

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUDAĞIN GÜNEYİNDE GELİŞMİŞ
GRANİTOYİDİK İNTRÜZYONLARLA İLİŞKİLİ CEVHERLEŞMELERİN
JEODİNAMİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin KOCATÜRK

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUDAĞIN GÜNEYİNDE GELİŞMİŞ
GRANİTOYİDİK İNTRÜZYONLARLA İLİŞKİLİ CEVHERLEŞMELERİN
JEODİNAMİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüseyin KOCATÜRK
(505141333)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa KUMRAL

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505141333 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hüseyin KOCATÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**Uludağın Güneyinde Gelişmiş Granitoyidik İntrüzyonlarla İlişkili Cevherleşmelerin Değerlendirilmesi**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Mustafa KUMRAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Murat BUDAKOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Teslim Tarihi : **24 Kasım 2016**
Savunma Tarihi : **21 Aralık 2016**

Annem(Şahinde), Babam(Metin), Kardeşlerim (Betül&Beyza)

ve danışmanıma (Doç.Dr. Mustafa KUMRAL)

ÖNSÖZ

Edindiğim bilgiyi işlemesini öğreten ve her platformda bana tam destek veren, bilimde doğru kültürleri sadece farklı kaynaklardan okuyarak değil yaşayarak ve özümseyerek benimseyen ve benimseten danışmanım, hocam, Doç.Dr. Mustafa Kumral'a gönülden teşekkür ediyorum.

Meslek hayatımın ilk yıllarında Maden Yatakları-Jeokimya Ana Bilim Dalına yönelmeme sebep olan ve yaptığım bir çok araştırmada sağladığı imkanlarla kariyerimde büyük katkısı olan eski Hocam Yrd.Doç.Dr. Hüseyin Sendir'e teşekkür ediyorum.

Çalışmamın ürünlerini tartışarak hem bu çalışmamda hem de diğer çalışmalarında mesleki gelişimime büyük katkılar sağlayan Prof.Dr. Murat Budakoğlu ve Ar. Gör. Ali Tuğcan Ünlüer'e ve yapmak istediğim çalışmalara olanak sağlayan Bölüm Başkanımız Prof.Dr. M.Sezai Kırkoğlu'na da desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Petrografik Analizler ve Cevher Mikroskobisi ile ilgili çalışmalarında çalışmama önemli katkılar sağlayan Dr. Orhan Yavuz'a Doç.Dr. Emin Çiftçi'ye teşekkür ediyorum. Bölgesel Jeolojiye yönelik çalışmalarında verdiği destekten dolayı Yrd.Doç.Dr. M.Selman Aydoğan'a teşekkür ediyorum.

Yeni bölümümdeki ilk yıllarımda ne zaman sıkışsam yardımına koşan Sercan Öztürk'e ve bu çalışmamda yorulduğum yerde yardımını esirgemeyen ve sürekli beni motive ederek işime sarılmama vesile olan dostum Mohammad Kabiru'ya bütün içtenliğimle teşekkür ediyorum.

Veri tabanım üzerinden yürüttüğüm çalışmalarım sırasında bilgi işleme ve değerlendirme süreçlerindeki yardımlarından dolayı eski dostum Ömer Ünsal'a ve mesai arkadaşım Ömer Taş'a teşekkür ediyorum. Laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen JAL ekibinin değerli üyeleri Mustafa Kaya ve Beril Tanç'a da teşekkür ediyorum.

Ayrıca arazi çalışmalarım sırasında bana hep sıcak kanlı yaklaşan ve ikramlarını esirgemeyen Göynükbelen ve Keles'in güzel insanlarına teşekkürü ve şükranlarımı sunarım. İnşallah yaptığım bu ve benzeri çalışmalar o yörelerin güzel insanların yarınlarını güzelleştirecek yeni çalışmalara kaynak olur.

Aralık 2016

Hüseyin KOCATÜRK
(Araştırma Görevlisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışma Alanı	1
1.2.1 İklim ve bitki örtüsü	3
1.3 Literatür Çalışması	3
2. JEOLojİK İNCELEME.....	7
2.1 Bölgesel Jeoloji	7
2.2 İnceleme Alanının Stratigrafisi	11
2.2.1 Kocasu Formasyonu.....	11
2.2.2 İnönü Mermeri	11
2.2.3 Ofiyolitik Melanj.....	12
2.2.4 Eosen Granitoidi	15
2.2.5 Kuvaterner.....	18
3. MATERYAL VE METOD.....	19
4. MİNERALojİ VE PETROGRAFI	23
5. JEOKİMYASAL SONUÇLAR	33
6. EKONOMİK JEOLojİ	55
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	65

KISALTMALAR

hbl	: Hornblend
plg	: Plajiyoklas
afd	: Alkali Feldspat
cr	: Krom
hm	: Hematit
mg	: Manyetit
hmt	: Hematitleşme
srp	: Serpantin
kal	: Kalsit Dolgusu
slfn	: Silisleşme
ol	: Olivin
hmz	: Hidromanyezit Dolgusu
df	: Demir Fissürü
il	: İlmenit
sf	: Sfen $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)$ (O,OH,F)
nte	: Nadir Toprak Elementleri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.	33
Çizelge 5.2 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.	34
Çizelge 5.3 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.	34
Çizelge 5.4 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.	34
Çizelge 5.5 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.	39
Çizelge 5.6 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.	40
Çizelge 5.7 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.	41
Çizelge 5.8 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.	42
Çizelge 6.1 : Örneklerin Nikel Değerleri.....	56
Çizelge 6.2 : Örneklere Ait Titanyum Oksit Değerleri.....	57
Çizelge 6.3 : Örneklere Ait Altın Gümüş Paladyum ve Platin Değerleri (ppm).	58
Çizelge 6.4 : Örneklere Ait Nadir Toprak Element Değerleri.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası.....	2
Şekil 2.1 : Çalışma Alanın Genel Jeoloji Haritası (1/25000’lik MTA Haritalarından Düzeltilerek Hazırlanmıştır).....	8
Şekil 2.2 : Çalışma Alanının Kolon Kesiti ve Uludağın Merkezinden İtibaren Kuzey Doğu Güney Batı Hattındaki Enine Kesiti.....	9
Şekil 2.3 : Plaka Tektoniğine İşaret Edebilecek Morfolojik Verilerin Arazi Üzerinde Değerlendirilmesi.	10
Şekil 2.4 : İnönü Mermeri’nin Mostra Görüntüsü.	11
Şekil 2.5 : Ofiyolitik Seriler için Geneleştirilmiş Kolon Kesit (Boudier and Nicholas 1985).....	12
Şekil 2.6: Bitki Örtüsü Arasında Yastık Lavların Yüzeylendiği Lokasyon.	13
Şekil 2.7 : Dayk Kompleksini Andıran Kelebek Yapısı.....	13
Şekil 2.8 : Gabroik Katman İçerisindeki Plajogranit Benzeri Granit.	14
Şekil 2.9 : Arazide Gözlenen Tipik Eosen Granitoyidi.	15
Şekil 2.10 : Eosen Granodioritindeki Anklavlara Ait Bir Görünüm.	15
Şekil 2.11 : Granitoyitde Gözlenen Kırık Çatlak Sistemleri.	16
Şekil 2.12 : Granitoyidin İçindeki Dioritik Kısımlarda Gözlenen Ankeritleşme.	16
Şekil 2.13 : Yol Kenarında Gözlenen Alterasyon Zonları.....	17
Şekil 2.14 : Soldaki Steven vd. (1960) Alterasyon Zonları Sağdaki Stoffregen (1987)’den İntrüzyonun Kenar Zonlarındaki Killeşme.....	17
Şekil 2.15 : Keles-Delice Yolunda Gözlenen Neojen Linyit İstifi.	18
Şekil 3.1 : Google Earth’e Giydirilmiş Arazi Verileri.....	19
Şekil 3.2 : Arazideki Örnekleme Lokasyonlarının Yakınlaştırılmış Görüntüsü.....	20
Şekil 3.3 : Alınan Kayaçların Laboratuvarda Makroskobik Tanımlaması.	20
Şekil 3.4: Alınan Kayaç Örneklerinin Simge ve Renkleri İçin Yapılan Lejand.....	21
Şekil 4.1 : HK-1 Örneğinin Solda Çift Nikol Sağda Tek Nikol İnce Kesit Görüntüsü ve Tespit Edilen Mineraller.....	23
Şekil 4.2 : HK-1 İsimli Grantiyode Ait El Örneği.....	23
Şekil 4.3 : Granodiyoritteki Mafik Mineraller ve Anklav.	24
Şekil 4.4 : Granodiyoritten Kolayca Ayrıştığı Gözlenen İri Hornblend Minerali. ..	24
Şekil 4.5 : Aplit Dayklarından Alınan El Örneği.	25
Şekil 4.6 : Biyotit Dilinimleri Arasında Gelişmiş Hematitler (Solda) Aksesuar Olarak Gözlenen Zirkon Minerali (Sağda).	25
Şekil 4.7 : Biyotitlerdeki Kloritleşmenin Çift ve Tek Nikol Kesit Görüntüsü.	25
Şekil 4.8 : Hematitin İçinde Gelişmiş Pirit Dolgusu.	26
Şekil 4.9 : HK-1/5/9/10 İsimli Granodiyoritlere Ait El Örnekleri.	26
Şekil 4.10 : R-1/8-A/9/10 İsimli Granodiyoritlere Ait El Örnekleri.	27
Şekil 4.11 : HK 3 ve 4 Numaralı Arenalaşmış El Örnekleri.	27
Şekil 4.12 : R3/4/18/19 Numaralı Arenalaşmış Örneklerin Görüntüsü.....	28

Şekil 4.13 : M Tip Bir Granit Olması İçin Önemli Bir Koşul olan Plajiyogranit Benzeri Kayacın İçinde Geliştiği Gabro İle Geçişİ.	28
Şekil 4.14 : Plajiyogranit Olduğu Düşünülen Örneğe Ait Kesit Görünütüsü.	29
Şekil 4.15 : Gabroyla Tektonik Dokanaksız Granit.	29
Şekil 4.16 : Hematitden Manyetite Serpantinitleşme ve Faz Geçişleri.	30
Şekil 4.17 : Elek Dokusu İçerisinde Gözlenen Kromit Mineralleri.	30
Şekil 4.18 : HK-7 İsimli Örnekdeki Silişleşme ve Hematitleşmeler.	30
Şekil 4.19 : Biribirini Kesen Demir Fissürleri.	31
Şekil 4.20 : HK-7 İsimli Örnekdeki Silişleşme ve Hematitleşmeler.	31
Şekil 4.21 : Solda Elek Dokusu Sağda Tespit Edilen Sfen Mineralleri.	32
Şekil 4.22 : Sfende Gözlenen Röliyef ve Olivinin Boşluklarında İlmenit Minerali.	32
Şekil 4.23 : Solda Pirit Kristalinin Boşluğunda Sağda Silisleşmeyle Beraber Gelişmiş Hematit Mineralleri.	32
Şekil 5.1 : Colls-Bell-Plank 1979'a Göre Kayaçların Sınıflandırılması.	35
Şekil 5.2 : Pearce ve Diğerlerine Göre Granitoidlerin Kökensel Sınıflandırılması (1984).	36
Şekil 5.3 : Miyashiro 1974'e Göre Grandioritlerin Toplam İçerikleri ve Silikat Miktarlarına Göre Kalkali ve Toleitik Olarak Sınıflandırılması.	36
Şekil 5.4 : Haskin ve Frey (1966)'ya Göre Ofiyolitle Dokanak Yapan Şistlere Göre Normalleştirilmiş REE Spider Diyagramı.	37
Şekil 5.5 : Peccerillo ve Taylor (1966)'ya Kayaçların Potasyum Oksit ve Silikat Değerlerine Göre Sınıflandırılması.	38
Şekil 5.6 : HK-1 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	43
Şekil 5.7 : HK-4 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	44
Şekil 5.8 : HK-7 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	45
Şekil 5.9 : HK-14 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	46
Şekil 5.10 : HK-16 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	47
Şekil 5.11 : R-3 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	48
Şekil 5.12 : R-5 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	49
Şekil 5.13 : R-7 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	50
Şekil 5.14 : R-14 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	51
Şekil 5.15 : R-15 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.	52
Şekil 6.1 : Örneklere Ait Değerlerinin Karşılaştırması.	56
Şekil 6.2 : Örneklere Ait TiO ₂ Değerlerinin Yer Aldığı Grafik.	57
Şekil 6.3 : Örneklere Ait Altın Gümüş Paladyum ve Platin Değerleri (ppm).	58
Şekil 6.4 : Bradley ve Diğerleri (2014) Stratejik Öneme Sahip NTE.	59
Şekil 6.5 : Örneklerin Ayrı Ayrı ve Toplam NTE Değerleri.	60
Şekil 7.1 : Çalışma Sahasındaki İntrüzyonların Gelişiminin İzlendiği Morfoloji.	62
Şekil 7.2 : Örneklemelerin Yapıldığı Yerler ve Fay Hatları.	63

ULUDAĞIN GÜNEYİNDEKİ GRANİTOYİDİK İNTRÜZYONLARLA İLİŞKİLİ CEVHERLEŞMELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Plaka tektoniği yer bilimleri açısından yer yüzü ve yer altı en büyük jeodinamik sonuçları olan ve en iyi bilinen teorilerden biridir. Tektonik yerleşim, kayaç yapıcı mineraller, stratigrafik form, maden oluşum süreçleri, kristal yapıları ve kayaç dokuları bile aslında plaka tektoniği ile ilişkilidir. Çalışma sahasında cevher oluşumuna olanak sağlama potansiyeli nedeniyle plaka tektoniğine dayalı olarak seçilmiştir.

Uludağ iki kıta arasında plaka hareketlerine dayalı ağırlıklı olarak orojenik bir oluşumun sonucunda gelişmiştir. Uludağ'ın güneyinde uzun bir hat boyunca dalma-batma zonu yer almaktadır. Bölgede bu zona bağlı olarak ultra bazikten asidiğe yakın derecesine kadar değişen kompozisyonlarda farklı kayaç birimleri yer almaktadır.

Literatür çalışmalarına göre Uludağ'ın güneyinde kalan bu bölge Türkiye'nin en çok araştırılan bölgelerinden biridir. Bölgedeki litolojik birimler metamorfikler, ofiyolitler, ve genellikle I tipi granitoyidlerden oluşan magmatik intrüzyonlar olarak üç ana başlık altında incelenebilir.

Araştırma sahası yaklaşık 400 kilometrekarelik bir alını kapsamaktadır. Öncelikli olarak sahada yapısal unsurlar tanımlanmıştır. Bu tanımlama sırasında intrüzyonlarla ilişkili kayaçlar yoğun bir hidrotermal aktivite ile şekillenmiş ve altere olmuşlardır. Bu çalışma büyük ve küçük parçaların birbiri arasında ilişkisinin anlaşılabilmesi amacıyla plaka tektoniği, akışkan patikaları ve litolojik birimleri konu almaktadır.

Her bir cevherleşme süreci yapısal unsurlar ve ekonomik oluşumlar arasında belirgin bir sonucu bize sunmaktadır. İlişkilendirilmiş verileri baz alarak konuyu incelediğimizde mineral gelişim süreçleri ile plakanın nasıl daldığı, yay volkanizması, orojenik oluşumla ilişkili yer altı eriyik sistemlerinin çalışması ve plaka tektoniğine bağlı jeokimyasal etkiler arasında anlamlı sonuçlar çıkmaktadır.

Jeokimyasal analizler nikel, titanyum, nadir toprak elementleri, altın ve gümüş zenginleşmelerine dair önemli anomaliler sunmaktadır. Titanyum değeri tonda yüzde 1,5 toplam nadir toprak elementi değeri zenginleşen örnekler için tonda 200 ile 500 gram arasında, nikel değeri yüzde 0,5 gibi değerleri bulurken en umut verici sonuç altının tonda 2 gramı ve gümüşün ise tonda 4 gramı bulmasıdır. Ayrıca bu sonuçları veren örnekler belirli yapılarla ilişkili olarak belirli örneklerde yakın sonuçlar vermektedir.

Titanyum zenginleşmeleri için yapılan incelemelerde titanyum mineralleri ilmenit, rutil ve sfen olarak tespit edilmiştir. Ne yazık ki ilmenit demir miktarına bağlı olarak zenginleşme süreçleri sırasında manyetik seperatörde doğurduğu ayrıştırma sorunu nedeniyle istenmeyen bir mineraldir. Sfen ise aksesuar mineral olarak tanımlanmıştır.

Nadir toprak elementlerinin zenginleşmesinin ise ofiyolit şist dokanağında gelişen metamorfizmaya bağlı olarak geliştiği tespit edilmiştir. Zenginleşmenin ilksel kaynağının ofiyolitik kayalar olduğu düşünülmektedir.

Deformasyon yapılarındaki düşük sülfürlü kuvars damarları ve bazı büyük kuvars filonları dışında alterasyon zonlarında yapılan örneklemeler ise altın ve gümüş zenginleşmelerinin bu yapılarla ilişkili olduğunu açıklar şekilde ortama bağlı olarak belirgin artış sergilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Altın, Gümüş, Nadir Toprak Elementleri, Titanyum, Granitoid Dalma-Batma Zonu, Ofiyolitik Kayaç, Hidrotermal Alterasyon

INTERPRETATION OF GRANTIODIC INTRUSIONS RELATED MINERALIZATIONS OVER SOUTHERN ULUDAG

SUMMARY

Plate tectonics is one of the most illustrated theory and biggest geo-dynamic incident on earth surface and sub-surface for the earth science. Tectonic settlement, rock forming minerals, form of stratigraphy, ore genesis processes, crystal structures and even rock textures are all related with plate tectonic. Field has been selected because of important relation between plate tectonic and ore genesis processes.

Uludag is a mountain which is dominantly occurred with main orogenetic plate movements progressed between two crust. There is a long subduction line at the south of Uludag. Because of these we observe many different type of rocks in the range of ultra-basics to nearly acidics. According to the literature review one of the most investigated region of Turkey is Southern part of Uludag.

On the region it has been defined there is three main lithological unions. These unions can be classified as metamorphics, ophiolites and magmatic intrusions which are generally I-type granodiorites.

Exploration study includes nearly 400 km square area. First of all characterized structures on the field determined. We observed that intrusion related rocks has formed and altered by high grade hydrothermal activity. This study approaches to understand bigger to smaller frameworks of these processes which between plate tectonics, fluid pathways and lithological unions.

On the region many place is far away from general structure of ophiolites but locally it is possible to observe characterized lithological unions and structures. One of these is sheeted dykes which has formed as butterfly structure. It is possible to observe pillow lavas. Additionally pillow lavas not clearly intelligible because of the forest and plant cover. Between the sheeted dykes and pillow lavas it is distinct to say gabbroic layer exists. Gabbroic layer does not exist with the specific structures like gabbro but it exists with border of basic chemical compositions.

Age data and determined structure present us schist is metamorphised with the oceanic crust movements. Oceanic crust movement not for all of the metamorphism process but syngenetically for a period it affected metagranitoid with the schist.

All the plate movements constituted important faults on the region. Faults and deformation structures seem most important impact factor on alteration and hydrothermal fluid movements. These hydrothermal fluids work pathways which mainly generated on the border of important faults.

Each ore genesis story is present us compact conclusion report about structural associations for the economic generations. With the combined informations in one scene we can make sense of mineralization processes about region which occurs in

different stages such as subducting slabs, arc volcanism, subsurface flux estimates related orogenic processes, and other geochemical effects of plate movements.

Sampling points and items selected according to each different lithology. Inside of the lithology special structures chosen such as quartz fillons, calcite veins, altered zones, etc.. We got results for Nickel enrichment at the first interactions between ophiolitic rocks and granitic intrusions. It is continued with rare earth elements enrichment on the border of schists and ultra basics rocks such as peridotites on the region.

Titanium, gold, silver, platinum and palladium enrichments was most related with granitoidic structures. These were not like normally granitoidic structure it was mostly like secondary genesis environment. Researched parameters like mafic minerals and enclave ratios on different deformation structures, cross sections of structures and relative existing sequence are all changes with different time periods like geochemical environment and each vein.

Geochemistry analyses about the nickel, titanium, platinum, palladium, yttrium, lanthanum, cerium, neodymium, silver and gold demonstrates us important anomalies. Titanium amount is nearly 15000 ppm, Total Rare Element amount is maximum 500 minimum 200 ppm for the enriched samples, 5000 ppm Nickel is a anomaly but not promising result for us, maximum 2 ppm Gold and 4 ppm silver is major encouraging results so much the more with the half ppm platinum plus palladium amounts because these for element enrichments related with the samples from determined one structure. All these results indicate us field has to be investigated in details by researchers.

Determined minerals for titanium enrichments are ilmenite, rutile and sphene. For the economic deposits rutile is the best. Ilmenite is one of the undesirable mineral because of iron content and magnetic separator utilization on enrichment process. Sphene is a accessory mineral which is not used in ore obtain processes.

Rare elements enrichment is most relevant with schists. Literature investigations shows it is controlled by structural factors. Source of elements are mainly ophiolites which contains basic and ultra basic rocks. It enriches at the border of ophiolite and schist while plate movements continue.

Gold and silver is related with low-sulphidation quartz veins and lodes. Alteration zones are typically observed in the study field. All the ore types are relevant with intrusions but this type of enrichments are predominant ones. With the altered intrusive rocks there has been many ore occurrences formed. Some of these occurrences observed in main body of granitoids but some of them observed along deformation structures.

Deformation structures and fluid pathways which related with plate tectonics progressed on our forearc system and each steps of dynamic movements of subducting mechanism has been seemed affect both hydrothermal stages and mineral variations together.

Types of each deformation structure and mineral assemblages has characterized for flux estimations and it can be useful for subsurface mapping. Geoanalytical results showed us clear characteristic stories for mutual processes. Determined compression and release directions on our map explains not only hydrothermal stages but also how succession of intrusions changes.

It is possible to say region is one of the most important area for the geological studies. There are several important discoveries on the field. These discoveries should be developed with the questions and new research queries.

Existence of plagiogranite is one of these. Another one aplite and pegmatite dykes structure. One another is petrographic determination of different type granitoids. Two gram in a ton is a very important gold discovery but with the several sample results it is not enough.

Fluid inclusion investigations can be useful to understand crystallization temperature. Sr 87/86 isotope analyses feasible to determine type of granitoids also chlorite carbonate index will support alteration determinations.

Consequently the study field consist of many ore genesis environment. It is easy to understand genetic process of lithology, deformation structures and alterations but it requires long time to study. This long time all related with different captions like understanding gold reserve, granitoid types, possibility to enrich titanium or rare earth elements. Except unsolved questions field has high potential for gold and silver mining operations and encouraging to exploration rare earth elements, nickel and titanium.

Keywords : Gold, Silver, Rare Earth Elements, Titanium, Nickel, Granitoid, Subduction Zone, Ophiolitic Rocks, Hydrothermal Alteration

1. GİRİŞ

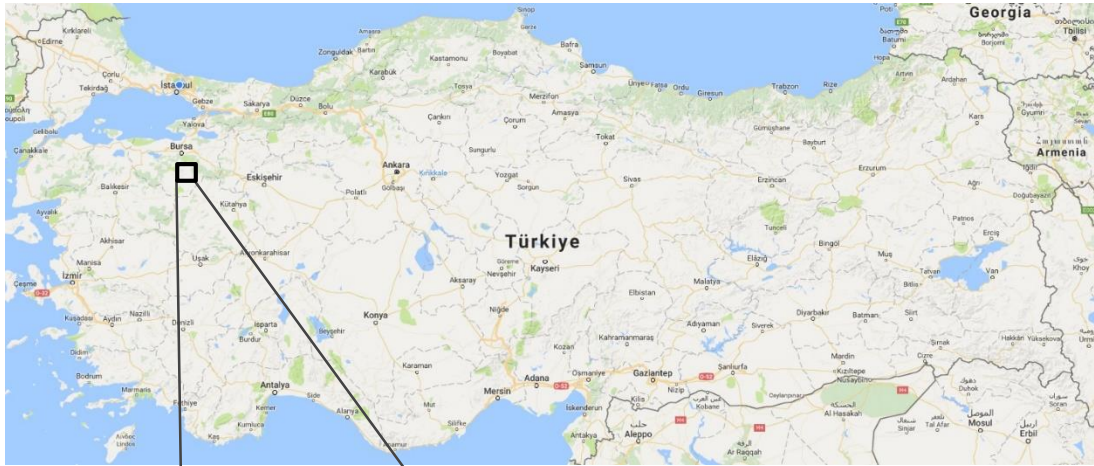
1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, Bursa İl Sınırları içerisinde ve Uludağ Masifinin Güneyinde yer alan dalma batma zonunun jeodinamik süreçlerini anlamak ve bu süreçler içerisinde yapısal unsurlara bağlı olarak şekillenmiş genç granitoyidik intrüzyonların dokanak yaptığı bazik-ultra bazik karakterli ofiyolitik ve kalkerli yan kayaçlarla ilişkisine dayalı gelişmesi muhtemel cevherleşmeleri tespit etmek ve zenginleşmeye eşlik eden süreçleri anlayarak ortaya koymaktır.

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı sınırları kuzeyde 40.066667° güneyde 39.891667° doğuda 29.258333° ve batıda 29.000000° koordinatları arasında kalmakta olup yaklaşık 417 kilometrekareyi kapsamaktadır. Bu alanın tamamında jeodinamik süreçleri anlamaya ve haritalamaya yönelik keşif çalışması yapılmış kuzeyinde kalan yaklaşık 200 kilometrekaresi üzerinde intrüzyonlar tespit edilmiş bu alan üzerinden ise cevherleşmeye sebep olabilecek yapılar belirlenerek her bir yapısal unsur ve litolojik değişkenlik baz alınarak yaklaşık 100 kilometrekarelik bir alanda örneklemeler yapılmıştır. Aktif çalışma sahası, 1:25000 ölçekli topografya haritasının Bursa H22 d4 H22 d3 ve İ22 a2 İ22 a1 paftalarında yer almaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen alan, Bursa il merkezine yaklaşık 30 km, Keles ilçe merkezine ise 10 km uzaklıkta bulunmaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanının tamamı Bursa İl Sınırları içerisinde kalmakta olup kuzey sınırını Uluçam Köyü ile Uludağ'ın Zirvesi güney sınırını ise Orhaneli İlçesi ile Keles İlçeleri oluşturmaktadır.



Şekil 1.1 : İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası.

1.2.1 İklim ve bitki örtüsü

Marmara Bölgesinin baskın iklim karakterini taşıyan bölgede en sıcak ay genel olarak Temmuz ayı en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Sıcaklık anomalilerin dışında yaklaşık 30°C ile 5°C arasında değişmektedir. Düzenli yağış almasada kurak iklim özellikleri gözlenmemektedir. Bölgede yoğun bir bitki örtüsü gözlenmekte olup batısında ve güneyinde yer alan Yunt Dağları, Kaz Dağları gibi bir çok bitki farklı türe sahip bitki örtüsünü bünyesinde barındırmaktadır.

1.3 Literatür Çalışması

1956'da Tolun'un Bursa yöresinde gelişmiş volfram(tungsten) yataklarını ele aldığı çalışmaya göre skarn zonlarında molibden, şeelit ve pirotin ve hedenberjit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Kozbudakların kuzey doğusunda ve güneyinde iki farklı zonda geliştiği tespit edilen şeelitin rezervi 210.000 ve 28.000 ton, tenörü ise ve %0.25 ve %0.36 WO₃ olarak hesaplanmıştır.

Lisenbee (1972), Orhaneli'nin kuzeyinde yürüttüğü çalışmada metamorfik birimleri kendi içerisinde gruplandırmıştır. Yaş tayinlerinde ise bu birimlerin Paleozoyik yaşında olabileceğini söylemiştir. Erken Tersiyer döneminde metamorfik ve ultramafik kayaçların granodiyorit sokulumu tarafından kesildiği ve bu sokulumun birkaç aşamada gerçekleştiğini tespit etmiştir. Plütonik sokulumun çevre kayaçları kıvrımlanmaya uğrattığı ve kontakt metamorfizmaya sebep olduğunu ayrıca bildirmiştir.

