İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEPEOBA-HAVRAN (BALIKESİR) PORFİRİ CU-MO SAHASININ JEOLOJİSİ, CEVHER MİNERALOJİSİ VE YÜZEY JEOKİMYASININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Kübra AKAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEPEOBA-HAVRAN (BALIKESİR) PORFİRİ CU-MO SAHASININ JEOLOJİSİ, CEVHER MİNERALOJİSİ VE YÜZEY JEOKİMYASININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Kübra AKAY
(505111304)

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa KUMRAL

Teslim Tarihi: HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505111304 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ayşe Kübra AKAY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"TEPEOBA-HAVRAN (BALIKESİR) PORFİRİ CU-MO SAHASININ JEOLOJİSİ, CEVHER MİNERALOJİSİ VE YÜZEY JEOKİMYASININ İNCELENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa Kumral**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Emin Çiftçi
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Mustafa Selman Aydoğan
Balıkesir Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2013**

ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesi, saha çalışmalarındaki problemlerin çözümü, toplanan verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanmasına kadar çalışmanın her safhasında vermiş olduğu destek ve katkılarından dolayı değerli tez danışmanım Doç. Dr. Mustafa KUMRAL' a,
Cevher mikroskobisi çalışmalarında değerli yorum, öneri ve yardımları için Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ' ye,
Minerolojik-Petrografik çalışmalar esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Orhan YAVUZ' a,
Arazi çalışmaları sırasında bizi yalnız bırakmayan ve deneyimlerini esirgemeyen Arş. Gör. Demet Kıran YILDIRIM' a,
XRF verilerinin elde edilmesi sürecinde yol gösterici olan Arş. Gör. Burak KARABEL' e,
Jeokimyasal verilerin elde edilmesinde laboratuardaki yardımlarından dolayı Serena Uzaşçı SULTANYAN' a,
Arazi çalışmalarım sırasında lojistik destek sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen Özdoğu İNŞAAT' a
Çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve bana destek veren değerli çalışma arkadaşım Torkan TAHERİ' ye,
Engin bilgileriyle her zaman yanımda olan kardeşim Buğra AKAY' a,
Bütün eğitim ve öğrenim hayatım boyunca maddi manevi her konuda beni destekleyen, sevgi ve güvenleriyle yanımda olan annem Nurhayat AKAY, babam Muhsin AKAY ve kardeşlerime sabır ve anlayışlarından dolayı yürekten teşekkür ederim.

Mayıs 2013

Ayşe Kübra Akay
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı 1
1.2 Çalışma Alanı 1
1.2.1 Ulaşım 1
1.2.2 İklim ve bitki örtüsü 2
1.2.3 Morfoloji ve hidrografya 3
1.3 Çalışma Yöntemi 3
1.4 Önceki Çalışmalar 5
2. GENEL JEOLOJİ **9**
2.1 Bölgesel Jeoloji ve Jeodinamik Evrim 9
2.2 Çalışma Alanı Jeolojisi 14
2.2.1 Kalabak formasyonu 14
2.2.2 Karakaya formasyonu 18
2.2.2.1 Metabazit üyesi 20
2.2.3 Eybek granitoyidi 20
2.3 Çalışma Alanı Petrografisi 28
2.3.1 Kuvars-mikaşist 28
2.3.2 Biyotit fillat 28
2.3.3 Mermer 29
2.3.4 Kloritşist 29
2.3.5 Amfibolit 30
2.3.6 Kuvars-serizitşist 31
2.3.7 Granit 31
2.3.8 Granofir 33
2.3.9 Kuvars monzonit 33
3. JEOKİMYASAL İNCELEMELER **35**
3.1 Major Element Jeokimyası 35
3.2 Sınıflama Diyagramları 37
3.3 İz Element Jeokimyası 40
4. ANOMALİ HARİTALARI **45**
4.1 Bakır (Cu-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası 45
4.2 Molibden (Mo-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası 47
4.3 Altın (Au-ppb) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası 49
4.4 Kurşun (Pb-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası 51

4.5 Çinko (Zn-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası 53
4.6 Cu' nun Mo-Au-Pb-Zn Elementleri İle Karşılaştırmalı Yorumlanması..... 55
4.7 Regresyon Grafikleri 56
5. CEVHER MİKROSKOBİSİ 59
6. CEVHERLEŞME VE MADEN JEOLOJİSİ 67
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 75
EKLER 79
ÖZGEÇMİŞ 87

KISALTMALAR

Amp : Amfibol
Ag : Gümüş
Au : Altın
Bt : Biyotit
Cal : Kalsit
Ccp : Kalkopirit
Cu : Bakır
Cv : Kovellit
Dg : Dijenit
GPS : Global Positioning System
GIS : Geographic Information Systems
Gt : Götit
Hem : Hematit
HREE : Heavy Rare Earth Elements
ICP-MS : Inductivety Coupled Plasma Mass Spectrometry
İlm : İlmenit
İTÜ : İstanbul Teknik Üniversitesi
Kfs : Alkali Feldispat
Lim : Limonit
Mgt : Magnetit
Mlb : Molibden
MREE : Middle Rare Earth Elements
MTA : Maden Teknik Arama
ORG : Okyanus Ortası Sırt Granitleri
Pb : Kurşun
Pl : Plajiyoklaz
Py : Pirit
Qtz : Kuvars
Ser : Serizit
Sp : Sfalerit
TAS : Total Alkali Silica
VAG : Volkanik Yay Graniti
XRF : X-Ray Diffraction
Zn : Çinko
Zrn : Zirkon

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Örneklerin korelasyon katsayıları 35
Çizelge 3.2 : Major oksitler için pozitif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması 35
Çizelge 3.3 : Major oksitler için negatif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması 36
Çizelge 3.4 : İz elementler için pozitif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması .. 40
Çizelge 3.5 : İz elementler için negatif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması . 41
Çizelge 4.1 : Cu (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları 46
Çizelge 4.2 : Mo (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları 48
Çizelge 4.3 : Au (ppb) için tanımlayıcı istatistik sonuçları 50
Çizelge 4.4 : Pb (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları..... 52
Çizelge 4.5 : Zn (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları 54
Çizelge 5.1 : Minerallerin oluşum sırası grafiği. 61
Çizelge A.1 : Major Oksitlere ait kimyasal analiz sonuçları..... 81
Çizelge A.2 : İz elementlere ve Nadir Toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları..... 82
Çizelge A.3 : Sistematik alınmış jeokimyasal toprak örneği analiz sonuçları. 85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası. 2
Şekil 2.1 : Türkiye'nin tektonik üniteleri (Ketin 1966). 9
Şekil 2.2 : Türkiye ve çevresinin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999). 13
Şekil 2.3 : Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti 15
Şekil 2.4 : Çalışma alanının jeoloji haritası 16
Şekil 2.5 : Belirgin foliasyon gösteren fillatlar 9
Şekil 2.6 : Kuvars bantlı şistler 17
Şekil 2.7 : Sarımsı gri renkli şistler 17
Şekil 2.8 : Kalabak formasyonuna ait mermerler 17
Şekil 2.9 : Tektonizmden yoğun olarak etkilenmiş metavolkanitler … 19
Şekil 2.10 : Eybek Granitoyidi içinde kafalar şeklinde bulunan granit. 21
Şekil 2.11 : Eybek Granitoyidi içinde gözlenen arenalaşan granit 22
Şekil 2.12 : Granit/Granofire ait anklavlar 23
Şekil 2.13 : Graniti kesen kuvars daykları… 23
Şekil 2.14 : Kalkopirit içeren damarlar ve limonitleşmeler 24
Şekil 2.15 : Gri renkli ve bol çatlaklı granodiyorit 25
Şekil 2.16 : Gri renkli ve bol çatlaklı granodiyorit 26
Şekil 2.17 : Tektonizmden etkilenen bazik damar kayaçları 26
Şekil 2.18 : İntrüzyon dokanağında gözlenen mermer seviyeleri 27
Şekil 2.19 : Karakaya formasyonunda gözlenen hidrotermal breşler 27
Şekil 2.20 : Mika pullarının yapraklanma göstermesi. 28
Şekil 2.21 : (a) Plajiyoklazların serizitleşme içinde yönlenme göstermesi, (b) Kayacı kesen iri kuvars damarlarının görünümü 29
Şekil 2.22 : Mermerin çift nikolde görünümü Alkali feldispatlar ile birlikte büyümüş kuvarslar içeren granofir ve tipik yelpaze dokusu 29
Şekil 2.23 : Kayacın karbonatlaşması sonucu görülen klorit mineralleri 30
Şekil 2.24 : Özşekilsiz ve ince taneli amfibollerin çift nikolde görünümü.. 30
Şekil 2.25 : (a) Serizit kuvars şistte görülen yaygın serizitleşme, (b) Zirkon içeren mineralin çift nikolde görünümü. 24
Şekil 2.26 : Granitin çift nikolde görünümü 31
Şekil 2.27 : (a), (b) Sfen minerali içeren granitlerin çift nikolde görünümü, (c) Plajiyoklaz ve alkali feldispatlar arasını dolduran kuvarslar, (d) Opak mineral içeren prizmatik ve levhamsı biyotit granitin çift nikolde görünümü 32
Şekil 2.28 : Granofirin tipik yelpaze dokusu... 33
Şekil 2.29 : Kuvars monzonit kayacının ksenomorfik minerallerinin çift nikolde görünümü 34
Şekil 2.30 : Alkali feldispatların içinde plajiyoklaz oluşumu ve pertitik doku göstermesi 34
Şekil 3.1 : Örneklerin ana element oksitleri - SiO_2 ile değişimlerini gösteren diyagramlar. 37

Şekil 3.2 : Örneklerin Middlemost (1994)' un toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramı 38
Şekil 3.3 : Örneklerin Feldspat üçgen (O'Connor1965) sınıflandırma diyagramı … 38
Şekil 3.4 : Örneklerin Na_2O+K_2O karşı SiO_2 diyagramında sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971). 39
Şekil 3.5 : Örneklerin FeO/MgO karşı SiO_2 diyagramında sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971). 39
Şekil 3.6 : Granitoyidlerin Shand indeksine (A/CNK-A/NK) göre sınıflandırılması (Maniar ve Piccoli, 1989) 40
Şekil 3.7 : Örneklerin iz element - SiO_2 değişimlerini gösteren diyagramlar... 42
Şekil 3.8 : Örneklerin tektonik ortamlarını gösteren diyagram (Pearce ve diğerleri 1984) 43
Şekil 3.9 : Kondrite göre normalize edilmiş spider diagramındaki pattern 44
Şekil 4.1 : Cu (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği ve logaritmik değer dönüşüm tablosu 46
Şekil 4.2 : Cu (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası 47
Şekil 4.3 : Mo (ppm) histogramının normal dağılım grafiği 48
Şekil 4.4 : Mo (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası 49
Şekil 4.5 : Au (ppb) histogramının log-normal dağılım grafiği 50
Şekil 4.6 : Au (ppb) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası 51
Şekil 4.7 : Pb (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği 52
Şekil 4.8 : Pb (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası 53
Şekil 4.9 : Zn (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği 54
Şekil 4.10 : Zn (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası 55
Şekil 4.11 : Cu-Mo-Au-Pb-Zn elementlerine ait birleştirilmiş anomali haritası 56
Şekil 4.12 : Cu-Mo, Au, Pb, Zn, göre regresyon grafikleri 57
Şekil 5.1 : (a) Tamamen ve kısmen limonitleşen piritler, (b) Piritin yerini alan özşekilli götit, (c) Damar şeklinde oluşan pirit ve kalkopirit, (d) Götitleşen pirit relikleri, (e) Piritin götit ve kovellite bozuşması, (f) Limonitleşen kalkopirit 62
Şekil 5.2 : (a) Boşluk dolgusu şeklinde yerleşmiş iri kalkopiritler, (b) Kalkopirit ve pirit içeren silis damarcıkları, (c) Kısmen bozuşan kalkopirit ve pirit, (d) Kenar zonları boyunca kovellite dönüşen kalkopirit, (e) Saçınımlı pirit taneleri, (f) Kalkopiritin dijenite dönüşümü … 63
Şekil 5.3 : (a) Sfalerit ve pirit taneleri, (b) Biyotitin kloritleşmesi sonucu oluşan magnetitler ve eşboylu kuvars kristalleri, (c) Magnetit ve ilmenit kristalleri, (d) Yüksek anizotropi gösteren ilmenit, (e) Kloritleşme sırasında oluşan iğnemsi magnetitler, (f) Şistoziteyle uyumlu magnetit . 64
Şekil 5.4 : (a) Martitleşen magnetitler ve çubuksu magnetitler, (b) Martitleşen magnetitler ve zirkon kristali, (c) Hematit eksolüsyonu içeren magnetit, (d) Saçınımlı magnetitler, (e) Okside olmuş ve çubuksu yapıdaki molibden, (f) Bozuşan kalkopirit ve bükülmüş molibdenler 65
Şekil 6.1 : Çalışma alanında bulunan Cu-Mo işletme sahasından genel görünüm 70
Şekil 6.2 : İşletme sahasında cevherleşme içeren kayaç örneği 70
Şekil B.1 : Çalışma alanının jeoloji haritası 86

TEPEOBA-HAVRAN (BALIKESİR) PORFİRİ CU-MO SAHASININ JEOLOJİSİ, CEVHER MİNERALOJİSİ VE YÜZEY JEOKİMYASININ İNCELENMESİ

ÖZET

Çalışma alanı Balıkesir ili Havran ilçesinin 8 km kuzeyinde (Tepeoba) olup 52 $km^{2,}$ lik bir alan kaplamaktadır. Tepeoba sahası bölgedeki jeoloji ve jeokimyasal etütler çalışmalar sonucunda MTA tarafından ortaya çıkarılan sahalardan biridir.

Sahanın Triyas öncesi temelini, çoğunlukla fillat olmak üzere, düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Kalabak Formasyonu oluşturmaktadır. Bunun üzerine ise tektonik dokanakla metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu gelmiştir. Granit-granodiyorit bileşimli Eybek Granitoyidi ile onun asidik ve bazik damar kayaçları Tersiyer yaşlıdır. Eybek Granitoyidi, çalışma sahasında Karakaya Formasyonuna ait metasedimanter-metabazik kayaçları ve Kalabak formasyonuna ait şistleri kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Kalabak formasyonu parlak yüzeyli, ince taneli, iyi foliasyona sahip, sarımsı gri, koyu gri, gümüşi gri fillatlardan, belirgin foliasyonlu, orta taneli, sarımsı gri renkli ve kuvars bantlı şistlerden, yer yer mermer seviyelerinden oluşmaktadır. Karakaya Formasyonu metabazit-metasedimanter kayaçlardan ve Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Çalışma sahasında Karakaya Kompleksini oluşturan kayaçların haritalanmasında ayrıntıya girilmemiş olup, birim Karakaya Formasyonu olarak haritalanmıştır. Metabazik kayaçlar bu çalışmada ayrı bir formasyon olarak adlandırılmamış, Karakaya Formasyonunun Metabazit Üyesi olarak haritalandırılmıştır. Metabazik kayaçlar arazide genellikle metaserpantin-metadiyabaz mineralojisinde olup yeşilimsi siyah renklidirler. Eybek Granitoyidi bu çalışmada granitik ve granodiyoritik kayaçlardan oluşan ve asidik-bazik damar kayaçları tarafından kesilen intrüzif olarak tanımlanmıştır. Tepeoba sahasında, Eybek Granitoyiti metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan Karakaya Formasyonu'nu ve Kalabak şistlerini kontak metamorfizmaya uğratmıştır.

Çalışma alanının genel minerolojik, petrografik çalışmalarının yanında, cevher örneklerinden parlak kesitler ve granitoyitik kayaçlardan XRF ve ICP-MS analizleri de yapılarak elde edilen verilerin jeokimyasal olarak çok yönlü değerlendirilmesi sağlanmıştır. Değerler kullanılarak elde edilen regrasyon grafikleri kullanılarak iki elementin birlerine göre uyumluluğu incelenmiştir. Bu çalışmaların neticesinde anomali haritaları, detaylı jeoloji haritası ile karşılaştırılarak bölgedeki cevherleşmenin niteliği ve bölgesel cevherleşme konusunda daha doğru tespitlere ulaşmak hedeflenmiştir.

Yayla tepe, Kırca Tepe ve Karayüksek Mevki arasında mineralize zonların yoğunluğu tespit edilmiştir. Sahanın "porfiri tip Cu-Mo-Au" cevherleşmelerine benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Cevherleşmenin kontak metamorfik kayaçlar ve

granit içinde breşik, ağsal damar, damarcık ve dissemine şekillerde görülmesi, Cu-Mo-Au elementleri arasında jeokimyasal olarak güçlü pozitif korelasyon, ‘porfiri tip Cu-Mo’ sahası teşhisini destekler niteliktedir.

Eybek Granitoyidi’ nden alınan kayaç örneklerinin çoğunlukla granitik kayaçlar olduğu görülmüştür. Diyagramlarda görülen pozitif ve negatif korelasyonların fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklanmıştır. Kayaçların subalkali ve tipik kalkalen özellik gösterdiği saptanmıştır. Regresyon grafikleri ile elementler arasında yüksek pozitif korelasyon görülmektedir. Bu da element birlikteliğini destekler niteliktedir. Sistematik kayaç örnekleri sonucu çizilen anomali haritaları da elde edilen sonuçlarla uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Tepeoba, Havran, Bakır-Molibden, Eybek, Karakaya Formasyonu

INVESTIGATION OF GEOLOGY, ORE MINERALOGY AND SURFACE GEOCHEMISTRY OF PORPHYRY CU-MO DEPOSIT IN TEPEOBA-HAVRAN (BALIKESİR)

SUMMARY

The study area is located to the 8 km north of Havran, Balıkesir and covers an area around 52 km^2.

The basement of the area is presented by Kalabak Formation which consists of, dominantly phyllite, low-grade metamorphic rocks. On top of that formation, there is Lower Triassic Karakaya Formation including metasedimentary and metabasic rocks as tectonic contact. Eybek Granitoid, granite-granodiorite composition, and its acidic and basic vein rocks are Tertiary aged. The Eybek Granitoid causes contact metamorphism of metasedimentary and metabasic rocks of Karakaya Formation and schists of Kalabak Formation.

Kalabak formation consists of glossy surface, fine-grained, yellowish gray-dark gray-silvery gray phyllites with a good foliation, and clear foliation, medium-grained, yellowish gray, banded quartz schists and the marble levels. Karakaya Formation consists of metabasalts-metasedimentary rocks and Permo-Carboniferous limestone blocks. In this study, Metabasic rocks mapped as a member of the Karakaya Formation. Metabasic rocks have the mineralogy of greenish-black colored metaserpantin-metadiabase. Eybek Granitoid is an intrusive composing granitic-granodioritic rocks and its acidic and basic vessels.

Biotite phyllites are located near breccia zones. They are exposed to contact metamorphism. This leads to formation of andalusite fels. The effects of potassic alteration are determined with biotite veins, pyrites and quartzs in breccia zones.

Asidic vein rocks are fine-grained white-cream-pink colored dykes which intruded contact metamorphic rocks. In optical studies samples of these rocks is called granophyre in this study.

Basic vein rocks are dark green which intruded Oligo-Miocene granitoid rocks. Its mafic minerals transformed into epidote, pyrite and calcite. They are granular textured and fine granular textured. Disseminated and veinlets pyrite are observed in the rock which has epidote and calcite. This vein rocks are the last stage of basic products of Eybek Granitoid.

The west side of the study area, Eybek Granitoid causes contact metamorphism by intrusion to the Karakaya Formation leading to weak sericitic alteration. There are hydrotermal breccias as a result of the effect of contact metamorphism.

The east side of the study area, Kalabak Formation is exposed to contact metamorphism. Especially, the effcet of contact metamorphism is very clear in marbles.

In order to determine the mineralogical and petrographic properties of rocks in the area, 36 thin sections was prepared from 56 samples. Microscopic examination of thin sections was carried out on the basis of the observations made in the field. As a result of the optical inspection 9 different rock types presence were determined. These are granite, granophyre, quartz monzonite, biotite phyllite, quartz-sericite schist with some quartz-mica schist, chlorite-schist, marble and amphibolite.

Granite has a holocrystalline hypidiomorphic granular texture in general. The mineralogical composition is plagioclase, quartz, alkali feldspar, biotite, amphibole and opaque minerals. The main minerals of granophyres are quartz and alkali feldspar. There is graphitic texture because of interbadded growth between quartz and alkali feldspar. This form of structure reveals the crystallization of phenocrystal at the same time with the matrix. Quartz monzonite has a holocrystalline hypidiomorphic and xenomorphic granüler texture. The main minerals of quartz monzonite are feldspar and plagioclase. The minerals of this rock are quite large. Xenomorphic quartzs fill the large alkali feldspar. It shows a typical perthitic texture. Quartz-sericite schist's basic minerals are quartz and sericit. Sericitization is very obvious and common in schists. Some samples includes zircon. Amphibolite shows high pleochroism and fine anhedral grained. Chlorite-schist minerals are quartz, epidote, chlorite and calcite. Marble minerals are mainly calcites. Orientated biotites, quartz, albit twinning plagioclase are minerals of biotite phyllites. Quartz-mica schist has lamination and composing of anhedral quartzs and mica scales.

Besides general mineralogical and petrographic studies, the polished section of ore samples, XRF and ICP-MS analyses in granitoid rocks provide multi-faceted evaluation of geochemical datas.

Ore samples were taken for ore microscopy examination to determine ore minerals types, abundances, the formation stages and their relations with each other. Accordingly, pyrite, chalcopyrite, molybdenite, magnetite, sphalerite and ilmenite are formed as metallic minerals in the first phase, in the the second stage of formation the hematite, limonite, goethite minerals are formed.

The results of geochemical analysis of soil samples collected from the area were statistically evaluated and the maximum, minimum, average, and standard deviation values of elements were calculated and presented in table form. The histogram plots were used for the determination of element regularly dispersed or not. According to statistical data and descriptive results of a systematic analysis of geochemical anomaly maps, the basic value and anomoly locations were drawn for each element

The compatibility of two elements with each other were examined using regression graphics. According to the graphs Cu has positive relationship with Mo, Au and Zn elements. The relationships with Pb is a very low negative correlation. Also these datas supports the elements association in common anomaly maps.

As a result of these studies, anomaly maps were compared with detailed geological map of the region to reach the more accurate determinations of ore mineralization of its nature.

In main element geochemistry, SiO_2 concentration of samples is ranged from approximately 58 to 75%. In diagrams, SiO_2 has a positive correlation only with the value of K_2O whereas P_2O_5, Al_2O_3, MgO, CaO, K_2O, TiO_2, MnO, Fe_2O_3 values have negative correlation with SiO_2. This kind of positive and negative correlations is illustrated by the fractional crystallization process. Approximately half of the samples are peralüminyum and the other half of the samples metalüminyum characterized.

In trace element geochemistry, SiO_2 has low positive correlation with Th and Rb, secondary negative correlation with Sr and Nb highly negative correlation with Ba, Zr, V, and Y. There is spoon shaped in the chondrite normalized spider diagrams. Such pattern is generally known as a result of fractionation of amphibole.

In this study, samples are categorized granites, monzonite, quartz monzonite and syenite in total alkali silica diyagram. Except three of all samples have subalkaline and a typical calc-alkaline characteristic.

As in previous studies about radiometric age determinations, Cu-Mo-Au mineralization is related to granodiorite rather than granite. Also, the age of mineralization matchs the age of the emplacement of granodiorite intrusion.

Biga Peninsula has rich reserves as metallic minerals, industrial raw materials, coal, geothermal and natural waters. In study area the origin of Cu-Pb-Zn mineralization is contact hydrothermal mineralization and hydrothermal origin. Cu-Mo mineralization deposits as veins and veinlets in intrusives and contact metamorphic zones. The study area is "Cu-Mo-Au porphyry-type" mineralization according to observations in the field.

Keywords : Tepeoba, Havran, Copper-Molybdenum, Eybek, Karakaya Formation.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Balıkesir ili, Havran ilçesi, Tepeoba bölgesi civarında yapılan bu çalışma, 2012-2013 öğretim yılı İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

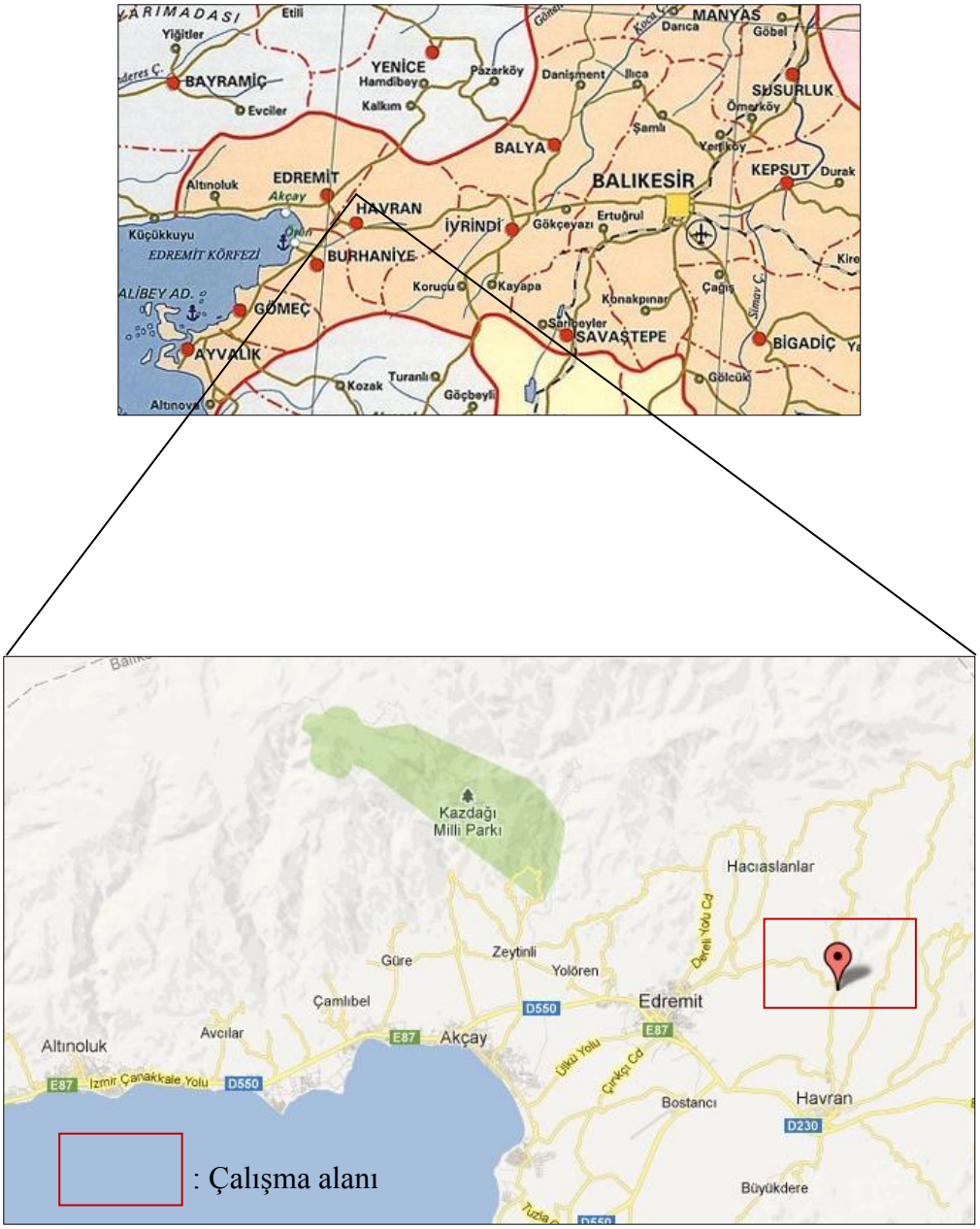
Bu çalışmanın amacı; Tepeoba bölgesi olarak belirlenen Bakır-Molibden sahasının yakın çevresinin litolojik özelliklerini belirlemek, sahadaki mineralize zonların dağılımını tespit etmek ve cevherli zonların litoloji ile olan ilişkilerini belirlemektir. Ayrıca ekonomik öneme sahip bu oluşumun yan kayaç, cevherleşme ve alterasyon ilişkilerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini ortaya koymak ve oluşum mekanizmalarını saptamaktır.

1.2 Çalışma Alanı

Çalısma alanı Balıkesir ili Havran ilçesinin 8 km kuzeyinde (Tepeoba) olup, 1/25.000 ölçekli i18-d1, i18-d2, i18-d3 ve i18-d4 paftalarında yer almakta ve 52 km^{2}' lik bir alan kaplamaktadır. İnceleme alanı çevresinde yerleşim yeri olarak doğuda Fazlıca, güneyde Kalabak ve Tepeoba köyü, batıda ise Yaylaönü köyü yer almaktadır.

1.2.1 Ulaşım

Bölgeye ulaşım Ankara-Bursa-Balıkesir-Edremit karayolu ve Havran ilçesinden 8 km'lik yol ile (Havran-Kalkım yolu) sağlanmaktadır (Şekil 1.1). Sahaya her mevsim ulaşım mümkündür. Tepeoba sahasına Havran üzerinden, Çamdibi ve Temaşalık köylerinden asfalt yolla ulaşılabildiği gibi Yaylaönü ve Kalabak köylerinden de ulaşmak mümkündür.



