

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BALYA (BALIKESİR) CİVARINDAKİ FLOTASYON VE İZABE
ATIKLARININ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE REZERVİNİN
HESAPLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET BAŞTÜRK

BALIKESİR, ARALIK - 2017

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BALYA (BALIKESİR) CİVARINDAKİ FLOTASYON VE İZABE
ATIKLARININ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE REZERVİNİN
HESAPLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET BAŞTÜRK

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Selman AYDOĞAN (Tez Danışmanı)

Prof.Dr.Cemal BÖLÜCEK

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR

BALIKESİR, ARALIK - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ahmet BAŞTÜRK tarafından hazırlanan “BALYA (BALIKESİR) CİVARINDAKİ FLOTASYON VE İZABE ATIKLARININ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE REZERVİNİN HESAPLANMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 31.12.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Selman AYDOĞAN

Üye
Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK

Üye
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR

Üye
Doç. Dr. Muharrem AKGÜL

Üye
Doç. Dr. Mustafa KUMRAL



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

Bu tez çalışması ESAN/ECZACIBAŞI tarafından desteklenmiŐtir.

ÖZET

**BALYA (BALIKESİR) CIVARINDAKİ FLOTASYON VE İZABE
ATIKLARININ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE REZERVİNİN
HESAPLANMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AHMET BAŞTÜRK
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA SELMAN AYDOĞAN)
BALIKESİR, ARALIK - 2017**

Çalışma alanı, Balıkesir ilinin Balya ilçesi sınırlarında olup, Balıkesir iline 50 km mesafededir. Sahada, M.Ö. 500’lü yıllardan başlayıp günümüze kadar maden üretim çalışmaları, farklı firmalar tarafından yapılmıştır. Çalışma alanındaki atıklar 1876-1939 yılları arasında Fransız “Riyol” şirketleri tarafından işletilmiştir.

Çalışma alanındaki maden atıkları flotasyon ve izabe atıkları olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Yayılım, kalınlık, yoğunluk, alterasyon, oksidasyon gibi mineral ve değerli element tayini için 90 adet flotasyon 14 adet izabe numunesi derlenmiştir. Bu numunelerden 19 tanesi (14 adet flotasyon 5 adet izabe), mineral tayini, yüzey alterasyon değişimi ve element içeriği için XRF (X-Ray Floresans Yöntemi), XRD (X-Ray Difraksiyon Yöntemi) ve parlak kesit çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

XRD çalışmaları ile atıklarda sfalerit, manyetit, kuvars, wurtzit, bassanit, K-feldspat ve anglezit mineralleri tespit edilmiştir.

XRF çalışmaları sonucunda, izabe atıkların ortalama % 3.19 Pb, % 11.66 Zn ve % 27.87 Fe içeriklerine sahipken, flotasyon atıkları ortalama % 4.55 Pb, % 3.90 Zn ve % 8.79 Fe içerdiği tespit edilmiştir.

Atıklar ile ilgili alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçlarıyla elde edilen dataların istatistiksel analizi yapılmış ve atıkların istatistiksel yorumu yapılmıştır. Aynı zamanda, bunların variogram modellemeleri yapılarak kriging ile ilgili jeostatistiksel parametreler belirlenmiştir. Bu jeostatistiksel parametreler temelinde ordinary kriging yöntemi kullanılarak atık sahasının tenör bazında alansal değişimi saptanmıştır. Tenör, yoğunluk ve tonaj değişim değerleri oluşturulan blok modelde değerlendirilmiş ve maden atıklarınının 2,353,364 ton mümkün reserve sahip oldukları ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Balya, Balıkesir, blok model, flotasyon, maden atıkları, izabe, rezerv.

ABSTRACT

**DETERMINATION OF PROPERTIES OF FLOTATION AND SMELTING
WASTES AROUND BALYA (BALIKESİR)
MSC THESIS
AHMET BAŞTURK
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. MUSTAFA SELMAN AYDOĞAN)
BALIKESİR, DECEMBER 2017**

The study area is located at Balya (Balıkesir) and its surroundings. In the area, production studies have been determined by different companies from present day to B.C.500. The wastes in studied area have been operated by “Riyol” company (France) between 1876 and 1939.

Wastes in studied area are divided into two categories such as flotation and smelting. 90 flotation and 14 smelting wastes are collected in order to analysis of mineral and precious elements as distribution, thickness, density, alteration, coordination and oxidation. Of these, 14 flotation and 5 smelting waste samples are analysed with XRD and XRF method for mineral determination, element compositions and surface alteration changes.

XRD studies indicate that these wastes composed mainly of sphalerite, magnetite, quartz, wurtzite, bassanite, K-feldspar and anglesite minerals.

XRF investigations show that although smelting wastes have mineralisation average 3.19 wt% Pb, 11.66 wt% Zn and 27.87 wt% Fe, flotation wastes include average 4.55 wt% Pb, 3.90 wt% Zn ve 8.79 Fe wt% contents.

After the data were obtained, statistical analysis, geostatistical parameters for kriging of waste was made and variogram models were determined. Using the determined geostatistical parameters, the area variation on the basis of grade was determined using ordinary kriging method. Quantities, tonnage, density and tonnage change values of mining wastes are used in the constructed block model. The amount of possible reserve of wastes is determined.

Finally, possible reserve of 2.353.364 ton for smelting and flotation wastes is determined.

KEYWORDS: Balya, Balıkesir, block model, flotation, Mining wastes, smelting, reserve

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1.Konu.....	1
1.2.Amaç.....	5
1.3.Coğrafi Konum.....	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3. MATERYAL VE METOD	13
3.1.Literatür Çalışması.....	13
3.2.Saha Çalışmaları.....	13
3.3.Harita Çalışmaları.....	13
3.4.Veritabanının Oluşturulması.....	14
3.5.Poligon Alanı.....	14
3.6.Modelleme.....	14
3.7.Fransız'lara ait Atık Verileri.....	15
3.8.Yüzey Örnekleme Çalışmaları.....	15
3.9. Analizler.....	16
3.9.1. X-Ray Difraksiyon Yöntemi.....	16
3.9.2. X-Ray Flourescence Yöntemi.....	16
4. BÖLGESEL JEOLJİ	17
4.1.Karakaya Kompleksi.....	18
4.1.1. Nilüfer Birimi.....	21
4.1.2. Orhanlar Grovakı.....	22
4.1.3. Hodul Birimi.....	22
4.2.Tersiyer Mağmatizması.....	23
5. MADEN JEOLJİSİ	26
5.1. Balya Bölgesindeki Flotasyon ve İzabe Atıkları.....	29
5.1.1. Atıkların örnekleme.....	29
5.1.2. Atıkların kimyasal analizi.....	49
5.2. Rezerv Hesaplaması.....	57
5.2.1. Veritabanı.....	57
5.2.2. Micromine Programı Kullanılarak Ordinary Kriging Yöntemi ile Alansal Dağılım Haritası Yapılması.....	57
5.2.3. Histogram.....	76
5.2.4. Bilgisayar Programı.....	80
5.2.5. Blok Model.....	80
5.2.6. Rezerv Tahmini.....	85
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
7. KAYNAKLAR	90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Fransız'lara ait dönemdeki tesis ve saha görünüşleri; a) Fransız'lara ait flotasyon tesisinden görüntü, b) Fransız'lara ait çalışma binaları ve çalışanları, c) Cevher taşınmasında demir yolu kullanımı, d) 1930 yılına ait Balya Yerleşim Yeri, e) Fransız'lara ait Çalışma Binaları, f) Fransız'lara ait İzabe Tesisi.....	3
Şekil 1.2: Fransız'lara ait galeri ve ruhsat görünüşleri; a-b-c-d) Eski Fransız'lara ait Sarısu üretim galerileri (Esan Eczacıbaşı Şirketi tarafından restore edilen kesitler), e-f) Balya Karaaydın Madenleri A.Ş. ruhsatları (http://www.turquie-culture.fr/pages/histoire/relations-franco-turques/mines-de-balia-karaidin-1923.html , http://www.balya.bel.tr/index.php)	4
Şekil 1.3: Çalışma alanı yer bulduru haritası, Balya yerleşim yeri, Esan Eczacıbaşı Pb-Zn Madeni ve Eski atık sahalarını gösteren Google Earth görüntüsü (Google Earth, 2016).....	7
Şekil 4.1: Balya Bölgesi'nin kolon kesiti (Erkül vd., 2016)	18
Şekil 4. 2: Üst Karakaya Kompleksi'ni oluşturan Triyas yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar ve bu kayalar içerisinde blok şeklinde gözlenen Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları.....	20
Şekil 4. 3: Triyas yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokların yakından görünümü.....	20
Şekil 4. 4: Karakaya Kompleksi ve ilişkili ünitelerin dağılımını gösteren Batı Anadolu'nun tektonik haritası (Okay ve Altıner, 2004).	21
Şekil 4. 5: a) Balya yerleşim yeri, Hastane Tepe, Kızıl Tepe ve dasit-kireçtaşı kontak ilişkisi b) Oligo-Miyosen yaşlı volkanikler, c) Permiyen yaşlı kireçtaşı mostrası	24
Şekil 4. 6: Balya Bölgesinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (Akyol, 1977)	25
Şekil 4. 7: Balya cevherleşmesi kesit görüntüsü (Akyol, 1979).....	25
Şekil 5. 1: Erken Miyosen yaşlı dasit ve Permiyen yaşlı kireçtaşı bloğu arasında gözlenen Balya fayı ve kontak boyunca alt kısımlarda stok civarında skarnlaşma	26
Şekil 5. 2: Esan Balya maden yatağı örnekleri. a) Yeraltından alınmış sfalerit, galen, pirit, kalkopiritten meydana gelen el örneği, b) Yüzeyle 700 metre aşağıdan alınmış pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşan bir sondaj karot örneği	28
Şekil 5. 3: Çalışma alanında gözlenen A ve B bölgesi flotasyon atıklarının genel görünümü.....	30
Şekil 5. 4: Çalışma alanında gözlenen C,D, E bölgesi flotasyon ve izabe atıklarının genel görünümü.	30
Şekil 5. 5: Flotasyon atık bölgelerinin numunelendirme çalışması; a-b-c-d) kanal tipi numune alımını gösteren fotoğraflar. g) Numune alımı sırasında lokasyon etiketleme yöntemini gösteren resim, h) Numune alım şeklini gösteren fotoğraf.....	31
Şekil 5. 6: İzabe atık bölgelerinin numunelendirme çalışması; a-b) izabe atık alanını gösteren resimler, c-d-e-f) numune alım çalışmaları ve numune alanlarını gösteren resimler.....	32

Şekil 5. 7: A Bölgesine ait numune lokasyonları.....	33
Şekil 5. 8: B Bölgesine ait numune lokasyonları.....	33
Şekil 5. 9: C Bölgesine ait numune lokasyonları.....	34
Şekil 5. 10: D Bölgesine ait numune lokasyonları.....	34
Şekil 5. 11: E Bölgesine ait numune alım lokasyonları.	35
Şekil 5. 12: IZ Bölgesine ait numune lokasyonları.....	36
Şekil 5. 13: İzabe numunesinin XRD sonuçları. <i>Mineral birlikteliği</i> : kuvars, manyetit, fayalit ve wurtzit.....	37
Şekil 5. 14: İzabe numunesinin XRD sonuçları. <i>Mineral birlikteliği</i> : fayalit ve sfalerit.....	37
Şekil 5. 15: Flotasyon numunesinin XRD sonuçları. <i>Mineral birlikteliği</i> : anglezit, bassanit, sfalerit ve K-feldspat.	38
Şekil 5. 16: Flotasyon numunesinin XRD sonuçları. <i>Mineral birlikteliği</i> : anglezit, K-feldspat ve bassanit.	38
Şekil 5. 17: Flotasyon numunesi XRD sonuç diyagramı. <i>Mineral birlikteliği</i> : anglezit, K-feldspat ve bassanit.	39
Şekil 5. 18: A Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)	45
Şekil 5. 19: A Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)	45
Şekil 5. 20: A Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	46
Şekil 5. 21: A Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)	46
Şekil 5. 22: B Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)	47
Şekil 5. 23: B Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)	47
Şekil 5. 24: B Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	48
Şekil 5. 25: B Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler).....	48
Şekil 5. 26: C Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)	49
Şekil 5. 27: C Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)	49
Şekil 5. 28: C Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	50
Şekil 5. 29: C Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler).....	50
Şekil 5. 30: D Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)....	51
Şekil 5. 31: D Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler).....	51
Şekil 5. 32: D Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	52
Şekil 5. 33: D Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)	52
Şekil 5. 34: E Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)	53
Şekil 5. 35: E Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler).....	53
Şekil 5. 36: E Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	54
Şekil 5. 37: E Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler).....	54
Şekil 5. 38: IZ Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler) ...	55
Şekil 5. 39: IZ Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)	55
Şekil 5. 40: IZ Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)	56
Şekil 5. 41: IZ Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler).....	56
Şekil 5. 42: A Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	59
Şekil 5. 43: A Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	59

Şekil 5. 44: A Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	60
Şekil 5. 45: A Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	60
Şekil 5. 46: B Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	61
Şekil 5. 47: B Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	61
Şekil 5. 48: B Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	62
Şekil 5. 49: B Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	62
Şekil 5. 50: C Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	63
Şekil 5. 51: C Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	63
Şekil 5. 52: C Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	64
Şekil 5. 53: C Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	64
Şekil 5. 54: D Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	65
Şekil 5. 55: D Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	65
Şekil 5. 56: D Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	66
Şekil 5. 57: D Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	66
Şekil 5. 58: E Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	67
Şekil 5. 59: E Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	68
Şekil 5. 60: E Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	69
Şekil 5. 61: E Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	70
Şekil 5. 62: IZ Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası	71
Şekil 5. 63: IZ Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası	72
Şekil 5. 64: IZ Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası	73
Şekil 5. 65: IZ Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası	74
Şekil 5. 66: Flotasyon atık alanlarından alınan numunelerin Pb histogramı.	77
Şekil 5. 67: Flotasyon atık alanlarından alınan numunelerin Zn histogramı.	77
Şekil 5. 68: Flotasyon atık alanlarından alınan numunelerin Fe histogramı.	78
Şekil 5. 69: Flotasyon atık alanlarından alınan numunelerin Cu histogramı.	78
Şekil 5. 70: İzabe atık alanlarından alınan numunelerin Pb histogramı.	78
Şekil 5. 71: İzabe atık alanlarından alınan numunelerin Zn histogramı.	79

Şekil 5. 72: İzabe atık alanlarından alınan numunelerin Fe histogramı.....	79
Şekil 5. 73: İzabe atık alanlarından alınan numunelerin Cu histogram.	79
Şekil 5. 74: A bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	82
Şekil 5. 75: B bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	82
Şekil 5. 76: C bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	83
Şekil 5. 77: D bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	83
Şekil 5. 78: E bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	84
Şekil 5. 79: İzabe bölgesi katı blok ve numune yerleri.....	84

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5. 1: Yüzey numunelerinin kimyasal analiz sonuç tablosu.	43
Tablo 5. 2: Flotasyon atıkları alınan numune sayıları ve Pb-Zn analiz derlemesi	43
Tablo 5. 3: Flotasyon atıkları alınan numune sayıları ve Fe-Cu analiz derlemesi	43
Tablo 5. 4: İzabe atıklarından alınan numune sayıları ve Pb-Zn analiz derlemesi	44
Tablo 5. 5: İzabe atıklarından alınan numune sayıları ve Fe-Cu analiz derlemesi.	44
Tablo 5. 6: Bölgelere göre alınan numunelerin yoğunluk analiz sonuçları.	86
Tablo 5. 7: Flotasyon atığı bölgelere göre yoğunluk Pb, Zn element yüzdesi ve tonaj tablosu.	87
Tablo 5.8: Flotasyon atığı bölgelere göre yoğunluk Fe, Cu element yüzdesi ve tonaj tablosu.	87
Tablo 5.9: İzabe atığı bölgelere göre yoğunluk Pb, Zn element yüzdesi ve tonaj tablosu.	87
Tablo 5.10: İzabe atığı bölgelere göre yoğunluk Fe, Cu element yüzdesi ve tonaj tablosu.	87

SEMBOL LİSTESİ

Pb	: Kurşun elementi
Zn	: Çinko elementi
Fe	: Demir elementi
Cu	: Bakır elementi
Ag	: Gümüş elementi
K	: Potasyum elementi
Th	: Toryum elementi
As	: Arsenik elementi
Gr	: Gram
Mg	: Miligram
Kg	: Kilogram
M ³	: Metreküp
%	: Yüzde
My	: Milyon yıl
±	: Artı eksi
< >	: Küçük, büyük
X	: Doğu koordinatı
Y	: Kuzey koordinatı
Z	: Derinlik koordinatı
D-B	: Doğu-Batı
K-G	: Kuzey-Güney
KD-GB	: Kuzeydoğu-Güneybatı
KKD-GGB	: Kuzey, Kuzeydoğu – Güney, Güneybatı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
XRF	: X-Ray Flourescence
JCB	: Kazıcı iş makinası
BLUE	: Best Linear Unbiased Estimator
2D	: 2 Boyutlu
3D	: 3 Boyutlu
MTA	: Maden Tetkik Arama
IDW	: Inverse Distance Weghting
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
C	: Variogramda yapısal varyans
C0	: Variogramda nugget etki
μ	: La Grange çarpanı
Z	: Gerçek değer
Z*	: Tahmin değeri
T	: Ton
SDK	: Kriging Standart Sapması

ÖNSÖZ

2013-2017 yılları arasında yürütülen bu tez, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanmasında her aşamada desteğini gördüğüm değerli görüş, tecrübe ve bilgileriyle yönlendiren, danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Selman AYDOĞAN'a,

Bu çalışmanın başlangıcından bitim aşamasına kadar finansal yönden destekleyen Esan/Eczacıbaşı Şirketi'ne,

Çalışmanın çeşitli aşamalarında desteğini gördüğüm ve jeoloji bilgilerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK'e,

Esan/Eczacıbaşı şirketinde çalışan tüm çalışma arkadaşlarıma,

Tez çalışması sırasında bana her konuda destek sağlayan eşim Gülten BAŞTÜRK ve motivasyonumu artıran oğlum Mert Efe BAŞTÜRK'e teşekkür ederim.

