# UZUNPINAR (BOZTEPE-KIRŞEHİR) YÖRESİNDE METAMORFİKLERE BAĞLI Zn-Pb CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

# GEOLOGICAL PROPERTIES OF METAMORPHIC-HOSTED ZINC-LEAD MINERALISATION IN UZUNPINAR (BOZTEPE, KIRŞEHİR)

**EMRE YILDIZ**

**PROF. DR YURDAL GENÇ**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2025

# ÖZET

## UZUNPINAR (BOZTEPE-KIRŞEHİR) YÖRESİNDE METAMORFİKLERE BAĞLI Zn-Pb CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

**Emre YILDIZ**

**Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yurdal GENÇ**

**Ocak 2025, 123 sayfa**

Uzunpınar Zn-Pb±Cu cevherleşmesini kapsayan çalışma alanı, Kırşehir ili Boztepe ilçesi Uzunpınar Köyü'nün 3 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Uzunpınar cevherleşmesi, yüzeydeki döküntüler, toprak jeokimyası ve 6 sondajdan elde edilen verilerle tanımlanmıştır. Çalışma alanında, Kırşehir Masifi'ni oluşturan Paleozoyik yaşlı formasyonlardan biri olan Kalkanlıdağ Formasyonu gözlenir. Kalkanlıdağ Formasyonu üyeleri, protolitleri pelitik ve karbonatlı sedimanter kayaçlar olan, yüksek dereceli metamorfizma ve anateksi süreçleriyle oluşmuş metamorfik kayaçlardır. Gözlenen birimlerin yer aldığı metamorfik fasiyes, amfibolit ile amfibolit-granulit fasiyesleri arasındadır. Ardalanmalı olarak gözlenen bu birimler mika gnays (sillimanit-mika gnays ve granat-mika gnays), migmatit ve mermerdir. Gnayslar, çalışma alanında en yaygın gözlenen birimdir. Birimlerin doğrultusu K30D, eğimi ise 10°-52° arasında değişmekte ve eğim yönü KB'dır. Pegmatitik mikrogranit, çalışma alanında yalnızca bir sondajda tespit edilen bir diğer birimdir.

Çalışma alanında yüzeyde izleri olan ancak mostrası gözlenmeyen Zn-Pb±Cu cevherleşmesinin yankayaçları gnayslar ve mermerdir. Cevherleşme, foliasyon düzlemleriyle uyumlu olarak farklı kalınlıklarda bantlar ve saçınımlar şeklinde gözlenir. Sondaj verileri ve yüzeydeki bulgulara dayanarak, cevher bantlarından oluşan altı cevherli seviye tespit edilmiştir. Cevherli seviyelerin yüzeydeki izleri kuzeydoğu-güneybatı yönünde yaklaşık 1850 metre boyunca uzanmaktadır. Döküntülerin gözlendiği alanlar ve toprak jeokimyasında gözlenen Zn, Pb ve Cu anomalileri, cevherleşmenin doğrultusunun yankayaçların doğrultusuna paralel olduğunu ortaya koymaktadır. Zn-Pb toprak anomalileri tüm seviyelerde tespit edilirken, kuzeybatıdaki cevherli seviyelerde Zn-Pb ile birlikte Cu anomalileri de tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki altı sondajın tamamında cevherli seviyeler kesilmiştir. Cevherli seviyeler, kalınlıkları 0,1 ile 8 cm arasında değişen ince cevher bantlarını ve saçınımlar şeklinde gözlenen opak mineralleri içermektedir. Cevherli seviyelerde gözlenen cevher bantlarının sayısı birimlere göre değişiklik göstermektedir. Cevherli seviyelerin kalınlıkları 3,1 ile 32,10 m arasındadır. Cevher bantları foliasyon ile uyumludur. Saçınımlar şeklinde gözlenen opak minerallerin yönelimleri ise yankayaç minerallerinin yönelimlerine paralellik göstermektedir. Cevherli seviyelerden alınan karot örnekleri, %2,95'e kadar Zn, %0,7'ye kadar Pb ve %0,15'e kadar Cu, 6,12 ppm'e kadar Ag içermektedir.

Cevher bantlarının sfalerit ve galenitçe zengin olanları kahverengi-kırmızı, piritçe zengin olanları sarı renkli olarak gözlenir. Cevher bantlarında gözlenen ana cevher minerali sfalerittir. Bantlarda daha az miktarda gözlenen cevher mineralleri galenit, kalkopirit ve eser miktarda şelittir. Gang mineralleri ise pirit, markazit, pirotin, gahnit, willemit, hematit, limonit, kalsit, kuvars, barit, Ba-feldispat, apatit, rutil ve ilmenittir.

Uzunpınar cevherleşmesinde cevher bantlarının yankayaç foliasyonuyla uyumu, iri taneli özşekilli opak mineraller, köpük dokuları, gahnit ve Ba-feldispat varlığı, pirit-pirotin birlikteliği, sfaleritlerde yüksek Fe içeriği ve cevher-yankayaç minerallerinde birlikte uzamalar (elongasyon), metamorfizmanın başlıca etkileri olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular, Uzunpınar cevherleşmesinin stratiform şekilli ve sinjenetik bir cevherleşme olduğuna işaret etmektedir. Yapı-doku özellikleri, geometri, cevher-yankayaç ilişkileri, metal ve mineral içeriği açısından karşılaştırıldığında, Uzunpınar cevherleşmesinin metamorfizmaya uğramış Sedex tipi yataklarla benzer özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir.

Uzunpınar cevherleşmesi, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisindeki Başçatak (Yozgat-Akdağmadeni) Pb-Zn-Cu sülfit cevherleşmesi, Yenipazar (Yozgat-Boğazlıyan) Cu-Pb-Zn-Au-Ag cevherleşmesi ve Sarıkaya (Yozgat-Sarıkaya) Fe–Mn cevherleşmesi ile benzer jeolojik özellikler taşımaktadır. Bu cevherleşmeler, benzer çökelme koşullarında oluşmuş, stratiform şekilli, sinjenetik kökenli, tür ve köken açısından benzer yankayaçlar içerisinde ve metamorfizma öncesinde oluşmuş olmaları gibi temel ortak özelliklere sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko-Kurşun Cevherleşmesi, Kırşehir Masifi, Zn-Pb, Metamorfikler İçerisinde Zn-Pb Cevherleşmesi.

# ABSTRACT


**GEOLOGICAL PROPERTIES OF METAMORPHIC-HOSTED ZINC-LEAD MINERALISATION IN UZUNPINAR (BOZTEPE, KIRŞEHIR)**

**Emre YILDIZ**

**Master of Science, Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Yurdal GENÇ**

**January 2025, 123 pages**

The Uzunpınar Zn-Pb±Cu mineralisation area is located 3 km northeast of Uzunpınar Village in Boztepe District, Kırşehir Province. It has been explored through floats, soil geochemistry and six drill holes. The Kalkanlıdağ Formation, a Paleozoic formation of the Kırşehir Massif, is observed within the study area. The Kalkanlıdağ Formation units consist of metamorphic rocks formed from pelitic and carbonate sedimentary protoliths through high-grade metamorphism and anatexis. The metamorphic facies of these units ranges between amphibolite and amphibolite-granulite. The intercalated metamorphic units include mica gneiss (garnet-mica gneiss and sillimanite-mica gneiss), migmatite, and marble, with gneisses being the most dominant. The strike of the units is N30E, with dips varying between 10° and 52° to NW. The pegmatitic microgranite is another unit identified in only one drill hole within the study area.

Gneiss and marble constitute the host rocks for the zinc-lead±copper mineralisation in the study area, where surface traces of mineralisation are present, but no outcrops are exposed. Mineralisation is observed as bands and disseminations with varying thicknesses, concordant to the foliation planes. Drilling data and surface findings revealed six mineralised levels composed of ore bands. The surface traces of these levels extend approximately 1850 meters along a northeast-southwest trend. Areas where the floats are observed and Zn, Pb, and Cu anomalous are identified in soil geochemistry indicate that the strike of the mineralisation is parallel to the strike of the host rock. While Zn-Pb soil anomalous are detected across all mineralised levels, Cu anomalous are observed in addition to Zn-Pb in the mineralised levels located in the northwest. Mineralised levels were intersected in all six drill holes in the study area. These levels comprise thin ore bands with thicknesses ranging from 0.1 to 8 cm and disseminated opaque minerals. The quantity of ore bands varies across these mineralised levels. The thickness of the mineralised levels ranges from 3.1 to 32.10 m. Ore bands are concordant with foliation, and the alignments of disseminated ore minerals are parallel to the alignments of host rock minerals. Core samples obtained from the mineralised levels contain up to 2.95% Zn, 0.70% Pb, 0.15% Cu, and 6.12 ppm Ag.

The ore bands exhibit brown-red coloration in sphalerite and galena-rich bands and yellow coloration in pyrite-rich bands. The major ore mineral observed in the ore bands is sphalerite. Other ore minerals, observed in minor amounts, include galena, chalcopyrite, and trace amounts of scheelite. The gangue minerals consist of pyrite, marcasite, pyrrhotite, gahnite, willemite, hematite, limonite, calcite, quartz, barite, Ba-feldspar, apatite, rutile, and ilmenite.

In Uzunpınar mineralisation, the primary effects of metamorphism are characterized by the alignment of ore bands with the host rock foliation, the presence of coarse-grained euhedral opaque minerals, triple-junction(foam) textures, occurrences of gahnite and Ba-feldspar, pyrite-pyrrhotite associations, intense Fe content in sphalerites, and the co-elongation of ore and host rock minerals.

The findings suggest that Uzunpınar represents stratiform and syngenetic mineralisation. Based on comparisons of textural and structural characteristics, geometry, ore–host rock relationships, and metal and mineral contents, it is inferred that the Uzunpınar mineralisation exhibits similarities to metamorphosed Sedex-type deposits.

The Uzunpınar mineralisation shares similar features with the Başçatak (Yozgat-Akdağmadeni) Pb-Zn-Cu sulphide mineralisation, the Yenipazar (Yozgat-Boğazlıyan) Cu-Pb-Zn-Au-Ag mineralisation, and the Sarıkaya (Yozgat-Sarıkaya) Fe–Mn within the Central Anatolian Crystalline Complex. These mineralisations share major common features, including deposition under similar depositional settings, stratiform morphology, a syngenetic origin, occurrence within host rocks that are similar in type and genesis and pre-metamorphic formation.

**Keywords:** Zinc-Lead Mineralisation, Kırşehir Massif, Zn-Pb, Metamorphic-Hosted Zinc-Lead.

# TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle bana rehberlik eden ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Yurdal GENÇ'e (Hacettepe Üniversitesi) en içten teşekkürlerimi sunarım. Hocamın sabrı, anlayışı ve yol göstericiliği, bu çalışmanın başarıyla tamamlanmasında büyük rol oynamıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde (MTA) çalışmalarım sırasında sağladığı destek ve yönlendirme için Dr. Ebru KAVUKÇU'ya teşekkür ederim. Çalışmalarımın ilerlemesinde gösterdiği çaba benim için çok değerli olmuştur. Hacettepe Üniversitesi'nden Dr. Tahir İnan TURAN'a da çalışmalarıma sağladığı katkılar ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, Uzunpınar verilerini kullanmama izin veren ve desteğini esirgemeyen Osman ŞAHİN'e (Fomad Madencilik Yöneticisi) teşekkür ederim.

Son olarak, beni her zaman destekleyen ve cesaretlendiren canım aileme minnettarım.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... i

ABSTRACT ..... iv

TEŞEKKÜR ..... vii

İÇİNDEKİLER ..... viii

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... x

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... xii

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... xiii

1. GİRİŞ ..... 1

1.1. Amaç ve Kapsam ..... 1

1.2. Çalışma Yöntemleri ..... 2

1.2.1. Arazi Çalışmaları ..... 2

1.2.2. Laboratuvar Çalışmaları ..... 2

1.2.3. Ofis Çalışmaları ..... 3

1.3. Önceki Çalışmalar ..... 3

2. UZUNPINAR CEVHERLEŞMESİ ..... 7

2.1. Uzunpınar Cevherleşmesinin Konumu ..... 7

2.2. Bölgesel Jeoloji ..... 8

2.3. Kırşehir Masifi ..... 10

2.3.1. Bozçaldağ Formasyonu ..... 14

2.3.2. Kervansaray Formasyonu ..... 14

2.3.3. Kalkanlıdağ Formasyonu ..... 14

2.4. Çalışma Alanının Jeolojisi ..... 15

2.4.1. Gnayslar ..... 18

2.4.2. Migmatitler ..... 21

2.4.3. Mikrogranit ..... 25

2.4.4. Mermer ..... 26

2.5. Zn-Pb±Cu Cevherleşmesi ..... 27
2.5.1. Yüzeyde Cevherleşme Belirtileri: Döküntüler ve Jeokimyasal Bulgular ..... 28
2.5.2. Sondaj Verileriyle Yeraltında Cevherleşme Bulguları ..... 33
2.5.3. Cevherli Seviyelerin Özellikleri ..... 37
2.5.4. Cevherleşmede Metamorfizma Etkileri ..... 65
2.5.5. Cevherleşmenin Şekli, Kökeni ve Sınıflandırması ..... 71
3. UZUNPINAR ve KIRŞEHİR-AKDAĞMADENİ MASİFLERİNDEKİ BENZER CEVHERLEŞMELER ..... 75
4. SONUÇLAR ..... 78
5. KAYNAKLAR ..... 82
EKLER ..... 89
EK 1 – EDS Analizleri ..... 89
EK 2 – Tez Çalışması Orjinallik Raporu ..... 123
ÖZGEÇMİŞ ..... 124

# ŞEKİLLER DİZİNİ


Şekil 2.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. .....7
Şekil 2.2. Çalışma alanının OAKK üzerindeki konumunu gösteren harita. .....8
Şekil 2.3. Kırşehir Masifi metamorfitlerine ilişkin stratigrafik kesitler. .....12
Şekil 2.4. Çalışma alanın üzerinde gösterildiği jeoloji haritası. .....13
Şekil 2.5. Çalışma alanından görüntüler. .....15
Şekil 2.6. Birimleri ve sondaj lokasyonlarını gösteren jeoloji haritası. .....16
Şekil 2.7. Şekil 2.6'da verilen harita üzerinde gösterilen AA' ve BB' kesitleri. .....17
Şekil 2.8. Litoloji ve ince-parlak kesit örnek yerlerinin gösterildiği kuyu logu. .....18
Şekil 2.9. Gnaysların yüzeyde ve karotlardaki görünüşleri. .....19
Şekil 2.10. Gnayslardan alınan örneklerin ince kesit görüntüleri. .....20
Şekil 2.11. Migmatit karotlarından görüntüler. .....22
Şekil 2.12. Migmatit örneklerinin ince kesit görüntüleri. .....24
Şekil 2.13. Mikrogranit görüntüleri .....25
Şekil 2.14. Mermer örneklerinden görüntüler. .....27
Şekil 2.15. Döküntülerden görüntüler. .....29
Şekil 2.16. Döküntülerden toplanan kayaç örneklerinin gösterildiği harita. .....31
Şekil 2.17. Toprak jeokimyası çalışmalarının gösterildiği harita. .....33
Şekil 2.18. Jeoloji-cevherleşme haritası. .....35
Şekil 2.19. Şekil 2.18'de verilen harita üzerinde gösterilen AA' ve BB' kesitleri. .....36
Şekil 2.20. Kuyu logları. .....36
Şekil 2.21. BSK01 numaralı kuyuda Cevherli Seviye 1'den görüntüler. .....38
Şekil 2.22. BSK01 numaralı kuyuda gözlenen cevherli bantlardan görüntüler. .....39
Şekil 2.23. 14 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. .....40
Şekil 2.24. 14 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. .....42
Şekil 2.25. 14 numaralı örneğin SEM görüntüleri. .....43
Şekil 2.26. BSK01'de gözlenen mermer içerisindeki cevher bantları görüntüleri. .....44
Şekil 2.27. 5 ve 6 numaralı örneklerin cevher mikroskobisi görüntüleri. .....46
Şekil 2.28. Cevherli Seviye 3'ün gözlendiği karotlardan görüntüler. .....47
Şekil 2.29. BSK01 numaralı kuyuda Cevherli Seviye 4'e ilişkin görüntüler. .....49

Şekil 2.30. 1, 2A ve 2B numaralı örneklerin ince kesit görüntüleri. ..... 50
Şekil 2.31. 1 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. ..... 51
Şekil 2.32. 2A numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri..... 53
Şekil 2.33. 2B numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. ..... 54
Şekil 2.34. BSK06 numaralı kuyuda piritçe zengin cevher bantlarından görüntüler. .. 54
Şekil 2.35. Cevherli Seviye 5'ten alınan 3 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. ... 55
Şekil 2.36. 3 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. ..... 56
Şekil 2.37. BSK02 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6'ya ait görüntüler..... 57
Şekil 2.38. 8 numaralı örnek ve cevher mikroskobisi görüntüleri. ..... 59
Şekil 2.39. BSK03 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6'ya ait görüntüler..... 60
Şekil 2.40. BSK04 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6 ve Örnek 4'e ait görüntüler. 62
Şekil 2.41. 4 numaralı örneğin SEM görüntüleri. ..... 63
Şekil 2.42. Opak minerallerdeki uzama ve yönlenmeleri gösteren görüntüler. ..... 66
Şekil 2.43. 3, 5 ve 14 numaralı örneklerin cevher mikroskobisi görüntüleri. ..... 68
Şekil 2.44. 2A numaralı örnekte gözlenen gahnit minerallerine ait görüntüler. ..... 69
Şekil 2.45. 2A numaralı örnekteki sfaleritlerde gözlenen kırmızı içyansıma renkleri... 71
Şekil 3.1. Uzunpınar, Başçatak, Yenipazar ve Sarıkaya cevherleşmelerinin 1/500,000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterimi.. ..... 75

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Döküntülerden toplanan kayaç örneklerinin analiz sonuçları.....30
Çizelge 2.2. Karot örneklerinin analiz sonuçları.....37
Çizelge 2.3. Uzunpınar cevherleşmesi ile Sedex tipi cevherleşmelerin özelliklerinin karşılaştırılması.....74

# SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| °C | Santigrat Derece |
| kbar | Kilobar |
| μm | Mikrometre |
| mm | Milimetre |
| cm | Santimetre |
| dm | Desimetre |
| m | Metre |
| km | Kilometre |
| g, kg | Gram, Kilogram |
| % | Yüzde |
| ppm | Milyonda bir |
| Mesh | Elek Ölçüsü |
| SEM | Taramalı Elektron Mikroskobu |
| EDS | Enerji Dağılımlı Spektroskopi |
| XRF | X-Işını Floresans Spektroskopisi |
| ICP-OES | İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi |
| AAS | Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi |
| BSK | Boztepe Sondaj Kuyusu |
| T, P | Sıcaklık, Basınç |
| K, D, G, B | Kuzey, Doğu, Güney, Batı |
| FZ | Fay Zonu |
| PPL, XPL | Düz Polarize Işık (Tek Nikol), Çapraz Polarize Işık (Çift Nikol) |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) içinde yer alan, metamorfik kayaçlarla uyumlu Uzunpınar (Boztepe-Kırşehir) Zn-Pb±Cu cevherleşmesinin jeolojik ve cevherleşme özelliklerini belirlemektir. Uzunpınar cevherleşmesi, 2022 yılında Fomad Mühendislik ve Madencilik Şirketi tarafından gerçekleştirilen jeokimya ve sondaj çalışmaları sonucu keşfedilmiştir. Yüzeyde herhangi bir mostrası bulunmayan bu cevherleşmenin, toprak örtüsü içerisindeki döküntüler ve toprak jeokimyası çalışmaları sayesinde yataklanma şekli hakkında bilgi edinilmiş, sondajlarla farklı derinliklerdeki uzanımları tespit edilmiştir.

Ayrıca, Uzunpınar Zn-Pb±Cu cevherleşmesi, OAKK içinde yer alan ve benzer özelliklere sahip olduğu düşünülen diğer cevherleşmeler ile karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma, söz konusu cevherleşmelerin jeolojik ve cevherleşme özellikleri açısından benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, OAKK'nin bu tip cevherleşmeler açısından potansiyelini değerlendirmeye yönelik önemli veriler sunacaktır.

Çalışma kapsamında, sahada jeoloji haritalaması yapılmış, sondaj logları oluşturulmuş ve sondaj karotlarından 15 adet örnek alınmıştır. Bu 15 örnekten, 16 adet ince-parlak kesit hazırlanmıştır. Mineraloji-petrografi ve cevher mikroskobisi çalışmaları bu kesitlerden yapılmıştır. 2 örnek ile de SEM – EDS analizleri yapılmıştır.

Uzunpınar cevherleşmesinin tipinin belirlenmesi amacıyla, özellikle metamorfizmaya uğramış cevherleşmelerin özellikleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca, OAKK içerisindeki diğer cevherleşmelerin jeolojik ve cevherleşme özelliklerinin incelenmesi ve bu cevherleşmeler ile Uzunpınar arasındaki benzerliklerin ortaya konulması da çalışma kapsamına dahildir.

### 1.2. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma, arazi, laboratuvar ve ofis çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

#### 1.2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında haritalama ve örnek alma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Haritalama sırasında veriler, shapefile (SHP) formatında Android bir cihaz üzerinde LocusGIS yazılımı kullanılarak toplanmıştır. Haritalama çalışmalarında özellikle mostralar ve cevherleşme ile ilişkili döküntüler üzerinde durulmuştur. Ayrıca, arazi çalışmaları kapsamında sondaj karotları loglanmış ve bu karotlardan 15 adet ince-parlak kesit örneği alınmıştır. Örnekler, yarılanmış karotların belirlenen cevher içeren seviyelerinden toplanmıştır.

2022 yılında yapılan toprak jeokimyası, dikdörtgen örnekleme düzeninde, 100 m aralıklı K60B doğrultulu hatlarda, 20 m örnekleme aralığıyla toplam 315 örnek ile yapılmıştır. Toprağın B zonundan alınan örnekler, 80 mesh elek ile yerinde elenip sıkıştırıldıktan sonra Olympus Vanta VMR marka taşınabilir XRF cihazıyla analiz edilmiştir. Çalışma alanı içerisindeki tarlalarda toprak jeokimyası çalışması yapılmamasının temel sebebi, toprak örtüsünün kalınlığı ve tarım kaynaklı kontaminasyonlardan kaçınmaktır. Tarlalara uzatılmayan ve eklenmeyen hatlar sebebiyle, jeokimya anomalileri tüm yönlerde açık kalmıştır.

#### 1.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında, alınan örneklerin ince ve parlak kesitleri MTA laboratuvarlarında hazırlanmış ve Hacettepe Üniversitesi Maden Yatakları-Cevher Mikroskobisi Laboratuvarı'nda Leica DM2500P modüler polarizan mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Daha detaylı incelemeye ihtiyaç duyulan 2 örneğe, MTA'da Fei Inspect F50 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntü alma, fotoğraf çekimi ve mikrokimyasal (35-30-MP-23 ve 35-30-MP-25) SEM-EDS analizleri yapılmıştır.

2021-2022 yıllarında çalışma alanı içerisinde, yüzeydeki döküntülerden 15, karotlardan ise 24 örnek toplanmış ve bu örneklere Ankara'daki Argetest laboratuvarlarında jeokimya analizleri yaptırılmıştır. Örnekler 80 °C'de kurutulmuş, kırılmış ve ardından analiz için 75 mikronun altına öğütülmüştür. Öğütülen örnekler, dört asit ($HF:HNO_3:HClO_4:HCl$) çözdürme yöntemi ile çözdürülerek ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) ile 48 element için analiz edilmiştir. ICP-OES'in üst limitlerini aşan elementler için AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrometresi) analizi uygulanmıştır. Altın analizlerinde ise öğütülmüş örneklerden alınan 50g ile küpelasyon yöntemi ile örnek hazırlanmış ve ICP-OES ile analiz edilmiştir.

### 1.2.3. Ofis Çalışmaları

Ofis çalışmaları kapsamında, literatür taramaları yapılmış, Fomad Madencilik'e ait veriler incelenmiş ve arazi çalışmaları sırasında toplanan harita verileri ArcGIS 10.8 CBS yazılımı kullanılarak derlenmiştir. Tezde yer alan tüm haritalar bu program kullanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca, sondaj verileri xlsx formatında derlenmiş ve Datamine Discover 2017 yazılımı kullanılarak cevherleşmenin kesit taslakları oluşturulmuştur. Görsel düzenlemeler ve çizimler ise Adobe Illustrator 2021 yazılımı ile yapılmıştır.

Toprak jeokimyası sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi sürecinde, log-normal dağılım gösteren Zn, Pb ve Cu elementlerinin eşik değerleri ve anomali değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla, öncelikle elementlerin analiz sonuçlarının logaritması alınmış, ardından her bir element için ortalama değer ve standart sapma hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak ortalama ± standart sapma aralıklarına dayalı sınıflandırma yapılmış ve sınıflar "muhtemel anomali", "anomali" ve "şiddetli anomali" olarak tanımlanmıştır. Belirlenen eşik değerler ve anomali sınıfları doğrultusunda, ilgili bölümde verilen tematik haritalar oluşturulmuştur.

## 1.3. Önceki Çalışmalar

OAKK içerisinde, altın, demir, kurşun, çinko, bakır, molibden, volfram, barit, florit ve endüstriyel hammaddeler gibi farklı cevherleşme türlerine yönelik birçok araştırmacı

tarafından çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında, Uzunpınar cevherleşmesi ile ilişkili olabilecek önceki çalışmalar burada ele alınmıştır.

**Bakanyıldız (1973)**, Yozgat-Sarıkaya bölgesindeki metamorfik demir yataklarını incelemiş ve bu yatakların kristalize kireçtaşları ile mikaşistlerin geçiş zonunda oluştuğunu ortaya koymuştur. Çalışmada, demir birikiminin kireçtaşı içinde ince bantlar halinde başladığı ve kademeli olarak ana cevher zonuna geçtiği belirtilmiştir. Ana cevher zonunun, demir ve mangan açısından zengin tabakalar ile yoğun ve paralel kuvars bantlarıyla karakterize olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, yatakların spekülarit, hematit, manyetit ve %10 oranında manganez içeren bir bileşimde olduğunu vurgulanmıştır.

**Çağatay ve Arda (1976)**, Yozgat-Sarıkaya bölgesindeki manganezli demir yatağını incelemiş ve bu yatağın bölgesel metamorfik kayaç serileri ile uyumlu olarak bulunduğunu rapor etmiştir. Manganezli demir cevherleşmesi, biyotit şist, amfibolit şist, mermer, kuvarsit, muskovit şist ve gnays gibi metamorfik kayaçlar arasında konkordan tabaka ve mercekler şeklinde yer almıştır. Mineralojik analizler sonucunda spekülarit, braunit, biksbiyit, hollandit, kriptomelan ve pirolüzit gibi mangan mineralleri ile kuvars, kalsit, barit ve granat (andradit) gibi gang mineralleri belirlenmiştir. Arazi gözlemleri ve mineral parajenezine dayanarak yatağın sedimanter kökenli bir metamorfik yatak olduğu sonucuna varılmıştır.

**Kıroğlu (1976)**, Yozgat'ın Sarıkaya ilçesinde bulunan Uzunkuyu, Karabacak Köyü ve Büyük Ören mevkilerindeki demir zuhurlarını incelemiştir. Çalışmada, bu zuhurların sedimanter kökenli metamorfik yataklar olduğu ve demir cevherinin spekülarit, manyetit ve martit minerallerinden oluştuğu belirtilmiştir. Yüzeyde mostra veren ve vermeyen zuhurların, jeofizik yöntemlerle tespit edildiği ifade edilmiştir. Cevherleşmelerin coğrafi yakınlığı ve benzer özellikleri, tüm zuhurların birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

**Kuşçu ve Erler (1998, 1999)**, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'ndaki metalojenik süreçlerin, Üst Kretase-Eosen döneminde Neotetis Okyanusu'nun Kuzey Koluna ait

okyanusal kabuğun Sakarya Kıtacığı altına dalması ve bu süreci izleyen çarpışma olaylarıyla şekillendiğini belirtmiştir. Çalışmada, bölgedeki cevherleşmelerin metasedimanter, skarn, damar ve sedimanter-volkanojenik olmak üzere dört ana gruba ayrıldığı ifade edilmiştir. Metasedimanter yatakların, OAKK metamorfikleri protolitlerinin çökelmesi sırasında oluşan, büyük olasılıkla sedimanter-ekshalitif kökenli yataklardan türediği ve metamorfizma süreçlerinde kısmen remobilize olduğu vurgulanmıştır. Özellikle Yozgat (Sarıkaya) ve Niğde (Elmadere) yörelerinde manyetitçe zengin Fe yatakları ile Gülşehir (Nevşehir) civarındaki barit yatakları, bu türe örnek olarak sunulmuştur.

**Genç (1998, 2001)**, Yozgat Akdağmadeni-Başçatak Pb-Zn-Cu cevherleşmesini incelemiş ve bu cevherleşmenin Akdağmadeni Paleozoyik Masifi'ne ait gnays, şist ve mermerlerden oluşan bir stratigrafik dizilimle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Cevherleşmenin kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzandığı, merceğimsi ve tabaka şekilli bir morfolojiye sahip olduğu ve yankayaçlarla uyumlu bir yerleşim gösterdiği vurgulanmıştır. Başlıca cevher mineralleri sfalerit, galenit, kalkopirit, fahlerz, molibdenit ve elektrumdur. Gang mineralleri ise başlıca pirotin, pirit, markazit, sülfosaltlar, mika (biyotit ve muskovit), kuvars, feldispat, karbonat, granat, turmalin, skapolit ve grafittir. Cevherleşmede metamorfizma, deformasyon ve remobilizasyon etkileri makro ve mikro ölçekli dokularla belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu dokular arasında bantlı-yönlü yapılar, yeniden kristallenme dokuları, mirmekitik dokular, cevher intrüzyonları ve düşük basınç gölgeleri yer almaktadır. Bölgesel metamorfizma etkileri foliasyon, porfiroblastik, gnaysik ve budinaj yapıları ile kendini göstermiştir. Genç'in çalışmaları, cevherleşmenin yankayaçlarla birlikte aynı metamorfik süreçlerden etkilendiğini ve cevherleşmenin metamorfizma öncesinde, muhtemelen ekshalitif sedimanter bir kökene sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

**Çolakoğlu ve Genç (2001)**, Yozgat'ın Akdağmadeni ilçesi doğusunda, granit çevresindeki metamorfik kayaçlarda gözlenen Pb-Zn cevherleşmelerinin makro ve mikro dokusal özelliklerini incelemiştir. Çalışma, Akdağmadeni cevherleşmesinin skarn tipi yataklarla birlikte metamorfik yataklara özgü özellikler de taşıdığını ortaya koymuş ve bu yatağın yalnızca granitlerin etkisiyle oluşan basit bir skarn yatağı olmadığı, bölgesel

ve kontakt metamorfizma etkilerinin birlikte görüldüğü kompleks bir sistem olduğunu vurgulamıştır.

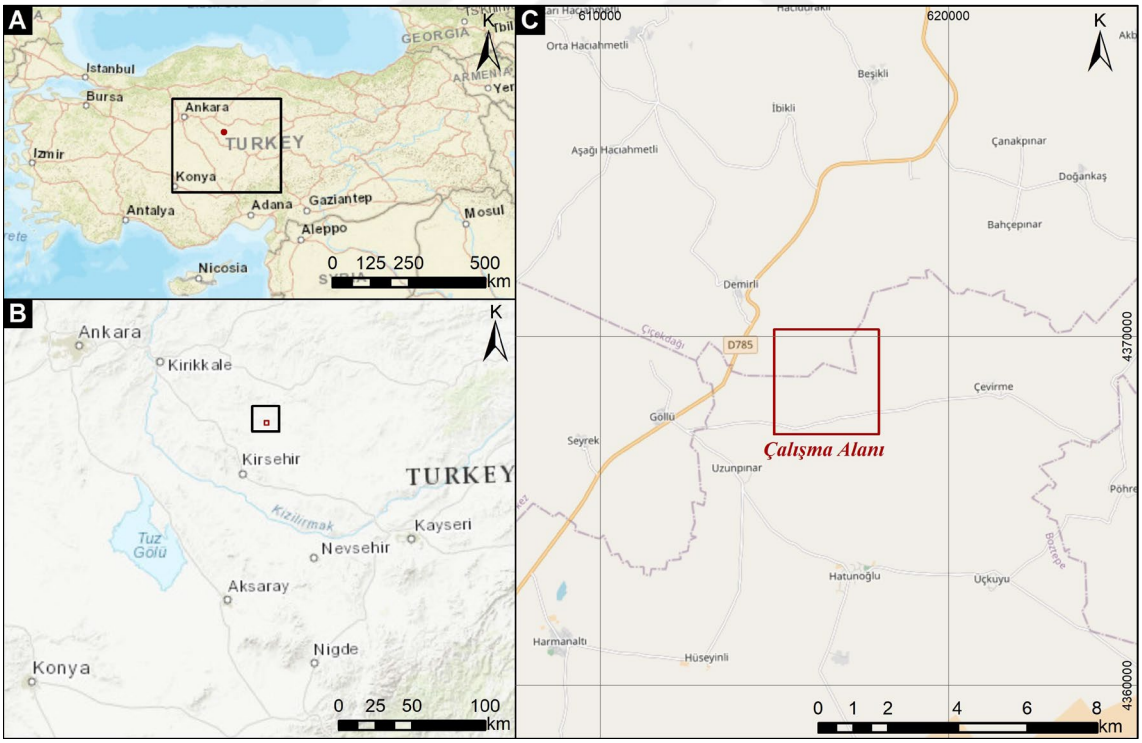
**Coşkun (2009)**, Akdağmadeni (Yozgat) bölgesindeki Pb-Zn ve Başçatak Pb-Zn-Cu sülfit yataklarını incelemiş ve bu yatakların kontakt ve bölgesel metamorfizma süreçlerinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Akdağmadeni yatağında, granitik intrüzyonlara yakın alanlarda kontakt metamorfizma etkileri gözlenirken, intrüzyondan uzak bölgelerde ve Başçatak yatağında bölgesel metamorfik yapılar daha baskın bulunmuştur. Metamorfiklerle uyumlu bant ve mercek şekilli cevherleşmelerin varlığı, cevherleşmelerin bulunduğu kayaçlarla birlikte aynı metamorfik süreçlerden etkilendiğini göstermektedir. Çalışmada yapılan sıvı kapanım analizleri, intrüzyona yakın örneklerde düzensiz geometrilerin kontakt metamorfizma etkilerini yansıttığını, intrüzyondan uzak örneklerde ise düzenli sıvı kapanım geometrilerinin ve yüksek homojenleşme sıcaklıklarının bölgesel metamorfizma koşullarını işaret ettiğini göstermiştir. Sonuç olarak, granitik sokulumların kökensel bir etki taşımadığı, var olan cevherleşmeleri yeniden düzenlediği belirtilmiştir.

**Sayın (2016)**, Yozgat Yenipazar'daki volkanojenik masif sülfit yatağıyla ilişkili kuvars-mika şistler ve gnayslar içinde gelişen kil yataklarını incelemiştir. Çalışma, Üst Kretase sonrası meydana gelen hidrotermal alterasyonun kuvars-mika şistler ve gnaysları kil minerallerine dönüştürdüğünü ve önemli kaolen yatakları oluşturduğunu ortaya koymuştur. Yenipazar kil yatakları, kaolinit, halloysit, smektit, illit, muskovit, klorit ve α-kuvars gibi minerallerden oluşurken, hematit, pirit, kalsit ve feldispat gibi mineraller az miktarda gözlenmiştir. Özellikle kaolinit ve halloysitin üst zonlarda, smektit ve illitin ise orta-alt zonlarda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Sıvı kapanım ve jeokimyasal analizler, hidrotermal sıvıların magmatik kökenli olduğunu ve asidik koşullarda geliştiğini göstermektedir. Araştırmacıya göre, Pb, Zn, Cu zenginleşmeleri ve hidrotermal alterasyonun etkileri, kil yataklarının magmatik-hidrotermal süreçlere bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

# 2. UZUNPINAR CEVHERLEŞMESİ

## 2.1. Uzunpınar Cevherleşmesinin Konumu

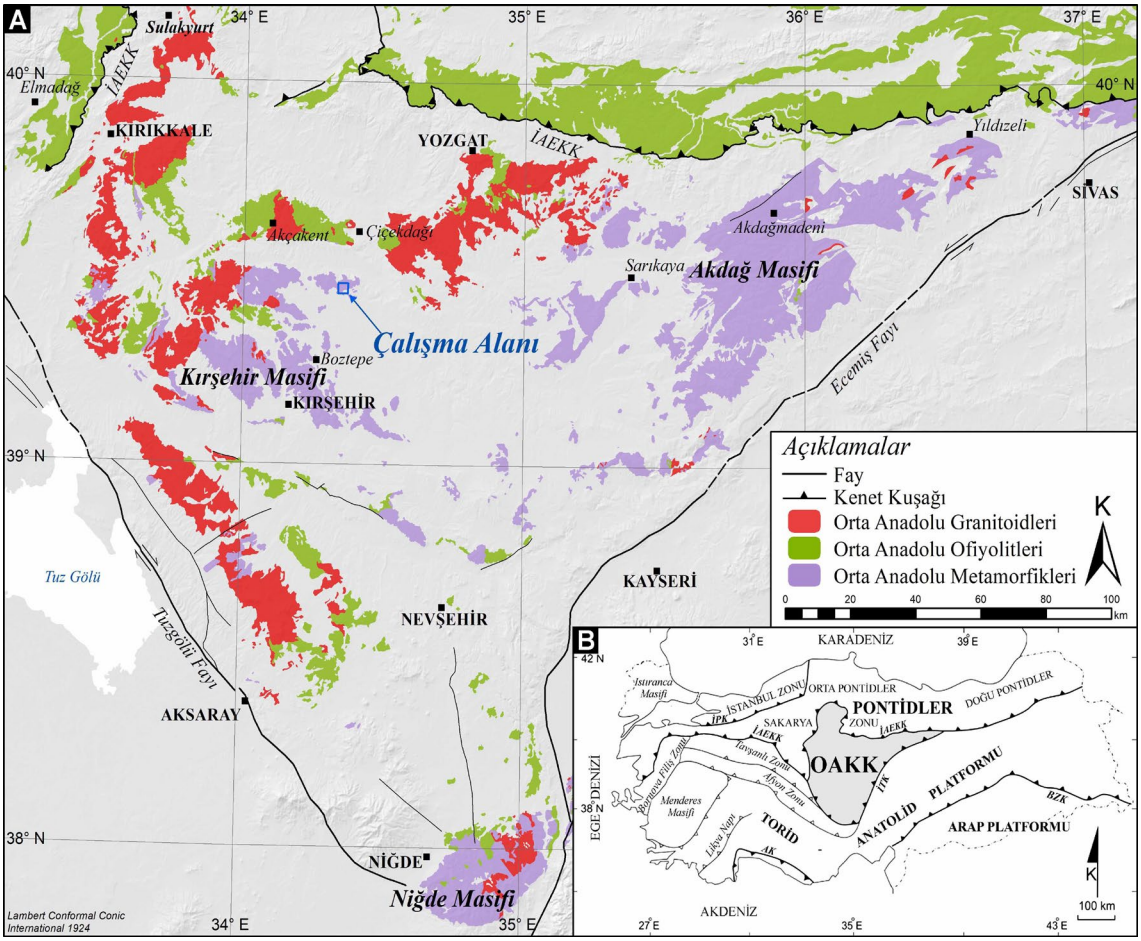
Uzunpınar cevherleşmesini kapsayan çalışma alanı 9 km$^2$'dir ve Kırşehir ili Boztepe ilçesi Uzunpınar köyünün 3 km kuzeydoğusunda yer alır. Kırşehir'in kuş uçuşu 37 km kuzeydoğusundadır. Çalışma alanın kuzeybatısında Demirli, batısında Göllü Bucağı, doğusunda Çevirme köyleri bulunur (Şekil 2.1). 1/25,000 ölçekli pafta bölümlemesinde J32b1 paftası sınırları içerisindedir. Kırşehir'den çalışma alanına ulaşım D260-D785 asfalt yolu ile sağlanır. Uzunpınar cevherleşmesinin bulunduğu bölgede bitki örtüsü steptir. Çalışma alanında yükseltiler 1250-1360 m arasında değişir ve yüzey şekilleri genellikle düzlük veya tatlı eğime sahiptir. Çalışma alanında genellikle mera vasıflı araziler veya tarım arazileri bulunur.




Şekil 2.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. Haritalarda kullanılan altlıklar; A: World Street Map (Esri, 2017b), B: World Topographic Map (Esri, 2017a) ve C: OpenStreetMap (OSM, 2024).

## 2.2. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı, Orta Anadolu Masifi (OAM) (Ketin, 1955) veya Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) (Göncüoğlu ve ark., 1991) olarak bilinen kayaç topluluğunun kapsadığı alan içerisindedir. OAKK, Anadolu mikroplakası üzerinde, Sulakyurt, Sivas ve Niğde illeri ile sınırlanan yaklaşık üçgen şekilli bir alanda yer alır (Kuşçu ve Erler, 1998). Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK), Neotetis'in kuzey bölümünün güneyinde (Şengör ve Yılmaz, 1981), Torid-Anatolid Platformunun metamorfizmaya uğramış kuzey uzantısı içinde yer alır (Göncüoğlu ve Türeli, 1994).




Şekil 2.2. A: Çalışma Alanının Orta Anadolu Kristalen Kompleksi üzerindeki konumunu gösteren harita. MTA'nın 1/500,000 ölçekli jeoloji haritasından birimler ayıklanarak derlenmiştir (MTA, 2002). B: Türkiye'nin tektonik birliklerini gösteren harita, Okay ve Tüysüz (1999)'den değiştirilerek alınmıştır. İAEKK: İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, İPK: İç Pontid Kenet Kuşağı, İTK: İç Torid Kenet Kuşağı, BZK: Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı.

OAKK'nin Üst Mesozoyik-Alt Senozoyik'teki jeolojik evriminde, sınırları boyunca sıkışma ve çarpışma ile ilişkili deformasyon, metamorfizma ve magmatizma olayları gözlenir (Whitney ve Dilek, 2001). Metamorfik, ofiyolitik, magmatik ve sedimanter kayaç gruplarını içeren OAKK (Delibaş ve Genç, 2012), batıda Tersiyer Tuz Gölü Fayı, doğuda doğrultu atımlı Ecemiş Fayı ve kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı (İAEKK) ile sınırlanır (Göncüoğlu ve Türeli, 1994).

OAKK içerisinde gözlenen birimler litolojilerine göre yapılan ayrıma göre Orta Anadolu Metamorfitleri, Orta Anadolu Ofiyolitleri ve Orta Anadolu Granitoidleri şeklinde adlandırılmıştır (Göncüoğlu ve ark., 1991; Göncüoğlu ve ark., 1992). OAKK, kısmen Eosen yaşlı birimler ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik çökellerle kaplıdır. OAKK, kuzeyde Kırşehir ve Akdağ, güneyde ise Niğde alt masiflerinden meydana gelir. Konumlarına göre isimlendirilen bu masifler benzer metamorfik litolojilerden oluşur ancak metamorfizmaya uğrama koşulları (basınç-sıcaklık) ve zamanı, magmatizma, yüzeye çıkma hızları ve mekanizmaları bakımından farklılık göstermektedir (Whitney ve ark., 2001).

OAKK metamorfikleri Paleozoyik yaşlı (Ketin, 1959), metamorfik kayaçlardan oluşur. Kırşehir, Akdağmadeni çevresinde ve Niğde'nin doğusunda, Eosen sonrası yaştaki faylarla sınırlanan araziler boyunca iyi bir şekilde yüzeylenirler (Kuşçu ve Erler, 1998). OAKK orta basınç-yüksek sıcaklık metamorfizma koşullarında metamorfizmaya uğramıştır (Erkan, 1981). OAKK metamorfikleri Üst Kretase ofiyolitleri tarafından üzerlenmiş ve bir dizi granitoyid tarafından sokuluma uğramıştır (Göncüoğlu ve Türeli, 1994). Masifler içerisindeki metamorfizma süreci sokulumlar öncesinde tamamlanmıştır (Erkan, 1981).

OAKK metamorfiklerini üzerleyen OAKK ofiyolitleri, Üst Kretase'de yerleşmiş ve granitoyitlerce kesilmiş bir okyanusal kabuğu gösterir (Göncüoğlu, 1993). Ofiyolitik napların OAKK metamorfiklerinin üzerine yerleşmesi Üst Kretase'de Torid-Anatolid platformunun pasif kenarı ile bugünkü OAKK'nin çarpışmaları sonucunda meydana gelmiştir (Göncüoğlu ve ark. 1991).

OAKK Granitoidlerini oluşturan intrüzif kayaçlar granitoyidlerden oluşurlar. Bu kayaçların bileşimleri monzodiyoritten monzonite, granit ve siyenite kadar farklılıklar gösterir (Delibaş ve Genç, 2012). İntrüzif kayaçlar Üst Kretase - Paleosen yaşlıdır (Whitney ve Dilek, 2001). Kırşehir Masifi içerisindeki plütonik kayaçlar, I tipi olup yitim zonu ürünleridir. Akdağ Masifi içerisinde yer alan plütonik kayaçlar ise Pontid ve Torid kuşaklarının çarpışması sırasında metamorfik kayaçların kısmi ergimesi ile oluşmuş S tipidir (Erler ve ark., 1991).

### 2.3. Kırşehir Masifi

OAKK'yi oluşturan Kırşehir, Akdağ ve Niğde masifleri benzer litostratigrafik istiflerden oluşmaktadır. Uzunpınar cevherleşmesinin yankayaçları olan metamorfikler, Kırşehir Masifi içerisindedir. Kırşehir Masifi metamorfitlerinin metamorfizma koşulları üzerine farklı araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Kırşehir ve Akdağ masiflerinin yapısal jeolojisi, metamorfik petrolojisi ve apatit fizyon izi yaşları, Anadolu Mikro Kıtası'nın kuzeydeki Pontid Tektonik Kuşağı'yla çarpışmasıyla ilişkili olaylar sırasında deforme olduğunu, metamorfizmaya uğradığını ve yüzeylendiğini göstermektedir (Whitney ve ark., 2001). Kırşehir Masifi'nin 40 My önce yüzeylendiği veya yeryüzüne yakın olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Whitney ve Dilek, 2001). Kırşehir metamorfitleri baroviyen metamorfizmanın karakteristik bir dizi P-T koşulunu göstermektedir (Whitney ve ark., 2001). Kırşehir Masifi'nin oluşumundan sorumlu bölgesel metamorfizma fasiyesi yeşilşistten granülit fasiyesine kadar değişir. Yüksek sıcaklık- orta düşük basınç tipindedir (Okay ve Tüysüz, 1999). Kırşehir Masifi içerisinde, üst amfibolit fasiyesi özelliklerine sahip pelitik şist ve gnayslar; granat, sillimanit, biyotit, kuvars, plajiyoklaz, K-feldispat, ilmenit, kordierit, spinel (hersinit) içerir. Termobarometrik sonuçlar, Kırşehir Masifi'nin en yüksek dereceli bölgelerindeki metapelitik kayaçların bindirme, kıvrımlanma ve intrüzyon sırasında 20-23 km, (6-7 kbar) derinliklere gömüldüğünü ve masifin en yüksek dereceli kısımlarında (ör. Kaman ilçesi yakınlarında) 700-750 $^{o}$C 'ye kadar ısındığını göstermektedir (Whitney ve ark., 2001). Erkan (1978)'in Kırşehir-Kaman arasında bölgesel olarak metamorfizma zonlarını ayırdığı çalışmasında metamorfizma seviyesinin kuzey-kuzeydoğuya arttığını tespit etmiş ve en yüksek metamorfizma seviyesinin sillimanit minerali karakterize olan sillimanit-ortoklaz metamorfizma zonu olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanı sillimanit-

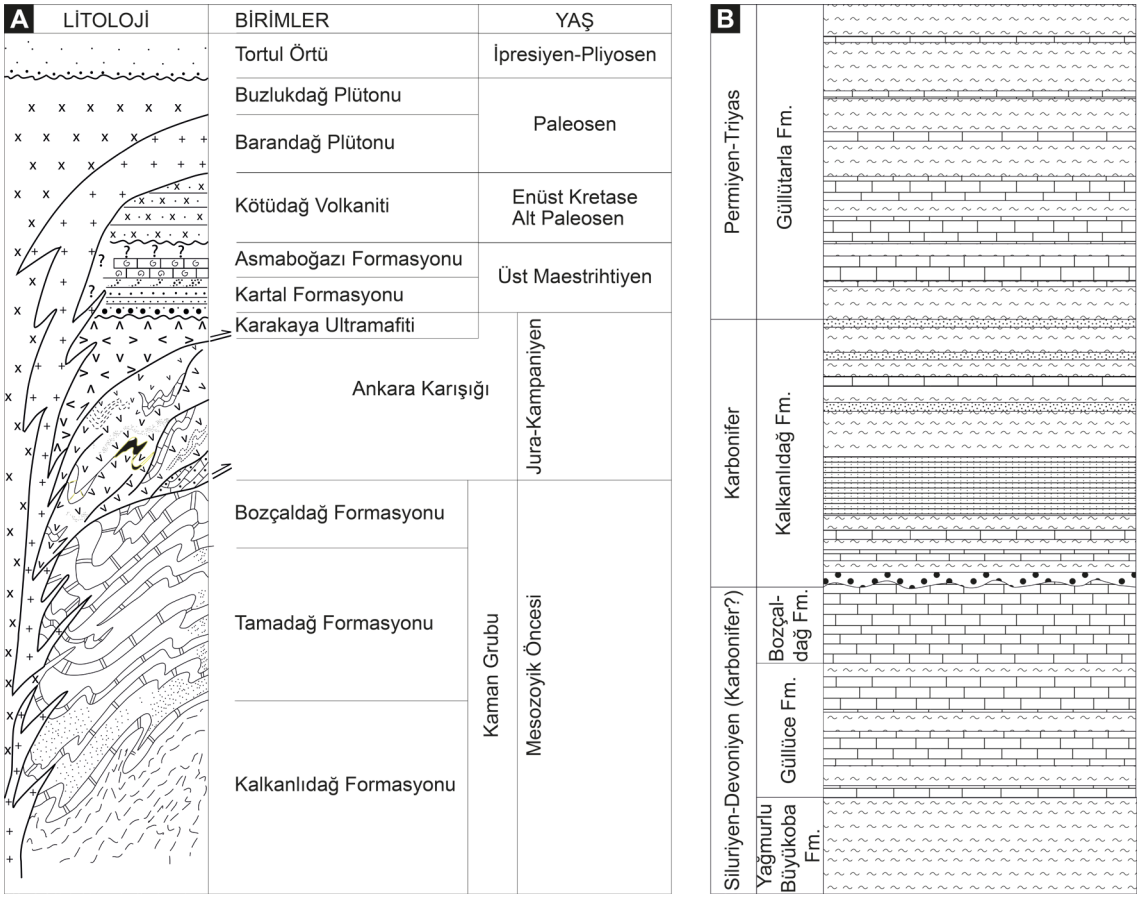
ortoklaz zonunun doğusunda yer alır ve çalışmada belirtilen karakteristik sillimanit ve granat mineralleri yaygın olarak Uzunpınar cevherleşmesinin olduğu alanda da gözlenir.

Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi üzerine farklı araştırmacılar tarafından farklı istifler ortaya konmuştur. Bunlar; Seymen (1981) Kaman Grubu, Tolluoğlu (1986; aktaran Küçük, 2005) Kırşehir Metamorfitleri, Kara (1991) Kırşehir Masifi, Genç (2003) Kırşehir Masifi adı altında sunmuştur. Bu çalışmalardaki ortak fikir, masif içerisindeki metamorfiklerin bölgenin en yaşlı birimi olduğudur.

Seymen (1981, 1984)'e göre, Kaman Grubu adı altında verilen Kırşehir metamorfiklerini aşağıdan yukarıya doğru; gnays, biyotit-şist, piroksen-şist, amfibol-şist, kalksilikatik şistler, kuvarsit ve kuvarsşist karmaşığından oluşan Kalkanlıdağ Formasyonu, mermer-şist ve gnays ardalanmasından oluşan Tamadağ Formasyonu ve farklı özelliklerde mermer, metaçörtlü yarı-mermer ve metaçört topluluğundan oluşan Bozçaldağ Formasyonu oluşturur (Şekil 2.3). Araştırmacı metamorfiklerin protolitlerinin sedimanter birimler olduğunu, stratigrafik özellikler ve mineral bileşimlerine göre tespit etmiştir. Bu istifin en altında yer alan Kalkanlıdağ Formasyonu'nun çoğunlukla çamur çökelimi ve yer yer kumlu çökelimlerin olduğu kıyı ortamında oluşmuştur. Sedimantasyonun azalmasıyla karbonat çökelimi baskın hale geldiği dönemde oluşan birim ise Tamadağı Formasyonu'nun protolitidir. İlerleyen zamanda havzanın şelf ortamına dönüşmesiyle Bozçaldağ Formasyonu protoliti oluşmuştur. Araştırmacı, bu birimlerin oluştuğu ortamının Atlantik tipi bir kıta kenarında transgresif olarak geliştiği ve magmatik etkinlikle birlikte orojenik evreye girildiği, böylece ortamın Pasifik tipi bir kıta kenarına dönüştüğünü savunmaktadır.

Genç (2003)'e göre Kırşehir Masifi metamorfikleri; tabanda, amfibolit ve migmatitik gnayslar, şist-gnays ve mermer ardalanması ve mermerlerden oluşan bir temel, bu temelin üzerine açısal uyumsuzlukla metakuvarsit ve yer yer mermer ara bantları içeren muskovit ve biyotit-şistlerin hâkim olduğu metamorfikler gelmektedir. Bu birimin üzerine de mikaşist-amfibolit-kalksilikatik gnays ve metakuvarsit ardalanmaları gelir. İstifin en üstünde ise mermer ara bantlı mikaşist ve amfibol-şistler bulunur.

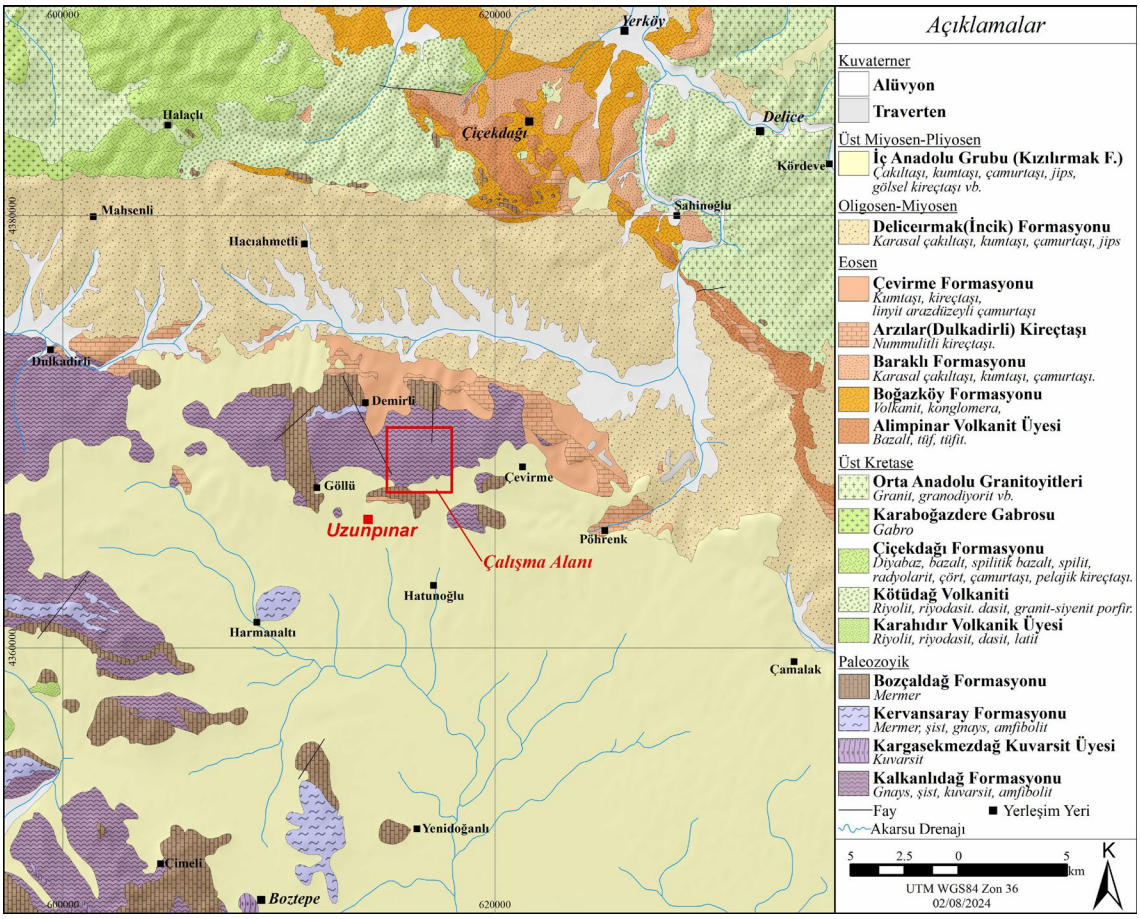
Araştırmacı bu istifi oluşturan formasyonları alttan üste doğru; Yagmurlubüyükoba Formasyonu (metapelitler ve metabazitler), Güllüce Formasyonu (metapelit ve metakarbonat ardalanması), Bozçaldağ Formasyonu (metakarbonat), Kalkanlıdağ Formasyonu (metakuvarsit ve metakarbonat arakatkılı metapelitler) ve en üstte Güllütarla Formasyonu (metapelit) olarak vermiştir (Şekil 2.3). Kalkanlıdağ Formasyonu ile Bozçaldağ Formasyonu arasında gözlenen metajasperoidler uyumsuzluğun göstergesidir (Coşkun ve Genç, 2004).