Şekil 1.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2.2 İklim ve bitki örtüsü

Havran, Ege Bölgesi' nin Edremit Körfezi' ne doğru uzanan ovası üzerinde kurulu, denizden 33 m. yükseklikte bir yerleşim yeridir. Havran ilçesine bağlı Tepeoba bölgesi ise Akdeniz iklim kuşağında yer almakta olup yazın kurak, sonbahar ve kış yağışlı geçmektedir. Kıyılar ile dağ eteklerinde kar yağışı görülmez ancak zirveler yılın beş ayı karla kaplıdır. Yıllık yağış miktarı yükseltiye göre değişmekte ve ortalama 600-1000 mm arasında olup ortalama sıcaklık 15^0 C' dir. Bu bölgede yoğun olarak tarım ve zeytincilik yapılmakta, geçim kaynağı zeytincilik olarak

görülmektedir. Tepeoba-Kalabak köyleri arasında yüksek kesimlerde çam ormanları bulunmaktadır.

1.2.3 Morfoloji ve hidrografya

Tepeoba bölgesi engebeli bir bölgedir ve yükseltiler yaklaşık olarak KD-GB yönüne uzanmaktadır. Batı ve doğu kesimlerinde daha yüksek tepeler bulunurken, orta kesimlerinde daha düşük rakımlı alanlar yer almaktadır. Önemli yükseltiler Kozacağız tepe (668), Yayla tepe (478), Karayüksek tepe (393) ve Asar tepe (300)' dir. Yöredeki derelerin büyük bir kısmı kuru dere niteliğinde olmasına rağmen akarsular da mevcuttur. Bölgenin önemli akarsuları Kumluca dere, Beşgere dere, Kovanlık dere, Çal dere ve Orhan deredir.

1.3 Çalışma Yöntemi

Bu çalışma; arazi, büro ve laboratuar çalışmaları olarak 3 farklı alanda sürdürülmüştür.

Arazi çalışmaları iki farklı yaz döneminde gerçekleştirilmiştir. Balıkesir I18 d1-d2-d3-d4 paftaları içinde kalan 52 km^2' lik bir alanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış olup birçok bölümünde MTA tarafından hazırlanan jeoloji haritasından yararlanılmıştır.

Tüm lokasyonlarda yapılan işlemler sırasında GPS' ten yararlanılmış, noktaların haritaya doğru olarak işlenmesi sağlanmıştır. Arazi çalışmalarında litolojiler belirlenmiş, yapısal unsurlar tespit edilmiş, sınır ilişkileri gözlenmiş, birimlerin makro özellikleri ortaya konmuş, sistematik örnek yerleri tespit edilmiş ve petrografik mineralojik çalışmalar için her bir birimi temsil edecek şekilde sistematik örnekler alınmıştır. Kayaçların jeolojik gelişiminin tam olarak anlaşılması için oluşum mekanizmalarını yansıtan, yapısal ve tektonik unsurlar, bunlara eşit kütlesel ve çizgisel yapılar ölçümlenerek haritaya işlenmiştir

Büro çalışmaları sırasında arazi ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiş, makaleler ve raporlar incelenmiştir. Konu başlıklarının belirlenmesi, arazi ve laboratuar çalışmalarında elde edilen tüm verilerin yorumlanması, ilgili oldukları bölümler altında toplanması, tezin yazımı, jeoloji haritası ve diğer çizimlerin bilgisayar ortamında tamamlanmasından oluşmaktadır.

Çalışma alanından alınan petrografik numunelerin ince kesitleri İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde hazırlanmıştır. Laboratuar çalışmaları kapsamında ise kaya birimlerinden derlenen numunelerin ince kesitleri, Optik Mineraloji laboratuarında, Leica marka petrografik polarizan mikroskop altında incelenmiş ve bu mikroskoba eklenen fotoğraf makinası ile optik mikroskop görüntüleri elde edilmiştir. Optik mikroskop incelemelerinde kayaç türleri ve kayaçları oluşturan mineraller, bunların mineralojik özellikleri, kayaç genelinde dağılımları ve dokuları saptanmıştır.

İnceleme alanından alınan cevherli kayaç örneklerinin parlak kesit işlemleri İstanbul Teknik Üniversitesi laboratuarlarında gerçekleştirilmiştir. Cevher mikroskobisi çalışmaları üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop ile yapılmış ve yine mikroskop yardımıyla dijital fotoğrafları çekilmiştir. Cevher örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerin cevher minerallerinin türleri, dağılımları, oluşum aşamaları, alterasyon türleri ve birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konmuştur.

Jeokimyasal kayaç örnekleri İTÜ-JAL bünyesinde ana, eser ve nadir toprak elementleri konsantrasyonlarını saptamak için gerçekleştirilmiştir. Sahadan elde edilen numunelerden, uygun kayaç numuneleri seçilerek numune hazırlama laboratuarında pellet haline getirilir. Pelletler Bruker marka S8 Tiger model XRF spektrometresi ile major oksit ve iz element analizlerine tabi tutulmuştur. Ayrıca ICP-MS yöntemi kullanılarak nadir toprak elementleri konsantrasyonları elde edilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen veriler ise GRAPHER ve GCDKit programları kullanılarak gerekli diyagramlar üzerine atılmış ve yorumlanmıştır.

İkinci aşamada sistematik olarak alınmış 25 jeokimyasal toprak örnekleri İTÜ-JAL bünyesinde XRF spektrometresi ile Cu, Mo, Au, Pb ve Zn elementleri konsantrasyonları elde edilmiştir. Bu elementler üzerinden tanımlayıcı istatistiki bilgileri (ortalama, standart sapma, median vs) MINITAB programı kullanılarak hesaplanmış olup elementlerin değer dağılımlarını gösteren histogramları aynı program ile çizdirilmiştir.

Jeokimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesindeki bir sonraki aşamada her element için kuzey ve doğu değerlerinin yanında ppm/ppb değeri içeren jeokimyasal toprak örnekleri veri seti SURFER programına girilerek anomali haritaları elde

edilmiştir. Elde edilen anomali haritasında temel değer ile eşik değeri hesaplanarak anomali haritası üzerinde gösterilmiştir. Değerlendirmelerde tüm elementler için ayrı ayrı anomali haritalarının yanı sıra Cu-Mo-Pb-Zn birleştirilmiş anomali haritaları da kullanılmaktadır. Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesindeki son aşamada elementlerin birbirlerine göre olan ilişkilerini ortaya koyan regresyon grafiklerinin çizdirilmesi ve yorumlanması ile devam edilmiştir. Daha detaylı yorumlamalar için Cu ile Mo-Pn-Zn ilişkisini ortaya çıkaracak olan birleştirilmiş regresyon grafikleri kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.4 Önceki Çalışmalar

Kovenko (1940), Philipson (1958,1967), Kaaden (1959) ve Tchihatchef (1967) inceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan genelleştirilmiş jeolojik haritaların çıkarılmasına yönelik ilk çalışmaları yapılmışlardır.

Kaaden (1957), Balıkesir-Havran-Tepeoba sahasındaki molibdenitin varlığını ilk defa belirleyen kişidir.

Gümüş (1964), bölgenin genel jeolojisi ile ilgili çalışmasında metamorfik kayaçların Silüryen-Devoniyen yaşlı olduğunu ve onlarla ara katkılı karbonat ve silisli tabakaların bulunduğunu ifade etmiş, üstte Permiyen yaşlı granodiyoritin tüm metamorfik kayaçları etkilediğini ve skarn zonlarını meydana getirdiğini savunmuş, Triyas'ın Paleozoyik üzerine transgresif olarak geldiğini belirtmiştir.

Aslaner (1965), Karakaya Karmaşığı'na ait metamorfik birimlerin tümünün Kazdağ Masifi'ne dahil edilmesi gerektiğini belirtmiş, gnays ve amfibolitleri istifin alt kesimleri, yeşil şist fasiyesindeki mermer, spilit, fillat ve metakumtaşlarının üst kesimlerini oluşturması gerektiğini ifade etmiştir. Eybek Granodiyoritini Permiyen yaşlı, Hersinyen sonrası sıkıştırmanın ürünü olarak, bugün Kazdağ Grubu ve Karakaya Karmaşığını birimlerini kestiğini savunmuştur.

Bürküt (1966), Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plutonların karşılaştırmalı jenetik etüdünü yapmış Eybek granodiyoritinin yasını 35,9 my olarak saptamıştır.

Bingöl vd. (1973), Biga Yarımadası'nın temel kayaçlarını Kazdağ Grubu olarak belirtmiştir. Ayrıca "Karakaya Formasyonu" adlaması ilk kez Bingöl ve diğerleri (1973) tarafından yapılmıştır. Formasyonun Edremit kuzeyinden başlayıp Bilecik ve Ankara'ya kadar uzanan geniş bir alanda yayılım sunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Ataman (1975), Batı Anadolu'daki plutonlar üzerinde çalışmış ve radyometrik yaş tayinleri yapmıştır.

Krushensky (1976), bölgedeki plutonik ve volkanik kayaçlarda petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar yapmış, bunların olasılıkla yiten bir okyanus kabuğunun kısmi ergimesi ile oluştuklarını belirtmiş ve volkanik kayaçlarda 23.6, 20.8, 20.3 my, plutonik kayaçlarda ise 22.9, 23.5, 24.2 my' lık yaşlar elde etmiştir.

Ayan (1979), bölgede yer alan Kozak ve Eybek plutonunun hornblendli granodiyorit karakterli olduklarını belirterek, Eybek plutonunun yasını radyometrik ölçümlerle 24 ile 33 my arasında saptamışlardır.

Ercan vd. (1984), Edremit ve Korucu ilçeleri arasında yüzeyleyen Tersiyer yaslı çökel ve magmatik kayaçlarda stratigrafik araştırmalar yapmışlar ve volkanik kayaçların kökenini incelemişlerdir. Sonuçta Miyosen yaşlı lavların andezitik, yer yer dasitik bazen de riyodasitik türde, tamamen kalkalkalen nitelikte, kabuksal köken özellikleri taşıyan ve kompresyonel tektonik rejimlerle meydana gelen orojenik volkanitler grubuna girdiklerini belirtmişlerdir.

Okay vd. (1990) tarafından "Karakaya Kompleksi" adlaması ilk defa yapılmıştır. Okay ve diğerleri (1990) Karakaya kompleksini kaya türü ve tektonik ortamlarını göz önüne alarak, tektonostratigrafik istifin alttan üste doğru; Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar grovakı ve Çal birimi olarak ayırtlanabildiğini belirtmiştir.

Kayhan vd. (1996), bölgede Alt Triyas yaslı metakumtaşı-metagrovak-metaçamurtaşı, karbonatlı kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı olistolitlerinin bulunduğunu, bu birimin Oligo-Miyosende Eybek granodiyorit plutonu ile kesildiğini ve skarn zonları oluştuğunu belirtmişlerdir. Skarnlar içinde Pb, Cu, Mo, Au granodiyorit içerisinde ise, killeşmiş kesimlerdeki kuvars damarlarında Cu, Mo mineralizasyonları görüldüğünü söylemişlerdir.

Yaltırak ve Okay (2004), Edremit körfezi kuzeyinde yaptıkları çalışmada Karakaya karmaşığı tektonostratigrafik konumlarına göre, birimleri en alttan en üste doğru sıralamışlardır. En altta yer alan tektonik birimin, Karbonifer öncesine ait Çamlık Metagranodiyoridi üzerinde temel selintisi olarak gelişen Fazlıca Birimi olduğu ve bunun üzerine Çınar Biriminin geldiğini ve Kınar Biriminin Çamlık Metagronodiyoriti ile Kalabak Birimi arasında metakumtaşı ve yapraklanmış

metagrovaklar ile temsil edildiğini belirtir. Kınar birimi üzerine de Kalabak biriminin geldiğini söylerler. Alttaki birimler üzerine tektonik dokanakla gelen Nilüfer birimidir. Bu birim üzerinde tektonik dokanakla yer alan Hodul Birimi, Hodul birimi üzerinde Tepeoba birimi yer alır. En üste yer alan tektonik birim ise Çal Birimidir.

Okay ve Göncüoğlu (2004)' na göre, Karakaya Kompleksi şiddetlice deforme olmuş, kısmen metamorfizma geçirmiş Permiyen ve Triyas yaşta klastik ve volkanik serilerden oluşmakta olup Karakaya Kompleksi genellikle Alt Karakaya Kompleksi ve Üst Karakaya Kompleksi olarak iki bölüme ayrılır. Alt Karakaya Kompleksi, Paleozoyik sonu veya Triyas'ta yeşilşist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl, ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Üst Karakaya Kompleksi ise, kuvvetlice deforme olmuş Permiyen veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluşur.

Pickett ve Robertson (2004) ise Karakaya kompleksini Nilüfer birimi, Ortaoba birimi, Çal birimi ve Kalabak birimi şeklinde ayırtlamıştır.

Küçükefe ve diğ. (2005), Tepeoba sahasında yaptıkları detay jeoloji ve jeokimya çalışmalarında, intrüzif kayaçları Eybek Granitoyidi'ne dahil edip, Granitoyidi, granit, granodiyorit, asidik damar kayaçları ve bazik damar kayaçları olarak haritalamışlardır. Yazarlar, sahada yaklaşık 800 m uzunluğunda, yer yer 150 m genişliğinde, Cu-Mo-Au içerikli breşik cevherli bir zonun varlığını belirlemişlerdir.

Sayıt ve Göncüoğlu (2007)' ye göre, Karakaya Kompleksinin farklı birimler içermektedir. Değişik derecede metamorfizma geçirmiş olan, metasediment ve metabazik temelden oluştuğunu ve bunların Paleozoyik yaşlı granitoyidler tarafından kesildiğini belirtir. Diğer serileri ise Grovak Serisi (Orhaneli Grovakı), Arkozik Kumtaşı Serisi, bazaltik lav içerir (Hodul birimi), Metabazit-Fillit ve Mermer Serisi (Nilüfer Birimi), Kireçtaşı blokları içeren olistrostromal seri ve bazalt, kireçtaşı ve kırıntı ve tane akıntıları içeren seri olarak ifade etmişlerdir.

Genç ve Altunkaynak (2007), Eybek granitinde jeokimyasal çalışmalar yaparak yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Eybek granitinin Orta Eosen'deki dilim kopmasına bağlı olarak gelişen magmatizma ile KB Anadolu' da Kazdağ silsilesinin bir çekirdek kompleksi olarak yükselme evresi (24 My; Okay ve Satır, 2000) arasındaki kritik bir dönemde gelişmiş olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

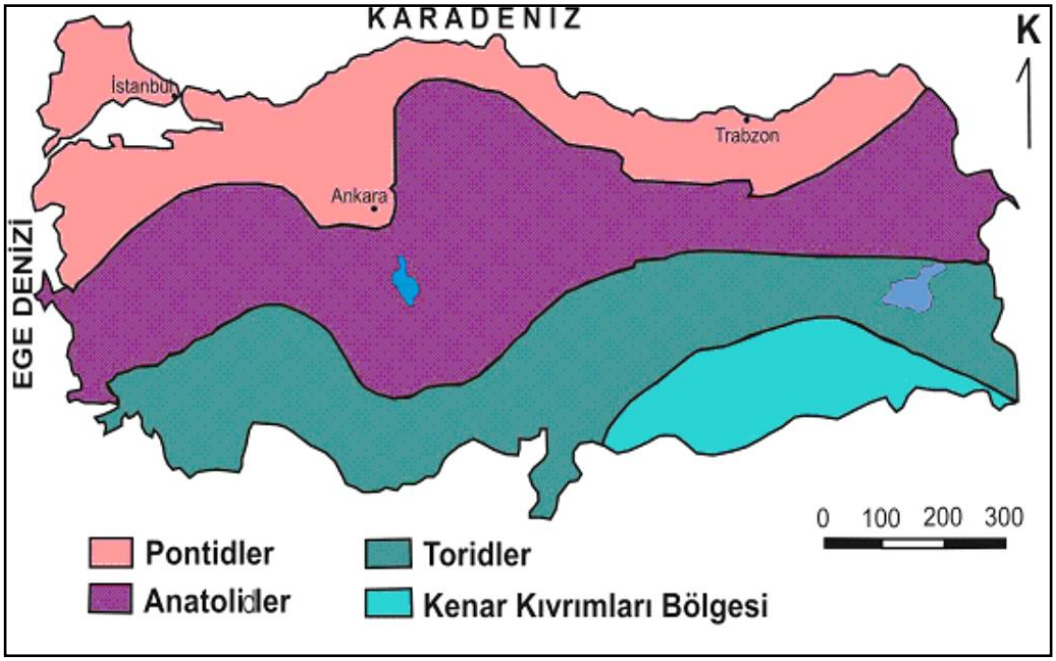
Murakami ve Watanabe (2008)' e göre, Tepeoba Cu- Mo-Au yatağı, Miyosen yaşlı Eybek granodiyorit kompleksinin güney kenarında yer almaktadır. Yatak anduluzit-biyotit parçalarından oluşan hidrotermal breşlerden oluşmaktadır. Yatak granodiyorit kompleksinin bir kısmında granodiyoritin sonunda en üst kısmında oluşmuş olup 280 m genişliğinde ve 80 metre kalınlıktadır. Kalkopirit ve molibdenit granitte olduğu gibi breş içinde dissemine halde bulunur. Granodiyorite yaklaştıkça, aplite doğru, breş içindeki elemanlarda, andaluzit-biyotit şist içeriği artarak bir değişim meydana gelir.

2. GENEL JEOLOJİ

Çalısma alanının jeolojisine geçmeden önce KB Anadolu'nun bölgesel jeolojisi ve jeodinamik evrimi Okay vd. (1990) ve Şentürk (2005)'den özetlenerek aşağıda sunulmuştur.

2.1 Bölgesel Jeoloji ve Jeodinamik Evrim

Ketin (1966), Türkiye'yi kuzeyden güneye dogru Pontitler, Anatolitler, Toritler ve Kenar Kıvrımlar olmak üzere 4 tektonik birliğe ayırmıştır (Şekil 2.1). Çalısma alanı Ketin (1966)'in Pontidler olarak tanımladıgı tektonik birlik içerisinde yer almaktadır.



Şekil 2.1 : Türkiye'nin tektonik birlikleri (Ketin 1966).

Brinkmann (1966, 1971), Kuzeybatı Anadolu'da Paleozoyik kayaçlarının genellikle bulunmadığını fark etmiş ve bunu bölgede Paleozoyik sonunda meydana gelmiş önemli bir erozyona bağlamıştır. Şengör ve Yılmaz (1981), sınırlarını kuzeyde Pontid İçi Kenedi, güneyde ise İzmir-Ankara Kenedi olarak tespit ettikleri ve Ankara'nın hemen doğusunda sona erdirdikleri bu bölgeye Sakarya Kıtası adını vermişlerdir. Okay (1984b, 1989b) ise Sakarya Zonu'nun doğu sınırını Doğu Pontidleri de içine alacak şekilde genişletmiştir.

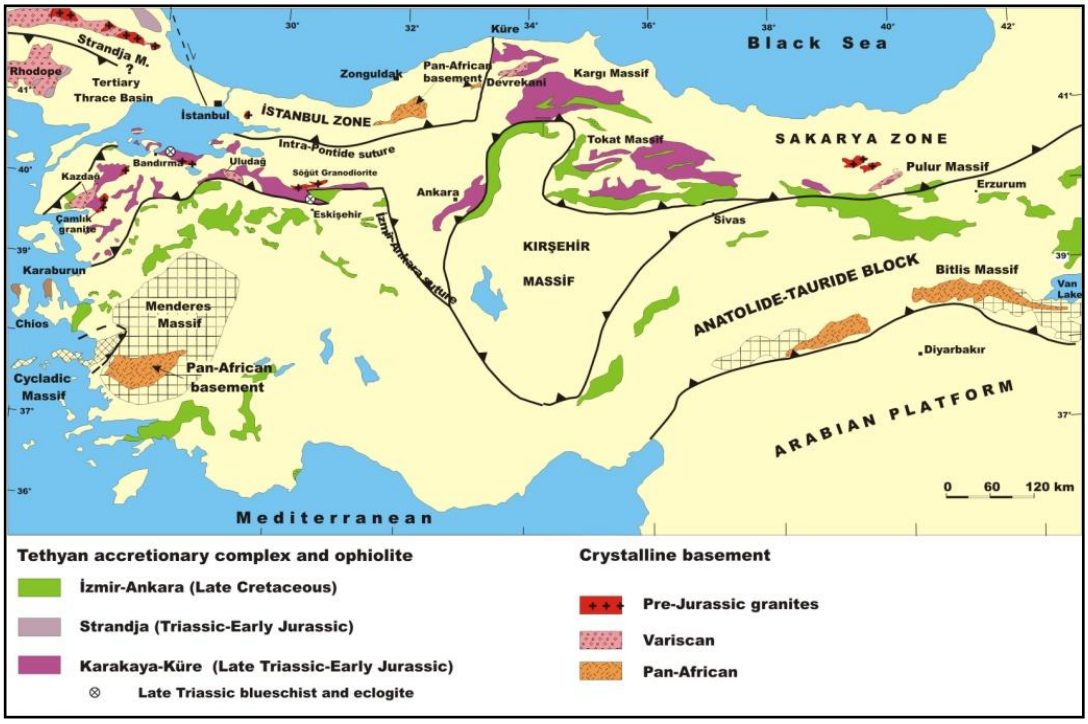
Çalışma sahası Biga Yarımadası'nın doğu-güneydoğusunda, Balıkesir ili Havran ilçesinin yaklaşık 10 km kadar kuzeyinde yer almaktadır. Saha jeotektonik olarak Pontitler'in Sakarya Kıtası veya Sakarya Zonu olarak adlanan kesimi içerisinde kalmaktadır. Okay (1984a), Pontidlerin; Istranca Masifi, İstanbul Napı ve Sakarya Zonu olmak üzere üç ana zondan oluştuğunu belirtmiştir. Sakarya Zonu boyunca, karmaşık şekilde deforme olmuş ve genellikle metamorfizma geçirmiş Jura öncesi bir temel ile çok daha az deformasyona uğramış ve hiç metamorfizma geçirmemiş Jura-Tersiyer bir örtü ayrımı yapmanın mümkün olduğunu ileri sürmüştür. Okay (1984a) ve Okay vd. (1990), Sakarya Zonu'nun Jura öncesi temelini Karakaya öncesi birimler, Kazdağ Grubu ve Karakaya Kompleksi birimleri olmak üzere üçe ayırmışlardır.

Bazik volkanit, spilit, grovak, kumtaşı ve mercekli kireçtaşlarından oluşan ve içinde farklı boyutlarda Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunduran Karakaya Kompleksi ilk defa Bingöl (1968) tarafından tanımlanmıştır. Bingöl vd. (1973) tarafından bu birim formasyon mertebesinde adlandırılmış ve yası Alt Triyas olarak tespit edilmiştir. Okay vd. (1990) Biga Yarımadası'nda Karakaya Kompleksi'nin benzer yaşta, fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan farklı tektonostratigrafik birimlerden (Nilüfer Birimi, Çal Birimi, Orhanlar Grovagı ve Hodul Birimi) meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ancak Karakaya Kompleksi Birimleri'nin temelinin genelde gözlenmediğini, yalnızca Havran'ın kuzeyinde Hodul Birimi'ne ait arkozik kumtaşlarının düşük dereceli metamorfizma geçirmiş sedimanter kökenli kayaları batı sınırı boyunca kesen Triyas öncesi bir Granitoyid üzerinde uyumsuzlukla yer aldığını söylemişlerdir. Karakaya birimlerini başlıca kumtaşı, silttaşı ve marndan oluşan, deformasyon ve metamorfizmadan etkilenmemiş, Jura yasındaki Bayırköy Formasyonu'nun uyumsuzlukla örterek Geç Jura-Erken Kretase yasındaki Bilecik Kireçtası'na geçtigini, bu kireçtaşı seviyesinin üstünde ise ince tabakalı, marnlı, pelajik kireçtaşlarından oluşan Geç Kretase yaşta Vezirhan Formasyonu'nun paralel bir uyumsuzlukla yer aldığını belirtmişlerdir. Üst Kretase ile Oligosen arası çökellerin Oligosen sonunda rejyonal yükselme sonucu büyük ölçüde aşındığını, Erken-Orta Miyosen'de ise bölgede hakim olan yaygın kalkalkalen magmatizma sonucunda birçok granodiyorit bileşimli plutonun bölgeye yerleştiğini, geniş alanların andezit, dasit bileşimli volkanik kayalarla kaplandığını ifade etmişlerdir.

Okay vd. (1990), Gelibolu ve Biga yarımadalarında kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Tersiyer öncesi dört tektonik zonun yer aldığını belirtmişlerdir. Bunlar; Gelibolu, Ezine, Ayvacık-Karabiga ve Sakarya Zonlarıdır. Ayrıca Biga Yarımadası'ndaki yapıların, Triyas Karakaya Orojenezi, Tersiyer Alpin Orojenezi ve Geç Tersiyer yasta doğrultu atımlı faylanma adlarını verdikleri birbirini izleyen üç tektonik evrede oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Buna göre Karakaya Kompleksi'ndeki yapıların bir kısmı, birinci evrede değişik Karakaya Kompleksi birimlerinin üst üste gelmesi ile Nilüfer Birimi gibi derine gömülmüş, metamorfizmaya uğramış ve kıvrımlanmışlardır. İkinci evrede ise yapısal istif, muhtemelen doğrultu atımlı faylanmaya bağlı olarak dik, eğimli, çatallanan makaslanma zonları ile kesilmiş ve parçalanmıştır. Ofiyolitli melanj birimlerinin kıtasal kökenli kayalar üzerine yerleşmesi Biga Yarımadası'nda Erken Tersiyer Alpin olayı olduğunu belirtmişlerdir. Bu iki birim arasındaki tektonik dokanakların çoğunun ya Neojen kayaları ile örtüldüğünü veya Geç Tersiyer yasta dik eğimli faylar halinde meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Üçüncü tektonik dönem olarak adlandırdıkları doğrultu atımlı faylanmanın Erken Miyosen'de başladığını belirtmişlerdir. Doğrultu atımlı faylanmanın Küçükkuyu ile Bandırma arasında yer alan kuzeydoğu-güneybatı gidişli bir zonda yoğunlaştığını ve bu zonun minimum yanal atımının 8 km'yi bulan birçok doğrultu atımlı faylardan oluştuğunu saptamışlardır (Siyako et al. 1989). Okay vd. (1990)'a göre, Biga Yarımada'sı ile İzmir-Ankara Kenedi arasındaki alanda pelajik Üst Paleozoyik kayalarının veya Jura öncesi ofiyolitlerinin bulunmaması, Paleo-Tetis okyanusunun Sakarya Zonu'nun kuzey veya kuzeybatısında yer alması gerektiğini gösterir. Karakaya Kompleksi birimlerinin Ezine Zonu ve daha kuzeybatıda bulunmamaları, Paleo-Tetis Kenedi'nin Ezine ile Sakarya Zonu arasında, bugün Üst Kretase Çetmi Ofiyolit Melanjı'nın bulunduğu kuşakta konumlanmış olma ihtimalinin yüksek olduğunu ifade eder. Yine aynı çalışmalarında Geç Permiyen'de kuzeybatıda pasif kıta kenarında Permo-Karbonifer'de 1000 m. den fazla kalınlıkta sığ denizel karbonatların çökeldiği bir karbonat platformunun yer aldığını, güneydoğuda ise yarı okyanusal, yarı kıtasal kabuk üzerinde gelişmiş bir magmatik yay bulunduğunu saptamışlardır. Nilüfer Birimi ve Kazdag Grubu'nun üst kesimlerinin yay içi ve muhtemelen yay önü çökellerini, Orhanlar Grovakı'nın ise klastik sedimanlarla beslenen hendek prizması çökelleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. Magmatik yayın güneydoğusunda Toridlere kadar uzanan yaygın bir denizel karbonat platformunun yer aldığını ve Ezine zonunun aksine Sakarya

Zonu'nda Permiyen karbonatlarının daha ince kristalen temel üzerine çökeldiğini saptamışlardır. Permiyen sonunda karbonat platformunun yayardı konumunda olan bir kesimin riftleşmeye başladıgını, riftleşme başlamadan önce Sakarya Zonu'nda ve muhtemelen Anatolid- Torid platformunun kuzey kesiminde yaygın bir yükselmenin meydana geldiğini, riftleşmeye yaygın bir bazik volkanizma ve rift omuzlarını oluşturan Üst Permiyen karbonatlarından malzemesini alan olistostromların eşlik ettiğini ve bugünkü coğrafyaya göre ekseninin Kazdağ ile Bandırma arasından geçtigini belirtmişlerdir. En Geç Permiyen- Erken Triyas'ta Paleotetis'in güneydoğuya bakan pasif kıta kenarı üzerine bir ofiyolit üzerlemesi geldiğini, bu üzerlemenin de Geç Kretase'de pasif kıta kenarının güneydoğuya dalan bir dalma-batma zonu içine Geç Permiyen'de girmesi sonucu meydana gelmiş olabileceğini söylemişlerdir. Karakaya riftinin Triyas sonunda kapandığını belirtmişlerdir. Karakaya Rifti' nin kapanmasına yol açan kompresyonun Geç Triyas'ta Paleotetis'in kapanması ve bunun sonucu olarak Ezine ve Sakarya zonlarının çarpışması ile başladığını belirtmişler, Biga Yarımadası'nda Triyas'ta bindirmelerin, dalma-batma zonunun eğimine ters yönde geliştiğini söylemişlerdir. Karakaya Orojenezi sonrasında en geç Geç Triyas ve Erken Liyas'ta Biga Yarımadası'nın yükselip aşındığını ve Liyas'ta molas tipi klastikler ile tanımlanan bir transgresyona uğradığını, Geç Jura ile Orta Kretase arasında Biga Yarımadası, kuzeyde Pontid-içi Okyanusu'na, güneyde ise İzmir- Ankara Okyanusu'na bakan bir kıtasal self oluşturduğunu belirtmişlerdir. Kretase-Paleosen ofiyolitli melanjlarının yerleşmesine bağlı olarak gelişen Alpin bindirmeler olduğunu, Biga Yarımadası'nda kıta kabuğunun kalınlaşması ve dolayısı ile Geç Tersiyer kısmi ergimesi ve yaygın Geç Oligosen-Erken Miyosen kalkalkalen magmatizmasına yol açtığını ifade etmişlerdir.