Aralık, 2017

1. GİRİŞ

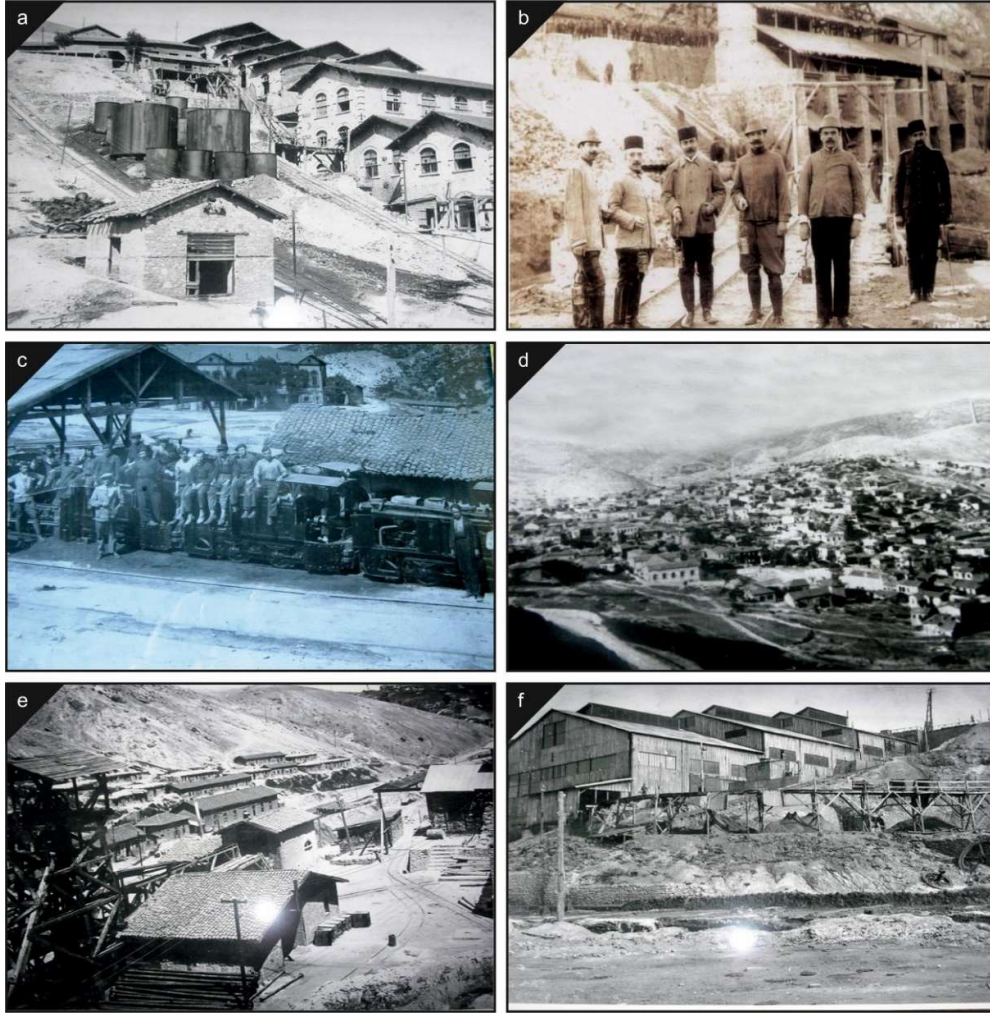
1.1 Konu

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez, **“Balya (Balıkesir) civarındaki flotasyon ve izabe atıklarının özelliklerinin belirlenmesi ve rezervinin hesaplanması”** ile ilgilidir. Balya Pb-Zn yatağının tarihi M.Ö. 500'lü yıllara dayanmaktadır ve yakın geçmişte Fransız'lara ait şirketler tarafından işletilmiştir. Bu çalışma bu yataktaki, işletme sonrası arta kalan atıkların belirlenmesini ve mümkün rezervin günümüz imkânlarıyla ortaya konulmasını içermektedir. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan tez, yedi bölümden oluşmaktadır.

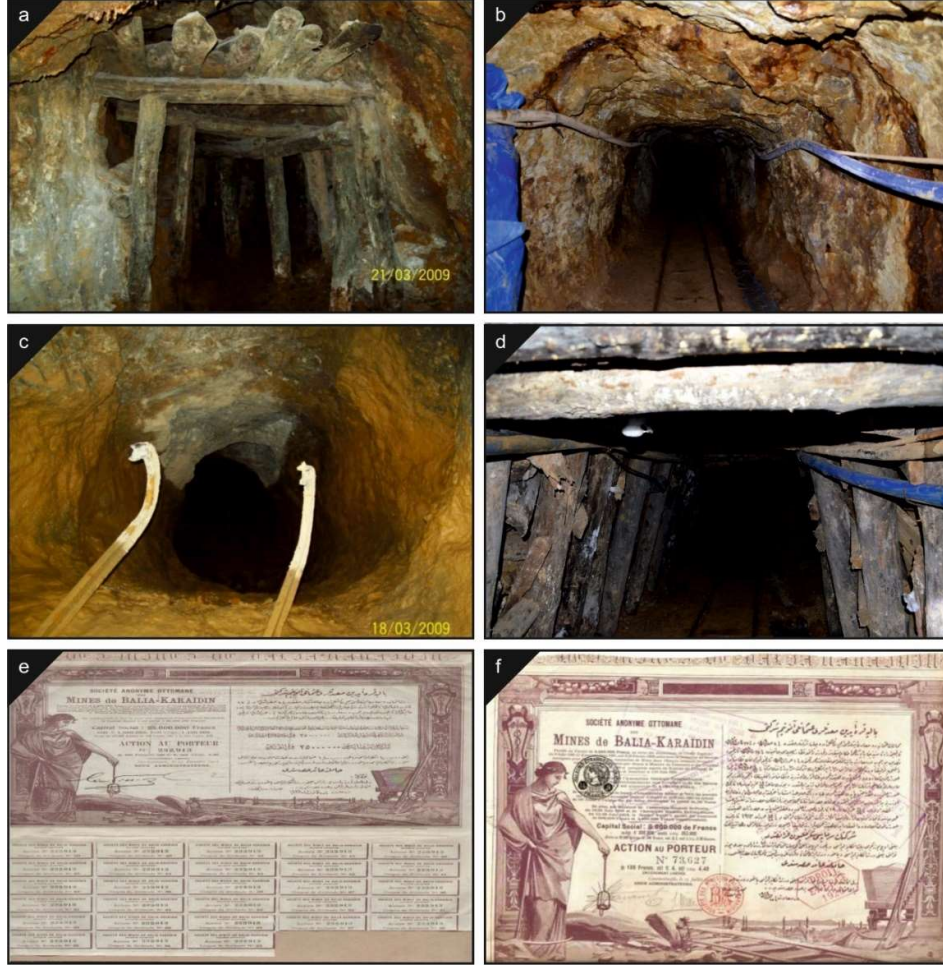
Balya (Balıkesir) bölgesinde bulunan Pb-Zn-Cu-Ag-Au metallerini içeren madenin, madencilik faaliyetinin ne zaman başladığı konusunda tam olarak bilgi bulunmamakla birlikte, MÖ 500 yıllarına dayandığı tahmin edilmektedir. Bu maden, MÖ 130 yıllarında Roma döneminde Cristian madenleri adı ile işletilmiştir. 1876'da Fransız “Riyol” şirketleri faaliyet göstermiştir. Bu şirket daha çok **“Arı-Orta Mağara”**, **“Sarısu Sahası”**, **“Koca Mağara”** ve **“Karaca Mağara”** sahalarında üretim yapmıştır (Şekil 1.1.). Bu şirkete Osmanlı yönetimi tarafından 99 yıllığına maden atıkları ve curüflarını işletme hakkı verilmiştir. Kesintisiz çalışan maden, 1930 ekonomik krizi nedeniyle kurşun fiyatlarının düşmesi sonucunda şirket zor durumda kalmış, hükümetin teşviklerine rağmen 1939'da kapanmıştır (Akyol, 1976). Çalışma sırasında çıkan flotasyon ve izabe atıkları korumasız bir şekilde doğaya atılmıştır. Bu tarihten itibaren sahada herhangi bir çalışma yapılmamakla birlikte, çevreye bırakılan atıklarla ilgili de ne yapılacağı konusunda karar verilememiştir.

Aşağıda Balya (Balıkesir) bölgesindeki madencilik faaliyetleri özetlenmiştir: *(Bu alandaki veriler çoğunluğu Balya Belediye arşivinden alınmıştır).*

- **MÖ 130** yıllarında, Roma döneminde Cristian madenleri adı ile bilinmektedir.
- **1651** yılında Kütahya Beylerbeyi Mutasarrıfı'nın Balya Kadısı'na yazdığı mektupta madenin padişahın malı ve Bali Bey yönetiminde olduğu belirtilmektedir (Öngür, 2003). Osmanlı döneminde, madenin bulunduğu yer **Koca gümüş köy** adıyla anılmaktadır ve o dönemde gülle yapımı gerçekleştirilmiştir.
- **1839-1849** yılları arasında "**Balya Madenleri İşletmeleri**" sahada çalışma yapmıştır.
- **1868** yılında "**Reiser**" isimli bir Alman vatandaşı maden işletme hakkını almış ve işletme hakkını **1869** yılında Alman "**Lorium**" şirketine devretmiştir.
- **1876** yılında Fransız "**Riyol**" şirketi faaliyet göstermiştir. Bu şirkete Osmanlı yönetimi tarafından 99 yıllığına maden atıklarını işletme hakkı verilmiştir ve madende sadece simli kurşun ihracı ihalesi yapılmıştır (Çiloğlu, 2007).
- **1892** yılında "**Riyol**" tarafından "**Societe Anonyme Ottomane de Mines de Balia-Karaaydın**" şirketi Balya bölgesindeki simli kurşun madenini işletmek üzere kurulmuş ve hisseleri halka satılmıştır.
- İşletme olarak yazılı kayıtlarda resmileşmiş "**Societe Anonyme Ottomane de Mines de Balia-Karaaydın**" firmasının yaklaşık 70 yıl boyunca Balya cevherini işlettiği, döneminde 4.000.000 ton tüvenan cevher ürettiği, Balya'da kurulu iki flotasyon, bir izabe tesisinde işlediği ve 400.000 ton civarında metal kurşun ürettiği düşünülmektedir (Öngür, 2003).
- Üretim dışında kalan tahmini 3.000.000-3.500.000 ton atık diye adlandırılan malzeme, gelişi güzel Hastane tepe eski Fransız'lara ait flatasyon tesisi cevresi ve kadıköy yol üzerinde Mutlu tesisinin kurulduğu bölgelere atılmıştır. Şekil 1.2'de üretim yapılan galeriler ve ruhsatlar görülmektedir.



Şekil 1.1: Fransız'lara ait dönemdeki tesis ve saha görünüşleri; a) Fransız'lara ait flotasyon tesisinden görüntü, b) Fransız'lara ait çalışma binaları ve çalışanları, c) Cevher taşınmasında demir yolu kullanımı, d) 1930 yılına ait Balya Yerleşim Yeri, e) Fransız'lara ait Çalışma Binaları, f) Fransız'lara ait İzabe Tesisi.



Şekil 1.2: Fransız'lara ait galeri ve ruhsat görünümüleri; a-b-c-d) Eski Fransız'lara ait Sarısu üretim galerileri (Esan Eczacıbaşı Şirketi tarafından restore edilen kesitler), e-f) Balya Karaaydın Madenleri A.Ş. ruhsatları (<http://www.turquie-culture.fr/pages/histoire/relation-franco-turques/mines-de-balia-karaïdin-1923.html>, <http://www.balya.bel.tr/index.php>)

- 1930 yılına kadar kesintisiz çalışan maden, ekonomik kriz çıkması ve kurşun fiyatlarının düşmesi nedeniyle, şirketi zor duruma sokmuş, hükümetin teşviklerine rağmen dayanamamış ve 1939 yılında kapanmıştır.
- 8 Şubat 1940 yılında Bakanlar Kurulu Kararı ile devletleştirilmiştir.
- 1940 yılından 1960 yıllarına kadar sahada önemli bir çalışma yapılmamakla birlikte, 1960 yılında “Rasih ve İhsan Madencilik Şirketi” arama ruhsatını almıştır.
- 1970 yılında “Rasih ve İhsan Madencilik Şirketi” arama ruhsatını işletme ruhsatına dönüştürerek sahada faaliyet göstermiştir. Bu dönemde sahadaki

ekonomik maden içeren pasalar “**Mutlu Türker İzabe Şirketi**”nin Balya’da kurduğu kurşun-çinko izabe tesisinde işlenmiştir.

- **1979** yılında “**Rasih ve İhsan Madencilik Şirketi**” ruhsat hakkını yitirdikten sonra saha Etibank’a geçmiştir.
- **1984** yılına kadar Etibank sahalarda faaliyet göstermiştir. MTA tarafından rezerv ve kalite tespitine yönelik sondajların yapıldığı sahalarda Etibank tarafından da eski galerilerde tahkimat ve onarım yapılmıştır.
- **1990** yılında sahalarda Etibank tarafından kira gelirli olarak “**Çinkur Çinko Kurşun Metal Sanayi A.Ş.**”ne devredilmiştir. Fakat, bu şirket tarafından herhangi bir üretim yapılmamıştır.
- **1997** yılında “**Gürmin Şirketi**” tarafından 110 m’lik bir kuyu açılmış ancak üretim faaliyetinde bulunulmamıştır.
- **2001** yılında Saha Maden İşleri Genel Müdürlüğü’nce ihaleye çıkarılmıştır.
- **2002** yılında ihaleyi, Fransızlar döneminde cevher üretimi yapılan eski galeriler “**58052**” nolu Arı orta mağara ve Sarısu mevkiindeki sahayı almaya “**Esan Eczacıbaşı A.Ş.**” hak sağlamıştır. Şirketin maden üretim çalışmaları günümüzde halen devam etmektedir.
- Hastane Tepe mevkiindeki 20056770 nolu ruhsat alanı “**Dedeman Madencilik A.Ş.**” tarafından alınmış ve üretim çalışmaları günümüzde kısmen devam etmektedir.

1.2 Amaç

Bu çalışmanın amacı, Balya (Balıkesir) Pb-Zn maden yatağının geçmiş zamanlarda yapılan üretim çalışmalarında ortaya çıkan atıkların, atıldığı bölgelerdeki kapladığı alanlar ve yayılımları ölçekli harita üzerine flatsasyon ve izabe atıkları şeklinde ayrılarak haritalanması ve alanın ölçümleri yapıp oluşturulan katı bloklardan hacim ve tonaj hesabının yapılmasıdır. Balya bölgesindeki flatsasyon ve izabe atıklarının jeostatistiksel metodlar yardımıyla, yayılımındaki hacim ve tenör parametrelerini en doğru şekilde veren modellemesi ve rezerv hesaplaması yapılmıştır.

Atıklar içerisinde yapılan çalışmanın amaçlarından birincisi atıkların miktarı (ton), kapladığı alan (m³) ve metal içeriklerinin tayini olacaktır (%Pb, %Zn vb. değerli metaller). Günümüzde %1-2 metal içeren madenler çalışabilecek teknoloji ve rezervin uygun olduğu takdirde bu atıkların da maden açısından değerlendirilmesi yapılabilecektir. Bu tez ile atık malzemelerin elementsel içeriklerinin gözden geçirilerek ne kadar zenginleşip zenginleşmediği ve mümkün bir rezervinin esaplanması amaçlanmıştır. Jeolojik bilgiler ve atık atılan kısımlar detaylı numunelendirilerek atıklardaki cevher miktarları üç boyutlu olarak tanımlanması ile bir model oluşturulmuştur. Model çalışmaları ve istatistik yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen rezerv hesabında jeolojik özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu, yapılacak hesabın güvenini arttırmanın yanı sıra, hesaplanan tenörlerin belirli bir hata sınırında maden yatağının temsilini sağlayacaktır (Erel, 2011).