Şekil 2.3. Kırşehir Masifi metamorfitlerine ilişkin stratigrafik kesitler. A: Seymen (1981)'den değiştirilerek alınmıştır, B: Genç (2003)'ten değiştirilerek alınmıştır.

Çalışma alanının yer aldığı bölgede Kırşehir Masifi'ni oluşturan formasyonlardan Bozçaldağ Formasyonu, Kalkanlıdağ Formasyonu ve Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi ve Kervansaray Formasyonu gözlenir. Paleozoyik yaşlı bu formasyonların üzerine Eosen, Oligosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı sedimanter ve volkanik birimler gelir (Şekil 2.4).

Çalışma alanının neredeyse tamamı Kalkanlıdağ Formasyonu ile kaplıdır. Masif, çalışma alanının güneyinde çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, jips, gölsel kireçtaşından oluşan İç Anadolu Grubu (Kızılırmak Formasyonu) ile örtülüdür. Bozçaldağ Mermerleri çalışma alanı çevresinde mostra vermektedir. Bozçaldağ Formasyonu çalışma alanından kuzeye doğru, Eosen yaşlı kumtaşı, kireçtaşı, linyit aradüzeyli çamurtaşından oluşan Çevirme Formasyonu ve Çevirme Formasyonu'nun Arzılar (Dulkadirli) Numulitli Kireçtaşı Üyesi tarafından örtülür. Eosen yaşlı bu birimler, Oligosen-Miyosen yaşlı karasal çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, jips, anhidritten oluşan Deliceırmak (İncik) Formasyonu ile örtülür.




Şekil 2.4. Çalışma alanın üzerinde gösterildiği jeoloji haritası. Haritada yer alan birimler MTA'nın 1/100,000 ölçekli i32 (Dönmez ve ark., 2005), i33 (Akçay ve ark., 2007), j32 (Kara, 1991) ve j33 (Kara, 1997) numaralı paftalarından alınmıştır.

İnceleme alanı ve çevresinde gözlenen, Kırşehir Masifi metamorfiklerinin stratigrafisinde yer alan formasyonlar, aşağıdaki başlıklar altında sunulmuştur.

### 2.3.1. Bozçaldağ Formasyonu

Açık gri, beyaz nadiren pembe renkli iri sakkoroid dokulu mermerler Bozçaldağ Formasyonu olarak adlanmıştır. Mermerlerde gözlenen kristallerin büyüklükleri dm mertebelerine kadar ulaşır ve formasyon içerisinde metamorfik mineraller çok az gözlenir (Seymen, 1981). Kil katkılı ve katkısız karbonat kökenli olan mermerler ince çört, amfibolit, amfibolitşist ara düzeyleri de içerir (Kara, 1991).

### 2.3.2. Kervansaray Formasyonu

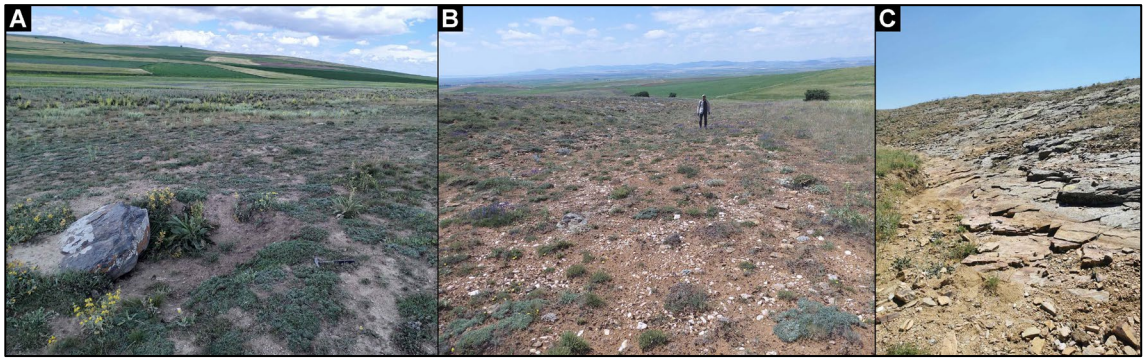
Mermer bant ve mercekleri ile biyotit-muskovitşist, kalksilikatik şist, kalkşist, kuvarsitşist, piroksen şist, amfibolişist ve daha az oranda gnays, kalksilikatik gnays, kuvarsit, amfibolit, kloritşist ve talkşistten oluşan formasyonun kalınlığı 10 metreyi geçmez. Kıvrımlanma ve yapraklanmanın iyi geliştiği birim üste doğru Bozçaldağ Formasyonu ile yanal-düşey yönde geçişlidir. Kervansaray Formasyonu; Kaleboynu Formasyonu (Göncüoğlu, 1977; aktaran Turan, 2011) ve Tamadağ Formasyonu (Seymen, 1982; aktaran Kara, 1991) ile eşdeğerdir. Genç (2003)'ün Güllüce Formasyonu'na karşılık gelir. Bu formasyonun protolitinin kireçtaşı aratabakalı pelitik, yarıpelitik ve psamitik sedimanter kayaçlar olduğu söylenebilir (Seymen, 1981).

### 2.3.3. Kalkanlıdağ Formasyonu

Kalkanlıdağ Formasyonu, 500-1000 m kalınlıklara kadar gözlenir. Lökokrat ve daha yaygın olarak mesokrat ve melenokrat gnayslar, biyotitşistler, piroksenşistler, yer yer ince mermer bantları ile birlikte görülen vollastonitli, diyopsitli kalkşistlerden meydana gelir. Ayrıca, Tamadağ Formasyonu'na geçişte kalksilikatik şistler, metakuvarsit ve kuvarsşistler de gözlenir. Bu birimin protolitinin psamitik-ortokuvarsitik aratabakalı pelitik-yarıpelitik kayaçlar ve kumlu-killi marnlar olduğu söylenebilir. Bu sedimanter kayaçlar önce yüksek amfibolit – granülit fasiyesinde ilerleyen, sonra epidot-amfibol fasiyesinden yeşilşist fasiyesine kadar gerileyen metamorfizma geçirmiştir (Seymen, 1981). Kalkanlıdağ Formasyonu içinde ara düzeyler şeklinde yüzeylenen gri-kahve renkli orta/kalın katmanlı veya masif yer yer demirli kuvarsitler Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi olarak adlanmıştır. Kuvarsitlerden oluşan birimin kalınlığı 5-30 metre arasında değişir (Kara, 1991). Genç (2003)'ün Yağmurlubüyükoba Formasyonuna karşılık gelir.

## 2.4. Çalışma Alanının Jeolojisi

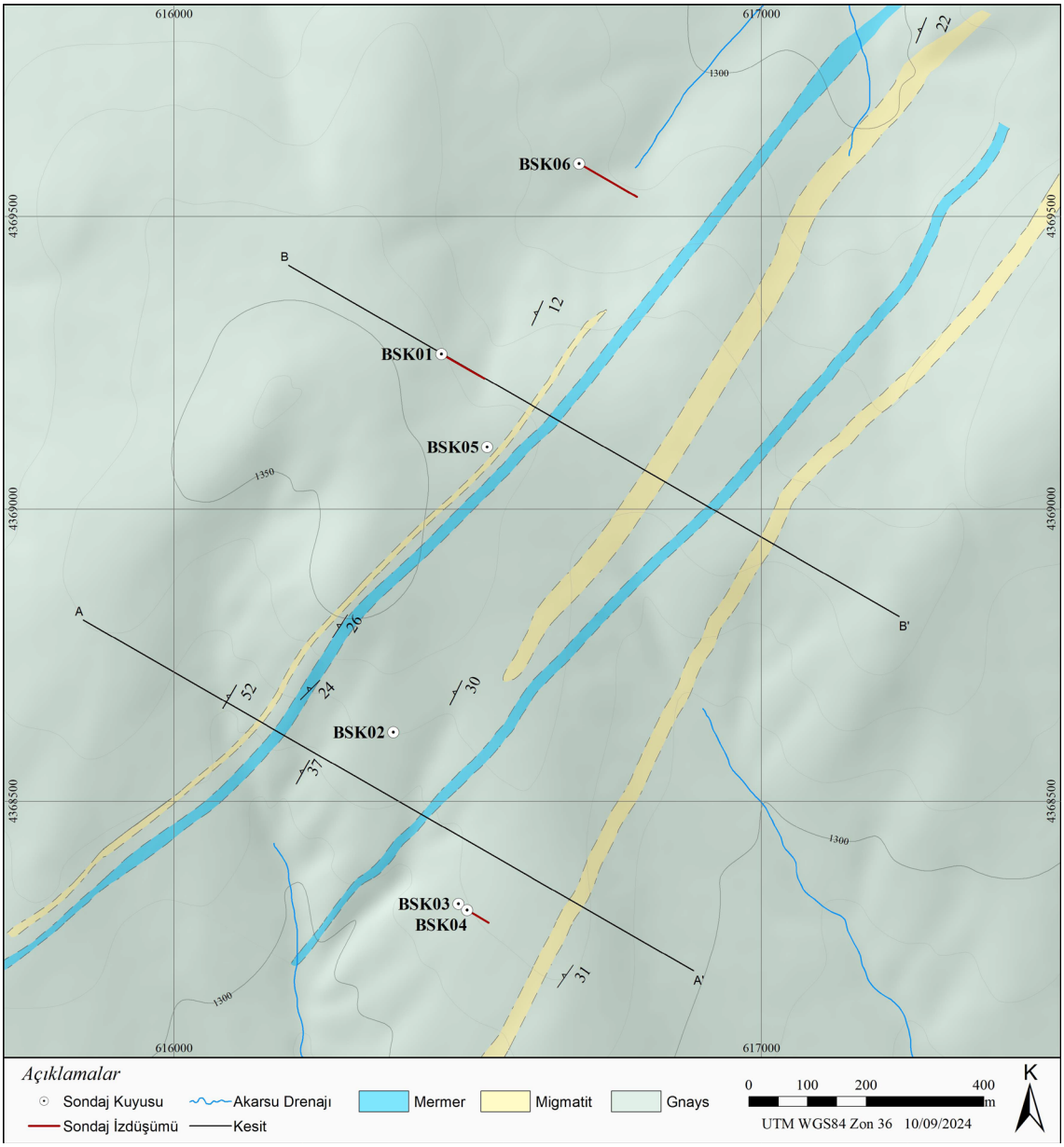
Çalışma alanında oldukça yumuşak bir topoğrafya hakimdir ve alanın neredeyse tamamı toprak örtüsü ile kaplıdır. Sondajlardan elde edilen verilere göre bu toprak örtüsü ve bozunma zonunun toplam kalınlığı 10 m'ye kadar ulaşır. Bu sebeple iki dere kolu içerisindeki az bir alanda gözlenen kayaç mostraları haricinde çalışma alanı içerisinde mostra gözlenmemektedir (Şekil 2.5). Bu mostralar üzerinde yapılan çalışmalar ve sondajlardan elde edilen veriler ile Şekil 2.6'da verilen harita hazırlanmıştır. Birimlerin tanımlamaları, arazi çalışmalarında yapılan gözlemler ve karotlardan alınan mineraloji-petrografi örneklerine dayanmaktadır.




Şekil 2.5. Çalışma alanından görüntüler. A: Tarım alanları, B: Toprak örtüsü içinde yer alan döküntü kuvarslar ve C: Dere kolu içinde bulunan mostralar gösterilmiştir.

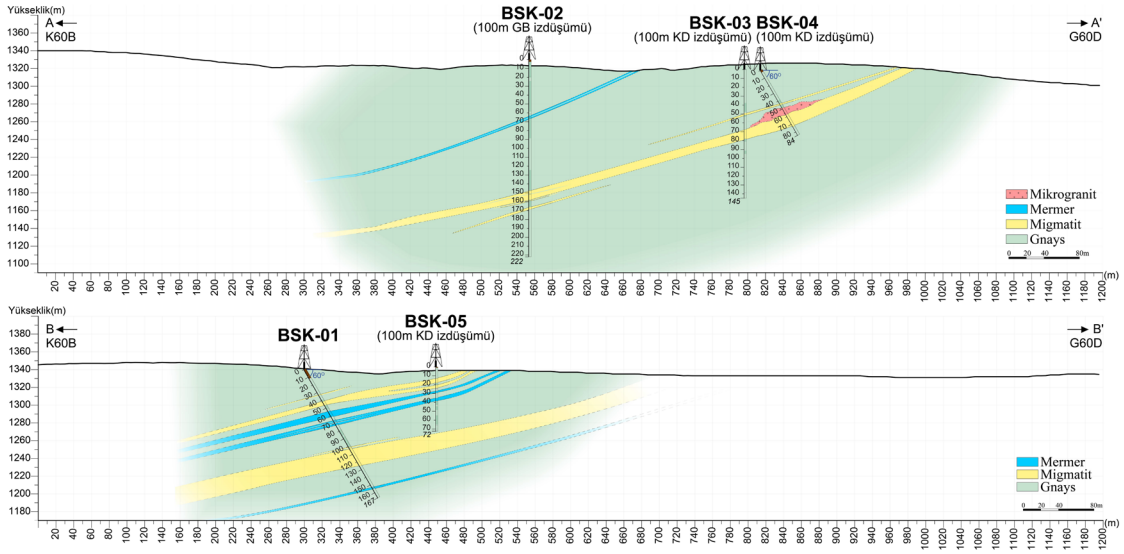
Kalkanlıdağ Formasyonu üyeleri çalışma alanında gözlenen birimlerdir. Bu birimler genel olarak yüksek dereceli metamorfizma ve anateksi süreçleriyle oluşmuş, protolitleri pelitik ve karbonatlı sedimanter kayaçlar olan metamorfikler olarak tanımlanabilir. Gözlenen üç ana birim mika gnays, mermer ve migmatittir ve birimler ardalanmalı olarak gözlenir (Şekil 2.6). Uyumlu dokanaklı bu birimler haricinde yüzeyde mostrası tespit edilmemiş olan pegmatitik mikrogranit sondajlarda tanımlanmıştır. Paragnayslar ve mineral parajenezlerine göre çalışma alanı içerisindeki metamorfiklerin yer aldığı fasiyesin amfibolit, amfibolit-granulit arasında olduğu söylenebilir (Erkan, 2006; Bucher ve Grapes, 2011). Çalışma alanında gözlenen mostralar üzerinden yapılan ölçümlere göre birimlerin doğrultu trendi K30D'dur ve eğim 10-52$^{o}$ arasında olup eğim yönü KB'dır. Yapılan çalışmalarda gözlenen migmatitler ve pegmatitik mikrogranit, anateksinin varlığına işaret etmektedir.

Erkan (1981), Uzunpınar'ın batısındaki metamorfik kayaçlar üzerinde yaptığı çalışmada anateksinin gerçekleşmediğini belirtmiştir. Bunun nedeni olarak bölgede yeterli sıcaklığın olmasına rağmen, ergime için gerekli olan basıncın yetersiz olduğunu ifade etmiştir. Erkan (1981)'in çalışma alanının doğusunda yer alan Uzunpınar'da yapılmış sondajlarda gözlenen migmatitler ve pegmatitik mikrogranit, bu birimlerin gözlendiği derinliklerde anateksi için gerekli basınca ulaşılmış olabileceğini göstermektedir.



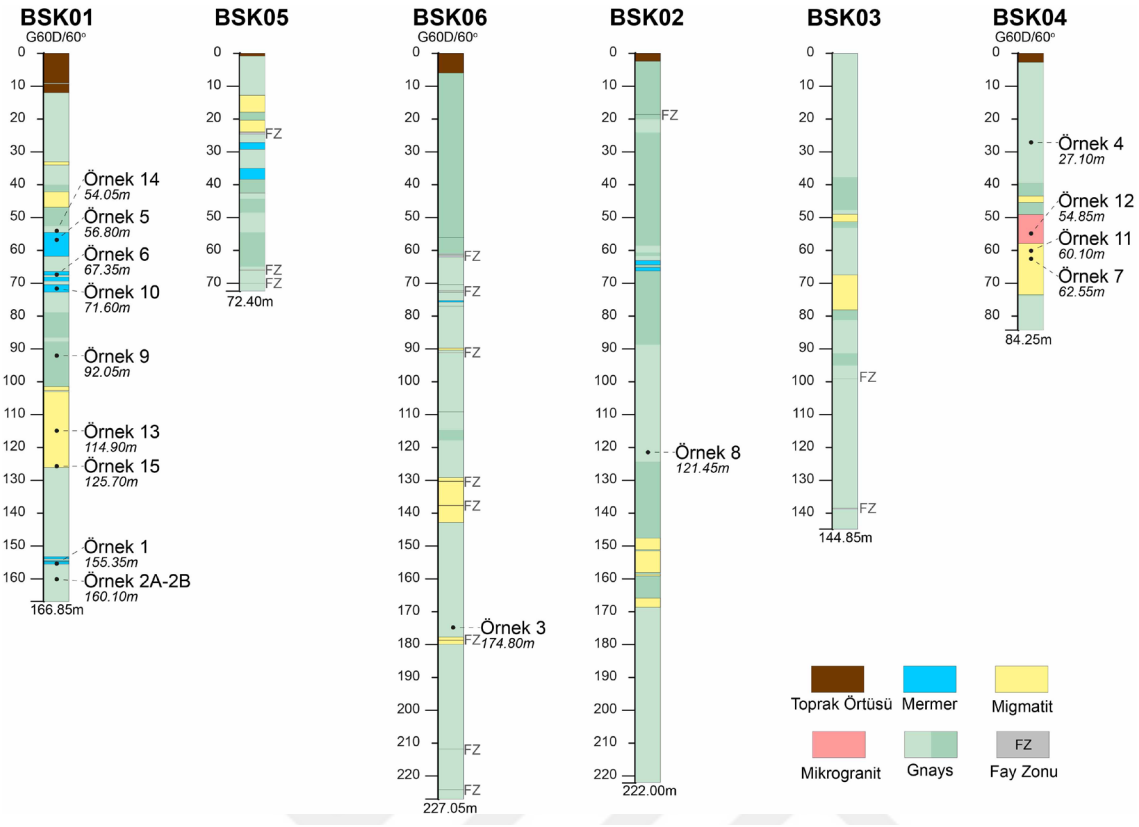

Şekil 2.6. Yüzey ve sondaj verileri temel alınarak oluşturulmuş, çalışma alanındaki birimleri ve sondaj lokasyonlarını gösteren jeoloji haritası. Kabartma verileri, akarsu drenajı ve eş yükselti eğrileri dijital yükseklik modelinden (NASA JPL, 2013) üretilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde gnays mostralarında yapılan gözlemlerde, kırıklara yerleşmiş, gözlendiği alandan toplanan kayaç örneklerinin analizlerine göre oldukça saf (>%99,8 $SiO_2$) ve gnayslara göre çok daha genç yaşlı kuvars damarcıkları tespit edilmiştir. Bu damarcıklar içerisinde herhangi bir cevherleşmeye ait iz tespit edilmemiştir. Toprak örtüsü ve tarlalar içerisinde sıklıkla kuvars ve granat minerallerince zengin gnays döküntüleri de gözlenir. Toprak örtüsü ve tarlalar içerisinde gözlenen bir diğer oluşum ise yüzey sularından çökelen kalsiyum karbonat ile ortaya çıkan güncel kaliçi oluşumlarıdır.




Şekil 2.7. Şekil 2.6'da verilen harita üzerinde gösterilen AA' ve BB' kesitleri. AA' kesitinde BSK02-03-04, BB' kesitinde BSK01-05 numaralı sondajların izdüşümleri ve kesilen birimler gösterilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde, 2022 yılında yapılmış, BSK kodu ile numaralandırılmış 6 kuyuda toplam 917,4 m'lik sondaj verisi bulunmaktadır. BSK02-03-05 numaralı kuyular dik kuyulardır, BSK01-04-06 numaralı kuyular ise G60D yönünde $60^o$ eğimli kuyulardır. Bu kuyulara ilişkin bilgiler, litoloji logları ve ince-parlak kesit örneklemelerinin yapıldığı yerler Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

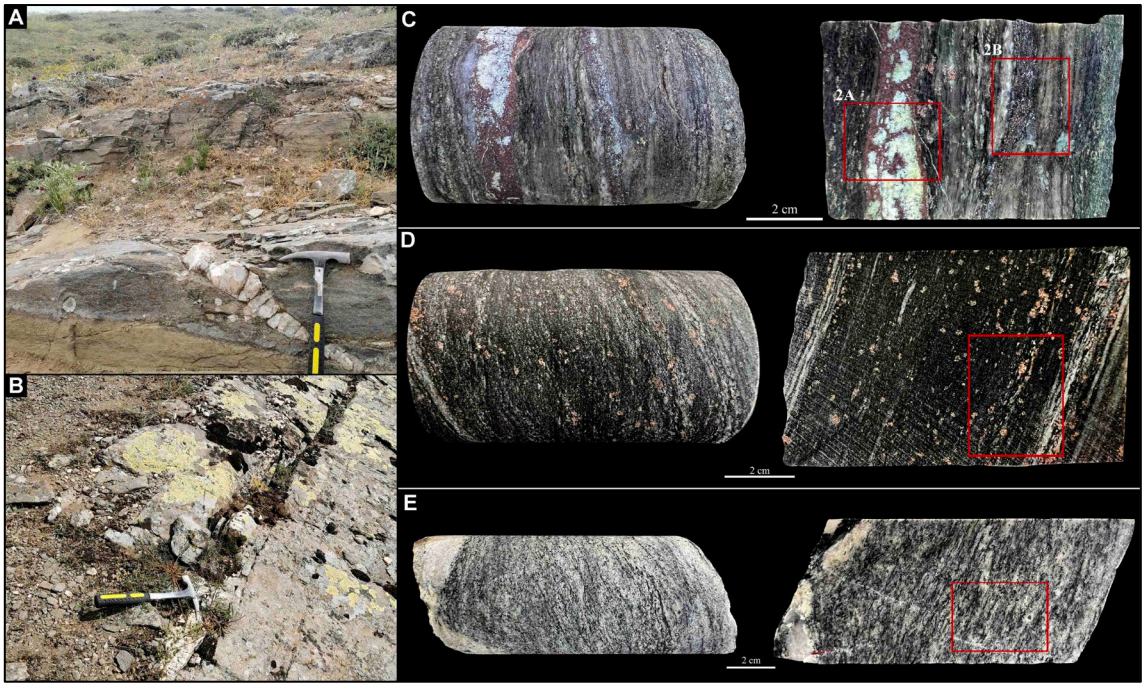



Şekil 2.8. Litoloji ve ince-parlak kesit örnekleme yerlerinin gösterildiği kuyu logu. Yeşil tonlarında gösterilen gnayslardan; açık yeşil renkte gösterilen gnays, sillimanit-mika gnaysı temsil eder, koyu yeşil renkte gösterilen gnays ise granat-mika gnaysı temsil eder. Kuyu isimlerinin altında yer alan açılar, eğimli kuyunun dalım yönü/eğim açısını göstermektedir.

### 2.4.1. Gnayslar

Çalışma alanı içerisinde ve karotlarda en yaygın gözlenen birimdir. Mostralarında gri, açık gri renklerde gözlenirken, karotlarda siyah, koyu gri, gri ve açık gri renklerdedir. El örneği ölçeğinde foliasyon, yer yer cm-dm boyutlarında bantlar ve koyu-açık renkli mineraller belirgin düzlemsel bir dokuda net olarak gözlenir. Gnayslarda gözlenen en yaygın dokular lepidogranoblastik ve fibrolepidogranoblastik dokulardır. İnce kesit çalışmalarında BSK02 numaralı kuyunun 121,45 m'den alınan 8 numaralı örnek ve BSK01 numaralı kuyunun 92,05 m'den alınan 9 numaralı örnek gnaysların en belirgin tanımlandığı örneklerdir. Bunlar haricinde 2 (BSK01, 160,10 m), 3 (BSK06, 174,80 m), 4 (BSK04, 27,10 m) numaralı örnekler de gnays olarak tanımlanmıştır. Mermer ve migmatit seviyeleri de içeren gnayslar genel olarak granat-mika gnays ve sillimanit-mika

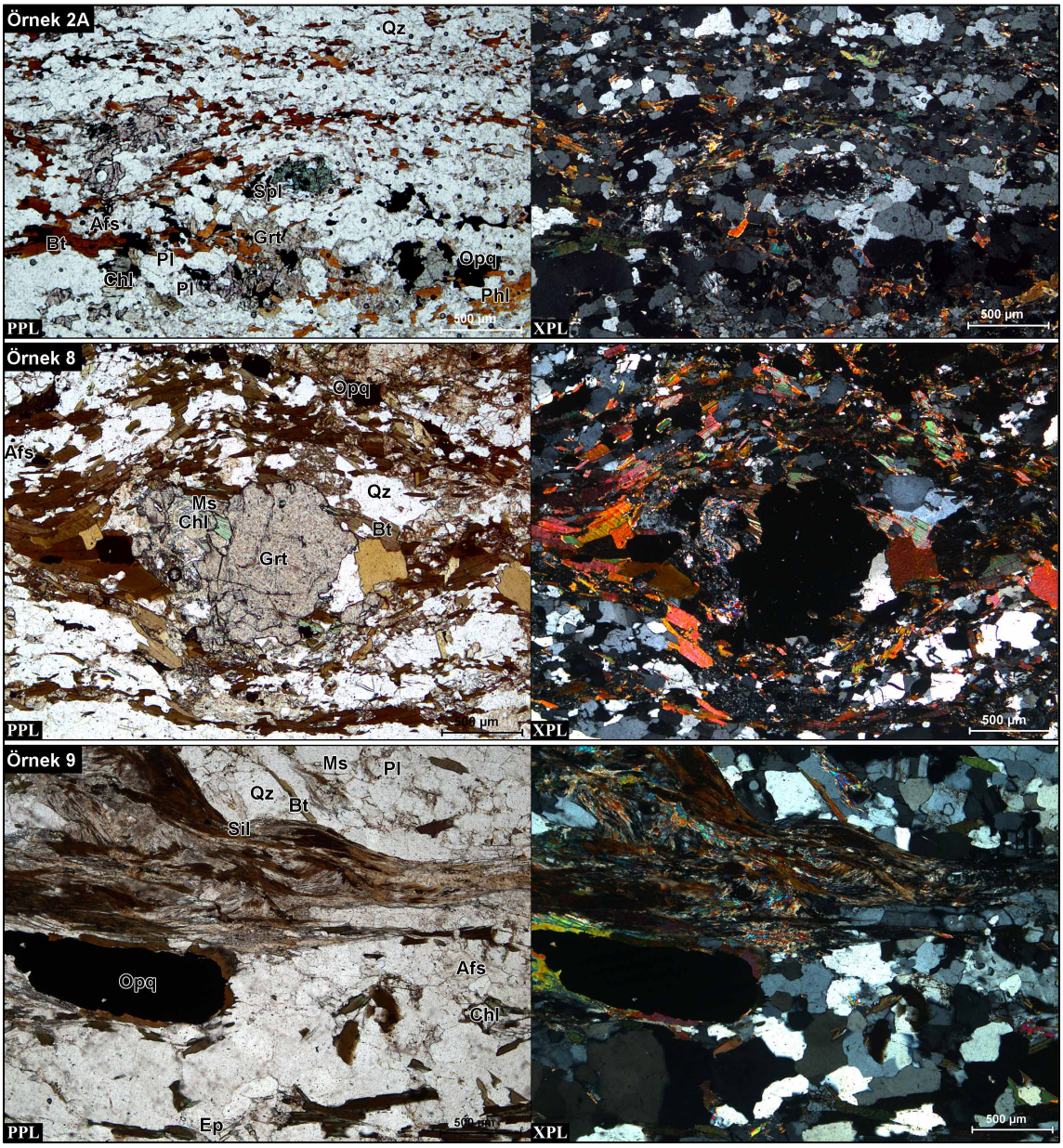
gnays olarak adlandırılmıştır. Granat-mika gnays (Şekil 2.9. C, D), sillimanit-mika gnaysa (Şekil 2.9. E) göre koyu renkli minerallerin daha fazla olduğu ve genellikle siyah, koyu gri tonlarında gözlenir. Sillimanit-mika gnays ise daha açık gri tonlarda gözlenir ve açık renkli mineral oranı daha fazladır. Bu iki birim farklı birimler olmayıp, gnaysların içerisindeki farklı oranlarda mineral bileşimine sahip seviyeleri temsil eder.




Şekil 2.9. Gnaysların yüzeyde ve karotlardaki görünüşleri. A ve B'de gnays mostralarından görseller verilmiştir (Fotoğraflar, A: 616222/4368563 ve B: 616267/4368641 (UTM WGS84 Zon 36) konumlarında çekilmiştir.). C, D ve E üzerinde gösterilen kırmızı alanlar, ince ve parlak kesit örneklerinin alındığı yeri temsil eder. C: Granat mika gnays örneği (Örnek 2A ve 2B), D: Granat-mika gnays (Örnek 8), E: Sillimanit-mika gnays (Örnek 9).

İnce kesitlerden yapılan çalışmalara göre gnayslarda gözlenen ana mineraller; kuvars, alkali feldispat, plajiyoklaz, biyotit, muskovittir. Kesitlerde gözlenme sıklığı ve bolluk sırasına göre granat, sillimanit, opak mineral, klorit, epidot, gahnit (Zn-spinel), kalsit, zirkon, amfibol, serisit, rutil, apatit ve tremolit mineralleri de gözlenmiştir. Ana ve tali minerallerde yönlenmeler açık şekilde izlenmiş olup opak minerallerde yer yer lifsi sillimanitler (fibrolit) ile aynı eksen boyunca, yani foliasyon düzlemi boyunca uzamalar (elongasyon) gözlenmiştir (Şekil 2.10. Örnek 9). Ferromagnezyen minerallerden olan ve gnaysların bileşiminde önemli oranda bulunan biyotitlerin bir bölümü magnezyumca

zengin biyotit olan flogopit olarak gözlenmiştir (Şekil 2.10. Örnek 2A). Gnays olarak tanımlanan örneklerin büyük bölümünde granat mineralleri yoğun şekilde bulunur. Özşekilli, saçınımlar ve yer yer bir araya gelmiş öbekler şeklinde gözlenen granatlar, el örneği ve mikroskop ölçeğinde yapılan tanımlamalara göre almandindir (Şekil 2.10. Örnek 8). Lifsi (fibrolit) ve özşekilli olarak gözlenen sillimanitler (Örnek 2B, 3, 9),




Şekil 2.10. Gnayslardan alınan örneklerin ince kesit görüntüleri. Aynı görüntünün tek nikol (PPL) ve çift nikol (XPL) görüntüleri yanyana verilmiştir. Şekiller üzerinde gösterilen mineral isimleri kısaltmaları Whitney ve Evans (2010)'dan alınmıştır. Buna göre; Qz: kuvars, Afs: alkali feldispat, Pl: plajiyoklaz, Bt: biyotit, Phl: flogopit, Ms: muskovit, Chl: klorit, Ep: epidot, Grt: granat, Sil: sillimanit, Spl: gahnit, Opq: opak mineral.

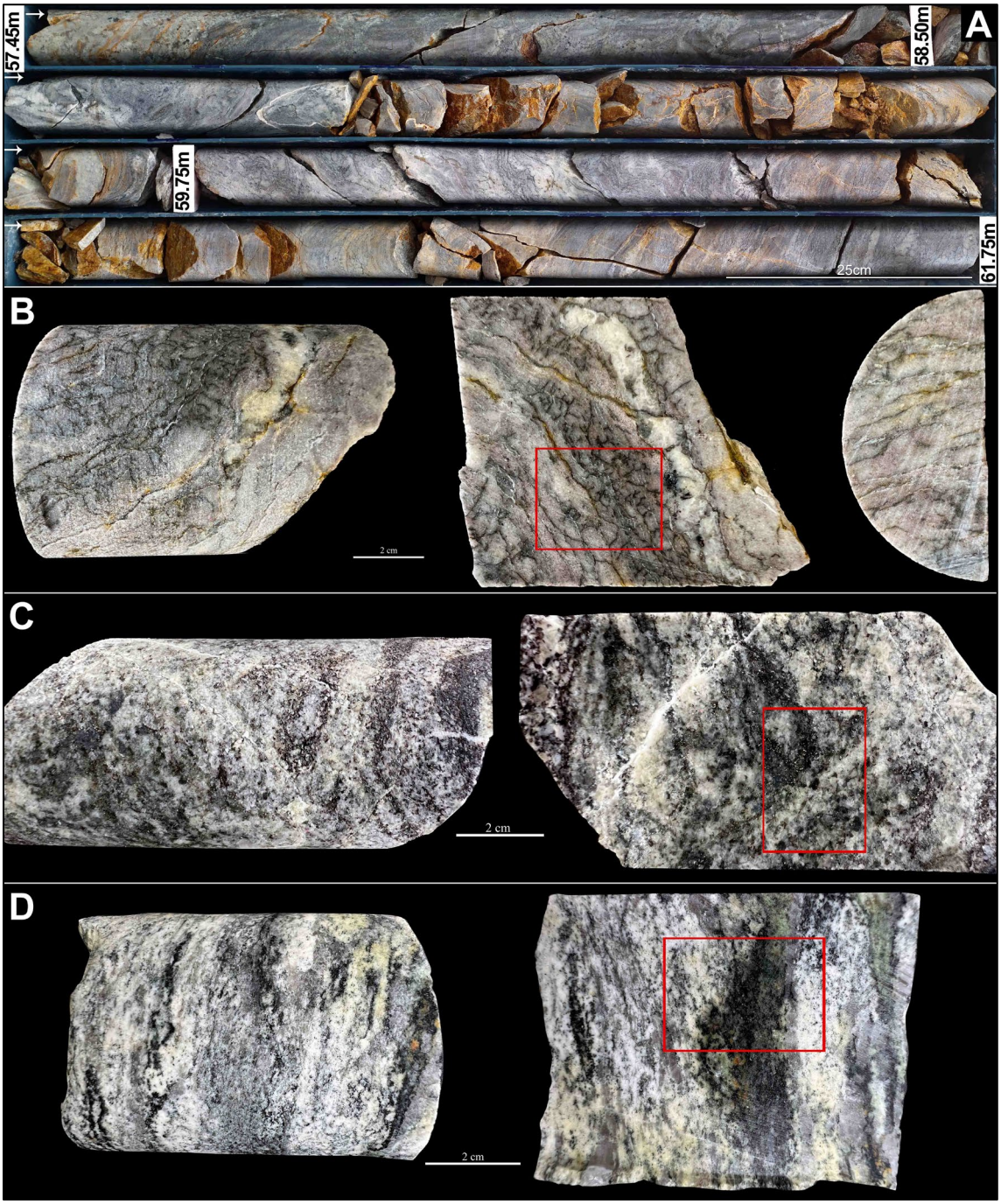
yüksek dereceli metamorfizmanın etkin olduğunun önemli bir göstergesidir (Erkan, 2006).

Gnays örnekleri kesitlerinde (Örnek 2A, 2B ve 4) izotrop mineraller arasında koyu yeşil renk tonlarıyla dikkat çeken spinel minerali gözlenmiştir. Koyu yeşil renk tonuna (Erkan, 2011; Deer, Howie ve Zussman, 2013) ve opak minerallere yakın konumda gözlenmesi bu minerallerin çinko-spinel olan gahnit ($ZnAl_2O_4$) olabileceğini göstermektedir. Kalsit mineralleri, gnayslar içerisinde cevherli seviyelerde opak mineraller ile beraber ve damarcık dolgusu olarak gözlenmiştir. Rutil minerali, sadece BSK06 numaralı kuyunun 174,8 m'den alınan 3 numaralı örnekte gözlenmiştir. Gnays olarak tanımlanan Örnek 3, 8 ve 9'da zirkon mineralleri alkali feldispat ve kuvarslar içerisinde kapanımlar şeklinde tanımlanmıştır. Amfibol ve tremolit mineralleri, Örnek 2B'de gözlenmiş olup bu kesit haricinde gözlenmemiştir. Epidot ve klorit mineralleri ise neredeyse tüm gnays örneklerinde izlenir. 14 numaralı örnek, ana mineralleri tamamen opak mineraller, epidot ve granattan oluşan gnayslar içerisindeki cevherli bir seviyeyi temsil etmektedir. Bu örnekte, tali mineraller olarak kalsit, kuvars ve apatit tanımlanmıştır.

### 2.4.2. Migmatitler

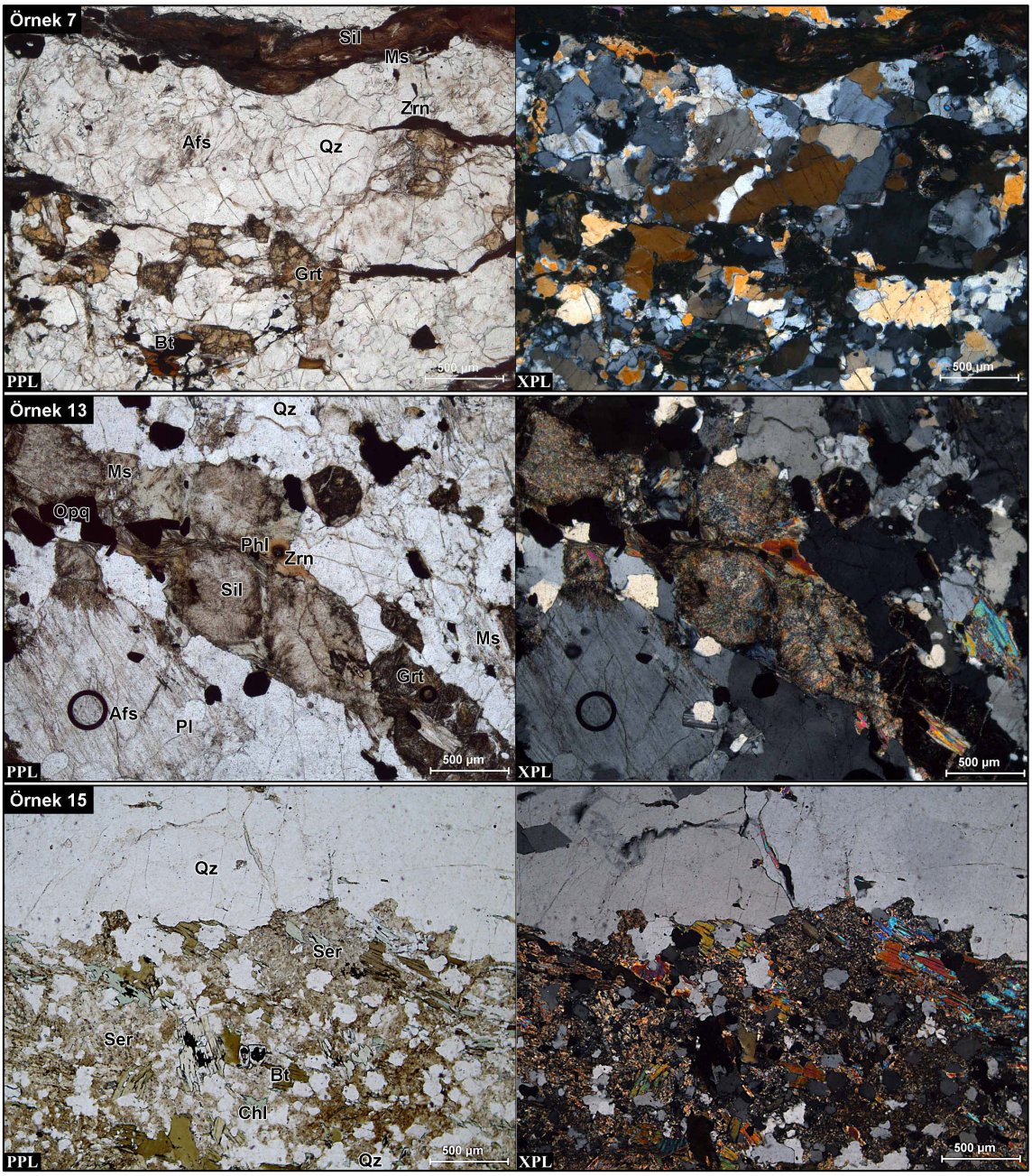
Karotlarda tanımlanan bir diğer birim ise migmatitlerdir. Tüm kuyularda gözlenen migmatitler gnayslar ile arakatmanlı olarak birden çok seviyede gözlenir. Sondaj verilerine göre migmatit seviyelerinin kalınlıkları birkaç metreden 20 m'lere varan kalınlıklara kadar gözlenir. Karotlardan alınan ince kesit örneklerinden, Örnek 7 (BSK04, 62,55 m), 11 (BSK04, 60,10 m), 13 (BSK01, 114,90 m), 15 (BSK01, 125,70 m) migmatit olarak tanımlanmıştır. El örneği ölçeğinde gri ve açık gri tonlarında (Lökokrat), foliasyonun oldukça kıvrımlı olduğu migmatitlere özgü dalgalı ve ağsı dokular da (Mehnert, 1971) gözlenir (Şekil 2.11. A, B). Migmatit olarak tanımlanan karotlar üzerinde yapılan incelemelere göre, neozom (Kısmi ergime sonucunda yeniden kristalize olmuş migmatit bileşeni (Sawyer, 2008)) miktarının paleozoma (Migmatitte, kısmi ergimeden etkilenmemiş, daha önceki foliasyon gibi yapıların korunduğu birincil kayaç bileşeni (Sawyer, 2008)) göre daha fazla olduğu görülmüştür.

İnce kesitlerden yapılan çalışmalara göre migmatitlerde gözlenen ana mineraller; alkali feldispat, kuvars, biyotit, muskovit, plajiyoklazdır. Kesitlerde gözlenme sıklığı ve bolluk sırasına göre gözlenen tali mineraller ise sillimanit, granat, klorit, zirkon, opak mineraller, epidot ve florittir. İnce kesitlerde tanımlanan migmatit dokusu fibrolepidogranoblastiktir.




Şekil 2.11. Migmatit karotlarından görüntüler. A'da BSK04 numaralı kuyuda 57,45 - 61,75 m arasında kesilen tamamı migmatitlerden oluşan karot sandığı verilmiştir. B (Örnek 11), C (Örnek 13) ve D'de (Örnek 15) kırmızı ile gösterilen alanlar ince kesit örneklerinin alındığı yeri göstermektedir.

Fibrolepidogranoblastik doku haricinde granoblastik (Örnek 13) ve heteroblastik (Örnek 15) dokular da gözlenmiştir. İnce kesitlerde sillimanit ve granat oldukça bol gözlenmiştir. Sillimanitler lifsi dokuda (fibrolit) ve diğer mikalar ile beraber yönlenmeleri gözlenmiştir (Şekil 2.12). Granatlar tekil iri taneli (>500 μm) mineraller ve öbekler şeklinde gözlenmiştir. Opak minerallerde yönlenmeler ve foliasyon düzlemi boyunca uzamalar izlenmiştir. Bu özellik, opak minerallerin metamorfizma öncesinde sedimanter köken kayaçlar içinde var olduğunu göstermektedir. Florit minerali ise sadece Sillimanit-granat migmatit olarak tanımlanan 13 numaralı kesitte damarcık dolgusunda görülmüştür. Serisit, Örnek 15'te oldukça yoğun şekilde gözlenir ve bu örnekte alkali feldispatların alterasyonu ile oluştuğu tespit edilmiştir.

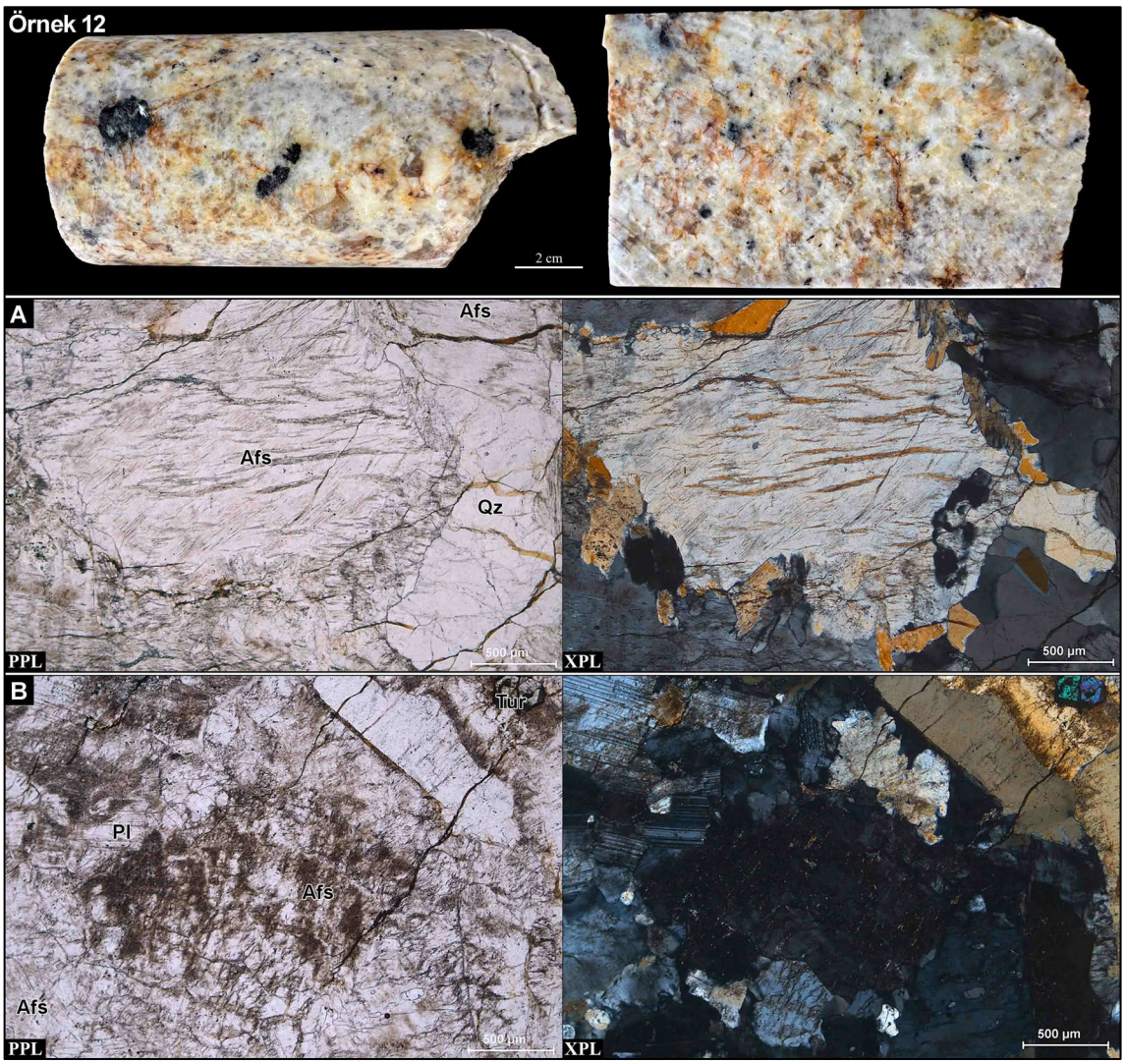



Şekil 2.12. Migmatit örneklerinin ince kesit görüntüleri. Görüntülerde, lifsi sillimanitlerin (Sil) foliasyon düzlemi boyunca muskovitler (Ms) ile beraber yönlenmesi Örnek 7 ve 13'te belirgindir. Örnek 13'te flogopit (Phl) minerali ile çevrelenmiş zirkon (Zrn) tanesi çevresinde radyasyon yanıkları tespit edilmiştir. Örnek 15'e ait görüntüde, serisit (Ser), biyotit (Bt) ve klorit (Chl) mineralleri izlenmiştir. Afs: alkali feldispat, Pl: plajiyoklaz, Grt: granat, Qz: kuvars, Opq: opak mineral.

### 2.4.3. Mikrogranit

BSK04 numaralı kuyuda, 49-58 m arasında porfirik dokulu mikrogranit gözlenir. Birimin üstünde gnays, altında ise migmatitler yer alır. Sadece bu kuyuda gözlenmiş olup yüzeyde mostrası gözlenmemiştir. Granitler anateksi, palinjenez süreçleriyle oluşabilir (Erkan, 2006).

BSK04 numaralı kuyuda gözlenen mikrogranitin migmatit ile olan dokanağı, sokulum dokanağından çok, uyumlu bir dokanak izlenimi vermektedir ve kayacı oluşturan minerallerin bileşimi göz önünün alındığında, çalışma alanı içerisindeki mikrogranitin anateksi süreçleriyle oluşmuş bir kayaç olabileceğini gösterir. Porfirik dokunun net olarak



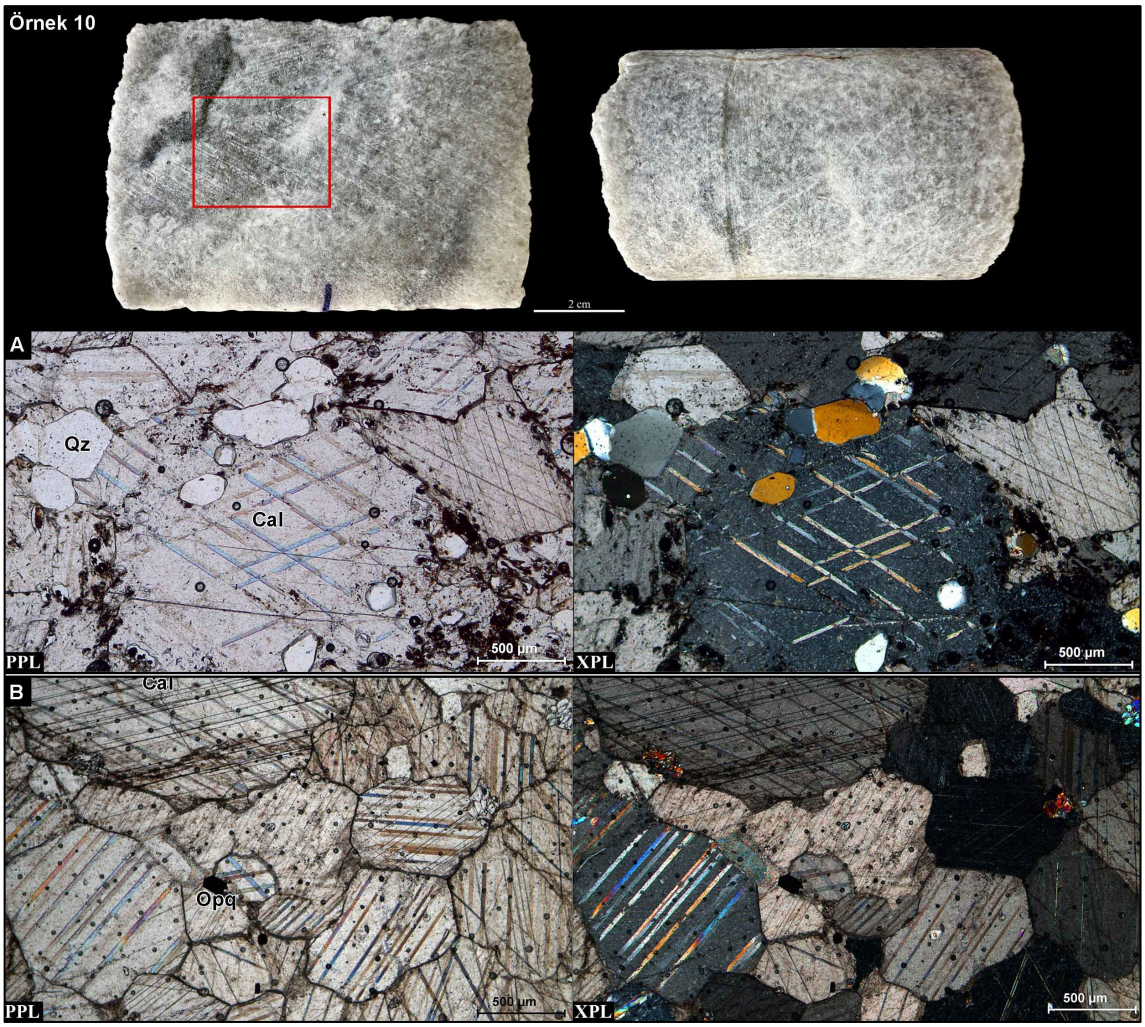

Şekil 2.13. Mikrogranit Görüntüleri. Üstte, 12 numaralı örneğin alındığı karotun görüntüsü verilmiştir. A ve B'de, 12 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri gösterilmiştir. Afs: alkali feldispat, Pl: plajiyoklaz, Qz: kuvars, Tur: Turmalin.

gözlendiği, açık pembe, yavru ağzı renklerde gözlenen mikrogranitte el örneği ölçeğinde gözlenen minerallerin boyutları yer yer 3-4 cm boyutlarına kadar ulaşır.

İnce kesit çalışmalarında alkali feldispat, kuvars, plajiyoklaz, biyotit, muskovit, turmalin, granat ve klorit mineralleri mikrogranitte gözlenen minerallerdir (Şekil 2.13). Bu minerallerin çoğu el örneği ölçeğinde de tanımlanmıştır. Alkali feldispatların az bir bölümünde serisitleşme de gözlenir. Mikrogranit içerisinde yer yer, gri renkli, mika ve kuvarsça zengin migmatitik seviyeler olabilecek yapılar da gözlenmiştir.

### 2.4.4. Mermer

Gnayslarla arakatmanlı olarak gözlenen bir diğer birim ise mermerdir. Beyaz ve açık gri renklerde hem yüzeyde hem de karotlarda tanımlanmıştır. Cevherli seviyeler içeren mermerler BSK01, 02 ve 05'te birden fazla seviyede gözlenir. Karotlarda mermerler, cm mertebesinde bantlardan 6-7 metreye ulaşan kalınlıklarda gözlenmiştir. BSK04'te mermer kesilmemiş, BSK06'da ise ince bir bant olarak izlenmiştir. İnce kesit örneklerinden 1, 5, 6 ve 10 numaralı örnekler mermer olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmalara göre, kayacı oluşturan ana mineral kalsit olup cevherli seviyelere yakın yerlerde opak mineraller ve kuvars gözlenmiştir. Tane sınırları belirgin ve iri (>500 μm) kristallerden oluşan kayacın dokusu granoblastiktir (Şekil 2.14. A, B). Cevherli seviyelerden uzaklaştıkça kayacın neredeyse monomineralik bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu da mermerin protolitinin kil veya diğer mineral safsızlıkları içermeyen saf bir kireçtaşı olabileceği şeklinde yorumlanabilir.




Şekil 2.14. Mermer örneklerinden görüntüler. A'da gösterilen mikroskop görüntüsü Örnek 5'e, B'de gösterilen ise Örnek 10'a aittir. Cal: Kalsit, Qz: Kuvars, Opq: Opak Min.

## 2.5. Zn-Pb±Cu Cevherleşmesi

Çalışma alanı içerisinde yüzeyde mostrası gözlenmeyen çinko-kurşun±bakır cevherleşmesine ait izler yer almaktadır. Mermer ve gnays içerisinde farklı kalınlıklarda bantlar ve saçınımlar olarak gözlenen cevherleşme, foliasyon düzlemleri ile uyumlu şekilde bulunmaktadır. Sondaj verileri ile yüzeydeki döküntü ve jeokimyasal bulgulara dayanarak toplam altı cevherleşme seviyesi tespit edilmiştir. Yüzeyde gözlenen döküntüler ve jeokimyasal bulgular, bu altı seviyenin dört tanesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu seviyelerin uzanımları birbirine paralel olup kuzeydoğu-güneybatı yönünde yaklaşık 1850 metre boyunca takip edilebilmektedir. Yankayaç mostralarında gözlenen genel doğrultu trendi de kuzeydoğu-güneybatı yönünde olup eğim yönü ise kuzeybatıya doğrudur.

