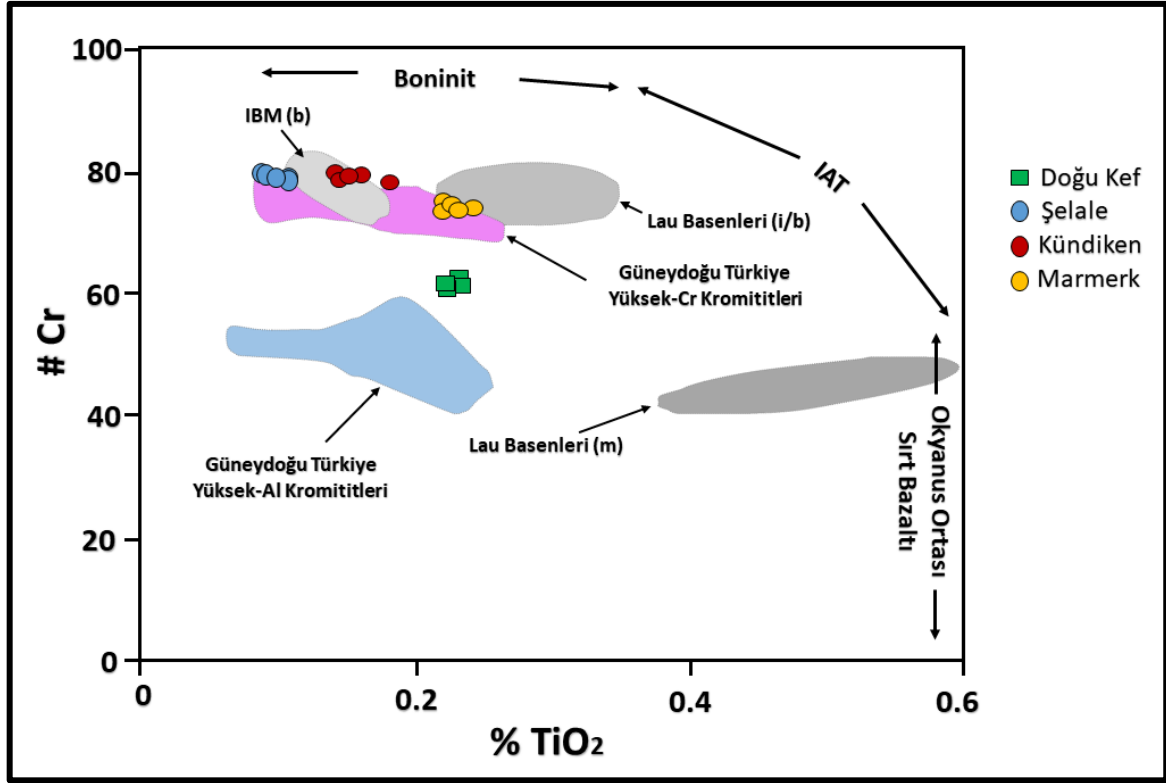
Şekil 5.5. Kromitlerin Cr# ve Mg# değerleri (MORB ve Boninit alanları Kamenetsky vd., 2001, Yüksek ve ortaç kromitit alanları Zhou vd., 2014, Chen vd., 2018. Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014).

Şekil 5.5’de kromitlerin Cr# ve Mg# değerlerine göre oluşumunda etkili olan Şelale, Kündiken ve Marmerk bölgesi ergiyiklerinin boninitik karakterde olduğu, Doğu Kef bölgesine ait ergiyiklerin ise boninit ile NMORB arası bir kimyasal kompozisyona sahip oldukları doğrulanmıştır.



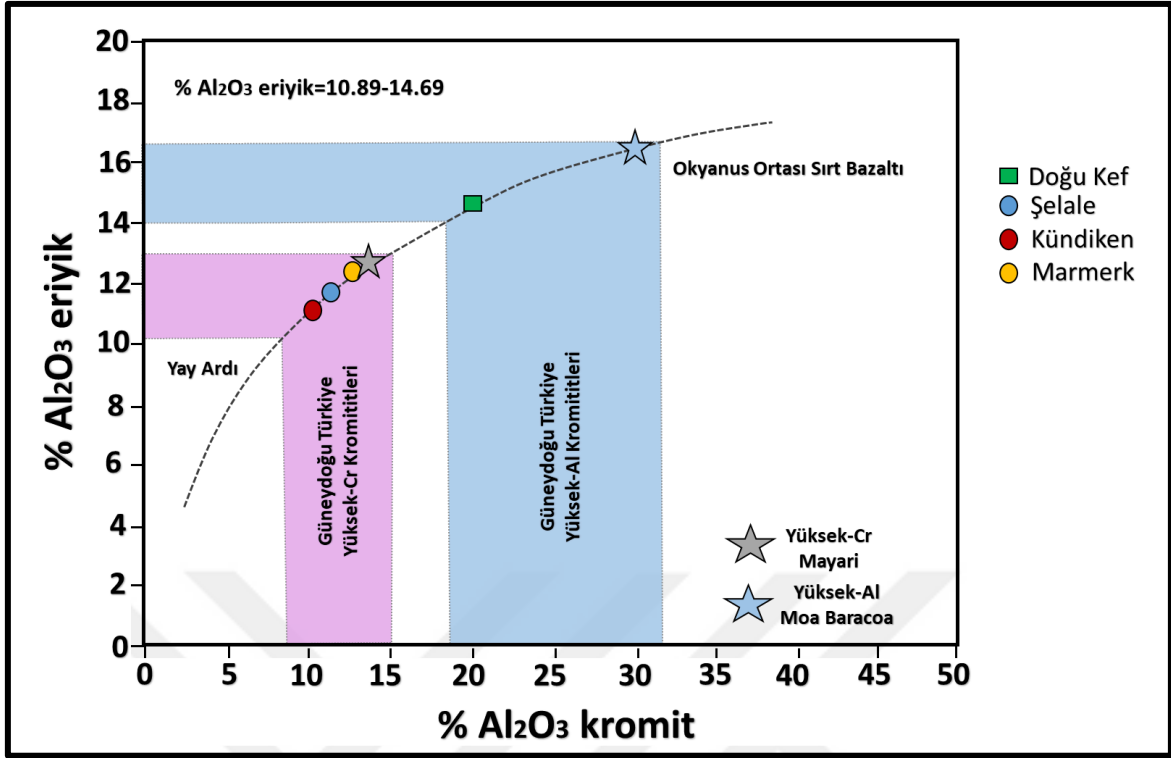
Şekil 5.6. Kromitlerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri (Kompozisyonel alanlar Pearce vd., 2000, Barnes ve Roeder, 2001, Lenaz vd., 2000, Chen vd., 2018; Yüksek ve ortaç kromit alanları Zhou vd. 2014, Güneydoğu Türkiye kromitleri Akamaz vd., 2014)

Şekil 5.6'da Guleman Ofiyoliti içerisindeki kromitlerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri karşılaştırılmıştır. Diğer diyagramlar ile uyumlu şekilde mineral kimyası çalışmaları yürütülen kromitlerin Şelale, Kündiken ve Marmerek bölgesine ait olanlarının (yüksek Cr kromitler) yay-önü tektonik ortamda boninitik ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşim sonucunda oluştuğu, Doğu Kef bölgesine ait kromitlerin (ortaç kromitler) ise yay-ardı başlangıcı gibi tektonik ortamda boninitik ve MORB arasında kimyasal bir kompozisyona sahip ergiyikler ile litosferik mantonun etkileşimi sonucunda oluştuğu bir kez daha doğrulanmıştır. Yine karşılaştırma amaçlı Güneydoğu Türkiye kromitlerine ait veriler de bu diyagram üzerine düşürülmüş ve önceki diyagramlar ile uyumlu şekilde yüksek Cr kromitler ve yüksek Al kromitlerden meydana geldiği gözlenmiştir. Guleman Ofiyoliti kromitleri içerisinde bu kromitlere benzer şekilde yüksek Cr kromitlerin varlığı ancak yüksek Al içerikli kromitlerin bulunmadığı ve bunun yerine ortaç karaktere sahip oldukları tespit edilmiştir. Yüksek Al kromitlerinin tipik bir yay-ardı ortamda oluştukları düşünüldüğünde, Guleman Ofiyoliti içerisindeki ortaç karakterdeki kromitlerin yay-ardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda oluştukları düşünülmektedir.



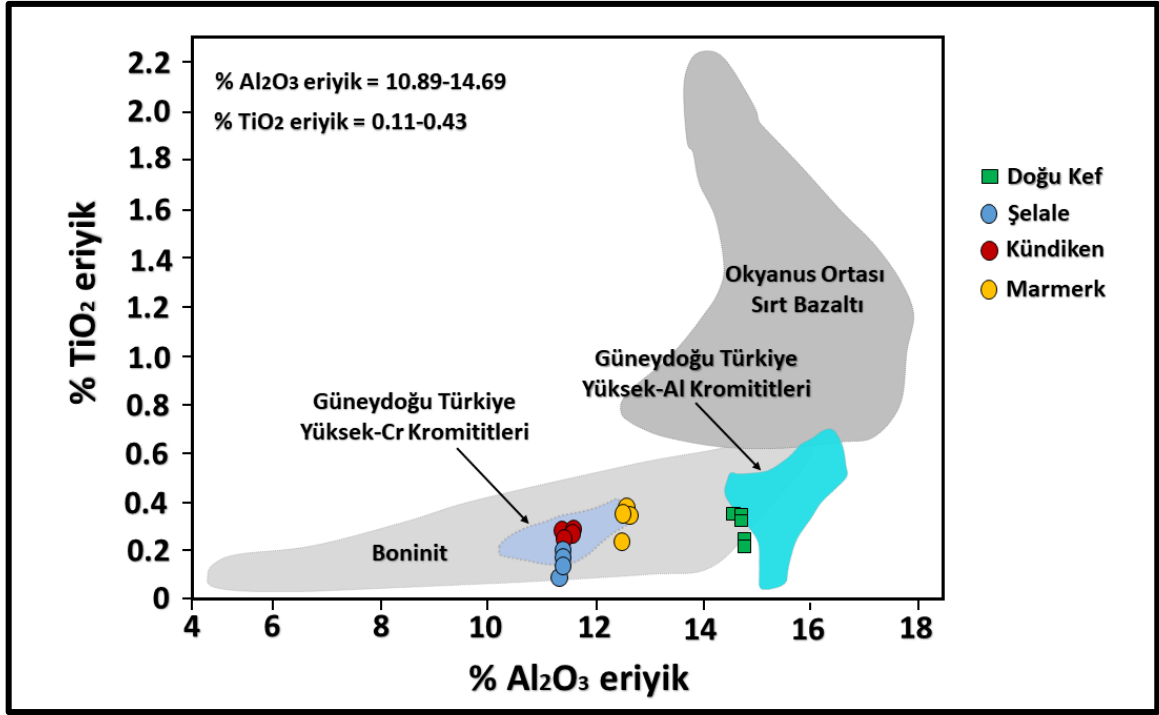
Şekil 5.7. Kromitlerin Cr# değerleri ve TiO₂ içerikleri (Kompozisyonel alanlar Pearce vd., 2000, Barnes ve Roeder, 2001, Lenaz vd., 2000, Chen vd., 2018; Yüksek ve ortaç kromitit alanları Zhou vd., 2014, Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaz vd., 2014).

Şekil 5.7’de ise Guleman Ofiyolitinde bulunan bölgelere ait kromitlerin Cr# ve TiO₂ içerikleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler ışığında da proje kapsamında çalışılan Şelale, Kündiken ve Marmerek bölgesi kromitlerin yüksek Cr kromitleri, Doğu Kef bölgesi kromitlerinin ise ortaç kromitler olarak iki farklı gruba ayrıldığı görülmüştür. Yüksek Cr kromitlerinin yay-önü tektonik ortamda boninitik karakterdeki ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşimi ile oluştuğu, buna karşın ortaç karakterdeki kromitlerin ise boninit ve MORB arasında heterojen bir kompozisyona sahip ergiyiklerin yay-ardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda litosferik manto ile etkileşimi sonucunda oluştuğu tekraren teyit edilmiştir. Yine burada Pasifik Okyanusu içerisinde yer alan ve güncel olarak boninit, ada yayı-boninit ve MORB ortamlarını temsil eden Izu-Bonin-Mariana ve Lau Basenleri karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Guleman Ofiyoliti kromitlerinin burada sunulan güncel örnekler ile de uyumlu olarak yüksek Cr kromitlerin boninitik ergiyikler ve ortaç kromitlerin ise boninit-MORB arası kimyasal özelliklere sahip ergiyiklerce oluşturuldukları doğrulanmıştır.