Okay ve Tüysüz (1999), güneyde Anatolid-Torid Blogu ve kuzeyde Istranca ve İstanbul zonları ile sınırlanan, D-B uzanımlı olan ve yaklasık 1500 km uzunluğunda, 120 km genişliğindeki kıtasal parçanın Sakarya Zonu olduğunu ifade etmişlerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Türkiye ve çevresinin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999).

2.2 Çalışma Alanı Jeolojisi

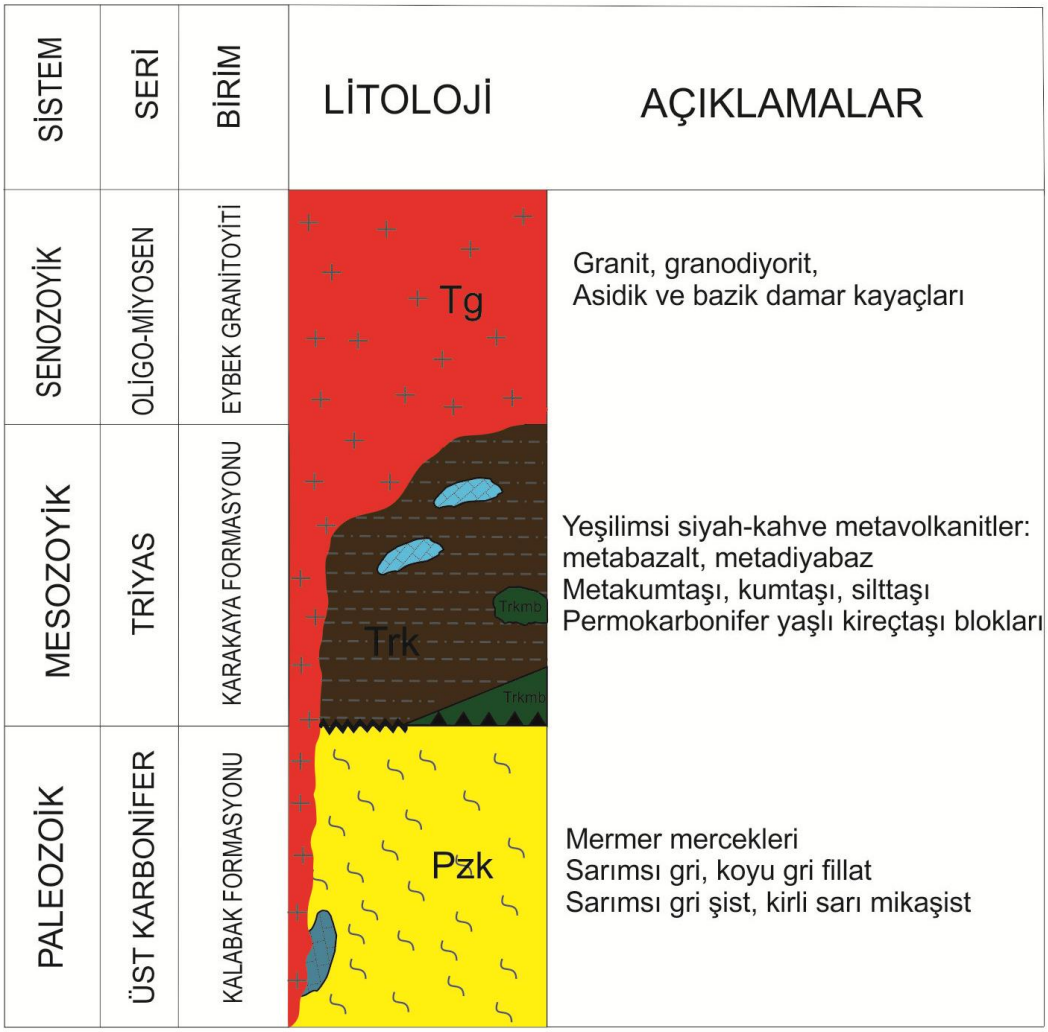
Sahanın Triyas öncesi temelini, çoğunlukla fillat olmak üzere, düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Kalabak Formasyonu oluşturmaktadır. Bunun üzerine ise tektonik dokanakla metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu veya diğer bir adlamayla Karakaya Kompleksi (Okay ve diğ., 1990) gelmiştir (Şekil 2.3). Granit-granodiyorit bileşimli Eybek Granitoyidi ile onun asidik ve bazik damar kayaçları Tersiyer yaşlıdır. Eybek Granitoyidi, çalışma sahasında Karakaya Formasyonuna ait metasedimanter ve metabazik kayaçları ve Kalabak formasyonuna ait şistleri kontakt metamorfizmaya uğratmıştır (Şekil 2.4).

2.2.1 Kalabak formasyonu

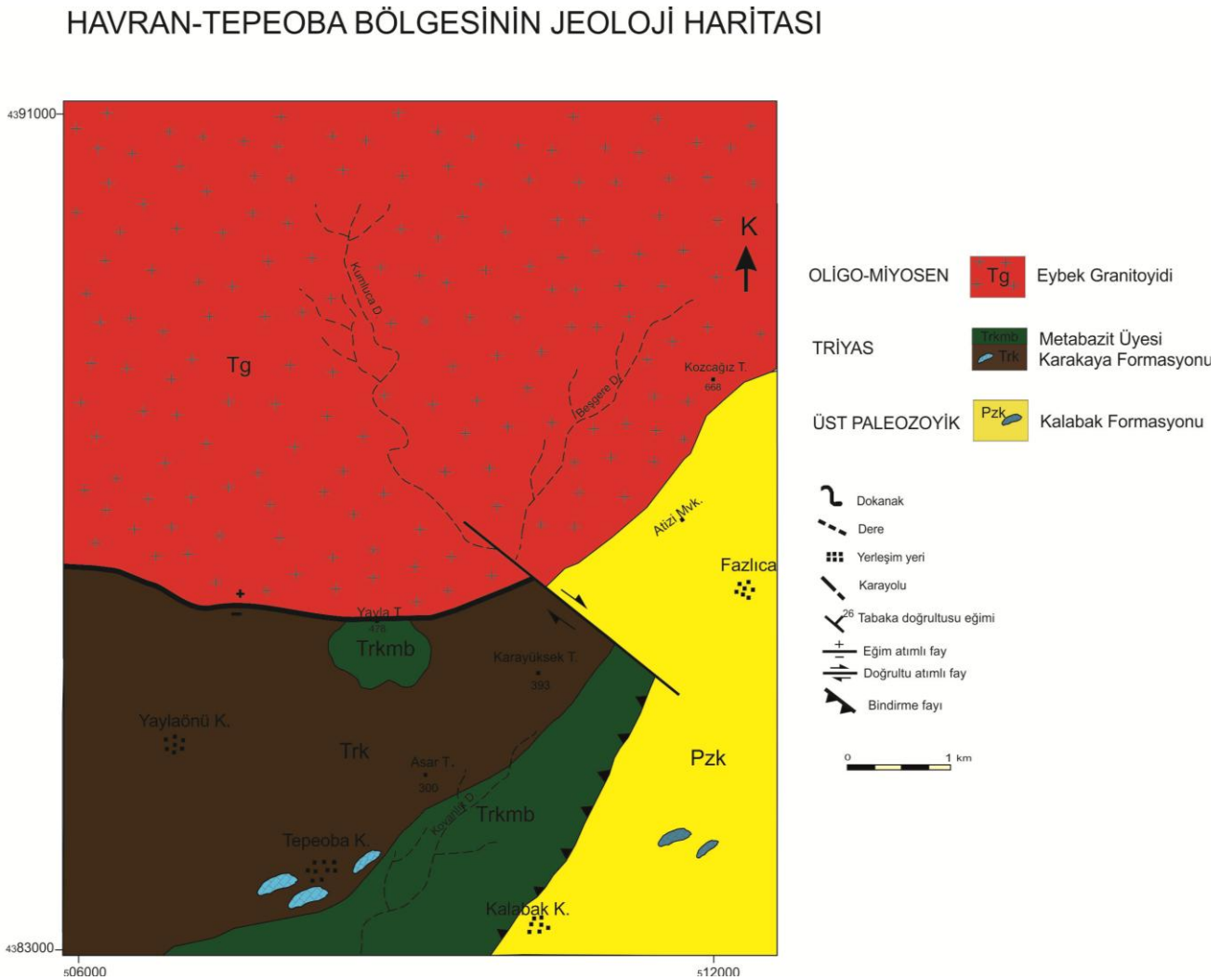
İnceleme alanındaki Triyas öncesi temeli oluşturan ve çoğunlukla fillatlardan oluşan düşük dereceli metamorfik kayalar ilk kez Krushensky et al. (1980) tarafından Kalabak Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Okay ve diğerleri (1990)'e göre Kalabak Formasyonu, Karakaya öncesi bir birim olarak tanımlanmış Eybek Granodiyoritleri tarafından kesildiği belirtilmiştir. Yaltırak ve Okay (2004)' göre; İstif, alt kesimlerde kalınlığı 0.3-5 m, boyu 1-30 m arasında değişen mermer merceklerinin blokları ile yanal geçişli şistlerle başlar. Bu mercekler saha dışında Kınar Birimi ile arasındaki dokanağın sınırına denk gelir. Üste doğru kalkşist, fillit ara katkılı seviyeler görülmeye başlar. Silisifiye bazalt katkıları içermesi ve tamamen siyah renkli fillitler ile kirli sarı renkli mika şistlerin hâkimiyeti tipik özellikleri arasındadır. İstifin üst seviyelerinde ise hâkim birim mikaşist ve fillittir.

Kalabak formasyonu Edremit ve Havran'ın kuzeyinden Pazarköy'e doğru uzanan kesimde yüzeylenmekte olup, tip kesit yeri Havran kuzeyindeki Kalabak Köyü'nden kuzeye doğru giden sırt boyuncadır. Bu formasyon Kalabak Köyü doğusunda KD yönlü bir sınır boyunca Geç Triyas öncesi saha dışında Çamlık Metagranodiyoriti ile dokanak halindedir.

Sahada Kalabak Formasyonu, parlak yüzeyli, ince taneli, iyi foliasyona sahip, sarımsı gri, koyu gri, gümüşi gri fillatlardan, belirgin foliasyonlu, orta taneli, sarımsı gri renkli ve kuvars bantlı şistlerden, yer yer mermer seviyelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.5, 2.6, 2.7, 2.8).



Şekil 2.3 : Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.



Şekil 2.4 : Çalışma alanının jeoloji haritası.



Şekil 2.5 : Belirgin foliasyon gösteren fillatlar.



Şekil 2.6 : Kuvars bantlı şistler.



Şekil 2.7 : Sarımsı gri renkli şistler.



Şekil 2.8 : Kalabak formasyonuna ait mermerler.

2.2.2 Karakaya formasyonu

Birden fazla yapısal birlik içeren Karakaya Formasyonu çeşitli araştırmacılar tarafından Karakaya Grubu (Bingöl vd.1973), Karakaya Melanjı (Sengör et al. 1984), Karakaya Kompleksi (Okay vd. 1990) ve Karakaya Birimi (Tüysüz 1990) olarak tanımlanmış ve yorumlanmıştır. Bu kayaların oluştukları ortamlar ve yaşları konusunda farklı görüşler olsa da tüm araştırmacılar bu birimlerden her birinin farklı derecelerde metamorfizmaya uğramış bazik volkanik kayaları içerdiği konusunda görüş birliği içindedir. Biga Yarımadası'ndan başlayıp, Bursa, Bilecik, Eskişehir üzerinden Ankara' ya kadar uzanmaktadır. İçerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunduran, hafif metamorfizma geçirmiş, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığını tanımlamak üzere adlandırılmıştır.

Çalışma sahasında Karakaya Kompleksini oluşturan kayaçların haritalanmasında ayrıntıya girilmemiş olup, birim Karakaya Formasyonu olarak haritalanmıştır. Formasyona ait metasedimanter ve metabazik kayaçlar Yayla Tepe, Karayüksek Tepe ve Kumluca Dere ile Tepeoba Köyü arasında KD-GB uzanımlı olarak mostralar vermektedir.

Çok sık kıvrım ve kıvrımcıklardan oluşan formasyon, tektonikten yoğun olarak etkilenmiştir (Şekil 2.9). Çalışılan sahada granitoyid intrüzyonundan dolayı ilksel özelliklerini kaybedip, çoğunlukla benekli şistlere (muskovit şist) dönüşmüş olan

metasedimanter kayaçları Kalabak Şistlerinden ayırmak güçtür. Ancak, intrüzyon dokanağından uzaklaşıp güneye, Tepeoba Köyüne doğru gidildikçe, benekli şistlerden tedrici olarak önce metakiltaşlarına, Tepeoba Köyü civarında ise arkozik kumtaşlarına geçildiği görülmektedir. Tepeoba Köyü civarında formasyon, yer yer Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları da içermektedir.

Önceki çalışmalarda sahadaki metasedimanter kayaçlardan alınan örnekler, kataklastik andaluzit hornfels, milonit, milonitik hornfels, piroksen hornfels şeklinde tanımlanmıştır (Küçükefe ve diğ., 2005). Aynı kayaçlar, sahada yapılan diğer bir çalışmada, andaluzit şist, andaluzit-muskovit şist, muskovit-andaluzit şist, muskovit-andaluzit-biyotit şist olarak adlandırılmıştır (Watanabe ve diğ., 2003). Çalışma sahasında birimler yoğun bir şekilde deformasyona uğramıştır ve çok çatlaklıdır. Dolayısıyla sedimanter yapılar iyi gözlenememiştir. Bazı sedimanter birimlerde düşük dereceli metamorfizma etkisi gözlenmiştir. Bu birim içinde değişen boyut aralıklarında gri-beyaz, gri renkli, bol çatlaklı kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Bol fosilli olan bu kireçtaşı blokları genellikle kalın tabakalı veya masif görünümlü olup, çatlakları kalsit ile doldurulmuştur. Çalışma alanında nadiren de gözlenebilse bu birimin içinde şistozite geçirmiş kalkşistler gelişmiştir.



Şekil 2.9 : Tektonizmden yoğun olarak etkilenmiş metavolkanitler.

Karakaya Formasyonu'nun kuzeyde Eybek Granitoyidi ile olan dokanağı genç yırtılma ve graben fayları ile değişikliğe uğramıştır. Formasyonun Kalabak Formasyonu ile olan dokanağı çalışma alanında tektonik, sahanın dışında Çamlık

köyü civarında ise diskordanslıdır. Karakaya Formasyonu'na önceki çalışmalarda verilen Alt Triyas yaşı bu çalışmada da kabul edilmiştir.

2.2.2.1 Metabazit üyesi

Çalışma sahasının batısında Tepeoba ve Kalabak Köyleri arasında mostra veren metabazik kayaçlar, sahanın kuzey-doğusuna doğru uzanmaktadır. Metabazik kayaçlar bu çalışmada ayrı bir formasyon olarak adlandırılmamış, Karakaya Formasyonunun Metabazit Üyesi olarak haritalandırılmıştır.

Metabazik kayaçlar, Yayla tepe civarında, intrüzyon dokanağında daha çok amfibolit-amfibolit şist mineralojisindedirler. Bu nedenle, Paleozoyik yaşlı Kalabak şistleri içerisindeki Metabazitlere benzemektedirler. Ancak dokanaktan güneye Tepeoba Köyüne doğru gidildikçe metabazik kayaçlardaki bu metamorfik etki giderek azalmakta, kayaçlar bazalt, metabazalt olarak gözlenmektedir. Bu nedenle metabazik kayaçlar Karakaya Grubu içerisindeki Mehmetalan Formasyonuna (Duru ve diğ., 2004) daha çok benzemektedirler. Metabazik Kayaçlar, önceki çalışmalarda Karakaya Formasyonu içerisinde veya Karakaya Kompleksi içinde Nilüfer Birimine (Okay ve diğ.,1990) dahil edilerek incelenmiştir.

Metabazik kayaçlar arazide yer yer metaserpantin-metadiyabaz mineralojisinde olup yeşilimsi siyah renklidirler. Birim arazide yeşil ve yeşilin farklı tonlardaki renklerde izlenir.

Metabazit Üyesinin yaşı, içinde yer aldığı Karakaya Formasyonu'nun yaşıyla aynı (Alt Triyas) olarak kabul edilmiştir.

2.2.3 Eybek granitoyidi

Adını sahanın kuzeyindeki Eybek Dağı'ndan alan Eybek Granitoyidi çalışma alanının kuzey bölümünde yaklaşık D-B yönünde geniş bir alan kaplamaktadır. Gümüş (1964) bu plutonu; Normal granodiyorit, Oriyente olmus granodiyorit olarak ikiye ayırmış, bunlara bağlı olarak da pegmatitik, aplitik ve lampofirik damarlardan bahsetmiştir. Aslaner (1965) ise bu plutonu; Muskovitli, biyotitli, iki mikalı ve amfibollü kalkalkalin granit, Biyotit ve amfibollü granodiyorit, Kuvarsdiyorit (biyotitli, amfibollü), Mikrogranodiyorit ve Mikro kuvarsdiyorit olarak ayırmıştır. Aslaner (1965) Eybek granitinin Kazdağ masifi kayalarının içine sokulmuş kalk-alkalin granitik ve kuvars diyoritik bir yapı gösterdiğini belirmiş ve granitik gövdede

biyotit-amfibol ve iki mikalı granitik kayaç türlerinin varlığını ortaya koymuştur. Bürküt (1966) çalışmasında Eybek Granitini ojit ve biyotitli granodiyorit olarak tanımlamıştır. Krushensky (1976) tarafından yapılan çalışmada ise Eybek Granitinin granodiyorit, kuvars monzonit olduğu saptanmıştır.

Çalışılan alanda, Eybek Granitoyidi yan kayaçlarla olan kenar zonlarında granit, iç kesimlerine doğru ise granodiyorit bileşimli olup, granit-ganodiyorit dokanağı yer yer geçişli, yer yer de tektoniktir. Granitoyid sıkça granofir dokulu asidik damar kayaçları ve ince-orta taneli bazik damar kayaçları tarafından kesilmektedir (Küçükefe ve diğ., 2005). Yapılan radyometrik yaş tayinlerine göre, plutonun yaşı 35-22 my (Oligo-Miyosen) arasındadır (Krushensky, 1976; Bingöl ve diğ.1982; Watanabe ve diğ., 2003).

Kayaç, hemen kuzeyinde bulunan granodiyoritten, felsik mineral bolluğu ve mafik mineral içermeyişi nedeniyle granit olarak adlandırılmıştır. Kenarları ince taneli olup, mikrogranit veya aplitik granit şeklindedir (Küçükefe ve diğ., 2005). Pembe, kirli-pembe renklerdedir. Arazide bloklar, kafalar ve arenalaşmış şekilde bulunur (Şekil 2.10, 2.11).



Şekil 2.10 : Eybek Granitoyidi içinde kafalar şeklinde bulunan granit.



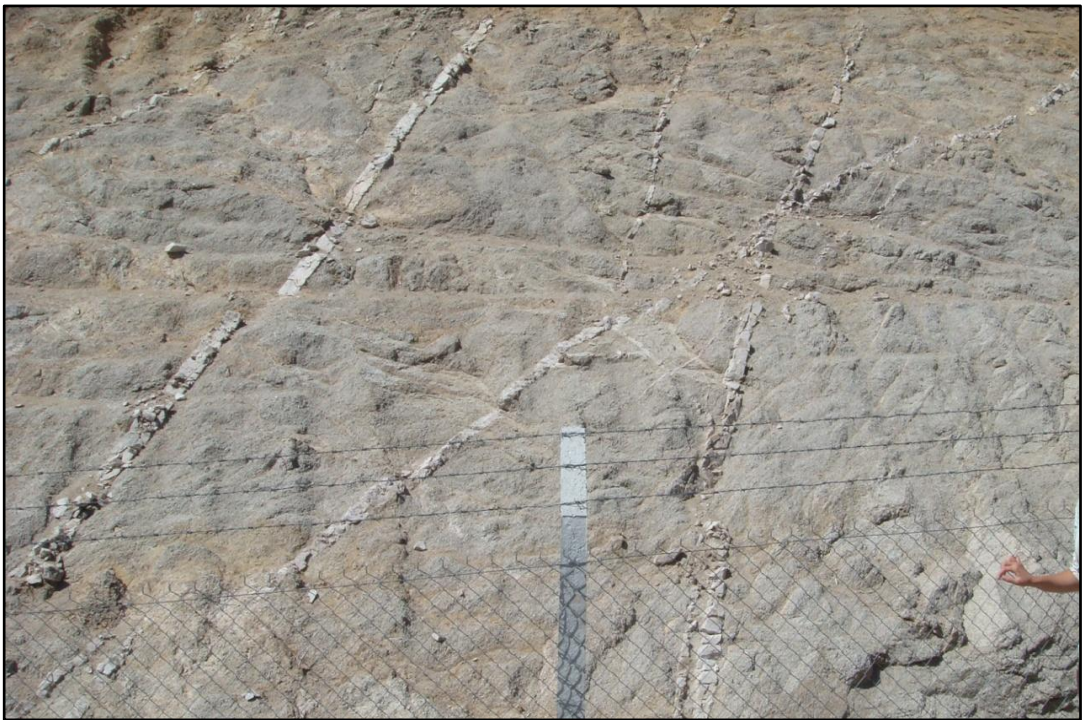
Şekil 2.11 : Eybek Granitoyidi içinde gözlenen arenalaşan granit.

Yan kayaçtan granite geçişi ayırmak çok zorlaşmakta, dokanağın yeri tam olarak anlaşılamamaktadır. Metasedimanter kayaçlar içinde ince tanesel dokulu olarak görülen kayaç metasedimanter ve metabazik kayaçlara sokulum yaparak onları, andaluzit, biyotit ve muskovite çevirmiştir. Yaylatepe'den Kumluca Dere'ye doğru inen yol üzerinde kayaç içerisinde granit/granofire ait anklavlar görülmektedir (Şekil 2.12). Anklavlar genellikle yuvarlak, granitin birincil kenar zonlarında ise uzalmış, lensoidal şekillidirler. Uzalma yönu granit-yöre kaya dokanağına paraleldir.

Granit sıkça 1-5 cm arası kalınlıklarda kuvars damarcıklarıyla, yer yer de 1-2 m arası kalınlıklarda kuvars damarlarıyla kesilmiş olup, damarların etrafında zayıf bir serisitleşme görülür (Şekil 2.13). Kuvars damarları yer yer pegmatitik karakterde olup, içlerinde iri biyotit, muskovit, feldispat mineralleri vardır. Damarların bir kısmı kalkopirit ve molibdenitli olup, limonitleşme ve malakitleşme şeklinde oksidasyon gösterir (Şekil 2.14).



Şekil 2.12: Granit/Granofire ait anklavlar.



Şekil 2.13 : Graniti kesen kuvars damarları.



Şekil 2.14 : Kalkopirit içeren damarlar ve limonitleşmeler.

Granodiyoritik kayaçlar çalışma sahasında granitik kayaçların kuzeyinde bulunmaktadır. Bu kayaçlar aynı adlama ile kullanılmıştır. Granitle yaklaşık aynı özelliklere sahip olmakla birlikte, ondan, daha çok mafik mineral içermesiyle ayrılır. Petrografik determinasyonunda, kuvars, K-feldispat, plajiyoklas, hornblend, biyotit, sfen, apatit, karbonat ve opak mineraller saptanmıştır. Ayrıca metasedimanter kayaçları kesmiş ve onları hornblend-hornfels fasiyesinde kontakt metamorfizmaya uğratmıştır (Krushensky, 1971).

Arazide granodiyoritin taze mostralarına pek rastlanmamakla birlikte çoğunlukla az veya çok altere olmuşlardır. Genellikle grimsi renklerde görülürler ve bol çatlaklıdırlar (Şekil 2.15). El örneklerinde ferromagnezyen mineraller siyah renkleri ile orta ve iri taneli boyutlarda, farklı dokularda izlenmişlerdir. Çalışma alanından elde edilen el örneklerinde mineraller makro olarak rahat bir şekilde görülmektedir. Bu örnekler iri hornblend, kuvars, mikroklin, biyotit

Küçükefe ve diğ., (2005) tarafından granodiyorit olarak adlandırılan bazı kayaçlar bu çalışmada aynı kayaçtan alınan numunelerin mikroskobik tanımlamalarında ve diyagramlarda granit olduğu görülmüş, kayaç granit olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2.15 : Gri renkli ve bol çatlaklı granodiyorit.

Çalışma sahasında 5 cm-5 m arasında değişen kalınlıklarda, yer yer 20-25 metre devamlılığı izlenebilen, asidik bileşimli, ince taneli, beyaz-krem-pembemsi renklerde, kontak metamorfik kayaçlara sokulum yapmış dayklar Küçükefe ve diğ. (2005) tarafından asidik damar kayaçları olarak adlandırılmıştır. Bu kayaçlardan alınan örnekler granofir olarak adlandırılmıştır.

Bazik damar kayaçları Oligo-Miyosen yaşlı Eybek Granitoyidi'ni kesmektedirler (Şekil 2.16). Genellikle K-G uzanımlı, yer yer ise D-B uzanımlıdırlar. Devamlılıkları genç tektonik nedeniyle sık sık kesintiye uğramıştır (Şekil 2.17). Koyu yeşil renkli olup, mafik mineralleri yer yer epidot, pirit ve kalsite dönüşmüştür. Yer yer tanesel dokulu, yer yer de ince tanesel dokuludur. Kayaç içinde dissemine ve damarcıklar şeklinde pirit görülmekte olup, epidot ve kalsitlidir. Kayacın yaşı konusunda kesin bir şey söylenememekte, Oligo-Miyosen yaşlı Eybek Granitoyidi'nin son evre bazik ürünleri olarak düşünülmektedir.



Şekil 2.16 : Eybek Granitoyidi'ni kesen bazik damar kayaçları.



Şekil 2.17 : Tektonizmden etkilenen bazik damar kayaçları.

Tersiyer yaşlı Eybek Granitoyidi çalışma sahasının doğusunda, Paleozoyik yaşlı Kalabak Şistleri'ni kesmiş ve onları kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Kontakt metamorfik zon, Kumluca Dere ile Beşgere Dere'nin birleşim yerinden itibaren, yaklaşık KD yönünde, intrüzyon dokanağına parelel olarak, Kozcağız Mezarlığına kadar uzanmaktadır. Sahada yapılan önceki çalışmalarda, kontakt metamorfik zonun genişliğinin yer yer 2 km'ye kadar ulaştığı; özellikle Kalabak Şistlerinin mermer ve spilitik kayaçlarında kontakt metamorfizmanın daha iyi geliştiğinden bahsedilmektedir (Çetinkaya ve diğ.,1983) (Şekil 2.18). Genellikle ince taneli ve sert

kayaçlar olup el örneklerinde epidot içeriğine bağlı olarak yer yer yeşil renklerde izlenirler. Çalışma sahasının doğusunda Atizi Mevkii'nde, Kalabak Şistleri içindeki mermer seviyelerinde, gelişmiş skarn zonunda manyetit cevherleşmesi görülmektedir. Manyetit cevherleşmesine yer yer düşük tenörlü bakır cevherleşmesi de eşlik etmektedir. İntrüzyon dokanağında kontak metamorfik zonda Eybek Granitoyidinin Kalabak Formasyonuna etkisi sonucunda yer yer hidrotermal breşler de gözlenmektedir (Şekil 2.19). Çalışma sahasının batısında ise Eybek Granitoyidi metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan Karakaya Formasyonu'nuna sokulum yaparak, bu birime ait şistleri kontak metamorfizmaya uğratmış zayıf serizitik alterasyona neden olmuştur.



Şekil 2.18 : İntrüzyon dokanağında gözlenen mermer seviyeleri.



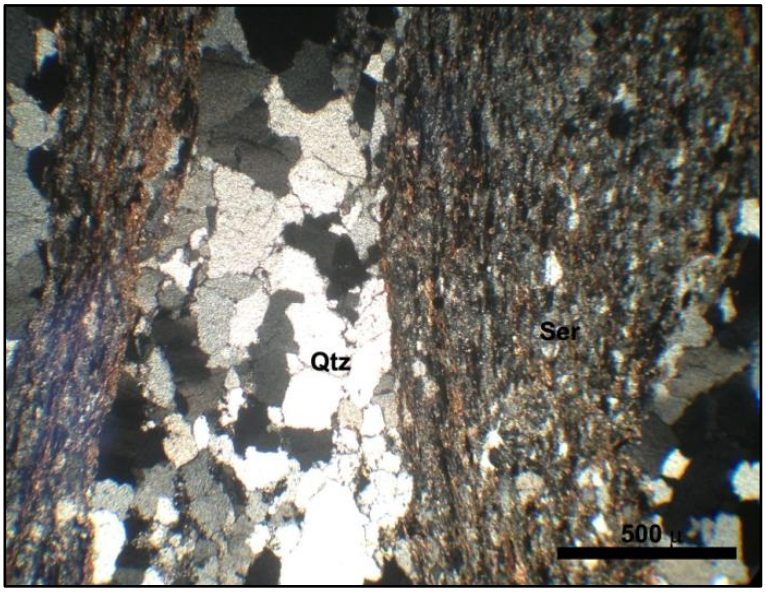
Şekil 2.19 : Karakaya formasyonunda intrüzyondan etkilenen hidrotermal breşler.

2.3 Çalışma Alanı Petrografisi

İnceleme alanındaki kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla araziden alınan 56 adet numuneden 36 adet ince kesit hazırlanarak incelenmiştir. Mikroskopik ince kesit incelemeleri sahada yapılan gözlemlere dayanarak yürütülmüştür. İncelemeler sonucunda çalışma sahasında 9 tip kayacın varlığı saptanmıştır. Bunlar kuvars-mikaşist, biyotit fillat, mermer, kloritşist, amfibolit, kuvars-serizitşist, granit, granofir, kuvars monzonit, olarak guruplandırılmıştır.