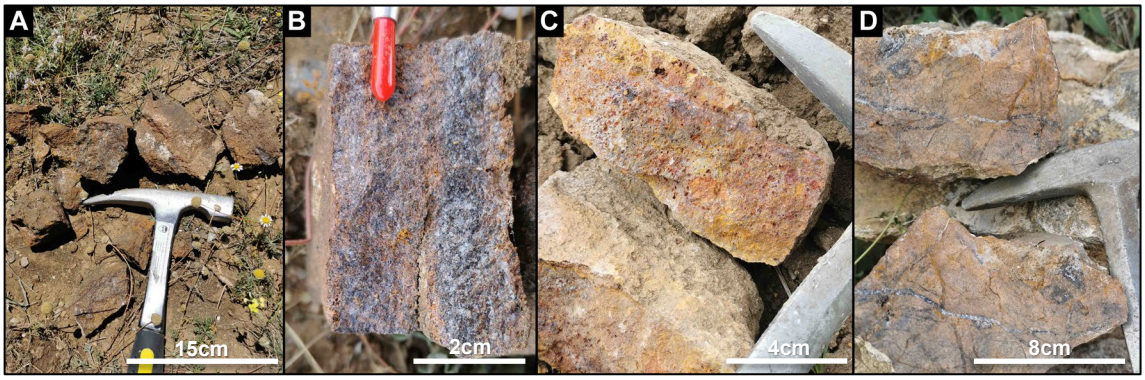
Karotlardan yapılan gözlemlerde, cevher bantlarının yankayaçlarının hem granat-mika gnays hem de sillimanit-mika gnays olduğu tespit edilmiştir. Granat-mika gnayslar genellikle siyah ve koyu gri renkli olup kayacın genelinde olduğu gibi cevherli seviyelerde de saçınımlı şekilde orta-iri taneli granat mineralleri yaygın olarak gözlenmektedir. Sfaleritçe zengin olan kahverengi cevher bantlarının yankayacı çoğunlukla granat-mika gnayslardır. Granat-mika gnayslara kıyasla daha açık gri tonlarında gözlenen sillimanit-mika gnayslar ise cevherli seviyeleri içeren bir diğer yankayaçtır. Bu kayaçlarda, piritçe zengin sarı renkli ve sfaleritçe zengin kahverengi cevher bantları gözlenmiştir. Sillimanit-mika gnayslar içerisinde saçınımlar şeklinde gözlenen opak mineraller ile bu kayacın karakteristik minerali olan sillimanitler arasında, foliasyon düzlemi boyunca uzamalar ince kesitlerde belirgindir. Cevherli seviyelerin gözlendiği bir diğer yankayaç ise mermerlerdir. Beyaz ve açık gri renkli, iri (>500 μm) kalsit kristallerinden oluşan ve neredeyse monomineralik yapıya sahip olan bu mermerler içerisinde, sfaleritçe zengin bantlar siyah ve kahve renkli, piritçe zengin bantlar ise sarı renklidir. Mermer içerisinde gözlenen bozunmuş cevherli seviyeler, demir oksit mineralleri ve bu minerallerin sıvamaları nedeniyle sarı, kırmızı ve turuncu renklerde gözlenir. Bu seviyelerde, bozunmuş ve çözünmüş opak minerallerin oluşturduğu boşluklar yaygındır.

### 2.5.1. Yüzeyde Cevherleşme Belirtileri: Döküntüler ve Jeokimyasal Bulgular

Granat ve kuvarsça zengin gnayslar içerisinde yer alan cevherli seviyelere ait döküntüler, çalışma alanındaki toprak örtüsü içinde sıklıkla gözlenir. Harita üzerine bu döküntülerin olduğu alanlar işaretlendiğinde, yankayaçlar ile aynı doğrultu trendinde, yani kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda yoğunlaştığı görülmektedir.

El örneği ölçeğinde incelendiğinde, kuvars bantları ve kuvars+granatça zengin bantlardan oluşan bu döküntülerde, kayacı oluşturan diğer minerallerin büyük ölçüde bozunduğu tespit edilmiştir. Granat ve kuvars haricinde, döküntülerde el örneği ölçeğinde gözlenen yaygın mineraller hematit ve limonittir (Şekil 2.15). Bu minerallerle birlikte çinko oksit, mangan oksit, kalsit, malahit ve barit de gözlenmiştir. Bir döküntüde sülfürlü mineral olarak galenit tespit edilmiştir, bunun dışında sülfürlü minerallerin tamamı bozunma

nedeniyle oksit minerallerine dönüşmüştür. Saçınımlı, ince-orta tane boyutundaki piritlere ait olduğu düşünülen kübik boşluklar da döküntülerde gözlenir. Bakır oksit mineralleri, döküntülerin bulunduğu alanların kuzeybatısında, barit ise daha çok güneydoğusundaki döküntülerde gözlenmiştir.



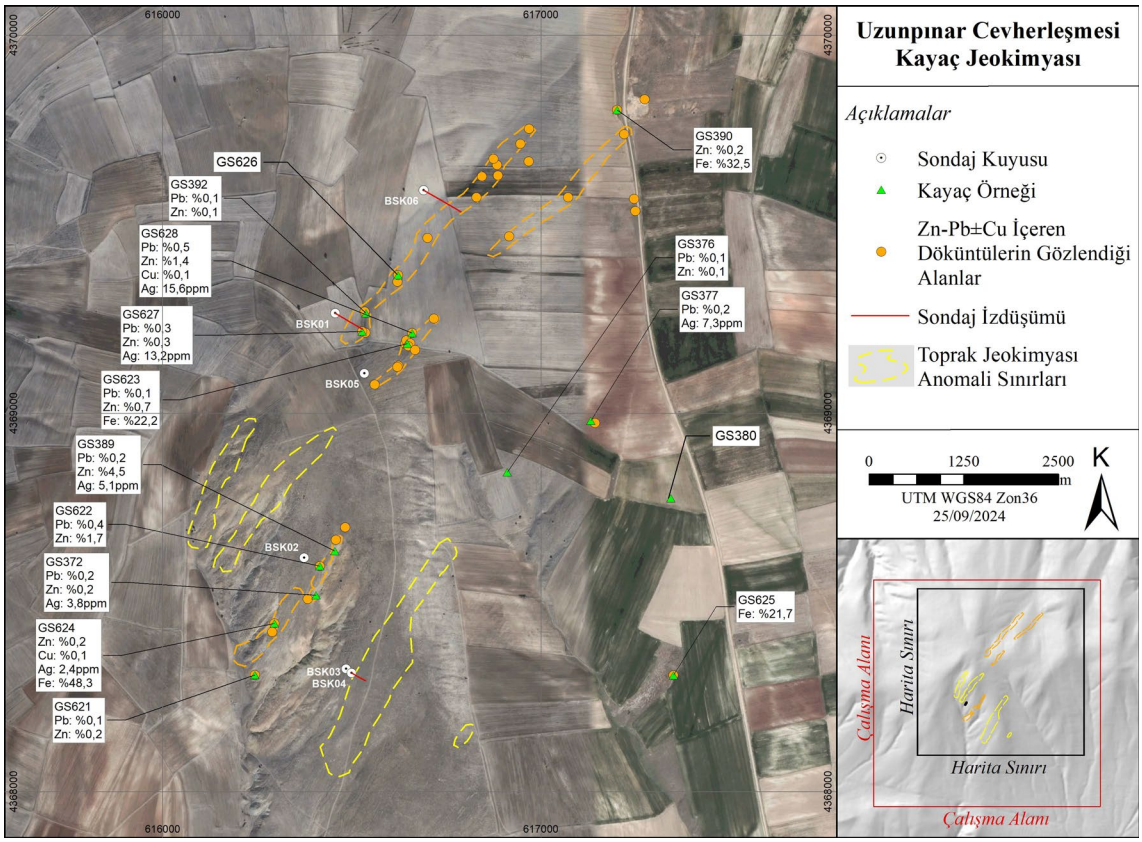

Şekil 2.15. Döküntülerden görüntüler. A'da döküntülerin toprak örtüsü içerisindeki bulunuşu gösterilmiştir. B'de bantlı yapının gözlendiği, granat ve kuvarstan oluşan, Zn-Pb anomalileri içeren döküntü gösterilmiştir. C'de pirit boşluklarının saçınımlı ve farklı boyutlarda gözlendiği bir kuvars bandı döküntüsü gösterilmiştir. D'de kuvars ve ince taneli granattan oluşan bir gnays döküntüsü gösterilmiştir.

Döküntülerin arasında, neredeyse tamamen hematitten oluşan döküntüler de bulunmuştur. Döküntülerde zayıf manyetik özellik gösteren örneklerde, manyetit ve ilmenit tespit edilmiştir. Döküntülerin büyük bölümünde, yankayaç ve cevherleşmelerde bantlı doku belirgin şekilde bozunmadan korunmuştur.

Döküntülerden toplanan 15 adet kayaç örneği Şekil 2.16'da verilen harita üzerinde gösterilmiş ve cevherleşme ile ilişkili elementler ise Çizelge 2.1'de tematik olarak gösterilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, Zn, Pb, Cu ve Ag içerikleri anomali oluşturmaktadır. GS377 numaralı örnekte As, Mo ve Sb içeriklerinde de anomaliler (As: 413 ppm, Mo: 48,5 ppm ve Sb: 46,2 ppm) tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında önemli bir Au anomalisi gözlenmemiştir. Fe içeriklerinin en yüksek olduğu GS390 ve GS624 numaralı örnekler, yüksek oranda hematitten oluşan döküntülerden alınmıştır. Bu örneklerde, Fe ile birlikte Zn ve Cu anomalileri de tespit edilmiştir.

Çizelge 2.1. Döküntülerden toplanan kayaç örneklerinin analiz sonuçları. Anomalilerin daha belirgin hale gelmesi amacıyla çizelge hücreleri, veri çubuklarıyla renklendirilmiştir. “0” değeri, dedeksiyon limitinin altında olduğunu belirtir. Çizelgede verilen örnek konumlarında kullanılan koordinat sistemi UTM WGS84 Zon 36’dır.

| Örnek No | Doğu | Kuzey | Au ppm | Ag ppm | As ppm | Cu ppm | Zn ppm | Pb ppm | Fe % | S % | Mn ppm | Ba ppm | Mo ppm | Sb ppm | Sn ppm | Sr ppm | Bi ppm | Ni ppm | Co ppm | Cr ppm | Te ppm | Cd ppm | U ppm | Th ppm | Ti % | W ppm | Zr ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GS372 | 616405 | 4368520 | 0.021 | 3.8 | 0 | **733** | 1628 | **2020** | 13.71 | 0.02 | 5178 | 364 | 6.1 | 0 | 0 | 9 | 175 | 4 | 42 | 65 | 0 | 3 | 7 | 0 | 0.02 | 43 | 36 |
| GS376 | 616911 | 4368845 | 0.023 | 0.0 | 38 | 19 | 665 | 876 | 4.65 | 0.11 | 63 | 16100 | 7.4 | 0 | 0 | 355 | 0 | 21 | 8 | 198 | 0 | 5 | 0 | 7 | 0.08 | 0 | 78 |
| GS377 | 617131 | 4368981 | 0.034 | 7.3 | **413** | 117 | 761 | **2209** | 15.88 | 1.16 | 144 | 22800 | 48.5 | 46 | 0 | 985 | 21 | 63 | 7 | 23 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0.04 | 0 | 19 |
| GS380 | 617344 | 4368776 | 0.008 | 0.0 | 12 | 72 | 190 | 659 | 2.92 | 0.93 | 96 | 29900 | 1.1 | 0 | 0 | 1756 | 0 | 23 | 5 | 111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 21 |
| GS389 | 616455 | 4368636 | 0.019 | 5.1 | 18 | **842** | **45200** | **2220** | 12.76 | 0.03 | 6143 | 859 | 26.2 | 0 | 0 | 21 | 111 | 9 | 59 | 53 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0.02 | 33 | 27 |
| GS390 | 617201 | 4369803 | 0.019 | 0.0 | 0 | 309 | 1736 | 90 | 32.45 | 0.08 | 8512 | 2758 | 8.7 | 0 | 0 | 74 | 0 | 8 | 13 | 104 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| GS392 | 616537 | 4369266 | 0.017 | 0.7 | 33 | 98 | 1368 | 688 | 10.83 | 0.27 | 114 | 15500 | 14.8 | 0 | 0 | 371 | 0 | 23 | 2 | 17 | 0 | 2 | 0 | 9 | 0.07 | 0 | 187 |
| GS621 | 616243 | 4368308 | 0.004 | 0.8 | 26 | 441 | 2228 | 1020 | 3.96 | 0.01 | 2344 | 314 | 6.5 | 0 | 0 | 22 | 0 | 37 | 12 | 352 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 24 |
| GS622 | 616416 | 4368596 | 0.023 | 0.0 | 9 | **894** | **17300** | **3516** | 17.62 | 0.04 | 6746 | 52 | 19.7 | 17 | 0 | 6 | 193 | 10 | 33 | 106 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 25 |
| GS623 | 616647 | 4369185 | 0.002 | 0.0 | 11 | 322 | 7470 | 582 | 22.22 | 0.03 | 17500 | 492 | 9.9 | 0 | 0 | 57 | 41 | 13 | 23 | 86 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 40 |
| GS624 | 616295 | 4368445 | 0.005 | 2.4 | 8 | **1197** | 2012 | 87 | 48.26 | 0.06 | 1835 | 177 | 12.4 | 0 | 0 | 26 | 0 | 74 | 239 | 14 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| GS625 | 617350 | 4368307 | 0.014 | 0.0 | 78 | 235 | 156 | 375 | 21.67 | 0.02 | 2714 | 308 | 15.7 | 0 | 0 | 73 | 0 | 55 | 26 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| GS626 | 616622 | 4369366 | 0 | 0.0 | 29 | 44 | 261 | 218 | 18.60 | 0.02 | 11900 | 80 | 7.4 | 14 | 0 | 41 | 35 | 12 | 5 | 96 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| GS627 | 616527 | 4369217 | 0 | **13.2** | 4 | 112 | 2839 | **2843** | 11.61 | 0.01 | 9878 | 105 | 10.3 | 0 | 0 | 12 | 203 | 22 | 13 | 386 | 0 | 66 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 20 |
| GS628 | 616659 | 4369213 | 0.002 | **15.6** | 16 | **609** | **14000** | **5135** | 12.50 | 0.03 | 0 | 256 | 5.4 | 0 | 0 | 47 | 209 | 10 | 48 | 34 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 37 |
| *Dedeksiyon Limiti* | | | 0.001 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.01 | 0.01 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 0.01 | 5 | 1 |
| *En Küçük* | | | 0.000 | 0.0 | 0 | 19 | 156 | 87 | 2.92 | 0.01 | 0 | 52 | 1.1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 4 | 2 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| *En Büyük* | | | 0.034 | 15.6 | 413 | 1197 | 45200 | 5135 | 48.26 | 1.16 | 17500 | 29900 | 48.5 | 46 | 0 | 1756 | 209 | 74 | 239 | 386 | 0 | 66 | 7 | 9 | 0.08 | 43 | 187 |
| *Ortalama* | | | 0.013 | 3.3 | 46 | 403 | 6521 | 1502 | 16.64 | 0.19 | 4878 | 6004 | 13.3 | 5 | 0 | 257 | 66 | 26 | 36 | 116 | 0 | 15 | 0 | 1 | 0.03 | 5 | 43 |




Şekil 2.16. Döküntülerden toplanan kayaç örnekleri ile bu döküntülerin yoğunlaştığı alanların gösterildiği harita. Haritada kullanılan uydu görüntüsü Google Earth (2021)'den alınmıştır. Yerbulduru haritasında, şekilde verilen haritanın çalışma alanı üzerindeki konumu gösterilmiştir.

Uzunpınar cevherleşmesinin yüzeydeki önemli göstergelerinden biri de toprak jeokimyası sonuçlarıdır. Zn-Pb anomalileri içeren döküntülerin oluşturduğu uzanımın, yüzeydeki devamını belirlemek amacıyla toprak jeokimyası yapılmıştır.

Toprak jeokimyası sonuçları değerlendirildiğinde, Zn, Pb ve Cu elementlerine ilişkin cevherli seviyelerin yüzeydeki konumu, bu seviyelerin uzanımı ve element içerikleri hakkında önemli veriler elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinde Zn, Pb ve Cu elementlerinin jeokimyasal dağılımı incelenmiş olup sırasıyla en küçük değerler 66, 9 ve 8 ppm, en büyük değerler 3296, 3190 ve 552 ppm ve ortalama değerler 299, 163 ve 45 ppm olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak belirlenen anomali ve şiddetli anomali sınıflarında (Şekil 2.17), Zn, Pb ve Cu elementlerinin KD-GB doğrultuda dört farklı seviyede belirgin anomali sınırlarına sahip olduğu gözlenmiştir. Anomali gözlenen

alanlar, Zn-Pb anomaliler içeren döküntülerin yoğunlaştığı alanlarla aynı doğrultuda olup bu alanların devamı niteliğindedir.

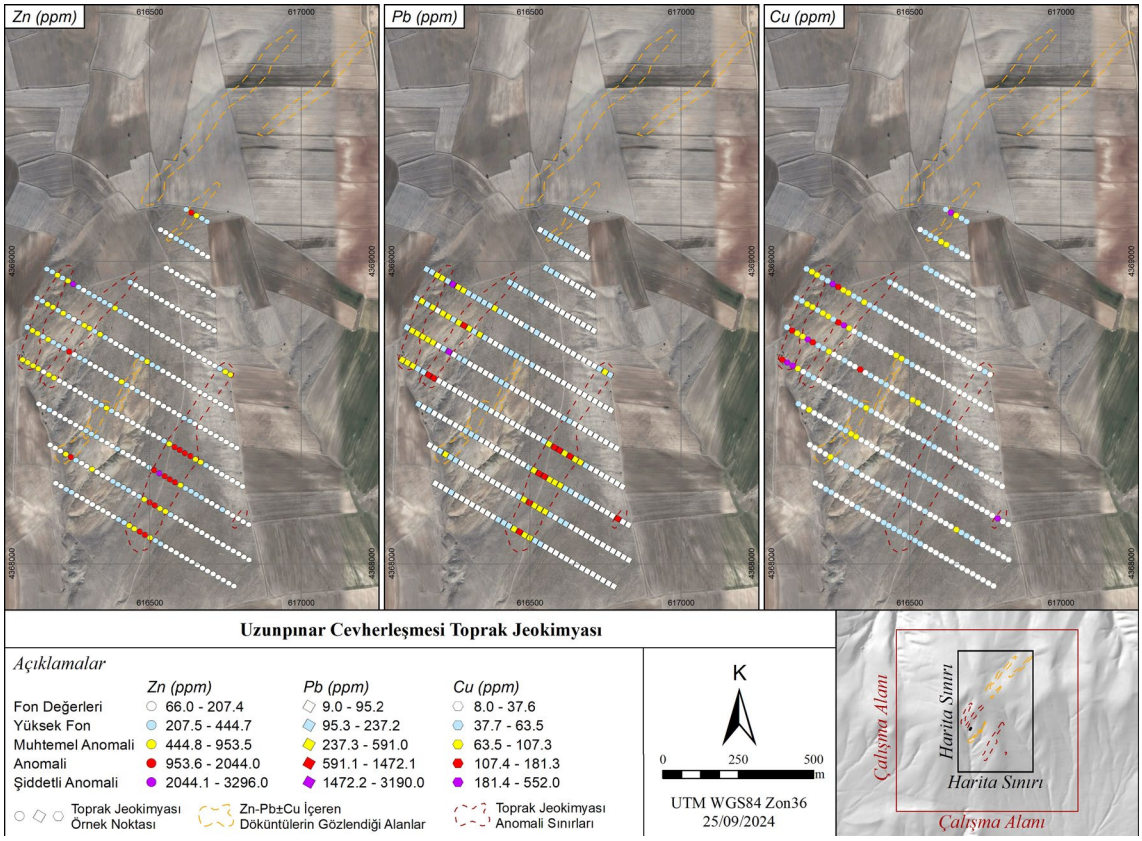
Toprak jeokimyası çalışmalarının gerçekleştirildiği alanın güneydoğusunda, KD-GB doğrultulu Zn-Pb anomalisinin sınırları, oldukça belirgindir. Bu alandaki anomali genişliği 100 m'nin üzerindedir (Şekil 2.17). Bu anomalinin net bir şekilde gözlenmesinde topoğrafyanın düz ya da düze yakın bir eğime sahip olması da etkili olmuştur. Kuzeybatıdaki anomalilerde ise topoğrafyanın eğimli ve toprak profilinin iyi gelişmemiş olması sebebiyle, anomali sınırları güneydoğudaki anomalilere kıyasla daha az belirgindir. Fon (Background) ve eşik değerlere göre, Zn ve Pb elementlerinde oldukça şiddetli (>%0,2) anomaliler de gözlenir (Şekil 2.17).

Toprak jeokimyası verileri değerlendirildiğinde, Zn anomalileri daha geniş alanlar kaplarken, Pb anomalileri ise daha dar alanlarla sınırlıdır. Bu durum, Zn'nun oksitleyici ortamlarda sudaki çözünürlük derecesinin Pb'dan daha fazla olması, yani Zn'nun mobilitesinin Pb'a kıyasla daha yüksek olmasına bağlanabilir (Köksoy, 1991; Rose, Hawks ve Webb, 1979). Bu nedenle, Pb anomalileri Zn anomali alanlarının daraltılmasında kullanılmıştır. Önemli Cu anomalileri ise toprak jeokimyası çalışmalarının yapıldığı alanın kuzeybatısında gözlenmiştir ve bu anomaliler de KD-GB doğrultulu bir çizgisellik sunar. Haritalama çalışmaları sırasında gözlenen ikincil bakır mineralleri, bu alandaki döküntüler üzerinde de tespit edilmiştir.

Zn, Pb ve Cu elementlerinde yüksek düzeyde pozitif korelasyonlar (>%50) gözlenmiştir. Zn ile Pb arasında %85, Zn+Pb ile Cu arasında ise %60 oranında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Ayrıca, Zn, Pb ve Cu elementleri ile Fe ve Mn elementleri arasında da pozitif korelasyonlar gözlenir.

Zn-Pb-Cu anomalileri içeren cevherli döküntüler ve jeokimya verilerinin değerlendirilmesiyle, cevherleşmenin yüzeydeki izleri hakkında önemli bulgular elde edilmiştir. Döküntülerin yoğunlaştığı alanlar ve toprak jeokimyası verileri, cevherleşmenin KD-GB doğrultuda olduğuna işaret etmektedir. Çalışma alanında yapılan

haritalama çalışmaları sırasında, birimlerin mostralarında gözlenen doğrultu da KD-GB'dır. Tüm seviyelerde Zn-Pb anomalileri tespit edilirken, kuzeybatıda, döküntülerde ve toprak jeokimyasında Zn-Pb'nun yanı sıra Cu anomalileri de gözlenir.




Şekil 2.17. Çalışma alanında yapılmış toprak jeokimyası çalışmaları sonucu elde edilen Zn, Pb ve Cu anomalilerini gösteren tematik haritalar. Bu haritalarda yer alan analiz sonuçlarına ilişkin sınıflar, ortak bir lejantta gösterilmiştir. Haritalarda kullanılan uydu görüntüsü Google Earth (2021)'den alınmıştır. Yerbulduru haritası, toprak jeokimyası haritalarının çalışma alanındaki konumunu göstermektedir. KD-GB doğrultulu birbirine paralel dört seviyede belirgin anomaliler tespit edilmiştir.

### 2.5.2. Sondaj Verileriyle Yeraltında Cevherleşme Bulguları

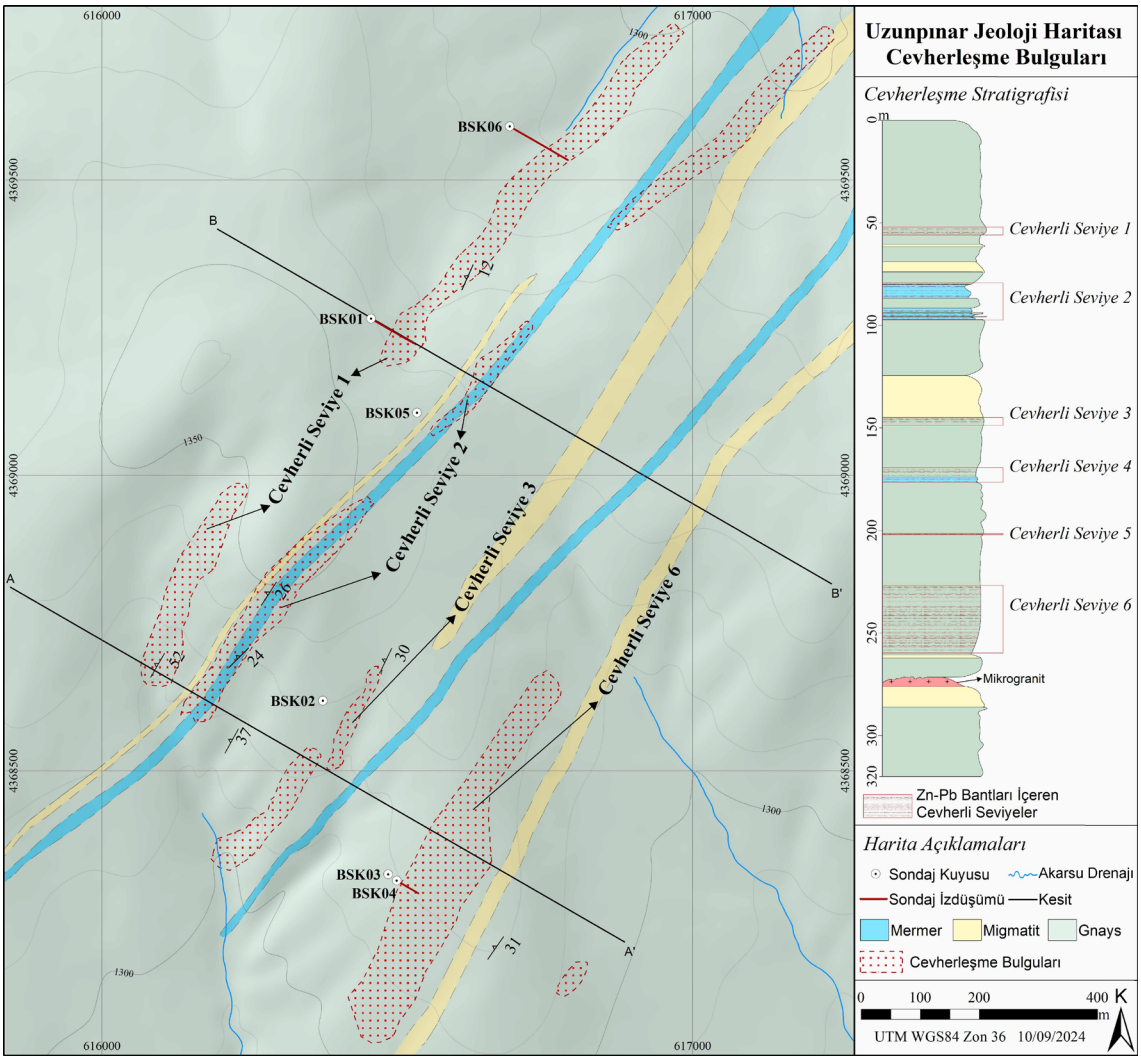
Çalışma alanında cevherleşmenin derindeki devamlılığını belirlemek amacıyla yapılan altı sondajda Zn-Pb±Cu cevherleşmesine ilişkin önemli bulgular elde edilmiştir. Bölüm 2.4'te belirtilen tüm sondaj kuyularında cevherleşmeye dair bulgular mevcuttur. Cevherleşme seviyeleri stratigrafik konumuna göre yüzeyden derine doğru 1'den 6'ya kadar numaralandırılmıştır (Şekil 2.18). BSK01, BSK05 ve BSK06 sondaj kuyularıyla

kuzeybatıda gözlenen cevher seviyelerinin, BSK02, BSK03 ve BSK04 sondajlarıyla da güneydoğuda gözlenen cevher seviyelerinin yer altındaki devamlılığına dair veriler elde edilmiştir.

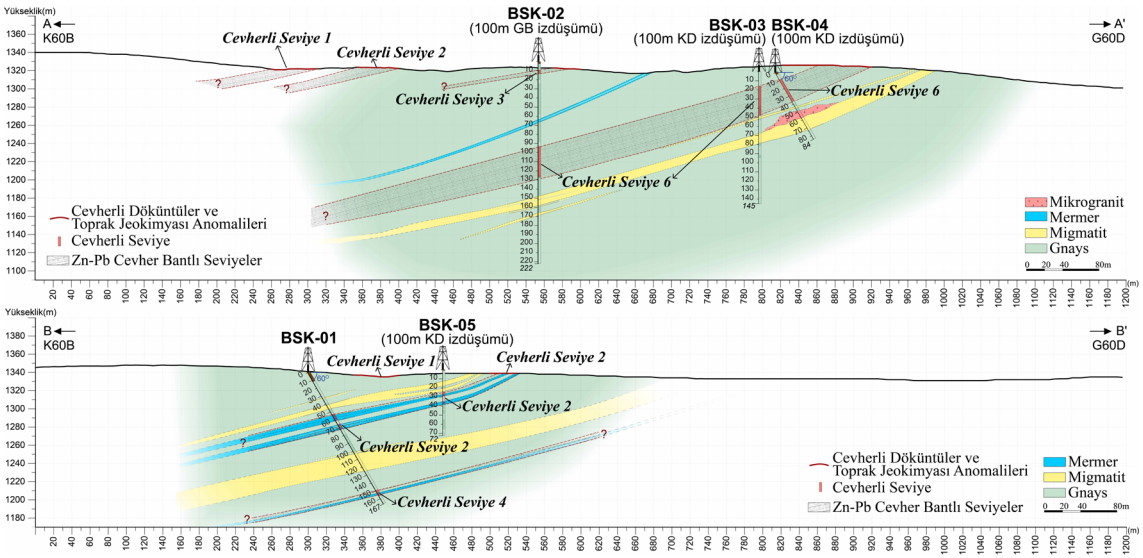
Cevherleşme özelliklerine ilişkin tespitler, arazi çalışmaları ve loglama sırasında yapılan incelemelerde ve cevherli seviyelerden alınan ince-parlak kesit örneklerinin mikroskop ve SEM analizleri ile gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında cevher bantlarının bulunduğu seviyelerden alınmış toplam 24 karot örneğine jeokimya analizleri yapılmıştır. GS747-GS770 örnek numaraları ile verilen bu 24 örnek, Zn-Pb±Cu cevherleşmesinin metal içeriği hakkında bilgi edinmek amacıyla alınmıştır. Örneklerden 19'u BSK01 numaralı kuyudan, 3'ü BSK06 numaralı ve 2'si BSK04 numaralı kuyudan alınmıştır. Bu örneklere ilişkin analiz sonuçları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Sondajlardan elde edilen verilere göre, cevher içeren birimler mermer ve gnayslardır. Cevherleşme, 0,1 ile 8 cm arasında değişen kalınlıklara sahip ince bantlardan oluşur. Cevher bantları içeren altı farklı seviye tespit edilmiştir. Bu seviyelerde gözlenen bantların sayısı, seviyeye ve birime bağlı olarak farklılık göstermektedir ve seviyelerin kalınlıkları 3,1-32,10 m arasında değişmektedir. Cevher bantlarının foliasyona uyumlu olduğu el örneği ölçeğinde yapılan gözlemlerle tespit edilmiş, mikroskop çalışmalarında da opak minerallerin yönelimlerinin, yankayaç minerallerinin yönelimleriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

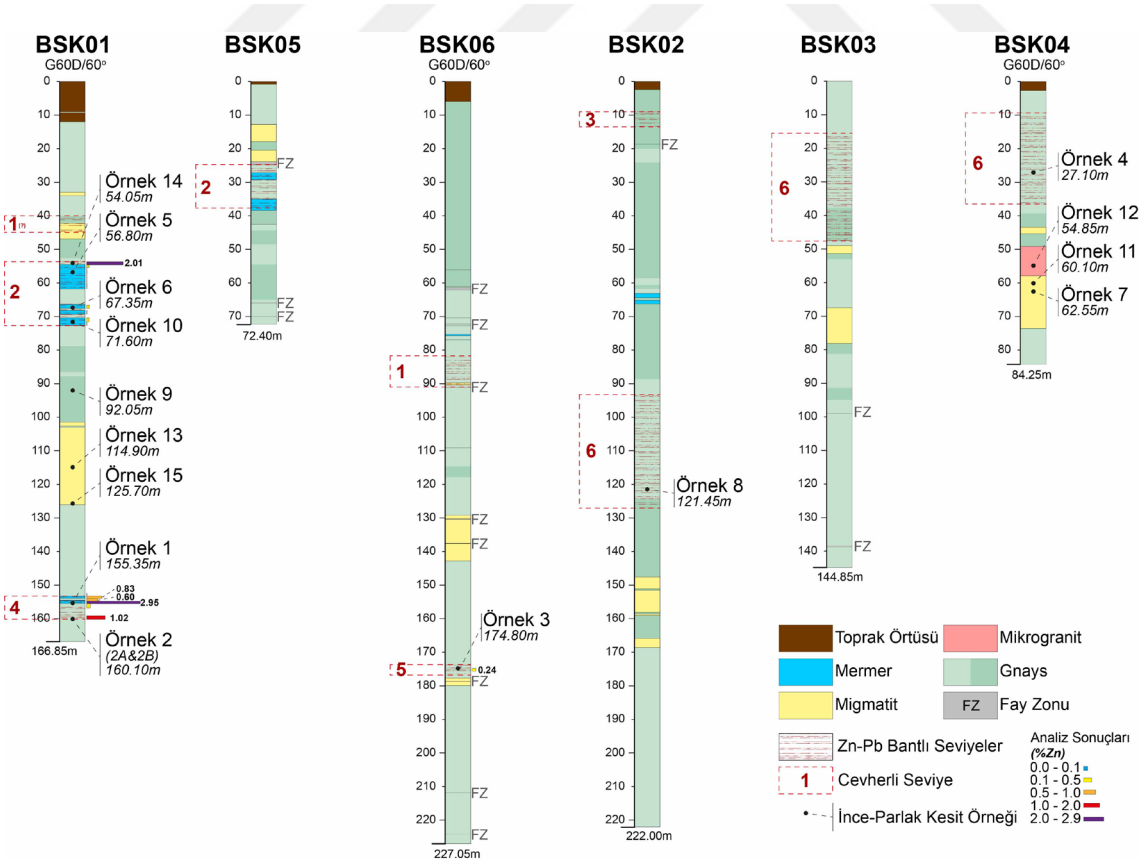
Bantlarda gözlenen ana cevher minerali sfalerittir. Daha az miktarda gözlenen cevher mineralleri ise galenit, kalkopirit ve eser miktarda şelittir. Gang mineralleri ise pirit, markazit, pirotin, gahnit, willemit, hematit, limonit, kalsit, kuvars, barit, Ba-feldispat, apatit, rutil ve ilmenittir. Yüzeyde gözlenen dört cevherli seviyenin, sondajlarla tespit edilen cevherli seviyelerle korelasyonu yapılabilmiştir. Bu dört seviye haricinde yüzeyde bulgularına rastlanılmayan iki seviye de sondajlarda tespit edilmiştir. Belirtilen cevher seviyeleri dışında genellikle lokal, çok ince (<1 mm), cevher mineralleri içeren bantların gözlendiği seviyeler, cevherli seviye olarak dikkate alınmamıştır. Benzer şekilde, az oranlarda (%1<) saçınımlar şeklinde pirit içeren seviyeler de cevherli seviye olarak değerlendirilmemiştir.




Şekil 2.18. Yüzey çalışmaları ve sondaj verileriyle belirlenen cevherli seviyelerin gösterildiği jeoloji-cevherleşme haritası. Cevherleşme stratigrafisini gösteren dikme kesit, sondaj ve yüzey verilerinin yorumlanmasıyla oluşturulmuştur. Derinlik bilgisine sahip dikme kesit, x ekseninde ölçeksiz olarak hazırlanmıştır.




Şekil 2.19. Şekil 2.18'de verilen harita üzerinde gösterilen AA' ve BB' kesitleri. Yüzeydeki cevherli seviye bulguları ile sondajlarda gözlenen cevherli seviyelerin korelasyonları sunulmuştur. BSK01'de 42,0-46,9 metreler arasında seyrek (12 cevher bandı) ve ince gözlenen seviyenin, 1 numaralı cevherli seviye olduğu düşünülmüş, ancak bu derinlikte karot veriminin düşük olması nedeniyle yüzey-sondaj korelasyonu yapılmamıştır.




Şekil 2.20. Cevherli seviyeler, litoloji, ince-parlak kesit örnekleme yerleri ve karot örneklerinin Zn analiz sonuçlarının tematik olarak gösterildiği kuyu logu.

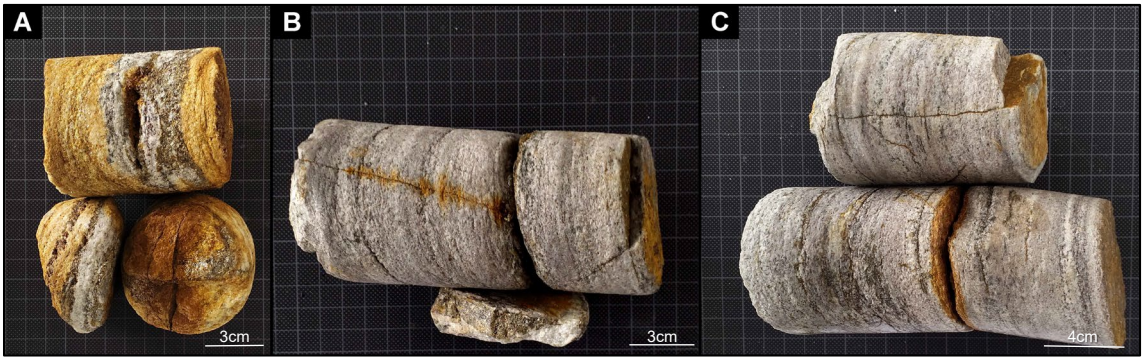
Çizelge 2.2. Karot örneklerinin analiz sonuçları tematik olarak sunulmuştur. “0” değeri, dedeksiyon limitinin altında olduğunu belirtir.

| Örnek No | Kuyu Adı | Başlangıç (m) | Bitiş (m) | Örnek Uzunluğu (m) | Au ppm | Ag ppm | As ppm | Cu ppm | Zn ppm | Zn % | Pb ppm | Pb % | Fe % | S % | Mn % | Ba ppm | Mo ppm | Sb ppm | Sn ppm | Sr ppm | Bi ppm | Ni ppm | Co ppm | Cr ppm | Te ppm | Cd ppm | U ppm | Th ppm | Ti % | W ppm | Zr ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GS747 | BSK01 | 53.70 | 54.60 | 0.90 | 0.004 | 0.0 | 0 | **504** | **20100** | **2.01** | **228** | **0.02** | **12.24** | 1.72 | 1.52 | **788** | 9.4 | 6 | 0 | 53 | 30 | 10 | 40 | 138 | 0 | **52** | 0 | 0 | 0.12 | 0 | 18 |
| GS748 | BSK01 | 54.60 | 55.40 | 0.80 | 0.000 | 0.0 | 3 | **220** | **1334** | **0.13** | 54 | 0.01 | 1.82 | 0.08 | 0.30 | 44 | 6.0 | 0 | 0 | 153 | 30 | 2 | 7 | 33 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 22 |
| GS749 | BSK01 | 55.40 | 56.20 | 0.80 | 0.000 | 0.0 | 4 | 10 | 132 | 0.01 | 82 | 0.01 | 0.25 | 0.02 | 0.16 | 40 | 3.1 | 0 | 0 | 160 | 29 | 7 | 5 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 18 |
| GS750 | BSK01 | 56.20 | 57.25 | 1.05 | 0.000 | 0.0 | 1 | 20 | 295 | 0.03 | **334** | **0.03** | 0.62 | 0.03 | 0.20 | 41 | 4.1 | 0 | 0 | 142 | 28 | 3 | 6 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 20 |
| GS751 | BSK01 | 57.25 | 58.30 | 1.05 | 0.000 | 0.0 | 3 | 7 | 125 | 0.01 | 55 | 0.01 | 0.27 | 0.07 | 0.12 | 20 | 2.5 | 0 | 0 | 156 | 28 | 1 | 6 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 19 |
| GS752 | BSK01 | 58.30 | 59.30 | 1.00 | 0.000 | 0.0 | 7 | 9 | 61 | 0.01 | 38 | 0.00 | 0.19 | 0.05 | 0.16 | 25 | 2.4 | 0 | 0 | 160 | 31 | 0 | 11 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 18 |
| GS753 | BSK01 | 59.30 | 60.30 | 1.00 | 0.000 | 0.0 | 0 | 9 | 71 | 0.01 | 76 | 0.01 | 0.30 | 0.15 | 0.30 | 22 | 3.3 | 0 | 0 | 184 | 26 | 1 | 10 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 6 |
| GS754 | BSK01 | 60.30 | 61.30 | 1.00 | 0.000 | 0.0 | 0 | 14 | 475 | 0.05 | **204** | **0.02** | 0.76 | 0.12 | 0.38 | 30 | 5.6 | 0 | 0 | 162 | 36 | 3 | 12 | 25 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 6 |
| GS755 | BSK01 | 61.30 | 61.80 | 0.50 | 0.000 | 0.0 | 2 | 16 | 117 | 0.01 | 23 | 0.00 | 0.60 | 0.13 | 0.24 | 41 | 3.5 | 0 | 0 | 169 | 29 | 12 | 5 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 8 |
| GS756 | BSK01 | 66.60 | 67.55 | 0.95 | 0.000 | 0.0 | 11 | **158** | **1369** | **0.14** | **364** | **0.04** | 2.16 | 1.69 | 0.15 | 228 | 3.4 | 0 | 0 | 187 | 30 | 2 | 5 | 18 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 21 |
| GS757 | BSK01 | 68.15 | 69.35 | 1.20 | 0.000 | 0.0 | 6 | 43 | **731** | **0.07** | **572** | **0.06** | 1.48 | 0.58 | 0.19 | **346** | **11.1** | 0 | 0 | 263 | 30 | 4 | 6 | 20 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 28 |
| GS758 | BSK01 | 70.40 | 71.55 | 1.15 | 0.000 | 0.0 | 9 | 67 | **1317** | **0.13** | **680** | **0.07** | 1.03 | 0.90 | 0.12 | **877** | 5.5 | 0 | 0 | 185 | 28 | 3 | 7 | 22 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 14 |
| GS759 | BSK01 | 71.55 | 72.70 | 1.15 | 0.000 | 0.0 | 0 | 25 | 277 | 0.03 | **106** | **0.01** | 1.10 | 0.66 | 0.11 | **1399** | **10.0** | 0 | 0 | 273 | 23 | 3 | 7 | 24 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.03 | 0 | 26 |
| GS760 | BSK01 | 152.40 | 153.25 | 0.85 | 0.000 | 0.0 | 0 | **106** | **462** | **0.05** | **185** | **0.02** | 5.95 | 0.46 | 0.17 | **1221** | 7.7 | 0 | 0 | 125 | 0 | 66 | 39 | 224 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0.59 | 0 | 33 |
| GS761 | BSK01 | 153.25 | 154.00 | 0.75 | 0.010 | 0.0 | 2 | 36 | **8270** | **0.83** | **3065** | **0.31** | 3.07 | 0.46 | 0.97 | 51 | 2.5 | 0 | 0 | 148 | 28 | 8 | 17 | 28 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0.05 | 0 | 25 |
| GS762 | BSK01 | 154.00 | 154.80 | 0.80 | 0.019 | 0.0 | 3 | 92 | **6030** | **0.60** | **2029** | **0.20** | **6.61** | 0.79 | 0.50 | **850** | 3.1 | 0 | 0 | 165 | 0 | 43 | 50 | 163 | 0 | 19 | 0 | 7 | 0.76 | 0 | 27 |
| GS763 | BSK01 | 154.80 | 155.55 | 0.75 | **0.176** | 2.1 | 8 | **569** | **29500** | **2.95** | **6963** | **0.70** | 3.31 | 2.27 | 0.26 | 161 | 2.7 | 0 | 0 | 317 | 23 | 9 | 21 | 28 | 0 | **99** | 0 | 0 | 0.03 | 0 | 20 |
| GS764 | BSK01 | 155.55 | 156.80 | 1.25 | 0.004 | 1.2 | 2 | 76 | **1991** | **0.20** | **1202** | **0.12** | **6.08** | 0.40 | 0.22 | **1154** | 4.6 | 0 | 0 | 106 | 0 | 48 | 35 | 182 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0.42 | 0 | 27 |
| GS765 | BSK01 | 159.20 | 160.30 | 1.10 | 0.085 | **4.4** | 5 | **1457** | **10200** | **1.02** | **2867** | **0.29** | **6.12** | 1.57 | 0.38 | **7731** | 2.6 | 0 | 0 | 251 | 0 | 33 | 31 | 456 | 0 | 26 | 0 | 9 | 0.34 | 0 | 37 |
| GS766 | BSK04 | 50.75 | 52.75 | 2.00 | **0.121** | **6.1** | **218** | 25 | **957** | **0.10** | **1017** | **0.10** | 1.43 | 0.14 | 0.14 | 388 | **9.9** | **21** | 0 | 55 | 0 | 12 | 8 | 206 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0.05 | 0 | 9 |
| GS767 | BSK04 | 57.10 | 59.75 | 2.65 | 0.014 | 1.5 | 15 | 34 | 394 | 0.04 | **237** | **0.02** | 2.28 | 1.59 | 0.05 | **15200** | **14.5** | 0 | 0 | 340 | 0 | 23 | 20 | 223 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0.10 | 0 | 40 |
| GS768 | BSK06 | 40.85 | 41.90 | 1.05 | 0.000 | 0.0 | 2 | **109** | 274 | 0.03 | 95 | 0.01 | 3.11 | 0.67 | 0.05 | **1707** | **29.1** | 0 | 0 | 111 | 0 | 11 | 16 | 357 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0.16 | 0 | 63 |
| GS769 | BSK06 | 89.75 | 90.35 | 0.60 | 0.008 | 0.0 | 11 | 12 | 343 | 0.03 | **393** | **0.04** | 1.31 | 0.26 | 0.22 | **1204** | **10.2** | 0 | 0 | 51 | 0 | 7 | 10 | 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 23 |
| GS770 | BSK06 | 174.65 | 175.55 | 0.90 | 0.002 | 0.0 | 3 | 48 | **2449** | **0.24** | **385** | **0.04** | **6.06** | 4.05 | 0.05 | **4810** | **12.7** | 0 | 0 | 147 | 0 | 28 | 29 | 279 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0.22 | 0 | 67 |
| | | | *Dedeksiyon Limiti* | | 0.001 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | | 2 | | 0.01 | 0.01 | 0.002 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 0.01 | 5 | 1 |
| | | | *En Küçük* | | 0.000 | 0.0 | 0 | 7 | 61 | 0.01 | 23 | 0.00 | 0.19 | 0.02 | 0.05 | 20 | 2.4 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 5 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 6 |
| | | | *En Büyük* | | 0.176 | 6.1 | 218 | 1457 | 29500 | 2.95 | 6963 | 0.70 | 12.24 | 4.05 | 1.52 | 15200 | 29.1 | 21 | 0 | 340 | 36 | 66 | 50 | 456 | 0 | 99 | 0 | 21 | 0.76 | 0 | 67 |
| | | | *Ortalama* | | 0.018 | 0.6 | 13 | 153 | 3636 | 0.36 | 886 | 0.09 | 2.84 | 0.79 | 0.29 | 1599 | 7.1 | 1 | 0 | 169 | 18 | 14 | 17 | 113 | 0 | 11 | 0 | 3 | 0.12 | 0 | 25 |

### 2.5.3. Cevherli Seviyelerin Özellikleri

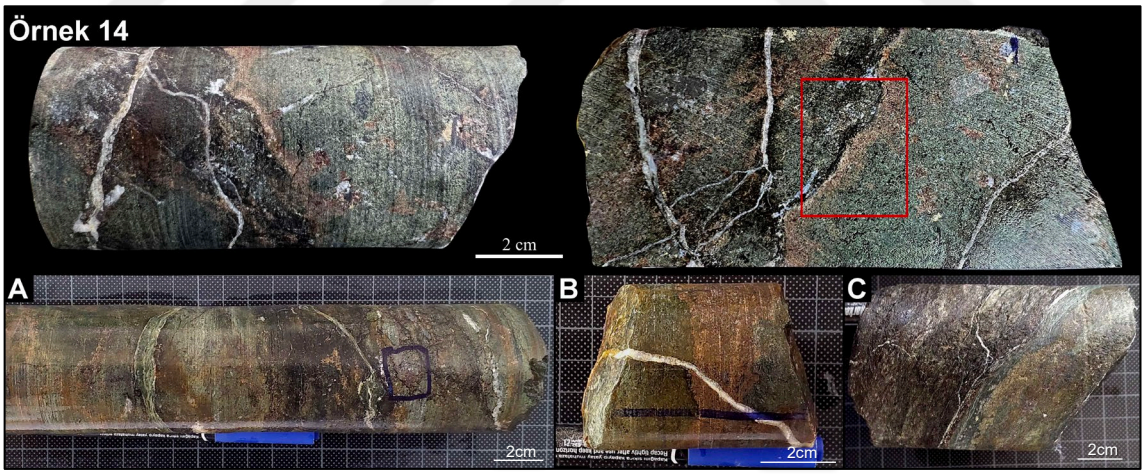
Yüzeyde yer alan döküntülerde yapılan tanımlamalar ve jeokimyasal veriler genel olarak cevher bantları hakkında fikir edinilmesini sağlamıştır. Ancak, cevherli seviyelerin özellikleri daha çok sondaj karotlarından yapılan gözlemlerle tespit edilmiştir. Karotlardan alınan örneklerin el örneği ölçeğinde incelenmesi ve hazırlanan ince-parlak kesitler üzerinde yapılan mikroskobi ve SEM çalışmaları, cevherli seviyelerin özelliklerinin belirlenmesine olanak sağlamıştır. Yüzeye yakın derinliklerde kesilen cevherli seviyelerde, genellikle bozunmuş ve oksit minerallerinden oluşan, turuncu-sarı renkli cevher bantları gözlenmiştir. Buna karşılık, daha derinlerde kesilen cevherli seviyelerde ise sülfür minerallerinden oluşan, kahverengi ve sarı renkli cevher bantları tespit edilmiştir.

*Cevherli Seviye 1*'e ilişkin bulgular, yüzeyde döküntüler ve toprak jeokimyası, yeraltında ise BSK01 ve BSK06 numaralı sondaj kuyularında kesilen cevher bantlarının gözlendiği seviyelerdir. Bu seviye BSK01 numaralı kuyuda, 42,00-46,90 metreler arasında, açık gri renkli, kuvars ve feldispatça zengin sillimanit-mika gnayslar içerisinde yer almaktadır. Bu derinlik aralığında, yankayaç bileşimindeki koyu renkli minerallerin neredeyse tamamının bozunduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde cevher bantları içerisinde de sıklıkla boşluklar gözlenmiştir. Sarı ve turuncu renklerde gözlenen cevher bantları, içerisinde demir oksit ve çinko oksit minerallerinin yanı sıra, orta-iri tane büyüklüğünde piritlerin olduğu belirlenmiştir (Şekil 2.21). Bu seviyede, sülfür minerallerinin büyük bir kısmının oksit minerallerine dönüştüğü ve çözünen elementlerin yeraltı suyu ile taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Bu seviyede gözlenen cevher bantlarının kalınlıkları 0,5-4 cm arasında değişmekte olup bantların gözlenme sıklığı ise seyrektir (12 cevher bandı). BSK06 numaralı kuyuda, 75,30-75,70 m arasındaki ince mermer seviyesinin ardından, 81,70-91,00 m arasında gnayslar içerisinde ince cevher bantları gözlenmiştir. Diğer kuyularda kesilen cevher bantlarına benzer şekilde, kahverengi-kırmızı renkte olan bu bantların kalınlıkları 0,1-1 cm arasında değişmektedir. Bu seviyede gözlenen granat-mika gnayslar, gri ve koyu gri tonlarında gözlenmiş olup içerisinde granat mineralleri ile kuvars-feldispat bantlarının da bulunduğu belirlenmiştir. Kayaç içerisinde gözlenen cevher bantlarında, sfalerit ve pirit mineralleri el örneği ölçeğinde tespit edilmiştir. Her ne kadar bu kuyu, çalışma alanının en kuzeyinde, diğer kuyulara uzak bir konumda yer almakta ve sınırlı bilgilere dayanan bir gözlem sunsa dahi, BSK06'daki bu seviyenin Cevherli Seviye 1 olabileceği düşünülmektedir.



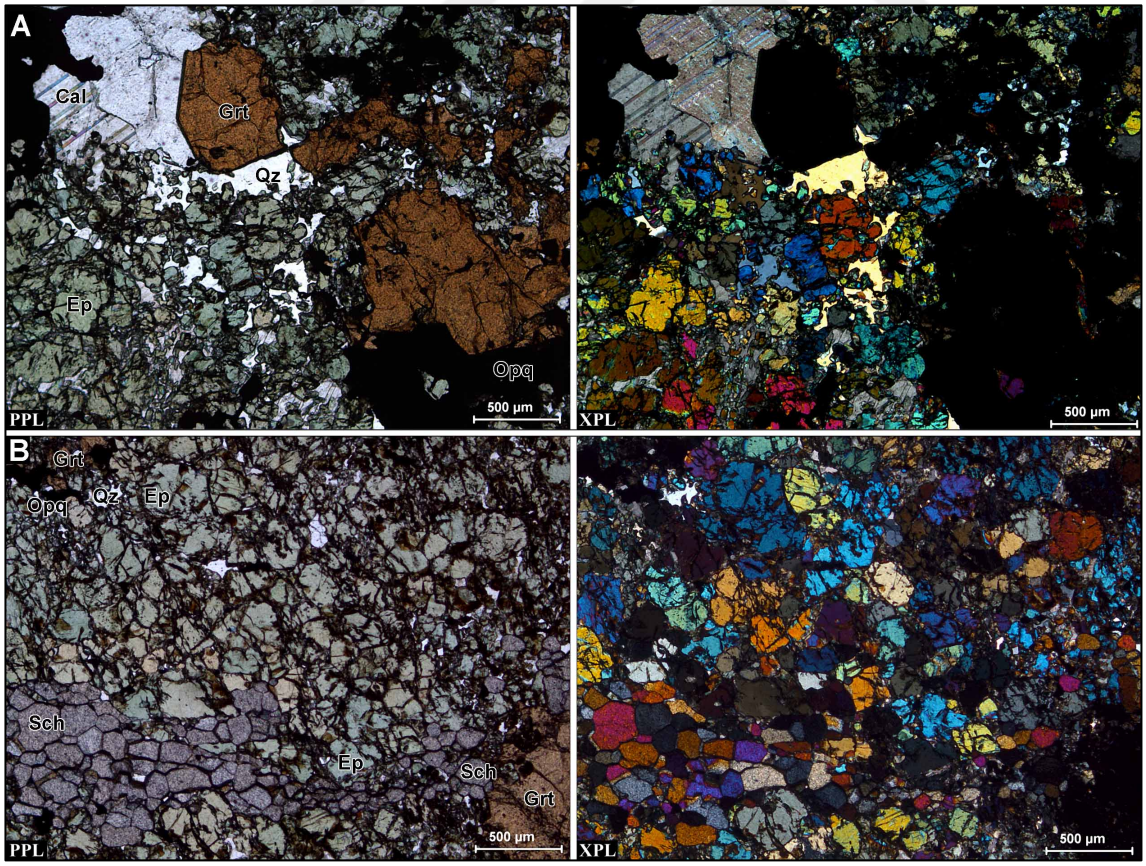

Şekil 2.21. BSK01 numaralı kuyuda Cevherli Seviye 1'den görüntüler. A: 42,10 m, B: 42,80 m ve C: 43,60 m derinliklerinde alınan karotları göstermektedir. Belirtilen derinlikler, ilgili karotun orta noktasını temsil etmektedir.