Ülkemizde hammadde kaynaklarının rezerv tahmini hesabı genellikle poligon, izopak, üçgen gibi klasik yöntemlerle yapılmaktadır. Klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında, jeostatistik yöntemler, gerçek değerlere daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun asıl nedeni, bir maden yatağını temsil edecek şekilde oluşturulan blok modeldeki bloklara değer ataması sırasında varolan blokların çevresindeki diğer blokların da belirli ağırlıklarda dikkate alınması sayesinde hata payının oldukça düşük olmasıdır (Erel, 2011).

1.3 Coğrafi Konum

Balya polimetalik maden yatağı, Marmara Bölgesinde Balıkesir İline karayolu ile 51 km, Bandırma'ya ise 101 km uzaklıkta yer almaktadır. Atıkların bulunduğu alan, Balya ilçesinin 1-2 km kuzey-kuzey doğu, doğu kısmında ve Balya Belediye sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.3). Atıkların yayılım sunduğu sahaya asfalt yol, 400 m kadar uzaklıkta bulunmaktadır. Balya yöresi ve civarı engebeli bir morfolojiye sahiptir. Bölgenin engebeli arazi durumundan dolayı tarım alanı çok dar olup, geçim kaynağı hayvancılık ve madenciliktir, 2016 verilerine göre ilçenin nüfusu 13.384'tür.



Şekil 1.3: Çalışma alanı yer bulduru haritası, Balya yerleşim yeri, Esan Eczacıbaşı Pb-Zn Madeni ve Eski atık sahalarını gösteren Google Earth görüntüsü (Google Earth, 2016).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma sahası ve yakın çevresinde, günümüze kadar farklı araştırmacılar tarafından gerek jeolojik gerekse maden yatakları açısından birçok çalışma yapılmıştır. Balya bölgesinde zengin Pb-Zn yataklarının bulunmasından değişik araştırmacılar tarafından yakından incelenmiştir. Balya Bölgesindeki Pb-Zn-Ag madeninde yapılan çalışmalar neticesinde, o günün şartlarıyla zenginleştirilemeyip, atık olarak atılan malzemenin günümüz şartlarıyla tekrardan kazanılmasıyla ilgili çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar yöreyi etkileyen atıkların çevreye zararının ortaya konması günümüz teknolojisiyle yeniden kazanılması hakkındadır. Balya (Balıkesir) yöresi ve civarında gerçekleştirilmiş çalışmalarla ilgili özet bilgiler aşağıda verilmiştir:

Kovenko (1940), Balya bölgesinde gözlenen maden yatağını inceleyerek, bölgedeki Pb-Zn yatağını, porfirik cevher, kireçtaşları içindeki cevher, kontak damarları ve sedimanter kayaçlardaki tabakalar arasındaki cevherleşme şeklinde 4 tipe ayırmıştır.

Aygen (1956), Balya'da cevherleşmenin birimler arası kontak kesimlerinde bulunduğunu belirtmiştir. Karakaya kompleksini ayıklayarak, Permian ünitelerinin kumtaşı ve kireçtaşından meydana geldiğini belirtmiştir.

Kaaden (1957), Balya Pb-Zn yatağının ekstrüzyon kayaçların kontak zonlarında bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre dasit ve andezit karakterli volkanik kayaçlar Permian ve Triyas yaşlı birimleri kesmektedir.

Gjelsvik (1958), Balya çevresinin jeolojisi üzerine yaptığı çalışmada kurşun cevherleşmesini tekrar incelemiş ve önceki çalışmalarla karşılaştırmıştır. Çalışmada, bölgenin tektoniğinin Alpin Orojenezi süresince kıvrımlanmanın bir sonucu olarak bugünkü halini aldığını ifade etmiştir. Ayrıca, cevherleşmenin 1,600-1,900 metre derinlikte (Tersiyer) oluşmuş olabileceğini yaklaşık olarak hesaplamıştır.

Mohr (1959), bölgede lavlar, tüfler, andezitik ve dasitik bileşimli volkanik kayaçların bulunduğunu, Balya civarında gözlenen cevherleşmenin dasitler ve daha yaşlı sedimanter kayaçlar arasındaki kontak zonlarında olduğunu belirtmiştir.

Gjelsvik (1962), Balya'daki, cevherleşmenin güçlü bir şekilde kıvrımlanmaya maruz kalmış sedimanter bir litoloji ile liparit-dasit karakterli volkanik kayaçların kontak ya da kantağa yakın kesimlerde gözlendiğini belirtmiştir. Araştırmacı, bölgede en iyi cevherleşmenin bazılarının apofiz (beyaz dayklar) kesimlerinde gözlendiğini ifade etmiştir.

Ovalıoğlu (1973), Türkiye'nin önemli cevherleşme zonlarından biri olan Biga Yarımadası'nda gözlenen cevherleşmelerin bölgenin magmatizması ve tektonik yapısıyla yakından ilişkili olduğunu ve istatistiksel değerlendirmeler sonucunda bölgede Pb-Zn-Cu açısından 15-20 milyon ton cevher potansiyelinin bulunduğunu ileri sürmüştür.

Bingöl vd., (1975), Bilecik-Ankara arasındaki KB Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Jura öncesi blok serilerinin geniş dağılımını ilk kez ortaya koymuştur. Araştırmanın rift banketlerinden havza içine düşen Permo-Karbonifer kireçtaşı blokları ile Karakaya Formasyonu için kıta-içi bir rift ortamını önermektedir.

Akyol (1975), Balya bölgesindeki atıkları ve ülke ekonomisi için önemli olduğunu belirtmiştir. Yazar, flotasyon atıkları için %4.20 Pb ve %3.50 Zn; izabe atıkları için %3.50 Pb, %10.40 Zn ortalama tenör tespit edildiğini ifade etmiştir.

Akyol (1977), Balya bölgesinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı litolojilerin var olduğunu, bölgede magmatik aktivitenin Tersiyer yaşlı olduğunu, cevherleşmenin kireçtaşı blokları ile kontak zonunda gözlendiğini ve kireçtaşının eklem sistemlerinde de izlendiğini açıklamıştır.

Akyol (1979), Balya maden yatağının jeolojik konumu ve özellikleri itibariyle dokanak tipi, damar tipi, saçınımlı tip olmak üzere 3 tipte gözlendiğini ve ülkenin önemli Pb-Zn yatağı olma eğiliminde olduğunu; sahanın kuzey, güney ve doğu

yönlerinde gelişme olasılığının yüksekliğini, derinlerde veya yüzeye yakın yerlerde asidik bir sokulum kayacının var olmasının cevherleşmenin doğruya doğru gelişme potansiyelini arttırdığını belirtmiştir.

Akyol (1980), Balıkesir - Balya bölgesi cevherli alanlarını Pb-Zn-Cu açısından değerlendirmiş ve rezerv çalışmalarını gerçekleştirmiştir.

Uçurum ve Ulu (1987), öncelikle seçimli kurşun ve çinko yüzdürmesi üzerinde durmuş, bunun yanısıra uygun toplu yüzdürme koşullarını da araştırmışlardır. Ayrıca oksitli kurşun minerallerinin sülfürlenerek nasıl kazanılması gerektiği konusunda çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Ağdemir vd. (1994), Balya Pb-Zn-Ag yatağında yaptıkları çalışmada, bölgenin 1.5 km genişliğindeki Balya hidrotermal sisteminin propilitik, arjilik/fillik ve ileri derecede arjilik alterasyon tiplerine sahip olduğunu, bu hidrotermal alterasyon sisteminin protolitinin hornblend bakımından zengin andezitler olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, hidrotermal alterasyona maruz kalmış kayaların K-Ar yaşının 25.3 ± 1.2 My olduğunu ifade etmişlerdir.

Aydınlı (2004), Balya (Balıkesir) bölgesinin güney kesiminde yüzlek veren kayaların petrografik özelliklerini araştırmıştır.

Özışık vd., (2010), yapmış oldukları çalışmada, Balya cevherleşmesinin kalk-silikat alterasyonla ilişkili damar tipi bir yatak olduğunu, cevherleşmeleri içeren yan kayaların dasit, dasit porfir ve mikrodiyorit türü kayalar olduklarını, başlıca alterasyon türlerinin silisleşme, karbonatlaşma ve kalk-silikat alterasyonu olduğunu, granat, piroksen, epidot ve amfibol grubu minerallerin kalk-silikat alterasyon için en önemli mineraller olduklarını belirtmişlerdir.

Şimşek vd., (2012), yapmış oldukları çalışmada 1940 yılına kadar işletilmiş olan Balya (Balıkesir) kurşun ve çinko maden sahası civarındaki maden atıklarının Sarısu deresi ve bu derenin yan kollarında biriktiğini saptamışlardır. Ayrıca, bu atıklardan, dere sedimanlarından ve mostralardan alınan örneklerin ağır metal ve radyoaktif element analizlerinde yüksek miktarda sülfür belirlenmiştir. Elde edilen

sonuçlara göre, atıkların çevreye ve bölgedeki su kalitesine etki edebilecek oranda As, Cu ve Pb içerdiği belirlenmiştir.

Yavuz ve Çiftçi (2012), Pirit, galen ve sfalerit üzerinde yapılmış ‰ -0.28 ile ‰ +3.89 arasında kükürt değerleri tespit etmişlerdir. Kükürt izotop bileşimlerinin kükürt için magmatik köken ve homojen bir kaynağı işaret ettiğini belirtmişlerdir. Çalışmaya göre, galen mineraline ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ için 18,804-18,816; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ için 38,959-38,968; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ için 15,696-15,698 arasında değişen Pb izotop oranları alt kabuk-manto kaynaklı gözükmekte ve üst kabuktan da az bir miktar katkıyı işaret etmektedir. Ayrıca, sfalerit üzerinde yapılan sıvı kapanım incelemelerinde, homojenleşme sıcaklığı (TH) için 340-450°C ve tuzluluğu için ağ. % 1 – ağ. % 10 eşdeğer NaCl değerleri belirlenmiştir.

Güneş vd., (2013), Balya bölgesindeki atıklardan elde edilecek veriler ile Asit Maden Drenajı tahmin etmenin geriye dönük kayıtlar sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Bu amaçla, Asit Maden Drenajı oluşumunu ve bunu tamponlayan baskın mekanizmaları simülasyonlar ile belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmaya göre, model sonuçlar bölgede ÇED açısından detaylı bir inceleme yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yünsel ve Ersoy (2013), Balya Pb-Zn yatağında kaya tip alanlarının jeolojik modellemesini plurigaussian simülasyonunu kullanarak yapmaya çalışmıştır. Çalışmaya göre, plurigaussian metodu sondaj kuyularında gözleendiği gibi kaya tiplerinin farklı yönlendirmelerini doğru bir şekilde türetmiştir.

Balcı vd., (2014), Balya Pb- Zn maden atık sahasının biyojeokimyası ve asit maden drenajı oluşumuna olan etkilerini jeokimyasal, moleküler ve mikrobiyolojik teknikler kullanarak incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre, sahada sülfür ve demir döngüsünde etken mikroorganizmaların asit su oluşumunda ve bileşiminde rol oynadıklarını belirtmişlerdir.

Erkül vd. (2016) Balya ve çevresindeki volkano-plütonik litolojilerin jeokimyasal ve petrojenetik özelliklerini incelemişlerdir. Jeokimyasal verilere göre, incelenen volkanik ve plütonik kayalar ortak bir magmadan “co-magmatic” türediğini

saptamışlardır. Petrojenetik ilişkiler, bölgedeki magmatizmanın levha altı bir magma gelişimi ile ilişkili jeodinamik bir ortam ile açıklanabileceğini işaret etmektedir.

Şirin ve Oruçoğlu (2016), Balıkesir Balya'da terk edilmiş Pb-Zn madeninin potansiyel çevresel etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, Balya bölgesinde terk edilmiş atıkların potansiyel çevreye olan etkileri araştırılmıştır. Alınan örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda, örneklerin sülfür içeriklerinin %7.4 ve % 10.25 arasında; organik madde içeriği % 9.12 ve % 3.49 arasında; ve su içeriği ise % 8.85 ve % 2.68 arasında değiştiğini saptamışlardır.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, Balya (Balıkesir) bölgesindeki maden yatağının işletme atıklarının bulunduğu Hastane Tepe eski Fransız'lara ait flatasyon tesisi çevresi ve Kadıköy yol üzerinde Mutlu tesisinin kurulduğu bölgedeki saha incelemeleri ve atıklarda detaylı örnekleme çalışmaları yapılarak, bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanına göre, rezerv, tenör modellemeleri ve değerlendirme için bir jeostatistik yöntem uygulanmış ve uygulama sonuçları ilişkili testlerle doğrulanmıştır. Materyal ve Metod bölümü, 9 alt başlıktan oluşmaktadır. Detaylar aşağıda verilmiştir:

3.1 Literatür Çalışması

Bu kısımda, Balya (Balıkesir) Pb-Zn-Ag maden yatağının ilk çalıştığı yıllardan günümüze kadar gerek Balya madeni ile ilgili gerekse atıklar üzerine yapılan çalışmalar derlenmiştir.

3.2 Saha Çalışmaları

Balya bölgesinde bulunan atıkların yayılım sunduğu alanlarda harita çalışması Akyol (1977) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada herhangi bir jeolojik harita çalışması yapılmamış olup, sadece atıkların gözlemlendiği alanlarda atıkların sınır alanları çevrilerek alan çalışması yapılmıştır. Bölgedeki atıklar ile ilgili çalışmalar yapılmış olup, "Maden Jeolojisi" bölümünde detay bilgiler verilmiştir.

3.3 Harita Çalışmaları

Çalışma alanı ve çevresinin uydu haritaları, topoğrafik haritası, yapılan jeolojik haritalar kullanılan çizim programları ile sayısallaştırılarak koordinatlı çalışma sağlanmıştır. Çalışma alanı ve numunelendirme alanları ofis çalışmalarında

çizim programları ile belirlenip bu noktalar ve alanın haritalaması Garmin GPS ve Leica marka ölçüm cihazı ile 3 boyutlu olacak şekilde yapılmıştır.

3.4 Veritabanının Oluşturulması

Balya bölgesindeki maden yatağı atıkları flotasyon ve izabe atıkları şeklinde ikiye ayrılmış olup, bunların yayılım, kalınlık, yoğunluk, alterasyon, koordinat, oksidasyon gibi verileri tespit edilmiştir. Bu veriler sayısallaştırılarak bilgisayar yazılımı arayüzü ile 3 boyutlu olacak şekilde bir kütle haline getirilmiş ve bu kütle içerisine metal analiz sonuçlarına göre birbirleri arasında etkileşim ve yayılımı kullanarak modellenmesi yapılmıştır. Bu modellemelerin oluşturulmasında uluslararası alanda sıkça kullanılan AutoCad, ArcGis, Micromine adlı yazılımlardan faydalanılmıştır

3.5 Poligon Alanı

Çalışılan bölge içerisinde atıl durumdaki atıkların bulunduğu kısımlarda atığı temsil edecek şekilde 3 boyutlu kapalı hacmin, tenör ve rezerv analizinin yapılacağı alanı tanımlanmıştır. Geniş yayılım gösteren atık alanları 5 flatasyon 1 izebe olacak şekilde bölgelere ayrılıp blok içerisine alınmıştır.

3.6 Modelleme

Yapılan bloklar içerisine alınan numune sonuçlarının Pb-Zn-Fe-Cu elementlerini gösterecek şekilde üç boyutlu diyagramlarla tenör ve rezervin modellenmesi şu şekilde planlanmıştır:

- 1) Verilerin istatistiksel analizi ve atıkların istatistiksel yorumu yapılmıştır.
- 2) Variogram modellemeleri ile kriging için jeostatistiksel parametreler belirlenmiştir.
- 3) Parametreler kullanılarak ordinary kriging yöntemi uygulanarak atık alanlarının tenör değişimi saptanmıştır.

- 4) Flotasyon ve izabe atıklarının; tenör, yoğunluk ve tonaj değişimi gibi parametreler kullanılarak, mevcut atıkların rezerv miktarı saptanmıştır.

3.7 Fransız'lardan kalan Atık Verileri

Çalışma bölgedeki atıklar “**Societe Anonyme Ottomane de Mines de Balia-Karaaydın**” firmasının 1869-1839 yılları arasında yaklaşık 70 yıl boyunca Balya cevherini işlettiği, döneminde 4.000.000 ton tüvenan cevher ürettiği, Balya’da kurulu iki flotasyon, bir izabe tesisinde işlediği, üretimin dışında kalan tahmini 3.000.000-3.500.000 ton atık diye adlandırılan malzemenin gelişi güzel atıldığı Hastane tepe eski Fransız'lara ait flatasyon tesisi cevresi ve Kadıköy yol üzerinde Mutlu tesisinin kurulduğu bölgeleri içermektedir (Akyol, 1976).