Okay (1986), Kuzeybatı Anadolu'da Karakaya Kompleksi, Tavşanlı Zonu ve Afyon zonu olmak üzere üç büyük metamorfik birliği tanımlamıştır. Tavşanlı Zonuna ait kayaları Orhaneli Birliği olarak adlandırmıştır. Orhaneli Birimi'nin bölgesel metamorfizmanın sonucu mavi şist fasiyesi oluşturduğunu ve düzenli bir stratigrafik istif sunduğunu belirlemiştir. Bölgesel metamorfik kayaçların çökelme yaşlarının muhtemelen Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı olduğunu tespit etmiştir.

Örgün (1993), Topuk-Göynükbelen(Orhaneli-Bursa) yöresi nikel oluşumlarının kökeni incelediği çalışmasında zenginleşmelerin kaynağının Göynükbelen granitoyidi ile ultramafik kayaçlar arasındaki mineralojik ve jeokimyasal reaksiyonlar olduğunu

belirtmiş ve sahadaki nikel oluşumlarının, Paleosen yaşlı sokulumdan kaynaklanan hidrotermal çözeltilere bağlı olduğunu bildirmiştir. Sokulumun ise kalk-alkali granitik bir magmanın ürünü olduğunu, ve göreceli olarak sodik karakterli kısımlardan meydana geldiğini gözlemlemiştir. Örgün'e göre Tektonik diskriminasyon diyagramında volkanik yay granitoidlerinin alanında yer alan sokulum, primitif ada yayları ve kıtasal yaylardan, normal kıtasal yaylara kadar geniş bir yay olgunluğu göstermektedir. Dunit, harzburjit, piroksenit damarları, piroksenli gabro, serpantin ve listvenit oluşumlarını içeren ultramafik-mafik birimin, baskın kayaç tipleri, değişen oranlarda serpantinleşmiş dunit ve harzburjitlerdir.

Delaloye ve Bingöl (2000), Batı ve kuzeybatı Anadolu'da mostra veren intrüzif kayaçları mineralojik ve kimyasal kompozisyonuna anlamaya yönelik araştırmaları sonucunda bölgedeki granitoidleri izotopik yaşa göre genç granitoidler (Eosen-Ü.Miyosen) ve yaşlı granitoidler (Kambriyen-Kretase) olarak iki grup altında toplamışlardır. Jeokimyasal olarak kalk-alkalin ve volkanik yay graniti olarak temsil edilen granitoidlerin İzmir-Ankara suture zonu boyunca Anatolid-Torid bloğunun dalması sonucu oluştuğunu belirlemişlerdir. Genç granitoid sınıfı içerisinde yer alan Topuk Plütonunun kalk-alkalin karakterli volkanik yay graniti olduğu ve biyotit, ortoklaz ve hornblende yapılan K-Ar yaşının 41.2 ± 1.2 Ma olduğu tespit edilmiştir.

Okay ve Satır (2006), Bursa'nın güneyinde İzmir-Ankara Suture Zonu boyunca plütonik, bölgesel ve kontakt metamorfik kayaçlarda yaptıkları izotopik yaşlar ve kontakt metamorfik mineral kimyası kalk-alkalin granitlerin 53-35 Ma izotopik yaşlara sahip olduğunu mavişist metamorfik fasiyesi ile temsil edilen mikaşistlere sokulum yaptığını ve sonucunda kontakt metamorfizma ürünlerinin geliştiğini belirlemişlerdir. Kontakt metamorfik kayaçlardan alınan muskovit ve biyotit örnekleri üzerinden yaptıkları Rb-Sr yaş tayini sonucunda ise 46 ± 3 ve 35 ± 1 Ma izotopik yaş tespiti yapmışlar ve bu tespitleri bölgede yayılım gösteren diğer intrüzif kayaçlarla oldukça uyumlu sonuçlar vermiştir. Kontakt metamorfizma koşullarını belirlemek için yaptıkları çalışmanın sonucu olarak ise metamorfizma koşullarını 2 ± 1 kbar ve $575 \pm 50^\circ\text{C}$ olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar Batı Türkiye'de Eosen granitik magmatizmasının ve bununla ilişkili DB/YS metamorfizmasının muhtemelen Vardar Suture'nun kuzey doğuya dalması ile oluştuğunu belirtmişlerdir.

Çevik (2006), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında litolojik birimleri başlıca, yüksek basınç-düşük sıcaklık koşullarında metamorfizmaya maruz kalmış Paleozoyik-

Mesozoyik yaşı metamorfik kayalar, Üst Kretase-Paleosen yaşı ultrabazik–bazik kayalar, Orta Eosen yaşı Topuk granitoidik sokulumu, Neojen yaşı tortul birim şeklinde sıralamaktadır. Ultrabazik-bazik birimi ise kendi içerisinde, dünitler, harzburjitler ve bu kayaların çeşitli derecelerde serpantinleşmeleri ile oluşmuş serpantinitler olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Mikroskop çalışmaları sonucu dünitlerin mineralojik bileşiminin ortalama olarak; % 90'dan daha fazla olivin, % 1-4 serpantin, % 1-3 opak mineraller (kromit, manyetit, pirit), % 1'den az piroksen ve % 1-2 oranında manyezit, talk, kalsit ve klorit gibi ikincil ayrışım ürünü mineraller şeklinde olduğu saptamıştır.

Kavak'ın (2011), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasının analiz sonuçlarına göre ultrabaziklerin karakterini belirleyen SiO_2 içeriğinin dünit örneklerinde % 41,04 - %41,82 arasında, serpantinleşmeye uğramış dünitlerde % 36,21 - % 39,35 arasında, gabro dayklarda % 48,04 - % 51,72 arasında değişmekte olduğunu tespit etmiştir. Piroksenit damarlarında ise SiO_2 % 49,01 değerindedir. Ayrıca dünitlerin Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin düşük olduğunu, buna karşılık piroksenit damarı ve gabro daykların Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit etmiştir.

Özcan, vd.(2012), Bursa ve Karadeniz sahil şeridi arasındaki jeolojik evrimi inceleyen çalışmalarında Bursa'dan kuzeye Karadeniz kıyısına kadar uzanan Erken Eosen yaşında kalın bir fliş kaması oluşumunun belirledikleri mega istifde ortaya koymuşlardır. Bu istifin jeolojik evrimini ele aldıklarını tabanı önemli bir uyumsuzluk düzeyine karşılık gelen Alt Eosen flişinin, Pontidler ile Anatolid-Torid Bloku'nun çarpışması sonucu retro-önülke havzasında çökeldiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında diğer bir megaistifi ise Bursa'dan Armutlu Yarımadası kuzey kenarına kadar uzanan geç Erken–Orta Eosen yaşı volkanik ve volkanoklastik kayalarla tanımlamışlardır.

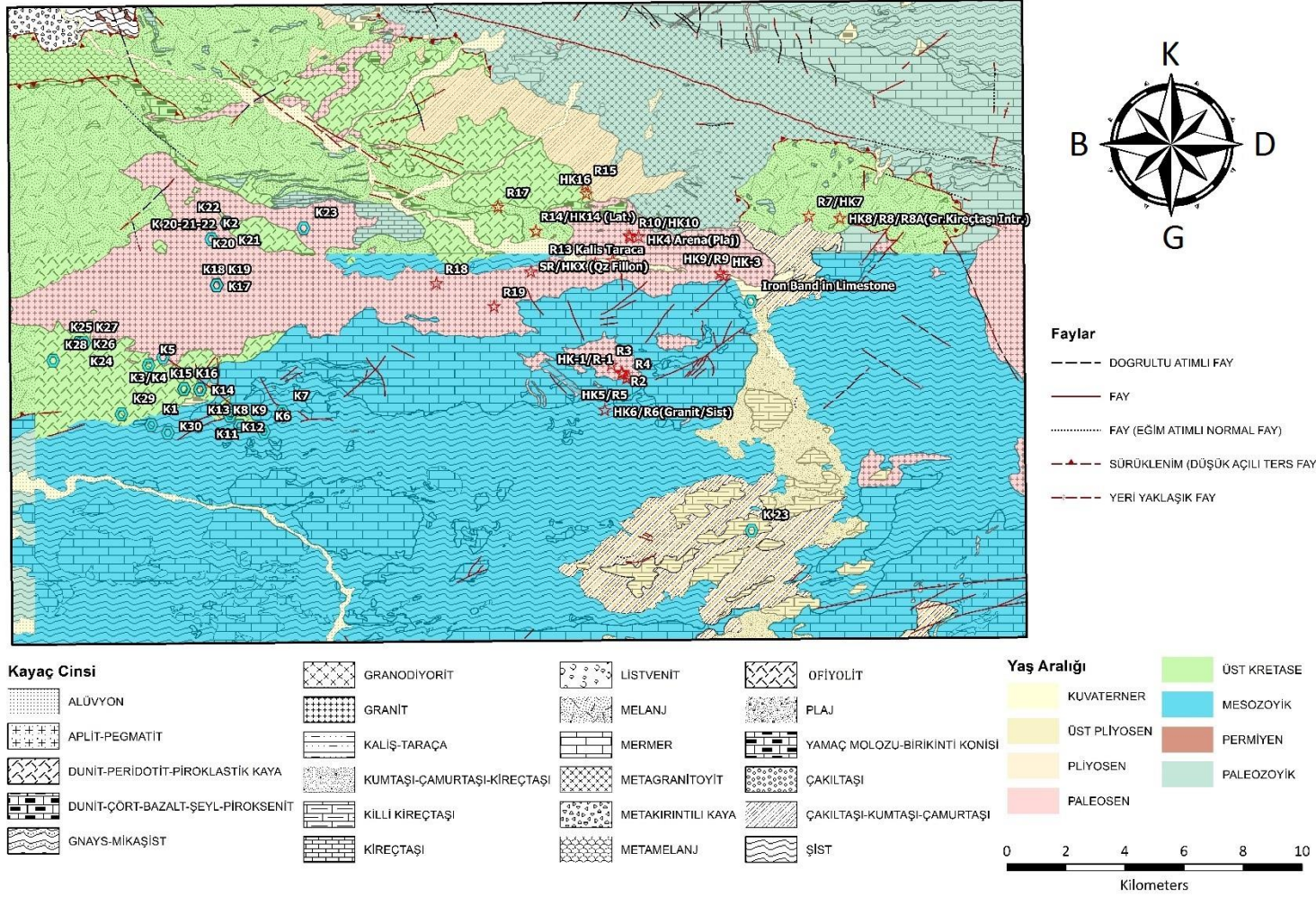
2. JEOLOJİK İNCELEME

2.1 Bölgesel Jeoloji

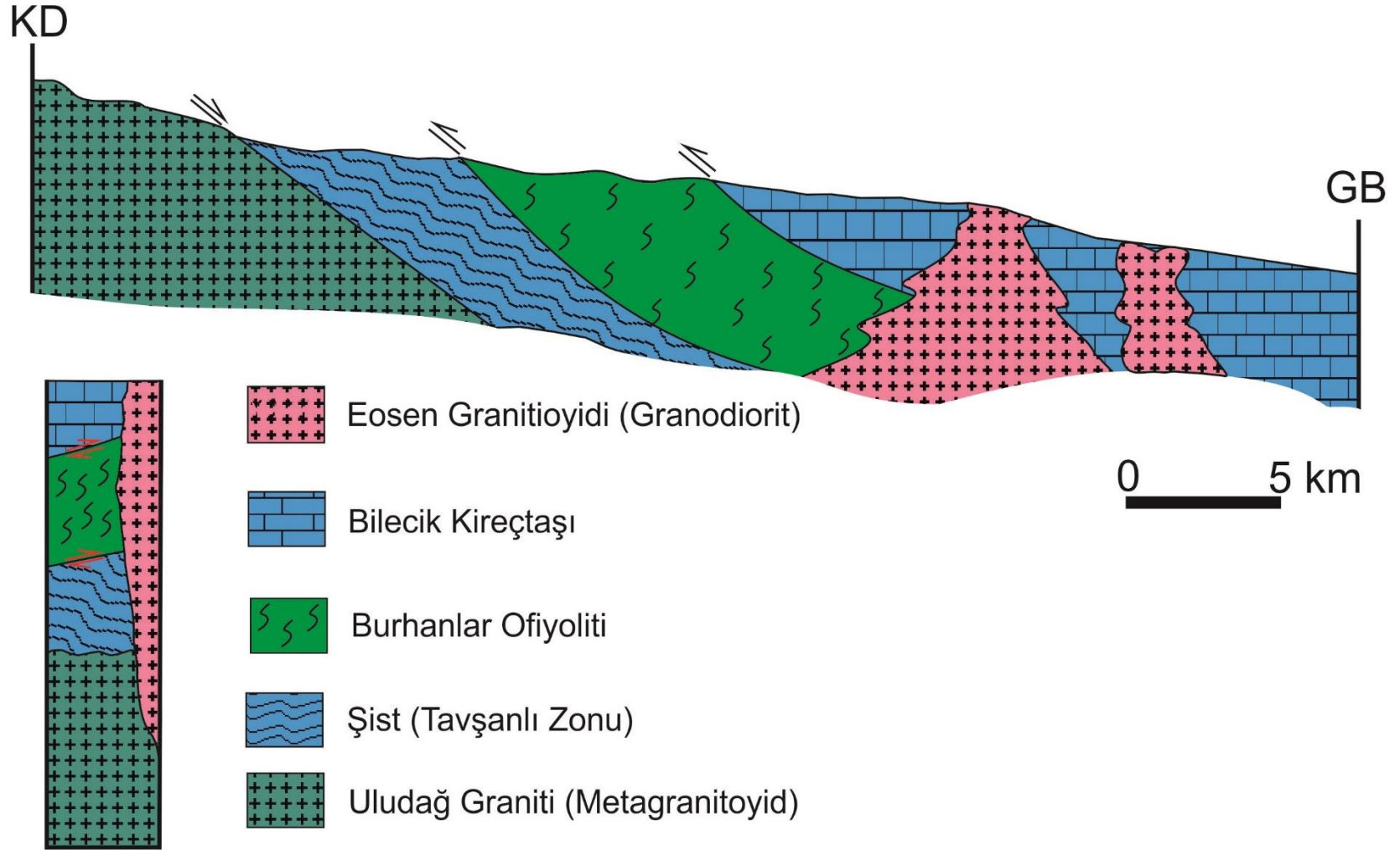
Bölgesel Jeoloji, çalışma öncesi yapılan literatür araştırmaları ve MTA (2013)'e ait bölgesel jeoloji haritası üzerinde sahada yapılan gözlem ve değerlendirmeler sonucu derlenmiş, litolojik birimler tanımlanarak formasyon sınırları arazide yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur (Şekil 2.1). Litolojik birimlerin ilişkilendirilmesi birimlerin ve yapısal unsurlara ait beklenen durumların açıklığa kavuşturulması sırasında MTA Haritalarının incelenmesinden sonra yapılan arazi çalışmalarından faydalanılmıştır (Şekil 2.2). Çalışma alanı ve çevresi Paleozoyik-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş, farklı litolojik özellikler sunan metamorfik, ofiyolitik, plütonik ve çökel kaya türlerinden meydana gelmiştir. Bölgede üç önemli tektonik birlik tanımlanmış, bu birlikler kıtasal bloklar ile kenet kuşaklarına ait kaya türlerinin farklı yaş, farklı litoloji ve farklı yapısal özellikleri ile adlandırılmışlardır. Birbirleriyle tektonik ilişkili olan bu birlikler; ilin kuzeyinde İstanbul Zonu, ortada Sakarya Zonu ve güneyinde Tavşanlı Zonlarından oluşmaktadır.

İstanbul Zonu, tabanında Paleozoyik kıta kenarı çökellerinin Triyas yaşlı sedimanter kayaçlar tarafından uyumsuz olarak üzerlenmesi şeklinde gözlenmiştir. Sakarya Zonunun gelişiminde ise çekim kuvvetleri etkisinde kütle akma ve kayma mekanizmaları etkin olmuştur. Plaka tektoniğine bağlı gelişen kütle akma ve kayma mekanizmalarının litolojik çeşitlilik ve cevher zenginleşmelerindeki işlevselliğinde bölgeyi farklı kılan jeodinamik olgulardan önemli bir tanesidir (Şekil 2.3). Tavşanlı Zonu ağırlıklı olarak mavi şistler ve mermerlerden oluşmaktadır.

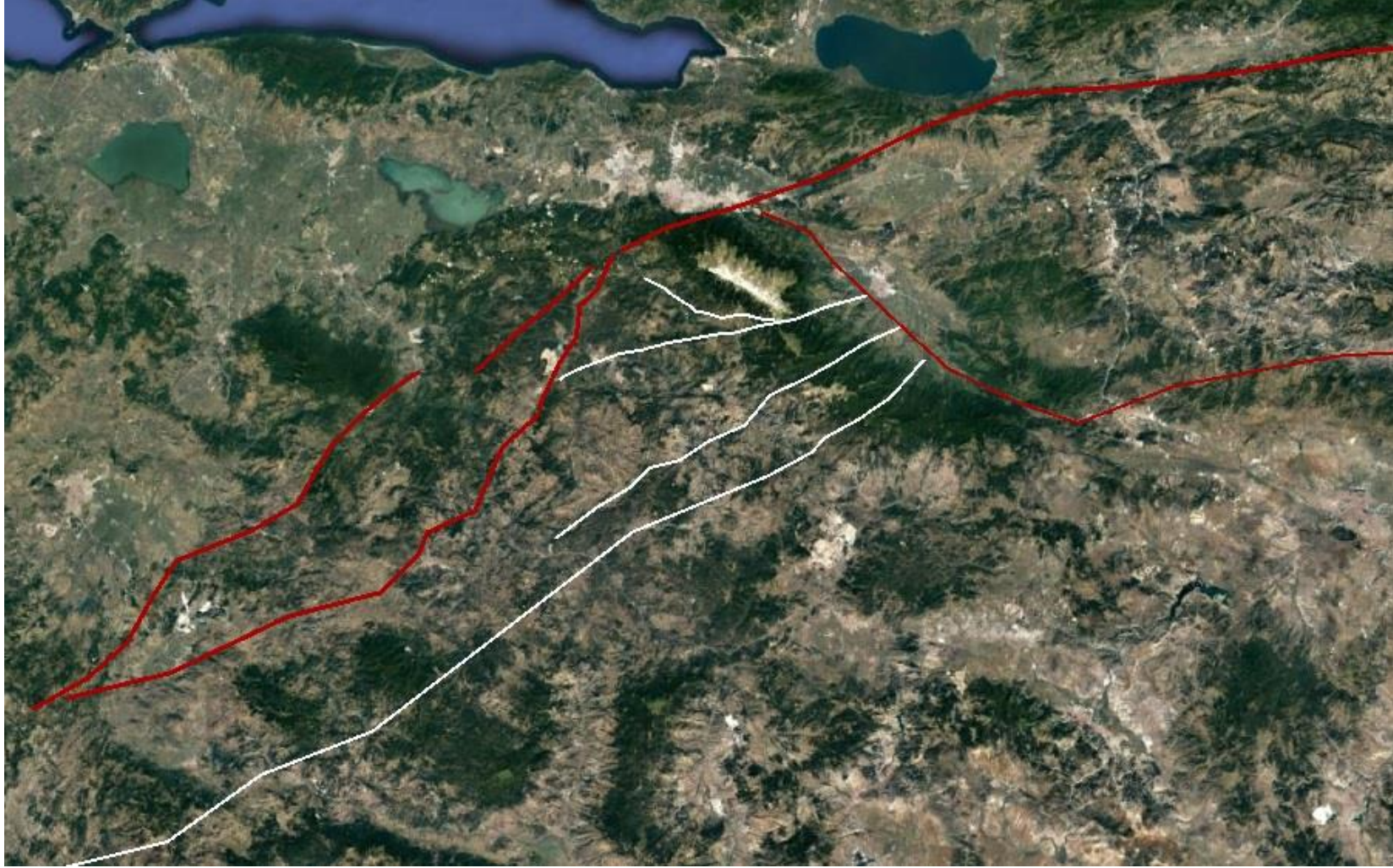
Sakarya ve Tavşanlı Zonları arasında sınırı oluşturan İzmir-Ankara Kenedi (ofiyolitik kayaçlar ve fliş), Neo-Tetis Okyanusunun kuzeye dalarak yok olmasıyla oluşmuştur. Eski kıta parçalarını temsil eden bu tektonik birlikler üzerinde, uyumsuz olarak, çoğunlukla kireçtaşı ve şeylerden oluşan Neojen istifleri yer almaktadır. İstif içerisinde linyit damarları gözlenmiştir.



Şekil 2.1 : Çalışma Alanının Genel Jeoloji Haritası (1/25000’lik MTA Haritalarından Düzeltilerek Hazırlanmıştır).



Şekil 2.2 : Çalışma Alanının Kolon Kesiti ve Uludağ'ın Merkezinden İtibaren Kuzey Doğu Güney Batı Hattındaki Enine Kesiti



Şekil 2.3 : Plaka Tektoniğine İşaret Edebilecek Morfolojik Verilerin Arazi Üzerinde Değerlendirilmesi.

2.2 İnceleme Alanının Stratigrafisi

2.2.1 Kocasu Formasyonu

Kocasu Formasyonu çalışma alanının temel formasyonunu oluşturmaktadır. Bu formasyon genel olarak kuvars mika şistlerden ve İnönü mermeri üyesinden oluşmaktadır. Orhaneli Grubu'nun tabanında yer alan ve baskın olarak kuvars mikaşistlerden yapılmış düzenli metamorfik seri Kocasu Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Okay, 2004). Devecikonağı güneyinde Kocasu Formasyonu mikaşistleri içinde kalınlıkları 0.5 ile 3 metre arasında değişen, beyaz metaaplitik sil ve dayklar bulunur. Mavişist metamorfizması öncesi yerleşmiş olan bu asitik damar kayaları değişik oranlarda jadeit, kuvars ve ikincil albitten oluşur (Okay ve Kelley, 1994). Çalışma alanının stratigrafik olarak en alt birimi olan Kocasu Formasyonu üste doğru geçişli olarak İnönü Mermeri'ne geçer. Geçiş zonunda mikaşistler içerisinde mermer seviyeleri bulunur. Kocasu Formasyonu'nun litolojik özellikleri, istifin metamorfizma öncesi kumtaşı şeyl aralanmasından oluştuğuna işaret etmektedir (Okay, 2011).

2.2.2 İnönü Mermeri

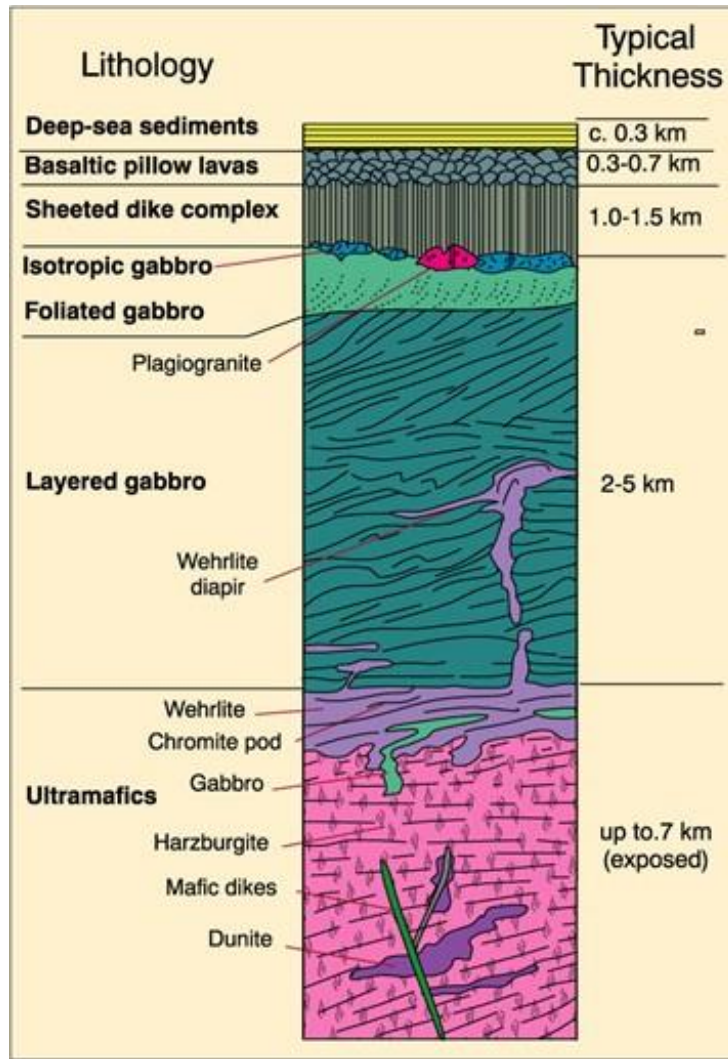
Kocasu Formasyonunun üyesi olan, kilometrelerce yapısal kalınlığa sahip mermer serisi İnönü Mermeri (Şekil 2.4) olarak adlandırılmıştır (Servais,1982). İnönü ovası güneyinde, Kovalca köyü dolaylarında ve Dodurga çevresinde geniş mostra veren İnönü mermerleri orta-kalın katmanlı, beyaz, kirli beyaz, sarımsı, açık gri renkli ve yer yer şist arakatlıdır. İnceleme alanında banı görülemeyen ve 200-250 m arasında görünür kalınlığa sahip olan İnönü mermerlerinin üzerinde keskince bir dokanakla uyumlu olarak İnönü mavişistleri yer alır. (Tokay ve Altunel 2005).



Şekil 2.4 : İnönü Mermeri'nin Mostra Görüntüsü.

2.2.3 Ofiyolitik Melanj

Çalışma alanında geniş bir yayılım gösteren ofiyolitik birimler plütonun kuzeyinde ve güneyinde farklı kayalardan oluşmaktadır. Uludağ ve Orhaneli arasındaki zonda litolojik özelliklerinin dışında tektonik olarak da plütonun kuzeyinde ve güneyindeki plaka hareketleri ve oluşum sonrası farklı jeodinamik süreçlere maruz kalan istif daha çok yığılma karmaşığı olarak gözlenirken plütonun güneyine doğru gidildikçe ve dalma-batma zonundan uzaklaşıldıkça çok düzenli olmasada ofiyolitik serilerin karakteristiğine (Şekil 2.4) yakın bir stratigrafik oluşum göstermektedir.



Şekil 2.5 : Ofiyolitik Seriler için Genelleştirilmiş Kolon Kesit (Boudier and Nicholas 1985).

Yastık lavlar Göynükbelen ilçesinin 7 kilometre kadar güney doğusunda Karası Köyü ile yapay göl arasında kalan ormanlık alanda çok belirgin olmamakla birlikte gözlenmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Bitki Örtüsü Arasında Yastık Lavların Yüzeylendiği Lokasyon.

Tabakalı dayk kompleksi ise çok belirgin bir mostra vermesede Göynükbelen İlçesinin yaklaşık iki üç kilometre kuzeyinde kelebek yapısı olarak gözlenmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Dayk Kompleksini Andıran Kelebek Yapısı.

İki mostranın mesafe olarak ortalarına yakın bir kısımda ise Plajiyogranit olabileceği düşünülen granit gabroyik katmana dokanak yaptığı yerde tespit edilmiş ve dokanaktan örnekleme yapılmıştır (Şekil 2.8).

Mineraloji ve petrografik incelemeler sonucunda zengin plajiyogranit içeriği ve kimyasal analizlerinin M tipi granitlere olan yakınlığı gibi laboratuvar sonuçlarının yanı sıra arazide belirgin bir dokanak gözlenmeksizin gabroya dokanak yapması Plajiyogranit olabileceğine dair soru işaretleri bırakmaktadır.



Şekil 2.8 : Gabroyik Katman İçerisindeki Plajiyogranit Benzeri Granit.

Ofiyolitik kayaçlar ortopiroksen ve klinopiroksene oranla olivince daha zengindir. Sahada yapılan örneklemeler de göstermiştir ki peridotitler sıkça gözlenmektedir. Dalma batma zonundaki açılıp kapanma evrelerine bağlı olarak taze koyu lacivert ve yeşil olan ofiyolitik kayalar yığılma karmaşıklığı içerisinde kahverengimsi bozunmuş kayaçlar olarak gözlenmiştir.

