

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YAĞMURDERE (GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) VE YAKIN ÇEVRESİNİN
CEVHERLEŞME POTANSİYELİNİN JEOKİMYASAL VE
JEOİSTATİSTİKSEL OLARAK İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS

Celaleddin BAYRAKTAR

OCAK-2023
GÜMÜŞHANE



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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAĞMURDERE (GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) VE YAKIN ÇEVRESİNİN
CEVHERLEŞME POTANSİYELİNİN JEOKİMYASAL VE
JEOİSTATİSTİKSEL OLARAK İRDELENMESİ**

**GEOCHEMICAL AND GEOSTATISTICAL EVALUATION OF
MINERALIZATION POTENTIAL OF YAĞMURDERE (GÜMÜŞHANE, NE
TÜRKİYE) AND ITS NEAR VICINITY**

YÜKSEK LİSANS

Celaleddin BAYRAKTAR

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**



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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAĞMURDERE (GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) VE YAKIN ÇEVRESİNİN
CEVHERLEŞME POTANSİYELİNİN JEOKİMYASAL VE
JEOİSTATİSTİKSEL OLARAK İRDELENMESİ**

**GEOCHEMICAL AND GEOSTATISTICAL EVALUATION OF
MINERALIZATION POTENTIAL OF YAĞMURDERE (GÜMÜŞHANE, NE
TÜRKİYE) AND ITS NEAR VICTINITY**

YÜKSEK LİSANS

Celaledin BAYRAKTAR

Danışman: Doç. Dr. Alaaddin VURAL

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Yağmurdere (Gümüşhane, KD Türkiye) ve Yakın Çevresinin Cevherleşme Potansiyelinin Jeokimyasal ve Jeostatistiksel Olarak İrdelenmesi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmalarını kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğum 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.

23/01/2023

.....
Celaleddin BAYRAKTAR

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne bağlı Maden Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları (Proje-Özel Kod No: 2017-32-13-12) Projesi** kapsamında desteklenmiştir. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Hocam Doç. Dr. Alaaddin Vural'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında laboratuvar imkanlarından yararlandığım Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Daire Başkanlığı çalışanlarına. MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi başkanlığına bağlı Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında birlikte çalışmış olduğum mesai arkadaşlarım, Mustafa ÖZKAN (Jeo.Yük.Müh.), Deniz GÖÇ (Jeo.Yük.Müh.), Dr. Mustafa Kemal REVAN (Jeo.Yük.Müh.), Serdar CENGİZ ve Rasim Taylan KARA (Jeoloji Yük. Müh.)' ya teşekkürü borç bilirim. Yaşamımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Celaleddin BAYRAKTAR
GÜMÜŞHANE- 2023

ÖZET

Bu tez çalışmasında Yağmurdere (Gümüşhane, KD Türkiye) ve yakın çevresindeki değerli ve baz metal elementlerin aranmasına yönelik belirlenen sahalarda, sediman jeokimyası verileri kullanılarak jeostatistiksel yöntemlerle hedef prospeksiyon alanlarının tespit edilmesi, toprak ve kayaç jeokimyası verileri yardımıyla anomali alanlarının daraltılması, sahanın element dağılım haritalarının oluşturulması ve tüm bu veriler dikkate alınarak uygun sondaj yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda 2014-2021 yılları arasında arazi çalışmaları gerçekleştirilerek sahanın jeolojik ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Sahadaki cevherleşme/element zenginleşmelerinin belirlenmesine yönelik olarak 191 adet sediman, 869 adet toprak ve 379 adet kayaç örneği alınarak, analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Maden Analizleri Teknolojisi Dairesi Başkanlığında Cu, Pb, Zn, Mo, As, Sb, Ag, Au, Co, Ni, Bi, V elementleri için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen element konsantrasyonları değişik istatistiksel metotlarla değerlendirilmiş olup, her bir element için bölgesel ve yerel eşik değerler tespit edilmiştir. Ayrıca her bir element dikkate alınarak Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) metodu ile element dağılımı (anomali) haritaları oluşturulmuş ve bu haritalardan yararlanılarak MTA tarafından Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında 4 farklı lokasyonda 14 adet karotlu maden arama sondajı gerçekleştirilmiştir.

Sondajlara ait karot örneklerinden yapılan XRD çalışmaları ile sahada gelişmiş serizitik-fillik alterasyon zonları tespit edilmiş, cevher mikroskobisi çalışmaları ile de pirit, rutil ve fahlerz gibi cevher minerallerinin zenginleştiği alanlar tespit edilmiştir.

Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde hedef bölgelerdeki jeokimyasal veriler kullanılarak elde edilen ve jeostatistik metotlarla oluşturulan element dağılım haritalarındaki anomali bölgelerinin, inceleme alanındaki cevherleşme ile ilişkili olduğu bu tez çalışması kapsamında ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arama jeokimyası, Gümüşhane, Jeostatistik, KD Türkiye, Ters mesafe ağırlıklandırma.

SUMMARY

In this thesis, it is aimed to determine target prospecting areas by geostatistical methods using sediment geochemistry for precious and base metals in Yağmurdere (Gümüşhane, NE Türkiye) and its surroundings, and to narrow the anomaly areas with the help of soil and rock geochemistry, to plot element distribution maps of the area and to determine suitable drilling sites by considering all these data.

Between 2014-2021, field studies were done and the geological/geochemical characteristics of the field were determined. 191 sediment, 869 soil and 379 rock samples were analyzed at the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Mine Analysis Technology Department for Cu, Pb, Zn, Mo, As, Sb, Ag, Au, Co, Ni, Bi and V for determining the mineralization/element enrichment in the field. The results were evaluated with different statistical methods, regional and local threshold values were determined for each element. In addition, element distribution (anomaly) maps were plotted by using the Inverse Distance Weighting (IDW) method, for each element, and 14 exploration drillings were done in 4 different locations by MTA for its metallic mineral exploration project by using these maps.

From the drill core samples, sericitic-phyllic alteration zones in were determined by XRD studies, and enriched ore minerals zones such as pyrite, rutile and fahlerz were determined by ore microscopy studies.

It has been revealed that the anomaly regions in the element distribution maps obtained by using geochemical data in the target regions and plotted by geostatistical methods are related to the mineralization in the study area.

Keywords: Exploration geochemistry, Gümüşhane, Geostatistics, NE Turkey, Inverse distance weighting

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
EKLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	1
1.2.3. Tez Alanı Coğrafi Özellikleri	2
1.3. Saha Ulaşım İmkanları.....	2
1.4. Doğu Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojisi	4
1.5. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
2.1. Amaç ve Yöntem.....	10
2.2. Saha Çalışmaları.....	10
2.2.1. Laboratuvar Çalışmaları.....	11
2.2.1.1. İnce Kesitlerin hazırlanması.....	11
2.2.1.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	11
2.2.1.3. X-Ray Difraktometresi (XRD) Analizleri.....	12
2.2.2. Jeokimyasal Analizler	13
2.2.2.1. Baz ve Değerli Metal Analizleri	13
2.2.3. Büro Çalışmaları	15
2.3. Verilerin Değerlendirilmesi	15
2.3.1. İstatistik Çalışmalar.....	15
2.3.2. Verilerin Dağılım Karakteristiklerinin Belirlenmesi	16

2.3.3. Korelasyon	16
2.3.4. Verilerin Normalite Testleri	17
2.3.5. Eşik Değer Hesabı	17
2.3.5.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi	17
2.3.5.2. Geometrik Ortalama Yöntemi	18
2.3.5.3. Medyan ± 2 Medyan Mutlak Sapma yöntemi	18
2.4. Alansal (Spatial) Jeostatistik Çalışmalar	18
2.4.1. Varyogram	19
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
3.1. Çalışma Sahası Jeolojisi	21
3.1.1. Zimonköy Formasyonu	23
3.1.2. Berdiga Formasyonu	24
3.1.3. Çatak Formasyonu	24
3.1.4. Çağlayan Formasyonu	25
3.1.5. Üst Kretase Yaşlı Plütonik Kayaçlar	27
3.1.6. Alibaba Formasyonu	28
3.1.7. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar	30
3.2. Yapısal Jeoloji	30
3.3. Alterasyon ve Cevherleşme	31
3.4. Jeokimyasal/ Jeostatistik Çalışmalar	33
3.4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	33
3.4.2. Korelasyon	37
3.4.3. Verilerin Dağılım Karakteristikleri	42
3.4.4. Eşik Değer Hesaplamaları	43
3.4.5. Dağılım Haritaları	45
3.5. Sondaj Çalışmaları	66
3.5.1. Büyükdağ Sondajları	67
3.5.2. İkiz Sondajları	68
3.5.3. Şephane Sondajları	69
3.5.4. Yuvalı Sondajları	70
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	72
KAYNAKÇA	73
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	89

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Jeokimyasal örneklerin dedeksiyon limitleri ve analiz yöntemleri	14
Tablo 2. Çalışma sahasındaki sondajlardan alınan XRD verileri	31
Tablo 3. Sedimanlardaki element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri	34
Tablo 4. Toprak örneklerinin element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ...	35
Tablo 5. Kayaç örneklerine ait element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri .	36
Tablo 6. Dere sedimanlarına ait Pearson/Spearman Korelasyon katsayıları (Grafiklerde kalın harflerle gösterilen “1”lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır).....	37
Tablo 7. Toprak örneklerinin Pearson/Spearman Korelasyon Katsayıları (Grafiklerde kalın harflerle gösterilen “1”lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır).....	39
Tablo 8. Kayaç örneklerinin Pearson/Spearman Korelasyon Katsayıları (grafiklerde kalın harflerle gösterilen “1”lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır).....	41
Tablo 9. Sedimanlar için Normalite Testi ^{a,b,c}	42
Tablo 10. Topraklar için Normalite Testi ^a	42
Tablo 11. Kayaçlar için Normalite Testi ^a	43
Tablo 12. Sediman örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.	44
Tablo 13. Toprak örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.	44
Tablo 14. Kayaç örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Tez sahasının uydu görünüm haritası.	3
Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999'den değiştirilmiştir).....	4
Şekil 3. Doğu Pontid Kuzey Zon'a ait genelleştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek).....	7
Şekil 4. Çalışma Sahasının Dikme Kesiti	22
Şekil 5. Çalışma sahasının jeoloji, alterasyon ve numune lokasyon haritası (Duygu vd. 2015'ten değiştirilerek.).....	23
Şekil 6. Zimonköy Formasyonu içindeki bazaltlara ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N.....	24
Şekil 7. Çatak Formasyonu'na ait marnlardan görünüm Yağmurdere köyü kuzeyi.....	25
Şekil 8. Çatak Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N.....	25
Şekil 9. Çağlayan Formasyonu'na ait andezitlerden görünüm	26
Şekil 10. Çağlayan Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b:Ç.N	27
Şekil 11. Alibaba Formasyonu'na ait bazik kayalardan görüntü Kostandağı mevki ...	29
Şekil 12. Şephane köyü yolu üzeri dasit-andezit geçiş zonu	29
Şekil 13. Alibaba Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N..	30
Şekil 14. Yuvalı sahası cevher mikroskobisi örnekleri, a) özşekilsiz pirit minerali b) rutillerin etrafındaki saçınım halinde piritler.....	33
Şekil 15. İkiz sahası cevher mikroskobisi örnekleri, a) özşekilli kafes dokusuna sahip rutil b) fahlerz mineralleri etrafındaki saçınım halde piritler	33
Şekil 16. Sahadaki sediman örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası	46
Şekil 17. Sahadaki sediman örneklerindeki Pb elementi için TMA Haritası.....	47
Şekil 18. Sahadaki sediman örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası.....	48
Şekil 19. Sahadaki sediman örneklerine ait As elementi için TMA Haritası.....	49
Şekil 20. Sahadaki sediman örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası	50
Şekil 21. Sahadaki sediman örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası	51
Şekil 22. Sahadaki sediman örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası	52
Şekil 23. Sahadaki toprak örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası	53
Şekil 24. Sahadaki toprak örneklerine ait Pb elementi için TMA Haritası.....	54
Şekil 25. Sahadaki toprak örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası.....	55
Şekil 26. Sahadaki toprak örneklerine ait As elementi için TMA Haritası.....	56
Şekil 27. Sahadaki toprak örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası	57

Şekil 28. Sahadaki toprak örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası	58
Şekil 29. Sahadaki toprak örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası	59
Şekil 30. Sahadaki kayaç örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası	60
Şekil 31. Sahadaki kayaç örneklerine ait Pb elementi için TMA Haritası.....	61
Şekil 32. Sahadaki kayaç örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası.....	62
Şekil 33. Sahadaki kayaç örneklerine ait As elementi için TMA Haritası.....	63
Şekil 34. Sahadaki kayaç örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası	64
Şekil 35. Sahadaki kayaç örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası	65
Şekil 36. Sahadaki kayaç örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası	66
Şekil 37. Büyükdağ lokasyonunda yapılan BDS-4 No' lu sondajın kuyu logu.....	67
Şekil 38. İkiz lokasyonunda yapılan İS-1 No' lu sondajın kuyu logu	68
Şekil 39. Şephane lokasyonunda yapılan ŞS-2A No' lu sondajın kuyu logu	70
Şekil 40. Yukarı yuvalı lokasyonunda yapılan YYS-1 No' lu sondajın kuyu logu	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	: Gümüş
AO	: Aritmetik ortalama
As	: Arsenik
ASTM	: American Society for Testing and Materials
Au	: Altın
B	: Batı
Bi	: Bizmut
C-A	: Konsantrasyon- Alan
CBS	: Coğrafik Bilgi Sistemi
cm	: Santimetre
C-N	: Konsantrasyon- Sayı
Co	: Kobalt
Cpx	: Klinopiroksen
Cu	: Bakır
Ç.N	: Çift nikol
D	: Doğu
DB	: Doğu- Batı
DKTB	: Doğu Karadeniz Tektonik Birliği
ED	: Eşik değer
F	: Feldispat
FeO#	: Toplam demir oksit miktarı
GD	: Güneydoğu
GeO	: Geometrik ortalama
Hbl	: Hornblend
HO	: Harmonik ortalama
ICP- MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometresi
K	: Potasyum
Ka	: Kalsit
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
km	: Kilometre

KMO	: Kaiser-Meyer-Olkin istatistiği
KTB	: Karadeniz tektonik birliği
kW	: Kilowatt
m	: Metre
mA	: Mili amper
M	: Medyan
M±MMS	: Medyan ± Medyan Mutlak Sapma
MAT	: Maden analizleri teknoloji dairesi
mm	: Milimetre
MMS	: Medyan Mutlak Sapma
Mo	: Molibden
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel M¼d¼rl¼đ¼
My	: Milyon yıl
Ni	: Nikel
NTE	: Nadir Toprak Elementler (REE, Rare Earth Elements)
OK	: Ortalamasız Krigleme (Ordinary Kriging)
Ol	: Olivin
Op	: Opak mineral
Opx	: Ortopiroksen
Pb	: Kurşun
Pir	: Piroksen
Pl	: Plajoklas
ppb	: Milyarda bir (µg/kg)
ppm	: Milyonda bir (mg/kg)
Sb	: Antimuan
Sig.	: Önemlilik
ss	: Standart sapma
T.N	: Tek nikol
TMA	: Ters Mesafe Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting)
T¼RKAK	: T¼rk Akreditasyon Kurumu
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko
XRD	: X Işını Kırınımı

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Çalışma sahasının 1/25000 ölçekli haritası.....	83
Ek 2. Çalışma sahasında yapılan sondajlardan alınan petrografi örnekleri	83



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnceleme alanı Sakarya Zonu Doğu Pontid Orojenik dağ silsilesinin kuzey kesiminde yer alan, Gümüşhane iline bağlı Yağmurdere beldesi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Gümüşhane ili ve yakın çevresi, hali hazırda gerek işletmede gerekse arama safhasında birçok cevher zuhuru ve gömülü maden yatakları açısından çeşitli emareler barındırmakta olan önemli yeraltı kaynağı potansiyeline sahiptir. Bu çalışma ile Yağmurdere (Gümüşhane, KD Türkiye) ve yakın çevresindeki alterasyon sahasının dere kumu jeokimyası verileriyle saha içerisindeki hedef prospeksiyon alanlarının belirlenmesi ve hedef sahalarda içindeki toprak ve kayaç jeokimyası verilerinden yararlanarak değerli baz metaller bağlamında elementlere ait eşik değerlerin belirlenmesi, sahanın element dağılımı (anomali) haritalarının oluşturulması ve hedef sahalarda uygun sondaj yerlerinin önerilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı Gümüşhane il merkezinin kuş uçuşu olarak yaklaşık 30 km kadar kuzeydoğusunda yer almaktadır. İnceleme alanı Trabzon G43-d3, Trabzon G43-c4, Trabzon G43-c3, Trabzon H43-b1, Trabzon H43-b2 ve Trabzon H43-a2 numaralı paftalar içerisinde yer almaktadır.

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanı oldukça zorlu bir coğrafyada yer almaktadır ve keskin sırtlar ve vadiler içerisinde derin ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Bu alanın deniz seviyesine en yakın olduğu yüksekliği 1726 m ile Yağmurdere beldesinin içerisinde geçen Yağmur deresi tabanıdır. Konum olarak inceleme alanının kuzeydoğusunda yer almaktadır. İnceleme alanının deniz seviyesinden en yüksek noktası ise 2719,6 m yüksekliği ile İskoper tepesidir. Bölgedeki başlıca tepeler; Çardaktaş tepesi (1893 m), Seller tepesi (1924 m), Fırın tepesi (2013 m), Ağlıyan tepe (2182 m), Keleş tepe (2271 m), Maniya tepesi (2281 m), Şehitlik (2321 m), Kayınlık tepesi (2365 m), Ziyaret tepesi (2368 m), Selimintaş tepesi (2442 m), Küçük Dağ (2553 m), Kurt tepesi (2577 m) ve Büyükdağ (2647 m)'dir. Başlıca akarsular ise Yayla dere, Kazma Çam deresi, Şephane deresi,

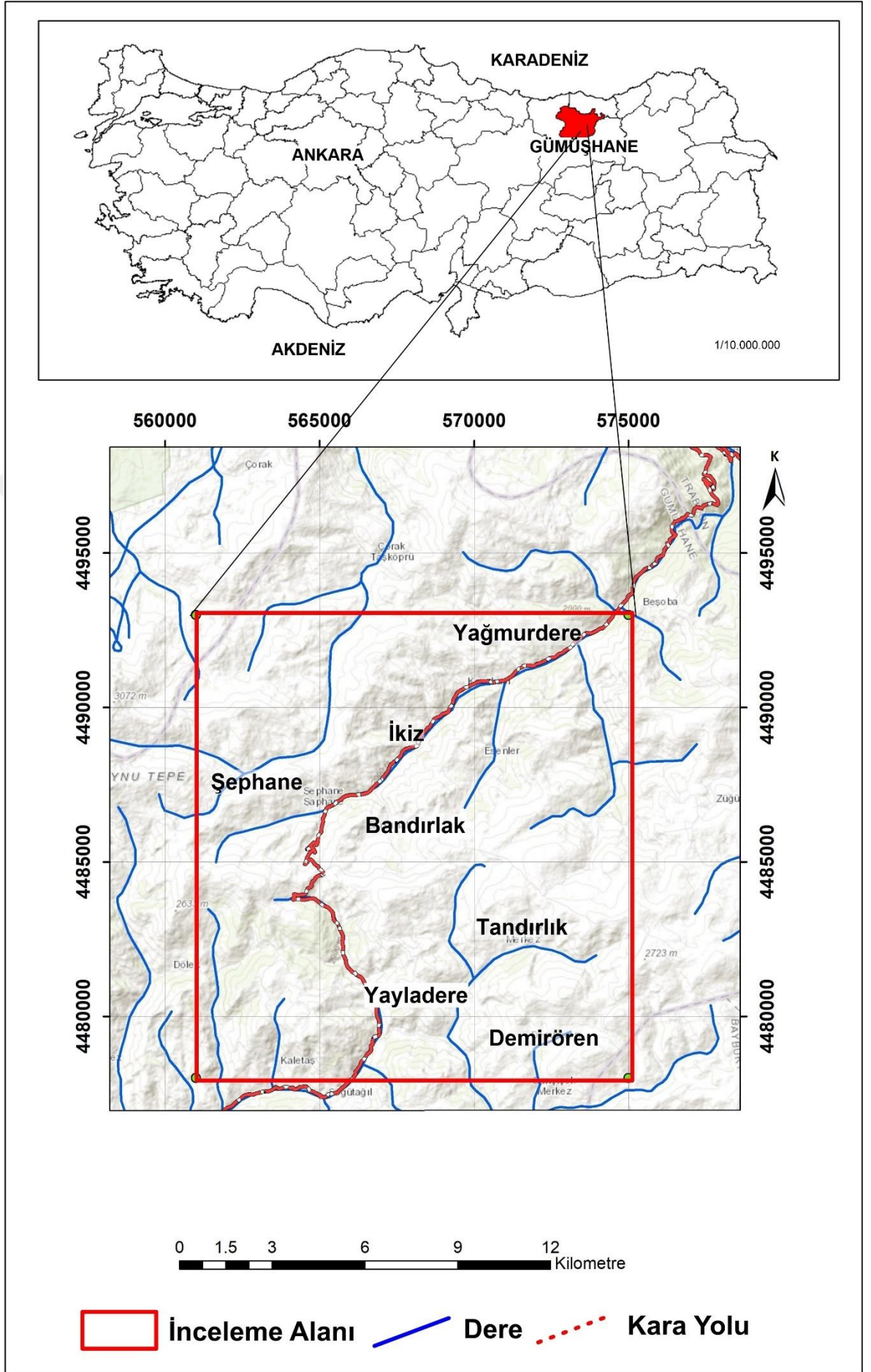
Maden Suyu deresi, Yağmurdere, Yuvalı deresi, Mezar deresi, Mağara deresi, Beypınar deresi, Tandırlık deresi, Çayırlar deresi, Derin dere ve Kurugöl deresidir.

1.2.3. Tez Alanı Coğrafi Özellikleri

Tez çalışma sahasının içinde bulunduğu bölge ve yakın çevresi hem Karadeniz ikliminin özelliklerini hem de karasal iklimin özelliklerini gösteren ılıman karasal iklimdir. Dağların kuzeye bakan yamaçlarında ve kıyı kesiminde bütünüyle Karadeniz iklimi etkisi altındadır ve her mevsim yağışlıdır. Kışları nispeten fazla soğuk değilken yazları ise hava sıcaklığı fazla yükselmez. Yani yıllık sıcaklık farkı azdır. Yıllık ortalama sıcaklık 13° C -15° C arasında değişmektedir. Bölgenin kıyı kesimi ile iç kesimleri arasında önemli iklim farklılıkları görülür. Sahanın güneyine doğru gidildikçe sıcaklık farklarının arttığı gözlenmektedir. Ortalama 1 yıl boyunca güneşli geçirilen gün sayısı 79, bulutlu geçirilen gün sayısı ise 68 gündür. Güneş yıl içerisinde en fazla temmuz ayında en az ocak ayında gözlenmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre inceleme alanı ve civarı yıllık ortalama 9.5°C sıcaklığa sahiptir. En sıcak ayı ortalama 28.9°C ile ağustos ayı, en soğuk ayı ise ortalama 2.9°C ile ocak ayıdır. İnceleme alanı içerisinde çok zengin bitki örtüsü bulunmaktadır. Deniz seviyesine yüksekliği 2000 m olan kısımlarında kavak, huş, meşe, sarıçam, ıhlamur, yabani fındık, kuşburnu, alıç, ahlat, ladin ve ceviz ağaçları bulunmaktadır. 2200 metre ve üzerinde ise yaygın olarak geven gibi zor şartlarda yetişen bitkilere rastlanmaktadır.

1.3. Saha Ulaşım İmkanları

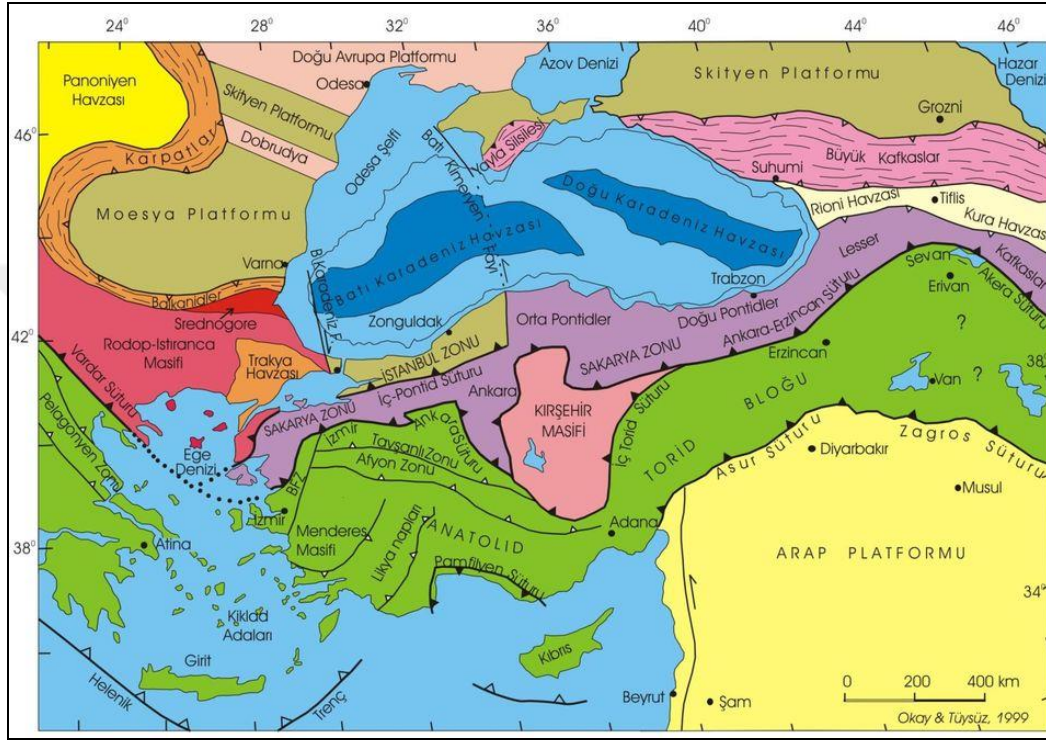
İnceleme alanına ulaşımın büyük bir çoğunluğu asfalt yol ile sağlanabilmektedir. Gümüşhane merkezinin yaklaşık 20 km güneydoğu yönünde Arzular-Kabaköy beldesi yer alır. Arzular-Kabaköy beldesinin kuzeydoğusunda ise sırasıyla Ballica, Söğütağıl, Yayladere, Bandırlık, İkiz ve Kayabaşı köyleri ve bu tez çalışmasının yapıldığı saha olan Yağmurdere beldesi gelir. Çalışma sahası Yayladere köyünün yaklaşık 1.5 km güneyinden başlayıp Yağmurdere köyünün yaklaşık 1 km kuzeyinde sona erer (Şekil 1).



Şekil 1. Tez sahasının uydu görünüm haritası.

1.4. Doğu Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojisi

Tez alanının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz dağ silsilesine tektonik bir birim olarak “Pontid” ismi ilk kez Hamilton (1842) tarafından adlandırılmıştır. Ketin (1966), Okay ve Tüysüz (1999), tektonik üniteleri Türkiye’nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak adlandırmışlardır (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye’nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999’den değiştirilmiştir.)

Eski bir ada yayı olan Doğu Pontidler; Jura, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere üç ana volkanik gelişim süreçleri sonunda oluşmuştur (Adamia vd., 1977; Eğin vd., 1979; Kazmin vd., 1986). Bölge Bektaş vd. (1995) tarafından litolojik farklılıklar dikkate alınarak en kuzeyden en güneye doğru Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olmak üzere 3 Zon altında incelenmiştir. Kuzey ve Güney Zonda Paleozoyik yaşlı düşük dereceli metamorfiklerle bunları kesen granitoyitik kayalar temel kayalarını oluşturur (Çoğulu, 1975; Temizel vd., 2020; Topuz vd., 2010). Bölgedeki bu temel kayalar yörelere göre farklı adlarla tanımlanmıştır. Metamorfikler; Güney Zonda, Ketin (1951) tarafından “Pulur Metamorfikleri”; Türk-Japon projesi (1985) kapsamında “Kurtuluş Metamorfikleri”, Kuzey zonda ise Çekiç vd., (1985), “Metamorfik Kompleks”, Kamitani vd., (1977), “Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Metamorfikler”; Gülibrahimoğlu vd. (1986) “Metamorfik Serisi” olarak tanımlanmışlardır. Liyas-Dogger yaşlı konglomera- kumtaşı- kırmızı ve killi kireçtaşları ve tuf ara seviyeleri içeren bazalt-

andezit ve piroklastiklerinden oluşan birim, bu temeli aşınma uyumsuzluğu ile üzerler. Bu volkano-sedimanter kayaçlar Ağar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu fasiyesdeki birim için yersel farklı adlar kullanılmışsa da (Karatepe Formasyonu, (Seymen, 1975); Hacıören Formasyonu, (Pelin, 1977); Zimonköy Formasyonu, (Eren, 1983); Balkaynak Formasyonu, (Keskin vd., 1989); Şenköy Formasyonu, (Kandemir, 2004) Zimonköy Formasyonu çoğu çalışmacılar tarafından kabul görmüştür. Formasyon için bu çalışmada da Zimonköy Formasyonu adlandırması tercih edilmiştir.

Volkanizmanın duraksadığı Üst Jura-Alt Kretase döneminde karbonat çökelişi tipiktir. Çökelen bu platform kireçtaşları Pelin (1977) tarafından “Berdiga Formasyonu” olarak isimlendirilmiştir. Bu birim, Zimonköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir.

Tüm Doğu Pontidler’ de yaygın olan sığ denizel karbonatlar değişik lokasyonlarda farklı çalışmacılar tarafından farklı adlarla adlandırılmış olsa bile (Ferhatkaya Formasyonu (Alp, 1972); Hankırıtepe Formasyonu (Seymen, 1975); Hozbirikyayla Formasyonu (Ağar, 1977); Çalıktaş Formasyonu (Yüksel, 1976); Zinav Kireçtaşı (Terlemez ve Yılmaz, 1980); Danzot Formasyonu (Keskin vd., 1989); Ardıçlıgüney Formasyonu (Özer, 1984); Kuşakkaya Formasyonu (Türk Japon, 1985); Süllü Formasyonu (Boynukalın, 1990) Berdiga Formasyonu çoğu araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Formasyon için bu çalışmada da Berdiga Formasyonu adlandırması tercih edilmiştir.

Doğu Pontid’ler de Üst Kretase’ ye kadar olan dönemde Kuzey ve Güney Zon’da litolojik olarak benzerlikler vardır. Fakat Üst Kretase’ de belirgin farklılıklar olup, Güney Zon’da sedimanter kayaçlara karşın, Kuzey Zon’ da volkanik kayaçların egemen olduğu gözlenmektedir (Gedikoğlu vd., 1979). Güney Zon’ da; Üst Kretase yaşlı türbiditik istif Güven (1993) tarafından Mescitli Formasyonu olarak tanımlanırken, aynı süreçte volkanik egemen Kuzey Zon’ da; tabandan tavana doğru uyumlu olarak Güven (1993) tarafından bazalt-andezit ve piroklastiklerinden oluşmuş (gri-kırmızı renkli marn, kumtaşı ara seviyeleri içerir) Çatak Formasyonu; dasit-riyolit ve piroklastiklerinden oluşmuş Kızılkaya Formasyonu; bazalt-andezit ve piroklastiklerinden oluşmuş (kırmızı renkli çamurtaşı, kumtaşı, kiltası, tuf ara seviyeleri içerir) Çağlayan Formasyonu; dasit-riyolit ve piroklastiklerinden oluşmuş Tirebolu Formasyonu; tamamen türbiditik çökel kayaçlarından oluşmuş (kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, tüffit, kiltası, kumtaşı içerir) Bakırköy Formasyonu olmak üzere 5 formasyonla tanımlanmıştır. Güney zona ait Mescitli Formasyonu, Tokel (1972) tarafından tanımlanan Kermutdere Formasyonu ile, Kuzey Zona ait Çatak

Formasyonunu, Schult-Westrum (1961) tarafından tanımlanan “Alt Bazik Seri” ile, Kızılkaya Formasyonu’na ait kayaçlar Kamitani vd., (1977) tarafından tanımlanan “Cevherli Dasit” ile, Çağlayan Formasyonu’ na ait birimler ise, Seymen (1975) tarafından tanımlanan “Kapaklı Formasyonu” ile, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından tanımlanan “Mesudiye Formasyonu” ve Gedikoğlu vd. (1979) tarafından tanımlanan “Üst Bazik Seri” ve “Kapanboğazı Formasyonu” ile ve Bakırköy Formasyonu’ na ait türbiditik istif ise Korkmaz (1993) tarafından tanımlanan “Tonya Formasyonu” ile deneştirilebilir.

Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi’nde volkanojenik masif sülfidit yataklarının Geç Kretase yaşlı dasit-riyolit ve bunların piroklastikleri ile ilişkili olması Kuzey Zonda daha çok maden yataklarıyla ilgili araştırmaların yapılmasına neden olmuştur (Kamitani vd., 1977; Pejatovic, 1979; Schultz Westrum, 1961).

Kuzey Zon’ da Bakırköy Formasyonu üzerine, Güney Zon’ da Mescitli Formasyonu üzerine uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı volkanik ve volkano-sedimanter bir istif gelir. Bu Orta Eosen yaşlı kayaçların volkanik egemen birimi; Kabaköy Formasyonu (Güven, 1993), tortul kayaçların yoğun olduğu birim ise Kelkit Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Seymen, 1975). Güven (1993), tarafından konglomera-kumtaşı-marn ve jipsten oluşan Oligo-Miyosen yaşlı kayaçlar Şebinkarahisar Formasyonu olarak tanımlamış olup, birim diğer birimleri uyumsuz olarak örter. Eosen yaşlı Kabaköy ve Kelkit Formasyon’ ları, Tokel (1972), tarafından tanımlanan Alibaba Formasyonu ile deneştirilebilir.

Tüm bu birimler Üst Kretase yaşlı plütonik kayaçlar (Aydın vd., 2020; Aydınçakır, 2016; Güven, 1993; Köprübaşı vd., 2000; Sipahi vd., 2017; Temizel vd., 2019; Vural vd., 2021; Vural ve Kaygusuz, 2021) ve Tersiyer yaşlı plütonik kayaçlar (Güven, 1993; Karşı vd., 2007; Kaygusuz vd., 2017, 2018; Kaygusuz, Gucer, vd., 2019; Temizel vd., 2012, 2018, 2020; Topuz vd., 2011) tarafından kesilmiştir (Şekil 3).

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ	FORMASYON	KALINLIK (M)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
KUVATERNER								
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGO MİYOSEN	Şebinkarahisar	200				Alacalı Seri, Konglomera, Kumtaşı, Marn, Jips — UYUMSUZLUK —
		EOSEN	Kabaköy	750				Kaçkar Granitoyidi II ; Granit Andezit, Bazalt, Lav ve Piroklastları Nummulitik kireçtaşı, Tüf, Tüfid Konglomera — UYUMSUZLUK —
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Bakırköy	200				Yarı pelajik kireçtaşı, kiltası, kumtaşı
			Tirebolu	750				Dasit, Riyodasit, Lav ve Breşleri
			Çağlayan	750				Andezit, Bazalt, Lav ve Piroklastlar (Kumtaşı, Kiltası, gri ve kırmızı renkli Çamurtaşı arakatlı)
		ÜST JURA ALT KRETASE	Kızılkaya	800				— Kaçkar Granitoyidi I ; Granit — Dasit, Riyodasit, Lav ve Breşleri
			Çatak	300 - 1000				Andezit, Bazalt, Lav ve Piroklastlar
			Berdiga Fm.	200 - 400				Orta-kalın tabakalı , çörtlü plaket Kireçtaşı
JURA	LIYAS - DOGER	Hamurkesen Fm.	150 - 750			Andezit, Bazalt, Lav ve Piroklastlar (Kumtaşı, Ammonitli kırmızı Kireçtaşı)		
PALEOZOYİK								— UYUMSUZLUK — Gümüşhane Graniti Pulur Masifi

Ölçeksiz

Şekil 3. Doğu Pontid Kuzey Zon'a ait genelleştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek.)

1.5. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar

Çalışma sahası ve yakın çevresi Doğu Karadeniz dağ silsilesine tektonik bir birim olarak "Pontid" ismi ilk kez Hamilton (1842) tarafından adlandırılmıştır. Ketin (1951), MTA adına Aşkale-Bayburt ve Gümüşhane Bölgesi'nin 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını yaptığı çalışmada, temelde yüksek derecede metamorfize olmuş

metamorfikler (mikaşistler, kuvarsitler, mermerler, gnayslar) ve bunları transgresif olarak örten Jura-Liyas yaşlı volkano-sedimanter seriden bahsedilmektedir. Ayrıca yöre tektoniğine de değinilmiş ve Kale'deki Liyas yaşlı kireçtaşlarının Üst Kretase yaşlı flişler üzerine itildiği belirtilmiştir. Erguvanlı (1951); Görele, Espiye, Gümüşhane arasındaki bölgenin jeolojisini içeren raporunda Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile Üst Kretase flişi ve nummulitli Eosen yaşlı kireçtaşlarından bahsetmektedir. Ketin (1951), Bayburt Yöresinin Jeolojisi adlı çalışmasıyla yörenin kaya stratigrafisini ortaya çıkararak temel kayaçları Pulur Metamorfikleri olarak tanımlamıştır. Ketin (1966), Anadolu'nun Tektonik Üniteleri adlı çalışmayla, Anadolu'yu Pontidler, Anatolitler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak adlandırmıştır. Ketin (1966); Doğu Pontid Jeotektonik Ünitesini Kuzey ve Güney zon olmak üzere 2 alt grupta incelemiştir. Yılmaz (1972), Gümüşhane Granitoyidi' nin jeolojisi adlı çalışmayla granitoyitik kayaçlarda petrolojik incelemeler gerçekleştirmiştir. Tokel (1972), Gümüşhane Bölgesi'nin Volkanik Tarihi ve Stratigrafisi adlı doktora çalışmasıyla Üst Kretase türbiditik çökelleri Kermutdere Formasyonu, Eosen birimlerini de Alibaba Formasyonu olarak tanımlamıştır. Açar (1977), Demirözü ve Köse Dolayları' nın Jeolojisi adlı doktora çalışmasıyla, yörede Karbonifer'den Pliyosen' e kadar kayaçların yüzeylendiğini belirtmiştir. Liyas-Dogger yaşlı kayaçları Hamurkesen Formasyonu olarak tanımlamıştır. Pelin (1977), Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresi' nin Jeolojisi ve Petrol Olanakları Bakımından İncelemesi isimli çalışması ile Üst Jura-Alt Kretase sığ denizel platform kireçtaşlarını araştırarak bu birimi Berdiga Formasyonu olarak tanımlamıştır. Gedikoğlu vd., (1979), Doğu Pontidlerin tektonik gelişimi adlı çalışmasıyla litolojik özellikler bakımından Doğu Pontidleri Kuzey ve Güney olmak üzere iki zona ayırmıştır. Pejatoviç (1979), "Pontid Tipi Masif Sülfid Yataklarının Metalojenezi" adlı çalışmasında Doğu Pontidlerde yer alan masif sülfid yataklarının Kimmerciyen-Alpin orojenez döneminde kıta levhası üzerinde gelişmiş kompleks bir volkanik yayın evrimiyle ilişkili olarak oluştuklarını ileri sürmüştür. Eren (1983), Gümüşhane-Kale Arası'nın Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi isimli çalışmasında Liyas yaşlı birimleri Zimonköy Formasyonu olarak tanımlamıştır. Hacıoğlu (1983), Kale-Vauk Dağı Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi isimli çalışması ile Liyas yaşlı volkano-sedimanter birimlerin hem tabanında hem de ara seviyeler halinde Ammonitico-Rossolu kırmızı kireçtaşlarının bulunduğunu belirtmiştir. Kahraman vd., (1986) Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmelerine Ait Jeoloji Raporu ile hem bölgenin kayaç stratigrafisini belirlemiş hem de cevherleşmeleri incelemiştir. Taşlı (1993), Doğu Pontid'lerde Malm volkanizmasının Varlığına İlişkin Stratigrafik ve

Paleontolojik Veriler adlı çalışmasıyla Doğu Pontidler'de Liyas' ta başlayan Mesozoyik volkanizmasının bazı duraklama evreleriyle mikro paleontolojik verilere dayandırarak Alt Malm'a kadar devam ettiğini belirtmiştir. Güven (1993), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/100.000 Ölçekli Harita ve Jeoloji Raporu'yla bölgenin kompilasyon haritasını ortaya çıkarmıştır. Keskin vd., (1989), tez sahasını da kapsayan geniş bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alım çalışmalarını gerçekleştirmiş ve bu çalışmada jeolojik sorunlar çözülmeye çalışılmıştır. Kaygusuz (2000), Torul (Gümüşhane) Granitoyitinin Petrografik ve Kimyasal Karakterleri adlı doktora tezi ile sahadaki intrüzif kayaçları petrolojik yönden incelemiştir. Yılmaz (2002), Gümüşhane-Bayburt yöresindeki havzaların tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri isimli makalesiyle, Gümüşhane ve Bayburt yörelerini kapsayan başlıca Mesozoyik yaşlı kayaçların çökel özellikleri ve birikim koşullarını ortaya koymuş, havza geometrisinin şekillendirilmeye çalışmıştır. Kandemir (2004), Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı birimlerin çökel özellikleri ve birikim koşullarını incelemiş ve bu birimleri Şenköy Formasyonu olarak tanımlamıştır. (Kaygusuz, 2012; Temizel vd., 2012), Kazma dere, Kayadibi yayla ve Derin Oba yaylası çevrelerindeki yüzeylenen granitoyitik kayaçlarda yapmış olduğu kurşun izotopu çalışmasıyla yöredeki granitoyitik kayaçlardan 311 ile 317 M.y. arasında yaş verisi elde etmiştir. Bu çalışmaların dışında da bölgede, bölgenin genel jeolojik özellikleri, bölgede oluşmuş maden yatakları, maden arama jeokimyasına yönelik ve maden/alterasyon alanları ve çevre ilişkisine yönelik yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Aydınçakır vd., 2022; Çakmak ve Kaygusuz, 2021; Demir vd., 2008; Demir ve Bayraktar, 2020; Kansız ve Dursun, 1987; Kaya vd., 2018, 2021; Kaya ve Vural, 2020; Kaygusuz, 2020; Kaygusuz vd., 2017; Kaygusuz, Arsan, vd., 2012, 2019; Kaygusuz, Yücel, vd., 2019; Kaygusuz ve Saydam Eker, 2021; Kaygusuz ve Selvi, 2020; Kaygusuz ve Vural, 2021, 2022; Saydam Eker ve Arı, 2020; Sipahi vd., 2018, 2022; Sungur vd., 2020; Temizel, Arslan, Yücel, Abdioğlu Yazar, vd., 2019; A. Vural, 2013, 2015, 2021, 2022; A. Vural vd., 2012, 2022; A. Vural, 2017a; A. Vural, Akpınar, vd., 2021; A. Vural, Akpınar, Kaygusuz, vd., 2021; A. Vural, Akpınar, ve Kaygusuz, 2021; A. Vural, Corumluoglu, vd., 2017; A. Vural, 2017b, 2018, 2019b, 2019a, 2019c, 2020a, 2020b; A. Vural ve Çiçek, 2021; A. Vural ve Erdoğan, 2014; A. Vural ve Kaya, 2021; A. Vural ve Kaygusuz, 2021, 2022; A. Vural ve Safari, 2022; A. Vural ve Sipahi, 2013; F. B. Vural ve Vural, 2014).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Bu tezin amacı, Yağmurdere (Gümüşhane) ve yakın çevresindeki alterasyon sahasının dere sedimanı jeokimyası verileriyle saha içindeki hedef prospeksiyon alanlarının belirlenmesi ve hedef sahalar içindeki kayaç ve toprak jeokimyası verilerinden yararlanarak değerli ve baz metaller bağlamında elementlere ait eşik değerleri belirlenerek, sahanın element dağılım (anomali) haritalarının oluşturulması ve hedef sahalar için uygun sondaj yerlerinin önerilmesidir. Ayrıca sahada yapılacak jeolojik haritalama ile saha için muhtemel alterasyon deseni ve cevherleşme modelinin belirlenmesi de amaçlanmıştır.

2.2. Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları kapsamında, inceleme alanında yüzeyleme veren birimlerin tanınması, diğer kayaçlar ile aralarındaki dokanak ilişkileri, yapısal unsurları, yüzeysel alterasyon türleri ve stratigrafik ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan gözlem ve incelemeler sonucunda 210 km²'lik inceleme alanının Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı'nın hazırlamış olduğu 1:25000 ölçekli jeolojik haritaları revize edilerek ArcGIS v.10.7.1 programı yardımıyla sayısallaştırılmıştır. Sahadaki alterasyonun yoğun gözlemlendiği alanlardan, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve ayrıntılı arazi gözlemlerinden yararlanılarak genel prospeksiyon amaçlı olarak 191 adet dere sedimanı alınmış ve yapılan analiz sonuçlarından yararlanılarak istatistiksel metotlarla hedef anomali alanları belirlenmiştir. Bu hedef alanlarda ise eş zamanlı olarak toplamda 869 adet toprak ve 379 adet kayaç numunesi alınmıştır. Elde edilen tüm bulgular ile oluşturulan element dağılım haritalarındaki anomali bölgelerinin, inceleme alanındaki cevherleşme ile ilişkisi irdelenmiştir. Toprak ve kayaç jeokimyası verileri ile yapılan jeostatistiksel değerlendirmeler neticesinde belirlenen lokasyonlarda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında 14 adet karotlu maden arama sondajı gerçekleştirilmiştir. Hedef sahalarda gerçekleştirilen sondaj verileri ile de tez sahasındaki alterasyon ve cevherleşme özellikleri irdelenmeye ve jeostatistiksel olarak ulaşılan sonuçlarla karşılaştırılmaya çalışılmıştır.

Ayrıca bu sondajlardan toplamda 45 adet petrografi, 21 adet cevher mikroskobisi (parlatma) ve 18 adet XRD numunesi alınarak Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi (MAT) Dairesi Mineraloji Petrografi Araştırma Birimi imkanları ile analizleri gerçekleştirilerek değerlendirilmeleri yapılmıştır.

2.2.1. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1.1. İnce Kesitlerin hazırlanması

İnceleme alanındaki sondajlardan alınan karot numunelerinin mineralojik ve petrografik tanımlamaların yapılması için örnekler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri Teknolojileri Dairesi Başkanlığının Mineraloji-Petrografi Birimi Laboratuvarı'na gönderilerek analize hazır hale getirilmiştir. Karotlardan alınan numunelerden kullanılan lamaların yüzeylerini kaplayacak büyüklükte (48x28x15mm) bir parça kesilmiştir. Kesilen kayaç numunesinin pürüzlülüğü giderilmesi için sırasıyla 80-220-500 mikron boyutlu zımparalar kullanılmıştır. Numuneye, önceden hazırlanmış araldit (AY 103-1/Un3082) ve sertleştirici (REN hy 956) karışımı kullanılarak, daha önceden üzeri diske sürtülmüş lam üzerine yapıştırılmıştır. Bu aşamada numune ile lam arasında hava kabarcığı kalmaması hususuna gerekli hassasiyet gösterilmiştir. Yapıştırılan numune ve lam, kuruyup sertleşmesi için etüv veya ısıtıcı tabla üzerinde bekletilmiştir.

Numune ve lam kuruyup sertleştikten sonra aşındırıcı diskleri veya ince kesit makinesi kullanılarak numune aşındırılıp inceltilmiştir. Numunenin ideal boyutta (yaklaşık 30 mikron) inceltildiği mikroskop altında (kuvars ve feldspat için birinci dizi beyaz ve gri renkleri gibi) kontrol edilmiştir. Yapılan bu işlemler sonucunda karotlardan alınan numuneler petrografik incelemeler için hazır hale getirilmiştir.

2.2.1.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

Mineralojik petrografik çalışmalarda kayaçların oldukça taze, alterasyondan en az etkilenmiş şekilde olmasına dikkat edilir. Alterasyon özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışma yapılacaksa altere örnekler tercih edilir. İnce kesiti hazırlanan örnekler Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi (MAT) Dairesinde bulunan Leica DM2700 P marka polarizan mikroskop aracılığıyla incelenerek kayaçların dokusal ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kayaçları oluşturan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, optik özellikleri gözlenerek önemli olduğu düşünülen kesitlerden tek ve çapraz nikollerde mikro fotoğraflama

işlemleri yapılmıştır. Böylelikle sondaj loglarında kesilen birimlerin litolojik, mineralojik-petrografik tanımlamaları yapılmıştır.

Ayrıca karotlardan alınan cevher mikroskobisi örneklerinin parlak kesitleri Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi (MAT) Dairesindeki yüksek çözünürlüklü taramalı elektron mikroskobu (Carl-Zeiss EVO 50 EP SEM) ve enerji dağılım spektrometresi (bütünleşik Bruker Xflash 301 EDS) cihazları kullanılarak noktasal bazda mineralojik analizleri yapılarak belirlenmiştir. Parlak kesitler Leica DMLP marka üstten aydınlatmalı mikroskop aracılığıyla incelenmiştir. Metalik maden numunelerindeki cevher minerallerinin türleri ve birbirleriyle gösterdikleri dokusal ilişkiler üstten aydınlatmalı cevher mikroskobisi ile kuru ortamda incelenerek, mineral parajenezi ve süksasyonu belirlenmiş, gözlenen mineraller ve özellikleri tanımlanmış ve fotoğraflanmıştır.

2.2.1.3. X-Ray Difraktometresi (XRD) Analizleri

Sondajlardan alınan karot parçaları nemden uzaklaştırılmak üzere (80°C'yi aşmayacak şekilde 1 saat ile 3 saat arasında) kurutulmuştur. Daha sonra tane boyutu 0.5mm indirmek için çeneli kırıcılar yardımıyla kırılmıştır. Çeneli kırıcılardan çıkarılan numune tungsten diskli öğütücülerle öğütülmüştür. Ardından Tyler standart eleklerinin No:1/4" 0.63 mm açıklığa sahip eleklerinden elenmiştir. Son olarak numuneler 50 gr'lık plastik kaplara doldurularak numune XRD analizine hazır hale getirilmiştir.

XRD analizi; optik mikroskobik yöntemler ile kesin olarak tanımlanamayacak nitelikte olan doğal minerallerin tanımlanabilmeleri için uygulanır. Optik mikroskobik analiz yöntemleri ile mineralojik bileşimleri tanımlanamayacak nitelikte olan numuneler, toz haline getirilerek XRD difraktogram çekimleri yapılmakta ve difraktogram üzerinden ASTM Standartlarına uygun olarak ayrıntılı mineralojik tanımlamaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada toz haline getirilmiş karot örneklerinde XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. XRD çalışmaları sahadaki kil minerallerinin tespiti ve dolayısıyla alterasyon deseninin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. X-ışınları kırınım analizleri, MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Başkanlığı Mineraloji-Petrografi laboratuvarında yapılmıştır. Örnekler havanda öğütülüp toz haline getirildikten sonra RIGAKU marka X-Ray difraktometresinde analiz edilmiştir. Örneklerin analizlerinde 40 kW, 30 mA akım değerleri kullanılmıştır. Örnekler 2-70° arasında çekime tabii tutulmuştur. Bazı örneklerde belirlenemeyen killerin tanımlanması için etilen glikol (65°C) ve fırın (350 – 550°C) kullanılarak analiz edilmiştir. Kil örneklerinin standart (2°-70° arası), normal (2°-30° arası), etilen glikol (2°-30° arası), 300 °C ısı (2°-30° arası) ve

550 °C ısı (2°-30° arası) işlem çekimleri yapılarak XRD difraktogramları üzerinden ASTM Standartlarına uygun olarak ayrıntılı mineralojik tanımlamaları yapılmıştır.

2.2.2. Jeokimyasal Analizler

Jeokimyasal analizler, maden arama amaçlı (prospeksiyon) yüzeyden alınan sediman, toprak ve kayaç numunelerinde gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan yöntemler, analizi yapılacak elementin fiziko-kimyasal, jeokimyasal özellikleri, doğada bulunma miktarları, elementlerin çözünürlük kapasiteleri, mineral yapısı gibi değişik faktörlere göre belirlenmektedir. Sondaj jeokimyası analizleri, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite edilmiş olan MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi laboratuvarlarında yapılmıştır. Karotlara yapılan ilk işlem kesim aşamasıdır. Öncelikle sağlam karotlar silindir çapına paralel olarak kesilir ve çeneli kırıcıda kırılmak üzere örnek alım tepsilerine yerleştirilmiştir. Örnekler kırılmadan önce 12 saat boyunca 80° C' lik etüvde nemden uzaklaştırılmıştır. Çeneli kırıcıdan geçen malzeme numune çeyrekleyici yardımıyla malzemenin dörtte biri alınır ve tekrar etüve nemden uzaklaşması için aynı işlemler uygulanmıştır. Etüvden çıkarılan numuneler diskli öğütücüde öğütülür. İstenilen tane boyutunda öğütülen numuneler, 200 ml'lik plastik numune kutularına konulmuştur. Her bir kutunun üzerine, içine konulan numunenin işareti (numarası) yapıştirilmiştir.

Tüm karot numuneleri çeneli kırıcı yardımıyla kırılmış, öğütülmüş ve 80 mesh' lik eleklerden geçirilmiş 50 gramlık toz numune haline getirilmiştir. Altın (Au) analizleri için ICP-MS, gümüş (Ag) ve diğer 10 element (As, Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn) için ICP-OES cihazı kullanılmıştır. Au (10 gram) ve Ag (1 gram) analizi için kral suyu yöntemi ile çözme işlemi uygulanmıştır. Diğer elementler (As, Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn) için 1 gram numune tartılarak üç asitte (HNO₃-HCl-HClO₄) çözme işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.1. Baz ve Değerli Metal Analizleri

Sahadan alınan sediman, toprak ve kayaç numunelerinin baz ve değerli metal analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Maden Analizleri ve Teknolojisi (MAT) Dairesi Başkanlığı Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Au elementi, numunelerin 80 mesh'lik eleklerden geçirilmiş 50 gramlık toz numune haline getirilerek kral suyu (3:1 oranında derişik hidroklorik asit (HCl)+ derişik nitrik asit (HNO₃))'nda çözüdüürülmesi ve akabinde İndüktif Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile analiz edilmesi sonucunda tayin edilmiştir. Cu, Pb, Zn, Mo, As, Sb, Co, Ni, Bi, V ve Ag elementleri de aynı şekilde 80 mesh' lik eleklerden

geçirilmiş 50gr'lık toz numuneler haline getirilerek çözündürme işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen berrak çözeltilerin İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazı (Ag atomik absorpsiyon cihazı) ile analiz edilmesi ile tayin edilmiştir. Bu cihazların dedeksiyon limitleri aşağıdaki gibidir (Tablo 1). İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS), numuneyi iyonize etmek için indüktif olarak eşleştirilmiş bir plazma kullanan bir tür kütle spektrometresidir.

İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi (Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy/ICP-OES), aynı zamanda indüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy/ICP-AES) olarak da bilinen teknik, kimyasal elementlerin tespiti için kullanılan analitik bir tekniktir. Element analizleri, MTA'nın Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre akredite edilmiş laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu berrak çözeltiler ilgili cihazlarda analiz edildikten sonra içerdikleri metal miktarları ppm (mg/kg) cinsinden aşağıdaki eşitlik 1 yardımı ile hesaplanmıştır (hesaplama detayları Bulut vd. (2018), Vural vd. (2017), (2020), (A. Vural vd., 2022) ve Vural ve Gündoğdu (2020)'de bulunabilir):

$$\text{ppm} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{C \times V \times SK}{m} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

- C : Çözünürleştirme işleminden sonra numunenin cihazda ölçülen derişimi (mg/L)
V : Çözünürleştirme işleminden sonra numunenin saf su ile tamamlandığı son hacmi (mL)
SK : Cihazda ölçüm aralığına getirmek için numunenin kaç kat seyreltilmiş olduğunu ifade eden seyreltme katsayısı
M : Sediman, toprak ve kayaç numunelerinden analiz için tartılan miktarlar (g)

MTA'nın akredite laboratuvarlarında gerçekleştirilen analizler; her bir numunenin en az 3 kez tekrarı, standart sapmaların hesabı, doğruluk tayini için ekleme/geri kazanma testleri ve standart referans maddelerin analizler ile istatistiksel olarak da kontrol altına alınmıştır.

Tablo 1. Jeokimyasal örneklerin dedeksiyon limitleri ve analiz yöntemleri

Elementler	Dedeksiyon Limitleri		Analiz Yöntemleri
	Alt Limit	Üst Limit	
Cu(Bakır)	3 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Pb(Kurşun)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Zn(Çinko)	2 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Mo(Molibden)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme

Tablo 1. (Devamı)

Elementler	Dedeksiyon Limitleri		Analiz Yöntemleri
	Alt Limit	Üst Limit	
As(Arsenik)	3 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Sb(Antimon)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Ag(Gümüş)	1 ppm	100 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Au(Altın)	20 ppb	-	ICP-MS ve Kral Suyunda Çözme
Co(Kobalt)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Ni(Nikel)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
Bi(Bizmut)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme
V(Vanadyum)	5 ppm	30.000 ppm	ICP-OES ve Kral Suyunda Çözme

2.2.3. Büro Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında elde edilen tüm veriler yardımıyla sahanın jeolojik ve alterasyon özellikleri açıklanmış, sahadan alınan sediman, toprak ve kayaç örneklerinin jeokimyasal analizleri IBM SPSS Statistics 25, Microsoft Office Professional Plus 2019 gibi paket programlarla istatistiksel olarak irdelenmiş, elde edilen veriler ArcGIS v.10.7.1 programı yardımıyla alansal jeostatistiksel metotlarla da değerlendirilmiştir. Cevherleşmenin iki boyutlu geometrisi ortaya konulmaya çalışılarak önerilecek sondajlarla üçüncü boyutunun anlaşılmasına da katkı sağlanması hedeflenmiştir. Bu şekilde tespit edilen hedef sahaların verileri ile MTA Genel Müdürlüğü Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında gerçekleştirilen sondaj verileri karşılaştırılmıştır.

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Jeokimyasal çalışmalar sonucunda elde edilen tüm bulgular detaylı olarak değerlendirilmiştir. Bu başlık altında verilere ait tanımlayıcı istatistik çalışmaları, korelasyon ve normalite testleri gerçekleştirilerek verilerin dağılım karakterleri, elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve merkezi eğilim parametreleri belirlenmiştir. Bunların yardımı ile de saha için yerel ve bölgesel eşik değerler hesaplanmıştır.

2.3.1. İstatistik Çalışmalar

Jeokimyasal analizleri gerçekleştirilen numunelerdeki elementlerin kendi içlerinde ve birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyabilmek için gerekli olan istatistiksel çalışmaların tümü bu kapsamda ele alınmıştır. Element konsantrasyonlarının aritmetik ortalama, medyan, minimum ve maksimum değerleri, standart sapma, basıklık, çarpıklık, geometrik ortalama değerleri gibi merkezi dağılım parametreleri tespit

edilerek, bu veriler yardımıyla da elementlerin eşik değerleri hesaplanarak dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılmak üzere sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur.

2.3.2. Verilerin Dağılım Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Verilerin dağılım karakteristiklerinin belirlenmesinde, mod, medyan, ortalama, varyans, standart sapma, çarpıklık, basıklık (mod, medyan, ortalama değerlerinin eşit veya birbirine yakın olması, varyansın, standart sapmanın ve çarpıklığın sıfıra yakın olması, basıklık değerinin 3'e yakın olması), yanında histogram, kutu diyagramları, Q-Q diyagramı ve normalite testleri (Kolmogorov-Smirnov vb.) birlikte kullanılmaktadır. Bu parametrelerinin çoğunluğunun sonucuna göre de verilerin dağılımın karakterine karar verilmektedir (A. Vural, 2019c).

Verilerin histogramlarının oluşturulmasındaki amaç incelenen veri grubundaki değerlerin sınıflandırılarak grafik ve daha anlaşılır bir formata sokulmasıdır. Verinin normal dağılıma sahip olmasının göstergesi histogramdaki dağılım eğrisinin çan eğrisine yakın olmasıdır. Başka bir ifade ile normal dağılımlarda gruplandırılmış veriler ile her grubun örnek sayısı kullanılarak oluşturulacak olan dağılım grafikleri (histogramlar) simetrik olmalıdır.

Kutu diyagramı, verilerin bir arada ve anlamlı olarak görülmesini sağlamaktadır. Kutu diyagramında veriler çeyrekler halinde gruplandırılmakta ve bu şekilde sunulmaktadır. Normal dağılım gösteren verilerde çeyrekler birbirine eşit aralıklarda olması ve medyan değerinin de kutunun ortasına yakın bir konumda bulunması beklenir.

Q-Q Plot diyagramında normal dağılım gösteren veriler için beklenen ve ölçülen değerlerin aynı doğru üzerinde veya doğruya yakın olması beklenir. Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilks testinde ise verinin önemlilik katsayısının %5'ten büyük olması beklenir.

2.3.3. Korelasyon

İstatistik çalışmalarda korelasyon analizi yaygın olarak başvurulanan testlerdendir. Bu analiz değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini, gücünü, yönünü belirlemek için kullanılmaktadır. İncelenen veriler arasındaki ilişki -1 ile +1 arasında bir aralıktadır. ± 1 'e yaklaşan değerler anlamlı ve güçlü ilişkili ifade ederken 0'a yakın değerler ise veriler arasında ilişkinin olmadığına işaret eder. Negatif değerler ilişkinin zıt yönlü olduğunu ifade etmektedir. Kullanılan farklı korelasyon analizleri bulunmaktadır. En çok bilinen ve kullanılanları Pearson ve Spearman korelasyon analizleridir. Normal

dağılım gösteren veriler için Pearson korelasyon analizi kullanılırken, normal dağılım göstermeyen veriler içinse Spearman Korelasyon analizi kullanılır.

2.3.4. Verilerin Normalite Testleri

İncelenen verilerin dağılım karakterini belirlemek için kullanılan testlerdir. Normalite testine göre normal dağılım gösteren verilerin önem katsayısının (önem.) %5'ten büyük olması beklenir. Yukarıda da ifade edildiği üzere yaygın kullanılan normalite testleri; Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilks Normalite testleridir.

2.3.5. Eşik Değer Hesabı

Elementlerin eşik değeri incelenen veri setlerindeki değerlere göre hesaplanan ve veri setindeki sapmanın sınırına denilmektedir. Tez kapsamında sediman, toprak ve kayalardaki elementlerin eşik değerleri farklı yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Bunlar içinde en yaygınları aritmetik, geometrik, harmonik ortalama ve medyan gibi merkezi ağırlık parametreleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalardır. Bu parametrelere 2 veya 3 standart sapma eklenerek eşit değerler hesap edilmektedir. Bunlar konvansiyonel yöntemler olarak kabul edilmektedir. Bunların dışında ayrıca konsantrasyon-sayı (C-N) ve konsantrasyon-alan (C-A) metotları gibi metotlar da kullanılmaktadır. Bu çalışmada eşik değer hesaplamalarında, aritmetik ortalama, geometrik ortalama kullanılarak bunlara ± 2 standart sapma eklenmiştir. Ayrıca uç değerlerden en az etkilenen medyan değeri kullanılmış ve medyan değerine de ± 2 medyan mutlak sapma ilave edilerek eşik değer hesaplanmıştır. Dağılım haritalarının oluşturulmasında ise medyan ± 2 medyan mutlak sapma yöntemi ile hesap edilen eşik değer dikkate alınmıştır.

2.3.5.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi

Bu yöntemde eşik değer hesaplaması normal dağılım gösteren veriler için yaygın olarak kullanılmaktadır. İstatistikte kullanılan varyans parametresi σ^2 (eski Yunan harfi olan küçük sigmanın karesi) ile gösterilir; örneklem topluluğu için ise varyans değeri σ' simgesi ile gösterilir, standart sapma ise ana veri topluluğu için s sembolü ile örneklem topluluğu için ise s' sembolleri ile gösterilmektedir. Standart sapma veri değerlerinin aritmetik ortalamalarından farkının karelerinin toplamının ortalamasına bölümüyle varyans, varyansın karekökü alınarak da standart sapma değeri elde edilir. Aritmetik ortalamaya 2 standart sapma ilave edilerek de eşik değer hesap edilir.

2.3.5.2. Geometrik Ortalama Yöntemi

Normal dağılım göstermeyen veriler için geometrik ortalama yöntemiyle eşik değer hesabı yaygın olarak kullanılmaktadır. Geometrik ortalama (GeO) incelenen n adet verinin birbirleri ile çarpımının n'inci dereceden kökünün bulunması ile hesaplanır.

$$\text{GeO} = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \times \dots \times x_n} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Geometrik ortalamanın hesaplamasında güçlük olduğu için verilerin logaritmaları alınarak ortalamaları bulunur ve akabinde antilogu alınarak geometrik ortalama elde edilir. Aritmetik ortalamada olduğu gibi verinin standart sapması hesap edilerek geometrik ortalamaya 2 standart sapma ilave edilerek de eşik değer hesap edilir.