1839 yılından itibaren sahada aktif bir üretim çalışması yapılmamakla birlikte doğaya bırakılan atıl durumdaki malzemelerin geri kazanımı ve bertaraf işlemleri açısından bir şey yapılmamıştır. Saha üzerinde atıkların atıldığı kısımlarda meteorik yıkamalarla taşınma veya yol dolgusu şeklinde atıkların kullanıldığı bilindiğinden ilk günkü atılan miktarın altında bir atık bölgede bulunmaktadır.

Fransız'lara ait atık sahasında yapılan çalışmada alınan örnekler, sahayı tamamen tanımlayacak şekilde seçilerek detaylı bir numunelendirme çalışması yapılmıştır. Bu yüzden flotasyon atıkları dağınık olduğu için 5 ayrı bölüme, izabe atıkları bir noktada olduğu için 1 bölüme ayrılarak çalışılmıştır. Bölgedeki atık dağılımı sabit olmayıp yarım metreden 20-25 m yüksekliklere ulaşan yığılımlar mevcuttur. Bu tarz bölgelerin ortasında kalan kısımlarının da numunelendirebilmesi ve tepeciklerin yamaçlarını doğru veri üretebilmek için kazıcı bir araç olan JCB ile kanal açılarak numunelendirme çalışması yapılmıştır.

3.8 Yüzey Örnekleme Çalışmaları

Bu çalışma sırasında Fransız'lara ait flotasyon ve izabe atıklarının bulunduğu alandan toplamda 104 adet kanal numunesi alınmıştır. Alınan numuneler atık

alanlarının birbirinden mesafe olarak uzak olmasından dolayı 5 flatsasyon 1 izabe alanı olacak şekilde 6 adet atık bölgesine ayrılmıştır (Şekil 4.1-4.9).

Belirlenen 6 adet bölgeden numunelendirme çalışmaları yapılmıştır. Alınan numunelerin lokasyon haritaları detaylandırılmış, Micromine programında sayısallaştırılmış ve haritada gösterilmiştir.

3.9 Kimyasal Analizler

3.9.1 X-Ray Flourescence Yöntemi

Elde edilen verilerden, elementlere göre alansal dağılım haritaları yapılmıştır. Yüzeysel atık ve izabe atık numuneleri gerekli kontaminasyon kurallarına uyularak hazırlanmış ve Pb, Zn, Fe, Cu elementleri için kimyasal analizler yapılmak üzere ALS Laboratuvar'ında X-Ray Flourescence analizleri yapılmıştır. Flotasyon ve izabe atıklarından alınan numunelerden kontrol ve laboratuvar testi için 41 elementin yarı kantitatif sayımı yapılmıştır.

3.9.2 X-Ray Difraksiyon Yöntemi

X-Ray Difraksiyon (XRD) Yöntemi, mikroskopta optik yöntemlerle saptanamayan oldukça küçük tane boyutuna sahip minerallerin, kristal yapı özellikleri baz alınarak belirlenmesine yarayan bir tekniktir. XRD yöntemiyle incelenecek numune öğütülerek toz hale getirilmektedir ve analiz edilmektedir (<http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/xrd>). Yaklaşık 10 adet flotasyon ve izabe atıklarından öğütülmüş 10 gr miktarında numune üzerinde XRD çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

4. BÖLGESEL JEOLJİ

Bölgede temelde Triyas yaşlı kırıntılı kayaç litolojisinden oluşan ve içerisinde Permian yaşlı kireçtaşı blokları bulunan Karakaya Kompleksi ve bunları kesen Tersiyer yaşlı volkanikler bulunmaktadır. Bölgede magmatik faaliyet yaygın olup, bu faaliyetler Tersiyer volkanikleri ile temsil edilmektedir. Tersiyer yaşlı volkanikler Şapçı ve Hallaçlar formasyonu olarak bilinmektedirler (Şekil 4.1). Bu formasyonlardan, Aslan vd. (2017) tarafından Şapçı Volkanikleri üzerine yapılan çalışmada Pb zirkon yaşlandırması yapılmış ve birimin yaşı 18.72 ± 0.17 My (Erken Miyosen) tespit edilmiştir. Akyol (1977)'e göre, Balya bölgesindeki Pb-Zn cevherleşmesi, Permian yaşlı kireçtaşı blokları ile Tersiyer yaşlı dasit karakterli volkanik kayaçların kontak zonunda yerleşmiş ve Permian yaşlı kireçtaşlarının kırık ve çatlak kesimlerinde de gözlenebilmektedir. Bölgenin en yaşlı litoloji topluluğu olan Permian yaşlı kireçtaşı blokları, Triyas yaşlı kiltası, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim içerisinde bulunmaktadır. Kireçtaşları, içerisinde bulunduğu kırıntılı kayaçların yakın kesimlerinde yer yer yeniden kristallenmiş (rekristalize) şekliyle izlenebilmektedir (Akyol, 1977).

Balya civarında gözlenen andezit ve dasit karakterli Şapçı Formasyonu ve Hallaçlar Volkanikleri inceleme alanına yakın Çalova yöresi ve civarında Jura-Alt Kretase yaşlı Bilecik ve Bayırköy Formasyonlarını kesmektedir (Aydoğan, 2017 sözlü görüşme). Bölgedeki volkanik faaliyetler genel olarak KD-GB gidişli doğrultulu atımlı faylarla ilişkilidir. Volkanik kayaçlardan dasitler alterasyona uğramış ve kahverengi, kıvılcımsı kahverengi renkli alterasyon renklerine sahiptir. Dasit karakterli volkanik kayaçlarda yer yer silisleşme, piritleşme ve kaolenleşme belirgindir (Akyol, 1977). Bu kayaçlar inceleme alanında, Esan Pb-Zn madeni civarında gözlenebilmektedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KUVA- TERNER		ALÜVYON		Qal		Alüvyon
PALAZOYİK	TER SİYER	MIYUSEN	HALLAÇLAR VOLKANİTİ		Tmh		ANDEZİTİK VOLKANİKLER Masif lav akıntıları Volkanik kumtaşı ve çamurtaşı mercikleri ile monolitolojik volkanik breş
			ŞAPÇI VOLKANİTİ		Tmş		İnce taneli ignimbrit DASİTİK VOLKANİKLER Permien kireçtaşı ve kıvrımlı sedimanter kaya blokları ile porfiritik, güçlü altere olmuş dasit
		ÇAVDARTEPE	KINIK	ÇALDAĞ	Ṛ kç		Dasit Porfiri ile kireçtaşı, yer yer mermer arasında ve boşluklarında Pb-Zn cevherleşmesi
		AYÇALITEPE			Ṛ ça		KLASTİK SEDİMANTER KAYAÇLAR Farklı boyutlarda Permien kireçtaşı ile iyi yuvarlaklaşmış konglomera Ara tabakalı kumtaşı, silttaşı kiltası

Şekil 4.1: Balya Bölgesi'nin kolon kesiti (Erkül vd., 2016)

4.1 Karakaya Kompleksi

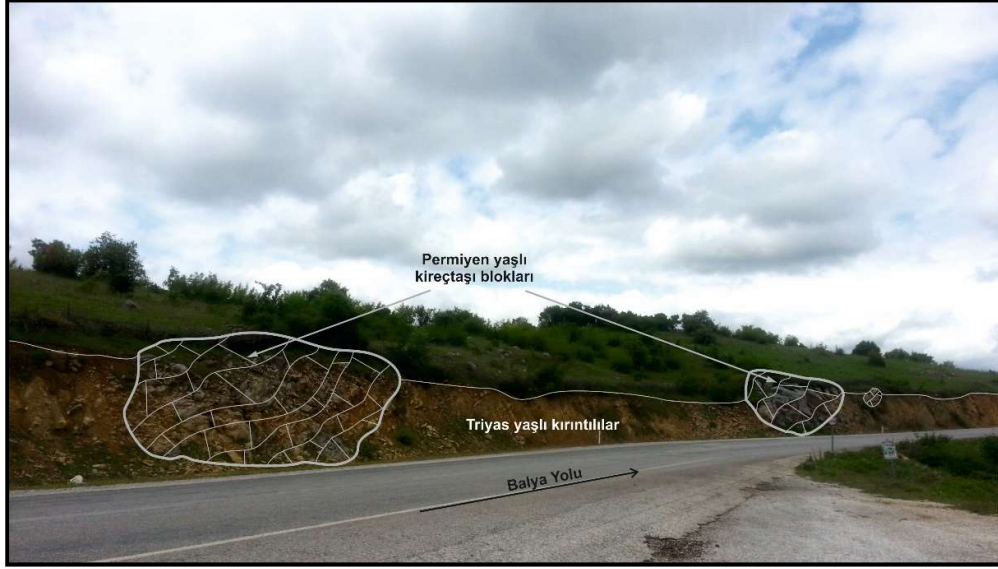
Türkiye D-B gidişli tektonik kuşaklar (Pontidler, Anatolidler, Toridler, Kenar Kıvrımları) arasında kalan Paleotetis ve Neotetis okyanus havzalarının kalıntılarının mostra verdiği Alp-Himalaya Kuşağı'nın önemli bir bileşeni oluşturmaktadır. Neotetis Triyas ve Miyosen zaman aralığında Anadolu'nun hemen hemen her yerinde aktif olmasına rağmen, Paleotetis evrimi ile ilişkili oluşumların birçoğu KB Anadolu'da ve kuzeyde Orta Pontidler'de ve Sakarya Zonu (Karakaya Kompleksi)'na

kadar uzanmaktadır ve Liyas sedimentleri ile uyumsuz bir şekilde örtülen farklı ünitelerin tektonik bileşenleri ile karakteristiktir.

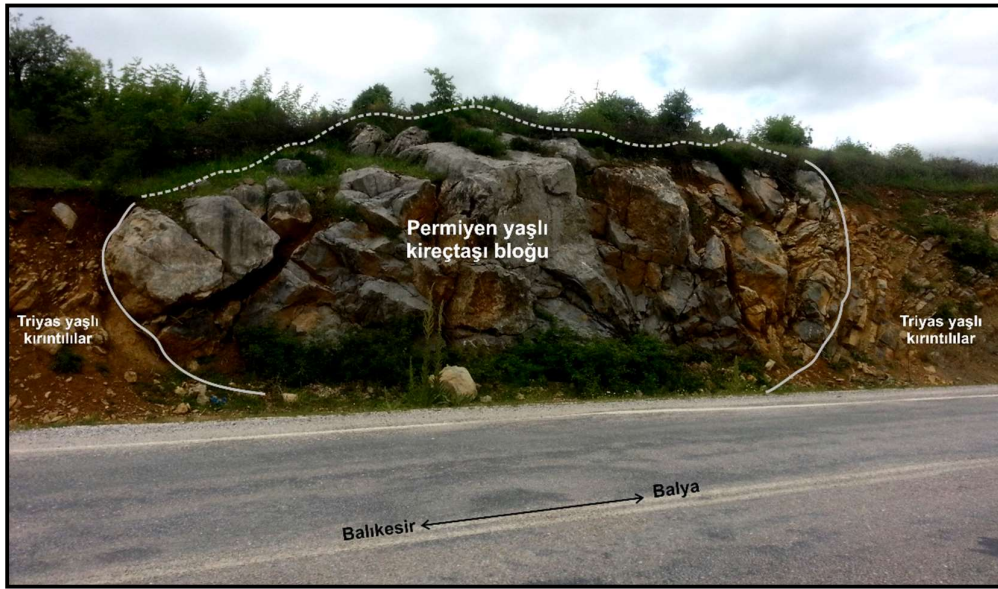
“Karakaya Kompleksi” Paleotetis şeklinde birçok yazar tarafından ifade edilen Tetis okyanus sistemi içerisinde şekillenmiştir. Bununla birlikte, Paleotetis terimi farklı bir şekilde farklı yazarlar tarafından tanımlanmıştır. Paleotetis, Avrasya kenarının kök zonunu ayıran ve Erken Jura zamanından önce kapanan Avrasya ve Gondvana ile ilişkili üniteler (Anatolid-Torid platformu) arasında Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik okyanus havzasını temsil eden bir okyanustur. Bunun aksine, Stampfli ve Borel (2002)’ye göre, Paleotetis’in kök zonu daha güneye doğru uzanmaktadır. Bununla birlikte, Neotetis sadece Torid-Anatolid Platformu’nun güneyinde şekillenmiş bir okyanus havzası şeklinde ifade edilmektedir. Yukarıdaki görüşlerin her ikisi, farklı tektonik modeller ile ilişkilidir.

Karakaya Kompleksi (Permo-Triyas) İran’dan Ege Denizi’ne kadar uzanan (> 1100 km; Pickett ve Robertson, 2004) Pontidler’de güçlü bir şekilde deforme olmuş ve lokal olarak metamorfizmaya uğramış Permo-Triyas orojenik serileri için kullanılan genel bir tektonostratigrafik terimdir. “Karakaya Formasyonu” terimi ilk kez Bingöl vd. (1975) tarafından jeoloji literatürüne girmiştir. Bingöl vd., (1975), Bilecik-Ankara arasındaki KB Anadolu’da Biga Yarımadası’ndan Jura öncesi blok serilerinin geniş dağılımını ilk kez ortaya koymuştur.

Aynı zamanda, Karakaya Formasyonu’nu spilitik bazalt, çamurtaşı ve radyolaryalı çört ile arakatlı feldspatik kumtaşı, kuvarsit, konglomera, silttaşından meydana gelen bir formasyon olarak tanımlamışlardır. Karakaya Formasyonu’nun karakteristik bir özelliği Permiyen ve Karbonifer kireçtaşı bloklarının varlığıdır. Bingöl vd., (1975), rift banketlerinden havza içine düşen Permo-Karbonifer kireçtaşı blokları ile Karakaya Formasyonu’nun depolanması için kıta-içi bir rift ortamını önermektedir.



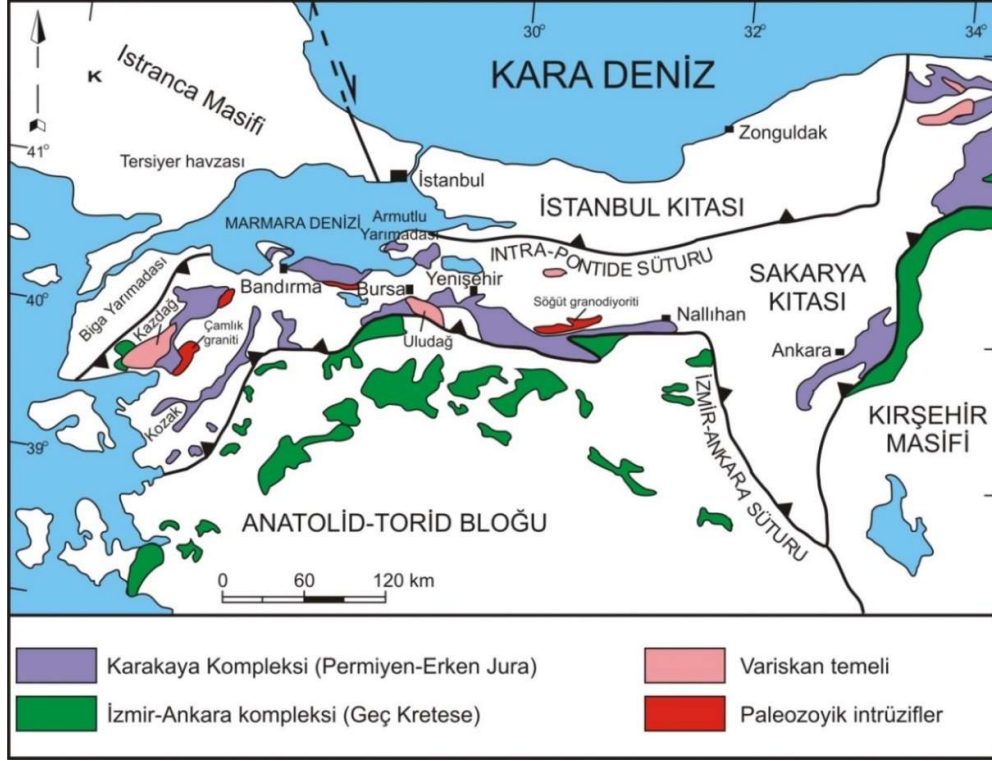
Şekil 4. 2: Üst Karakaya Kompleksi'ni oluşturan Triyas yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar ve bu kayalar içerisinde blok şeklinde gözlenen Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları



Şekil 4. 3: Triyas yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar ve Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarının yakından görünümü

Karakaya Kompleksi'nin farklı bir yorumu Tekeli (1981) tarafından önerilmiştir. Doğu Pontidler'de Tokat Masifi'nde ve Ankara bölgesinde geniş arazi çalışmalarının temelinde, Tekeli (1981) Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik bir dalma batma-yığışımını temsil eden Karakaya Kompleksi'nden ziyade Kuzey Anadolu Kuşağı terimini kullanmıştır. Tekeli (1981) aynı zamanda Karakaya Kompleksi'nin doğu Pontidler'deki Tokat Masifi'nden Ankara bölgesine kadar bir

dağılıma sahip olduğunu ve Karakaya Kompleksi'nin a) alt metamorfik istif, b) üst bloklu seriler şeklinde 2 üniteye ayrıldığını belirtmiştir. Karakaya Formasyonu, “Karakaya Kompleksi” şeklinde tekrar isimlendirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 4: Karakaya Kompleksi ve ilişkili ünitelerin dağılımını gösteren Batı Anadolu'nun tektonik haritası (Okay ve Altıner, 2004).