Ayrıca meteorik suların baskın olduğu düşünülen koşullarında etkisiyle serpantinleşme baskın olarak gözlenmektedir. Bu tarz günlenmeler sonucunda magnezyum değerlerinde ciddi artış gözlenmekte, lateritik oluşumlar ve yerinde zenginleşmeye imkan sağlayacak ortam koşulları litolojik birimlerin makro yapısından da anlaşılmaktadır. Ofiyolitik melanj kompleks litolojisi, bulunma şekli ve geçirdiği metamorfizma ile Tetis okyanusunun dalma-batmasına bağlı olarak gelişmiş eklenir prizmayı da ortaya koymaktadır.

2.2.4 Eosen Granitoyidi

Tavşanlı Zonu kayaları Alt-Orta Eosen yaşları veren bir dizi granit tarafından kesilmektedir. Eosen Graniti kuvars + plajiyoklas + k-feldspar + hornblend + biyotitten meydana gelmektedir. Bu birime ait mostralar çalışma bölgesinin büyük bir kısmında yer alır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 : Arazide Gözlenen Tipik Eosen Granitoyidi.

Eosen Plütonu'nun çevresinde belirgin bir kontakt metamorfizma zonu gelişmiştir. Okay ve Satır (2009)'a göre Kontakt metamorfizma zonundaki mineraller ve Plüton'un hornblend mineral kimyası Eosen Granodiyoritinin son yerleşme derinliğinin yaklaşık 10 km olduğunu göstermektedir. Plüton'dan ve kontakt metamorfik zonundan yapılan Ar-Ar yaş tayinleri granodiyorit 53 milyon sene önce (Alt Eosen" de) kristalleştiğini göstermektedir (Okay ve Satır 2009).

Granitoyid içerisinde diyoritik karakterli bir çok anklav ve ultrabaziklerle dokanağında gabroyik karakterli bir çok ksenolit içermektedir (Şekil 2.10). Yapılan analizler sonucunda da bu granitoyidin büyük bir kısmı granodiyorit olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 2.10 : Eosen Granodioritindeki Anklavlara Ait Bir Görünüm.

Ayrıca plaka tektoniğine ve bölgesel gerilmelere bağılı olarak bir çok deformasyon zonu gelişmiş bu deformasyon zonlarının sonucu olarak Granitoidin gövdesinde belirli yönler boyunca kırık-çatlak sistemleri gözlenmiştir (Şekil 2.11).



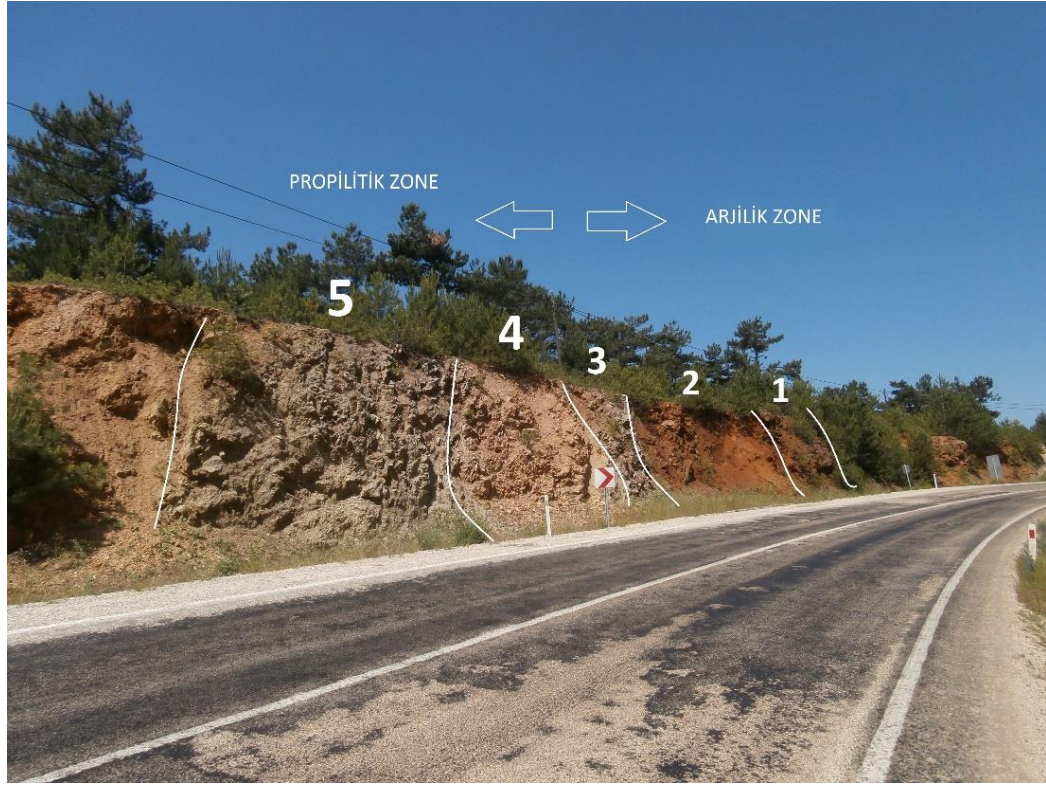
Şekil 2.11 : Granitoyitte Gözlenen Kırık Çatlak Sistemleri.

Ayrıca geniş bir alanda yayılım gösteren granitoidin bir çok kısmında aşırı hidrotermal aktiveteye bağılı olarak gelişmiş alterasyonlar gözlenirken diyoritik karakterdeki anlavlar ve çevresinde ankeritleşme belirlenmiştir (Şekil 2.12).



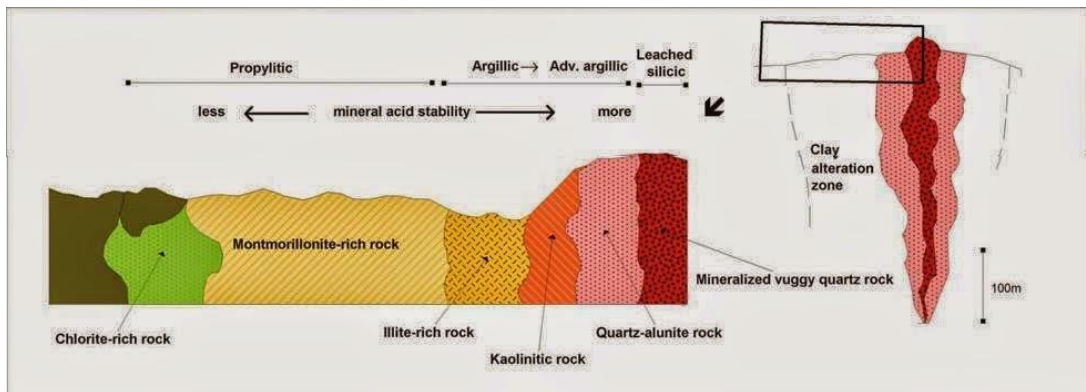
Şekil 2.12 : Granitoyidin İçindeki Diyoritik Kısımlarda Gözlenen Ankeritleşme.

Bölgede grantiodin sokulum yaptığı zonun kenar kısımlarında aşırı yüksek alterasyon ve alaterasyona bağlı zonlar gelişmiştir bu zonlar arazinin bir çok farklı kısmında yollar boyunca gözlenmektedir. (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 : Yol Kenarında Gözlenen Alterasyon Zonları.

Bu zonlar içerdiği killere açısından ele alındığında Propilitik ve Arjilik zona ait bir çok alterasyon türünü belirgin bir şekilde sergilemektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 : Soldaki Steven vd. (1960) Alterasyon Zonları Sağdaki Stoffregen (1987)'den İntrüzyonun Kenar Zonlarındaki Killeşme.

Fakat literatürde çokça geçen Au-Cu-Ag gümüş yataklarında sıkça rastlanan vuggy silikaya rastlanamamıştır. Zonların herbiri henüz detaylı olarak çalışılmamış birinci zona ait quartz-aluniteler xrd ile tespit edilmiş. Kaolinit, illit ve montmorillonit zonları

ise yapılan gözleme dayalı olarak tahmin edilmiş en sağdaki klorit zonu ise yine xrd sonuçlarına başvurularak tespit edilmiştir.

2.2.5 Kuvaterner

Kuvaterner çökelleri bölgedeki en geç kaya birimini oluşturmaktadır. Nilüfer Barajı'nın, akarsu ve ova kenarlarında yaygın olarak gözlenen alüvyon silt, kum ve çakıl boylu malzemeden oluşmaktadır. Ayrıca yürütlen keşif çalışmaları sırasında vadi içlerinde ve yamaçlarda yer yer neojen linyit istiflerine ratlanılmıştır (Şekil 2.15).

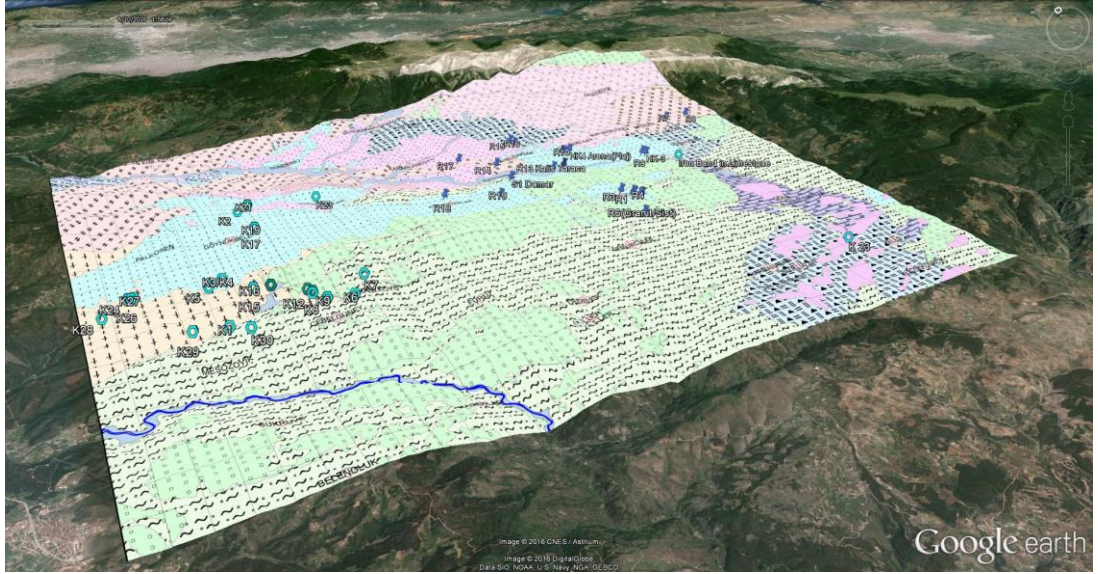


Şekil 2.15 : Keles-Delice Yolunda Gözlenen Neojen Linyit İstifi.

Bölgede bir dönem arama faaliyetlerini sürdüren Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu bulduğu kömürlerin birçoğunu Neojen İstif içerisinde gelişmiş linyit damarlarında gözlemlemiştir. Linyit damarlarına şekilde görüldüğü gibi yer yer yol güzergahı üzerinde de rastlanılmaktadır.

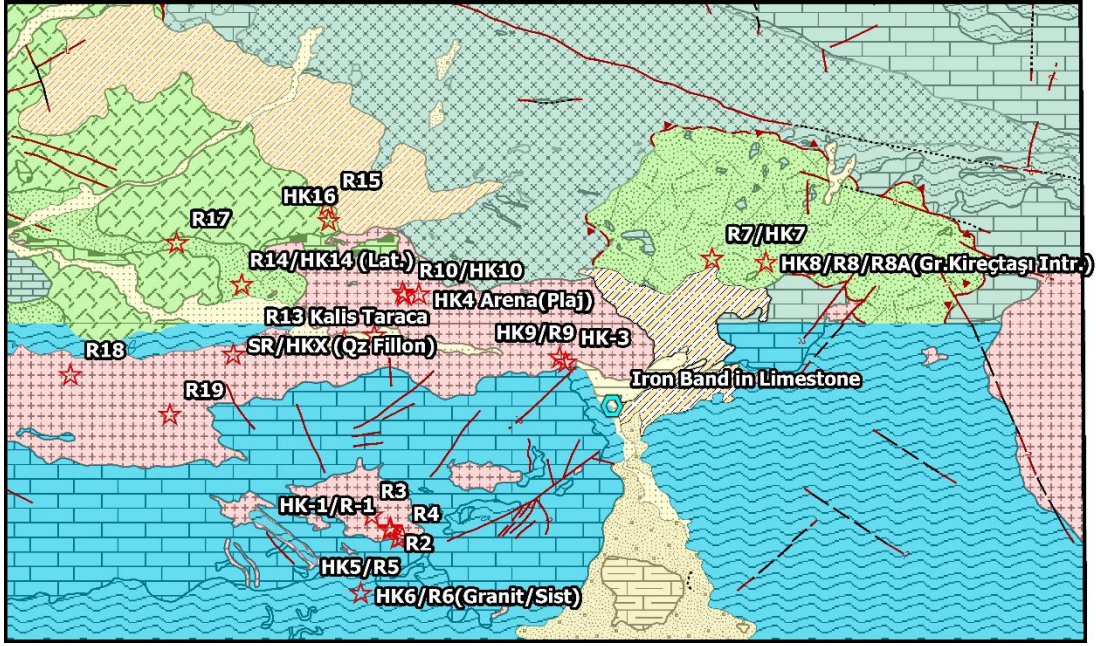
3. MATERYAL VE METOD

Çalışma giriş bölümünde de bahsedildiği üzere intrüzyonlarla ilişkili cevherleşmelerin tespit edilmesi ve jeodinamik unsurlarla ilişkilendirmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yapılan literatür araştırmalarının ardında oluşturulan veri tabanından litolojik unsurlara bağlı olarak özel ölçekli bir harita oluşturularak oluşturulan harita Google Earth'e giydirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Google Earth'e Giydirilmiş Arazi Verileri.

İnceleme daha sonra oluşturulan harita üzerinden belirli oranda şeffaflaştırma yapılarak granitoyidin gövdesi ve peridotit, melanj, kireçtaşı, şist gibi granitoyidin komşusu olan yan kayalar ile dokanaklarından örnekleme lokasyonları belirlenerek devam etmiştir. Belirlenen bu örnekleme lokasyonlarında yan kayalar içerisinde örnekleme plütonun gelişiminden önce veya gelişim sırasında tektonizmaya bağlı olarak geliştiği düşünülen kırık çatlak sistemlerinin de kapsayacak şekilde sürdürülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Arazideki Örneklem Lokasyonlarının Yakınlaştırılmış Görüntüsü.

Örneklem yapılırken cevherleşmelerin bir çoğu çalışma sürecinde gözle tespit edilemediği için örneklemeler kayacın ilksel konsantrasyonu anlamak için taze kayadan ve hidrotermal süreçlerin zenginleşme üzerinde etkisini anlamak içinde altere olmuş kısımlarından olmak üzere bir çok yerde aynı noktadan iki örnek almak suretiyle yapılmıştır. Alınan örnekler laboratuvar çalışmalarından önce açılarak makroskobik tanımlamalar yapılmış (Şekil 3.3) ve tanımlama diyagramlarında kullanılmak üzere simge ve renk atamaları yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 : Alınan Kayaçların Laboratuvarda Makroskobik Tanımlaması.

R 1	61	29		R 18	21	22	
R 2	21	29		R 19	21	22	
R 3	21	22		S-R	27	39	
R 4	61	13		HK 1	61	1	
R 5	21	22		HK 2	61	13	
R 6	27	3		HK 3	61	22	
R 7	27	3		HK 4	21	22	
R 8A	21	3		HK 5	61	22	
R 8B	27	3		HK 6	78	1	
R 9	61	29		HK 7	27	3	
R 10	21	29		HK 8	78	39	
R 11	61	3		HK 9	61	22	
R 12	61	13		HK 10	61	13	
R 13	61	13		HK 14	61	22	
R 14	27	3		HK 16	61	3	
R 15	27	3		HK-X	61	13	

Şekil 3.4: Alınan Kayaç Örneklerinin Simge ve Renkleri İçin Yapılan Lejand.

Simge ve renkler için yapılan lejandın yapılması sırasında baz alınan unsurlar ise aşağıdaki listede verilen kaideler doğrultusunda yapılmıştır.

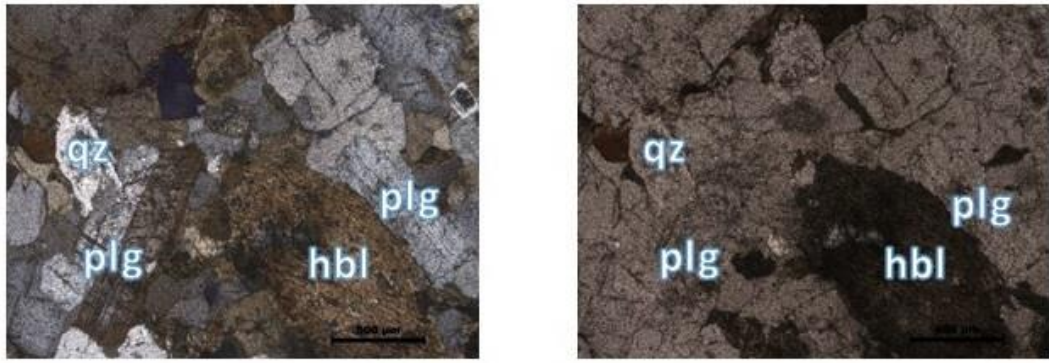
- Kayaç Granitoyid ve Holokristalin Dokuduysa Büyük Dikdörtgen
- Kayaç Granitoyid ve Hipokristalin Dokudaysa Küçük Dikdörtgen
- Kayaç Granitoyid ve Aplitik Dokudaysa Büyük Açık Mavi Dikdörtgen
- Kayaç Granitoyid ve Aşırı Altere Olmuşsa Kahverengi Dikdörtgen
- Kayaç Granitoyid ve Taze ise Gri Dikdörtgen
- Kireçtaşı Dokanağındaki Granitoyid için Mavi Dikdörtgen
- Granitoyid Dokanağındaki Kireçtaşı İçin Çizgili Mavi Baklava Dilimi
- Kireçtaşı İçin İçi Çizgili Gri Baklava Dilimi
- Ofiyolitik Kayaçlar İçin Yeşil Renkli Beşgen
- Ofiyolitle Etkileşimde Olan Granitoyid ve Kuvars Damarları için Yeşil Dikdörtgen
- Granitoyid Dokanağındaki Ofiyolit İçin Gri Beşgen

Bu sınıflandırma yapılırken diyagramlar üzerinde belirli yapıların anlaşılması daha kolaylaştırılmak istenmiş beklenenden daha farklı sonuçlar veren ve tanımlaması zor örnekler ise verilen sembol dışında örnek ismiyle ayrıca isimlendirilerek tanımlama yapılmıştır.

El örnekleri ayrıca Mineraloji-Petrografi kısmında verilecektir. Daha sonra alınan bütün örnekler çeneli kırıcıda belirli bir tane boyuna küçültüldükten sonra hidrolik öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler XRF analizleri için pelletlenmiş, XRD analizleri için plaka üzerine camla düzlem sunacak şekilde hazırlanmış ICPM-S analizleri için ise numunenin toz hali kullanılmıştır. Yapılan bütün analizler İstanbul Teknik üniversitesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarında sağlanan imkanlardan faydalanarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçların doğruluğu ICPM-S sonuçlarının XRF analizleriyle karşılaştırılması ve aynı örnek için yapılan analizin tekrarlanması gibi işlemlerle kontrol edilmiştir.

4. MİNERALOJİ VE PETROGRAFİ

Sahada da gözlenen granitoidin tane boyutları orta ile iri arasında değişmekte, baskın olarak plajiyoklas içermekte, hornblend ve biyotit gibi mineraller içeren tipik bir granodiyorit olduğu ince kesitten de görülmektedir Şekil (4.1).



Şekil 4.1 : HK-1 Örneğinin Solda Çift Nikol Sağda Tek Nikol İnce Kesit Görüntüsü ve Tespit Edilen Mineraller.

HK-1 isimli örneğin ince kesit analizinde %35 civarında kuvars %35-40 civarında plajiyoklas, hornblend ağırlıklı olmak üzere %15 civarında iri amfiboller ve %10-15 civarında ise alkali feldspat gözlenmiştir. Plajiyoklasların çoğu zonlu olarak gelişmiştir. Bu zonlanma eriyiğin farklı evrelerde soğuma ve getirime devam ettiğine işaret etmektedir. Büyük kısmı fenokristallerden oluşan bu kesit granüler doku sergilemektedir ve el örneğindedir benzer bileşim ve yapı gözlenmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : HK-1 İsimli Granitoyide Ait El Örneği.

Granodiyoritin içindeki mafik mineraller Şekil 4.3’de verilen el örneğinde açıkça gözlenmektedir.



Şekil 4.3 : Granodiyoritteki Mafik Mineraller ve Anklav.

Alterasyon ve günlenmenin çok yaygın gözleendiği sahada granitoyidin bir çok mineralinin de aşırı altere olduğu fakat hornblend mineralinin iri ve yapısını korur bir halde arenalaşmış örneklerin içinde ayrıştığı gözlenmiştir (Şekil 4.4)



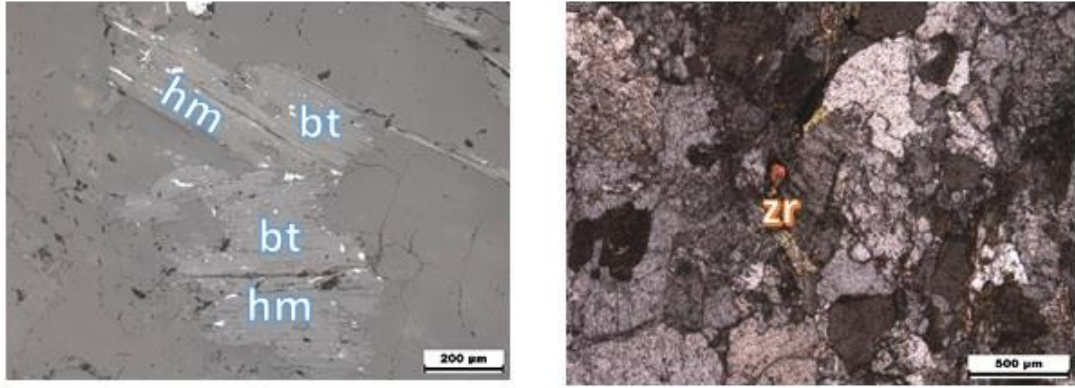
Şekil 4.4 : Granodiyoritten Kolayca Ayrıştığı Gözlenen İri Hornblend Minerali.

Diyoritik karakterdeki granitoyidimiz dışında en kuzeyde metagranitoyid bazı kırık çatlak sistemlerinde aplit dayklarından alınan örnekler (Şekil 4.5) ve en güneyde ofiyolitlerin içindeki gabrolarla tektonik dokanağı gözlenememiş plajiyogranit olduğu düşünülen bir granitoyid gibi sahada farklı dokusal özellikler gösteren literatürdede farklı yaş değerleri tanımlanmış ve mineralojik-petrografik olarak farklı olduğu için incelenmiş granitoyidler araştırma alanında yer almaktadır.



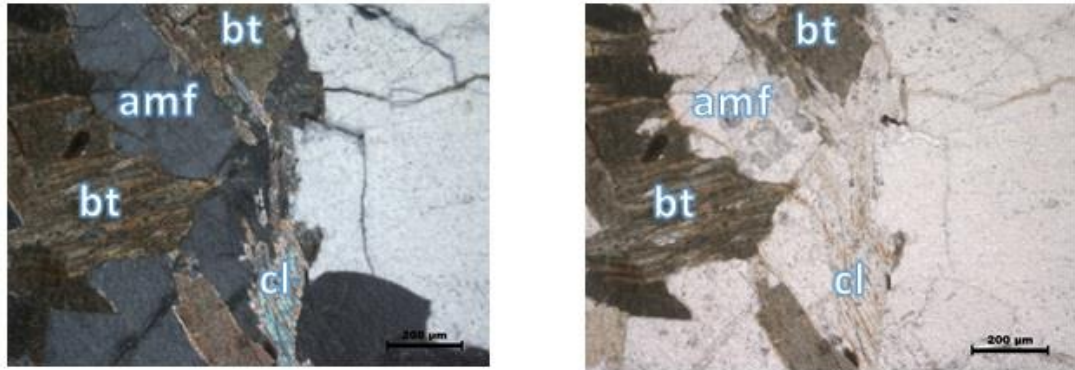
Şekil 4.5 : Aplrit Dayklarından Alınan El Örneği.

Aplrit dayklarından alınan örneklerde lokasyona bağlı olarak ufak farklılıklar göstermektedir. Biyotitler içerisinde dilinimler arasına yerleşmiş hematitleşmeler gözlenmiş, aksesuar olarak zirkon tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



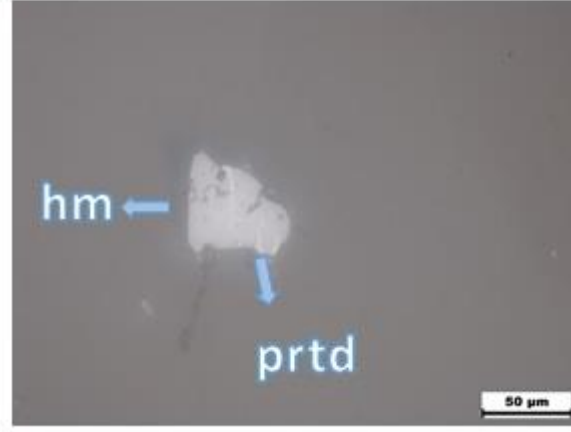
Şekil 4.6 : Biyotit Dilinimleri Arasında Gelişmiş Hematitler (Solda) Aksesuar Olarak Gözlenen Zirkon Minerali (Sağda).

Aplitlerin içerisinde granüler doku gözlenirken amfibol minerallerinden biyotitlere bir geçiş ve bu biyotitlerinden bozunmasıyla biyotitlerin içerisinde gelişmeye başladığı gözlenen klorit mineralleri tespit edilmiştir. (Şekil 4.7).



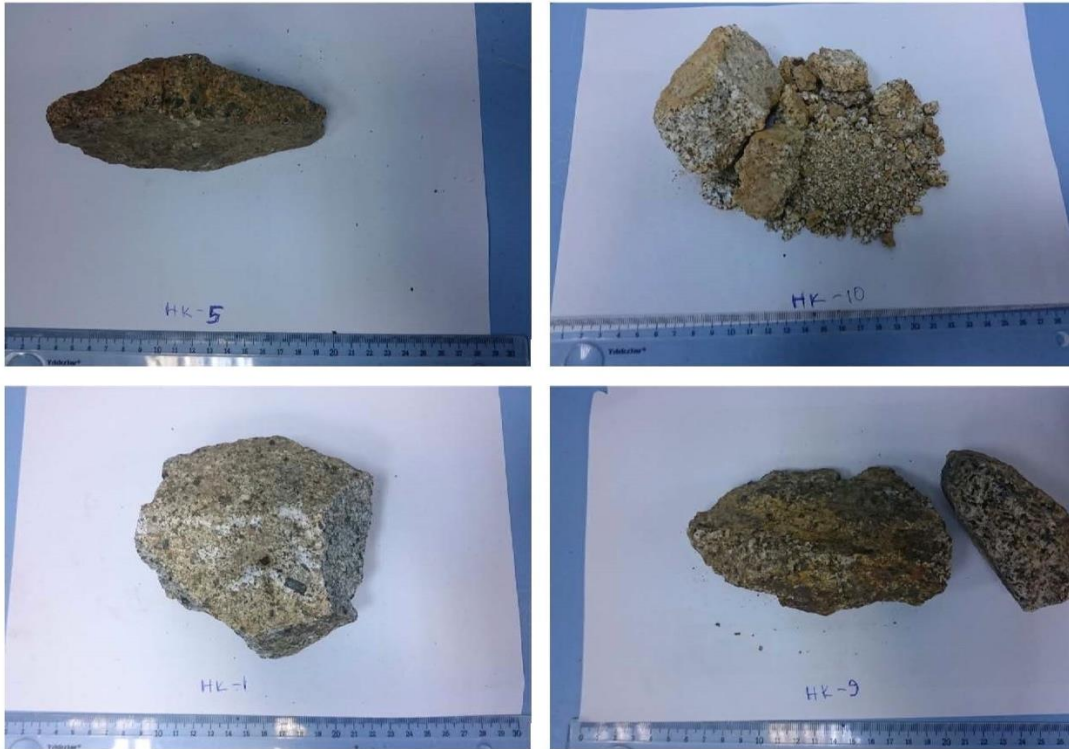
Şekil 4.7 : Biyotitlerdeki Kloritleşmenin Çift ve Tek Nikol Kesit Görüntüsü.

