

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖRENCİK KÖYÜ (ÇANAKKALE/YENİCE) KUZEYİNDEKİ PB- ZN-CU
EPİTERMAL CEVHERLEŞMELERİN MİNERALojİK VE KÖKENSEL
İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Erdem ŞAHİN

HAZİRAN-2019
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖRENCİK KÖYÜ (ÇANAKKALE/YENİCE) KUZEYİNDEKİ PB- ZN-CU
EPİTERMAL CEVHERLEŞMELERİN MİNERALojİK VE KÖKENSEL
İNCELEMESİ**

**MINERALOGIC AND ORIGIN INVESTIGATION OF PB- ZN-CU
EPITERMAL MINERALIZATIONS IN THE NORTH OF ÖRENCİK VILLAGE
(ÇANAKKALE/YENİCE)**

YÜKSEK LİSANS

Erdem ŞAHİN

**HAZİRAN - 2019
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖRENCİK KÖYÜ (ÇANAKKALE/YENİCE) KUZEYİNDEKİ PB- ZN-CU
EPİTERMAL CEVHERLEŞMELERİN MİNERALojİK VE KÖKENSEL
İNCELEMESİ**

**MINERALOGIC AND ORIGIN INVESTIGATION OF PB- ZN-CU
EPITERMAL MINERALIZATIONS IN THE NORTH OF ÖRENCİK VILLAGE
(ÇANAKKALE/YENİCE)**

YÜKSEK LİSANS

Erdem ŞAHİN

Danışman: Doç. Dr. Alaaddin VURAL

**HAZİRAN -2019
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum **“Örencik Köyü (Çanakkale/Yenice) Kuzeyindeki Pb- Zn-Cu Epitermal Cevherleşmelerin Mineralojik ve Kökensel İncelemesi”** isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmalarını kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

25/06/2019

.....
Erdem ŞAHİN

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle yıllardır bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım birlikte çalışmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. Alaaddin VURAL'a içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarda bilgisinden ve tecrübelerinden faydalandığım Jeo. Müh. Mert ERTUĞRUL'a desteğinden ve katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Cevher ve kayaç petrografisi konusunda değerli desteklerinden ötürü Dr.Kemal Türeli'ye, sıvı kapanım kesitlerini değerlendiren Öğretim Üyesi Dr. Yılmaz Demir'e, izotop çalışmalarında katkısı olan Dr. Kurt Kyser'e teşekkür ederim.

Ayrıca arazi ve ofis çalışmalarını büyük destekleri olan Jeo. Müh. Murat ERDOĞAN'a ve Jeof. Müh. Rasim Taylan KARA'ya teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanmasındaki desteğinden dolayı Artes Madencilik İnş. Taah. Tic. AŞ.'ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimimde ve tez çalışmalarındaki sabrı ve desteğinden ötürü sevgili eşim Kübra ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Erdem ŞAHİN
GÜMÜŞHANE, 2022

ÖZET

Çalışma alanı Çanakkale İli'nin güneyinde bulunan Yenice İlçesi'ne bağlı Örencik Köyü ve kuzey bölgesini kapsamaktadır. Çalışma kapsamında yörenin litolojik birimleri ayırtlanmış, alanda yer alan hidrotermal Cu-Pb-Zn içerikli kuvars damarları ve Sayanbendi deresi boyunca döküntü şeklinde gözlenen manyetit parçaları hakkında yorumlamaya gidilmiştir.

İnceleme alanının temelini Alt Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı oluşturmaktadır. Birim Oligo- Miyosen yaşlı Eybek Granitoyidi tarafından kesilmektedir. Granitoyid uyumsuz olarak Pliyosen çökelleri ile örtülmüştür. Sahadaki en genç birim Kuvarterner yaşlı alüvyondur.

İnceleme alanında çeşitli lokasyonlarda yapılan çatlak ölçümlerine göre oluşturulan gül diyagramlarına göre, ağırlıklı olarak KD-GB doğrultu fay gelişimleri ile ilişkili gelişmiş çatlak sistemleri belirlenmiştir. Bunlar fay sistemlerine göre dik yönde, bazen enine, bazen boyuna ve/veya çapraz (verev) kırık/çatlak sistemleridir. Sahadaki etkin KD-GB yönlü kuvvetlere bağlı gelişmiş bu çatlak sistemlerinden dik yönde olanlara bağlı Sayanbendi Deresi civarında hidrotermal cevherleşmeler gelişmiştir. Bu cevherleşmeler Eybek Granitoyidi ve Karakaya karmaşığının metamorfiklerinin kontağına yakın zonlarda gelişmişlerdir. Eybek Granitoyidi bünyesindeki cevherleşmeler epitermal damar tip cevherleşmelerdir. Belirlenen cevher minerali galenit, kalkopirit, sfalerit ve arjantittir.

Yapılan petrografik analiz sonuçlarına göre kayaçların granit ve hornblendli granit olduğu, analiz sonuçlarının kökensel amaçlı olarak değerlendirildiğinde subalkali olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sahasında mostra veren Eybek Granitoyidinde yer yer hematitleşme ve limonitleşme gibi alterasyonlar gözlenmektedir. Mineralizasyonların ve kırık hatlarının mevcut olduğu alanlarda ise silisleşmeler ve killeşmeler mevcuttur. Alterasyonlar Sayanbendi deresi ve Ilıca mevkinde gözlenmekte olup, kırıklı-deforme alanlarda alterasyon yoğunluğu artmaktadır. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen cevher mikroskobisi çalışmalarında manyetit, kalkopirit, galenit ve sfalerit cevher mineralleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Epitermal, Jeokimya, Mineraloji, Örencik, Yenice

SUMMARY

The study area covers Örencik Village and the northern part of Yenice District, south of Çanakkale Province. Within the study scope, the area's lithological units were differentiated and interpretations about hydrothermal Cu-Pb-Zn containing quartz veins in the area and magnetite fragments observed as debris along the Sayanibendi stream were performed.

The Karakaya Complex of Lower Triassic age forms the study area's base and is cut by the Oligo-Miocene aged Eybek Granitoid. The granitoid is unconformably overlain by Pliocene sediments. Quaternary-aged alluvium is the area's youngest unit.

Rose diagrams created from crack measurements taken from various locations in the study area shows vertical, transverse, longitudinal and diagonal crack systems developed as a result of NE-SW trending faults. Hydrothermal mineralizations have developed around Sayanibendi Stream connected to the crack systems developing vertically under the effect of the NE-SW directional forces. There is mineralization in areas close to the contact of the metamorphic units of the Eybek Granitoid and Karakaya complex. Mineralizations within Eybek Granitoid are epithermal vein-type. Galenite, chalcopyrite, argantite, sphalerite ore minerals are present.

According to petrographic analysis, the rocks are granite and hornblende granite and also subalkaline in terms of origin evaluation.

Hematitization and limonitization alterations are observed in the Eybek Granitoid outcropping in the study area. Silicification and clayification are present in areas where mineralizations and fractures are present. Alterations are observed in Sayanibendi stream and Ilica locality. Alteration density increases in fractured-deformed areas. Magnetite, chalcopyrite, galenite, sphalerite ore minerals were detected in the ore microscopy studies carried out.

Keywords: Epithermal, Geochemistry, Mineralogy, Örencik, Yenice

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLOLAR DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım.....	1
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.4. Çalışmanın Amacı.....	3
1.5. Bölgesel Jeoloji	3
1.6. Önceki Çalışmalar	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
2.1. Giriş.....	10
2.1.1. Arazi Çalışmaları	10
2.1.1.1. İnce Kesit ve Parlak Kesit Hazırlanması.....	11
2.1.1.2. Sıvı Kapanım İçin İnce Kesitlerin Hazırlanması	11
2.1.1.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması	12
2.1.1.4. Duraylı İzotop Analizi İçin Mineral Ayrımı	12
2.1.2. Analitik Yöntemler	13
2.1.2.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri	13
2.1.2.2. Ateşte Su Kaybı (LOI)	14
2.1.3. Büro Çalışmaları	14
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	15
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi.....	15
3.1.1. Karakaya Karmaşığı.....	17
3.1.2. Eybek Granitoyidi	19
3.1.2.1. Ad ve Yayılım.....	19

3.1.2.2. Litoloji ve Petrografi	19
3.1.2.3. Alt ve Üst Sınırlar	21
3.1.2.4. Yaş	22
3.1.3. Kontakt Metamorfizma Kayaçları.....	22
3.1.4. Pliyosen Çökelleri	23
3.1.5. Alüvyonlar	24
3.2. Yapısal Jeoloji.....	24
3.2.1. Giriş	24
3.2.2. Fay ve Kıvrımlı Yapılar	25
3.2.3. Kırıklı ve Çatlaklı Yapılar.....	25
3.3. Magmatik Kayaçların Jeokimyası.....	26
3.3.1. Giriş	26
3.3.2. Tüm Kayaç Jeokimyası	26
3.3.3. Tektonik Ortam	36
3.4. Maden Jeolojisi	36
3.4.1. Giriş	36
3.4.2. Hidrotermal Alterasyonlar	39
3.4.3. Cevher Mikroskopisi.....	40
3.5. Sıvı Kapanım Çalışmaları	43
3.5.1. Sıvı Kapanım Petrografisi.....	43
3.5.2. Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları.....	46
3.6. Kükürt ve Oksijen Duraylı İzotop Çalışmaları	52
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	66

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. ICP-AES ve ICP MS yöntemleri analiz aralıkları	14
Tablo 2. Örneklere ait ana oksit analiz sonuçları.....	27
Tablo 3. Numunelere ait iz element sonuçları (ppm, ME-MS81 yöntemi)	27
Tablo 4. Örneklere ait iz element sonuçları (ppm, ME-ICP61 yöntemi).....	29
Tablo 5. SY3-2 nolu örnekten ölçülen mikrotermometrik parametreler ve hesaplanan tuzluluk değerleri	47
Tablo 6. SY4-2 nolu örnekten ölçülen mikrotermometrik parametreler ve hesaplanan tuzluluk değerleri	48
Tablo 7. SY1-1 nolu örnekten ölçülen mikrotermometrik parametreler ve hesaplanan tuzluluk değerleri	49
Tablo 8. SY2-1 nolu örnekten ölçülen mikrotermometrik parametreler ve hesaplanan tuzluluk değerleri	49
Tablo 9..SY3-1 nolu örnekten ölçülen mikrotermometrik parametreler ve hesaplanan tuzluluk değerleri	50
Tablo 10. ³⁴ S duraylı izotop analiz sonuçları	53
Tablo 11. ¹⁸ O duraylı izotop analiz sonuçları.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası	2
Şekil 2. İnceleme alanına ait bölgesel jeoloji haritası (Okay, 2000'den değiştirilerek) ...	4
Şekil 3. Biga yarımadasının stratigrafik dikme kesiti (Sarp vd., 1998'den değiştirilerek)	6
Şekil 4. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti.....	15
Şekil 5. Çalışma alanının jeolojik haritası.....	16
Şekil 6. Çalışma alanının enine jeolojik kesit	17
Şekil 7. Karakaya Karmaşığı'na ait şistlerden arazi görünümü (Cumayükseği Tepesi civarı).....	18
Şekil 8. Eybek granitoidinin arazi görünümü	19
Şekil 9. Çalışma sahasındaki granitik kayaçların mikroskobik görünümü (YNCP-2, Q: Kuvars, O: Ortaklaz, Plg: Plajiolaz, Çift Nikol).....	21
Şekil 10. Eybek Granitoidi-Karakaya Karmaşığı birim sınırı (Sayanınbendi dere)	22
Şekil 11. Granat cevherleşmesi (Koyu kahve- et rengi mineraller, Sayanınbendi Deresi civarı)	23
Şekil 12. Pliyosen çökellerinin arazi görünümü	24
Şekil 13. Granitoidik kayaçların Na_2O+K_2O/SiO_2 ((Le Bas vd., 1986) ve TAS diyagramındaki yerleri.....	30
Şekil 14. Granitoidik kayaçların AFM (a), $SiO_2- K_2O$ (b) ve A/CNK- A/NK (c) diyagramlarındaki yerleri.....	31
Şekil 15. Eybek granitoidinin % SiO_2 'ye karşı ana element oksit (ağırlık %) değişim diyagramları	32
Şekil 16. Eybek granitoidinin % SiO_2 'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.....	34
Şekil 17. Eybek granitoidinden alınan numunelerin Harris vd, (1994)'in önerdiği tektonik ortam diyagramındaki yerleri (a: Rb/10-Hf-Ta*3, b: Rb/30- Hf-Ta*3).....	36
Şekil 18. Sayanınbendi deresinde bulunan yarma.....	37
Şekil 19. Sayanınbendi dere bölgesindeki galeri girişi (a) ve galenit-malahit-kalkopirit-pirit mineralizasyonu (b).....	38
Şekil 20. Eybek Granitoidinden dissemine birincil kalkopirit ve ikincil malahit oluşumu	38

Şekil 21. Karakaya karmaşığında ait metamorfik birimden birincil kalkopirit- ikincil malahit mineralizasyonu.....	39
Şekil 22. Karakaya karmaşığında killeşme	39
Şekil 23. YNCC-2 örneğinin maden mikroskobundaki genel görünümü (M: Manyetit, Kpr: Kalkopirit, H: Hematit).....	40
Şekil 24. YNCC-5 örneği ana cevherlerinin maden mikroskobundaki görünümü (M: Manyetit, Kpr: Kalkopirit, S: Sfalerit).....	42
Şekil 25. YNCC-5 örneğinde kalkopirit (Kpr)-galenit (G) sınırlarında ve çatlaklarında mavi renkli kovelin-kalkozin (Ko-Ka) oluşumları	42
Şekil 26. Gaz/sıvı oranlarının % 20-30 arasında değiştiği homojenleşmenin sıvı faza olduğu Tip-II sıvı kapanımlar	45
Şekil 27. Gaz / sıvı oranlarının % 5-15 arasında değiştiği homojenleşmenin sıvı faza olduğu Tip-III sıvı kapanımlar	45
Şekil 28. Sıvı kapanım örneklerinin homojenleşme sıcaklıkların göre hazırlanmış histogram.....	51
Şekil 29. Sıvı kapanım örneklerinin t uzluluk değerlerine göre hazırlanmış histogram. 51	
Şekil 30. İnceleme alanından alınan sıvı kapanım örneklerinin yoğunluk diyagramındaki konumları (Brown, 1989; Zhang ve Frantz, 1987).....	52
Şekil 31. İnceleme alanından alınan sıvı kapanım örneklerinin farklı yatak tiplerindeki karakteristik homojenleşme sıcaklıkları-tuzluluk diyagramlarındaki konumları (Roedder, 1984)	52
Şekil 32. Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin ³⁴ S izotop değişimi (Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987; Ohmoto ve Rye, 1979)	53
Şekil 33. Çeşitli kayaç ve jeolojik ortam tiplerinin ¹⁸ O izotop değişimi (Hoefs, 1987) .	54
Şekil 34. Sayanbendi dere bölgesinden cevherleşmesi sıvıları için δD-δ ¹⁸ O diyagramı (Taylor, 1986).....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

An	: Anortit
Au	: Altın
As	: Arsenik
ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
BİYLE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
BSE	: Geri taramalı elektron mikroskop görüntüsü
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
CO ₂	: Karbondioksit
D.L.	: Dedeksiyon Limiti
g	: Gram
HFSE	: Yüksek çekim alanlı elementler
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
IAB	: Ada yayı bazaltı
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma – atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometri
Kpr	: Kalkopirit
KAFS	: Kuzey Analolu Fay Sistemi
LILE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
LOI	: Ateşte Su Kaybı
Mg#	: Magnezyum Sayısı
My	: Milyon yıl
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazalt
MTA	: Maden Tetkik Arama
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltı
O	: Ortoklaz
ONTE	: Orta nadir toprak elementler
Pb	: Kurşun
Plg	: Plagiyoklaz
Ppb	: Part per bilion (milyarda bir)
Ppm	: Part per million (milyonda bir)

r	: Korelasyon katsayısı
SMOW	: Standart ortalama okyanus suyu
Th	: Homojenleşme sıcaklığı (°C)
Tm-ice	: Son ergime sıcaklığı
Tfm	: İlk ergime sıcaklığı
V-CDT	: Kükürt izotop standardı
V-PDB	: Karbon izotop standardı
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
Zn	: Çinko
Q	: Kuvars
δ	: İzotop katsayısı
μ	: Mikron

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çalışma alanı Biga Yarımadası'nda, Çanakkale İli'nin güneyinde bulunan Yenice İlçesi'ne bağlı Örencik Köyü ve kuzey bölgesini kapsamaktadır. Çalışma kapsamında yörenin litolojik birimleri ayırtlanmış, alanda yer alan hidrotermal Cu- Pb- Zn epitermal cevherleşmelerinin mineralojik ve kökenselel incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Biga Yarımadası ve çevresinin Tersiyer öncesi birimleri karmaşık bir jeolojik evrimin izlerini taşır. Bu birimler birbirinden farklı evrim gösteren, kuzeydoğu-güneybatı yönlü dört tektonik kuşağa ayrılmıştır. Bu üniteler GD-KB yönünde İzmir-Eskişehir-Ankara zonu/ Bornova fişi, Sakarya zonu, Çetmi melanjı ve Ezine zonudur. İnceleme alanında Sakarya zonu birimleri yüzeylemektedir.

Oligo-Miyosen döneminde Biga Yarımadası'nda çok yoğun ve yaygın bir kalkalkalen magmatizma gelişmiştir. Çalışma alanında yer alan Eybek Plütonu da bu dönemde gelişmiştir.

Biga Yarımadası'nda metalik madenler bakımından 11 çeşit olmak üzere 200'den fazla cevherleşme sahası ve zuhuru bulunmaktadır. Bölgede en çok bulunan metalik madenler, baz metallere kurşun-çinko-bakır yatakları, değerli metallere altın ve gümüş yataklarıdır. Bölgede önemli demir ve antimuan yatakları da bulunmaktadır. Maden yatakları ve zuhurların dağılımı, tektonik zonlanmaya paralel KD-GB bir uzanım sergiler. Bilinen maden yataklarının büyük bölümünü Eosen-Erken Miyosen yay magmatizması ile ilgili damar, skarn ve porfiri tip kurşun, çinko, bakır, molibden yatakları ve Geç Miyosen'deki çarpışma sonrası magmatizma ile ilgili civa, antimuan ve epitermal altın cevherleşmeleri oluşturur.

Tez çalışması kapsamında Yenice İlçesi'ne bağlı Örencik Köyü ve kuzey bölgesinin litolojik birimleri ayırtlanmış, alanda yer alan hidrotermal Cu-Pb-Zn içerikli kuvars damarları incelenmiş ve yorumlamaya çalışılmıştır.

1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım

Tez sahası, Kuzeybatı Anadolu'da Biga yarımadasını içinde yer almaktadır. Saha Ege Bölgesi'nde, Yenice (Çanakkale), sınırları dahilinde, Hıdırlar, Yukarıçavuş ve Sazak Köyleri bölgesinde yer almaktadır. 1/25.000 ölçekli Balıkesir İ18-a2 ve İ18-a3 paftaları içerisinde olup, yaklaşık 16 km²'lik alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı

Yörede eğimin az olduğu alanlarda tarım yapılırken, engebenin yüksek olduğu kesimlerde küçükbaş hayvancılık gelişmiştir.

1.4. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Örencik Köyü kuzey bölgesinin jeolojik özellikleri irdelenmiş, Sayanbendi deresinde yer alan Pb-Zn-Cu Epitermal cevherleşmelerinin mineralojik ve kökensele incelemeleri yapılmıştır. Bu çalışma ile yöre jeoloji çalışmalarına katkıda bulunulması, maden jeolojisi çalışmaları ile alanın metalik mineral içeriği ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.5. Bölgesel Jeoloji

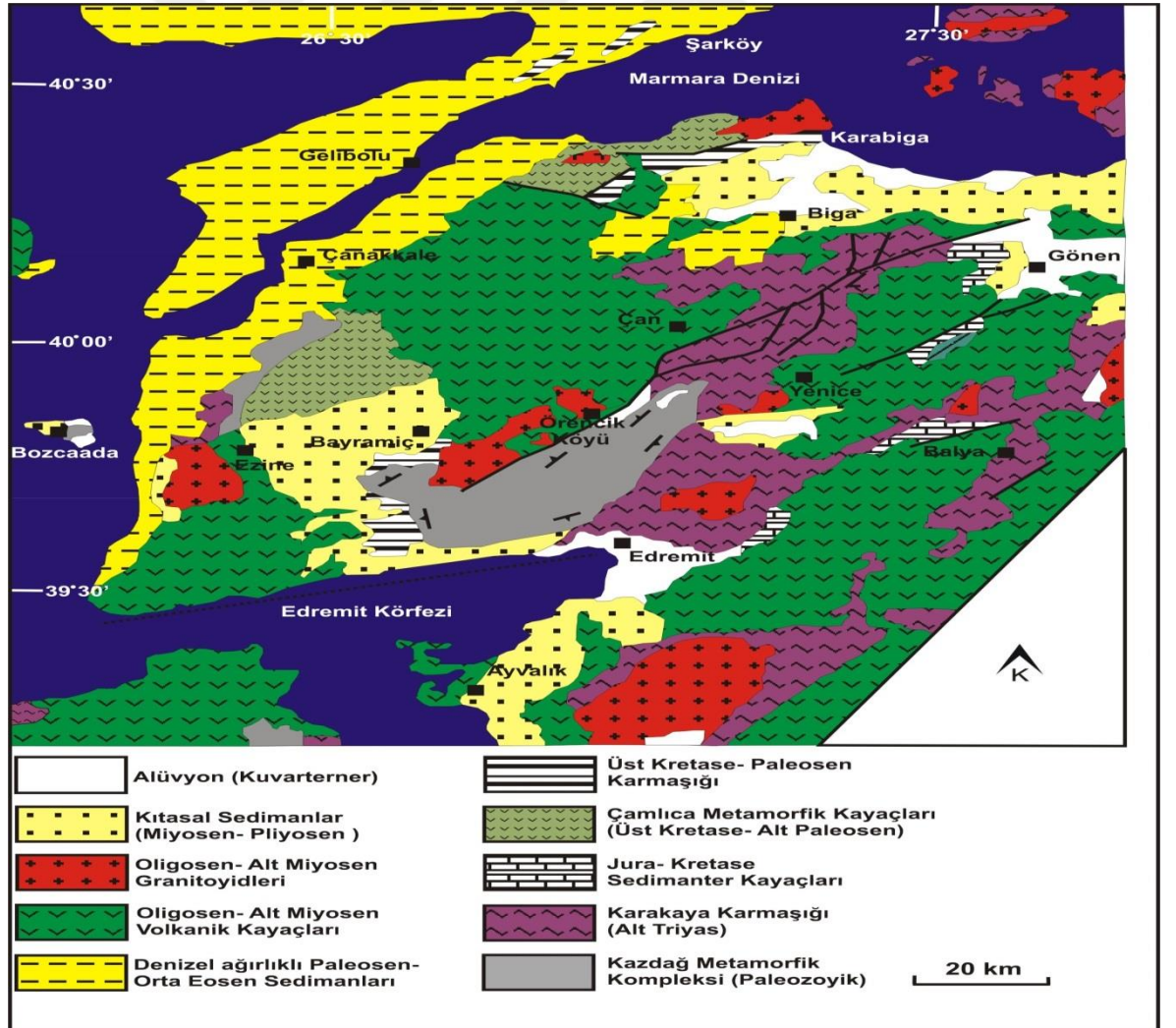
İnceleme alanı Biga Yarımadası'nda Çanakkale İlinin güney kısmında yer almaktadır. Bölgenin temelini oluşturan en yaşlı birimi Kazdağ Grubu'dur. Kazdağ Grubu kayalar yüksek dereceli metamorfizmaya maruz kalmış; gnays, amfibolit, mermer ve metaofiyolitten oluşur. Kazdağ Grubu kayaları genel kabul olarak Paleozoyik yaşlı olarak kabul edilmektedir (Aydal vd., 2006a, 2006c, 2006b; Gözler vd., 1984; Okay vd., 1990; Vural, 2006; Vural vd., 2011, 2016; Vural ve Aydal, 2018, 2020, 2016c, 2016b). Birimdeki egemen litolojiyi oluşturan gnayslar koyu gri ve yeşilimsi siyah renklindedir. Birimler arazide genelde bantlı ve gözlü yapı sergilemekte olup, iyi gelişmiş foliasyon gösterirler. Gnaysların stratigrafik olarak üst kesimlerinde ara seviyeler şeklinde mermer bantlarına rastlanmaktadır. Bu mermer seviyeleri sıkı dokulu olup, gri, bej, veya koyu renklere sahiptir ve bol kırık ve çatlaklı bir yapıya sahiptir. İçlerinde piroksen, amfibol, sfen, kuvars, skapolit ve iri kalsit kristalleri gözlenebilmektedir (Aydal vd., 2004; Gözler vd., 1984; Okay vd., 1990; Vural vd., 2016; Vural ve Aydal, 2016c, 2016a, 2018, 2020).