2.3.5.3. Medyan ± 2 Medyan Mutlak Sapma yöntemi

İncelenen verilerde uç değerler fazla olduğunda verileri anlamlandırmak güçleşmektedir. Bu durumda verilerin merkezi eğilimini temsil eden en ideal parametrelerin başında medyan değeri gelir. Dolayısıyla medyan parametresi kullanılarak aşırı uçların olduğu durumlarda eşik değer daha gerçekçi olarak tespit edilebilmektedir. Eşik değerler (ED) hesap edilirken medyan değeri yardımıyla medyan mutlak sapma değerleri hesap edilir ve veri setinin medyan değerine 2 medyan mutlak sapma (MMS) değeri ilave edilerek eşik değer hesap edilir (Reimann vd., 2005; Tume vd., 2011). Medyan yardımıyla eşik değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilir:

$$\text{MAD} = M_1(|x_i - M_1(x_i)|) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Burada, x_i örneklem içindeki her bir elemanı, x_j n sayıdaki orijinal gözlem sayısını temsil etmektedir. M_i değeri ise serilerin meydanlarına karşılık gelmektedir.

2.4. Alansal (Spatial) Jeostatistik Çalışmalar

Element dağılım haritaları maden arama çalışmalarında verilerin değerlendirilmesinde en yaygın ve nihai olarak kullanılan veri değerlendirme aşamasıdır. Element dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan modeller deterministik modeller ve olasılık (doğrusal istatistik) modeller olmak üzere iki başlık altında toplanabilir (A. Vural, 2019a). Deterministik modeller arasında yaygın olarak kullanılan metot Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) yöntemidir. Olasılık modelleri içinde bilenen ve yaygın olarak kullanılan yöntem ise Krigleme yöntemidir.

TMA yönteminde birbirine yakın olan noktalardan büyük ağırlıklar, uzak olan noktalardan ise küçük ağırlıklar elde edilerek hesaplama yapılmaktadır. Bu yöntemin kullanımını oldukça kolay olduğu için yaygın olarak tercih edilmektedir.

Olasılık yöntemi, Ortalamasız Krigleme (Ordinary Kriging, OK) jeostatistiksel enterpolasyon yöntemidir. Jeostatistiksel Krigleme yöntemlerinin temel amacı, istenilen her noktadaki veriyi bilinen noktalara ait verilerden itibaren tahmin etmektir. İlk kez 1950'lerde Güney Afrikalı maden mühendisi Krige (1951) tarafından maden yataklarının araştırılması için kullanılmış olan yöntem, günümüzde yer ve atmosfer bilimlerinde yaygın kullanıma sahip temel jeostatistiksel tahmin yöntemidir. Jeostatistiksel çalışmaların temelini, deneysel varyogram yapısının belirlenmesi ve bu yapıya uygun teorik bir modelin geliştirilmesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada analiz sonuçları istatistik çalışmalarında IBM SSPSS v.25.0, alansal jeostatistik çalışmalarında ise ArcGIS v.10.7.1 programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Sediman toprak ve kayaç örneklem topluluklarına ait verilerin tanımlayıcı istatistik parametreleri, histogram, korelasyon, varyogram analizleri ve elementlerin dağılım haritaları oluşturulmuştur.

2.4.1. Varyogram

Varyogram, yöntemi bir noktadan diğer noktalara uzaklık ve yön göz önünde bulundurularak hesaplama yapılan bir yöntemdir. Varyogram yöntemi sayesinde çalışılan sahada örnekleme yapılmamış noktaların değerleri tahmin edilmektedir. Sayısal Analiz yöntemleriyle tanımlanmış var olan değer noktalarından yola çıkarak bu noktalar arasında veya dışında herhangi bir yerde değeri bilinmeyen bir noktadaki muhtemel değeri bulmaya ve/veya tahmin etmeye yarayan yöntemlerin tümüne enterpolasyon (kestirim) adı verilmektedir.

Varyogram bölgesel değişkenler hakkında bilgi verir. Varyogram Fonksiyonu, rastlantısal değişkenin değerleri arasındaki farkın varyansıdır ve aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$2\gamma(h) = \text{Var} [Z(x) - Z(x+h)] \quad (\text{Eşitlik 4})$$

burada

$2\gamma(h)$: varyogram fonksiyonu

$Z(x)$: x noktasındaki rastlantısal değişkenin değeri

$Z(x+h)$: x noktasından h uzaklıktaki rastlantısal değişkenin değeri ifade etmektedir.

Variyogram hesaplamalarında ArcGIS v.10.7.1 yazılımının varsayılan ayarları kullanılmıştır. TMA hesaplamalarında p değeri olarak da yaygın kullanılan ve çalışmamız için de yeterli kabul ettiğimiz 2 değeri alınmıştır.



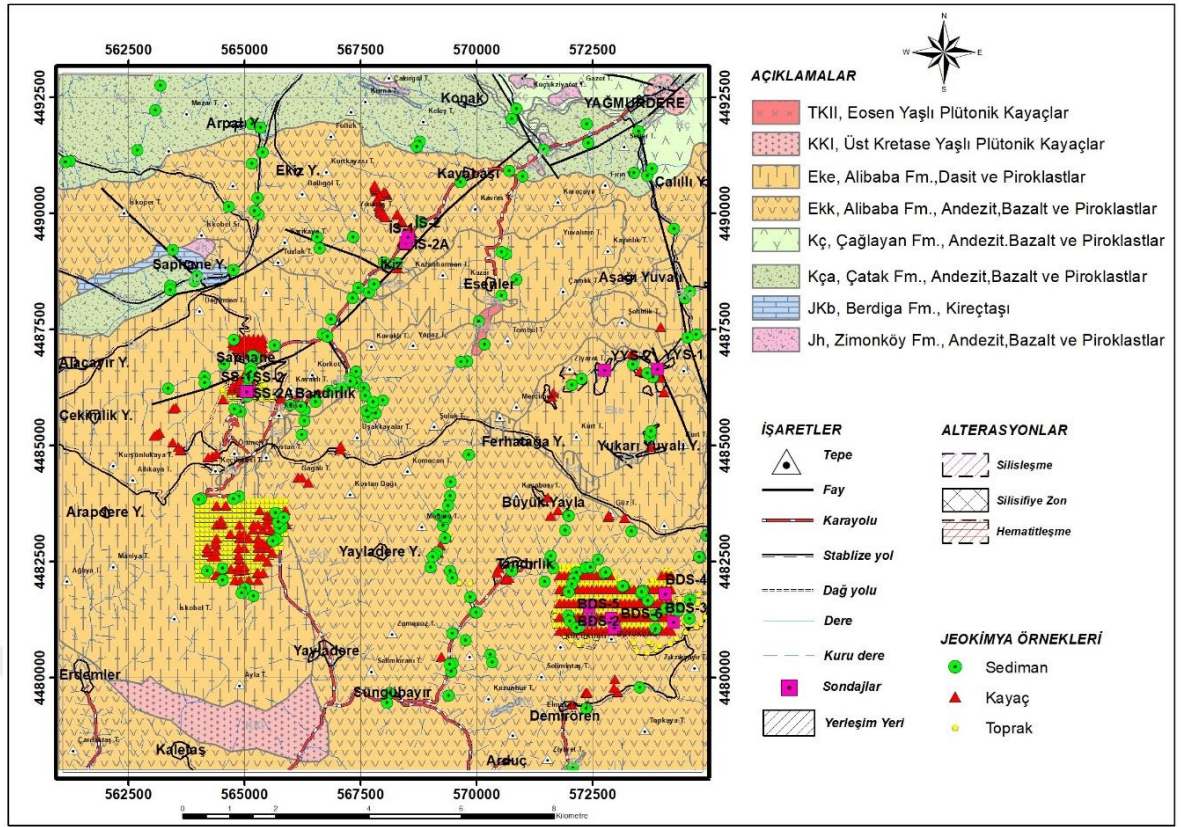
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çalışma Sahası Jeolojisi

Tez sahası Doğu Karadeniz Tektonik Birliğinin, Kuzey Zon bölümüne karşılık gelmektedir. Yörede, Jura'dan Tersiyer sonuna kadar değişik yaşta ve farklı litolojide birimler yüzeyleme vermektedir (Şekil 4,5). Tez sahasının en yaşlı birimlerini Liyas-Dogger yaşlı Zimonköy Formasyonu'na ait andezit-bazalt ve bunların piroklastikleri oluşturmaktadır (Eren, 1983). Bu birimler üzerine ise Berdiga Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir. Formasyonun yaşı Pelin (1977) tarafından Geç Jura-Erken Kretase olarak önerilmiştir. Bunların üzerine Üst Kretase yaşlı Çatak Formasyonu'na ait andezit-bazalt ve piroklastikleri uyumlu olarak gelmektedir (Güven, 1993). Çatak Formasyonu üzerine ise aynı yaştaki Çağlayan Formasyonu'nun kumtaşı-kiltaşı-kırmızı renkli çamurtaşları arakatlarını ihtiva eden andezit-bazalt ve piroklastikleri gelmektedir (Güven, 1993). Geç Kretase birimler üzerine ise uyumsuzlukla Alibaba Formasyonu gelmektedir. Bu formasyona Eosen yaşı verilmiş olup, andezit ve piroklastikler ile ara katkılı tortullardan oluşurlar (Güven, 1993; Tokel, 1972). Bölgede Üst Kretase birimleri yine aynı yaşlı plütonik kayalar tarafından, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ise Üst Eosen yaşlı plütonik kayalar tarafından kesilmektedir (Şekil 4,5).

MESOZOYİK		SENZOYİK	ÜST SİSTEM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
JURA	KRETASE	TERSİYER	SİSTEM		
LİYAS - DOĞER	ÜST KRETASE	EOSEN	SERİ		
Zimonköy Fm.	Çağlayan Fm.	Alibaba Fm.	FORMASYON		
20 - 1500	Çatak Fm.	250	KALINLIK (M)		
					Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar; (TKI); granit, granadiyorit, monzogranit
					Alibaba Formasyonu, andezit, bazalt ve piroklastları nummulitik kireçtaşı, konglomera
					UYUMSUZLUK
					Çağlayan Formasyonu, Andezit, bazalt ve piroklastları (Kumtaşı, Kiltası, gri ve kırmızı renkli çamurtaşı arakatlı)
					Üst Kretase Yaşlı Plütonik Kayaçlar, (KKI); granit, granadiyorit, monzogranit
					Çatak Formasyonu, Andezit, bazalt ve piroklastları
					Berdiga Formasyonu, Orta-kalın tabakalı, çörtlü plaket kireçtaşı
					Zimonköy Formasyonu, Andezit, bazalt ve piroklastlar (Kumtaşı, ammonitli kırmızı kireçtaşı)

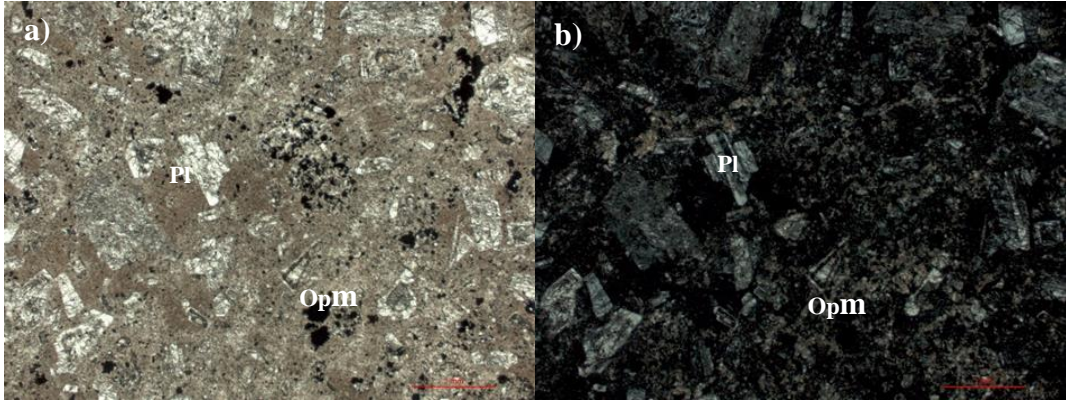
Şekil 4. Çalışma sahasının dikme kesiti



Şekil 5. Çalışma sahasının jeoloji, alterasyon ve numune lokasyon haritası (Duygu vd. 2015'ten değiştirilerek.)

3.1.1. Zimonköy Formasyonu

İnceleme alanının en yaşlı birimi Zimonköy Formasyonu'dur (Eren, 1983). Sahada bu birimin altındaki birimler görülmemekle birlikte bölge geneli düşünüldüğünde bu birim Gümüşhane Granitoyidi üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Zimonköy Formasyonu genellikle andezitik ve bazaltik bileşiminde volkanik kayaçlar içermekte olup, bazı kısımlarda bunların piroklastik kayaçları da gözlenmektedir. İnceleme alanında Yayladere köyü güneyi ve yakın çevresinde, Şephane yaylasının kuzeydoğusunda, ayrıca çalışma sahasının kuzeydoğusunda, Yağmurdere köyünün batısında yüzeyleme vermektedir (Şekil 5).



Şekil 6. Zimonköy Formasyonu içindeki bazaltlara ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: .N (Pl: Plajiolklas Op: Opa Mineral)

3.1.2. Berdiga Formasyonu

Çalışma sahası içerisinde Zimonköy Formasyonu  zerine Berdiga Formasyonu'na ait kristalize kireçtaşları uyumlu olarak gelmektedir. Berdiga Formasyonu kireçtaşları gri beyaz renkli ve masif dokuludur. Bazı seviyelerinde dolomitik karakterde olup, bazı kesimlerde ise az kristalizedir. İnceleme alanında Demirören köyünün batısında ve Şephane yaylası ve sahanın kuzeyinde Konak köyü batısında yüzeylemektedir (Şekil 5).

3.1.3. atak Formasyonu

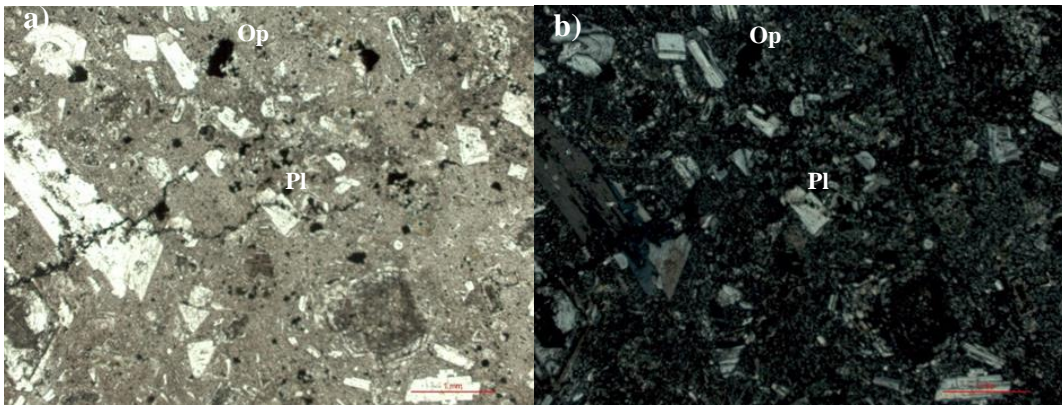
Sahada yüzeyleme veren atak Formasyonu volkano-sedimanter karakterde olup, volkanik kayaçlar bazalt-andezit ve bunların piroklastları ile temsil olunmaktadır. Sedimanter kayaçlar ise gri-kırmızı renkli marn-kumtaşı ara seviyeleri şeklinde gözlenmektedir (Güven, 1993). Birim, alışma alanı dışında yersel uyumsuzluklarla  st Jura- Alt Kretase yaşlı platform kireçtaşlarından oluşmuş Berdiga Formasyonu'nu uyumlu olarak  zerler.

atak Formasyonu alışma alanının kuzeydoğusunda Şephane yaylanın güneybatısında ve çalışma alanı kuzeyinde Yağmurdere köyünün batısında geniş bir alanda yüzeylenir (Şekil 5). Sahada formasyon, bazaltik-andezitik kayaç, breş ve bunların arasında mercekler şeklinde gri-kırmızı renkli killi kireçtaşları ve marnlar ile temsil olunur (Şekil 7). Sahada bazaltik kayaçlardan daha fazla andezitik kayaçlar gözlenmektedir. Volkanik kayaçlar makroskobik olarak gri-yeşil renkli, yer yer plajiolklasları killeşmiş, mafik mineralleri bozuşmuş (kloritleşmiş), kırıklı ve çatlaklı olup, porfiritik dokudadır. Birimin görünür kalınlığı 50-150 metre arasında değişmektedir.



Şekil 7. Çatak Formasyonu'na ait marnlardan görünüm Yağmurdere köyü kuzeyi

Mikroskobik olarak andezitler; porfirik dokulu, plajioklas, horblend, biyotit ve mafik minerallerden oluşmaktadır. Plajioklas genellikle andezin olup, iri kristaller halinde öz ve yarı öz şekillidir (Şekil 8). Plajioklaslar yer yer kalsitleşmiş ve serizitleşmiştir. Horblendler ise iri, öz ve yarı öz şekilli, hamurda küçük çubuğumsu kristaller halindedir. Genelde kalsitleşmiş ve kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir. Biyotit minerali ise iri levhamsı kristaller halindedir. Opak mineralleri, düzensiz köşeli ve yuvarlak öz ve yarı öz şekilli pirit ve manyetit türdedir.



Şekil 8. Çatak Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N
(Pl: Plajioklas Op: Opak Mineral)

3.1.4. Çağlayan Formasyonu

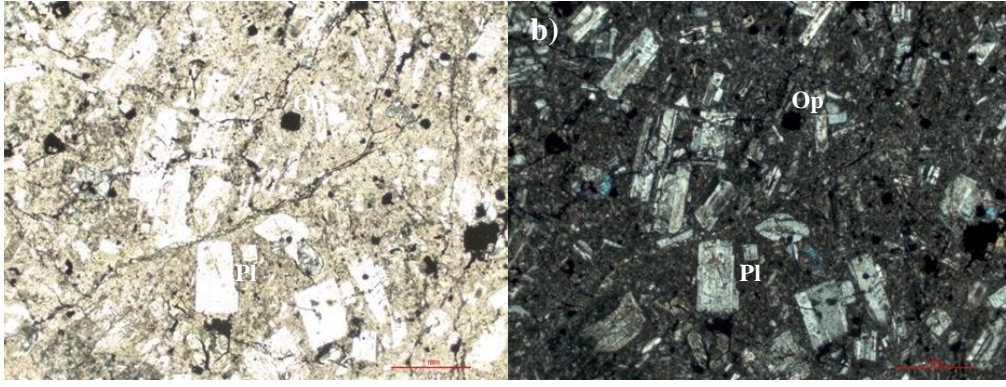
Çağlayan Formasyonu bazaltik-andezitik kayalar ve bunların piroklastikleri ile

bu kayaçlar arasında gri ve kırmızı renkli kireçtaşı-tüfit-kiltaşı- kumtaşı merceklerinden oluşur. İsmi en iyi gözlemlendiği Maçka (Trabzon) ilçesi Çağlayan yöresinden almıştır (Güven, 1993). Çalışma sahasında Çağlayan Formasyonu'nun volkanik ve sedimanter birimleri ayrı ayrı haritalanmıştır (Şekil 5). Çağlayan Formasyonu volkanikleri, Yağmurdere köyü civarında görülmekte olup, başlıca spilitik bazalt-andezit ve mercekler şeklinde gri ve kırmızı renkli kireçtaşı-tüf-kumtaşı mercekleri içermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Çağlayan Formasyonu'na ait andezitlerden görünüm

Spilitik bazaltlar albitleşmiş plajyoklas, piroksen, klorit kalsit ve opak minerallerden oluşur. Tüfler; litik ve kristal tüf niteliğindedir. Andezitler; gri yeşil renkte olup, plajyoklas ve horblend mineralleri içermektedir (Şekil 10). Mikroskobik olarak öz ve yarı öz şekilli plajyoklas ve horblend kristallerinden, biyotit ve opak minerallerden oluşmuştur. Sahadaki görünür kalınlığı yaklaşık 100 m'dir. Çağlayan Formasyonu'na ait kırıntı kayaçlar ise Yağmurdere köyünün doğu ve batısında mostra vermektedir. Çağlayan Formasyonu inceleme alanında Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir.



Şekil 10. Çağlayan Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N(Pl: Plajoklas Op: Opak Mineral)

3.1.5. Üst Kretase Yaşlı Plütonik Kayaçlar

Üst Kretase yaşlı plütonik kayaçlar, granitten diyorite kadar değişik bileşimde magmatik kayaçlardan oluşur. Bu kayaçlar Güven (1993) tarafından Rize- Kaçkar dağlarına atfen Kaçkar Granitoyidi-I olarak tanımlanmıştır.

Sahada granitoyitik kayaçlar Kaletaş köyü kuzeyinde ve Yağmurdere köyünün kuzeydoğu ve güneybatısında yayılım gösterirler (Şekil 5).

Mikroskobik olarak, açık ve koyu renkli mineral oranları ayrışma dereceleri, dokuları ve birbiriyle olan dokunak ilişkileri gibi özelliklere bağlı olarak, granit, granodiyorit monzonit ve diyorit bileşimde kayaçlar arazide birbirlerinden ayrılmaktadır. Fakat çok küçük oranlarda yayılım gösterdiklerinden dolayı tümü haritalanamamıştır.

Mikroskopik olarak siyenitik kayaçlar; tanesel dokulu, orta-iri taneli özşekilsiz alkali feldispat minerallerinden, orta- iri taneli yarı özşekilli ve özşekilsiz plajoklas ve biyotit minerallerinden, küçük-orta taneli özşekilsiz kuvars kristallerinden, orta-iri taneli yarı özşekilli ve özşekilsiz mafik minerallerden (hornblend mi biyotit mi ayırt edilememiştir), tali ve opak minerallerden oluşmuştur. Ayrışma ürünleri, killeşme, serizitleşme, kloritleşmedir.

Granitik kayaçlar; holokristalin porfirik dokulu, yarı öz şekilli kristaller halinde plajoklas, ortoklas, kuvars, amfibol, biyotit, tali mineraller ve opak minerallerden oluşmuştur. Yarı özşekilli plajoklas ve ortoklas minerallerinin arasını yarı öz şekilli kuvars, amfibol, biyotit mineralleri doldürmüştür. Ayrışma ürünleri serisit ve killeşmedir.

Granodiyoritik kayaçlar; porfirik dokulu, öz ve yarı özşekilli plajoklas, özşekilsiz kuvars ve ortoklas, öz ve yarı özşekilli biyotit ve amfibol, tali mineraller ve opak minerallerden oluşur. Öz ve yarı özşekilli plajoklas kristallerinin arasını öz şekilsiz kuvars ve ortoklas kristalleri ile öz ve yarı öz şekilli amfibol mineralleri doldürür. Opak

mineralleri ise manyetit ve pirittir. Ayrışma ürünleri, serisitleşme kalsitleşme, kloritleşme ve killeşmedir.

Diyoritik kayaçlar; porfiritik dokulu, yarı özşekilli plajioklas kristallerinin arasını özşekilsiz kuvars ve ortoklas kristalleri ile öz ve yarı özşekilli levhamsı-lifi kristaller halinde amfibol mineralleri doldurur. Ayrıca opak ve tali minerallerde bulunur.

Monzonitik kayaçlar; taneseli dokulu, orta küçük taneli yarı özşekilli prizmatik kristaller halinde plajioklas, orta taneli yarı özşekilli kristaller halinde ortoklas, orta taneli yarı özşekilli levhamsı kristaller halinde biyotit, yarı özşekilli küçük kristaller halinde kuvars, tali mineraller ve opak minerallerden oluşmuştur.

3.1.6. Alibaba Formasyonu

Nummunitli kireçtaşı-tüfit-kiltaşı-kumtaşı ara seviyeli bazalt, andezit ve bunların piroklastlarından oluşmuştur (Güven, 1993; Tokel, 1972). Birim çalışma alanında Çağlayan Formasyonu'nu uyumsuz olarak üzerlemektedir.

Alibaba Formasyonu inceleme alanının yaklaşık %95'ini kaplamakta olup, çalışma sahasının kuzey kesimlerinde yüzeylemektedir. Formasyonun tüm birimleri çalışma alanında gözlenmez. Birim tabanda andezitik piroklastikler ile başlamakta ve killi kireçtaşı-andezitik tüf ve kumtaşı ara seviyeleri ile devam etmektedir (Şekil 11,12). Birim kuvarslı hornblend andezit sil ve dayklar tarafından kesilmiştir. Aglomera ve breşler makroskopik olarak gri-yeşil renkte andezitik çakıllarından oluşmuş, çakılların boyutları 3-10 cm arasında değişmektedir. Yer yer killeşmiştir. Mikroskobik olarak andezitler, porfirik dokuda plajioklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerden oluşmuştur (Şekil 13). Bazı andezitlerde ojit minerali de görülür. Birimin arazideki görünür kalınlığı yaklaşık 200m'dir.

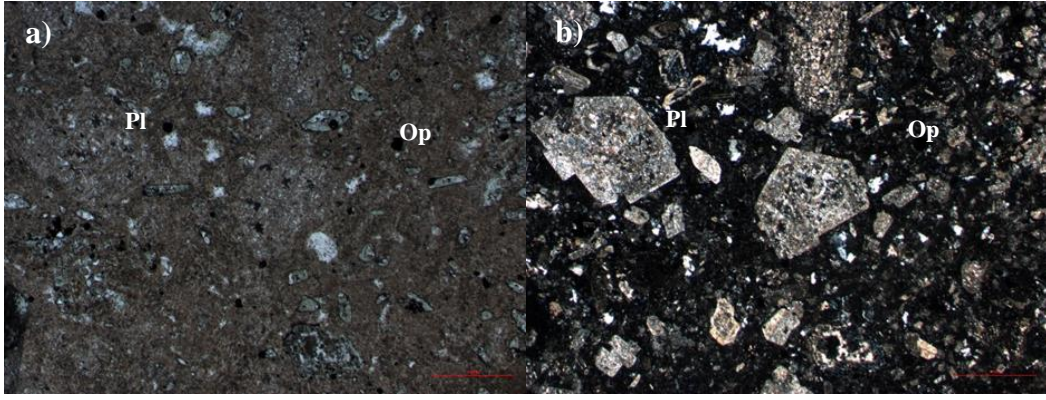


Şekil 11. Alibaba Formasyonu'na ait bazı kayaçlardan görüntü



Şekil 12. Şephane köyü yolu üzeri dasit-andezit geçiş zonu

Birim yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesiyle sığ deniz ve karasal ortamlarda çökelmiştir. Birimin yaşı içerdiği nummulitlere dayandırılarak Eosen olarak kabul edilmiştir (Eren, 1983; Güven, 1993; Özer, 1984; Tokel, 1972).



Şekil 13. Alibaba Formasyonu içindeki andezite ait incekesit fotoğrafı a: T.N b: Ç.N(Pl: Plajioklas Op: Opak mineral)

3.1.7. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar

Çalışma sahasında başlıca granit, granodiyorit, monzonit, monzodiyorit, diyorit ve diyorit porfirlerden oluşan intrüzifler Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar başlığı adı altında ele alınmıştır. Bu kayaçlar Güven (1993), tarafından Rize ilinin güneyinde intrüzif kayaların yoğun olarak yüzeylendiği Kaçkar Dağları'na izafen Kaçkar granitoyidi II olarak adlandırılmıştır.

Birim inceleme alanının kuzeyinde Esenler köyünün güneyinde yüzeylenmektedir (Şekil 5). Bu kayaçlar çalışma sahasında başlıca granit, granodiyorit, monzonit, monzodiyorit, diyorit ve diyorit porfirlerden oluşmaktadır. Bu kayaçların farklı bölümlerinden derlenen örneklerin mikroskopik incelemeleri dikkate alındığında, genellikle holokristalen tanesnel dokuya sahip olduğu; başlıca kuvars, plajioklas, alkali feldispat (ortoklas), amfibol ve biyotit mineralleri ile tali bileşen olarak zirkon, apatit, sfen ve opak minerallerden oluştuğu tespit edilmiştir. Yarıözşekilli-özşekilsiz plajioklas mineralleri polisentetik ikizlenmeli ve yer yer zonlu doku göstermektedir. Plajioklaslarda killeşme ve serizitleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Yarıözşekilli-özşekilsiz alkali feldispatlar (ortoklas) basit ikizlenmeli ve genellikle killeşmişlerdir. Yarıözşekilli-özşekilsiz klinoamfiboller (hornblend) yeşil renkte pleokroizma göstermekte olup çoğunlukla kloritleşmişlerdir. Yarıözşekilli-özşekilsiz görülen biyotitler kahverengi pleokroizma göstermektedirler. Kuvars mineralleri bir diğer ana bileşeni oluşturmakta olup, son kristalleşen mineral olması nedeniyle diğer ana bileşenler arasında özşekilsiz kristaller halinde gözlenmektedir.

3.2. Yapısal Jeoloji

Sahanın maruz kaldığı jeodinamik evrimin etkisi ile sahada fay, kırık ve kıvrım gelişimleri gözlenmiştir. Sahadaki fay gelişimleri KB-GD, KD-GB yönelimlerinde olup,

saha yakınında ise yer yer D-B yönelimli olarak gelişmişlerdir. Fay gelişimleri bölgenin genel yapısı ve sıkışma rejimi ile de uyumludur. Sahadaki önemli faylardan birisi Şephane-Kayabaşı doğrultusunda vadi boyunca gelişmiş olup ikinci bir fay ile kesilerek Yağmurdere vadisi boyunca da uzanmaktadır. Bu büyük faylar KB-GD doğrultulu ikincil faylarca kesilmektedir. Alterasyon, silisleşme ve yer yer cevherleşmeler de bu faylarla ilişkili olarak gelişmiştir. Kıvrımlar daha çok sahanın kuzeyinde, Çatak Formasyonu'nda özellikle de Çatak Formasyonu'nun marnlarında gözlenmektedir.

3.3. Alterasyon ve Cevherleşme

Çalışma sahasının değişik kesimlerinde hidrotermal alterasyon ürünlerine rastlanmaktadır. Bu alterasyon ürünleri daha çok hematitleşme, silisleşme şeklinde gelişmiştir. Sahada en yoğun alterasyon Yuvalı, Şephane ve İkiz bölgesindedir. Sahadaki alterasyona yönelik çalışmalar daha çok cevherleşme potansiyeli olan Şephane ve Büyükdag anomali alanlarında MTA Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında yapılmış sondajlardan alınan karotlardan XRD çalışmaları ile belirlenmeye çalışılmıştır (Tablo 2). Şephane sahasında yapılan XRD'lerde yüzey ile 36. metre civarında fillik-serizitik alterasyona rastlanmış olup, kuvars, illit, kaolinit minerallerine rastlanmıştır. Ayrıca cevher minerali olarak piritler de tespit edilmiş olup, alterasyon minerali olarak yer yer klorit mineralleri gözlenmiştir. Sahada 142. metreden sonra ise propilitik alterasyon belirlenmiş olup sahada yapılan sondaj bu sebeple daha fazla ilerletilmemiştir. Büyükdag sahasındaki 3 adet sondajda toplam 16 XRD analizi değerlendirilmiştir. XRD verilerine göre bu sahada yaygın bir serizitik-fillik alterasyon zonu tespit edilmiştir. Cevherleşme alanından uzaklaştıkça propilitik alterasyona geçiş gözlenmiştir.