*Cevherli Seviye 2*, yüzeyde Zn, Pb ve Cu toprak anomalileri ve döküntüler üzerinden tespit edilmiş olup yeraltına uzanımları BSK01 ve BSK05 numaralı kuyularda saptanmıştır. BSK01 sondajında 53,70-72,70 m aralığında gözlenen gnays ve mermerler içerisinde ince bantlar halinde cevherleşme tespit edilmiştir. Gnays-mermer ardalanması içerisinde yer alan bu cevher bantları, 53,70-54,55 m arasında gnayslarda, bu derinlikten sonra ise yalnızca mermerler içerisinde gözlenir. Cevher bantlarının gözlenme sıklığı birimlere göre değişkenlik göstermektedir. 53,70 m derinlikte gnays içinde başlayan bu seviyedeki cevher bantları, mermere geçene kadar yoğun epidot ve granat mineralleri içeren granat-mika gnayslar içinde izlenir. Bu seviye, 0,5-2,5 cm aralığında değişen kalınlıklarda, sfaleritçe zengin kahverengi ve piritçe zengin sarı renkli ince cevher bantlarını içermektedir (Şekil 2.22). Epidot ve granat bakımından zengin, 85 cm kalınlığındaki granat-mika gnayslardaki bu seviye, 54,55 m'de mermerlere geçiş ile sona ermektedir. Bu seviyede sfalerit ile birlikte mangan oksit boyamaları da yaygın olarak gözlenmiştir. 53,70-54,55 m arasında bulunan milimetrik kalsit ve kuvars dolgulu damarcıklar cevher bantlarını keserler. Bu seviyeden alınan GS747 numaralı, 90 cm'lik karot örneğinin analizinde %2,01 Zn, 228 ppm Pb ve 504 ppm Cu değerleri dikkat çekmektedir.




Şekil 2.22. BSK01 numaralı kuyuda 53,70-54,55 m arasında gözlenen cevherli bantlara ait görüntüler. BSK01 kuyusunun 54,05 m derinliğinden alınan Örnek 14'e ait fotoğrafta görülen siyah renkli boyamalar, mangan oksit mineralleridir. Örneğin alındığı yer kırmızı ile işaretlenmiştir. BSK01 kuyusunun 54,45 m derinliğindeki karot fotoğrafı A'da sunulmuştur. Mavi kare içine alınmış alanda, sfaleritçe zengin cevher bandı gösterilmiştir. BSK01 kuyusunda 54,50 m derinliğinde gözlenen kahverengi cevher bandı B'de, 53,80 m derinliğinde gözlenen piritçe zengin cevher bandı ise C'de yer almaktadır.

Bu seviyeden, BSK01 numaralı sondaj kuyusunun 54,05 m derinliğinden 14 numaralı ince kesit-parlatma örneği alınmıştır. Örneğin alındığı derinlik, seviye içerisinde epidot ve granat minerallerinin en yoğun gözlendiği yerdir. 14 numaralı örneğin alındığı karot, el örneği ölçeğinde incelendiğinde yeşil, koyu yeşil tonlardaki renkleriyle dikkat çekmektedir. Örnekte, sfaleritçe zengin kahverengi bantlar ve piritçe zengin sarı bant gözlenmiştir. Ayrıca, kahverengi-kırmızı renkli granat mineralleri, siyah renkli mangan oksit boyamaları ve kalsit, kuvars dolgulu ince damarcıklar, el örneği ölçeği incelemelerinde tespit edilmiştir. İnce kesit üzerinde yapılan mikroskobik çalışmalarda, kuvars, granat, epidot, klorit, kalsit, apatit ve şelit mineralleri tespit edilmiştir. İri taneli granatlar ve epidotlar, ince kesitte en yoğun gözlenen minerallerdir (Şekil 2.23. A). El örneği ölçeğinde gözlemlenen kuvars ve ince kalsit dolgulu damarcıklar, ince kesit incelemeleriyle de doğrulanmıştır. Alınan tüm örnekler içerisinde şelitin net olarak tespit edildiği tek örnek 14 numaralı örnek olmuştur. Şelit mineralleri, bir arada öbekler halinde ve yalnızca kesitin belirli bir bölümünde gözlenmiştir (Şekil 2.23. B).

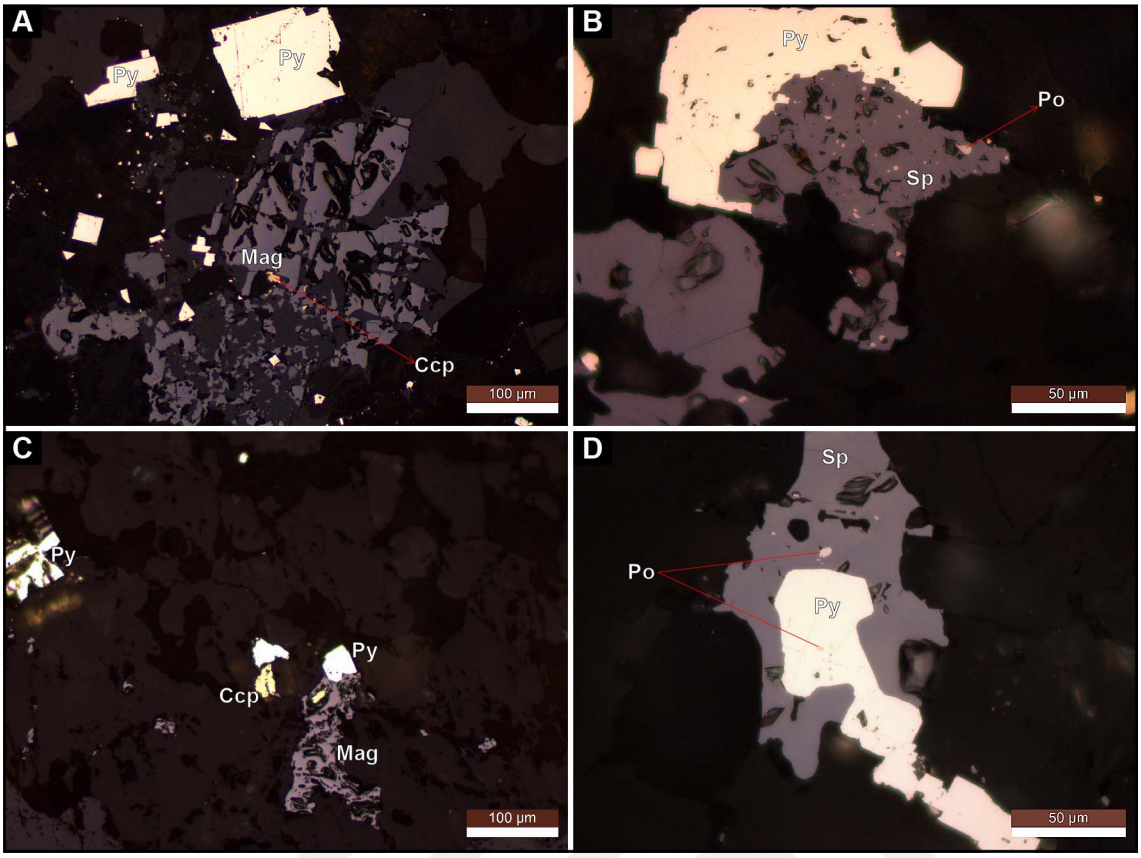



Şekil 2.23. 14 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. A'da iri taneli (>500 µm) granat (Grt), epidot (Ep) ve opak mineraller (Opq) gösterilmiştir. B'de şelit (Sch) mineralleri gösterilmiştir. Qz: Kuvars, Cal: Kalsit.

14 numaralı örnek üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında pirit, sfalerit, manyetit, kalkopirit, pirotin ve bornit tespit edilmiştir. Pirit mineralleri, kayacı oluşturan gang minerallerinin tane aralarında yer almaktadır. Genellikle özşekilli ve yarı özşekilli kristaller olarak görülmektedir. Tane boyutları 30-330 µm arasında değişmekte olup en büyük tane >600 µm olarak gözlenmiştir. Piritler çoğunlukla serbest taneler halinde izlenmiştir. Manyetit mineralleri genellikle yarı özşekilli veya özşekilsiz taneler şeklindedir ve tane büyüklükleri maksimum 500 µm'ye kadar ulaşmaktadır.

Örnekte, mafik bileşenlerin tane aralarında özşekilsiz ve yarı özşekilli pirit ve manyetitlere kıyasla daha az miktarda sfalerit mineralleri tespit edilmiştir. Sfaleritlerin yaygın tane boyutları 70-80 µm arasında olup en büyük tanesi ~150 µm'dir. Sfaleritlerin bazıları kalkopiritlerle kenetli bir şekilde izlenmiştir. Örnekte ayrıca eser miktarda kalkopirit mineralleri saptanmıştır. Kesitin bir bölümünde manyetit ve sfalerit mineralleri kenetli şekilde izlenmiştir. Kalkopiritler, kayacı oluşturan bileşenlerin tane aralarında genellikle serbest taneler halinde özşekilsiz olarak gözlenmiştir. Tane boyutları 15-50 µm arasında değişmektedir (Şekil 2.24).

Piritlerin içerisinde ise az miktarda submikroskobik kalkopirit mineralleri tespit edilmiştir. Kesitin sadece bir yerinde kalkopiritlerin bazılarında bornit dönüşümü gözlenmiştir. Sfaleritlerin içerisinde yer yer kapanımlar şeklinde, daha çok özşekilsiz (yuvarlak) taneler olarak pirotin mineralleri saptanmıştır (Şekil 2.24. B). Pirotin, piritlerin içerisinde de submikroskobik kalıntı taneler halde eser miktarda bulunmuştur (Şekil 2.24. D). Ayrıca, piritlerle bir arada izlenen ve ara ürün olduğu düşünülen seviyeler de tespit edilmiştir. Bu seviyelerde, pirit+ara ürün kristallerinin tane aralarına girmiş manyetit mineralleri gözlenmiştir.

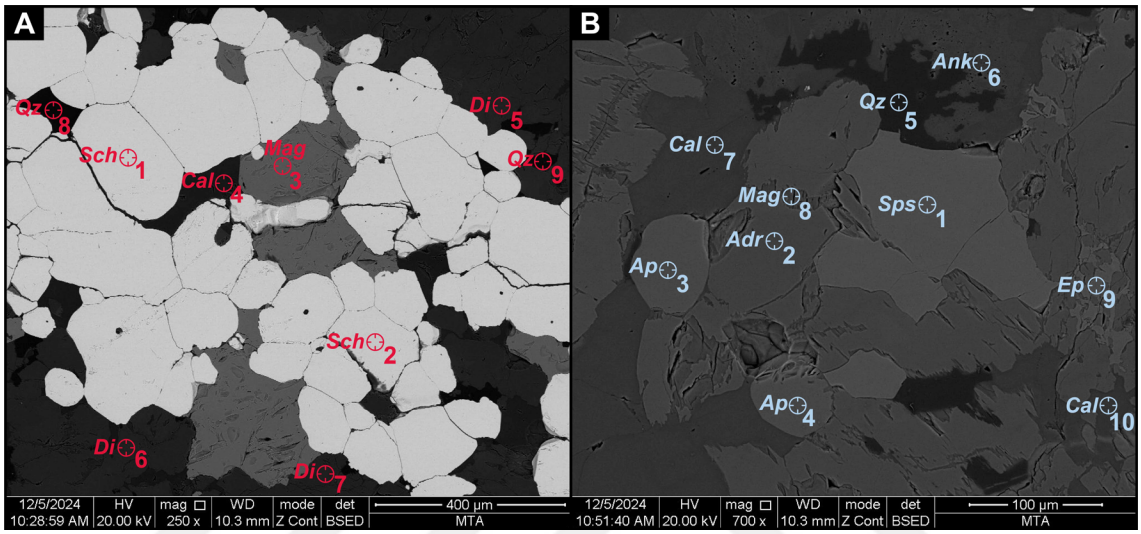



Şekil 2.24. 14 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. A'da pirit (Py), manyetit (Mag) ve kalkopirit (Ccp) mineralleri gösterilmiştir. B ve D'de pirit ve sfalerit (Sp) mineralleri ve bu mineraller içerisinde yer alan pirotin (Po) gösterilmiştir. C'de manyetit tane sınırında ve tekil taneler olarak gözlenen pirit ve kalkopirit gösterilmiştir.

İnce ve parlak kesitler üzerinde yapılan çalışmalarda tanımlanamayan minerallerin belirlenmesi amacıyla, 14 numaralı örnek üzerinde SEM çalışması yapılmıştır. Çalışmada, gözlenen minerallerin kimyasal bileşimleri EDS analizi ile belirlenmiştir. EDS verilerine göre örnekte bulunması muhtemel mineraller şelit, apatit, manyetit, diyopsit, ankerit, kalsit, granat (spessartin ve andradit), epidot ve kuvars olarak tespit edilmiştir (Şekil 2.25). Bu çalışmaya ilişkin EDS analiz sonuçlarını ve görüntülerini içeren rapor, Ek 1'de verilmiştir.

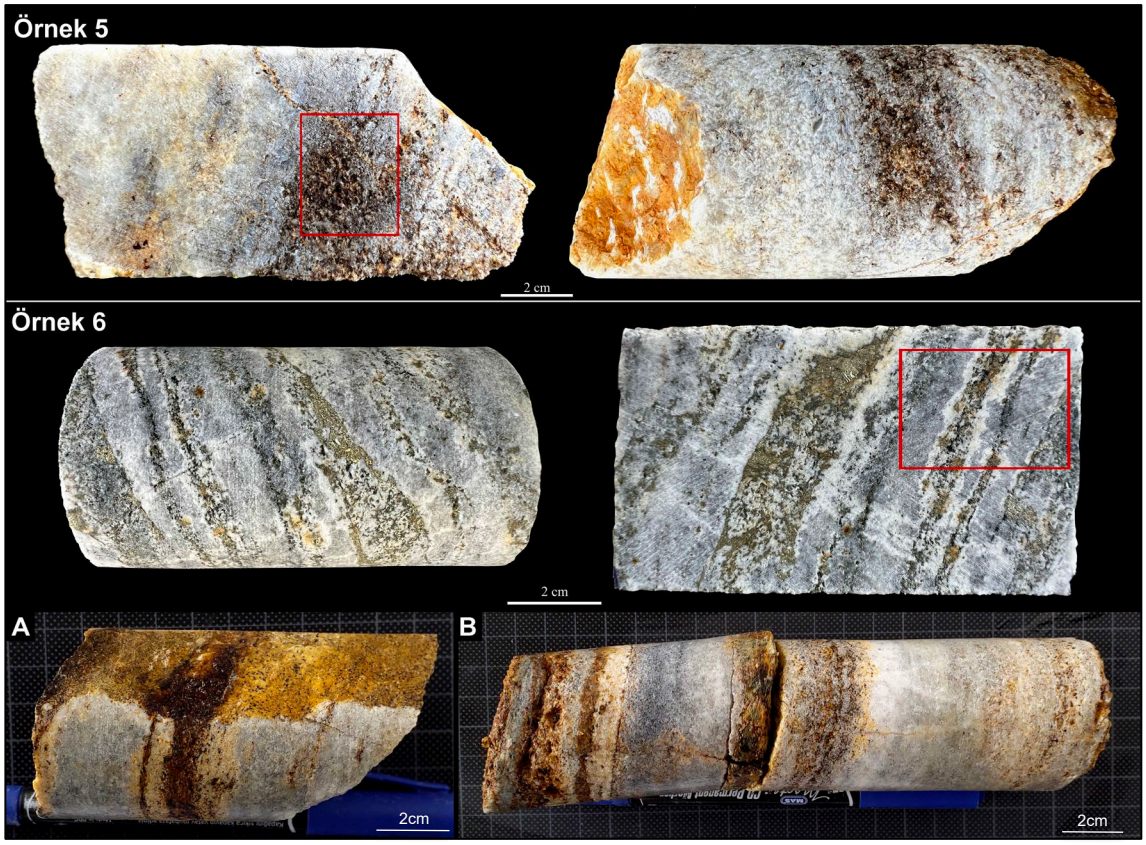
Diğer örnekler üzerinde yapılan el örneği ölçeğindeki incelemelerde ve mikroskop çalışmalarında, yaygın olarak gözlenen granat minerali almandindir. EDS analizi ile bu örnekte Mn, Fe ve Ca elementlerini içeren muhtemel spessartin ve andradit türü granat

mineralleri de tespit edilmiştir (Şekil 2.25. B). Granat mineralleri özşekilli taneler şeklinde gözlenmiştir. İnce ve parlak kesitlerde tanımlanan mineraller haricinde diyopsit, ankerit, spessartin ve andradit EDS ile tespit edilmiştir. SEM ile ince-parlak kesitlere nazaran daha net bir görüntüsü elde edilen şelit mineralleri, özşekilli taneler halinde, birbirinin tane sınırlarında ve öbekler halinde gözlenmiştir. Tane boyları 30-280 µm arasında değişmektedir (Şekil 2.25. A).




Şekil 2.25. 14 numaralı örneğin SEM görüntüleri. EDS analizleri sonucunda tespit edilen olası mineraller: A görüntüsünde şelit (Sch), diyopsit (Di), manyetit (Mag), kalsit (Cal) ve kuvars (Qz); B görüntüsünde ise apatit (Ap), manyetit (Mag), granat grubu minerallerinden spessartin (Sps) ve andradit (Adr), epidot (Ep), ankerit (Ank), kalsit (Cal) ve kuvars (Qz).

Cevherli Seviye 2'nin gnays içerisinde gözlenen bölümünün ardından, 54,55 m'de mermerlere geçişle birlikte, mermer içinde cevher bantları tespit edilmiştir. Bu bantlar yeraltı suyunun etkisiyle bozunmuş durumdadır. Bu cevher bantları genellikle kahverengi ve turuncu renklerde gözlenir (Şekil 2.26). Bozunmuş cevher bantlarının kalınlığı genellikle 0,5-2 cm arasında değişmektedir. 2 cm'den daha kalın olarak gözlenen bantlar ise 56,80 m derinliğinde 8 cm ve 60,60 m derinliğinde 4 cm kalınlığında gözlenen bantlardır. 67,30-67,55 m arasında, mermer içerisinde kalınlığı 2-3 cm olan sarı renkli, piritçe zengin bantlar gözlenir. Bu seviyedeki mermerler içerisinden, 56,80 m'den 5 numaralı ve 67,35 m'den 6 numaralı ince kesit-parlatma örnekleri alınmıştır.



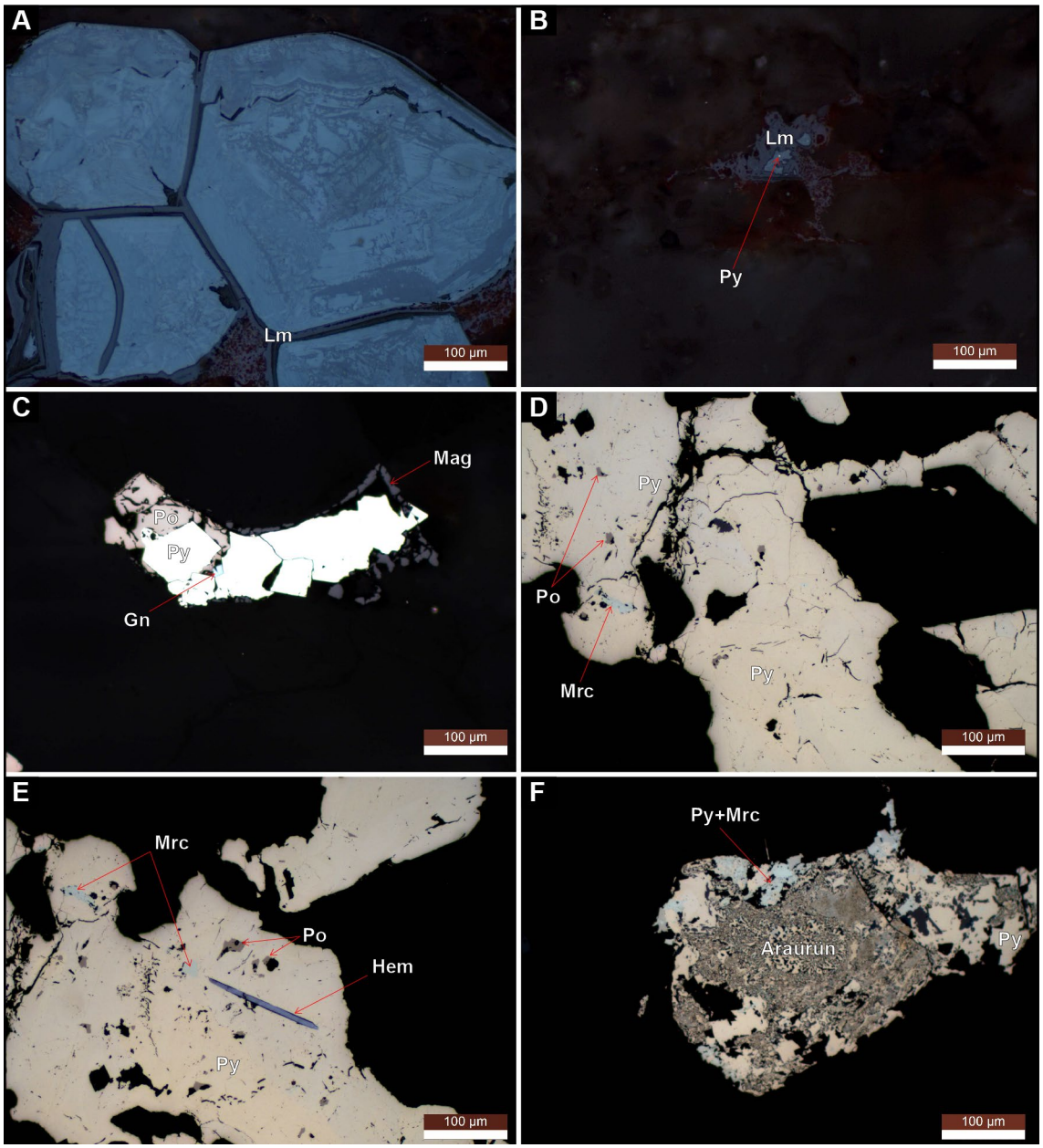

Şekil 2.26. BSK01 numaralı kuyuda, 54,55-72,70 m arasında gözlenen mermer içindeki cevher bantlarına ait görüntüler. Örnek 5'te (BSK01, 56,8 m) kahverengi mineraller, ikincil çinko oksit ve demir oksit mineralleridir. Örnek 6'da (BSK01, 67,35 m) piritçe zengin sarı renkli cevher bantları gözlenmiştir. Kırmızı ile gösterilen alanlar, ince-parlak kesit örneklerinin alındığı yeri temsil etmektedir. Çinko oksit ve demir oksit minerallerinden oluşan cevher bantlarının gözlendiği diğer örnekler ise A'da (BSK01, 68,60 m) ve B'de (BSK01, 69,25 m) verilmiştir.

5 ve 6 numaralı örneklerin ince kesitleri üzerinde yapılan mikroskobik çalışmalarda yankayacın iri taneli (>500 µm) kalsit kristallerinden oluştuğu ve az miktarda kuvars içerdiği belirlenmiştir. İnce kesitlerde, opak minerallerin kalsitlerin tane aralarında yer aldığı ve tane boyutlarının kalsitlere göre daha küçük olduğu gözlenmiştir.

5 numaralı örneğin parlatma örneğiyle yapılan cevher mikroskobisi çalışmasında, limonit mineralleri ve boyamaları örnek içerisinde gözlenmiştir. Limonit, psödomorflar şeklinde kayaçta yer almakta olup özşekilli ve yarı özşekilli piritten dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir. Bazı limonit kristallerinin içinde kalıntı pirit de gözlenmiştir. Ayrıca, örnek içerisinde saçınımlı serbest pirit taneleri de tespit edilmiştir. Bu pirit taneleri genellikle submikroskobik boyuttadır ve en büyük tane yaklaşık 50 µm çapındadır.

67,35 m'deki piritli bantlardan alınan 6 numaralı örnek el örneği ölçeğinde incelendiğinde, yankayacın foliasyon düzlemine ve birbirine paralel, 2-3 cm kalınlığında piritçe zengin cevher bantları gözlenir. 6 numaralı örnek üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmasında gözlenen mineraller; pirit, pirotin, manyetit, galenit, markazit, kalkopirit, hematit ve sfalerittir. Pirit mineralleri saçınımlı serbest taneler halinde, tane aralarında ve yer yer tane içlerinde gözlenmiştir. Pirit mineralleri genellikle yarı özşekilli/özşekilli kristallere sahip olup boyutları <220 µm'dir. Pirotin mineralleri serbest taneler halinde izlenmiştir. Genellikle yarı özşekilli olan bu minerallerin yaygın boyutları <80 µm olup bazı örneklerinde ~600 µm veya daha büyük de gözlenmiştir. Pirotinlerde yer yer markazit dönüşümleri de tespit edilmiştir. Manyetit mineralleri yarı özşekilli olup genellikle ~50 µm'den küçük kristaller yaygındır ve serbest taneler halinde küçük kümeler şeklinde izlenmektedir. Galenit mineralleri, diğer minerallere göre az miktarda olup küçük tane (<30-35 µm) boyutlarındadır. Galenitler, tane aralarında ve piritlerin içerisinde gözlenmiştir. Markazit mineralleri de örnek içinde tespit edilmiş olup bu markazitlerin kısmen veya tamamen piritten dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir. Örnekte eser miktarda özşekilsiz kalkopirit mineralleri de saptanmıştır; yaygın tane boyutları <20 µm, en büyük taneler ise ~90 µm'dur. Kalkopirit mineralleri, piritlerin tane aralarında da görülmektedir. Ayrıca, eser oranda çubuk şekilli hematit kristalleri pirit içerisinde tespit edilmiştir. Sfalerit mineralleri örnek içerisinde eser miktarda gözlenmiştir. Sfalerit tanelerinin en büyüğü 240 µm olup yarı özşekilli, serbest ve

saçınımlı halde bulunmaktadır. Bu sfalerit taneleri, yer yer tane kenarlarında ve içlerinde kalkopirit mineralleri ile birlikte gözlenir. Ara ürün olarak düşünülen mineraller, mevcut piritlerle birlikte gözlenmiştir. Bu ara ürün minerallerinde pirit+markazit dönüşümü izlenmiştir. Bazı kristallerde kuşgözü yapısına benzer koloidal-kabuğumsu bir görünüm de tespit edilmiştir. Bu mineraller pirotinin dönüşüm ürünleri olabilir.




Şekil 2.27. 5 ve 6 numaralı örneklerin cevher mikroskobisi görüntüleri. A ve B'de 5 numaralı örnekten alınmış görüntülerde, limonit (Lm) ve pirit (Py) kalıntıları yer almaktadır. C, D, E ve F'de 6 numaralı örnekten alınan görüntülerde, pirit, galenit (Gn), markazit (Mrc), pirotin (Po), hematit (Hem), manyetit (Mag) ve ara ürün gösterilmiştir.

İkinci cevherli seviye BSK05 numaralı kuyuda da tespit edilmiştir. 24,70-37,65 m aralığında, BSK01 numaralı kuyudakine benzer şekilde, cevher bantları, kuyuda başlangıçta gnays içerisinde, daha derinde ise mermer içerisinde gözlenmiştir. Epidot ve granat bakımından zengin gnays içerisinde manganlı boyamalarının gözlendiği cevher bantları bu kuyuda da tespit edilmiştir. Ancak, karot veriminin bu seviyede düşük olması nedeniyle tanımlama, yalnızca 10 cm uzunluğundaki birkaç karot üzerinden yapılabilmiştir. Bu nedenle, BSK01'deki kadar net bir tanımlama bu kuyuda yapılamamıştır. Mermer içerisindeki cevher bantları, BSK01'de gözlenen yapılar ile benzerdir ve bu bantlar, seviyenin daha sığ kotlardaki devamı niteliğindedir.

*Cevherli Seviye 3*, yüzeydeki döküntüler ve zayıf toprak jeokimyası anomalileri ile tespit edilmiş olup yeraltındaki devamlılığı BSK02 numaralı sondaj ile test edilmiştir. Bu seviye, BSK02 numaralı kuyunun 9,0-13,5 m'leri arasında, demir oksit ve çinko oksit minerallerinden oluşan bozunmuş bir zon olarak, limonitli gnayslar içerisinde gözlenmiştir. Karotlarda, sarı ve açık turuncu renklerde gözlenen cevherli seviyede, yankayaca ait kuvarsça zengin bantların korunduğu, diğer yankayaç ve cevher minerallerinin ise bozunduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.28). Bozunan minerallerinin, demir oksit ve çinko oksit minerallerine dönüştüğü gözlenmektedir. Karotlarda yapılan loglama çalışmaları sırasında, portatif XRF analizleri ile demir oksitçe zengin bantlar test edildiğinde, bu karotlarda çinko anomalileri de tespit edilmiştir. Bu durum, bu seviyede çinko oksit minerallerinin varlığını desteklemektedir.




Şekil 2.28. Cevherli Seviye 3'ün gözlendiği karotlardan görüntüler. A'da, BSK02 numaralı kuyunun 13,20 m derinliğinden alınan karota ait bir görsel verilmiştir. B'de, bu seviyenin gözlendiği karot sandığına ilişkin bir görüntü sunulmuştur. Karot veriminin düşük olduğu 9,00 - 16,60 m aralığındaki karotlar bu sandık içinde yer almaktadır.

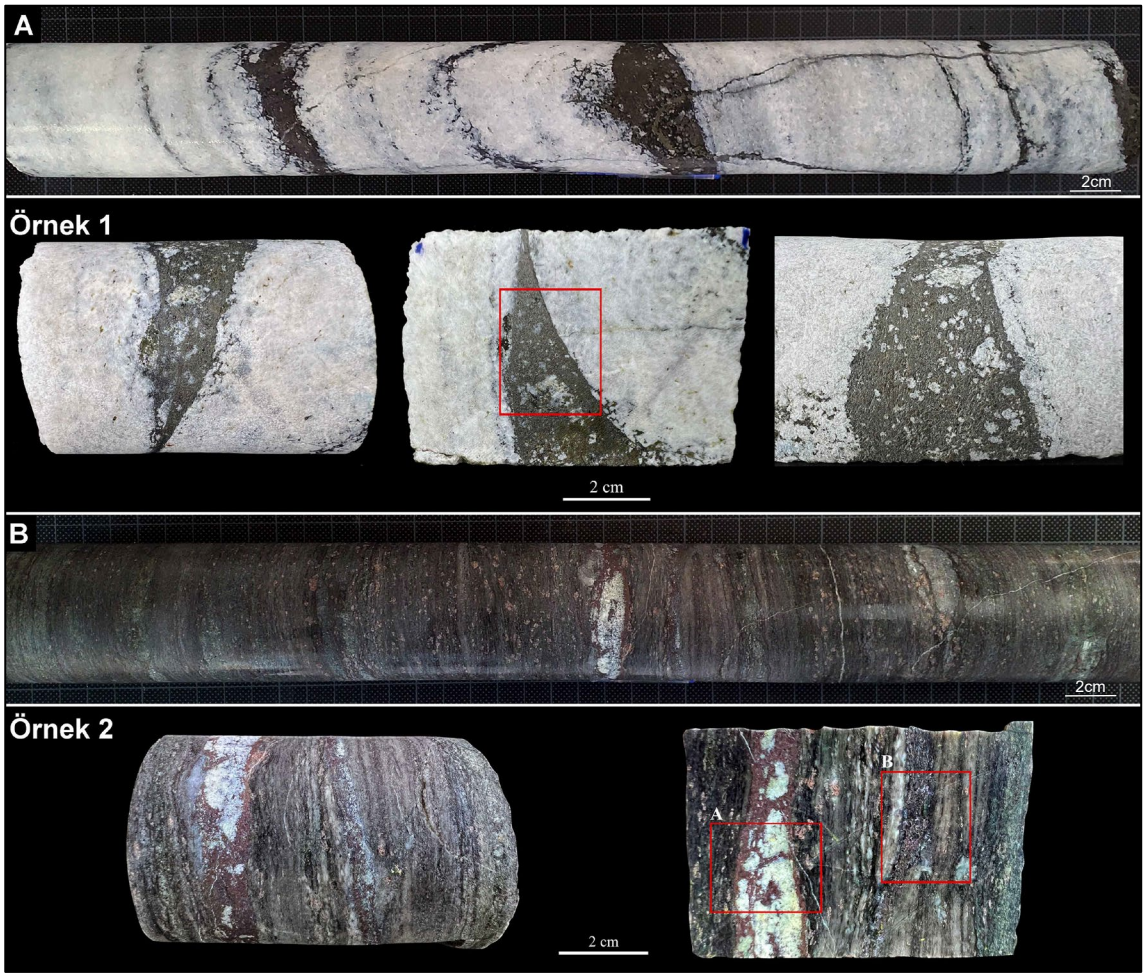
*Cevherli Seviye 4*, yalnızca BSK01 kuyusunda, 153,25-160,15 metreleri arasında kesilmiştir. Cevherli Seviye 4'e ilişkin yüzeyde herhangi bir bulgu tespit edilmemiştir. Mermer ve gnays içinde, foliasyon düzlemi ile uyumlu bantlar halinde gözlenmektedir. Cevherleşme, 153,25 m'de gnays-mermer dokanağından sonra mermer içerisinde belirgin olarak gözlenir. Gnays-mermer ardalanmasında iki ayrı mermer seviyesi gözlenmiş ve her iki mermer seviyesinde de cevher bantlarına rastlanılmıştır. Bu seviyedeki bantlar, özellikle sfalerit açısından zengin olup kahverengi, kırmızı ve siyah renklerde görülmektedir. Mermer içerisinde cevher bantları sık olarak gözlenmektedir, örneğin 154,8-155,5 m arasında mermer içerisinde 8 adet cevher bandı gözlenmiştir. Bu seviyedeki gnays içerisindeki cevher bantları, yankayacı mermer olan bantlara göre daha incedir. Mermer ve gnayslar içerisindeki bant kalınlıkları genel olarak 0,5-3 cm arasında değişmektedir.

Bu seviyeden alınan karot örneklerinin analizlerinde yüksek Zn, Pb ve Cu değerleri gözlenmiştir. Zn ve Pb içeriklerinin en yüksek olduğu analiz, GS763 numaralı örnek olup, 154,80-155,55 m arasından, mermerden alınan 75 cm uzunluğundaki karot örneğinden elde edilmiştir. GS763 numaralı örneğin sonuçları: Zn %2,95, Pb %0,70, Cu 569,2 ppm, Ag 2,1 ppm, Au 0,18 ppm'dir.

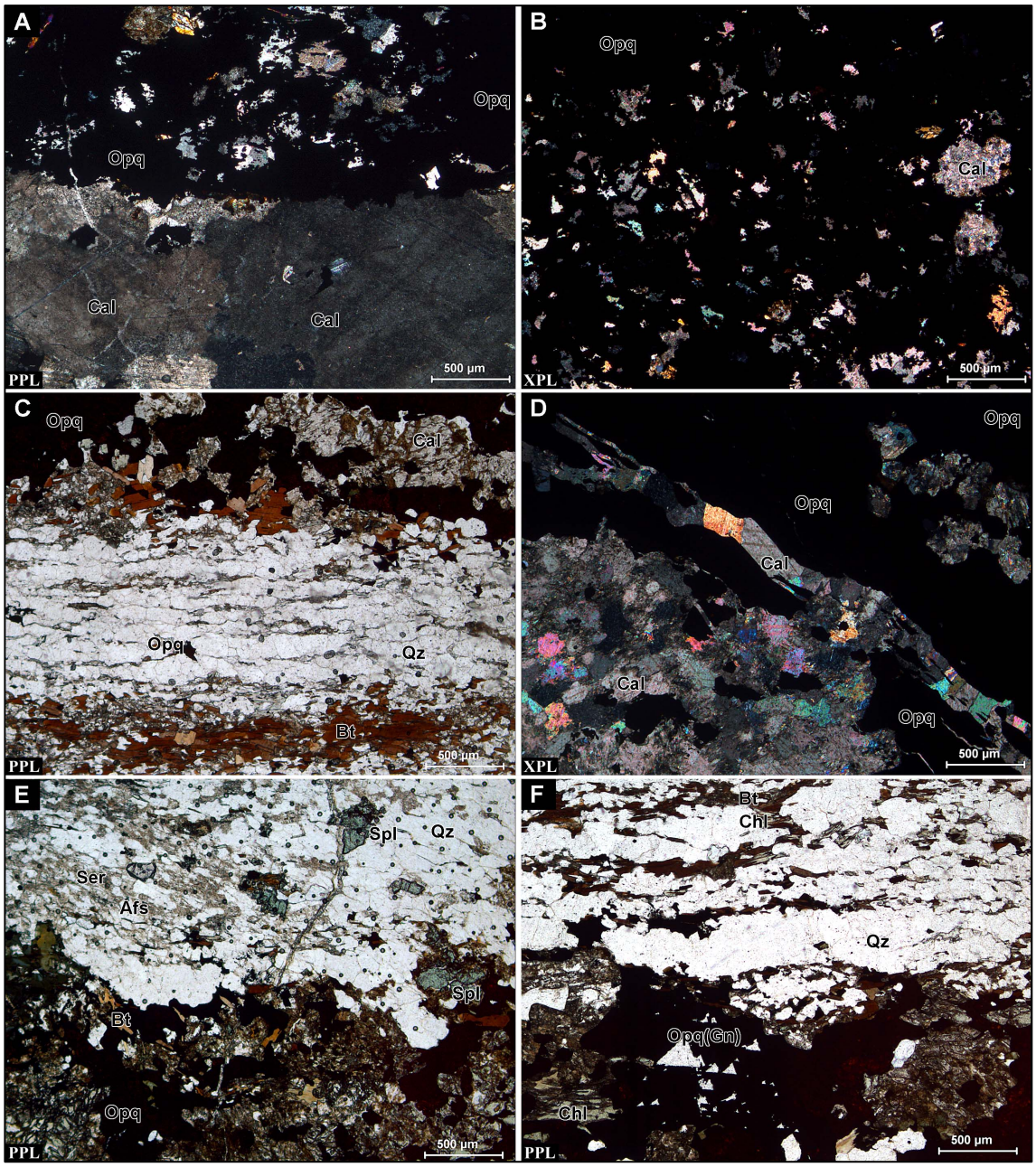
Cevher bantlarının bulunduğu seviyelerden iki adet ince-parlak kesit örneği alınmıştır: Bunlardan ilki, yankayacın mermer olduğu 1 numaralı örnek; ikincisi ise yankayacın gnays olduğu 2 numaralı örnektir. 2 numaralı örnekten, 2A ve 2B olmak üzere iki ayrı ince-parlak kesit hazırlanmıştır (Şekil 2.29).

Cevherli Seviye 4'teki yankayaçlardan biri mermerdir. Beyaz renkli mermerlerdeki koyu renkli bantlar, cevher bantları olarak tanımlanmıştır. Bu mermerler, iri taneli (>500 μm) kalsit kristallerinden ve çok az miktarda kuvarstan oluşan, neredeyse monomineralik bir bileşime sahiptir. Bu cevherli seviyede gözlenen diğer yankayaç gnayslardır. Koyu gri siyah tonlarında gözlenir ve yaygın olarak saçınımlar şeklinde orta-iri taneli granatlar içerir. Yer yer açık renkli ince kuvars ve feldispatlardan oluşan bantlar da bu kayaçta gözlenir. İnce kesitler üzerinde yapılan mikroskop çalışmalarıyla gahnit-granat-mika

gnays ve gahnit-sillimanit-granat-mika gnays olarak tanımlanmıştır. 2 numaralı örneğe ilişkin ince kesit gözlemleri, daha önce Bölüm 2.4.1'de verilmiştir.

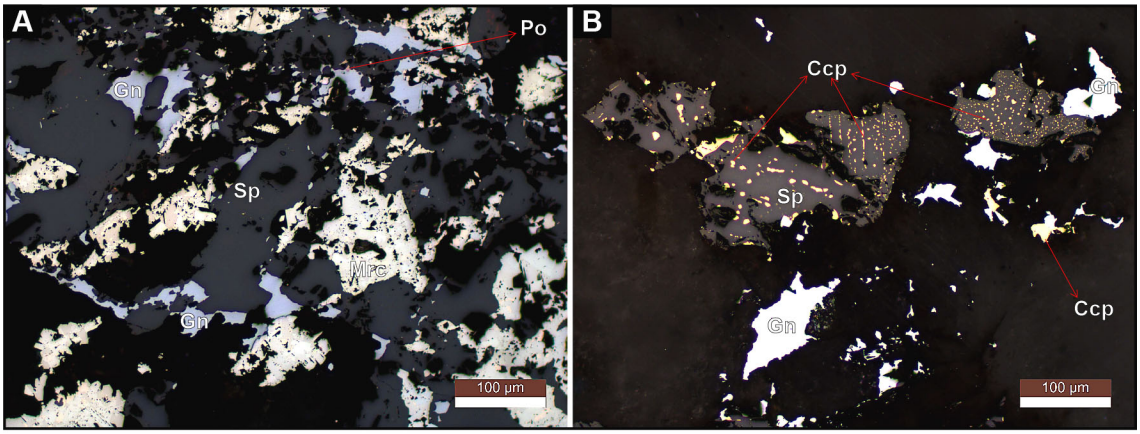



Şekil 2.29. BSK01 numaralı kuyuda Cevherli Seviye 4'e ilişkin görüntüler. A'da, 155,00-155,45 m aralığında mermerler içinde gözlenen cevher bantları gösterilmiştir. A'da verilen karottan 1 numaralı ince-parlak kesit örneği 155,35 m'den alınmıştır. Örnek 1'e ait fotoğraflarda, yarılanmış karotun sırasıyla üstten, alttan ve yandan olmak üzere üç farklı görünümü yer almaktadır. B'de, 159,85-160,30 m aralığında gahnit-granat-mika gnayslar içinde gözlenen cevher bandı gösterilmiştir. Bu seviyeden alınan 2 numaralı ince-parlak kesit örneği (160,10 m) altta verilen görselde sunulmuştur. Örnek 2'de, kahverengi cevher bandı içerisinde gözlenen beyaz renkli mineraller ise kalsit ve kuvarstır. Örnek 2'de, budinaj (sosis) yapıları cevher bandı içerisinde gözlenmektedir.




Şekil 2.30. Cevherli Seviye 4'ten alınan 1, 2A ve 2B numaralı örneklerin ince kesit görüntüleri. A ve B'de, Örnek 1'e ilişkin görüntüler verilmiştir. Bu görüntülerde, opak mineraller (Opq) ve kalsit (Cal) mineralleri gözlenmektedir. C ve D'de, Örnek 2A'nın görüntüleri sunulmuştur. C'de, kuvars (Qz) ve kalsit kristalleri içeren opak mineraller ile kayaç oluşturan minerallerdeki yönelimler gösterilmeye çalışılmıştır. D'de, opak mineraller içerisindeki kalsit damarcığı yer almaktadır. E ve F'de, Örnek 2B'nin görüntüleri bulunmaktadır. E'de, gahnit (Spl) ve opak mineraller gözlenmiştir. F'de, üçgen dilinim izlerinin gözlendiği, galenit (Gn) olduğu düşünülen opak mineral gösterilmiştir.

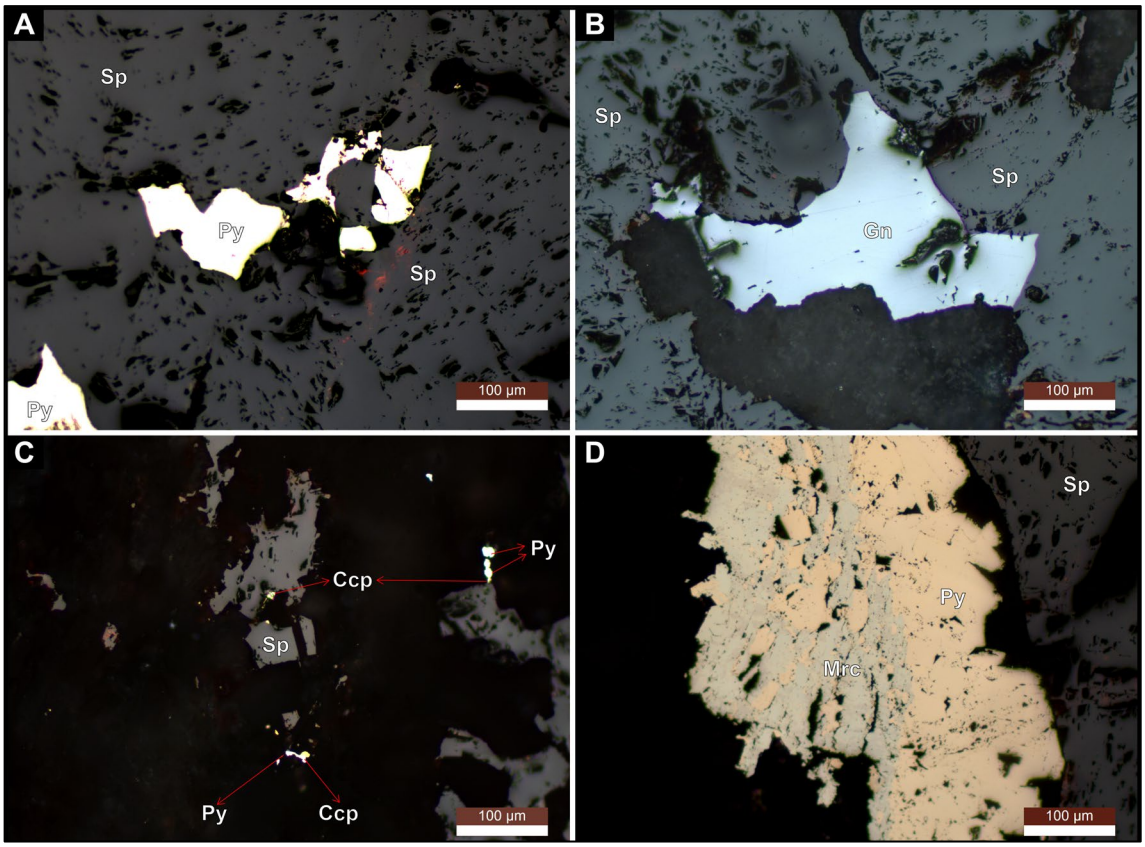
Örnek 1 el örneği ölçeğinde incelendiğinde, mermer içerisinde yaklaşık 2 cm kalınlığında, siyah-koyu gri renkte bir cevher bandı gözlenmiştir. Siyah renkli bant içerisinde beyaz renkteki mineraller kalsit ve kuvars olarak tespit edilmiştir. Cevher mikroskobisi çalışmalarına göre, örnekte gözlenen başlıca mineraller sfalerit, markazit, pirit, galenit, pirotin ve kalkopirittir. Sfalerit, en yaygın mineral olup çoğunlukla özşekilsiz ve yer yer yarı özşekilli kristallere sahiptir. Sfaleritlerin tane boyları değişkenlik göstermekte ve genellikle sfaleritler cevher bandının taban kısmını oluşturmaktadır. Sfalerit taneleri arasında ve özellikle tane sınırlarında sfaleritler yer yer galenitlerle kenetlenmiş şekilde izlenmiştir (Şekil 2.31. A). Sfalerit kristalleri içerisinde ayrışımlar ve bazı tanelerin kenarlarında kalkopirit tespit edilmiştir (Şekil 2.31. B). Örnekte gözlenen galenitler yarı özşekilli olup tane boyutları 5-250 µm arasında değişmektedir. Galenitlerin üç yönde dilinim izleri belirgin bir şekilde gözlenir. Ayrıca, galenitler kalkopiritlerle birlikte veya kenetlenmiş şekilde de izlenmiştir ve bazı galenitlerin tane sınırlarına yakın iç kısımlarında da kalkopirit kapanımları gözlenmiştir. Kalkopiritler genellikle özşekilsiz olup yaygın olan boyutları <5-170 µm arasında değişmektedir. Sfalerit taneleri arasında ve yer yer serbest halde bulunan markazit mineralleri de tespit edilmiştir. Markazitlerin, pirotin ve/veya piritten dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, örnek içerisinde pirit ile markazit arasında oluşmuş olabileceği düşünülen bir ara ürün de gözlenir.




Şekil 2.31. 1 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. A'da sfalerit (Sp), markazit (Mrc), galenit (Gn) ve pirotin (Po) mineralleri gösterilmiştir. B'de kalkopirit (Ccp) ayrışımları içeren sfaleritler ve galenitler gösterilmiştir.

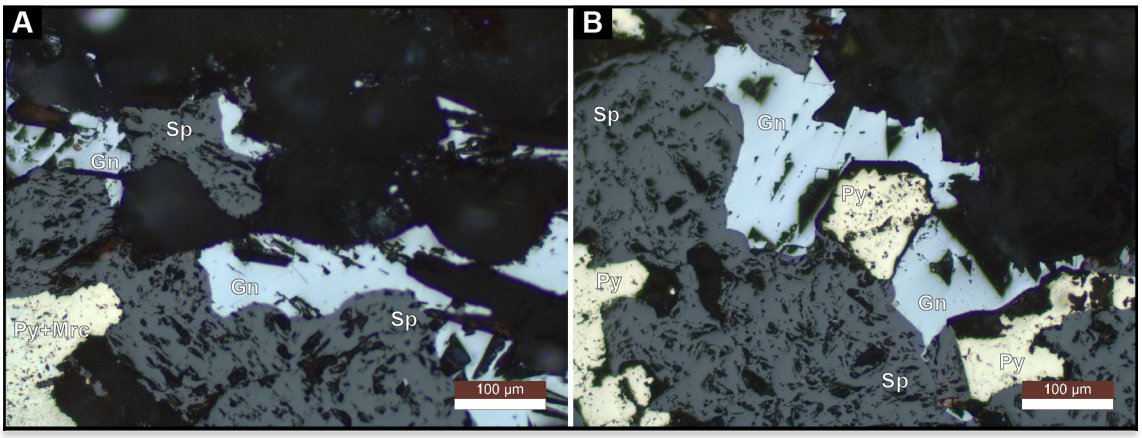
Cevherli Seviye 4'te gnays içerisinde cevher bantlarının bulunduğu seviyeden alınan 2A ve 2B numaralı örnekler, farklı bant özelliklerini temsil etmektedir. 2A numaralı örnek, 1-1,5 cm kalınlığında, kırmızı-kahverengi renkteki cevher bandını kapsayacak şekilde alınmıştır. Bu bantta, sfalerit baskın mineraldir ve bant içerisinde gözlenen beyaz renkli mineraller çoğunlukla kalsit, yer yer ise kuvars olduğu tespit edilmiştir. 2B numaralı örnek, daha ince bir banttan ve çevresinde saçınımlar şeklinde cevher minerallerinin gözlendiği kısımdan alınmıştır. Hem 2A hem de 2B örneklerinde el örneği ölçeğinde yapılan incelemelerde, kayacın genel yönelimiyle uyumlu ve belirli seviyelerde dizilim gösteren opak/cevher mineralleri izlenmiştir.

Örnek 2A üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında gözlenen ana cevher minerali sfalerittir. Gözlenen diğer mineraller ise pirit, kalkopirit, galenit, pirotin ve eser oranda pentlandit, ilmenittir. Sfalerit taneleri arasında piritler gözlenir. Sfalerit kristallerinin bazıları kalkopirit ayrışımları içermekte olup yer yer tane sınırlarında kalkopirit mineralleri ile kenetli bir yapı göstermektedir (Şekil 2.32. C). Piritler, yarı özşekilli ve özşekilsiz taneler halinde olup tane boyutları 100-120 µm arasında değişmektedir. Ayrıca iri taneli pirit kristalleri de gözlenmiş olup bunların boyutları 500 µm'ye ulaşmaktadır. İri kristalli piritlerde markazit dönüşümleri izlenmiştir (Şekil 2.32. D). Piritler, yer yer serbest taneler halinde de gözlenmiştir. Pirit tane sınırlarında özşekilsiz kalkopirit mineralleri de saptanmıştır. Kayacı oluşturan minerallerin tane aralarında, dilinimleri ve tane sınırları boyunca pirit+kalkopirit dizilimi görülmüştür. Pirotin mineralleri serbest taneler halinde, özellikle kayacı oluşturan minerallerin tane aralarında, kenarlarında ve yönlenmeye uyumlu şekilde dizilim göstermektedir. Pirotin minerallerinin boyutları <130 µm'dir.



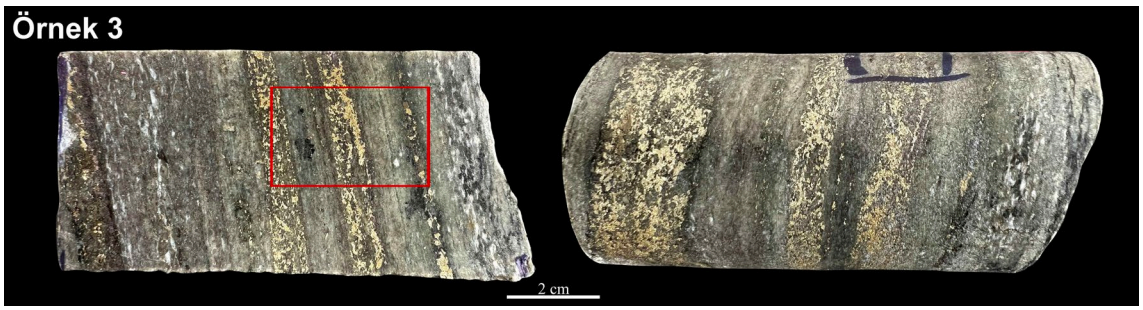

Şekil 2.32. 2A numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. A'da, sfalerit (Sp) taneleri arasında gözlenen piritler (Py) gösterilmiştir. B'de, sfalerit ve galenit (Gn) mineralleri yer almaktadır. C'de, sfalerit, pirit ve kalkopirit (Ccp) minerallerinin dizilimi gözlenmiştir. D'de, pirit ve markazit (Mrc) dönüşümleri gösterilmiştir.

Örnek 2B üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında gözlenen opak mineraller, başlıca sfalerit, galenit, pirit, markazit, pirotin ve az miktarda kalkopirittir. Sfaleritler ve galenitler bir sırada iç içe geçmiş ve birbirlerinin tane sınırlarında bulunmuştur. Özellikle galenitler, sfaleritleri kuşatır şekilde gözlenmiştir. Piritler de sfaleritlerin tane sınırlarında ve arasında yer almaktadır. Bazı galenit ve sfaleritler, kayacın genel yönelimiyle uyumlu olarak, yer yer açılı veya eğimli biçimde izlenmiştir. Galenitlerde üçgen dilinim izleri gözlenmiştir (Şekil 2.33). Örnekte tespit edilen pirotinler, belirli bir seviye boyunca dizilim göstermektedir. Özşekilsiz pirotin mineralleri genellikle serbest taneler halinde bulunmuştur. Kalkopirit mineralleri eser miktarda olup pirotin mineralleri ile kenetli olarak tespit edilmiştir. Kayacı oluşturan bileşenlerin tane aralarında, bu bileşenlerle uyumlu dizilim gösteren pirit mineralleri de örnekte gözlenmiştir.




Şekil 2.33. 2B numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. A ve B'de sfalerit (Sp), galenit (Gn), pirit (Py) ve markazit (Mrc) mineralleri gösterilmiştir. B'de, galenit içerisindeki üçgen şekilli dilinim izleri görülmektedir.

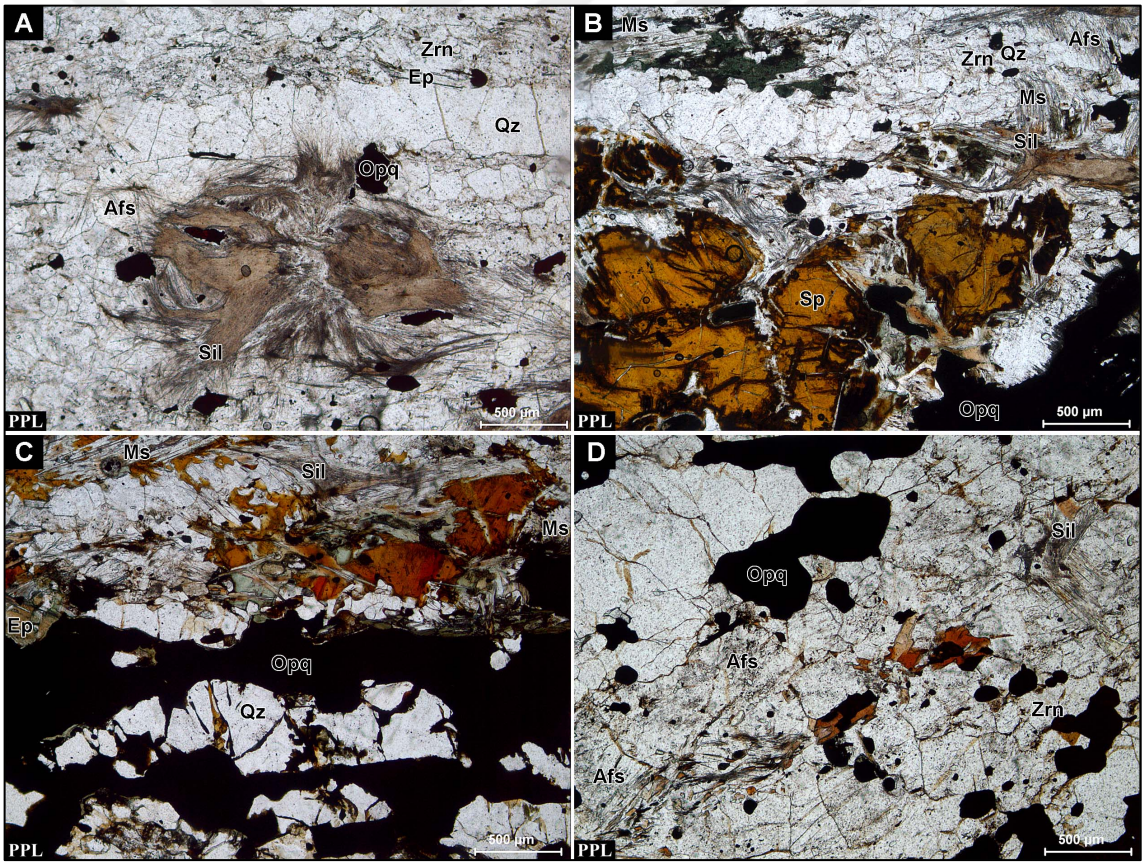
*Cevherli Seviye 5*, yüzeyde bu seviyeye ilişkin herhangi bir döküntü tespit edilmemiştir. Ayrıca, bu seviyenin olabileceği alanlarda toprak jeokimyası verileri de mevcut değildir. Bu seviye, yalnızca BSK06 numaralı kuyunun 173,70-176,80 m derinliğinde tespit edilmiştir. Cevherli Seviye 5, yankayacın foliasyon düzlemi ile uyumlu, sarı renkli ve 0,5-3 cm arasında değişen kalınlıklarda cevher bantlarından oluşur (Şekil 2.34). Bu seviyede gözlenen cevher bantlarının yankayacı, gri, açık gri renklerde gözlenen, kuvars ve feldispatça zengin açık renkli bantların yaygın olarak gözlendiği sillimanit-mika gnaystır. Cevher bantlarının özelliklerinin en belirgin gözlendiği derinlik 174,80 m'deki banttır. Cevher bantları üzerinde el örneği ölçeğinde yapılan incelemelerde, bu bantların baskın mineralin saçınımlar ve yer yer semimasif/masif şekilde gözlenen pirit olduğu belirlenmiştir.