Kazdağ grubu kayaları üzerinde Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu (Bingöl, 1968; Sarp vd., 1998), Gözler vd. (1984) tarafından Edremit Grubu olarak isimlendirilen, daha sonra ise Karakaya Karmaşığı (Bingöl, 1978) olarak belirtilen kayaç birimleri, diskordans olarak bulunmaktadır (Aydal vd., 2004; Şahin ve Vural, 2022b, 2022a; Vural, 2022, 2023; Vural ve Aydal, 2016c, 2016b, 2016a, 2018; Vural ve Çiçek, 2021; Vural ve Kaygusuz, 2022c, 2022b, 2022a). Karakaya Formasyonu ağırlıklı olarak spilitik bazalt, gabro, diyabaz, çamurtaşları, çört ve radyolarit birimlerinden meydana gelmektedir. Formasyon bünyesinde ise, yer yer, değişik boyut ve büyüklüklerde olan ve Permiyen ve Karbonifer fosilleri içeren kireçtaşı bloklarına rastlanmaktadır.

Karakaya Formasyonu'nun üzerine Üst Jura-Alt Kretase yaşlı, gri, bej renkli, fliş karakterli birim gelmektedir. Bu birim Bingöl vd. (1973)'nin tanımladığı Alancık Formasyonu'nun karşılığıdır. Bu birim kumlu ve sileks yumrulu kireçtaşları ile Paleosen-Orta Eosen yaşlı konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn ve killi kireçtaşından oluşmaktadır.

Flişlerin üzerinde ise Çan Volkanitleri yer almaktadır. Çan Volkanitleri Ercan vd. (1995) tarafından tanımlanmış olup, Üst Oligosen- Alt Miyosen dönemindeki aktif olan volkanik faaliyetlere bağlı olarak gelişmiştir. Volkanitler, andezit, dasit, tüf ve aglomeralardan oluşur (Ercan vd., 1995). Bölgede derinlik kayaları olarak ise değişik yazarlarca (Genç, 1998; Kılıç vd., 2004; Sarp vd., 1998; Vural, 2006; Vural ve Aydal, 2016a, 2018; Vural ve Kaygusuz, 2021) Oligo-Miyosen olarak yaş verilmiş Kestanbol, Eybek, Kuşçayırı, Evciler, Nevruz-Çakıroba vb. granitik kayalar bulunmaktadır. Bu kayalar çoğunlukla granodiyoritik karakterdedir.

İnceleme alanının bölgesel jeoloji haritası Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. İnceleme alanına ait bölgesel jeoloji haritası (Okay, 2000'den değiştirilerek)

Tüm bu litolojilerin üzerine yaşı Alt-Orta Miyosen döneminde özellikle Gönen'in kuzeydoğusunda, Gönen-Bandırma yolu üzerinde Sızıdedetepe'de yüzlekler veren ve Ercan vd. (1995)'nin Behram Volkanitleri olarak adlandırdığı birim ile eşdeğer olan birim gelmektedir. Sızıdedetepe Volkanitleri olarak adlandırılmış olan bu birim andezitik karakterli aglomeralar yanında, dasit, riyodasit, latit karakterinde volkanik kayalar ve bölgede geniş bir yayılıma sahip ignimbritlerden oluşmaktadır (Ercan vd., 1995).

Neojen göl çökelleri de bölgede geniş yüzlekler vermektedir. Bu çökeller yer yer tuf düzeyleri içermekle birlikte ağırlıklı olarak konglomera, kumtaşı, marn, kıltaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşmakta olup, birim değişik yazarlarca Orta-Üst Miyosen olarak yaşlandırılmıştır (Genç, 1998; Sarp vd., 1998). Bölgede Oligosen'de başlayıp Miyosen-Pliyosen'e kadar dönem dönem meydana gelmiş olan volkanik faaliyetlerin son evrelerini temsil eden Üçpınar volkanitleri (Sarp vd., 1998) Neojen gölsel çökel kayaları üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Üçpınar volkanitleri çoğunlukla riyolitik, dasitik tüfler, pomza ve perlit tür volkanik kayalardan meydana gelmekte olup, arazide sert ve keskin bir topoğrafik görünüm sunan riyolitik, dasitik domlar şeklinde gözlenmektedirler (Sarp vd., 1998).

Sahada hakim olan volkanik faaliyetler Alt Pliyosen'de bazaltlar ile nihayet bulmuştur (Genç, 1998; Vural, 2006). Koyu siyahımsı bazaltların bünyesinde çok iri olmamakla birlikte olivin kristalleri görülebilmektedir. Bazaltların üzerinde ise çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşından oluşan gevşek tutturulmuş Pliyosen çökeller gelmektedir. En genç birimler ise Kuvarterner yaşlı tutturulmamış çökeller olup, bunlar taraça, traverten ve alüvyonlardan meydana gelmektedir.

Biga Yarımadası'nın stratigrafik dikme kesiti Şekil 3.'te gösterilmiştir.

SİSTEM	ALT SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	ÜÇ PINAR VOLKANİTLERİ	~ 200		Alüvyon Traverten Taraça	
				150		UYUMSUZLUK	Az tutturulmuş çakıltı, kumtaşı, kıltaşı
				50		UYUMSUZLUK	Bazalt (Olivinli Bazalt)
				250		UYUMSUZLUK	Riyolitik, dasitik domlar Riyolitik tuf, pomza, perlit
						UYUMSUZLUK	Neojen göl sedimentleri konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn ve killi kireçtaşı
				~ 300		UYUMSUZLUK	Andezitik lavlar
						UYUMSUZLUK	Andezitik tüfler Andezitik aglomera
				~ 250-800		UYUMSUZLUK	Andezitik tuf ve lavlar
						UYUMSUZLUK	Granodiyorit
				~ 50		UYUMSUZLUK	Konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ardalanması
UYUMSUZLUK	Silis yumru kireçtaşı						
ÜST JURA- ALT KRETASE			~ 130		UYUMSUZLUK	Kumlu kireçtaşı	
ALT TRIYAS		KARAKAYA FORMASYONU	~ 250		UYUMSUZLUK	Spilit, diyabaz, permien kireçtaşı olistolitleri	
ALT TRIYAS ÖNCESİ		KAZDAĞ GRUBU	1200-1500		UYUMSUZLUK	Metakonglomera, grovak, şeyl, permien kireçtaşı olistolitleri	
						Mermer Amfibol Gnays	

Şekil 3. Biga yarımadasının stratigrafik dikme kesiti (Sarp vd., 1998'den değiştirilerek)

1.6. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanının yer aldığı Biga Yarımadası bölgesinde birçok jeolojik araştırma yapılmış, proje bazlı ulusal/uluslararası rapor, tez çalışmaları yanında birçok makaleye (Altunkaynak ve Genç, 2008; Aydal vd., 2004, 2006a, 2006b, 2006c; Bingöl, 1976; Bozkaya, 2011; Bozkaya ve Gökçe, 2001; Cavazza vd., 2008; Dayal ve Özgenç, 2000; Delaloye ve Bingöl, 2000; Ercan vd., 1990; Genç ve Altunkaynak, 2007; Kaaden, 1957; Karacik vd., 2008; Ketin, 1966; Krushensky vd., 1971; Okay vd., 1990; Okay ve Tüysüz, 1999; Öngen, 1982; Pickett vd., 1995; Robertson vd., 2004; Şahin ve Vural, 2022a, 2022b; Şengör vd., 1984; Vural, 2006, 2022, 2023; Vural ve Aydal, 2016c, 2016a, 2016b, 2020; Vural ve Kaygusuz, 2022a, 2022c, 2022b) konu olmuştur. İncelenen alanlar ve yakın yörelerde cevherleşme ile ilgili yapılan önceki çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Bölgede, ayrıca Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nce gerçekleştirilmiş, özellikle de metalik maden aramalarına yönelik maden jeolojisi amaçlı çalışmalar yürütülmüştür. Bu amaçla, tez sahasını ve yakın çevresini kapsayan, Yücelay (1975, 1976), Çetinkaya vd. (1983), Andiç ve Kayhan (1997), Pehlivan vd. (1997) tarafından yapılmış çalışmalar en bilinenlerdir. MTA tarafından bu çalışmalar dışında da sonraki süreçlerde çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalar mevcuttur.

Bingöl vd. (1973) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Biga yarımadasının en yaşlı birimleri Kazdağ Grubu kayaçları olarak ayırtlamıştır. Bahse konu çalışmayla, Kazdağ Sıradağlarının merkez bölgesinde Barroviyen tipi, kenar kesimlerde ise düşük basınç karakterli Abakuma tipi metamorfizmanın gerçekleştiğini belirlenmiştir. İlk metamorfizma yaşı K/Ar ve Rb/Sr metodları ile, 233 ± 24 My., ikinci metamorfizma yaşı ise 25 ± 3 My. olarak tespit edilmiştir.

Yücelay (1975) tarafından Karaaydın Köyü (Kalkım/Yenice/Çanakkale) civarındaki gümüş de içeren kurşun-çinko (Pb-Zn) cevherleşmesine yönelik gerçekleştirdiği çalışmada, cevherleşme sahanının 1/2000'lik detay maden jeoloji harita hazırlanarak cevher zonlarına açılmış eski galerilerin de galeri haritaları yapılmıştır. Yine Yücelay (1976) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise Handeresi Pb-Zn-Cu (Kalkım/Yenice/Çanakkale) cevherleşme sahasındaki cevherli zonların yayılımını ve tenör dağılımını belirlemişlerdir. Alandaki mineralizasyonun büyük çoğunluğunun yetersiz tenörlü olması nedeniyle işletilebilirlik özelliklerine dahil olan yan ürün faktörlerinin de üzerinde durulması gerektiğini de bu çalışmada vurgulamışlardır.

Çağatay (1980), Biga Yarımadasının değişik kesimlerinde Pb-Zn yataklarına yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bunlar, Handeresi (Kalkım/Yenice/Çanakkale) Pb-Zn yatağı, Arapuçan merkezli Kurttaş-Sofular (Yenice/Çanakkale) Pb-Zn cevherleşme sahası ve bölgedeki diğer Pb-Zn cevherleşmeleridir. Çağatay (1980) yaptığı bu çalışmalar sonucunda, bölgedeki cevherleşmeleri başlıca iki ayrı tip kurşun-çinko cevherleşmesi olarak değerlendirmiştir. Birinci tip cevherleşmeler “tabaka uyumlu” metamorfik cevherleşmeler (Bayındır-Sarıyurt/İzmir). İkinci tip cevherleşmeler ise asidik intrüzyonlarla ilişkili gelişmiş “kontakt metamorfik/metasomatik” ve “hidrotermal” cevherleşmelerdir.

Çetinkaya vd. (1983), Bağırkaç Dere (Kalkım/Yenice/Çanakkale) Pb-Zn-Cu cevherleşme sahasında araştırmalar gerçekleştirmiştir. Bölgenin Paleozoyik yaşlı metamorfiklerden oluştuğunu, Tersiyer döneminde gerçekleşen plütonizmanın bölgenin güneybatıda yüzlekler verdiğini ve metamorfik birimleri kestiğini ifade etmiştir. Cevherleşmenin alanda sinsedimanter ama metamorfizma ve plütonizma tesiriyle remobilize şekilde meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Anıl (1984), alandaki Pb-Zn-Cu mineralizasyonun kökensele problemleri ve Tersiyer döneminde gelişen volkanik faaliyetler ile ilişkilerini irdelemiştir. Bölgedeki Arapuçandere ve Kalkım-Handeresi zuhurlarının kökensele açıdan inceleyip, bu zuhurların Tersiyer dönemindeki volkanizma faaliyetlerine ait dasitik breş ve andezitlerle olan bağlantılarını irdelemiştir.

Tufan ve Kara (1987) tarafından gerçekleştirilen Vakıfköy (Yenice/Çanakkale) Pb-Zn-Cu cevherleşmesini kapsayan çalışmada sahanın 1/2000 ölçekli detay maden jeolojisi haritasını hazırlamışlar, cevherleşmeyi kontrol eden fay ve kırıklarda küçük çapta cevherleşmelerin oluştuğunu belirlemişlerdir.

Gökçe (1993) tarafından gerçekleştirilen çalışmayla bölgedeki hidrotermal tip cevherleşmelerin oluşum ve kökensele özellikleri duraylı izotop verileriyle araştırılmıştır.

Bozyaka ve Gökçe (2001), Kuru (Çanakkale) Pb-Zn yataklarının jeolojisi, cevher mikroskopisi ve sıvı kapanım özelliklerini araştırmışlardır. Buna göre yatakların yakın çevresinde yüzeyleyen volkanik kayalar; Eosen yaşlı Akçaalan andeziti, Oligosen yaşlı Adadağı piroklastikleri, Miyosen yaşlı Dededağ dasiti, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaömerler bazaltı şeklinde ayırmışlardır.

Orgün vd. (2005), ise Arapuçan Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinin maden jeolojisine yönelik çalışmalar gerçekleştirmiş, bu kapsamda yaptıkları cevher mikroskopisi ve sıvı kapanım çalışmalarıyla en az iki ayrı döneme ait hipojen mineralizasyonun varlığını ortaya koymuşlardır.

Vural (2006), doktora tez çalışması ile Bayramiç ve çevresindeki altın zenginleşmelerini araştırmıştır. Tez sahasını Alakeçi-Kısacık ve Kuşçayırı-Kartaldağı sahaları olarak iki alt bölgeye ayırmıştır. Alakeçi-Kısacık altın zenginleşmelerinin 190°C-290°C arası oluşum sıcaklıklarında ve % 0-7 NaCl eşdeğeri tuzlulukta geliştiğini belirlemiş, gerek sıvı kapanım gerekse çoğunlukla sıfıra yakın kükürt izotop değerlerini de dikkate alarak sahadaki altın zenginleşmelerinin epitermal tipte olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Kuşçayırı-Kartaldağı Sahası'ndaki altın zenginleşmelerinin de epitermal tipte olmakla birlikte bu zenginleşmelere 300°C-370°C arası oluşum sıcaklıklarında ve %27.33-31.19 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip derin damar tip altın zenginleşmelerinin eşlik etmiş olabileceğini belirtmiştir. Benzer sonuçlar Aydal vd., (2004, 2006a, 2006b, 2006c), Vural vd., (2011), Vural ve Aydal (2016a, 2016c, 2016b), Vural ve Aydal (2018) ile de teyit edilmiştir.

Aydal vd., (2004, 2006a, 2006b, 2006c), ve Vural (2006) tarafından bölgede cevherleşme ve alterasyonlara yönelik olarak uzaktan algılama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama amaçlı yapılan bu çalışmalarda özellikle Bayramiç ve çevresindeki alterasyon alanları, tektonik hatlar ve alterasyonla yakın ilişkili cevherleşme alanları belirlenmeye çalışılmış; tektonizma-alterasyon ve cevherleşmelerin birbirlerini ile ilişkileri irdelenmiştir. Uzaktan algılama çalışmaları sonucunda bölgedeki cevherleşmelerin araştırılmasında uzaktan algılama tekniklerinin verimli bir şekilde, özellikle de prospeksiyon amaçlı olarak kullanılabileceğini ortaya konmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu çalışma ile Çanakkale İli, Yenice İlçesi, Örencik Köyü kuzeyindeki Cu- Pb-Zn cevherleşmeleri ve bunların yan kayaçlarla olan ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Yüksek lisans tez çalışması kapsamında yürütülen bu çalışma üç başlık altında gerçekleştirilmiştir: Arazi, laboratuvar ve tez yazımını da kapsayan büro çalışmaları. Gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerden yararlanılarak büro çalışmalarıyla da yüksek lisans tezinin yazımı tamamlanmıştır. Tez verilerinden ayrıca 2 adet sözlü tam metin uluslararası bildiri de sunulmuştur.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarına konu olan tez sahası Çanakkale'nin Yenice İlçesi, Hıdırlar, Yukarıçavuş, Sazak, Hıdırlar ve Örencik köyüleri arasında kalan bölgeyi kapsayan Bandırma I18-a2 ve I18-a3 paftalarında yer almaktadır. Tez kapsamındaki arazi çalışmaları 2013-2016 yıllarında, ağırlıklı olarak da Mayıs-Ağustos ayları içinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda tez sahasının 1/20.000 ve 1/1000 ölçekli detay jeoloji, alterasyon ve maden jeolojisi haritaları hazırlanmıştır. Çalışmalarda daha önceki dönemlerde yapılmış olan jeolojik çalışmalarda tespit edilen formasyon sınırları incelenmiş ve revize edilmiştir. Ayrıca sahadaki yapısal jeolojik faktörler, tabaka duruşları, kırıklı ve kıvrımlı yapılar incelenmiştir. Jeolog pusulasıyla düzlemsel ve çizgisel yapılara ait unsurlar ölçülmüştür. Granitoyitler ile birlikte, bunların sokulum yaptıkları litolojik birimlerin sınırları detaylı olarak incelenmiş ve Sayanınbendi Dere bölgesindeki cevherleşme bölgeleri tespit edilmiştir. Haritalama çalışmalarıyla eş zamanlı olarak arazide mostra veren değişik yaş ve nitelikteki birimlerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 60 adet petrografi örneği alınmıştır. Cevherli alanlardan cevherleşme ile alakalı hem mineralojik – petrografik değerlendirmeler hem de jeokimyasal özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla 40 adet cevher örneği alınmıştır. Arazide önemli olduğu değerlendirilen alanlardan ve litolojilerin en iyi gözleendiği alanlardan fotoğraflar çekilmiş, değerlendirilen bölgelerin enine jeolojik kesitleri alınarak yorumlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında gerek litolojik sınırlarının doğru haritalanmasında gerekse örnek alımlarında konumların doğru olarak tespitinde, Garmin marka el tipi GPS'ten yararlanılmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.1.1.İnce Kesit ve Parlak Kesit Hazırlanması

Çalışma alanından derlenen kayaç örneklerinden mineralojik ve petrografik çalışmaların gerçekleştirilmesi amacıyla ince kesitlerin hazırlanması Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı ve Libra Laboratuvar Hizmetleri Mühendislik Limited Şirketi laboratuvar imkanları ile gerçekleştirilmiştir.

Bunun için araziden alınan el örnekleri 0.5x2x4cm boyutlu plakalar şeklinde kesilerek pürüzlü yüzeyleri giderilmiştir. Kanada balzamu yardımıyla 1mm kalınlıklı 2.5x5cm boyutlu cam üzerinde yapıştırılarak silisyum karbür toz karışımında dereceli olarak inceltilmiştir. Mikroskop ışık geçişinin yeterli olana dek (yaklaşık 0,025 mm kalınlık) inceltme işlemi sürdürülerek örnekler Leica polarizan mikroskopunda petrografik incelemeye hazır hale getirilmiştir.

Cevher petrografisi çalışmalarında kullanılacak parlak kesitler de Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Libra Laboratuvar Hizmetleri Mühendislik Limited Şirketi laboratuvarında hazırlanmıştır. Bu kesitler için belirlenen örnekler hedefe uyumlu şekilde tespit edilen ölçülerde hazırlanıp, değişik büyüklüklerdeki tozlar vasıyasıyla aşındırılıp, değerlendirilecek kısımları alüminyum oksit tozuyla parlatılmıştır. Cevher mikroskobisi çalışmaları E. Leitz Wetzlar araştırma mikroskobu ile yapılmış ve dijital fotoğrafları alınmıştır. Cevherli örneklerden hazırlanan bu kesitler vasıtasıyla cevher minerallerinin türleri, dağılımları ve birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konmuştur.

2.1.1.2.Sıvı Kapanım Amaçlı Kesitlerin Hazırlanması

Sıvı kapanım çalışmaları için örnek hazırlama işlemi Gümüşhane Üniversitesi Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışma için sahadan alınan 16 adet örnek kesilip, standart 28x48x1 mm büyüklüğündeki lam üzerine yapıştırılarak değerlendirilmiş, minerallerinin şeffaflığı da dikkate alınarak 60 ila100 µm arası kalınlıklarda kesitler hazırlanmış ve en iyi görüntüye elde edebilmek için de kesitler çift taraflı olarak parlatılmıştır.

Sıvı kapanım kesitlerinin inceleme işlemleri Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde yapıldı. Hazırlanan kesitlerden 5 uygun örnek seçilerek sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümleri yapıldı. Ölçümlerin tamamı yaklaşık 200 mikron kalınlığındaki, iki yüzeyi parlatılmış kesitlerinde bulunan kuvars

minerallerindeki sıvı kapanımlar üzerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümler kapsamında, tespit edilen kapanımların homojenleşme (Th) sıcaklıkları, ilk buz ergime (ötektik) sıcaklıkları (Te) ve son buz ergime (Tm-ice) sıcaklıkları ölçülmüştür.

Sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümleri Olympus Bx51 marka mikroskoba monte edilmiş Linkam THMG-600 sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Soğutma işleminde sıvı azotun kullanıldığı bu sistemde sıvı kapanımlar -196 °C'ye kadar soğutulabilmekte ve + 600 °C'ye kadar ısıtılabilir. Isıtma ve soğutma işlemleri LNKSYS-32 programı kullanılarak bilgisayar üzerinden kontrol edilmekte ve 0.1°C düzeyinde hassasiyetle kademeli olarak ısıtma ve soğutma işlemi yapılabilmektedir.

Ölçümlere başlanmadan önce cihazın kalibrasyonu negatif ve pozitif değerler için ayrı ayrı yapılmıştır. Buna göre negatif değerlerdeki kalibrasyon işleminde CO₂ içeren standart örnek kullanılmıştır. Örneğin Tm-ice (CO₂) sıcaklığı bilindiğinden, soğutma sırasında homojenleşmenin gerçekleştiği (-56.6°C) esnadaki cihazın gösterdiği değer -56.6°C'ye göre ayarlanmıştır. Pozitif değerlerdeki kalibrasyon ise saf H₂O içeren standart örneğin ısıtılması sırasında gözlenen kritik sıcaklık (374.1 °C)'a göre yapılmıştır. Bu işlem sırasında cihazın gösterdiği sıcaklık değeri, standart örnekteki faz geçişinin gözlemlendiği kritik sıcaklık değerine göre düzeltilmiştir. Gerek soğutma, gerekse ısıtma işlemi sırasında tekrarlanan ölçümlerde cihazın hata sınırının $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmediği görülmüştür.

2.1.1.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması

Tez çalışması kapsamında toplanan örneklerin kimyasal analize hazırlanması Gümüşhane Üniversitesi laboratuvar imkanları ile gerçekleştirilmiştir. Petrografik çalışmalar sonucunda seçilen 14 örneğin ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnekler önce çeneli kırıcı ile küçültülmüş, akabinde tungsten-karbit halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüşlerdir. Öğütülmüş örneklerden çeyrekleme yöntemi ile yaklaşık 40-50 g ayrılarak paketlenmiş ve kimyasal analiz için ALS Laboratuvarı'nda (İzmir) gönderilerek analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.1.4. Duraylı İzotoplar İçin Mineral Ayrımı

Örencik Köyü kuzeyindeki Pb-Zn-Cu epitermal cevherleşmelerinin jenezini ve oluşum ısılarını tespit etmek hedefiyle duraylı izotoplardan O ve S izotopları uygulanmıştır. Bununla birlikte çalışmada cevher minerallerinden pirit mineralinden S izotop analizi, gang minerallerinden kuvarstan O izotop analizleri yapılmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, Örencik Köyü kuzeyindeki Pb-Zn-Cu epitermal cevherleşmesinden alınan örneklerin içerdiği minerallerin boyutları değişken olduğundan sülfürlü cevher mineralleri ve gang mineralleri binokuler yardımıyla seçilmişlerdir. Örneklerin seçimi sırasında saf olmalarına özellikle dikkat edilmiştir. Bu süreçte duraylı izotop çalışmalarında kullanılacak örnekler çeneli ve silindirik kırıcılar vasıtasıyla belirlenen boyutlarda küçültüldükten sonra, ince tozlardan arındırılmasını temin etmek amacıyla elenmiştir. Bu çalışmalar sırasında mineral yüzeylerindeki kirliliklerden arındırmak amacıyla tüm örnekler saf suyla yıkanmış ve tabii ortamda kurutulmuşlardır. Kurutulan numunelerdeki mineraller gerekli oranlarda seçilerek saflaştırılmıştır. Çalışmalarda kullanılacak olan saf örnek miktarlarının 0.5 g. ve üzerinde olmasına dikkat edilmiştir.