Şekil 4.8’de ise R-13 isimli aplit örneğine ait parlak kesitin cevher mikroskobisi siarsında gözlenen hematitlerin çatlak dolgularında gelişmiş piritler verilmiştir. Bu tarz gelişmiş piritler az da olsa kesitin başka kısımlarındada gözlenmiştir.

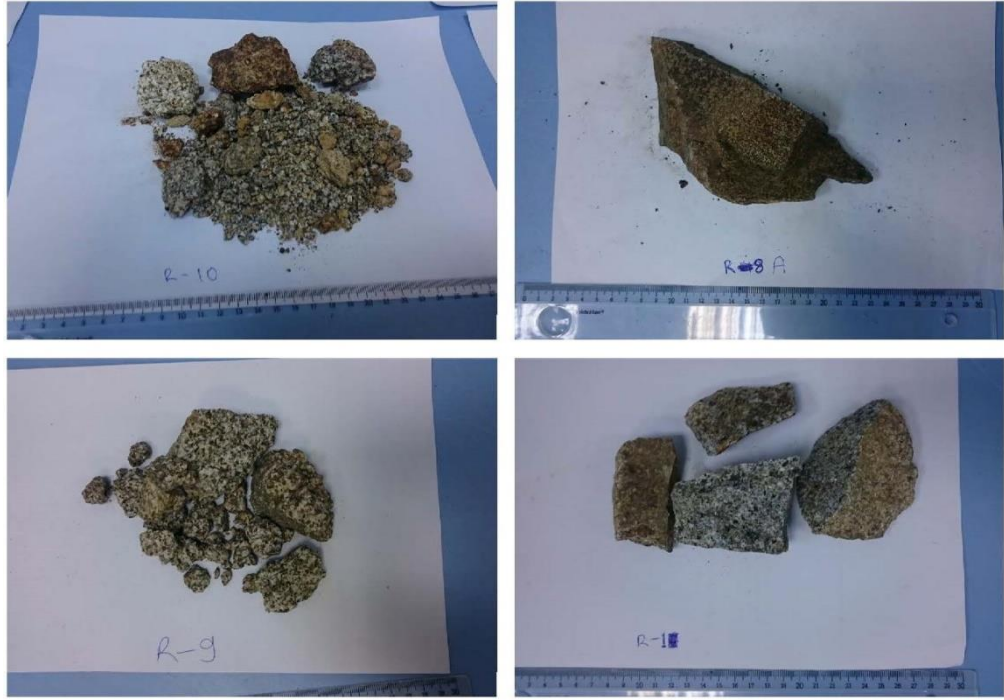


Şekil 4.8 : Hematitin İçinde Gelişmiş Pirit Dolgusu.

R-13 örneği dışındaki diğer I tipi granitoyidlerin kesit görüntüsü benzer özellikler gösterdiği için teze eklenmemiş el örnek görüntülerine ise Şekil 4.19 ve Şekil 4.10’da yer verilmiştir.

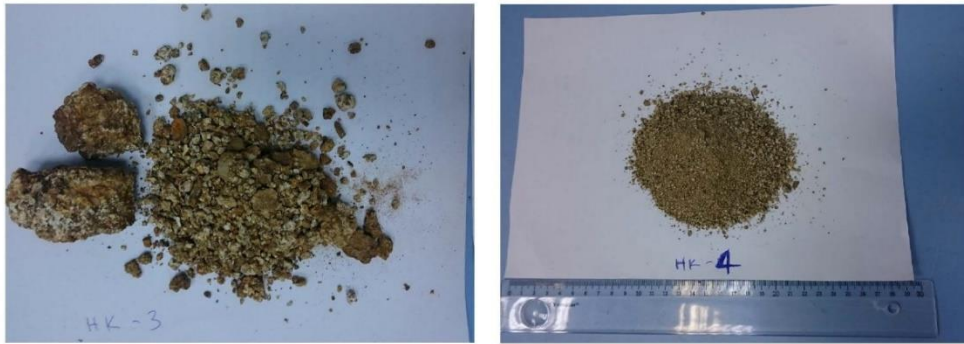


Şekil 4.9 : HK-1/5/9/10 İsimli Granodiyoritlere Ait El Örnekleri.



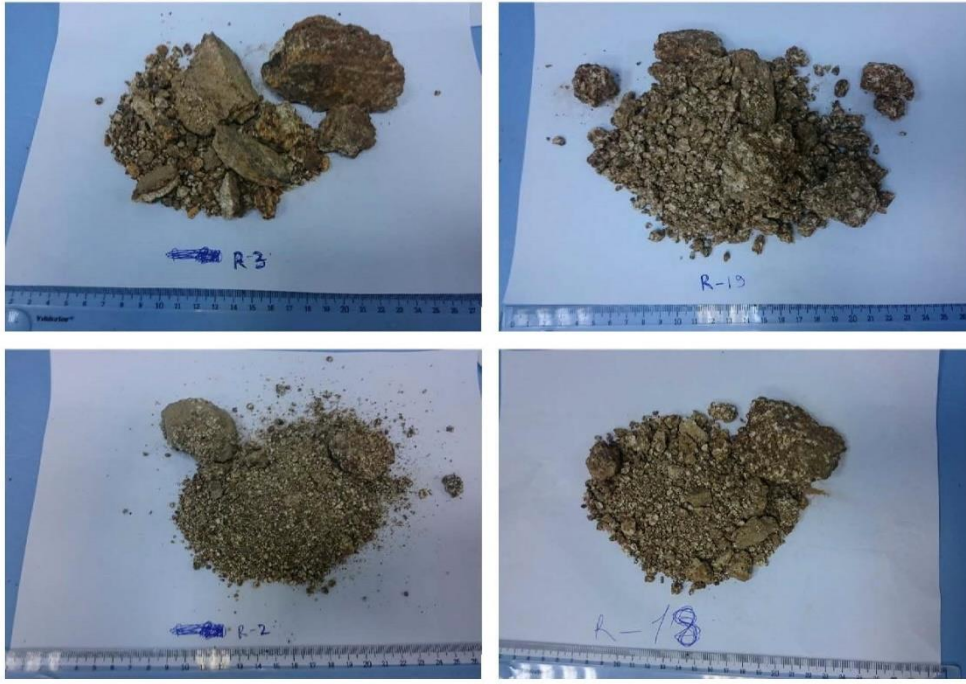
Şekil 4.10 : R-1/8-A/9/10 İsimli Granodiyoritlere Ait El Örnekleri.

Diyagramlarda ve kimyasal kompozisyon itibariyle granodiyoritle benzer özellik gösteren arazide ise ilk bakıldığında doku ve görüntüsünü koruyor gibi gözükse fakat aşırı alterasyon ve günlenmeye maruz kalarak arenalaşmış örneklerde mevcuttur. Bu örneklerde tanelerin bir arada tek bir düzleme sahip olmaması nedeniyle bu örneklerle ait kesit çalışması yapılmamıştır (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12)



Şekil 4.11 : HK 3 ve 4 Numaralı Arenalaşmış El Örnekleri.

El örneklerinden ve arazi fotoğraflarından da anlaşılacağı üzere yüksek miktarda alterasyon ve günlenmeye maruz kalan granitoid cevher minerallerinin gelişebileceği seviyede akışkanların hareketi ve bu harekete bağlı konsantrasyonların oluşumuna olanak sağlamaktadır. Tahmin edildiği üzere farklı tipte cevherleşmeler tespit edilmiş bu tespitlere ekonomik jeoloji kısmında yer verilmiştir.



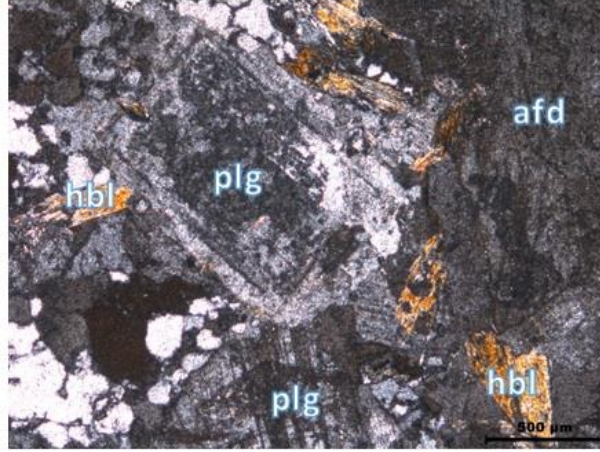
Şekil 4.12 : R3/4/18/19 Numaralı Arenalaşmış Örneklerin Görüntüsü.

İnceleme alanın dışında kalan fakat keşif sınırları içerisinde kalan ve M Tipi plajiyogranit olduğu düşünülen K-3 örneğine el örneğine ait görüntü arazide gabroyik katmanın içindeki görüntüsü ile uyumlu olacak şekilde aşağıda Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13 : M Tip Bir Granit Olması İçin Önemli Bir Koşul Olan Plajiyogranit Benzeri Kayacın İçinde Geliştiği Gabro İle Geçişİ.

Plajiyogranit olduğu düşünülen K-3 isimli örneğin ince kesit analizinde iri plajyoklaslara ratlanırken plajyoklasların kenar zonlarında alkali feldspatlar ve yer yer hornblend gözlenmektedir (Şekil 4.14).



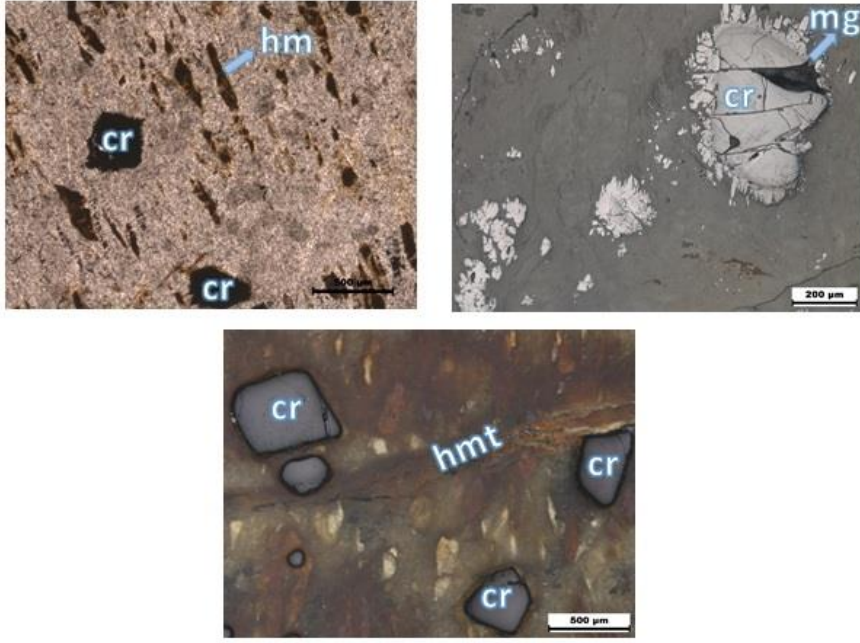
Şekil 4.14 : Plajiyogranit Olduğu Düşünülen Örneğe Ait Kesit Görüntüsü.

M tipi Plajiyogranite bu kısımda değinilmesinin sebebi ülkemizde ender rastlanan bir granit türü olmasıdır. Bu granit kıtasal levha kenarlarında bulunan ve kimyasal bileşimleri ada yaylarında bulunan volkanik kayaçların kimyasal ve izotopik bileşimlerine benzeyen granitik kayaçlardır. I tipi granitlerin bir alt türü olarak düşünülebilirler. Muhtemelen dalan okyanus kabuğunun erimesi ile ilişkili olarak mantodan türeyen çözeltilerden itibaren oluşurlar. M takısı manto kökenine işaret etmektedir. Bu granit ofiyolitik seri içerisinde bölgesel jeoloji kısmında değinilen levha daykları ve gabroyik katman arasına karşılık gelen bir istifde gabroların içerisinde gelişmiş olarak bulunmuştur (Şekil 4.15).



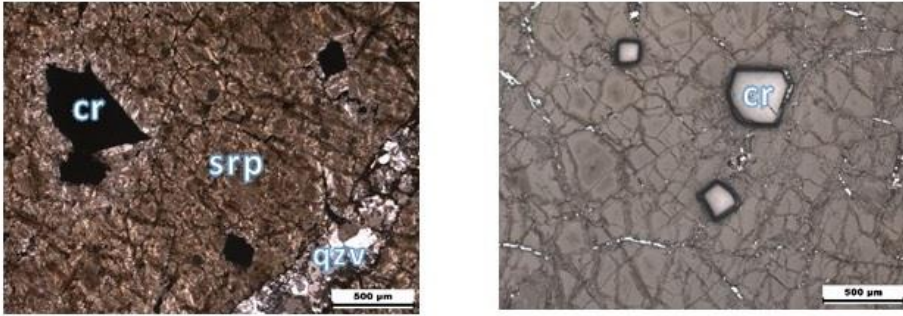
Şekil 4.15 : Gabroyla Tektonik Dokanaksız Granit.

Cevher mikroskobisi çalışmaları sırasında ilk fazda elek dokusu gösteren R-5 isimli örnekte serpantinitleşme ile birlikte hematit oluşumlarının gözlenmesi ve krom minerali içerisinde bu fazın devamında manyetit oluşumu gözlenmiştir (Şekil 4.16).



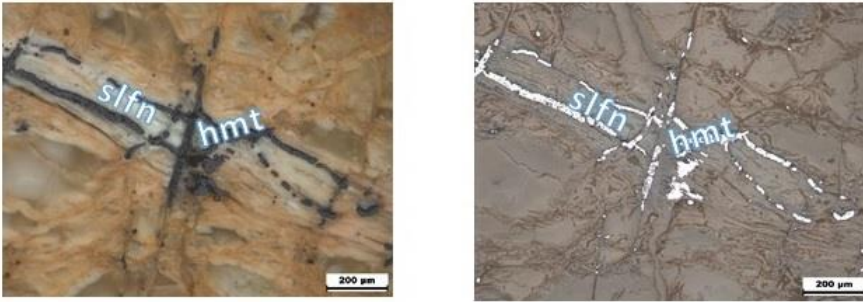
Şekil 4.16 : Hematitden Manyetite Serpantinitleşme ve Faz Geçişleri.

HK-7 İsimli örnekte elek dokusu gözlenmekte yer kromit mineralleri gözlenmektedir(Şekil 4.17).



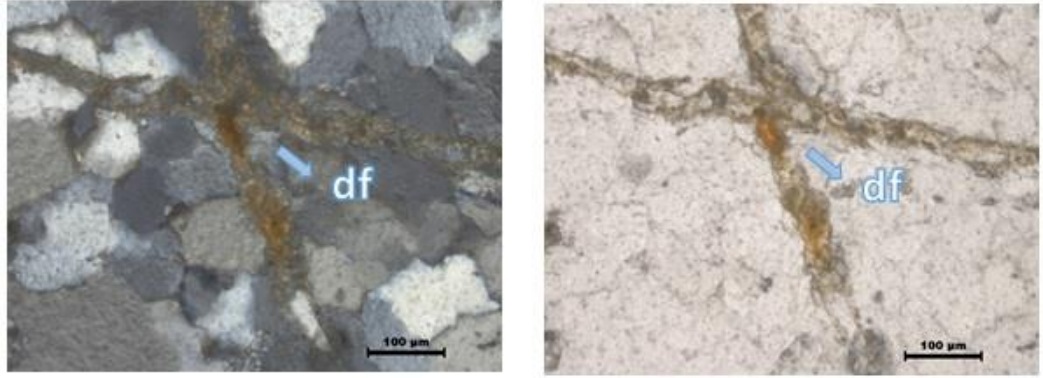
Şekil 4.17 : Elek Dokusu İçerisinde Gözlenen Kromit Mineralleri.

Ayrıca örnekte silisleşmeyle beraber damar yapılarında gelişmiş hematitleşmeler gözlenmiştir . (Şekil 4.18).



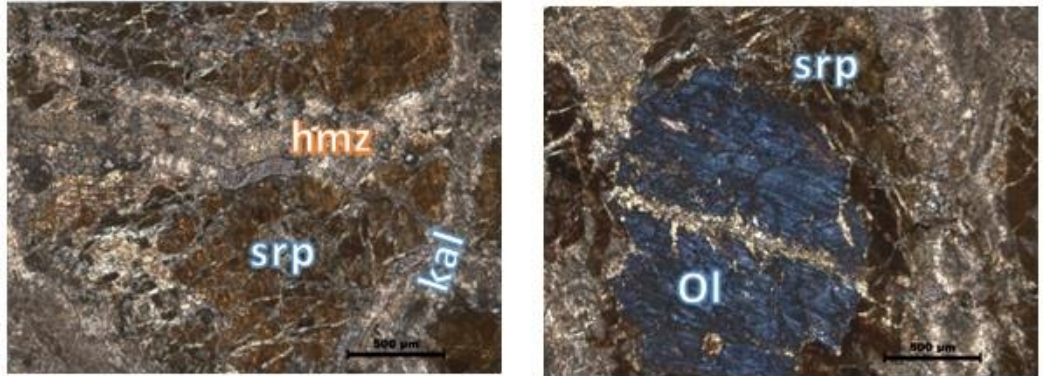
Şekil 4.18 : HK-7 İsimli Örnekteki Silisleşme ve Hematitleşmeler.

Kuvars filonundan alınan HK-14 isimli örnekte ise demir fissürleriyle birlikte serizitleşme gözlenmiştir (Şekil 4.19).



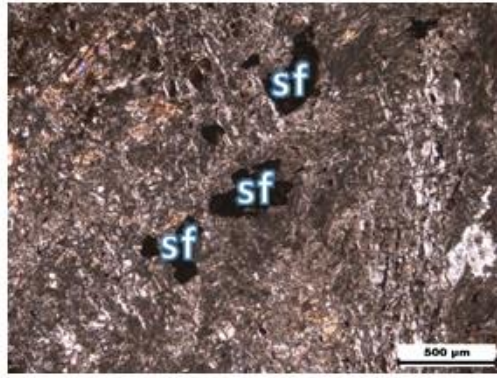
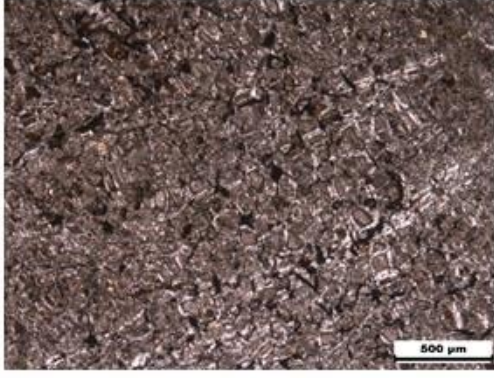
Şekil 4.19 : Birbirini Kesen Demir Fissürleri.

Ofiyolitik kayalardan alınan HK-16 isimli örnekte ise olivinin bozunarak serapantinitleştiği görülmektedir. Ayrıca kalsit dolgusuyla birlikte hidromanyezit damarlarının lateritik süreçlere sebep olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.20).

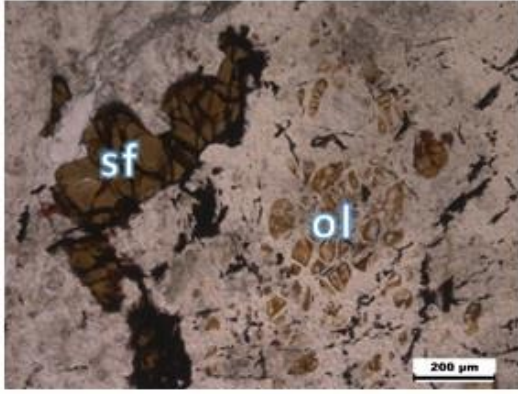


Şekil 4.20 : HK-7 İsimli Örnekteki Silişleşme ve Hematitleşmeler.

R-7 İsimli örneğe ait ince kesit görüntüsünde elek dokusu çok güzel bir biçimde gözlenmektedir (Şekil 4.21). Ayrıca örnekte sfen (titanit) minerali $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)(\text{O},\text{OH},\text{F})$ gözlenirken (Şekil 4.22) olivin ve sfen minerali ayırt edilmekte zorlanılmış daha sonra yakınlştırılmış kesit görüntülerinde belirgin rölyef vermesi sayesinde tanımlanmıştır (Şekil 4.23). Olivinin içerisinde gelişmiş ilmenit mineralleri ise örneğe ait başka bir kesitte tespit edilmiştir (Şekil 4.23).

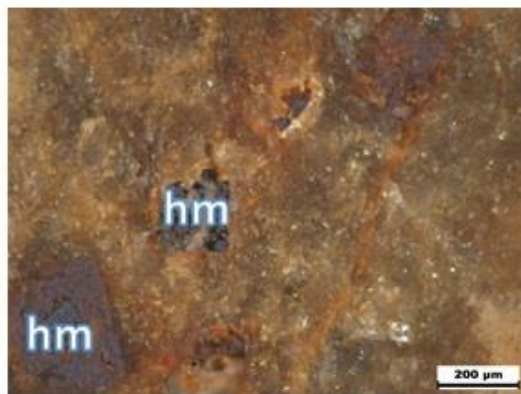
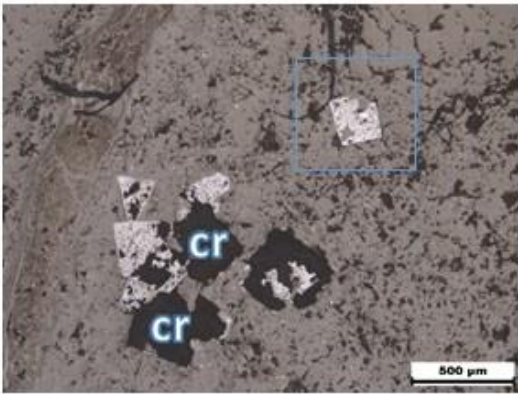


Şekil 4.21 : Solda Elek Dokusu Sağda Tespit Edilen Sfen Mineralleri.



Şekil 4.22 : Sfende Gözlenen Röliyef ve Olivinin Boşluklarında İlmenit Minerali.

R-14 örneğinde silisleşmeyle beraber damar yapılarında ve bazı kısımlarda ise pirit kristalinin boşluk dolgusunda gelişmiş hematitler gelişmiştir. (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 : Solda Pirit Kristalinin Boşluğunda ağda Silisleşmeyle Beraber Gelişmiş Hematit Mineralleri.

5. JEOKİMYASAL SONUÇLAR

Jeokimyasal sonuçları üç ana başlık altında ele alırsak kayaçların sınıflandırılarak petrolojik özelliklerinin anlaşılmasında öncelikli olmak üzere ve tespit edilen nikel ile titanyum değerlerinin karşılaştırmasını yapmak üzere major oksitler için sağlıklı sonuçlar XRF analizleri kullanılmış sonuçlar Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3 ve 5.4’de sunulmuştur. Nadir toprak elementleri, altın, gümüş ve paladyum, platin gibi platin grubu elementlerin tespiti için ICPM-S analizleri kullanılmış ve sonuçlar Çizelge 5.5, Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7 ve 5.8’de sunulmuştur. Hem tespit edilen cevherleşmelerin jenetğine dair yorum yapabilmek hem de kayaç kimyasının mineralojik bileşim ile denestirilmesi gibi amaçlara yönelik olarak da XRD sonuçları doğrultusunda belirli örneklerde mineral tayinleri yapılmıştır. XRD analizlerine göre yapılan mineral tayinleri ise Şekil 5.6’dan başlayarak Şekil 5.15’e kadar sunulmuş. Tespit ve tayinlerin tamamı hem ekonomik jeoloji kısmında hem de tezin sonuç kısmında amaca yönelik olarak olarak tartışılmıştır.

Çizelge 5.1 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.

%	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R8-A
SiO ₂	58,99	65,38	56,56	83,68	64,29	64,13	43,00	41,92
TiO ₂	0,63	0,39	0,50	0,05	0,42	0,67	0,03	1,55
Al ₂ O ₃	16,47	16,34	19,51	0,54	16,81	19,19	1,70	13,28
Fe ₂ O ₃	7,69	4,74	10,91	11,11	4,09	5,07	9,85	16,54
MnO	0,19	0,16	0,46	0,15	0,11	0,05	0,11	0,24
MgO	1,46	1,23	0,54	1,09	1,06	1,00	32,65	8,54
CaO	6,47	5,21	2,76	1,44	6,79	0,27	0,31	11,47
Na ₂ O	3,56	2,80	2,01	-	3,39	2,25	-	2,56
K ₂ O	2,34	1,62	2,87	0,03	1,22	3,45	-	0,25
P ₂ O ₅	0,33	0,22	0,22	0,06	0,24	0,19	-	0,15
LOI	1,17	1,81	3,51	1,62	1,39	3,54	11,57	3,13

Çizelge 5.2 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.

%	R8-B	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15
SiO ₂	32,26	63,27	64,99	74,01	99,62	69,92	63,72	31,90
TiO ₂	1,71	0,61	0,40	0,07	-	0,40	0,84	-
Al ₂ O ₃	9,32	15,01	15,84	13,08	0,08	18,67	17,28	0,53
Fe ₂ O ₃	21,97	5,48	4,53	1,14	0,02	2,00	7,64	7,24
MnO	0,31	0,17	0,15	-	-	0,02	0,11	0,13
MgO	10,76	2,01	1,40	0,10	0,03	0,59	1,81	23,13
CaO	18,56	6,31	5,70	0,63	0,03	0,15	0,29	16,38
Na ₂ O	-	3,31	3,07	3,58	-	0,88	0,09	-
K ₂ O	-	2,47	2,02	6,44	-	5,03	4,10	-
P ₂ O ₅	0,13	0,25	0,21	0,01	0,02	0,08	0,28	-
LOI	4,81	0,92	1,37	0,53	0,17	2,12	3,59	20,13

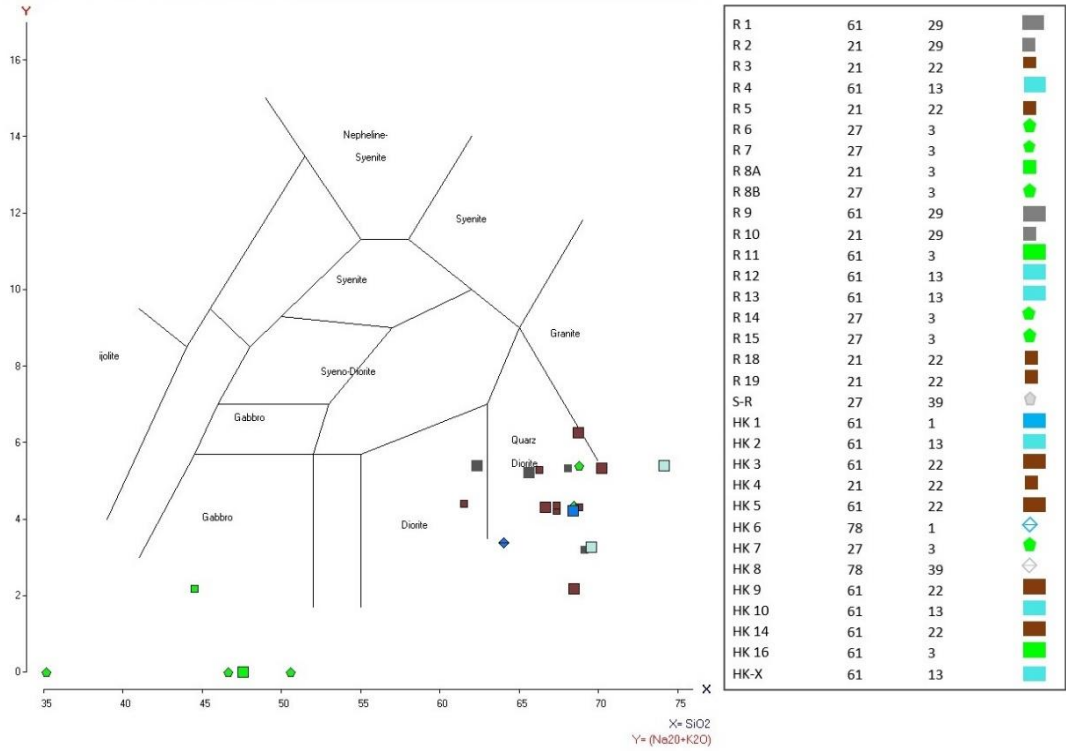
Çizelge 5.3 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.