Şekil 2.34. BSK06 numaralı kuyuda kesilen cevherli seviyeye ait, sarı renkli piritçe zengin cevher bantlarının gözlendiği karot. BSK06, 174,80 m'den alınan, 3 numaralı ince-parlak kesit örneğinin yeri kırmızı çerçeve ile işaretlenmiştir.

Ayrıca sfalerit ve az miktarda galenit de bu bantlar içerisinde tespit edilmiştir. Cevherli seviyenin gözlendiği aralıklardan 174,50-175,00 metreler arasında bantlar sık bir şekilde gözlenmiş (0,5 m'de 7 bant), diğer derinlik aralıklarında ise bantlar daha ince ve seyrek olarak izlenmiştir.

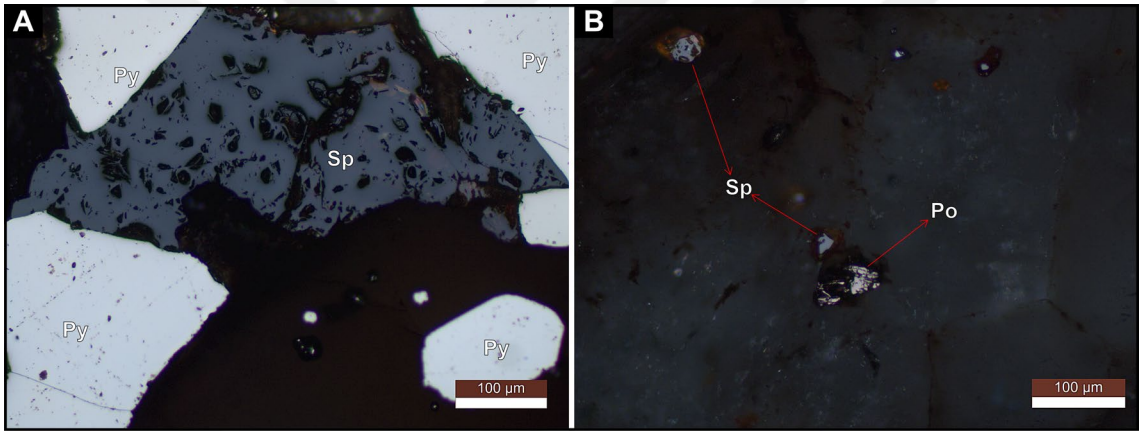
Bu seviyeye ait, 174,80 m derinliğinden alınmış olan 3 numaralı ince-parlak kesit örneği üzerinde mikroskobik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İnce kesitlerde tanımlanan yankayaç sillimanit-mika gnaystır. Diğer seviyelerde gözlenen sillimanit-mika gnayslardan farklı olarak, rutil, alkali feldispatlar ile kuvarslar içerisinde zirkon minerallerini tespit edilmiştir. Opak mineraller, kayacı oluşturan minerallerle uyumlu şekilde, kesitte hem saçınımlar halinde hem de bantlar şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.35).




Şekil 2.35. Cevherli Seviye 5'ten alınan 3 numaralı örneğin ince kesit görüntüleri. A ve B'de, kayaç oluşturan mineraller gösterilmektedir. Bu görüntülerde, sillimanit (Sil), zirkon (Zrn) ve opak mineraller (Opq) dikkat çekmektedir. B'de sfalerit (Sp) mineralleri bal renginde gözlenir. C ve D'de, opak minerallerin saçınımlar ve bant şeklinde gözlendiği görüntüler sunulmuştur. Afs: alkali feldispat, Qz: kuvars, Ms: muskovit, Ep: epidot.

Cevher mikroskobisi çalışmalarında elde edilen bulgular, opak minerallerin tamamen kayacın yönlenmesiyle uyumlu şekilde belirli seviyelerde dizilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örnekte gözlenen başlıca mineraller, pirit ve sfalerittir. Piritler, genellikle yuvarlak ve yarı özşekilli olup çoğunlukla serbest taneler halinde bulunmaktadır. Pirit taneleri arasında ve yer yer onları kuşatır şekilde sfalerit mineralleri izlenmiştir. Pirit tanelerinin boyutları, 20 µm ile >600 µm arasında değişmektedir.

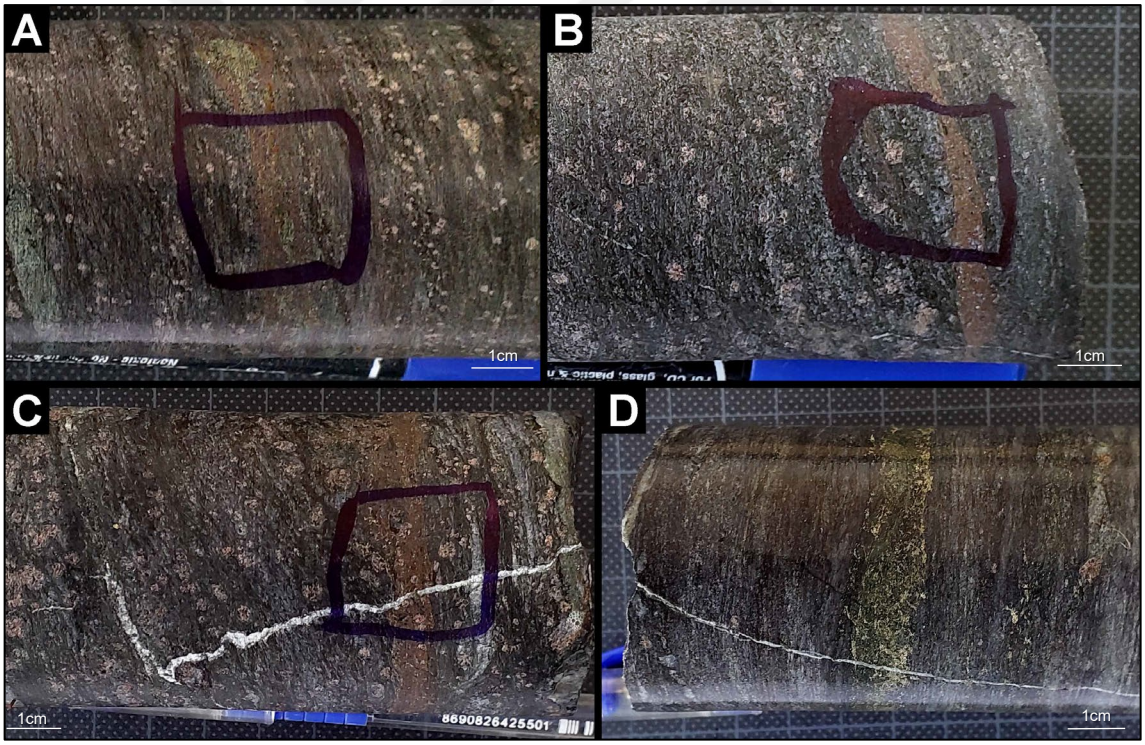
Sfaleritler, genellikle özşekilsiz veya yarı özşekilli kristaller halinde gözlenmiş olup boyutları 40 µm ile >600 µm arasında değişmektedir. Örnekte ayrıca, eser miktarda rutil, ilmenit ve pirotin mineralleri tespit edilmiştir. Pirotin mineralleri, genellikle küçük tane boyutlarında izlenmiş olup boyutları <400 µm'dir (Şekil 2.36).




Şekil 2.36. 3 numaralı örneğin cevher mikroskobisi görüntüleri. A'da cevher bantlarında baskın mineral olan pirit (Py) ve daha az oranda gözlenen sfalerit (Sp) mineralleri gösterilmiştir. B'de, sfalerit ve eser miktarda gözlenen pirotin (Po) mineralleri yer almaktadır.

*Cevherli Seviye 6*, yüzeyde oldukça belirgin Zn-Pb toprak jeokimyası anomalileri ile tanımlanmış olup bu anomalilerin yeraltındaki devamlılığı BSK02, BSK03 ve BSK04 numaralı sondaj kuyularında, gnayslar içerisinde kesilmiştir. Bu seviyenin hem yüzeye yakın hem de derinlerdeki özellikleri, bu kuyularda gözlenen cevherli seviyeye ilişkin karotlar üzerinde yapılan gözlemlerle tespit edilmiştir. Cevherli seviye, BSK02 sondajında 93,25-127,10 m, BSK03 sondajında 15,65-47,75 m ve BSK04 sondajında 9,35-36,50 m derinlik aralıklarında gözlenmiştir.

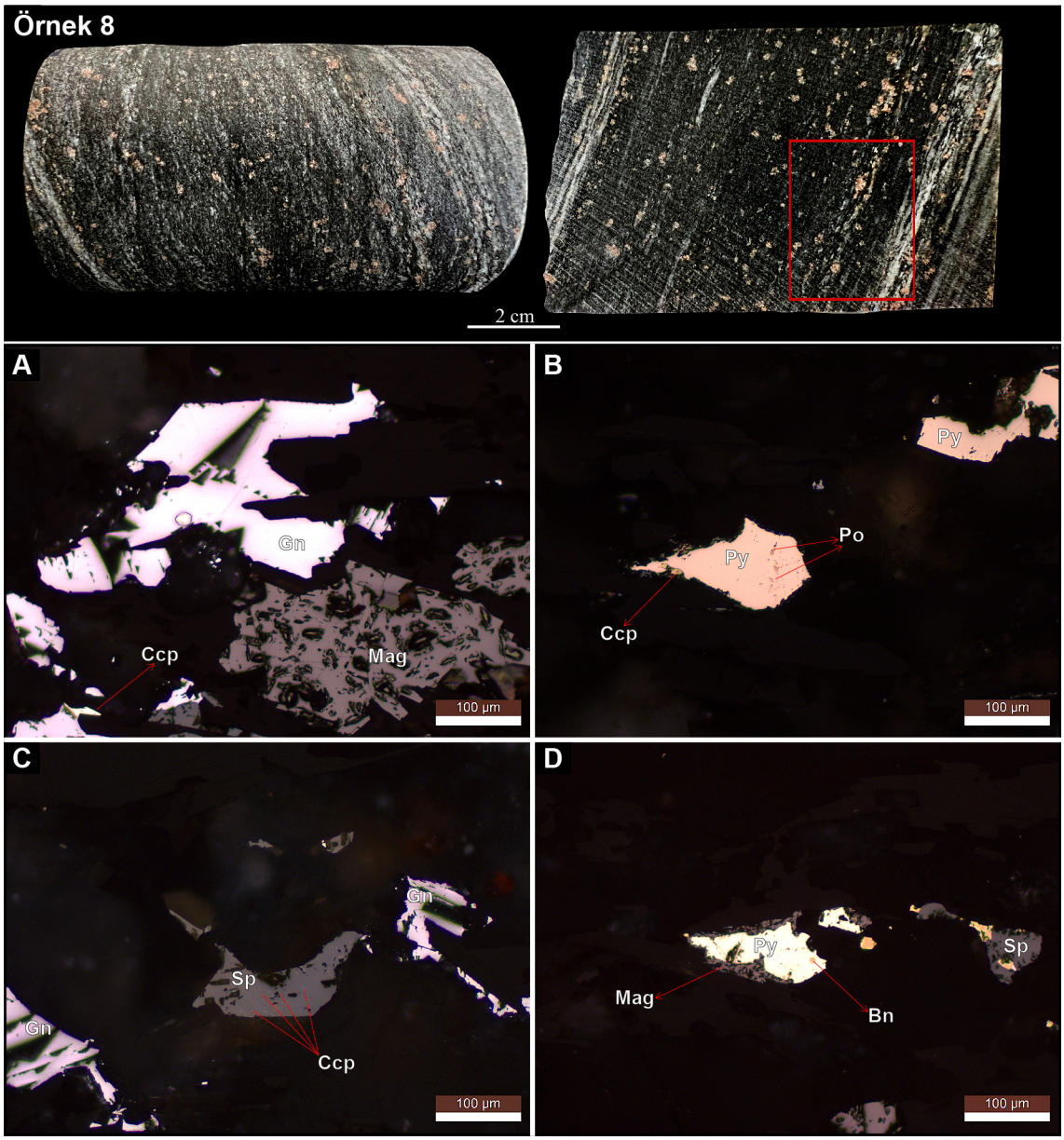
BSK02 numaralı kuyuda 93,25-127,10 m aralığında gözlenen cevherli seviye, granat-mika gnayslar içerisinde yer alan ince (0,1-1,5 cm) Zn-Pb bantları ve saçınımlı pirit içeren bantlardan oluşmaktadır. Yankayaç, koyu gri ve siyah renklerde, yer yer kuvars ve feldispatça zengin açık renkli bantların gözlendiği, yoğun ve saçınımlar şeklinde orta-iri taneli, kırmızı-pembe renkli granatları içeren granat-mika gnays olarak tanımlanmıştır. Zn-Pb bantları, kahverengi-koyu kırmızı renklerde olup kalınlıkları 0,1-1,5 cm arasında değişmektedir (Şekil 2.37. A, B, C). Bu bantların baskın minerallerinin sfalerit, galenit ve pirit olduğu ve bantların foliasyon düzlemi ile uyumlu olduğu el örneği ölçeğinde yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Kahverengi bantların yanı sıra, bu seviyede sarı rengiyle karakteristik olan, ince-orta taneli pirit saçınımlarından oluşan bantlar da gözlenmiştir. Pirit açısından zengin bu bantların yanında, az miktarda sfalerit ve galenit de tespit edilmiştir. Pirit açısından zengin bantların kalınlıklarının 0,5-1,5 cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 2.37. D).




Şekil 2.37. BSK02 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6'ya ait görüntüler. Görüntülerde yer alan karot örneklerinin derinlikleri, A: 102,35 m, B: 106,20 m, C: 118,15 m ve D: 119,45 m'dir. A, B ve C'de kahverengi, sfaleritçe zengin cevher bandı örnekleri gösterilmektedir. D'de ise sarı renkli piritçe zengin cevher bandı gösterilmiştir. Karotlar üzerinde saçınımlar şeklinde görülen pembe renkli, iri-orta taneli mineraller granat mineralleridir.

BSK02 numaralı kuyunun 121,45 m'sinden ince-parlak kesit örneği alınmıştır. İnce kesit üzerinde yapılan gözlemler Bölüm 2.4.1'de gnayslar başlığı altında verilmiştir. Parlak kesit üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında ise kayacın genel foliasyon düzlemine paralel/genel yönelimiyle uyumlu dizilim gösteren opak mineraller saptanmıştır. Gözlenen mineraller başlıca manyetit, pirit, sfalerit, galenit, kalkopirit, eser oranda submikroskobik pirotin ve bornittir.

Opak mineraller kayacı oluşturan bileşenlerin, özellikle mafik bileşenlerin, tane aralarında ve tane sınırlarında da gözlenir. Manyetit mineralleri yarı özşekilli-özşekilli kristallere sahiptir. Yer yer mafik bileşenlerin tane aralarında, kayacın genel yönlenmesiyle uyumlu izlenmektedir. Tane boyutları yaklaşık 200 µm ve daha küçüktür. En büyük gözlenen tane ~600 µm'dur. Yer yer küçük kümeler/gruplar halinde, mafik bileşenlerin tane aralarında, nispeten yarı özşekilli/özşekilsiz sfalerit mineralleri saptanmıştır. Sfalerit mineralleri serbest taneler halinde ve galenitlerle kenetli olarak izlenmiştir. Tane büyüklükleri 15-150 µm arasında değişmektedir. Sfaleritlerin bazıları kalkopirit ayrışımları içermektedir. Mafik bileşenlerin tane aralarında yarı özşekilli, genellikle serbest halde pirit mineralleri saptanmıştır. Piritlerin boyutları maksimum 180 µm ve daha küçüktür. Bazı pirit mineralleri içerisinde submikroskobik pirotin mineralleri izlenmektedir. Bazı piritler kalkopiritlerle kenetli şekilde ve kalkopiritler piritlerin içlerinde gözlenmektedir (Şekil 2.38). Galenit mineralleri yer yer serbest taneler halinde ve sfaleritlerle kenetli olarak kesitte tespit edilmiştir. Yer yer mafik bileşenlerin tane aralarında gözlenen galenitlerde üçgen dilinim izleri gözlenmektedir. Büyüklükleri yaygın olarak 100 µm ve daha küçüktür. Galenitler ayrıca kalkopiritlerle de kenetli şekilde izlenmektedir. Kalkopiritler genellikle küçük taneli, <50 µm olup özşekilsiz taneler halinde, piritlerin içinde sfalerit ve galenitlerle kenetli olarak izlenmektedir. Bazı kalkopirit kristallerinde submikroskobik bornit dönüşümleri tespit edilmiştir.




Şekil 2.38. BSK02 numaralı kuyunun 121,45 m'sinden alınan 8 numaralı örnek ve cevher mikroskobisi görüntüleri. Karot üzerinde, 8 numaralı örneğin alındığı alan kırmızı dikdörtgen ile gösterilmiştir. Cevher mikroskobisi görüntülerinde, A'da manyetit (Mag), galenit (Gn) ve kalkopirit (Ccp) mineralleri gösterilmiştir. Galenitler üzerinde üçgen şekilli dilinim izleri dikkat çekmektedir. B'de, pirit (Py), kalkopirit ve pirit içerisinde gözlenen pirotin (Po) mineralleri sunulmuştur. C'de, kalkopirit ayrışımları içeren sfalerit (Sp) ve galenit mineralleri gösterilmiştir. D'de, pirit, sfalerit, kalkopirit, manyetit ve pirit içerisinde gözlenen bornit (Bn) minerali yer almaktadır.

BSK03 numaralı kuyuda, 15,65-47,75 m aralığında, diğer kuyularda kesilen cevherli seviyelere benzer şekilde, kahverengi ve sarı renkli bantlar gözlenmiştir. Bantların kalınlıkları 0,1-1 cm arasında değişmekte olup gözlenme sıklıkları oldukça seyrektir. Cevher bantları, kahverengi sfaleritçe zengin ve sarı renkli piritçe zengin olarak belirlenmiştir (Şekil 2.39). Cevher bantlarında, pirit ve sfaleritin yanında, galenit mineralleri de tespit edilmiştir. Sarı renkli bantlar, ince-orta taneli pirit saçınımlarından oluşmakta olup pirit oranı önceki kuyularda gözlenenlere kıyasla daha düşüktür. BSK03'te kesilen Cevherli Seviye 6'nın başlangıcında, bantların bozunma etkisiyle oksitli minerallerden oluştuğu belirlenmiştir. 30. metreye kadar, cevher bantlarında oksitli minerallerin hâkim olduğu gözlenmiştir. 30. metreden sonra ise, cevherli seviyenin bantlarında sülfür mineralleri tespit edilmiştir.




Şekil 2.39. BSK03 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6'ya ait görüntüler. Görüntülerde yer alan karot örneklerinin derinlikleri sırasıyla: A: 24,20 m, B: 40,15 m, C: 42,55 m, D: 46,75 m'dir. A'da, cevher bantlarının oksitli minerallerden oluştuğu gözlenmiştir. B, C ve D'de ise cevher bantlarının sülfür minerallerden oluştuğu görülmektedir. Resimler üzerinde verilen oklar cevher bantlarının gözlendiği yerleri göstermektedir.

Cevher bantlarının yankayaçlarının, önceki seviyelere benzer şekilde, granat-mika gnays ve sillimanit-mika gnays olduğu belirlenmiştir. Bu seviyede, sfaleritçe zengin bantlar daha çok granat-mika gnays içerisinde gözlenirken, piritçe zengin sarı bantlar ise sillimanit-mika gnayslarda izlenmiştir.

BSK04 numaralı kuyuda ise 9,35-36,50 m aralığında, 6 numaralı cevherli seviye kesilmiştir. Bu seviyede gözlenen cevher bantlarında ağırlıklı olarak oksit mineralleri bulunmaktadır; bunlar hematit, limonit, çinko oksit ve malahit mineralleridir. Bant kalınlıkları, önceki seviyelerde değinilen bant kalınlıklarına benzer şekilde incedir. Turuncu rengiyle dikkat çeken bu bantların kalınlıkları 0,1-1,5 cm arasında değişmektedir. Önceki kuyularda gözlenen saçınımlı pirit içeren bantların bu kuyuda bozunmuş halleri gözlenmiş ve demir oksit minerallerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Diğer kuyulardan farklı olarak, bu seviyede granat-mika gnayslar içerisinde hematit, limonit, çinko oksit ve malahit mineralleri içeren barit-kuvars bantları da gözlenmiştir. Baritli bu bantların alt ve üst dokanakları, demir, çinko, kurşun ve bakır mineralleri açısından zengindir ve kalınlıkları 1-5 cm arasında değişmektedir. BSK04 numaralı kuyunun 27,10 m derinliğinde bulunan baritli bant, bu yapının özelliklerinin en iyi gözlemlenebildiği yerdir. BSK04'te kesilen cevherli seviyenin sonlarına doğru, cevher bantlarında sülfürlü mineraller gözlenmiştir. Özellikle 32. metreden itibaren, artık bozunmamış bantlar tespit edilmektedir. Bu bantlar ağırlıklı olarak, pirit saçınımları içeren sarı renkli bantlar olarak tanımlanmıştır.

BSK04 numaralı kuyunun 27,10 metresinde 4 numaralı ince-parlak kesit örneği alınmıştır. Örneğin karot üzerinde alındığı yer barit-kuvars ve oksitli minerallerden oluşan cevher bandıdır (Şekil 2.40). İnce kesit üzerinde yapılan mikroskobi çalışmalarında açık renkli bandın büyük oranda kuvars, barit, feldispat ve opak minerallerden meydana geldiği gözlenmiştir. Cevher mikroskobisi çalışmalarında ise çatlak dolgusu şeklinde limonit mineralleri ve boyamaları yaygın olarak gözlenmiştir. Yankayacın içerisinde de limonit mineralleri psödomorflar şeklinde gözlenmektedir ve içlerinde pirit kalıntıları tespit edilmiştir. Sfalerit ve galenit de cevher mikroskobisi çalışmalarında gözlenmiştir.

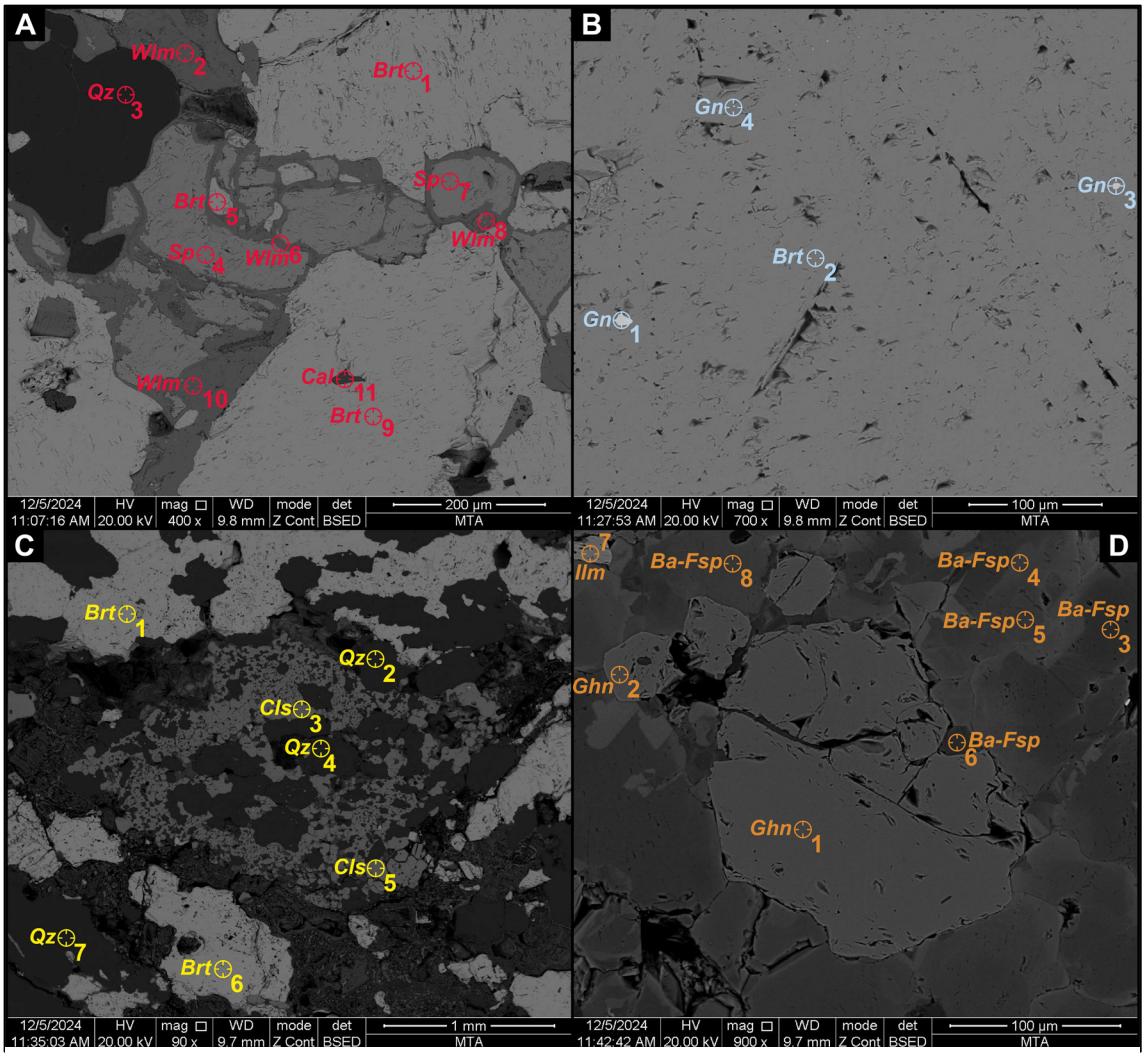



Şekil 2.40. BSK04 numaralı kuyudan Cevherli Seviye 6 ve Örnek 4'e ait görüntüler. 4 numaralı ince-parlak kesit örneği, 27,10 m derinliğinden alınmış olup örneğin alındığı yer kırmızı dikdörtgen ile gösterilmiştir. Bu örnekte gözlenen beyaz renkli bant, kuvars ve baritten oluşmaktadır. Örnekte sarı ve turuncu renkli demir ve çinko oksit minerallerinin yanı sıra, yeşil renkli bakır oksit minerali olan malahit de tespit edilmiştir. A'da, 27,05 m derinliğindeki karota ait bir fotoğraf verilmiştir. B'de, 35,80 m derinliğindeki karota ait bir fotoğraf sunulmuştur.

4 numaralı örnek üzerinde yapılan mikroskobi çalışmalarının yanında SEM çalışması da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, EDS analizleri yardımıyla ince ve parlak kesit mikroskobi çalışmalarında belirlenemeyen mineraller tespit edilmiştir. EDS verilerine göre, 4 numaralı örnekte bulunması muhtemel mineraller arasında gahnit ($ZnAl_2O_4$),

willemit ($Zn_2SiO_4$), sfalerit, galenit, barit, selsiyan ($BaAl_2Si_2O_8$), hiyalofan ($(K,Ba)[Al(Si,Al)Si_2O_8]$), kuvars, kalsit ve ilmenittir (Şekil 2.41).

Örnekte gözlenen en yaygın mineraller kuvars ve barittir. Beyaz, açık gri renkli bandın ana mineralleri olan bu minerallerden barit içerisinde, oldukça ince (<15 µm) taneli, yuvarlak şekilli galenit mineralleri de tespit edilmiştir (Şekil 2.41. B). Yer yer kalsit mineralleri de kuvars-barit tane aralarında gözlenmiştir.




Şekil 2.41. 4 numaralı örneğin SEM görüntüleri. A'da verilen görüntüde belirlenen mineraller, willemit (Wlm), barit (Brt), sfalerit (Sp), kalsit (Cal) ve kuvars (Qz) yer almaktadır. B'de, galenit (Gn) ve barit (Brt) mineralleri tespit edilmiştir. C'de, barit (Brt), kuvars (Qz) ve selsiyan (Cls) mineralleri verilmiştir. D'de, baryum feldispat-hiyalofan (Ba-Fsp), ilmenit (Ilm) ve gahnit (Ghn) mineralleri gösterilmiştir.

Örnekte dikkat çeken minerallerden biri olan willemit, karbonatlı çinko yataklarında gözlenen ikincil bir çinko mineralidir (Anthony ve ark., 2005). Var olan hemimorfit veya smitsonitin metamorfizması sonucunda da oluşan bir mineral olarak bildirilmiştir (Klein, 2007). Örnekte gözlenen willemitler, sfalerit taneleri çevresinde, sfaleritleri kuşatır şekilde ve barit, kuvars taneleri arasında gözlenmiştir. Bu örnekte, diğer örneklerin ince kesitlerinde de tespit edilen bir diğer çinko minerali ise gahnittir. Gahnitler genellikle özşekilli, çeşitli boyutlarda (15-200 μm), tekil taneler olarak baryum feldispat ve kuvars mineralleri ile beraber tespit edilmiştir.

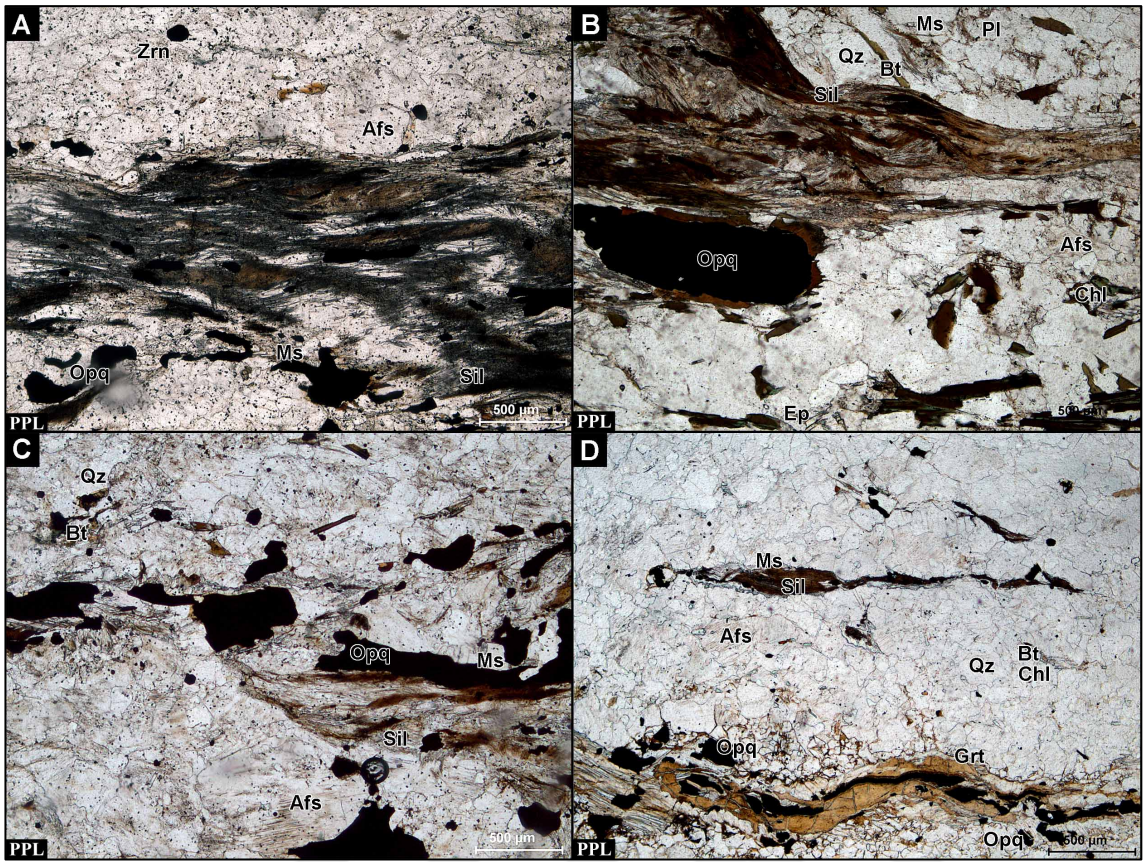
Örnekte dikkat çeken diğer önemli mineraller ise baryum feldispat mineralleri olan selsiyan (Celsian) ve hiyalofandır (Hyalophane). Selsiyan, kimyasal bileşimi $BaAl_2Si_2O_8$ olan, feldispat grubuna ait bir mineraldir ve selsiyan-hiyalofan ile selsiyan-ortoklaz serileri ile ilişkilidir (Lin ve Foster, 1968). Selsiyan genellikle az rastlanan bir mineraldir. Diğer baryum feldispatlarda olduğu gibi, selsiyan da ekshalitif hidrotermal süreçler ve düşük-orta dereceli metamorfizma ile ilişkilidir. Ayrıca, sedimanter ve metasedimanter kayaçlar ile manganez, ferromanganez ve barit yataklarıyla da ilişkilidir (Moro, Cembranos ve Fernandez, 2001). Hiyalofan ($(K,Ba)[Al(Si,Al)Si_2O_8]$), potasyum ve baryum açısından zengin bir feldispat mineralidir. Metamorfizmaya uğramış manganez yatakları, metamorfizmaya uğramış siyah şeyller ve bazı magmatik kayaçlarda da hiyalofan bulunduğu bildirilmiştir (Deer, Howie ve Zussman, 1978). Örnekte gözlenen selsiyanlar, kuvars ve barit kristalleri arasında gözlenmiştir. Selsiyanlar daha çok öbekler şeklinde gözlenmiş olup bu selsiyan öbekleri içerisinde kuvarslar da tespit edilmiştir. Örnekte gözlenen hiyalofanlar özellikle gahnit mineralleri çevresinde gözlenir. Örnekte barit mineralleri tespit edilmiş olsa da hiyalofan minerallerinin yaygın gözlendiği yerlerde barit tespit edilmemiştir. Hiyalofanların tane aralarında kuvars mineralleri de gözlenir.

### 2.5.4. Cevherleşmede Metamorfizma Etkileri

Metamorfik kayaçlar içerisinde yer alan Uzunpınar cevherleşmesinin özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda, metamorfizma süreçlerinin cevherleşme üzerindeki etkilerine dair bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular, mikroskobik çalışmalar ve el örneği ölçeğinde yapılan gözlemlere dayanmaktadır.

Uzunpınar cevherleşmesinde tespit edilen metamorfizma etkileri genel olarak; cevher bantlarının yankayaç foliasyon düzlemi ile uyumu, opak mineraller ve metamorfik minerallerin birlikte uzamaları, iri taneli (>100 μm) ve özşekilli opak minerallerin varlığı, köpük dokuları, gahnit ve baryum feldispat minerallerinin varlığı, pirit-pirotin birlikteliği ve sfaleritlerde yüksek demir içeriği metamorfizma etkilerinin başlıca göstergeleridir. Literatür verilerine göre, bölgesel, dinamotermal ölçekte metamorfizma ve deformasyon, var olan cevherler üzerinde beş önemli değişikliğe sebep olmaktadır. Bunlar; tane boyutunda genel bir artış ve spesifik mineral morfolojisinin gelişimini içeren yeniden kristallenmeye bağlı doku değişimleri, kırılgan ve sünek deformasyon nedeniyle dokusal özelliklerde meydana gelen değişimler, mineralojik bileşimdeki değişimler, önceden var olan cevherlerin remobilizasyonu ve cevherleşmenin yapısal özellikleri veya morfolojisindeki değişimler şeklinde özetlenebilir (Vokes, 1998).

İnce kesitler üzerinde yapılan çalışmalarda, metamorfik minerallerde yönlenme ve uzamalar son derece tipiktir. Ayrıca, metamorfik minerallerin çevresinde saçınımlar ve bantlar şeklinde gözlenen opak minerallerde de aynı yönlenme ve uzama gözlenmiş ve bu yönlenmelerin foliasyon düzlemine paralel olduğu belirlenmiştir. Sillimanit ve mika mineralleri gibi yönlenmelerin açıkça izlendiği kesimlerde, bu yönlenmeler ve uzamalar daha belirgindir. Uzamalar daha çok piritlerde belirgin şekilde gözlenmiş olsa da yönlenmiş opak minerallerin yalnızca piritten ibaret olmadığı ve diğer opak minerallerde de metamorfizmanın sebep olduğu yönlü dokular ve uzamalar tespit edilmiştir (Şekil 2.42). Metamorfizmaya uğramış stratifrom şekilli yataklarda belirgin deformasyon etkilerinden biri cevherin ve cevher minerallerinin foliasyona paralel olarak yönlenmesi ve uzamasıdır (elongasyon) (Vokes, 1998).



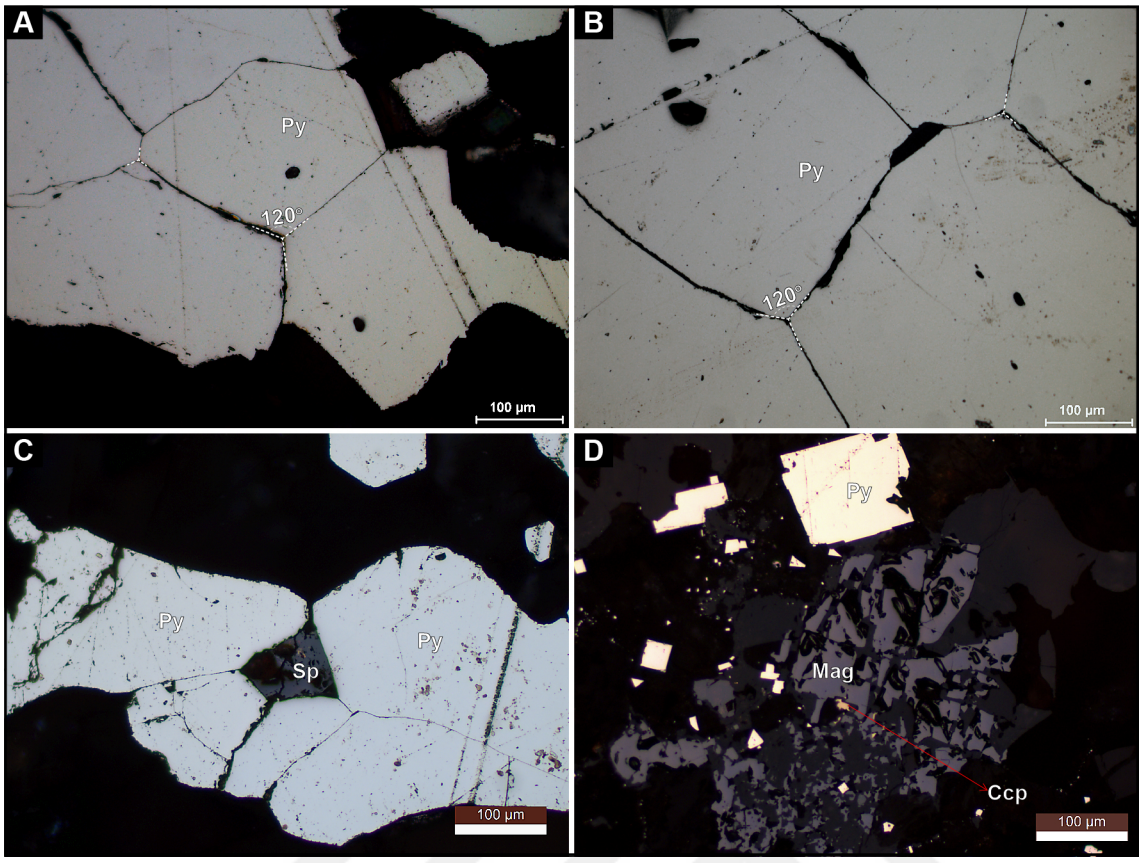

Şekil 2.42. Opak minerallerdeki uzama (elongasyon) ve yönlenmeleri gösteren görüntüler. A ve C'de verilen görüntüler, 7 numaralı örnekten alınmış olup opak minerallerde (Opq) özellikle sillimanit (Sil) mineralinin yönelimine paralel uzamalar gözlenmektedir. B'de, 9 numaralı örneğe ait ince kesit görüntüsü verilmiştir ve opak minerallerdeki uzamalar, sillimanit minerallerine paralel olarak A ve C'deki görüntülere benzer şekilde tespit edilmiştir. D'de, 11 numaralı örneğe ait görüntü yer almakta olup foliasyona paralel şekilde uzanan opak mineraller açık bir şekilde görülmektedir. Afs: alkali feldispat, Qz: kuvars, Pl: plajiyoklaz, Bt: biyotit, Ms: muskovit, Ep: epidot, Chl: klorit.

Uzunpınar'da doku değişimleri ile ilgili olarak, özellikle cevher mikroskobisi çalışmalarında, örnekler içerisinde köpük dokusu ve özşekilli opak mineraller gözlenmiştir. Köpük dokusu, hem iri taneli (>100 µm) pirit mineralleri arasında hem de opak minerallerin çiftleri arasında belirlenmiştir (Şekil 2.43. A, B, C). Özşekilli pirit taneleri ise hem tekil taneler halinde hem de kümeler şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.43. D). İnce kesit ve parlatma örneklerinin büyük bir kısmında opak minerallerin tane

boyutlarının oldukça çeşitlilik gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak, genel bir değerlendirme yapıldığında, neredeyse tüm kesitlerde iri taneli (>100 μm) opak mineraller gözlenir. Metamorfik koşullar altında, yeniden kristallenme tipik olarak tane boyutunun artmasına neden olur. Literatür verilerine göre yeniden kristallenme (rekristalizasyon) göstergeleri; türe özgü tane morfolojilerinin oluşumu, köpük (triple-junction) dokuları, özşekilli ve porfiroblastların gelişimleri, dokularda gözlenen değişimlerdir (Vokes, 1998). Gang minerali olan granata benzer şekilde, cevher minerallerinin büyümesi, tavlama (annealing) koşullarına ve cevherleşmenin mineral bileşimine bağlıdır (Craig ve Vaughan, 1994).

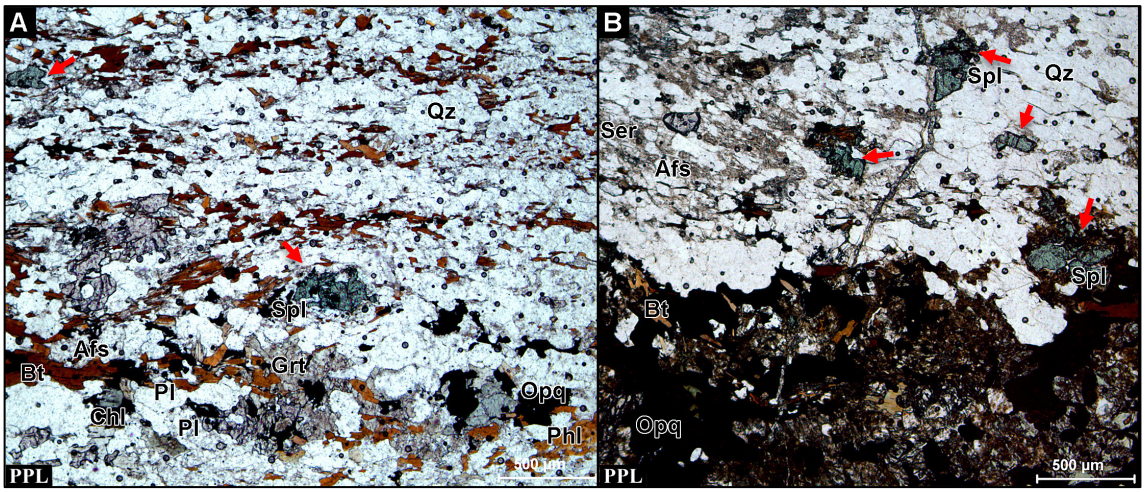
Tavlamanın en karakteristik özelliği, tane yüzeylerinin alanlarını en aza indiren ve arayüzey gerilimini azaltan rekristallenmedir. Rekristallenme, 120° arayüzey (dihedral) açısına sahip kabaca eşit tanelerin gelişmesiyle sonuçlanır. Monomineralik cevherlerde, arayüzey açıları 120°'ye yakın olurken, polimineralik cevherlerde tane arayüzey açıları, minerallere bağlı olarak değişir (Craig ve Vaughan, 1994). Yaygın gözlenen sülfür mineral çiftlerinin arayüzey açıları arasında galen-sfalerit (103°-134°), kalkopirit-sfalerit (106°-108°) ve pirotin-sfalerit (107°-108°) bulunur (Stanton, 1972). Tavlama sırasında, daha küçük taneler daha büyük tanelerce emilir (Craig ve Vaughan, 1994).

Birçok çalışma metamorfizma derecesi arttıkça pirit tane boyutunda genel bir artış olduğunu belgelemiştir. Metamorfizmaya uğrayan cevherde pirit miktarının az olduğu durumlarda, pirit genellikle diğer minerallerin arayüzeylerinde mercekler veya üçgen kütleler şeklinde sınırlı kalabilir. Öte yandan, diğer sülfitlerin önemli veya baskın miktarlarda bulunması genellikle piritin özşekilli taneler halinde yeniden kristallenmesini sağlar (Craig ve Vokes, 1993).




Şekil 2.43. 3, 5 ve 14 numaralı örneklerin cevher mikroskobisi görüntülerini göstermektedir. A'da, 3 numaralı örnekte iri taneli (>100 µm) pirit (Py) kristalleri arasında gözlenen yaklaşık 120°'lik açı ve köpük dokusu gösterilmiştir. B'de ise benzer köpük dokusu, 5 numaralı örnekte yer alan piritler arasında tespit edilmiştir. C'de, 3 numaralı örnekten alınan görüntüde pirit taneleri arasında sfalerit (Sp) minerali yer alır ve kristaller arasında benzer açının bulunduğu gözlenmektedir. D'de, 14 numaralı örnekte gözlenen özşekilli pirit kristalleri sunulmuştur.

Metamorfizmanın Uzunpınar üzerindeki etkilerine ilişkin bir diğer önemli bulgu ise ince kesit ve SEM çalışmalarında tespit edilen gahnit (Zn-spinel) mineralinin varlığıdır. 2A, 2B ve 4 numaralı örneklerde saçınımlı şekilde gözlenmiştir. Gahnit tespit edilen örneklerde, gahnit çevresinde kuvars bantları, feldispatlar, mika mineralleri, opak mineraller ve granat yaygın olarak gözlenmiştir (Şekil 2.44). Genellikle yüksek dereceli bölgesel metamorfizma koşullarına maruz kalmış ekshalitif yataklarda, gahnit ($ZnAl_2O_4$) mineralleri yaygın olarak gözlenir (Corriveau ve Spry, 2014). Gahnitin varlığı, yatakların metamorfizmaya uğradığının önemli göstergelerden biri olarak kabul edilir.




Şekil 2.44. 2A numaralı örnekte gözlenen gahnit (Spl) minerallerine ait görüntüler. A ve B'de yeşil ile koyu yeşil renkleriyle dikkat çeken gahnit mineralleri gösterilmiştir. Gahnit dışında granat (Grt) ve opak mineraller (Opq) de bu örnekte yaygın olarak tespit edilmiştir. Afs: alkali feldispat, Qz: kuvars, Pl: plajiyoklaz, Bt: biyotit, Phl: flogopit, Ser: serisit.

Avustralya'daki Broken Hill yatağında, kuvars-gahnit-almandin-sfalerit-pirotin parajenezlerinin yaygın olarak gözlendiği zonlarda yapılan çalışmalar, çinko spinel olarak da bilinen gahnit oluşumunun, sfalerit desülfidasyonu ile gerçekleştiği öne sürülmektedir (Spry, Peter ve Slack, 1998). Anateksi durumunda gahnit oluşumu, anatektik eriyiğin alüminyumca zengin olması nedeniyle, sülfür-silikat temaslarında meydana gelebilir. Bu süreçte, sülfür eriyiği veya kalıntı sfalerit, alüminyumca zengin eriyik ile reaksiyona girerek gahnit oluşumuna yol açabilir (Staude, Raisch ve Markl, 2023; Spry ve Scott, 1986). Bununla birlikte, literatürde, gahnit oluşumunun çinko oksitin metamorfizması ile aşağıda verilen reaksiyonla gerçekleşebileceği ifade edilmektedir;

$$2Al_2Si_2O_5(OH)_4 + ZnO \rightarrow ZnAl_2O_4 + Al_2SiO_5 + 3SiO_2 + 4H_2O$$

Kaolinit + Çinko Oksit → Gahnit + Sillimanit + Kuvars

(Segnit, 1961; aktaran Spry, Peter ve Slack, 1998)

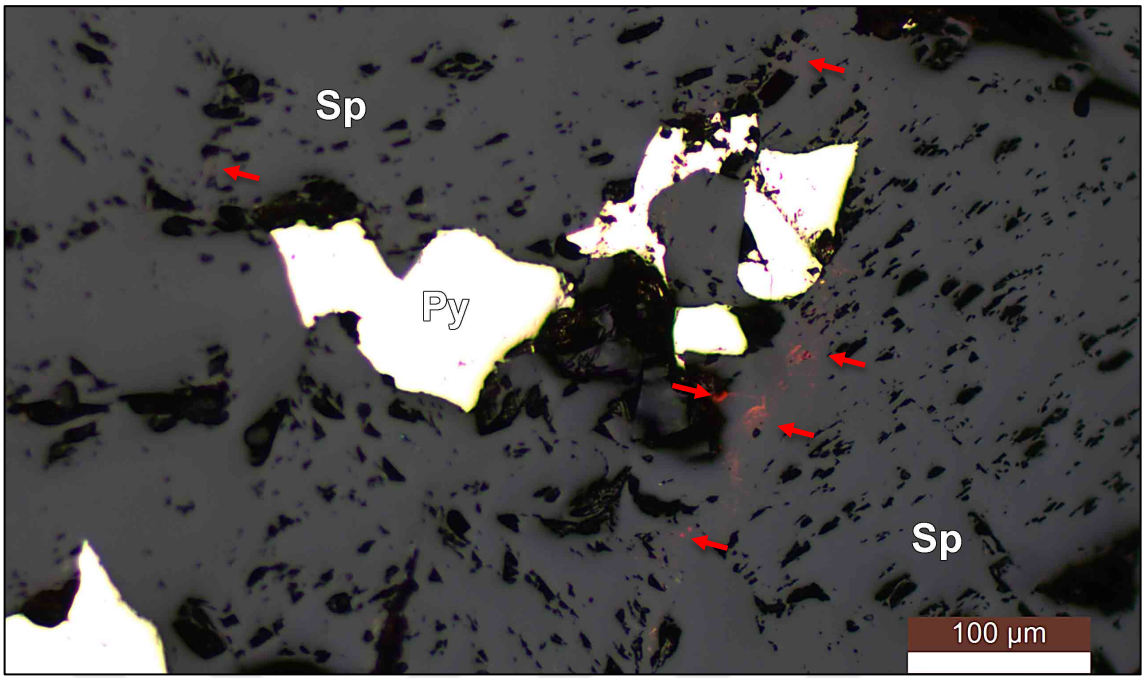
SEM çalışmalarında tespit edilen baryum feldispat mineralleri (selsiyan ve hiyalofan), cevherleşmenin mineralojisinde metamorfizmanın etkilerinin bir diğer göstergesidir. Bu

feldispatların oluşumu literatürde çoğunlukla baritin bozunması ve metamorfizma süreçleriyle ilişkilendirilmektedir (Chabu ve Boulegue, 1992).

SEM ve cevher mikroskobisi çalışmaları sırasında belirlenen eser miktardaki şelit minerali de metamorfizmanın cevherleşme üzerindeki etkileriyle ilişkili olabilir. Şelitin varlığı, genellikle magmatik ve kontak metamorfizma süreçleriyle ilişkilendirilmesine rağmen, bölgesel metamorfizma ile de oluşabileceğini gösteren bulgular bulunmaktadır (Altenberger ve ark., 2024). Avustralya'daki Broken Hill Zn-Pb-Ag cevherleşmesinde de şelitin varlığının, metamorfizma etkilerinden biri olan remobilizasyon süreciyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Plimer, 1994).

Cevher mikroskobisi çalışmalarında, örneklerde gözlenen pirit ve pirotin birlikteliği (Şekil 2.27. C, D, E), Uzunpınar'da metamorfizma etkilerinden biri olarak değerlendirilebilir. Yüksek metamorfizma derecelerinde piritin FeS ve S'e parçalanması nedeniyle pirit miktarında azalma görülür. Buna karşın, pirotin miktarında, piritin parçalanması ve diğer Fe içeren minerallerin sülfidasyonu sonucunda artış olur. Bu durum özellikle üst yeşilşist-amfibolit fasiyesi sınırı civarında belirginleşir. İlerleyen (prograd) metamorfizma süreçlerinde meydana gelen değişimlerin bazıları gerileyen (retrograd) metamorfizma süreçleriyle tersine çevrilebilir (Marshall, Vokes ve Larocque, 1998).

Uzunpınar'ın sfalerit açısından zengin örneklerinde, sfaleritlerde sıklıkla kırmızı-kahverengi iç yansıma renkleri tespit edilmiştir (Şekil 2.45). Sfaleritlerde gözlemlenen yoğun kırmızı ve kahverengi iç yansıma renkleri, bu minerallerin demir içeriklerinin yüksek olduğunu göstermektedir (Pracejus, 2008). SEM çalışmalarında, sfaleritlerde yapılan EDS analizlerinde gözlenen Fe: ~%7 (Ek 1- Örnek 4, EDS01, Spot 4 ve Spot 7) sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir. Gahnit oluşumu dışında, sfaleritlerde gözlenen metamorfizma etkilerinden biri de, artan metamorfizma dereceleriyle FeS yüzdesinde kademeli bir artış olmasıdır (Bethke ve Barton, 1971; aktaran Marshall, Vokes ve Larocque, 1998). Ayrıca, metamorfizmanın etkisiyle sfaleritlerde kalkopirit katı ayrışması meydana gelir ve tane sınırları yeniden şekillenir (Sangster ve Scott, 1976).




Şekil 2.45. 2A numaralı örnekteki sfaleritlerde (Sp) gözlenen kırmızı iç yansıma renkleri (tek nikol). Sfaleritler üzerindeki kırmızı oklar ile kırmızı iç yansıma renklerinin yoğun olduğu yerler gösterilmiştir.

### 2.5.5. Cevherleşmenin Şekli, Kökeni ve Sınıflandırması

Bölüm 2.5'te verilen bulgular ışığında cevherleşmenin şekli, kökeni ve tipi hakkında yapılan çıkarımlar bu bölümde verilmiştir.

Yüzeyde gözlenen cevherli döküntülerde, cevher bantları ile yankayaç bantlarının birbirine paralel olduğu tespit edilmiştir. Aynı paralellik, sondajlarda kesilen tüm cevherli seviyelerde de belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Mikroskobik incelemelerde, cevher bantlarının foliasyon düzlemine paralel olarak görülmesi, el örneği ölçeğindeki çıkarımları desteklemektedir. Yüzeyde cevherli döküntülerin gözlendiği alanların uzanımı ve toprak jeokimyasında belirlenen Zn-Pb anomalilerinin uzanımı, cevherleşmenin KD-GB doğrultusuna sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Sınırlı alanda gözlenen mostralarda, cevherleşmenin yankayacı olan gnaysların doğrultusunun da KD-GB olduğu belirlenmiştir. Yüzeydeki cevherleşme izleri ile sondajlarda kesilen cevherli seviyelerin korelasyonu, cevherleşme ile yankayaçların aynı oryantasyona sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, cevherleşmenin şeklinin stratiform olabileceğini desteklemektedir.