2.3.1 Kuvars-mikaşist

Kalabak Formasyonundan alınan kayaç örneğinin yapılan ince kesit incelemesinde kayacın küçük, özşekilsiz kuvars taneleri ve mika pullarından oluştuğu gözlenmektedir. Yapraklanma gözlenmektedir (Şekil 2.20).

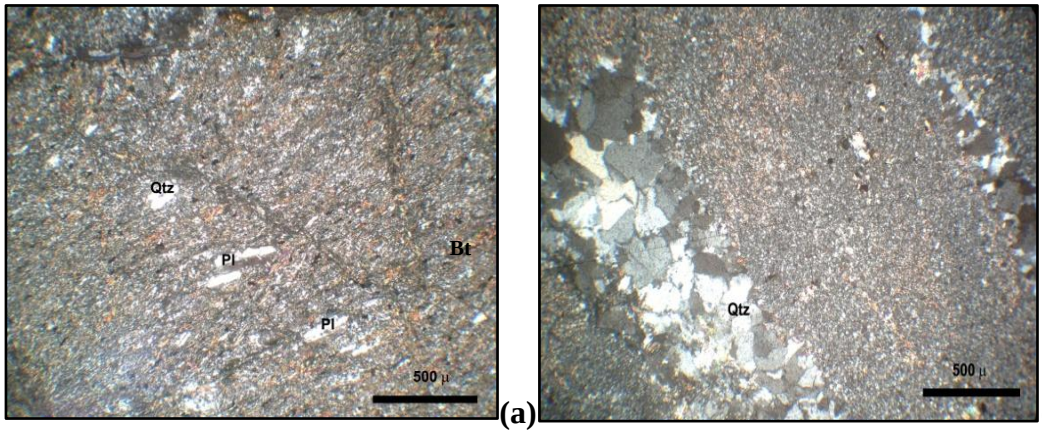


Şekil 2.20 : Mika pullarının yapraklanma göstermesi.

2.3.2 Biyotit fillat

Kalabak Formasyonundan alınan kayaç örneğinin yapılan ince kesit incelemesinde kayacın yönlenme gösteren biyotit, albit ikizli plajiyoklazlar ve ince taneli kuvarslar bulunmaktadır. Bu kayacın içinde biyotitler, kuvars toplulukları ve opak mineraller saçılmış halde bulunmaktadır. Plajiyoklazlar ise yönlenme göstermekte ve ayrıca yoğun serisitleşmeler de izlenmektedir (Şekil 2.21a). Kayacı kesen daha iri taneli kuvars damarları, bazen serisit ve opak minerallerle birlikte izlenmektedirler (Şekil

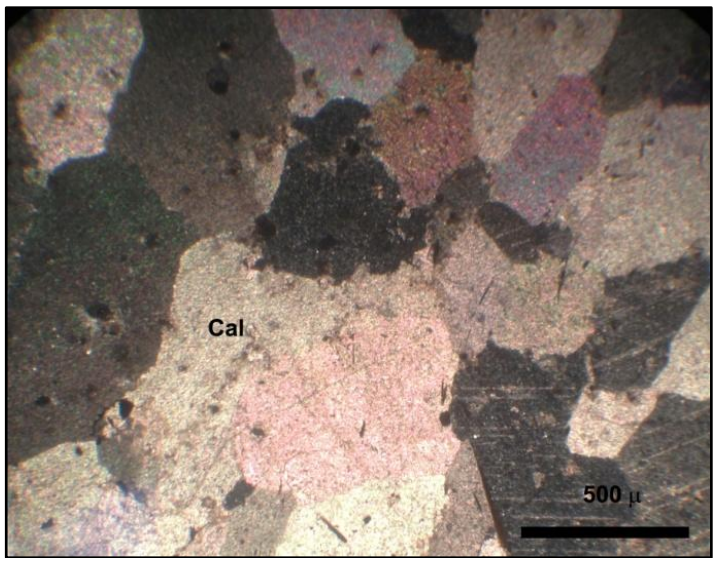
2.21b). Kayacın kırılarak parçalandıgı, breşik bir görünüm kazandığı ve ince kuvars damarcıkları tarafından kesildiği, bu arada da yer yer biyotitlerin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 2.21 : (a) Plajiyoklazların serizitleşme içinde yönlenme göstermesi,
(b) Kayacı kesen iri kuvars damarlarının görünümü.

2.3.3 Mermer

Kalabak formasyonundan alınan numunede için yapılan ince kesit çalışmasında kayacın asıl minerali kalsit olarak tespit edilmiştir. Kalsitler iri kristaller şeklinde bulunmaktadır (Şekil 2.22).

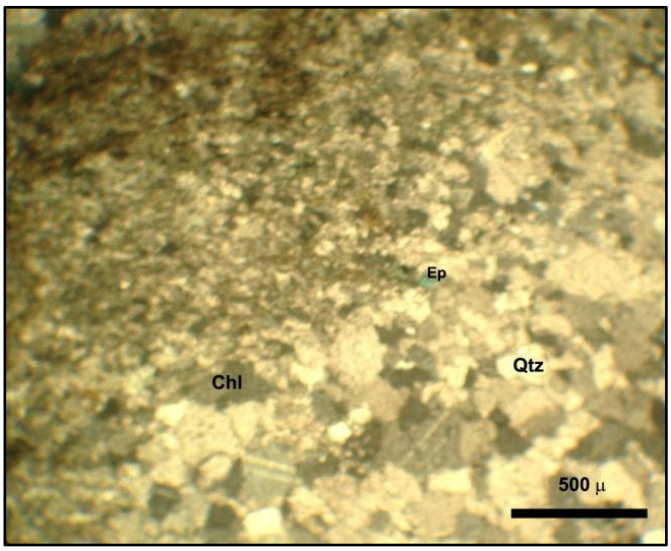


Şekil 2.22 : Mermerin çift nikolde görünümü.

2.3.4 Kloritşist

Karakaya Formasyonu' nun Metabazit üyesinden alınan numune için yapılan ince kesit çalışmasında kayacın ana mineralleri kuvars, epidot, klorit ve kalsittir. Genellikle kalsitten oluşmaktadır. Kalsitlerin arasını az miktarda kuvarslar

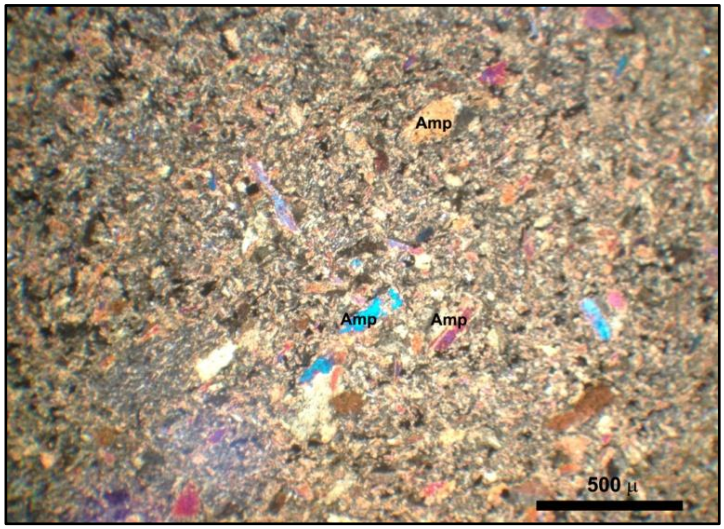
doldurmaktadır. Kuvarslar özşekilsizdir. Kayacın karbonatlaşması sonucu gelişen epidot ve klorit minerali görülmektedir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 : Kayacın karbonatlaşması sonucu görülen klorit mineralleri.

2.3.5 Amfibolit

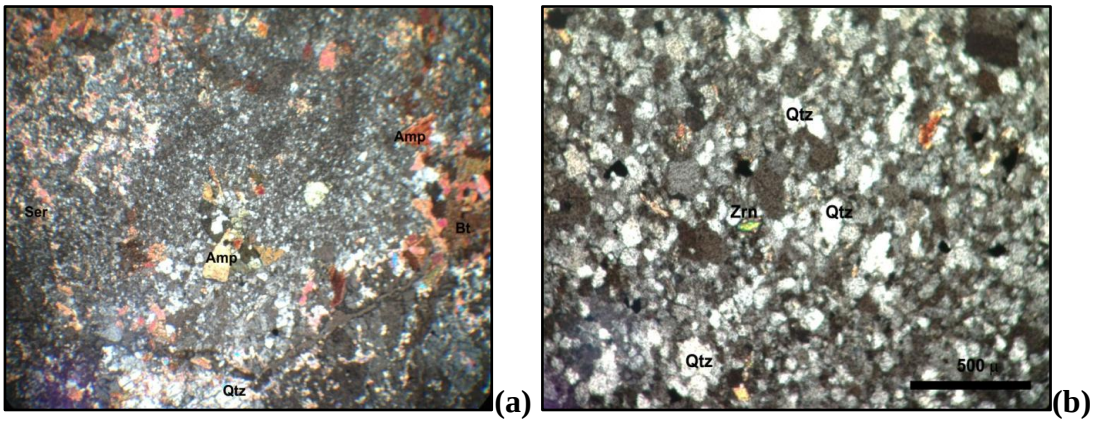
Karakaya formasyonu metabazit üyesinden alınan numunenin ince kesit incelemesinde bu kayacın esas minerali amfibol olarak tespit edilmiştir. Kayaç %90 oranında amfibol içermektedir (Şekil 2.24). Mineraller özşekilsiz ince tanelidir ve yönlenme göstermektedirler. Ayrıca yüksek pleokroizma gösterirler.



Şekil 2.24 : Özşekilsiz ve ince amfibollerin çift nikolde görünümü.

2.3.6 Kuvars-serizitşist

Karakaya Formasyonundan alınan kayaç örneğinin yapılan ince kesit incelemesinde kayacın ana mineralleri kuvars ve serizittir. Serizitleşme çok bariz ve yaygın bir şekildedir (Şekil 2.25a). Bazı kesitlerde ise az miktarda amfibol ve biyotit içerdiği gözlenmiştir. Kuvarslar küçük taneli ve hemen hemen eş boyludurlar. Bazı kesitlerde zirkon minerali görülmektedir (Şekil 2.25b).



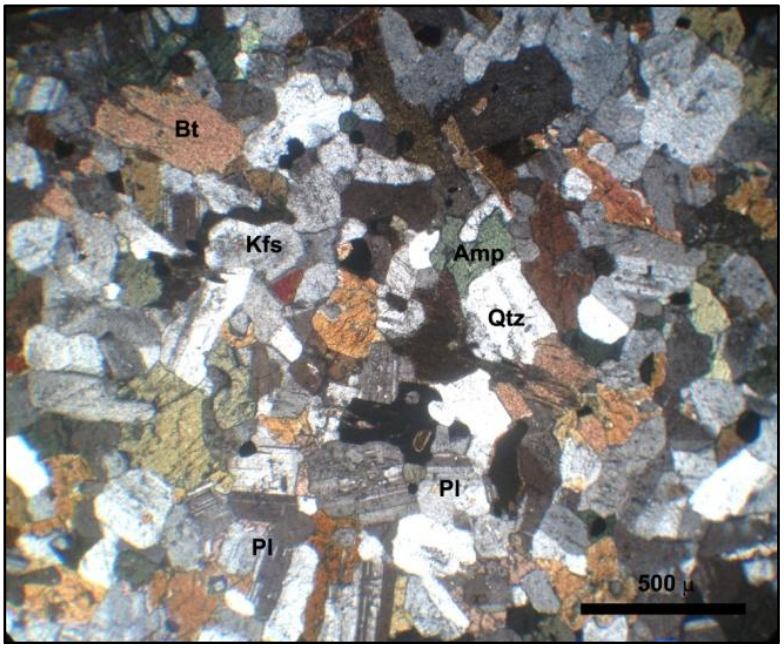
(a) **(b)**

Şekil 2.25 : (a) Serizit kuvars şistte görülen yaygın serizitleşme, (b) Zirkon içeren mineralin çift nikolde görünümü.

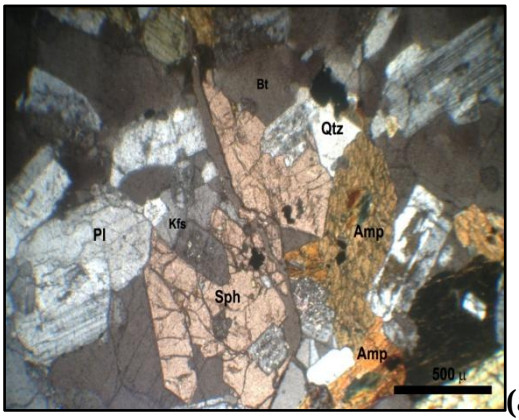
2.3.7 Granit

Eybek Granitoyidinden alınan granitik kayaçlar yaygın olarak felsik, az oranda mafik mineral içermektedir. Genellikle holokristalen hipidiyomorfik granüler dokuya sahiptirler (Şekil 2.26).

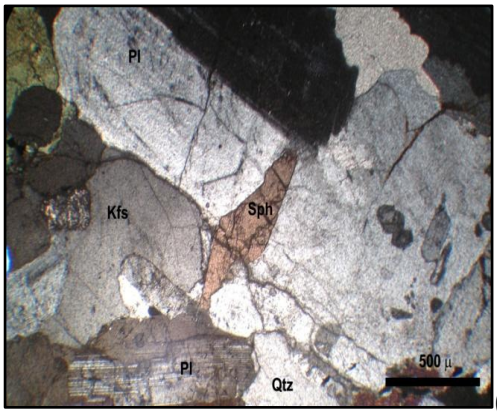
Kayacın mineral bileşimi plajiyoklaz, kuvars, alkali feldispat, biyotit, amfibol ve opak minerallerdir. Bazı kesitlerde aksesuar minerali olarak sfen bol miktarda gözlenmiştir (Şekil 2.26a,b). Kuvarslar özşekilsiz taneler halindedir ve diğer mineraller arasındaki boşlukları doldurmaktadır (Şekil 2.26c). Egemen mafik mineraller biyotitlerdir ve prizmatik ve levhamsı şekildedirler (Şekil 2.26d). Daha az oranda ise amfibol içermektedir.



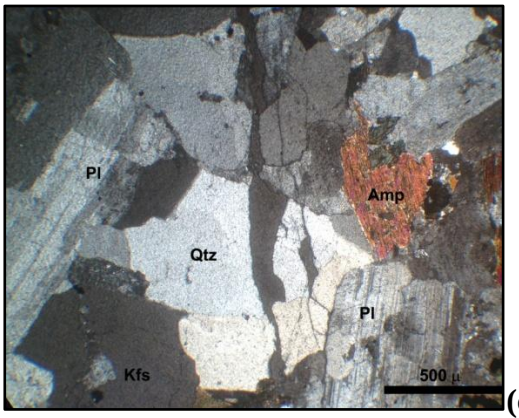
Şekil 2.26 : Granitin çift nikolde görünümü.



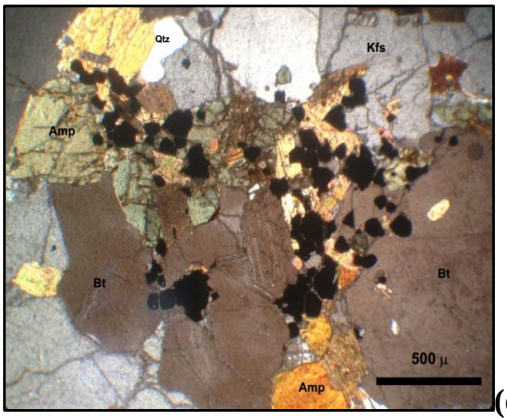
(a)



(b)



(c)

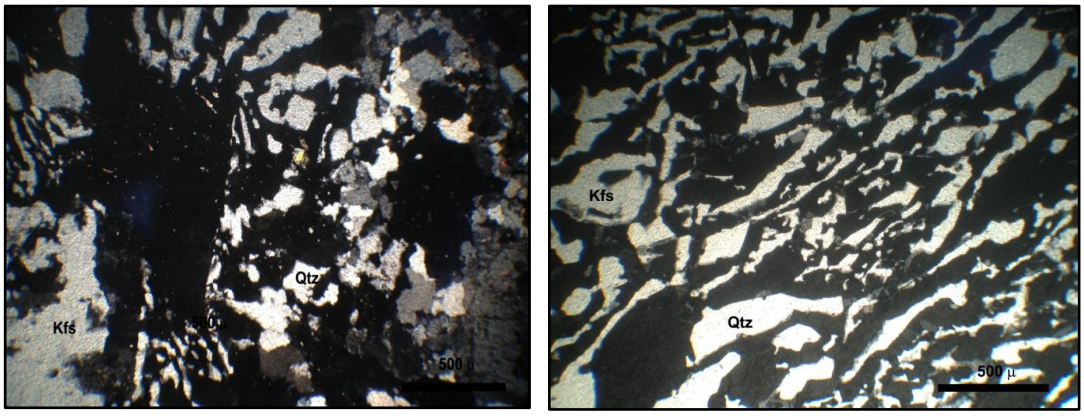


(d)

Şekil 2.27 : (a), (b) Sfen minerali içeren granitlerin çift nikolde görünümü, (c) Plajiyoklaz ve alkali feldispatlar arasını dolduran kuvarslar, (d) Opak mineral içeren prizmatik ve levhamsı biyotit granitin çift nikolde görünümü.

2.3.8 Granofir

Eybek Granitoyidinden alınan kayaç örneğinin yapılan ince kesit incelemesinde granofirin esas mineralleri kuvars ve alkali feldispattır. %3-4 oranında plajiyoklaz içermektedir. İkincil bir silis getirimiyle alkali feldispatlar ve kuvars arasında iç içe büyüme gözlenmektedir. Alkali feldispat-kuvars birlikteliği yelpaze oluşturacak şekilde dizilmişler ve grafitik dokuyu oluşturmuşlardır (Şekil 2.28). Bu tipik doku nedeniyle kayaca granofir adı verilmiştir. Bu yapı biçimi, fenokristaller ile matrisin aynı zamanda kristalleştiklerini gösterir. Yer yer ince taneli kuvarsça zengin kesimlerin içinde adacıklar seklinde daha iri öz şekilsiz kuvars toplulukları bulunmaktadır.

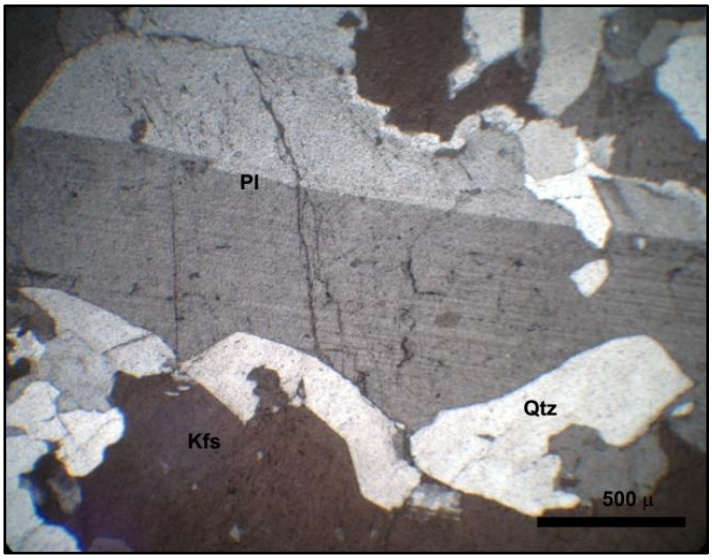


Şekil 2.28 : Granofirin tipik yelpaze dokusu.

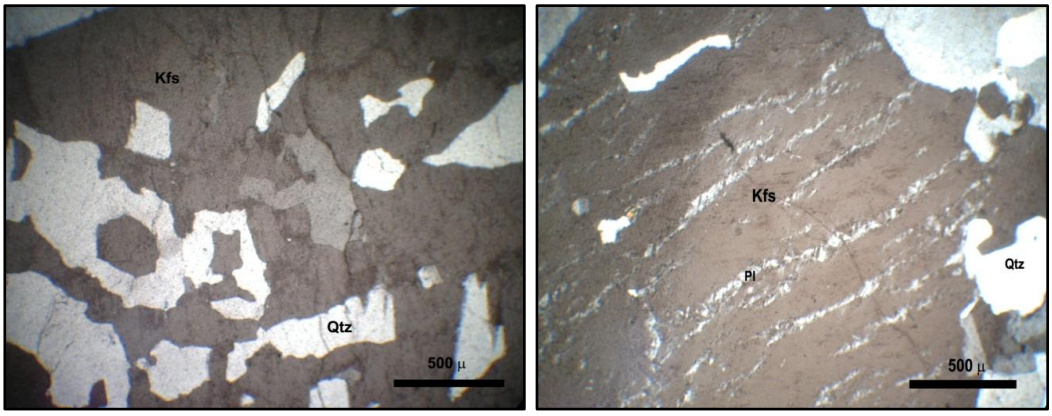
2.3.9 Kuvars monzonit

Eybek Granitoyidinden alınan kayaç örneğinin yapılan ince kesit incelemesinde kayacın dokusu genel olarak holokristalen hipidiyomorfik ve ksenomorfik granüler dokudur (Şekil 2.29).

Kayacın ana mineralleri feldispat ve plajiyoklaztır. Bu kayacın mineralleri diğer kayaçlara göre daha iri tanelidir. Özellikle plajiyoklaz ve alkali feldispatlar iri kristaller halindedir. Kuvarslar ise iri alkali feldispatların aralarını doldurmaktadır ve özşekilsizdir. Mafik mineral olarak çok az miktarda biyotit içermektedir. Bazı kesitlerde alkali feldispatlar içinde plajiyoklas mineralleri bulunmakta ve tipik pertitik doku gözlenmektedir (Şekil 2.30).



Şekil 2.29 : Kuvars monzonit kayacının ksenomorfik minerallerinin çift nikolde görünümü.



Şekil 2.30 : Alkali feldispatların içinde plajiyoklaz oluşumu ve pertitik doku göstermesi.

3. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

3.1 Major Element Jeokimyası

Örneklerde SiO_2 değerleri yaklaşık olarak %58-75 arasında değişirken, Al_2O_3 %13-21, Fe_2O_3 %0,5-5, MgO 0,05-2, CaO ise %0,7-7 arasında değişmektedir (Çizelge A.1). Na_2O ve K_2O değerleri ise ortalama olarak sırasıyla %2-5 ve %4-9 gibi yüksek değerlerdir. Hazırlanan diyagramlar sonucu ortaya çıkmış olan korelasyon katsayıları tüm örnekler için Çizelge 3.1' de sunulmuştur. Değerler pozitif korelasyon katsayılarına ve negatif korelasyon katsayılarına göre düşük, orta, yüksek olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 3.2, 3.3).

Çizelge 3.1 : Örneklerin korelasyon katsayıları.

Esas alınan element	Korelasyon katsayıları
SiO_2/Al_2O_3	0.866
SiO_2/CaO	0.752
SiO_2/Fe_2O_3	0.923
SiO_2/MnO	0.821
SiO_2/TiO_2	0.932
SiO_2/Na_2O	0.017
SiO_2/K_2O	0.228
SiO_2/P_2O_5	0.485
SiO_2/MgO	0.938

Çizelge 3.2 : Major oksitler için pozitif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması.

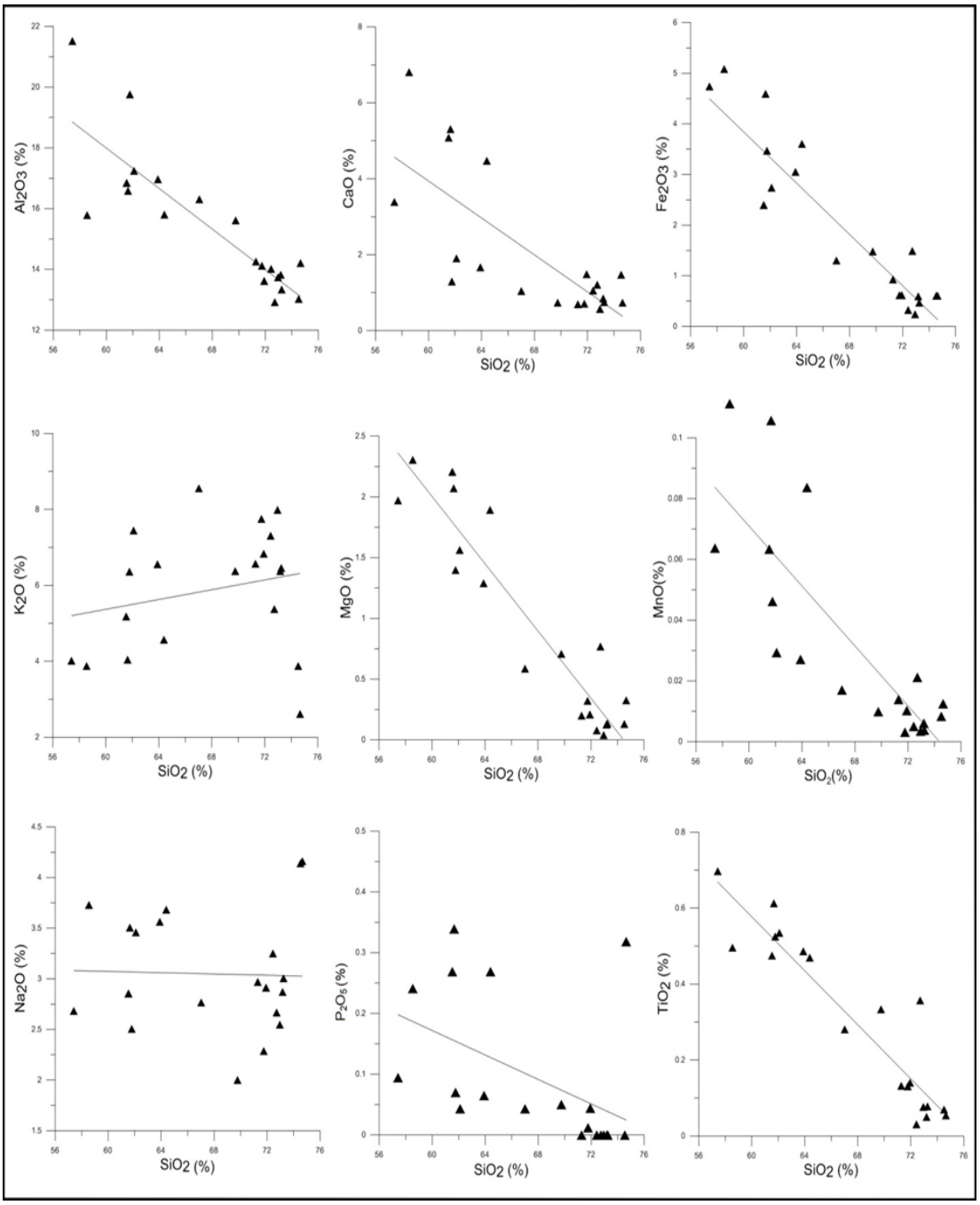
Pozitif Korelasyonlar	
Esas alınan element	$0,01 \leq R \leq 0,3$ (Düşük)
SiO_2	SiO_2/K_2O

Çizelge 3.3 : Major oksitler için negatif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması.

Negatif Korelasyonlar			
Esas alınan element	$0,01 \leq R \leq 0,3$ (Düşük)	$0,3 \leq R \leq 0,7$ (Orta)	$0,7 \leq R \leq 0,99$ (Yüksek)
SiO_2	SiO_2/Na_2O	SiO_2/P_2O_5	SiO_2/Al_2O_3 SiO_2/CaO SiO_2/Fe_2O_3 SiO_2/MgO SiO_2/MnO SiO_2/TiO_2

Esas element jeokimyasının değerlendirilmesinde Harker Diyagramları kullanılmıştır. Harker diyagramlarında esas element oksit yüzdeleri SiO_2' ye karşı iz düşürülerek söz konusu elementin kristal ayrımlaşması sürecindeki hareketi gözlenir (Şekil 3.1). Bu diyagramların kullanımı kayacın oluşumunda etkili olan fraksiyonal kristallenme, magma karışımı, kirlenme veya kısmi ergime gibi süreçler konusunda yorum şansı tanır.