%	R 18	R 19	S-R	HK 1	HK 2	HK 3	HK 4	HK 5
SiO ₂	62,75	64,59	40,97	65,16	73,52	66,30	63,31	62,48
TiO ₂	0,63	0,46	-	0,46	0,09	0,45	0,46	0,50
Al ₂ O ₃	16,38	17,69	0,84	15,50	13,65	16,21	17,60	15,75
Fe ₂ O ₃	5,63	3,99	8,63	4,76	0,76	5,25	4,35	4,95
MnO	0,15	0,12	0,12	0,14	0,01	0,31	0,12	0,14
MgO	1,44	1,27	35,47	1,43	0,15	0,78	1,23	1,52
CaO	4,56	4,69	0,12	6,08	1,23	2,25	5,00	7,14
Na ₂ O	2,96	2,29	0,06	3,26	3,81	2,30	3,24	3,32
K ₂ O	2,63	2,41	0,04	1,61	6,38	3,27	2,55	1,84
P ₂ O ₅	0,21	0,21	-	0,24	0,00	0,19	0,22	0,26
LOI	2,42	2,08	13,04	1,14	0,00	0,34	2,48	1,72

Çizelge 5.4 : Örneklere Ait Major Oksit Sonuçları.

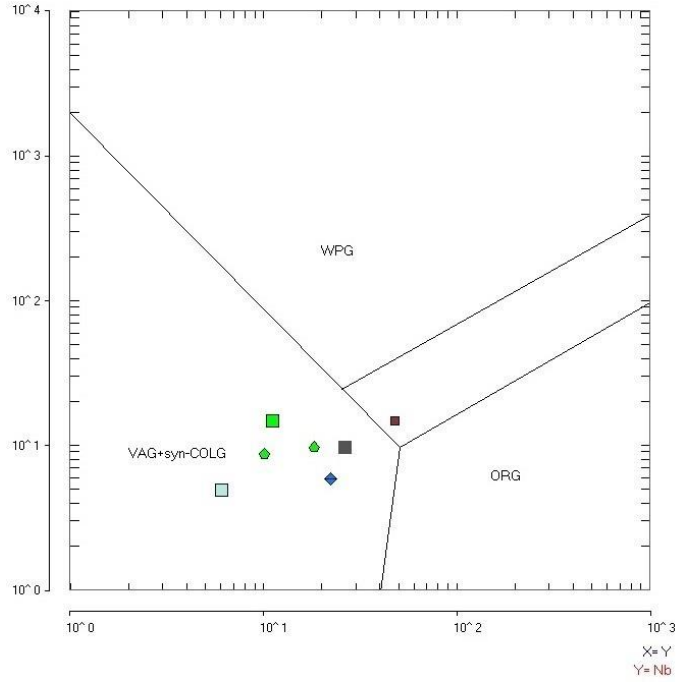
%	HK 6	HK 7	HK 8	HK 9	HK 10	HK 14	HK 16	HK-X
SiO ₂	57,85	42,39	1,53	66,33	64,59	63,42	40,30	90,98
TiO ₂	0,51	0,69	0,12	0,60	0,49	0,26	0,00	0,10
Al ₂ O ₃	17,48	6,09	0,87	13,46	16,63	5,93	0,22	4,71
Fe ₂ O ₃	5,14	12,78	0,63	5,26	5,71	13,74	7,96	0,85
MnO	0,19	0,18	0,02	0,14	0,22	0,99	0,09	0,02
MgO	2,50	24,51	0,21	1,60	2,00	5,48	37,54	0,37
CaO	5,48	6,42	53,77	5,29	3,01	4,01	0,05	0,51
Na ₂ O	1,24	0,29	0,00	3,01	1,17	0,14	0,01	1,03
K ₂ O	2,06	0,04	0,23	3,13	2,11	2,29	0,00	0,60
P ₂ O ₅	0,15	0,06	0,02	0,24	0,15	0,23	0,00	0,03
LOI	1,16	7,22	5,78	42,57	3,81	3,37	12,58	0,71

Çıkan analiz sonuçlarındaki bütün major oksitler sınıflamalar için nadir toprak elementleri ise zenginleşmelerin anlaşılması için kullanılmıştır. Bu sınıflandırma için sonuçlar Petrograph isimli programa uygun Excel formatına getirilerek programa tanıtılmış ve yukarıda belirtilen sembolojiye uygun olarak istenen diyagramlarda gösterilmiştir. Yapılan ilk genel sınıflama Colls-Bell-Plank 1979'ın alkali içeriğinin silis içeriği ile karşılaştırıldığı diyagrama göre yapılmıştır (Şekil 5.1).



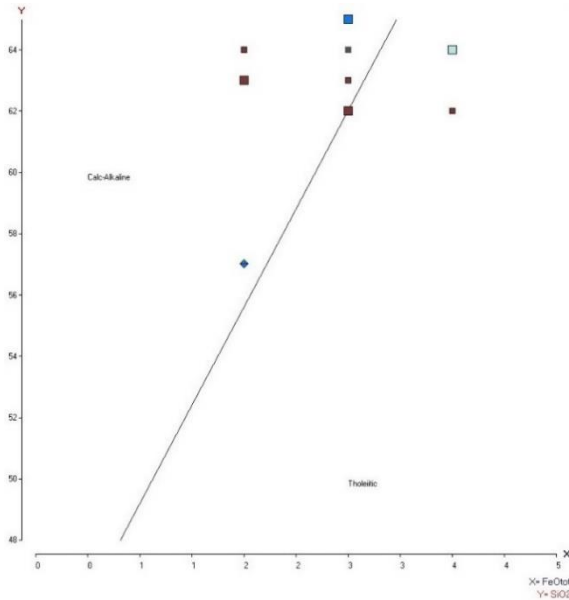
Şekil 5.1 : Colls-Bell-Plank 1979'a Göre Kayaçların Sınıflandırılması.

Bu sınıflandırmada granitoidlerin büyük bir kısmının sınıflamada ismi kuvars-diyorit olarak geçen granodiyorit sınıfına düştüğü görülmektedir. Bu kısma kadar bütün incelemeler granitoidlere yönelik olarak ele alınmıştır. Granitoidleri genel olarak değerlendirdiğimizde niyobyuma karşılık itriyum oranları karşılaştırılarak granitoidlerin kökensel olarak yorumlandığı Pearce vd.(1984)'e göre intüzyonlar ada yayında ve çarpışmayla eş zamanlı gelişmiş granitoidler olarak gözlenmektedir (Şekil 5.2). Ayrıca ofiyolitik kayaçlara ait Niyobyum ve İtriyum oranları da benzer özellikler göstermektedir.



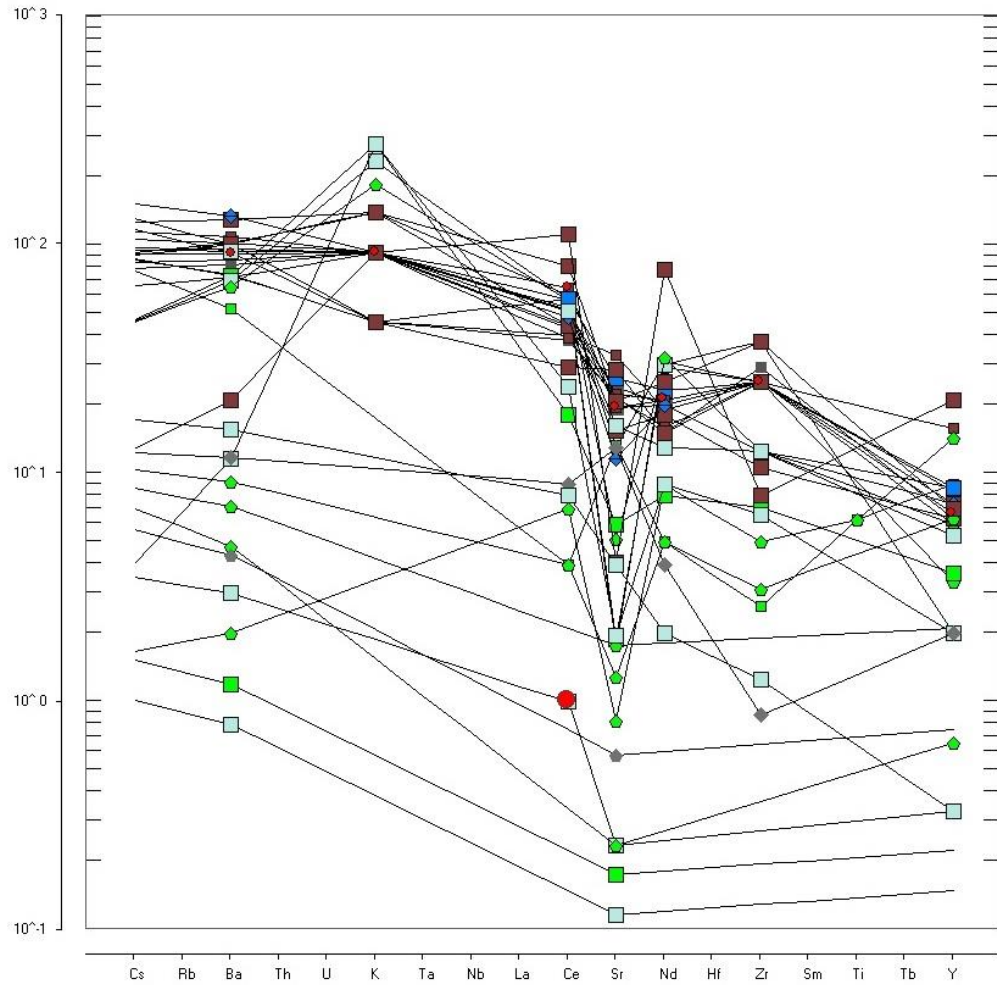
Şekil 5.2 : Pearce ve Diğerlerine Göre Granitoidlerin Kökensel Sınıflandırılması (1984).

Arenalaşmış ve aşırı altere olmuş örneklerin büyük kısmında yapılan arazi gözlemleri sonucu demir oksit minerallerinde bir artış söz konusudur. Granitoidlerin bütünü kalk alkali ve toleitik seriler içinde konumlandığımızda büyük kısmı I Tipi granitlerle benzer şekilde kalk alkali bir oluşum sergilerken altere olmuş örneklerdeki toplam demir artışından dolayı toleitik serilere yaklaşma söz konusudur (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Miyashiro 1974'e Göre Granodiyoritlerin Toplam İçerikleri ve Silikat Miktarlarına Göre Kalkalkali ve Toleitik Olarak Sınıflandırılması.

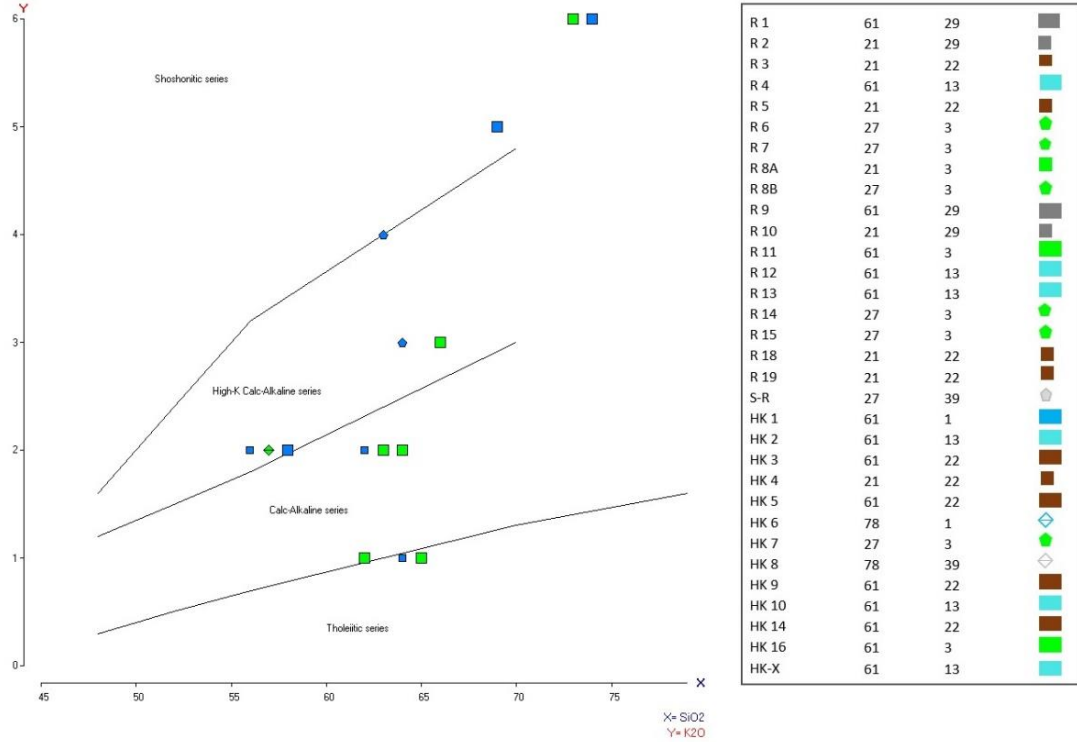
Nadir toprak sonuçlarını değerlendirirken ofiyolitlere bağlı ilk değerlerin şistlerde artış gösterebileceği düşünülerek ofiyolit sınırındaki şistlere yönelik çalışmalarından dolayı Haskin ve Frey'in 1966 yılında bu tipteki şistlere yönelik normalize ettiği değerler üzerinden spider diyagramda değerlendirme yapılmıştır (Şekil 5.4). Diyagram incelendiğinde potasyumun kristal kafesine girerek zenginleştiği düşünülen nadir toprak elementlerinde potasyum ile doğru orantılı bir artış gözlenmektedir. Altere örneklerde nadir toprak elementleri açısından diğer örneklere oranla yüksek değerler gözlenir.



Şekil 5.4 : Haskin ve Frey (1966)'ya Göre Ofiyolitle Dokanak Yapan Şistlere Göre Normalleştirilmiş REE Spider Diyagramı.

Kayaçların genel olarak jenetik serilerle ilişkisine baktığımızda bölgedeki litolojik çeşitliliğin sonuçlara ve tanımlama diyagramlarına yansıdığını görmekteyiz. Örneklem sırasında incelenen litolojiler ve yapısal unsurların hidrotermal olarak mobil olan elementlerle etkileşimini de düşündüğümüzde bu kadar farklı jenetik

oluşum görmemiz aslında bölgedeki kayaçların aktif plaka tektoniğine maruz kalan bir parajenez içinde geliştiğine güzel bir işarettir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Peccerillo ve Taylor (1976)'ya Göre Kayaçların Potasyum Oksit ve Silikat Değerlerine Göre Sınıflandırılması.

Peccerillo ve Taylor bu sınıflandırmayı yaparken yüksek potasyum değerine sahip bazik kayalardan (shoshonitik seri) giderek potasyum değerinin düştüğü ve mafik minerallerin baskın olduğu toleyitik kayaçlara doğru yüksek potasyumlu kalk alkali kayaçlar ve bir plakanın diğer plakanın altına daldığı ve I tipi granitoyidleri karakterize eden normal alüminyum değerlerine sahip kalk alkali kayaçlar olarak dört ana başlık altında bu sınıflandırmayı yapmışlardır.

Çizelge 5.5 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.

ppm	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8A
Co	28,688	41,030	33,880	53,401	44,224	48,885	119,175	77,873
Ni	12,835	17,689	70,649	70,478	25,529	233,445	1546,174	194,928
Cu	5,634	10,982	44,738	56,745	12,140	33,014	26,525	115,051
Zn	91,788	72,011	65,509	26,444	56,855	70,709	47,653	124,047
V	-	-	-	-	-	-	-	500
Cr	5000	-	-	-	-	1000	-	600
Rb	71,562	67,869	77,324	1,409	47,750	124,887	1,396	8,402
Sr	407,799	365,004	219,287	4,283	562,067	88,612	4,395	226,489
Ba	509,600	369,171	429,438	15,738	367,325	510,573	24,962	264,986
Pb	16,583	17,115	20,117	13,093	45,559	54,413	ND	10,460
Y	26,103	18,621	47,924	1,315	25,391	10,455	2,153	27,463
Zr	100	200	200	-	200	200	-	21
Nb	-	-	15	-	-	9	-	-
La	22,315	18,199	30,178	0,761	18,602	27,606	0,535	1,308
Ce	44,939	38,225	57,428	1,541	40,701	60,477	0,299	4,835
Nd	20,786	16,340	31,081	0,851	19,807	29,908	0,707	5,837
Sm	4,442	3,359	7,534	0,123	4,200	7,133	0,087	2,337
Eu	1,213	0,941	1,583	ND	1,184	1,413	ND	0,964
Tb	0,691	0,479	1,348	ND	0,645	0,538	ND	0,610
Yb	2,845	2,024	5,651	0,179	2,830	1,192	0,116	2,898
Ga	40,644	34,994	39,452	2,499	36,711	42,910	2,927	29,616
Lu	0,364	0,249	0,844	ND	0,346	0,117	ND	0,374
Sc	67,938	66,786	65,754	68,816	68,831	77,320	56,339	100,434
Cs	1,162	2,370	9,992	0,284	1,561	7,361	1,011	0,895
Hf	0,709	0,573	0,649	0,215	0,694	1,047	0,051	1,648
Th	1,189	ND	ND	ND	0,371	5,165	ND	ND

Çizelge 5.6 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.

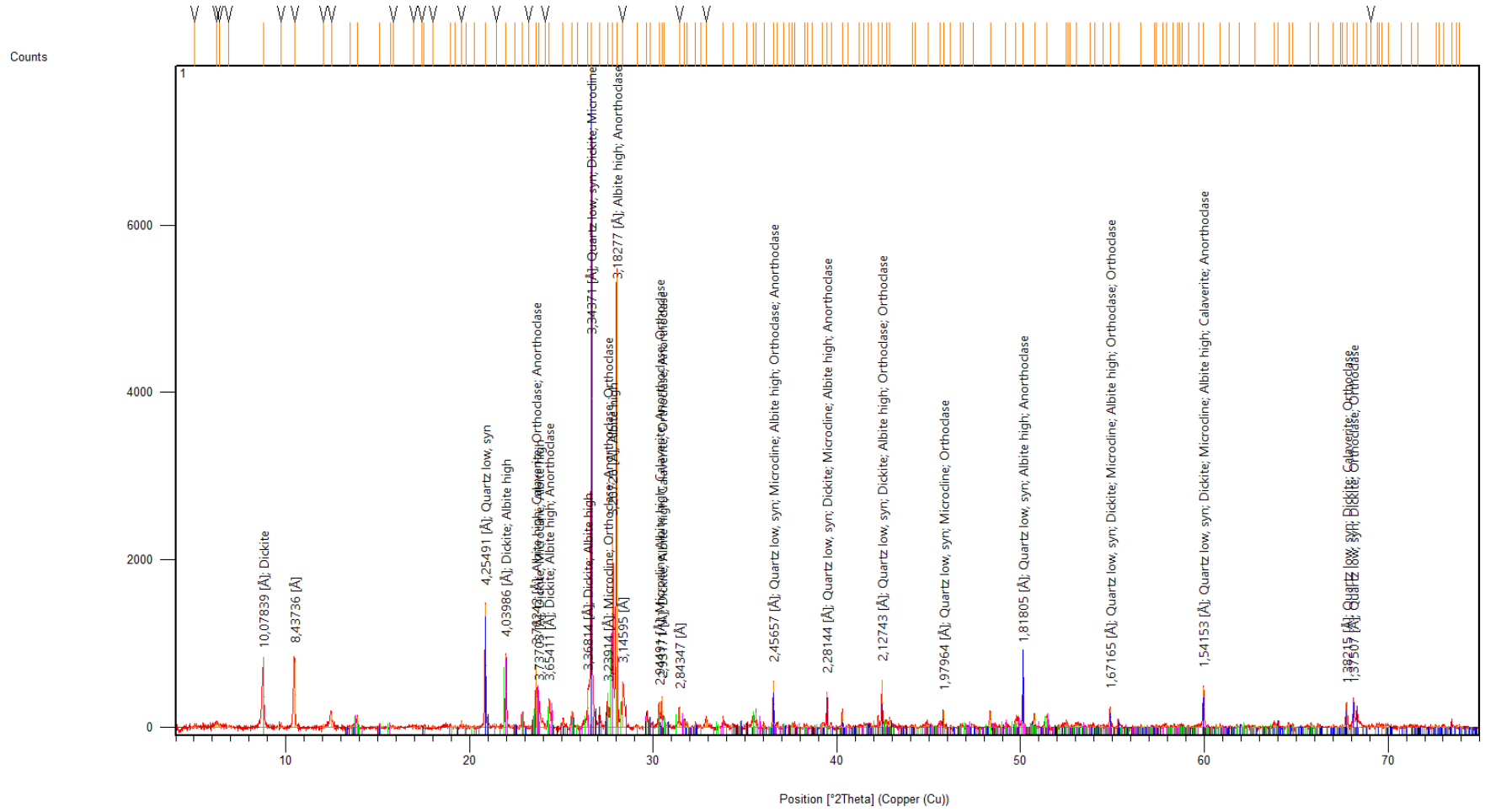
ppm	R 8B	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15
Co	75,527	42,468	50,828	62,512	95,025	31,613	50,006	115,791
Ni	67,171	17,630	22,248	13,519	12,890	319,241	89,618	1653,844
Cu	72,206	7,511	6,371	2,940	1,859	12,220	170,113	7,280
Zn	138,669	76,476	60,772	2,023	3,103	46,075	69,767	32,254
V	600	-	-	-	-	-	100	-
Cr	-	-	1800	2600	-	-	100	2600
Rb	0,667	92,209	87,959	237,839	0,572	60,391	126,472	1,339
Sr	14,750	329,533	370,096	102,589	2,129	32,084	30,768	30,426
Ba	10,410	360,617	409,395	365,548	4,508	347,866	326,594	36,204
Pb	28,236	34,170	42,280	34,438	ND	48,431	18,417	3,584
Y	43,240	26,695	19,177	11,633	0,101	6,781	18,031	0,279
Zr	40	200	234	57	-	300	100	-
Nb	-	10	-	15	-	5	10	-
La	1,830	28,698	21,090	9,420	0,054	26,515	33,063	0,032
Ce	7,382	53,581	43,017	18,428	0,103	58,355	57,379	0,122
Nd	9,333	20,916	15,749	8,540	0,022	30,724	32,089	0,011
Sm	3,780	4,158	3,172	1,725	ND	6,968	6,515	ND
Eu	1,278	1,015	0,896	0,281	ND	1,409	1,434	ND
Tb	1,025	0,650	0,463	0,225	ND	0,623	0,766	ND
Yb	4,546	3,115	2,192	1,733	ND	0,383	1,315	ND
Ga	10,762	33,843	35,196	28,790	0,526	31,195	31,522	0,659
Lu	0,593	0,432	0,279	0,250	ND	0,003	0,130	ND
Sc	95,322	69,597	66,406	64,963	72,902	78,654	79,923	55,401
Cs	0,148	8,370	3,622	8,032	0,078	3,615	6,786	0,270
Hf	2,252	1,014	0,780	2,259	0,037	0,288	0,567	0,038
Th	ND	23,523	2,397	24,345	ND	ND	2,542	ND

Çizelge 5.7 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.

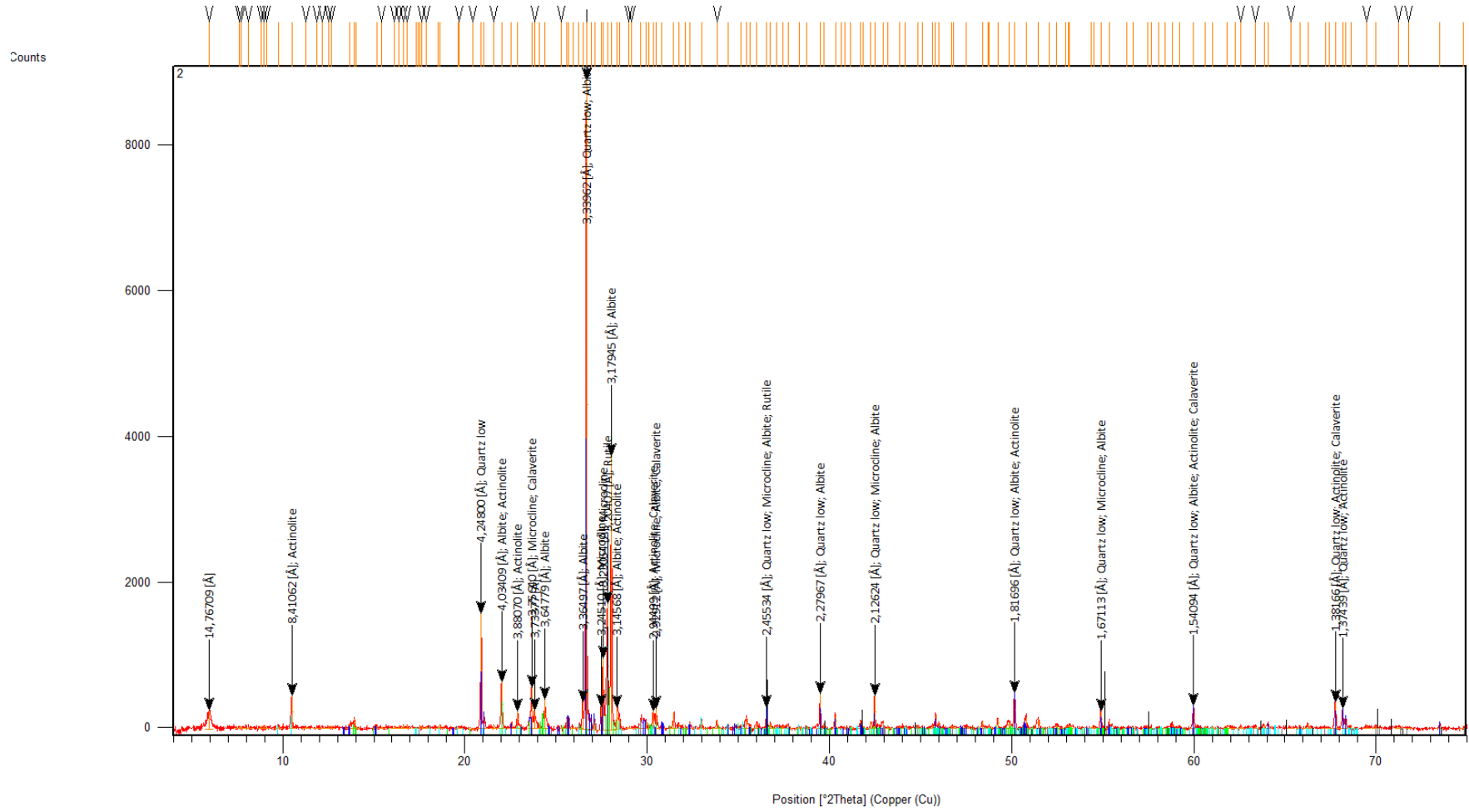
ppm	R 18	R 19	S-R	HK 1	HK 2	HK 3	HK 4	HK 5
Co	30,602	29,468	117,270	52,534	64,238	34,690	40,432	58,168
Ni	17,018	24,939	2056,215	7,443	148,835	14,004	21,970	28,821
Cu	15,445	8,283	15,702	4,103	3,169	4,855	13,355	38,213
Zn	72,874	64,774	19,704	95,765	10,334	68,411	59,075	60,077
V	100	89	-	-	-	100	-	-
Cr	-	-	2300	-	-	-	-	-
Rb	91,954	97,321	0,839	56,672	244,923	118,111	116,124	66,734
Sr	362,088	328,116	10,191	444,311	33,526	260,280	379,311	485,848
Ba	542,560	457,415	22,686	501,639	58,533	643,458	477,112	461,774
Pb	11,844	26,334	ND	6,732	63,339	21,306	31,713	18,297
Y	20,722	20,310	0,188	26,112	6,609	19,802	22,962	22,185
Zr	200	200	-	200	53	85	200	200
Nb	-	-	-	-	-	-	-	-
La	20,821	36,320	0,074	31,417	11,807	21,584	27,663	13,289
Ce	39,378	65,874	0,152	58,913	24,134	44,068	52,277	29,459
Nd	16,268	21,688	0,040	23,880	9,449	18,111	21,464	15,516
Sm	3,384	3,933	ND	4,512	1,520	3,937	4,213	3,616
Eu	1,002	0,936	ND	1,174	0,164	1,095	1,051	1,076
Tb	0,483	0,527	ND	0,707	0,134	0,569	0,596	0,544
Yb	2,172	2,166	ND	2,706	1,002	2,177	2,538	2,241
Ga	43,173	39,471	ND	39,288	15,415	46,172	38,301	40,667
Lu	0,272	0,290	ND	0,356	0,160	0,275	0,328	0,285
Sc	70,708	68,067	64,451	73,590	76,289	77,720	79,379	71,406
Cs	2,247	3,939	0,476	1,623	7,568	36,361	7,116	2,344
Hf	0,606	0,742	0,045	0,911	1,652	0,582	0,739	0,671
Th	0,480	8,502	ND	53,485	29,941	4,221	3,634	ND

Çizelge 5.8 : Örneklere Ait ICP-MS Sonuçları.