İnce-parlak kesit çalışmaları sırasında yapılan mikroskobik incelemelerde, örneklerin büyük çoğunluğunda opak mineraller ile kayaç oluşturan mineraller arasında uyumlu bir dizilim ve yönelimler tespit edilmiştir. Bu yapılar hem cevher bantlarında hem de saçınımlar şeklinde gözlenen opak minerallerde belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Bu bulgular, cevherleşmenin yankayaç protolitiyle eş zamanlı olarak oluştuğunu, bir diğer deyişle kökeninin sinjenetik olduğunu göstermektedir. Ayrıca, cevher bantlarının foliasyon düzlemine paralel olarak izlenmesi de bu çıkarımı desteklemektedir.

Uzunpınar Zn-Pb±Cu cevherleşmesinin özellikleri ve metamorfizmaya uğrama durumu dikkate alındığında, bu cevherleşmenin Sedex tipi Zn-Pb ve Broken Hill Tipi (BHT) Zn-Pb-Ag yataklarıyla ortak özellikler taşıdığı görülmektedir.

Sedex (SedEx: Sedimanter Ekshalitif) tipi cevherleşmeler, metal taşıyan sıcak suların süreksizlikleri (baca veya kırık-vent) kullanarak deniz tabanına çıkması, deniz suyu ile karışarak hızla soğuması ve taşıdığı metal ve elementlerin çökelmesiyle oluşan laminalı sülfit yataklarıdır (Emsbo ve ark., 2016; Hannington, 2021). Sedex yataklarının oluşum modeli, deniz suyu ve evaporitlerden türeyen tuzlu suların, rift havzalarında Zn ve Pb'u Cl kompleksi şeklinde taşımasıyla başlamaktadır (T: 100-300 °C ve Tuzluluk: %10-30). Bu süreçte, havza içerisindeki faylar, tuzlu suların şarj ve deşarjı için taşıma kanalı görevi görür. Yükselen tuzlu sular, faylar (besleyici zonlar-feeder) aracılığıyla deniz suyuyla ve deniz tabanına yakın kayaçlarla etkileşime girer. Ortamdaki $H_2S$'in (biyojenik sülfat indirgenmesi [BSR] ve termojenik sülfat indirgenmesi [TSR] süreçleriyle) tuzlu sularla reaksiyonu sonucunda sülfit mineralleri çökelir. Bu hidrotermal sirkülasyonun 75,000 yıl ile 1 milyon yıl arasında devam ettiği belirtilmektedir (Emsbo ve ark., 2016).

Sangster (2002) tarafından stratiform çökellerin altında uyumsuz bir besleyici zon (feeder pipe) ve ilişkili alterasyonun varlığına veya yokluğuna dayanan bir alt sınıflama oluşturulmuştur. Bunlar vent-proximal ve vent-distal'dir. Proximal tipteki yataklar, doğrudan stratiform kütlenin altında yer alan uyumsuz bir besleyici zon (feeder pipe) ve alterasyon zonuna sahiptir. Distal ise besleyici zondan yoksundur ve hidrotermal besleyici zonlardan konumsal olarak ayrılmış olarak kabul edilir. Sedex tipi olarak kabul

edilen yatakların %80'inden fazlası distal yatakları olarak bilinmektedir (Leach ve ark., 2005). Metamorfizmaya uğramış Sedex yataklarında besleyici zonların eksikliğinin bir diğer sebebi ise metamorfizmadır. Yüksek dereceli metamorfizma, Sedex yataklarında besleyici zonları ortadan kaldırabilir veya sülfitli şistlere dönüştürebilir (Vokes, 1998).

Geometri ve mineral içeriği açısından Uzunpınar cevherleşmesine benzer özellikler taşıyan bir diğer yatak tipi, Broken Hill Tipi (BHT) Zn-Pb-Ag cevherleşmeleridir. Genellikle Paleo-Mezoproterozoik yaşlı, kıtasal rift ortamlarıyla ilişkili, yüksek dereceli (üst yeşilşist, amfibolit ve granülit fasiyesi) metamorfizmaya uğramış metasedimanter birimler içerisinde, stratiform mercek şekilli cevher zonlarından oluşan cevherleşme tipidir. BHT cevherleşmeleri, yüksek rezerv ve yüksek Pb-Zn-Ag tenörleriyle dikkat çeker. BHT yatakları, genellikle galenit, sfalerit ve pirotin açısından zengin, pirit, karbonatlar, grafit açısından fakir ve düşük sülfürlü cevher zonlarından oluşur. Gang mineralleri arasında rodonit, hedenberjit, kuvars ve vollastonit gibi mineraller bulunur (Spry ve Teale, 2021). Sedex yataklarından farklı olarak BHT yataklarında Sb, Cu, As, Bi ve Au gibi ayırt edici bir element içeriği gözlenmektedir (Leach ve ark., 2005). BHT tipi yatakların bir diğer karakteristik özelliği, demir formasyonları, kuvars-granatit (coticule), kuvars-gahnit ve turmalinit gibi kayaçlar ile ilişkili olmasıdır (Spry ve Teale, 2021). En yaygın bilinen BHT yatakları (Broken Hill, Cannington), Avustralya'da yer almaktadır.

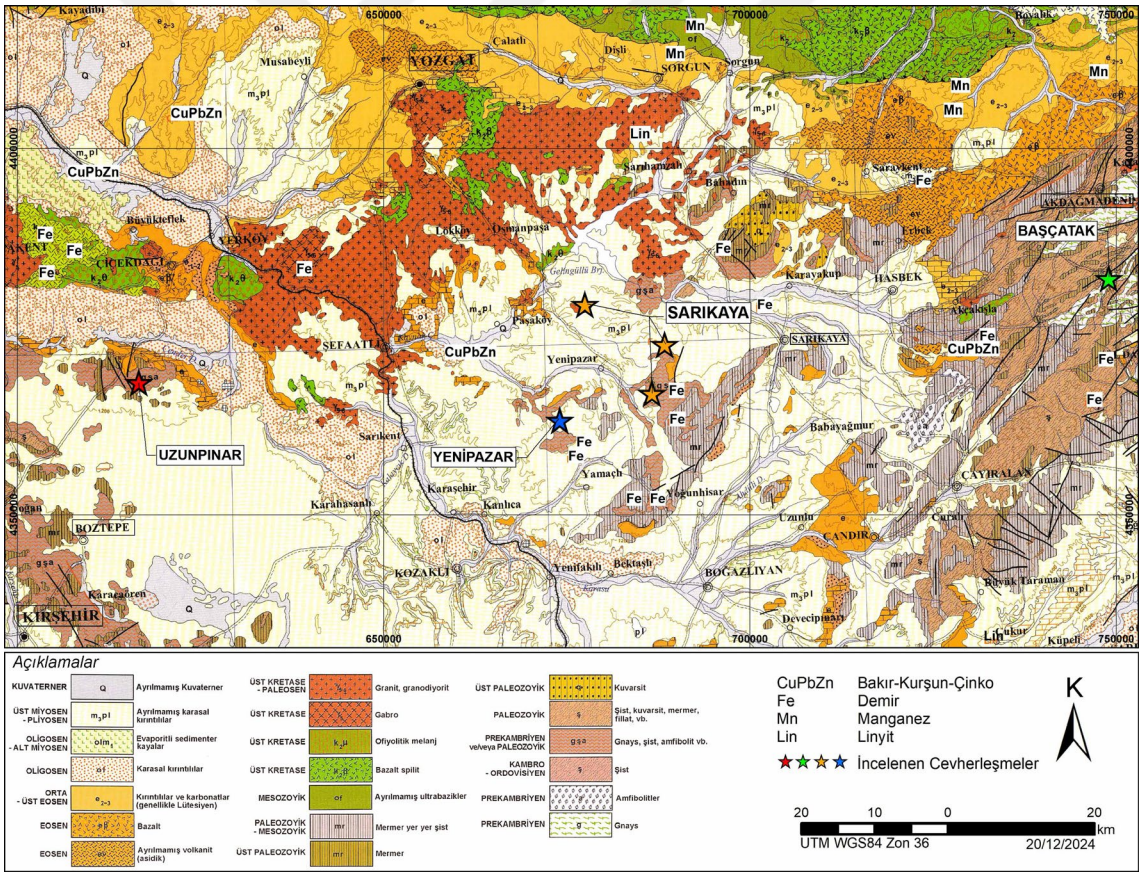
Yankayaç, cevherleşme şekli, cevherleşme ortamı ve mineral içeriği BHT tipi yataklar ve Uzunpınar cevherleşmesinin ortak özellikleri arasında gösterilebilir. Cevherleşmenin yaşı, pirit miktarı, bazı gang mineralleri ve metal içeriği ise farklılıklar olarak özetlenebilir. BHT tipi yatakların metamorfizmaya uğramış Sedex tipi mi yoksa benzersiz bir sınıf mı olduğu konusu hâlâ tartışılmaktadır (Sangster, 2020). Bu nedenle, BHT cevherleşme tipinin özellikleri bu çalışma kapsamında Uzunpınar cevherleşmesinin özellikleriyle detaylı olarak karşılaştırılmamıştır.

Çizelge 2.3. Uzunpınar cevherleşmesi ile Sedex tipi cevherleşmelerin özelliklerinin karşılaştırılması.

| Cevherleşme Özellikleri | Sedex | Uzunpınar Cevherleşmesi |
|---|---|---|
| **Metal İçeriği** | Zn, Pb ± Ag, Cu ± Cd, Sn, Ga ve Ge metal içeriğine sahip olan Sedex yataklarının, tipik olarak düşük Au içeriklerine sahip olduğu bilinmektedir. Sedex yataklarında, ortalama 0,7 olan Zn:(Zn+Pb) oranı, bu yatakların Zn bakımından baskın olduğunu göstermektedir (Emsbo ve ark., 2016; Hannington, 2021). | Döküntüler, toprak jeokimyası ve sondajlardan alınan örneklere göre, cevherleşme Zn+Pb±Cu içeriğine sahiptir. |
| **Oluşum Ortamı** | Sedex yataklarının oluşum ortamı, rift oluşumlu denizel sedimanter havzalar olarak tanımlanmaktadır (Hannington, 2021). Bu rift havzaları:<br>1-Genişleme havzalarının geliştiği kıta içi veya çökmüş rift ortamı,<br>2-Kalın bir sedimanter diziyle dolu kıtasal rift,<br>3-Pasif kıta kenarı riftleridir (Leach ve ark., 2005). | Cevherleşmenin yankayaçlarının üyesi olduğu Kalkanlıdağ Formasyonu hakkında araştırmacılar, formasyonun oluşum ortamını genellikle çamur çökelimi ve yer yer kumlu çökelimlerin bulunduğu denizel ortam olarak yorumlamışlardır (Seymen, 1981, 1984). |
| **Yankayaç** | Yankayaçlar, çeşitli denizel sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır (Kelley ve ark., 1986). Bu kayaçlar; şeyl, organik malzeme açısından zengin silttaşı, kalkerli çamurtaşı, kireçtaşı, çört ve daha az oranda kumtaşı ile konglomeradan oluşmaktadır (Emsbo ve ark., 2016; Leach ve ark., 2005; Sangster, 2018). | Granat-mika gnays, sillimanit-mika gnays ve mermerlerden oluşmaktadır. Bu kayaçların protolitleri, muhtemel denizel ortamda oluşmuş silisiklastik kayaçlar (şeyl, silttaşı, kumtaşı) ve kireçtaşlarıdır. |
| **Cevherleşme Morfolojisi** | Sedex çökelleri, birkaç santimetreden birkaç on metreye kadar kalınlıklara ve yüzlerce ile binlerce metreye kadar değişebilen devamlılığa sahip stratiform laminalı sülfit tabakalarından oluşmaktadır (Leach ve ark., 2005; Hannington, 2021). | Foliasyona paralel olarak gelişmiş ve ince (<8 cm) cevher bantlarından oluşan stratiform şekilli cevherli seviyelerle karakterizedir. Bu seviyeler, genellikle litolojik düzlemlere uyumlu bir şekilde yanal devamlılıkları fazladır. |
| **Cevher Mineralojisi** | Sedex yataklarındaki birincil ekonomik mineraller sfalerit ve galenittir. Pirit, çoğu cevherleşmenin ana sülfür minerali olarak dikkat çekerken, az miktarda kalkopirit varlığı çoğu cevherleşme için tipiktir. Barit, Proterozoik yaşlı cevherleşmelerin yaklaşık %25'inde ve Fanerozoik yaşlı cevherleşmelerin yaklaşık %75'inde bulunur. Kuvars zenginleşmeleri bu yataklarda yaygındır. Rapor edilen karbonat mineralleri arasında kalsit, dolomit, Fe-karbonatları (siderit ve ankerit) ve Mn-karbonatları yer almaktadır. Tetrahedrit, freibergit ve boulangerit, Sedex olarak tanımlanmış yataklarda gözlenen diğer mineraller arasındadır. Fosfat birikimleri (apatit, florapatit) ise birçok Sedex yatağında gözlenir (Emsbo ve ark., 2016; Leach ve ark., 2005). | Ana sülfür mineralleri pirit, sfalerit ve galenittir. Tüm cevherli seviyelerde olmasa da kalkopiritin gözlendiği seviyeler yaygındır. Ayrıca, şelit, gahnit, willemit, markazit, pirotin, bornit, manyetit, hematit, malahit, limonit, barit, kuvars, kalsit ve feldispatlar (plajiyoklaz, ortoklaz, hiyalofan, selsiyan), granatlar (almandin, spessartin, andradit), diyopsit, epidot, klorit, ankerit ve apatit cevherli seviyelerde tespit edilen diğer mineralleridir. |
| **Cevher Dokusu** | Sedex yataklarının en karakteristik dokusu, ince taneli cevher minerallerinden oluşan tabakalı ve bantlı dokulardır. Bununla birlikte, daha iri taneli breşik, damarcıklı, parçalı veya kaotik dokular da bu yataklarda gözlenebilmektedir (Kelley ve ark., 1986) | Cevherleşmenin en belirgin dokusu, iri ve ince taneli opak minerallerden oluşan bantlı doku ve saçınımlı yapılardır. |

# 3. UZUNPINAR VE KIRŞEHİR-AKDAĞMADENİ MASİFLERİNDEKİ BENZER CEVHERLEŞMELER

Önceki bölümde sunulan Uzunpınar cevherleşmesinin özellikleri ve yapılan çıkarımlar göz önüne alındığında, OAKK içerisinde Uzunpınar cevherleşmesiyle ilişkili ve benzer olabilecek diğer cevherleşmelere yönelik araştırmalar bu bölümde ele alınmıştır. Uzunpınar'ın protolitinin denizel bir ortamda oluştuğu ve sinjenetik kökenli olduğu çıkarımı doğrultusunda, OAKK içerisinde yer alan Başçatak Pb-Zn-Cu sülfit cevherleşmesi (Yozgat-Akdağmadeni), Yenipazar polimetalik cevherleşmesi (Yozgat-Boğazlıyan) ve Sarıkaya Fe – Mn cevherleşmelerinin (Yozgat-Sarıkaya) özellikleri değerlendirilmiştir (Şekil 3.1).




Şekil 3.1. Uzunpınar, Başçatak, Yenipazar ve Sarıkaya cevherleşmelerinin 1/500,000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterimi. Harita, MTA (2002)'den değiştirilerek alınmıştır.

Başçatak Pb-Zn-Cu-sülfit cevherleşmesi, özellikleri bakımından Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) içerisindeki Uzunpınar'a en çok benzeyen cevherleşmedir. Başçatak cevherleşmesi üzerine Genç (1998, 2001) ile Coşkun (2009) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarına ilişkin özet aşağıda sunulmuştur.

Akdağmadeni Masifi metamorfikleri içerisinde yer alan Başçatak cevherleşmesinin yankayaçları gnays, mikaşist ve mermerdir. Gnayslar, pegmatitik/migmatitik kesimler de içerir ve ana bileşenleri mika (biyotit, muskovit), kuvars, feldispat, granat, karbonat ve skapolit olup hornblend, piroksen ve sillimanit de bulunur. Oluşum ortamı, killi, kumlu ve karbonatlı sedimanların oluştuğu, organik madde ve metal içeriği açısından zengin bir sedimantasyon sürecinde, sığ denizel koşullar ve evaporatif ortamı yansıtır. Cevherleşme, gnayslarda mikro-kıvrımlı cevher bantları ve mercek şekilli olup gnaysların yönelimine uyumludur; mermerlerde ise düzenli, benekli-bantlı bir yapıdadır. Opak mineraller; sfalerit, galenit, kalkopirit, pirotin, pirit, markazit, sülfotuzları, fahlerz ve molibdenittir.

Genç (2001), cevherleşmenin muhtemelen ekshalitif sedimanter bir kökene sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Akdağmadeni Masifi metamorfikleri içerisinde dikkat çeken bir diğer cevherleşme, Yozgat-Boğazlıyan, Yenipazar polimetalik cevherleşmesidir. Yenipazar polimetalik cevherleşmesi bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş içermektedir. Cevherleşme, biyotit-şistler ve mermerlerden oluşan metasedimanter istif içerisinde yer almakta olup istif içinde yer yer asidik ve ortaç metavolkanik kayaçlar da gözlenmektedir. Oluşum ortamı ve kökeni, deniz tabanına metalce zengin hidrotermal sıvıların çıkması ve çökelmesi ile ilişkilendirilmiştir. Cevherleşmenin şekli stratiform olup cevherleşmeyi kesen ve cevherleşmeden sonra oluştuğu düşünülen cevherli breşik zonlar da bulunmaktadır. Cevher mineralleri saçınımlar halinde gözlenir ve başlıca mineraller; pirit, kalkopirit, galenit, sfalerit ve gahnitten oluşmaktadır. Cevherleşmenin metamorfizmaya uğramış bir VMS (Volkanojenik Masif Sülfit) tipi olduğu belirtilmiştir (Jacobs Minerals, 2013).

Akdağmadeni metamorfikleri içerisinde yer alan bir diğer cevherleşme ise Sarıkaya (Yozgat) manganezli demir cevherleşmeleridir. Cevherleşmelerin yankayaçları, mika şistler, gnays ve kristalize kireçtaşlarıdır. Cevherleşmenin oluşum ortamı ve kökeni, denizel ortamda oluşmuş, sedimanter kökenli bir yatak karakteri taşır. Cevherleşme şekli, tabaka ve bant şekillidir, mika şistler ile ardalanmalı olarak gözlenir. Cevher zonu, demirli ve manganlı tabakalar ile sık ve paralel kuvars bantları içerir. Cevher mineralleri, spekülarit, hematit, manyetit ve manganez mineralleridir. Ayrıca pirit, kalkopirit, malakit, bornit ve florit gibi mineraller de gözlenir (Alpay, 1955; Bakanyıldız, 1973; Çağatay ve Arda, 1976; Durgun, 1977; Kıroğlu, 1976;).

OAKK içerisinde yer alan Uzunpınar ve diğer cevherleşmelerin tümünde, metamorfizma öncesi oluşuma yönelik bulgular, sinjenetik köken, köken ve tür olarak benzer yankayaçlar ve metamorfizmanın cevherleşmeye etkileri gözlenmektedir. Cevherleşmelerin protolitleri konumsal olarak değerlendirildiğinde, aynı ortamda ve birbirine yakın çökelme koşullarında oluşmuş olabilirler. Bu cevherleşmelerde dikkat çeken bir diğer ortak özellik ise yankayaçlarla uyumlu stratiform cevherleşme şeklidir.

Uzunpınar cevherleşmesi ile Başçatak cevherleşmesi, neredeyse tüm özellikler açısından benzerlik göstermektedir. Başçatak cevherleşmesinde gözlenen organik malzeme içeriği, grafit, Uzunpınar'da şimdiye kadar yapılan çalışmalarda tespit edilmemiştir. Tüm yataklarda olmamak üzere organik malzeme içeriği Sedex yataklarında yaygın olarak gözlenen bir özellik olup toplam organik madde içeriği %3-10 arasında değişmektedir (Emsbo ve ark., 2016).

Yenipazar cevherleşmesi, Besshi tipi VMS olarak tanımlanmıştır (Jacobs Minerals, 2013), ancak bu cevherleşme hakkında henüz detaylı bilimsel araştırmalar yapılmamıştır. Yenipazar cevherleşmesinin Uzunpınar ve Başçatak ile benzer özellikleri bulunmakla birlikte, en önemli farklılık, cevherleşmeyi kesen ikincil breşik zonlar ve metal içeriğidir.

Sarıkaya Fe ve Mn cevherleşmeleri ile Uzunpınar cevherleşmeleri farklı tipte yataklardır. Ancak en önemli ortak noktaları, konumsal ilişkileridir. Sedimanter demir ve manganez oluşumları, Sedex havzalarının kenarlarında meydana gelmektedir (Hannington, 2021).

# 4. SONUÇLAR

Çalışma alanında gözlenen birimler, Kırşehir Masifi'ni oluşturan Paleozoyik yaşlı Kalkanlıdağ Formasyonu'nun üyeleridir. Protolitleri pelitik ve karbonatlı sedimanter kayaçlar olan bu metamorfik kayaçlar, yüksek dereceli metamorfizma ve anateksi süreçleriyle oluşmuş, metamorfik fasiyesleri amfibolit ile amfibolit-granulit arasındadır. Ardalanmalı olarak gözlenen bu birimler, mika gnays (sillimanit-mika gnays ve granat-mika gnays), migmatit ve mermerden oluşmaktadır. Gnayslar, çalışma alanında en yaygın gözlenen birimdir. Birimlerin konumu K30D/10°-52° KB'dır. Çalışma alanında sadece bir sondajda tespit edilen bir diğer birim ise pegmatitik mikrogranittir. Mikrogranitin, anateksi ve palinjenez süreçleriyle oluşmuş olabileceği düşünülmektedir.

Uzunpınar cevherleşmesinin yankayaçları gnayslar ve mermerdir. Gnayslar, çalışma alanında en yaygın gözlenen birimdir, granat-mika gnays ve sillimanit-mika gnays olarak tanımlanmıştır. Gnayslarda ana mineraller kuvars, alkali feldispat, plajiyoklaz, biyotit ve muskovittir. Granat, sillimanit, opak mineraller, klorit ve epidot gibi mineraller de yaygın ve değişen oranlarda tespit edilmiştir. Lifsi sillimanit, gahnit (Zn-spinel) ve Ba-feldispat gibi mineraller, yüksek dereceli metamorfizma koşullarını göstermektedir. Mermerler ise genellikle beyaz ve açık gri renklerde olup kalsit ana mineral olarak belirlenmiştir. Mermerler, cevherli seviyelere yakın yerlerde opak mineraller ve kuvars içerirken cevherden uzaklaştıkça neredeyse monomineralik bir yapıya sahiptir.

Döküntülerden ve toprak jeokimyası çalışmalarından elde edilen bulgular, Uzunpınar cevherleşmesinin yüzeydeki izlerine ilişkin önemli bilgiler sağlamaktadır. Granat ve kuvarsça zengin gnays döküntülerinde, Zn, Pb, Cu ve Ag anomalileri tespit edilmiş olup granat ve kuvars haricinde hematit, limonit, çinko oksit, mangan oksit, kalsit, malahit ve barit gibi mineraller de el örneği ölçeğinde gözlenmiştir. Toprak jeokimyası verilerinde

belirgin sınırlara sahip KD-GB yönlü anomaliler tespit edilmiş, Zn ile Pb arasında %85, Zn+Pb ile Cu arasında %60 oranında pozitif korelasyon bulunmuştur. Ayrıca, Fe ve Mn ile Zn, Pb ve Cu arasında da pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Haritalama ve toprak jeokimyası verileri, cevherleşmenin yankayaç doğrultusu ile uyumlu bir şekilde KD-GB doğrultuda olduğunu desteklemektedir.

Çalışma alanındaki altı kuyunun tamamında cevherleşme bulguları tespit edilmiştir. Yüzeyde gözlenen dört cevherli seviyenin, sondajlarla tespit edilen seviyelerle korelasyonu yapılmış olup yüzeyde izine rastlanmayan iki seviye ise sondajlarda belirlenmiştir. Cevherleşmenin toplam altı cevherli seviyeden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu seviyeler, stratigrafik olarak sığdan derine doğru 1'den 6'ya kadar numaralandırılmıştır. Korelasyonlara göre, cevherleşme yankayaca paralel olarak KB' ya eğimlidir.

2 ve 4 numaralı cevherli seviyelerin yankayaçları mermer ve gnays, 1, 3, 5 ve 6 numaralı seviyelerin yankayaçları ise gnayslardır. Cevher bantlarının kalınlıkları 0,1 ile 8 cm arasında değişmekte olup cevherli seviyelerin toplam kalınlıkları 3,1-32,10 m arasında değişmektedir. Cevher bantlarının gözlenme sıklığı, seviyeye ve yankayaca göre farklılık göstermektedir.

Cevher bantları, yankayaç foliasyonu ile uyumlu olup saçınımlar şeklinde gözlenen opak mineraller de yankayaç minerallerine paralel bir yönelim göstermektedir. Cevherleşmede yaygın gözlenen doku, bantlı dokudur. Opak mineraller hem iri (>100 μm) hem de ince taneli (<50 μm) olarak gözlenmiştir. Sfaleritçe zengin bantlar kahverengi-kırmızı, piritçe zengin bantlar ise sarı renklidir. Yüzeye yakın derinliklerde ise genellikle oksit minerallerinden oluşan turuncu-sarı renkli cevher bantları gözlenmiştir. Cevher bantlarının en sık gözlendiği seviye, Cevherli Seviye 4'tür (154,8-155,5 m arasında mermer içerisinde 8 adet cevher bandı). Bu seviyeden alınan karot örneğinin analizinde Zn: %2,95, Pb: %0,70, Cu: 569,2 ppm, Ag: 2,1 ppm, Au: 0,18 ppm değerleri gözlenmiştir.

Ana cevher minerali sfalerittir. Bantlarda daha az oranda gözlenen cevher mineralleri galenit, kalkopirit ve eser miktarda şelittir. Gang mineralleri ise pirit, markazit, pirotin, hematit, limonit, gahnit, willemit, kalsit, kuvars, barit, Ba-feldispat (selsiyan ve hiyalofan), apatit, rutil ve ilmenittir. Pirotin, gahnit, Ba-feldispat ve şelit metamorfizma etkileriyle; willemitin ise bozunma etkisi ile cevherleşme sonrasında oluştuğu düşünülmektedir.

Uzunpınar cevherleşmesinin metamorfizmaya uğramış bir cevherleşme olduğu, elde edilen bulgular doğrultusunda ortaya konulmuştur. Cevherleşmede gözlenen morfolojik, dokusal ve mineralojik değişimler, yüksek dereceli bölgesel metamorfizmanın etkilerini yansıtmaktadır. Cevher bantlarının yankayaç foliasyon düzlemi ile uyumu, iri taneli (>100 μm) ve özşekilli opak minerallerin varlığı, köpük dokuları, gahnit ve Ba-feldispat minerallerinin varlığı, pirit-pirotin minerallerinin birlikteliği, sfaleritlerde yüksek demir içeriği ve opak ve metamorfik minerallerin birlikte uzamaları metamorfizmanın cevherleşme üzerindeki etkilerinin belirgin göstergeleridir.

Uzunpınar cevherleşmesi, metamorfizmaya uğramış Sedex tipi cevherleşmelerle benzer özellikler göstermektedir. Stratiform şekilli, sinjenetik kökenli olan cevherleşmenin protolitinin, denizel bir ortamda çökelmiş olduğu belirlenmiştir. Yankayacı olan Kalkanlıdağ Formasyonu'nun denizel ortamda oluşmuş olması, Sedex yataklarının tipik oluşum süreçleriyle uyumludur.

Makro ve mikro gözlemler, cevher bantlarının yankayaç bantlarıyla paralel olduğunu ve bu özelliğin stratiform morfolojiyi desteklediğini ortaya koymaktadır. Mineralojik açıdan Uzunpınar cevherleşmesi, pirit, sfalerit, galenit gibi tipik Sedex minerallerinin yanı sıra kalkopirit, manyetit, gahnit ve Ba-feldispat gibi mineralleri de içermektedir. Özellikle BHT ve metamorfizmaya uğramış Sedex yataklarında da gözlenen gahnit ve Ba-feldispat minerallerinin varlığı, Sedex çıkarımını desteklemektedir.

Uzunpınar ile oldukça benzer özelliklere sahip Başçatak Pb-Zn-Cu cevherleşmesi için Genç (2001), bu cevherleşmenin ekshalitif sedimanter kökenli olabileceğini belirtmiştir.

Bu çıkarımlar, Uzunpınar cevherleşmesinin metamorfizmaya uğramış Sedex tipi bir yatak olabileceği değerlendirmesini desteklemektedir.

Uzunpınar cevherleşmesi, OAKK içerisinde yer alan Başçatak, Yenipazar, Sarıkaya cevherleşmeleriyle benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir.

Benzerlikler: Uzunpınar cevherleşmesi; Başçatak, Yenipazar ve Sarıkaya cevherleşmeleri gibi metamorfizma öncesinde sinjenetik olarak oluşmuş, pelitik ve karbonatlı protolitli yankayaçlara sahip stratiform şekilli cevherleşme özellikleri taşımaktadır. Tüm bu cevherleşmeler, aynı veya benzer denizel ortamda ve birbirine yakın çökelme koşullarında oluşmuş olabilir. Ayrıca, bu yatakların tümünde metamorfizmanın cevherleşmeye etkisi dikkat çekmektedir.

Farklılıklar: Uzunpınar cevherleşmesi, Başçatak cevherleşmesine neredeyse tüm özellikleriyle benzese de Başçatak'taki organik malzeme içeriği (grafit), Uzunpınar'da şimdiye kadar tespit edilmemiştir. Yenipazar cevherleşmesi ise metal içeriği ve cevherleşmeyi kesen ikincil breşik zonlar gibi özellikleriyle Uzunpınar ve Başçatak'tan ayrılmaktadır. Sarıkaya Fe-Mn cevherleşmeleri ise farklı bir metal içeriğine sahip olmasına rağmen oluşum ortamı açısından Uzunpınar ile benzerlik göstermektedir.

Elde edilen bulgulara göre, OAKK içerisindeki metamorfik kayaçların, Uzunpınar ve Başçatak'a benzer özelliklere sahip cevherleşmeler için, yani metamorfizmaya uğramış Sedex tipi cevherleşmeler için potansiyel alanlar teşkil ettiği çıkarımı yapılabilir.

# 5. KAYNAKLAR


Alpay, B., Yozgat ilinin Boğazlıyan ilçesi Hamam bucağına bağlı Burunkışla Yukarı Sarıkaya ve Karabacak Köyleri Civarında Tezahür Eden Çok Fazla Demirli Mangan Cevheri Yatağı Hakkında Preliminer rapor (Rapor No: 2260), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, **1955**.

Akçay, A.E., Dönmez, M., Kara, H., Yergök, A.F., Esentürk, K., MTA, 1/100,000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:80 Yozgat - İ33 paftası, Ankara, **2007**.

Altenberger, F., Krause, J., Wintzer, N. E., Iglseder, C., Berndt, J., Bachmann, K. and Raith, J. G., Polyphase Stratabound Scheelite-Ferberite Mineralization at Mallnock, Eastern Alps, Austria. Mineralium Deposita, 59(1) (**2024**) 1109–1132. https://doi.org/10.1007/s00126-024-01250-x.

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., Nichols, M.C., Handbook of Mineralogy. Mineral Data Publishing, **2005**. https://rruff.geo.arizona.edu/doclib/hom/willemite.pdf (Erişim tarihi: 12.11.2025).

Bakanyıldız, M., Sarıkaya Metamorfik Demir Madeninin Jeolojisi, Rapor No: 4951, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, **1973**.

Bethke, P.M., Barton, P.B., Distribution of Some Minor Elements Between Coexisting Sulfide Minerals, Economic Geology, (**1971**) 140-156.

Bucher, K., Grapes, R., Metamorphic Grade. In Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Springer, Berlin, Heidelberg (**2011**) 85-120. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74169-5_4

Chabu, M. ve Boulegue, J., Barian Feldspar and Muscovite from the Kipushi Zn-Pb-Cu Deposit, Shaba, Zaire, Canadian Mineralogist, 30 (**1992**) 1143–1152.

Corriveau, L. ve Spry, P.G., Metamorphosed Hydrothermal Ore Deposits, Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada, Quebec, Canada, Published by Elsevier Ltd., (**2014**) 175-194.

Coşkun, E., Akdağmadeni (Yozgat) Pb-Zn Yataklarında Metamorfizma Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2009**.

Coşkun Delibaş, E. ve Genç, Y., Terziali-Çayağzı (Kırşehir) Altın Cevherleşmesi: Kırşehir Masifi'nde Saprolitik Altın Zenginleşmelerinin İlk Bulguları, Yerbilimleri, 30 (**2004**) 23-33.

Craig, J.R. and Vaughan, D.J., Ore Microscopy and Ore Petrography, 2. Baskı, Wiley Interscience Publication, Wiley, (**1994**) 120-163.

Craig, J.R. and Vokes, F.M., The Metamorphism of Pyrite and Pyritic Ores: An Overview, Mineralogical Magazine, 57 (**1993**) 3-18.

Çağatay, A. ve Arda, O., Yozgat-Sarıkaya Manganezli Demir Yatağının Mineralojik Etüdü, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 86 (**1976**) 1-12.

Çolakoğlu, A.R. ve Genç, Y., Akdağmadeni (Yozgat) Kurşun-Çinko Yatağının Makro-Mikro Dokusal Özellikleri ve Kökensel Yorumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, 44(1) (**2001**) 1–12.

Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J., An Introduction to the Rock-Forming Minerals (3rd ed.), The Mineralogical Society, London, (**2013**) 403-404.

Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J., Rock-forming Minerals: Feldspars, Volume 4A, Geological Society of London, (**1978**) 910–918.

Delibaş, O. ve Genç, Y., Re-Os Molybdenite Ages of Granitoid-Hosted Mo–Cu Occurrences from Central Anatolia (Türkiye), Ore Geology Reviews, 44 (**2012**) 39–48.

Durgun, H., Yozgat-Sarıkaya demir zuhurları istikşaf sahası raporu (Rapor No: 06348), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, **1977**.

Dönmez, M., Bilgin, Z.R., Akçay, A.E., Kara, H., Yergök, A.F., Esentürk, K., MTA, 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:47 Kırşehir - İ32 Paftası, Ankara, **2005**.

Emsbo, P., Seal, R.R., Breit, G.N., Diehl, S.F. and Shah, A.K., Sedimentary Exhalative (Sedex) Zinc-Lead-Silver Deposit Model: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–N (**2016**) 57. http://dx.doi.org/10.3133/sir20105070N

Erkan, Y., Kırşehir Masifinde Granat Minerallerin Kimyasal Bileşimi ile Rejyonal Metamorfizma Arasındaki İlişkiler, T.J.K Bülteni, 21 (**1978**) 43-50.

Erkan, Y., Orta Anadolu Masifinin Metamorfizması Üzerine Yapılmış Çalışmalarda Varılan Sonuçlar, T.J.K. 35, Bilimsel ve Teknik Kurultayı İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, 9-11, **1981**.

Erkan, Y., Magmatik Petrografi, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları Yayın No.93, Ankara, **2006**.

Erkan, Y., Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelemeleri, Ankara, **2011**.

Erler, A., Akıman, O., Çoskun, U., Dalkılıç, B., Geven, A. ve Önen, P., Kaman (Kırşehir) ve Yozgat Yörelerinde Kırşehir Masifi Magmatik Kayaçlarının Petrolojisi ve Jeokimyası, Turkish J. Eng. and Env. Sc., 15 (**1991**) 76-100.

Esri, Esri, World Topographic Map, **2017a**. https://www.arcgis.com/home/item.html?id=7dc6cea0b1764a1f9af2e679f642f0f5 (Erişim Tarihi:**26.07.2024**).

Esri, Esri, World Street Map, **2017b**. https://www.arcgis.com/home/item.html?id=de26a3cf4cc9451298ea173c4b324736 (Erişim Tarihi:**26.07.2024**).

Genç, Y., Başçatak-Akdağmadeni (Yozgat) Zn-Pb-Cu Sülfid Yatağı: Akdağmadeni Masifi'nde Metamorfik Sülfid Yatağına Bir Örnek, Üçüncü Uluslararası Türk Jeoloji Sempozyumu, Ankara, **1998**.

Genç, Y., Başçatak (Akdağmadeni-Yozgat) Zn-Pb-Cu Sülfid Yatağında Gözlenen Metamorfik Yapı ve Dokular, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri No: 54-51, 7-10 Mayıs, Ankara, **2001**.

Genç, Y., Kırşehir Masifi Metamorfitleri Stratigrafisinde Yeni Gözlemler, Jeoloji Mühendisleri Odası, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 315, **2003**.

Google Earth, Google Earth Pro V7.3.6.976, 36S 616284m D, 4368673m N, Elevation 1334 m, **2021**. http://www.earth.google.com (Erişim tarihi: 05.09.2024).

Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kusçu, İ., Erler, A., Olgun, E., Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm:1, Güney Kesim, TPAO, Rapor No:2909 (yayımlanmamış), 140, **1991**.

Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kusçu, İ., Erler, A., Olgun, E., Rojoy, B., Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm:2, Orta Kesim, TPAO, Rapor No:3155 (yayımlanmamış), 76, **1992**.

Göncüoğlu, M.C., Türeli, K., Alpine Collisional – Type Granitoyids from Western Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: Journal of Kocaeli University, Earth Science Section, 1 (**1994**) 39- 46.

Göncüoğlu, M.C., Geologie des Westlichen Niğde Massivs, Ph.D. Tehesis in Geological Engineering, Bonn University, Bonn, 180, **1977**.

Göncüoğlu, M.C., Orta Anadolu Plajiogranitlerinin Petrolojisi ve Jeodinamik Yorumu (Aksaray-Türkiye), Doğa Türk Yer Bilimleri Dergisi, 2 (**1993**) 195-203.

Hannington, M., VMS and SEDEX Deposits, **2021**. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00075-8

Jacobs Minerals Canada Inc., NI 43-101 Technical Report on the Feasibility Study of the Yenipazar Project, Turkey, Prepared for Aldridge Minerals Inc., **2013**. http://s1.q4cdn.com/788688556/files/1879%20NI%2043-101%20MAY%2016,%202013.pdf (Erişim tarihi: 14.12.2024).

Kara, H., MTA, 1/100,000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:37 Kırşehir - J32(G18) Paftası, Ankara, **1991**.

Kara, H., MTA, 1/100,000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:54 Yozgat - J33(G19) Paftası, Ankara, **1997**.

Kelley, K.D., Seal, R.R. II, Schmidt, J.M., Hoover, D.B., Klein, D.P., Sedimentary Exhalative Zn-Pb-Ag Deposits (Model 31a; Briskey, 1986). U.S. Geological Survey Bulletin 1693 (**1986**) 211-233.

Ketin, İ., Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, 6 (**1955**) 1-40.

Ketin, İ., Türkiye'nin Orojenik Gelişmesi, MTA Enst. Derg., 53 (**1959**) 78-88.

Kıroğlu, İ., Demir Zuhurlarının İşletilebilirlik Raporu (Rapor No: 5803), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, **1976**.

Klein, C., The Manual of Mineral Science, 23rd Edition. Wiley, New York, 484, **2007**.

Köksoy, M., Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Ankara, **1991**.

Kuşçu, İ. ve Erler, A., Mineralization Events in a Collision Related Setting: The Central Anatolian Crystalline Complex, International Geology Review, 40(6) (**1998**) 552-565.

Kuşçu, İ. ve Erler, A., Çarpışma Ortamı Metalojenisine Bir Örnek: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 10-12 Mayıs, Ankara, **1999**, s. 10-12.

Küçük, G.E., Kırşehir Yakın Çevresindeki Bölgesel Metamorfik Serilerde Bulunan Kuvarsitlerin Petrografik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2005**.

Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, G., Allen, C.R., Gutzmer, J., Walters, S., Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits: A Global Perspective, One Hundredth Anniversary Volume, Society of Economic Geologists, **2005**. https://doi.org/10.5382/AV100.18.

Lin, H.C. and Foster, W.R., Studies in the System $BaO$-$Al_2O_3$-$SiO_2$: The Polymorphism of Celsian, American Mineralogist, 53 (**1968**) 134–144.

Marshall, B., Vokes, F.M., Larocque, A.C.L., Regional Metamorphic Remobilization: Upgrading and Formation of Ore Deposits, Reviews in Economic Geology, Metamorphosed and Metamorphogenic Ore Deposits, 11 (**1998**) 19-35.

Mehnert, K.R., Migmatites and the Origin of Granitic Rocks, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, 7-42, **1971**.

Moro, M.C., Cembranos, M.L., Fernandez, A.M., Barium Feldspars in Exhalative Hydrothermal and Metamorphic Environments, Mineralogical Magazine, 65 (**2001**) 753–769.

MTA, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 1/500,000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, **2002**.

NASA, NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 Arc Second, NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center, **2013**. https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003 (Erişim Tarihi: **10.09.2024**).

Okay, A.I. and Tüysüz, O., Tethyan Sutures Of Northern Turkey. In The Mediterrenean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen (Eds B. Durand, L. Jolivet, F. Hovarth And M. Seranne), Geological Society Of London, Special Publication, Vol. 156 (**1999**) 475-515.

OSM, OpenStreetMap Contributors, **2024**. https://www.openstreetmap.org (Erişim Tarihi: **26.07.2024**).

Plimer, I.R., Strata-Bound Scheelite in Meta-Evaporites, Broken Hill, Australia, Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, 89(3) (**1994**) 423–428.

Pracejus, B., The Ore Minerals Under the Microscope: An Optical Guide, Atlases in Geo-sciences, 3, Elsevier, Amsterdam, 178-180, **2008**.

Rose, A.W., Hawks, H.E., Webb, J.H., Geochemistry in Mineral Exploration. Academic Press, New York, 657, **1979**.

Sangster, D.F., The Role of Dense Brines in the Formation of Vent-Distal Sedimentary-Exhalative (SEDEX) Lead-Zinc Deposits: Field and Laboratory Evidence, Mineralium Deposita, 37 (**2002**) 149-157.

Sangster, D.F. and Scott, S.D., Precambrian, Strata-Bound, Massive Cu–Zn–Pb Sulfide Ores of North America, Chapter 5, in: Wolf, K.H. (Ed.), Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, Cu, Zn, Pb, and Ag Deposits, Elsevier, 6 (**1976**) 129-222.

Sangster, D.F., Toward an Integrated Genetic Model for Vent-Distal SEDEX Deposits, Miner Deposita, 53 (**2018**) 509–527. https://doi.org/10.1007/s00126-017-0755-3.

Sangster, D.F., Evidence that Broken Hill-Type Pb-Zn Deposits are Metamorphosed SEDEX Deposits, Miner Deposita 55 (**2020**) 1263–1270. https://doi.org/10.1007/s00126-020-00975-9.

Sayın, Ş. A., Quartz-Mica Schist And Gneiss Hosted Clay Deposits Within The Yenipazar (Yozgat, Central Anatolia) Volcanogenic Massive Sulfide Ore, Turkish Journal Of Earth Sciences, 25(2) **(2016)** 81-101. https://doi.org/10.3906/yer-1503-3

Sawyer, E.W., Atlas of Migmatites, Canadian Science Publishing, 57-60, **2008**. https://doi.org/10.1139/9780660197876.

Segnit, E.R., Petrology of the Zinc Lode, N.B.H.C., Broken Hill, Australasian Institute of Mining and Metallurgy Proceedings, 199 (**1961**) 87-112.

Seymen, İ., Kaman (Kırşehir) Dolayında Kırşehir Masifinin Stratigrafisi ve Metamorfizması, TJK Bülteni, 24 (**1981**) 7-14.

Seymen, İ., Kaman Dolayında Kırşehir Masifinin Jeolojisi, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, 164, **1982**.

Seymen, İ., Kırşehir Masifi Metamorfitlerinin Jeolojisi ve Evrimi, TJK Yayını, Ketin Sempozyumu, **1984**.

Spry, P.G. and Scott, S.D., The Stability of Zincian Spinels in Sulfide Systems and Their Potential as Exploration Guides for Metamorphosed Massive Sulfide Deposits, Economic Geology, 81(6) (**1986**) 1446–1463. https://doi.org/10.2113/gsecongeo.81.6.1446.

Spry, P.G., Peter, J.M. and Slack, J.F., Meta-Exhalites as Exploration Guides to Ore, Reviews in Economic Geology, Metamorphosed and Metamorphogenic Ore Deposits, 11 (**1998**) 163-195.

Spry, P.G., Teale, G.S., A Classification of Broken Hill-type deposits: A critical Review, **2021**. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103935.

Stanton, R.L., Ore Petrology, McGraw Hill Book Co., New York, **1972**.

Staude, S., Raisch, D. and Markl, G., Sulfide Anatexis During High-Grade Metamorphism: A Case Study from the Bodenmais SEDEX Deposit, Germany, Mineralium Deposita, 58 (**2023**) 987–1003.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., Tethyan Evolution of Türkiye: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75 (**1981**) 181-241. https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-8.

Tolluoğlu, A.Ü., Orta Anadolu Masifi'nin Güneybatısında (Kırşehir Yöresinde) Petrografik ve Petrotektonik İncelemeler, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 237, **1986**.

Turan, T.İ., Akçataş (Hacıbektaş-Nevşehir) Altın-Uranyum-Antimuan Cevherleşmesinin Tip Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, **2011**.

Vokes, F.M., Ores and Metamorphism: Introduction and Historical Perspectives, Reviews in Economic Geology, Metamorphosed and Metamorphogenic Ore Deposits, 11 (**1998**) 1-13.

Whitney, D.L., Teyssier, C., Dilek, Y. and Fayon, A.K., Metamorphism of the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: Influence of Orogeny Normal Collision vs. Wrench-Dominated Tectonis on P-T-t Paths, J. Metamorphic Geol., 19 (**2001**) 411-432.

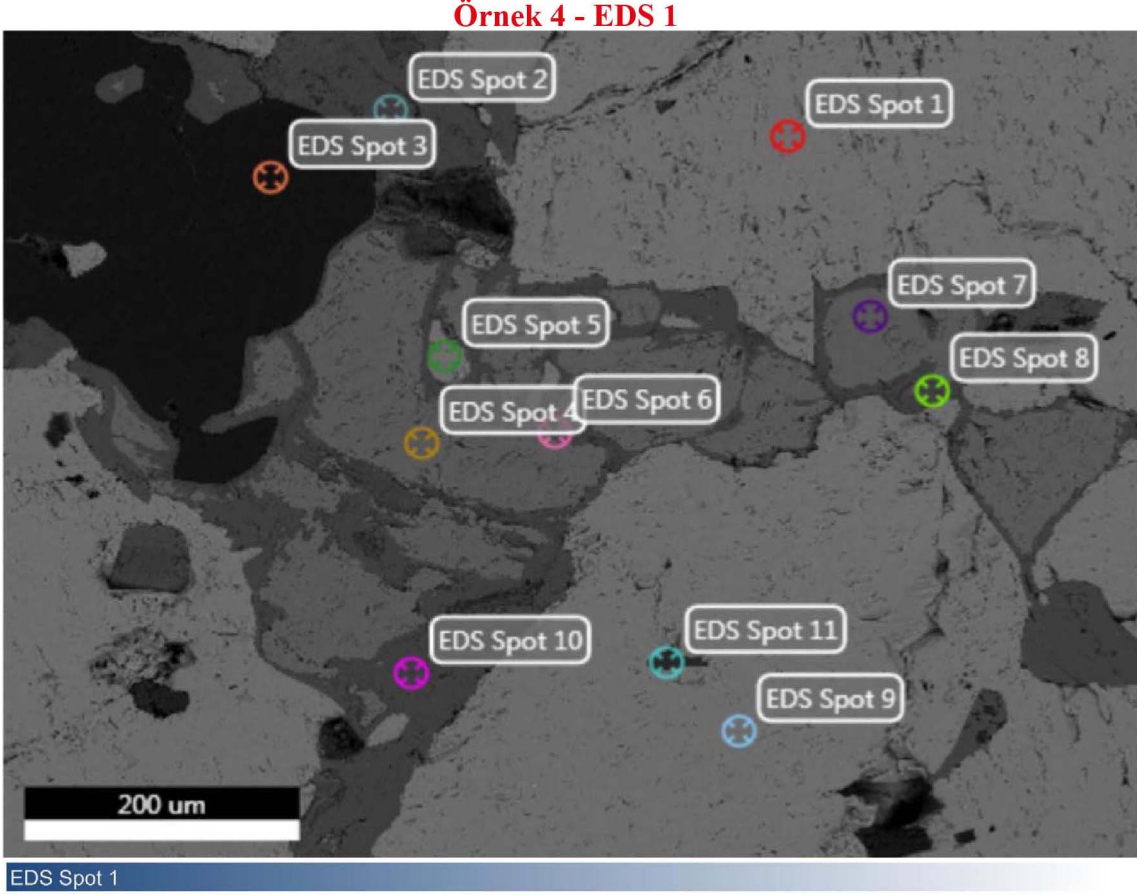
Whitney, D.L. and Dilek, Y., Metamorphic and Tectonic Evolution of the Hırkadağ Block, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkish J. Earth Science, 10 (**2001**) 1-15.

Whitney, D.L., Evans, B.W., Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals, American Mineralogist Dergisi, 95 (**2010**) 185–187.