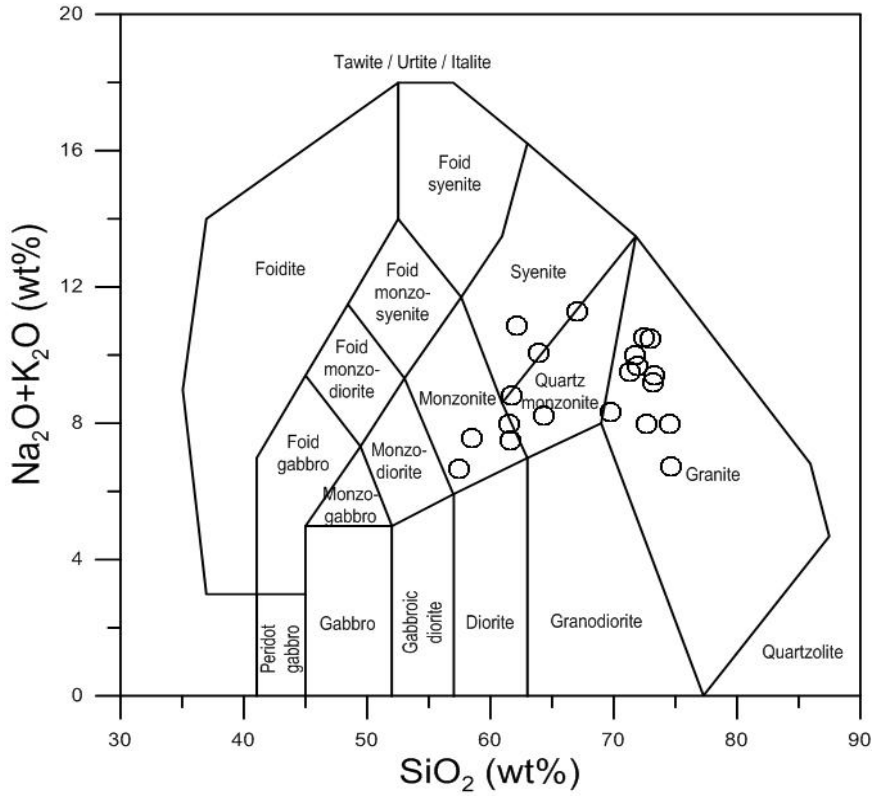
Diyagramlarda yalnızca K_2O değerleri SiO_2 ile artan bir ilişki sergilemekte iken P_2O_5, Al_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, TiO_2, MnO, Fe2O3 değerleri ise SiO_2 ile azalan bir ilişki sergilemektedir. Bu şekildeki pozitif ve negatif korelasyonlar fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklanabilir. Magmanın bileşiminde bulunan çeşitli silikat, oksit vb. gibi elemanlar sıcaklığın azalmasıyla kristalleşmezler. Kristalleşme derecesi ve tenörlerine bağlı olarak bütün mineraller sırayla kristalleşir. CaO' da gözlenen azalmalar, kalsik plajiyoklasların fraksiyonlanması ile; Fe_2O_3 ve TiO_2'deki azalmalar ise piroksen ve Fe-Ti fraksiyonlanması ile ilişkilidir. SiO_2-Al_2O_3 arasındaki yüksek negatif korelasyon kayaçların magmatik olması ile açıklanabilir. SiO_2 ile MgO arasında en düşük negatif korelasyon olması dikkat çekmektedir. SiO_2'deki ufak artışlar bile MgO' da yüksek düşüşlere sebep olmaktadır. MgO' daki bu azalmalar, olasılıkla klinopiroksen fraksiyonlanması ile açıklanır. SiO_2 ve Na_2O değerleri dağınık konumlar sergilemekte, düşük negatif korelasyon değeri vermektedir. SiO_2 ile tek pozitif korelasyon değeri veren K_2O'nun korelasyon değerleri tüm örnekler için bakıldığında 0,228 gibi düşük dereceli pozitif bir değerdir.



Şekil 3.1 : Örneklerin ana element oksitleri – SiO_2 ile değişimlerini gösteren diyagramlar.

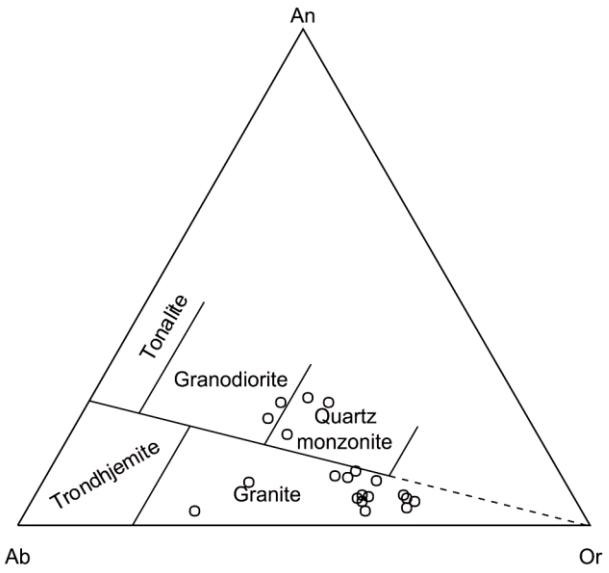
3.2 Sınıflama Diyagramları

Analizlerin SiO_2 değerleri % 57 ve % 72 olarak belirlenmiştir. Middlemost (1995)'un toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramında Eybek Granitoyidi'nden alınan kayaç örneklerinin genel olarak granit olarak sınıflandırılmakla beraber monzonit, kuvars monzonit, siyenit alanına düşen örnekler de görülmektedir (Şekil 3.2).



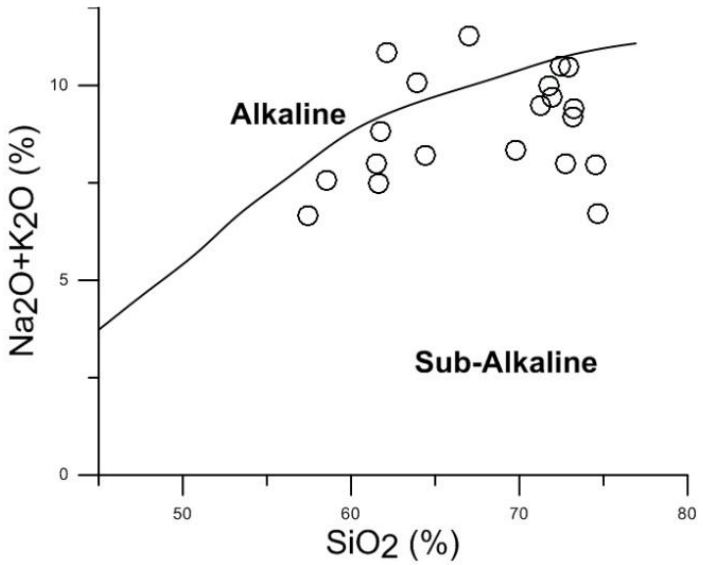
Şekil 3.2 : Örneklerin Middlemost (1994)'un toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramı.

Feldispat üçgeni (O'Connor 1965) sınıflandırma diyagramı üzerindeki değerlendirmede ise örnekler genel olarak granit olarak sınıflandırılmakla birlikte iki örnek granodiyoritik özellik sergilemekte, üç örnek ise kuvars monzonit sınıflamasına girmektedir (Şekil 3.3).

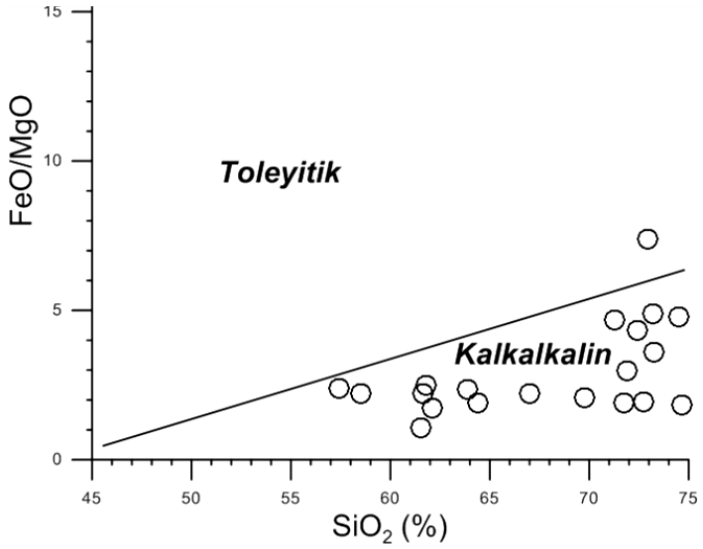


Şekil 3.3 : Örneklerin Feldspat üçgen (O'Connor1965) sınıflandırma diyagramı.

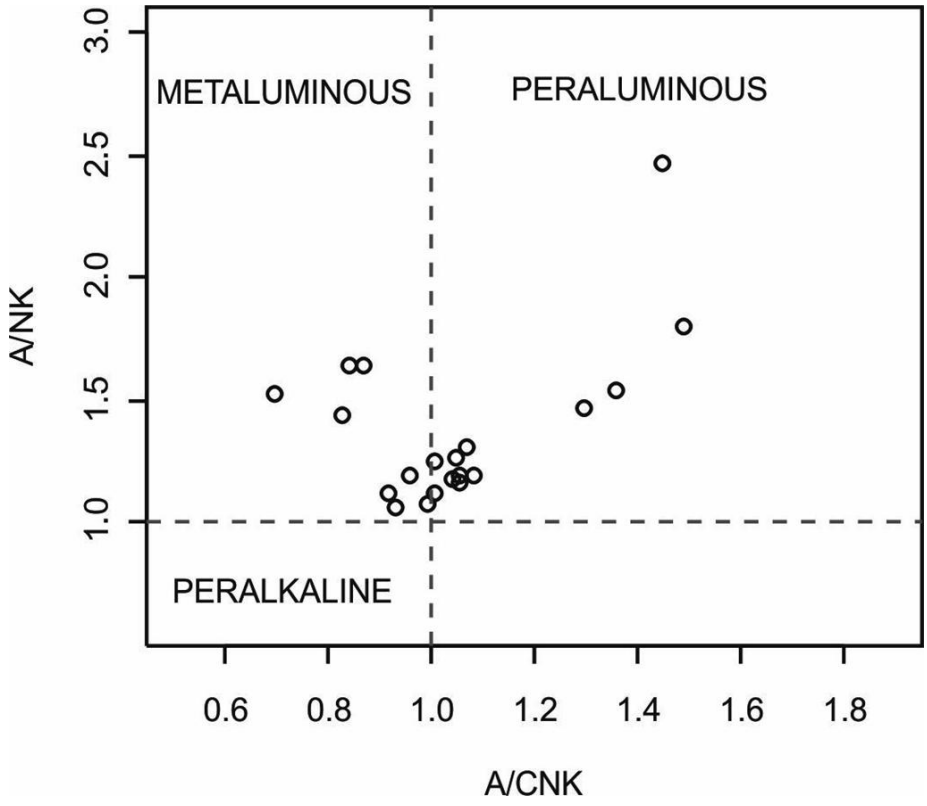
Silisyum oksit değerlerinin toplam sodyum-potasyum değerlerine izdüşümüyle elde edilen diyagramda (Irvine and Baragar, 1971) örneklerin üç tanesi dışında tümünün subalkali özellikte ve tipik bir kalkalkalen özellik sergilediği açıkça görülmektedir (Şekil 3.4, 3.5). Granitoyidlerin mafik mineral kimyasına göre yapılan sınıflamada Shand indeksine göre (Maniar ve Piccoli, 1989) analizi yapılan örneklerin yaklaşık olarak yarısı peralüminyum kalan kısmı ise metalüminyum karakterli olarak saptanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.4 : Örneklerin Na_2O+K_2O karşı SiO_2 diyagramında sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971).



Şekil 3.5 : Örneklerin FeO/MgO karşı SiO_2 diyagramında sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971).



Şekil 3.6 : Granitoyidlerin Shand indeksine (A/CNK – A/NK) göre sınıflandırılması (Maniar ve Piccoli, 1989).

3.3 İz Element Jeokimyası

Örneklerde SiO_2 değerleri yaklaşık olarak %58-75 arasında değişirken, Ba değerleri 70-926 ppm, 50-700 ppm, Nb 5-20 ppm Zr 30-250 ppm, Y 4-36 ppm, V 5-100 ppm, Rb 70-350 ppm, Th 10-30 ppm arasında değişim göstermektedir (Çizelge A.2). Değerler pozitif korelasyon katsayılarına ve negatif korelasyon katsayılarına göre düşük, orta, yüksek olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 3.4, 3.5).

Çizelge 3.4 : İz elementler için pozitif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması.

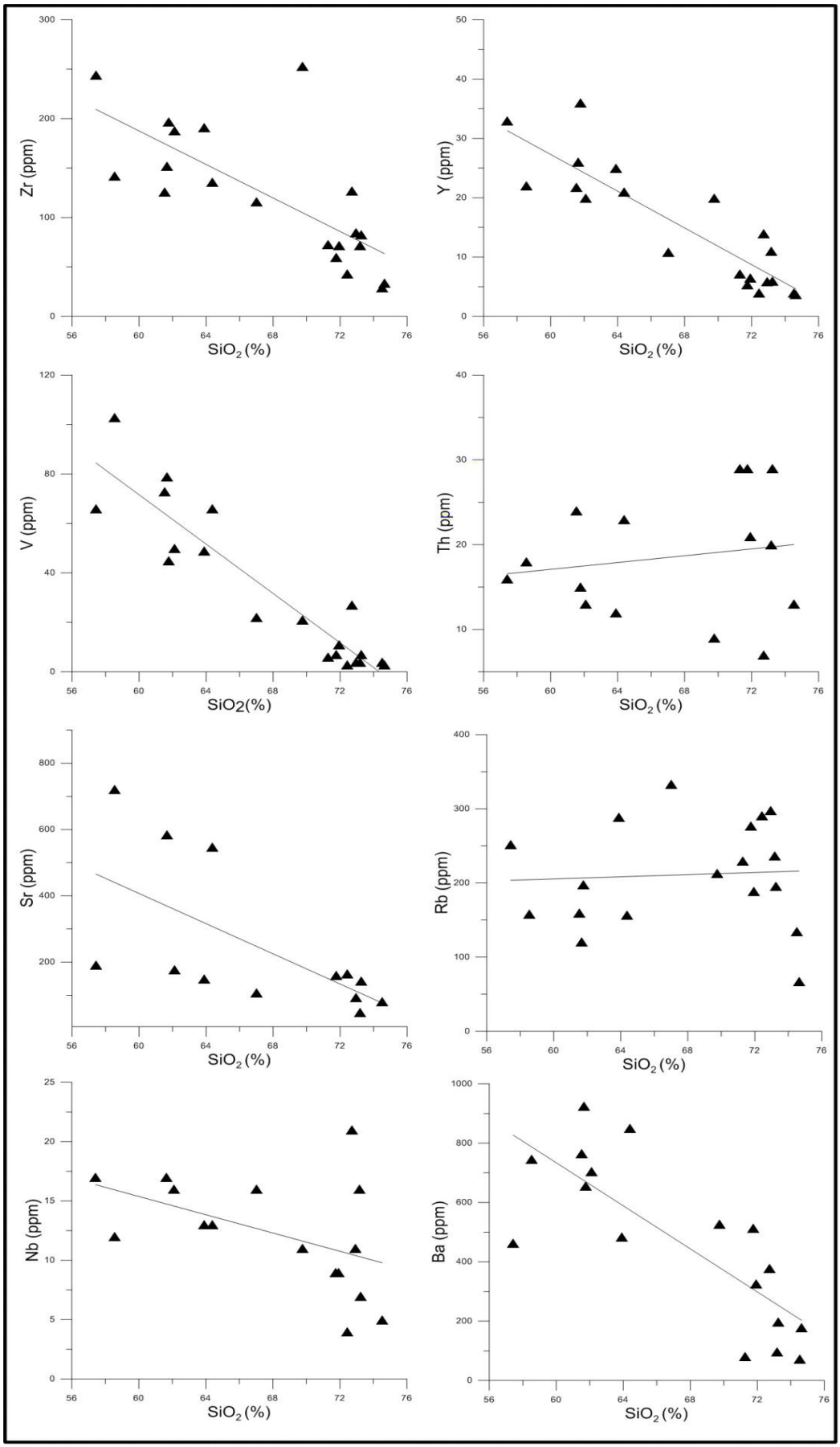
Pozitif Korelasyonlar	
Esas alınan element	$0,01 \leq R \leq 0,3$ (Düşük)
SiO_2	SiO_2/Rb
	SiO_2/Th

Çizelge 3.5 : İz elementler için Negatif korelasyon katsayılarının sınıflandırılması.

Negatif Korelasyonlar			
Esas alınan element	$0,01 \leq R \leq 0,3$ (Düşük)	$0,3 \leq R \leq 0,7$ (Orta)	$0,7 \leq R \leq 0,99$ (Yüksek)
SiO_2		SiO_2/Sr	SiO_2/Ba SiO_2/Zr
		SiO_2/Nb	SiO_2/Y SiO_2/V

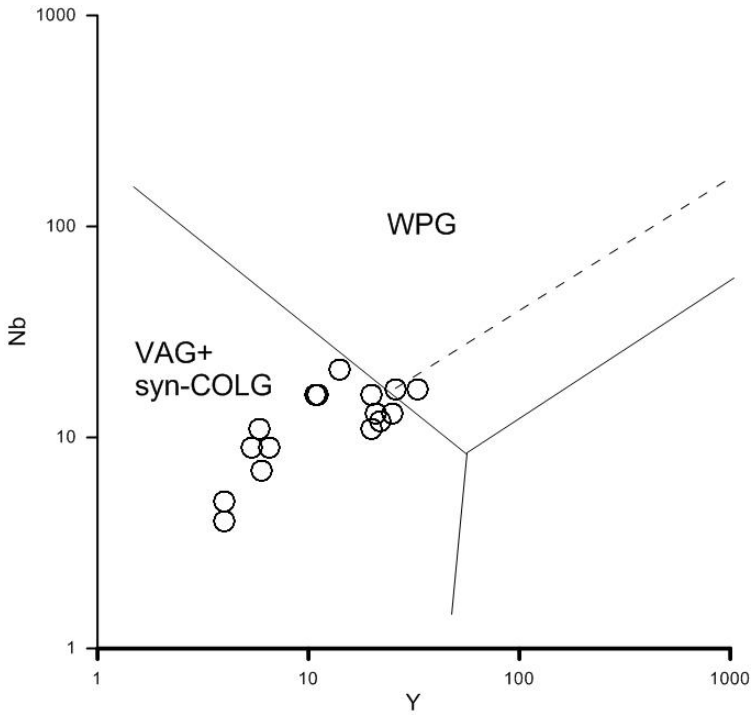
İz elementlerin SiO_2' ye karşı iz düşümleri ile bu elementlerin kayaç içerisinde göstermiş oldukları jeokimyasal davranışları belirlenir. Kayaçların iz element bileşimleri, kayaçların minerolojik bileşimlerinde yer alan alkali feldspat, plajiyoklaz, biotit ve amfibol gibi minerallerin bünyelerinde bulunmaları nedeniyle birbirleri ile yakından ilişkilidirler.

Örneklerde, SiO_2; Th, Rb ile düşük pozitif korelasyon göstermekte, Sr ve Nb ile orta dereceli negatif korelasyon, Ba, Zr,V ve Y ile ise yüksek dereceli negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 3.7). Fraksiyonel kristalleşmede Sr' nin negatif bir trend göstermesi Sr' nin plajiyoklaslarda Ca elementinin yerini alması nedeniyle, Ca' ca zengin plajiyoklasların fraksiyonlanması ile ilişkilidir. Rb, iyonik yarıçapının K' ya yakın olması nedeni ile K' nın yerini almakta, fraksiyonel kristalleşme sırasında K-feldispat, hornblend, biyotit gibi minerallerin bünyesine girebilmektedir. Fraksiyonel kristalleşme sırasında, bu mineraller daha geç evrelerde kristalleştiğinden, SiO_2 ile pozitif bir korelasyon göstermektedir. Benzer durum Th elementi için de geçerli olup, söz konusu bu elementler de fraksiyonlanmanın geç evrelerinde oluşan minerallerin yapısında ye alması nedeniyle, SiO_2 ile pozitif bir korelasyon göstermektedir.



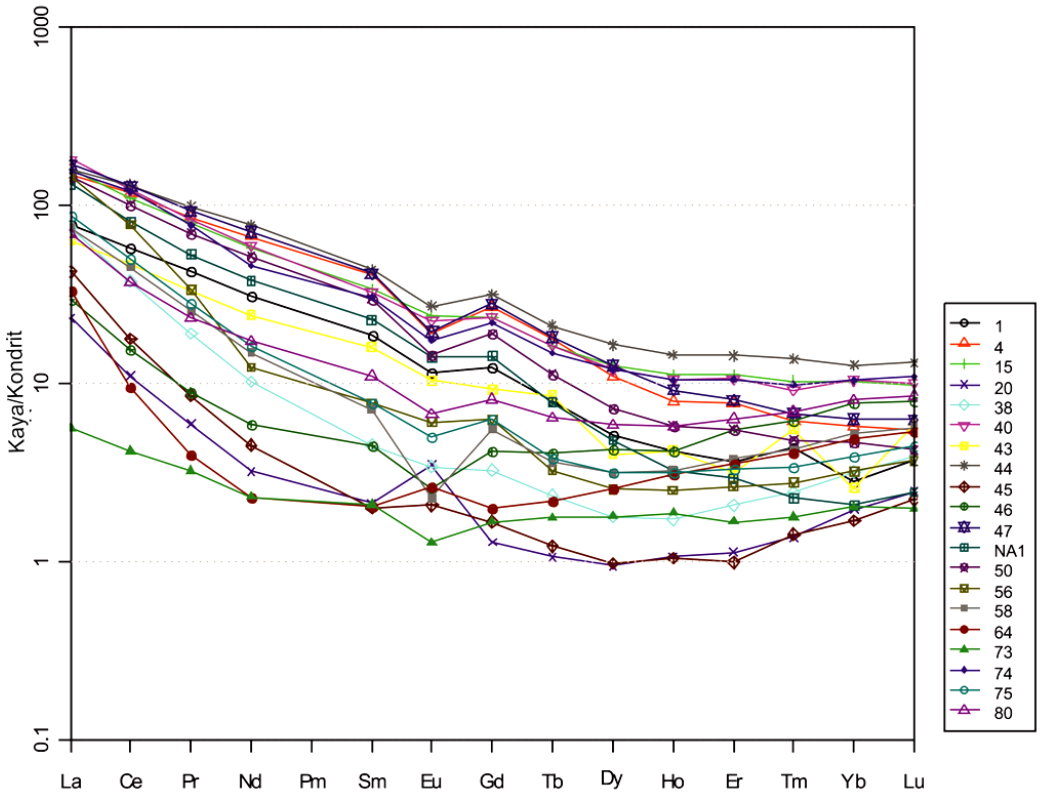
Şekil 3.7 : Örneklerin iz element – SiO_2 değişimlerini gösteren diyagramlar.

Duraylı elementler olan Nb-Y diyagramında (Pearce ve digerleri, 1984), örneklerin tamamı VAG + syn-COLG bölgesinde toplanmışlardır (Şekil 3.8). Granitoyidlerden alınan örneklerin volkanik yay graniti (VAG) ile çarpışmayla eş zamanlı (syn-COLG) ve yay içi granitler (VAG) alanında yer aldıkları görülür.



Şekil 3.8 : Örneklerin tektonik ortamlarını gösteren diyagram (Pearce ve diğerleri 1984).

Kondrite normalize edilmiş örümcek diyagramının irdelenmesi sonucu bazı karakteristik özelliklere sahip oldukları anlaşılmıştır. MREE' lerde belirgin bir tüketilmenin varlığı, HREE' lerde ise, MREE' lere oranla bir miktar zenginleşme söz konusudur. Bunun sonucunda, kaşık şekilli yukarı doğru konveks bir desen izlenir (Şekil 3.9). Böyle bir desenin genellikle amfibol ayrımlaşmasının bir sonucu olarak geliştiği bilinmektedir. Çıkarılabilecek diğer bir sonuç örneklerde negatif bir Eu anomalisinin varlığıdır. Bir kayaçta Eu anomalisinin varlığı plajiyoklas ayrımlaşmasına işaret etmektedir.



Şekil 3.9 : Kondrite göre normalize edilmiş spider diagramındaki pattern.

4. ANOMALİ HARİTALARI

Çalışma alanından alınan sistematik jeokimyasal toprak örnekleri tanımlayıcı istatistiki bilgileri (ortalama, standart sapma, median vs) elde etme amacıyla Cu, Mo, Au, Pb ve Zn elementleri üzerinden yapılmıştır (Çizelge A.3). Bu istatistiki bilgiler Minitab-15 programı kullanılarak analizi yapılan elementin değer dağılımlarını gösteren histogramı çizdirilmiş ve normal dağılımlar doğru kabul edilmiştir. Verilerin dağılışının normal dağılıma uymaması halinde, sağa ya da sola çarpık durumlarda, bireysel verilerin logaritması alınarak yeni değerler üzerinden log-normal dağılım histogramı elde edilmiştir. Histogramlarda görülen sağa çarpıklık, normal veri aralığı dışında birkaç anormal yüksek değerin bulunmasından, sola çarpık durumda ise tersi bir durumdan kaynaklanmaktadır. Çarpıklık aritmetik ortalama değerinin olduğundan fazla ya da az olmasına neden olur. Bunu engellemek için dağılımın logaritması alınarak dağılım normal dağılıma yaklaştırılır ve bu dağılım doğru kabul edilir.

Verilerin değerlendirilmesindeki bir sonraki aşama ise anomali haritalarının elde edilmesidir. Her element için X-Y koordinatları dışında ppm verileri Surfer-9 programına girilmiştir. Elde edilen haritalarda temel değer ortalama değer üzerinden, eşik değer ise formül kullanılarak elde edilmiştir **(4.2)**. Analizlerde Ag elementi dedeksiyon limitinin altında kaldığı için, bu element için eşik değer hesaplanamamıştır.

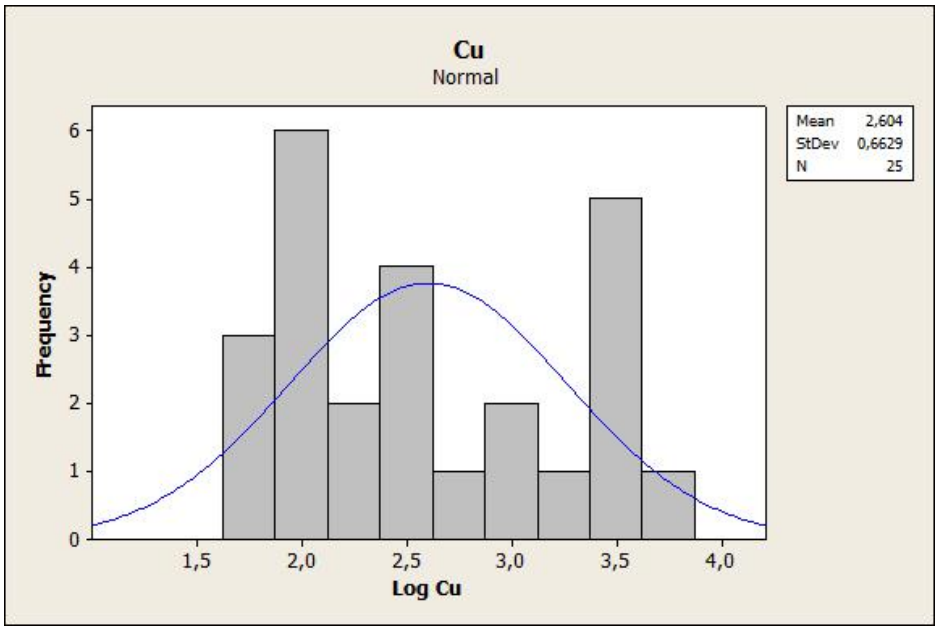
$$Eşik\ Değer = Ortalama + 2\ (Standart\ Sapma) \qquad \textbf{(4.2)}$$

4.1 Bakır (Cu-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası

25 örneğe ait kimyasal analiz sonuçlarına göre değerlendirilen Cu' nun tanımlayıcı istatistik sonuçları ppm cinsinden Minitab programı yardımı ile belirlenmiştir. Normal dağılım üzerinden çizdirilen Cu historamının sağa çarpık çıkması nedeniyle değerlerin logaritmasının alınması yoluna gidilmiş ve logaritmik sonuçlar üzerinden tekrar tanımlayıcı istatistiki değerlendirmeler yapılmış ve sonuç olarak Cu log-normal dağılım histogramı çizdirilmiştir (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1).

Tanımlayıcı istatistiki sonuçlarına göre verilerin standart sapması 0.663 ppm iken ortalama 2.604 ppm olarak belirlenmiş, buradan Eşik Değer 3.93 ppm olarak belirlenmiş ve ortalama değer olan 2.604 ppm de Cu için sahadaki temel değeri (background) göstermektedir.

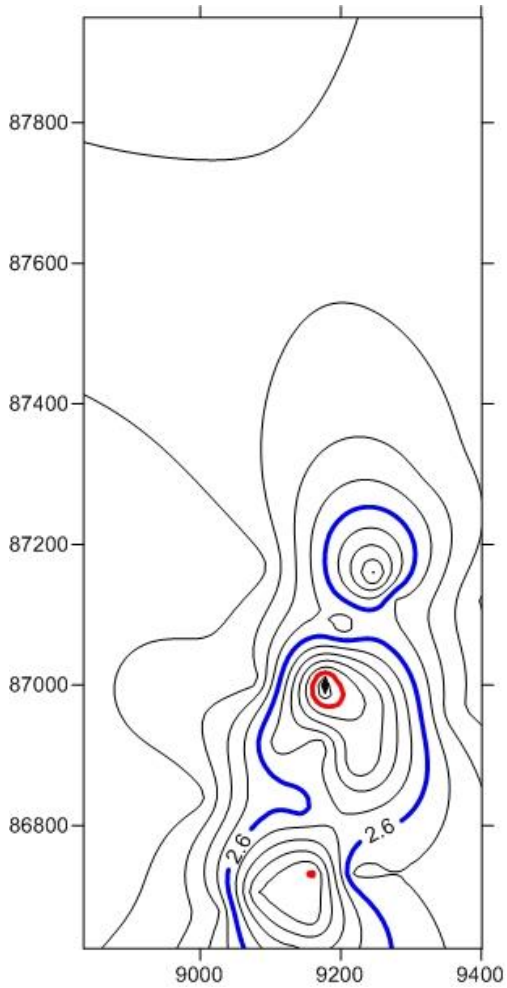
Log-normal verilerini kullanarak Surfer programı yardımı ile çizdirdiğimiz anomali haritamızda 2 lokasyonda, Cu (ppm) eşik değerin üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 : Cu (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği ve logaritmik değer dönüşüm tablosu.

Çizelge 4.1 Cu (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları.