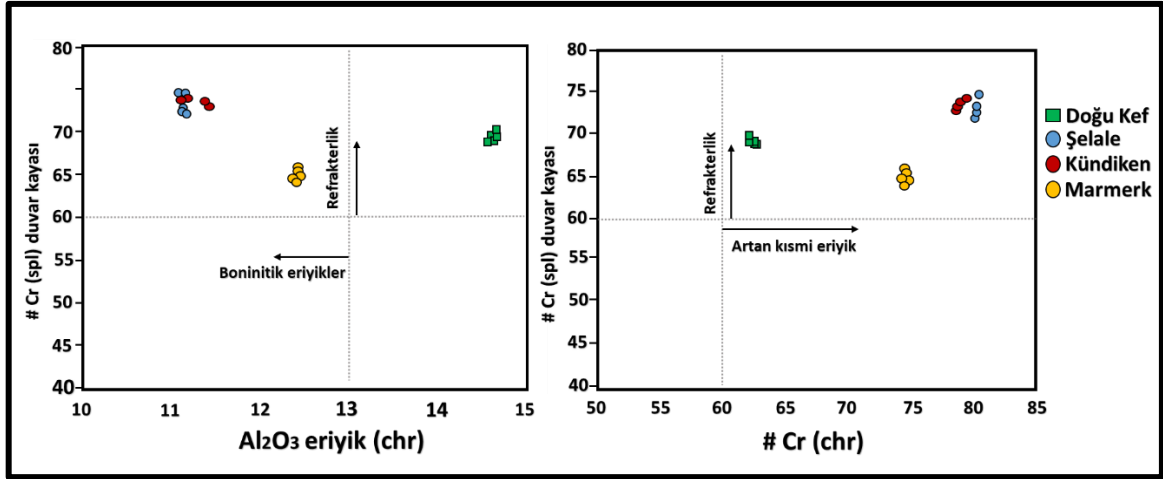
Şekil 5.8. Kromitleri oluşturan ergiyiklerin Al_2O_3 içeriklerinin modellenmesi (Ergiyikdeki Al_2O_3 konsantrasyonlarının hesaplama formülleri Rollinson, 2008, Güneydoğu Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014, Kompozisyonel alanları Page ve Barnes, 2009).

Şekil 5.8 ile birlikte Guleman Ofiyoliti kromitleri oluşturan ergiyik-kayaç etkileşimi içerisindeki ergiyiklerin kimyasal kompozisyonlarının tespit edilmesi amacıyla modelleme çalışmaları yürütülmüştür. Burada bahsi geçen ergiyiklerin Al_2O_3 içerikleri hesaplanarak nasıl bir tektonik ortamda türemiş oldukları anlaşılmaya çalışılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan Şelale, Kündiken ve Marmerek bölgesine ait yüksek Cr kromitlerinin, %10.89-12.27 arasında değişen nispeten düşük Al_2O_3 içeriğine sahip ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşimi sonucunda oluştuğu belirlenmiştir. Bu kompozisyonlara sahip ergiyikler yay ortamları ile uyumlu şekildedir. Guleman Ofiyoliti kromitleri içerisinde yer alan Doğu Kef bölgesini temsil eden ortaç kromitlerin ise nispeten daha yüksek Al_2O_3 içeriklerine (%13.49-14.69) sahip ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşimi sonucunda oluştukları tespit edilmiştir. Yay ortamından daha yüksek ancak MORB ortamından ise daha düşük heterojen bir kompozisyona sahip bu ergiyikler yayardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda türemiş ve ortaç karakterdeki kromitlerin oluşumunda rol almış olabilirler.



Şekil 5.9. Kromitleri oluşturan ergiyiklerin TiO₂ içeriklerinin modellenmesi (Ergiyikdeki Al₂O₃ ve TiO₂ konsantrasyonlarının hesaplama formülleri Rollinson, 2008, GD Türkiye kromitleri Akmaç vd., 2014, Kompozisyonel alanları, Page ve Barnes, 2009).

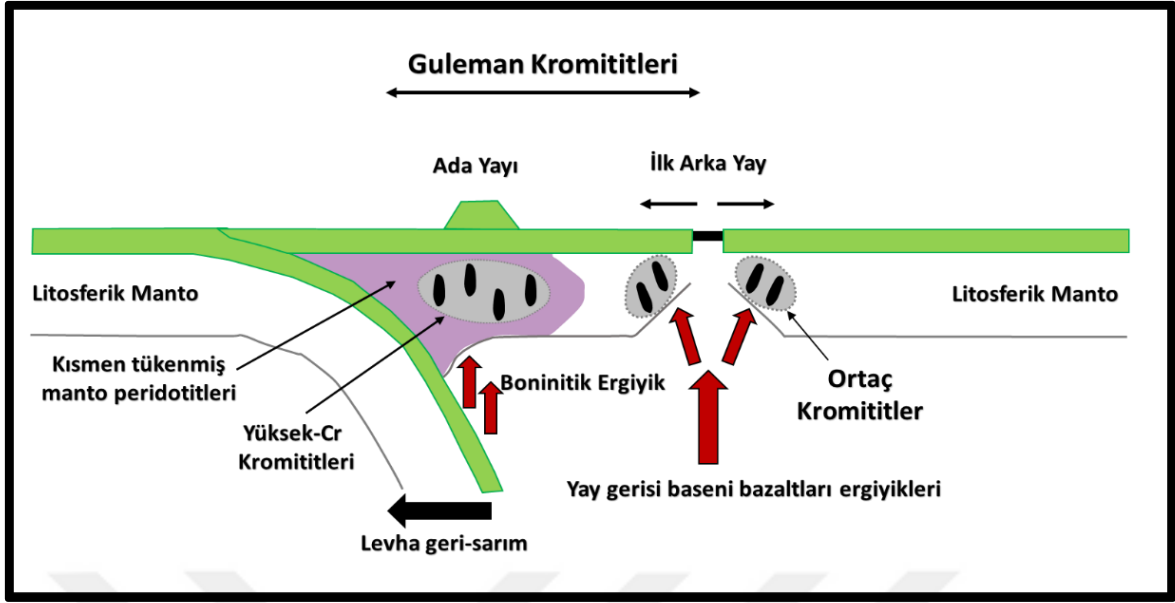
Şekil 5.9'da ise kromitleri oluşturan ergiyiklerin Al₂O₃ içeriklerine ilaveten TiO₂ içerikleri de modellenerek hesaplanmıştır. Buna göre Şelale, Kündiken ve Marmarık bölgelerindeki yüksek Cr kromitleri ile Doğu Kef bölgesindeki kromitlerin benzer TiO₂ (%0.11-0.43) içeriklerine sahip ergiyikler ile litosferik mantonun etkileşimi sonucu oluştukları gözlenmiştir. Nispeten düşük ve benzer TiO₂ içerikleri, yay-ardı ortamının kromitlerin oluşumu esnasında belirgin olarak gelişmemiş olduğunu göstermektedir. Ortaç karakterdeki kromitlerin oluşumunda yüksek Cr kromitleri kadar olmasa da halen boninitik ergiyiklerindeki haliyeti ile heterojen bir kaynağın varlığı ifade edilebilir.



Şekil 5.10. Tüketilme dereceleri ile kısmi ergime derecelerinin karşılaştırılması (Harzburjit tüketilme değerleri Arai, 1997; Kısmi ergime Pearce vd., 2000; Al_2O_3 ergiyik formülü Rollinson, 2008, Boninitikergiyik Wilson, 1989).

Şekil 5.10’da Guleman Ofiyoliti içerisindeki kromitlerin Al_2O_3 ve Cr# değerleri ile yan kayacı temsil eden harzburjitler içerisindeki spinellere ait Cr# değerleri karşılaştırılmıştır. Yüksek hacimli kromit oluşumlarının yay-önü tektonik ortamda türeyen boninitikergiyikler ile orta seviyede tüketilmiş bir harzburjitik yan kayaç ile etkileşim sonucunda olduğu bilinmektedir. Burada Kündiken, Marmerk, Şelale bölgelerindeki kromitlerin oluşumunda boninitikergiyikler etkili olurken, Doğu Kef bölgesinde yer alan kromitlerin oluşumunda ise orta ç karakterdeki ergiyikler etkili olmuştur. Buna karşın kromitlerin yer aldığı yan kayaçların (harzburjit) tüketilme derecelerine bakıldığında Kündiken ve Şelale örneklerinin yüksek derecede tüketildikleri görülmektedir. Ancak Marmerk örnekleri ise nispeten daha az tüketilmiş durumdadır. Yine kısmi ergimenin artış derecesi ise boninitikergiyiklerin üretimi ile doğru orantılı şekildedir.

Guleman Ofiyoliti genel olarak kromit üretme potansiyeli olan bir okyanusal kabuk kalıntısı durumundadır. Ancak burada sunulan kimyasal veriler ışığında bu bölgeler içerisinde yüksek hacimli masif kromit üretme potansiyelinin en yüksek olduğu bölgenin Marmerk bölgesi olduğu söylenebilir.



Şekil 5.11. Jeodinamik-tekttonik model (yaş verileri Ural vd., 2015, 2021; Bingöl vd., 2018; Karaoğlu vd., 2013a, b, 2016'dan değiştirilerek alınmıştır).

Bu proje ile birlikte yan kayaç örnekleri ve kromit örneklerin üzerinde yürütülen jeo kimyasal ve petrolojik çalışmaları yansıtan jeodinamik-tekttonik model Şekil 5.11'de sunulmuştur. Kromit örnekleri üzerinde yürütülen mineral kimyası çalışmaları da buradaki bulguları doğrular nitelikte yüksek Cr kromitler ve ortaç kromitler olarak iki farklı grubun varlığını ortaya koymuştur. Yüksek Cr kromitleri yay-önü veya yay gibi bir tektonik ortamda boninitik ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşimi ile oluştuğu düşünülürken, ortaç karakterdeki kromitler ise yay-ardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda boninit ve MORB karışımı gibi heterojen karakterdeki ergiyiklerin litosferik manto ile etkileşimi ile oluşmuş olabilir.

Yüksek tenörlü ve ortaç karakterde iki farklı kromit türünün jeolojik harita ve ruhsat alanları üzerine işlenmesi ile birlikte Doğu Kef bölgesindeki kromitlerin ortaç karakterde olduğu, Şelale, Kündiken ve Marmerk, bölgelerindeki kromitlerin ise yüksek Cr kromitler ile temsil edildiği düşünülmektedir.

5.2. Harzburjit Yan Kayacının Jeokimyasal Özellikleri

Guleman Ofiyoliti içerisindeki kromit örnekleri üzerinde yürütülen petrografik, jeokimyasal ve petrolojik çalışmalara ilaveten ofiyolitın önemli bir bileşeni pozisyonunda bulunan ve bahsi geçen diyabaz, gabro ve kromitleri ihtiva eden yan kayaçlar (harzburjit) üzerinde de ayrıntılı mineral kimyası çalışmaları yürütülmüştür. Harzburjitlerin örneklemesinde de kromitler ile aynı lokasyonlar kullanılmıştır. Aşağıda ayrıntısı ile bu bilgiler sunulmuş olup, bahsi geçen harzburjitlerin nasıl bir tektonik ortamda oluştukları ve aynı zamanda kromit üretebilme potansiyelleri bölgeler bazında irdelenmiştir.