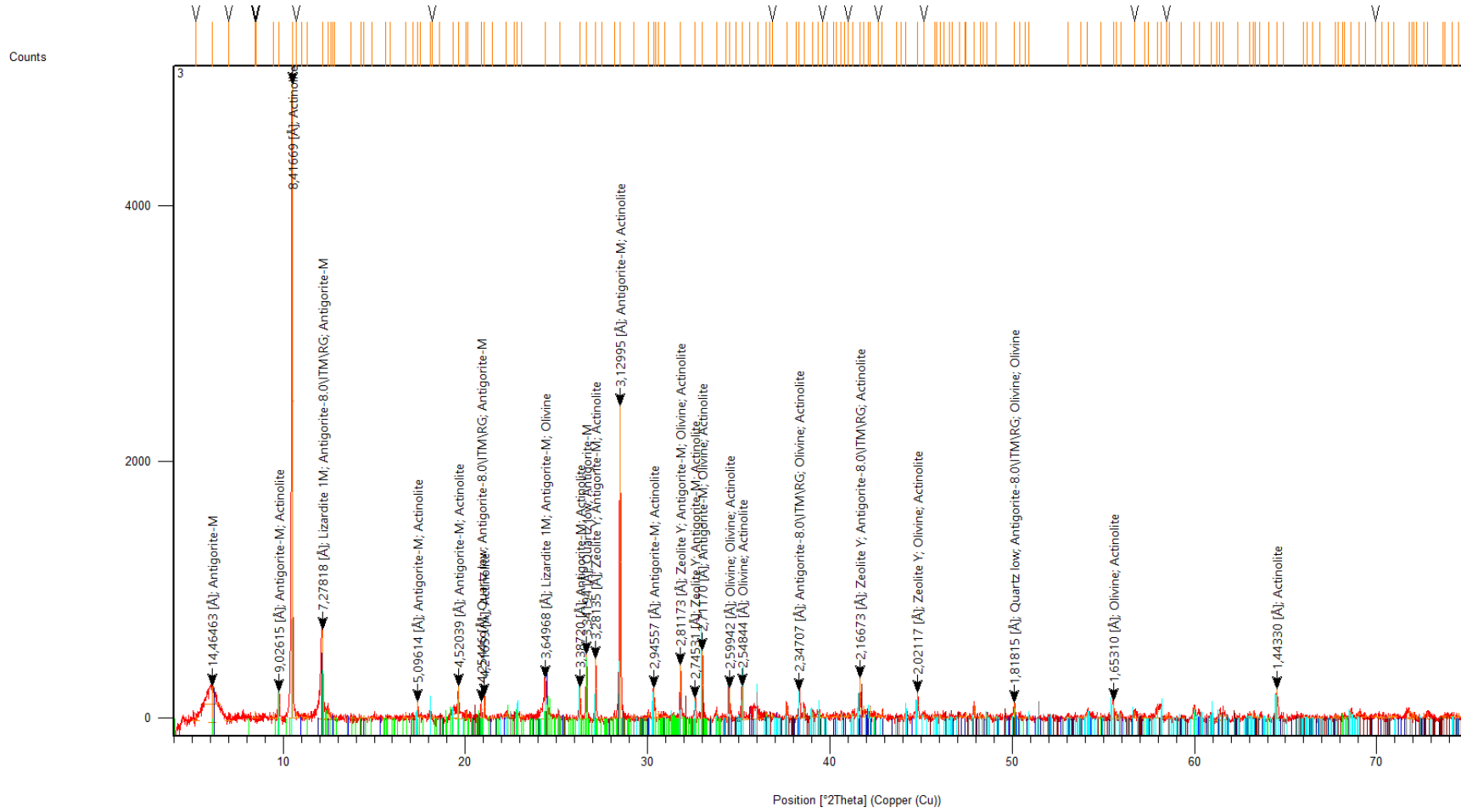
ppm	HK 6	HK 7	HK 8	HK 9	HK 10	HK 14	HK 16	HK-X
Co	36,102	116,569	23,760	38,706	37,043	41,726	130,153	76,009
Ni	72,918	1030,671	20,857	12,765	13,763	44,863	2568,204	8,926
Cu	17,440	104,882	6,045	6,380	9,799	29,646	4,497	4,081
Zn	206,063	81,799	20,608	58,630	85,171	201,167	30,532	0,282
V	-	300	-	-	-	-	43	40
Cr	200	4600	-	-	-	100	6700	-
Rb	84,329	1,268	8,136	123,314	119,210	68,730	1,167	24,633
Sr	196,617	22,625	221,619	352,435	276,054	69,304	3,471	68,525
Ba	668,666	46,081	59,719	502,228	469,935	105,972	6,520	78,328
Pb	32,998	16,415	21,729	34,932	35,463	ND	ND	ND
Y	22,648	19,356	6,926	21,933	16,107	63,714	0,265	1,718
Zr	100	25	7	300	100	64	-	10
Nb	6	-	-	-	-	-	-	-
La	23,529	2,138	6,355	46,469	17,295	75,610	0,146	4,781
Ce	48,166	4,702	9,099	81,726	51,962	111,288	0,262	8,878
Nd	20,920	5,270	4,628	25,477	13,134	78,868	0,125	2,264
Sm	4,426	1,716	0,891	4,336	2,655	17,005	ND	0,331
Eu	1,162	0,597	0,178	0,994	0,690	3,020	ND	0,032
Tb	0,613	0,424	0,078	0,578	0,396	2,330	ND	ND
Yb	2,188	1,935	0,271	2,269	2,133	3,781	ND	0,133
Ga	50,268	9,715	0,137	40,599	36,961	12,519	ND	3,028
Lu	0,276	0,240	ND	0,281	0,287	0,475	ND	ND
Sc	75,876	100,314	25,665	71,518	72,567	82,996	59,302	98,967
Cs	7,941	1,184	1,466	10,495	8,723	1,809	0,165	1,131
Hf	2,581	1,283	0,333	0,688	0,837	0,817	0,038	0,126
Th	ND	ND	ND	13,653	3,079	ND	ND	ND



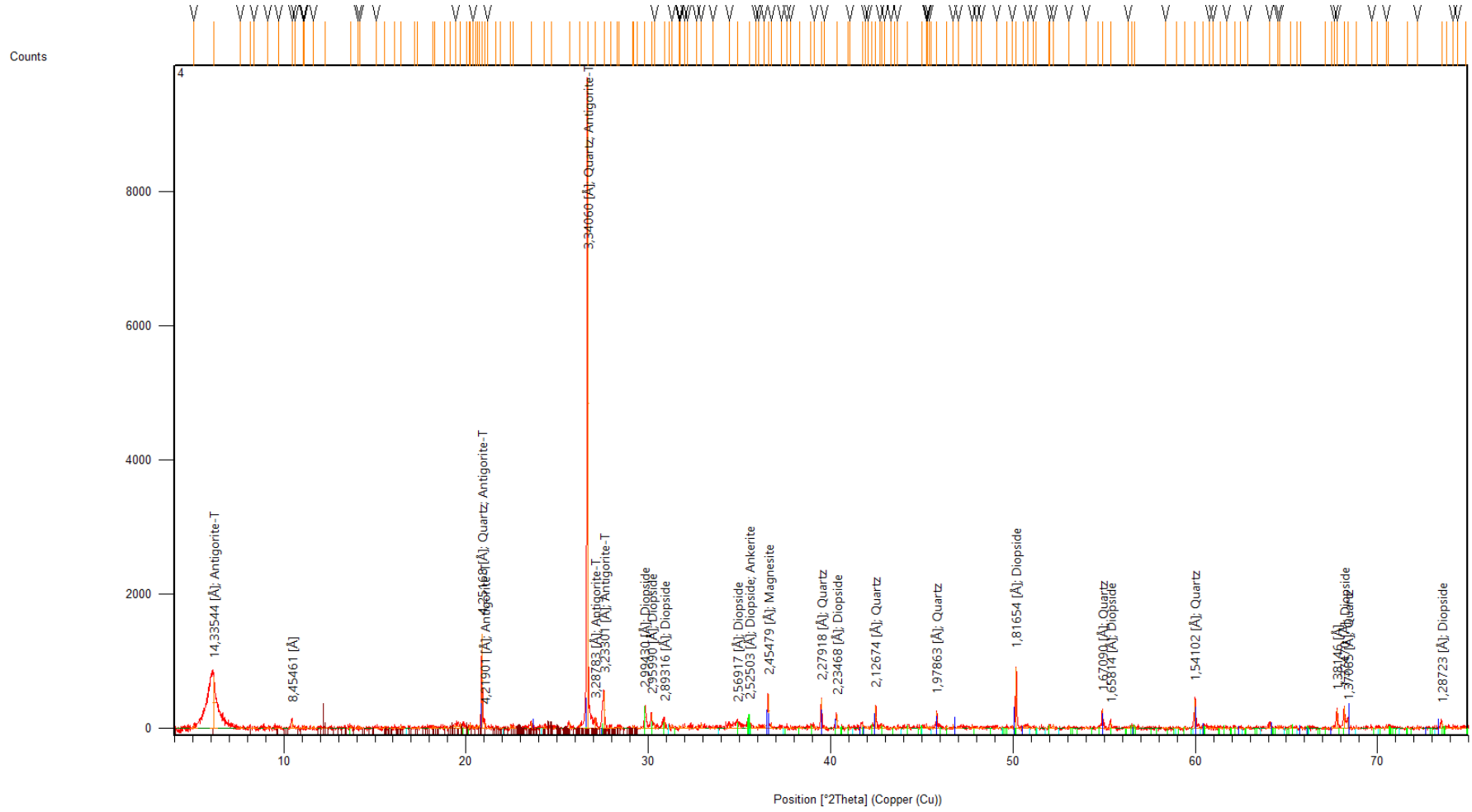
Şekil 5.6 : HK-1 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



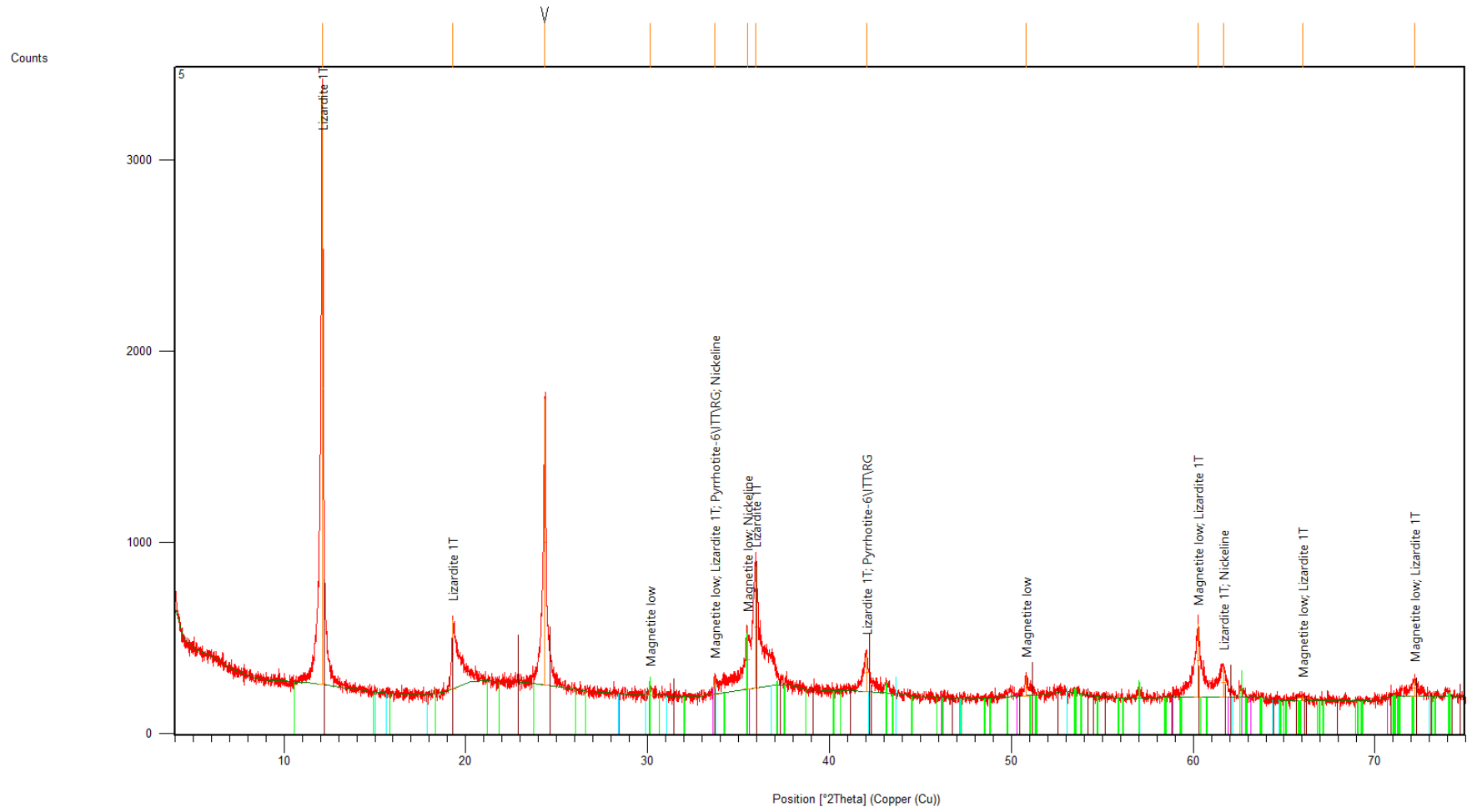
Şekil 5.7 : HK-4 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



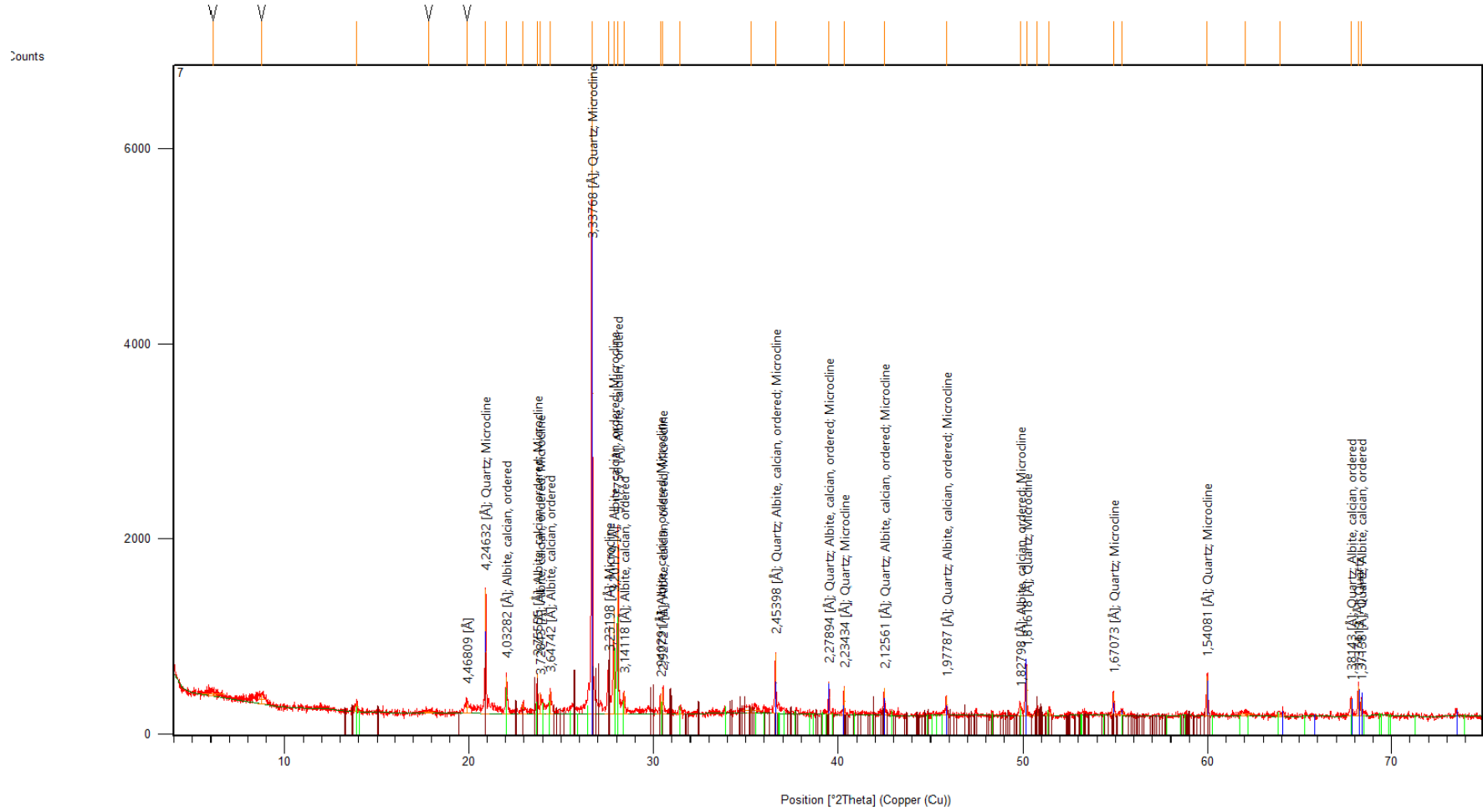
Şekil 5.8 : HK-7 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



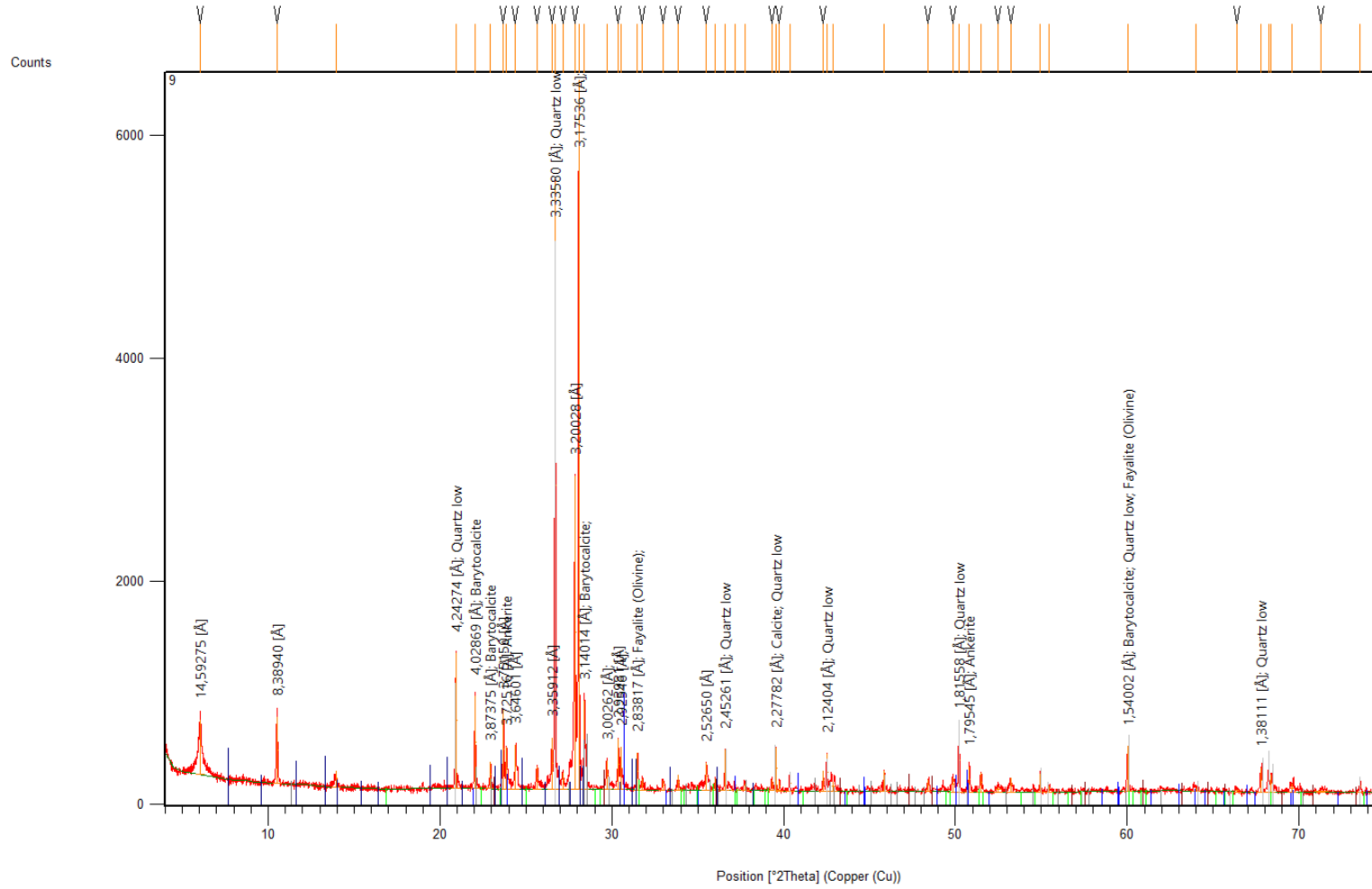
Şekil 5.9 : HK-14 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



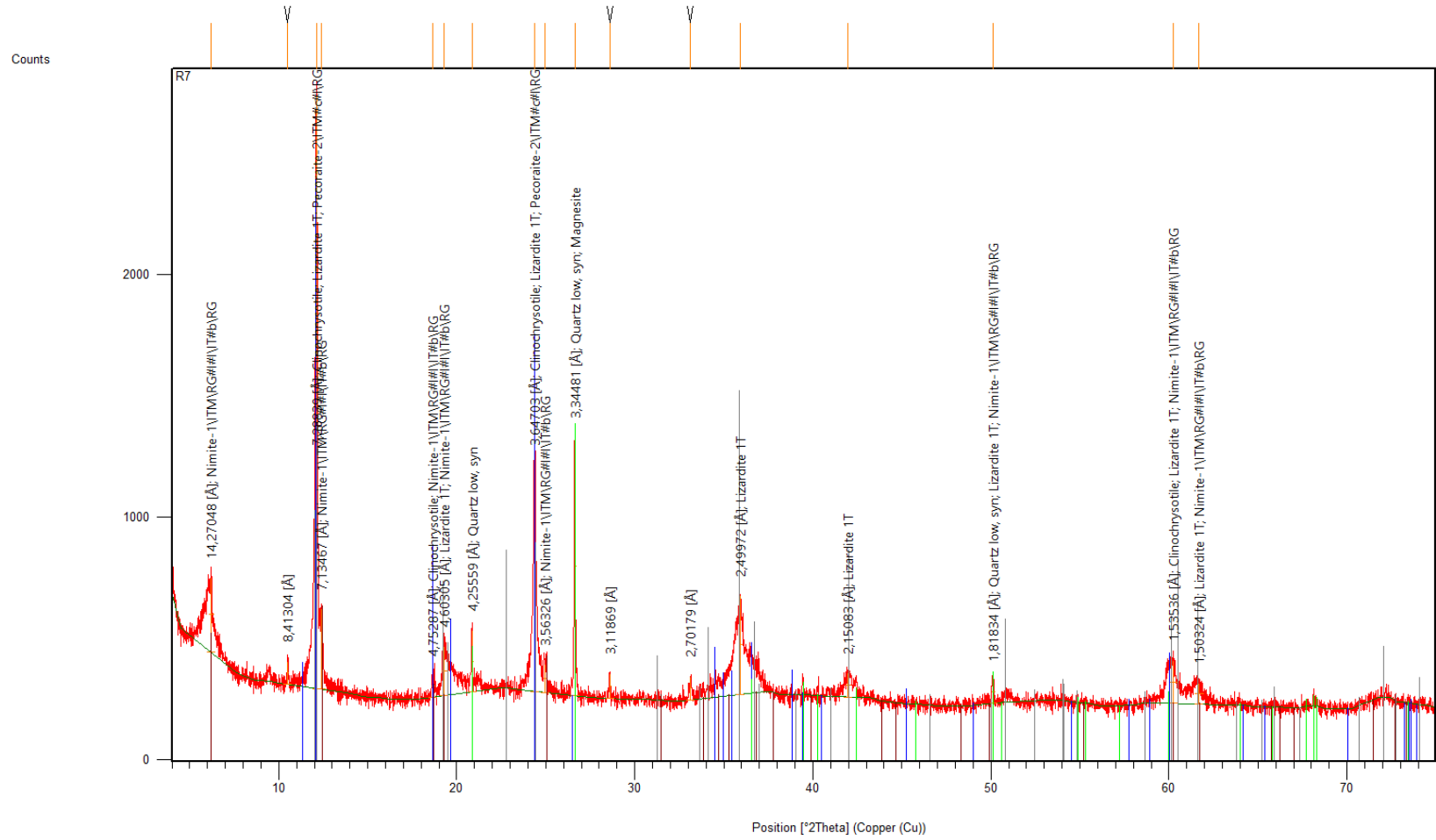
Şekil 5.10 : HK-16 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