4.1.1 Nilüfer Birimi

Birim Manyas bölgesinde geniş yayılım sunmaktadır. Akyüz ve Okay (1998), Nilüfer birimini alan volkano-sedimanter kayalardan oluşan Kiraz metamorfiti ve uyumsuzlukla üzerlemiş olan Çataltepe mermeri şeklinde 2 ayrı formasyona ayırtlamıştır.

Nilüfer birimi Liyas yaşlı kırıntılılarla uyumsuzlukla örtülmektedir. Birimin çökelme yaşı Triyas olup, metamorfizma yaşı Geç Triyas'tır (Okay vd., 1990; Akyüz ve Okay, 1998). Nilüfer birimi, KB Anadolu'da Biga yarımadasından

başlayıp Doğu Karadeniz bölgesine kadar uzanan ve İzmir-Ankara-Erzincan Sütür Zonu'nun kuzeyinde gözlenen Sakarya zonunda oldukça yaygın bir mosta alanına sahiptir (Okay vd., 1990, 1996). Bu şekilde kalın ve yaygın volkano-sedimenter istiflerin aktif ada-yaylarına bitişik havzalarda çökeldiği önerilmektedir (Dickinson ve Seely, 1979; Akyüz ve Okay, 1998).

4.1.2 Orhanlar Grovaki

Birim "Orhanlar Grovaki" adıyla ile defa Akyüz ve Okay (1998) tarafından adlandırılmıştır. Ercan vd., (1990), bu birimi Üst Kretase yaşındaki grovak ve şeyl matriksi içinde yer alan kireçtaşı ve spilitik kayaç bloklarından oluşan Yayla Melanjı olarak tanımlamışlardır. Akyüz ve Okay (1998)'a göre, Orhanlar Grovaki içerisindeki kuvars mineralleri yaygın olarak polikristalen, daha az da monokristalen özelliindedir. Feldspat minerallerinden ortoklas ve plajiyoklaz birbirine yakın orandadır. Kumtaşları arasında az miktarda gri-kahverengi şeyl ara seviyeleri yer almaktadır.

4.1.3 Hodul Birimi

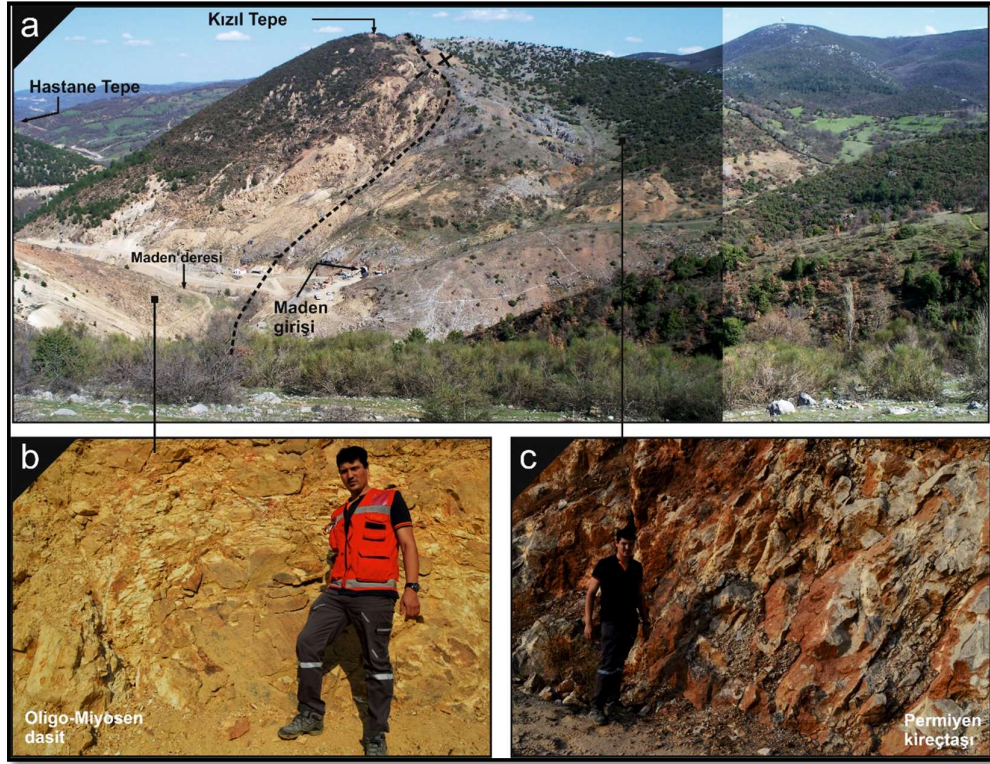
Birim arkozik karakterli kumtaşı ve şeylden meydana gelmektedir. Permien kireçtaşı ve az oranda spilitik kayaç bloklu olistostromlardan oluşmaktadır. Birimin yaygın mostraları Balya (Balıkesir)'nin kuzeybatı kesiminde Örenköy batısında ve Ömerler civarında gözlenebilmektedir (Şekil 4.4). Bu mostralara, İvrindi'den Manyas'a kadar uzanan, Hodul biriminden meydana gelen bir kuşağın kuzey ucunu oluşturmaktadır (Okay vd., 1990, 1996; Akyüz ve Okay, 1998).

4.2 Tersiyer Magmatizması

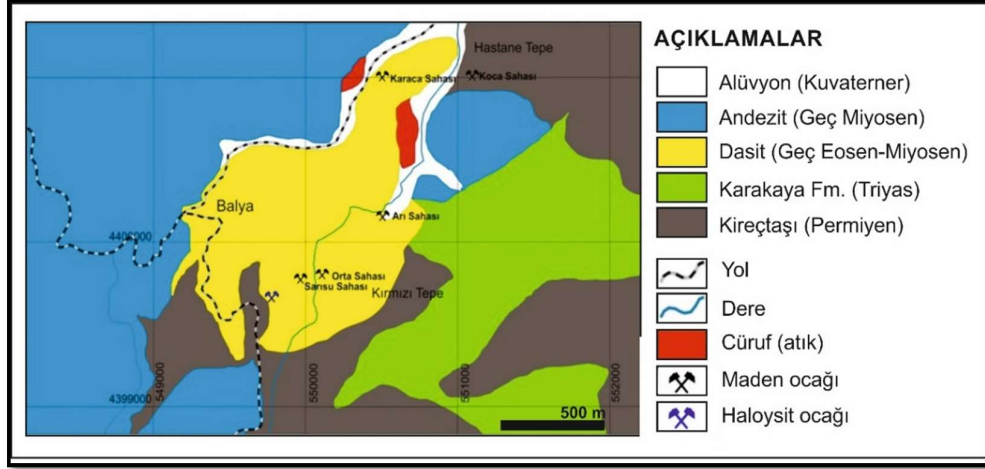
Batı Anadolu'da çarpışma sonrası magmatizma, gerek yaş ve gerekse de kimyasal içerik bakımından farklılık sunan, plütonik ve volkanik kayalardan meydana gelmektedir. Biga yarımadasında intrüzif kayalar, çoğunlukla limitli olmasına rağmen, volkanik kayalar daha geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Balya ve civarında yayılım sunan volkanik kayalar; dasit, riyodasit, riyolit, andezit karakterlidir. Bu kayalar, Darıderesi'nin güney kesiminde yüzeylenmektedir. Bölgedeki cevherleşmeler Oligo-Miyosen yaşlı volkanikler ile Permien yaşlı kireçtaşlarının kırık ve çatlaklarında gözlenmektedir (Şekil 4.6 a-c). Bölgede volkanik kayalardan meydana gelen Şapçı Volkanitleri ve Hallaçlar Formasyonu olarak isimlendirilmiş iki ayrı formasyon bulunmaktadır (Aslan vd. 2017).

Aslan vd. (2017)'e göre, Şapçı Volkaniti olarak isimlendirilen kayalar andezitik lav akıntıları ve ilişkili piroklastiklerden meydana gelmektedir. Lav örnekleri mikrolitik, mikrolitik porfiritik, hyalo-mikrolitik dokulu olup, çok az oranda elek dokusu göstermektedir. Kayalar plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerden oluşmuştur. Çok az oranda ikincil serizit, kalsit, kil ve klorit içermektedir. Sanidin bazı örneklerde gözlenmiştir (Aslan vd., 2017). Yer yer hidrotermal alterasyon etkisi gözlenebilmektedir. Kaolenleşme yaygın kil alterasyonudur (Gökçe ve Ünal, 2008).

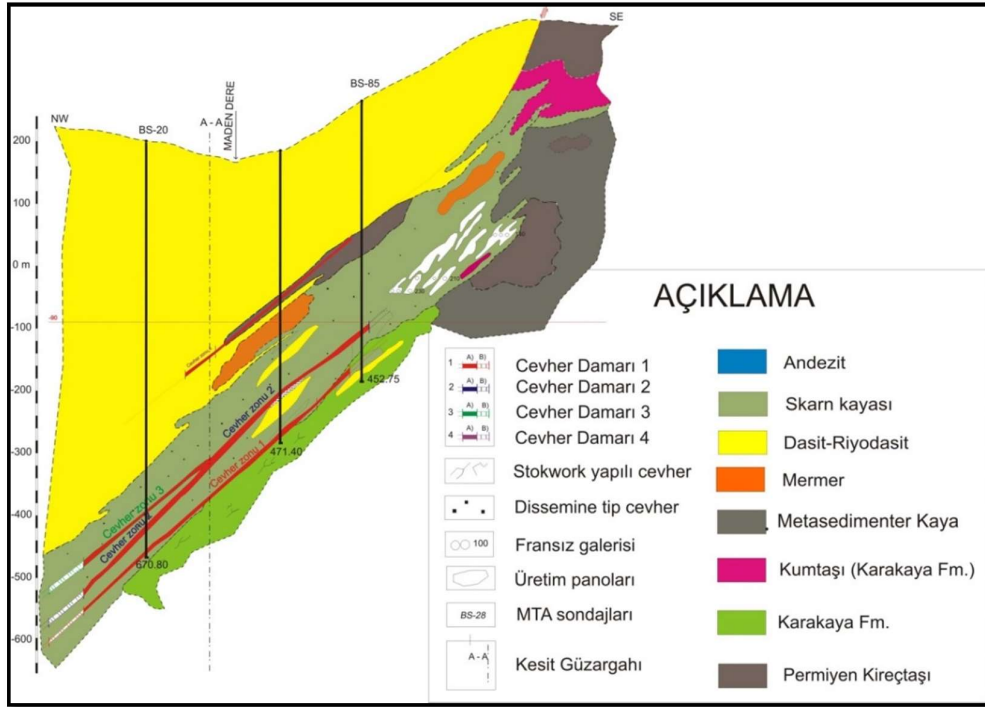
Balya'daki Oligo-Miyosen yaşlı volkanik kayalar Balya ilçesinin kuzeyinde ve batısında geniş yayımlıdır (Şekil 4.6a-b). Gri ve koyu gri renkli, hava ile temas yüzü gri, porfirik, feldspat fenokristalleri tarafından çevrelenmiş hamurdan meydana gelmektedir. Petrografik özellikler açısından feno ve mikrofenokristaller halinde hornblendli ojit, zonlu büyüme gösteren plajiyoklasların yanısıra, hamur mikro çubuklar halinde plajiyoklas, hornblend, biyotit ve kristallenme gösteren camsı malzemeden oluşmaktadır (Akyol, 1977).



Şekil 4. 5: a) Balya yerleşim yeri, Hastane Tepe, Kızıl Tepe ve dasit-kireçtaşı kontak ilişkisi b) Oligo-Miyosen yaşlı volkanikler, c) Permiyen yaşlı kireçtaşı mostrası



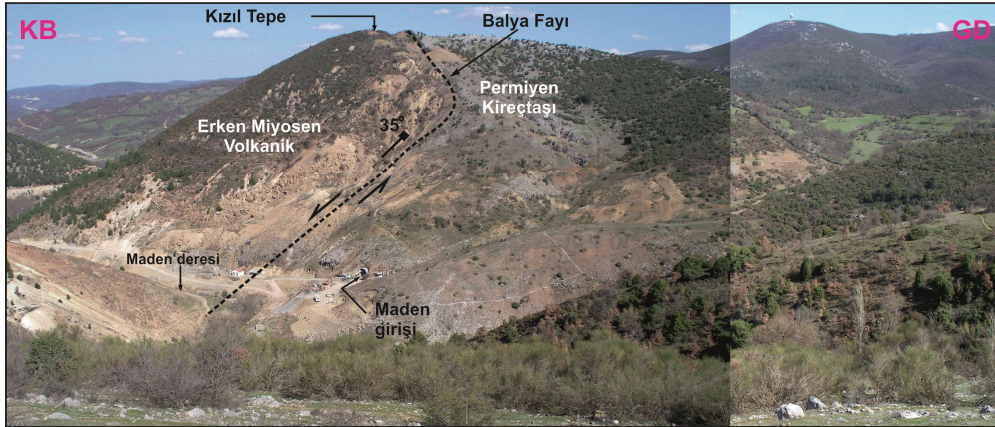
Şekil 4. 6: Balya Bölgesinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (Akyol, 1977)



Şekil 4. 7: Balya cevherleşmesi kesit görüntüsü (Akyol, 1979)

5. MADEN JEOLJİSİ

Balya Pb-Zn yatağında, cevher mineralizasyonunun şekli ve yan kayaç ilişkileri üzerine yapılan çalışmalarda yatak şekli ve kökeni ile ilgili yaygın görüş bir **skarn tipi** yatak olduğudur (Kovenko, 1940, Gjelsvik, 1962, Akyol, 1977). Diğer bir görüş ise **Hidrotermal kökenli epitermal** bir yatak olduğudur (Öztunalı, 1984). Ağdemir vd. (1994), Balya Pb-Zn-Ag yatağının **hidrotermal bir sistem** olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sistemin, 1.5 km genişliğinde 3 ana alterasyon (propilitik, arjilik/fillik, ileri derecede arjilik) siliyle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, yazarlar hornblend bakımından zengin andezitik kayaçların hidrotermal alterasyon sisteminin protoliti olduğunu ifade etmişlerdir. Balya Pb-Zn cevherleşme zonu dasidik volkanik kayaç toplulukları ile Karakaya Formasyonu içerisinde allokton olarak konumlanmış kireçtaşları boyunca yaygın olarak görülmekle birlikte dasidik volkanik kayaçların içerisinde yerleşmiş karbonat ve kuvars damarları boyunca da gözlenmiştir (Şekil 5.1, Akyol, 1976). Dasidik volkanik kayaçların özellikle mostrada gözlenen yaygın bir arjilik alterasyon zonlarının bulunması ve bu kayaçların derine doğru uzanımlarının da silis kontak kesimlerindeki kalsilikat mineral topluluklarının olması, cevherleşmelerin kökenin hidrotermal çözeltilerden oluştuğuna işaret etmektedir. Bu görüşü destekleyen diğer bir veri volkanik kayaç alterasyonlarının yüksek sülfidasyonlu epitermal yataklarla olan benzerliği ile açıklanmaktadır (Ağdemir vd. 1994).