# EKLER

## EK 1 – EDS Analizleri

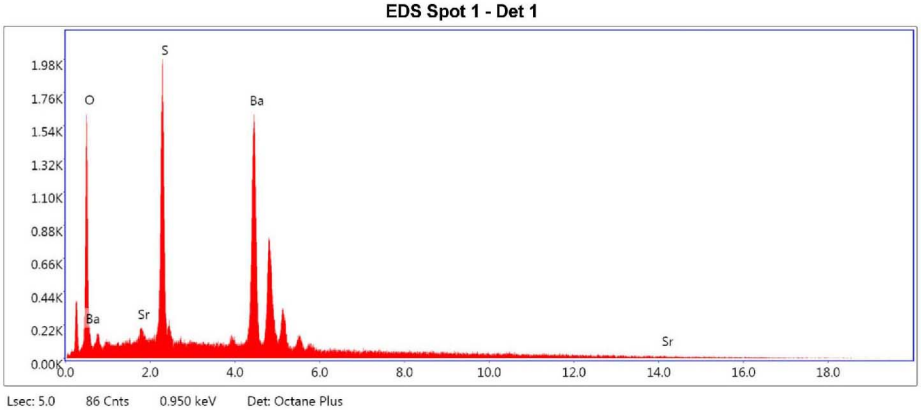
**Örnek 4 - EDS 1**




EDS Spot 1

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 86 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

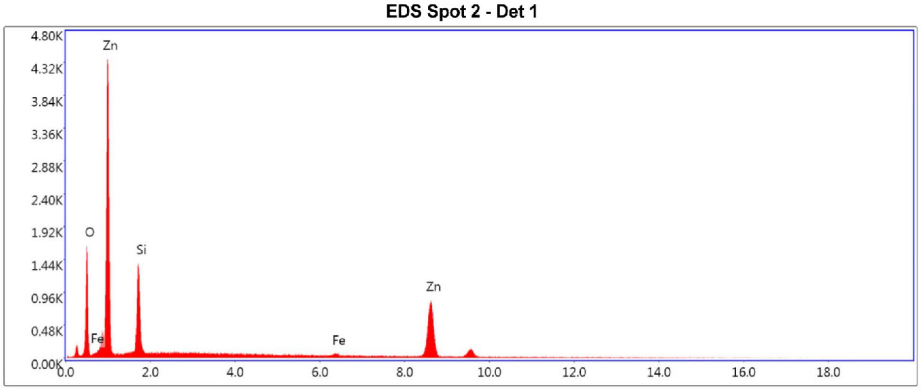
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 21.20 | 58.42 | 2174.57 | 8.54 | 0.1006 | 1.3114 | 0.3617 | 1.0000 |
| SrL | 1.85 | 0.93 | 195.85 | 16.39 | 0.0108 | 0.9282 | 0.6269 | 1.0018 |
| S K | 15.13 | 20.81 | 3710.80 | 5.69 | 0.1177 | 1.1884 | 0.6448 | 1.0150 |
| BaL | 61.82 | 19.85 | 3900.96 | 3.15 | 0.5304 | 0.8366 | 1.0261 | 0.9994 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 587 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

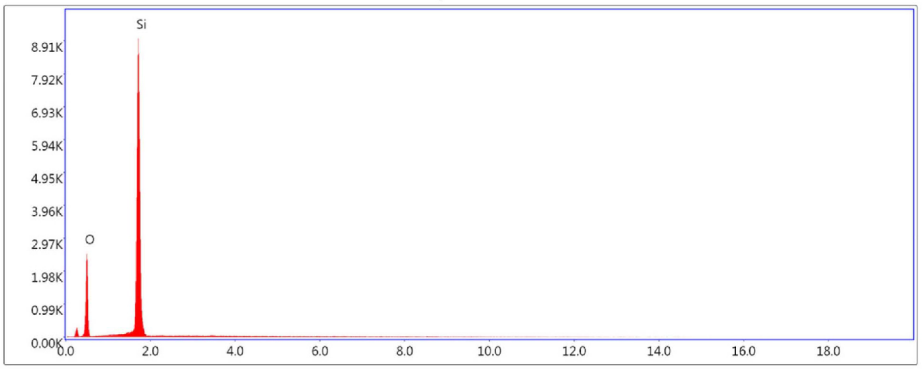
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 25.92 | 53.52 | 1953.98 | 8.88 | 0.0985 | 1.1790 | 0.3223 | 1.0000 |
| SiK | 13.42 | 15.78 | 2264.26 | 7.92 | 0.0638 | 1.0822 | 0.4388 | 1.0014 |
| FeK | 0.47 | 0.28 | 46.50 | 61.29 | 0.0049 | 0.9228 | 0.9932 | 1.1496 |
| ZnK | 60.20 | 30.42 | 2711.30 | 3.08 | 0.5396 | 0.8858 | 1.0043 | 1.0077 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 56 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

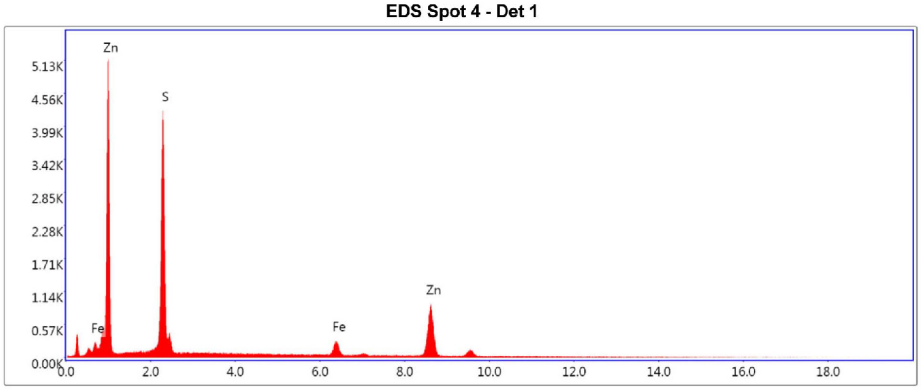
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 46.23 | 60.15 | 3016.45 | 8.59 | 0.1592 | 1.0487 | 0.3282 | 1.0000 |
| SiK | 53.77 | 39.85 | 14845.50 | 2.85 | 0.4378 | 0.9547 | 0.8521 | 1.0005 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 727 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

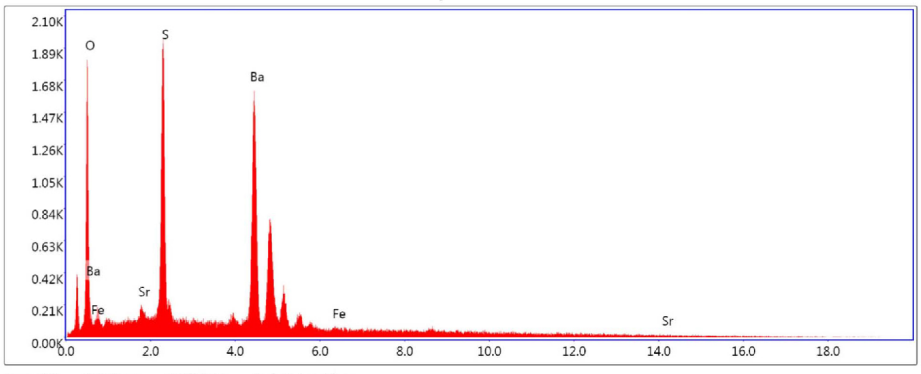
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S K | 35.14 | 52.03 | 8146.87 | 4.78 | 0.2652 | 1.1092 | 0.6782 | 1.0030 |
| FeK | 7.08 | 6.02 | 732.87 | 6.58 | 0.0729 | 0.9657 | 0.9750 | 1.0945 |
| ZnK | 57.78 | 41.96 | 2864.99 | 3.12 | 0.5368 | 0.9289 | 0.9909 | 1.0093 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 111 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

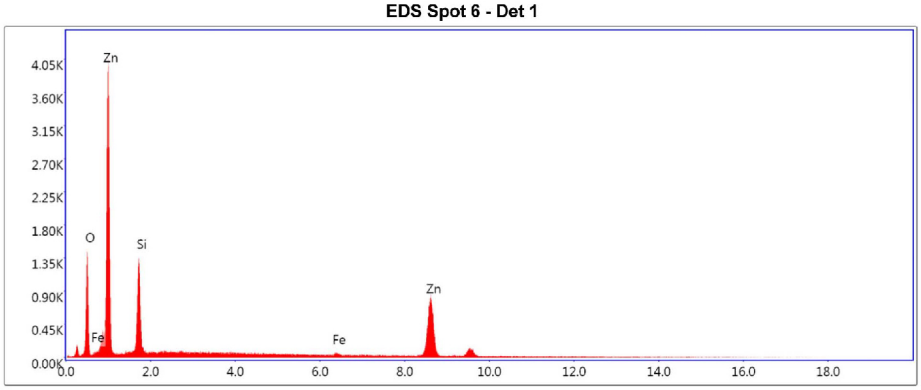
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 22.51 | 60.05 | 2439.60 | 8.44 | 0.1071 | 1.3025 | 0.3655 | 1.0000 |
| SrL | 1.79 | 0.87 | 200.62 | 15.25 | 0.0105 | 0.9218 | 0.6329 | 1.0018 |
| S K | 15.05 | 20.03 | 3887.48 | 5.64 | 0.1171 | 1.1802 | 0.6496 | 1.0149 |
| BaL | 60.23 | 18.72 | 3982.41 | 3.00 | 0.5142 | 0.8305 | 1.0283 | 0.9995 |
| FeK | 0.42 | 0.32 | 41.82 | 67.79 | 0.0039 | 1.0367 | 0.8662 | 1.0132 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 505 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

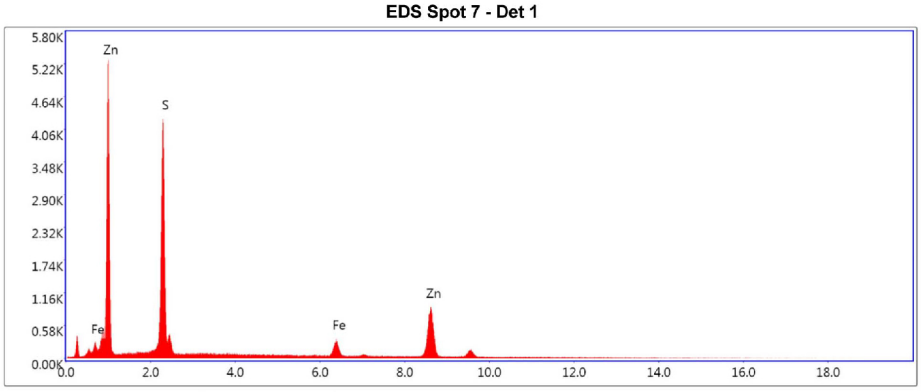
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 24.40 | 51.58 | 1756.11 | 8.99 | 0.0920 | 1.1840 | 0.3184 | 1.0000 |
| SiK | 13.42 | 16.16 | 2168.58 | 7.98 | 0.0635 | 1.0869 | 0.4346 | 1.0014 |
| FeK | 0.86 | 0.52 | 82.73 | 33.16 | 0.0091 | 0.9271 | 0.9927 | 1.1463 |
| ZnK | 61.32 | 31.73 | 2668.99 | 3.10 | 0.5519 | 0.8902 | 1.0037 | 1.0074 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**




Lsec: 5.0 723 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

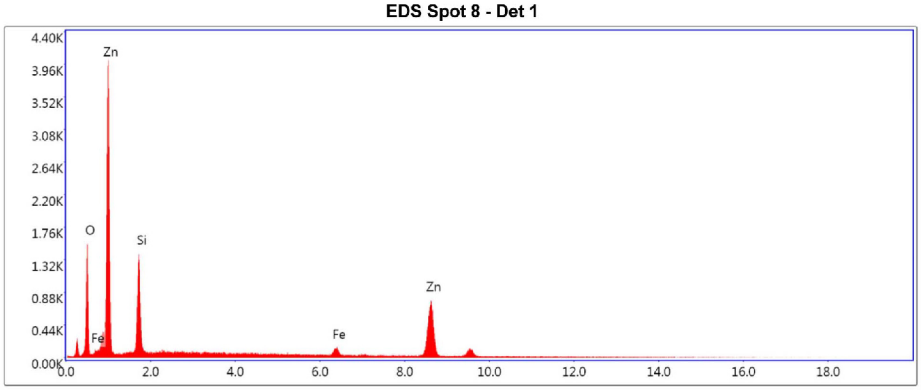
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S K | 34.48 | 51.27 | 8101.63 | 4.80 | 0.2596 | 1.1104 | 0.6762 | 1.0031 |
| FeK | 7.43 | 6.35 | 782.45 | 6.56 | 0.0767 | 0.9668 | 0.9752 | 1.0939 |
| ZnK | 58.09 | 42.38 | 2927.71 | 3.08 | 0.5401 | 0.9300 | 0.9907 | 1.0091 |

## EDS Spot 8

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 8 - Det 1**




Lsec: 5.0 479 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

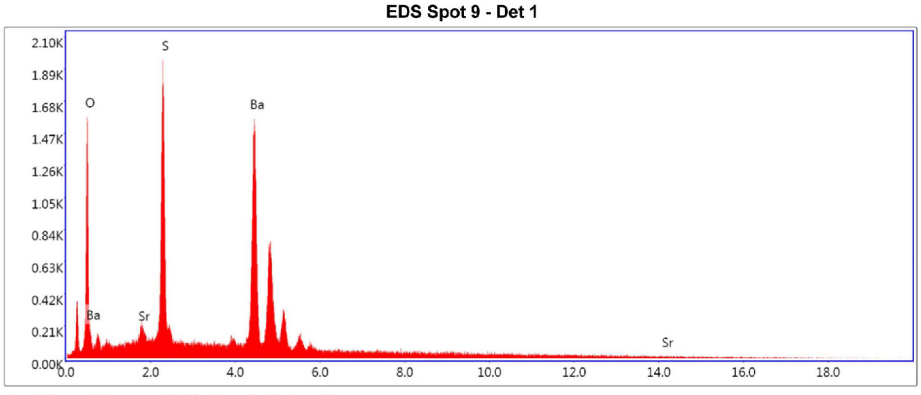
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 25.91 | 53.35 | 1906.25 | 8.87 | 0.0996 | 1.1781 | 0.3263 | 1.0000 |
| SiK | 13.53 | 15.88 | 2223.28 | 8.00 | 0.0649 | 1.0812 | 0.4431 | 1.0015 |
| FeK | 2.98 | 1.76 | 281.65 | 14.23 | 0.0309 | 0.9218 | 0.9936 | 1.1312 |
| ZnK | 57.58 | 29.02 | 2495.68 | 3.15 | 0.5148 | 0.8848 | 1.0022 | 1.0082 |

## EDS Spot 9

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 9 - Det 1**




Lsec: 5.0 91 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

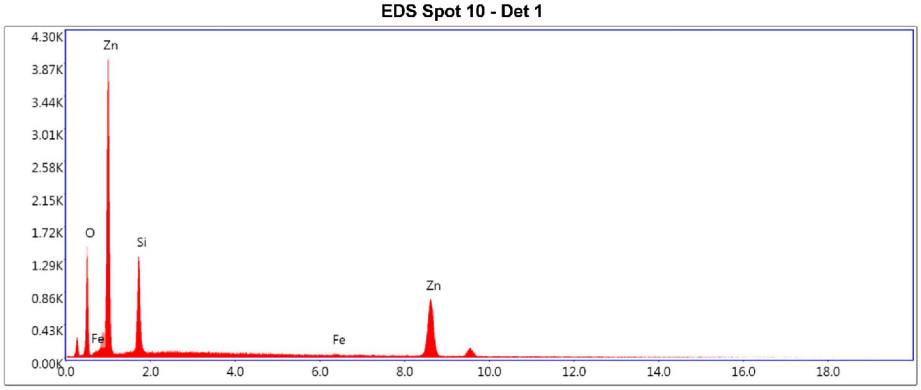
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 21.06 | 58.14 | 2149.11 | 8.61 | 0.0982 | 1.3114 | 0.3555 | 1.0000 |
| SrL | 2.59 | 1.31 | 279.38 | 11.59 | 0.0152 | 0.9281 | 0.6297 | 1.0018 |
| S K | 15.17 | 20.89 | 3745.15 | 5.74 | 0.1174 | 1.1883 | 0.6419 | 1.0146 |
| BaL | 61.18 | 19.67 | 3903.47 | 2.90 | 0.5244 | 0.8365 | 1.0253 | 0.9994 |

## EDS Spot 10

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 10 - Det 1**




Lsec: 5.0 479 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

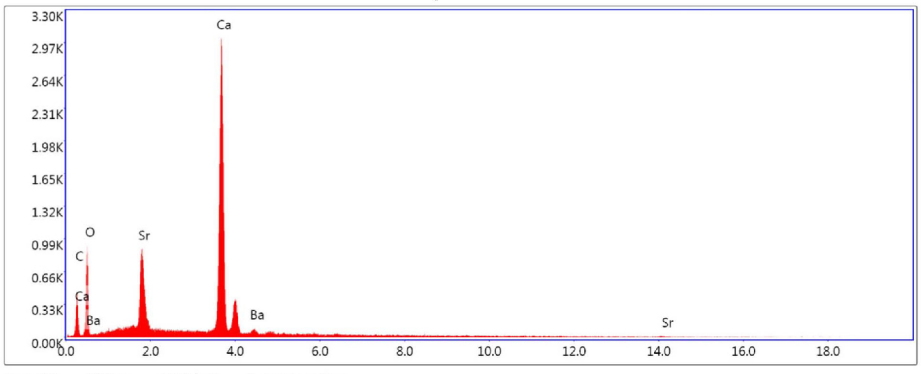
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 24.59 | 51.75 | 1734.24 | 9.02 | 0.0925 | 1.1829 | 0.3181 | 1.0000 |
| SiK | 13.70 | 16.42 | 2177.39 | 8.06 | 0.0649 | 1.0858 | 0.4359 | 1.0014 |
| FeK | 0.50 | 0.30 | 46.80 | 58.83 | 0.0052 | 0.9261 | 0.9927 | 1.1490 |
| ZnK | 61.21 | 31.52 | 2612.86 | 3.13 | 0.5505 | 0.8892 | 1.0040 | 1.0075 |

## EDS Spot 11

kV: 20 Mag:401 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 11 - Det 1**

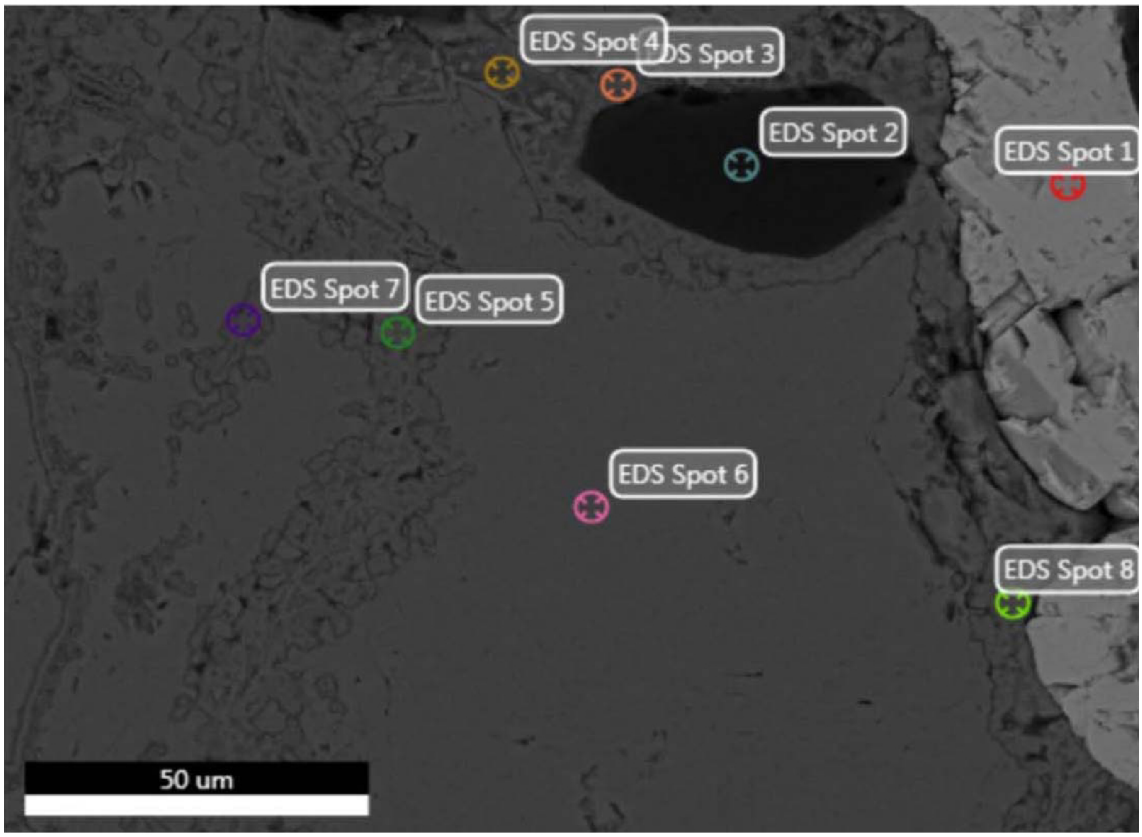



Lsec: 5.0 43 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 13.18 | 23.95 | 436.26 | 10.38 | 0.0475 | 1.1231 | 0.3207 | 1.0000 |
| O K | 39.54 | 53.93 | 1153.49 | 11.24 | 0.0530 | 1.0780 | 0.1244 | 1.0000 |
| SrL | 9.61 | 2.39 | 1317.92 | 3.79 | 0.0719 | 0.7561 | 0.9887 | 1.0017 |
| CaK | 35.62 | 19.39 | 6546.61 | 2.12 | 0.3252 | 0.9332 | 0.9728 | 1.0059 |
| BaL | 2.04 | 0.32 | 102.51 | 30.55 | 0.0138 | 0.6726 | 1.0108 | 0.9966 |

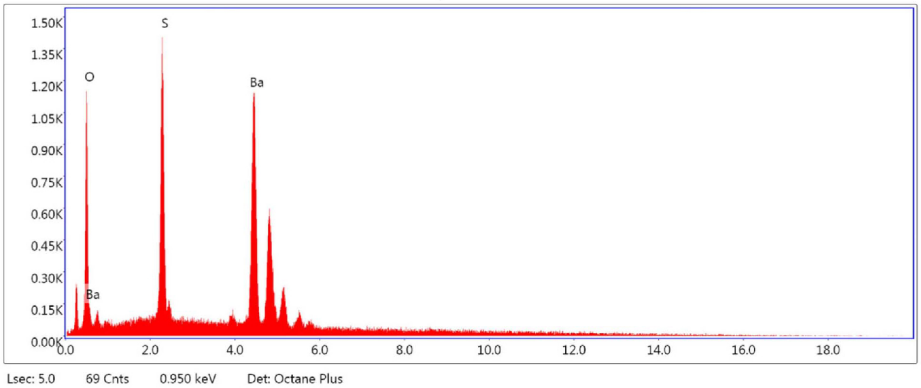
# Örnek 4 - EDS 2




EDS Spot 1

| kV: | 20 | Mag:2003 | Takeoff: 34.8 | Live Time(s): 5 | Amp Time(µs):7.68 | Resolution:(eV)125.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 69 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

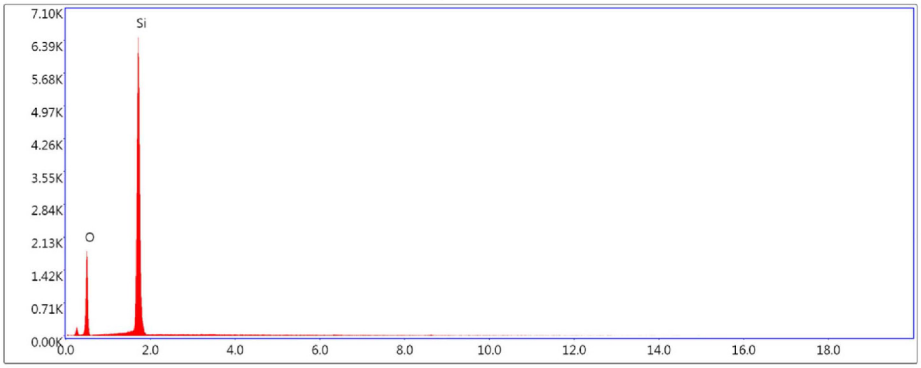
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 20.24 | 57.54 | 1534.42 | 8.61 | 0.1007 | 1.3215 | 0.3764 | 1.0000 |
| S K | 14.76 | 20.93 | 2579.65 | 5.92 | 0.1161 | 1.1977 | 0.6461 | 1.0161 |
| BaL | 64.99 | 21.52 | 2915.78 | 3.34 | 0.5623 | 0.8434 | 1.0263 | 0.9995 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 41 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

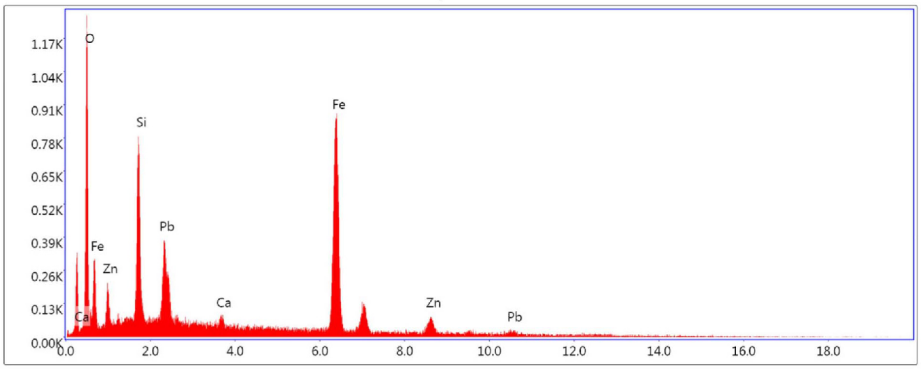
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 46.30 | 60.22 | 2170.70 | 8.75 | 0.1595 | 1.0487 | 0.3283 | 1.0000 |
| SiK | 53.70 | 39.78 | 10648.01 | 2.92 | 0.4370 | 0.9546 | 0.8517 | 1.0005 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 45 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

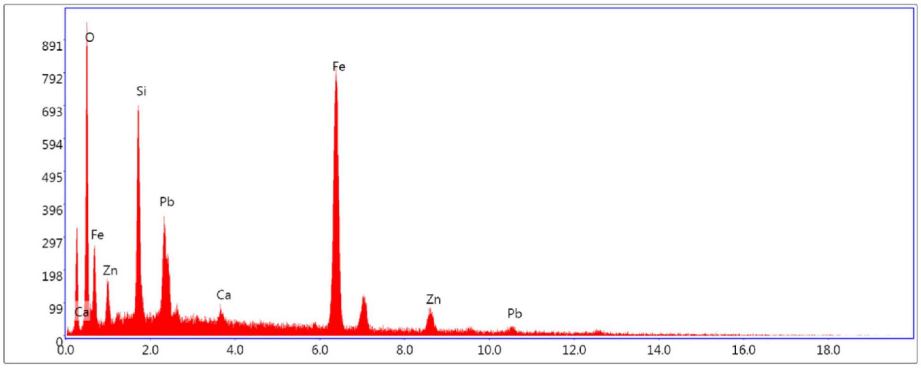
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 27.01 | 55.93 | 1565.47 | 8.58 | 0.1214 | 1.1912 | 0.3774 | 1.0000 |
| SiK | 9.44 | 11.14 | 1270.52 | 7.80 | 0.0550 | 1.0940 | 0.5321 | 1.0015 |
| PbM | 9.97 | 1.59 | 584.06 | 9.59 | 0.0786 | 0.7079 | 1.0729 | 1.0381 |
| CaK | 0.85 | 0.70 | 92.72 | 23.16 | 0.0078 | 1.0400 | 0.8808 | 1.0034 |
| FeK | 45.18 | 26.80 | 2570.32 | 2.85 | 0.4177 | 0.9340 | 0.9874 | 1.0026 |
| ZnK | 7.56 | 3.83 | 215.56 | 12.53 | 0.0660 | 0.8972 | 0.9629 | 1.0104 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 44 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

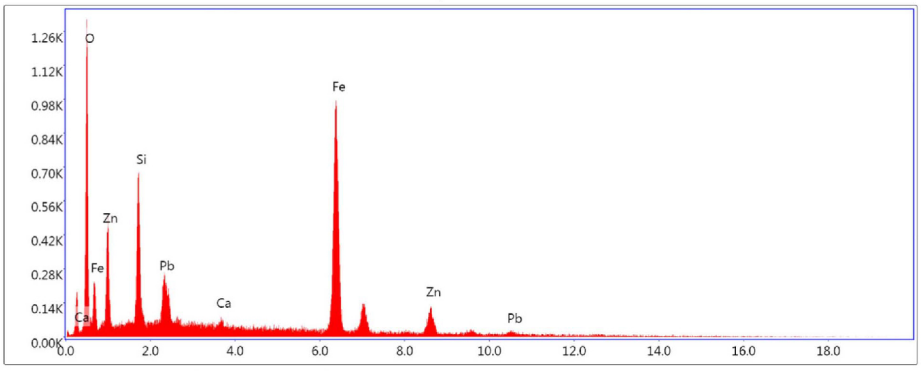
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 23.55 | 51.58 | 1169.04 | 8.92 | 0.1031 | 1.2037 | 0.3639 | 1.0000 |
| SiK | 9.25 | 11.54 | 1084.41 | 8.03 | 0.0534 | 1.1058 | 0.5219 | 1.0015 |
| PbM | 10.38 | 1.76 | 535.31 | 9.51 | 0.0820 | 0.7156 | 1.0628 | 1.0384 |
| CaK | 1.07 | 0.93 | 103.39 | 24.36 | 0.0099 | 1.0517 | 0.8757 | 1.0033 |
| FeK | 47.06 | 29.53 | 2377.50 | 2.92 | 0.4396 | 0.9449 | 0.9856 | 1.0028 |
| ZnK | 8.70 | 4.66 | 220.01 | 11.82 | 0.0766 | 0.9082 | 0.9604 | 1.0096 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 63 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

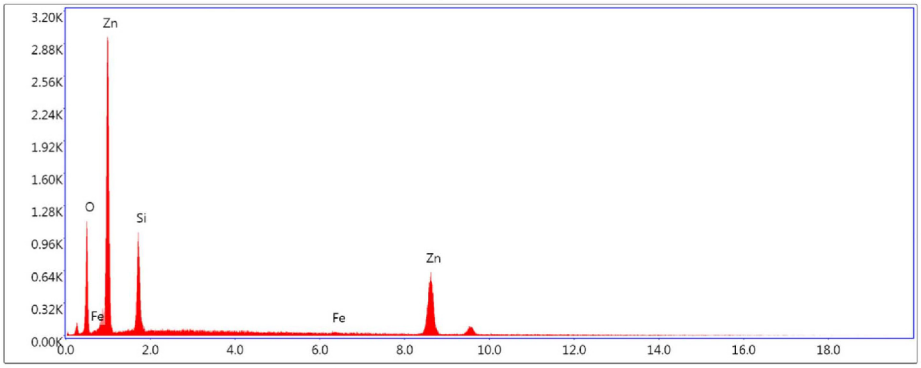
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 25.86 | 54.33 | 1552.58 | 8.37 | 0.1207 | 1.1898 | 0.3923 | 1.0000 |
| SiK | 8.02 | 9.60 | 1031.52 | 8.23 | 0.0448 | 1.0924 | 0.5104 | 1.0017 |
| PbM | 6.47 | 1.05 | 378.26 | 12.15 | 0.0510 | 0.7068 | 1.0675 | 1.0464 |
| CaK | 0.70 | 0.59 | 78.19 | 29.92 | 0.0066 | 1.0383 | 0.8948 | 1.0064 |
| FeK | 46.91 | 28.24 | 2684.40 | 2.73 | 0.4373 | 0.9322 | 0.9920 | 1.0081 |
| ZnK | 12.05 | 6.20 | 342.74 | 8.44 | 0.1051 | 0.8952 | 0.9634 | 1.0115 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 378 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

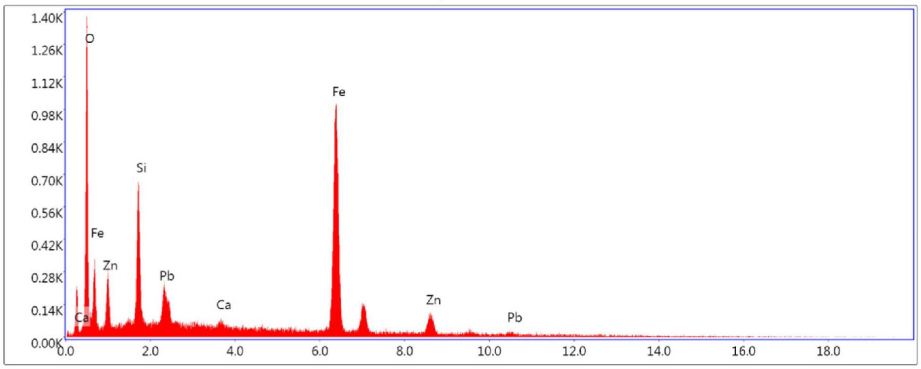
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 25.89 | 53.52 | 1365.06 | 9.11 | 0.0985 | 1.1793 | 0.3225 | 1.0000 |
| SiK | 13.29 | 15.65 | 1566.63 | 8.18 | 0.0631 | 1.0824 | 0.4382 | 1.0015 |
| FeK | 0.68 | 0.40 | 47.59 | 44.38 | 0.0072 | 0.9230 | 0.9932 | 1.1479 |
| ZnK | 60.14 | 30.43 | 1894.42 | 3.34 | 0.5391 | 0.8861 | 1.0041 | 1.0077 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**




Lsec: 5.0 48 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

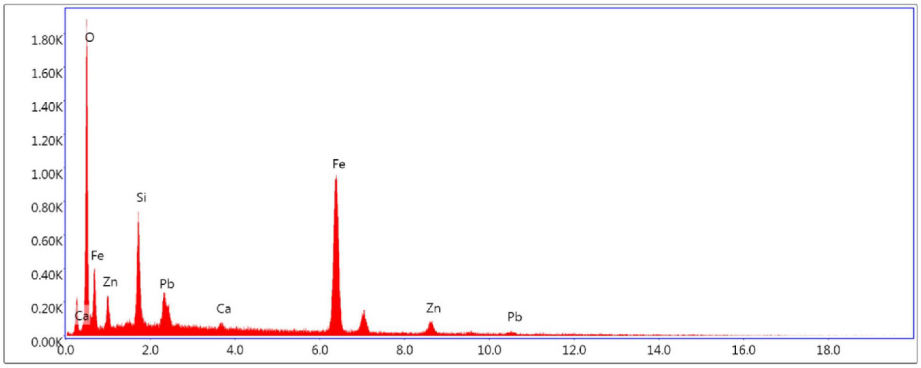
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 27.33 | 55.86 | 1724.66 | 8.12 | 0.1324 | 1.1817 | 0.4101 | 1.0000 |
| SiK | 7.70 | 8.97 | 1003.18 | 8.55 | 0.0430 | 1.0845 | 0.5143 | 1.0019 |
| PbM | 5.06 | 0.80 | 301.82 | 14.40 | 0.0402 | 0.7016 | 1.0771 | 1.0523 |
| CaK | 0.67 | 0.55 | 76.46 | 29.55 | 0.0063 | 1.0305 | 0.9044 | 1.0084 |
| FeK | 49.07 | 28.73 | 2828.93 | 2.68 | 0.4552 | 0.9247 | 0.9948 | 1.0083 |
| ZnK | 10.17 | 5.09 | 290.77 | 9.12 | 0.0881 | 0.8877 | 0.9630 | 1.0132 |

## EDS Spot 8

kV: 20 Mag:2003 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 8 - Det 1**

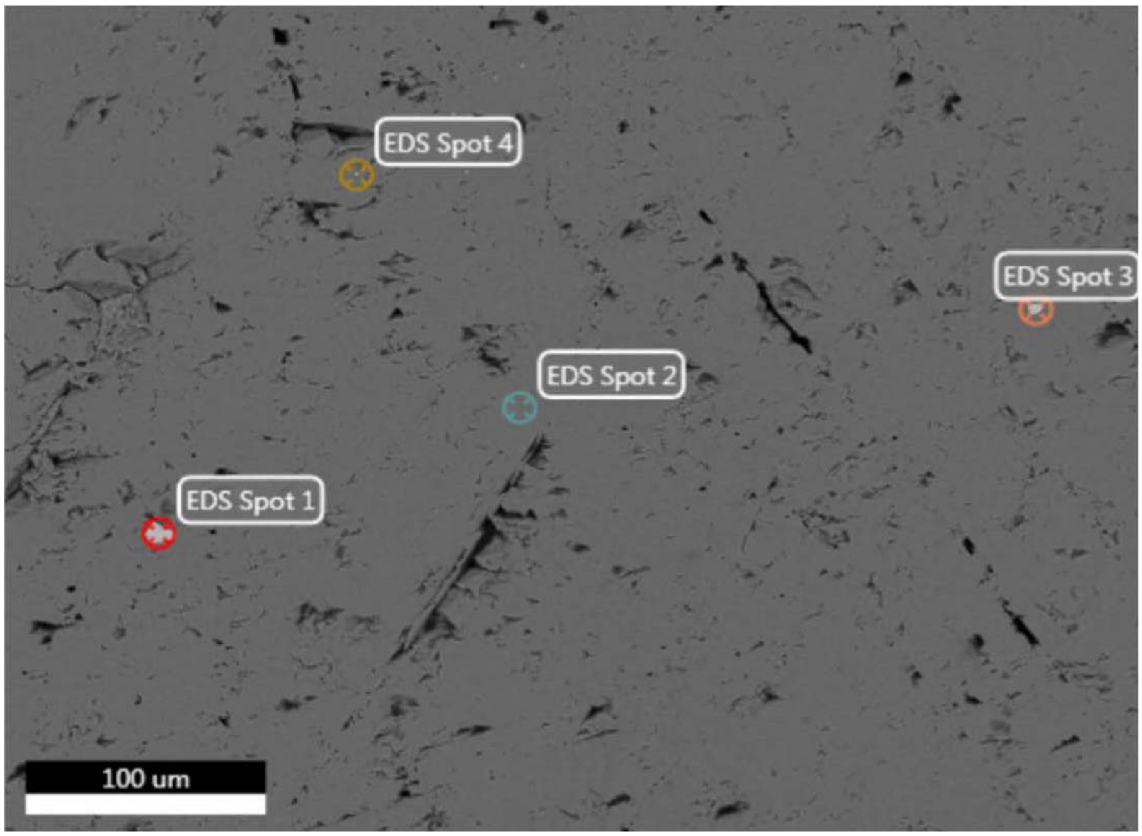



Lsec: 5.0 74 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 33.22 | 62.58 | 2412.67 | 7.77 | 0.1665 | 1.1648 | 0.4302 | 1.0000 |
| SiK | 7.62 | 8.18 | 1128.97 | 8.01 | 0.0435 | 1.0685 | 0.5335 | 1.0018 |
| PbM | 5.63 | 0.82 | 374.25 | 9.86 | 0.0448 | 0.6911 | 1.0977 | 1.0493 |
| CaK | 0.52 | 0.39 | 65.07 | 35.17 | 0.0049 | 1.0148 | 0.9084 | 1.0072 |
| FeK | 45.57 | 24.60 | 2875.10 | 2.75 | 0.4157 | 0.9102 | 0.9960 | 1.0063 |
| ZnK | 7.44 | 3.43 | 234.05 | 12.84 | 0.0637 | 0.8731 | 0.9666 | 1.0141 |

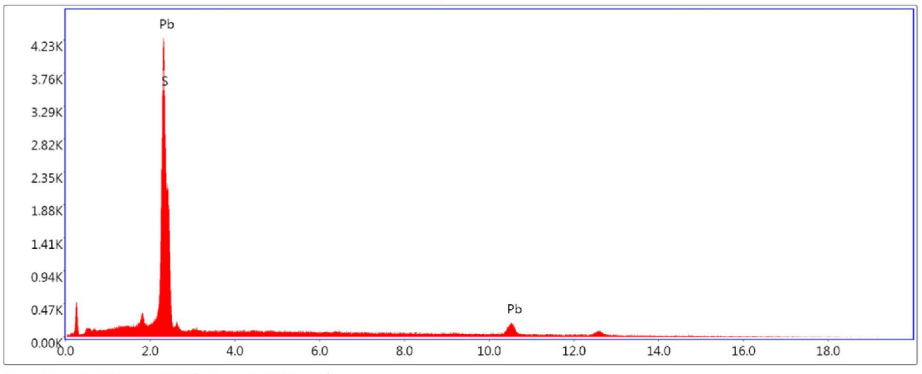
# Örnek 4 - EDS 3




EDS Spot 1

| kV: | 20 | Mag:701 | Takeoff: 34.8 | Live Time(s): 5 | Amp Time(µs):7.68 | Resolution:(eV)125.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 91 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

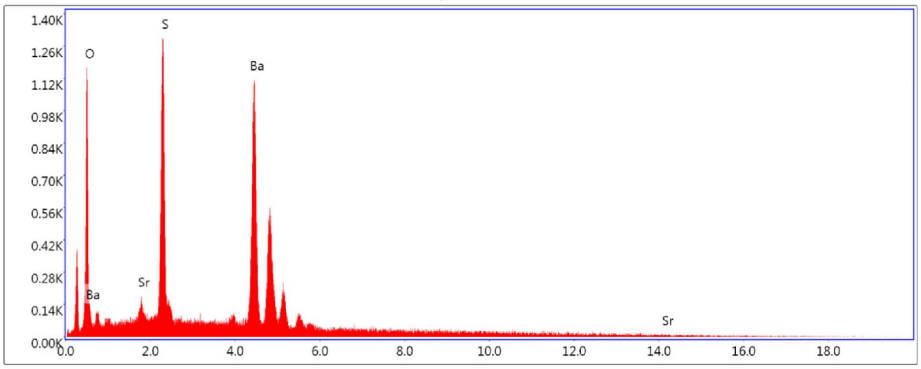
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S K | 13.05 | 49.24 | 2511.80 | 5.20 | 0.1379 | 1.4239 | 0.7409 | 1.0016 |
| PbM | 86.95 | 50.76 | 6179.38 | 2.72 | 0.8590 | 0.9390 | 1.0528 | 0.9992 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 80 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

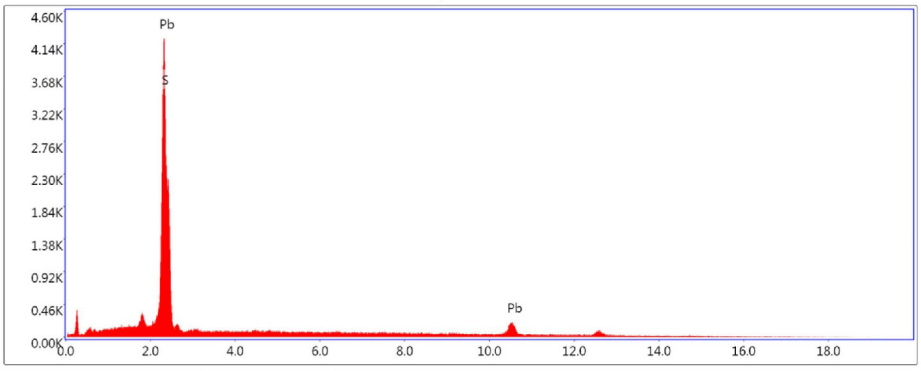
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 21.52 | 58.80 | 1597.93 | 8.81 | 0.1007 | 1.3089 | 0.3577 | 1.0000 |
| SrL | 2.46 | 1.23 | 192.35 | 14.81 | 0.0144 | 0.9263 | 0.6306 | 1.0018 |
| S K | 15.10 | 20.58 | 2704.17 | 5.89 | 0.1169 | 1.1860 | 0.6434 | 1.0147 |
| BaL | 60.92 | 19.39 | 2814.60 | 3.32 | 0.5215 | 0.8348 | 1.0261 | 0.9994 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 34.8 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 117 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

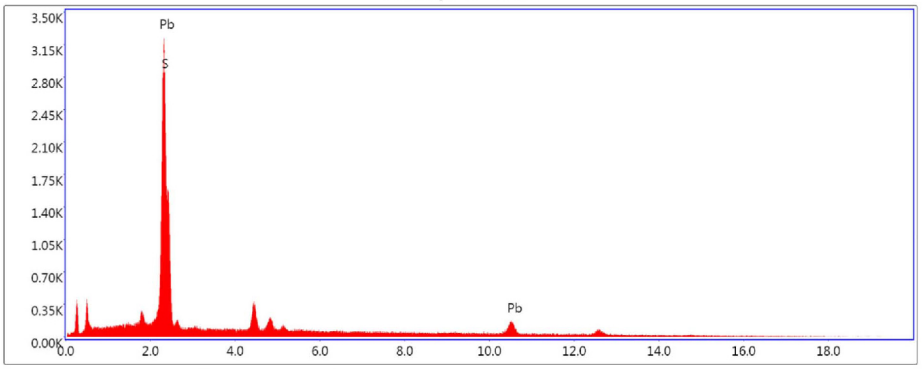
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S K | 13.00 | 49.11 | 2559.50 | 5.19 | 0.1373 | 1.4242 | 0.7408 | 1.0016 |
| PbM | 87.00 | 50.89 | 6328.10 | 2.70 | 0.8596 | 0.9393 | 1.0526 | 0.9992 |

## EDS Spot 4

| kV: | Mag: | Takeoff: | Live Time(s): | Amp Time(µs): | Resolution:(eV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 701 | 34.8 | 5 | 7.68 | 125.8 |

**EDS Spot 4 - Det 1**

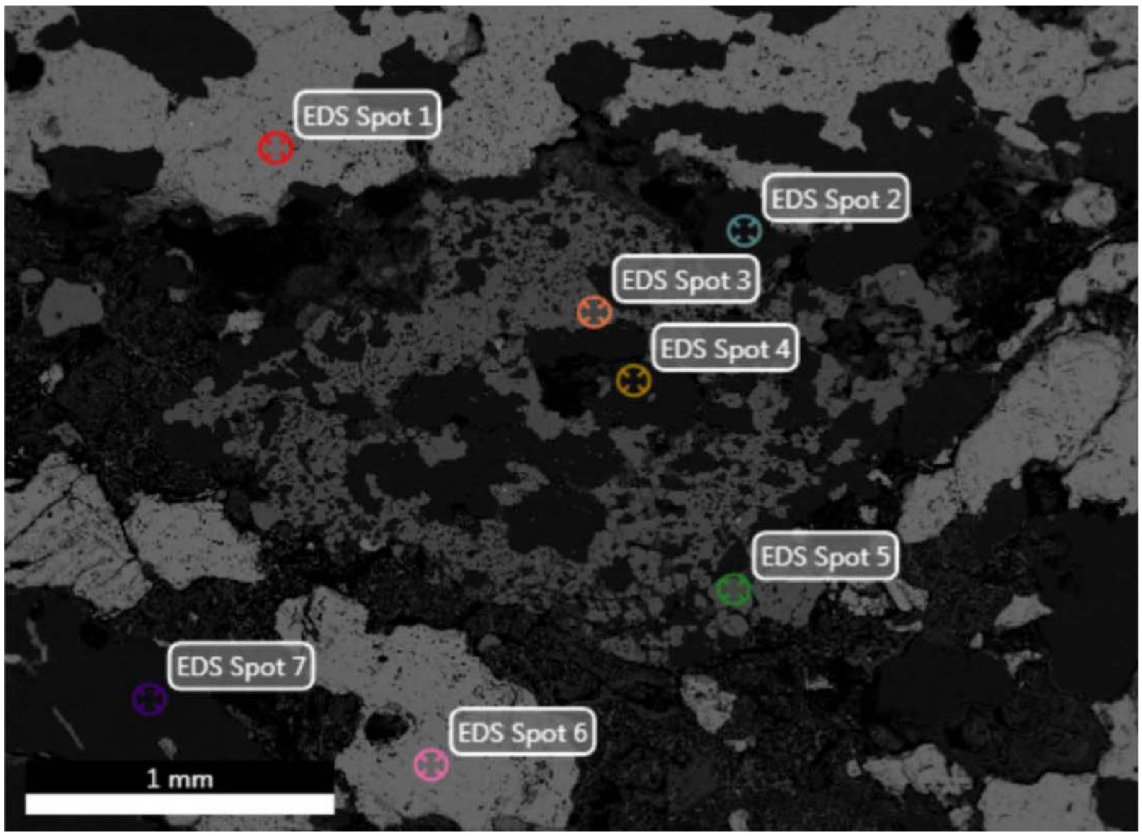



Lsec: 5.0 100 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S K | 16.31 | 55.74 | 2371.39 | 5.10 | 0.1719 | 1.4023 | 0.7504 | 1.0016 |
| PbM | 83.69 | 44.26 | 4490.85 | 3.37 | 0.8241 | 0.9248 | 1.0658 | 0.9990 |

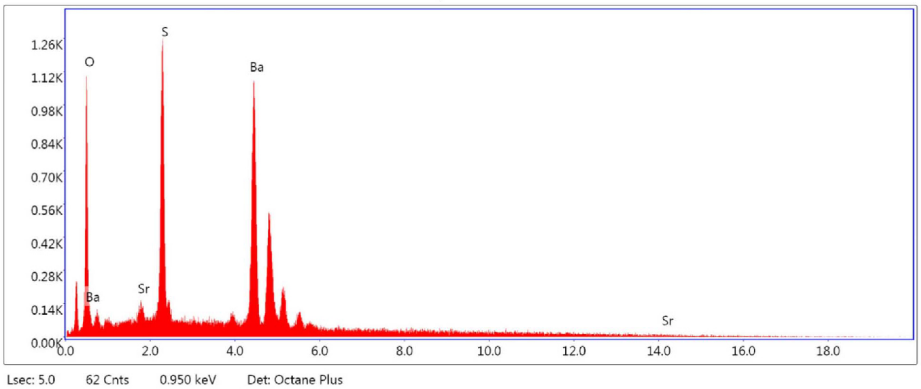
# Örnek 4 - EDS 4




EDS Spot 1

| kV: | Mag: | Takeoff: | Live Time(s): | Amp Time(µs): | Resolution:(eV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 90 | 34.7 | 5 | 7.68 | 125.8 |

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 62 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

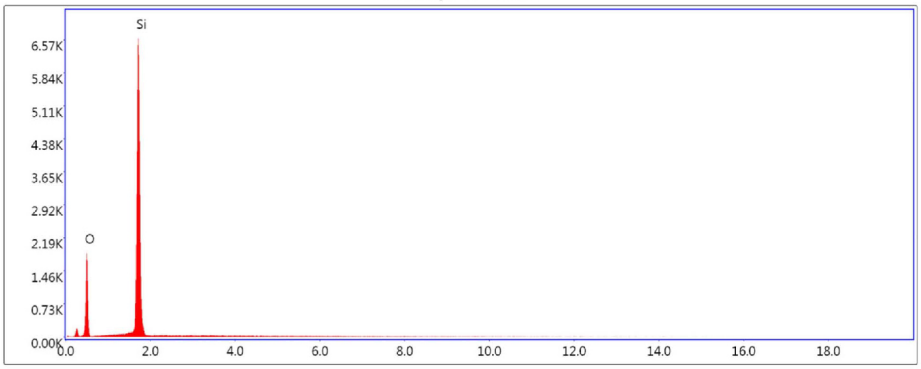
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 20.71 | 57.95 | 1456.61 | 8.78 | 0.0993 | 1.3162 | 0.3645 | 1.0000 |
| SrL | 1.50 | 0.77 | 107.50 | 26.27 | 0.0087 | 0.9316 | 0.6211 | 1.0019 |
| S K | 14.86 | 20.76 | 2476.33 | 5.99 | 0.1157 | 1.1928 | 0.6426 | 1.0153 |
| BaL | 62.93 | 20.52 | 2705.81 | 3.19 | 0.5418 | 0.8398 | 1.0258 | 0.9995 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 34 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

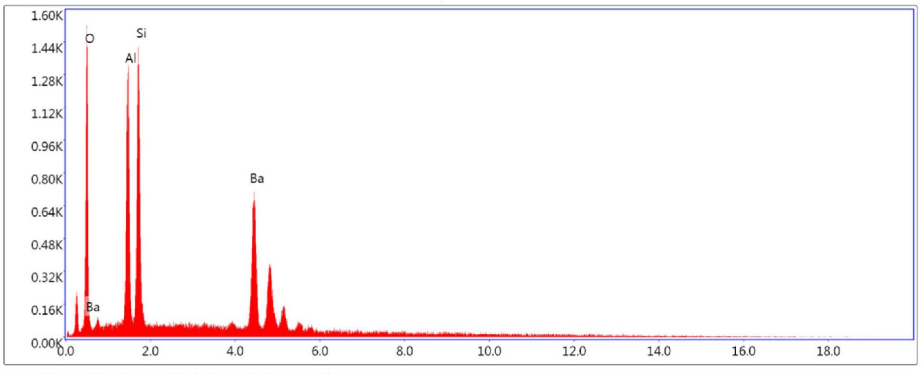
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 46.11 | 60.04 | 2187.34 | 8.75 | 0.1583 | 1.0489 | 0.3272 | 1.0000 |
| SiK | 53.89 | 39.96 | 10860.53 | 2.91 | 0.4388 | 0.9548 | 0.8521 | 1.0005 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 52 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

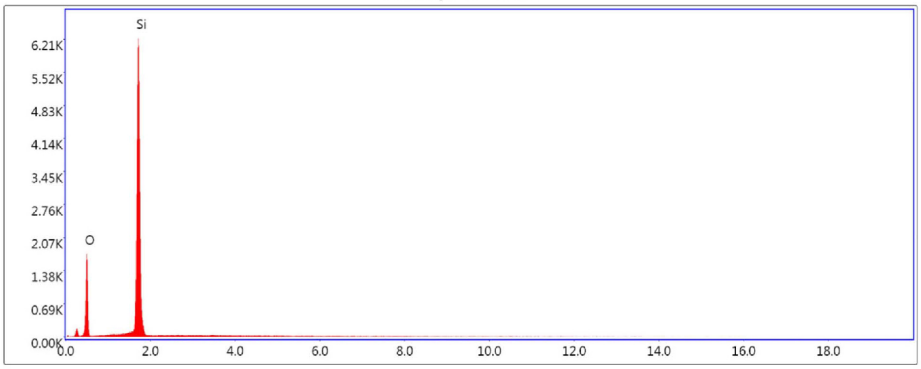
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 26.36 | 52.21 | 1904.78 | 8.18 | 0.1262 | 1.2066 | 0.3970 | 1.0000 |
| AlK | 16.99 | 19.95 | 2218.38 | 8.02 | 0.0801 | 1.0839 | 0.4337 | 1.0037 |
| SiK | 16.44 | 18.55 | 2297.84 | 7.79 | 0.0850 | 1.1095 | 0.4639 | 1.0047 |
| BaL | 40.21 | 9.28 | 1658.00 | 4.56 | 0.3227 | 0.7633 | 1.0521 | 0.9993 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 27 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

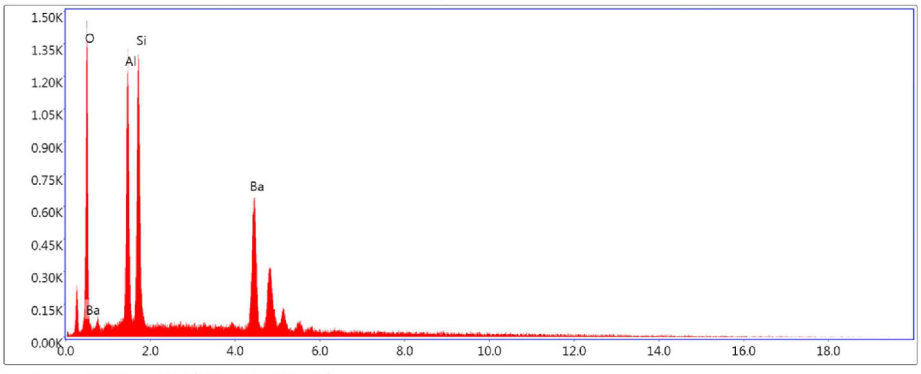
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 45.85 | 59.78 | 2086.41 | 8.79 | 0.1568 | 1.0491 | 0.3260 | 1.0000 |
| SiK | 54.15 | 40.22 | 10517.53 | 2.91 | 0.4414 | 0.9550 | 0.8529 | 1.0005 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 45 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

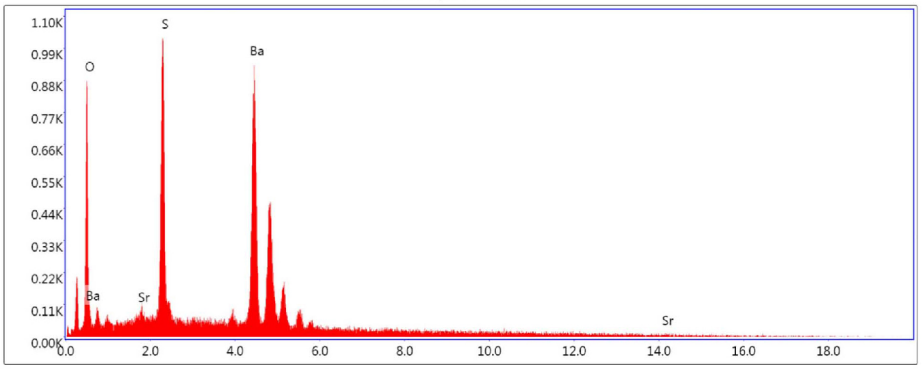
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 26.48 | 52.21 | 1760.85 | 8.21 | 0.1264 | 1.2049 | 0.3962 | 1.0000 |
| AlK | 17.07 | 19.95 | 2064.75 | 8.02 | 0.0808 | 1.0823 | 0.4358 | 1.0037 |
| SiK | 16.64 | 18.69 | 2149.94 | 7.75 | 0.0862 | 1.1078 | 0.4652 | 1.0047 |
| BaL | 39.81 | 9.14 | 1513.17 | 5.01 | 0.3190 | 0.7621 | 1.0523 | 0.9993 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 49 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

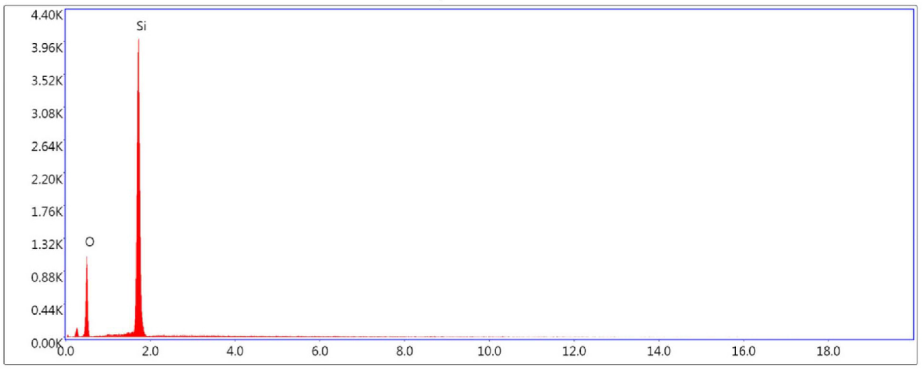
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 19.98 | 57.05 | 1170.67 | 8.92 | 0.0969 | 1.3219 | 0.3669 | 1.0000 |
| SrL | 1.07 | 0.56 | 62.83 | 38.48 | 0.0062 | 0.9356 | 0.6155 | 1.0019 |
| S K | 14.77 | 21.04 | 2032.33 | 6.23 | 0.1152 | 1.1980 | 0.6413 | 1.0155 |
| BaL | 64.19 | 21.35 | 2282.99 | 3.58 | 0.5548 | 0.8436 | 1.0252 | 0.9995 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:90 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**

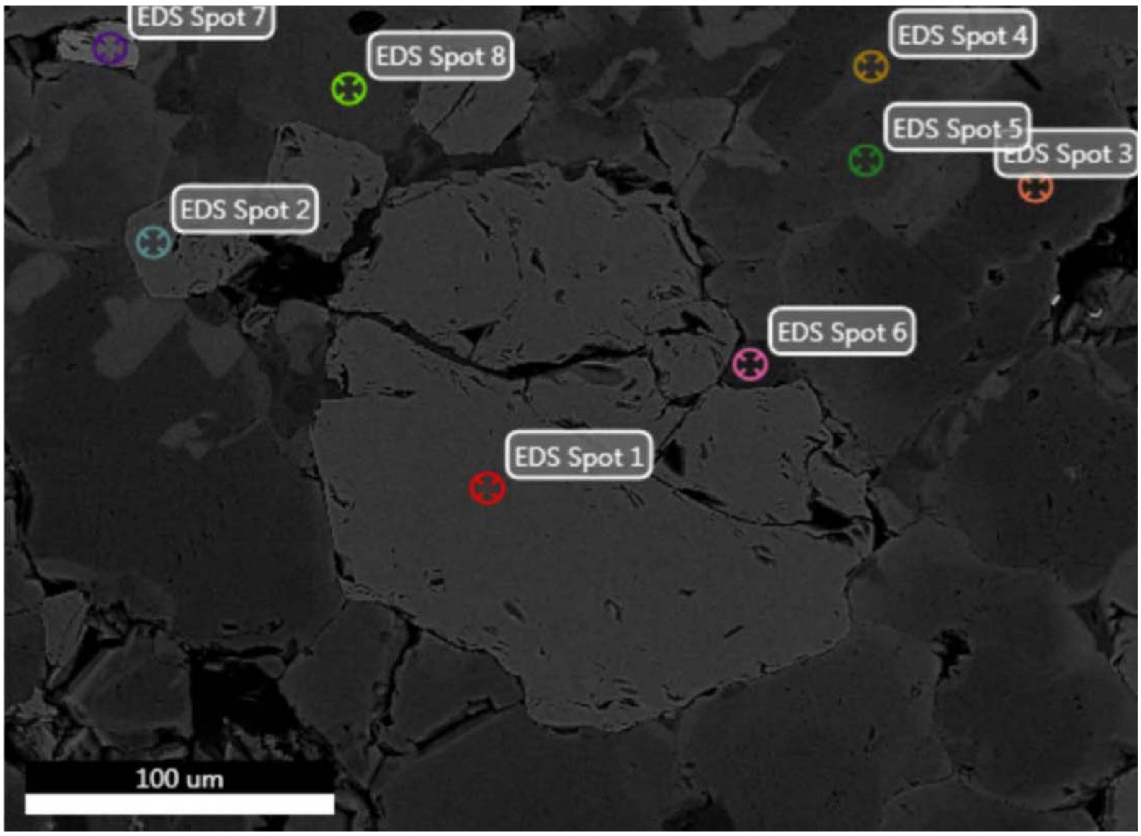



Lsec: 5.0 19 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 45.10 | 59.05 | 1268.62 | 9.12 | 0.1528 | 1.0498 | 0.3225 | 1.0000 |
| SiK | 54.90 | 40.95 | 6679.64 | 3.01 | 0.4490 | 0.9557 | 0.8551 | 1.0005 |