Yan kayalar içerisinde bulunan krom-spinellerin (Tablo 5.2, Tablo 5.3), olivin mineralinin (Tablo 5.4, Tablo 5.5), lizardit mineralinin (Tablo 5.6) ve piroksen mineralinin (Tablo 5.7) mineral kimyası analiz sonuçları aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 5.2: Doğu Kef, Marmerk, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait yan kayaçlar içerisindeki krom-spinellerin mineral kimyası sonuçları-1 (%)

Sample	Comment	Mineral	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Total
31715 (Şelale)	31715-01	Cr-spinel	0.06	14.32	54.90	19.13	0.57	10.14	99.11
	31715-03	Cr-spinel	0.07	13.96	55.15	19.32	0.60	9.97	99.07
	31715-04	Cr-spinel	0.06	11.97	52.10	20.28	0.54	7.41	92.36
	31715-06	Cr-spinel	0.07	14.23	55.76	18.16	0.59	10.69	99.48
	31715-08	Cr-spinel	0.05	14.09	55.23	19.98	0.63	9.74	99.72
	31715-10	Cr-spinel	0.07	14.33	55.14	19.42	0.59	10.12	99.68
	31715-11	Cr-spinel	0.04	14.50	55.11	19.03	0.59	10.21	99.49
	31715-15	Cr-spinel	0.04	13.62	56.14	19.38	0.62	9.92	99.73
	31715-20	Cr-spinel	0.05	13.79	55.40	19.66	0.62	9.88	99.40
	31715-21	Cr-spinel	0.04	13.33	55.23	19.54	0.64	9.89	98.67
31717 (Kündiken)	31717-01	Cr-spinel	0.19	14.05	51.27	20.32	0.54	11.79	98.17
	31717-03	Cr-spinel	0.21	13.45	54.25	19.81	0.60	11.73	100.05
	31717-06	Cr-spinel	0.25	12.91	53.45	20.61	0.56	11.19	98.98
	31717-10	Cr-spinel	0.22	12.97	53.85	20.13	0.60	11.46	99.23
	31717-12	Cr-spinel	0.22	12.74	54.12	20.02	0.59	11.41	99.09
	31717-13	Cr-spinel	0.22	12.81	53.93	20.32	0.55	11.30	99.13
	31717-18	Cr-spinel	0.23	13.12	53.39	21.51	0.61	11.16	100.03
	31717-20	Cr-spinel	0.21	11.76	54.24	20.86	0.61	10.85	98.54
	31717-23	Cr-spinel	0.22	12.46	54.24	20.68	0.64	11.31	99.56
31738 (Marmerk)	31738-01	Cr-spinel	0.05	18.68	50.16	19.27	0.55	11.15	99.85
	31738-02	Cr-spinel	0.04	19.16	50.53	19.46	0.62	10.95	100.76
	31738-05	Cr-spinel	0.04	18.17	51.21	19.53	0.57	10.54	100.07
	31738-10	Cr-spinel	0.03	18.29	51.03	20.56	0.57	10.34	100.82
	31738-11	Cr-spinel	0.04	18.69	50.46	20.61	0.62	10.53	100.96
	31738-15	Cr-spinel	0.05	17.69	51.46	20.33	0.62	10.55	100.69
	31738-20	Cr-spinel	0.03	18.20	51.10	18.92	0.60	10.86	99.73
31756 (Doğu Kef)	31756-11	Cr-spinel	0.06	16.04	53.09	21.03	0.62	9.22	100.05
	31756-15	Cr-spinel	0.08	15.89	53.18	21.13	0.62	8.61	99.52
	31756-16	Cr-spinel	0.08	16.04	53.05	20.97	0.63	8.95	99.71
	31756-21	Cr-spinel	0.08	15.15	52.71	23.09	0.65	8.06	99.73

Tablo 5.3: Doğu Kef, Marmerek, Kündiken ve Şelale bölgelerine ait yan kayaçlar içerisindeki krom-spinellerin mineral kimyası sonuçları-2 (%)

Sample	Comment	Mineral	Ti	Al	Cr	Fe3+	Fe2+	Mn	Mg	TOTAL	100Mg/ Mg+Fe2+	100Cr/ Cr+Al	100Fe3+/ Cr+Al+Fe3+
31715 (Şelale)	31715-01	Cr-spinel	0.012	4.406	11.332	0.238	3.939	0.126	3.947	24.000	50.1	72.0	1.5
	31715-03	Cr-spinel	0.014	4.309	11.420	0.244	3.988	0.133	3.893	24.000	49.4	72.6	1.5
	31715-04	Cr-spinel	0.013	4.040	11.796	0.138	4.718	0.131	3.164	24.000	40.1	74.5	0.9
	31715-06	Cr-spinel	0.014	4.350	11.434	0.188	3.750	0.130	4.134	24.000	52.4	72.4	1.2
	31715-08	Cr-spinel	0.010	4.329	11.382	0.270	4.086	0.139	3.785	24.000	48.1	72.4	1.7
	31715-10	Cr-spinel	0.014	4.388	11.328	0.256	3.963	0.130	3.920	24.000	49.7	72.1	1.6
	31715-11	Cr-spinel	0.008	4.442	11.326	0.216	3.921	0.130	3.957	24.000	50.2	71.8	1.3
	31715-15	Cr-spinel	0.008	4.188	11.580	0.216	4.012	0.137	3.859	24.000	49.0	73.4	1.4
31717 (Kündiken)	31715-20	Cr-spinel	0.010	4.250	11.453	0.278	4.021	0.137	3.852	24.000	48.9	72.9	1.7
	31715-21	Cr-spinel	0.008	4.142	11.512	0.330	3.978	0.143	3.887	24.000	49.4	73.5	2.1
	31717-01	Cr-spinel	0.037	4.307	10.544	1.074	3.346	0.119	4.572	24.000	57.7	71.0	6.7
	31717-03	Cr-spinel	0.041	4.070	11.014	0.835	3.419	0.130	4.491	24.000	56.8	73.0	5.2
	31717-06	Cr-spinel	0.049	3.967	11.018	0.918	3.576	0.124	4.350	24.000	54.9	73.5	5.8
	31717-10	Cr-spinel	0.043	3.968	11.052	0.894	3.476	0.132	4.435	24.000	56.1	73.6	5.6
	31717-12	Cr-spinel	0.043	3.908	11.135	0.871	3.486	0.130	4.427	24.000	55.9	74.0	5.5
	31717-13	Cr-spinel	0.043	3.930	11.098	0.886	3.537	0.121	4.385	24.000	55.4	73.9	5.6
31738 (Marmerek)	31717-18	Cr-spinel	0.045	3.991	10.894	1.025	3.617	0.133	4.294	24.000	54.3	73.2	6.4
	31717-20	Cr-spinel	0.042	3.654	11.305	0.958	3.641	0.136	4.264	24.000	53.9	75.6	6.0
	31717-23	Cr-spinel	0.043	3.813	11.135	0.966	3.524	0.141	4.378	24.000	55.4	74.5	6.1
	31738-01	Cr-spinel	0.010	5.567	10.028	0.386	3.688	0.118	4.203	24.000	53.3	64.3	2.4
	31738-02	Cr-spinel	0.008	5.664	10.020	0.301	3.781	0.132	4.095	24.000	52.0	63.9	1.9
	31738-05	Cr-spinel	0.008	5.441	10.287	0.257	3.892	0.123	3.993	24.000	50.6	65.4	1.6
	31738-10	Cr-spinel	0.006	5.445	10.191	0.353	3.990	0.122	3.894	24.000	49.4	65.2	2.2
	31738-11	Cr-spinel	0.008	5.541	10.035	0.409	3.926	0.132	3.949	24.000	50.1	64.4	2.6
31756 (Doğu Kef)	31738-15	Cr-spinel	0.010	5.277	10.297	0.407	3.896	0.133	3.981	24.000	50.5	66.1	2.5
	31738-20	Cr-spinel	0.006	5.454	10.272	0.263	3.760	0.129	4.117	24.000	52.3	65.3	1.6
	31756-11	Cr-spinel	0.012	4.890	10.858	0.229	4.320	0.136	3.556	24.000	45.1	68.9	1.4
	31756-15	Cr-spinel	0.016	4.893	10.985	0.091	4.525	0.137	3.354	24.000	42.6	69.2	0.6
	31756-16	Cr-spinel	0.016	4.914	10.904	0.151	4.408	0.139	3.469	24.000	44.0	68.9	0.9
	31756-21	Cr-spinel	0.016	4.685	10.935	0.348	4.718	0.144	3.153	24.000	40.1	70.0	2.2

Tablo 5.4: Doğu Kefbölgesine ait yan kayaç örneği içerisindeki olivin mineralinin, mineral kimyası sonuçları-1 (%)

Sampe	Comment	Mineral	SiO2	TiO2	Cr2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Total
31756 (Doğu Kef)	31756-03	oliv (forsterite)	41.83	0.00	0.00	8.03	0.11	51.22	0.02	0.45	101.68
	31756-04	oliv (forsterite)	41.42	0.02	0.00	8.17	0.12	50.75	0.03	0.43	100.93
	31756-05	oliv (forsterite)	41.45	0.02	0.00	8.33	0.13	50.93	0.01	0.40	101.26
	31756-06	oliv (forsterite)	41.65	0.01	0.00	7.72	0.11	51.12	0.03	0.48	101.12
	31756-10	oliv (forsterite)	41.49	0.02	0.00	8.15	0.10	51.14	0.03	0.36	101.30
	31756-17	oliv (forsterite)	41.31	0.02	0.01	8.12	0.10	50.96	0.03	0.43	100.99
	31756-19	oliv (forsterite)	41.70	0.01	0.01	8.21	0.13	51.20	0.03	0.40	101.72
	31756-20	oliv (forsterite)	41.39	0.01	0.00	8.19	0.11	50.89	0.02	0.39	100.99

Tablo 5.5: Doğu Kefbölgesine ait yan kayaç örneği içerisindeki olivin mineralinin, mineral kimyası sonuçları-2 (%)

Sampe	Comment	Mineral	Si	Ti	Al	Cr	Fe3	Fe2	Mn	Mg	Ca	tot. cat.	tot. oxy.	Te	Fo	Fa	Ca-Ol	sum	Mg#
31756 (Doğu Kef)	31756-03	oliv (forsterite)	1.004	0.00	0.00	0.00	0.000	0.161	0.002	1.832	0.001	3.0	4.0	0.1	91.8	8.1	0.0	100	0.92
	31756-04	oliv (forsterite)	1.002	0.00	0.00	0.00	0.000	0.165	0.002	1.830	0.001	3.0	4.0	0.1	91.6	8.3	0.0	100	0.92
	31756-05	oliv (forsterite)	0.999	0.00	0.00	0.00	0.001	0.167	0.003	1.830	0.000	3.0	4.0	0.1	91.5	8.4	0.0	100	0.92
	31756-06	oliv (forsterite)	1.004	0.00	0.00	0.00	0.000	0.156	0.002	1.837	0.001	3.0	4.0	0.1	92.1	7.8	0.0	100	0.92
	31756-10	oliv (forsterite)	0.998	0.00	0.00	0.00	0.003	0.161	0.002	1.834	0.001	3.0	4.0	0.1	91.7	8.2	0.0	100	0.92
	31756-17	oliv (forsterite)	0.998	0.00	0.00	0.00	0.004	0.160	0.002	1.835	0.001	3.0	4.0	0.1	91.7	8.2	0.0	100	0.92
	31756-19	oliv (forsterite)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.165	0.003	1.831	0.001	3.0	4.0	0.1	91.6	8.2	0.0	100	0.92
	31756-20	oliv (forsterite)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.001	0.165	0.002	1.832	0.001	3.0	4.0	0.1	91.6	8.3	0.0	100	0.92

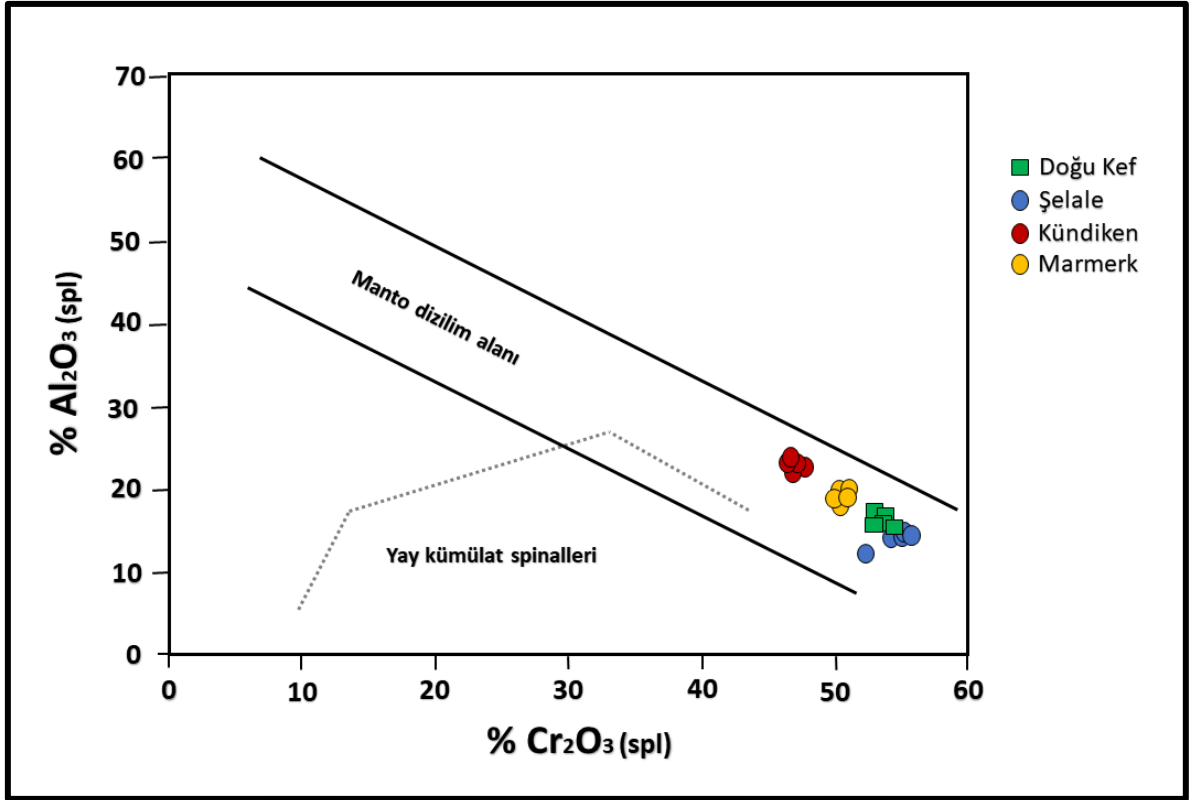
Tablo 5.6: Şelale, Kündiken ve Marmerek bölgelerine ait yan kayaç örneği içerisindeki lizardit mineralinin, mineral kimyası sonuçları (%)