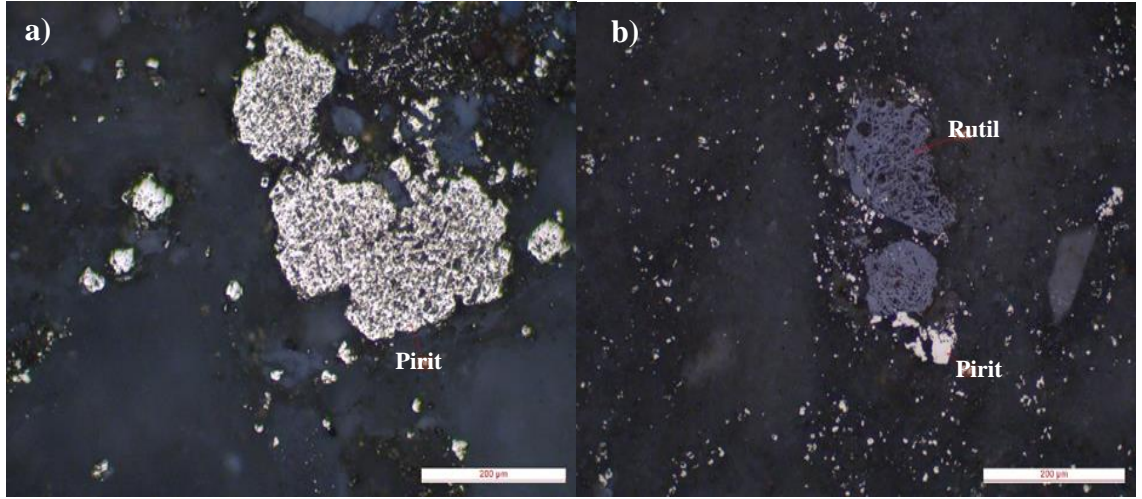
Tablo 2. Çalışma sahasındaki sondajlardan alınan XRD verileri

Örnek No	Mineraller
ŞS1-36X	Kuvars, illit, pirit, kaolinit, k-feldspat (Mikroklin), klorit grubu mineral
ŞS-1-142X	Kuvars, illit, pirit, pirofillit
BDS-2-100X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, Kaolinit
BDS-2-200X	Kuvars, feldispat grubu mineral, simektit grubu kil minerali (montmorillonit), mika-illit, kaolinit
BDS-3-50X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, kalsit, dolomit, çok az kaolinit
BDS-3-100X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, kaolinit, kuprit?
BDS-3-150X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, dolomit, çok az kalsit

Tablo 2. (Devamı)

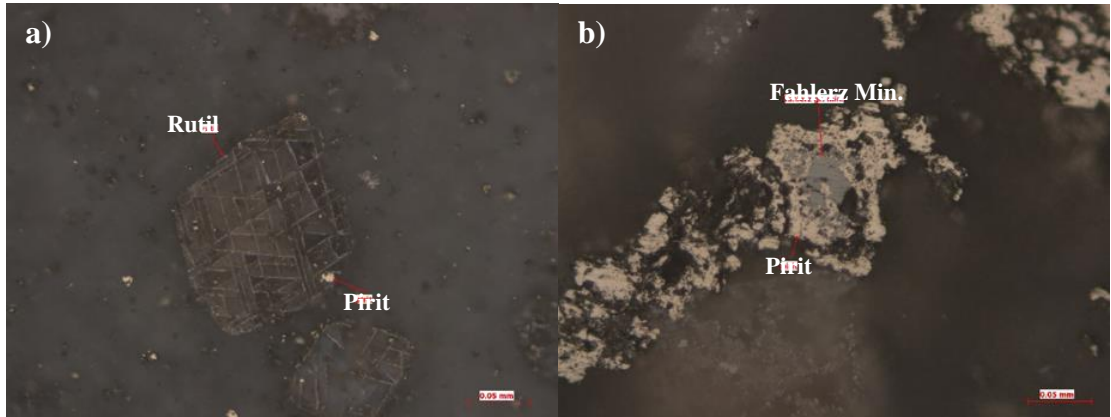
Örnek No	Mineraller
BDS-3-200X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, dolomit, çok az kalsit, çok az kaolinit
BDS-3-300X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, dolomit, çok az kalsit
BDS-3-400X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, dolomit
BDS-5-50X	Kuvars, feldispat grubu mineral, klorit grubu kil minerali (klinoklor), kalsit, dolomit, mika-illit
BDS-5-100X	Kuvars, feldispat grubu mineral, mika-illit, kaolinit, kalsit
BDS-5-150X	Kuvars, feldispat grubu mineral(plajioklas), mika-illit, çok az kaolinit
BDS-5-200X	Kuvars, feldispat grubu mineral(plajioklas), mika-illit, kaolinit
BDS-5-250X	Kuvars, feldispat grubu mineral,mika-illit,dolomit,kaolinit,çok az kalsit
BDS-5-300X	Kuvars, mika-illit, feldispat grubu mineral, dolomit, kaolinit
BDS-5-350X	Kuvars, mika-illit, feldispat grubu mineral, dolomit, kaolinit
BDS-5-400X	Kuvars, feldispat grubu mineral(plajioklas), mika-illit, kaolinit, kuprit?

Alterasyon sahalarının olduğu kesimlerde element zenginleşmeleri/cevherleşmelere rastlanmıştır. Sahalardaki mevcut alterasyonlar da dikkate alınarak MTA Genel Müdürlüğü tarafından Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi kapsamında Yuvalı ve İkiz sahasında yapılan sondajların karotlarından cevher mikroskobisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 14). Bu kapsamda Yuvalı sahasından 17 adet, İkiz sahası sondajlarından ise 4 adet cevher mikroskobisi amaçlı örnek alınmış ve mineralojik, petrografik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yuvalı sahası cevher mikroskobisi çalışmalarında, yaygın bir mineralizasyona rastlanılamamıştır. Sahada genel olarak pirit ve rutil mineralleri gözlenmiştir (Şekil 14, 15). Bazı kesimlerde sınırlı olarak sfalerit minerallerine rastlanmış olup, oksik/yükseltgen ortamların etkisiyle de limonit gelişimleri gözlenmiştir. Cevher mikroskobisi çalışmalarında rastlanan piritler genellikle saçınımlı küçük taneler halinde olup, yer yer gang minerallerinin tane sınırlarında küçük taneler halinde ve az bir kısmı da büyük özşekilsiz taneler şeklinde tespit edilmiştir (Şekil 14). Piritlerin ölçülebilen boyutları 10-600 mikron aralığında değişmektedir. Rutil minerallerinin çoğunluğu özşekilli ve yarıözşekilli olarak belirlenmiştir. Çubuksu tanelerinin bazıları gang minerallerinin dilinim izlerinde ve çeperlerinde gözlenmiş olup tanelerinin neredeyse hepsinde lökokslenme belirlenmiştir. Rutillerle birlikte yer yer limonit, lepidokrozit ve götitledmeler de tespit edilmiştir.



Şekil 14. Yuvalı sahası cevher mikroskobisi örnekleri, a) özşekilsiz pirit minerali b) rutilerin etrafındaki saçınım halinde piritler

İkiz sahasında ise yaygın olarak, öz şekilsiz ve yarı özşekilli pirit mineralleri, ikincil olarak ise rutil minerallerine rastlanmıştır. Örneklerde eser miktar ise fahlerz mineraline rastlanmıştır (Şekil 15). Piritler çoğunlukla saçınım halinde bulunmakta olup, yer yer 1-2 mm genişliğinde damarlar şeklinde rastlanmıştır. Bazı kesimlerde kılcak pirit damarcıkları da gözlenmiştir. Boyutları 7-300 mikron arasında değişmektedir. Rutiller özşekilli yer yer kafes dokulu olarak gözlenmiştir (Şekil 15). Bazı kesimlerde ise ince tanecikler şeklinde ve saçınımlı halde görülmektedir.



Şekil 15. İkiz sahası cevher mikroskobisi örnekleri, a) özşekilli kafes dokusuna sahip rutil b) fahlerz mineralleri etrafındaki saçınım halde piritler

3.4. Jeokimyasal/ Jeoistatistik Çalışmalar

3.4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Sediman, toprak ve kayaç numunelerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır (Tablo 3-5). Sahadan alınan 191 adet sediman örneğinden Cu değerleri için örneklerin tamamı dedeksiyon limitleri içerisinde. Sedimanlardaki Cu konsantrasyonları 5.00

ppm ile 120.00 ppm arasında değişmekte olup, ortalaması 39.12 ppm'dir. Pb konsantrasyonları 12 örnek alım noktasında dedeksiyon limiti altında kalmıştır. Diğer örnek alım noktaları dikkate alındığında Pb konsantrasyonlarının 6.00 ppm ile 91.00 ppm arasında değiştiği, ortalama Pb konsantrasyonunun ise 24.07 ppm olduğu tespit edilmiştir. Sahadan alınan sediman örneklerin tamamı dedeksiyon limitleri içinde kalmıştır. Zn konsantrasyonlarının ortalaması 66.25 ppm olup, 9.00 ppm ile 159.00 ppm arasındadır. Mo elementi için 189 örnek alım noktası dedeksiyon limitinin altında kalmıştır. Mo konsantrasyonları 6.00 ppm ile 120.00 ppm arasında olup, Mo ortalama konsantrasyonları 63.00 ppm'dir. Sedimanlardaki As konsantrasyonları 5 örnek alım noktasında dedeksiyon limiti altında kalmıştır. As konsantrasyonları 3.00 ppm ile 335.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 12.09 ppm'dir. Sb için 159 adet numune dedeksiyon limiti dışında kalmıştır. Sb konsantrasyonları 5.00 ppm ile 25.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 15.81 dir. Ag konsantrasyonları için 190 adet numune dedeksiyon limitleri dışına çıkmıştır. Tek Ag konsantrasyonunun değeri 1.20 ppm dir. Au konsantrasyonları için 179 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Au konsantrasyonları 25 ppb ile 875 ppb arasında değişmektedir ve ortalaması 261.67 ppb'dir. Co değerleri için 19 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Co değerleri 5.00 ppm ile 29.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalama değeri 11.73 ppm'dir. Ni değerleri için 17 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Ni değerleri 5.00 ppm ile 44.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 9.77 ppm'dir. Bi değerleri için 191 adet numunenin tümü dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Bundan dolayı herhangi bir tanımlayıcı istatistiğe tabi tutulmamıştır. V değerleri için 191 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. V değerleri 9.00 ppm ile 404.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 90.53 ppm'dir.

Tablo 3. Sedimanlardaki element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	V
Sayı	191	179	191	2	186	32	1	12	172	174	191
Ortalama	39.12	24.07	66.25	63.00	12.09	15.81	1.20	261.67	11.73	9.77	90.53
Medyan	37.00	19.00	63.00	63.00	8.00	18.00	1.20	132.50	11.00	8.00	65.00
Minimum	5.00	6.00	9.00	6.00	3.00	5.00	1.20	25.00	5.00	5.00	9.00
Maksimum	120.00	91.00	159.00	120.00	335.00	25.00	1.20	875.00	29.00	44.00	404.00
Standart Sapma	22.11	14.35	27.30	80.61	25.58	6.57		289.75	4.82	5.20	82.83
Basıklık	1.50	4.22	0.64		139.18	-1.05		0.36	1.19	14.38	5.21
Çarpıklık	1.06	1.84	0.62		11.15	-0.60		1.24	1.08	3.18	2.24
Geometrik Ortalama	32.92	20.91	60.07	26.83	8.26	14.00	1.20	136.50	10.85	8.92	66.22

Sahadan alınan 869 adet toprak örneğinden Cu konsantrasyonları için 1 adeti dedeksiyon limitinin dışına çıkmıştır. Cu konsantrasyonları 3.00 ppm ile 152.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 23.44 ppm'dir. Pb konsantrasyonları için 4 adeti dedeksiyon limitinin dışına çıkmıştır. Pb konsantrasyonları 6.00 ppm ile 1357.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 32.12 ppm'dir. Zn konsantrasyonları için alınan örneklerin tümü dedeksiyon limitleri içerisinde. Zn konsantrasyonları 5.00 ppm ile 230.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 52.15 ppm'dir. Mo konsantrasyonları için 827 adeti dedeksiyon limitinin dışında kalmıştır. Mo konsantrasyonları 5.00 ppm ile 11.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 6.00 ppm'dir. As konsantrasyonları için 60 adet numune dedeksiyon limiti dışına çıkmıştır. As konsantrasyonları 3.00 ppm ile 128.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 11.31 ppm'dir. Sb konsantrasyonları için 791 adet numune dedeksiyon limiti dışında kalmıştır. Sb konsantrasyonları 5.00 ppm ile 8.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 5.73 ppm'dir. Ag konsantrasyonları için 851 adet numune dedeksiyon limitleri dışına çıkmıştır. Ag konsantrasyonları 1.00 ppm ile 15.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 2.49 ppm'dir. Au konsantrasyonları için 713 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Au konsantrasyonları 20 ppb ile 2000 ppb arasında değişmektedir ve ortalaması 102.47 ppb'dir. Co konsantrasyonları için 336 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Co konsantrasyonları 5.00 ppm ile 29.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalama değeri 8.89 ppm'dir. Ni konsantrasyonları için 5 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Ni konsantrasyonları 5.00 ppm ile 53.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 16.73 ppm'dir. Bi konsantrasyonları için 842 adet numune dedeksiyon limitleri dışında yer almaktadır. Bi konsantrasyonları 5.00 ppm ile 25.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 9.19 ppm'dir. V konsantrasyonları için 1 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. V konsantrasyonları 6.00 ppm ile 233.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 39.29 ppm'dir.

Tablo 4. Toprak örneklerinin element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	Bi	V
Sayı	868	865	869	42	809	78	18	156	536	834	27	868
Ortalama	23.44	32.12	52.15	6.86	11.31	5.73	2.49	102.47	8.89	16.73	9.19	39.29
Medyan	17.00	23.00	48.00	6.00	6.00	6.00	1.60	50.00	8.00	15.00	6.00	33.00
Minimum	3.00	6.00	5.00	5.00	3.00	5.00	1.00	20.00	5.00	5.00	5.00	6.00
Maksimum	152.00	1357.00	230.00	11.00	128.00	8.00	15.00	2000.00	29.00	53.00	25.00	233.00
Standart Sapma	18.16	59.18	29.32	2.16	14.50	0.80	3.23	198.07	4.12	8.54	6.39	26.03
Basıklık	9.88	305.47	3.84	-0.84	18.48	1.29	15.28	59.16	4.42	1.10	1.74	16.39
Çarpıklık	2.58	15.27	1.45	0.83	3.76	1.15	3.82	6.93	1.90	1.14	1.73	3.41
Geometrik Ortalama	18.84	24.16	44.76	6.56	7.46	5.68	1.83	59.39	8.18	14.80	7.77	34.06

Sahadan alınan 379 adet kayaç örneğinden Cu konsantrasyonları için 93 adeti dedeksiyon limitinin dışına çıkmıştır. Cu konsantrasyonları 3.00 ppm ile 436.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 32.62 ppm'dir. Pb konsantrasyonları için 68 adeti dedeksiyon limitinin dışına çıkmıştır. Pb konsantrasyonları 5.00 ppm ile 456.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 27.50 ppm'dir. Zn konsantrasyonları için alınan örneklerin 10 adeti dedeksiyon limitleri dışındadır. Zn konsantrasyonları 2.00 ppm ile 190.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 21.38 ppm'dir. Mo konsantrasyonları için 225 adeti dedeksiyon limitinin dışında kalmıştır. Mo konsantrasyonları 5.00 ppm ile 67.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 16.21 ppm'dir. As konsantrasyonları için 131 adet numune dedeksiyon limiti dışına çıkmıştır. As konsantrasyonları 3.00 ppm ile 413.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 28.94 ppm'dir. Sb konsantrasyonları için 327 adet numune dedeksiyon limiti dışında kalmıştır. Sb konsantrasyonları 5.00 ppm ile 207.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 15.35 ppm'dir. Ag konsantrasyonları için 330 adet numune dedeksiyon limitleri dışına çıkmıştır. Ag konsantrasyonları 1.00 ppm ile 18.60 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 3.44 ppm'dir. Au konsantrasyonları için 314 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Au konsantrasyonları 20.00 ppb ile 770.00 ppb arasında değişmektedir ve ortalaması 91.23 ppb'dir. Co konsantrasyonları için 308 adet örnek dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Co konsantrasyonları 3.00 ppm ile 24.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalama değeri 9.23 ppm'dir. Ni konsantrasyonları için 263 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. Ni konsantrasyonları 5.00 ppm ile 25.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 7.18 ppm'dir. Bi konsantrasyonları için 308 adet numune dedeksiyon limitleri dışında yer almaktadır. Bi konsantrasyonları 5.00 ppm ile 90.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 14.31 ppm'dir. V konsantrasyonları için 102 adet numune dedeksiyon limitleri dışında kalmıştır. V konsantrasyonları 5.00 ppm ile 158.00 ppm arasında değişmektedir ve ortalaması 30.49 ppm'dir.

Tablo 5. Kayaç örneklerine ait element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	Bi	V
Sayı	286	311	369	154	248	52	49	65	71	116	71	277
Ortalama	32.62	27.50	21.38	16.21	28.94	15.35	3.44	91.23	9.14	7.18	14.31	30.49
Medyan	21.00	16.00	12.00	13.00	13.00	7.00	2.40	50.00	10.00	6.00	10.00	16.00
Minimum	3.00	5.00	2.00	5.00	3.00	5.00	1.00	20.00	3.00	5.00	5.00	5.00
Maksimum	436.00	456.00	190.00	67.00	413.00	207.00	18.60	770.00	24.00	25.00	90.00	158.00
Standart Sapma	41.83	47.99	23.71	10.80	44.35	30.87	3.12	114.52	3.45	3.21	14.89	29.36
Basıklık	40.36	41.99	8.86	3.36	25.29	31.09	11.26	19.60	3.94	12.04	13.06	1.83
Çarpıklık	5.30	5.94	2.43	1.52	4.10	5.36	2.95	3.88	0.78	3.04	3.37	1.54
Geometrik Ortalama	20.79	16.61	13.18	13.25	14.44	9.25	2.68	60.10	0.00	6.73	10.86	20.43

3.4.2. Korelasyon

Sediman, toprak ve kayalardaki elementlerin birbirleri ile ilişkileri ve bu ilişkilerinin gücünü belirlemek için her bir grup için ayrı ayrı korelasyona analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 6-8).

Veriler normal dağılım göstermediği için çalışma alanından alınan sediman örneklerin element konsantrasyonları için Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Buna göre Cu ile Zn (0.66), Sb (0.63), Co (0.71) ve V (0.65) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Pb ile, V (-0.61) arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Zn ile Co (0.64), ve V (0.58) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Mo ile herhangi bir element arasında pozitif ya da negatif korelasyona rastlanılmamıştır. As ile Au (-0.65) elementi arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Sb ile Co (0.69) ve V (0.60) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Tablo 6. Dere sedimanlarına ait Pearson/Spearman Korelasyon katsayıları (Grafiklerde kalın harflerle gösterilen "1"lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır)

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	Bi	V
Cu	1	-0.31**	0.66**	1.00	0.05	0.63**		-0.19	0.70**	0.00		0.65**
Pb	-0.10	1	-0.14	1.00	0.12	-0.03		-0.29	-0.37**	-0.09		-0.60**
Zn	0.64**	0.02	1	-1.00	0.08	0.23		-0.09	0.64**	0.14		0.57**
Mo	1.00**	1.00**	-1.00**	1	-1.00				-1.00	-1.00		1.00
As	-0.06	0.01	0.01	-1.00**	1	-0.04		-0.65*	-0.09	-0.01		-0.14
Sb	0.68**	-0.06	0.14	.b	0.06	1			0.69**	-0.42*		0.61**
Ag	.b	.b	.b	.b	.b	.b	1					
Au	-0.15	-0.27	-0.14	.b	-0.37	.b	.b	1	-0.24	0.23		0.46
Co	0.733**	-0.31**	0.60**	-1.00**	-0.09	0.54**	.b	0.15	1	0.15*		0.64**
Ni	-0.04	-0.03	0.08	-1.00**	-0.08	-0.62**	.b	-0.04	0.06	1		0.04
Bi	.b	.b	.b	.b	.b	.b	.b	.b	.b	.b	1	
V	0.54**	-0.41**	0.49**	1.00**	-0.08	0.50**	.b	0.35	0.63**	-0.05	.b	1

** .01 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

* .05 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

b. Değişkenlerden en az biri sabit olduğu için hesaplanamaz.

Veriler normal dağılım göstermediği için çalışma alanından alınan toprak örneklerin element konsantrasyonları için Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Buna göre Cu ile Zn (0.51), Co (0.70), Bi (0.58) ve V (0.72) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Pb ile As (0.41) elementi arasında zayıf pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Zn ile Cu (0.52), Ag (-0.50) negatif, Co (0.56), Ni (0.49) ve V (0.62) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Mo elementi ile herhangi bir element arasında pozitif veya negatif korelasyona rastlanılmamıştır. As elementi ile Ni (-0.50) elementi arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Sb ile Bi (0.87) ve V (0.41) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Ag ile Au (0.80) ve

elementleri arasında güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir fakat verilerin yetersiz olmasından dolayı gerçekçi bulunmamıştır. Au ile Bi (-0.62) elementi arasında negatif korelasyonun varlığından söz edilebilir. Co ile Bi (0.90) ile V (0.66) elementleri arasında güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Ni ile herhangi bir element arasında pozitif veya negatif korelasyona rastlanılmamıştır.



Tablo 7. Toprak örneklerinin Pearson/Spearman Korelasyon Katsayıları (Grafiklerde kalın harflerle gösterilen “1”lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır)

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	Bi	V
Cu	1	-0.12**	0.51**	-0.09	0.17**	0.31**	-0.25	-0.12**	0.70**	0.15**	0.58**	0.72**
Pb	0.05	1	-0.16**	0.10	0.41**	-0.22	-0.05	0.24**	-0.30**	-0.20**	-0.14	-0.35**
Zn	0.52**	-0.08*	1	-0.17	-0.29**	0.26*	-0.50*	-0.08*	0.56**	0.49**	0.28	0.62**
Mo	-0.11	-0.06	-0.21	1	0.19			0.12	0.15	-0.13	0.87	-0.26
As	0.12**	0.34**	-0.20**	-0.03	1	-0.09	0.18	0.23**	-0.08	-0.50**	0.22	-0.06
Sb	0.23*	-0.14	0.15	. ^c	-0.10	1		0.03	0.23*	0.26*	0.87	0.41**
Ag	-0.08	-0.07	-0.13	. ^c	-0.20	. ^c	1	0.80**	1.00	0.21		-0.25
Au	-0.06	0.03	0.05	-0.11	0.01	0.05	0.91**	1	-0.06	-0.26**	-0.62*	-0.16**
Co	0.69**	-0.17**	0.59**	-0.14	0.10*	0.14	1.00**	-0.06	1	0.31**	0.90**	0.66**
Ni	0.04	-0.14**	0.31**	-0.16	-0.35**	0.21	0.41	-.11*	0.23**	1	-0.09	0.33**
Bi	0.81**	-0.01	0.79**	0.98	0.03	0.95	. ^c	-0.39	0.91**	0.11	1	0.04
V	0.62**	-0.12**	0.56**	-0.24	-0.11**	0.24*	0.10	-0.07	0.76**	0.28**	0.77**	1

** . 0.01 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

* . 0.05 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

c. Değişkenlerden en az biri sabit olduğu için hesaplanamaz.

Veriler normal dağılım göstermediği için çalışma alanından alınan kayaç örneklerin element konsantrasyonları için Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Buna göre Zn ile V (0.55) elementi arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Pb ile As (0.41) arasında zayıf pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Sb ile Co (0.56) elementleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Au ile Ni (0.50) elementi arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Co ile V (0.62) elementleri arasında güçlü pozitif korelasyonun varlığından söz edilebilir.



Tablo 8. Kayaç örneklerinin Pearson/Spearman Korelasyon Katsayıları (grafiklerde kalın harflerle gösterilen “1”lerin üst tarafındaki veriler spearman korelasyon katsayılarıdır)

	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Ag	Au	Co	Ni	Bi	V
Cu	1	-0.15*	0.41**	0.29**	0.24**	0.37**	0.35*	0.30*	0.36**	-0.08	0.13	0.41**
Pb	0.14*	1	-0.01	-0.04	0.04	0.14	0.31*	0.09	-0.37**	-0.09	0.01	-0.26**
Zn	0.22**	0.02	1	-0.12	-0.19**	0.03	0.33*	0.05	0.33**	-0.07	0.03	0.55**
Mo	0.17*	0.01	-0.11	1	0.34**	0.35*	0.24	0.20	0.19	0.48**	0.04	-0.01
As	0.16*	0.05	-0.08	0.24**	1	0.35*	0.25	0.01	-0.01	0.11	0.35**	-0.03
Sb	0.02	0.02	-0.10	0.05	0.11	1	0.32	0.11	0.56	-0.28	0.17	0.07
Ag	0.14	0.38**	0.07	0.37*	0.37**	-0.04	1	0.39*	-0.21	0.11	-0.03	0.26
Au	0.07	0.46**	0.06	0.08	-0.04	0.61**	0.17	1	0.12	-0.50*	0.25	0.01
Co	0.21	-0.26	0.35**	0.37	0.19	0.43	-0.17	0.58*	1	-0.17	0.18	0.62**
Ni	-0.09	-0.02	-0.03	0.14	-0.13	-0.23	-0.07	-0.29	-0.21	1	0.01	-0.04
Bi	0.30*	0.50**	-0.04	0.18	0.20	0.34	-0.08	0.11	0.05	0.07	1	0.19
V	0.25**	-0.08	0.53**	-0.08	0.06	-0.09	0.06	-0.10	0.55**	-0.04	0.07	1

** . 0.01 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

* . 0.05 Önemlilik katsayısı için hesap edilmiş korelasyon katsayısı

3.4.3. Verilerin Dağılım Karakteristikleri

Sediman, toprak ve kayalardaki element konsantrasyonları için parametrik olmayan testlerden normalite testi gerçekleştirilmiştir (Tablo 9-11). Normalite testi örnek sayısı 30'dan küçük olanlar için Shapiro-Wilk, örnek sayısı 30'dan büyük olanlar için ise Kolmogorov-Smirnov testin sonuçları dikkate alınmıştır.

Sedimanlardaki element konsantrasyonları için yapılan normalite testlerinde tüm elementler için önemlilik katsayısı 0.05'ten küçük olduğu için Kolmogorov-Smirnov testine göre sedimanlardaki elementlerin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Sedimanlar için Normalite Testi^{a,b,c}

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik
Cu	0.01	191	0.000	0.93	191	0.000
Pb	0.19	179	0.000	0.82	179	0.000
Zn	0.12	191	0.000	0.97	191	0.000
Mo	0.26	2				
As	0.36	186	0.000	0.23	186	0.000
Sb	0.19	32	0.004	0.87	32	0.001
Au	0.31	12	0.002	0.80	12	0.009
Co	0.15	172	0.000	0.92	172	0.000
Ni	0.22	174	0.000	0.70	174	0.000
V	0.19	191	0.000	0.74	191	0.000

a. Lilliefors önemlilik düzeltmesi

b. Ag değeri sabit oldu için ihmal edilmiştir.

c. Bi için hesaplama yapılmamıştır.

Sahadan alınan toprak numuneleri için yapılan Kolmogorov-Smirnov normalite testine göre tüm elementler için önem katsayısı %5'den küçük olduğu için toprak numunelerindeki bahse konu olan elementlerin normal dağılım göstermediği görülmüştür (Tablo 10).

Tablo 10. Topraklar için Normalite Testi^a

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik
Cu	0.16	868	0.000	0.76	868	0.000
Pb	0.33	865	0.000	0.23	865	0.000
Zn	0.09	869	0.000	0.91	869	0.000
Mo	0.27	42	0.000	0.79	42	0.000
As	0.28	809	0.000	0.57	809	0.000
Sb	0.25	78	0.000	0.76	78	0.000

Tablo 10. (Devamı)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik
Ag	0.38	18	0.000	0.44	18	0.000
Au	0.41	156	0.000	0.21	156	0.000
Co	0.17	536	0.000	0.81	536	0.000
Ni	0.13	834	0.000	0.91	834	0.000
Bi	0.28	27	0.000	0.68	27	0.000
V	0.16	868	0.000	0.70	868	0.000

a.Lilliefors önem düzeltmesi

Yapılan Kolmogorov-Smirnov normalite testine göre tüm elementler için önem katsayısı %5'den küçük olduğu için kayaç numunelerindeki bahse konu olan elementlerin normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Kayaçlar için Normalite Testi^a

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik	İstatistik	Serbeslik derecesi	Önemlilik
Cu	0.24	286	0.000	0.55	286	0.000
Pb	0.32	311	0.000	0.42	311	0.000
Zn	0.21	369	0.000	0.72	369	0.000
Mo	0.16	154	0.000	0.85	154	0.000
As	0.28	248	0.000	0.58	248	0.000
Sb	0.37	52	0.000	0.33	52	0.000
Ag	0.23	49	0.000	0.70	49	0.000
Au	0.27	65	0.000	0.59	65	0.000
Co	0.13	71	0.005	0.89	71	0.000
Ni	0.25	116	0.000	0.66	116	0.000
Bi	0.29	71	0.000	0.59	71	0.000
V	0.21	277	0.000	0.78	277	0.000

a. Lilliefors önem düzeltmesi

Tüm veriler için normalite testleri, histogramlar kutu diyagramları ve Q-Q diyagramları oluşturulmuş her bir element için normalite test değerleri ve diyagramlar incelenmiş olup, tüm normalite değerlendirmeleri sonucunda, elementlerin normal dağılım gösterip göstermediğine karar verilmiş ve tez verileri için yapılan istatistiksel çalışmalarda verilerin normal dağılım göstermediği kabul edilerek işlemler gerçekleştirilmiştir.

3.4.4. Eşik Değer Hesaplamaları

Elementler için eşik değerler aritmetik ortalama (AO) ± 2 standart sapma (SS), geometrik ortalama (GeO) ± 2 standart sapma medyan (M) ± 2 medyan mutlak sapma

(MMS) metotları kullanılarak hesaplanmıştır. Veriler normal dağılım göstermediği için aritmetik ortalama $\pm 2SS$ değerleri diğer metotlara göre daha yüksek çıkmıştır. GeO $\pm 2SS$ değerleri ise AO $\pm 2SS$ ve Medyan $\pm 2MMS$ değerleri arasında kalmakla birlikte verilerimizden uç değerler aşırı yüksek olduğu için örneklerimiz için eşik değer olarak Medyan ± 2 Medyan Mutlak Sapmanın daha uygun olduğu görülmüş ve işlemlerde bu değer eşik değer olarak kabul edilmiştir. Eşik değer hesaplamalarında $M \pm 2MSS$ yöntemine göre Au (altın) için sediman, toprak ve kayalardaki eşik değerler sırasıyla 337.50, 100 ve 100 ppb bulunmuştur. Eşik değerlerin bu kadar yüksek çıkmasının sebebi altın analizlerinde kullanılan yöntemin dedeksiyon limitinin çok yüksek olmasıdır (20 ppb). Bu yüzden altın için hesaplanan eşik değerler çok gerçekçi bulunmamış, bunların yerine dünya topraklarındaki 0.8-8 ppb aralığında (Kabata-Pendias, 2011) ortalaması da dikkate alınarak dedeksiyon limitinin üstünde kalan 20 ppb değerleri Au için eşik değer olarak kabul edilmiştir.

Tablo 12. Sediman örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.

Elementler	AO $\pm 2SS$	GeO $\pm 2SS$	M $\pm 2MMS$
Cu	83.34	36.66	65.00
Pb	52.76	24.25	31.00
Zn	120.84	63.30	89.00
Mo	224.22	43.47	177.00
As	63.24	12.34	14.00
Sb	28.96	17.86	26.00
Ag	1.20		1.20
Au	841.17	143.54	337.50
Co	21.37	13.81	17.00
Ni	20.17	11.89	12.00
V	256.19	70.59	125.00

Tablo 13. Toprak örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.

Elementler	AO $\pm 2 SS$	GeO $\pm 2SS$	M $\pm 2MMS$
Cu	59.76	22.64	31.00
Pb	150.48	27.88	39.00
Zn	110.79	48.30	84.00
Mo	11.18	9.24	8.00
As	40.31	11.98	12.00
Sb	7.33	7.96	18.00
Ag	8.95	5.63	4.50
Au	498.60	64.22	100.00
Co	17.13	11.13	12.00
Ni	33.80	18.09	25.00
Bi	21.97	11.21	8.00
V	91.35	37.40	53.00

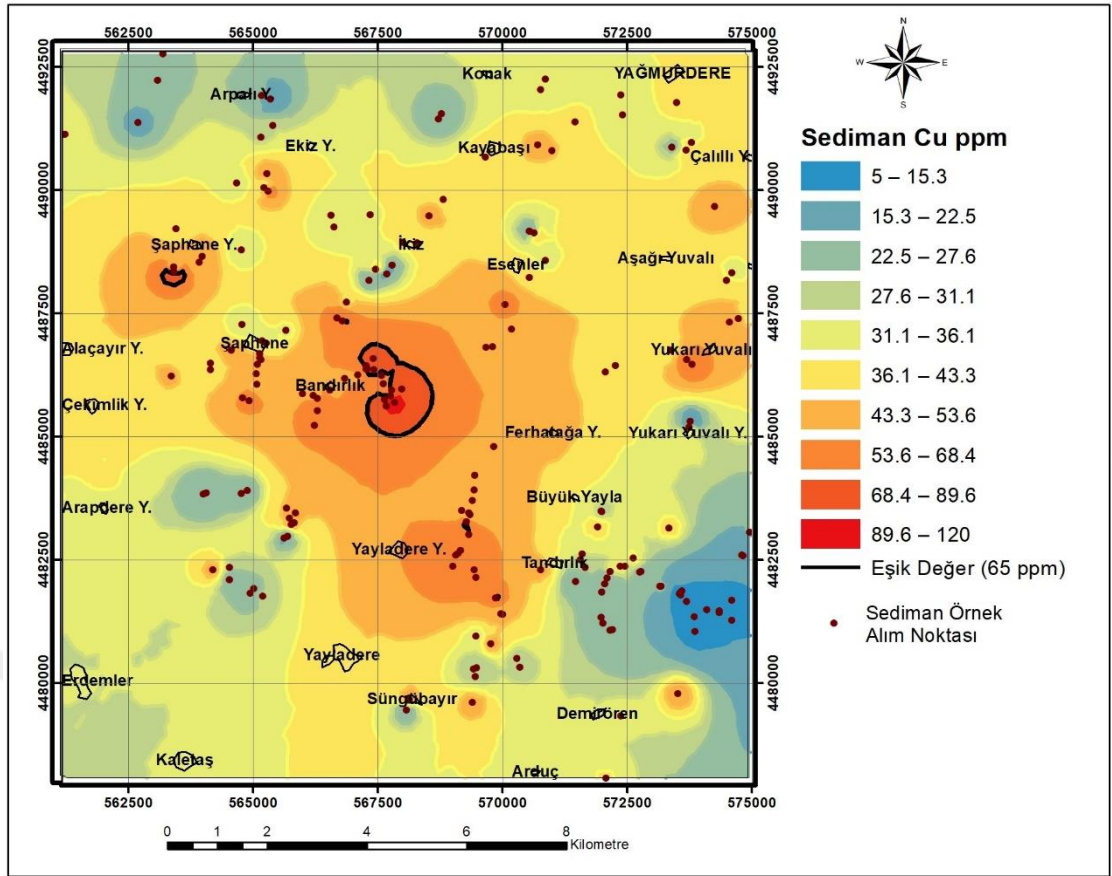
Tablo 14. Kayaç örneklerine ait eşik değer hesaplaması yapılmıştır.