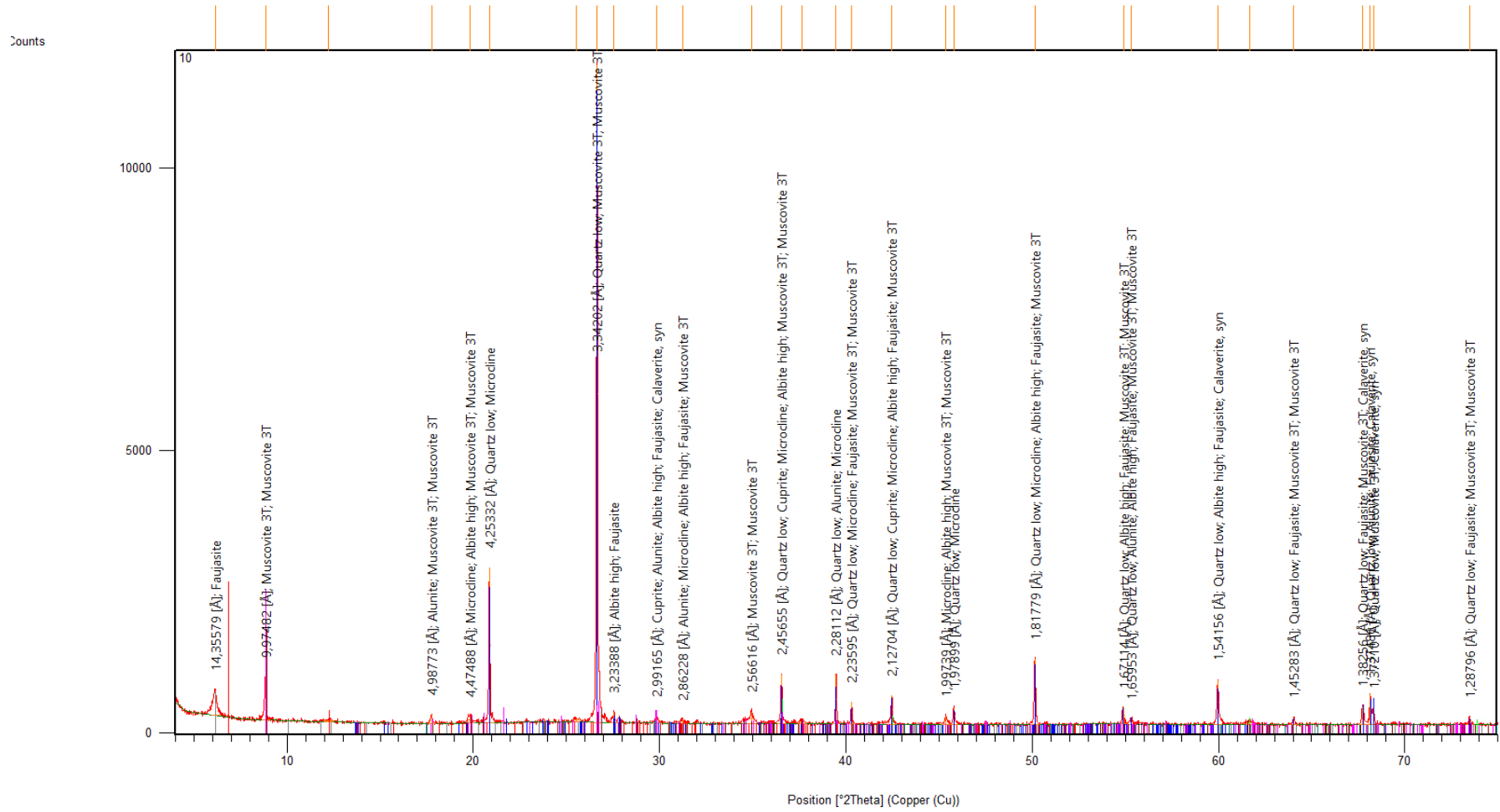
Şekil 5.11 : R-3 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



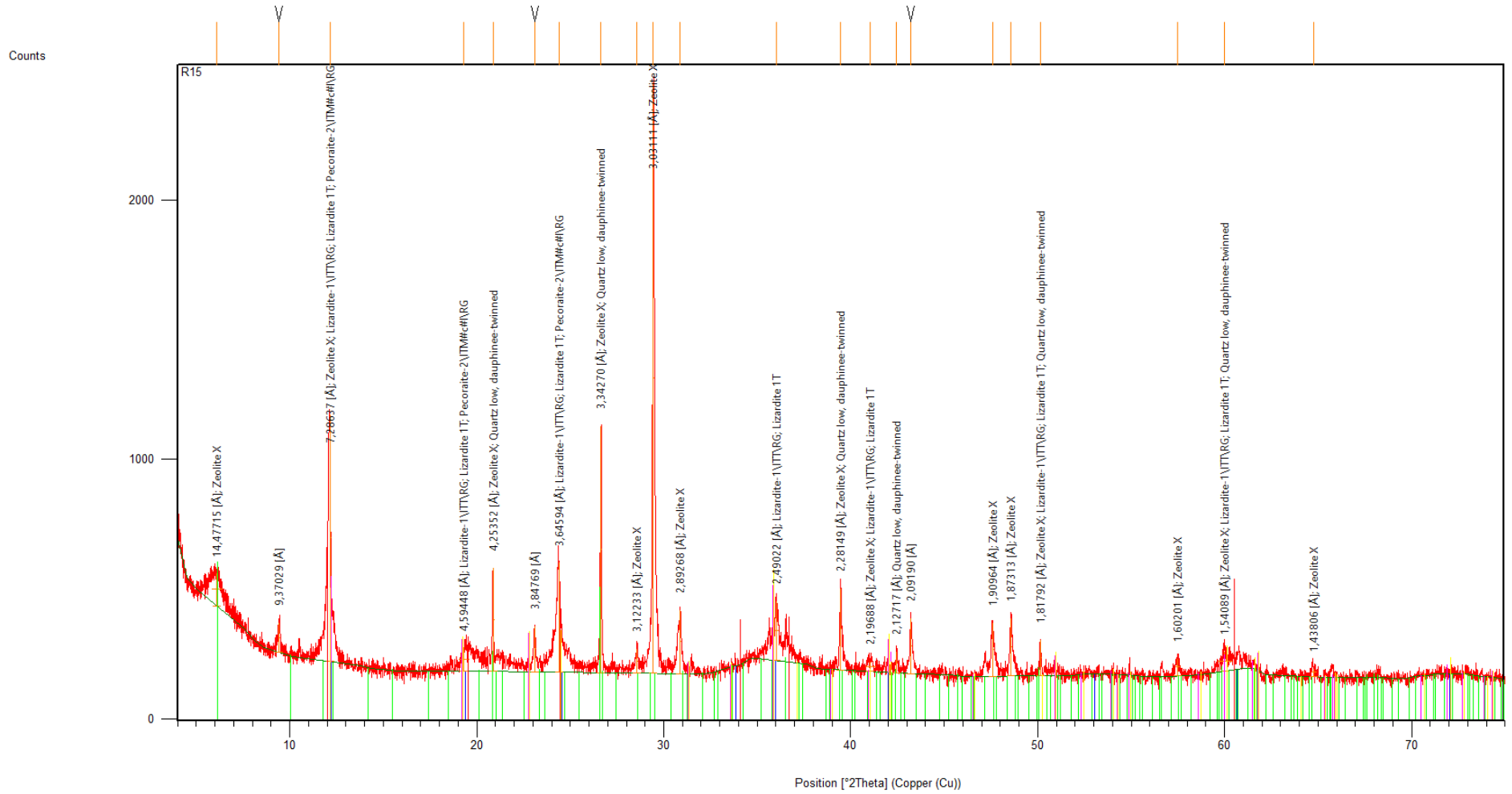
Şekil 5.12 : R-5 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



Şekil 5.13 : R-7 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



Şekil 5.14 : R-14 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.



Şekil 5.15 : R-15 İsimli Örneğin XRD Analiz Sonuçları.

XRD Analizlerine göre tespit edilen mineraller her bir örnek için aşağıda verilmiştir.

HK-1: Dikit, Albit, Kuvars, Ortoklas, Anortoklas, **Kalaverit**, Mikroclin

HK-4: Aktinolit, **Rutil**, **Kalaverit**, Kuvars, Mikrolin, Albit

HK-7: Antigorit, Aktinolit, Olivin

HK-14: Antigorit, Kuvars, Diyopsit

HK-16 : Lizardit, **Manyetit**, **Nikelin**, **Pirotit**

R-3: Kuvars, Mikroclin

R-5: Baritokalsit, Kuvars, Ankerit, Fayalit

R-7: **Nimit**, Klinokrizotil, **Pekorait**, Lizardit

R-14: **Fujasit**, Muskovite, Albit, **Kalaverit**

R-15: Zeolit X, Lizardit, **Pekorait**, Kuvars

Not : Mavi punto ile yazılmış mineraller cevher mineralleri yada çalışma konusu için önem arz etmesi nedeniyle farklı renklerle ifade edilmiştir.

Kalaverit : Au Te_2

Rutil : Ti O_2

Manyetit : $\text{Fe}_3 \text{O}_4$

Pirotit : Fe S

Nikelin : Ni As

Nimit : $(\text{Ni,Mg,Fe})_5 \text{ Al } (\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} (\text{OH})_8$

Pekorait : $\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (Serpantin Grubu)

Fujasit : $(\text{Na}_2\text{CaMg})_3 5[\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}] 32(\text{H}_2\text{O})$ (Zeolite Grubu)

6. EKONOMİK JEOLJİ

Araştırma sahasında il tespit olarak Nadir Toprak Elementleri, Nikel, Altın, Gümüş, Platin ve Paladyum zenginleşmeleri tespit edilmiştir. Bahsi geçen baz metaller için hali hazırda işletilen tesislerden asgari tenör değerleri ve metal borsasındaki birim metal fiyatları üzerinden sahanın ekonomik olma durumuna dair yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Bu yaklaşımlar sırasında tesis planlama sürecine detaylı bir yaklaşım yapılmamış cevher minerali olarak işletmeye uygun olmayan cevherler için durum izah edilerek diğerlerinde görünür rezerv üzerinden işletme maliyeti olmaksızın muhtemel değer hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar dışında sonuç bölümünde cevher yapılarını anlamlandırmak için yapının sınırları ve komşu yapılarla ilişkileri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

Değerlendirmeler aynı ortamda bulunan başka cevherlerin bir arada işletildiğinde ikincil cevherlerin varlığının asgari tenörü etkileyebilmesi nedeniyle birden çok cevherin aynı anda işletildiği modeller üzerinden yapılmıştır.

Bölgeyle ilgili önem arz ettiğini düşündüren ve ekonomik jeoloji kısmında da belirtmekte fayda gördüğüm diğer bir konu ise bölgenin önemli bir kısmının yoğun bitki örtüsü ile kaplı olması ve kurulacak bir işletmenin ekolojik olarak önemli değişimlere sebep olacağının da bilinmesidir.

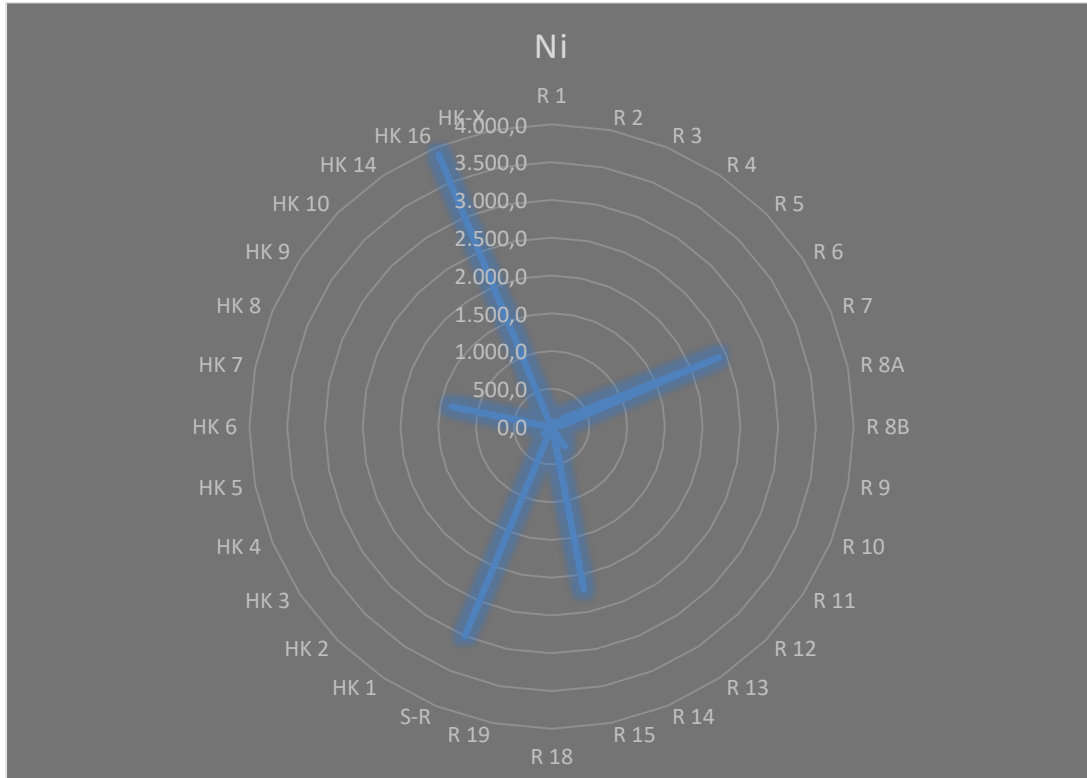
İlk olarak Ni zenginleşmelerini ele aldığımızda değerlerin büyük kısmının anomali gösteren değerler olduğunu fakat bugün için işletme tenörünün çok altında kaldığını söylemek daha doğru olacaktır. Dünya üzerinde işletilen önemli nikel yatakları mafik ve ultrabazik yataklarla ilişkilidirler. Ülkemizdeki işletmelerin tamamını oluşturan dünya genelinde ikincil bir işletme tipini oluşturan lateritik nikel işletmeleri de mevcuttur. Lateritik nikel yataklarının ülkemizdeki örnekleri Manisa Çaldağ ve Eskişehir Sarıcakaya'da yer almaktadır ve en önemli cevher minerali garniyeritdir.

Araştırma sahasında ise tespit edilen yegane Nikel minerali nikelindir gabroya yakın kayalarlarda ve pirotin ile birlikte bulunması hidrotermal damarlarda gelişen parajenez uyğundur. Sahamızıdaki değlerlerden 1000 ppm ve üzerini anomali olarak aldığımızda 32 adet örneğimizden 5 tanesi anomali değeri vermektedir. En yüksek değeriğimiz ise 4000 ppm civarındadır (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1 : Örneklerin Nikel Değeri.

Ni (ppm)							
R 1	33,6	R 8B	67,2	R 18	17,0	HK 6	72,9
R 2	17,7	R 9	17,6	R 19	24,9	HK 7	1.350,0
R 3	70,6	R 10	22,2	S-R	3.000,0	HK 8	20,9
R 4	70,5	R 11	13,5	HK 1	7,4	HK 9	12,8
R 5	25,5	R 12	12,9	HK 2	148,8	HK 10	13,8
R 6	233,4	R 13	319,2	HK 3	14,0	HK 14	44,9
R 7	2.400,0	R 14	89,6	HK 4	22,0	HK 16	3.900,0
R 8A	194,9	R 15	2.200,0	HK 5	28,8	HK-X	8,9

Tenör değeriğimiz ekonomik bir yatağa ait değlerden düşük olsada nikel günümüzde oldukça yaygın kullanım alanları olan metallere dir ve bu yüzden baz yaatakların tespiti önem arz etmektedir. Şekil 6.1’de Örneklerin nikel değlerinin karşılaştırması verilmiştir.

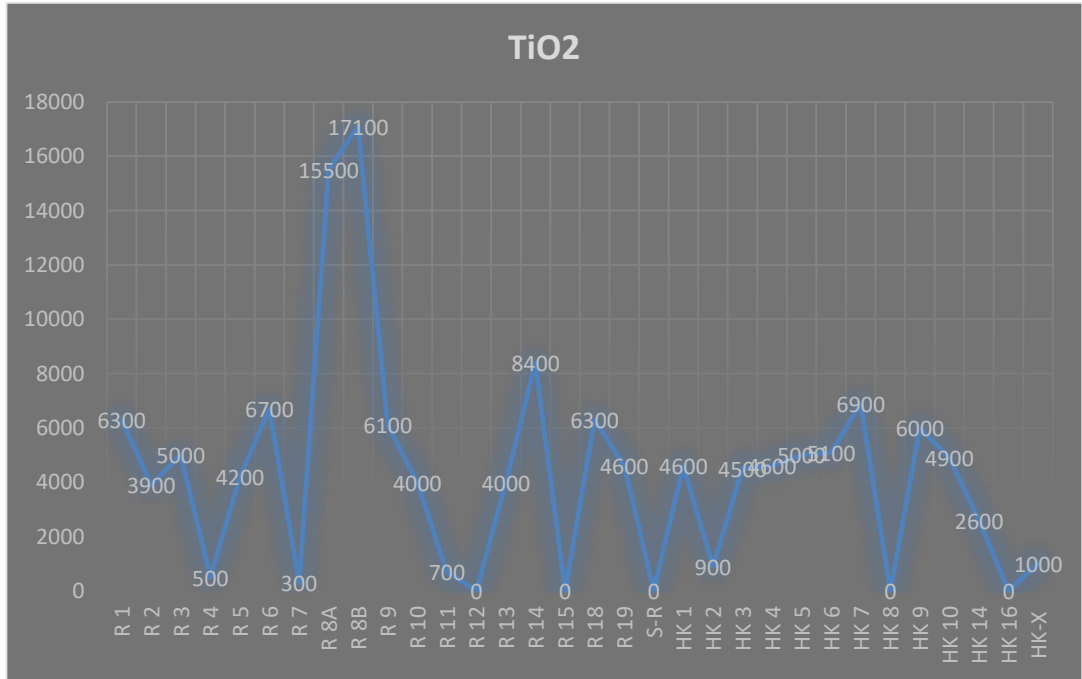


Şekil 6.1 : Ni Değlerinin Karşılaştırması.

Yapılan incelemeler sonucunda bu sahaya ait titanyum zenginleşmelerinin bir çoğunun ilmenit(FeTiO_3) mineralindeki oluşumdan kaynaklandığını düşünülmektedir. Konuyu bu bakış açısı ile aldığımızda ekonomik tenör değerlerine yakın anomali değerler veren bu cevherin demir içeriği yüksek olan bu mineralden ayıklanması maliyeti arttırdığı gibi zor bir süreci kapsadığı için herhangi bir rezerv hesabı yapılmamıştır.

Çizelge 6.2 : Örneklere Ait Titanyum Oksit Değerleri.

TiO ₂							
R 1	6300	R 8B	17100	R 18	6300	HK 6	5100
R 2	3900	R 9	6100	R 19	4600	HK 7	6900
R 3	5000	R 10	4000	S-R		HK 8	
R 4	500	R 11	700	HK 1	4600	HK 9	6000
R 5	4200	R 12		HK 2	900	HK 10	4900
R 6	6700	R 13	4000	HK 3	4500	HK 14	2600
R 7	300	R 14	8400	HK 4	4600	HK 16	
R 8A	15500	R 15		HK 5	5000	HK-X	1000

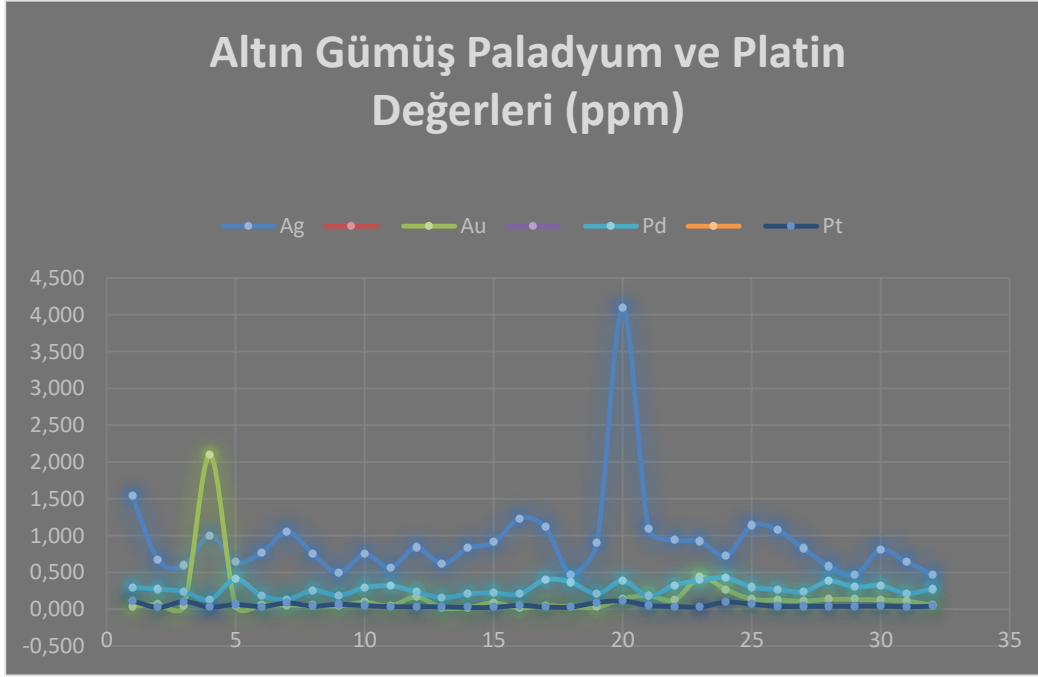


Şekil 6.2 : Örneklere Ait TiO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması.

Altın, gümüş, platin ve paladyumun bir arada işletilebilme potansiyeli baz alınarak son cevherleşmeler için bu dört cevher bir arada değerlendirilmiş ayrıca tek bir tabloda görülebilir olması amacıyla çizelge 6.3 Şekil 6.3’de sunulmuştur.

Çizelge 6.3 : Örneklerle Ait Altın Gümüş Paladyum ve Platin Değerleri (ppm).

	Ag	Au	Pd	Pt		Ag	Au	Pd	Pt
R 1	1,534	0,040	0,293	0,115	R 18	1,112	0,049	0,400	0,031
R 2	0,671	0,066	0,272	0,027	R 19	0,472	0,032	0,364	0,031
R 3	0,596	0,047	0,237	0,106	S-R	0,905	0,028	0,208	0,092
R 4	1,000	2,092	0,129	0,029	HK 1	4,088	0,143	0,383	0,114
R 5	0,639	0,050	0,409	0,066	HK 2	1,095	0,185	0,178	0,052
R 6	0,768	0,061	0,182	0,037	HK 3	0,945	0,125	0,323	0,037
R 7	1,051	0,055	0,132	0,086	HK 4	0,922	0,435	0,395	0,032
R 8A	0,752	0,051	0,253	0,044	HK 5	0,724	0,267	0,425	0,096
R 8B	0,497	0,046	0,185	0,067	HK 6	1,138	0,137	0,298	0,070
R 9	0,748	0,096	0,290	0,051	HK 7	1,078	0,123	0,266	0,039
R 10	0,567	0,045	0,317	0,036	HK 8	0,827	0,112	0,236	0,039
R 11	0,839	0,166	0,234	0,035	HK 9	0,584	0,134	0,382	0,040
R 12	0,616	0,020	0,154	0,033	HK 10	0,463	0,134	0,301	0,041
R 13	0,833	0,022	0,205	0,024	HK 14	0,808	0,127	0,319	0,044
R 14	0,907	0,090	0,221	0,028	HK 16	0,642	0,111	0,214	0,034
R 15	1,233	0,016	0,203	0,052	HK-X	0,467	0,054	0,271	0,043



Şekil 6.3 : Örneklerle Ait Altın Gümüş Paladyum ve Platin Değerleri (ppm).

Sahamızda ekonomik tenör değerlerinin çok altında bulunan nadir toprak elementleri piyasadaki değerinin hızla yükselmesi ve yüksek teknoloji ürünü olan cihazların yapımında önem arz etmesi nedeniyle ekonomik jeoloji kısmında ele alınmıştır. Amerikan Jeologları Derneğinin yürüttüğü çalışmalar kapsamında Bradley ve diğerleri Gadolinyum, Prometyum, Samaryum Lanthanyum, Seryum, Neodmiyum gibi elementleri günümüz dünyasının yaşamsal öneme sahip elementleri olarak nitelendirmişlerdir (Şekil6.4).

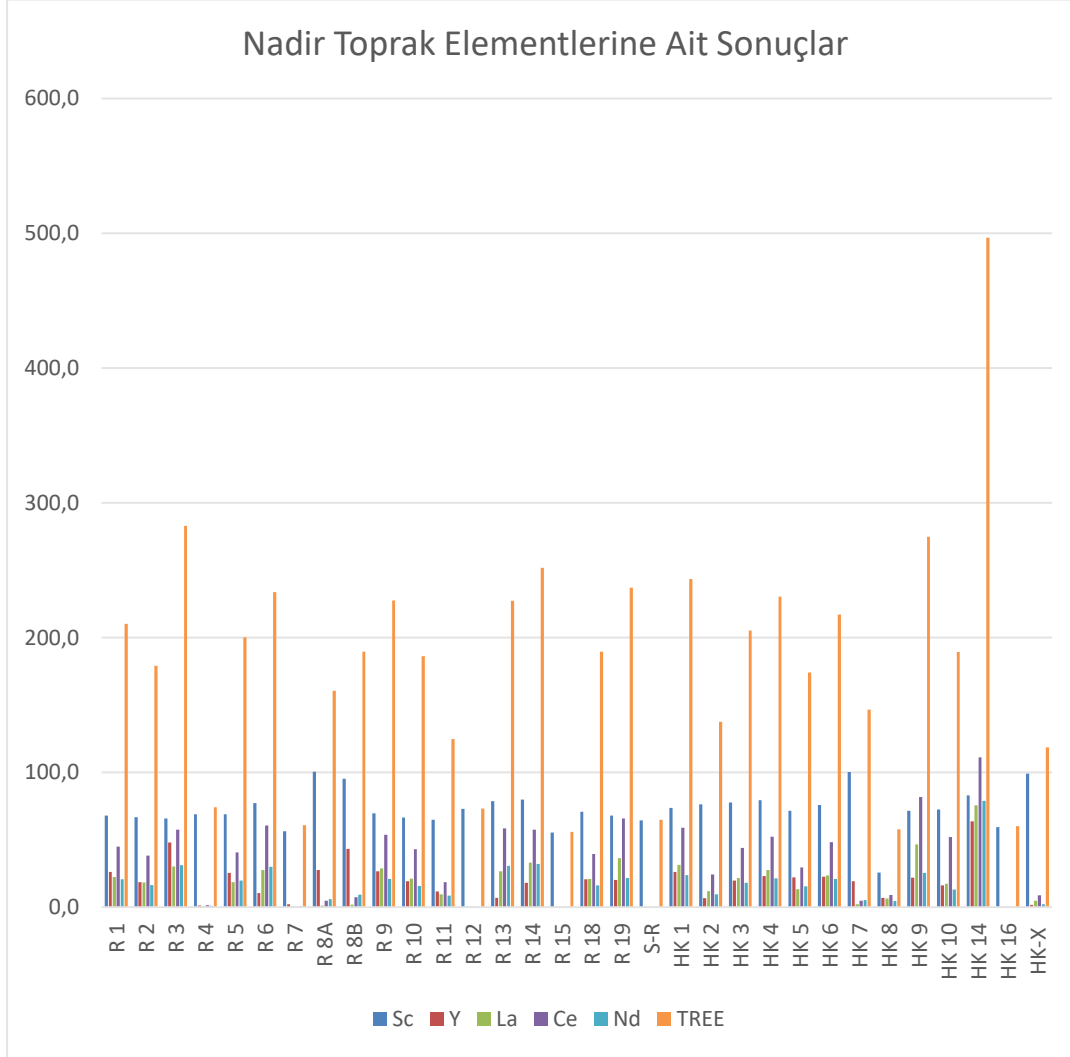


Şekil 6.4 : Bradley ve Diğerleri (2014) Stratejik Öneme Sahip NTE.

Çizelge 6.4 : Örneklere Ait Nadir Toprak Element Değerleri.