2.1.2. Analitik Yöntemler

2.1.2.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri

Hazırlanan kayaç örneklerinin kimyasal analizleri ALS Laboratuvarı'nda (İzmir) yapılmıştır. Tez sahasındaki kayaçların sınıflandırılması, kökeni ve jeodinamik ortamının saptanması için sahadaki kayaçlardan 14 adet örneğin ana element analizleri; İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometri (Inductively Coupled Plasma; ICP-AES) ile analiz edilmiş, bu örneklerle ait iz element ve nadir toprak element analizleri ise ICP-MS (Kütle Spektrometresi) ile gerçekleştirilmiştir.

ICP-AES ile analizlerde 0.2 gr numuneye 0.90 gr'lık Lityum metaborat/tetraborat karışımı ilave edilmiş ve 1000 °C lik fırında kaynaştırılmıştır. Elde edilen eriyik soğutulmuş ve 100ml lik %4 nitrik asit %2 hidroklorik asit içerisinde ergitilmiştir. Bu çözelti ICP-AES ile analiz edilmiştir. Elementlerin birbirleriyle spektral etkileşimleri düzeltilerek, elementlerin çözelti içerisindeki konsantrasyonları belirlenmiştir.

ICP-MS yönteminde 0.1 gr numune lityum metaborat/tetraborat karışımına ilave edilmiş ve 1025 °C lik fırında kaynaştırılmıştır. Elde edilen eriyik soğutulmuş ve nitrik asit, hidroklorik asit, hidroflorik asit içeren asit karışımı içerisinde ergitilmiştir. Bu çözelti daha sonra indüktif plazma ile analiz edilmiştir. Analiz edilen elementlerin analiz aralıklarını Tablo 1.' de verilmiştir.

Tablo 1. ICP-AES ve ICP MS yöntemleri analiz aralıkları

Analitler ve Analiz Aralıkları (%)								Kod
Al ₂ O ₃	0.01-100	Fe ₂ O ₃	0.01-100	Na ₂ O	0.01-100	TiO ₂	0.01-100	
BaO	0.01-100	K ₂ O	0.01-100	P ₂ O ₅	0.01-100	LOI	0.01-100	
CaO	0.01-100	MgO	0.01-100	SiO ₂	0.01-100			
Cr ₂ O ₃	0.01-100	MnO	0.01-100	SrO	0.01-100			ME-ICP06
Ba	0.5-10000	Hf	0.2-10000	Sn	1-10000	Y	0.5-10000	
Ce	0.5-10000	Ho	0.01-1000	Sr	0.1-10000	Yb	0.03-1000	
Cr	10-10000	La	0.5-10000	Ta	0.1-2500	Zr	2-10000	
Cs	0.01-10000	Lu	0.01-1000	Tb	0.01-1000			
Dy	0.05-1000	Nb	0.2-2500	Th	0.05-1000			ME-MS81
Er	0.03-1000	Nd	0.1-10000	Tm	0.01-1000			
Eu	0.03-1000	Pr	0.03-1000	U	0.05-1000			
Ga	0.1-1000	Rb	0.2-10000	V	5-10000			
Gd	0.05-1000	Sm	0.03-1000	W	1-10000			
Ag	0.5-100	Cr	1-10000	Na	0.01%-10%	Ti	0.01%-10%	
Al	0.01%-50%	Cu	1-10000	Ni	1-10000	Tl	10-10000	
As	5-10000	Fe	0.01%-50%	P	10-10000	U	10-10000	
Ba	10-10000	Ga	10-10000	Pb	2-10000	V	1-10000	ME-ICP61
Be	0.05-1000	K	0.01%-10%	S	0.01%-10%	W	10-10000	
Bi	2-10000	La	10-10000	Sb	5-10000	Zn	2-10000	
Ca	0.01%-50%	Mg	0.01%-50%	Sc	1-10000			
Cd	0.5-1000	Mn	5-100000	Sr	1-10000			
Co	1-10000	Mo	1-10000	Th	20-10000			

2.1.2.2. Ateşte Su Kaybı (LOI)

Kimyasal analizleri gerçekleştirilen örneklerin Nem Kaybı oranları ve Ateşte Su kaybı (LOI) oranları da ALS Laboratuvarı'nda (İzmir) belirlenmiştir. İşlem için 1.0 gr hazırlanan numune 1saat boyunca 1000 °C lik fırında ısıtılmıştır. Daha sonra soğumaya bırakılarak tekrar tartılmıştır. Yakma işleminden sonra ağırlık farkı yüzde olarak hesaplanmıştır. Bu işlemde %0.01-%100 arasında farklar belirlenmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda ulaşılan verilerden yararlanılarak yüksek lisans tezinin yazımı büro çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları, en güncel bilimsel verilerin de tespitine yönelik literatür araştırması yanında, tez ile ilgili şekil, grafik ve tabloların hazırlanması ve elde edilen verilerin çalışmanın amacına göre harmanlanarak G.Ü. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün yazım kurallarına göre tez haline getirilmesini kapsamaktadır. Harita, çeşitli şekillerin çizilmesinde MapInfo Professional v.12.0 coğrafi bilgi sistemi yazılımı ve Coral Draw 21.0 grafik tasarım yazılımı, petrolojik amaçlı grafiklerin hazırlanmasında Grapher 9.0 yazılımı, tabloların hazırlanmasında ise Microsoft Excel 2007 kullanılmıştır. Yüksek lisans tezinin yazımında ise Microsoft Word 2007'den yararlanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

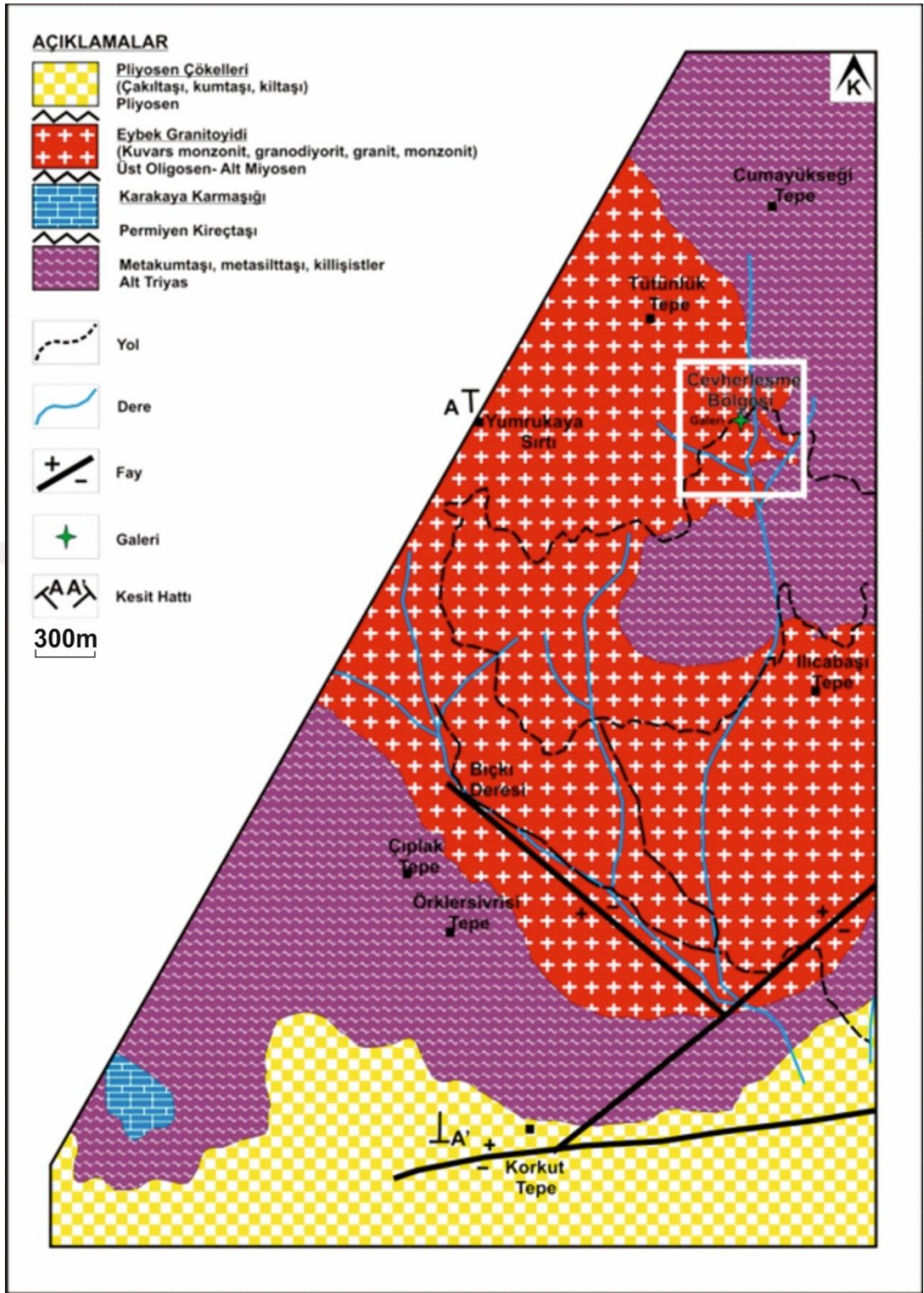
Tez sahasındaki tüm litostratigrafik birimler gençten yaşlıya doğru aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Şekil 4):

- Alüvyon (Kuvaterner)
- Pliyosen Çökelleri (Pliyosen)
- Eybek Granitoyidi (Oligo-Miyosen)
- Karakaya Karmaşığı (Alt Triyas)

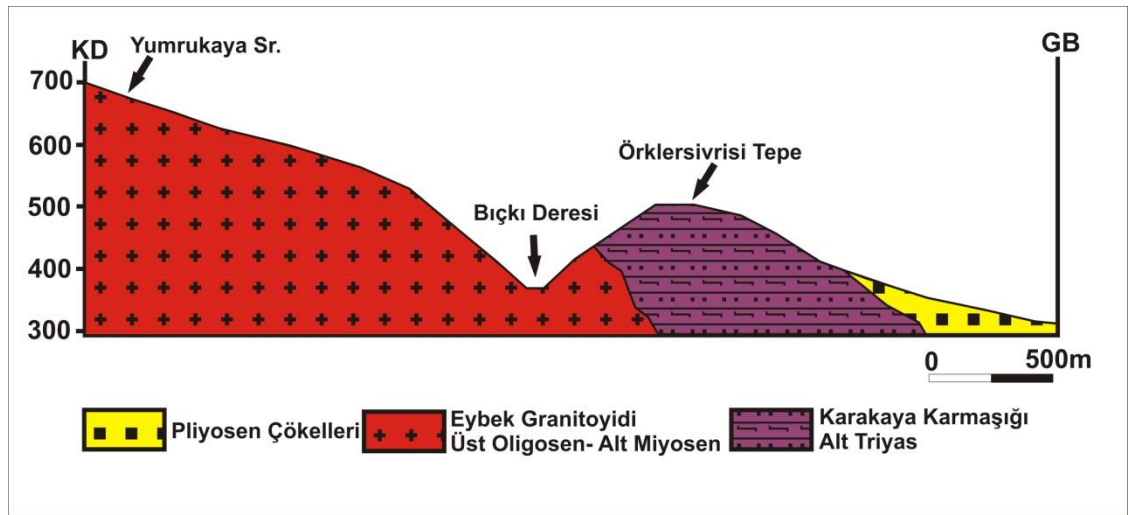
Tez sahasının dikine ve enine jeolojik kesitleri ve jeoloji/maden jeolojisi haritası hazırlanmıştır (Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6).

SİSTEM	ALT SİSTEM	SERİ	FORM-ASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUVA- TERNER					Alüvyon
TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN			Az tutturulmuş çakıltası, kumtaşı, kıltaşı
		ÜST OLGİYOSEN- ALT MİYOSEN	EYBEK GRANİTOYIDI		Kuvars monzonit Granodiyorit Granit Monzonit
ALT TRİYAS			KARAKAYA KARMAŞIĞI		Metakumtaşı Metasilttaşı Kılışistler

Şekil 4. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 5. Tez sahasının jeoloji haritası



Şekil 6. Tez sahasının enine jeolojik kesiti

3.1.1. Karakaya Karmaşığı

Birim değişik araştırmacılar tarafından Karakaya Grubu (Bingöl vd., 1973), Karakaya Melanji (Şengör vd., 1984), Dışkaya Formasyonu (Kaya vd., 1989), Karakaya Kompleksi (Okay vd., 1990) ve Karakaya Birimi (Tüysüz, 1990) olarak adlandırılmıştır. Okay vd. (1990), formasyonun muhtemelen eş yaşlı fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan Nilüfer Birimi, Hodul Birimi, Orhanlar Grovakı ve Çal Birimi olmak üzere dört farklı birimden oluştuğunu belirterek bu birliktelikleri “Karakaya Kompleksi” olarak adlandırmışlardır. Bu çalışmada da birim için “Karakaya Karmaşığı” tanımlaması kullanılmıştır.

Karakaya Karmaşığı tez sahası ve yakın çevresinde Çıplak Tepe, Cumayükseği Tepe ve Örklersivrisi Tepe mevkilerinde yüzeylenmektedirler. Karakaya Karmaşığını Okay ve Göncüoğlu (2004) Alt Karakaya ve Üst Karakaya Karmaşığı olarak ikiye ayırmıştır. Alt Karakaya Karmaşığı, Nilüfer Birimi olarak tanımlanmış olup, serpantin blokları içermekte, kuvars damarlarıyla kesilen metabazik lav/tüf, granatlı fillit, şist, mermer ve kalkşistlerden oluşmaktadır. Tez sahasında ağırlıklı olarak Alt Karakaya Karmaşığı (Nilüfer Birimi) yer almaktadır (Şekil 5). Üst Karakaya Karmaşığı ise üç alt birim altında tanımlanmaktadır:

Hodul Birimi, Orhanlar Grovakı ve Çal Birimi.

Tüm bu birimler Triyas'ta başlayan ve değişik aralıklarla devam eden tektonik hareketlere bağlı olarak falyanlanma ve kırılmalara maruz kalmış, yer yer kıvrılmıştır. Ayrıca daha sonraki neotektonik süreçlerden de etkilenerek günümüzdeki konum ve durumlarına kavuşmuşlardır (Özbayrak, 1980). Birimlerin Neojen ve daha genç çökeller ile dokanağını sahada fayların da etkisiyle doğrusal çizgi halinde izlemek olasıdır.

Tez sahasında rastlanan şistler çoğunlukla renk olarak koyu gri-yeşil renktedirler. Şistlerde ana malzeme ince taneli olup, belirgin ince bir şistozite mevcuttur. Şistlerin şistozitesi genel olarak K-G doğrultulu göstermektedir. Sahada gözlenen meta-kumtaşı ise değişken ilksel tabaka kalınlıklarına sahip olup, krem-kahve arasında renklerde gözlenmektedir. Birim bol eklem ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Meta-kumtaşı değişik boyutlarda kuvars, feldispat ve mika, özellikle de muskovit türü mika tanelerinden oluşur ve alterasyon olarak da kloritleşme, serizitleşme ve limonitleşmeler gözlenmektedir.



Şekil 7. Karakaya Karmaşığı'na ait şistlerden arazi görünümü (Cumayükseği Tepesi civarı)

Meta-kumtaşı ise meta-siltaşı tarafından örtülmektedir. Meta-siltaşlarının ilksel tabakaları belirgin olup, ince-orta tabakalanmaya sahiptir ve silt boyunda, kuvars, epidot, biyotit içermektedir.

Karakaya Karmaşığı içinde yer yer Permiyen kireçtaşı blokları da gözlenmektedir. Bunlar değişik boyutlarda olup, çoğunlukla koyu gri renklidirler. Kireçtaşlarının dokanakları ezilmiş, kırılmış ve deforme olmuş durumdadır. Sahada Ilıca kuzeyi ve kuzeybatısında gözlenmiştir.

3.1.2. Eybek Granitoyidi

3.1.2.1.Ad ve Yayılım

Tez sahasında oldukça geniş bir bölgede mostra veren Eybek Granitoyidi; Kaaden (1959), Aslaner (1965), Bürküt (1966), Krushensky (1976) ve Ayan (1979) tarafından isimlendirilmiştir. İnceleme alanında; Ilıca Başı Tepesi, Bıçkı Alanı, Tütünlük Tepesi, Karaçam Sırtları ve Armutcukkavşağı Sırtı mevkiilerinde yüzeylenmekte/mostra vermektedir.

3.1.2.2.Litoloji ve Petrografi

Eybek graniti Kuzeybatı Anadolu'da Kazdağlarının D-GD uzanımında yer alan Kazdağ masifinin dış metamorfik kesimi içine sokulum yapmıştır (Karakaya karmaşığı; Bingöl vd., 1973) ve bölgede yaklaşık 90 km²lik bir alanda yüzeylenir. Dokanak zonlarında kalınlığı bazen 100- 150 m'ye ulaşan granat, epidot, tremolit, vollastonit ve idokraz içeren skarn zonları gelişebilmektedir. Buna göre, Eybek granitinin yöre kayaları içerisine intrüzif olarak yerleşimli olduğu açıktır.

Birim arazide genelde pembemsi renkli ve fazlaca çatlaklı ve kırıklıdır (Şekil 8). Bu çatlak ve kırıklar killeşmelere rastlanmakta, bazen de yüzeysel ayrışmalar ve arenalaşmalar gözlenmektedir. Granitoyid genellikle iri taneli bir kristal yapısına sahip olup, kuvars, feldispat ve ferromagnezyen grubu mineraller gözle görülebilmektedir. İri pembe renkli ortoklazlar belirgin olup, plajioklazlar nispeten daha azdır.

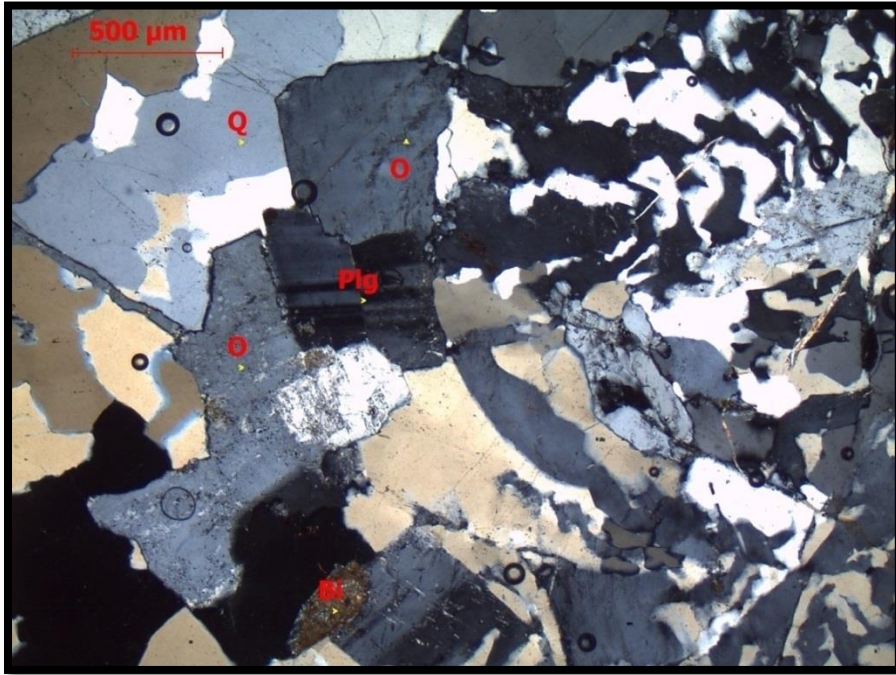


Şekil 8. Eybek granitoyidinin arazi görünümü

Eybek granitoyidi içerisinde petrografik olarak; ince kesit örneklerinde iki adet (hornblendli granit ve granit), jeokimyasal incelemelerde ise 4 adet (granit, kuvars monzonit, granodiyorit ve monzonit) birbirinden farklı granitik kayaç türleri tespit edilmiştir. Fakat petrografik ve jeokimyasal olarak yapılan bu ayırım makroskobik olarak sahada keskin sınırlarla gözlenememekte olup, birbirlerine geçiş derecelidir. Granitoyidin kenar zonlarına yakın kesimleri ise aplitik ve pegmatitik damarlarla kesilmektedir. Aplitik damarlar pegmatitik olanlara nazaran daha sık görülmektedir. Kenar zondaki bu damarlar sahada diğer metamorfik kayaçları da keser konumda olup, yer yer kataklastik deformasyona da maruz kalmışlardır.

Granodiyoritler yer yer mafik anklavlar da içermektedirler.

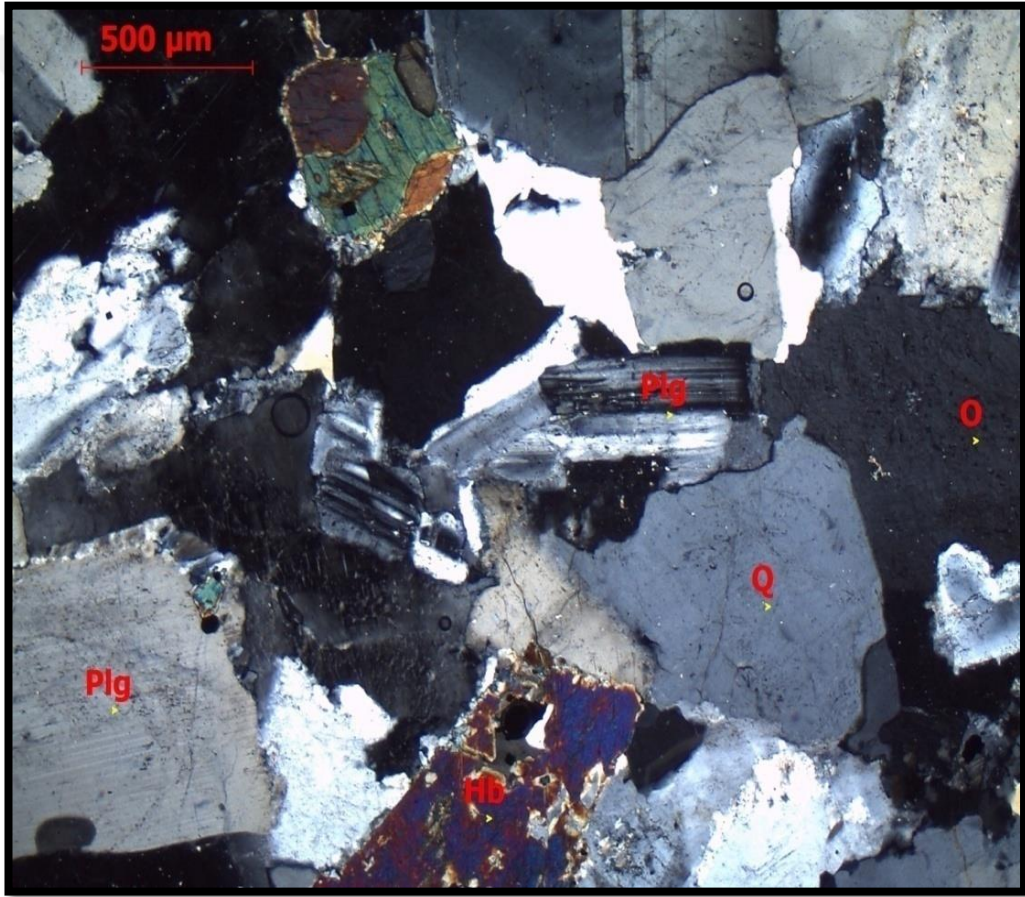
Granit: Hipidiyomorf, orta irilikteki kristallerden oluşmakta ve çoktan aza alkali feldispat, kuvars ve plajiolaz mineralleri içermektedir (Şekil 9). Kayaçta iri ortoklazlar içerisinde, köşeli ince uzun çubuk şekilli ufak kuvars kristallerinin dizilmesiyle oluşmuş mikrografik dokular çok yaygındır. Kayaçta, bazı ortoklazlarda az da olsa pertitik doku, plajiolazlarda ise mirmekitik doku gelişimlerine rastlanmıştır. Kuvars kristalleri genellikle özşekilsiz-yarıözşekilli olup, iri taneler halindedir. Plajiolazlar genellikle hafif serizitleşmeler göstermekte olup albit-oligoklaz bileşimindedirler. Biyotitler ufak taneler halinde olup, mikro çatlaklarında limonit türü boyanmalara sahiptir.



Şekil 9. Çalışma sahasındaki granitik kayaçların mikroskobik görünümü (YNCP-1, Q: Kuvars, O: Ortoklaz, Plg: Plajiolaz, Çift Nikol)

Hornblendli Granit: Ana bileşeni oluşturan mineraller; plagiyoklaz (Plg), ortoklaz (O), kuvars (Q), ve hornblend (Hb) mineralleridir.