Elementler	AO ± 2 SS	GeO ± 2 SS	M ± 2 MMS
Cu	116.28	25.99	47.00
Pb	123.47	21.40	82.00
Zn	68.79	18.49	36.00
Mo	37.82	17.04	25.00
As	117.64	20.67	31.00
Sb	77.09	13.53	11.00
Ag	9.68	6.55	4.20
Au	320.28	64.76	100.00
Co	16.05	11.59	14.00
Ni	13.60	9.52	8.00
Bi	44.09	14.43	16.00
V	89.21	25.25	32.00

3.4.5. Dağılım Haritaları

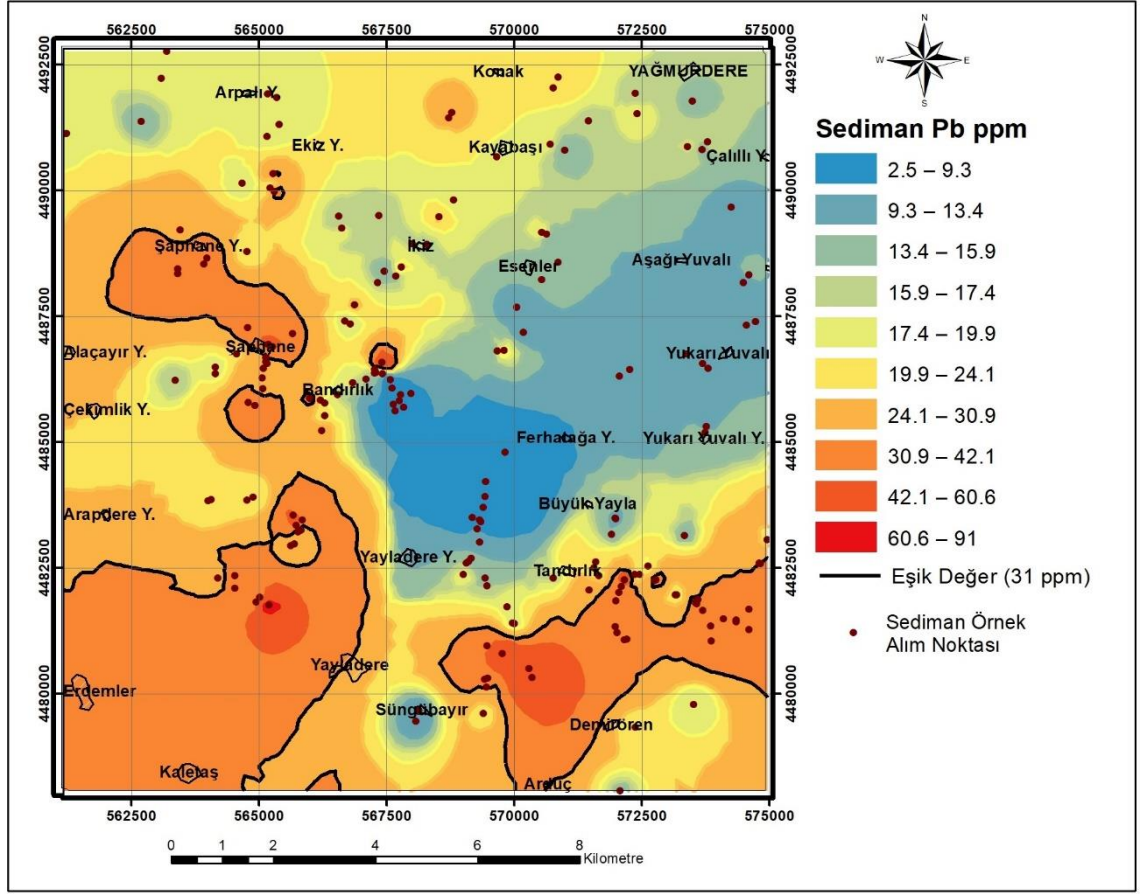
Element dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan temel modeller iki ana başlık altında toplanabilir: Deterministik modeller ve olasılık (doğrusal istatistik) modeller. Deterministik modeller içinde en çok uygulanan Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) (Inverse Distance Weighting, IDW) enterpolasyon metodudur. Yapılan istatistiksel çalışmalarda elde edilen eşik değer (Medyan ± 2 MMS) baz alınarak sahaya ait sediman, toprak ve kayaç örnekleri için element dağılım haritaları çizilmiştir. Dağılım haritalarının oluşturulmasında deterministik modellerden ters mesafe ağırlıklandırma metodu kullanılmış ve ArcGIS v.10.7.1 paket programındaki hazır algoritmalarından yararlanılmıştır (Şekil 16-36).

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Cu elementi için yapılan dağılım haritalarında iki ayrı bölgede anomali alanı tespit edilmiş olup, bunlardan ilki Bandırlık köyü güneybatısında Uşakkayalar tepesi ve Sulak tepesi arasındaki vadilerden dökülen derelerin kesişim yerleri ve yakın vadilerini kapsamaktadır. İkincisi ise Şephane yaylasının güneybatısında 520 m² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 16).



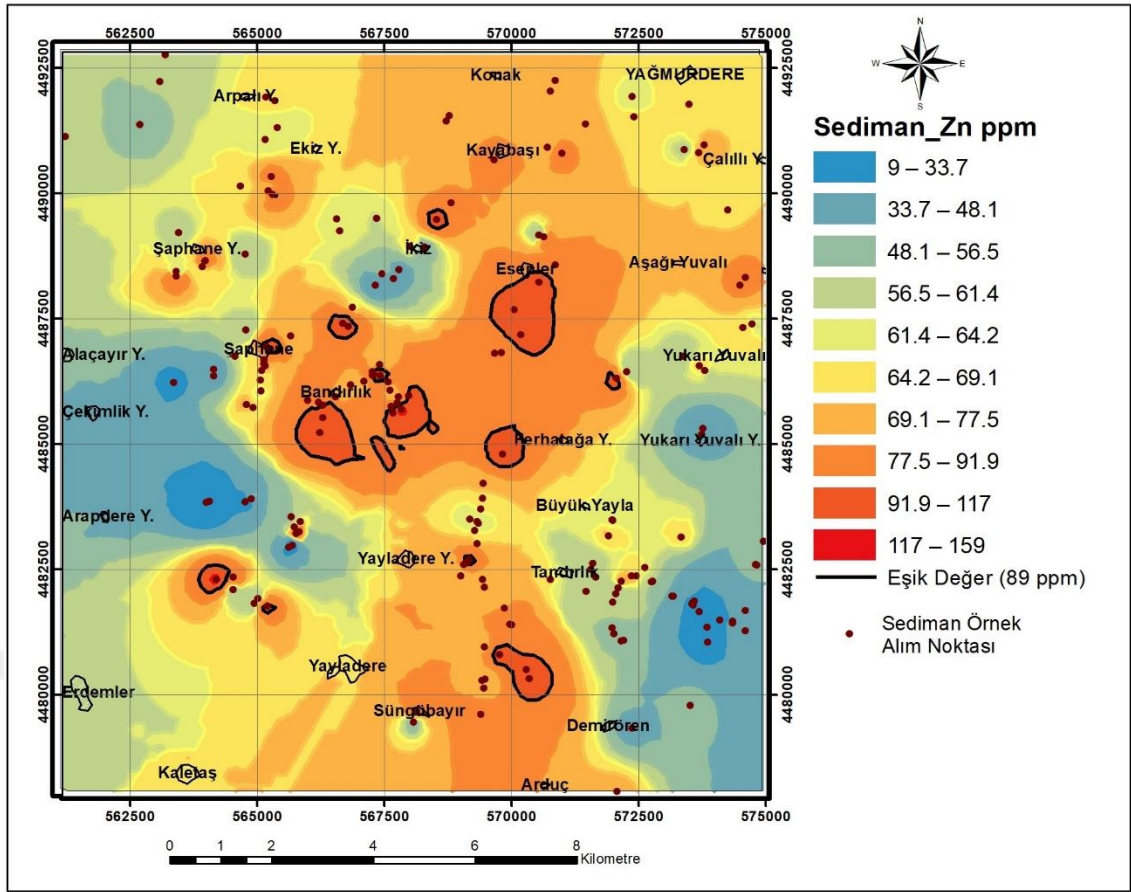
Şekil 16. Sahadaki sediman örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Pb elementi için yapılan dağılım haritası incelendiğinde çalışma sahasının güneybatı, güneydoğu ve kuzey doğusunda olmak üzere toplamda 5 alanda eşik değer üzerinde anomali sahası tespit edilmiştir. Bu alanlar sırasıyla güneybatıda Erdemler, Kaletaş ve Yayladere köylerini ve yakın çevrelerini, güneydoğusunda Demirören, Arduç ve Tandırlık köyleri ve yakın çevresi, kuzeydoğusunda ise Bandırlık, Şephane köyü ve Şephane yaylası yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 17).



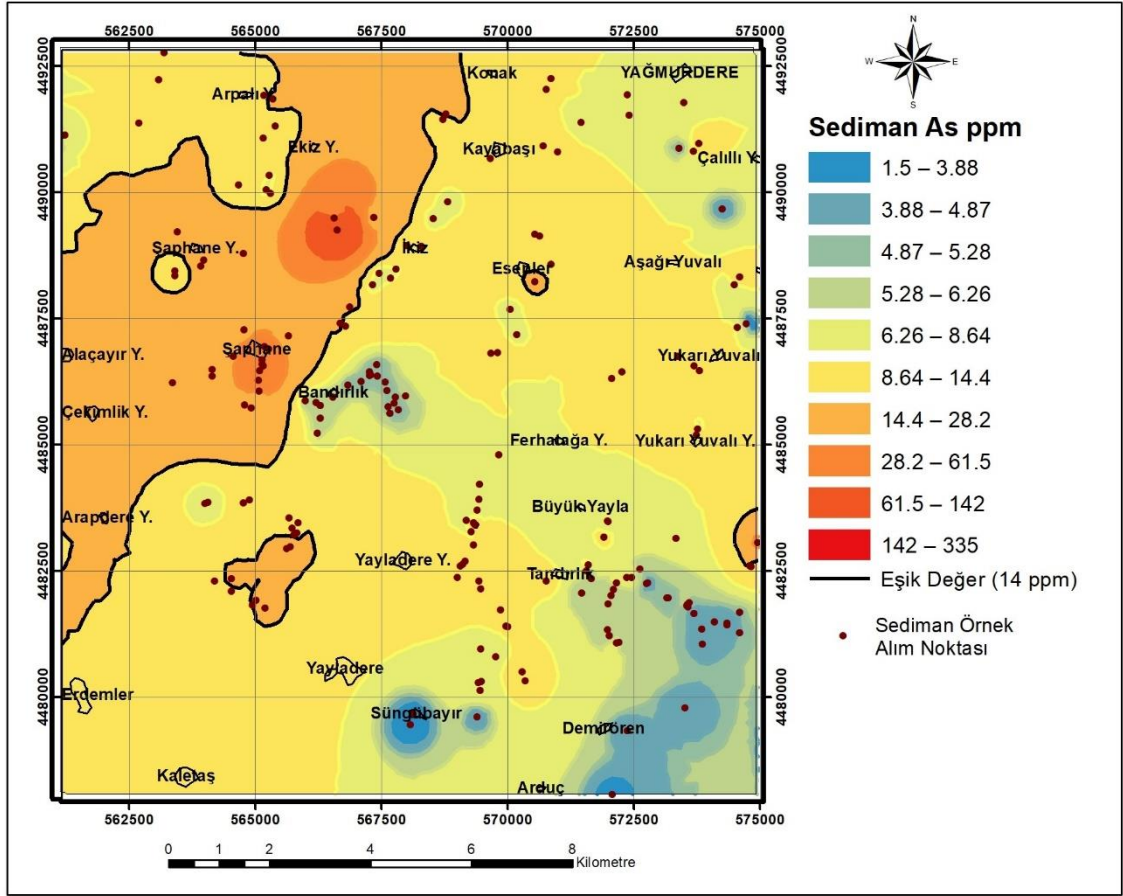
Şekil 17. Sahadaki sediman örneklerindeki Pb elementi için TMA Haritası

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Zn elementi için dağılım haritası oluşturulduğunda çalışma sahasının güneybatı, güneydoğu ve kuzey olmak üzere toplamda 14 alanda küçük ve büyük boyutlarda eşik değeri üzerinde anomali sahası tespit edilmiştir. Bu anomali sahaları Sungubayır köyünün kuzeydoğusu, Bandırlık, Şaphane, Esenler köyleri ve Ferhatağa yaylası yakın çevrelerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 18).



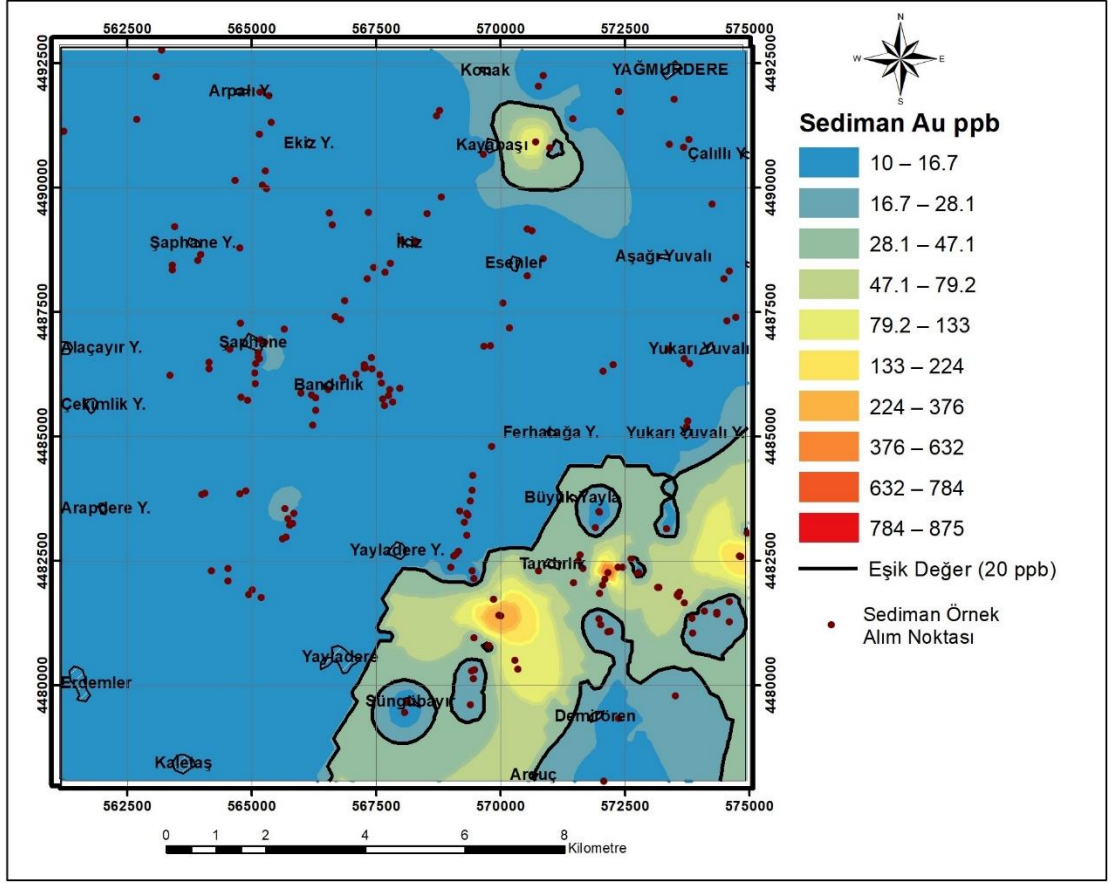
Şekil 18. Sahadaki sediman örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak As elementi için oluşturulan dağılım haritası incelendiğinde anomali alanının çalışma sahasının kuzey batısında kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu geniş bir alanda, ayrıca Esenler köyü içerisinde, Yayladere köyü kuzeybatısında yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. As elementinin jeokimyasal özellikleri dikkate alındığında bu kadar geniş bir alanda yayılım göstermesi normal görülmekle birlikte Pb ve Zn için tespit edilen anomali alanları ile birebir örtüşmemesi de dikkat çekici ve araştırılmaya değer görülmüştür. Diğer elementlerle korelasyon ilişkisi de dikkate alındığında genellikle negatif ilişki göstermesi ile de elde edilen bulgular uyumludur (Şekil 19).



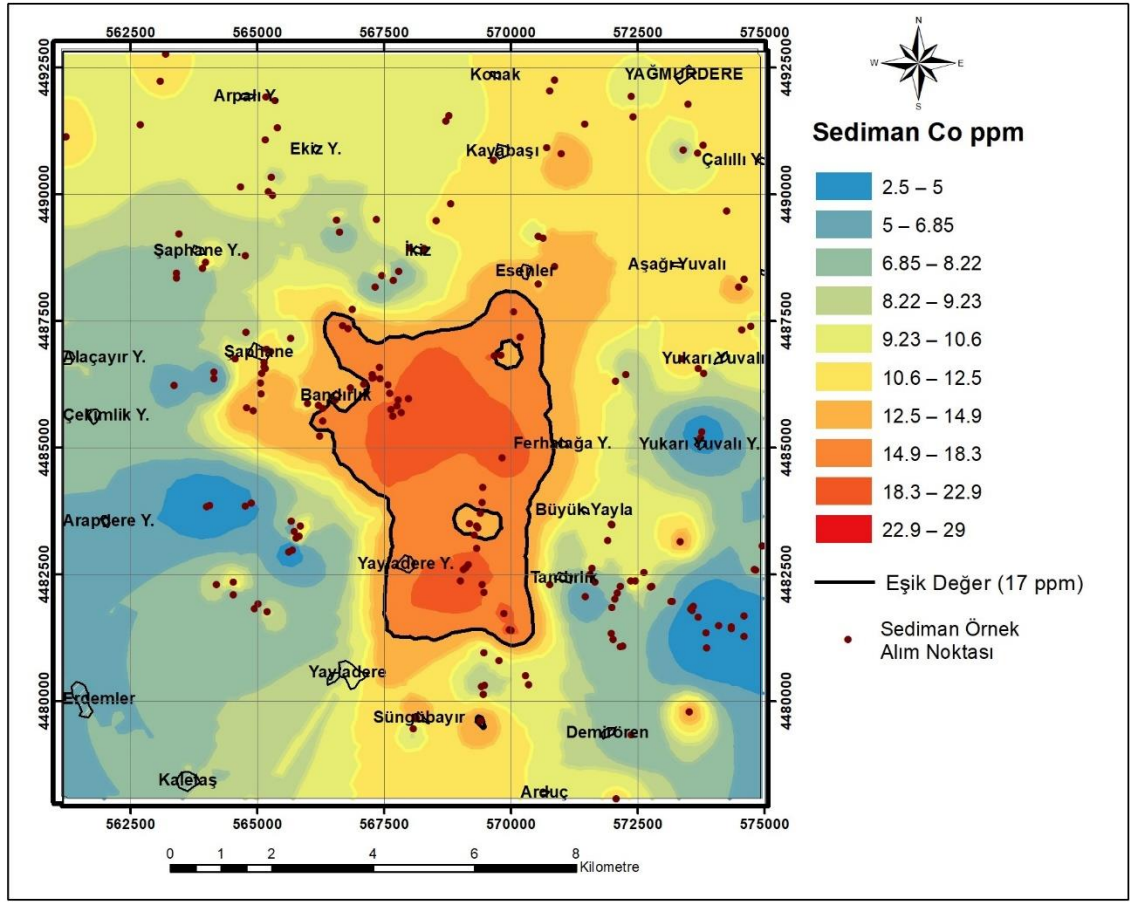
Şekil 19. Sahadaki sediman örneklerine ait As elementi için TMA Haritası

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Au elementi için anomali haritası oluşturulmuş olup bölgede sadece 12 adet örneğin (%6.3) dedeksiyon limiti (20ppb) üstünde olduğu dikkate alındığında çok dar alanda Au için anomali alanları tespit edilmiş olup bunlardan ilki çalışma sahasının kuzeyi Kayabaşı köyü ve yakın çevresini, diğerleri ise çalışma sahasının güneyinde 2 ayrı alt bölgede tespit edilmiştir. Bunlar ise Yukarı Yuvalı köyü güneydoğusu, Tandırlık köyü güneybatısında gözlenmiştir. Au değerleri yapılan korelasyon testleri sonucunda hiçbir elementle pozitif korelasyon göstermediği için diğer anomali alanlarıyla örtüşmediği görülmüştür (Şekil 20).



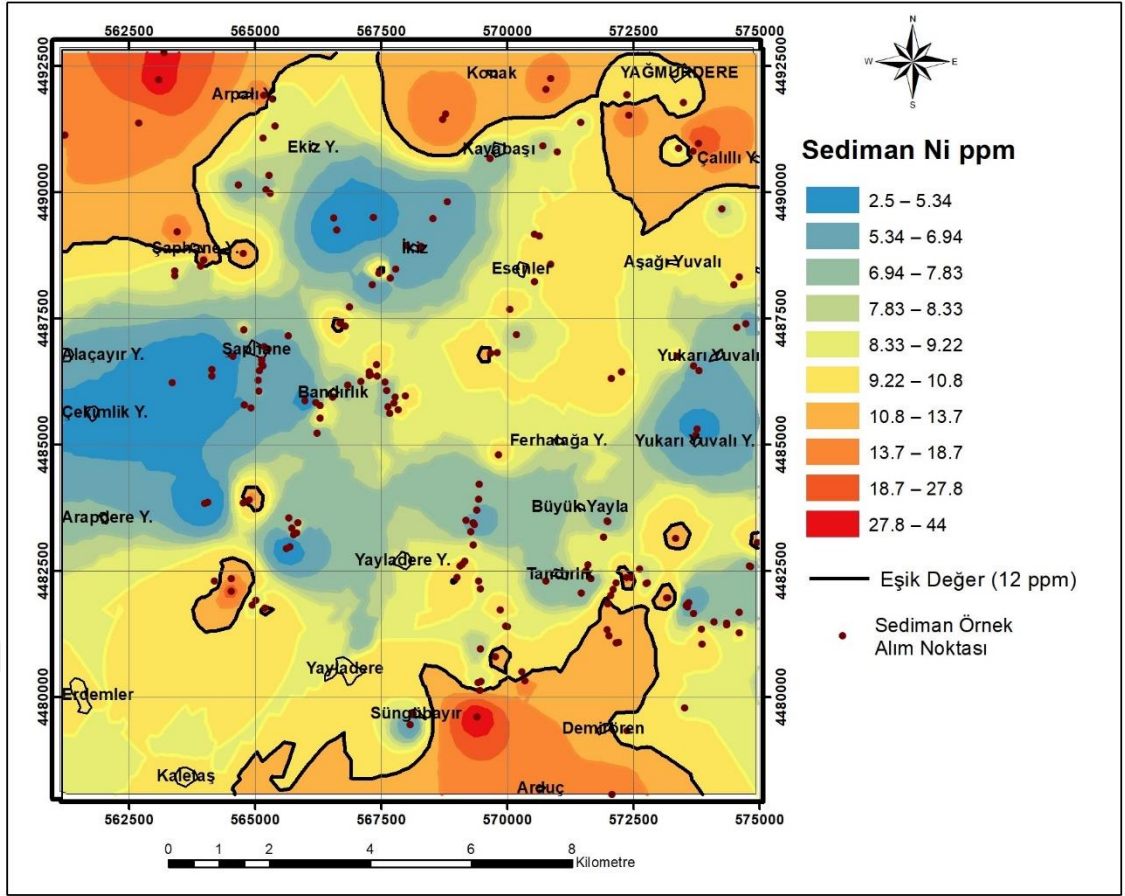
Şekil 20. Sahadaki sediman örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası

Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Co elementi için dağılım haritası oluşturulduğunda çalışma sahasının Bandırlık köyü batısı, Esenler köyü güneyi ve Tandırlık köyü batısı ile sınırlandırılan geniş bir alanda anomali tespit edilmiştir. Ayrıca Süngübayır köyünün doğusunda da küçük bir anomali gözlenmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Sahadaki sediman örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası

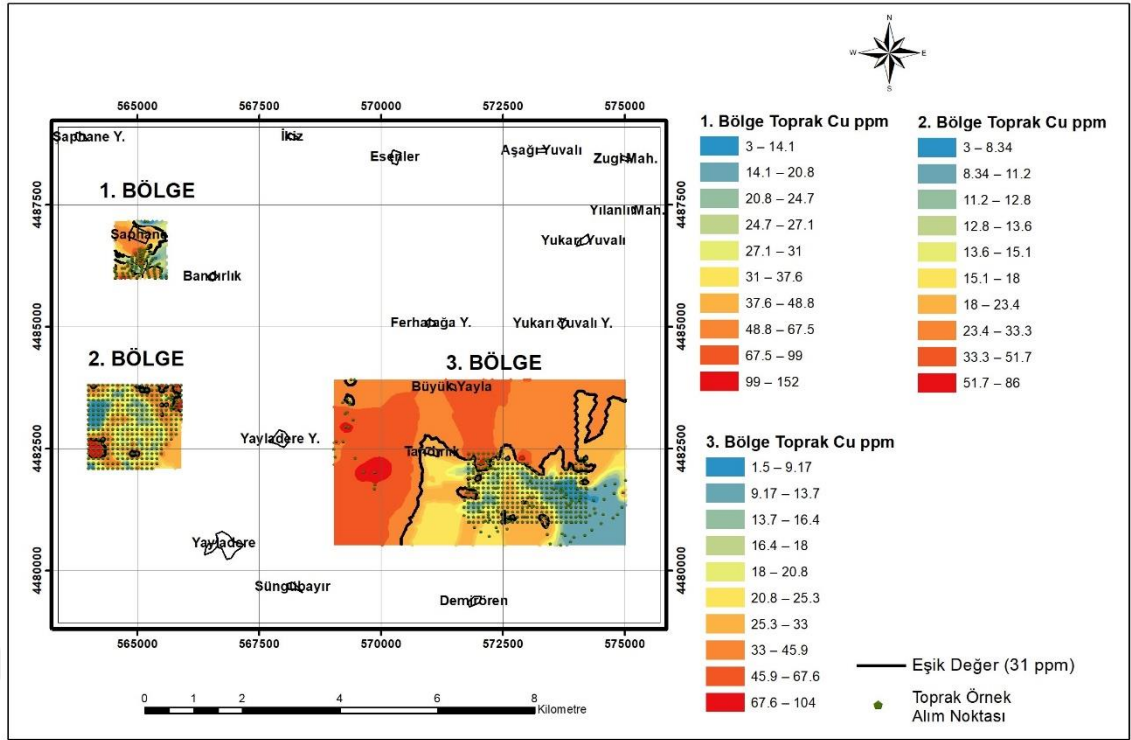
Dere sedimanlarının jeokimyasal verileri kullanılarak Ni elementi için dağılım haritası oluşturulduğunda çalışma sahasının hem kuzey hem de güney kesimlerinin büyük bir kısmının eşik değeri üzerinde anomali gösterdiği gözlenmektedir. Ayrıca lokal olarak Tandırlık köyü doğusunda, 3 ayrı alanda, Yayladere köyünün kuzeybatısında 3 ayrı alanda ve İkiz köyünün güneyinde 3 ayrı alanda anomali bölgeleri tespit edilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Sahadaki sediman örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası

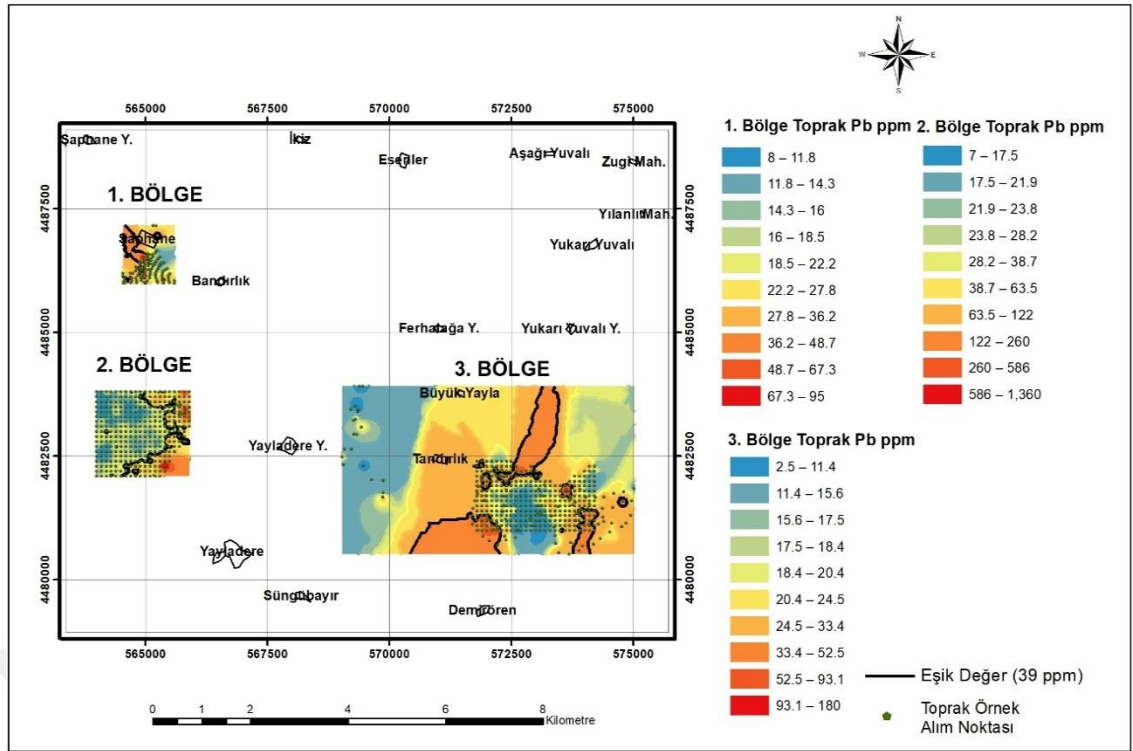
Aynı şekilde TMA metodu ile çalışma sahasındaki toprak numuneleri içinde üç bölgeyi içine alacak şekilde anomali haritaları oluşturulmuştur. Birinci bölge Şephane anomali sahası, ikinci bölge Yayladere anomali sahası ve son olarak üçüncüsü ise Büyükdağ anomali sahasıdır (Şekil 23-29). Toprak numunelerin dağılım haritalarında sahanın tamamının $M \pm 2MMS$ ' ya göre hesaplanmış olan eşik değeri kabul edilmiştir.

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Cu elementi için dağılım haritaları oluşturulduğunda Şephane anomali sahasının kuzey ve güney kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasına bakıldığında anomalinin kuzeydoğu ve güneybatı olmak üzere 2 ayrı kesimde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan toprak örneklerinde bölgenin kuzeydoğu kesimlerinin eşik değeri üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yayladere yaylasının doğusundaki sedimanlardan elde edilen yüksek anomali değerlerinin tahkiki amacıyla alınan toprak numunelerinin, yüksek konsantrasyona sahip olması bu alanda bir cevherleşme varlığını desteklemektedir (Şekil 23).