Örnek sayısı	25	
	Log Değer	Normal Değer (ppm)
Ortalama	2.604	1163.04
Standart Sapma	0.663	1717.82
Varyans	0.439	2950906
Çarpıklık	0.42	2.06
Basıklık	-1,17	4.54
Minimum değer	1.708	51
Orta değer	2.401	252
Maksimum değer	3.845	7000

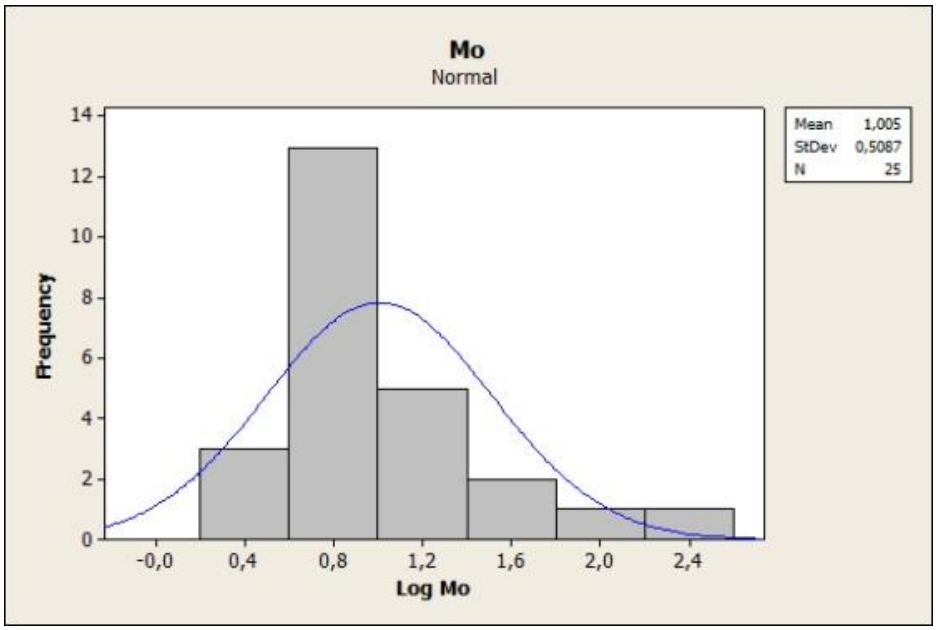


Şekil 4.2 : Cu (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası.

4.2 Molibden (Mo-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası

25 örneğe ait kimyasal analiz sonuçlarına göre değerlendirilen Mo'nun tanımlayıcı istatistik sonuçları ppm cinsinden Minitab programı yardımı ile belirlenmiştir. Normal dağılım üzerinden çizdirilen Mo historamının sağa çarpık çıkması nedeniyle değerlerin logaritmasınn alınması yoluna gidilmiş ve logaritmik sonuçlar üzerinden tekrar tanımlayıcı istatistiki değerlendirmeler yapılmış sonuç olarak Mo log-normal dağılım histogramı çizdirilmiştir (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.2).

Tanımlayıcı istatistiki sonuçlarına göre verilerin standart sapması 0.509 ppm iken ortalama 1.005 ppm olarak belirlenmiş, buradan Eşik Değer 2.023 ppm olarak belirlenmiş ve ortalama değer olan 1.005 ppm de Cu için sahadaki temel değeri (background) göstermektedir.

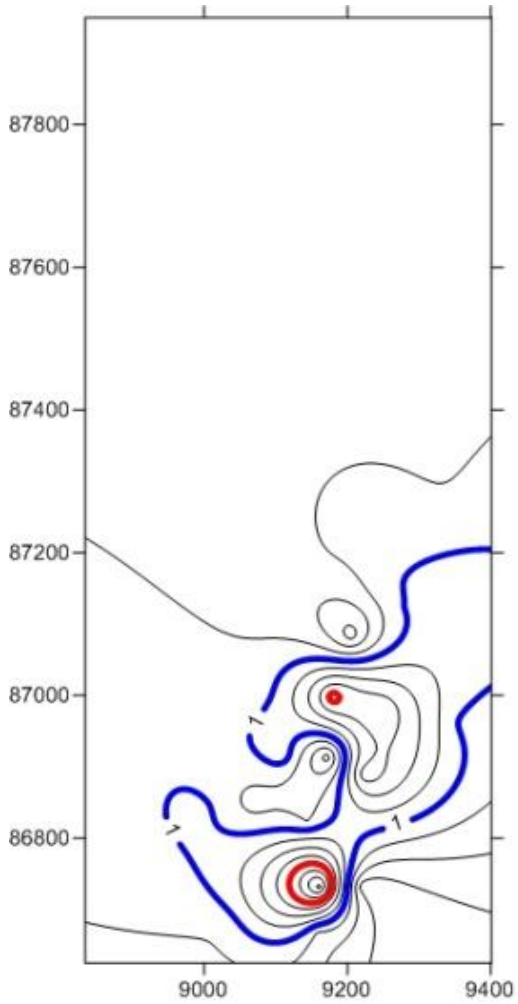


Şekil 4.3 : Mo (ppm) histogramının normal dağılım grafiği.

Çizelge 4.2 : Mo (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları**.**

Örnek sayısı	25	
	Log Değer	Normal Değer (ppm)
Ortalama	1.005	26.5
Standart Sapma	0.509	62.1
Varyans	0.259	3851.6
Çarpıklık	1.25	4.32
Basıklık	2.07	19.94
Minimum değer	0.301	2.0
Orta değer	0.903	8.0
Maksimum değer	2.491	310.0

Log-normal verilerini kullanarak Surfer programı yardımı ile çizdirdiğimiz anomali haritamızda iki lokasyonda, Mo (ppm) eşik değerin üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.4).

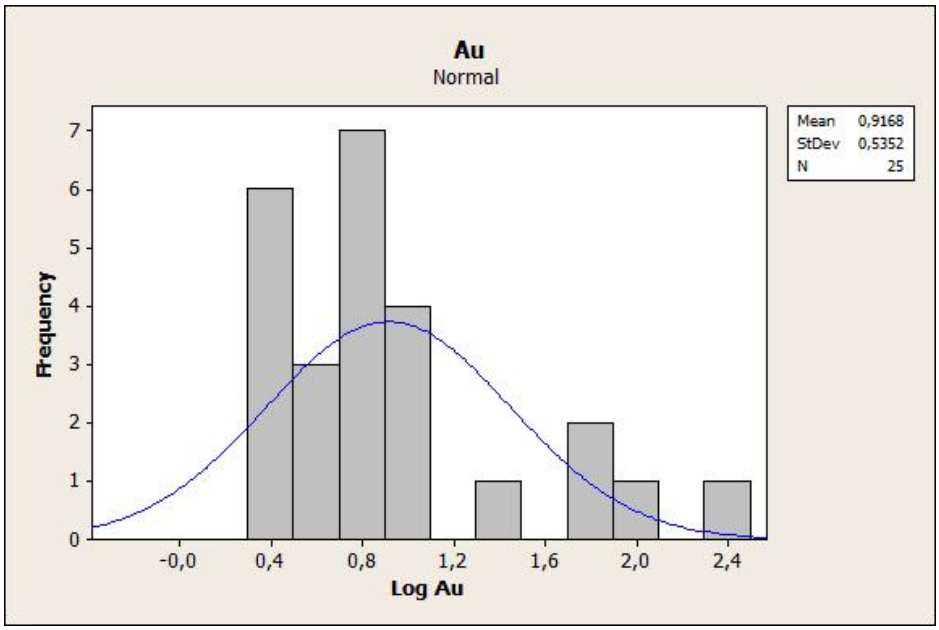


Şekil 4.4 : Mo (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası.

4.3 Altın (Au-ppb) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası

25 örneğe ait kimyasal analiz sonuçlarına göre değerlendirilen Au' nun tanımlayıcı istatistik sonuçları ppb cinsinden Minitab programı yardımı ile belirlenmiştir. Normal dağılım üzerinden çizdirilen Au histogramının sağa çarpık çıkması nedeniyle değerlerin logaritmasının alınması yoluna gidilmiş ve logaritmik sonuçlar üzerinden tekrar tanımlayıcı istatistiki değerlendirmeler yapılmış sonuç olarak Au log-normal dağılım histogramı çizdirilmiştir (Şekil 4.5 ve Çizelge 4.3).

Tanımlayıcı istatistiki sonuçlarına göre verilerin standart sapması 0.535 ppb iken ortalama 0.917 ppb olarak belirlenmiş, buradan Eşik Değer 2.023 ppb olarak belirlenmiş ve ortalama değer olan 1.005 ppb de Cu için sahadaki temel değeri (background) göstermektedir.

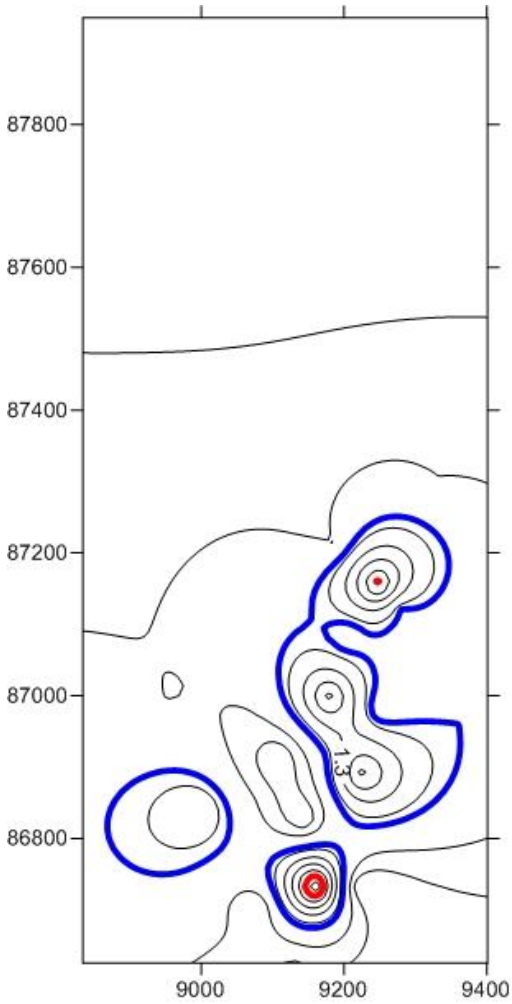


Şekil 4.5 : Au (ppb) histogramının log-normal dağılım grafiği.

Çizelge 4.3 : Au (ppb) için tanımlayıcı istatistik sonuçları.

Örnek sayısı	25	
	Log Değer	Normal Değer (ppb)
Ortalama	0.917	22,04
Standart Sapma	0.535	43.88
Varyans	0.286	1925.04
Çarpıklık	1.22	3.28
Basıklık	1.04	11.69
Minimum değer	0.301	2
Orta değer	0.778	6
Maksimum değer	2.301	200.00

Log-normal verilerini kullanarak Surfer programı yardımı ile çizdirdiğimiz anomali haritamızda iki lokasyonda, Au (ppb) eşik değerin üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.6).

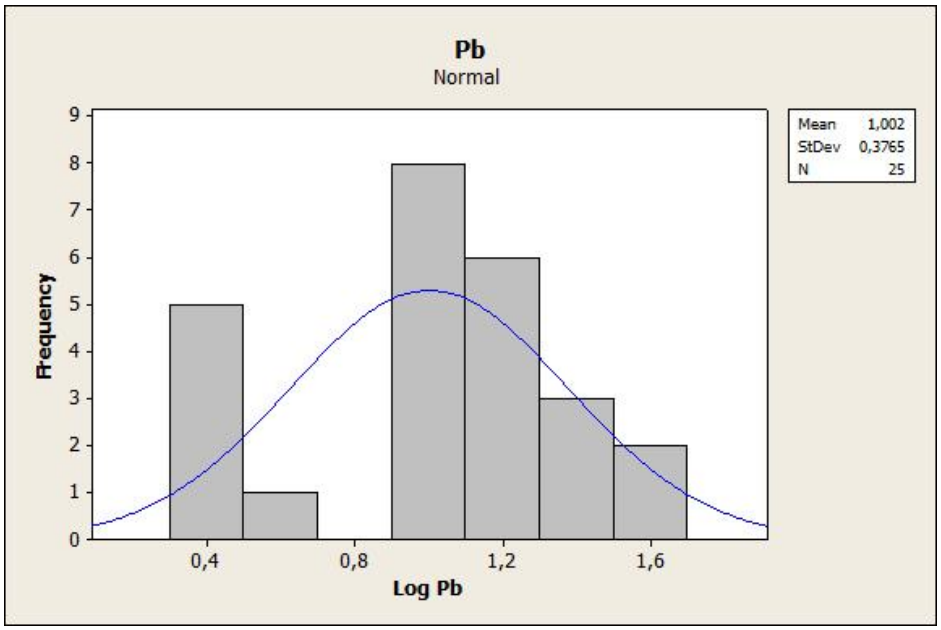


Şekil 4.6 : Au (ppb) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası.

4.4 Kurşun (Pb-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası

25 örneğe ait kimyasal analiz sonuçlarına göre değerlendirilen Pb' nin tanımlayıcı istatistik sonuçları ppm cinsinden Minitab programı yardımı ile belirlenmiştir. Normal dağılım üzerinden çizdirilen Pb histogramının sağa çarpık çıkması nedeniyle değerlerin logaritmasının alınması yoluna gidilmiş ve logaritmik sonuçlar üzerinden tekrar tanımlayıcı istatistiki değerlendirmeler yapılmış sonuç olarak Pb log-normal dağılım histogramı çizdirilmiştir (Şekil 4.7 ve Çizelge 4.4).

Tanımlayıcı istatistiki sonuçlarına göre verilerin standart sapması 0.376 ppm iken ortalama 1.0025 ppm olarak, buradan Eşik Değer 1.75 ppm olarak belirlenmiş ve ortalama değer olan 1.0025 ppm de Pb için sahadaki temel değeri (background) göstermektedir.

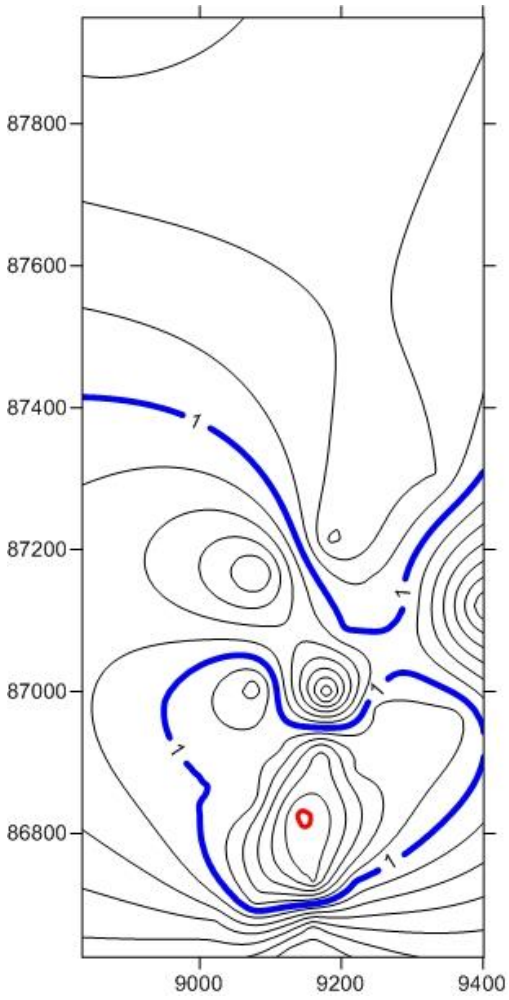


Şekil 4.7 : Pb (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği.

Çizelge 4.4 : Pb (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları.

Örnek sayısı	25	
	Log Değer	Normal Değer (ppb)
Ortalama	1.0025	13.56
Standart Sapma	0.3765	9.96
Varyans	0.141	99.17
Çarpıklık	-0.65	1.34
Basıklık	-0.25	2.19
Minimum değer	0.301	2
Orta değer	1.079	12.00
Maksimum değer	1.633	43.00

Log-normal verilerini kullanarak Surfer programı yardımı ile çizdirdiğimiz anomali haritamızda tek lokasyonda, Pb (ppm) eşik değerin üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.8).

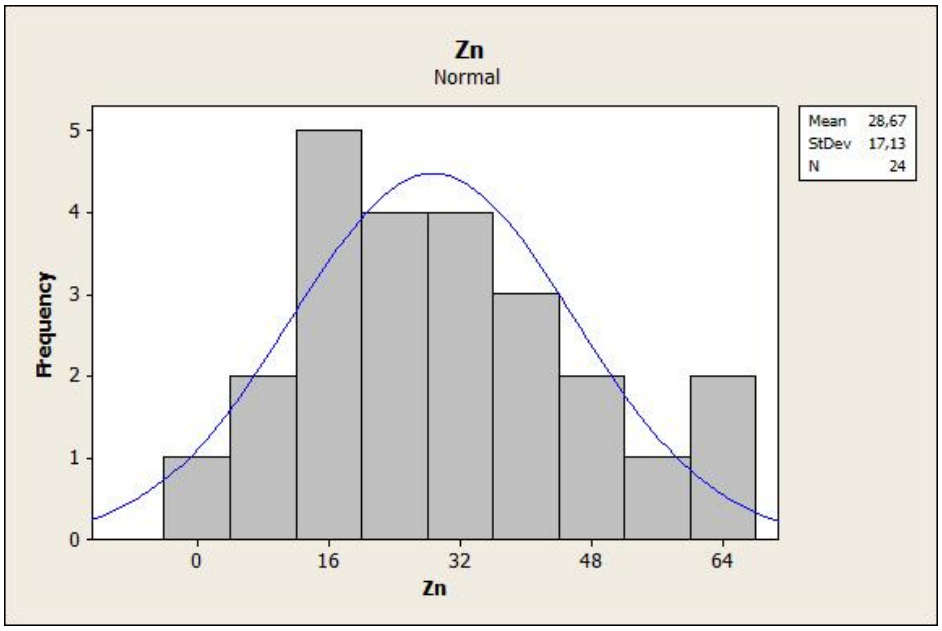


Şekil 4.8 : Pb (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası.

4.5 Çinko (Zn-ppm) Değerlerinin Histogramı ve Anomali Haritası

25 örneğe ait kimyasal analiz sonuçlarına göre değerlendirilen Zn'nin tanımlayıcı istatistik sonuçları ppm cinsinden Minitab programı yardımı ile belirlenmiştir. Değerlendirmeler normal dağılım gösteren Zn histogramı üzerinden yapılmıştır (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.5).

Tanımlayıcı istatistiki sonuçlarına göre verilerin standart sapması 16.9 ppm iken ortalama 28.24 ppm olarak, buradan Eşik Değer 62.04 ppm olarak belirlenmiş ve ortalama değer olan 28.24 ppm de Zn için sahadaki temel değeri (background) göstermektedir.

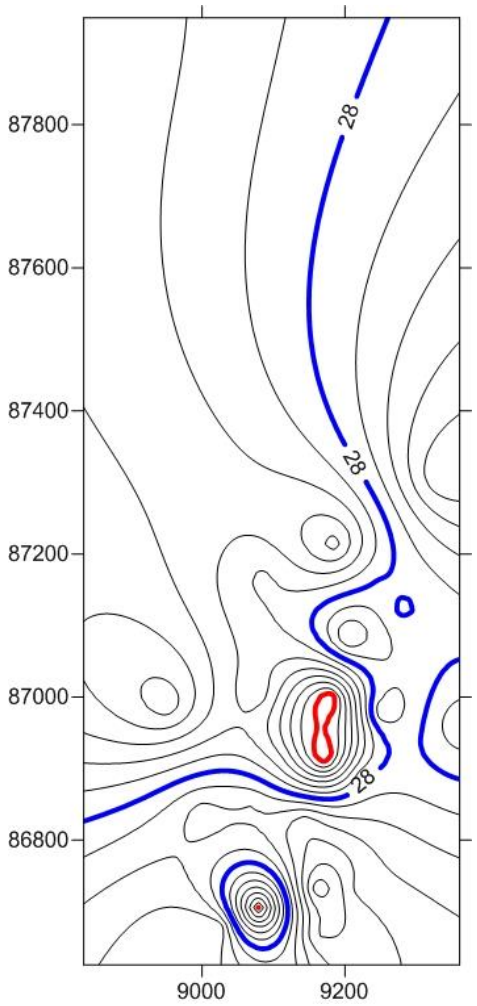


Şekil 4.9 : Zn (ppm) histogramının log-normal dağılım grafiği.

Çizelge 4.5 : Zn (ppm) için tanımlayıcı istatistik sonuçları.

Örnek sayısı	25
	Normal Değer (ppm)
Ortalama	28.24
Standart Sapma	16.90
Varyans	285.77
Çarpıklık	-0.64
Basıklık	0.52
Minimum değer	1
Orta değer	27.00
Maksimum değer	60.00

Normal verileri kullanarak Surfer programı yardımı ile çizdirdiğimiz anomali haritamızda iki lokasyonda, Zn (ppm) eşik değerin üzerinde çıkmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Zn (ppm) verilerine göre elde edilen anomali lokasyonları ve temel değer bölgelerini gösteren anomali haritası.

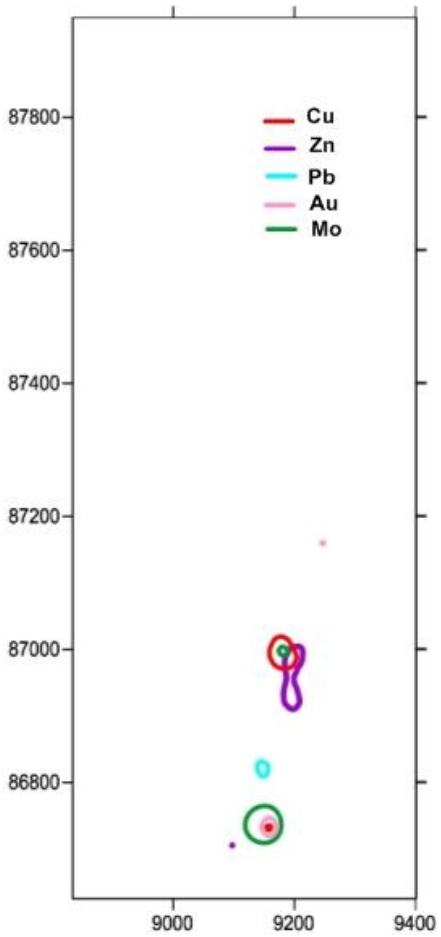
4.6 Cu'nun Mo-Au-Pb-Zn Elementleri İle Karşılaştırmalı Yorumlanması

Tanımlayıcı istatistiki çalışmalar ve histogram çizimlerinin elde edilmesinden sonraki aşamada Cu, Mo, Au, Pb, Zn elementlerinin anomali haritaları önce ayrı ayrı daha sonra birleştirilerek değerlendirilmiştir. Son olarak tüm bu anomali haritaları bölgenin jeoloji haritası ile karşılaştırılarak çevherleşme ile ilgili yoruma gidilmiştir (Şekil 4.11).

Çalışma alanında Cu (ppm) anomalileri Tepeoba köyü kuzeyinde yer alan Kırca Tepe ve kuzeyinde iki noktada anomali vermektedir. Birleştirilmiş anomali haritasına bakıldığında iki farklı noktada guruplaşma gözlenmiştir.

Cu, Mo, Zn değer dağılımlarını ortak değerlendirdiğimizde Yayla tepe ve Kırca tepe arasında uyumlu bir anomali verdikleri gözlenmektedir.

Cu, Mo, Au, Pb değer dağılımlarını ortak değerlendirdiğimizde ise Kırca Tepe civarında uyumlu bir anomali verdikleri görülmektedir.

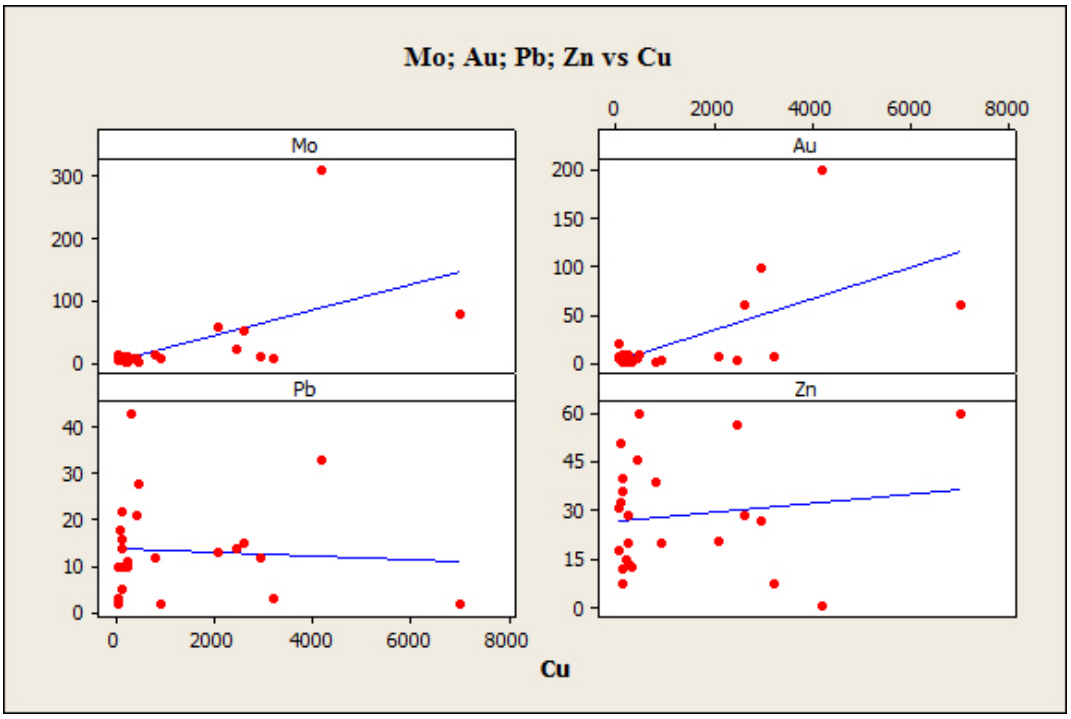


Şekil 4.11 : Cu-Mo-Au-Pb-Zn elementlerine ait birleştirilmiş anomali haritası.

4.7 Regresyon Grafikleri

Elementlerin birbirlerine göre olan dağılımlarını ve ilişkilerini ortaya koymak için regresyon grafiklerinden yararlanılmış, Cu değeri yatay eksende sabit tutularak düşey eksen'de Pb, Zn, Mo, Au elementleri değerlendirilmiştir.

Elde edilen grafiklere göre Cu' nun Mo, Au, Zn elementleri ile olan ilişkisi pozitiftir (Şekil 4.12). Pb ile olan ilişkisi ise düşük negatif korelasyon göstermektedir. Bu veriler önceki bölümlerde elde edilen elementlerin ortak anomali haritalarındaki birlikteliklerini de destekler niteliktedir.



Şekil 4.12 : Cu- Mo, Au, Pb, Zn göre regresyon grafikleri.

5. CEVHER MİKROSKOBİSİ

Sahadan alınan 32 adet cevher örneğinin cevher mikroskobisi hazırlama işlemleri İstanbul Teknik Üniversitesi laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Belirlenen el numuneleri taş kesme cihazı ile uygun boyuta getirilmiş ve kuruması beklenmiştir. Ardından 15/2 oranında epoksi ve epoksi sertleştiricisi ile hazırlanan karışım ile birlikte kalıba dökülmüş ve 1 gün süre ile donması beklenmiştir. Hazırlanan parlak kesitler numaralandırılmıştır. Kalıplanan numuneler parlatma cihazına yerleştirilmiş ve parlatma işlemi yapılmıştır. Parlatma aşamalarında fazlar arası geçişlerde cihaz ve numuneler temizlenmiştir. Parlatma safhası sona erdiğinde hazırlanmış numune uygun şekilde temizlenmiş ve saklanmıştır. Hazırlanmış ve parlatılmış numune cevher mikroskobu ile incelenmiştir. Cevher mikroskobu altında numuneler incelenmiş ve optik özelliklerine göre mineraller belirlenmiştir. Cevher minerallerinin türleri, bollukları, oluşum aşamaları ve birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konmuştur. Son olarak da bu ilişkiler göz önünde bulundurularak bir oluşum sırası grafiği elde edilmiştir (Çizelge 5.1).

Pirit: Taze olarak altere olmadan korunmakla birlikte bazı örneklerde ise bir kısmı kısmen veya tamamen götit ve limonite dönüşmektedir (Şekil 5.1a, b). Piritin tane boyları 1µ-50µ arasındadır. Bazı magnetit mineralleri içinde de kapanım olarak bulunmaktadır. Damarcıklar sistemi halinde ve çubuksu yapıda da gözlenirler (Şekil 5.1c). Birçok pirit ise tamamen götite dönüşmektedir (Şekil 5.1d). Bazı numunelerde kalkopiritle birlikte bozuşmuş halde bulunurmaktadır (Şekil 5.2c). Genellikle saçınımlar halinde mevcuttur fakat iri pirit mineralleri de görülmektedir (Şekil 5.2e)

Kalkopirit: İncelenen kesitlerde en yaygın görülen cevher minerallerinden biridir. Tane boyları 5µ veya daha küçüktür. Saçınım ve damarcıklar şeklinde görülmektedir. Birincil doku olarak saçınım şeklinde ve damar-damarcıklar şeklindedir (Şekil 5.1c). Yer yer kovellite dönüşmüştür. Boşluk dolgusu şeklinde yerleşmiş iri kalkopiritler de mevcuttur (Şekil 5.2a). Matriks içerisinde ise çok küçük kristaller olarak saçınımlı bulunur. Limonitleşme göstermektedir (Şekil 5.1f). Yer yer silis damarcıklarının içinde damarcıklar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 5.2b). Bazı örneklerde kenarlarından itibaren dijenit dönüşümü gözlenmektedir (Şekil 2f).

Sfalerit: Örnekler içerisinde çok nadir gözlenmekte ve eser miktarda bulunmaktadır (Şekil 3a).