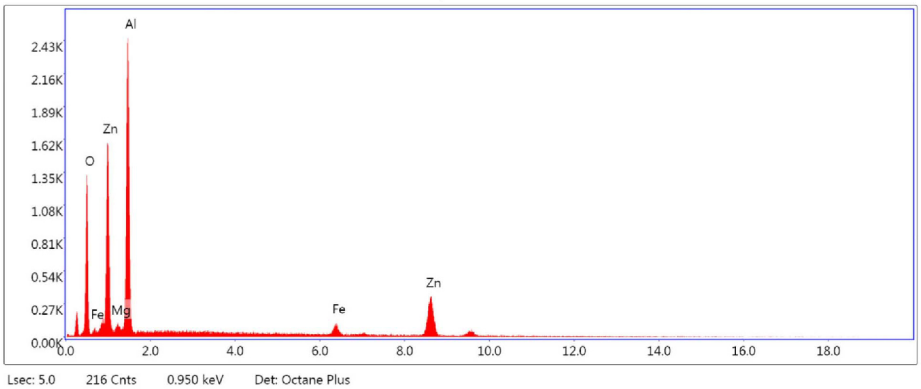
# Örnek 4 - EDS 5




EDS Spot 1

| kV: | 20 | Mag:901 | Takeoff: 34.7 | Live Time(s): 5 | Amp Time(µs):7.68 | Resolution:(eV)125.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 216 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

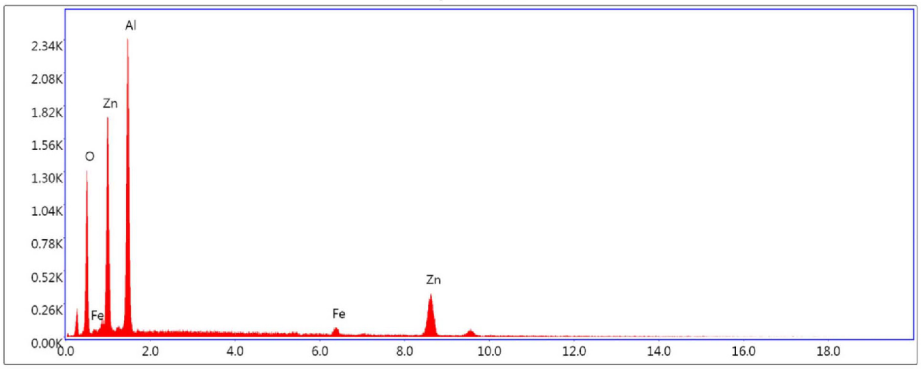
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 28.55 | 48.85 | 1624.15 | 8.77 | 0.1120 | 1.1369 | 0.3451 | 1.0000 |
| MgK | 1.52 | 1.71 | 130.75 | 19.23 | 0.0049 | 1.0554 | 0.3077 | 1.0013 |
| AlK | 33.38 | 33.87 | 3902.30 | 7.56 | 0.1468 | 1.0172 | 0.4319 | 1.0007 |
| FeK | 3.68 | 1.80 | 250.14 | 10.21 | 0.0361 | 0.8826 | 0.9977 | 1.1148 |
| ZnK | 32.86 | 13.76 | 1046.80 | 4.19 | 0.2847 | 0.8447 | 1.0036 | 1.0220 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 251 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

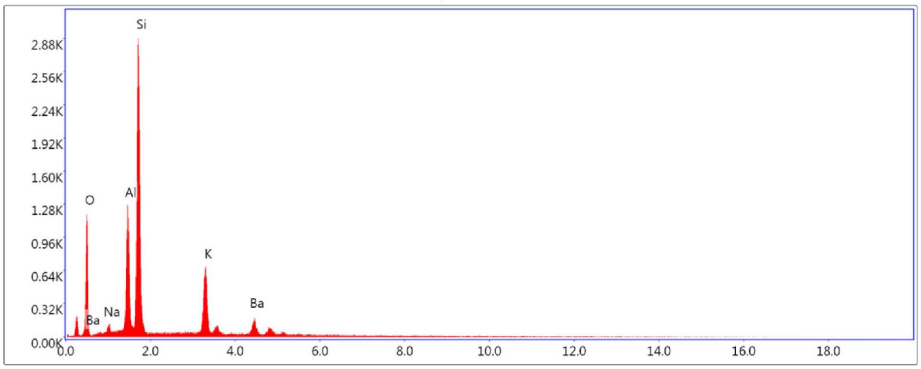
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 29.51 | 50.54 | 1632.65 | 8.79 | 0.1155 | 1.1379 | 0.3439 | 1.0000 |
| AlK | 33.13 | 33.64 | 3761.62 | 7.62 | 0.1451 | 1.0183 | 0.4298 | 1.0007 |
| FeK | 2.09 | 1.03 | 140.32 | 19.67 | 0.0208 | 0.8837 | 0.9975 | 1.1271 |
| ZnK | 35.27 | 14.79 | 1097.04 | 4.05 | 0.3060 | 0.8459 | 1.0050 | 1.0205 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 49 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

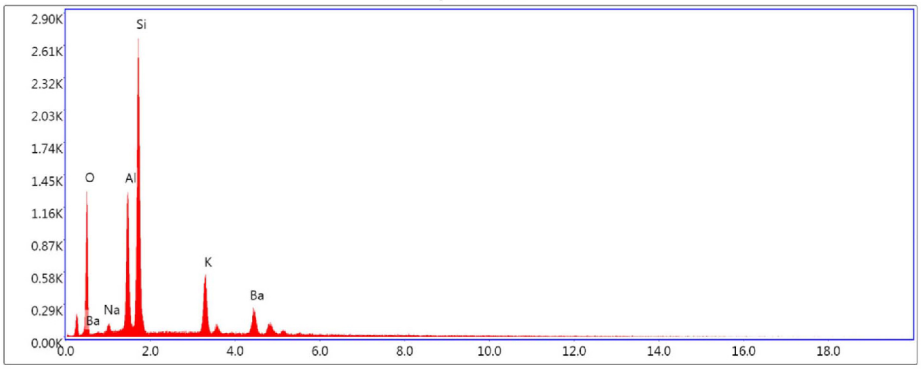
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 36.18 | 53.94 | 1463.42 | 9.67 | 0.1030 | 1.0963 | 0.2598 | 1.0000 |
| NaK | 1.67 | 1.74 | 123.95 | 16.44 | 0.0060 | 0.9986 | 0.3612 | 1.0019 |
| AlK | 12.67 | 11.20 | 2023.95 | 6.11 | 0.0777 | 0.9795 | 0.6234 | 1.0047 |
| SiK | 29.56 | 25.11 | 4798.09 | 5.41 | 0.1886 | 1.0016 | 0.6355 | 1.0026 |
| K K | 10.43 | 6.36 | 1361.40 | 4.53 | 0.0861 | 0.9308 | 0.8734 | 1.0155 |
| BaL | 9.50 | 1.65 | 329.64 | 12.73 | 0.0682 | 0.6833 | 1.0523 | 0.9977 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 52 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

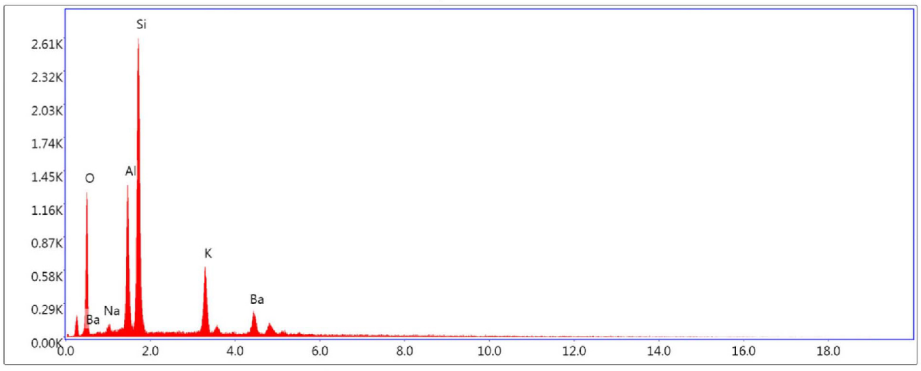
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 34.37 | 53.37 | 1525.70 | 9.43 | 0.1076 | 1.1124 | 0.2815 | 1.0000 |
| NaK | 1.65 | 1.78 | 116.55 | 16.82 | 0.0057 | 1.0139 | 0.3407 | 1.0017 |
| AlK | 13.80 | 12.70 | 2094.92 | 6.44 | 0.0806 | 0.9949 | 0.5847 | 1.0042 |
| SiK | 27.52 | 24.34 | 4267.15 | 5.83 | 0.1681 | 1.0175 | 0.5986 | 1.0029 |
| K K | 8.18 | 5.19 | 1079.03 | 5.26 | 0.0684 | 0.9464 | 0.8656 | 1.0210 |
| BaL | 14.49 | 2.62 | 510.76 | 9.78 | 0.1058 | 0.6952 | 1.0532 | 0.9981 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 33 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

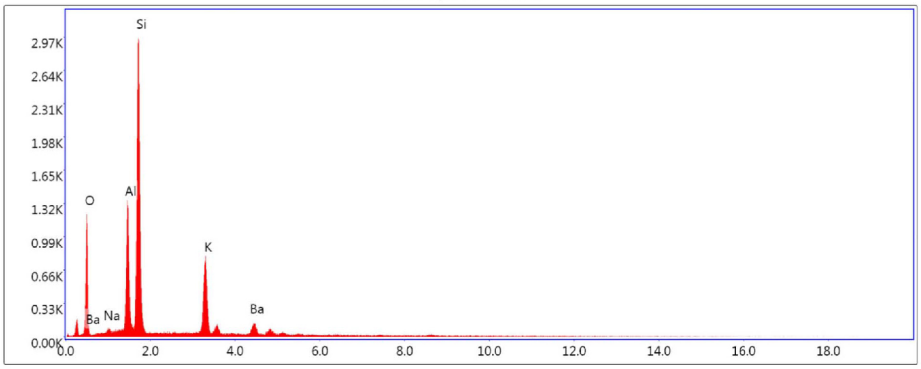
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 35.41 | 54.05 | 1557.63 | 9.48 | 0.1079 | 1.1062 | 0.2756 | 1.0000 |
| NaK | 1.56 | 1.66 | 113.95 | 17.12 | 0.0055 | 1.0080 | 0.3465 | 1.0018 |
| AlK | 13.42 | 12.14 | 2106.61 | 6.32 | 0.0796 | 0.9890 | 0.5974 | 1.0043 |
| SiK | 28.00 | 24.35 | 4482.76 | 5.70 | 0.1735 | 1.0114 | 0.6108 | 1.0028 |
| K K | 8.85 | 5.53 | 1183.76 | 4.95 | 0.0737 | 0.9405 | 0.8689 | 1.0192 |
| BaL | 12.77 | 2.27 | 455.36 | 10.40 | 0.0927 | 0.6907 | 1.0534 | 0.9980 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 39 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

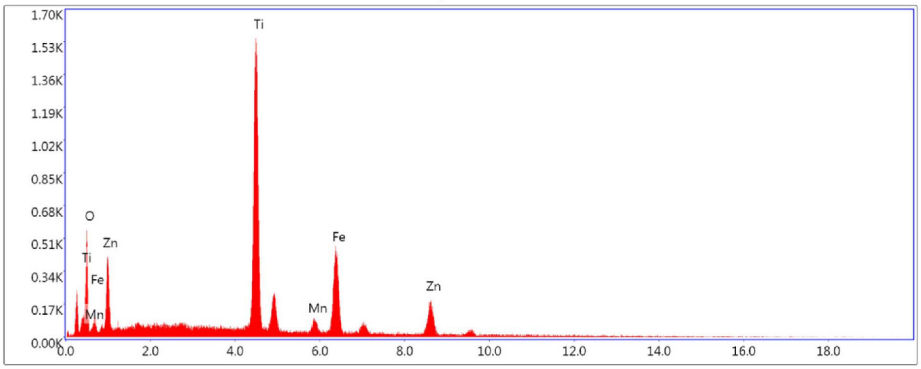
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 37.19 | 54.75 | 1455.73 | 9.79 | 0.1007 | 1.0912 | 0.2482 | 1.0000 |
| NaK | 0.95 | 0.97 | 71.74 | 23.48 | 0.0034 | 0.9937 | 0.3650 | 1.0020 |
| AlK | 12.56 | 10.96 | 2086.31 | 5.91 | 0.0787 | 0.9745 | 0.6401 | 1.0049 |
| SiK | 29.49 | 24.74 | 4947.16 | 5.27 | 0.1912 | 0.9964 | 0.6487 | 1.0026 |
| K K | 12.02 | 7.24 | 1593.61 | 4.24 | 0.0991 | 0.9258 | 0.8782 | 1.0133 |
| BaL | 7.79 | 1.34 | 273.09 | 14.99 | 0.0555 | 0.6795 | 1.0507 | 0.9975 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:901 Takeoff: 34.7 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**




Lsec: 5.0 81 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

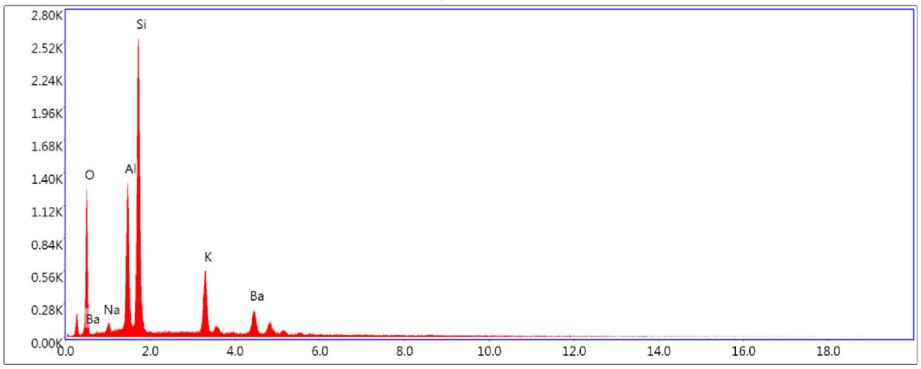
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 24.16 | 51.60 | 614.90 | 11.56 | 0.0442 | 1.1936 | 0.1533 | 1.0000 |
| TiK | 34.73 | 24.77 | 3871.60 | 2.47 | 0.3305 | 0.9440 | 0.9838 | 1.0248 |
| MnK | 2.98 | 1.86 | 205.60 | 14.17 | 0.0269 | 0.9170 | 0.9427 | 1.0427 |
| FeK | 20.72 | 12.67 | 1266.02 | 4.26 | 0.1906 | 0.9323 | 0.9585 | 1.0297 |
| ZnK | 17.40 | 9.10 | 543.44 | 6.31 | 0.1540 | 0.8944 | 0.9696 | 1.0207 |

## EDS Spot 8

| kV: | Mag: | Takeoff: | Live Time(s): | Amp Time(µs): | Resolution:(eV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 901 | 34.7 | 5 | 7.68 | 125.8 |

**EDS Spot 8 - Det 1**

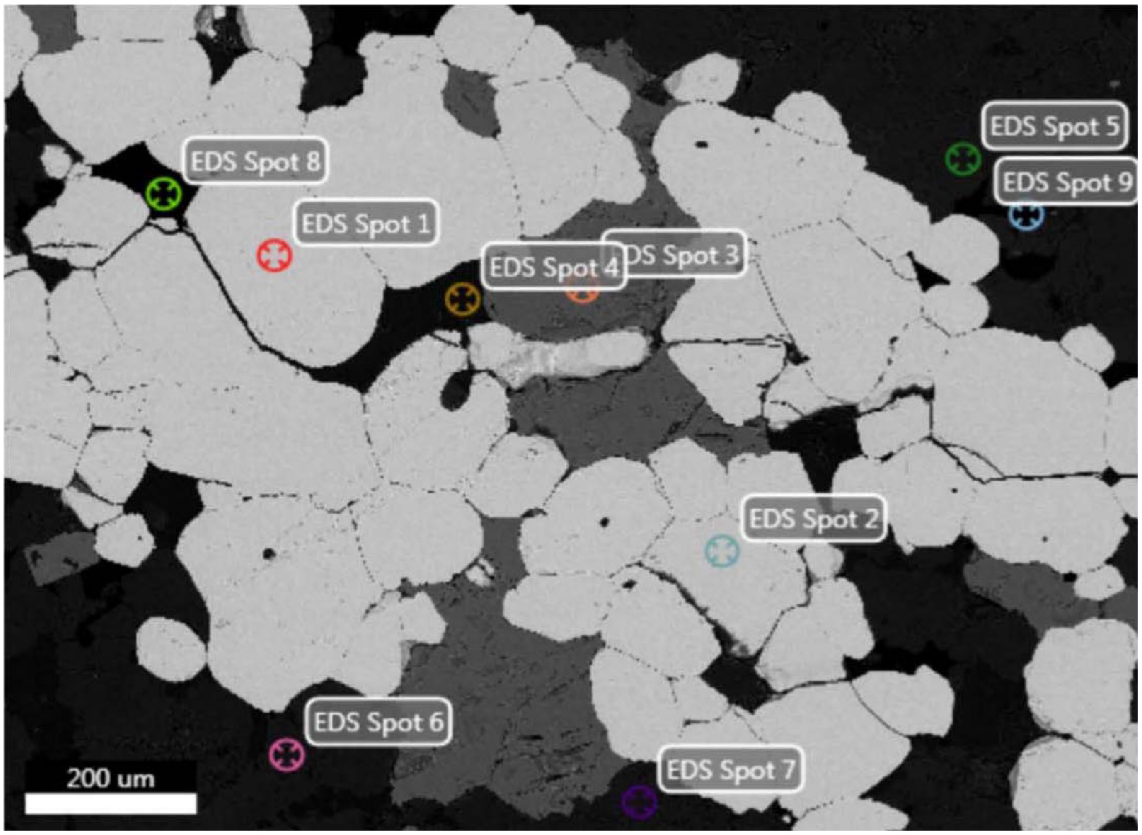



Lsec: 5.0 36 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 34.63 | 53.54 | 1544.74 | 9.43 | 0.1080 | 1.1110 | 0.2807 | 1.0000 |
| NaK | 1.68 | 1.81 | 120.71 | 16.95 | 0.0058 | 1.0126 | 0.3419 | 1.0017 |
| AlK | 13.60 | 12.47 | 2090.87 | 6.43 | 0.0797 | 0.9935 | 0.5870 | 1.0042 |
| SiK | 27.68 | 24.39 | 4349.30 | 5.80 | 0.1697 | 1.0161 | 0.6017 | 1.0028 |
| K K | 8.28 | 5.24 | 1102.54 | 5.26 | 0.0692 | 0.9450 | 0.8663 | 1.0206 |
| BaL | 14.12 | 2.54 | 501.88 | 10.44 | 0.1030 | 0.6942 | 1.0533 | 0.9981 |

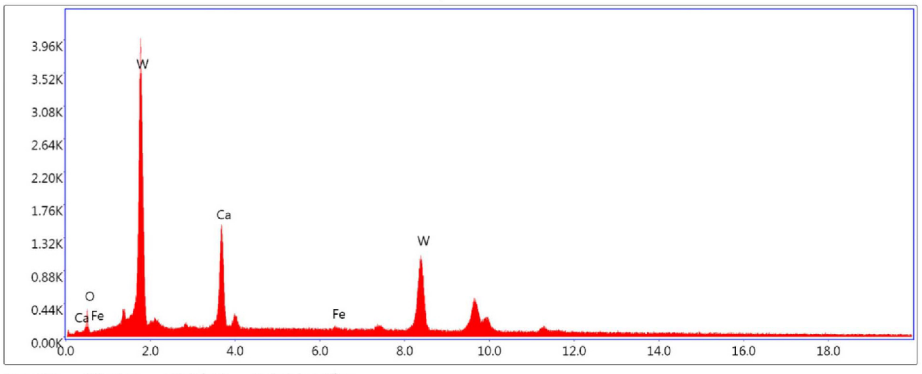
# Örnek 14 - EDS 1




EDS Spot 1

| kV: 30 | Mag:250 | Takeoff: 35.3 | Live Time(s): 5 | Amp Time(µs):7.68 | Resolution:(eV)125.8 |
|---|---|---|---|---|---|

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 108 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

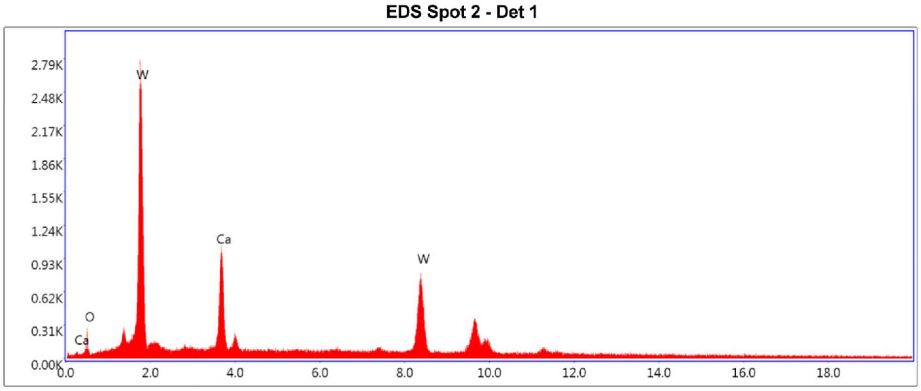
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 19.04 | 60.69 | 525.88 | 12.07 | 0.0334 | 1.3030 | 0.1347 | 1.0000 |
| CaK | 16.80 | 21.38 | 3434.71 | 6.37 | 0.1185 | 1.1724 | 0.5848 | 1.0292 |
| FeK | 0.19 | 0.18 | 40.05 | 63.39 | 0.0021 | 1.0693 | 0.8522 | 1.2095 |
| W L | 63.97 | 17.75 | 3754.73 | 3.67 | 0.5555 | 0.8439 | 1.0301 | 0.9991 |

## EDS Spot 2

kV: 30 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 80 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

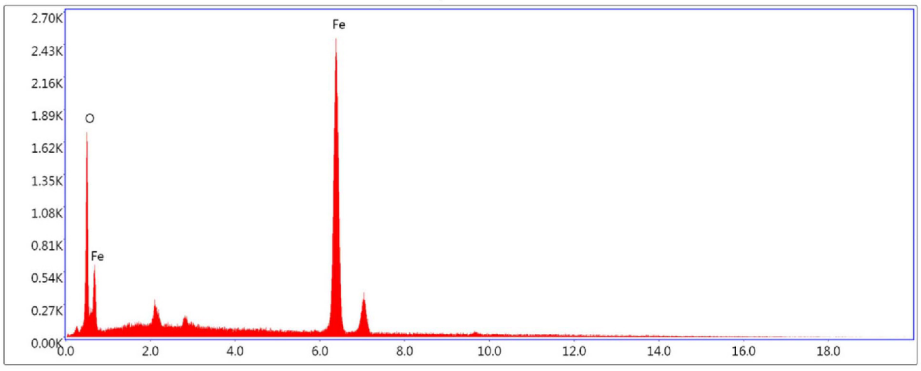
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 19.85 | 61.90 | 384.68 | 12.39 | 0.0349 | 1.2984 | 0.1354 | 1.0000 |
| CaK | 16.79 | 20.90 | 2406.03 | 6.75 | 0.1186 | 1.1684 | 0.5876 | 1.0292 |
| W L | 63.37 | 17.20 | 2598.03 | 4.02 | 0.5489 | 0.8408 | 1.0312 | 0.9992 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 39 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

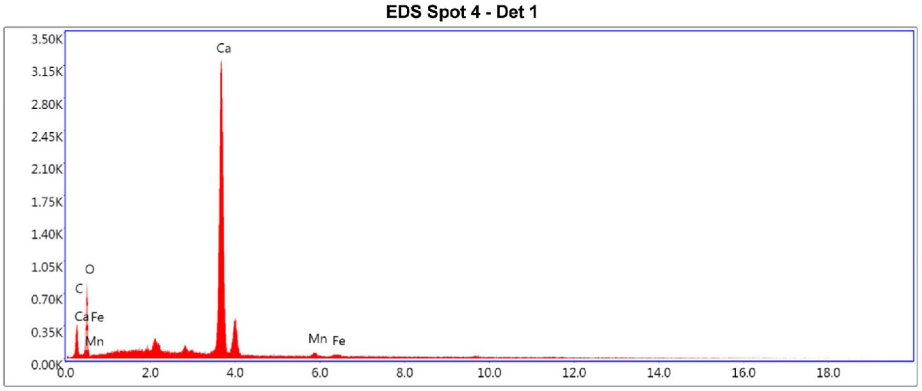
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 18.43 | 44.09 | 2113.35 | 6.95 | 0.1134 | 1.2079 | 0.5094 | 1.0000 |
| FeK | 81.57 | 55.91 | 6851.24 | 2.12 | 0.7763 | 0.9462 | 1.0043 | 1.0015 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 54 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

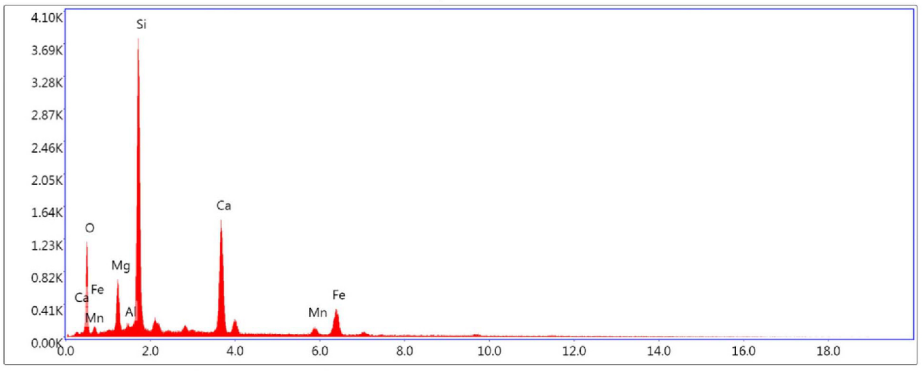
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.99 | 16.28 | 355.96 | 9.40 | 0.0452 | 1.1086 | 0.4537 | 1.0000 |
| O K | 42.50 | 57.75 | 987.52 | 11.44 | 0.0532 | 1.0634 | 0.1177 | 1.0000 |
| CaK | 46.25 | 25.08 | 7325.41 | 1.86 | 0.4298 | 0.9180 | 1.0078 | 1.0041 |
| MnK | 1.35 | 0.54 | 107.60 | 22.50 | 0.0106 | 0.8070 | 0.9530 | 1.0223 |
| FeK | 0.91 | 0.35 | 64.79 | 35.53 | 0.0074 | 0.8198 | 0.9662 | 1.0274 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 62 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

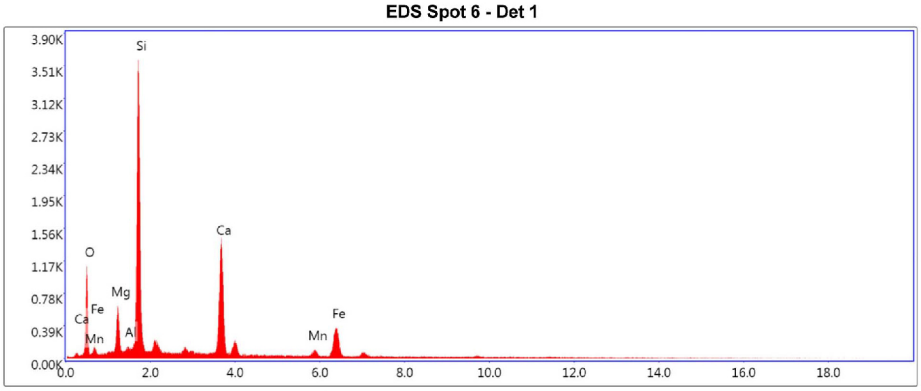
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 33.40 | 51.71 | 1447.95 | 10.28 | 0.0735 | 1.0903 | 0.2017 | 1.0000 |
| MgK | 6.05 | 6.16 | 1008.79 | 8.35 | 0.0282 | 1.0105 | 0.4601 | 1.0025 |
| AlK | 0.79 | 0.72 | 154.22 | 15.94 | 0.0043 | 0.9737 | 0.5568 | 1.0045 |
| SiK | 26.24 | 23.14 | 6267.33 | 4.85 | 0.1787 | 0.9956 | 0.6818 | 1.0028 |
| CaK | 19.40 | 11.99 | 3142.95 | 3.04 | 0.1735 | 0.9421 | 0.9363 | 1.0139 |
| MnK | 2.82 | 1.27 | 254.26 | 14.68 | 0.0237 | 0.8285 | 0.9731 | 1.0416 |
| FeK | 11.30 | 5.01 | 892.01 | 4.84 | 0.0956 | 0.8416 | 0.9821 | 1.0234 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 55 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

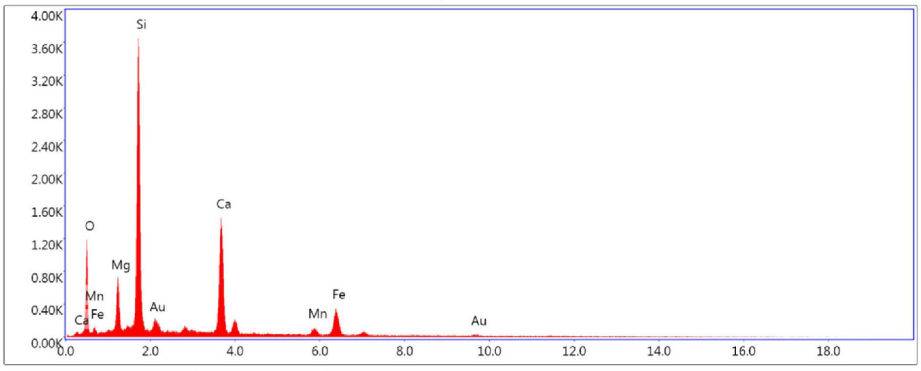
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 32.71 | 51.28 | 1384.82 | 10.33 | 0.0715 | 1.0932 | 0.2000 | 1.0000 |
| MgK | 5.54 | 5.72 | 892.00 | 8.53 | 0.0254 | 1.0134 | 0.4509 | 1.0024 |
| AlK | 0.68 | 0.64 | 130.88 | 18.02 | 0.0037 | 0.9765 | 0.5525 | 1.0044 |
| SiK | 25.75 | 22.99 | 6031.98 | 4.90 | 0.1750 | 0.9985 | 0.6788 | 1.0029 |
| CaK | 19.83 | 12.41 | 3167.95 | 3.05 | 0.1780 | 0.9450 | 0.9366 | 1.0141 |
| MnK | 2.29 | 1.05 | 204.04 | 15.05 | 0.0193 | 0.8311 | 0.9725 | 1.0437 |
| FeK | 13.19 | 5.92 | 1024.68 | 4.21 | 0.1117 | 0.8443 | 0.9817 | 1.0218 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**




Lsec: 5.0 59 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

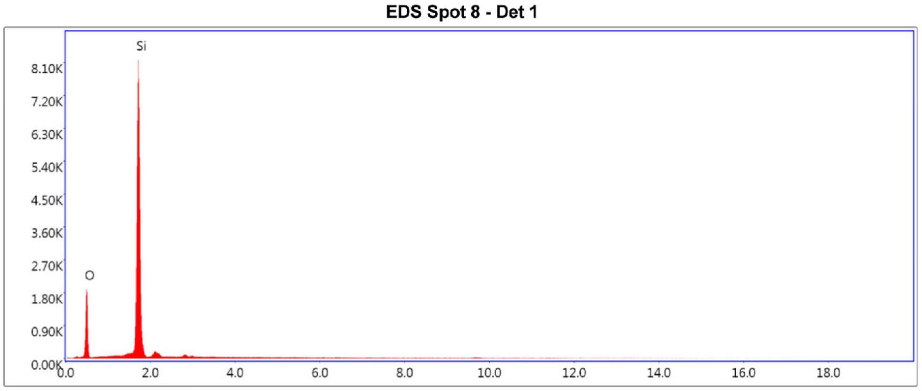
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 37.72 | 56.92 | 1415.72 | 10.44 | 0.0769 | 1.0901 | 0.1871 | 1.0000 |
| MgK | 5.62 | 5.58 | 941.48 | 8.04 | 0.0282 | 1.0108 | 0.4959 | 1.0017 |
| SiK | 25.85 | 22.22 | 6066.89 | 4.54 | 0.1853 | 0.9961 | 0.7179 | 1.0023 |
| CaK | 21.46 | 12.93 | 3169.07 | 3.22 | 0.1875 | 0.9431 | 0.9171 | 1.0097 |
| MnK | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 99.99 | 0.0000 | 0.8297 | 0.9636 | 1.0513 |
| FeK | 3.92 | 1.69 | 295.28 | 14.35 | 0.0339 | 0.8429 | 0.9749 | 1.0526 |
| AuL | 5.44 | 0.67 | 53.66 | 48.77 | 0.0320 | 0.5659 | 1.0375 | 1.0006 |

## EDS Spot 8

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 8 - Det 1**




Lsec: 5.0 55 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

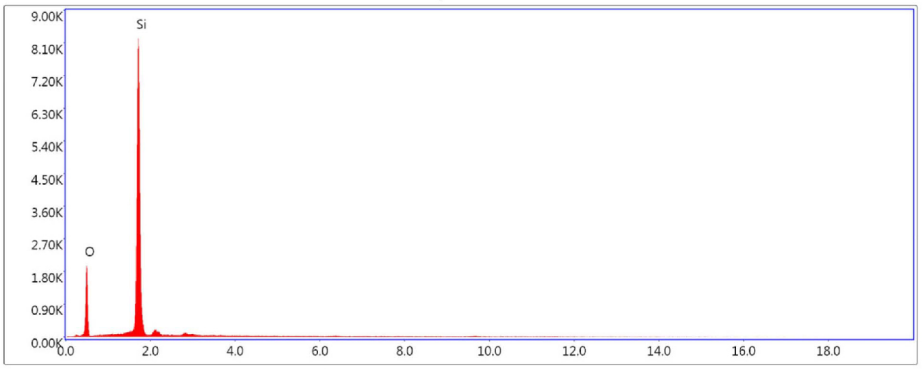
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 43.30 | 57.28 | 2329.19 | 8.82 | 0.1444 | 1.0516 | 0.3171 | 1.0000 |
| SiK | 56.70 | 42.72 | 13438.71 | 2.77 | 0.4682 | 0.9574 | 0.8620 | 1.0004 |

## EDS Spot 9

kV: 20 Mag:250 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 9 - Det 1**

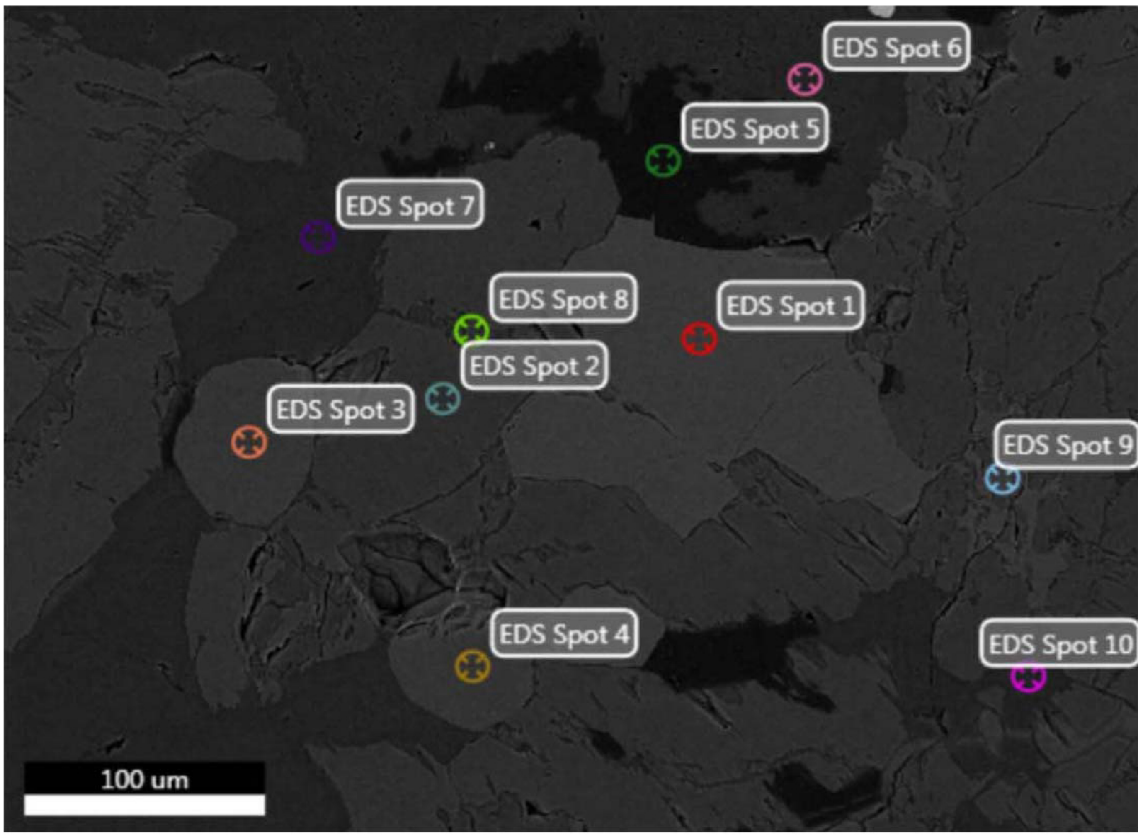



Lsec: 5.0 60 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 43.51 | 57.48 | 2411.95 | 8.79 | 0.1455 | 1.0514 | 0.3180 | 1.0000 |
| SiK | 56.49 | 42.52 | 13755.48 | 2.76 | 0.4662 | 0.9572 | 0.8614 | 1.0004 |

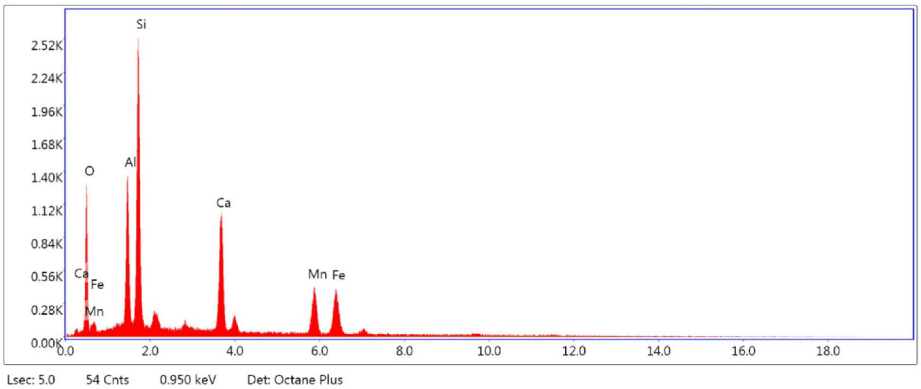
# Örnek 14 - EDS 2




EDS Spot 1

| kV: | 20 | Mag:701 | Takeoff: 35.3 | Live Time(s): 5 | Amp Time(µs):7.68 | Resolution:(eV)125.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|

**EDS Spot 1 - Det 1**




Lsec: 5.0 54 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

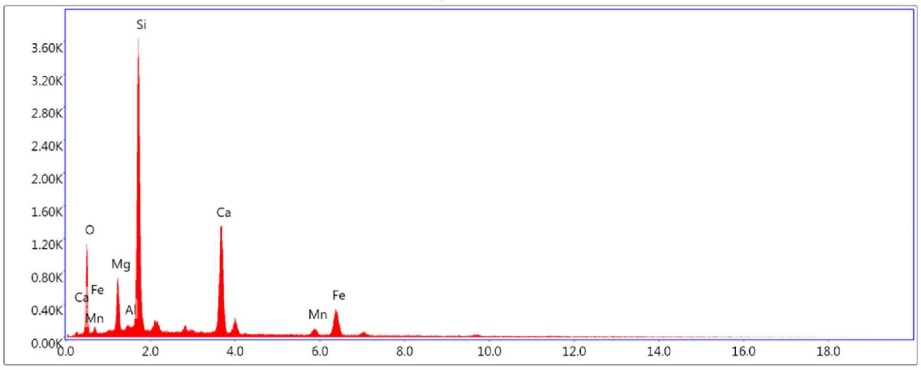
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 30.57 | 50.11 | 1584.84 | 9.87 | 0.0805 | 1.1112 | 0.2371 | 1.0000 |
| AlK | 10.91 | 10.60 | 2210.49 | 6.59 | 0.0616 | 0.9931 | 0.5665 | 1.0032 |
| SiK | 19.50 | 18.21 | 4255.86 | 5.80 | 0.1215 | 1.0156 | 0.6119 | 1.0027 |
| CaK | 14.40 | 9.42 | 2385.01 | 3.35 | 0.1318 | 0.9617 | 0.9337 | 1.0196 |
| MnK | 12.10 | 5.77 | 1108.59 | 4.30 | 0.1033 | 0.8461 | 0.9793 | 1.0308 |
| FeK | 12.53 | 5.88 | 1006.15 | 4.44 | 0.1079 | 0.8596 | 0.9854 | 1.0171 |

## EDS Spot 2

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 2 - Det 1**




Lsec: 5.0 53 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

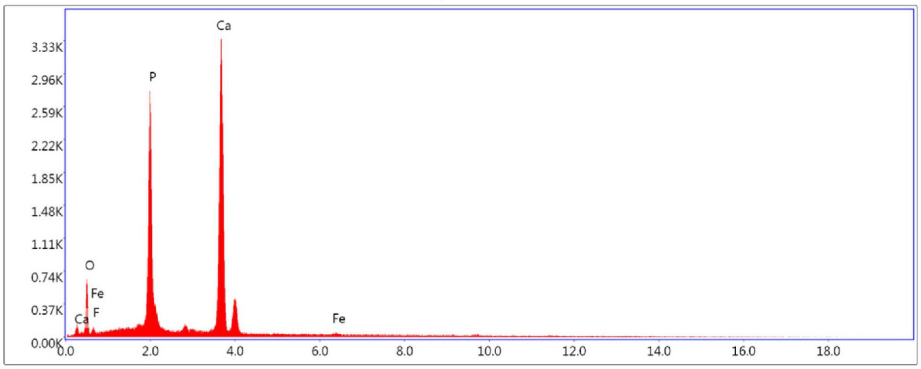
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 33.39 | 51.62 | 1406.06 | 10.31 | 0.0731 | 1.0898 | 0.2008 | 1.0000 |
| MgK | 6.30 | 6.41 | 1028.43 | 8.32 | 0.0295 | 1.0101 | 0.4615 | 1.0025 |
| AlK | 0.88 | 0.81 | 168.30 | 14.11 | 0.0048 | 0.9733 | 0.5560 | 1.0045 |
| SiK | 26.09 | 22.98 | 6067.04 | 4.87 | 0.1772 | 0.9952 | 0.6803 | 1.0028 |
| CaK | 19.53 | 12.05 | 3086.55 | 3.05 | 0.1746 | 0.9417 | 0.9363 | 1.0137 |
| MnK | 2.43 | 1.09 | 213.75 | 15.26 | 0.0204 | 0.8281 | 0.9729 | 1.0424 |
| FeK | 11.38 | 5.04 | 876.83 | 4.83 | 0.0962 | 0.8412 | 0.9820 | 1.0236 |

## EDS Spot 3

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 3 - Det 1**




Lsec: 5.0 57 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

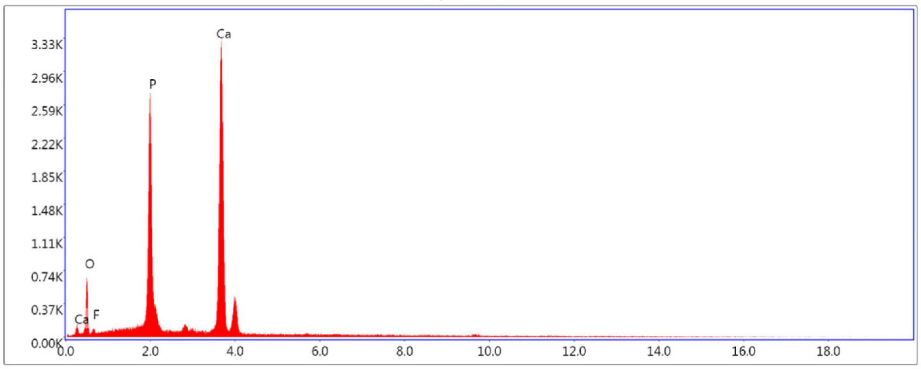
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 30.99 | 49.47 | 817.34 | 11.58 | 0.0398 | 1.0940 | 0.1174 | 1.0000 |
| F K | 4.12 | 5.54 | 148.91 | 22.08 | 0.0051 | 1.0179 | 0.1224 | 1.0000 |
| P K | 20.14 | 16.61 | 4978.77 | 3.39 | 0.1635 | 0.9601 | 0.8389 | 1.0078 |
| CaK | 43.98 | 28.03 | 7524.16 | 2.20 | 0.3985 | 0.9455 | 0.9554 | 1.0030 |
| FeK | 0.78 | 0.36 | 63.19 | 33.80 | 0.0065 | 0.8447 | 0.9582 | 1.0288 |

## EDS Spot 4

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 4 - Det 1**




Lsec: 5.0 59 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

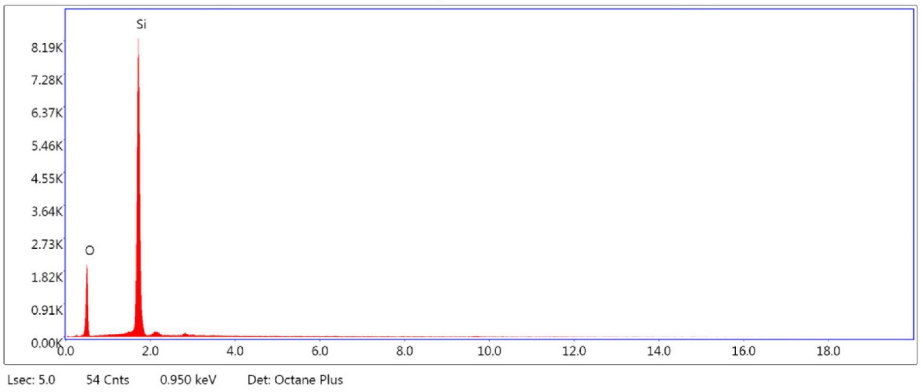
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 31.44 | 49.77 | 840.36 | 11.53 | 0.0404 | 1.0923 | 0.1177 | 1.0000 |
| F K | 4.44 | 5.92 | 161.66 | 14.98 | 0.0055 | 1.0163 | 0.1218 | 1.0000 |
| P K | 20.39 | 16.67 | 5108.68 | 3.36 | 0.1658 | 0.9585 | 0.8417 | 1.0078 |
| CaK | 43.73 | 27.64 | 7556.96 | 2.21 | 0.3955 | 0.9438 | 0.9555 | 1.0026 |

## EDS Spot 5

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 5 - Det 1**




Lsec: 5.0 54 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

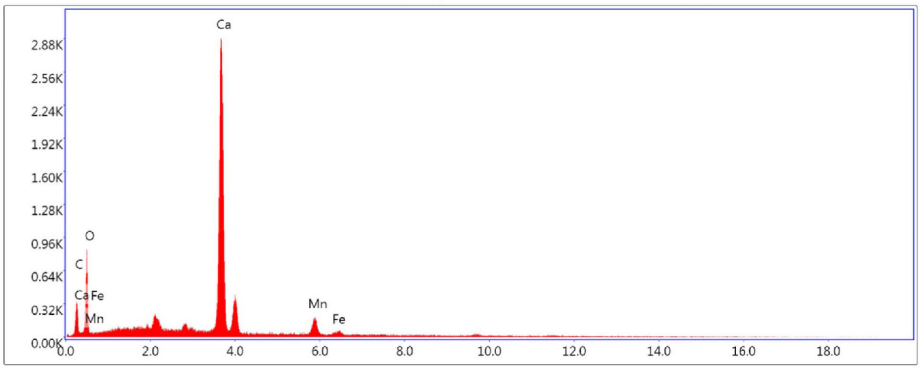
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 43.78 | 57.76 | 2417.67 | 8.78 | 0.1469 | 1.0511 | 0.3191 | 1.0000 |
| SiK | 56.22 | 42.24 | 13575.80 | 2.77 | 0.4633 | 0.9570 | 0.8605 | 1.0005 |

## EDS Spot 6

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 6 - Det 1**




Lsec: 5.0 58 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

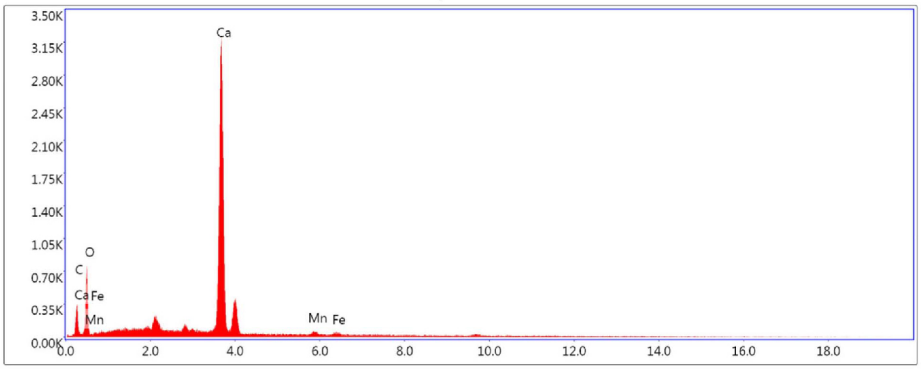
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 9.06 | 16.51 | 349.16 | 9.54 | 0.0443 | 1.1132 | 0.4393 | 1.0000 |
| O K | 42.31 | 57.89 | 1066.33 | 11.29 | 0.0574 | 1.0678 | 0.1270 | 1.0000 |
| CaK | 42.18 | 23.04 | 6726.60 | 1.90 | 0.3939 | 0.9222 | 1.0051 | 1.0070 |
| MnK | 5.53 | 2.20 | 443.76 | 7.82 | 0.0438 | 0.8108 | 0.9578 | 1.0198 |
| FeK | 0.92 | 0.36 | 66.03 | 35.12 | 0.0075 | 0.8237 | 0.9693 | 1.0245 |

## EDS Spot 7

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 7 - Det 1**




Lsec: 5.0 41 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

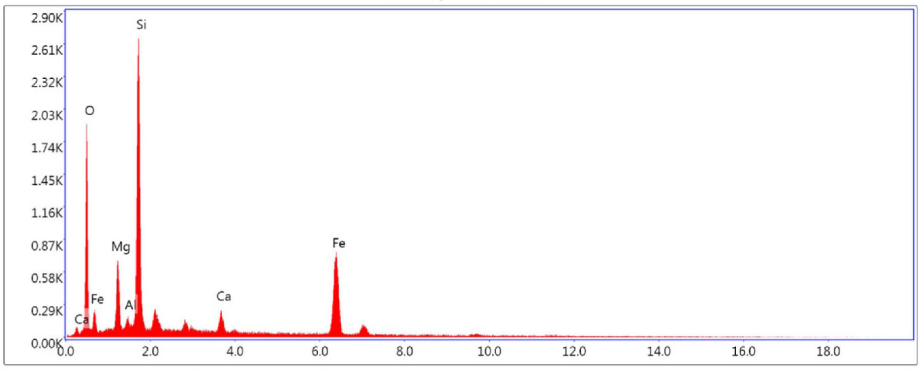
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.24 | 15.01 | 312.95 | 9.63 | 0.0412 | 1.1097 | 0.4510 | 1.0000 |
| O K | 42.91 | 58.69 | 967.01 | 11.46 | 0.0540 | 1.0645 | 0.1182 | 1.0000 |
| CaK | 46.45 | 25.36 | 7106.42 | 1.86 | 0.4320 | 0.9190 | 1.0074 | 1.0041 |
| MnK | 1.39 | 0.55 | 106.94 | 22.94 | 0.0110 | 0.8080 | 0.9525 | 1.0223 |
| FeK | 1.02 | 0.40 | 70.12 | 30.73 | 0.0083 | 0.8207 | 0.9658 | 1.0271 |

## EDS Spot 8

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 8 - Det 1**




Lsec: 5.0 58 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

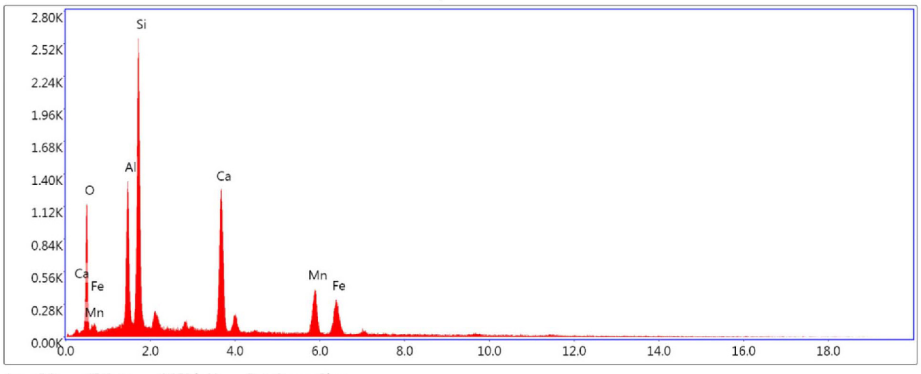
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 33.57 | 53.15 | 2399.07 | 8.42 | 0.1346 | 1.1042 | 0.3629 | 1.0000 |
| MgK | 8.19 | 8.54 | 1089.68 | 8.96 | 0.0337 | 1.0240 | 0.4006 | 1.0017 |
| AlK | 1.20 | 1.13 | 187.88 | 15.84 | 0.0058 | 0.9868 | 0.4859 | 1.0031 |
| SiK | 24.16 | 21.78 | 4740.79 | 5.76 | 0.1494 | 1.0091 | 0.6115 | 1.0020 |
| CaK | 2.81 | 1.78 | 418.01 | 10.49 | 0.0255 | 0.9554 | 0.9245 | 1.0269 |
| FeK | 30.06 | 13.63 | 2198.75 | 3.10 | 0.2604 | 0.8540 | 0.9995 | 1.0146 |

## EDS Spot 9

kV: 20 Mag:701 Takeoff: 35.3 Live Time(s): 5 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV)125.8

**EDS Spot 9 - Det 1**




Lsec: 5.0 45 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

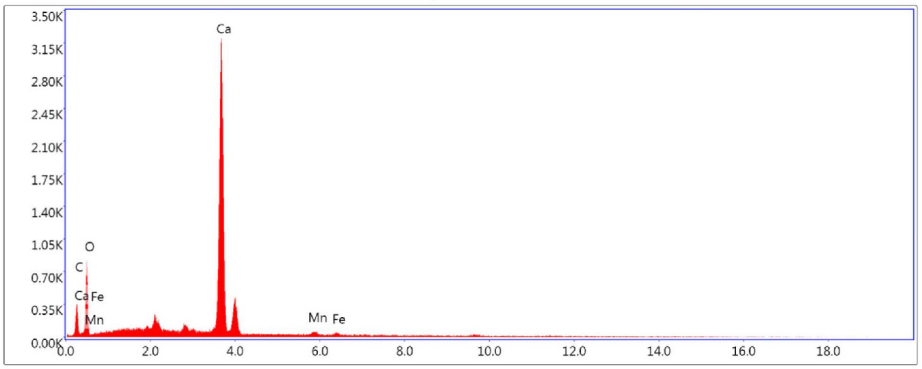
**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O K | 31.65 | 51.13 | 1491.45 | 10.12 | 0.0759 | 1.1062 | 0.2168 | 1.0000 |
| AlK | 10.31 | 9.88 | 2119.06 | 6.60 | 0.0591 | 0.9885 | 0.5779 | 1.0034 |
| SiK | 19.39 | 17.84 | 4296.94 | 5.65 | 0.1229 | 1.0108 | 0.6251 | 1.0029 |
| CaK | 17.49 | 11.28 | 2883.57 | 3.17 | 0.1597 | 0.9570 | 0.9375 | 1.0175 |
| MnK | 11.63 | 5.47 | 1052.37 | 4.52 | 0.0982 | 0.8419 | 0.9758 | 1.0281 |
| FeK | 9.52 | 4.41 | 758.78 | 5.60 | 0.0815 | 0.8553 | 0.9827 | 1.0189 |

## EDS Spot 10

| kV: | Mag: | Takeoff: | Live Time(s): | Amp Time(µs): | Resolution:(eV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 701 | 35.3 | 5 | 7.68 | 125.8 |

**EDS Spot 10 - Det 1**




Lsec: 5.0 50 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

**eZAF Smart Quant Results**

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z | A | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C K | 8.57 | 15.47 | 331.16 | 9.51 | 0.0430 | 1.1081 | 0.4527 | 1.0000 |
| O K | 43.40 | 58.84 | 997.47 | 11.42 | 0.0549 | 1.0628 | 0.1190 | 1.0000 |
| CaK | 45.90 | 24.84 | 7118.27 | 1.86 | 0.4264 | 0.9174 | 1.0078 | 1.0040 |
| MnK | 1.29 | 0.51 | 100.83 | 23.06 | 0.0102 | 0.8065 | 0.9534 | 1.0225 |
| FeK | 0.84 | 0.33 | 58.64 | 36.86 | 0.0068 | 0.8193 | 0.9666 | 1.0277 |