Hipidiyamorf orta-iri taneli kristallerden oluşan kayaç yaklaşık eşdeğer oranda plagiyoklaz ve alkali feldispat, biraz daha az oranda hornblend, kuvars ve çok çok az miktarda biyotit minerallerini içermektedir (Şekil 10). Genellikle oligoklaz bileşimli olan plagiyoklazlarda çok az serizitleşmeler, ortoklaz bileşimli olan alkali feldispatlarda da hafif killeşmeler gözlenmiştir. Nadir olarak bazı plagiyoklazlarda mirmekitik, ortoklazlarda ise pertitik dokular gözlenmiştir. Hornblendler özşekilli prizmatik taneler halinde, kayaçta yaklaşık %20 oranında bulunan kuvarslar ise özşekilsiz kristaller halinde bulunmaktadır.



Şekil 10. Çalışma sahasındaki granitik kayaçların mikroskobik görüntüsü (Q: Kuvars, O: Ortoklaz, Plg: Plagioklaz, YNCP-2, Çift Nikol)

3.1.2.3. Alt ve Üst Sınırlar

Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Eybek Plütunu, tez sahasında, Karakaya Karmaşığı'nı keser konumda olup, Pliyosen çökellerince uyumsuz olarak örtülürler (Şekil 11).



Şekil 11. Eybek Granitoyidi-Karakaya Karmaşığı birim sınırı (Sayanınbendi dere)

3.1.2.4.Yaş

Tez çalışması kapsamında birimden yaş analizi yapılmamış olmakla birlikte pek çok araştırmacı plütunun yaşını K/Ar yöntemi ile belirlemişlerdir. Örneğin, Bürküt (1966) kayacın yaşını $35,9 \pm 2$ milyon yıl bulmuştur. Krushensky (1976), ise biyotitlerden $23,6 \pm 0,6$ milyon yıl, hornblendlerde $24,2 \pm 0,9$ milyon yıllık yaşlar elde etmiş, plütunu kesen pegmatit dayklarından ise $22,9 \pm 0,6$ milyon yıllık bir yaş tespit etmiştir. Ayan (1979), biyotit ve ortoklaz mineralleri yanında iki adet tüm kayaç örneğine dayanarak sırasıyla $23,9 \pm 1,2$; $30,5 \pm 2,2$ ve $33,1 \pm 1,5$ milyon yıllık yaşlara ulaşmıştır. Tüm bu araştırmalar göz önüne alınarak, tez çalışması kapsamında Eybek plütununun yerleşme yaşı Üst Oligosen olarak kabul edilmiştir.

3.1.3. Kontakt Metamorfizma Kayaçları

Tez sahası ve yakın çevresinde Eybek Granitoyidiyle Karakaya Karmaşığı kayaçları arasında geniş bir kontak metamorfik zon gelişmiştir. Sahada özellikle Sayanınbendi deresi ve Ilıca mevkiinde metasomatizme ve hidrotermal olayların etkisiyle bu zonlar oldukça silisifiedir. Kontakt metamorfizmaya bağlı olarak bu zonda

granat oluşumları da mevcuttur (Şekil 12). Ayrıca yine zon içinde kimyasal analizlerde W, Mo, Cu, Fe elementlerince zenginleşmeler de tespit edilmiştir. Kontak metamorfik zon mineral içeriğine bağlı olarak siyah, kirli sarı, yeşilimsi gri ve bej renkler sergilemektedir.



Şekil 12. Granat cevherleşmesi (Koyu kahve- et rengi mineraller, Sayanbendi Deresi civarı)

3.1.4. Pliyosen Çökelleri

Sahada rastlanan Pliyosen çökeller döküntü malzemenin meydana gelmekte olup, fazlı bir kalınlık göstermemektedir. Bu çökeller sahanın güney kesiminde, yaklaşık D-B doğrultuda geniş bir alanda yığılmaktadır. Bu çökeller güneyde Neojen çökellerini örtmüş ve mostra vermelerini engellemiştir. Dağılgan karakterde olan, herhangi bir çimentolanma içermeyen bu birim metamorfik kaya parçaları, kireçtaşı, şist, gnays parçaları içeren kil ve marn ile karışarak daha karmaşık bir yapı kazanmıştır. Üzerine geldiği birim ile uyumsuz durumdadır (Şekil 13).

İnceleme alanında geniş bir şekilde gözlenen bu döküntü malzeme (Şekil 13) büyük olasılıkla genç faylanmaların daha hızlı oluştuğunu ve Miyosen sonrası çökelleri daha çok grabenin kuzeyindeki faylanmalarla ilişkide olduğunu belirtmektedir (Özbayrak, 1980).



Şekil 13. Pliyosen çökellerinin arazi görünümü

3.1.5. Alüvyonlar

İnceleme alanındaki en genç birim olan alüvyonlar alanı kateden dereler boyunca mostra vermektedir. Bu birimin ortalama kalınlığı 5-10m dir.

3.2. Yapısal Jeoloji

3.2.1. Giriş

Biga Yarımadası; batıdan Kuzey Ege Denizi, kuzeybatıdan Çanakkale boğazı, güneybatıdan Edremit Körfezi, doğu-güneydoğudan Havran-Manyas hattı ve kuzeyden ise Marmara Denizi ile sınırlanmış aktif bir deformasyon alanıdır olup, tektonik olarak çok aktif bir alandır. Yarımada ayrıca Orta-Kuzey Ege doğrultu atımlı neotektonik bölge içinde bulunmaktadır. Bu neotektonik bölgenin en büyük sıkışma gerilimi yaklaşık olarak D-B yönünde çalışmakta olup, yarımadayı şekillendiren ve bu neotektonik bölgeyi karakterize eden ana yapı, sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) güney koludur. KAFS'nin güney kolu, batıda Edremit Körfezi ile doğuda Bandırma Körfezi arasında yer alan bir eşiğe (yükseltiye) kadar, tüm güney Marmara kıyı alanı boyunca yaklaşık D-B gidişli bir yol izler, akabinde de güneye doğru yaklaşık 35° kadar bükülür. Bu büküm Edincik sıkışmalı bükümü olarak

adlandırılmaktadır. Bülküm sonrası ise kazandığı yeni doğrultuyla Sirinçavuş yerleşimine kadar, yaklaşık 18 km devam eder. KAFS'nin güney kolu, bükülme noktasından başlayarak, baskın şekilde KD ve KKD gidişli fay zonu hattı oluşturmaktadır.

3.2.2. Fay ve Kıvrımlı Yapılar

Tez sahasının morfolojik yapısı, fay hattına kadar az eğimle bir yükselime sahiptir. Fay hattına yaklaştıkça eğim artış göstererek diğer bölgelere nazaran daha dike yakın bir eğime ulaşmaktadır. Pliyosen tortullarla metamorfik kayalar arasında bulunan faylara bağlı olarak yer yer fay breşi zonları oluşmuştur. Faylanmaların bu iki birim arasında gözlenen hatlarını granitoidlerde de görmek mümkündür.

Sahada sağ yönlü doğrultu atımlı faylar KD-GB doğrultusuna sahiptir. D-B doğrultulu normal faylar ise G-GD yönünde eğimlere sahiptir. Örencik-Hıdırlar-Reşadiye arasında Neojen tortulları fayların oluşturduğu döküntü malzemelerle örtülmüştür. Özbayrak (1980) yapmış olduğu çalışmada, inceleme alanında gözlenen faylanmaların yönlenmesinin Biga Yarımadası'nın hakim çizgisellikleriyle aynı yönelimde olduğunu, bölgede rastlanan jeotermal kaynakların bu fay ve kırıklarla ilişkili olduğu belirtmiştir.

Bakır (2005) bölgede hidrojeoloji amaçlı çalışmalar yapmış, Ilıca yöresinde 21 lokasyonda 174 adet çatlak konumu ölçmüştür. Buna göre oluşturulan gül diyagramları dikkate alındığında KD-GB doğrultusunda gidişe sahip faylar eksen olarak kabul edildiğinde, bu eksene göre, dikine, enine, boyuna ve çapraz (verev) çatlak sistemlerinin geliştiğini tespit edilmiştir. Tez sahasında, KD-GB yönlü kuvvet çiftleri etkisinde oluşan bu kırık ve çatlaklardan dikine gelişen çatlak sistemlerine bağlı Sayanbendi Deresi civarında hidrotermal cevherleşmeler gerçekleşmiştir.

3.2.3. Kırıklı ve Çatlaklı Yapılar

Arazide gerçekleştirilen ayrıntılı jeolojik haritalama sonucunda, dört adet kırık belirlenmiş ve haritalanmıştır. Bunlar; Bıçkı deresi, Ilıca deresi ve Kızılağaç deresi boyunca uzanan KB-GD doğrultulu tali kırıklarla desteklenmiş kırık sistemidir. Alandaki jeotermal kaynakların da bu kırıklarla ilişkili olduğu söylenilebilir.

Sayanbendi dere civarında K60B doğrultulu kırık hattı gözlenmiştir. Aynı alanda gözlenen 3 adet cevherli silis damarının bu kırık hattıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Alandaki ölçümlenmiş bu veriler yardımıyla sahada cevherleşmeye uygun doğrultunun KB-GD olduğu gözlemlenmektedir.

3.3. Magmatik Kayaçların Jeokimyası

3.3.1. Giriş

İnceleme alanında geniş yayılım gösteren Eybek plütonundan alınan 11 adet örnekten ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizlerden elde edilen verilerinden yararlanarak sahadaki intrüzif kayaçların türleri, jeotektonik ortamları ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

3.3.2. Tüm Kayaç Jeokimyası

Kimyasal analiz sonucunda elde edilen Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K ve P gibi ana elementler tüm kayaç analizlerinde yaygın şekilde kullanılan elementler olup, oksitin yüzde ağırlığı (wt %) ile şeklinde verilmektedir ve ana oksitler olarak adlandırılmaktadırlar. Bu elementler esas olarak, magmatik ve tortul kayaçları sınıflandırmada ve değişim diyagramlarını hazırlamada kullanılmaktadırlar. Jeokimyasal çalışmalarda kullanılan ve ppm olarak ifade edilen iz elementler jeokimyasal özelliklerine göre değişik alt sınıflar altında ele alınmaktadırlar. En yaygın sınıflandırmaları ise büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYLE) (Rb, Sr, K, Ba, Cs) ve yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) (Y, Sc, Th, Pb, U, Hf, Zr, Ti, Ta, Nb) olarak yapılan sınıflandırmadır. Nadir toprak elementleri (NTE) genel olarak hafif, orta ve ağır nadir toprak elementler olarak ayrılrsa da jeokimyasal amaçlı çalışmalar ise genel olarak hafif nadir toprak elementleri (HNTE) (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu) ve ağır nadir toprak elementleri (ANTE) (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) şeklinde gruplandırılmaktadırlar.

Çalışma alanından alınan 11 adet kaya örneğinin ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri ALS Laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 2. ve Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 2. Örneklere ait ana oksit analiz sonuçları

Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
1	65.9	15.5	6.09	1.08	2.24	3.04	2.94
2	65.7	15.1	4.47	2.86	1.73	3.81	3.56
3	59.1	14.85	4.65	4.93	1.87	3.4	3.38
4	66.9	15.05	4.54	3.27	1.71	4.42	2.39
5	64.6	15.7	5.5	2.27	1.25	3.31	3.57
6	63.7	14.85	5.04	2.71	1.96	3.62	3.87
7	64.2	15.8	5.27	1.86	2.02	4.11	2.25
8	78.6	9.54	4.43	0.18	0.89	0.18	3.97
9	65.2	13.8	4.7	2.76	1.95	1.83	5.69
10	62.6	15.05	5.01	3.75	2.41	2.51	5.28
11	65.8	15.85	3.44	5.01	2.15	3.62	4.05
Ortalama	65.66	14.64	4.83	2.79	1.83	3.08	3.72
Minimum	59.10	9.54	3.44	0.18	0.89	0.18	2.25
Maksimum	78.60	15.85	6.09	5.01	2.41	4.42	5.69
Std. Sapma	4.78	1.79	0.68	1.47	0.44	1.20	1.06
Ortanca	65.2	15.05	4.7	2.76	1.95	3.4	3.57
Örnek No	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	LOI
1	0.01	0.61	0.15	0.21	0.06	0.12	2.82
2	0	0.49	0.08	0.18	0.06	0.15	1.96
3	0	0.52	0.11	0.19	0.05	0.13	5.61
4	0	0.49	0.1	0.17	0.06	0.11	1.7
5	0	0.61	0.1	0.2	0.07	0.14	3.02
6	0	0.58	0.09	0.19	0.07	0.14	3.01
7	0	0.61	0.13	0.22	0.08	0.13	2.57
8	0.01	0.38	0.08	0.16	0.01	0.11	2.21
9	0	0.57	0.14	0.22	0.07	0.21	1.69
10	0.01	0.65	0.15	0.23	0.08	0.2	1.79
11	0	0.63	0.09	0.2	0.08	0.14	0.51
Ortalama	0.00	0.56	0.11	0.20	0.06	0.14	
Minimum	0.00	0.38	0.08	0.16	0.01	0.11	
Maksimum	0.01	0.65	0.15	0.23	0.08	0.21	
Std. Sapma	0.00	0.08	0.03	0.02	0.02	0.03	
Ortanca	0	0.58	0.1	0.2	0.07	0.14	

Tablo 3. Numunelere ait iz element sonuçları (ppm, ME-MS81 yöntemi)

Örnek No	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf
1	1050	87	40	4.87	2.95	1.67	1.17	18.3	3.35	5.1
2	1340	81.3	20	3.48	2.84	1.64	1.29	17.7	3.92	4.2
3	1190	86.5	20	4.21	3.03	2.1	1.21	14.9	4.11	3.8
4	889	79.4	30	2.33	2.39	1.43	1.27	17.4	3.23	4.5
5	1200	92.1	20	2.78	3.35	1.85	1.68	17.6	5.23	5.1
6	1195	91.9	20	4.28	3.61	1.96	1.57	15.9	4.93	4.4
7	1125	94.6	20	3.72	3.3	1.76	1.39	17.4	4.6	4.4
8	997	52.8	40	3.62	1.66	0.95	0.92	9.4	2.61	2.3
9	1780	78.9	20	2.87	3.04	1.72	1.47	13.8	4.52	4.8
10	1625	81.2	20	2.28	2.86	1.64	1.54	15.7	4.04	4.4
11	1215	100.5	20	3.44	4.19	2.39	1.65	17.2	5.3	5.7
Ortalama	1236.91	84.20	24.55	3.44	3.02	1.74	1.38	15.94	4.17	4.43
Minimum	889.00	52.80	20.00	2.28	1.66	0.95	0.92	9.40	2.61	2.30
Maksimum	1780.00	100.50	40.00	4.87	4.19	2.39	1.68	18.30	5.30	5.70

Tablo 3. (Devami)

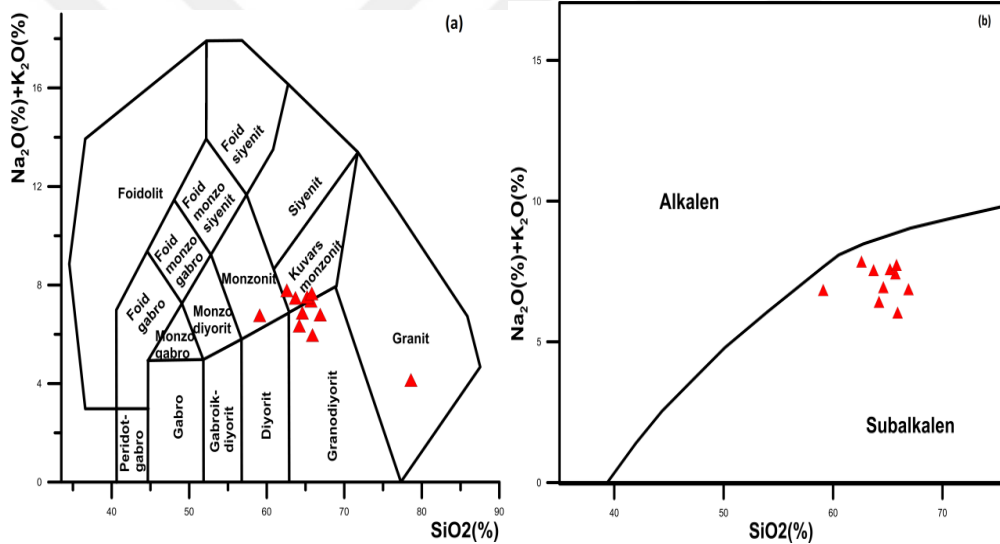
Örnek No	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf
Std. Sapma	262.31	12.50	8.20	0.82	0.65	0.37	0.23	2.56	0.86	0.87
Ortanca	1195.00	86.50	20.00	3.48	3.03	1.72	1.39	17.20	4.11	4.40
Örnek No	Ho	La	Lu	Nb	Nd	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr
1	0.49	39.1	0.26	13.1	27.6	7.6	156	4.93	2	491
2	0.56	47.7	0.26	12.2	27.8	8.13	130.5	4.28	2	512
3	0.55	50.9	0.23	12.6	33.1	8.98	147.5	5.6	2	500
4	0.5	48.7	0.26	11.5	25	7.46	89	4.21	2	538
5	0.7	52.4	0.29	13.2	34.6	10.05	121.5	5.97	2	567
6	0.71	54.7	0.32	13.2	34	9.71	149.5	5.76	2	555
7	0.69	53	0.33	13.5	33.8	9.89	94.2	5.41	2	623
8	0.36	28.6	0.15	8.2	20.4	5.63	178	3.3	1	118
9	0.6	45.3	0.29	10.9	29.5	8.57	207	5.41	1	540
10	0.54	46.8	0.25	11.7	28.9	8.47	187	4.82	2	607
11	0.73	57.5	0.34	14.6	37	10.75	162.5	6.97	2	666
Ortalama	0.58	47.70	0.27	12.25	30.15	8.66	147.52	5.15	1.82	519.73
Minimum	0.36	28.60	0.15	8.20	20.40	5.63	89.00	3.30	1.00	118.00
Maksimum	0.73	57.50	0.34	14.60	37.00	10.75	207.00	6.97	2.00	666.00
Std. Sapma	0.11	8.07	0.05	1.70	4.89	1.45	36.82	1.00	0.40	143.72
Ortanca	0.56	48.70	0.26	12.60	29.50	8.57	149.50	5.41	2.00	540.00
	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zr
1	1	0.51	23.4	0.3	6.32	129	3	13.6	1.68	213
2	1	0.57	22.8	0.25	6.65	94	1	15.5	1.84	168
3	0.9	0.56	26.4	0.31	5	84	4	17.6	1.82	139
4	0.9	0.43	26.1	0.19	7.87	95	1	12.9	1.37	178
5	1.1	0.63	28.3	0.26	5.68	112	1	19.8	1.99	207
6	1	0.62	41.6	0.3	9.58	101	1	19.5	2.06	146
7	1.3	0.63	30.2	0.27	6.26	95	1	17	1.97	168
8	0.6	0.35	17.9	0.14	6.68	72	2	8.7	1.05	96
9	0.9	0.63	26.4	0.28	7.99	90	1	17.9	1.78	170
10	0.8	0.55	16.8	0.23	6.77	107	1	15.7	1.69	162
11	1.2	0.73	43.8	0.37	12.05	94	3	22.9	2.22	203
Ortalama	0.97	0.56	27.61	0.26	7.35	97.55	1.73	16.46	1.77	168.18
Minimum	0.60	0.35	16.80	0.14	5.00	72.00	1.00	8.70	1.05	96.00
Maksimum	1.30	0.73	43.80	0.37	12.05	129.00	4.00	22.90	2.22	213.00
Std. Sapma	0.19	0.11	8.50	0.06	1.99	14.94	1.10	3.85	0.33	33.79
Ortanca	1.00	0.57	26.40	0.27	6.68	95.00	1.00	17.00	1.82	168.00

Tablo 4. Örneklerle ait iz element sonuçları (ppm, ME-ICP61 yöntemi)

Örnek No	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg
1	<0.5	7.76	<5	1030	2	6	0.74	<0.5	15	30	106	3.94	20	2.38	30	1.2
2	<0.5	7.45	<5	1290	2	<2	2.01	<0.5	10	18	7	2.94	10	2.88	40	0.93
3	<0.5	6.9	<5	1070	1.7	2	3.42	<0.5	10	10	6	2.88	10	2.52	40	0.98
4	<0.5	7.52	<5	890	2.2	7	2.31	<0.5	10	13	3	2.98	20	1.91	40	0.92
5	<0.5	8.06	<5	1200	2.3	<2	1.65	<0.5	13	6	87	3.56	20	2.89	50	0.69
6	<0.5	7.42	<5	1180	2.2	<2	1.97	<0.5	12	10	9	3.35	10	3.09	40	1.06
7	<0.5	8.09	<5	1150	2.5	<2	1.36	<0.5	10	15	17	3.56	20	1.84	40	1.12
8	21.3	4.95	<5	980	0.7	16	0.13	0.6	11	21	2240	2.99	10	3.18	30	0.49
9	6.6	7.15	<5	1820	1.4	4	2.02	5.8	17	24	4930	3.18	10	4.53	40	1.07
10	3.9	7.28	<5	1620	1.7	4	2.56	7.1	19	19	2380	3.24	10	4.06	40	1.23
11	<0.5	7.74	<5	1160	2.4	2	3.52	<0.5	12	12	660	2.25	20	3.23	40	1.12
Ortalama		7.30		1217.27	1.92		1.97		12.64	16.18	949.55	3.17	14.55	2.96	39.09	0.98
Minimum		4.95		890	0.7		0.13		10	6	3	2.25	10	1.84	30	0.49
Maksimum		8.09		1820	2.5		3.52		19	30	4930	3.94	20	4.53	50	1.23
Std. Sapma		0.86		275.76	0.52		1.02		3.11	7.04	1597.62	0.45	5.22	0.82	5.39	0.22
Ortanca		7.45		1160	2		2.01		12	15	87	3.18	10	2.89	40	1.06
Örnek No	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	Zn
1	1030	2	2.11	16	930	62	<0.01	<5	10	486	20	0.29	<10	<10	105	139
2	601	1	2.63	3	820	35	0.01	<5	7	519	20	0.27	10	10	82	48
3	766	<1	2.25	6	820	30	0.01	<5	7	475	30	0.22	10	10	72	51
4	676	<1	3.04	4	810	33	<0.01	<5	7	563	30	0.26	<10	10	84	62
5	698	<1	2.3	7	990	32	0.01	<5	9	588	30	0.33	10	10	95	53
6	681	<1	2.53	4	900	61	0.01	<5	8	572	30	0.32	10	10	90	57
7	937	<1	2.9	4	980	57	0.01	<5	9	660	30	0.32	<10	10	86	115
8	570	36	0.15	3	760	8040	0.04	<5	5	119	20	0.17	<10	<10	63	441
9	1025	9	1.31	8	1070	974	0.06	<5	8	584	30	0.32	<10	10	83	996
10	1020	3	1.72	8	1080	718	0.05	<5	9	647	20	0.35	10	10	95	985
11	609	19	2.51	5	960	51	0.01	<5	9	681	40	0.34	10	10	81	51
Ortalama	783		2.13	6.18	920	917.55			8	535.82	27.27	0.29			85.09	272.55
Minimum	570		0.15	3	760	30			5	119	20	0.17			63	48
Maksimum	1030		3.04	16	1080	8040	0.06		10	681	40	0.35			105	996
Std. Sapma	183.74		0.82	3.74	107.89	2384.59			1.41	153.67	6.47	0.06			11.44	372.77
Ortanca	698		2.3	5	930	57			8	572	30	0.32			84	62

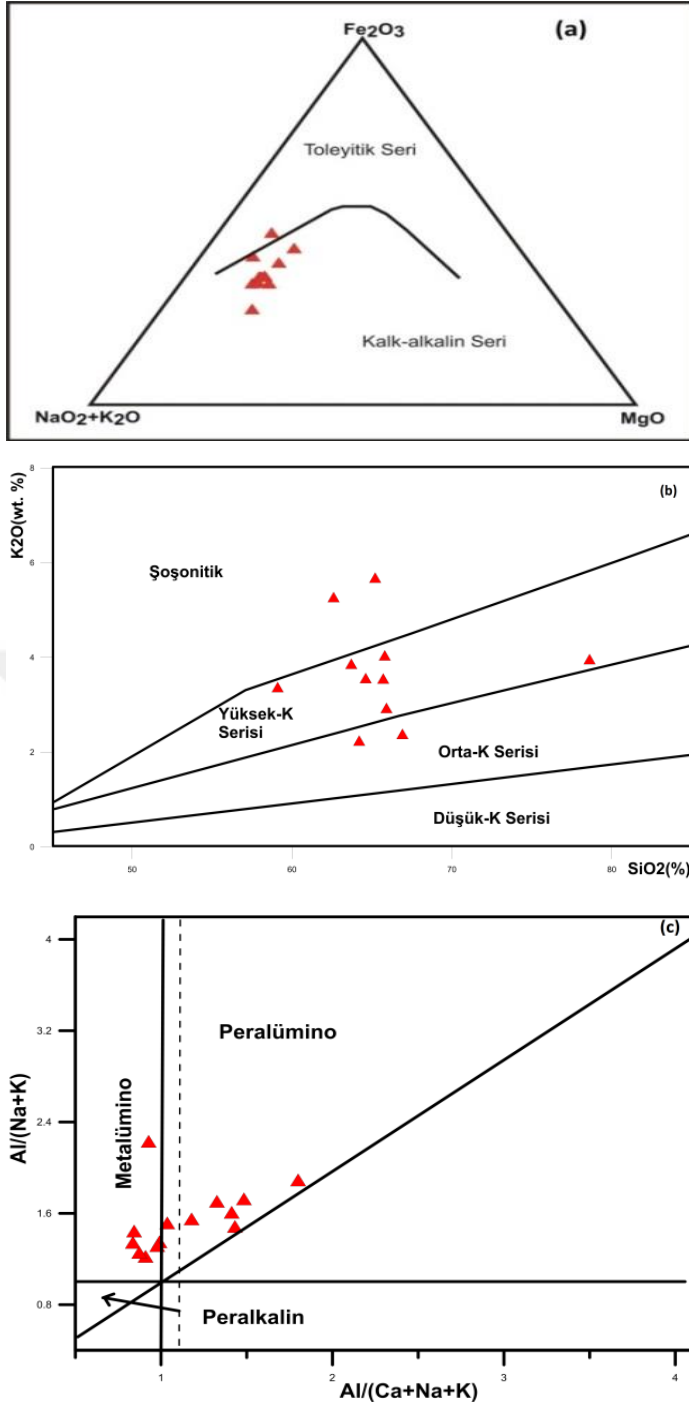
Granitoyidik kayaçların adlandırılması amacıyla $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Le Bas vd., 1986) diyagramına analiz verileri aktarılmış ve kayaçların granodiyorit, kuvars monzonit, monzonit ve granit alanları içinde yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 14). Kayaçları meydana getiren magmanın karakterinin belirlendiği $\% \text{SiO}_2$ ye karşılık $\%$ toplam alkali ($\% \text{Na}_2\text{O}+\% \text{K}_2\text{O}$) konsantrasyonları TAS diyagramına aktarıldığında ise tez sahasındaki granitik kayaçlara ait tüm örneklerin subalkalen alana düştüğü görülmektedir (Şekil 14). Kayaç verileri alkali-demir-magnezyum oksit diyagramı (AFM diyagramı) ile değerlendirildiğinde ise ağırlıklı olarak kalkalkali alana düştükleri görülmüştür (Şekil 15).