Magnetit: En bol bulunan mineraldir ve yegane metalik fazı teşkil etmektedir. Bazı örneklerde 5μ' dan küçük saçınımlı kristaller halinde bulunmaktadır (Şekil 5.4d). Tane boyları genellikle 5μ-250μ arasında değişmektedir. Magnetitler birçok örnekte kısmen veya tamamen hematite dönüşmüştür. Bu dönüşüm martitleşme olarak adlandırılır (Şekil 5.4a, b). Gang mineral olan kuvars içinde kapanımlar halinde bulunmaktadır. Örneklerin bazılarında şistoziteye uyumlu mikalı seviyelerde bol miktarda magnetit bulunmaktadır (Şekil 5.3f). Bunların birçoğu çubuksu yapıdadır ve bu yapıdaki magnetitler kloritleşmeyle ilgilidir (Şekil 5.3b). Magnetitlerin bir kısmı iğnemsi olarak bulunmaktadır. İğnemsi magnetitler demirce zengin biyotitlerin çözünmesiyle açığa çıkan demirden oluşmaktadır (Şekil 5.3e).

İlmenit: Belli zonlar boyunca zenginleşmiş saçınımlar halindedir. Şistoziteye uyumlu mikalı seviyelerde bol miktarda ilmenit magnetitle birlikte bulunur (Şekil 5.3c). Bazı örneklerde belirgin bir biçimde yüksek anizotropi özelliği gösterirler (Şekil 5.3d). Tane boyları 5 μ' dan 250μ' a kadar ulaşabilmektedir.

Hematit: Hematit magnetitten türeyen ikincil bir mineral olarak görülmektedir. Genellikle magnetit ile birlikte bulunmaktadır. Damarcıklar şeklinde veya saçınımlı bir şekilde gözlenmektedir. Hematitlerin tane boyları 5 μ veya daha küçük taneler şeklindedir. Magnetitlerde bulunan hematitler eksolüsyona bağlı olarak bulunmaktadır (Şekil 5.4c). Bazı örneklerde ise biyotitlerin kloritleşmesi ile oluşan hematitler mevcuttur. Çatlak dolgusu şeklinde hematitler de mevcuttur.

Limonit: Piritlerden ve kalkopiritlerden türeyen ikincil mineral olarak bulunur.

Götit: Okside olmuş pirit çevresinde limonit ile birlikte daha açık bir sarımsı-kahverenginde veya yer yer relikler şeklinde ikincil mineral olarak bulunur (Şekil 5.1b, d).

Kuvars: Gang mineral olarak bulunur.

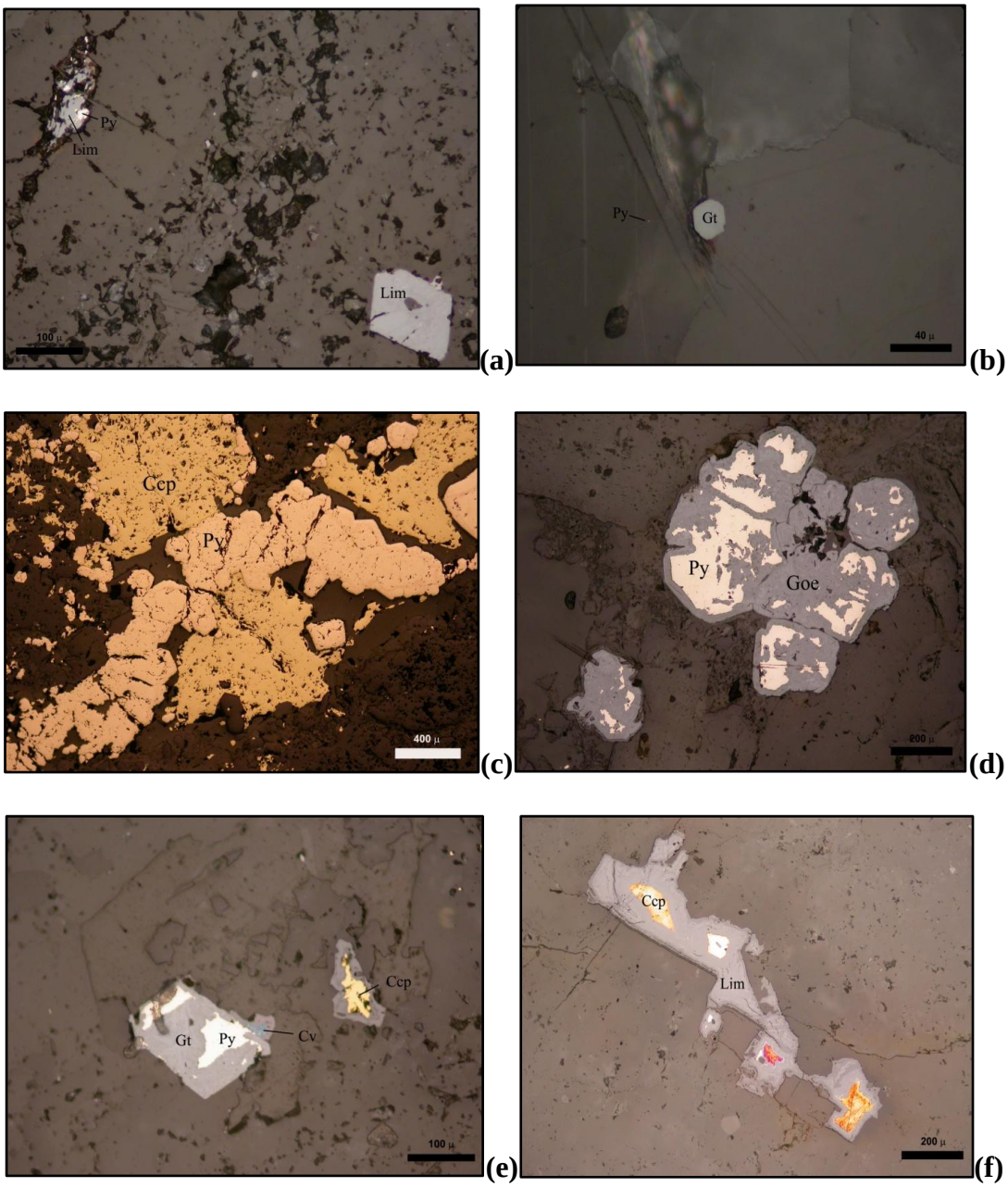
Kovellit: Okside olmuş pirit ve kalkopirit çevresinde ikincil mineral olarak bulunur (Şekil 5.1e, 5.2d).

Molibdenit: Silisik matriks içerisinde saçınımlı olarak bulunur. Ayrıca bir örnekte de okside olmuştur (Şekil 5.4e). 200-300μ boyutlarında çubuksu biçimde bükülmeler göstermiştir (Şekil 5.4f).

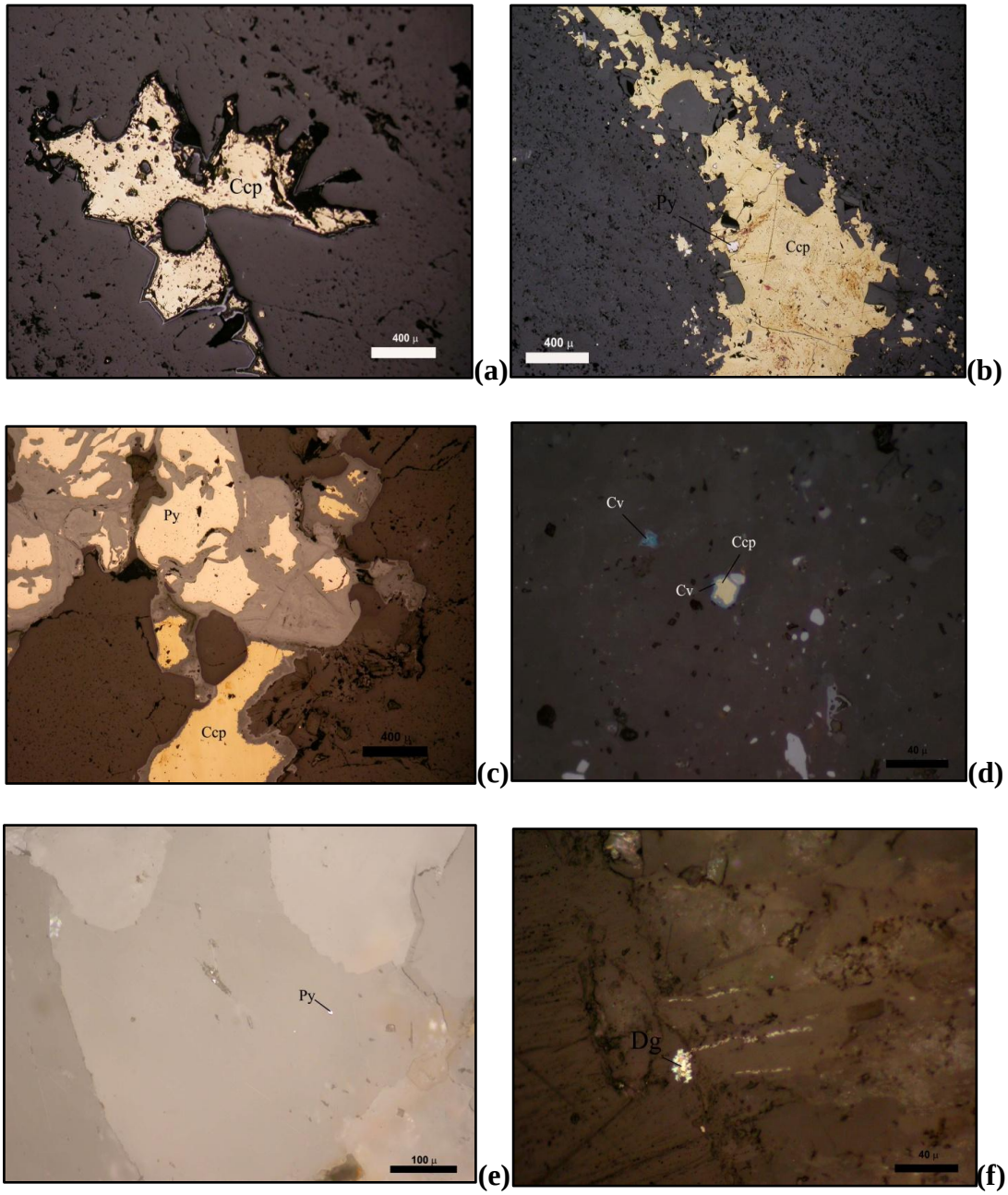
Örnekler içerisinde zirkon, rutil ve apatit birçok örnekte eser miktarda görülmektedir. Genellikle matriks içerisinde saçınımlı olarak görülmektedirler. Rutil mafik minerallerin dilinimleri boyunca izlenmektedirler. Manyetitlerin kenarlarında da rutile rastlanır.

Çizelge 5.1 : Minerallerin oluşum sırası grafiği.

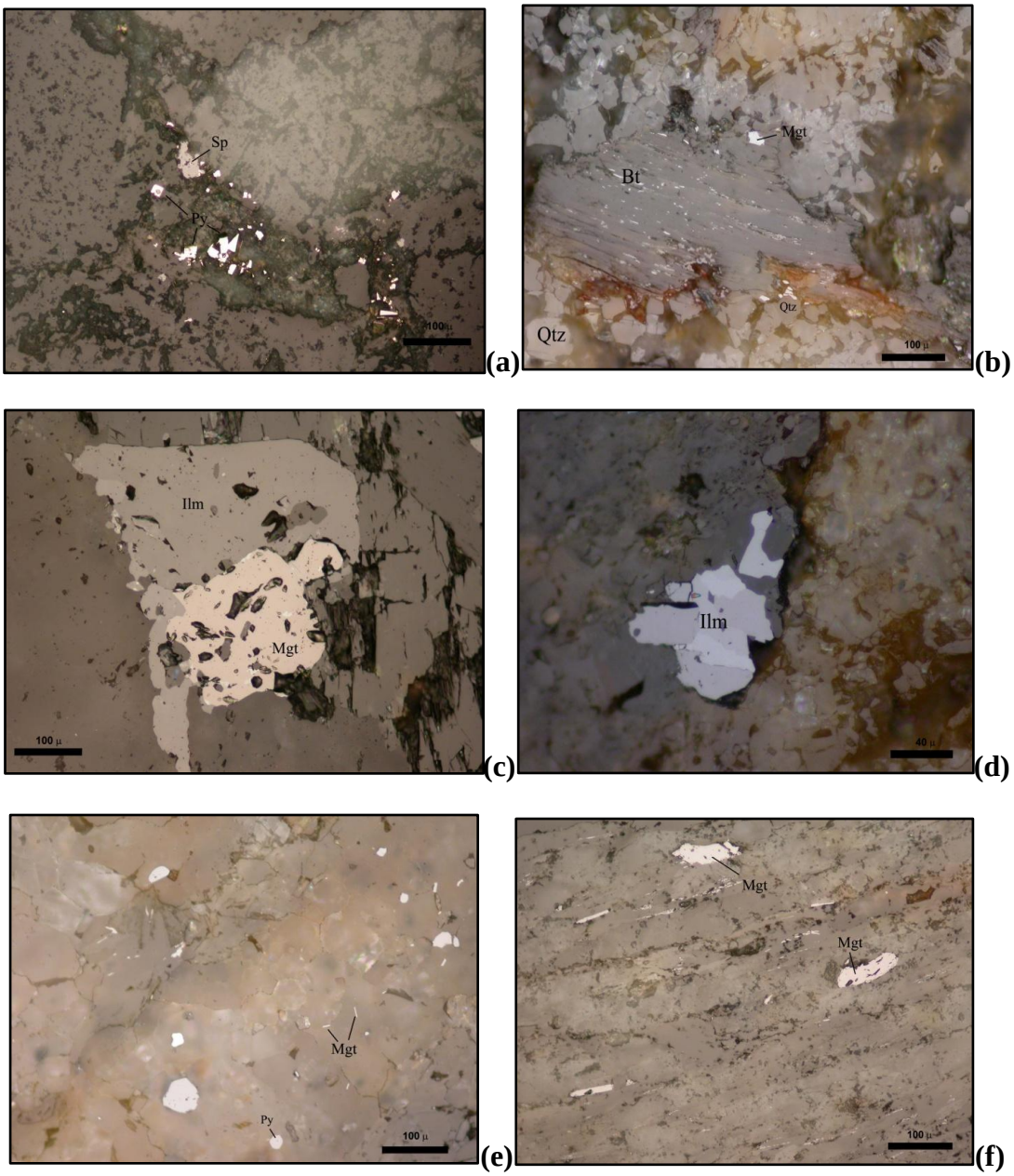
	I.EVRE	II. EVRE	SÜPERJEN EVRE
Pirit			
Kalkopirit			
Molibdenit			
Sfalerit			
Magnetit			
İlmenit			
Hematit			
Limonit			
Götit			
Kovellit			



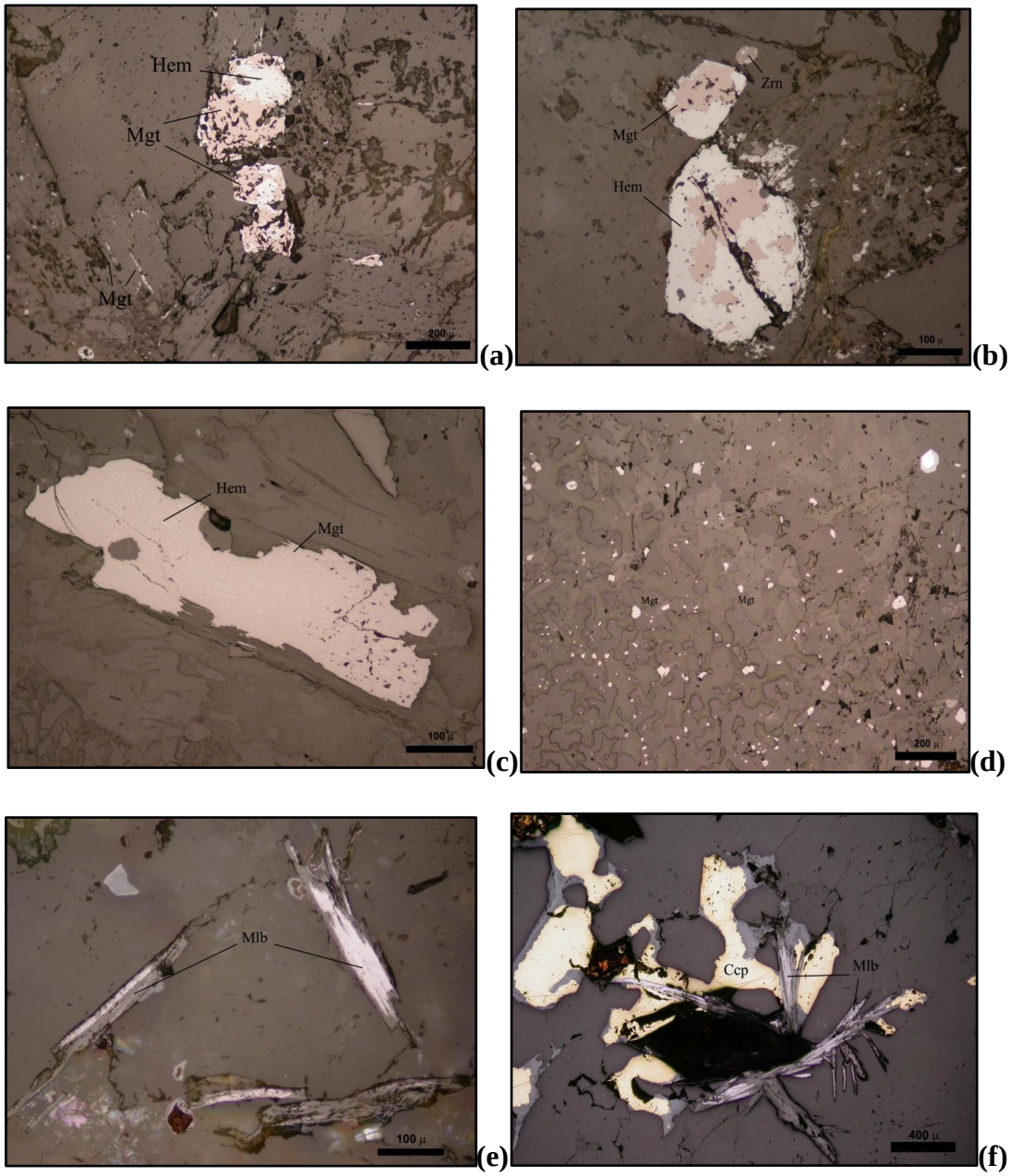
Şekil 5.1 : (a)Tamamen ve kısmen limonitleşen piritler, (b) Piritin yerini alan özşekilli götit, (c)Damar şeklinde oluşan pirit ve kalkopirit, (d) Götitleşen pirit relikleri, (e) Piritin götit ve kovellite bozuşması, (f) Limonitleşen kalkopirit.



Şekil 5.2 : (a) Boşluk dolgusu şeklinde yerleşmiş iri kalkopiritler, (b) Kalkopirit ve pirit içeren silis damarcıkları, (c) Kısmen bozuşan kalkopirit ve pirit, (d) Kenar zonları boyunca kovellite dönüşen kalkopirit, (e) Saçınımlı pirit taneleri, (f) Kalkopiritin dijenite dönüşümü.



Şekil 5.3 : (a) Sfalerit ve pirit taneleri, (b) Biyotitin kloritleşmesi sonucu oluşan magnetitler ve eşboylu kuvars kristalleri, (c) Magnetit ve ilmenit kristalleri, (d) Yüksek anizotropi gösteren ilmenit, (e) Kloritleşme sırasında oluşan iğnemsi magnetitler, (f) Şistoziteyle uyumlu magnetitler.



Şekil 5.4 : (a) Martitleşen magnetitler ve çubuksu magnetitler, (b) Martitleşen magnetitler ve zirkon kristali, (c) Hematit eksolüsyonu içeren magnetit, (d) Saçınımlı magnetitler, (e) Okside olmuş ve çubuksu yapıdaki molibden, (f) Bozuşan kalkopirit ve bükülmüş molibdenler.

6. CEVHERLEŞME VE MADEN JEOLOJİSİ

Biga Yarımadası metalik madenler, endüstriyel hammaddeler, kömür, jeotermal ve doğal sular bakımından zengin rezervlere sahiptir. Buradaki madencilik faaliyetlerinin geçmişi M.Ö. 1200 yılına kadar uzanmaktadır. Bu yeraltı zenginliklerinin varlığı bölgede Tersiyer-Kuvaterner dönemindeki magmatizma süreçleri ve aynı dönemde açılmış olan havzaların sedimantolojik gelişimleriyle yakından ilişkilidir.

Biga bölgesinde yapılan önceki çalışmalarda Pehlivan (1995)'e göre; Ezine, Bayramiç, Ayvacık, Yenice (Çanakkale) Edremit, Havran, İvrindi (Balıkesir) civarında yer alan cevherleşmenin metamorfitleri kesen granodiyoritlerin kenar zonlarında, metamorfitler içindeki gnays-mermer, amfibolit-mermer dokanaklarında, metamorfitleri, ofiyolitleri ve volkanitleri kesen tektonik hatlarda yer aldığını saptamışlardır. Cevherleşmeler büyük ölçüde granodiyorit sokulumları ve volkanik aktivitelerle yakın ilişkili olup, granodiyorit üst ve çevresi ile fosil jeotermal alanların cevherleşme için önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Cevherleşmenin kökenine ilişkin olarak Cu-Pb-Zn cevherleşmelerinin kontakt hidrotermal, hidrotermal kökenli olduğu, büyük ölçüde granodiyorit sokulumları sırasında tabakalanmaya bağlı cevherlerin hareketlenerek (remobilize) skarnlar ve domlar içerisinde zenginleştiği belirtilmektedir (Anıl, 1984). Altına yönelik yapılan çalışmalarında ise Pb-Zn-Cu-W-Mo-Hg-Fe cevherleşmelerinin kontakt pnomatolitik ve hidrotermal safhalarda, Au-Sb-Hg cevherleşmelerinin hidrotermal safhanın katatermal, mezotermal ve epitermal evre gibi değişik evrelerinde oluştuğu, granodiyorit sokulumları ve volkanik faliyetlerle yakın ilişkili olduğu kanısına varmışlardır.

Bu bölümde cevherleşmenin içinde yer aldığı bölgede yapılan saha gözlemleri, mikroskobik incelemeler ve cevher mikroskobisi çalışmalarına dayanarak Tepeoba cevherleşme alanında gelişen cevherleşme tartışılıp, yorumlanmaya çalışılacaktır (Şekil 6.1).

Çalışma sahası, önceki yıllarda yarı-detay ve detay ölçekte araştırılmış olup, güçlü bir potansiyele sahip önemli bir porfiri Cu-Mo-Au sahası olarak belirtilmiştir (Pehlivan ve diğ., 1996; Küçükefe ve diğ., 2005).

Sahadaki Cu-Mo cevherleşmesi kontak metamorfik zon ile intrüzifler içerisinde damar ve damarcıklar şeklinde olup, cevherleşmeye turmalinleşme, biyotitleşme ve muskovitleşme eşlik etmektedir. Saha Biga Yarımadası'nın tümünde olduğu gibi Miyosen sonrası genç tektonikten yoğun olarak etkilenmiş, cevherli zonlar ile cevherleşmeyi oluşturan intrüzif kayaların ilksel ilişkileri bozulmuş, intrüzif kayalar tektonik etkilerle yüzeyletilmiştir.

Sahada cevherleşme, kontak metamorfizma geçirmiş andaluzit-biyotit felsler içinde, yer yer breşik, ve yer yer de ağsal damar ve damarcıklar şeklinde, granitik kayaçlarda ise dissemine, damar ve damarcıklar şeklindedir (Küçükefe ve diğ., 2005).

Küçükefe ve diğ. tarafından (2006) geniş kapsamlı sondaj çalışmalarında granit içerisinde damar, damarcık ve dissemine olarak az ya da çok cevherleşme görülmektedir. Sondajlarda granodiyorit içerisinde ise sadece iki sondajda cevherleşme görülmüştür. Asidik damar kayaçlarındaki cevherleşmeyi yan kayaçlardaki cevherleşmeden ayırmak çoğu sondajda olanaksızdır. Zira ayırtlanamayacak kadar iç içe geçmiştirler. Ancak genel olarak yan kayaçlar ile birlikte daha çok damar ve damarcık, dissemine şeklinde kalkopirit, pirit ve molibdenit görülmüştür. Sahadaki diğer sondajlarda ise asidik damar kayaçları içinde genellikle az oranda dissemine cevherleşme görülmüştür.

Kontak metamorfik kayaçlar içerisindeki cevherleşme ise breşik zonlarda yoğundur. Yer yer breşik görünümlü ağsal damarlar şeklinde görülen cevherleşme azalarak derinlere doğru devam etmektedir. Daha sonraki metrelerde ise cevherleşme, seyrek olarak görülen kuvars damarcıkları ile ilgilidir. Yayla tepe civarında metabazik kayaçlarda yapılan sondajlarda metabazik kayaçların kırık ve çatlaklarının ağsal damar ve damarcıklar şeklinde, limonit-hematitle doldurulduğu tespit edilmiştir. Cevherleşmeye kuvars, biyotit, turmalin, muskovit, klorit ve kalsit mineralleri eşlik etmektedir. Aynı mineral parajenezinin; andaluzit, biyotit, muskovit, kuvars, kalsit, klorit ve epidot gibi minerallerden oluşan kontak metamorfik kayaçlarda da görülmesi, sahada cevherli zonların ayırtlanmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak, bahsedilen birinci grup mineral parajenezi; damar- damarcıklar şeklinde

bulunup, kontak metamorfik kayaçları kesmiş olarak ve daha çok limonitleşmiş-malakitleşmiş cevher mineralleriyle birlikte görüldüğü için magmatik-hidrotermal kökenlidir.

Sahanın, aşağıdaki verilere dayanarak "porfiri tip Cu-Mo-Au" cevherleşmelerine benzerlik gösterdiği söylenebilir:

- Cevherleşme kontak metamorfik kayaçlar ve granit içinde breşik, ağsal damar, damarcık ve dissemine şekillerde görülmektedir,
- Çok evreli intrüzyon gözlenmektedir,
- Küçükefe ve diğ. tarafından (2006) geniş kapsamlı sondaj çalışmalarında granodiyorit içindeki biyotit damarcıklarında Cu-Mo cevherleşmesi görülmektedir (potasik zon),
- Gang minerali olarak kuvars, biyotit, flogopit, muskovit, turmalin, klorit ve kalsit mineralleri bulunmaktadır,
- Cu-Mo-Au elementleri arasında jeokimyasal olarak güçlü pozitif korelasyon vardır.

Çalışma alanında cevherleşme sonrasında da magmatik etkinliğin sürmesi ve Batı Anadolu'daki genç horst-graben tektoniğinin etkileri nedeniyle, birincil alterasyonlar maskelenmiş, cevherleşme karmaşık hale gelmiştir

Sahadaki Cu-Mo-Au cevherleşmesi ile yakın ilişkili görülen ve TPS-3 nolu sondajdan alınan bir numunede hidrotermal biyotitin K-Ar yöntemiyle yapılan radyometrik yaşı, 23.8±0.6 ve 23.8±0.7 my, muskovitin yaşı ise 22.8±0.7 ve 24.6±0.7 my olarak belirlenmiştir (Watanabe ve diğ., 2003).

Sahadaki cevherleşme ile ilgili görülen ve yer yer breşik zonun matriksini de oluşturan flogopit mineralinden (TPS-1, 2, 5) elde edilen K-Ar yaşı 23.8±1.2 ve 23.8±1.4 my olarak saptanmıştır (Murakami ve diğ., 2004).

Cevherli zondan alınan molibdenit numunesinde (TPS-1, 2, 5) molibdenitin Re-Os metoduna göre saptanan oluşum yaşı 25.62±0.09 ve 25.03±0.14 my olarak bulunmuştur (Watanabe ve diğ., 2005).

Çalışma sahasında, jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda belirlenmiş, KD-GB uzanımlı, yaklaşık 800 m uzunluğunda, yer yer 150 m genişliğinde, cevherli-

breşik bir zon bulunmaktadır (Küçükefe ve diğ., 2005). Cevherleşme genellikle yüzeyden başlamakta ve yüzeyden itibaren 257.20 m derinliğe kadar izlenmektedir.



Şekil 6.1 : Çalışma alanında bulunan Cu-Mo işletme sahasından genel görünüm.



Şekil 6.2 : İşletme sahasında cevherleşme içeren kayaç örneği.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme alanında yapılan tüm gözlemler ve çalışmalara dayanarak asağıdaki sonuçlar verilebilir.

Sahanın Triyas öncesi temelini, çoğunlukla fillat olmak üzere, düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Kalabak Formasyonu oluşturmaktadır. Çalışma alanında Kalabak Formasyonu' na ait fillatların büyük bir çoğunluğuna biyotit fillat adı verilmiştir. Bunun üzerine ise tektonik dokanakla metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu gelmiştir. Granit-granodiyorit bileşimli Eybek Granitoyidi ile onun asidik ve bazik damar kayaçları Tersiyer yaşlıdır. Eybek Granitoyidi, çalışma sahasında Karakaya Formasyonu' na ait metasedimanter ve metabazik kayaçları ve Kalabak Formasyonu' na ait şistleri kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Biyotit fillatların dokanaga yakın breş zonları içinde yer aldıgı ve kontakt metamorfizmaya ugrayarak andaluzit fels oluşumlarına yol açtıgı belirlenmiştir. Breş zonunda biyotit damarcıkları, kuvarslar ve piritlerle potasik alterasyon etkileri belirlenmiştir.

Sahadan alınan örneklerin jeokimyasal analizleri sonucunda örneklerin SiO_2 değerlerinin yaklaşık olarak %58-75 arasında değiştiği gözlenmiştir. Analizler sonucunda çizilen diyagramlarda yalnızca K_2O değerinin SiO_2 ile pozitif bir ilişki sergilemekte olduğu, P_2O_5, Al_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, TiO_2, MnO, Fe_2O_3 değerlerinin ise SiO_2 ile negatif bir ilişki sergilediği saptanmıştır. Bu şekildeki pozitif ve negatif korelasyonların fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklanmaktadır.