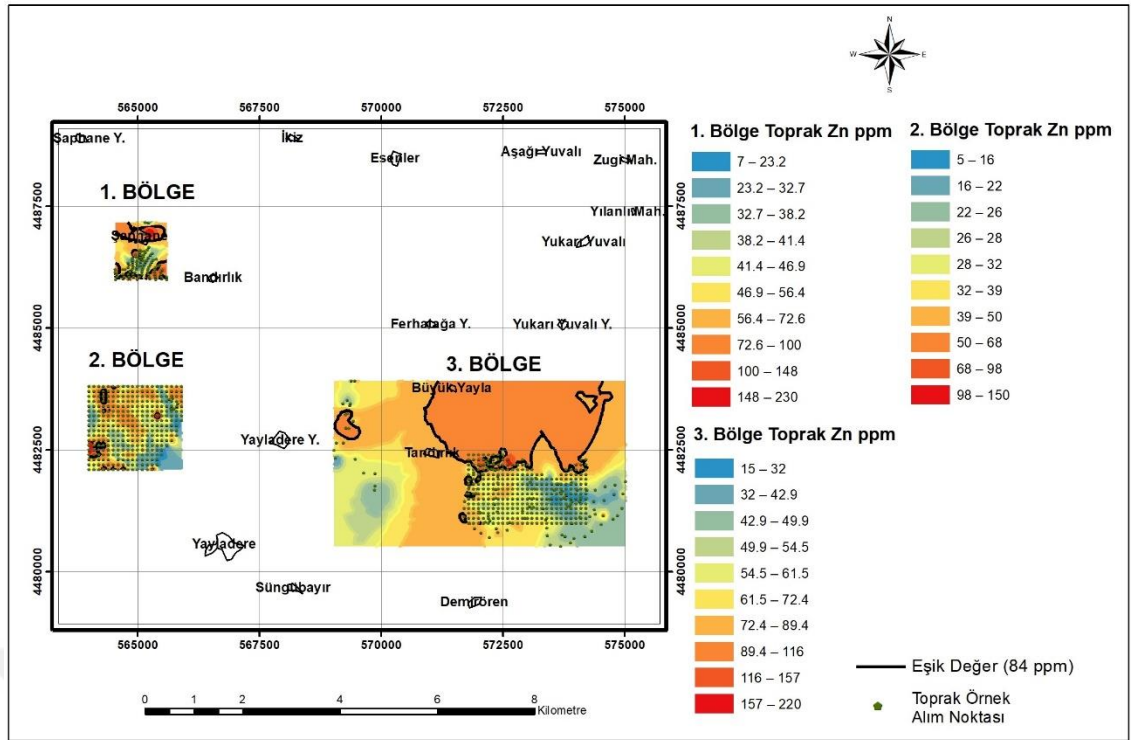
Şekil 23. Sahadaki toprak örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Pb elementi için dağılım haritaları oluşturulduğunda Şephane anomali sahasının kuzey ve güneybatı kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasına bakıldığında anomalinin güneydoğudan kuzeybatıya doğru uzandığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan toprak örneklerinde Yukarı Yuvalı köyünün güneyi, Demirören köyünün kuzeyi ve Büyükdağın doğusunda üç farklı anomali tespit edilmiştir (Şekil 24).



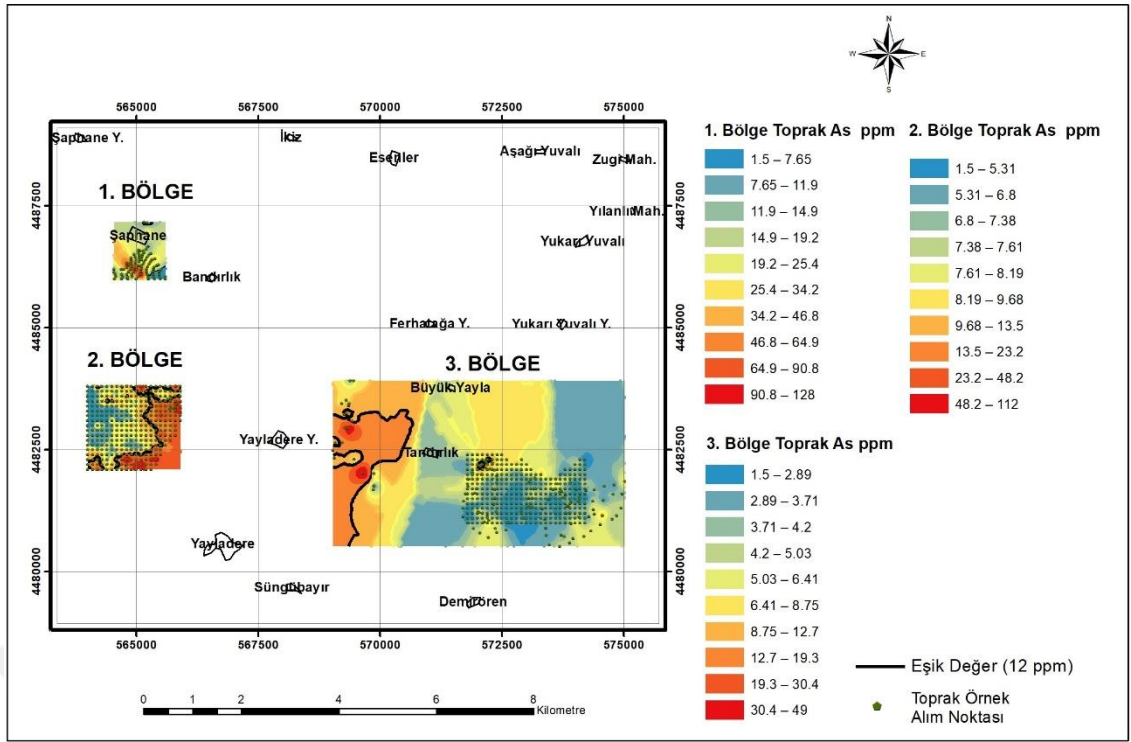
Şekil 24. Sahadaki toprak örneklerine ait Pb elementi için TMA Haritası

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Zn elementi için dağılım haritaları oluşturulduğunda, Şephane anomali sahasının kuzey ve güney kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı ve Şephane köyü içerisinde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasında anomalinin kuzeybatı, güneybatı ve kuzeydoğuda küçük alanlarda varlığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasındaki Büyükyayla, Yayladere yaylası sediman örneklerindeki konsantrasyonlar, tahkik toprak numuneleri ile karşılaştırılmış ve sahada anomali oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 25).



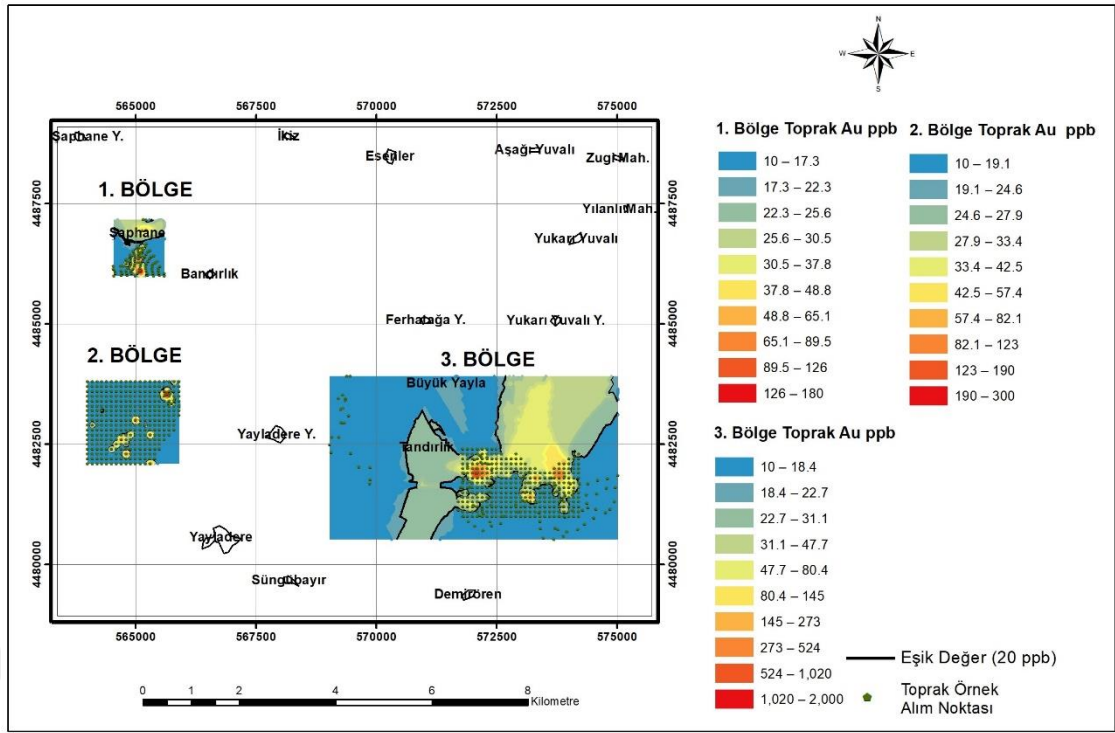
Şekil 25. Sahadaki toprak örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak As elementi için dağılım haritaları oluşturulduğunda, Şephane anomali sahasının güney kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı gözlenmiştir. Yayladere sahasında cevherleşme anomalisinin güneydoğudan kuzeydoğuya doğru uzandığı tespit edilmiştir. Buna ilave olarak bu anomali alanlarının Pb elementi ile çakıştığı belirlenmiştir. Bu çakışmanın nedeni As ve Pb elementleri arasındaki zayıf da olsa pozitif bir korelasyonun olmasıdır. Büyükdağ anomali sahasındaki Yayladere yaylası sediman numunelerinin yüksek anomali değeri sunması nedeniyle bu sahanın tahkiki amacıyla alınan toprakların yüksek konsantrasyona sahip olmaları, anomali alanlarının cevherleşme ile ilişkili olduğunu desteklemektedir (Şekil 26).



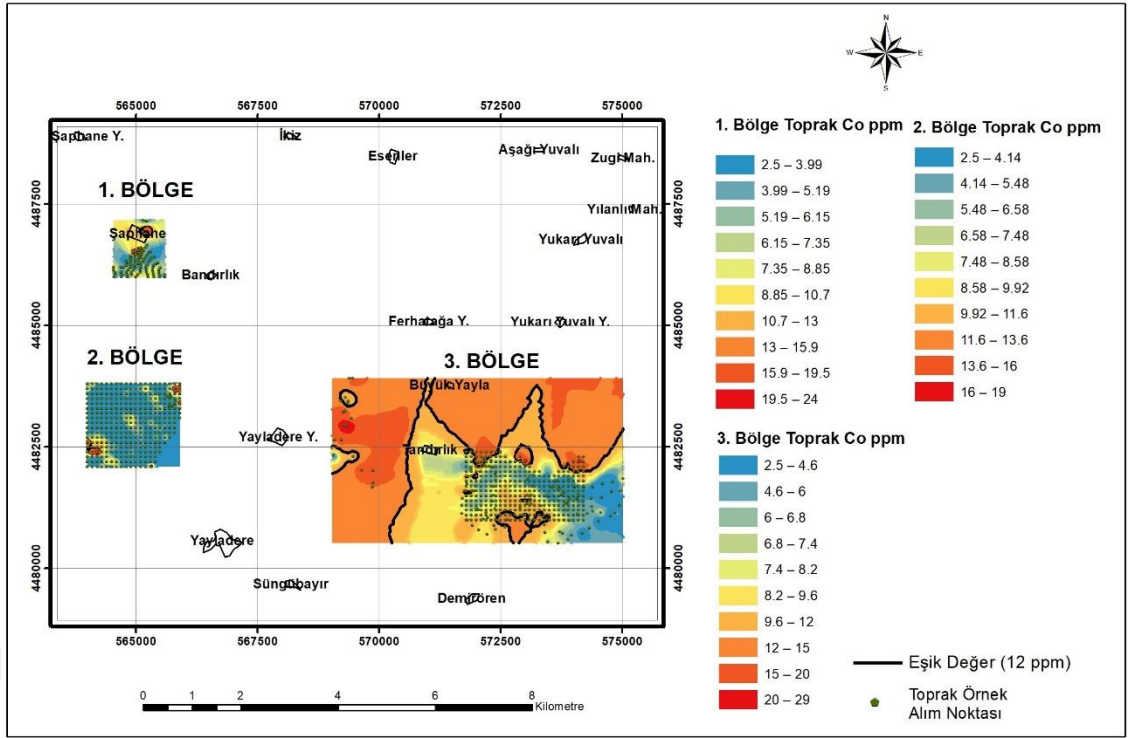
Şekil 26. Sahadaki toprak örneklerine ait As elementi için TMA Haritası

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Au elementi için oluşturulan dağılım haritalarında Şephane anomali sahasının güney ve kuzey kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasına bakıldığında anomalinin kuzeydoğuda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan toprak örneklerinde Tandırlık köyünün doğusundan alınan toprakların yüksek konsantrasyon göstermesi neticesinde alanın anomaliye sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 27).



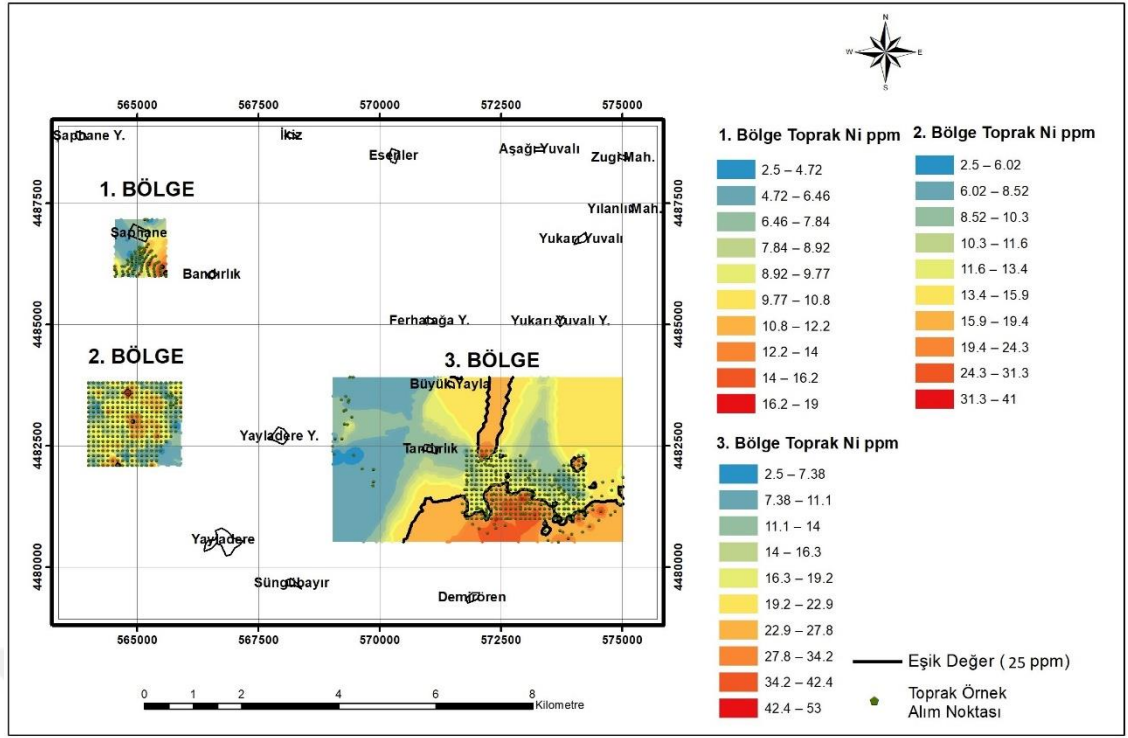
Şekil 27. Sahadaki toprak örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası

Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Co elementi için oluşturulan dağılım haritalarında Şephane anomali sahasının kuzey kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerine çıktığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasına bakıldığında anomalinin kuzeydoğu ve güneybatı bölgelerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Büyükdağ anomali sahasına bakıldığında anomalinin kuzeydoğudan güneybatıya kadar uzanan büyük bir kısmının eşik değer üzerinde kaldığı ve anomali alanları oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 28).



Şekil 28. Sahadaki toprak örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası

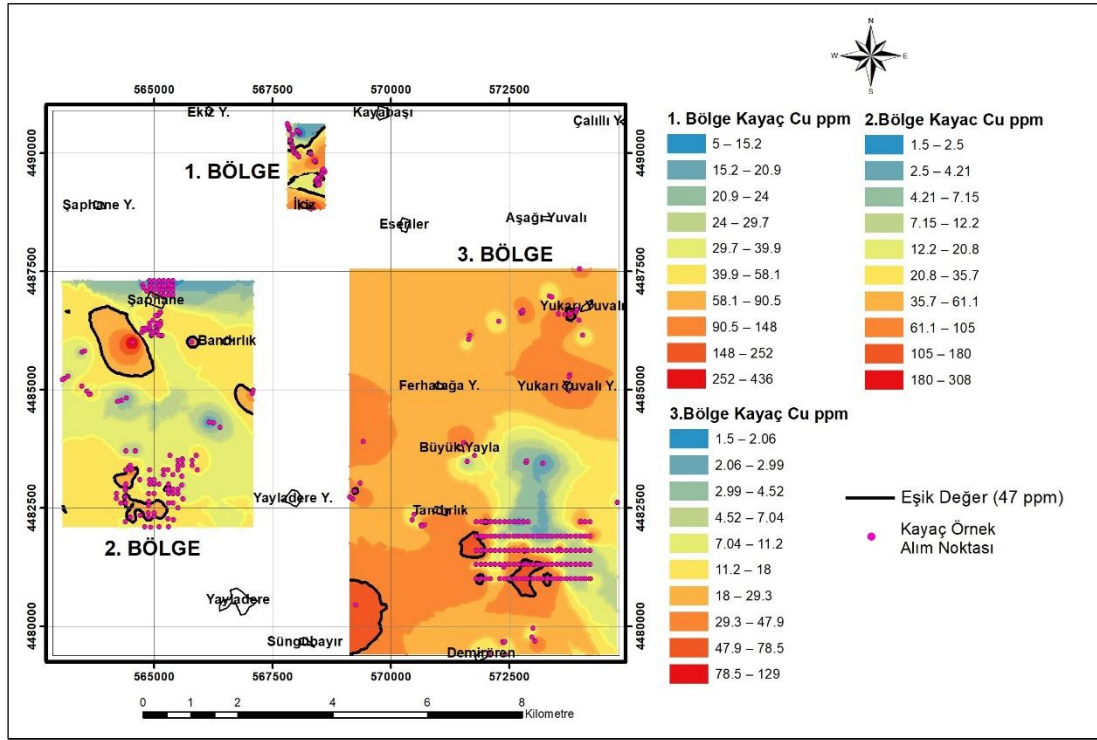
Toprak jeokimyasal verileri kullanılarak Ni elementi için dağılım haritalarında Şepbane anomali sahasının güneydoğu kesimlerindeki toprak numunelerinin eşik değerinin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Yayladere anomali sahasına bakıldığında anomalinin orta, kuzey ve güney kısımlarda yoğunlaştığı gözlenmektedir. Büyükdağ anomali sahasına bakıldığında anomalinin güneydoğuda yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Sahadaki toprak örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası

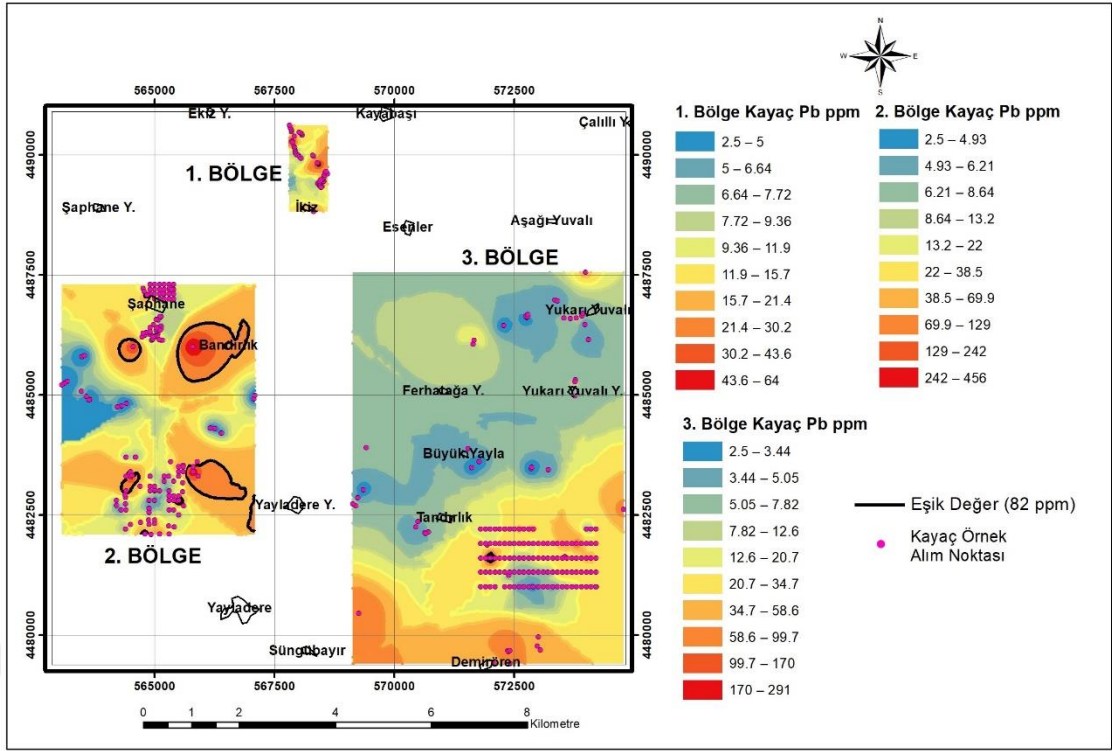
Sahadan alınan kayaç örneklerinin dağılım haritalarına bakıldığında genel olarak ifade edilmesi gerekirse 1. Bölge İkiz anomali sahası, 2. Bölge Şephane anomali sahası 3. Bölge Büyükdağ anomali sahası olarak kabul edilebilir. (Şekil 30-36). Kayaç numunelerin dağılım haritalarında sahanın tamamının $M \pm 2MMS$ hesaplanmış olan eşik değeri kabul edilmiştir.

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Cu elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kuzey ve güney kesimlerindeki kayaç numunelerinin eşik değerin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında anomalinin güney ve güneybatı olmak üzere 2 ayrı kesimde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde bölgenin kuzeydoğu ve güneybatı kesimlerinin eşik değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 30).



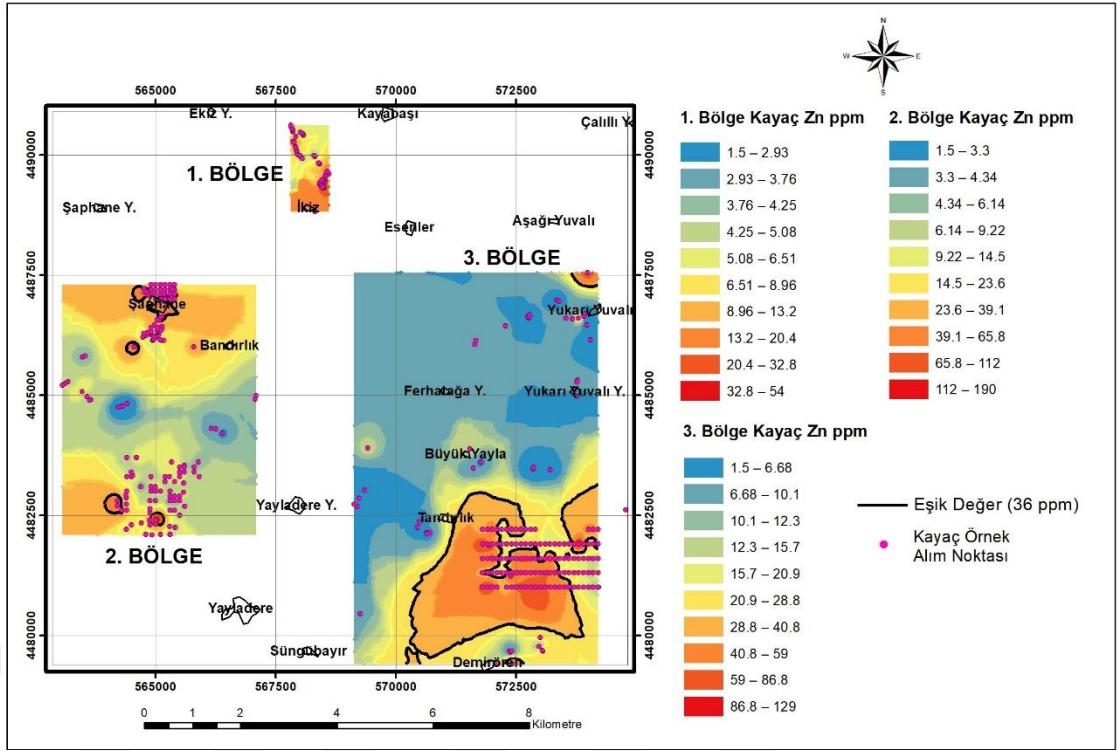
Şekil 30. Sahadaki kayaç örneklerine ait Cu elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Pb elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kuzeydoğusundaki kayaç numunelerinin eşik değerinin üstüne çıktığı ve zayıf anomali oluşturduğu gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında anomalinin Bandırlık köyü içinde, Yayladere yaylası batısında Şephane köyü güney ve güneybatısında olmak üzere 4 ayrı kesimde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde bölgenin güney kesimlerinin (Demirören köyü kuzeyinde) eşik değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 31).



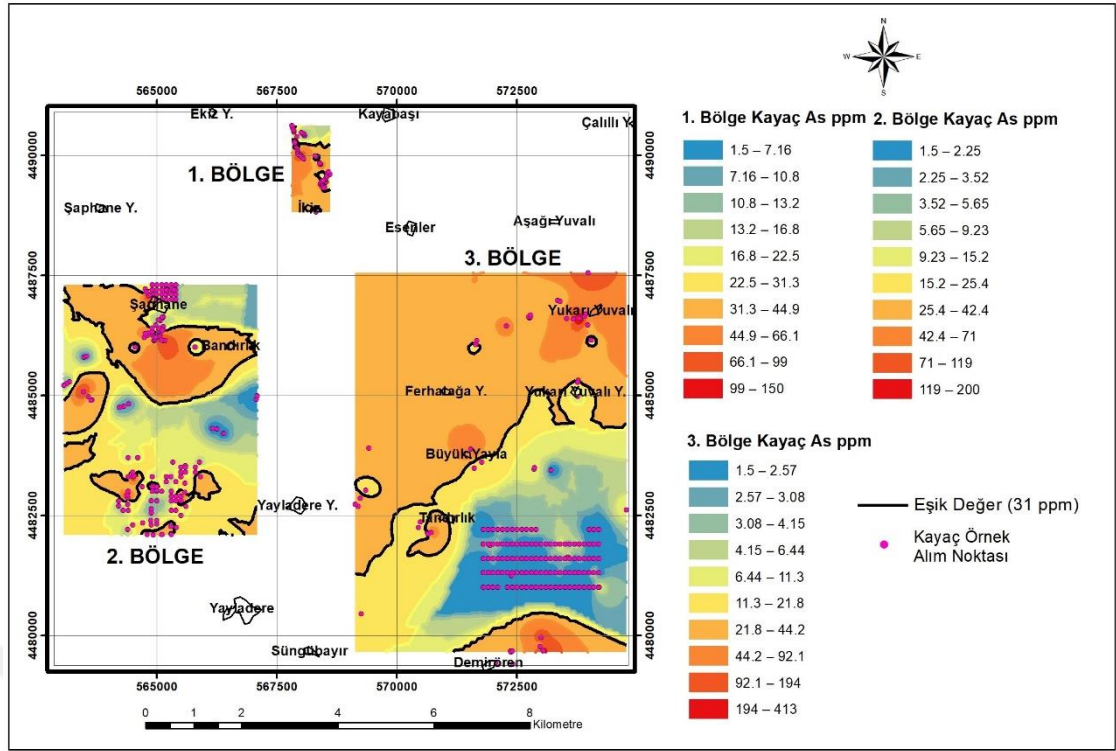
Şekil 31. Sahadaki kayaç örneklerine ait Pb elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Zn elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının güneyinde kayaç numunelerinin eşik değerinin üstüne çıktığı ve zayıf anomali oluşturduğu gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında kuzey ve güney kısımlarda 6 küçük alanda anomali tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde bölgenin güney kesimlerinin (Demirören köyü kuzeyinde) eşik değeri üzerinde olduğu ve anomali gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 32).



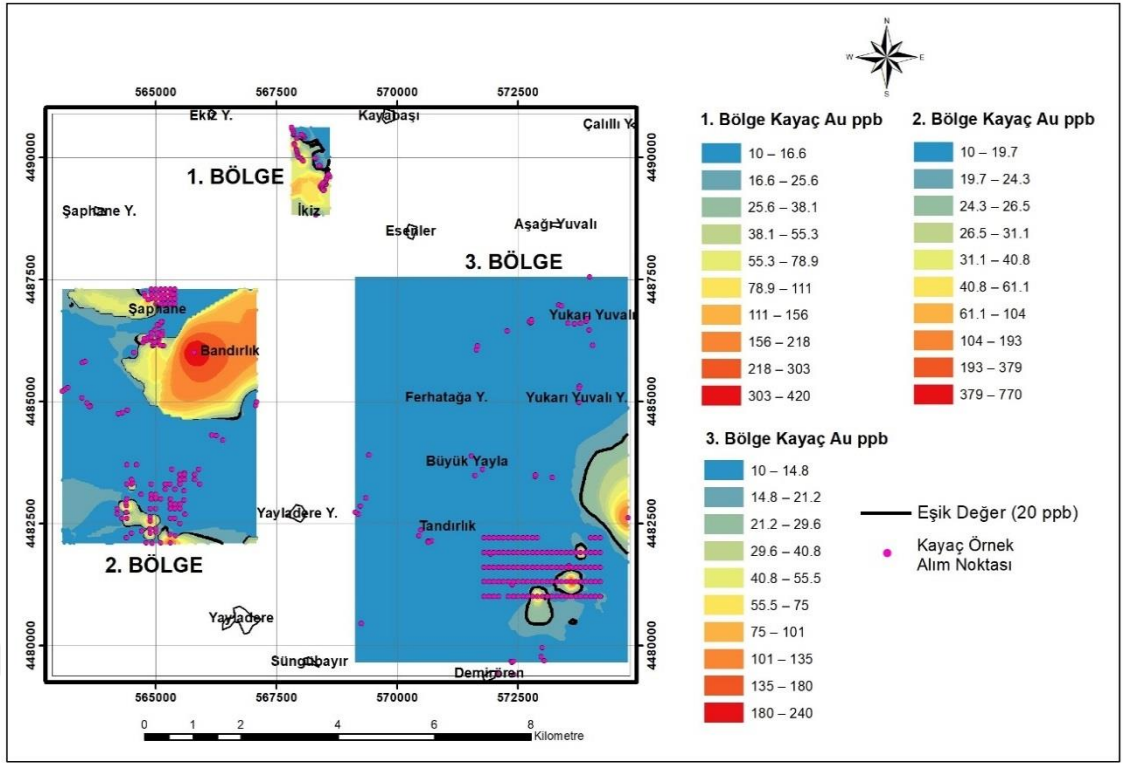
Şekil 32. Sahadaki kayaç örneklerine ait Zn elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak As elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kuzey kesimi hariç kayaç numunelerinin eşik değerinin üstüne çıktığı ve zayıf anomali oluşturduğu gözlenmektedir. Şephaneye anomali sahasına bakıldığında kuzey kısımlarda Şephaneye köyü güneyi ve Bandırlık köyü yakın çevresinde eşik değeri üzerine çıkan kayaç numuneleri tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde bölgenin güney kesimlerinin (Büyükdağ ve Küçükdağ yakın çevresi) haricinde diğer alanların eşik değeri üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33).



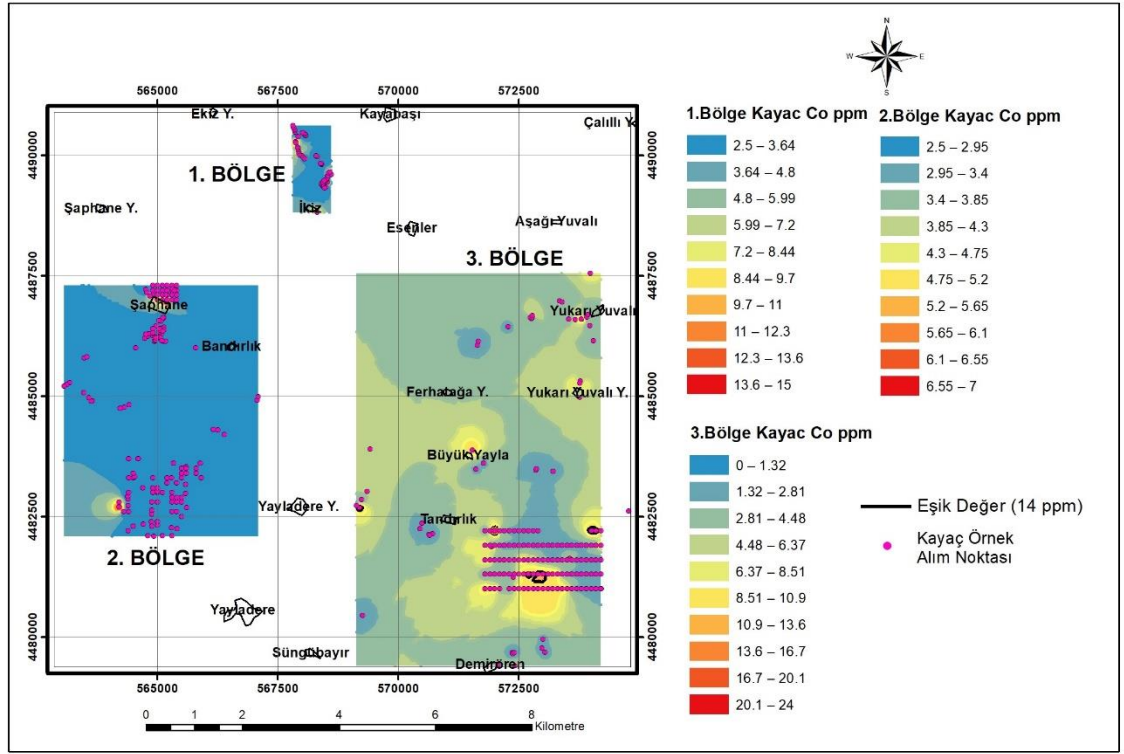
Şekil 33. Sahadaki kayaç örneklerine ait As elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Au elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kayaç numunelerinin İkiz köyü kuzeyinde eşik değerinin üstüne çıktığı gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında Bandırılık köyü yakın çevresinde eşik değer üzerine çıkan numuneler tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde Büyükdağın kuzeydoğusunda 2 küçük anomali alanı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 34).