	Sc	Y	La	Ce	Nd	TREE
R 1	67,9	26,1	22,3	44,9	20,8	210,3
R 2	66,8	18,6	18,2	38,2	16,3	179,1
R 3	65,8	47,9	30,2	57,4	31,1	282,8
R 4	68,8	1,3	0,8	1,5	0,9	74,2
R 5	68,8	25,4	18,6	40,7	19,8	200,3
R 6	77,3	10,5	27,6	60,5	29,9	233,7
R 7	56,3	2,2	0,5	0,3	0,7	60,8
R 8A	100,4	27,5	1,3	4,8	5,8	160,6
R 8B	95,3	43,2	1,8	7,4	9,3	189,7
R 9	69,6	26,7	28,7	53,6	20,9	227,7
R 10	66,4	19,2	21,1	43,0	15,7	186,2
R 11	65,0	11,6	9,4	18,4	8,5	124,7
R 12	72,9	0,1	0,1	0,1	0,0	73,2
R 13	78,7	6,8	26,5	58,4	30,7	227,4
R 14	79,9	18,0	33,1	57,4	32,1	251,9
R 15	55,4	0,3	0,0	0,1	0,0	55,8
R 18	70,7	20,7	20,8	39,4	16,3	189,5
R 19	68,1	20,3	36,3	65,9	21,7	237,2
S-R	64,5	0,2	0,1	0,2	0,0	64,9
HK 1	73,6	26,1	31,4	58,9	23,9	243,5
HK 2	76,3	6,6	11,8	24,1	9,4	137,5
HK 3	77,7	19,8	21,6	44,1	18,1	205,3
HK 4	79,4	23,0	27,7	52,3	21,5	230,4
HK 5	71,4	22,2	13,3	29,5	15,5	174,1
HK 6	75,9	22,6	23,5	48,2	20,9	217,1
HK 7	100,3	19,4	2,1	4,7	5,3	146,5
HK 8	25,7	6,9	6,4	9,1	4,6	57,7
HK 9	71,5	21,9	46,5	81,7	25,5	275,0
HK 10	72,6	16,1	17,3	52,0	13,1	189,4
HK 14	83,0	63,7	75,6	111,3	78,9	496,7
HK 16	59,3	0,3	0,1	0,3	0,1	60,1
HK-X	99,0	1,7	4,8	8,9	2,3	118,5

Sahamızda ekonomik tenör değerlerinin çok altında bulunan nadir toprak elementleri piyasadaki değerinin hızla yükselmesi ve yüksek teknoloji ürünü olan cihazların yapımında önem arz etmesi nedeniyle ekonomik jeoloji kısmında ele alınmıştır. Amerikan Jeologları Derneğinin yürüttüğü çalışmalar kapsamında Bradley ve diğerleri Gadolinyum, Prometyum, Samaryum Lanthanyum, Seryum, Neodmiyum gibi elementleri günümüz dünyasının yaşamsal öneme sahip elementleri olarak nitelendirmişlerdir (Şekil6.5).

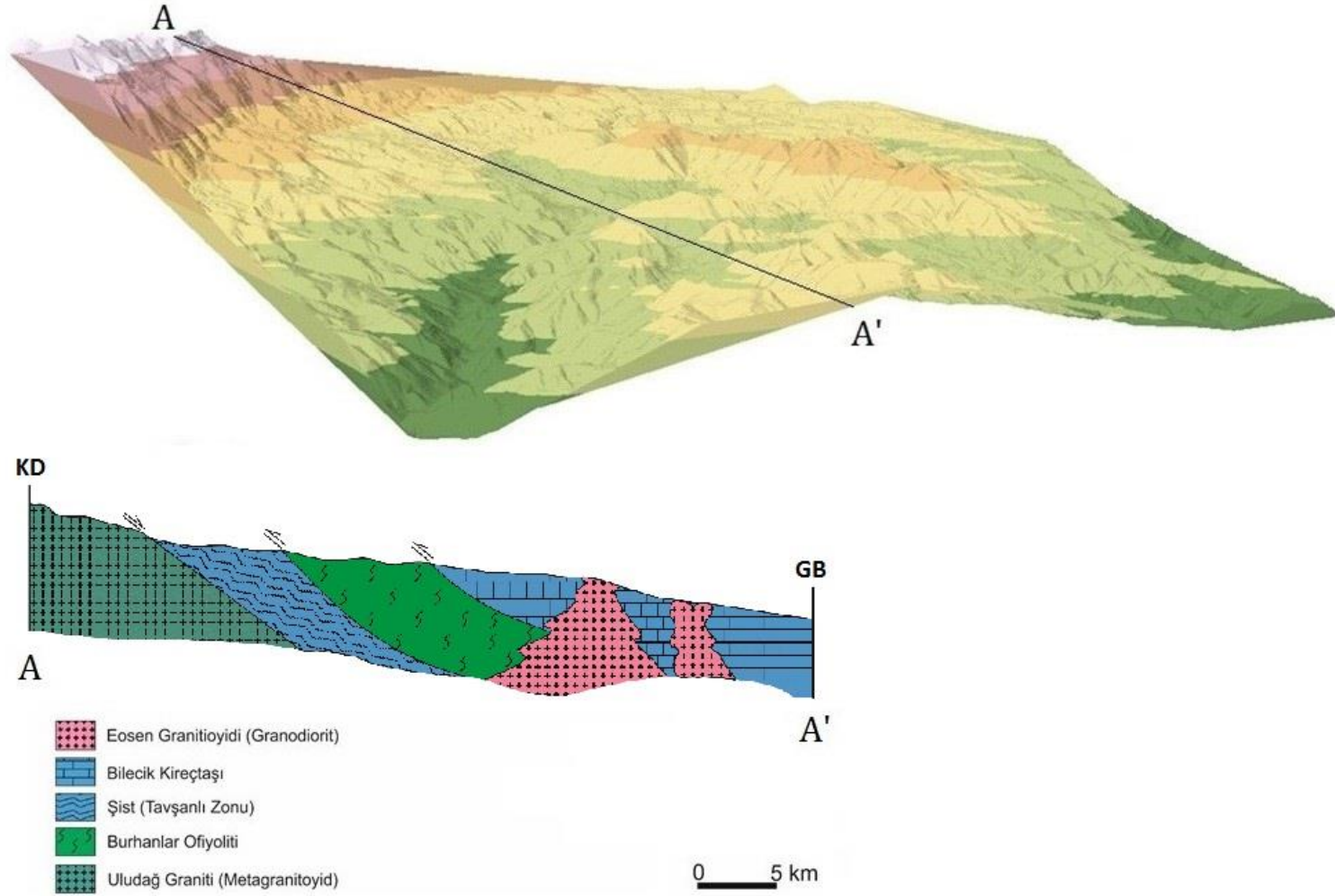


Şekil 6.5 : Örneklerin Ayrı Ayrı ve Toplam NTE Değerleri.

Bazik ve ultrabazik karakterdeki kayaların içinde ilksel konsantrasyonu yüksek olduğu bilinen Nadir Toprak Elementlerinin zenginleşmesinin ise en önemli sebebinin ofiyolitin bindirmesi sırasında şistlerin oluşumuna sebep olan metamorfizma süreçlerinin olduğu düşünülmektedir.

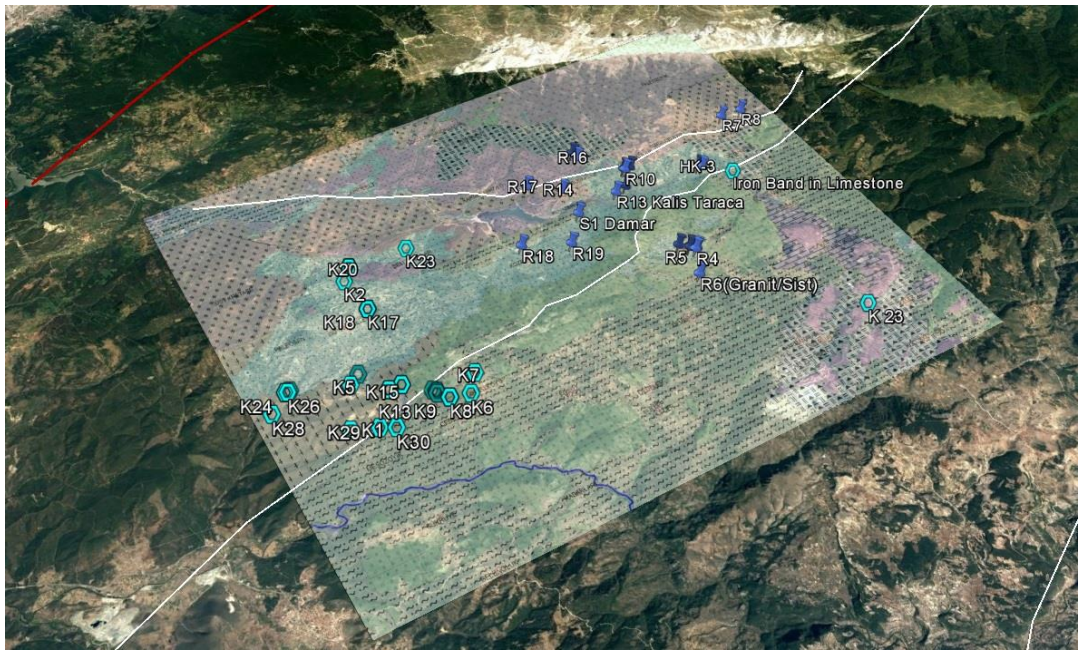
7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez muhtemel cevherleşmelere eşlik edebilecek litolojik çeşitliliğe sahip olduğu düşünülen ve plaka hareketlerine bağlı olarak bir çok intrüzyonun geliştiği bir zonda yürütülmüş edinilen sonuçlar dışında önemli araştırma konuları doğmuştur. Bu araştırmanın temelini oluşturan ve kalk alkali karakterli I tipi Eosen Granodiyoriti cevher mikroskobisi çalışmalarından ve tanımlanan farklı mineral parajenezlerinden de anlaşılacağı üzere zonlu gelişmiştir. Granitoyidin kendi içinde klorit karbonat indeksine göre alterasyon zonları belirlenmelidir. Sıvı kapanım çalışmalarında kapanımların vereceği homojenleşme sıcaklıklarıyla granitoyidin oluşum sıcaklığı anlamaya yönelik olarak ciddi bir sonuç elde edilecektir. Ayrıca bölgede bir çok alt tipte granitoyid oluşumunun geliştiği düşünülmektedir. Bu sebeple sahada bulunan granitoyidleri Eosen Granitoyidleri ve Paleozoyik yaşlı Metagranitoyid olarak iki ana başlık altında değerlendirmek çok sağlıklı olmayacaktır. Ofiyolit hareket yönünü baz aldığımızda Metagranitoyid arazinin çekirdeğini oluşturmakta ve Permien Triyas yaşlı sıkışma rejiminin etkisi altında gelişmiş Tavşanlı Zonuna Ait Şistlerle metamorfizma geçirmiş olsa bile daha erken dönemlerde de var olduğu düşünülmekte ve geçirdiği metamorfizmanın dışında Eosen granitoyidine benzer zonlu magmatik getirimlerinde etkisiyle daha derin bir araştırma gerektirdiği düşünülmektedir. Bulunduğu düşünülen plajiyogranitin M tipi bir granit olduğunun kesinleştirilmesi için Sr 87/86 izotop analizi önemli katkı sağlayacaktır. Eosen Granitoyidinin kenar zonlarında Aplit oluşumları gözlenmiş bu Aplit Dayklarında zeolit mineralleri tespit edilmiştir. K-Ar yaşlandırma yöntemiyle zeolitlerden yapılacak yaş tayini bölgedeki plaka hareketlerinin anlaşılması için önemli bir veri olacaktır. Granitoyidin dokusal olarak benzer fakat farklı bir mostrada gözlenmiş diğer bir alt türü ise Altın, Gümüş, Paladyum, Platin gibi cevherler açısından anomali derecesinde farklı konsantrasyonlar içermektedir. Bu durumda Eosen Granitoyidinin pegmatiti olduğu düşünülen ikinci bir alt tipin tanımlanması gerektiği sonucunu doğurmuştur (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 : Çalışma Sahasındaki İntrüzyonların Gelişiminin İzlendiği Morfoloji.

Arazi gözlemleri, elde edilen sonuçlar, litolojik birimler ve aktif faylar bir arada değerlendirildiğinde (Şekil 7.2) çalışma alanı Anatolid Bloğunun tabansal yayılmasının başladığı litolojiyi barındırma potansiyelinden, plaka hareketinin son bulduğu yer olma potansiyeline kadar bir çok farklı varyasyonu bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca Uludağ'ın bir yoğunluk merkezi olarak arkasındaki İç Pontid Zonunun gelişiminden, Marmara Denizi içerisindeki fayların aktivitesine kadar bir tektonik olayda önemli bir yeri olduğu düşünülmektedir. Bölgenin maden yataklarının oluşumu dışında Türkiye'de nadir karşılaşılabilecek litolojik çeşitlilik ve yer bilimleri açısından önemli zenginlik sayılabilecek yapıların geliştiği bir bölge olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.2 : Örneklemlerin Yapıldığı Yerler ve Fay Hatları.

Ekonomik oluşumlara ait sonuç değerlendirmesi ise sadece altın ve gümüş oluşumuna yönelik araştırmaların derinleştirilmesi yönündedir. Titanyum , Nikel ve Nadir Toprak elementlerine ait oluşumların neden ekonomik olmadığı ekonomik jeoloji kısmında ayrıca tartışılmış sonuç olarak tespit edilen Rutil (TiO_2) ve Sfen ($CaTiSiO_5$) minerallerine ekonomik bir titanyum yatağının gelişimine sebep olacak seviyede olmamaları nedeniyle kapsamlı yer verilmemiştir. Fakat arazinin anlaşılmasında önemli olduğu düşünülerek M.P.Smith ve diğerleri (2009)'da yaptıkları çalışmada Sfen($CaTiSiO_5$) mineralinin Demir Oksit Bakır Altın yataklarına (IOCG) kaynak görevi görecektir. Porfiri sistemin önemli aksesuar minerallerinden birisi olarak gösterdiğini de belirtmekte fayda vardır.

KAYNAKLAR

- Cox, K. G., Bell, J. D., & Pankhurst, R. J., 1979.** Phase Diagrams—Introduction. In The Interpretation Of Igneous Rocks (Pp. 42-82). Springer Netherlands.
- Çevik, E., 2006.** Topuk Köyü Ve Civarındaki (Orhaneli, Bursa) Dünitlerin Mineralojik Ve Jeokimyasal Özellikleri Ve Olivin Açısından Endüstriyel Kullanımının Değerlendirilmesi (İstanbul Teknik Üniversitesi Master Tezi)
- Delaloye, M., & Bıngöl, E., 2000.** Granitoids From Western And Northwestern Anatolia: Geochemistry And Modeling Of Geodynamic Evolution. International Geology Review, 42(3), 241-268.
- Harris, N. B., Kelley, S., & Okay, A. I., 1994.** Post-Collision Magmatism And Tectonics İn Northwest Anatolia. Contributions To Mineralogy And Petrology, 117(3), 241-252.
- Haskin, L. A., Wildeman, T. R., Frey, A., Collins, A., Keedy, C. R., & Haskin, M. A., 1966.** Rare Earths İn Sediments. Journal Of Geophysical Research, 71(24), 6091-6105.
- Kavak, K., 2011.** Fuğlatepe Ve Civarındaki (Bursa-Orhaneli) Krom Yataklarının Jeolojik, Minerolojik Ve Kimyasal Karakteristikleri (İstanbul Teknik Üniversitesi Master Tezi)
- Lisenbee, A. L., 1972.** Structural Setting Of The Orhaneli Ultramafic Massif Near Bursa (Doctoral Dissertation, Ph. D. Thesis, State Univ. Pennsylvania).
- Miyashiro, A., 1974.** Volcanic Rock Series İn Island Arcs And Active Continental Margins. American Journal Of Science, 274(4), 321-355.
- Pearce, J. A., Harris, N. B., & Tindle, A. G., 1984.** Trace Element Discrimination Diagrams For The Tectonic Interpretation Of Granitic Rocks. Journal Of Petrology, 25(4), 956-983.
- Peccherillo, A., & Taylor, S. R., 1976.** Geochemistry Of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks From The Kastamonu Area, Northern Turkey. Contributions To Mineralogy And Petrology, 58, 63-81.
- Okay, A. I., 1986.** High-Pressure/Low-Temperature Metamorphic Rocks Of Turkey. Geological Society Of America Memoirs, 164, 333-347.
- Okay, A. I., & Göncüoğlu, M. C., 2004.** The Karakaya Complex: A Review Of Data And Concepts. Turkish Journal Of Earth Sciences, 13(2), 75-95.
- Okay, N., Zack, T., Okay, A. I., & Barth, M., 2011.** Sinistral Transport Along The Trans-European Suture Zone: Detrital Zircon–Rutile Geochronology And Sandstone Petrography From The Carboniferous Flysch Of The Pontides. Geological Magazine, 148(03), 380-403.

- Okay, A., & Satir, M., 2006.** Geochronology Of Eocene Plutonism And Metamorphism İn Northwest. *Geodinamica Acta*, 19(5), 251-266.
- Okay, A., & Satir, M., 2006.** Geochronology Of Eocene Plutonism And Metamorphism İn Northwest. *Geodinamica Acta*, 19(5), 251-266.
- Örgün, Y., 1993.** Topuk-Göynükbelen (Orhaneli-Bursa) Yöresi Nikel Oluşumlarının Kökensel İncelenmesi (İtü Doktora Tezi).
- Özcan, Z., Okay, A., Özcan, E., Hakyemez, A., & Altınar, S., 2012.** Late Cretaceous-Eocene Geological Evolution Of The Pontides Based On New Stratigraphic And Palaeontologic Data Between The Black Sea Coast And Bursa (Nw Turkey). *Turkish Journal Of Earth Sciences*, 21(6), 933-960.
- Servais, M., 1982.** Collision Et Suture Tethysienne En Anatolie Centrale Etude Structurale Et Metamorphique (Hp-Bt) De La Zone Nord Kütahya: Ph D. Thesis, University Of Paris, 349p. France (Unpublished).
- Steven, T. A., & Ratté, J. C., 1960.** Geology And Ore Deposits Of The Summitville District, San Juan Mountains, Colorado. Us Government Printing Office.
- Stoffregen, R. E., 1987.** Genesis Of Acid-Sulfate Alteration And Au-Cu-Ag Mineralization At Summitville, Colorado. *Economic Geology*, 82(6), 1575-1591.
- Tokay, F., & Altunel, E., 2005.** Neotectonic Activity Of Eskişehir Fault Zone İn Vicinity Of İnönü-Dodurga Area. *Bulletin Of The Mineral Research And Exploration*, 130(130).
- Tolun, R., 1956.** Uludağ Volfram Cevherine Ait Konsantrasyon Tecrübeleri Ve Kıymetlendirme Etüdü. *Maden Tetkik Ve Arama Dergisi*, 48(48).
- URL-1** < <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> >, (Ziyaret Tarihi: 18.07.2015).

Huseyin KOCATURK

Istanbul Technical University

Faculty of Mines / Geological Engineering Department

Geochemistry Researches Laboratory 34469 Ayazaga/Istanbul

Phone Number : +90 212 285 6252

E-Mail Addresses kocaturkhu@itu.edu.tr
endustriyeldunya@gmail.com

Up-to-Date Profile Links faculty.itu.edu.tr/kocaturkhu/
tr.linkedin.com/in/terraexplorer

Driver License : Class B (2007)

Current Position : Research Assistant in Istanbul Technical University



EDUCATION

Science Eskisehir Osmangazi University
Geological Engineering

Master of Science Eskisehir Osmangazi University
Geological Engineering Department Ore Deposits Sci. Dept.

Master of Science Istanbul Technical University
Geological Eng. Dept. Ore Deposits and Geochemistry Res. Gr.

FOREIGN LANGUAGES

English

Reading (Fluent)

Speaking (Fluent)

Writing (Fluent)

Listening Simultaneously (Good)

ACADEMIC THESISES

Bachelor of Science Thesis, Eskisehir Osmangazi University, Geological Engineering Department, Advisor : Kadir SARIIZ “Investigation and Computer Compared Reserve Calculation of Chromite Mineralizations, Orhaneli(Bursa)”

Master of Science Thesis, Eskisehir Osmangazi University, Geological Engineering Department, Ore Deposits and Geochemistry Science, Advisor : Huseyin SENDIR “Interpretation of Poly Metallic Mineralizations over Kütahya-Bursa-Bilecik Region“

Master of Science Thesis, Istanbul Technical University, Faculty Of Mines, Geological Engineering Department, Ore Deposits and Industrial Raw Materials Research Group, Advisor : Mustafa KUMRAL “Interpretation of Granitic Intrusions Related Mineralizations over Southern Uludag”

WORK EXPERIENCE

- Project Assistant (Eskisehir Osmangazi University / 2012-2014)
- Advisor (Altigen Project / 2014 for 6 Months)
- R&D Project Coordinator (Intechu Cybernetic Systems / 2014-2015)
- Research Assistant (Istanbul Technical University / Resuming)

PROJECTS

- Rare Earth Element Potential Determination of Southern Anatolia Torid Zone’s Residual Generations İnegöl (TUBITAK 1001 Project / Scholarship Researcher)
- Mineralization Variations According to Parameters of Göynükbelen Granitoid Over Southern İnegöl (TUBITAK 3001 Pro./Contributed for the Project Stages Review and Development)
- Index for Prospection Processes (ESOGU Ore Deposits Research Group Project /Project Coordinator)
- Geologic, Petrographic and Genetic Interpretations of Polymetallic Deposits over İnegöl, Keles (Bursa) and Domanic(Kutahya) Region (Joined Project After Beginning) (ESOGU Research Fund Project No:201115031/Project Assistant)
- Innovative Data-Display Console Design For Area Engineers (KOSGEB Research, Develop and Innovation Project / Project Coordinator)

SCIENTIFIC RESEARCH INTERESTS

- Fluid Pathways and Hydrothermal Phase Interactions
- Element Behavior Relevant REE Prospection
- Approaches for Genesis of Polymetallic Deposits
- Radioactive Element Exploration with the Structure of Enrichments

FEATURING TECHNICAL INTERESTS FOR SCIENTIFIC RESEARCHS

- Geoanalytical Interpretations and Modelling of Ore Deposits
- Remote Sensing and New Exploration Technics
- Utilization of Fuzzy Logic in Geochemical Prospection Processes
- Box-Whisker and Log-Arrhythmic Diagrams
- Usage of Geographic Information Softwares with Extension Tools
- 3 Dimensional Subsurface Mapping
- Open Pit Mine Analysis with Integretd Softwares
- Area Exploration and Evaluation with Augmented Reality

ANALYTICAL PROCESSING ABILITIES

- Regional Mineral Standardization Report Arrangement
- Ore Correlation Report Arrangement
- Ore Anomaly Map Arrangement and Evaluation
- Whole Rock Analyses Evaluation
- Petrographic Classify
- Utilization Isotopes for Petrological Characterization

KNOWLEDGE OF DIGITAL TOOLS

- Petrograph (Advanced)
- Arc GIS (Advanced)
- XRD Calc (Advanced)
- Esri 3D Analyst (Advanced)
- Adobe Muse (Intermediate)
- Acrobat XI Pro (Intermediate)
- Arc Globe (Intermediate)
- Geosoft Target (Intermediate)
- Rock Works (Basic)
- MatLab (Basic)
- Petrel (Basic)
- Surfer (Basic)
- Chem Point (Basic)
- Chem Stat (Basic)

ORGANIZATIONS AND CERTIFICATES

- Young Earth Scientist Network Member
- Hi-Tech For Terra Engineers Society Constituent Member and General Coordinator
- Participant of Horizon 2020 Expert Program
- Yer 2015 ITU Faculty of Mines University Industry Corporation Congress
(Executive Committee Member)
- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)
In Charge of ITU Geological Engineering Department Membership Process
- Member of Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA)

WORKSHOPS AND SEMINARS

- National Earthquake Research Program (UDAP)
Türkiye Paleosismological Research Project (TURPAP)
Terrestrial LIDAR Applications Participation Certificate
- Participant of Mining Industry Analysis (Netcad Workshop)
- Development of Geographic Information Systems in Türkiye
(Workshop Coordinator)
- Concerning Industrial Tecnics and Keys For Area Engineers
(Workshop Coordinator)
- Esri ArcGIS Workshop Participation Certificate (ESOGU)
- MapInfo and Discover 3D Workshop Participation Certificate (ESOGU)
- Participant of Porphyry,Hydrothermal and Skarn Deposits: Environment and Genesis
Processes by Franco Pirajno
- Following Up Career Opportunities (Speaker)
- Participant of Noble Gas Geochemistry Short Course
by Dr. Finlay M. Stuart (SUERC) and Dr. David R. Hilton (SCRIPPS)

NATIONAL DECLARATIONS

Kocatürk H., Başaran E., Sendir H., Toygar Ö., Göz E., Sarıiz K., "A New Index Approach for Mine Prospection and Evaluation", 04/2014, 67.th Geological Congress of Türkiye, MTA/Ankara,4/14/2014/18/2014
<http://www.jmo.org.tr/etkinlikler/kurultay/index.php?etkinlikkod=104>

Kocatürk H., Bayraktar İ.B., Akgöz Ç., Yeşilova E., Sendir H., Toygar O., Göz E., Sarıiz K., "Reserve Calculation of Aluminum Deposition in Morçukur (Seydişehir-Konya)", 04/2014, 67.th Geological Congress of Türkiye, MTA / Ankara, 4/14/2014 <http://www.jmo.org.tr/etkinlikler/kurultay/index.php?etkinlikkod=104>

Akça F.A., Kocatürk H., Sendir H., Sarıiz K., "The Geology and Reserve Calculation of Chromite Deposition in Orhaneli(Bursa)Topuk Area", 04/2013, 66.th Geological Congress of Türkiye, ODTU Congress Center / Ankara, 4/1/2013 - 4/5/2013
<http://www.jmo.org.tr/etkinlikler/kurultay/index.php?etkinlikkod=102>

INTERNATIONAL DECLARATIONS

Sendir H., Sariiz K., Aral D., Kocaturk H., Toygar O., "The General Features of İnegöl, Keleş (Bursa) and Domaniç (Kütahya) Polymetallic Mineralizations", 05/2014, VI. Geochemistry Symposium with International Participation, Mersin University, 5/14/2014 - 5/17/2014 <http://jeokimyasemp.mersin.edu.tr/>

Sendir H., Sariiz K., Aral D., Kocaturk H., Toygar O., "Geology and Ore Mineralogy Features of Hayriye, Iclaliye mineralizations in (İnegöl-Bursa) Area", 10/2014, 8. International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Muğla Sıtkı Kocman University, 10/13/2014 - 10/17/2014, <http://isemg.org/>

Huseyin Sendir, Huseyin Kocaturk, Duru Aral, Ozlem Toygar, Kadir Sariiz, "Geological and Isotopic Features of Hayriye and Arapdede mineralizations in İnegöl-Bursa.", 2015, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, Prague, 10/5/2015 - 10/9/2015 <http://www.mess-earth.org/info.html>

M.Sezai Kırıkoglu, Ali Tugcan Unluer, Huseyin Kocaturk, Emin Ciftci, Amr Abdelnasser, Zeynep Doner, Murat Budakoglu, "Study of Rare Earth Elements (REE) Potentials in Residual Formations Occurring at Bucak Region, Isparta (Southwest Turkey)", 2016, VII. Geochemistry Symposium, Side, 5/16/2016 - 5/18/2016 <http://jeokimya.ankara.edu.tr/en/>

Mustafa Kumral, Salih Burak Karabel, Huseyin Kocaturk, "Geochemical Soil Prospection for Locating Burried Antimony Deposits Around Dağardı (Kütahya) Region", 2016, VII. Geochemistry Symposium, Side, 5/16/2016 - 5/18/2016 <http://jeokimya.ankara.edu.tr/en/>

Huseyin Kocaturk, Mustafa Kumral, "Fuzzy Logic Modelling and Hidden Geodynamic Parameters of Earth: What is the role of Fluid Pathways and Hydrothermal Stages on the Mineralization Variations of Kozbudaklar Pluton over Southern Uludag" 2016, EGU 2016, Vienna, 4/17/2016 <http://www.egu2016.eu/>

M.Sezai Kırıkoglu, Huseyin Kocaturk, Ali Tugcan Unluer, Murat Budakoglu, Zeynep Doner, Amr Abdelnasser, Emin Ciftci, "The Mantle Derived Potassic and Ultrapotassic Rocks Related Enrichments of Rare Earth Elements (REE) on Peneplains of Golcuk District (Southern Turkey)", 2016, 35th International Geological Congress, Cape Town, 8/26/2016 - 9/4/2016, <http://www.35igc.org/>

Mustafa Kumral, Huseyin Kocaturk, Ali Tugcan Unluer, Murat Budakoglu, "Intrusions Related Ore Genesis Processes Along The Subduction Line of Bursa Uludag", 2016, 35th International Geological Congress, Cape Town, 8/26/2016 - 9/4/2016 <http://www.35igc.org/>