Sampe	Comment	Mineral	SiO2	TiO2	Cr2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Total
31715 (Şelale)	31715-05	alt matrix (lizardite?)	43.38	0.00	0.03	2.74	0.06	38.49	0.09	0.42	85.36
	31715-14	alt matrix (lizardite?)	45.05	0.02	0.28	2.70	0.03	41.82	0.05	0.27	90.36
	31715-19	alt matrix (lizardite?)	44.00	0.01	0.05	3.11	0.08	39.57	0.15	0.46	87.56
31717 (Kündiken)	31717-04	lizardite?	43.34	0.01	0.00	2.69	0.03	41.91	0.01	0.41	88.40
	31717-05	lizardite?	44.93	0.01	0.01	2.52	0.04	41.54	0.02	0.29	89.37
	31717-08	lizardite?	43.66	0.00	0.01	2.28	0.04	41.61	0.02	0.40	88.02
	31717-09	lizardite?	43.91	0.02	0.01	2.39	0.04	40.92	0.03	0.40	87.73
	31717-16	lizardite?	42.99	0.01	0.01	2.73	0.04	41.75	0.02	0.37	87.93
	31717-17	lizardite?	44.82	0.01	0.00	2.78	0.06	41.25	0.03	0.36	89.30
31738 (Marmerek)	31738-03	lizardite?	41.70	0.02	0.62	5.45	0.08	40.45	0.06	0.01	88.38
	31738-04	lizardite?	42.57	0.00	0.67	5.05	0.07	39.24	0.07	0.02	87.69
	31738-06	lizardite?	43.95	0.01	0.04	3.24	0.06	40.11	0.04	0.18	87.64
	31738-07	lizardite?	45.66	0.01	0.12	3.99	0.11	37.26	0.09	0.39	87.63
	31738-14	lizardite?	44.38	0.01	0.01	3.38	0.06	38.65	0.05	0.35	86.89
	31738-18	lizardite?	44.43	0.00	0.00	3.47	0.06	38.20	0.09	0.42	86.68

Tablo 5.7: Şelale, Marmerek ve Doğu Kef bölgelerine ait yan kayaç örneği içerisindeki piroksen minerallerinin, mineral kimyası sonuçları (%)

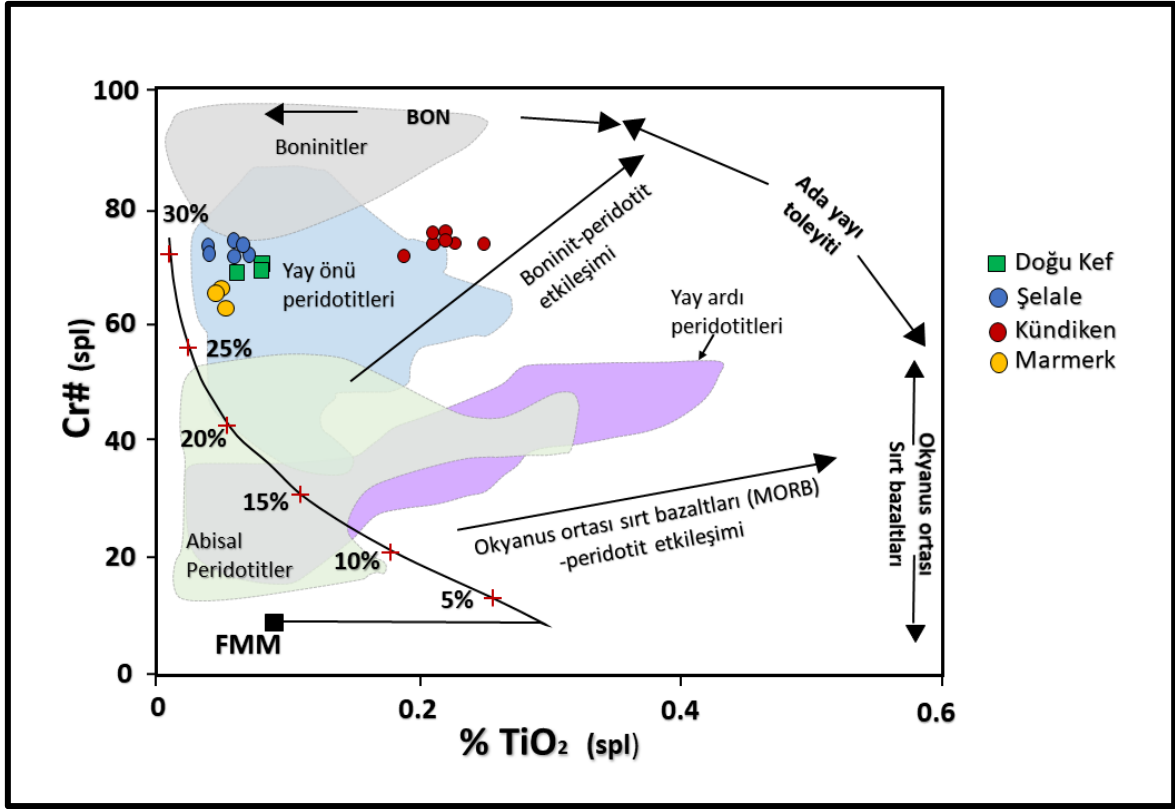
Sample	Comment	Mineral	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	F	Total	O=F	Total
31715 (Şelale)	31715-07	pyx (diop) incl in spinel	52.90	0.02	0.64	0.71	3.13	0.36	15.09	25.43	0.02	0.02	98.31	0.01	98.30
	31715-23	alt matrix (lizardite?)*	44.44	0.02	0.27	0.43	2.21	0.08	37.95	0.12	0.00	0.00	85.52	0.00	85.52
	31715-24	alt matrix (lizardite?)*	45.27	0.01	0.27	0.33	2.25	0.03	39.15	0.12	0.00	0.00	87.44	0.00	87.44
31738 (Marmerek)	31738-09	lizardite?	43.96	0.01	0.20	0.00	3.19	0.09	39.33	0.04	0.00	0.00	86.81	0.00	86.81
	31738-12	lizardite?	44.71	0.00	0.41	0.63	3.72	0.10	37.18	0.07	0.00	0.02	86.84	0.01	86.83
	31738-13	lizardite?	44.25	0.02	0.52	0.72	3.52	0.10	37.57	0.06	0.00	0.00	86.76	0.00	86.76
	31738-16	lizardite?	43.84	0.00	0.50	0.77	3.41	0.10	37.91	0.05	0.00	0.00	86.59	0.00	86.59
	31738-17	lizardite?	44.33	0.00	0.52	0.83	3.48	0.12	37.21	0.07	0.00	0.00	86.55	0.00	86.55
	31738-21	lizardite?	42.99	0.01	0.72	0.60	4.10	0.08	38.16	0.06	0.01	0.00	86.72	0.00	86.72
	31738-22	lizardite?	43.06	0.01	0.67	0.71	4.24	0.08	38.58	0.07	0.00	0.01	87.43	0.00	87.42
31756 (Doğu Kef)	31738-23	lizardite?	43.70	0.01	0.51	0.74	3.66	0.09	38.14	0.06	0.00	0.00	86.90	0.00	86.90
	31756-01	enstatite	58.71	0.03	0.93		5.35	0.13	35.17	1.01	0.00	0.00	101.33	0.00	101.33
	31756-02	enstatite	58.26	0.03	0.88		5.43	0.12	35.04	1.03	0.00	0.00	100.80	0.00	100.80
	31756-07	enstatite	57.88	0.02	0.98		5.32	0.11	34.95	0.97	0.00	0.00	100.23	0.00	100.23
	31756-08	enstatite	57.67	0.02	0.90		5.21	0.16	34.48	1.10	0.00	0.00	99.54	0.00	99.54
	31756-09	enstatite	58.03	0.01	0.82		5.43	0.12	34.80	0.96	0.00	0.00	100.16	0.00	100.16
	31756-13	enstatite	57.89	0.01	0.89		5.48	0.09	34.58	0.94	0.01	0.00	99.90	0.00	99.90
	31756-14	enstatite	57.91	0.03	0.97		5.36	0.14	34.48	1.36	0.00	0.00	100.25	0.00	100.25
	31756-18	enstatite	57.13	0.04	1.15		5.48	0.14	34.43	1.05	0.01	0.00	99.44	0.00	99.44

Kündiken, Şelale, Marmerek ve Doğu Kef bölgelerinden alınan yan kayaç örnekleri üzerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçları, tablolarla paylaşılmıştır. Yapılmış olunan analizlerden çıkan verilere göre bölgelerin hangi tektonik ortamda oluştukları, bulundukları kimyasal kompozisyonlar, kayaç-ergiyik etkileşimleri gibi oluşum süreçlerine ait verilere aşağıda yer alan diyagramlarla yorumlanmaya çalışılmıştır.



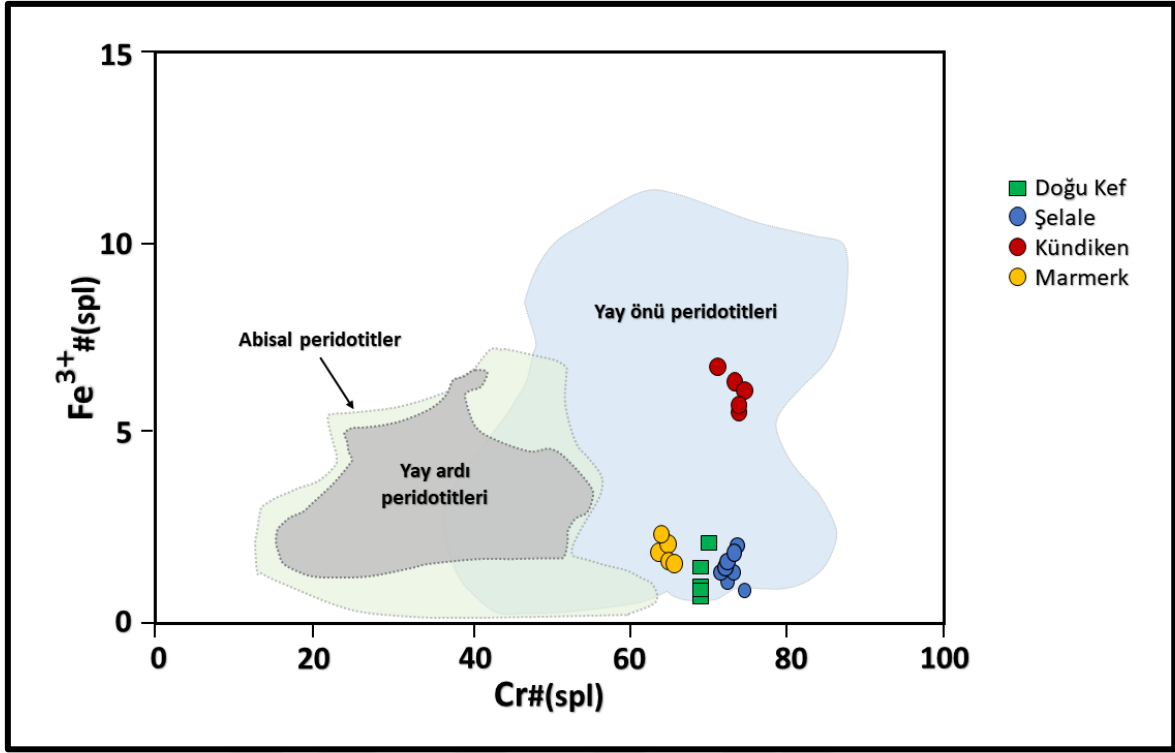
Şekil 5.12. Spinellerin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 içerikleri (Manto dizilimi alanı Arai vd., 2009; yay kümülat alanı Khan vd., 2007).