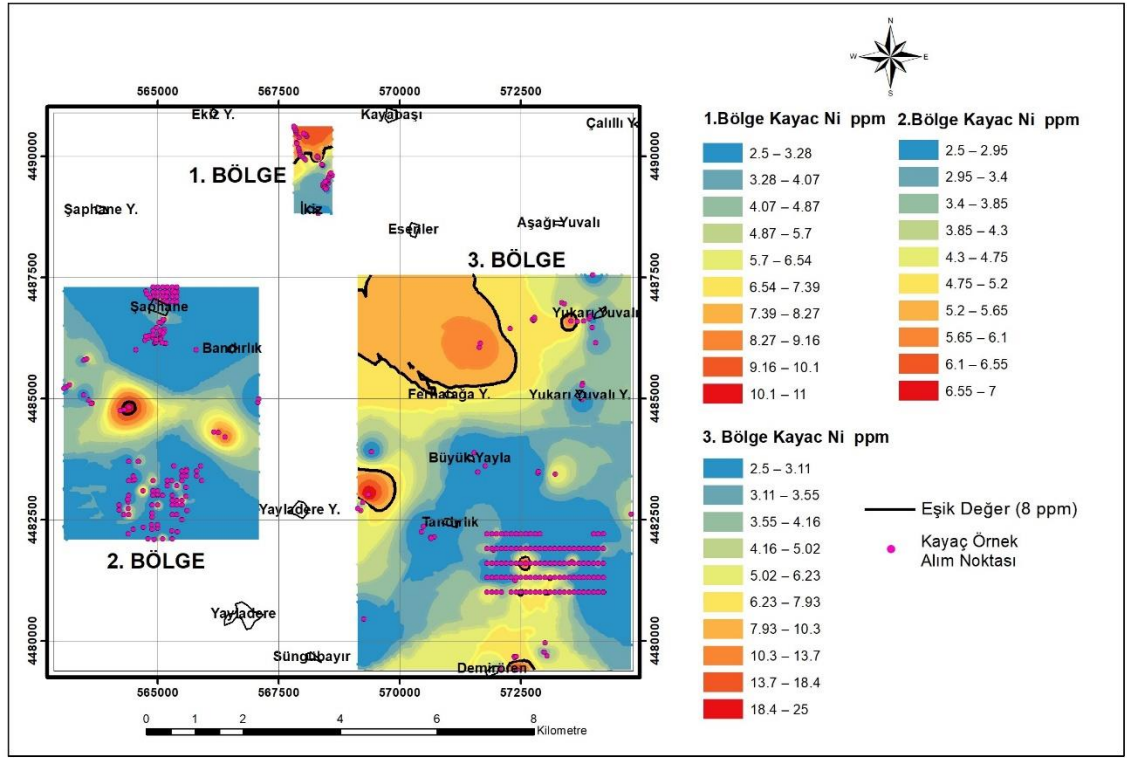
Şekil 34. Sahadaki kayaç örneklerine ait Au elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Co elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kayaç numunelerinin Yıkıktaş tepesine yakın kesiminde eşik değerinin üstüne çıkıp düşük anomali gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında Bandırlık köyü yakın çevresinde eşik değer üzerine çıkan numuneler tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde Büyükdağın kuzeyinde 2 küçük anomali alanı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 35).



Şekil 35. Sahadaki kayaç örneklerine ait Co elementi için TMA Haritası

Kayaç jeokimyasal verileri kullanılarak Ni elementi için oluşturulan dağılım haritalarında İkiz anomali sahasının kuzey kesimlerinde anomali gözlenmektedir. Şephane anomali sahasına bakıldığında Kostan tepesi batısı ve güneydoğusunda eşik değer üzerine çıkan numuneler tespit edilmiştir. Büyükdağ anomali sahasından alınan kayaç örneklerinde kuzeybatıda Ferhatağa yaylası kuzeyi ve yakın çevresinde, Yayladere yaylası doğusunda Büyükdağın kuzeyinde 2 küçük anomali alanı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 36).



Şekil 36. Sahadaki kayaç örneklerine ait Ni elementi için TMA Haritası

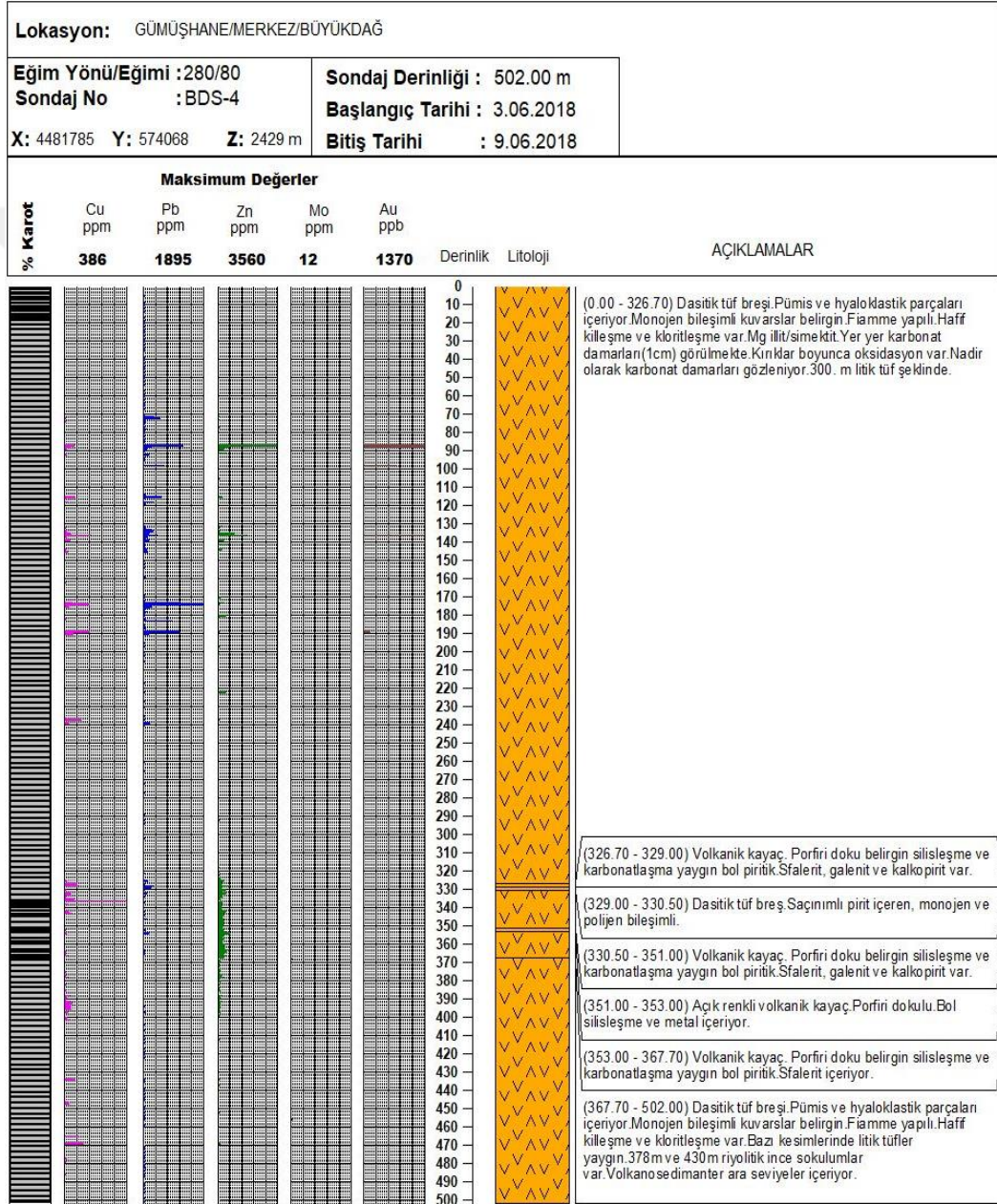
3.5. Sondaj Çalışmaları

Toprak ve kayaç örneklerinden elde edilen anomali haritaları da dikkate alınarak hedef sahalardan Büyükdağ, İkiz, Şephane ve Yuvalı köylerinde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün "Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesi" kapsamında ilgili sahalardan toplamda 14 adet sondaj yapılmıştır. Toprak ve kayaç anomali haritalarının cevherleşme ile ilişkisini desteklemek amacıyla sahada MTA tarafından yapılan sondajlardan temsili olarak her bir bölge için birer sondaj verisi bu tez kapsamında sunulmuştur. Ayrıca bu sondajların logplot v.7 uygulaması yardımıyla A4 logları çizilmiştir (Şekil 37-40). Çalışma Sahasının litolojik farklılıkların belirlenmesi amacıyla sondaj karotlarından toplamda 45 adet mineraloji-petrografi örneği alınmış ve petrografik olarak incelemeleri yapılmıştır ve bu tablolar ekler kısmında verilmiştir (Ek 2).

3.5.1. Büyükdağ Sondajları

Sondaj Büyükdağın kuzeyinde 6 lokasyonda gerçekleştirilmiştir. Sondajlar toplamda 2934 m'dir.

BDS-4 numaralı kuyuda 337. metrede 386 ppm Cu, 175. metrede 1895 ppm Pb, 88. metrede 3560 ppm Zn ve 1370 ppb Au değeri tespit edilmiştir (Şekil 37). Yapılan sondajlardan elde edilen verilerin incelenmesi sonucunda toprak ve jeokimya örneklerine ait anomali alanlarıyla uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 37. Büyükdağ lokasyonunda yapılan BDS-4 No' lu sondajın kuyu logu

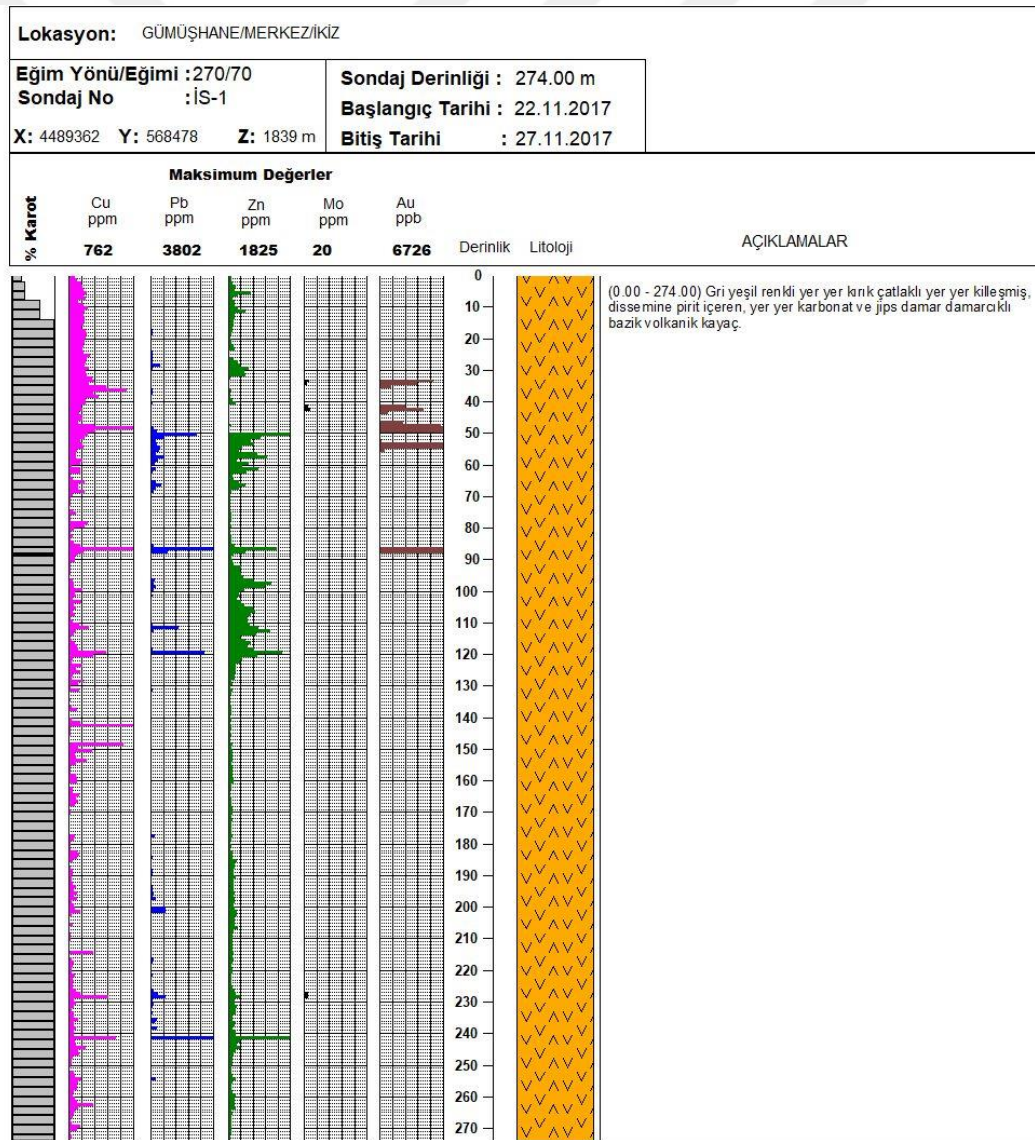
Büyükdağ lokasyonundaki 3 adet sondajdan toplamda 5 adet petrografi numunesi alınıp incelenmiştir. Bu örneklerde yaygın olarak kırıntılı doku gözlenmektedir.

Litolojik olarak andezitik ve piroklastik kayaçlar tespit edilmiştir. Bunlar yoğun alterasyondan etkilenmiş ve ilksel yapı ve dokularını kısmen yitirmiştir. Litolojik birimlerin tanımlanmasında oldukça güçlük çekilmiştir (Ek 2a).

3.5.2. İkiz Sondajları

Sondaj İkiz köyü kuzeyinde 3 lokasyonda gerçekleştirilmiştir. Sondajlar toplamda 607 m dir.

İS-1 numaralı kuyuda 87. metrede 762 ppm Cu, 3802 ppm Pb, 508 ppm Zn ve 6726 ppb Au değeri, ayrıca 51. metrede 1825 ppm Zn tespit edilmiştir (Şekil 38). Yapılan sondajlardan elde edilen verilerle toprak ve kayaç jeokimya örneklerine ait anomali alanlarıyla uyumlu tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.



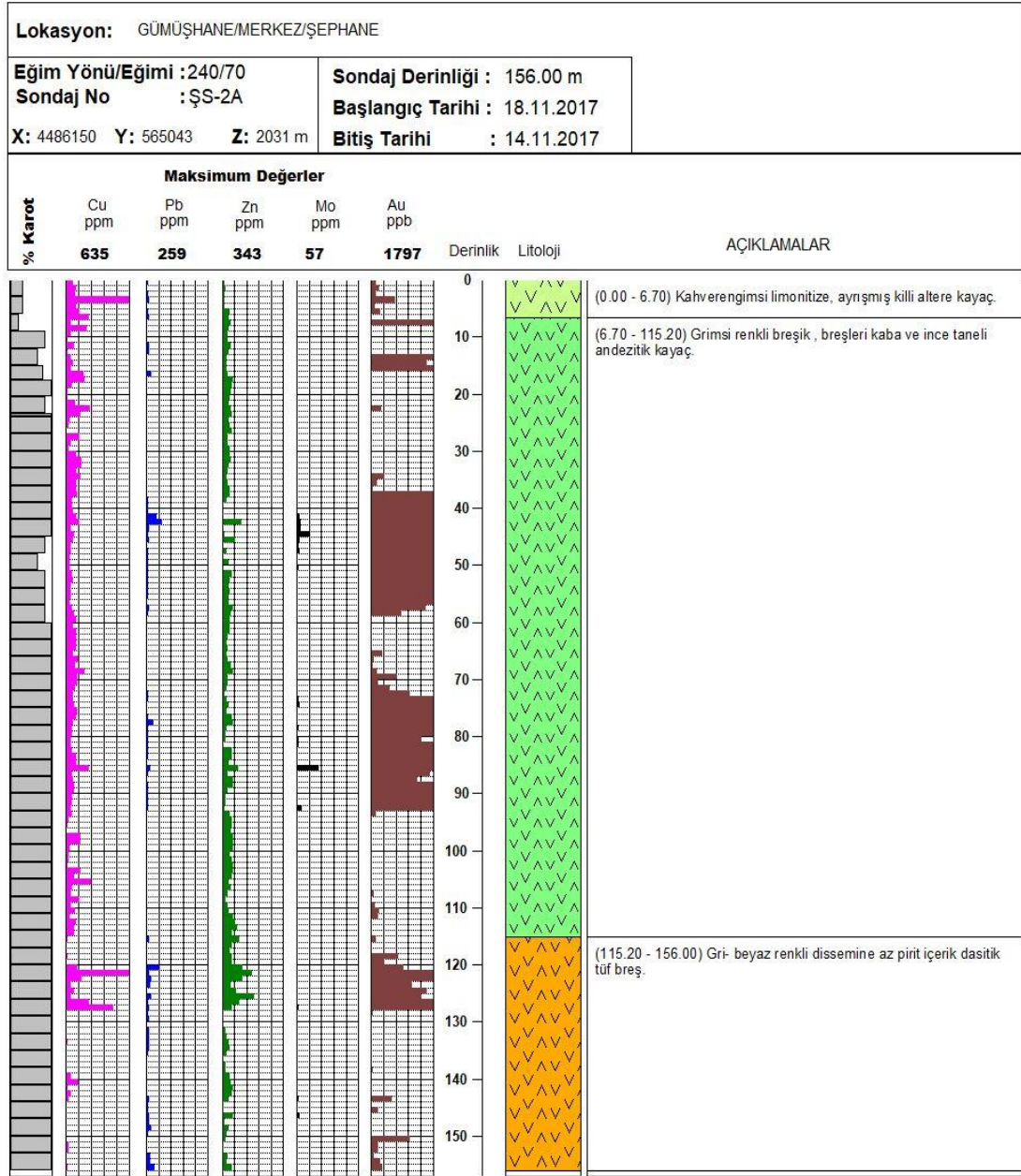
Şekil 38. İkiz lokasyonunda yapılan İS-1 No' lu sondajın kuyu logu

İkiz lokasyonundaki 3 adet sondajdan toplamda 14 adet petrografi numunesi alınıp incelenmiştir. Bu örneklerde yaygın olarak porfirik nadir olarak da kırıntılı doku gözlenmektedir. Litolojik olarak sondajların farklı metrajlarından alınan karot örneklerinin andezitik ve piroklastik kayalar olduğu tespit edilmiştir. Bunlar yoğun alterasyondan etkilenmiş ve ilksel yapı ve dokularını kısmen yitirmiştir (Ek 2b).

3.5.3.Şephane Sondajları

Sondajlar Şephane köyünün güney yamacında 3 lokasyonda yapılmıştır. Sondajlar toplamda 495 m'dir.

ŞS-2A numaralı kuyuda 122. metrede 635 ppm Cu, 43. metrede 259 ppm Pb, 126. metrede 343 ppm Zn ve 44. metrede 1797 ppb Au değeri tespit edilmiştir (Şekil 39). Ayrıca Au değerleri 39. metreden 46. metreye kadar ortalama 1191 ppb değere sahip yüksek tenörlü zon oluşturmaktadır. Yapılan sondajlardan elde edilen verilerle toprak ve kayaç jeokimya örneklerine ait anomali alanlarıyla uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 39. Şephane lokasyonunda yapılan ŞS-2A No' lu sondajın kuyu logu

Şephane lokasyonundaki 3 adet sondajdan toplamda 13 adet petrografi numunesi alınıp incelenmiştir. Bu örneklerde yaygın olarak porfirik doku gözlenmektedir. Litolojik olarak sondajların farklı metrajlarından alınan karot örneklerinin Andezitik ve Piroklastik kayaçlar tespit edilmiştir. Bunlar yoğun alterasyondan etkilenmiş ve ilksel yapı ve dokularını kısmen yitirmiştir. Litolojik birimlerin tanımlamalarında oldukça güçlük çekilmiştir (Ek 2c).

3.5.4. Yuvalı Sondajları

Sondajlar Yukarı Yuvalı köyü içerisinde 2 lokasyonda yapılmıştır. Sondajlar toplamda 638 m'dir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışması kapsamında Yağmurdere (Gümüşhane) ve yakın çevresindeki alterasyon sahasında dere sedimanı, toprak ve kayaç jeokimyası çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sahasında anomali tespitine yönelik ortalama her bir km²'ye bir numune düşecek şekilde toplamda 191 adet dere sedimanı alınmıştır.

Dere sedimanlarından yararlanılarak yapılan prospeksiyon amaçlı jeokimya çalışması ile belirlenen hedef tahkik sahalardan 869 adet toprak ve 379 adet kayaç numunesi sistematik ve yarı sistematik aralıklarla alınmıştır. Bu numunelerden elde edilen jeokimya sonuçlarına göre çalışma alanı üç alt gruba ayrılmıştır.

Tez kapsamında dere sedimanı jeokimyası verileriyle, saha içerisinde belirlenen hedef prospeksiyon alanlarının toprak ve kayaç jeokimyası verilerinden yararlanarak değerli ve baz metaller cevherleşmelerinin araştırılmasına yönelik olarak ilgili elementlere ait eşik değerler belirlenmiş ve hedef sahaların element dağılım (anomali) haritaları (değerli ve baz metal cevherleşmeleri ile ilgili elementler dikkate alınarak) Ters Mesafe Ağırlıklandırma metodu kullanılarak oluşturulmuştur.

Dere sedimanı, toprak ve kayaç jeokimyası verilerinden yararlanılarak oluşturulan hedef alt grup sahaların anomali haritaları da dikkate alınarak tez sahasında 4 farklı lokasyonda MTA tarafından 14 adet karotlu maden arama sondajı yapılmıştır. Gerçekleştirilen sondajlarına ait karotlardan numuneler alınarak ilgili lokasyonlardaki litolojik birimlerin mineralojik- petrografik farklılıkları belirlemek ve farklı alterasyon tiplerini belirlemek amacıyla petrografik ve XRD çalışmaları gerçekleştirilmiş, ayrıca ilgili lokasyonlardaki cevherleşme ve cevherleşme parajenezi belirlemek amacıyla da cevher mikroskopisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Mineralojik-petrografik çalışmalara göre tez sahasındaki kayaçların plajioklasca zengin, porfiritik dokulu andezitler olduğu belirlenmiştir. Yapılan XRD analizlerine göre kil grubu mineraller (illit, kaolinit ve montmorillonit), karbonat mineralleri ve klorit grubu mineraller tespit edilmiştir. Cevher mikroskopisi çalışmalarına göre ise çoktan aza doğru pirit, rutil ve fahlerz grubu minerallerin cevher parajenezini oluşturduğu görülmüştür.

Element dağılım haritaları dikkate alınarak yapılan maden arama sondajları ile yüzey jeokimya (sediman, toprak ve kayaç) verilerinin anomali alanlarını teyit ettiği de görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Adamia, S., Lordkitanidze, M. B. ve Zakariadze, G. S. (1977). Evolution of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183–189.
- Ağar, Ü. (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.*
- Alp, D. (1972). Amasya Yöresinin Jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Monografileri*, 22, 1–101.
- Aydin, F., Oğuz Saka, S., Şen, C., Dokuz, A., Aiglsperger, T., Uysal, İ., Kandemir, R., Karşlı, O., Sarı, B. ve Başer, R. (2020). Temporal, geochemical and geodynamic evolution of the Late Cretaceous subduction zone volcanism in the eastern Sakarya Zone, NE Turkey: Implications for mantle-crust interaction in an arc setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 192, 104217. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.104217>
- Aydınçakır, E. (2016). Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, 28(4), 379–411.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Ruffet, G., Gücer, M. A., Akaryalı, E. ve Kaygusuz, A. (2022). Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Turkey): Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes, zircon U-Pb and ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology. *Geochemistry*, 125871. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2022.125871>
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S. (1995). Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57(1–2), 233–244.
- Boynukalın, S. (1990). *Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.*
- Bulut, V. N., Gündoğdu, A., Vural, A., Baltacı, C. ve Soylak, M. (2018). Gümüşhane Harşit Çayı'nın Florür İçeriğinin Jeolojik ve Antropojenik Olarak İncelenmesi. *International Trace Analysis Congress (ITAC 2018/ES-AN 2018)*, 74.
- Çakmak, G. ve Kaygusuz, A. (2021). Petrography and crystallization conditions of the

- Pelitli Pluton in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1658–1669.
- Çekiç, Y., Güç, A. R., Eroğlu, C. İ., Türkmen, İ., Çağlar, O., Akıncı, S. ve Kurtoğlu, T. (1985). *Giresun G41-C1-C2-C3-C4-D1-D2-D3-D4 Paftalarının Polimetallik Masif Sülfür Cevheri Prospeksiyonu Raporu*. Yayınlanmamış MTA Raporu. MTA Rapor No: jd:387, Trabzon.
- Çoğulu, E. (1975). *Gümüşhane ve Rize granitik plutonlarının mukayeseli petrojeolojik ve jeokronolojik etüdü*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Demir, Y. ve Bayraktar, K. (2020). Geochemistry, microthermometry, and C and O isotope constraints on the origin of the Düzköy Fe-Cu skarn deposit (Gümüşhane, NE Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(23), 1260. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06272-z>
- Demir, Y., Uysal, I., Sadıklar, M. B. ve Sipahi, F. (2008). Mineralogy, Mineral Chemistry, and Fluid Inclusion Investigation of Köstere Hydrothermal Vein-Type Deposit (Gümüşhane, NE-Turkey). *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 185(2), 215–232.
- Duygu, L., Özmen, E., Tunçdemir, V., Erdem, Y., Tuncay, E., Dokuz, A., Kandemir, R. ve Karşlı, O. (2015) Trabzon-Rize-Gümüşhane Arasında Kalan Bölgenin Stratigrafisi (Doğu Pontidler), *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, p. 26-27, Özet.
- Eğin, D., Hirst, D. M. ve Phillips, R. (1979). The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit River area, Pontide volcanic province, northeast Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 6, 105–123.
- Eren, M. (1983). *Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies incelemesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Erguvanlı, K. (1951). *Trabzon-Gümüşhane arasının jeolojisine ait Rapor*. MTA, Ankara.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T. (1979). The main lines of geotectonic development in the East Pontids in the Mesozoic areas. *Geochome*, 1.
- Gülibrahimoğlu, İ., Yazıcı, N., Akıncı, S., Türkmen, İ., Saraloğlu, A., Topçu, T. ve Yağcı, A. (1986). *Arsin-Araklı-Sürmene-Çaykara (Trabzon) Güneyi ile Bayburt (Gümüşhane) Kuzeyi Yörelerindeki Cu-Pb-Zn. Fe ve Mn Cevherleşmelerine Ait Maden Jeolojisi Raporu*. Trabzon(Jd-364).
- Güven, İ. H. (1993). *Doğu Pontidlerin 1/100.000 Ölçekli Kompilasyonu*. MTA, Ankara.
- Hamilton, W. J. (1842). *Researches In Asia Minor, Pontus and Armenia with Some Account of Their Antiquities and Geology* (Volume I). London, England.

- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants* (4. baskı). CRC Press (Taylor & Francis).
- Kahraman, İ., Kansız, H., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Erçin, A. İ. (1986). *Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmelerine ait Jeoloji Raporu*. MTA, Trabzon (Jd-360).
- Kamitani, M., Takaoğlu, S., Bektaş, O. ve Kahraman, İ. (1977). *Çakıldağı-Espiye (Giresun) Bölgesinde Bulunan Cu-Pb-Zn Yatakları*, MTA Rapor No:200, Trabzon.
- Kandemir, R. (2004). *Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kansız, H. ve Dursun, Ö. (1987). *Gümüşhane-Bayburt-Kelkit yöresi refrakter kil zuhurlarına ait prospeksiyon raporu*. MTA, Ankara.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C. (2007). Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. *Lithos*, 98(1–4), 67–96. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.03.005>
- Kaya, A., Çelik, N. ve Vural, A. (2018). *Gümüşhane İlinde Maden Yataklarındaki/maden potansiyeli olan alterasyon sahalarındaki Topraktaki Doğal (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) ve Yapay (^{137}Cs) Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Araştırılması*. Gümüşhane Üniversitesi Raporu.
- Kaya, A. ve Vural, A. (2020). Investigation of Natural (^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K) and Artificial (^{137}Cs) Radioactivity Concentrations of Kırkpavli and Hazine Mağara Ore Deposits (Gümüşhane). 5. *Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yönetimi Kongresi*.
- Kaya, A., Vural, A. ve Çelik, N. (2021). Investigation of Natural (^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K) and Artificial (^{137}Cs) Radioactivity Concentrations of Koza and Karamustafa Ore Deposits (Gümüşhane). *73rd Geological Congress of Turkey*, 996–1001.
- Kaygusuz, A. (2000). *Torul (Gümüşhane) granitoyitinin petrografik ve kimyasal karakterleri*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Kaygusuz, A. (2020). Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(1), 1299–1307.
- Kaygusuz, A., Arsan, M., İlbeyli, N. ve Sipahi, F. (2012). Doğu Pontid Kuzey Zonu ve

- Kuzey-Güney Zon Geçişinde Yüzeyleyen Kretase-Paleosen Yaşlı Granitoyidik Sokulumların Petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O izotop Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Jeodinamik Gelişimi. *Tübitak Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 109Y052*, 1–199.
- Kaygusuz, A., Arsan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., Yücel, C. ve Çakmak, G. (2019). Doğu Pontid Güney Zonu'ndaki (Bayburt) Tersiyer yaşlı intruzif kayaçların Petrokimyası, Jeokronolojisi ve İzotop Sistematiği. *Tübitak Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 115Y154*, 1–254.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve Ibeyli, N. (2012). Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 54(15), 1776–1800. <https://doi.org/10.1080/00206814.2012.676371>
- Kaygusuz, A., Gucer, M. A., Yücel, C., Aydınçakır, E. ve Sipahi, F. (2019). Petrography and crystallization conditions of Middle Eocene volcanic rocks in the Aydın-tepe-Yazyurdu (Bayburt) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1205–1215.
- Kaygusuz, A., Merdan-Tutar, Z. ve Yücel, C. (2017). Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 6(2 December), 641–651.
- Kaygusuz, A. ve Saydam Eker, Ç. (2021). Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaş (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1689–1702.
- Kaygusuz, A. ve Selvi, D. (2020). Crystallization conditions and petrography of eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla -Erikdibi area (Bayburt, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(2), 1529–1537.
- Kaygusuz, A. ve Vural, A. (2021). Kışlak (Torul / Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research*, 33–50.
- Kaygusuz, A., Vural, A. 2022. Arpaköy (Kürtün/Gümüşhane) Granitoyidi İçindeki Mafik Magmatik Anklavların Mineralojik-Petrografik ve Mineral Kimyası Özellikleri. International Scientific Research Congress Dedicated to the 30th Anniversary of Baku Eurasia University, s. 1724-1737, April 27-28, 2022,

Baku/Azerbaijan.

- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., Çakmak, G. ve Güloğlu, Z. S. (2018). Petrography, mineral chemistry and crystallization conditions of Cenozoic plutonic rocks located to the north of Bayburt (Eastern Pontides, Turkey). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157, 75–102.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Yi, K., Jeong, Y.-J., Siebel, W. ve Sipahi, F. (2019). Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Insights into magma genesis and magma-tectonic evolution from whole-rock geochemistry, geochronology and isotope systematics. *International Geology Review*. <https://doi.org/doi.org/10.1080/00206814.2019.1647468>.
- Kazmin, V., Sbertshikov, I., Ricou, L. E., Zonenshain, L., Boulin, J. ve Knipper, A. (1986). Volcanic belts as markers of the Mesozoic–Cenozoic active margin of Eurasia. *Tectonophysics*, 123, 123-152.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö. ve Erkal, T. (1989). Bayburt dolayının jeolojisi. *MTA rap. No: 8995*, Ankara, 129.
- Ketin, İ. (1951). Geology of Bayburt region. *IU Science Faculty Magazine-B*, 16(2), 113–127.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 66, 20–34.
- Korkmaz, S. (1993). Tonya-Düzköy (GB- Trabzon) Yöresinin Stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 151- 158.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A. (2000). Doğu Pontid adayayı granitoidlerinin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri, *KD Türkiye. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 1, 111–120.
- Okay, A. İ. ve Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society Special Publication*, 156(May), 475–515. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>
- Özer, E. (1984). Geology of Bayburt (Gümüşhane) region. *Karadeniz University Journal*, 3(1–2), 77–89.
- Pejatovic, S. (1979). *Metallogeny of the Pontide-Type Massive Sulfide Deposits; MTA yayın, No. 177*.
- Pelin, S. (1977). *Alucra (Giresun) Güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Yayın No. 87,.
- Reimann, C., Filzmoser, P. ve Garrett, R. (2005). Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment*, 346,

1–16.

- Saydam Eker, Ç. ve Arı, U. V. (2020). Geochemistry of the Middle Jurassic sediments in Gümüşhane, north-eastern Turkey: Implications for weathering and provenance. *Geological Journal*, 55(7), 4954–4976. <https://doi.org/10.1002/gj.3726>
- Schultz Westrum, H. H. (1961). Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, Kuzeydoğu Anadolu’da Doğu Pontus Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları İle İlgili Mütealalar. *MTA Dergisi*, 57, 63–71.
- Seymen, İ. (1975). *Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun Tektonik Özelliği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sipahi, F., Akpınar, İ., Saydam Eker, Ç., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, litho-geochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O–H–C–S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182(July), 32–52. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.08.006>
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A. ve Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60(3), 382–400. <https://doi.org/10.1080/00206814.2017.1336120>
- Sipahi, F., Saydam Eker, Ç., Akpınar, İ., Gücer, M. A., Vural, A., Kaygusuz, A. ve Aydurmuş, T. (2022). Eocene magmatism and associated Fe–Cu mineralization in northeastern Turkey: a case study of the Karadağ skarn. *International Geology Review*, 64(11), 1530–1555. <https://doi.org/10.1080/00206814.2021.1941323>
- Sungur, A., Vural, A., Gundogdu, A. ve Soylak, M. (2020). Effect of antimonite mineralization area on heavy metal contents and geochemical fractions of agricultural soils in Gümüşhane Province, Turkey. *Catena*, 184(January 2019), 104255. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104255>
- Temizel, İ., Abdioğlu Yazar, E., Arslan, M., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2018). Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Turkey). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157, 121–152.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J. J. (2012). Petrochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension-related origin and mantle source characteristi.

- Lithos*, 128–131, 126–147. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.10.006>
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu Yazar, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2019). U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gököy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back. *Journal of Asian Earth Sciences*, 171, 305–320.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu Yazar, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2020). Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, northern Turkey: adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting. *International Geology Review*. <https://doi.org/10.1080/00206814.2019.1625077>
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Yazar, E. A., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2019). U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gököy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back. *Journal of Asian Earth Sciences*, 171, 305–320. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.01.004>
- Terlemez, H. İ. Ç., ve Yılmaz, A. (1980). Ünye, Ordu, Koyuluhisar, Reşadiye Arasında Kalan Yörenin Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 23(2), 179–193.
- Tokel, S. (1972). *Stratigraphical and volcanic history of Gümüşhane region. Ph D Thesis, Univ. of College, London.*
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasözbeğ, A., Barth, M., Satir, M. ve Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116(1–2), 92–110. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.01.003>
- Topuz, G., Okay, A. İ., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M. ve Sen, C. (2011). Post-collisional adakite-like magmatism in the Agvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 125(1–2), 131–150. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.02.003>
- Tume, P., Bech, J., Reverter, F., Bech, J., Longan, L., Tume, L. ve Sepulveda, B. (2011). Concentration and distribution of twelve metals in Central Catalonia surface soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 109(1–3), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2010.10.013>
- Türk Japon, P. (1985). *The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploitation of Gümüşhane Area, Faz I.MTA, Ankara.*

- Vural, A. (2013). Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey. *Ekoloji*, 22(89), 1–10. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2013.891>
- Vural, A. (2015). Assessment of metal pollution associated with an alteration area: Old Gümüşhane, NE Black Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3219–3228. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2907-7>
- Vural, A. (2017a). K-Ar dating for determining the age of mineralization as alteration product: A case study of antimony mineralization vein type in granitic rocks of Gümüşhane area, Turkey. *Acta Physica Polonica A*, 132(3), 792–795. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.792>
- Vural, A. (2017b). Gold and Silver Content of Plant *Helichrysum Arenarium*, Popularly Known as the Golden Flower, Growing in Gümüşhane, NE Turkey. *Acta Physica Polonica A*, 132(3–II), 978–980. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.978>
- Vural, A. (2018). Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of *Helichrysum arenarium*. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(11), 258. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3609-0>
- Vural, A. (2019a). Canca (Gümüşhane, Türkiye) toprak jeokimyası verilerinin Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) ve Krigleme enterpolasyon metotlarıyla değerlendirilmesi-ilk bulgular. *MTA Dergisi*, 158, 197–219.
- Vural, A. (2019b). Investigation of the radiation risk to the inhabitants in the region close to the hydrothermal alteration site, Gümüşhane/Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1168–1176.
- Vural, A. (2019c). Evaluation of soil geochemistry data of Canca Area (Gümüşhane, Turkey) by means of Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging methods-preliminary findings. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 158, 195–216. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.430531>
- Vural, A. (2020a). Nebinintaşıtepe (Gümüşhane) skarn-metasomatizma jeokimyası. *International Black Sea Coastline Countries Symposium-5*, 62–63.
- Vural, A. (2020b). Investigation of the relationship between rare earth elements, trace elements, and major oxides in soil geochemistry. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 124. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8069-9>
- Vural, A. (2021). *Yaylalı (Kürtün/Gümüşhane) skarn cevherleşmesi ve yan kayaç ilişkilerinin maden yatakları açısından araştırılması*. Gümüşhane Üniversitesi Proje Raporu, Gümüşhane. Proje No: 21.F5114.01.01
- Vural, A. (2022). Hidrotermal Alterasyona Bağlı Element Kirliliği : Canca (Gümüşhane

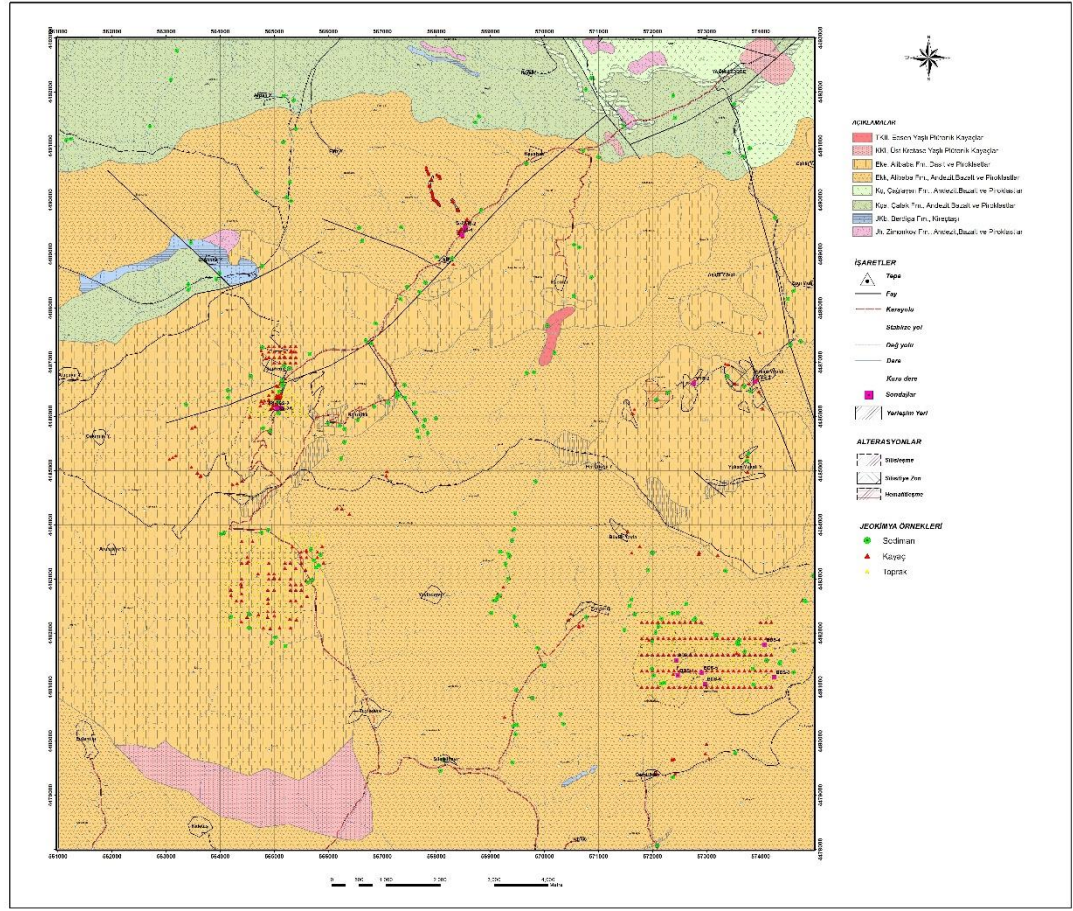
- Türkiye) Elemental Pollution Due to Hydrothermal Alteration: Canca (Gümüşhane - Türkiye). *Journal of Investigations on Engineering & Technology*, 5(2), 87–103.
- Vural, A., Akpınar, İ. ve Sipahi, F. (2021). Mineralogical and Chemical Characteristics of Clay Areas, Gümüşhane Region (NE Turkey), and Their Detection Using the Crósta Technique with Landsat 7 and 8 Images. *Natural Resources Research*, 30(6), 3955–3985. <https://doi.org/10.1007/s11053-021-09912-7>
- Vural, A., Akpınar, İ. ve Kaygusuz, A. (2021). Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(2), 1828–1842.
- Vural, A., Akpınar, İ., Kaygusuz, A. ve Sipahi, F. (2021). Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1703–1716.
- Vural, A. ve Çiçek, B. (2021). *Gümüştüğ Antimonit Cevherleşmesinin Toprak Jeokimyası ve Titrek Kavak (Populus Tremula)'nın Biyojeokimyasal Özelliklerinden Yararlanılarak Araştırılması*. Gümüşhane Üniversitesi, GÜBAP, Ar-Ge1002, Proje No:19.F5114.01.02
- Vural, A., Corumluoğlu, Ö. ve Asri, İ. (2017). Remote sensing technique for capturing and exploration of mineral deposit sites in Gumushane metallogenic province, NE Turkey. *Journal of the Geological Society of India*, 90(5), 628–633. <https://doi.org/10.1007/s12594-017-0762-0>
- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ. (2012). Investigation of alteration areas by Crosta using LANDSAT images for Old Gumushane (Suleymaniye) and its near vicinity. *Journal of Natural Science Institute of Gumushane University*, 2(1), 36–48.
- Vural, A. ve Erdoğan, M. (2014). Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 1–15.
- Vural, A. ve Gündoğdu, A. (2020). High-fluoride risk and toxicity in surface waters in Gümüşhane-Gökdere valley drainage network (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(1), 1323–1334.
- Vural, A., Gundogdu, A., Akpınar, I. ve Baltacı, C. (2017). Environmental impact of Gümüşhane City, Turkey, waste area in terms of heavy metal pollution. *Natural Hazards*, 88(2), 867–890. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2896-1>
- Vural, A., Gündoğdu, A., Bulut, V. N., Alemdağ, S., Saka, F. ve Soylak, M. (2020).

Harşit Vadisinde (Gümüşhane), Bölgedeki (Terkedilmiş) Maden Sahalarından Kaynaklanan Ağır Metal/İz Element Kirliliğinin Araştırılması. Tübitak Ar-Ge 1001. Proje No:115Y146

- Vural, A., Gündoğdu, A., Saka, F. ve Bulut, V. N. (2022). Geochemical investigation of the potability of surface water in Çit Stream and related creeks in Avliyana Basin (Gümüşhane , NE Türkiye). *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 4(1), 44–51.
- Vural, A. ve Kaya, A. (2021). Arzular-Yitirmez-Dölek (Gümüşhane) Maden/Alterasyon Sahalarındaki Doğal (226Ra, 232Th ve 40K) ve yapay (138Cs) Radyoaktivitelerine ait ilk değerlendirmeler. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 8(88), 105–120. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.787>
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2021). Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane , NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(2), 1796–1810.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2022). Kirlilik Parametrelerine Göre Farklı Kayaçların Element İçeriklerinin Araştırılması: Avliyana (Torul-Gümüşhane/Türkiye). 2. *Uluslararası Hasankeyf Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi*, 251–259.
- Vural, A. ve Safari, S. (2022). Phytoremediation ability of Helichrysum arenarium plant for Au and Ag: case study at Demirören village (Gümüşhane, Turkey). *Gold Bulletin*, 55(2), 129–136. <https://doi.org/10.1007/s13404-022-00313-z>
- Vural, A. ve Sipahi, F. (2013). *Demirören (Gümüşhane) Altın Zenginleşme Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışması. Sonuç Raporu. Gümüşhane Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü (Proje No: 13.F511.02.2)*.
- Vural, F. B. ve Vural, A. (2014). Phytoremediation of Solid Waste Storage Areas:Case of Gümüşhane. *International Environmental Sciences Symposium of Van*, 178–179.
- Yılmaz, Y. (1972). *Petrology and structure of the Gümüşhane Granite and surrounding rocks, North-Eastern Anatolia. PhD Thesis, University of London, 260 p.*
- Yüksel, S. (1976). *Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimantolojik İncelemesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.*

EKLER

Ek 1. Çalışma sahasının 1/25000 ölçekli haritası



Ek 2. Çalışma sahasında yapılan sondajlardan alınan petrografi örnekleri

Ek 2a. Büyükdağ sondajlarından alınan petrografi verileri

Örnek no	Kayaç adı	Doku	Açıklamalar
BDS-5-12M	Altere Andezit	Hipokristalin Porfirik doku	Plajyoklas minerallerinde kısmen veya büyük ölçüde serisitleşme, silisleşme; mikrolitlerde yer yer killeşme gelişmiştir. Amfibol grubu mineraller büyük ölçüde veya tamamen kloritleşmiş, kısmen karbonatlaşmış durumdadır. Hamur devitrifiye olmuş, yer yer serisitleşmiş durumdadır.
BDS-5-106M	Altere Tüf	Kırıntılı doku	Örnek alterasyon nedeniyle ilksel yapı dokunu kısmen kaybetmiş olup, bileşenler de güçlükle ayırt edilebilmektedir. Plajyoklas mineralleri prizmatik şekilleri ile dikkati çekmekte, ileri derecede, büyük ölçüde ve yer yer de tamamı ile silisleşmiş, karbonatlaşmış durumdadır.

Ek 2a. (Devamı)

BDS-3-2M	Altere Tüf	Kırıntılı Doku	Örnek ileri derece altere olmuş olup, ilksel yapı doku kısmen korunmuştur. Alterasyon nedeniyle bileşenler ayırt edilememekte veya güçlkle ayırt edilebilmektedir. Kayaç içerisinde yoğun bir serisitleşme, silisleşme yer yer de kloritleşme yaygındır.
BDS-3-80M	Altere Tüf	Kırıntılı doku	Örnek ileri derece altere olmuş olup, ilksel yapı doku kısmen korunmuştur. Alterasyon nedeniyle bileşenler ayırt edilememekte veya güçlkle ayırt edilebilmektedir. Kayaç içerisinde yoğun bir serisitleşme, silisleşme yer yer de kloritleşme yaygındır.
BDS-1-41M	Altere Andezit		Plajioklas minerallerinde kısmen veya büyük ölçüde serisitleşme, silisleşme; mikrolitlerde yer yer killeşme gelişmiştir. Amfibol grubu mineraller büyük ölçüde veya tamamen kloritleşmiş, kısmen karbonatlaşmış, kenar karından itibaren kısmen opasitleşmiş durumdadır.

Ek 2b. İkiz sondajlarından alınan petrografi verileri

Örnek no	Kayaç adı	Doku	Açıklamalar
İS-1-11M	Altere Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar karbonatlaşmış bazıları killeşmiştir. Mafik mineraller tamamen karbonatlaşmış yer yer kloritleşmiş olup psödomorfa dönüşmüştür. Ayrıca kayaç genelinde de yaygın karbonatlaşma izlenmektedir.
İS-1-122M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar elek dokusu ve zonlu dokuya sahip olup kısmen karbonatlaşma ve serisitleşme göstermektedir. Ayrıca mafik mineraller tamamen opaklaşmış yer yer karbonatlaşmış olup hamurda killeşmede izlenmektedir. Kayacın ortaç karakterli bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
İS-1-179M	Parçalı Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Ana kayaç ortaç bileşimde bir volkanik kayaç olup aynı bileşimdeki volkanik kayaç parçalarını kapanım olarak içermektedir. Kayaç, birbirini kesen çok sayıda karbonat damarının da etkisiyle parçalı bir görünüm kazanmıştır.
İS-1-215M	Kuvars Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklasları elek dokulu olup yer yer zonludur. Mafik mineraller karbonat ve biyotite dönüşerek tamamen psödomorflaşmıştır. Kayaçta fenokristal olarak %10 civarında kuvars bulunmakta olup çoğunlukla korrode olmuştur.
İS-1-241M	Kuvars Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan plajioklaslar elek dokulu olup yer yer zonludur. Mafik mineraller karbonat ve biyotite dönüşerek tamamen psödomorflaşmıştır. Kayaçta fenokristal olarak %10 civarında kuvars bulunmakta olup çoğunlukla korrode olmuştur.
İS-1-270M	Altere Andezit / Altere Diyoritporfir	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar zonlu dokuda olup serisitleşmiştir. Ayrıca yer yer elek dokusu izlenmektedir. Mafik mineraller karbonatlaşmış, opaklaşmış olup psödomorfa dönüşmüştür. Hamurda kloritleşmeve karbonatlaşma yaygındır. Örneğin tane boyu ve dokusu nedeniyle volkanik/yarı volkanik kayaç arasında geçiş kayacı olduğu düşünülmektedir.

Ek 2b. (Devamı)

İS-2-10M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslaizonlu dokuda olup çoğunlukla tamamen karbonatlaşmıştır. Mafik mineraller karbonatlaşmış, kloritleşmiş, biyotitleşmiş ve opaklaşmış olup psödomorfa dönüşmüştür. Ayrıca hamurda karbonatlaşma ve kloritleşmede izlenmektedir. Kayacın ortaç karakterli bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir
İS-2-25M	Altere Kayaç	Kırıntılı Doku	Yoğun olarak serisitleşme, karbonatlaşma, silisleşme ve biyotitleşme izlenen kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kaybetmiştir. Birbirini kesen demirli çatlaklar kayaca yer yer breşik bir görünüm kazandırmıştır. Makroskobik inceleme sonuçlarında da dayanılarak kayacın ince taneli bir tüf olabileceği düşünülmektedir.
İS-2-70M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklasları zonlu dokuda olup yer yer yarı paralel yönlendikleri gözlenmektedir. Plajioklaslarda ve kayaç genelinde karbonatlaşma yaygındır. Mafik mineraller tamamen opaklaşmıştır. Hamurda ayrıca silisleşmede mevcuttur. Kayacın andezitik bileşimde bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
İS-2-115M	Altere Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar zonlu, elek dokulu olup yoğun olarak serisitleşmiştir. Mafik mineraller tamamen kloritleşmiş ve yer yer opak mineral ayrışmaları gelişmiştir. Ayrıca hamurda kloritleşme de yaygındır.
İS-2A-17M	Altere Volkanik Kayaç/Altere Yarı Derinlik Kayacı	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel mineralojisini kısmen kaybetmiştir. Feldispatlar serisitleşmiş ve kenarlarından itibaren karbonatlaşmıştır. Bazıları tamamen psödomorfa dönüşmüş olup bir kısmı lamelleri ve zonlu yapısı nedeniyle Plajioklas olarak tanımlanmıştır. Mafik minerallerin bazılarının tamamen klorite dönüştüğü gözlenmektedir. Kayaçta ayrıca özşekillerinden dolayı amfibol olabilecekleri düşünülen tamamen opaklaşmış mineral psödomorfları mevcuttur. Kloritleşme ve karbonatlaşmanın yaygın olarak izlendiği kayacın ortaç bileşimli volkanik bir kayaç olduğu düşünülmektedir. Alterasyon nedeniyle doku tam olarak izlenememekle birlikte el örneği incelemesi de göze alındığında arazi jeoloğunun gözlemine göre yarı derinlik kayacı olarak da isimlendirilebilir.
İS-2A-77M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklasları zonlu dokuda olup serisitleşmiş yer yer karbonatlaşmıştır. Hamurda serisitleşme izlenmekte olup kayaç genelinde karbonatlaşma yaygındır. Numunenin ortaç karakterli bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
İS-2A-102M	Altere Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar zonlu, elek dokulu olup serisitleşmiş ve karbonatlaşmıştır., Mafik mineraller tamamen karbonatlaşmış ve yer yer opak mineral ayrışmaları gelişmiştir. Ayrıca kayaç genelinde de karbonatlaşma yaygındır.
İS-2A-165M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar elek dokulu olup karbonatlaşmış yer yer epidotlaşmıştır. Biyotitlerde opak mineral ayrışmaları izlenmektedir. Mafik minerallerin bir kısmı tamamen karbonatlaşarak psödomorfa dönüşmüştür. Örneğin ortaç karakterli bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.

Ek 2c. Şephane sondajlarından alınan petrografi verileri

Örnek no	Kayaç adı	Doku	Açıklamalar
ŞS-1-58M	Volkanik Konglomera	Kırıntılı doku	Kuvars mineralleri kenarları kemirilmiş (korrode) ve yuvarlaklaşmış bir görünüm kazanmıştır. Amfibol grubu mineraller tamamen karbonatlaşmış ve silisleşmiştir. Ana bileşenler çoğunlukla konglomera tane boyutu aralığında değişen tanelerden oluşmaktadır. Söz konusu bileşim, çok ince taneli, volkan külü ve tozundan oluşan bir matriks ile bağlanmış durumdadır. Bileşenler arasında karbonatlaşma ve serisitleşme görülmektedir.
ŞS-1-107M	Volkanik Konglomera	Kırıntılı doku	Kuvars mineralleri kenarları kemirilmiş (korrode) ve yuvarlaklaşmış bir görünüm kazanmıştır. Amfibol grubu mineraller tamamen karbonatlaşmış, silisleşmiş ve opasitleşmiştir.
ŞS-2-23M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir. Alkali feldispatlarda killeşme, Plajyoklaslarda karbonatlaşma izlenmekte olup kayaç genelinde karbonatlaşma yaygındır. Kayaçta ana kayaçla yaklaşık aynı bileşimde ama daha yoğun karbonatlaşmış altere volkanik kayaç parçası kapanım olarak izlenmektedir. Örneğin hamurunda az miktarda kuvars gözlenmiş olup kayacın ortaç bileşimde bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
ŞS-2-68M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Kayaç genelinde karbonatlaşma yaygındır. Feldispat oranı tayin edilememekle birlikte kayacın ortaç bileşimde bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
ŞS-2-74M	Altere Parçalı Volkanik kayaç	Parçalı doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Alterasyon nedeniyle parçalanma mekanizması tayin edilememektedir. Kayaç genelinde karbonatlaşma, serisitleşme ve demir boyama yaygındır. Taneler köşeli-orta yuvarlak olup Fisher, 61 baz alınarak kayaç Parçalı Volkanik olarak isimlendirilmiştir.
ŞS-2-95M	Altere Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Serisitleşme, karbonatlaşma ve silisleşme yaygın olarak izlenmektedir. Hamurda cam kıymığı olabileceği düşünülen parçalar bulunmakla birlikte alterasyon nedeniyle tanımlanamamıştır. Örneğin altere volkanik kayaç ya da kristal-vitrik tuf olabileceği düşünülmektedir.
ŞS-2-158M	Altere Vitrik Tuf	Porfirik doku	Hamur serisitleşmiş olup çok sayıda cam kıymığı ile birlikte pomza olabileceği düşünülen serisitleşmiş parçalar izlenmektedir.
ŞS-2A-17M	Volkanik Breş	Kırıntılı Bileşenler: Kayaç parçaları	Alterasyonun yoğun olarak izlendiği kayaçta taneler 0,5mm-5cm arasında değişik boyutlarda izlenmektedir. Kayaçta olduğu düşünülen cam kıymıkları serisitleşmiş yer yer karbonatlaşmıştır. Pomzalar uzamış, yassılaştırmış, yer yer gözenekli olup çoğunlukla karbonatlaşmıştır.
ŞS-2A-50M	Volkanik Breş	Parçalı doku	Yoğun olarak serisitleşme. karbonatlaşma. Killeşme izlenen kayaçta ilksel mineraloji yitirilmiştir. Parçalar tane destekli olup yoğun alterasyon nedeniyle hangi süreçlerle parçalı bir yapı kazandığı tayin edilememektedir.

Ek 2c. (Devamı)

ŞS-2A-72M	Volkanik Breş	Parçalı doku	Yoğun olarak serisitleşme.karbonatlaşma.killeşme izlenen kayaçta ilksel mineraloji yitirilmiştir. Parçalar tane destekli olup yoğun alterasyon nedeniyle hangi süreçlerle parçalı bir yapı kazandığı tayin edilememektedir.
ŞS-2A-97M	Volkanik Breş	Kırıntılı doku	Yoğun olarak serisitleşme.karbonatlaşma.killeşme izlenen kayaçta ilksel mineraloji yitirilmiştir. Parçalar tane destekli olup yoğun alterasyon nedeniyle hangi süreçlerle parçalı bir yapı kazandığı tayin edilememektedir.
ŞS-2A-118M	Altere Tüf	Kırıntılı doku	Alterasyonun yoğun olarak izlendiği kayaçta taneler çoğunlukla tüf boyutunda olup yer yer lapilli boyutuna ulaşmaktadır. Kayaçta olduğu düşünülen cam kıymıkları serisitleşmiş yer yer karbonatlaşmıştır. Pomzalar uzamış, yassılaştırmış, yer yer gözenekli olup çoğunlukla karbonatlaşmıştır. Kayacın Litik Vitrik Tüf olduğu düşünülmektedir.
ŞS-2A-150M	Kristal-Vitrik Tüf	Camsı (vitrofirik) porfirik doku	Feldspat grubu mineral parçaları değişen oranlarda killeşmiş,serisitleşmiş,mafik mineral psodomorfları tamamıyla ikincil submikroskopik minerallere dönüşmüşler. İçerdiği bileşenlerin türü ve miktarına göre örnek. Pettjohn (1957) tüf sınıflamasını esas alarak kristal-vitrik-tüf olarak adlandırılmıştır.

Ek 2d. Yukarı Yuvalı sondajlarından alınan petrografi verileri

Örnek no	Kayaç adı	Doku	Açıklamalar
YYS-1-77M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir, plajioklaslar da yer yer karbonatlaşma, hamurda killeşme izlenmektedir. Örneğin andezitik bileşimde bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
YYS-1-95M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir. Plajioklaslarda serisitleşme, kayaç genelinde killeşme ve serisitleşme izlenmektedir. Örneğin ortaç karakterli bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir
YYS-1-222M	Altere Andezit	Porfirik doku	Kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir, Plajioklaslarda yer yer karbonatlaşma, hamurda killeşme izlenmektedir. Örneğin andezitik bileşimde bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
YYS-1-150M	Andezit	Porfirik doku	Kayaçta kloritleşmiş mafik mineral psodomorfları mevcuttur. Plajioklaslar zonlu dokuda olup kısmen yarı paralel dizilim göstermektedir. Hamur yer yer submikroskopik opak minerallerce boyanmıştır. Örnekte ortaç bileşimde bir yarı derinlik kayacı paçası kapanım olarak izlenmektedir.
YYS-1-176M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir. Kayaçta bulunan Plajioklasları zonlu dokuda ve kırıklı yapıda olup yer yer yarı paralel yönelme gösterdikleri görülmektedir. Kayacın ortaç bileşimli (andezit?) volkanik kayaç olduğu düşünülmekle birlikte içerisinde yaklaşık aynı bileşimde volkanik kayaç parçaları kapanım olarak izlenmektedir.

Ek 2d. (Devamı)

YYS-1-310M	Piroksen Andezit	Porfirik doku	Kayaçta bulunan Plajioklaslar zonlu, yer yer elek dokulu olup kısmen karbonatlaşmıştır. Piroksenlerde opak mineral ayrışmaları mevcuttur. Kayacın andezit-bazalt arasında bir geçiş kayacı olduğu düşünülmektedir.
YYS-2-86M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Plajioklaslar kırıklı, çatlaklı olup yer yer kısmen yer yer tamamen karbonatlaşmıştır. Öz şekillerinden amfibol olabileceği düşünülen mafik mineraller tamamen opaklaşmış ve psödomorf olarak kalmıştır. Bazılarında bıçak ucu formu mevcuttur. Kayacın ortaç bileşimde (andezit?) bir volkanik kayaç olduğu düşünülmektedir.
YYS-2-112M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Plajioklaslar kırıklı, çatlaklı olup yer yer kısmen yer yer tamamen karbonatlaşmış. Bir kısmı serisitleşmiştir. Mafik mineraller serisitleşmiş. Kenarlarından itibaren opaklaşmıştır. Bazılarında bıçak ucu formu mevcuttur. Kayaçta serisitleşme, karbonatlaşma ve yer yer silisleşme izlenmektedir. Örneğin ortaç bileşimde bir volkanik kayaç olabileceği düşünülmektedir.
YYS-2-129M	Altere Volkanik Kayaç/Altere Yarı Derinlik Kayacı	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir. Plajioklaslar zonlu dokuda, kırıklı, çatlaklı olup killeşmiş, serisitleşmiştir. Biyotitleşen ve kenarlarından itibaren opaklaşan psödomorfların amfibol olduğu düşünülmektedir. Bu mineralli hamurda da bulunmakta ve yarı paralel dizilim göstermektedir.
YYS-2-183M	Altere Kayaç	Masif Doku	Serisitleşme ve epidotlaşmanın yaygın olarak izlendiği kayaçta yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineraloji tamamen kaybedilmiş olup heterojen dağılımda opaklaşmış mineral psödomorfları fenokristal? olarak izlenmektedir. Porfirik doku izi nedeniyle kayacın altere volkanik kayaç olabileceği düşünülmektedir.
YYS-2-209M	Altere Volkanik Kayaç		Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini kısmen yitirmiştir. Plajioklaslar zonlu dokuda ve kırıklı yapıda olup bazıları kenarlarından itibaren bazıları da tamamen serisitleşmiştir. Hamurda killeşme yaygındır. Ortalarından itibaren biyotitleşmiş, kenarları opaklaşmış baklava dilimli. Bıçak ucu formunda psödomorfların amfibol oldukları kayacında andezitik bileşimde bir volkanik kayaç olabileceği düşünülmektedir.
YYS-2-250M	Altere Volkanik Kayaç		Kayaç alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisin kısmen yitirmiştir. Plajioklaslar zonlu dokuda ve kırıklı yapıda olup kenarlarından itibaren serisitleşmiştir. Kısmen yer yer kısmen tamamen opaklaşmış, yer yer serisitleşmiş psödomorflar amfibol özşekline sahiptir. Kayaçta karbonatlaşma ve serisitleşme yaygındır. Örneğin andezitik bileşimde bir volkanik kayaç olabileceği düşünülmektedir.
YYS-2-294M	Altere Volkanik Kayaç	Porfirik doku	Kayaç yoğun alterasyon nedeniyle ilksel doku ve mineralojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Plajioklaslarda karbonatlaşma izlenmekte olup kayaç genelinde karbonatlaşma ve silisleşme yaygındır. Örneğin bazı kısımlarında opak yoğunluğunda artış izlenmekte olup amfibol olabileceği düşünülen opaklaşmış minerallerin bazılarında bıçak ucu formu gelişmiştir. Kayacın ortaç-bazik bileşimde bir volkanik kayaç olabileceği düşünülmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

Celaleddin BAYRAKTAR İlköğrenimini 1998-2001 yılları arasında Abdullah Fazıl Ağanoğlu ilkokulunda tamamladıktan sonra ortaöğrenimini 2001-2005 yılları arasında Mevlüt Selami Yardım ortaokulunda tamamladı.2005-2009 yılları arasında lise öğrenimini Akçaabat Lisesinde tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2016-2017 öğrenim yılı, güz yarıyılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünde sözleşmeli mühendis statüsünde çalışmaya başladı. MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt Dairesi Başkanlığı tarafından Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları Projesinde çalışmak üzere görevlendirildi. Görevini ifa ile eşzamanlı olarak 2018-2019 öğrenim yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları ve Jeokimya Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.