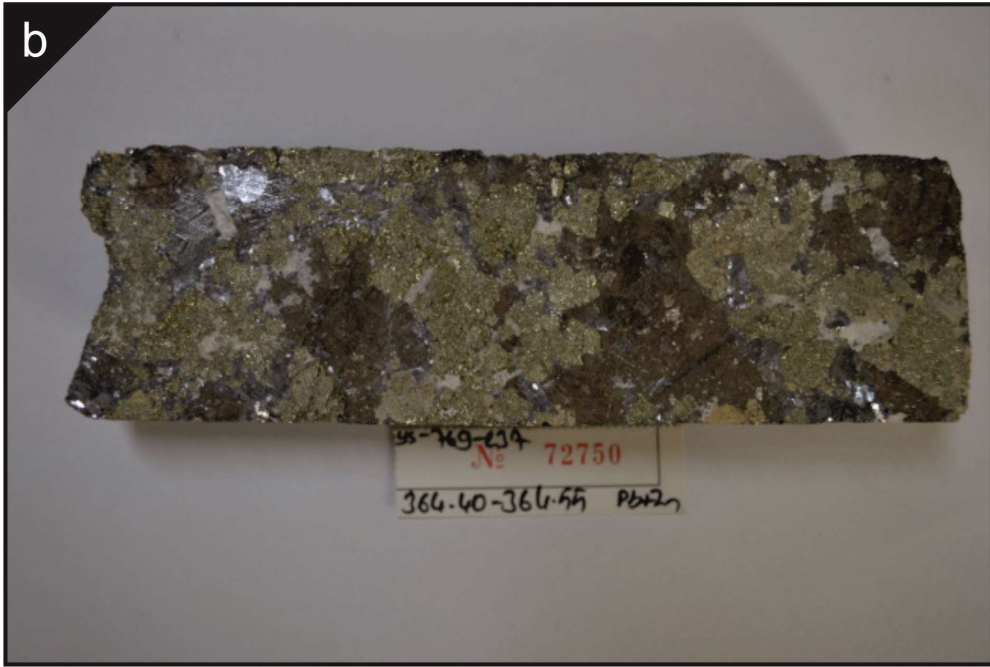
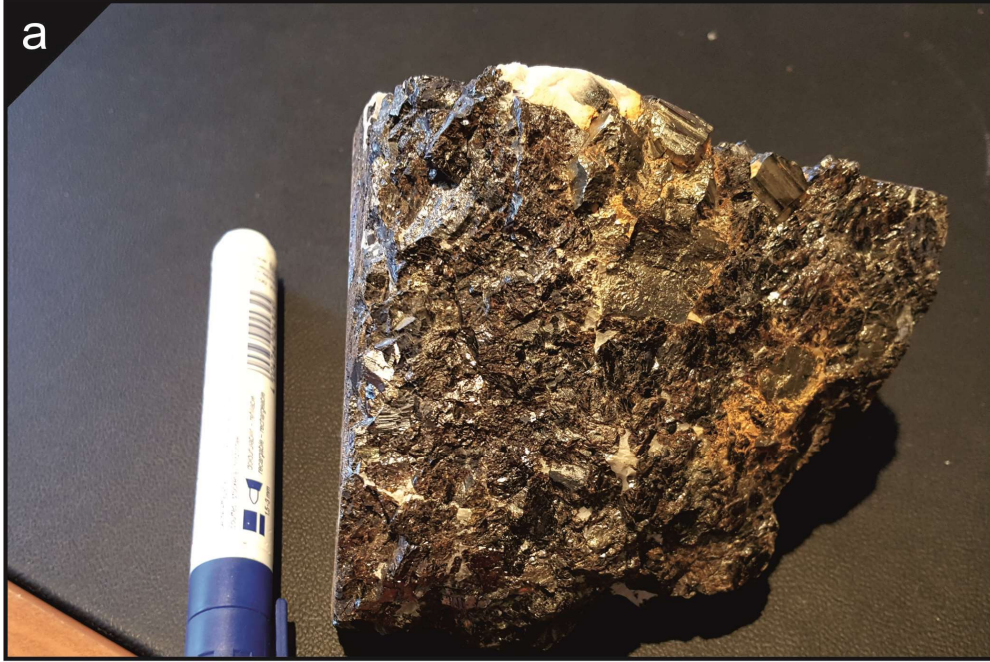
Şekil 5. 1: Erken Miyosen yaşlı dasit ve Permiyen yaşlı kireçtaşı bloğu arasında gözlenen Balya fayı ve kontak boyunca alt kısımlarda stok civarında skarnlaşma

Balya Pb-Zn yatağı civarında, Arı ve Orta Mağara kesimlerinde bulunan cevher kütleleri yan kayaç ve tenör dağılımlarına göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu sınıflandırma da cevherleşme 3 ayrı tip halinde konumlandırılmıştır (Akyol, 1976)

- 1) **Saçınımlı (Dissamine) Cevherleşme:** Bu cevherleşme tipi daha ziyade kalsilikat mineral topluluklarının granat, aktinolit ve epidotca zengin mineral topluluklarının olduğu kesimlerde gözlenmektedir ve nispeten daha yüksek sıcaklıklı mineral toplulukları içerisine dağılmış durumdadır. Metasomatik bir kayaç içerisinde gözlenen cevherleşme, Zn-Pb-±Cu şeklindedir. Galen ve sfalerit gibi cevher minerallerinde yaygın olan pirit ve gang minerali tarafından da yer yer kuşatılmış olarak gözlenmektedir.
- 2) **Kontak Cevherleşmesi:** Bu tür cevherleşmeler Karakaya Formasyonu içerisindeki kireçtaşı blokları içerisinde yaygındır. Yan kayaç silisli dasit olup, iki birim arasında kontak zonunda cevherleşme yüksek tenörlü gözlenmiştir. Cevherleşmenin ortalama tenörü Pb+Zn% 7-10 arasında değişmekte kalınlıkları ortalama 5-10 m civarında gözlenmektedir. Aynı zamanda, yeraltında saçınımlı cevhere oranla daha az gözlenmektedir.
- 3) **Damar Tipi Cevherleşme:** Bu tip cevherleşme yan kayacın daha ziyade volkanik kayaç tipinde olduğu ve ikincil karbonat damarları tarafından kesilen dasidik volkaniklerin karbonatla beraber yada onlardan daha sonra gelişip yerleşmesi sonucu oluşmuştur. Bu tip cevherleşmede birincil cevher minerali genellikle galen (PbS) olup, sfalerit minerali de bulunmaktadır. Cevher kalınlıkları genellikle sınırlı seviyede olup, ortalama bir metreyi geçmemektedir. Cevher tenörü Pb+Zn% 15-20 arasında değişmektedir.

Bölgede yapılan jeolojik çalışmalarda Permiyen yaşlı kayaçlar ile volkanik kayaçlar arasına yerleşmiş hidrotermal kökenli yapısal kontrollere bağlı olarak gelişen kalsilikatik kayaç toplulukları içerisinde (skarn) ve genç andezitik volkanik kayacının daha önce oluşan kurşun-çinko cevherleşmesini yeniden hareketlendirerek daha üst kotlarda zenginleştirmesinden ibarettir. Sfalerit bakımından zengin zonların kalınlıkları 5 m-25 m arasında değişmektedir. Cevher

som yapılıdır (Şekil 5.2 a, b). K-G yönlü tansiyon çatlakları arasına yerleşmiş sfalerit ve galen damarları ana cevher zonunu kesmektedir (Gökçe ve Ünal, 2008).



Şekil 5. 2: Esan Balya maden yatağı örnekleri. a) Yeraltından alınmış sfalerit, galen, pirit, kalkopiritten meydana gelen el örneği, b) Yüzeiden 700 metre aşağıdan alınmış pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşan bir sondaj karot örneği

5.1 Balya Bölgesi Flotasyon ve İzabe Atıkları

Balya ve civarında gözlenen atıklar flotasyon atığı ve izabe atığı olmak üzere 2 kategoriye ayrılarak çalışılmıştır (Şekil 5.3). Bunlardan, flotasyon atıkları genel olarak sahada açık renklerde gözlenirken, izabe atıkları daha çok koyu renkli siyahımsı bir görünüme sahiptir ve flotasyon atıklarından daha serttir.

Fransız şirketi tarafından işletilen madenden arta kalan izabe ve flotasyon atıkları Balya'ya yaklaşık olarak 1 km uzaklıkta yer almaktadır. Balya ilçesinin KD'sunda, Hastane Tepe'nin KD'sunda ve güney kesiminde yer almaktadır. Hastane Tepe'nin KD'sunda bulunan flotasyon atıkları, Hastane Tepe'nin kuzeyinden başlayıp, Balya-Gönen yoluna kadar Maden Deresi boyunca devam etmektedir. Hastane Tepe'nin güney kesiminde bulunan flotasyon ve izabe atıkları ise eski işletmeden kalan harabe ile Maden Deresi arasındaki kesimde yayılım sunmaktadır. Bölgede atıklar yaklaşık olarak 200 000 m²'lik bir alanda yayılım sunmaktadır.

5.1.1 Atıkların örnekleme

İzabe atıkları Maden Deresi'nin hemen kenarında belirli bir alanda yayılım sunmaktadır ve bu atıklardan toplamda 14 adet numune derlenmiştir. Numunelendirme işlemi, her bir numune 10 kg olacak şekilde kepçe yardımıyla alınmıştır (Şekil 5.3, Şekil 5.6). Flotasyon atıkları 5 ayrı bölgede yayılım sunduğundan dolayı, A, B, C, D ve E şeklinde isimlendirilerek örneklendirilmiştir. Bu atıklardan toplamda 90 adet numune derlenmiş, sınır alanları çizilmiş ve alanlar üzerine örnek yerleri koordinatlı bir şekilde işaretlenmiştir (Şekil 5.7-5.12).



Şekil 5. 3: Çalışma alanında gözlenen A ve B bölgesi flotasyon atıklarının genel görünümü.



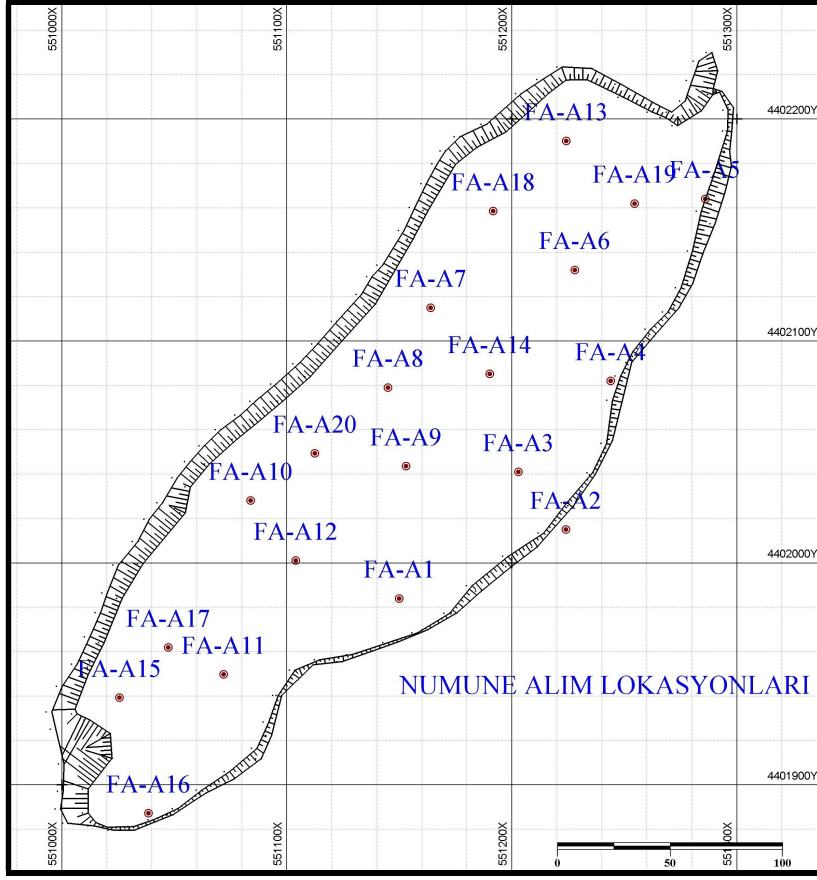
Şekil 5. 4: Çalışma alanında gözlenen C,D, E bölgesi flotasyon ve izabe atıklarının genel görünümü.



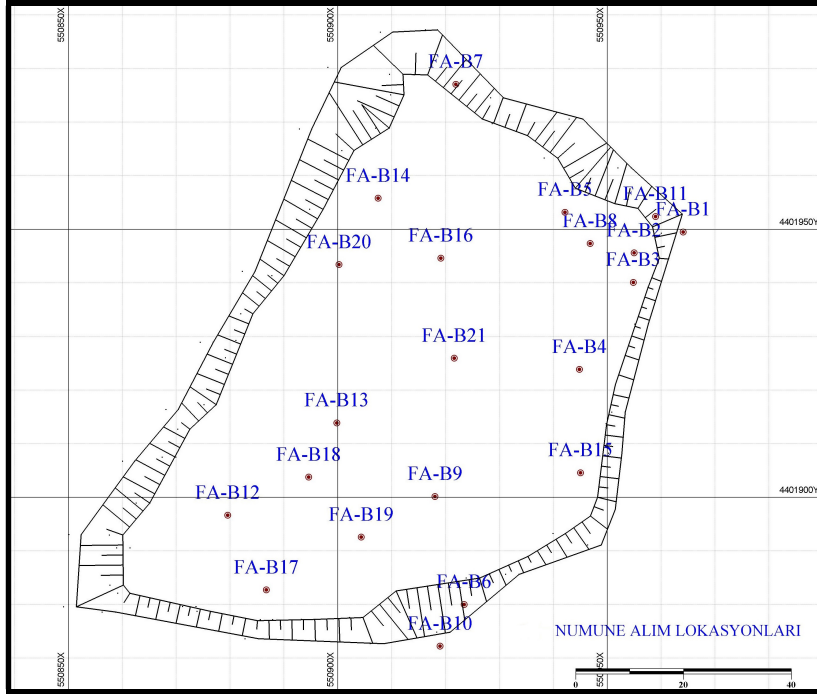
Şekil 5. 5: Flotasyon atık bölgelerinin numunelendirme çalışması; a-b-c-d) kanal tipi numune alımını gösteren fotoğraflar. g) Numune alımı sırasında lokasyon etiketleme yöntemini gösteren resim, h) Numune alım şeklini gösteren fotoğraf.



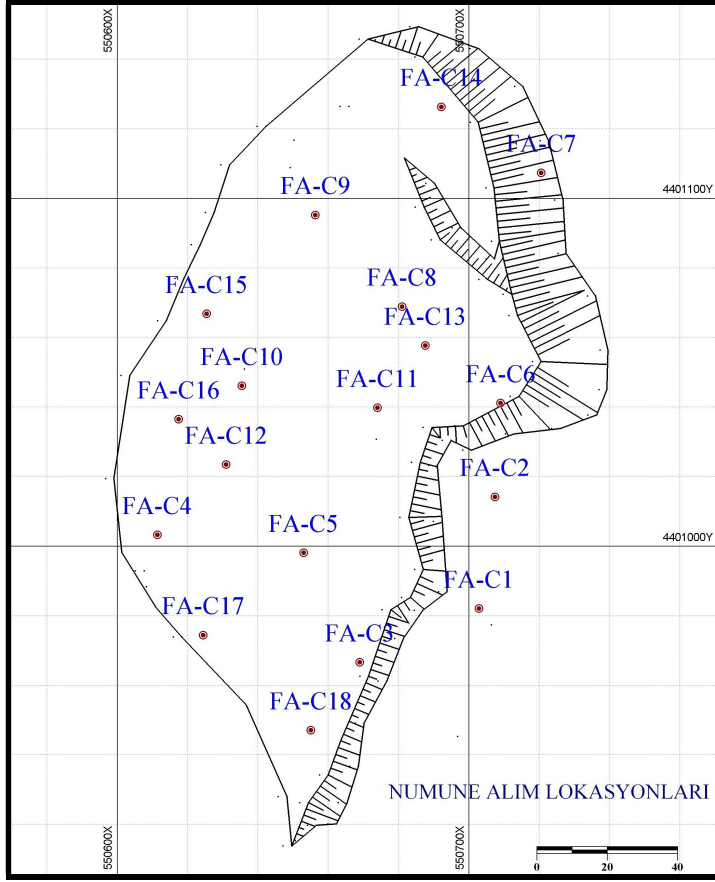
Şekil 5. 6: İzabe atık bölgelerinin numunelendirme çalışması; a-b) izabe atık alanını gösteren resimler, c-d-e-f) numune alım çalışmaları ve numune alanlarını gösteren resimler.