Harzburjitler içerisinde yer alan spinellerin Al_2O_3 ve Cr_2O_3 kompozisyonlarına bakıldığında bahsi geçen spinellerin yay kümülat spinelleri yerine manto dizilimi alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 5.12).



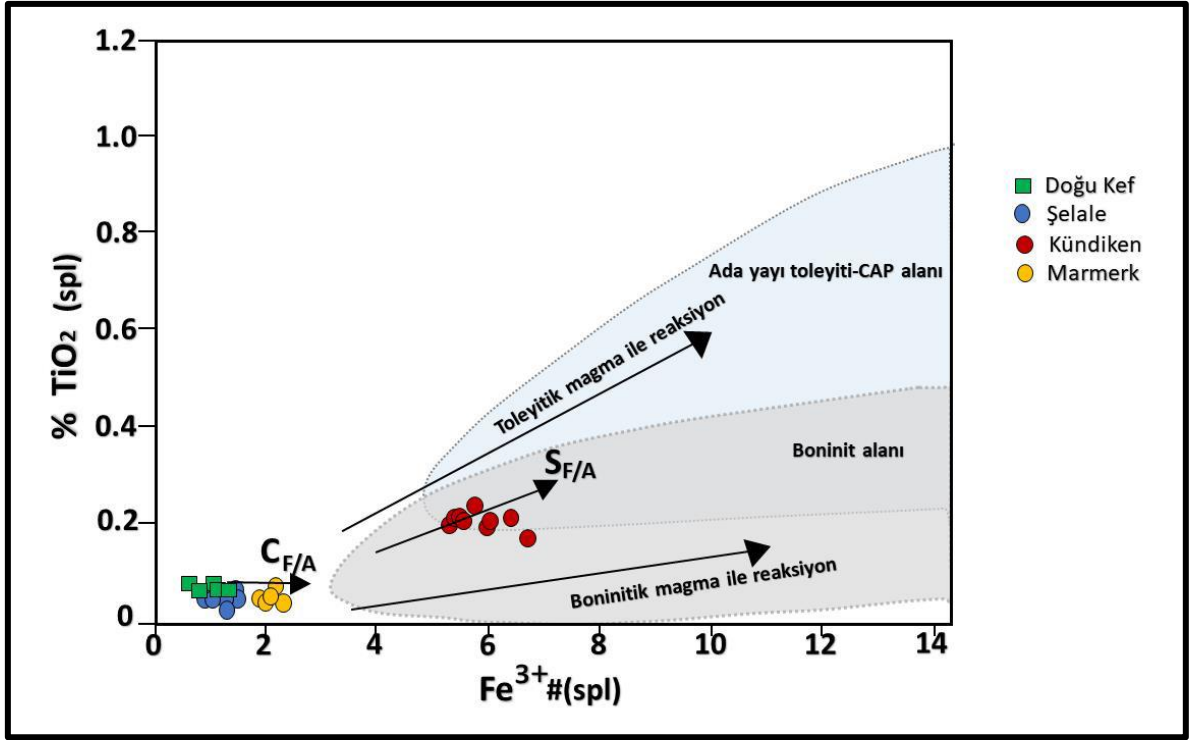
Şekil 5.14. Spinellerin Cr# değerleri ve TiO_2 içerikleri (Kompozisyonel alanlar Kamenetsky vd. 2001. Pearce vd. 2000'den değiştirilmiştir).

Şekil 5.14'de ise yine harzburjitler içerisindeki spinellerin Cr# ve TiO_2 değerleri karşılaştırılmıştır. Bir önceki diyagramda da sunulduğu gibi Kündiken örnekleri diğer bölgelere kıyasla daha yüksek TiO_2 içerikleri ile karakterize edilmektedir. Şelale örneklerinin %30'un üzerinde bir kısmi ergime sonucu oluştukları, Doğu Kef ve Marmerek örneklerin ise %25 ile %30 arasında değişen kısmi ergime ürünü oldukları gözükmemektedir. Tektonik ortam koşullarına bakıldığında incelenilen bölgelerdeki örneklerin yay-önü peridotitleri ile uyumlu oldukları gözlemlenmektedir. İnceleme alanında yer alan bölgelerin boninit ve ada yayı toleyitlerindahiyliliyeti ile oluştukları gözükmemektedir.



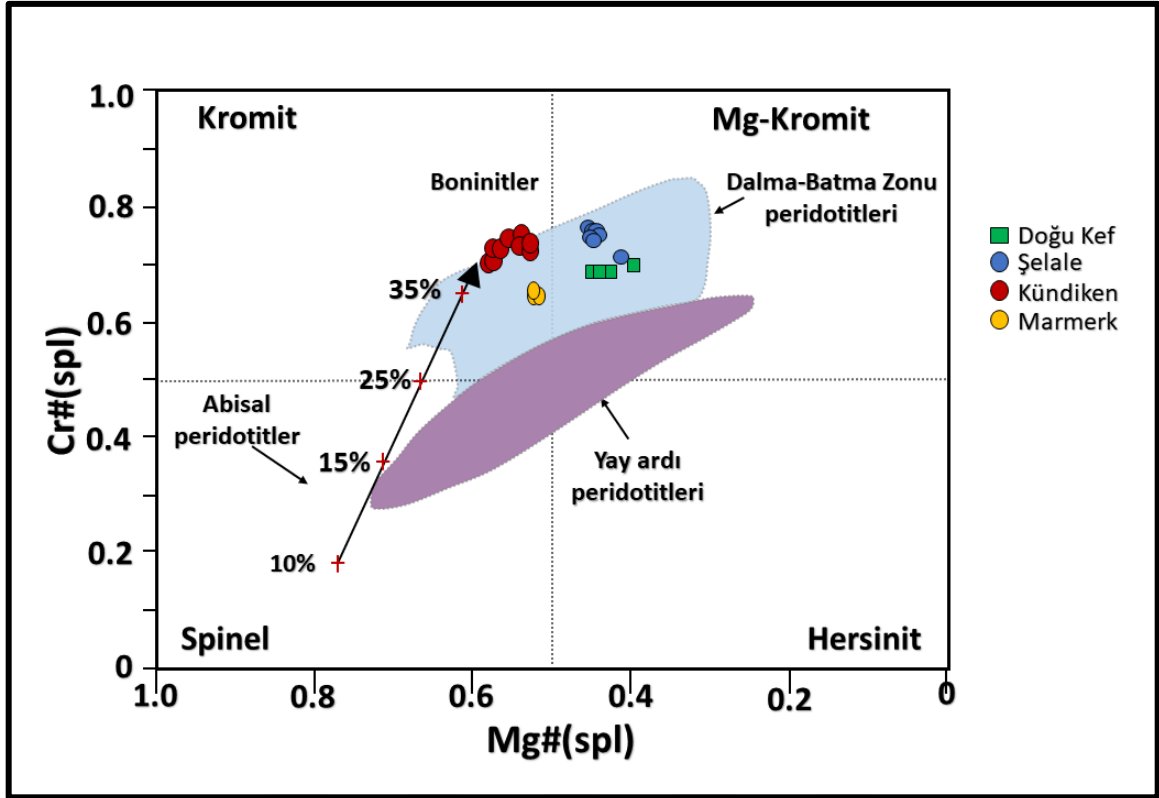
Şekil 5.15. Spinellerin $Fe^{3+}\#$ ve $Cr\#$ değerleri (Kompozisyonel alanlar Dare vd. 2009'dan değiştirilmiştir).

Şekil 5.15'de ise spinel minerallerinin $Fe^{3+}\#$ ve $Cr\#$ değerleri karşılaştırılmıştır. Burada Kündiken örnekleri tipik olarak yay-önü peridotitleri alanına düşerken, Doğu Kef, Şelale ve Marmerk örneklerinin ise yay-ardı peridotitlerine doğru bir geçiş gösterdiği gözlenmektedir. Kündiken örnekleri diğer bölgelerdeki örneklere kıyasla daha yüksek $Fe^{3+}\#$ değerleri sunmakta ve bu durum oksijen seviyesinin bu bölgelerdeki magma oluşumu esnasında daha yüksek seviyede olduğuna işaret etmektedir. Tüm verilerin birliktedeğerlendirilmesi Guleman Ofiyoliti harzburjitlerinin heterojen bir manto kaynağından türediğine işaret etmektedir.



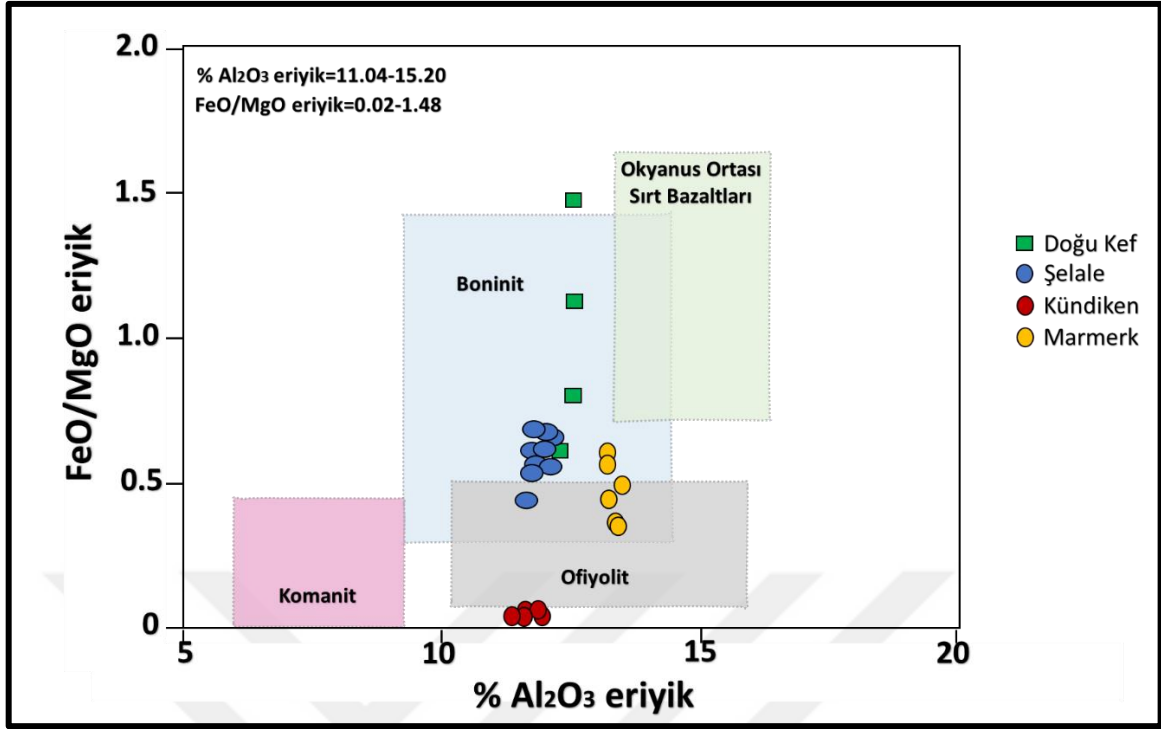
Şekil 5.16. Spinellerin TiO_2 içerikleri ve $\text{Fe}^{3+}\#$ değerleri (Kompozisyonel alanlar Dare vd., 2009'dan değiştirilmiştir. CF/A-Conical yay önu peridotitleri kompozisyonu, SF/A-South Sandwich yay önu peridotitleri kompozisyonu).

Şekil 5.16'da harzburjitler içerisindeki spinellerin içerdikleri TiO_2 ve $\text{Fe}^{3+}\#$ değerleri karşılaştırılmıştır. Kündiken örnekleri, Doğu Kef, Şelale ve Marmerek bölgelerindeki örneklerle kıyasla daha yüksek TiO_2 içeriklerine sahiptir. Kündiken örnekleri ada yayı toleyitlerinin etkileşimi sonucunda oluştuğu işaret etmektedir. Diğer örnekler ise tipik olarak Konical yay-önu ortamı ile oldukça uyumlu pozisyonlardır.