Tez sahasındaki granitoyidik kayaç verileri $\% \text{SiO}_2$ 'e karşı K_2O diyagramına aktarıldığında ise, kayaçların orta-yüksek K serisi içinde yer aldıkları görülmektedir (Şekil 3.12b).



Şekil 14. Tez sahası granitoyidik kayaçlara ait $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Le Bas vd., 1986) ve toplam alkali-silisyum (TAS) diyagramları

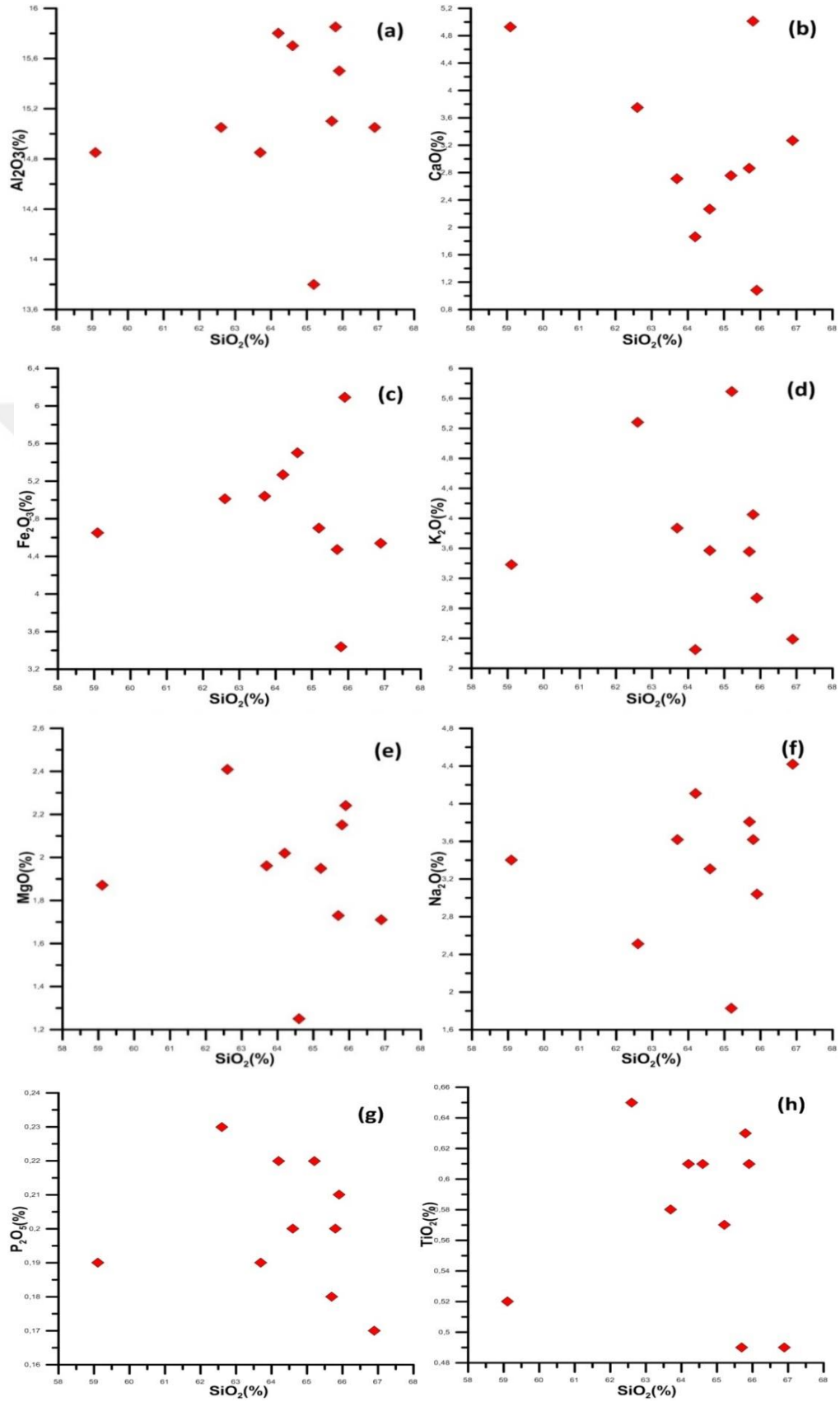
Kayaç verileri, $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})-\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})$ parametreleri baz alınarak Maniar ve Picolli (1989) tarafından önerilen ANK/ACNK diyagramına aktararak değerlendirildiğinde tez sahası granitoyidik kayaçların kayaçların peralkalen ve metalümino alana düştükleri, yani peralkalen ve metalümino özelliğe sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Granitoyidik kayalar ait jeokimyasal verilerin AFM (a), SiO₂- K₂O (b) ve A/CNK- A/NK (c) diyagramlarındaki konumları

Tez sahası graditoyidik kayaların SiO₂'ye karşı ana oksit ve iz elementler dağılım diyagramları (Harker diyagramları) hazırlanmıştır (Şekil 16). Harker diyagramlarında ana oksit ve iz elementlerin çoğunluğu SiO₂ ile çok iyi korelasyona sahiptir. Ana oksit element değişim diyagramlarında SiO₂'ye karşı TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, P₂O₅, K₂O ve CaO ana oksitleri arasında iyi derecede negatif korelasyon tespit edilmiştir. İz element değişim diyagramlarına (Harker diyagramları) göre ise SiO₂'ye

karşı Nb, Y ve Rb elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmişken, Sr ve Eu elementleri ile ise negatif korelasyon tespit edilmiştir.



Şekil 16. Eybek granitoidinin SiO₂'ye karşı ana oksit değişim diyagramları

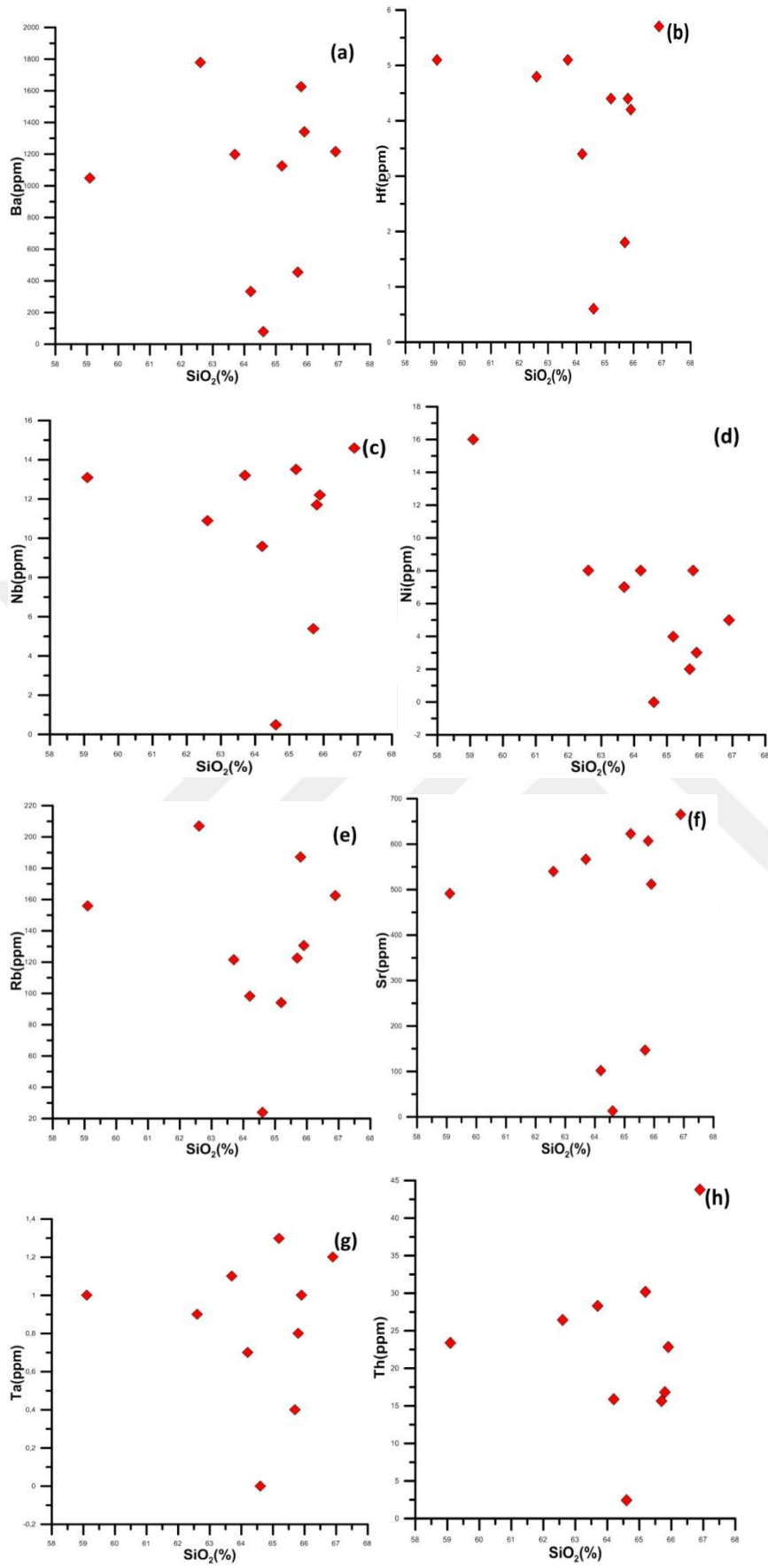
Örneklerin ana oksit değişimleri incelendiğinde SiO_2 artışı ile Al_2O_3 , CaO , K_2O , MgO , TiO_2 ve P_2O konsantrasyonlarının azaldığı, Fe_2O_3 ve Na_2O konsantrasyonlarının arttığı gözlenir. Azalan korelasyonları magmanın fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklamak mümkündür. Skarn zonlarından alınan örneklerde CaO bileşimindeki artış karbonatlı kayalarla etkileşime, MgO ve MnO bileşimindeki artış ise kontak metasomatizma varlığına işaret etmektedir.

SiO_2 artışıyla CaO ve Al_2O_3 azalması önemli ölçüde plajiyoklas, hornblend ve biyotit fraksiyonel kristalleşmesinin etkili olabileceğine işaret etmektedir. SiO_2 artışıyla TiO_2 azalması magnetit ve Ti-oksit ayrışmasını göstermektedir. Sonuç olarak, ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında rastlanan iyi derecedeki korelasyonlar, granitik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmeye işaret etmekte, bu süreçte plajiyoklas, hornblend, biyotit, apatit ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının rol oynadığını göstermektedir.

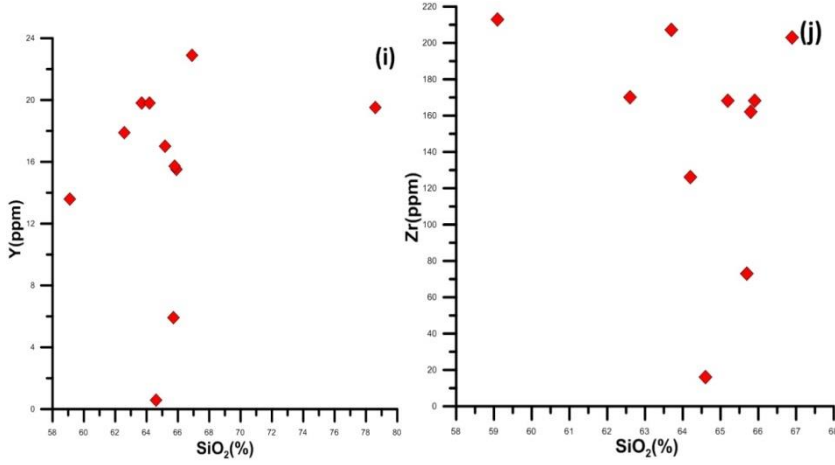
Elementlerin iyonik potansiyeli, minerallerin H_2O içeriği, ortamın CO_2 içeriği gibi faktörler ana oksitlerin davranışları üzerinde etkili olmaktadır. Ca elementi iyonik potansiyeli düşük bir element olduğu için kolaylıkla çözülebilir ve çözelti içinde taşınabilirken, iyonik potansiyeli düşük Al ve geçiş elementi Fe daha zor çözüldüğünden, genellikle mineral yüzeylerine tutunarak nispeten daha hareketsiz gibi davranış gösterirler (Orhan, 2008).

CO_2 ve H_2O 'nun sistemde ile birlikte bulunması, CO_2 çözünürlüğünü üzerinde pozitif yönde etkili olmaktadır. Ağırlıkça yaklaşık %5 CO_2 içeren bir magmada element çözünürlükleri $\text{Si} > \text{Al} > \text{K} > \text{Na} > \text{Ca}$ sırasıyla gerçekleştiği bilinmektedir (Burnham, 1997). Dolayısıyla Si ve Al elementlerinin çözünürlüklerinin magma ergiyindeki CO_2 konsantrasyonu ile yakından ilişkili olduğu söylenebilir.

Tez sahası granitik kayalarının SiO_2 'ye karşı iz element diyagramları (Şekil 17)'te verilmiştir.



Şekil 17. Tez sahası granitik kayaçlarının (Eybek Granitoyidi) SiO₂'ye karşı iz element diyagramları



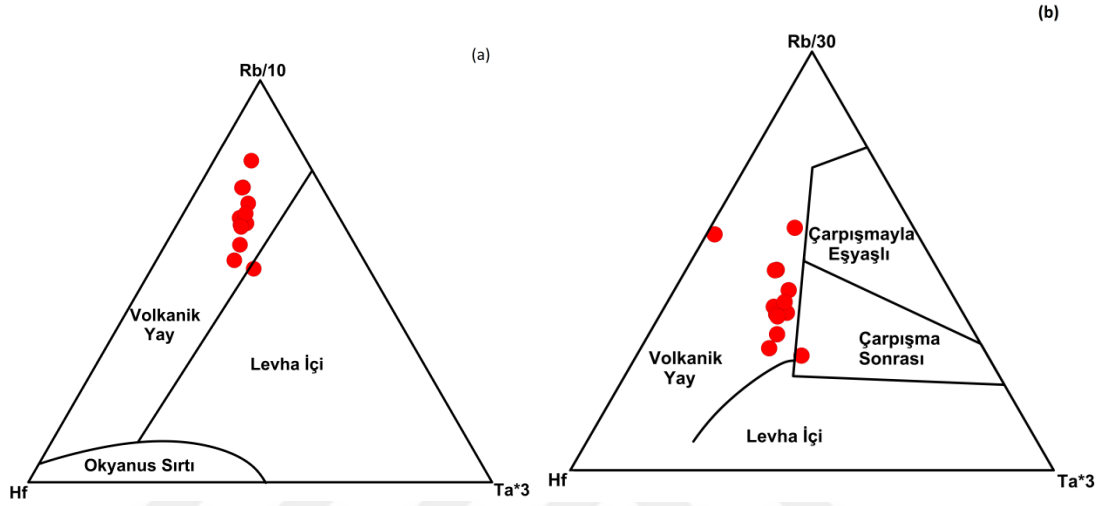
Şekil 17.(Devamı)

Bir elementin hidrotermal bir akışkan içindeki taşınma uzaklığı, bahse konu elementin akışkan içindeki çözünme miktarı ile de yakından ilişkisi vardır. Daha yüksek çözünürlüğe sahip olan Si ve Al gibi elementler, solüsyon içerisinde devamlı çözünme eğiliminde olduğundan akışkan içinde kalarak daha uzak mesafelere kadar taşınabilmektedirler (Orhan, 2008).

Bu jeokimyasal özellikleri de kullanılarak, iz elementler ana oksitler ile birlikte fraksiyonel kristallenme süreci ve sürece etki eden koşulların tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. İz elementler ana oksitlerinden farklı olarak kayacı oluşturan ana mineraller ile beraber aksesuar minerallerin bünyesinde de yer almaktadırlar. Nb, Zr, Y, Th ve Hf gibi iz elementlerin konsantrasyonları magmatik farklılaşmanın erken evrelerinde daha düşük iken, son evrelerine doğru ise göreceli olarak zenginleşir ve belirli bir seviyeye ulaştıklarında ise aksesuar minerallerin bünyesine dahil olurlar. Ağır nadir toprak elementi gibi hareket eden Y ise granat, piroksen ve amfibolün bünyesine girer, ancak fraksiyonlanma sebebiyle kristallenmenin son safhasında konsantrasyonu nispi olarak azalır. Magmatik farklılaşmaya bağlı olarak oluşan silikanın artışıyla birlikte Rb artan, Ba ve Sr ise azalan bir eğilime sahiptir. Bununla birlikte Na ve Th'un iyonik yarıçapları birbirine çok yakın olduğu için benzer jeokimyasal davranışlar sergilemektedirler (İstanbulu, 2013). Tez sahası için ilgili değişim (Harker) diyagramları incelendiğinde, SiO₂'e karşı iz elementlerin korelasyon ilişkileri net olarak gözlenememekle birlikte, zayıf da olsa karşı Ba, Nb, Rb, Sr, Th elementlerinin pozitif korelasyon gösterdiği, Hf, Ta, Y ve Zr elementlerin ise SiO₂'e göre negatif bir korelasyon eğiliminde olduğu söylenenebilir.

3.3.3. Tektonik Ortam

Tez sahası granitoyidik kayaçlar Hf-Rb/10-Ta*3 diyagramına (Harris vd., 1994) göre değerlendirildiğinde granitoidlerin, volkanik yay ve levha içi alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 18). Kayaçlar yine Harris vd. (1994) tarafından önerilen Hf-Rb/30-Ta*3 diyagramı ile değerlendirildiğinde ise volkanik yay ve çarpışma sonrası alana düştükleri görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Eybek granitoidinden alınan numunelerin Harris vd, (1994)'in önerdiği tektonik ortam diyagramına göre konumları (a: Rb/10-Hf-Ta*3, b: Rb/30-Hf- Ta*3)

3.4. Maden Jeolojisi

3.4.1. Giriş

Biga Yarımadası birçok yeraltı kaynağına ev sahipliği yapmaktadır. Bunların en başında metalik madenler gelir. Metalik madenler yanında endüstriyel hammaddeler, enerji hammaddeleri yönünden de oldukça zengindir. Bölgedeki ilk madencilik faaliyetlerinin M.Ö. 1200'lü yıllara uzanmaktadır. Günümüzde de birçok madencilik faaliyeti bölgede aktif olarak yürütülmektedir. Bölgedeki pek çok maden yatağı/yeraltı kaynağı, bölgenin Tersiyer-Kuvaterner dönemi magmatik süreçleri ve bu süreçlerle eş yaşlı havzaların sedimantolojik gelişimleri ile ilişkili olarak gelişmiştir.

Tez sahası ve yakın çevresindeki (Ezine, Bayramiç, Ayvacık, Yenice, Edremit, Havran, İvrindi) cevherleşmeler genellikle metamorfik kayaçları kesen granodiyoritlerin kenar zonlarında, metamorfik kayaçlar içindeki gnays-mermer, mermer-amfibolit dokanaklarında veya bölge kayaçlarını kesen tektonik hatlarda gelişmiştir (Pehlivan vd., 1997). Bölge cevherleşmeleri granitik sokulum ve volkanik faaliyetlerle yakından ilişkili olup, bölge neotektoniği ile yakın ilişkili eski jeotermal sahalar da potansiyel

maden alanlarıdır. Tez sahası ve yakın çevresindeki Cu-Pb-Zn cevherleşmeleri kontak metazomatik, hidrotermal kökenli olup, Tersiyer dönemindeki granitik sokulumların etkisiyle gelişmiştir (Anıl, 1984). Bölgenin değişik kesimlerindeki altın içerikli Pb-Zn-Cu-W-Mo-Hg-Fe cevherleşmelerinin kontakt pnömatolitik ve hidrotermal evrelerde geliştiği, Au-Sb-Hg içerikli cevherleşmelerin ise hidrotermal sürecin katatermal, mezotermal ve epitermal evrelerinde geliştiği ileri sürülmektedir (Anıl, 1984).

Tez sahasının da içinde olduğu Kuzeybatı Anadolu bölgesi, Biga Yarımadası da dahil Erken-Orta Miyosen'de genişlemeli tektonik rejime maruz kalmıştır. Bu tektonik rejimin etkisiyle metamorfik temel kayaçlarının açılması ile birlikte fay zonlarındaki çatlak ve kırık düzlemleri cevherli akışkanların yükselimi için doğal kanal/kanalcıklar olmuş ve uygun fiziko-kimyasal ortamlarda da bu akışkanlar cevherleşme imkanı bulmuşlardır (Cavazza vd., 2008). Sıkışmalı bir rejimde cevherli akışkanların hareketinin şistik kayaçlarda zorluğu düşünüldüğünde cevherleşmelerin kontak zonlarında veya granitoyid içerisinde gözlenmesi de anlamlı görülmektedir.

3.4. 2. Cevherleşmeler

Tez sahasındaki cevherleşmeler Karakaya Karmaşığı kayaçları ile Eybek plütünü dokanağına yakın kesimlerde, plütünü içinde hidrotermal damar tipte gelişmiştir. Sahada skarn tip cevherleşme emarelerine de yer yer rastlanmaktadır.

Tez sahasında, Sayanbendi Deresi'nde Cu-Pb-Zn cevherleşmesine yönelik bir yarma ve galeri tespit edilmiştir. Galerinin ve yarmanın bağlandığı Sayanbendi Deresi boyunca yaklaşık 2 km'lik bir alanda manyetit, kalkopirit ve malahitli döküntü örneklerine rastlanılmıştır (Şekil 19).