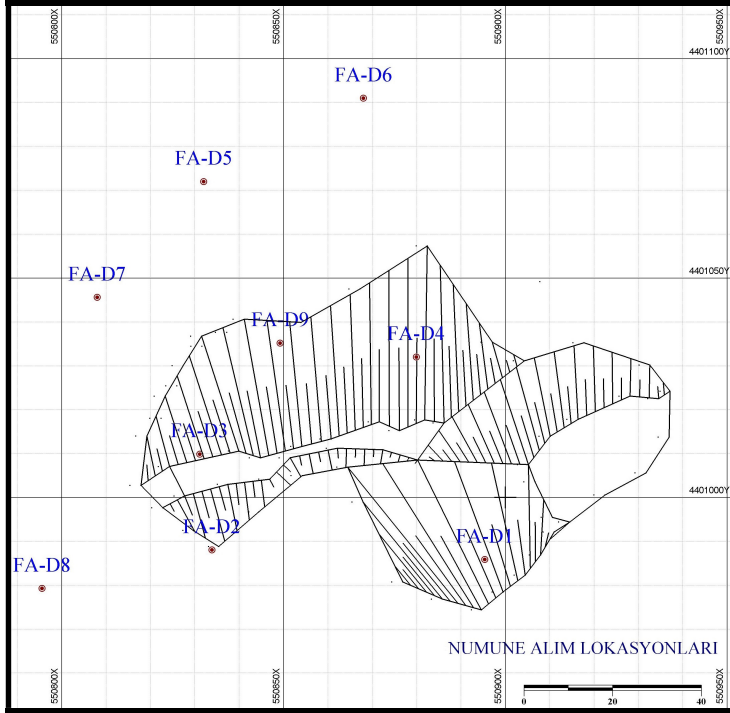
Şekil 5. 7: A Bölgesine ait numune lokasyonları



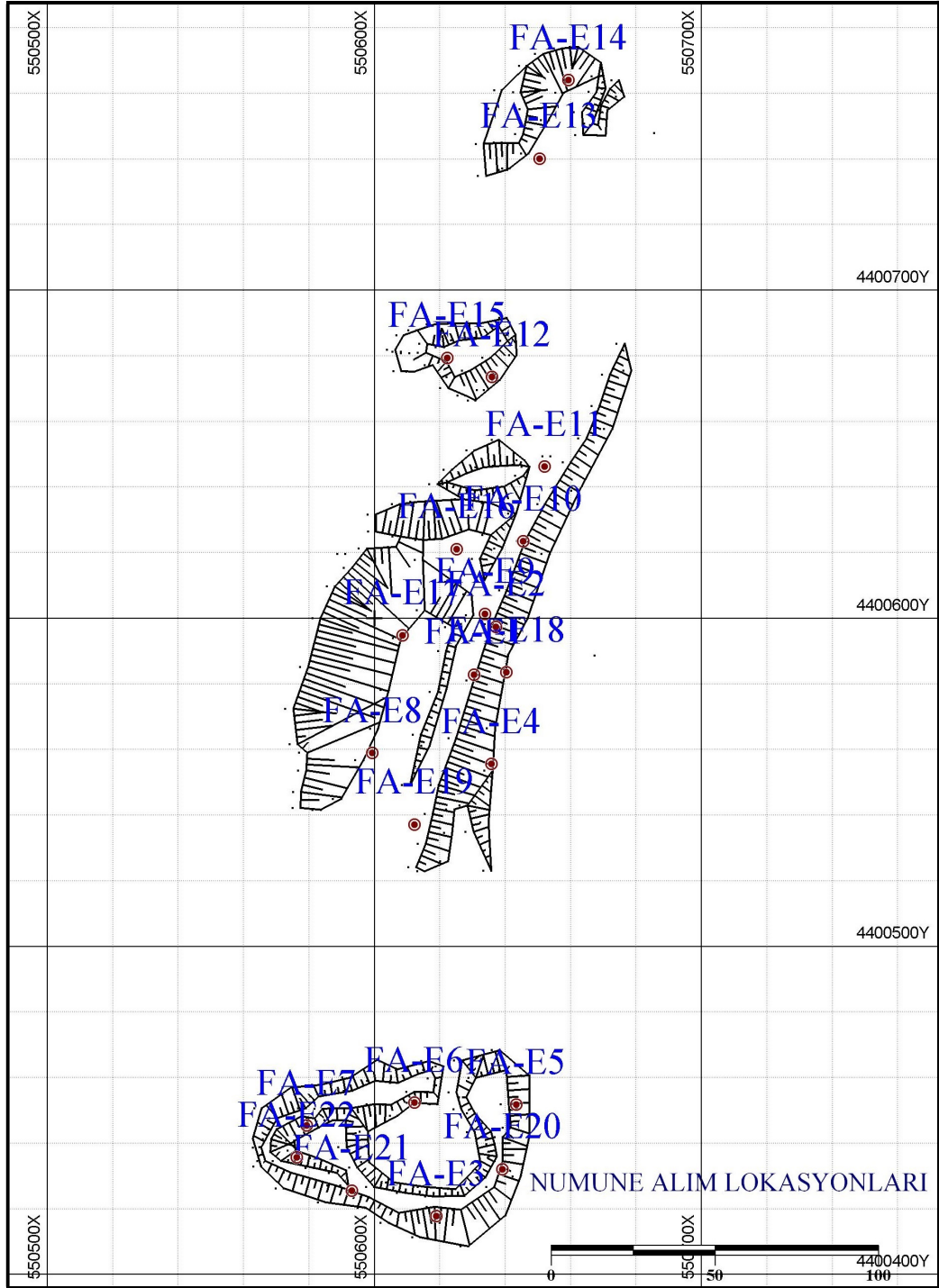
Şekil 5. 8: B Bölgesine ait numune lokasyonları



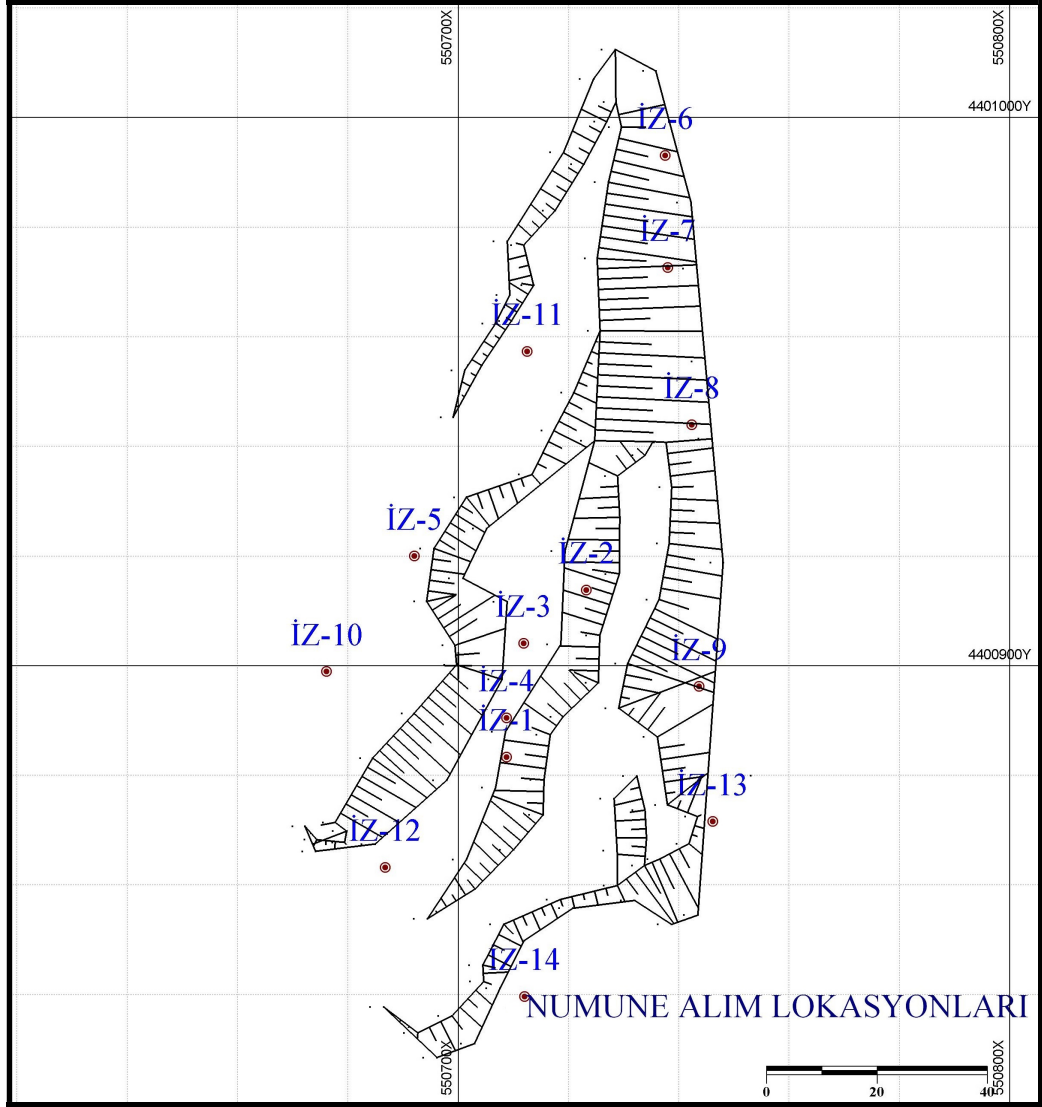
Şekil 5. 9: C Bölgesine ait numune lokasyonları



Şekil 5. 10: D Bölgesine ait numune lokasyonları



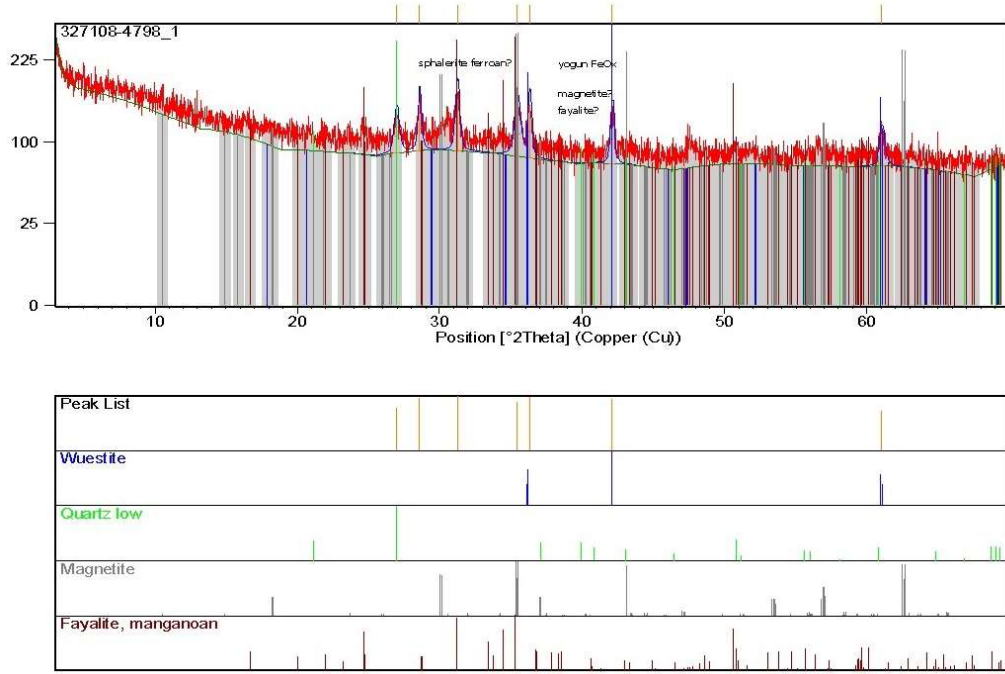
Şekil 5. 11: E Bölgesine ait numune alım lokasyonları.



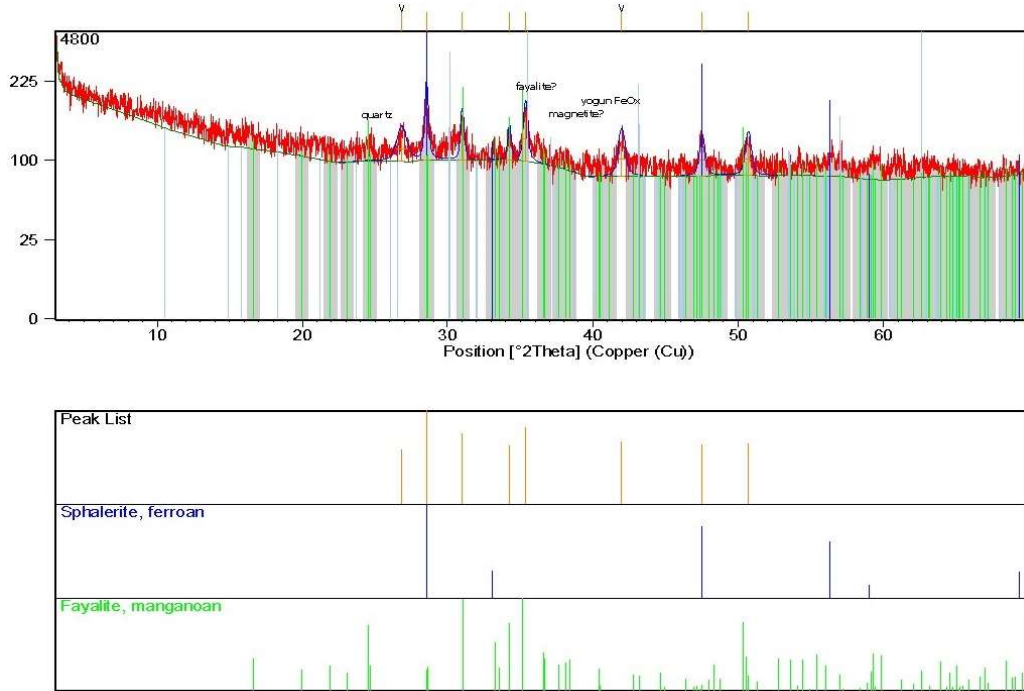
Şekil 5. 12: IZ Bölgesine ait numune lokasyonları

Atıkların XRD analizi

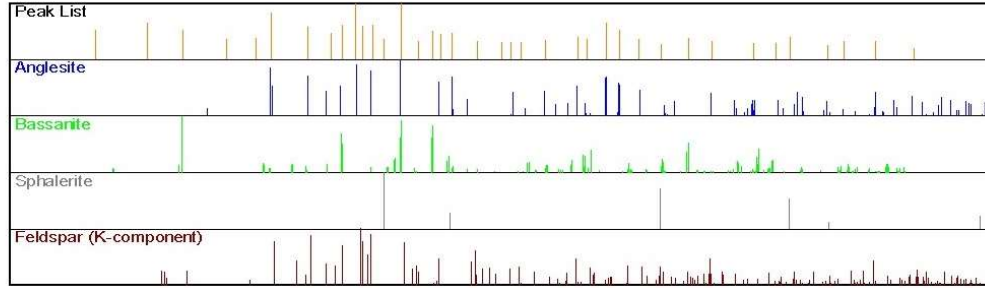
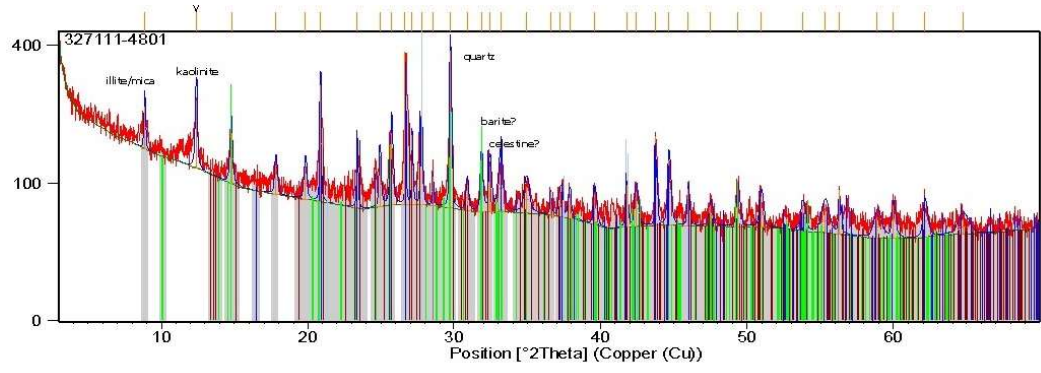
Balya bölgesindeki atıklar üzerinden uzun bir sene geçmesine rağmen, bu atıklardan derlenen örnekler üzerinde ilk önce parlak kesit çalışması gerçekleştirilmiştir. Parlak kesit çalışmalarında atıklar içerisindeki cevher minerallerinin ilksel yapısı bozulduğu için bir mineral tayini gerçekleştirilememiştir. Bununla birlikte, izabe ve flotasyon atıklarından alınan numuneler üzerinde XRD çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, mineral birlikteliği olarak cevher minerallerinden sfalerit ve gang minerallerinden kuvars, manyetit, fayalit, wurtzit, bassanit, K-feldspat, anglezit tespit edilmiştir (Şekil 5.13.-5.17).