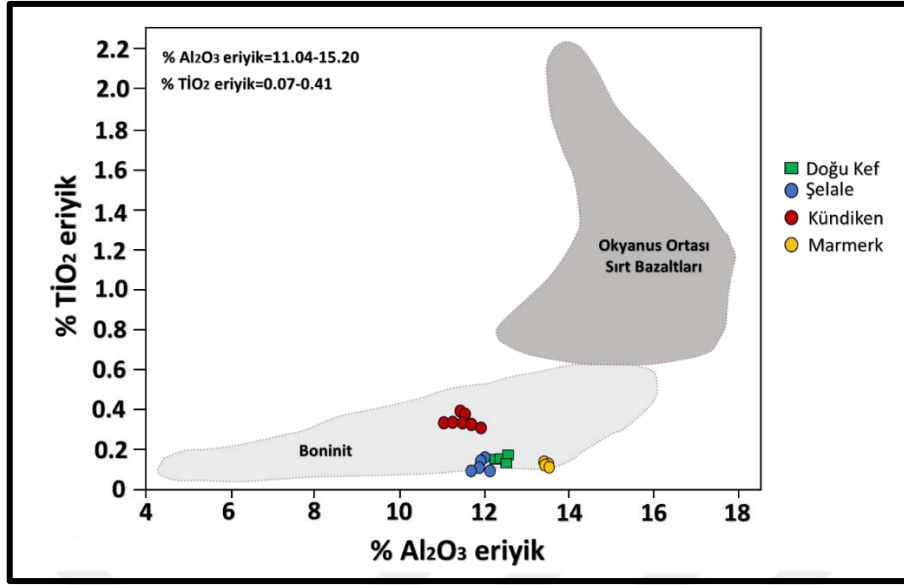
Şekil 5.17. Spinellerin Cr# ve Mg# değerleri (Abisal peridotit alanı, Dick ve Bullen, 1984, Arai, 1994; okyanusal SSZ peridotit alanı Bloomer ve Hawkins, 1987; boninit alanı Laan, 1992).

Harzburjit örnekleri içerisindeki spinel minerallerinin Cr# ve Mg# değerlerine göre, Doğu Kef, Şelale, Kündiken ve Marmerk bölgelerine ait örneklerin %30'un üstüne kısmi ergime ürünü oldukları görülmektedir (Şekil 5.17). İnceleme alanındaki bölgelere ait örnekler oluşum olarak, okyanus içi dalma batma zonu alanına düşmektedir. Spinel grubu minerallerin türüne bakıldığında ise kromit ve Mg-kromit türünde oldukları belirlenmiştir.



Şekil 5.18. Ergiyiklerin kompozisyonel modellenmesi (Kompozisyonel alanlar Barnes ve Roeder, 2001, Ergiyik içerisindeki Al₂O₃ konsantrasyonlarının hesaplama formülleri Rollinson, 2008, FeO/MgO ergiyik formülü Maureland Maurel, 1982).

Şekil 5.18’de Guleman Ofiyoliti bünyesindeki harzburjitlerin içerisindeki spinel minerallerini oluşturan ergiyiklerin kimyasal kompozisyonları (FeO/MgO ve Al₂O₃ içerikleri) modellenmiştir. Hesaplanan veriler ışığında bahsi geçen Doğu Kef, Şelale ve Marmerk bölgesine ait ergiyiklerin büyük kısmı boninit alanına düşerken Kündiken bölgesine ait ergiyikler ise ofiyolit alanına daha yakındır.



Şekil 5.19. Ergiyiklerin kompozisyonel modellenmesi grafiği (Kompozisyonel alanlar Barnes ve Roeder, 2001, Ergiyik içerisindeki Al_2O_3 ve TiO_2 konsantrasyonlarının hesaplama formülleri Rollinson, 2008).

Son olarak Şekil 5.19’da ise yine harzburjitler içerisindeki spinel minerallerini oluşturan ergiyiklerin TiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular Kündiken örnekleri içerisindeki spinelleri oluşturan ergiyiklerin boninit ve MORB arasında bir geçiş karakterinde olduğunu gösterirken, Doğu Kef, Şelale ve Marmere bölgelerindeki spinelleri oluşturan ergiyiklerin ise belirgin şekilde boninit karakterisundüğü gözlemlenmektedir. Bir kez daha elde edilen bulgular neticesinde Guleman Ofiyoliti içerisindeki harzburjitlerin yay-önü ve yay-ardı başlangıcı gibi iki farklı tektonik ortamda oluştuğu düşüncesini ortaya koymaktadır.

İnceleme alanında mevcut olan peridotit birimleri içerisinde alınan örnekler üzerinde yapılan petrografik ve jeokimyasal analizler sonucu ortaya çıkan veriler ışığında Guleman peridotitlerinin yay önü ve abisal peridotitler arasında bulunan geçişken karakteristikler göstermesi, peridotitlerinin ilk olarak dalma-batma olayının başlangıcında ilk yay önü aşaması dahil tipik bir yay önü ortamda yada başka bir ihtimalle yay önü ortamı ve yay ve/veya yay-ardı açılımının erken evresi ortamları dahil bir okyanus içi dalma-batma zonunda oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir. Bunların arasında, Güney Neotetis okyanusunun jeodinamik evrimi için yayınlanmış tektonik, jeokimyasal, stratigrafik, zamansal vd. jeolojik verilerin birlikte değerlendirilmesi ile peridotiti oluşturan birimlerin okyanus içi dalma-batma zonunda (SSZ: Supra-Subduction Zone) oluştuğunu söylemek daha uygun olacaktır.

6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan 4 farklı bölgeden alınmış (Şelale, Kündiken, Marmerk, Doğu Kef) kromit ve yan kayaç numuneleri incelenmiş, yürütülen çalışmalar sonucunda kromitlerin oluştukları dönem ve tektonik ortam ortaya konulmaya çalışılmıştır.

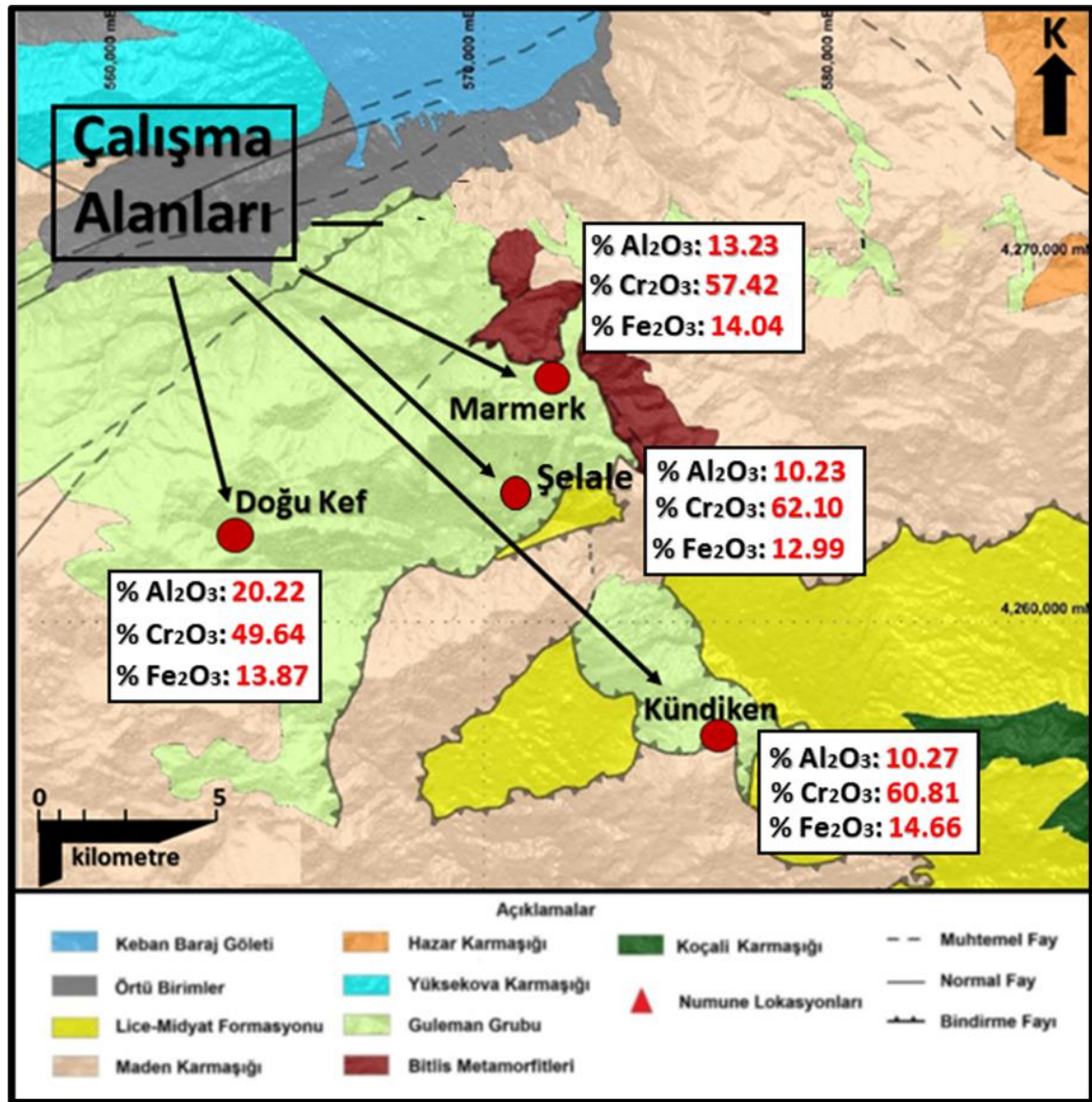
Numuneler üzerinde yapılan petrografik ve mineralojik çalışmalar sonucunda, farklı bölgelerdeki benzer ve ayırım gösteren durumlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan petrografik analizler sonucunda, örneklerin büyük bir bölümünün masif kromitlerden oluştuğu gözlemlenirken, kromitlerin etrafında serpantinleşmiş olivin yüzeylerine rastlanılmıştır. Marmerk bölgesinden alınan örnekte kataklastik dokuların gözükmesi bu bölgedeki tektonik aktivitenin yoğunluğuna işaret etmektedir.

Yan kayaçlar üzerinde yapılan mineral kimyası analizlerinden elde edilen bulgular neticesinde Kündiken örnekleri içerisindeki spinelleri oluşturan ergiyiklerin boninit ve MORB arasında bir geçiş karakterinde olduğunu düşünülürken, Doğu Kef, Şelale ve Marmerk bölgelerindeki spinelleri oluşturan ergiyiklerin ise belirgin şekilde boninit karakteri sunduğu düşünülmektedir. Bir kez daha elde edilen bulgular Guleman Ofiyoliti içerisinde kiharzburjitlerin yay-önü ve yay-ardı başlangıcı gibi iki farklı tektonik ortamda oluşmuş olabilecekleri fikrini ortaya çıkarmaktadır.

Guleman Ofiyoliti içerisinde yer alan bu 4 bölgeden alınan kromit numunelerinin ana oksit bolluklarını belirlemek amacıyla yapılan analizlerde Cr_2O_3 (%ağ.) içeriklerinin 49,48 ile 62,24 arasında, Al_2O_3 (%ağ.) içeriklerinin 10,23 ile 20,40 arasında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Şelale, Kündiken ve Marmerk bölgelerinde saptanan daha yüksek Cr_2O_3 içeriği ve Doğu Kef bölgesinde saptanan daha yüksek Al_2O_3 içeriği bölgesel bazdaki farklılıkları görme açısından önem teşkil etmektedir. Analiz sonuçlarına göre, örneklerin Cr_2O_3 içerikleri, Al_2O_3 ve MgO içerikleriyle ters orantılı şekilde değiştiği gözlemlenmiştir.

Kromitlerin $\text{Cr}\#$ değerleri yapılan mineral kimyası analizlerine göre 0,619-0,802 değerleri arasında yer alırken, $\text{Mg}\#$ değerleri ise yine analiz sonuçlarına göre 0,662-0,720 değerlilikleri arasında saptanmıştır. En yüksek orandaki Cr_2O_3 değeri Şelale bölgesinde (%62,24) gözlemlenirken, en düşük orandaki Cr_2O_3 değeri ise (%49,48) Doğu Kef bölgesinde saptanmıştır. Doğu Kef numunesi en yüksek Al_2O_3 (%20,40) değerine ulaşırken, Şelale numunesi ise en düşük Al_2O_3 değerine (%10,23) sahiptir.

Guleman ofiyoliti içerisinde yer alan bölgelerden alınan örneklerin mineral kimyası sonuçlarının bölgelere göre dağılımına bakıldığında, ofiyolitin doğu bölgesinde Cr_2O_3 içeriğinin, batıya doğru ise Al_2O_3 içeriğinin arttığı görülmüştür (Şekil 6.1). Bu durum batı kesimlerdeki cevherleşmelerin boninitik süreçten önce olabileceğini ortaya koyarken aynı zamanda yitimin hemen başlangıcında oluşmuş olabileceği görüşünü ortaya koymaktadır.