Şekil 19. Sayanbendi deresinde bulunan yarma

İnceleme alanında daha önceki çalışmalardan kalma bir adet kapalı galeri ve stok sahası tespit edilmiştir. Galeri girişi yönü KB yönlü olup, galeri girişinin önündeki düşük eğimli alanda kalkopirit, malakit, azurit ve manyetit parçaları gözlenmiştir (Şekil 20). Galeri alanının KD sunda ve derenin batısında bir adet yarma çalışması mevcut olup, alanda 3 adet 8, 12 ve 35cm kalınlıklarında KB yönlü kuvars damarı gözlenmiştir. Bu alanda kalkopirit, galenit, arjantit, malahit mineralizasyonu gelişmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Sayanbendi dere bölgesindeki galeri girişi (a) ve galenit-malahit-kalkopirit-pirit mineralizasyonu (b)

Sayanbendi deresi kuzeyinde Eybek plütünü ile Karakaya Karmaşığının şistleri kantağına yakın alanda saçınımlı kalkopirit, pirit buna bağlı malakit mineralizasyonu gözlenmiştir (Şekil 21). Ayrıca kantağın doğu tarafındaki metamorfik alanda da pirit-kalkopirit ve malakit mineralizasyonu gözlenmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Eybek Granitoidinden dissemine birincil kalkopirit ve ikincil malahit oluşumu

Cevherleşmeyi sağlayan çözeltiler, ya doğrudan doğruya Eybek granitoyidinden kaynaklanmış veya Eybek granitoyidinin, sokulum yaptıkları kayaçlardaki suların ısıtılması sonucunda oluşmuşlardır.



Şekil 22. Karakaya karmaşığında birincil kalkopirit- ikincil malahit mineralizasyonu

3.4.2. Hidrotermal Alterasyonlar

Tez sahasında mostra veren Eybek Granitoyidinde yer yer hematitleşme ve limonitleşmeler, Karakaya Karmaşığında ait birimlerde ise yer yer killeşme gözlenebilmektedir. Cevherleşmelerin eşlik ettiği kırık hatlarında ise silisleşme ve killeşmeler mevcuttur (Şekil 23). Sayanınbendi Dere mevkinde gözlenen silisleşme, limonitleşme, hematitleşme ve kloritleşmelere kalkopirit, sfalerit, galenit, arjantit türü cevher mineralleri eşlik etmektedir. Alterasyonlar ağırlıklı olarak Sayanınbendi Deresi ve Ilıca mevkinde gözlenmekte olup, kırıklı-deforme alanlarda alterasyon yoğunluğu artmakla birlikte haritalanacak boyutlarda değildir.



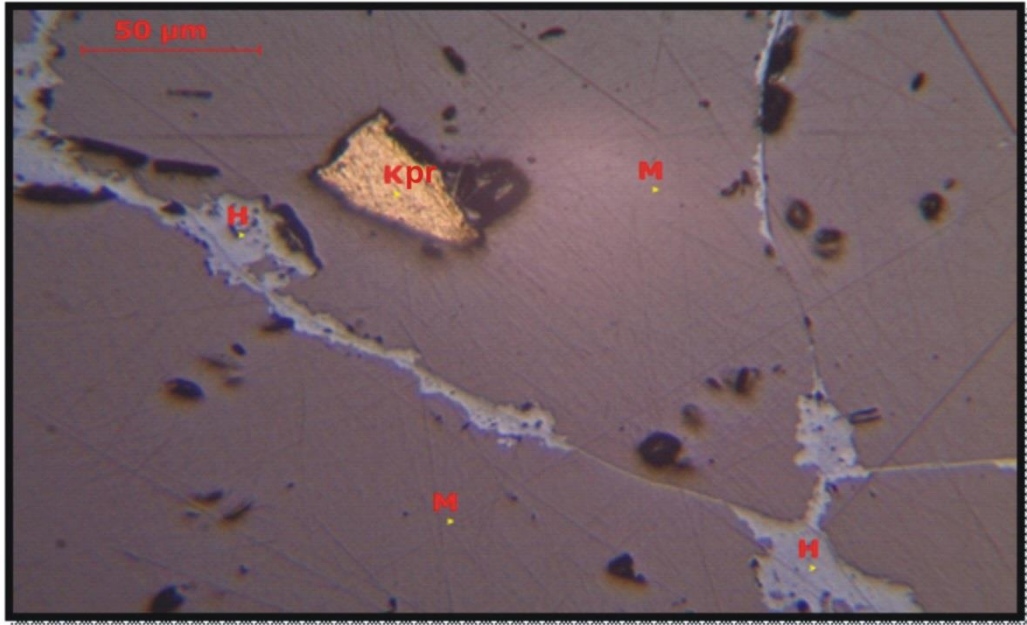
Şekil 23. Karakaya karmaşığında killeşme

3.4.3. Cevher Mikroskobisi

Sayanınbendi deresi bölgesinden alınan alınan örneklerde cevher petrografisi çalışmaları yapılmıştır.

Makro gözlemlere ve mikro kimyasal testlere dayandırılarak örneğin granat ve karbonat (kalsit) minerallerini içeren bir skarn zonu kayacı olduğu düşünülmektedir. Örnek cevher mineralleri olarak; seviyeler halinde zenginleşmeler gösteren manyetit (Fe_3O_4)-hematit (Fe_2O_3) türü demir oksit ile çok çok az miktarda kalkopirit ($CuFeS_2$) türü bakır sülfür minerallerini içermektedir. Çatlaklarda eser miktarda da malahit türü ($Cu_2CO_3(OH)_2$) bakır karbonat minerali saptanmıştır.

Manyetitler kalınlıkları 1-3 cm, arasında değişebilen seviyelerde masif yığılımlar halinde bulunmaktadır (Şekil 24). Manyetitlerin çatlaklarında ve kenarlarında yer yer martitleşme sonucunda hematitleşmeler gelişmiştir. Bu hematitleşmelerin genişlikleri 0,002-0,4 mm arasında değişebilmektedir. Manyetitler içersinde çok çok az miktarda tane boyutu 0,01-0,04 mm arasında değişebilen kalkopiritler gözlenmiştir (Şekil 24). Örneğin parlatma ölçeğinde cevher mineralleri olarak yaklaşık % 28 manyetit, % 2 hematit, yüzdeye girmeyecek oranda (% 0,1) kalkopirit içerdiği gözlenmiştir. Geriye kalan % 70'lik oran ise gang minerallerinden oluşmaktadır.

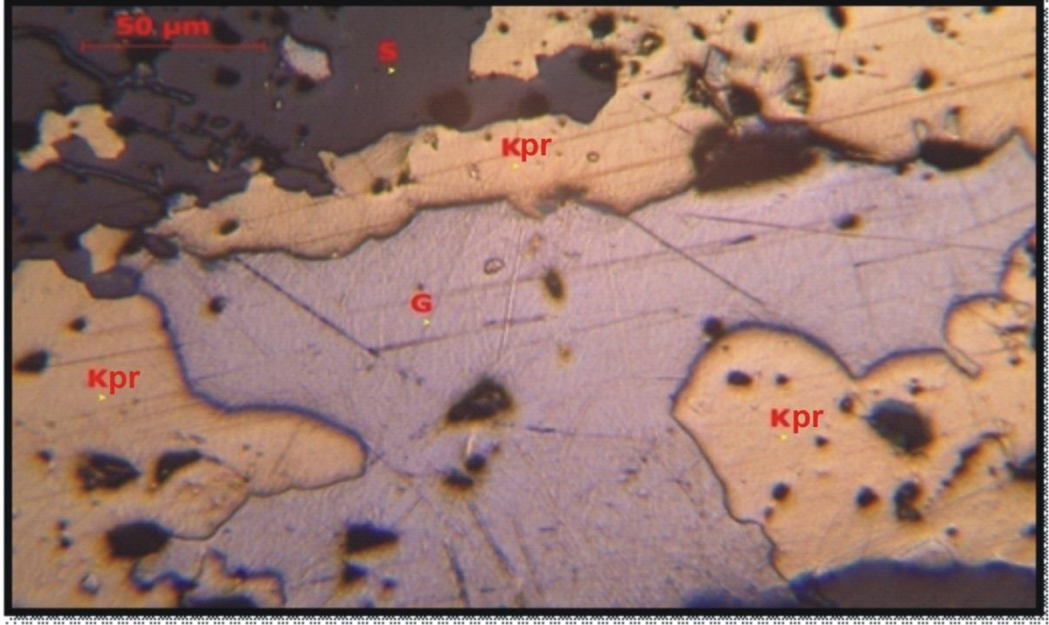


Şekil 24. YNCC-2 örneğinin maden mikroskobundaki genel görünümü (M: Manyetit, Kpr: Kalkopirit, H: Hematit)

Masif haldeki manyetit (M) minerallerinin çatlakları boyunca martitleşme sonucu oluşmuş hematitler (H). Ayrıca manyetit içersinde ufak kapanımlar halinde bulunan kalkopirit (Kpr) tanesi.

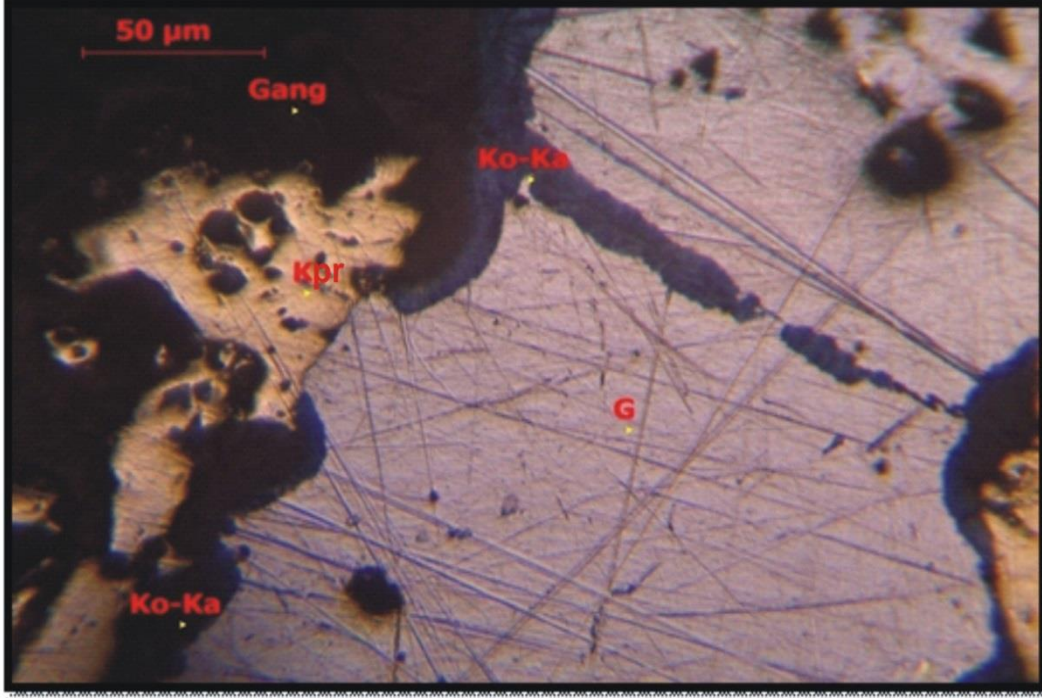
Hidrotermal olarak oluştuğu düşünölen bir kuvars damarı içersinde çoktan aza doğru; kalkopirit ($CuFeS_2$) türü bakır sülfür, galenit (PbS) türü kurşun sülfür ve sfalerit (ZnS) türü çinko sülfür mineralleri bulunmaktadır. Örnekte daha az oranlarda pirit (FeS_2) türü demir sülfür ile çok çok az oranlarda kovelin-kalkozin-neodijenit ve bornit türü bakır sülfür mineralleri saptanmıştır. Örnekte ayrıca ince çatlaklar boyunca limonit mineralleşmeleri ve boyanmaları gelişmiştir.

Özşekilsiz olan ana cevher mineralleri genellikle birbirleriyle kenetlilikler gösteren kümelenmeler kısmen de bağımsız taneler halinde bulunmaktadır. En bol bulunan cevher minerali olan kalkopirit oluşumlarının boyutları (minimum-maksimum) 0.003-2 mm arasında, hakim tane boyutu ise 0,010-1,2 mm boyutlarında gözlenebilmektedir. İkinci bol bulunan cevher minerali olan galenitlerin boyutları (minimum-maksimum) 0.05-1.6 mm arasında, hakim tane boyutu ise 0.015-1.1 mm boyutlarında gözlenebilmektedir. Örnekte daha az yoğunluklarda izlenen sfaleritler tane büyüklükleri (minimum-maksimum) 0.005-1.5 mm arasında, hakim tane boyutu ise 0.020-1.1 mm arasında değişebilmektedir. Sfaleritler içersinde tane boyutları 0.001-0.030 mm arasında değişebilen kalkopirit tanecikleri gözlenmiştir. Yarıözşekilli olan piritler genellikle bağımsız taneler, nadiren de diğer sülfür mineralleri ile kenetlilikler oluşturan mineralleşmeler halindedir. Piritlerin tane boyutları (minimum-maksimum) 0.005-0.5 mm arasında, hakim tane boyutu ise 0.010-0.3 mm arasındadır. Örnekte yüzdeye girmeyecek oranda (% 0.1-0.2) bulunan kovelin-kalkozin-neodijenit ve bornit türü bakır sülfür minerallerinden kovelin-kalkozinler ile neodijenitler genellikle ince damarcıklar ve kalkopiritten dönüşümler halinde izlenmektedir. Çok ufak taneler halindeki bornitler ise kalkopirit içersinde kapanımlar halinde bulunmaktadır. Örneğin parlatma ölçeğinde cevher mineralleri olarak; yaklaşık % 4 kalkopirit, % 2 galenit % 1 oranında sfalerit, % 1 oranında pirit, yüzdeye girmeyecek oranda (% 0.1-0.2) kovelin-kalkozin-neodijenit ve bornit türü bakır sülfür minerallerini içerdği saptanmıştır. Geriye kalan % 92'lik oran ise gang minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 25).



Şekil 25. YNCC-5 örneği ana cevherlerinin maden mikroskobundaki görünümü (M: Manyetit, Kpr: Kalkopirit, S: Sfalerit)

Birbirleriyle kenetli halde kalkopirit (Kpr), galenit (G) ve sfalerit (S) mineralleşmeleri gözlenebilmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. YNCC-5 örneğinde kalkopirit (Kpr)-galenit (G) sınırlarında ve çatlaklarında mavi renkli kovelin-kalkozin (Ko-Ka) oluşumları

3.5. Sıvı Kapanım Çalışmaları

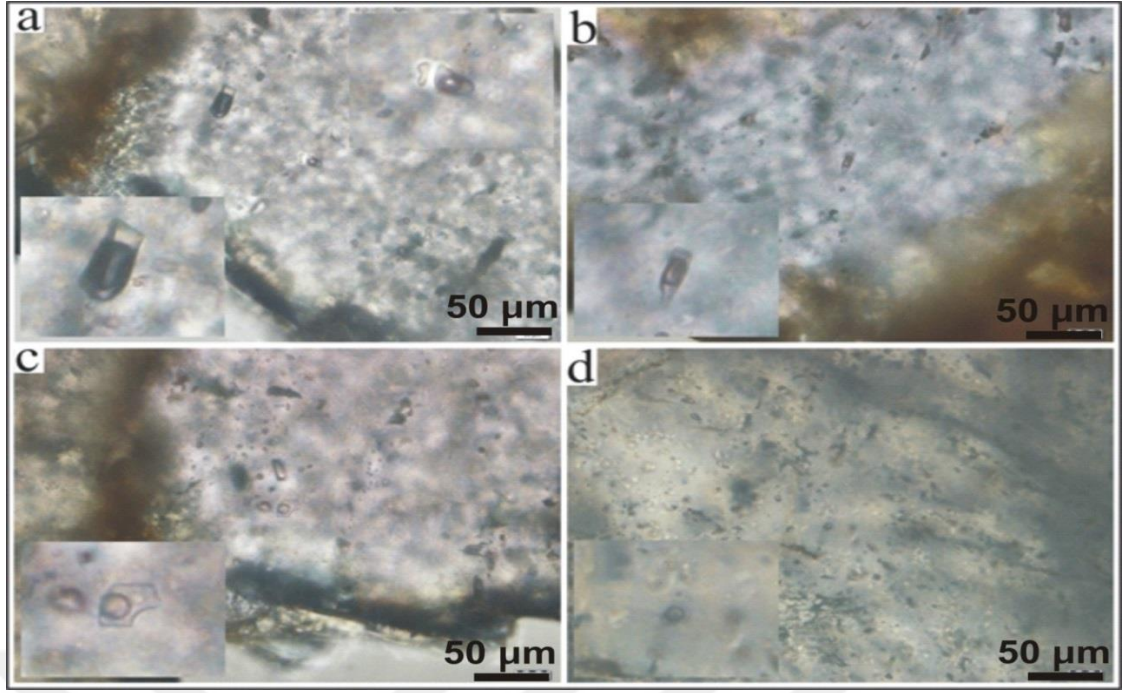
Sıvı kapanımlar, maden oluşma dönemlerinin ve yatağın kökeninin araştırılmasında bilgiler vermeleri sebebiyle maden yatakları araştırmalarında fazlaca öneme sahiptirler (Killias vd., 1996; Roedder, 1984; Samson ve Russell, 1987; Shepherd vd., 1985; Vural, 2006; Vural vd., 2011). Sıvı kapanım, mikrotermometrik ölçüm çalışmalarından yararlanılarak cevherleşme oluşum sıcaklıkları, maruz kaldıkları basınçlar, dolayısıyla cevherleşme oluşum derinlikleri ve, cevherleşmede etkin akışkanın kimyasal bileşimi tespit edilmekte ve ileriki termodinamik hesaplamalarda kullanılmaktadırlar (Bowers ve Helgeson, 1983; Ohmoto ve Rye, 1970; Roedder, 1984; Samson ve Russell, 1987; Wilkinson, 2001).

Tez çalışması kapsamında 5 adet sıvı kapanım örneği alınmış ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde incelemeleri yapılmıştır.

3.5.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

Gerçekleştirilen sıvı kapanım petrografi çalışmalarında birincil ve ikincil kökenli sıvı kapanımlar tespit edilmiştir. Mikrometrik çalışmalar, ikincil kapanımların minerallerin oluşumu sonrasındaki süreçleri karakterize ettiği için, birincil kökenli kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Bu birincil kökenli kapanımlar farklı şekil ve boyutlarda gözlenmiştir. İncelenen kesitlerde daha çok düzensiz geometrik şekilli ve ince uzun tüp şekilli kapanımlara rastlanmıştır. Kesitlerde ayrıca damla şekilli, elipsoidal şekilli kapanımların yanında çok az olmakla birlikte negatif kristal şekilli kapanımlar da tespit edilmiştir (Şekil 27).

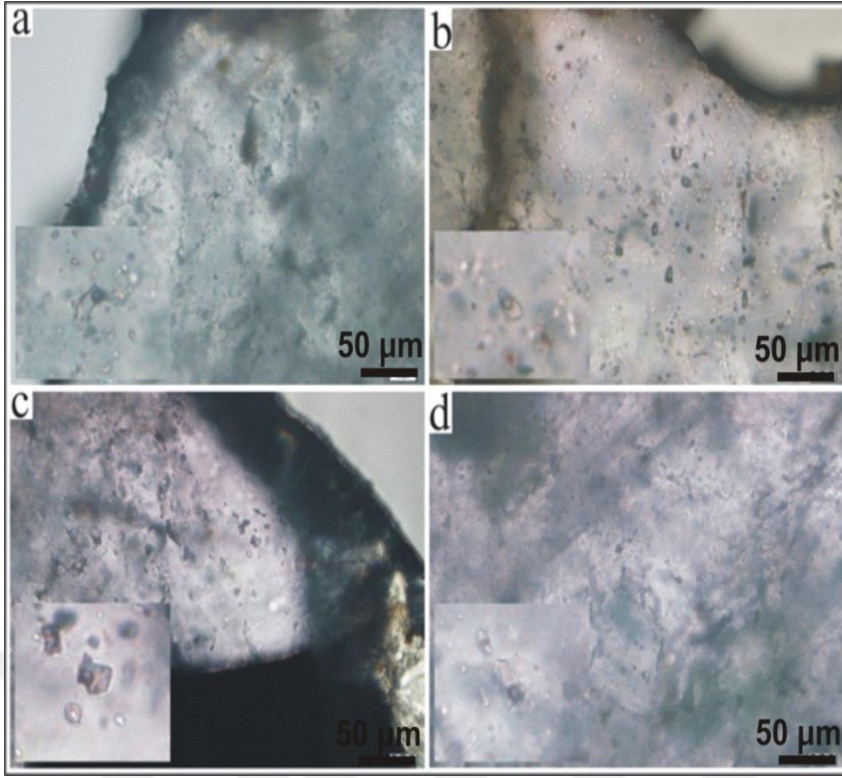
Sıvı ve gaz fazdan oluşan iki fazlı sıvı kapanımlar, gaz fazın sıvı faza oranları bakımından farklılık göstermektedir. İncelenen kapanımların gaz/sıvı oranlarının %5 ile %40 gibi oldukça geniş bir aralığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu kapanımların mikrotermometrik ölçüm sonuçları belirgin bir şekilde farklılık gösterdiğinden, kapanımlar gaz/sıvı oranları dikkate alınarak üç farklı grup altında incelenmişlerdir. Tip-I kapanımlar, gaz/sıvı oranı %35-45 arasında olanlar (Şekil 27); Tip-II kapanımlar, gaz/sıvı oranı %20-30 arasında olanlar (Şekil 28) ve Tip-III kapanımlar, gaz/sıvı oranı %5-15 arasında olanlar (Şekil 29). Gaz/sıvı oranları farklılık göstermesine karşın ısıtma deneyleri sırasında bu kapanımların tamamının sıvı faza homojenleştiği görülmüştür.



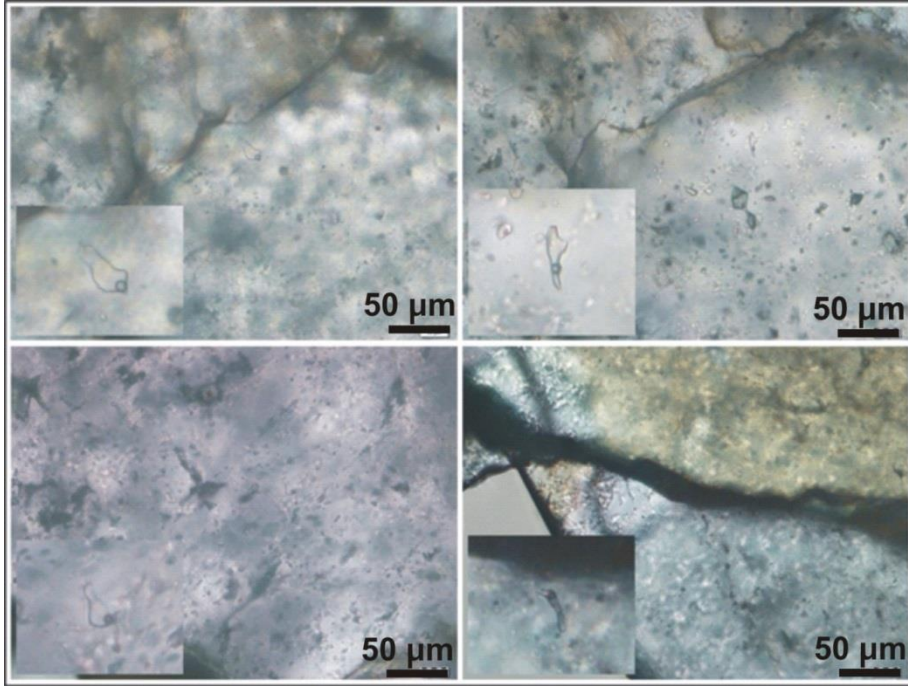
Şekil 27. Tip-I sıvı kapanımlar. Gaz/sıvı oranları % 35-45 arasında değişmekte olup homojenleşme sıvı faza olmaktadır

Yapılan sıvı kapanım petrografisi çalışmalarında kapanım boyutlarının 20-25 μm 'den birkaç μm boyutuna kadar değiştiği tespit edilmiştir. Birkaç μm 'lik kapanımlar yaygın olmasına karşın, bu kapanımlarda faz geçişlerini gözlemlemenin güçlüğünden ve sağlıklı ölçüm yapılamamasından dolayı, ölçümler 7-8 μm ve daha büyük kapanımlarda yapılmıştır. 20-25 μm boyutuna ulaşan az sayıda kapanım bulunduğundan ölçümlerin çoğu 7-15 μm boyut aralığındaki kapanımlarda yapılmıştır. Sıvı kapanım boyutlarının küçük oluşu, kapanım içeren mineralin yeterince şeffaf olmayışı, parlatma kalitesinin düşüklüğü vb. nedenler ile kapanımlara ait ötektik sıcaklık ölçümleri sınırlı sayıdaki kapanımlarda gerçekleştirilebilmiştir. Bununla birlikte kapanımların son buz ergime sıcaklık ölçümleri ise ötektik sıcaklık ölçümlerine nispetle daha çok kapanımda gerçekleştirilebilmiştir.