Middlemost (1995)'un toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramında Eybek Granitoyidi'nden alınan kayaç örnekleri genel olarak granit olarak sınıflandırılmakla beraber monzonit, kuvars monzonit, siyenit alanına düşen örnekler de görülmektedir.

Feldspat üçgeni (O'Connor 1965) sınıflandırma diyagramı üzerindeki değerlendirmede ise örnekler granit olarak sınıflandırılmakla birlikte iki örnek granodiyoritik özellik sergilemekte, üç örnek ise kuvars monzonit sınıflamasına girmektedir.

Silisyum oksit değerlerinin toplam sodyum-potasyum değerlerine izdüşümüyle elde edilen diyagramda (Irvine and Baragar, 1971) örneklerin üç tanesi dışında tümünün subalkali özellikte ve tipik bir kalkalkalen özellik sergilediği açıkça görülmektedir.

Granitoyidlerin mafik mineral kimyasına göre yapılan sınıflamada Shand indeksine göre (Maniar ve Piccoli, 1989) analizi yapılan örneklerin yaklaşık olarak yarısı peralüminyum kalan kısmı ise metalüminyum karakterli olarak saptanmıştır.

Örneklerin iz element jeokimyasına göre ise SiO_2; Th, Rb ile düşük pozitif korelasyon göstermekte, Sr ve Nb ile orta dereceli negatif korelasyon, Ba, Zr,V ve Y ile ise yüksek dereceli negatif korelasyon göstermektedir.

Duraylı elementler olan Nb-Y diyagramında (Pearce ve digerleri, 1984), kayaçların volkanik yay graniti (VAG) ile çarpışmayla eş zamanlı (syn-COLG) ve yay içi granitler (VAG) alanında yer aldıkları görülür.

Kondrite normalize edilmiş örümcek diyagramının irdelenmesi sonucu bazı karakteristik özelliklere sahip oldukları anlaşılmıştır. MREE' lerde belirgin bir tüketilmenin varlığıdır HREE' lerde ise, MREE' lere oranla bir miktar zenginleşme söz konusudur. Kaşık şekilli yukarı doğru konveks bir desenin amfibol ayrımlaşmasının bir sonucu olarak geliştiği bilinmektedir. Örneklerde negatif bir Eu anomalisinin varlığı plajiyoklas ayrımlaşmasına işaret etmektedir.

Karakaya Formasyonunun içerisindeki birimlerin kendi içlerinde alterasyonlar görülmemekte buna karşın Eybek Granitoyidi çevresinde yoğun aranitleşmeler görülmektedir. Granitoyidin, Karakaya ve Kalabak Formasyonu' na sokulum yapması ile şistleri yer yer dokanak metamorfizmasına uğratmıştır ancak kontakt metamorfik zon kalınlığı tam olarak belirlenememiştir. Şistlerin zayıf serizitik alterasyona uğradıkları saha çalışmalarında ve optik çalışmalar neticesinde ortaya çıkarılmıştır. Karakaya Formasyonu Metabazit üyesinde yer alan metabazitler, arazide fazlaca altere ve hafif yeşilimsi renklerde izlenirler.

Bölgeden derlenen jeokimyasal toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve elementlerin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak çizelgeler halinde verilmiştir. Element değerlerinin düzenli dağılıp dağılmadığının tespiti için histogram grafiklerinden yararlanılmıştır. Sistematik jeokimyasal analiz sonuçları ve tanımlayıcı istatistiki verilere göre her element için anomali haritaları çizilmiş, temel değer ve anomoli

lokasyonları belirlenmiştir. Daha sonraki aşamalarda regrasyon grafikleri kullanılarak iki elementin birlerine göre uyumluluğu incelenmiştir. Son olarak tüm bu çalışmaların neticesinde anomali haritaları, detaylı jeoloji haritası ile karşılaştırılarak bölgedeki cevherleşmenin niteliği ve bölgesel cevherleşme konusunda daha doğru tespitlere ulaşmak hedeflenmiştir.

Yapılan detaylı jeokimyasal çalışmalar sonucu Cu (ppm) anomalileri Tepeoba köyü kuzeyinde yer alan Kırca tepe ve kuzeyinde iki noktada anomali vermektedir. Birleştirilmiş anomali haritasına bakıldığında iki farklı noktada guruplaşma gözlenmiştir. Cu, Mo, Zn değer dağılımlarını ortak değerlendirdiğimizde Yayla tepe ve Kırca tepe arasında uyumlu bir anomali verdikleri gözlenmektedir. Cu, Mo, Au, Pb değer dağılımlarını ortak değerlendirdiğimizde ise Kırca Tepe civarında uyumlu bir anomali verdikleri görülmektedir.

Elementlerin birbirlerine göre olan dağılımlarını ve ilişkilerini ortaya koymak için regresyon grafiklerinden yararlanılmış, Cu değeri yatay eksende sabit tutularak düşey eksen'de Pb, Zn, Mo, Au elementleri değerlendirilmiştir. Elde edilen grafiklere göre Cu' nun Mo, Au, Zn elementleri ile olan ilişkisi pozitiftir. Pb ile olan ilişkisi ise düşük negatif korelasyon göstermektedir. Bu veriler önceki bölümlerde elde edilen elementlerin ortak anomali haritalarındaki birlikteliklerini de destekler niteliktedir.

Sahadan alınan 32 adet cevher örneğinin cevher mikroskobisi incelemelerinde cevher minerallerinin türleri, bollukları, oluşum aşamaları ve birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konmuştur. Bu ilişkiler göz önünde bulundurularak bir oluşum sırası grafiği elde edilmiştir. Buna göre ilk evrede pirit, kalkopirit, molibdenit, magnetit, sfalerit, ilmenit ilk olarak oluşan metalik mineraller iken ikinci evrede hematit, limonit, götit mineralleri oluşmuştur.

Önceki çalışmalarda elde edilen radyometrik yaş tayinlerinden de anlaşılacağı gibi, Cu-Mo-Au cevherleşmesi granitten ziyade granodiyorit ile ilgili olup, cevherleşmenin yaşı ile granodiyorit intrüzyonunun yerleşim yaşı uyuşmaktadır.

Cevherleşmenin kontak metamorfik kayaçlar ve granit içinde breşik, ağsal damar, damarcık ve dissemine şekillerde görülmesi, Cu-Mo-Au elementleri arasında jeokimyasal olarak güçlü pozitif korelasyon, Küçükefe ve diğ. tarafından (2006) geniş kapsamlı sondaj çalışmalarında granodiyorit içindeki biyotit damarcıklarında

Cu-Mo cevherleşmesi görülmesi, ‘porfiri tip Cu-Mo’ sahası teşhisini destekler niteliktedir.

Bu araştırma sonucunda daha ayrıntılı (daha çok sayıda zuhur, sistematik daha çok sayıda sistematik örnek alımı, mikroskobik incelemeler vb.) çalışmaların yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Anıl, M. (1984). Yenice (Arapuçandere -Kurttaşı- Sofular ve Kalkım Handeresi) Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerinin Köken Sorunu ve Tersiyer Volkanizmasıyla ilişkileri, Jeoloji Müh.18-19.

Aslaner, M. (1965). Etude Geologique et Petrographique de la Region d'Edremit-Havran (Turquie), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını, 119, 1-98.

Ataman, G. (1975). Plütonisme calc-alcalin d'age Alpin, Anatolie du Nord Quest: C.R. Acad. Sc. Paris, 280, ser. D.

Ayan, M. (1979). Geochronological and petrological studies of the Eybek Granodiorite pluton (Edremit). De La Faculte Des Sciences De L'Universite D'Ankara, Serie C1, 22, 19-31.

Bingöl, E. (1968). Contribution a l'étude géologique de la partie centrale et Sud-Est du massif de Kazdağ (Turquie), Ph.D. Thesis, Université de Nancy, France, pp 186.

Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebligleri. M.T.A, Ankara, 70-77.

Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1975). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kong. MTA Yayını.

Brinkmann, R. (1966). Geotektonische Gliederung von Westanatolian, N. Jb.Geol. Paleon, Monatshefte.

Brinkmann, R. (1971). The geology of western Anatolia; The geology and History of Turkey, ed. Campbell.

Bürküt, Y. (1966). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plütonların Mukayeseli Jenetik Etüdü, İTÜ Matbaası, 272s.

Çetinkaya, N., Karul, B., Yenigün, K. ve Önal, R. (1983). Türk-Alman Projesi, Biga Yarımadası Metalik Madenler (Pb-Zn-Cu) Arama Projesi Raporu: MTA Rap. Der. No. 781.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y. ve Kar, H. (2004). Biga Yarımadası' nın temel jeolojisi: (Ara rapor, yayımlanmamış).

Gümüş, A. (1964). Contribution a l'etude Geologique du Sectur Septentrional de Kalabak Köy-Eymir Köy (Region d'Edremit) Turquie. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını, 117, 109p.

Irvine, T.N., and Baragar, W. R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science, 8, 523-548.

Kaaden, G. (1957). Çanakkale-Biga- Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalısmaları ve maden yatakları hakkında rapor; M.T.A Rapor No: 2661, (yayınlanmamış).

Kaaden, G. (1959). Anadolu' nun Kuzeybatı Kısmında Yer Alan Metamorfik Olaylarla Mağmatik Faaliyetler Arasındaki Yaş münasebetleri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 52, 15-34,1959.

Kayhan, F., Andiç, T. ve Pehlivan, N. (1996). Tepeoba (Balıkesir-Havran) Sahasının Jeolojisi ve Au, Mo, Cu Cevherleşmesi Etüt Raporu, MTA Derleme Rapor No:9893

Ketin, İ. (1966). Anadolu' nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 6, 20-34.

Kovenko, V. (1940). Balya Kurşun Madeni, MTA Derg. 4/21, 580-594.

Krushensky, R.D. (1971). Biga Yarımadası, Edremit doğusunun jeolojisi: MTA Rap. Der. No. 5646.

Krushensky, R.D. (1976). 'Neogene Calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area', Northvvest Anatolia: Bult. Volcan, 40, 336-360.

Krushensky, R.D., Akçay, Y., Karaeğe, E. (1980). 'Geology of the Karalar-Yeşiller Area, Northwest Anatolia,Turkey', Geological Survey Bulletin, 72.

Küçükefe, Ş., Sarı, R., Kılıç, M. ve Avşar, M. (2005). Tepeoba (Havran-Balıkesir) Cu-Mo-Au sahasının jeoloji ve jeokimya Raporu: MTA Rap. Der. No. 10848.

Maniar, P.D. and Piccoli, P.M. (1989). Tectonic discriminations of granitoids. *Geological Society of America Bulletin* 101, 635–643.

Middlemost, E.A.K. (1994) 'Naming materials in the magma/igneous rock system', Earth- Science Reviews, 37, 215-224.

Murakami, H., and Yasushi, Watanabe, Y. (2008). Newly discovered Tepeoba Breccia -centered Cu-Mo-Au deposit in western Turkey, Institute for Geo-Resources and Environment, AIST, Wep sites.

O'Connor, J.T.A (1965). Classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: *US Geological Survey Professional Paper* B525. USGS, 79–84.

Okay, A.İ. (1984a). Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Metamorfik Kusaklar. Ketin Sempozyumu, TJK Bülteni, 83-92.

Okay, A.I. (1984b). Distrubition and characteristics of the northwest Turkish blueschists, Geol. Soc. London, Spec. Publ.,17, 455-466.

Okay, A.I. (1989b). Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey, Tectonic Evolution of the Tethyan Region, ed. A.M.C. Sengör, 109-115.

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

Okay, A.İ., Siyako. M. ve Bürkan. K. M. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi, T.P.J.D Bülteni, 2/1, 83-121.

Okay, A.İ., and Tüysüz O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey: In 'The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen' (ed. B. Durand, L. Johvet, F. Horvath nad M. Seranne) : Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G. (1984). Trace-element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 25,956-983.

Pehlivan, A.N., Kayhan, F., ve Andiç, T. (1996). Tepeoba (Balıkesir-Havran) sahasının jeolojisi ve Au, Mo, Cu cevherleşmesi etüt raporu. MTA Rap. Der. No. 9893.

Phillipson, A. (1958). HAndbuch der Regional Geologie: Heidelberg Carl Winters Universtaatbuchhandlung,185.

Pickett, E.A., Robertson, A.H.F. (2004). Significance of the Volcanogenic Nilüfer Unit and related componenets of the Triassic Karakaya complex for Tethyan Subduction/Accretion prosses in NW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, Vol 13, 97.143.

Sayıt, K., ve Göncüoğlu, C. (2007). Geochemistry of mafic rocks of the Karakaya complex, Turkey: evidence for plume-involvement in the Palaeotethyan extensional regime during the Middle and Late Triassic. Int. J Earth Sci (Geol Rundsch), DOI 10.1007/s00531-007-0251-6.

Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.İ. (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, TPJD Bülteni, 1/3, 183-199.

Genç, Ş.C., Altunkaynak, Ş. (2007). On the Eybek granite (Biga Peninsula, NW Anatolia): A new evaluation in the light of new geochemical data. (Eybek graniti (Biga yarımadası, KB Anadolu) üzerine: yeni jeokimya verileri ve yeni bir değer, Journal of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Vol. 28, No. 2, 75-98, (in Turkish).

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

Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R. (1984). Timing of Tectonic Events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for Tectonic Evolution and Evidence for Pan-African Basement in Turkey, Tectonics, 3, 693-707.

Tchihatchef, P. (1967). Reisen in Keinasien und Armenien 1847-1863: Patermans Geol.Min.68, 69.

Tüysüz, O. (1990). Tectonic Evolution of a part of the Tethyside orogenic collage: The Kargı Massif, northern Turkey. Tectonics., 9, 141-16.

Watanabe, Y., Murakami, H., Cengiz, İ., Sarı, R., Küçükefe, Ş. ve Yıldırım., S. (2003). Study on hydrothermal deposits and metallogeny in Western Turkey: MTA Rap. Der. No. 10614.

Yaltırak, C., ve Okay, A.İ. (2004). Edremit Körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi, itüdergisi/*d* mühendislik Cilt:3, Sayı:1, 67-79.

EKLER

EK A: Jeokimyasal analiz sonuçları.

EK B: Çalışma alanının jeoloji haritası.

EK A Jeokimyasal analiz sonuçları.

Çizelge A.1 : Major Oksitlere ait kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	FeO(%)	MgO(%)	CaO(%)	Na_2O(%)	K_2O(%)	TiO_2(%)	P_2O_5(%)	MnO(%)	LOI	Toplam
1	69.76	15.58	1.46	0.70	0.71	1.99	6.35	0.33	0.05	0.01	2.83	99.77
4	61.77	19.73	3.45	1.39	1.27	2.50	6.33	0.52	0.07	0.05	2.67	99.74
15	58.54	15.74	5.06	2.30	6.78	3.72	3.84	0.49	0.24	0.11	2.83	99.66
20	72.43	13.98	0.30	0.07	1.03	3.24	7.28	0.03	0.00	0.01	1.47	99.82
38	73.25	13.29	0.45	0.12	0.73	3.00	6.43	0.07	0.00	0.00	2.49	99.83
40	64.38	15.76	3.58	1.88	4.44	3.67	4.55	0.47	0.27	0.08	0.55	99.63
43	72.72	12.88	1.47	0.76	1.18	2.65	5.34	0.35	0.00	0.02	2.32	99.71
44	61.65	16.54	4.57	2.06	5.28	3.50	4.01	0.61	0.34	0.11	0.98	99.64
45	74.53	12.98	0.58	0.12	1.44	4.13	3.84	0.07	0.00	0.01	2.19	99.90
46	73.18	13.78	0.57	0.12	0.82	2.86	6.34	0.05	0.00	0.01	2.05	99.77
47	57.42	21.48	4.72	1.96	3.37	2.67	3.98	0.69	0.09	0.06	2.71	99.16
48-1	62.10	17.21	2.71	1.56	1.88	3.45	7.41	0.53	0.04	0.03	2.09	99.01
50	63.90	16.93	3.03	1.28	1.64	3.55	6.53	0.48	0.06	0.03	2.06	99.49
56	71.76	14.08	0.59	0.31	0.68	2.28	7.73	0.13	0.01	0.00	2.22	99.78
58	71.28	14.22	0.90	0.19	0.66	2.96	6.54	0.13	0.00	0.01	2.94	99.83
64	72.94	13.71	0.22	0.03	0.55	2.53	7.96	0.07	0.00	0.00	1.75	99.76
73	74.65	14.18	0.58	0.31	0.71	4.15	2.58	0.05	0.32	0.01	2.36	99.90
74	61.52	16.80	2.37	2.19	5.05	2.84	5.15	0.47	0.27	0.06	2.91	99.65
75	71.93	13.58	0.59	0.20	1.46	2.90	6.80	0.14	0.04	0.01	2.16	99.81
80	67.02	16.27	1.28	0.58	1.01	2.76	8.53	0.28	0.04	0.02	1.81	99.60

Çizelge A.2 : İz elementlere ve Nadir Toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Cs(ppm)	Rb(ppm)	Ba(ppm)	Sr(ppm)	Pb(ppm)	Th(ppm)	U(ppm)	Zr(ppm)	Y(ppm)	Nb(ppm)	Sc(ppm)
1	2.0	213.0	528.0	0.0	24.0	9.0	2.0	253.0	20.0	11.0	1.0
4	11.0	198.0	656.0	0.0	33.0	15.0	2.0	197.0	36.0	0.0	9.0
15	2.0	158.0	747.0	721.0	27.0	18.0	3.0	142.0	22.0	12.0	10.0
20	4.0	291.0	0.0	165.0	0.0	0.0	3.0	43.0	4.0	4.0	0.0
38	3.0	196.0	197.0	143.0	33.0	29.0	8.0	83.0	6.0	7.0	0.0
40	4.0	157.0	850.0	547.0	35.0	23.0	5.0	136.0	21.0	13.0	7.0
43	11.0	0.0	378.0	0.0	43.0	7.0	1.0	127.0	14.0	21.0	6.0
44	1.0	121.0	926.0	585.0	36.0	0.0	2.0	152.0	26.0	17.0	11.0
45	7.0	135.0	72.0	81.0	30.0	13.0	14.0	29.0	4.0	5.0	1.0
46	1.0	237.0	97.0	49.0	58.0	20.0	19.0	72.0	11.0	16.0	0.0
47	25.0	252.0	463.0	192.0	19.0	16.0	6.0	244.0	33.0	17.0	17.0
48-1	14.0	0.0	704.0	177.0	32.0	13.0	4.0	188.0	20.0	16.0	11.0
50	13.0	289.0	485.0	150.0	51.0	12.0	6.0	191.0	25.0	13.0	11.0
56	7.0	277.0	513.0	160.0	33.0	29.0	2.0	60.0	5.36	9.0	64.11
58	4.0	230.0	81.0	0.0	43.0	29.0	7.0	73.0	7.19	0.0	56.33
64	3.0	298.0	0.0	94.0	0.0	0.0	17.0	85.0	5.88	11.0	67.56
73	4.0	67.0	179.0	0.0	19.0	0.0	0.0	34.0	3.75	0.0	70.83
74	9.0	160.0	765.0	0.0	35.0	24.0	9.0	126.0	21.79	0.0	69.74
75	6.0	189.0	326.0	0.0	33.0	21.0	6.0	72.0	6.52	9.0	74.55
80	13.0	333.0	0.0	107.0	0.0	0.0	18.0	116.0	10.87	16.0	66.73

Çizelge A.2 (devam) : İz elementlere ve Nadir Toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları.

Ce(ppm)	Pr(ppm)	Nd(ppm)	Sm(ppm)	Eu(ppm)	Gd(ppm)	Tb(ppm)	Dy(ppm)	Ho(ppm)	Yb(ppm)	Lu(ppm)	As(ppm)
45.92	5.17	18.30	3.60	0.84	3.17	0.37	1.64	0.30	0.60	0.12	17.0
93.83	10.43	39.92	7.83	1.40	6.92	0.84	3.56	0.57	1.20	0.18	60.0
88.15	9.56	34.48	6.55	1.76	6.02	0.77	4.05	0.80	2.13	0.32	18.0
8.92	0.72	1.93	0.42	0.26	0.34	0.05	0.31	0.08	0.41	0.08	3.0
30.20	2.33	6.13	0.88	0.25	0.85	0.11	0.58	0.12	0.66	0.13	6.0
97.97	10.18	35.53	6.30	1.65	6.12	0.77	3.86	0.75	2.17	0.32	11.0
37.58	4.05	14.45	3.11	0.76	2.40	0.41	1.28	0.30	0.54	0.19	12.0
103.99	11.99	45.97	8.43	1.99	8.15	0.99	5.29	1.04	2.64	0.42	8.0
14.31	1.05	2.70	0.39	0.15	0.43	0.06	0.32	0.08	0.36	0.07	8.0
12.63	1.10	3.54	0.87	0.19	1.08	0.19	1.39	0.30	1.61	0.26	6.0
102.46	11.21	42.45	8.04	1.43	7.22	0.86	4.05	0.66	1.31	0.20	6.0
64.81	6.42	22.51	4.41	1.03	3.69	0.37	1.54	0.23	0.43	0.08	4.0
81.21	8.48	30.86	5.77	1.05	4.94	0.54	2.34	0.42	0.97	0.14	28.0
62.25	4.09	7.36	1.52	0.45	1.63	0.16	0.82	0.18	0.68	0.12	38.15
36.05	3.12	8.90	1.39	0.17	1.44	0.17	1.01	0.24	1.10	0.18	48.10
7.64	0.49	1.37	0.40	0.20	0.52	0.10	0.84	0.22	1.02	0.17	25.33
3.39	0.40	1.39	0.41	0.09	0.44	0.08	0.58	0.14	0.42	0.06	0.53
95.68	9.34	27.28	5.92	1.28	5.66	0.70	3.85	0.75	2.17	0.35	20.73
40.35	3.46	9.78	1.53	0.37	1.65	0.18	1.03	0.23	0.82	0.15	31.40
29.62	2.83	10.32	2.15	0.49	2.12	0.30	1.88	0.41	1.68	0.28	24.78

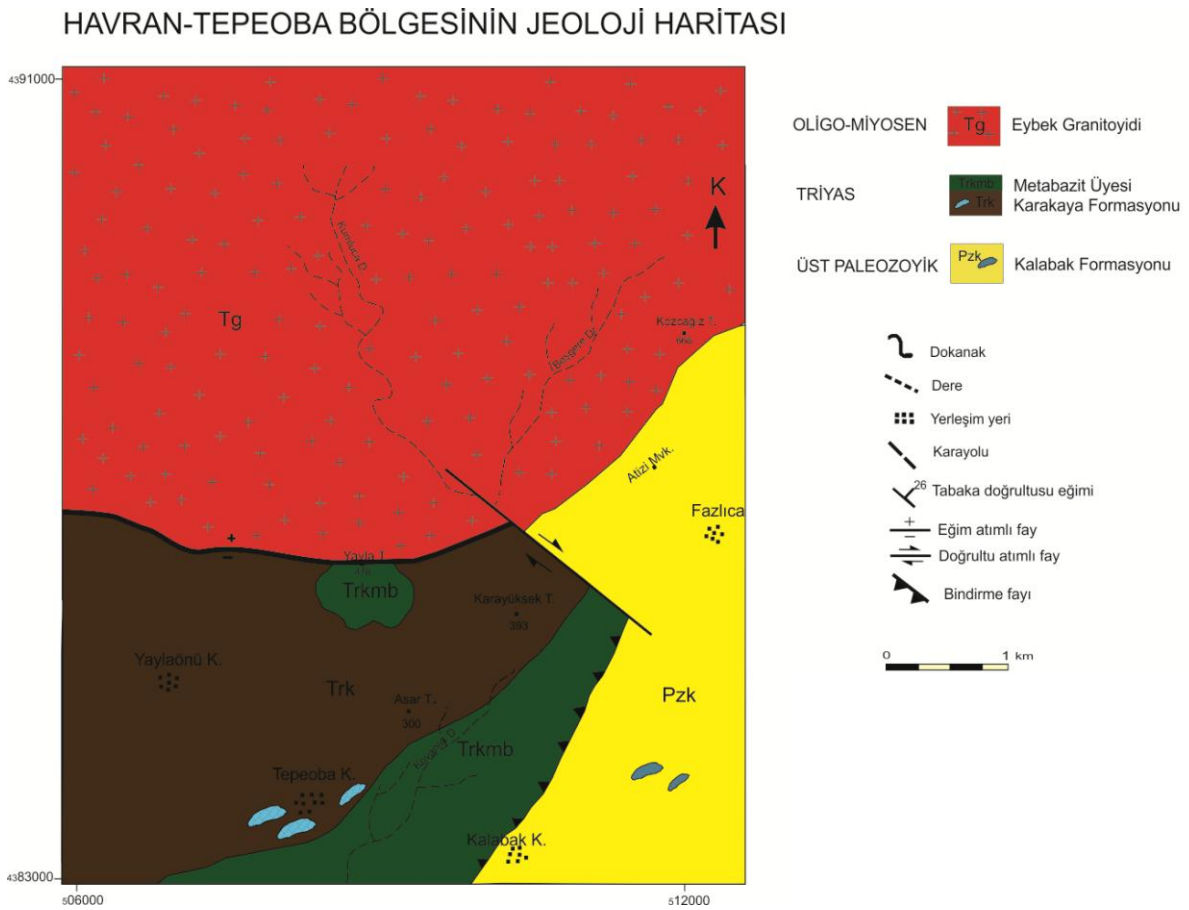
Çizelge A.2 (devam) : İz elementlere ve Nadir Toprak elementlerine ait kimyasal analiz sonuçları.

Ga(ppm)	Co(ppm)	Cu(ppm)	Cr(ppm)	Zn(ppm)	Ni(ppm)	La(ppm)	V(ppm)	Er(ppm)	Tm(ppm)	Mo(ppm)
13.0	28.0	44.0	4.0	10.0	10.0	24.14	21.0	0.76	0.14	7.0
21.0	16.0	66.0	30.0	22.0	13.0	45.53	45.0	1.63	0.20	0.0
23.0	38.0	5.0	2.0	39.0	13.0	48.26	103.0	2.35	0.33	2.0
13.0	20.0	0.0	3.0	7.0	4.0	7.23	3.0	0.24	0.04	1.0
12.0	26.0	0.0	4.0	5.0	3.0	23.05	7.0	0.44	0.08	1.0
17.0	40.0	17.0	0.0	38.0	10.0	55.39	66.0	2.23	0.30	3.0
13.0	53.0	114.0	14.0	0.0	12.0	19.59	27.0	0.67	0.18	10.0
17.0	24.0	3.0	6.0	47.0	12.0	48.94	79.0	3.01	0.45	2.0
14.0	32.0	6.0	0.0	7.0	3.0	13.09	4.0	0.21	0.05	2.0
13.0	26.0	0.0	1.0	13.0	3.0	9.18	4.0	1.16	0.20	11.0
23.0	24.0	3269.0	24.0	27.0	24.0	51.79	66.0	1.69	0.22	2.0
18.0	14.0	1840.0	20.0	25.0	21.0	40.34	50.0	0.62	0.07	295.0
18.0	25.0	1452.0	19.0	44.0	19.0	44.03	49.0	1.17	0.16	18.0
10.0	20.0	6.0	1.0	8.0	4.0	44.94	7.0	0.56	0.09	2.0
13.0	19.0	25.0	0.0	22.0	3.0	23.11	6.0	0.79	0.14	0.0
13.0	23.0	295.0	0.0	9.0	1.0	10.29	4.0	0.75	0.13	6.0
12.0	12.0	2.0	5.0	14.0	3.0	1.75	3.0	0.35	0.06	0.0
16.0	11.0	40.0	11.0	33.0	9.0	47.76	73.0	2.22	0.32	0.0
12.0	17.0	2.0	4.0	8.0	2.0	26.87	11.0	0.69	0.11	1.0
15.0	16.0	875.0	4.0	12.0	8.0	21.24	22.0	1.32	0.22	15.0

Çizelge A.3 : Sistematik alınmış jeokimyasal toprak örneği analiz sonuçları.

Örnek no	X	Y	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Au (ppb)	Pb (ppm)	Zn(ppm)
T1	9160.95	86732.91	4180	310	200	33	1
T2	9179.01	86998.27	7000	79	60	0	60
T3	9278.76	87122.65	241	10	5	11	29
T4	9108.86	86915.55	785	13	3	12	39
T5	9184.81	87213.37	410	7	2	21	46
T6	8834.27	87949.69	125	2	2	22	40
T7	9331.42	87307.74	125	3	4	16	8
T8	9400.9	87120.46	60	14	6	2	18
T9	9132.22	86625.54	910	0	1	0	20
T10	9079.11	86704.8	2440	21	1	14	57
T11	9222.95	86889.57	2592	52	60	15	29
T12	9143.72	86825.79	324	6	0	43	13
T13	9220.04	86732.97	220	1	0	10	14
T14	9247.6	87155.76	2950	9	100	12	27
T15	9204.88	87083.97	184	0	0	10	15
T16	9078.64	87006	86	8	0	18	33
T17	8951.58	86989.5	98	9	5	10	51
T18	9083.31	87168.03	51	5	0	0	31
T19	8998.59	86839.86	53	11	7	10	18
T20	9248.86	86979.76	2080	57	0	13	21
T21	9360.43	86961.6	113	9	0	14	36
T22	9067.62	86851.62	252	5	2	10	20
T23	9158.96	86668.13	3200	6	0	0	8
T24	9023.32	86677.29	132	7	0	0	12

EK B Çalışma alanının jeoloji haritası.



Şekil B.1 : Çalışma alanının jeoloji haritası.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayşe Kübra AKAY

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 13.06.1989

Adres: İstanbul

E-Posta: a.k.akay@hotmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Programı