Şekil 6.1. Kromit örneklerine ait mineral kimyası sonuçlarının bölgesel dağılımı

Elde edilen bulgular ışığında Guleman Ofiyoliti genel olarak yüksek oranda kromit üretebilme potansiyeline sahip bir okyanusal kabul kalıntısını temsil edebileceği düşünülmektedir. Bu tez kapsamında ayrıntılı olarak yürütülen petrografik, jeokimyasal ve

petrolojik çalışmalar sonucunda, ofiyolitin Geç Kretase döneminde yay-önü, yay ve yay-ardı başlangıcı gibi değişik tektonik ortamlarda oluşmuş okyanusal kabuk parçalarının Geç Kretase sonunda kıtasal kabuküzerine yığılması ile meydana geldiği düşünülmektedir. Kromit örnekleri üzerinde yürütülen mineral kimyası çalışmaları sonucunda ise Guleman Ofiyoliti içerisinde yüksek Cr kromitler ve ortaç kromitler olmak üzere iki farklı kimyasal özelliğe sahip kromit türünün var olduğu düşünülmektedir.

Kimyasal çalışmalar temel alınarak oluşturulan jeodinamik-tektonik ortam modellemelerinde yüksek Cr kromitlerinin yay-önü ve/veya yay gibi tektonik bir ortamda boninitik karakterdeki ergiyikler ile nispeten kalınlaşmış bir litosferik manto arasındaki ergiyik-kayaç etkileşimi ile oluştuğu çıkarımı yapılabilmektedir. Buna karşın, ortaç karakterdeki Doğu Kef bölgesine ait kromitlerin ise yay-ardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda boninitik ve MORB türü ergiyiklerin karışımı ile oluşmuş heterojen karakterdeki ergiyikler ile litosferik mantonun etkileşimi ile oluştukları fikrini ortaya koymaktadır. Bahsi geçen iki farklı kromit türünün jeolojik harita ve ruhsat alanları üzerine işlenmesi ile birlikte Doğu Kef bölgesindeki kromitlerin ortaç karakterde olduğu, Şelale, Kündiken ve Marmerk, bölgelerindeki kromitlerin ise yüksek Cr kromitler ile temsil edildiği düşünülmektedir.

Bu hattın güney batı bölümüne doğru yay-ardı başlangıcı gibi bir tektonik ortamda oluşmuş olan ortaç karakterdeki kromitler yer alırken, kuzey doğu bölümünde ise yay-önü ve/veya yay ortamını temsil eden yüksek Cr kromitler yer almaktadır. Dolayısı ile ilerleyen prospeksiyon çalışmalarında yüksek Cr kromitlerin hedeflenmesi halinde potansiyel alanlar bu hattın kuzey doğu bölümü olarak gösterilebilir. Hattın güney batı bölümünde ise ortaç karakterdeki kromitlerin bulunma olasılığının yüksek olduğu düşünülmektedir. Yüksek hacimli masif kromit oluşumlarını ihtiva edebilecek alanların daraltılması amacıyla hazırlanan yan kayaç tüketilme ve boninitik ergiyiklerin etkileşimi modellemelerinde en ümitli alanın Marmerk bölgesi olduğu düşünülmektedir. Bu alanlarda yapılacak detaylı prospeksiyon çalışmalarıyla yüksek hacimli masif kromit oluşumlarının tespitinin yapılması olağan gözükmektedir.

Magmatik kayaçların ve kromit örneklerinin jeokimyasal özellikleri neticesinde ortaya konulan tektonik ortam modellerinde Guleman Ofiyoliti'nin Geç Kretase döneminden itibaren sol yönlü, güney batı-batı yönüne doğru yaklaşık 90-135° arasında bir rotasyona maruz kalmış olabileceği düşünülmektedir. Ofiyolitin kuzey doğu-doğu bölümleri yay-önü ve yay ortamını temsil ederken, güney batı-batıya doğru yay-ardı

başlangıcı ortamının kalıntılarının varlığı gözlenmektedir. Guleman Ofiyoliti'nden güney batı-batı yönüne doğru (Kömürhan ve İspendere Ofiyolitleri) ilerlendiğinde, bu alanların gelişmiş yay ardı havzanın kalıntıları olduğu düşünülmektedir. Kromit bulunma potansiyellerinin bu yönde oldukça zayıf olduğu düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Açıkbaş, D. ve Baştuğ, C.,** 1975. Cacaş-Hani bölgesinin kuzeyindeki alanların petrol imkânları ve jeolojik raporu. TPAO Arşivi (yayınlanmamış), Rapor No: 971.
- Akın, A.K.,** 2018. Türkiye ve Dünya Krom Madenciliğinde Durum Tespiti. Krom Çalıştayı, 9-84, Adana.
- Akmaz, R.M., Uysal, I., Saka, S.,** 2014. Compositional variations of chromite and solid inclusions in ophiolitic chromitites from the southeastern Turkey: implications for chromitite genesis. *Ore Geol. Rev.* 58, 208–224.
- Aktaş, G. and Robertson, A.H.F.,** 1984. The Maden Complex, SE Turkey: Evolution of the Neotethyan Continental Active Margin. In: Dixon, J.E and Robertson, A.H.F.(eds). *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, The Special Publication of Geological Society No; Blackwell Scientific Publication, Edinburg, 375-402.
- Arai, S.,** 1994. Characterisation of spinel peridotites by olivine–spinel compositional relationships: review and interpretation. *Chemical Geology* 113; 191-204.
- Arai, S. and Yurimoto, H.,** 1994. Podiform Chromitites of The Tari–Misaka Ultramafic-Complex, Southwestern Japan, as Mantle–melt interaction products, *Economic Geology*, 89; 1279-1288.
- Arai, S.,** 1997. Control of Wall-rock Composition on the Formation of Podiform Chromitites as a Result of Magma / Peridotite Interaction: *Resource Geology*, 47(4); 177-187.
- Arai, S., Ahmed, A., H., Abdel–Aziz, Y., M., Ikenne, M. ve Rahimi, A.,** 2009. Plâtinum–Group Elements Distribution and Spinel Composition in Podiform Chromitite-sand Associated Rocks from the Upper Mantle Section of the Neoproterozoic Bou Azzer Ophiolite, Anti–Atlas, Morocco, *Journal of African Earth Sciences*, 55, 92–104.
- Arıkal, R.T. ve Taşan, N.,** 1986. Guleman krom yatakları. *Etikrom A.Ş. Yayını*, 86(1); 98.
- Aslantaş, N.,** 2001. Kapin–Şabata (Guleman-Elazığ) Krom cevherleşmesinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 54 (yayınlanmamış), Elazığ.

- Bağcı, U., Parlak, O. and Höck, Volker.,** 2008. Geochemistry and Tectonic Environment of Diverse Magma Generations Forming the Crustal Units of the Kızıldağ (Hatay) Ophiolite, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17; 43-71.
- Balcı, M.,** 1986. Rut-Taşlıtepe (Guleman, Elazığ) Yöresi Krom Yataklarının Maden Jeolojisi Raporu. Maden Tetkik ve Arama, 7909; 281.
- Barnes, S. J., & Roeder, P. L.,** 2001. The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*, 42(12), 2279-2302.
- Başpınar, G.,** 2006. Guleman (Elazığ) Bölgesi Krom Yataklarının Platin Grubu Element İçerikleri ve Jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 128, Elazığ.
- Beyarslan, M.,** 1996. Kömürhanı ophiolit biriminin petrografik ve petrolojik incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 90, Elazığ.
- Beyarslan, M. and Bingöl, A.F.,** 2014. Petrology of the Ispendere, Kömürhanı and Guleman ophiolites (southeast Turkey): subduction initiation rule (SIR) ophiolites and arc related magmatics. 3rd Annual International Conference on Geological and Earth Sciences, Proceedings, 22- 23 September, Singapore.
- Bingöl, A.F.,** 1984. Geology of Elazığ Area in the Eastern Taurus Region. In the Geology of the Taurus Belt. International Symposium Proceedings, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 209-216 s., Ankara.
- Bingöl, A.F.,** 1986. Petrographic and petrologic characteristic of the Guleman Ophiolite (Eastern Taurus-Turkey), *Gesund*, 131(14); 41-57.
- Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Lin, Y. and Lee, H.,** 2018. Geochronological and geochemical constraints on the origin of the Southeast Anatolian ophiolites, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(18); 2-4.
- Bloomer, S.H. and Hawkins J.W.,** 1987. Petrology and geochemistry of boninite series volcanic rocks from the Mariana trench, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 97; 361-377.
- Boray, A.,** 1976. Bitlis Metamorfizmi üzerine. *Yeryuvarı ve İnsan Dergisi*, 1; 74-76.
- Boudier F. and Coleman R.G.,** 1981. Cross section through the peridotite in the Semail ophiolite, Oman. *Journal of Geophysical Research*, 86; 2573-2592.
- Chen, C., Su, B.-X. B.-X., Xiao, Y., Pang, K.-N. K.-N., Robinson, P. T. P. T., Uysal, I., et al.,** 2019. Intermediate chromitite in Kızıldağ ophiolite (SE Turkey) formed during subduction initiation in Neo-Tethys. *Ore Geol. Rev.* 104, 88-100. doi:10.1016/j.oregeorev.2018.10.004
- Coleman, R.G.,** 1977. Ophiolites: ancient oceanic lithosphere? Springer-Verlag, 229 p., New York.

- Çakır, Ü.**, 1994. Batı Kef krom yatağının (Guleman-Elazığ) jeolojik özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37(2); 15-29.
- Çelik, Ö.F., Delaloye, M.F.**, 2003. Origin of metamorphic soles and their post-kinematic mafic dykes in the Antalya and Lycian ophiolites, SW Turkey. Geological Journal, 38, 235–256.
- Çelik, O.F., Delaloye, M. & Feraud, G.**, 2006. Precise ^{40}Ar – ^{39}Ar ages from the metamorphic sole rocks of the Tauride Belt Ophiolites, southern Turkey: implications for their rapid cooling history. Geological Magazine 143, 213–27.
- Dare A.S., Pearce, Julian A., Lain, McDonald, Stiller, Michael T.**, 2009. Tectonic discrimination of peridotites using FO_2 – $\text{Cr}\#$ and Ga – Ti – Fe^{+3} systematics in chrome-spinel. UK. Vol.261, Is. 3-4, P.199-216
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT).**, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik İhtisas Komisyonu Raporları (Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Çalışma Grubu Raporu). 2626; 637, Ankara, 2001.
- Dick, H.J.B., 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.
- Dickey, J.S.**, 1975. A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. Geochimica et Cosmochimica Acta. 39; 1061-1074.
- Dilek, Y. & Thy, P.**, 2009. Island arc tholeiite to boninitic melt evolution of the Cretaceous Kizildag (Turkey) ophiolite: model for multi-stage early arc-forearc magmatism in Tethyan subduction factories. Lithos 113, 68-87.
- Duke, J.M.**, 1983. Ore Deposit Models 7. Magmatic Segregation Deposits of Chromite, Geoscience Canada, 1;15-24.
- Dursun, A.**, 2010. Batı ve Doğu Kef (Guleman - Elazığ) Krom Yataklarının Minerolojisi ve Jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 63, Elazığ.
- Engin, T., Balcı, M., Sümer, Y. ve Özkan, Y.Z.**, 1982. Guleman (Elazığ) Krom Yatakları ve Peridotit Biriminin Genel Jeoloji Konumu ve Yapısal Özellikleri: MTA Dergisi, 95; 77-100.
- Engin, T. ve Sümer, Y.**, 1987. Kefdağ – Kapın Yöresinin Jeolojisi Batı Kef – Doğu Kef Krom Yataklarının Maden Jeolojisi Raporu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 2080; 20-49.
- Ercan, T., Pehlivanoğlu, H. ve Soykal, T.**, 1970. Elazığ-Diyarbakır (Maden-Ergani-Guleman) bölgesi jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü raporu, 5038 (yayınlanmamış).