Örneklere sıvı ve gaz faz içeren sıvı kapanımların dışında tamamen sıvı fazdan müteşekkil veya tamamen gaz fazdan müteşekkil kapanımlar da bulunmaktadır. Bu tek fazlı sıvı veya gaz kapanımlarda faz geçişlerini gözlemlemek mümkün olmadığından ölçümler iki fazlı sıvı kapanımlarda yapılmıştır. İki fazlı sıvı kapanımlar sıvı (L) ve gaz (V) fazın birlikte bulunduğu kapanımlar şeklindedir.



Şekil 28. Tip-II sıvı kapanımlar. Kapanımların gaz/sıvı oranları %20-30 arasında değişmekte olup, homojenleşme sıvı fazadır



Şekil 29. Tip-III sıvı kapanımlar. Kapanımların gaz/sıvı oranları %5-15 arasında değişmekte olup, homojenleşme sıvı fazadır

3.5.2. Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları

Tespit edilen sıvı kapanımların ötektik, son buz ergime ve homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüş, ancak bazı kapanımların, ötektik ve son buz ergime sıcaklıkları ölçülemediği (Tablo 3-4). Tablolarda T_{m-ice} değerlerine karşılık gelen %NaCl eşdeğeri tuzluluk miktarları Bodnar (1993)'ca önerilen aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Tuzluluk (\%NaCl)} = 0 + 1,78 * T_{m-ice} - 0,0442 * (T_{m-ice})^2 + 0,000557 * (T_{m-i}) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Sıvı kapanım çalışmaları kapsamında ölçümlere göre kuvars minerallerinde yapılan sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları dağılımının; SY1-1 nolu örnekte 163.1-376 °C arasında, SY2-1 nolu örnekte 169-387.7 °C arasında, SY3-1 nolu örnekte 161.7-375.3 °C arasında, SY3-2 nolu örnekte 161.6-371 °C arasında ve SY4-2 nolu örnekte 160-388.2 °C arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Homojenleşme sıcaklığı verilerine göre alandaki cevherleşmenin 400 °C altındaki sıcaklıklarda olduğu belirlenmiştir.

Buna göre tüm örneklerde ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının 160- 388.2 °C aralığında değiştiği, ortalama homojenleşme sıcaklığının ise 245 °C olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık ölçümleri gruplanarak incelendiğinde (histogram oluşturularak) 160-220 °C, 260-320 °C ve 340-380 °C'ler arasında kümeleştikleri görülmektedir (Şekil 30). Sıvı kapanım kesitlerinde homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü kapanımlar ayrıca sıvı azotla dondurulmuş ve ergime ısıları (T_m °C) da ölçülmüştür. Kapanımların ergime sıcaklıkları yardımıyla hesaplanan ergiyik tuzluluk değerleri ise NaCl eşdeğeri olarak hesap edilmiş ve %0,4-5,1 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Tuzluluk verilerinden oluşturulan histograma göre kapanım tuzluluk değerlerinin %0.4-2 ve %2-3.2 aralıklarında kümelendiği görülmüştür (Şekil 31).

Tamamen sıvıdan oluşan tek fazlı kapanımlarla tamamen gazdan oluşan tek fazlı kapanımların birarada olması açık sistemdeki oluşuma işaret eder. Bu tür kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (T_h °C) oluşum sıcaklıkları olarak kabul edilebilirler (Vural, 2006). Tez kapsamında gerçekleştirilen sıvı kapanım verileri/mikrometrik ölçüm sonuçları birlikte değerlendirildiğinde sahadaki cevherleşmenin epitermal evrede olduğu kanaatine ulaşılmıştır.

Tablo 5. SY3-2 nolu örneğin mikrotermometrik parametreleri ve hesaplanan tuzluluklar

Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
SY3-2			234.1	
			228.8	
	-38.7	-0.8	364	1.4
			161.6	
			213	
			171.2	
	-37.2	-1.9	214	3.2
			191	
			194.3	
			182	
			203.4	
			247.9	
			265.1	
			194.7	
			354.5	
			183.6	
			337.8	
			296.2	
			314.4	
			318.8	
		-1.6	176.6	2.7
			273.6	
	-40.6	-1.4	353.1	2.4
			237.1	
			326	
			338.5	
		-1.5	214	2.6
	-35.4	-1.2	206.6	2.1
			194.8	
			172.2	
			186.4	
	-37.4	-1.5	272	2.6
	-34.2	-1.3	188.9	2.2
	-41.4	-0.8	177.1	1.4
		-0.7	216	1.2
			201.7	
			203.5	
			287.8	
			174.3	
			268.6	
			273	
			311.4	
			224.2	
	-35.8	-2.7	348	4.5
	-33.7	-1.9	362	3.2
			366.1	
			371	
			363.8	

Tablo 6. SY4-2 nolu örneğin mikrotermometrik parametreleri ve hesaplanan tuzluluklar

Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
SY4-2	-30.1	-1.2	191.8	2.1
	-28.6	-0.4	203	0.7
			272.6	
			314.1	
			174	
			202.3	
			163.7	
			167.4	
	-38.4	-1.6	283.6	2.7
		-1	285	1.7
			239.5	
			224	
			227.1	
		-0.9	211.2	1.6
		-1.3	208.8	2.2
			217	
			257.3	
			284.9	
			262.6	
	-34.5	-0.7	231	1.2
		-0.3	386.4	0.5
		-0.2	179.1	0.4
			166.7	
			182.4	
			160	
	-30.6	-1.7	172	2.9
		-1.6	178.2	2.7
		-1.1	289.6	1.9
			352.4	
			388.2	
			168.5	
			206.8	
			184	
			221.1	
			211	
			181	
			189.6	
		-2.4	279.4	4.0
		-1.9	292	3.2
		-3.1	306.5	5.1
	-37.4	-2.3	318.7	3.9
	-41.2	-1.7	369	2.9

Tablo 7. SY1-1 nolu örneğin mikrotermometrik parametre ve hesaplanan tuzluluklar

Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
SY1-1	-30.1	-1.2	191.9	2.1
	-28.6	-0.4	203	0.7
			272.3	
			364	
			202.3	
			163.1	
			167	
	-30.2	-0.8	308.4	1.4
			182.8	
		-0.6	197.6	1.1
		-0.9	170.2	1.6
		-1.4	178.5	2.4
			218	
			201.7	
			214.1	
			376	
	-36.4	-1.2	289.9	2.1
	-30.8	-1.6	294	2.7
			288.3	
			291	
			274.6	
			296.5	
			267.4	
			248.1	
			181.8	
			319.7	
			308	
			173.6	
	-27.4	-1	366.2	1.7
		-0.9	298	1.6
			187	
			302.7	
			288	

Tablo 8. SY2-1 nolu örneğin mikrotermometrik parametre ve hesaplanan tuzlulukları

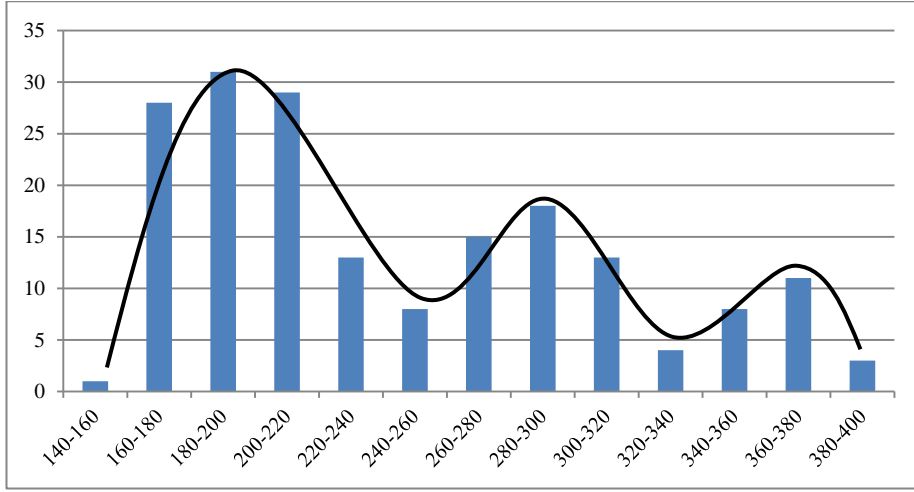
Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
SY2-1	-39.4	-1.1	346.9	1.9
	-38.7	-0.9	319	1.6
		-1.6	284	2.7
			261.1	
			294.6	
			286.4	
	-37.2	-0.4	261.3	0.7
		-0.7	296.8	1.2
		-1.6	322.7	2.7
			318.5	
			314.2	
	-31.40	-1.60	186.9	2.7
		-1.20	278.1	2.1
			192	
			169	
			182.4	
		-1.6	206	2.7
		-0.5	209.3	0.9
		-0.8	211.6	1.4
			219	
			224.2	

Tablo 8. (Devamı)

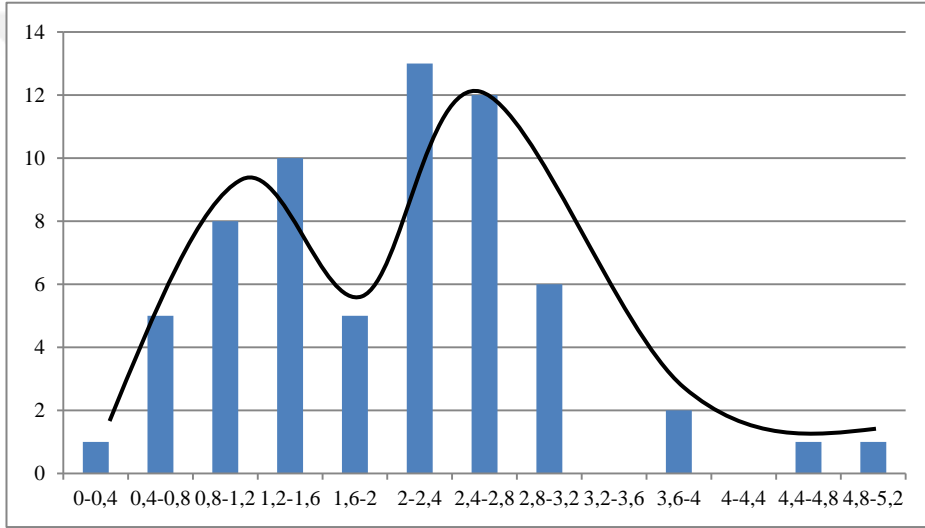
Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
			179	
			171.7	
	-28.4	-1.1	276.9	1.9
	-39.1	-1.4	193.5	2.4
		-0.8	170.1	1.4
		-0.3	193	0.5
			387.7	
			184	
			181	

Tablo 9. SY3-1 nolu örneğin mikrotermometrik parametre ve hesaplanan tuzlulukları

Örnek No	Ötektik (Te)	Son buz ergime (Tm-ice)	Homojenleşme (Th)	Tuzluluk (NaCl %)
SY3-1	-32.4	-1.5	214	2.6
		-1.8	362	3.1
		-0.6	161.7	1.1
		-0.6	204.3	1.1
		-0.9	191.9	1.6
			188.1	
			172	
			354.2	
			239.4	
			229.6	
			171.5	
			177.8	
			208.1	
			183.7	
			223	
			218.3	
	-38.5	-0.5	184.6	0.9
	-24.7	-1.3	258	2.2
			352.1	
			341.4	
			219.9	
			240.7	
	-40.8	-1.6	375.3	2.7
		-1.2	246	2.1
		-1.4	194.5	2.4
			258.8	
			244.1	
			188	
			171	



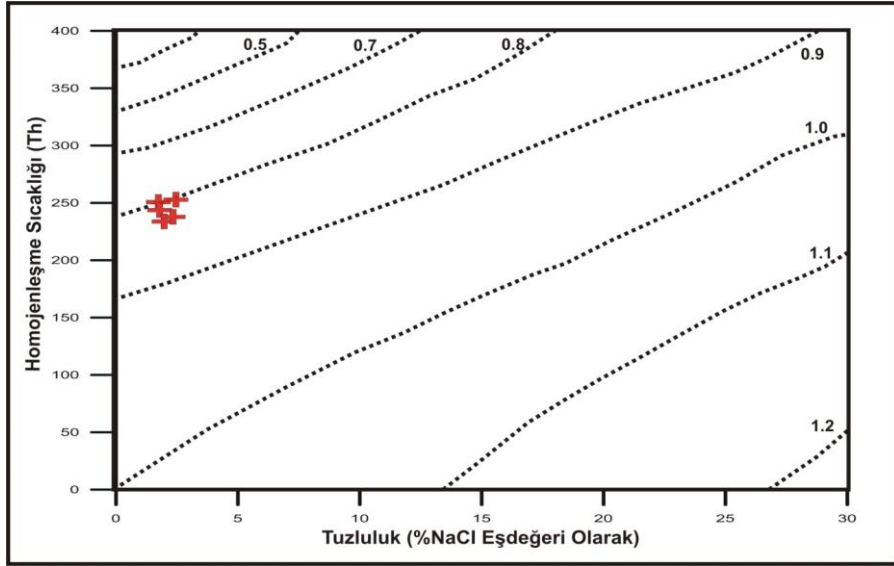
Şekil 30. Sıvı kapanım örneklerinin homojenleşme sıcaklıklarının göre hazırlanmış histogram



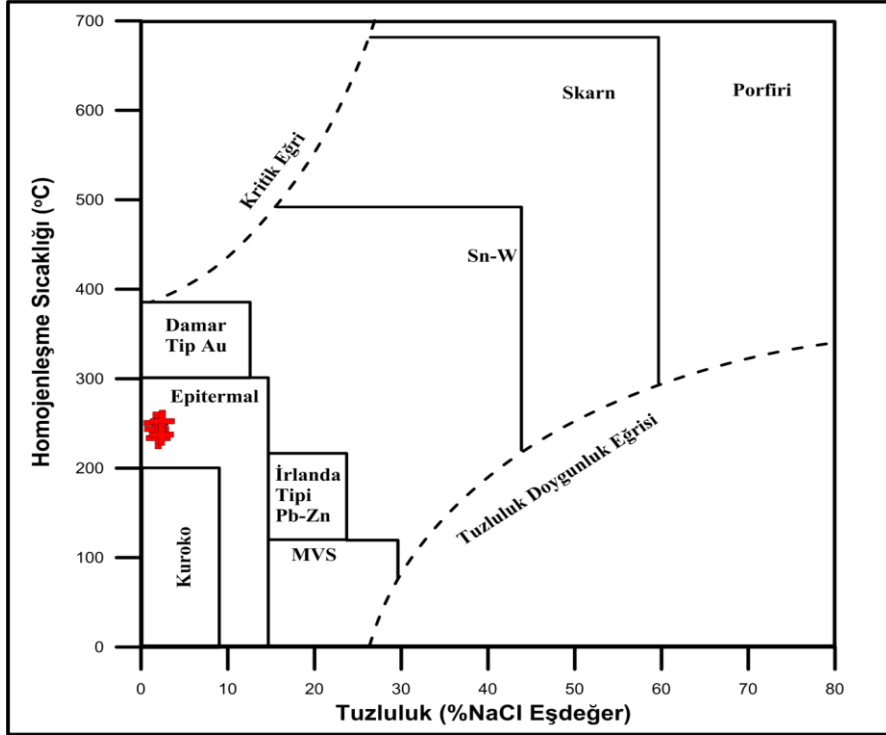
Şekil 31. Sıvı kapanımlarının tuzluluklarına ait histogram

Homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri yardımıyla sıvı kapanımlarının içindeki akışkanların yoğunlukları tespit edilebilmektedir (Brown, 1989; Zhang ve Frantz, 1987). Diyagrama göre sıvı kapanım oluşturan kuvarların birbirlerine yakın tuzluluk ve homojenleşme sıcaklıklarına sahip oldukları belirlenmiştir. Ölçümlenmiş veriler yardımıyla sahadaki cevher oluşturan sıvıların ortalama; %2.1 tuzluluğa sahip, 245 °C homojenleşme sıcaklığında ve 0.7-0.9 gr/cm³ yoğunluğa sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 32).

Granitik kayaçlarla ilişkili damar tip yataklardaki magmatik kökenli akışlara ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (Th) 240-430 °C ve tuzlulukları ise % 1-15 NaCl eşdeğeri aralığındadır (Roedder, 1984). Tez sahasına ait mikrotermometrik ölçümler tarafından önerilen diyagramla değerlendirildiğinde sahadaki cevherleşmenin epitermal sistem içerisinde yer aldıkları görülmektedir (Şekil 33).



Şekil 32. Tez sahasından alınan sıvı kapanım örneklerinin yoğunluk diyagramındaki konumları (Brown, 1989; Zhang ve Frantz, 1987)



Şekil 33. Tez sahasının sıvı kapanım örneklerine ait mikrometrik verilerin Rodder (1984) tarafından farklı yatak tipleri için önerilen homojenleşme sıcaklıklarına karşı tuzluluk diyagramındaki konumları

3.6. Duraylı İzotop Çalışmaları

Duraylı izotoplar değişik jeolojik ortam, jeokimyasal koşullara, hatta iklimsel koşul ve coğrafi olaylara bağlı olarak farklılaşmaya uğrarlar. Bu yüzden maden yataklarının araştırılmasında, kökensele özelliklerin belirlenmesinde duraylı izotoplardan yaygın olarak faydalanılmaktadır. Jeokimyasal amaçlı çalışmalarda en yaygın kullanılan

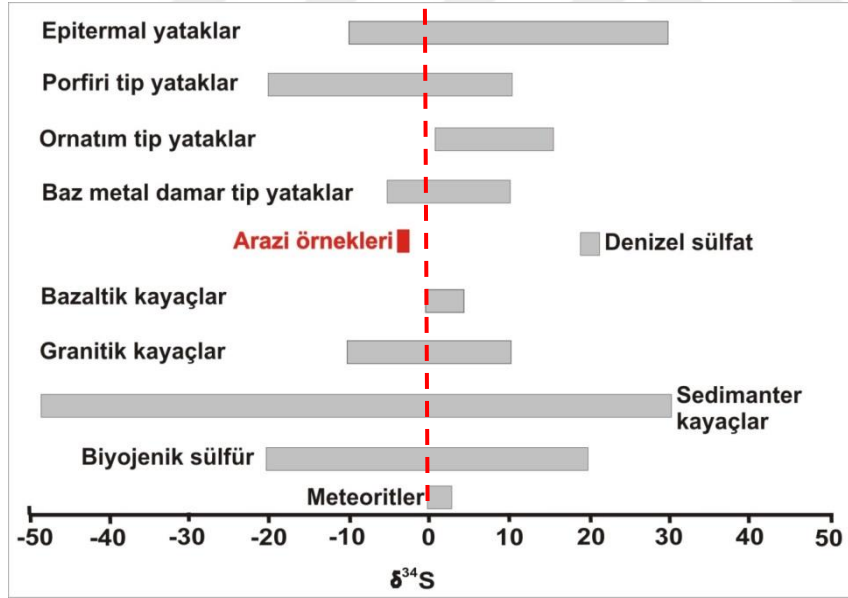
duraylı izotoplar; hidrojen, oksijen, karbon ve kükürt izotoplarıdır. Çalışma alanındaki Sayanınbendi dere bölgesinden 5 adet örnek alınarak ^{34}S ve ^{18}O izotop analizi yaptırılmak üzere Quenn's Univesitesi (Kanada)'ya gönderilmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

Duraylı izotop çalışmaları için alınmış örneklerin 3 tanesi Sayanınbendi deresi piritli kuvars, damar kayaçlarında alınmış ve piritlerden ^{34}S izotop analizi yapılmıştır. Yine aynı bölgeden alınan 2 adet örnekte ^{18}O izotop analizi yapılmıştır. Sahadan alınan örnekler ve bu örneklere ait ^{34}S izotop değerleri Tablo 10.'da verilmiştir.

Tablo 10. ^{34}S duraylı izotop analiz sonuçları

Örnek No	Kayaç Türü	Mineral	^{34}S
GY-1	Kuvars-Alünit	Pirit	-3.6
GY-2	Kuvars-Alünit	Pirit	-2.6
GY-3	Kuvars-Alünit	Pirit	-3.6

Tez sahasına ait ^{34}S izotop verileri ve çeşitli jeokimyasal ortamların ve değişik maden yataklarının ^{34}S değişim aralıkları Şekil 34. de verilmiştir.



Şekil 34. Tez sahası ve değişik jeokimyasal ortamların ^{34}S izotop değişim aralıkları (Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987; Ohmoto ve Rye, 1979)

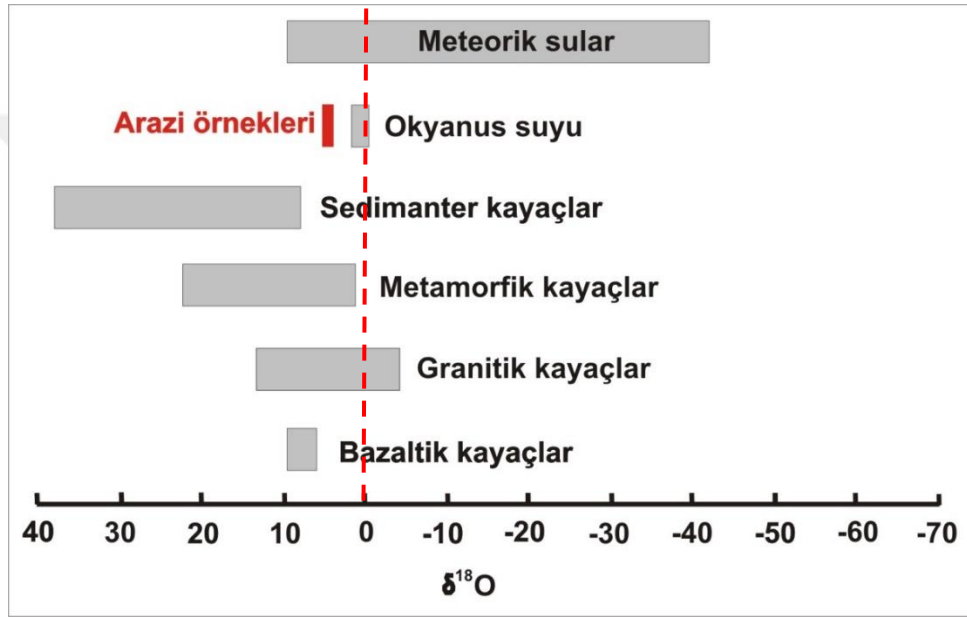
Oksijen, gaz, sıvı ve katı bileşikler içerisinde yaygın olarak yer bulan ve doğadaki en bol olan elementlerin başında gelir. Oksijenli bileşikler çok geniş aralıktaki sıcaklıklarda duraylılığa sahip oldukları için izotopları da jeokimya çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Oksijen, ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O olmak üzere üç duraylı izotopa sahiptir. ^{17}O izotopunun değeri diğerlerine oranı çok küçük olduğundan, jeokimyasal

çalışmalarda ^{16}O ve ^{18}O izotopları değerlendirilmektedir. Tez alışması kapsamında cevherleşme ile ilişkili 2 örnekte ^{18}O izotop analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. ^{18}O duraylı izotop analiz sonuçları

rnek No	Kayaç Türü	Mineral	^{18}O
KY-1	Kuvars-Alünit	Kuvars	4.9
KY-2	Kuvars-Alünit	Kuvars	4.2

Araziden alınan örneklerine göre; çeşitli kayaç ve jeolojik ortam tiplerinin ^{18}O izotop değişim aralıkları (Hoefs, 1987) Şekil 35.'de sunulmuştur.