- Erdoğan, B.**, 1982. Ergani-Maden Yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının Jeolojisi ve Volkanik Kayaları. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 25; 49-60.
- Genç, S.**, 1981. Bitlis Masifi güneyindeki metamorfitle depolifaz metamorfizma (Lice-Kulp yöresi, Diyarbakır). KTÜ Yer Bilim. Derg., Jeoloji, 1, 29-37.
- Genç, S.**, 1984. Bitlis Masifi güneyindeki polifaz metamorfizma (Lice-Kulp, Diyarbakır). Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 8; 33-52.
- Genç, S., Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E.**, 1993. Güneydoğu Anadolu'nun ofiyolitik ve metamorfik toplulukları ve bunların orojenik kuşağın jeolojik evrimindeki önemi, Tektonik, 12 (5), 1280 – 1297
- Göncüoğlu, M.C. and Turhan, N.**, 1984. International Symposium on Geology of the Taurus Belt Proceedings. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 237-244, .Ankara.
- Helke, A.**, 1938. Elazığ Vilayetindeki Krom Cevheri Yatakları. MTA Enstitüsü Dergisi, 12; 20-27.
- Hempton, M.R.**, 1984. Result of Detailed Mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains). Geology of the Taurus Belt, Proceedings International Symposium, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 223-228, Ankara.
- İmamoğlu, Ş.M., Kavak, O. ve Kaya, M.**, 2014. Diyarbakır İli Ergani İlçesi ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri. Haspolat, Y.K. (edi.), Ergani Kaymakamlığı-Dicle Üniversitesi Tüm Yönleriyle Ergani İlçesi ve Turizm yayını, 258-330, İstanbul.
- Juteau, T.**, 1975. Les ophiolites des nappes d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie). Sci de la Terre, Mem. 32; 692.
- Juteau, T.**, 1980. Ophiolites of Turkey. Ophioliti, 2; 199-205.
- Kamenetsky, V.S., Crawford, A. J. and 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(4); 655-671.
- Karaoğlu, F., Parlak, O., Klötzli, U., Thöni, M., Koller, F.**, 2013a. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Kızıldag (Hatay, Turkey) ophiolite: implications for the timing and duration of suprasubduction zone type oceanic crust formation in southern Neotethys. Geological Magazine, 283–299.
- Karaoğlu, F., Parlak, O., Hejl, E., Neubauer, F., Klotzli, U.**, 2016. The temporal evolution of the active margin along the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SE Turkey): Evidence from U-Pb, Ar-Ar and fission track chronology. Gondwana Research, 33, 190-208.

- Kerey, İ.E. ve Türkmen, İ.,** 1991. Palu formasyonunun (Pliyosen-Kuvaterner) sedimantolojik özellik., Elazığ Doğusu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 34; 21-26.
- Kılıç, A.D.,** 2005. Hazar Gölü (Sivrice-Elazığ) güneyinin petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora tezi (yayımlanmamış). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 102, Elazığ.
- Khan, M., Kerr, A.C., and Mahmood, K.,** 2007, Formation and tectonic evolution of the Cretaceous–Jurassic Muslim Bagh ophiolitic complex, Pakistan: Implications for the composite tectonic setting of ophiolites. *Journal of Asian Earth Sciences*, 31, 112–127.
- Lago, B.L., Robinowics, M. and Nicolas, A.,** 1982. Podiform Chromite Ore Bodies: A Genetic Model. *Journal of Petrology*, 23; 103–125.
- Laan, Van Der S.R., Arculus, R.J., Pearce, J.A. and Murton, J.B.,** 1992. Petrography, Mineral Chemistry, And Phase Relations Of The Basement Boninite Series Of Site 786, Izu-Bonin Forearc. In *Proceedings Of The ODP, Sci. Results*, Vol. 125. (P. Fryer, J.A. Pearce, L.B. Stokking, Eds.), College Station, Texas, 171–202.
- Lenaz D., Kamenetsky V., Crawford A.J. and Princivalle F.,** 2000. Melt inclusion in detrital spinel from the SE Alps (Italy–Slovenia): a new approach to provenance studies of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 139, 748–758.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA),** Kromit. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/krom>, son erişim: 10.05.2023
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA),** Yerbilimleri haritaları. <http://www.yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, son erişim 10.05.2023
- Maurel, C., and Maurel, P.,** 1982. Etude expérimentale de la distribution de l'aluminium entre bauxite silicatée basique et spinelle chromifère. Implications pétrogénétiques: Teneur en chrome des spinelles. *bulmi.* 105, 197–202. doi:10.3406/bulmi.1982.7605.
- Neary, C.R. and Brown, M.A.,** 1979. Chromites from the Al Ays complex, Saudi Arabia, and the Semail complex, Oman. In *Al Shanti Evolution and mineralisation of the Arabian shield*. IAS Bulletin, 2; 193–205.
- Nicolas, A.,** 1989. Structures of Ophiolites and Dynamics of Oceanic Lithosphere. Kluwer Academic Publishers, Petrology and structural geology series 4, 370p., Dordrecht.
- Nicolas, A., Boudier, F. ve Meshi, A.,** 1999. Slow spreading accretion and mantle denudation in the Mirdita ophiolite (Albania). *Journal of Geophysical Research* 104, 15155–15167.
- Nurlu, N., Parlak, O., Robertson, A.H.F., Quadt, A.V.,** 2016. Implications of Late Cretaceous U-Pb zircon ages of granitic intrusions cutting ophiolitic and volcanogenic rocks-

for the assembly of the Tauride allochthon in SE Anatolia (Hele-tearea, Kahramanmaraş Region, SE Turkey). International. Journal Earth Sciences (Geol. Rundsch), 105:283-314.

Odabaşı, İ., Dönmez C., Çiftçi Y. ve Çolakoğlu, A.O., 2011. Türkiye Krom Envanteri. Maden Tetkik ve Arama Envanter serisi, 202; 1046 s., Ankara.

Önalın, M., 1988. Kahramanmaraş Tersiyer Kenar Havzasının Jeolojik Evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 31; 1-9.

Özek, G., Akgül, M., Nurlu, N. ve Yapıcı, N., 2016. Elazığ Bölgesi Kromitit ve Yan Kayaçlarına ait PGE İçerikleri ve Jeokimyasal Yorumu. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1); 381-393.

Özkan, Y.Z., 1982. Guleman (Elazığ) ofiyolitinin jeolojisi ve petrolojisi. Yerbilimleri Dergisi, 3(6); 33-39.

Özkan, Y.Z., 1983. Guleman (Elazığ) ofiyolitinin yapısal incelenmesi, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 37; 78-85.

Özkan, Y.Z. and Öztunalı, Ö., 1984. Petrology of the Magmatic Rocks of Guleman Ophiolite in the Geology of the Taurus Belt. International Symposium Proceedings, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 285-293, Ankara, Turkey.

Özkaya, İ., 1974. Güneydoğu Anadolu Sason ve Baykan Yöresi Stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 17; 51-71.

Özkaya, İ., 1978. Ergani-Maden Yöresi Stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 21; 129-139.

Page, P., and Barnes, S.-J., 2009. Using trace elements in chromites to constrain the origin of podiform chromites in the Thetford Mines Ophiolite, Québec, Canada. Econ. Geol. 104, 997–1018. doi:10.2113/gsecongeo.104.7.997.

Parlak, O., Rizaoglu, T., Bagci, U., KARAOĞLAN, F., & HOECK, V., 2009. Tectonic significance of the geochemistry and petrology of ophiolites in southeast Anatolia, Turkey. Tectonophysics, vol.473, 173-187.

Pearce, J.A., Lippard, S.J. and Roberts, S., 1984. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites. Geological Society, Special Publications, 16; 77-89.

Pearce, J.A., Barker, P.F., Edwards, S.J., Parkinson, I.J., 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.

Perinçek, D., 1978. Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman ili) alanının jeolojisi ve petrol olanaklarının araştırılması. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü, 212. İstanbul.

- Perinçek, D.**, 1979. The geology of Hazro-Korudag-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya region. Guide Book, Türkiye Jeoloji Kurultayı yayını 33 s., Ankara.
- Perinçek, D.**, 1980. Bitlis metamorfizitlerinde volkanitli Triyas. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 23; 201-211.
- Perinçek, D. ve Özkaya, G.**, 1981. Arabistan Levhası Kuzey Kenarının Tektonik Evrimi. Yerbilimleri, 8; 91-101.
- Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V., and İşler, F.**, 2006. Nature and significance of Late Cretaceous ophiolitic rocks and its relation to the Baskil granitoid in Elazığ region, SE Turkey. Special Publications, vol. 260. Geological Society, London, pp. 327–350.
- Rigo de Righi, M. and Cortesini, A.**, 1964. Gravity Tectonics in foothills structure belt of Southeast Turkey. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 48(12); 1911-1937.
- Rizeli, M.E.**, 2014. Guleman Ofiyoliti Manto Peridotitlerinin Kökeni. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Rizeli, M.E., Beyarslan M., Wang, K. and Bingöl, A.F.**, 2016. Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): Evidence of a forearc setting. Journal of African Earth Sciences, 123; 392-402.
- Rollinson, H.**, 2008. The geochemistry of mantle chromitites from the northern part of the Oman ophiolite: Inferred parental melt compositions. Contrib. Mineral. Petrol. 156, 273–288. doi:10.1007/s00410-008-0284-2.
- Streckeisen, A.**, 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Science Reviews. International Magazine for Geo-Scientists. Amsterdam. Vol.12, p.1–33.
- Sümer, Y.**, 1989. Kömürhan-Guleman (Elazığ) Sahası Jeoloji Haritası (1/100.000 ölçekli). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporları (Yayınlanmamış), Ankara.
- Taşlıgil, N. and Şahin, G.**, 2015. Chrome in Türkiye in Terms of Economic Geography. Eurasian Academy of Sciences Social Sciences Journal. 4; 8-108.
- Thayer, T.P.**, 1964. Principal features and origin of podiform chromite deposits and some observations, on the Guleman-Soridağ district, Turkey. Economic Geology, 59; 1497-1524.
- Tokat, G.**, 2021. Guleman Ofiyoliti (Elazığ) Kromit Cevherleşmelerinin Petrolojik Özellikleri Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tolun, N.**, 1953. Contribution à l'étude géologique des environs du S et SE du lac de Van. Maden Tetkik ve Arama Bülteni 44/45, 77-112.

- Tuna, E. ve Dülger, S.,** 1979. Elazığ-Palu-Pertek Bölgesinin Jeolojisi. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arşivi (yayınlanmamış), Rapor No: 1363.
- Ural, M., Arslan, M., Göncüoğlu, M.C., Tekin, K.U. ve Kürüm, S.,** 2015. Güney Neotetis'te Geç Kretase yayı ve yay gerisi oluşumu: Yüksekova Kompleksi'nin (Malatya-Elazığ, Güneydoğu Türkiye) bazaltik kayalarından tüm kayaç, eser element ve Sr-Nd-Pb izotopik verileri. *Ofiolit*, 40 (1).
- Ural M., Sayit K., Koralay O.E. and Göncüoğlu M.C.,** 2021. Geochemistry and Zircon U-Pb dates of Felsic-Intermediate Members of the Late Cretaceous Yüksekova Arc-Basin: Constraints on the evolution of the Bitlis-Zagros Branch of Neotethys (Elazığ, E Turkey). *Acta Geol. Sinica - English Ed.*, 95 (4): 1199-1216.
- URL-1,** 2023. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Petrografi>., Mayıs 2023
- URL-2,** 2023. <https://tr.unionpedia.org/i/Pedosfer>., Haziran 2023
- USGS (The United States Geological Survey),** 2020. Mineral commodity summaries 2020: U.S. Geological Survey, 200 p.
- Wilson, M.,** 1989. Igneous Petrogenesis, in a Global Tectonic Approach, Ed. Chapman and Hall, London, 466p.
- Yazgan, E.,** 1981. Doğu Toroslar'da etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), *H.C. Yerbilimleri*, 7, 83-104.
- Yılmaz, Y.,** 1993. New Evidence and Model on the Evolution of the Southeast Anatolian Orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105(2); 251-271.
- Yılmaz, E. ve Duran, O.,** 1997. "Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton Ve Allohton Birimler Stratigrafi Adlana Sözlüğü (Lexicon)" TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları No: 31, 460 s., Ankara.
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y.,** 1993. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Maden grubunun tektonik konumu ve jeolojik önemi, A. Suat Erk sempozyumu. 2-5 Eylül 1991. 251-264; Ankara.
- Yiğitbaş, E. ve Yılmaz, Y.,** 1996. New Evidence and Solution to the Maden Complex Controversy of the Southern Anatolia orogenic Belt (Turkey). *Geol Rundsch*, 85; 250-263.
- Zhou, M.F. and Robinson, P.T.,** 1997. Origin and Tectonic Environment of Podiform Chromite Deposits. *Economic Geology*, 92; 259-262.
- Zhou, M. F., Robinson, P. T., Su, B. X., Gao, J. F., Li, J. W., Yang, J. S., et al.,** 2014. Compositions of chromite, associated minerals, and parental magmas of podiform chromite deposits: The role of slab contamination of asthenospheric melts in

suprasubductionzoneenvironments. *GondwanaRes.* 26, 262–283. doi:10.1016/j.gr.2013.12.11.