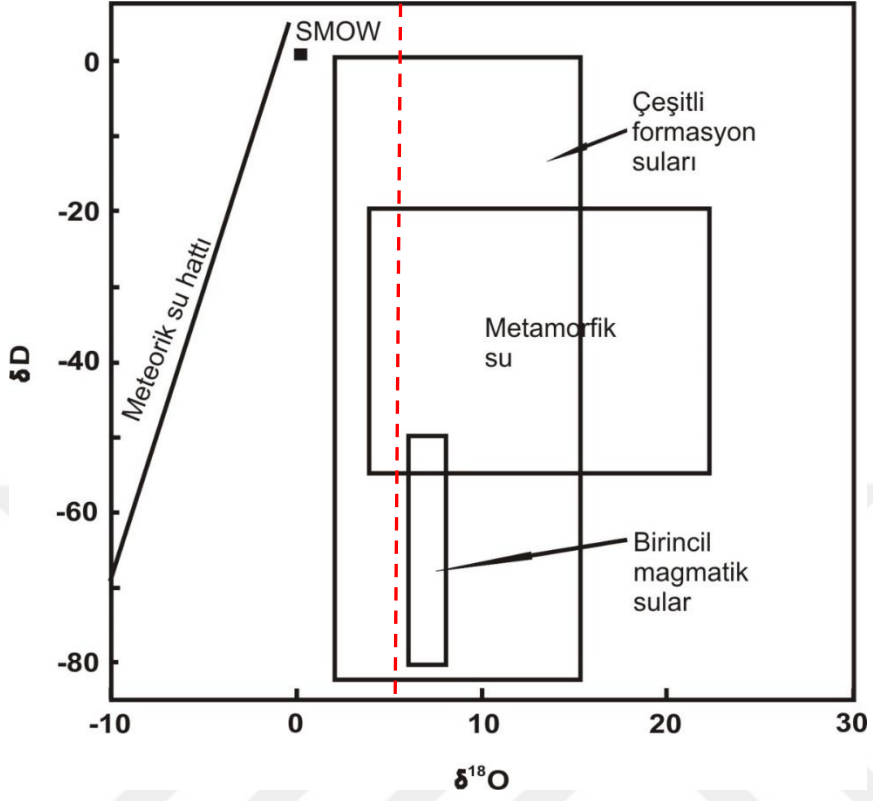


Şekil 35. Tez sahası ve değişik jeokimyasal ortamlara ait ^{18}O izotop değişim aralıkları

Tez sahasına ait ^{34}S izotop değerleri, cevher mikroskobisi, sıvı kapanım ve arazi verileri birlikte değerlendirildiğinde tez sahasındaki cevherleşmede birkaç kökensel sürecin etkili olduğu görülmekle birlikte ^{34}S verileri incelendiğinde magmatik süreçlerin baskınlığı dikkat çekmektedir. Pirit minerallerinden elde edilen ^{34}S değerler 0'a yakındır. ^{34}S için 0'a yaklaşan değerler magmatik kökene işaret ederken, epitermal tip cevherleşmelerdeki ^{34}S değerleri -9 ile 29 aralığındadır (Ohmoto ve Rye, 1979). Dolayısıyla tez sahasındaki cevherleşmelerin epitermal tipte olduğu desteklenmektedir.

Sayanınbendi Dere bölgesi cevherleşmesi sıvıları için sadece ^{18}O duraylı izotop verileri dikkate alınarak $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ diyagramında verilmiştir (Şekil 36). Tez sahası ^{18}O değerlerinin (‰ 4,2; ‰ 4,9) eşitli formasyon suları, metamorfik su alanına düşen bir eksen üzerinde olduğu (Şekil 36.'de kırmızı hat) ve birincil magmatik sular alanına da

yakın bir konumda olduğu görülmektedir. Elde edilen bu izotop değerleri de tez sahası cevherleşme modeliyle uyumluluk göstermektedir.



Şekil 36. Sayanbendi dere bölgesinden cevherleşmesi sıvıları için δD - $\delta^{18}O$ diyagramı (Taylor, 1986)

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

1. Tez sahasında temel kayalar olarak Karakaya Karmaşığı (Alt Triyas) birimleri yer almaktadır. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Eybek Granitoidi Karakaya Karmaşığı birimlerini keser konumda olup, tüm bu birimler ise Pliyosen Çökeller tarafından örtülmektedir. Tez sahasında eğimin düşük olduğu kesimlerde ve düşük eğimli derelerde ise Kuvaterner alüvyonlar görülmektedir.

2. Arazide gerçekleştirilen ayrıntılı jeolojik haritalama sonucunda, dört adet kırık belirlenmiş ve haritalanmıştır. Bunlar; Bıçkı deresi, Ilıca deresi ve Kızılağaç deresi boyunca uzanan KB-GD doğrultulu tali kırıklarla desteklenmiş kırık sistemidir. Alandaki jeotermal kaynaklarında bu kırıklarla ilişkili olduğu söylenilebilir.

3. Elde edilen verilere göre, Sayanbendi Deresi Cu-Pb cevherleşmesi Karakaya Karmaşığını kesen Eybek granitoidine bağlı olarak gelişmiştir. Cevherleşmelerin çoğunlukla Eybek granitoidinin Karakaya Karmaşığı ile kenar dokanakları boyunca zenginleştiği görülmüştür. Cevherleşmeler çoğunlukla KB-GD kırık-çatlak sistemlerine cevherli hidrotermal akışkanların yerleşerek oluşturduğu damarlar şeklinde gelişmiş olup, bazen de granitoid içerisinde dissemine şekilde gelişmişlerdir. Yaygın cevher mineralleri kalkopirit, galenit, sfalerit ve arjantit tespit edilmiştir.

4. Hidrotermal akışkanların faaliyetleri sonucunda inceleme bölgesinde alterasyon ürünleri olarak hematitleşme, limonitleşme, killeşme, kloritleşme ve silisleşme gözlenmiştir.

5. Granitoidik kayalarda jeokimyasal amaçlı sınıflandırmalar gerçekleştirilmiş olup, toplam alkali-silisyum diyagramında ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$) kayaların; granodiyorit, kuvars monzonit, monzonit ve granit alanında yer aldığı, çoğunlukla da granitoid-kuvars monzonit bölgesine düştüğü görülmüştür. Plütonunun magma karakterinin ise subalkalen karakterde olduğu, ANK/ACNK diyagramına göre ise çoğunlukla peralkalen ve metalümino özellik sergilendikleri belirlenmiştir.

6. Tez sahasından alınan 5 adet örnekte sıvı kapanım incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanım verilerine göre kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 160- 388.2 °C aralığında değiştiği, ortalama homojenleşme sıcaklığının ise 245 °C olduğu tespit edilmiştir. Homojenleşme sıcaklıkları gruplandıklarında, sıcaklıkların 160-220 °C, 260-320 °C ve 340-380 °C aralıklarında kümelenedikleri belirlenmiştir. Ergime sıcaklıklarından yararlanılarak eriyiğin hesaplanan NaCl eşdeğeri tuzluluk değerlerinin % 0.4-5.1 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Hesaplanan tuzluluk

değerleri gruplandırıldığında %0.4-2 ve %2-3.2 arasında bir kümeleşmeye sahip olduğu görülmektedir.

7. Arazi gözlemleri, jeokimyasal çalışmalar ve sıvı kapanım çalışmaları değerlendirildiğinde sahadaki cevherleşmenin ortalama; %2.1 tuzluluğa sahip. 245 °C homojenleşme sıcaklığında ve 0.7-0.9 gr/cm³ yoğunluğa sahip epitermal damar tip olduğu belirlenmiştir.

8. Sahada yapılan duraylı izotop verilerinin de cevherleşmenin epitermal tipte gelişmiş olduğunu teyit ettiği görülmüştür. Dolayısıyla yapılan arazi çalışmaları, mineralojik/petrografik çalışmalar, sıvı kapanım petrografisi çalışmaları, mikrometrik ölçüm verileri ve duraylı izotop çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde sahadaki cevherleşmelerin baskın karakterinin epitermal tip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

9. Tez kapsamında gerçekleştirilen bu incelemelerden sonra cevherli alanda rezerv ve tenör belirlenmesi amacıyla jeofizik çalışmalar ve devamında sondaj noktaları tespit edilerek çalışmalara devam edilebilir.

10. Cevherleşmenin yaş tayinini yapabilmek için kurşun izotop çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Akbulut, K. (2014). *Ünlüpinar (Kelkit- Gümüşhane) Eylence Yayla Pb- Zn- Cu±Au cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve kökensel incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (382219).*
- Akıska, S. (2010). *Yenice (Çanakkale) bölgesindeki Cu- Pb- Zn oluşumları. Yayınlanmamış Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Altunkaynak, Ş., ve Genç, Ş. C. (2008). Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NWAnatolia (Turkey). *Lithos*, 102, 316-340.
- Anıl, M. (1984). Yenice (Arapuçan-Kurttaş-Sofular) ve Kalkım (Handeresi) Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinin köken sorunu ve Tersiyer volkanizması ile ilişkileri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 20, 17-30.
- Aslaner, M. (1965). Etude geologique et petrographique de la region d'Edremit-Havran. MTA Enstitüsü, Publication No: 119. Ankara.
- Ayan, M. (1979). Geochronological and petrological studies of the Eybek Granodiorite pluton (Edremit), *Comm. Fac. Scien. Univ. Ankara*, 22, 19-31.
- Ayan, M. (1979). The origin of the some granites occurring in the Menderes Massif and their relations with the uranium mineralization. *Comm. de la Fac desScien. de L'Univ. d'Ankara*, 22, 91-128.
- Aydal, D., Vural, A., ve Polat O. (2004). Volkanik kayalarda baz metal ve altın içeren hidrotermal altere alanların Landsat 7 TM ile tanımlanması ve verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi: Bayramiç (Çanakkale) çalışmaları (definition of the base metal and gold bearing hydrothermally altered areas in volcanic rocks using by Landsat 7 TM imagery: Case study from Bayramiç (Çanakkale). Türkiye Jeoloji Kurultayı (8-12 Mart 2004 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.89-90
- Aydal, D., Vural, A., Taşdelen İ., ve Aydal, E. G. (2006a), Bayramiç (Alakeçi-Kıscacık) cevherleşme bölgesinin Landsat 7 ETM kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. 30. Yıl Fikret Kurtman Jeoloji Sempozyumu (20–23 Eylül 2006 Konya) Kitabı, s.195

- Aydal, D., Vural, A., Uslu (Taşdelen), İ. ve Aydal, E. G. (2006). Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin LANDSAT 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli (27-29 Kasım 2006 İstanbul) Bildiri Özleri Kitabı. s.89-90
- Bakır, A. (2005). *Hıdırlar ılıcası (Çanakkale- Yenice) ve dolayının termal hidrojeolojisi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (166508).*
- Bingöl, E. (1969). Kazdağı masifinin merkezi ve güneydoğu kesiminin jeolojisi, *MTA Dergisi*, 72, 110-123.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi (17-19 1973 Ankara) Tebliğler Kitabı. s.70-77
- Bingöl, E. (1978). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, *M.T.A. Dergisi*, 86, 14-34.
- Bodnar, R. (1993). Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Bowers, T.S. ve Helgeson, H.C. (1983). Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of non ideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relation in geologic system: Metamorphic equilibria at high pressures and temperatures, *Amer. Mineralogist*, 68, 1059-1075.
- Böhlke, J.K. ve Irwin, J.J. (1992). Laser microprobe analysis of Cl, Br, I and K in fluid inclusions: Implications for sources of salinity in some ancient hydrothermal fluids, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 56, 203-226.
- Brown, P.E. (1989). Flinkor: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data, *Amer. Mineralogist*, 74, 1390-1393.
- Bürküt, Y. (1966). *Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonların mukayeseli jenetik etüdü.* Yayınlanmamış Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cavazza, W., Okay, A.I., ve Zattin, M. (2008). Rapid early-middle Miocene exhumation of the Kazdağ Massif (western Anatolia), *Int. J. Earth Sci.*, 98, 1935-1947.
- Çağatay, A. (1980). Batı Anadolu kurşun-çinko yataklarının jeoloji- mineraloji etüdü ve kökenleri hakkında görüşler, *T.J.K. Bült.*, 28-2, 119-132.
- Çetinkaya, N., Karul, B., Önal, R. ve Yenigün, K. (1983a). Çanakkale- Yenice- Kalkım Bağırkaç Dere jeoloji raporu, MTA Derleme Rapor No: 7814. Ankara.
- Çetinkaya, N., Karul, B., Önal, R. ve Yenigün, K. (1983b). Çanakkale- Yenice- Kalkım Bağırkaç Dere jeoloji raporu, MTA Derleme Rapor No: 7822. Ankara.

- Dayal, A. ve Özgenç, İ. (2000). Yenice yöresinde skarn oluşturan plutonik ve volkanik kayaların radyometrik yaşı (Çanakkale – Biga Yarımadası). Türkiye 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı (21-25 Şubat 2000 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.296–297
- Delaloye, M. ve Bingöl, E. (2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: Geochemistry and modeling of geodynamic evolution, *International Geology Review*, 42, 241-268.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçaören, F., Çetin, A., Grant, S., ve Asutay, J. (1990). Balıkesir-Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı, *M.T.A. Derg.*, 110, 113-130.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H. J. ve Yıldırım, T. (1995). Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri, *M.T.A. Dergisi*, 117, 55-86.
- Field, C.W. ve Fifarek, R. H. (1985). Light isotope sytematics in the epithermal environment in Berger, B.R., Bekte, P.M., Eds., geology and geochemistry of geothermal systems, *Reviews in Econ. Geology*, 2, 99-128.
- Foley, N.K., Bethke, P.M. ve Rye, R.O. (1989). A Reinterpretation of $\delta\text{DH}_2\text{O}$ values of inclusions fluids in contemporaneous quartz and sphalerite, Cerde mining district, Colorado, *Econ. Geology*, 84, 1996-1997.
- Genç, Ş. C. ve Altunkaynak, Ş. (2007). Eybek graniti (Biga Yarımadası, KB Anadolu) üzerine: Yeni jeokimya verileri ışığında yeni bir değerlendirme, *Yerbilimleri*, 28, 2, 75-98.
- Gökçe, A. 1993. Hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri ve Türkiye'den örnekler, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42, 89-101.
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçören, F., Genç, Ş., Akat, U. ve Acar, Ş. (1984). Çanakkale Boğazı doğusu- Marmara Denizi güneyi- Bandırma- Balıkesir- Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve kompilasyonu, M.T.A. Rap. No: 7430. Ankara.
- Harris, N.B.W., Kelly, S. ve Okay, A.İ. (1994). Post collision magmatism and tectonics in Northwest Anatolia, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 214-252.
- Hoefs, J. (1987). Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.

- İstanbulu, E. (2013). Balıkesir- Dursunbey skarn yataklarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (350368).*
- Kaaden, G. (1957). Çanakkale- Edremit- Biga Bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor, M.T.A. Rap. No: 2661. Ankara.
- Kaaden, G. (1959). Age relations of magmatic activity and metamorphic processes in the Northwestern Part of Anatolia, Turkey, *MTA Enstitüsü Bülteni*, 52.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A. ve Ece, Ö.I. (2008). Petrochemistry of the South Marmara granitoids, Northwest Anatolia, Turkey, *Int. J. Earth Sci.*, 97, 1181-1200.
- Killias, S.P., Kalogeropoulos, S.I. ve Madsen, J.K. (1996). Fluid inclusion evidence for the physical conditions of sulfide: in the Olympias carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) sulfide ore deposit, E. Chalkidiki Peninsula, N. Greece, *Min. Deposita*, 31, 394-406.
- Krushensky, R. D., Akçay, Y. ve Karaege, E. (1971). Geology of an area east of Edremit, Biga Peninsula, NW Turkey. *US Geological Survey of Professional Paper*, p.132.
- Krushensky, R. D. (1976). Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey, *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360.
- Le Bas, M.J. ve Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali- silica diagram, *J. Petrol.*, 27, 745–750.
- Maniar, P. D. ve Piccoli, P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids, *Geo. Soc. American. Bul.*, 101, 635-643s.
- Ohmoto, H. ve Rye R.O. (1970). The Blue Bell Mine, British Colombia. I. Mineralogy, paragenesis, fluid inclusions and the isotopes of hydrogen oxygen and carbon, *Econ. Geology*, 65, 417-437.
- Ohmoto, H. (1974). Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in Kuruko Deposits, Japan, *Econ. Geology*, 69, 947-953.
- Ohmoto, H. ve Rye, R. O. (1979). Isotopes sulfur and carbon: In Barnes, H. L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Second Edition, 509 – 567.
- Okay, İ. A., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi, *T.P.J.D. Bülteni*, 1/3, 83-121.

- Okay, A.İ. ve Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Seranne, M. (Eds.), the mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen, *Geological Society London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Okay, A. I. ve Satır, M. (2000). Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in Northwest Turkey, *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Okay, A. I. ve Göncüoğlu, M.C. (2004). Karakaya Complex: A review of data and concepts, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Okay, A. İ., Satır, M. ve Siebel, W. (2006). Pre-Alpide orogenic events in the Eastern Mediterranean region. In: Gee, D.G., Stephenson, R.A. (Eds.), *European Lithosphere Dynamics*, Geological Society London, Memoirs, 32, 389-405.
- Okay, A. İ., Bozkurt, E., Satır, M., Yiğitbaş, E., Crowley, Q. G. ve Cosmas, K. S. (2008). Defining the southern margin of Avalonia in the Pontides: Geochronological data from the Late Proterozoic and Ordovician granitoids from NW Turkey, *Tectonophysics*, 461, 252-264.
- Orhan, A. (2008). *Susurluk skarn yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri (Balıkesir-Batı Anadolu). Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (178908).*
- Öngen, S. (1982). *Yenice (Çanakkale) granitoidlerinin ve yan kayaçlarının petrolojisi. Yayınlanmamış Doçentlik tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.*
- Özbayrak, H.Y. (1980). Çanakkale-Yenice-Hıdırlar alanının jeotermal enerji olanakları, MTA Rap. No. 8798. Ankara.
- Pickett, E. A., Robertson, A. H. F. ve Dixon, J. E. (1995). The Karakaya Complex, NW Turkey: a Palaeotethyan accretionary complex. In: Erler, A., Ercan, T., Büng, L, E. and Örcen, S. (eds), geology of the Black Sea region proceedings of an international symposium on the geology of the Black Sea region, September 7-11, 1992, Ankara, Turkey. *Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers*, 11-18.
- Robertson, A. H. F., Ustaömer, T., Pickett, E. A., Collins, A. S., Andrew, T. ve Dixon, J. E. (2004). Testing models of Late Paleozoic-Early Mesozoic orogeny in western Turkey: Support for an evolving Open-Tethys model, *Journal of Geological Society London*, 161, 501-511.
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions: Reviews in mineralogy, v. 12, *Mineralogical Society of America*, Washington, 644.

- Samson, I. M. ve Russel, M. J. (1987). Genesis of the silvermines zinc-led-barite deposit Ireland: Fluid inclusion and stable isotope evidence, *Econ. Geology*, 82, 371-394.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.N., ve Alderton, D.H.M., (1985). A practical guide to fluid inclusion studies, Blacie&Son Press, London.
- Shepherd, T. J. ve Rankin A. H. (1998). Fluid inclusion techniques of analyses, in Richhards, P.J., Larson, J.P., Eds., Techniques in hydrotherman ore deposits geology, *Reviews in Econ. Geology*, 10, 125-149.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A. M. C. (1984). Türkiye tektonik tarihinin yapısal sınıflaması. TJK Ketin Sempozyumu (20-21 Şubat 1984 Ankara) Kitabı. s.37-61
- Taylor, B. E. (1986). Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H and S, *Reviews in Mineralogy*, 16, 185-226.
- Tufan, A. ve Kara A. (1987). Çanakkale-Yenice Vakıf Köyü Pb-Zn-Cu cevherleşmesi, maden jeolojisi raporu, M.T.A. Rap No. 8297. Ankara.
- Vural, A. (2006). Bayramiç (Çanakkale) ve çevresindeki altın zenginleşmelerinin araştırılması. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (181044).
- Vural, A. Aydal, D. ve Akpınar, İ. (2011), A low sulphur epithermal gold mineralization in Kisacik-Ayvacik area (Çanakkale-Turkey). Goldschmidt Conference (14-19 August Prague) Abstracts. s. 2105
- Vural, A. Corumluoglu, O. ve Asri, İ. (2016). Exploring Gördes zeolite sites by feature oriented principle component analysis of LANDSAT images, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 14(4), 285–298.
- Vural, A. ve Aydal, D. (2016a). Bayramiç ve yakın çevresindeki altın zenginleşmelerinin araştırılması, 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı (11-15 Nisan 2016 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s. 376–377
- Vural, A. ve Aydal, D. (2016b). Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey), 34th National and the 2nd International Geosciences Congress (22-24 February 2016 Tehran) Proceedings Book. s.1-12
- Vural, A. ve Aydal, D. (2016c). Using soil geochemistry for gold exploration:Ayvacık (Çanakkale-Northwest Turkey), 34th National and the 2nd International Geosciences Congress Proceedings Books. 22-24
- Vural, A. ve Aydal, D. (2018). Kısacık-Ayvacık (Çanakkale) altın cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal açıdan incelenmesi, 8. Jeokimya Sempozyumu

(2-6 Mayıs 2018 Trabzon) Bildiri Özleri Kitabı. s.121–122.

- Vural, A. ve Aydal, D. (2020a). Determination of lithological differences and hydrothermal alteration areas by remote sensing studies: Kısacık (Ayvacık-Çanakkale, Biga Peninsula, Turkey), *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(1), 1341–1357.
- Vural, A. ve Aydal, D. (2020b). Soil geochemistry study of the listvenite area of Ayvacık (Çanakkale, Turkey), *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 18(3), 205–215.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2021a). Alakeçi-Kısacık volkanitlerinin petrografisi ve jeokimyası (KB Türkiye), *4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research Proceedings Books (08-09 August 2021 Warsaw)*. s.1–14
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2021b). Kuşçayırı plütununun petrografisi, jeokimyası ve petrolojisi (KB Türkiye), *4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research Proceedings Books (08-09 August 2021 Warsaw)*. s.51–69
- Vural, A. (2022). Heavy metal pollution from listvenitization: In case of Alakeçi Bayramiç-Çanakkale/West Türkiye), *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 4(2), 94-102.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2022a). Kısacık (Ayvacık/Çanakkale-Türkiye) ve Civarındaki Kayaçların Ağır Metal/İz Element İçeriklerinin Çevre Jeokimyası Açısından İncelenmesi, *4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences Proceedings Books (10-13 November 2022 Konya)*. s.957-965.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2022b). On heavy metal pollution associated with listvenite developments: Ayvacık-Bayramiç/ Çanakkale-West Türkiye, *8th International Zeugma Conference on Scientific Researches Proceedings Books (15-17 July 2022 Gaziantep)*. s.492–501
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2022c). Yumruadağı volkaniklerinin (Çanakkale/Türkiye) genel jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, *Rumeli Ist International Scientific Research Conference On Sustainable Engineering And Technology Proceedings Books (13-15 May 2022 İstanbul)*. s.352–363
- Vural, A. (2023). An evaluation of elemental enrichment in rocks: in the case of Kısacık and its neighborhood (Ayvacık, Çanakkale/Türkiye), *Journal of Geography and Cartography*, https://doi.org/Yeni_Kabul

- Yıkılmaz, M. B., Okay, A. I. ve Özkar, I. (2002). Biga Yarımadası'nda pelajik bir Paleosen istifi, *MTA Dergisi*, 123-124. 21-26.
- Yücelay, M. A. (1975). Çanakkale İli, Yenice İlçesi, Kalkım Bucağı, Karaaydın Köyü simli kurşun Pb- Zn cevherleşmesine ait jeolojik rapor. MTA Derleme Rap. No: 5616. Ankara.
- Yücelay, M. A. (1976). Çanakkale- Kalkım- Handeresi Pb- Zn- Cu bölgesinin etüdü. MTA Derleme Rapor No: 5720. Ankara.
- Wilkinson, J. J., Rankin, A. H., Mulshaw, S. C., Nolan, J. ve Ramsey, M. H. (1994). Laser ablation-ICP-AES for the determination of metals in fluid inclusions: An application to the study of magmatic ore fluids. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 58, 1133-1146.
- Wilkinson, J. J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, *Lithos*, 55, 229-272.

ÖZGEÇMİŞ

Erdem Şahin 2007 yılında Safranbolu’da lise öğrenimini tamamladı. 2008 yılında Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği bölümüne başlayıp, 2012 yılında lisans eğitimini tamamlamıştır. 2012 yılında Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı’nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Lisans eğitimini tamamladıktan sonra, çeşitli şirketler bünyesinde Türkiye’nin birçok bölgesinde maden ve enerji alanında çalışmalar yaptı. Evli ve 1 çocuğu olan Şahin iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Yayınlar:

- Vural, A. ve Şahin, E. (2012). Gümüşhane İli şehir merkezinden geçen devlet karayolundaki akasyalarda ve toprakta trafiğe bağlı iz element birikimine ait ilk bulgular, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı (2-6 Nisan 2012 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.162–163
- Vural, A. ve Şahin, E. (2012). Gümüşhane şehir merkezinden geçen karayolunda ağır metal kirliliğine ait ilk bulgular, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1) 21–35.
- Vural, A., Şahin, E. ve Güner, S. (2013). Terkedilmiş maden sahalarının jeoturizm-jeosit potansiyeli, Gümüşhane, Türkiye 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı (1-5 Nisan 2013 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.162–163
- Vural, A., Şahin, E. ve Kara, T. R. (2014). Torul Gümüştüğü antimonit cevherleşmesinin jeolojik ve jeofiziksel özellikleri, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı (14-18 Nisan 2014 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.534–535
- Şahin, E. ve Erdoğan, M. (2016). Boztepe Mezrası (Çobandere Köyü/Arguvan/Malatya) bölgesindeki eski maden atıkları ve bölge madenciliği açısından önemi, 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı (11-15 Nisan 2016 Ankara) Bildiri Özleri Kitabı. s.362–363