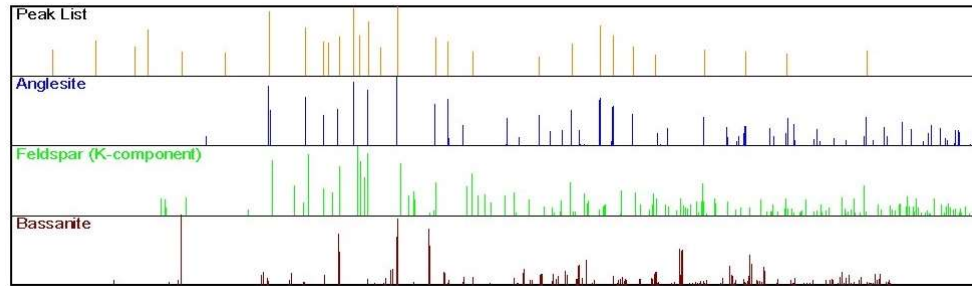
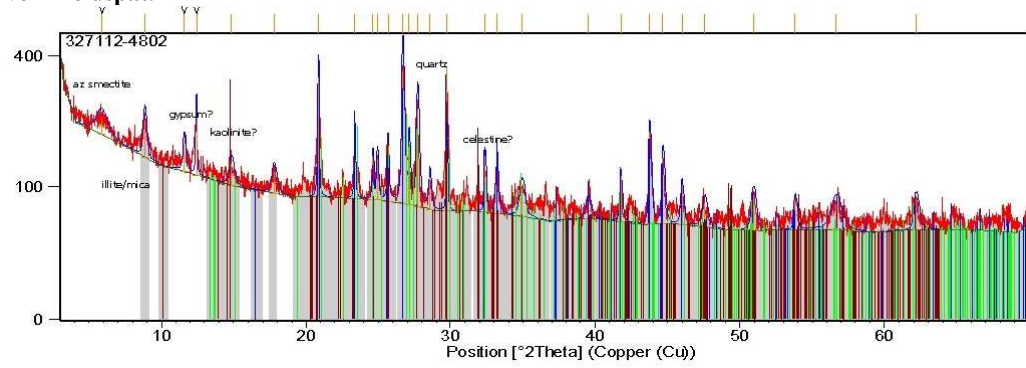
Şekil 5. 13: İzabe numunesinin XRD sonuçları. *Mineral birlikteliği*: kuvars, manyetit, fayalit ve wurtzit.



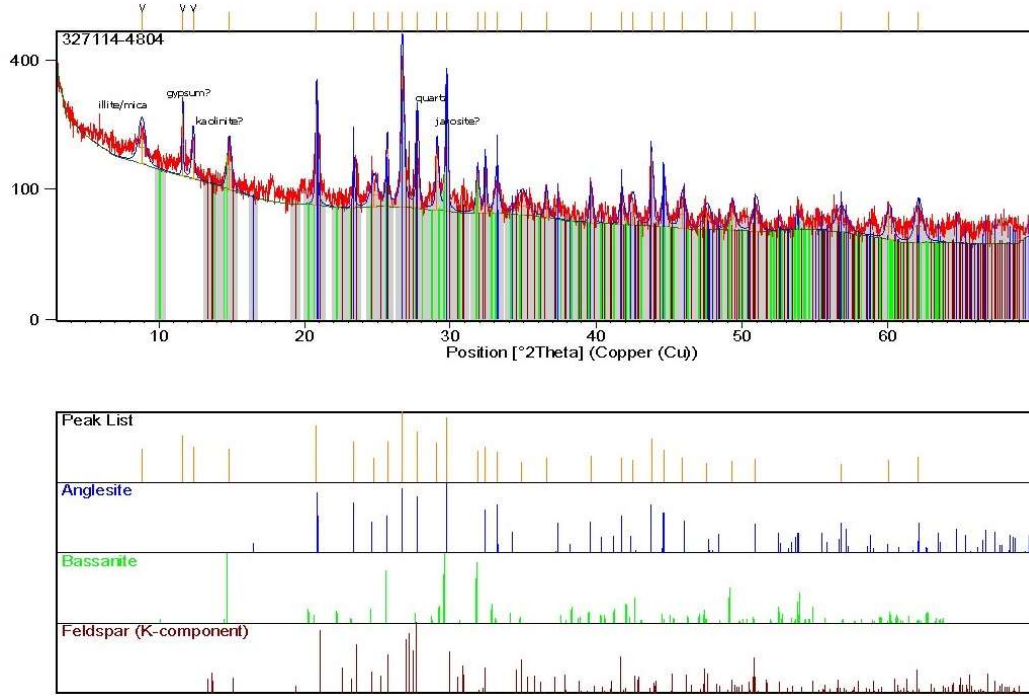
Şekil 5. 14: İzabe numunesinin XRD sonuçları. *Mineral birlikteliği*: fayalit ve sfalerit.



Şekil 5. 15: Flotasyon numunesinin XRD sonuçları. *Mineral birlikteliği*: anglezit, bassanit, sfalerit ve K-feldspat.



Şekil 5. 16: Flotasyon numunesinin XRD sonuçları. *Mineral birlikteliği*: anglezit, K-feldspat ve bassanit.



Şekil 5. 17: Flotasyon numunesi XRD sonuç diyagramı. *Mineral birlikteliği*: anglezit, K-feldspat ve bassanit.

5.1.2 Atıkların kimyasal analizi

Balya atık bölgesinde izabe ve flotasyon atıkları üzerinde, atıkların jeokimyasal içeriklerinin belirlenebilmesi amacıyla XRF çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, 14 adet izabe atıklarından ve 90 adet flotasyon atıklarından olmak üzere toplamda 104 adet örneğin kimyasal analizi yapılmıştır. Atıklarda, 4 değerli elementin (Pb, Zn, Fe, Cu) yüzdelerik içerikleri saptanmıştır (Tablo 5.1).

Tablo 5. 1: Yüzey numunelerinin kimyasal analiz sonuç tablosu.

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	Pb %	Zn %	Fe %	Cu %
550708.78	4400883.33	153.01	3.97	İZ	İZ-1	3.66	11.50	26.60	0.17
550723.26	4400913.81	157.56	3.92	İZ	İZ-2	2.80	12.65	26.70	0.24
550711.93	4400904.07	157.27	3.97	İZ	İZ-3	3.87	12.70	25.40	0.21
550708.76	4400890.47	155.63	3.67	İZ	İZ-4	2.96	10.25	30.30	0.29
550692.04	4400919.97	155.53	3.83	İZ	İZ-5	3.26	9.38	30.50	0.30
550737.52	4400993.09	153.62	3.90	İZ	İZ-6	3.80	10.65	29.70	0.14
550737.97	4400972.65	154.40	3.80	İZ	İZ-7	2.52	13.23	28.30	0.14
550742.35	4400943.94	155.58	3.89	İZ	İZ-8	3.12	11.23	26.62	0.20
550743.70	4400896.21	154.22	3.95	İZ	İZ-9	3.00	12.33	28.23	0.10
550676.17	4400898.93	157.85	3.95	İZ	İZ-10	3.26	9.38	30.50	0.32
550712.55	4400957.31	154.99	4.00	İZ	İZ-11	2.45	11.22	26.96	0.33
550686.78	4400863.20	154.93	4.20	İZ	İZ-12	2.96	12.50	27.54	0.12
550746.16	4400871.55	154.22	4.02	İZ	İZ-13	3.26	14.30	25.68	0.17
550712.04	4400839.64	152.91	3.98	İZ	İZ-14	3.69	11.95	27.12	0.15
551150.00	4401984.00	139.00	3.01	FA-A	FA-A1	2.79	1.87	21.92	0.38
551224.00	4402015.00	141.00	2.89	FA-A	FA-A2	2.84	2.54	15.39	0.46
551203.00	4402041.00	139.00	2.95	FA-A	FA-A3	2.67	2.53	23.04	0.22
551244.00	4402082.00	138.00	3.12	FA-A	FA-A4	3.64	4.27	8.50	0.20
551286.00	4402164.00	135.00	2.92	FA-A	FA-A5	3.35	7.32	12.39	0.28
551228.00	4402132.00	139.00	3.05	FA-A	FA-A6	1.76	3.13	7.95	0.20
551164.00	4402115.00	140.00	2.95	FA-A	FA-A7	2.31	6.65	7.55	0.35
551145.00	4402078.98	137.48	2.97	FA-A	FA-A8	2.05	1.90	11.60	0.38
551153.00	4402043.55	138.13	2.50	FA-A	FA-A9	1.53	0.68	10.53	0.18
551084.00	4402028.07	136.70	2.98	FA-A	FA-A10	2.61	3.49	11.82	0.26
551072.00	4401949.73	138.35	3.02	FA-A	FA-A11	3.36	1.87	24.14	0.36
551104.00	4402001.04	138.55	2.88	FA-A	FA-A12	1.86	0.64	17.09	0.16
551224.25	4402190.07	136.35	2.91	FA-A	FA-A13	2.60	0.92	8.98	0.29
551190.27	4402085.19	137.76	2.68	FA-A	FA-A14	1.36	2.19	6.34	0.09
551025.57	4401939.31	139.13	2.61	FA-A	FA-A15	0.79	2.87	19.92	0.21
551038.52	4401887.21	140.12	3.02	FA-A	FA-A16	2.99	1.87	20.90	0.28
551047.28	4401961.92	138.35	2.82	FA-A	FA-A17	1.95	2.45	7.80	0.24
551191.74	4402158.51	136.03	2.65	FA-A	FA-A18	3.65	1.13	8.19	0.18
551254.57	4402161.94	136.59	2.75	FA-A	FA-A19	3.28	0.44	7.77	0.22
551112.44	4402049.31	136.85	2.76	FA-A	FA-A20	3.47	0.31	8.52	0.12

Tablo 5.1: devamı

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	Pb %	Zn %	Fe %	Cu %
550964.09	4401949.48	133.78	3.08	FA-B	FA-B1	8.28	6.45	3.34	0.18
550955.00	4401945.57	135.01	3.00	FA-B	FA-B2	9.38	3.45	3.81	0.29
550954.86	4401940.08	135.65	3.14	FA-B	FA-B3	8.17	5.53	5.73	0.20
550944.86	4401923.83	136.93	3.10	FA-B	FA-B4	9.57	5.32	3.92	0.29
550942.18	4401953.14	140.34	3.14	FA-B	FA-B5	9.08	5.75	3.52	0.22
550923.46	4401879.98	139.09	3.19	FA-B	FA-B6	11.20	3.44	6.09	0.31
550921.92	4401977.02	138.44	3.07	FA-B	FA-B7	7.58	4.64	5.03	0.25
550950.69	4401946.04	137.85	3.04	FA-B	FA-B8	8.08	4.75	3.02	0.12
550918.06	4401900.12	135.74	3.11	FA-B	FA-B9	5.79	8.92	6.07	0.48
550918.99	4401872.19	137.24	3.17	FA-B	FA-B10	9.92	4.44	6.59	0.21
550960.00	4401948.86	135.49	2.65	FA-B	FA-B11	1.12	1.45	3.64	0.13
550879.60	4401896.62	139.03	3.21	FA-B	FA-B12	6.79	9.92	6.47	0.68
550899.85	4401913.85	139.76	3.15	FA-B	FA-B13	6.02	8.93	4.47	0.32
550907.49	4401955.76	139.88	3.15	FA-B	FA-B14	5.80	10.93	6.57	0.78
550945.07	4401904.55	137.87	3.08	FA-B	FA-B15	7.57	4.32	4.96	0.12
550919.13	4401944.60	139.88	3.20	FA-B	FA-B16	5.46	11.52	11.30	0.34
550886.73	4401882.70	135.62	3.18	FA-B	FA-B17	4.93	5.71	7.63	0.20
550894.60	4401903.73	136.69	3.20	FA-B	FA-B18	5.01	6.69	6.25	0.25
550904.35	4401892.54	136.86	3.27	FA-B	FA-B19	6.46	4.91	5.53	0.44
550900.21	4401943.37	138.04	3.25	FA-B	FA-B20	5.33	5.74	6.71	0.23
550921.65	4401925.93	136.81	3.26	FA-B	FA-B21	4.97	6.21	8.00	0.25
550702.85	4400982.04	157.60	3.11	FA-C	FA-C1	5.13	7.14	3.35	0.30
550707.42	4401014.16	158.98	3.08	FA-C	FA-C2	5.86	3.34	7.48	0.23
550669.00	4400966.62	162.47	3.06	FA-C	FA-C3	6.02	5.46	4.99	0.54
550611.43	4401003.22	166.40	3.06	FA-C	FA-C4	7.08	5.11	4.69	0.48
550653.00	4400998.10	164.12	3.20	FA-C	FA-C5	5.74	6.87	6.86	0.74
550709.00	4401041.14	158.17	3.15	FA-C	FA-C6	4.19	5.37	7.81	0.54
550720.59	4401107.32	150.90	3.22	FA-C	FA-C7	4.24	5.00	7.39	0.50
550681.00	4401068.85	158.54	3.14	FA-C	FA-C8	7.23	4.43	5.06	1.29
550656.35	4401095.20	160.49	3.11	FA-C	FA-C9	4.87	7.16	8.00	0.41
550635.41	4401046.09	160.15	3.13	FA-C	FA-C10	5.44	4.73	8.20	0.37
550674.00	4401039.76	155.33	2.95	FA-C	FA-C11	3.61	1.57	20.07	0.67
550631.00	4401023.42	160.84	3.30	FA-C	FA-C12	4.55	5.82	7.08	0.22
550687.64	4401057.65	162.29	3.26	FA-C	FA-C13	6.96	5.13	5.08	0.41
550692.23	4401126.27	158.59	3.10	FA-C	FA-C14	3.67	5.62	7.12	0.19
550625.40	4401066.75	161.00	3.28	FA-C	FA-C15	5.80	6.54	8.61	0.28
550617.43	4401036.47	161.00	3.12	FA-C	FA-C16	6.45	3.09	12.42	0.13
550624.48	4400974.40	162.02	3.15	FA-C	FA-C17	7.35	3.26	8.68	0.22
550655.10	4400947.05	156.13	2.87	FA-C	FA-C18	5.36	1.41	6.42	0.24

Tablo 5.1: devamı

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	Pb %	Zn %	Fe %	Cu%
550895.36	4400985.84	168.83	3.72	FA-D	FA-D1	3.60	10.24	5.61	0.31
550833.84	4400988.02	158.07	3.51	FA-D	FA-D2	6.24	12.61	15.38	0.82
550831.11	4401009.86	155.40	3.42	FA-D	FA-D3	3.78	4.24	7.00	0.48
550879.93	4401032.01	160.75	2.55	FA-D	FA-D4	0.06	0.07	2.72	0.07
550832.00	4401072.00	153.00	2.50	FA-D	FA-D5	0.09	0.12	3.68	0.18
550868.00	4401091.00	156.00	2.69	FA-D	FA-D6	0.07	0.08	3.86	0.05
550807.98	4401045.60	154.00	2.71	FA-D	FA-D7	1.88	0.08	4.79	0.13
550795.54	4400979.26	154.00	2.65	FA-D	FA-D8	1.27	0.54	4.51	0.39
550849.23	4401035.18	153.66	3.02	FA-D	FA-D9	1.95	0.51	12.67	0.07
550630.58	4400582.80	158.78	2.86	FA-E	FA-E1	1.66	0.75	5.49	0.08
550637.21	4400597.32	158.55	3.06	FA-E	FA-E2	8.01	1.34	8.35	0.16
550619.04	4400417.70	161.44	2.99	FA-E	FA-E3	6.48	5.21	7.85	0.42
550635.75	4400555.51	156.46	2.74	FA-E	FA-E4	0.20	0.95	5.78	0.03
550643.36	4400451.67	158.70	2.95	FA-E	FA-E5	5.77	8.10	9.48	0.42
550612.22	4400452.28	161.85	2.85	FA-E	FA-E6	6.48	3.30	7.65	0.32
550579.27	4400445.31	166.91	3.00	FA-E	FA-E7	4.10	6.34	7.41	0.60
550599.42	4400558.88	166.13	2.55	FA-E	FA-E8	0.10	0.05	5.78	0.07
550633.85	4400601.33	160.02	2.86	FA-E	FA-E9	0.32	0.72	2.97	0.04
550645.53	4400623.42	158.86	3.15	FA-E	FA-E10	8.00	2.24	11.53	0.73
550652.08	4400646.16	158.16	3.02	FA-E	FA-E11	9.48	0.68	12.05	0.29
550636.00	4400673.48	160.95	2.65	FA-E	FA-E12	2.64	7.16	5.63	0.34
550650.60	4400740.04	163.00	3.75	FA-E	FA-E13	19.83	2.62	25.02	0.25
550659.41	4400763.98	164.98	3.20	FA-E	FA-E14	5.49	6.23	8.28	0.24
550622.38	4400679.30	164.33	2.82	FA-E	FA-E15	3.71	4.05	11.23	0.25
550625.24	4400621.05	165.97	2.71	FA-E	FA-E16	3.86	1.51	21.80	0.12
550608.60	4400594.78	167.13	3.52	FA-E	FA-E17	7.54	4.85	4.26	0.30
550640.42	4400583.49	156.70	2.92	FA-E	FA-E18	4.89	0.44	8.03	0.10
550612.33	4400537.11	161.66	2.82	FA-E	FA-E19	5.00	0.83	26.08	0.12
550639.18	4400432.03	160.47	2.71	FA-E	FA-E20	4.06	1.34	12.90	0.08
550593.11	4400425.52	165.46	3.10	FA-E	FA-E21	4.74	1.41	20.33	0.12
550576.28	4400435.60	168.03	3.12	FA-E	FA-E22	10.47	3.31	10.35	0.15

Bu analizlere göre, izabe atıklarında en düşük Pb içeriği %2.450 en yüksek %3.870; en düşük Zn içeriği %9.380 en yüksek %14.300; en düşük Fe içeriği %25.400 en yüksek %30.500; en düşük Cu içeriği %0.101 en yüksek %0.325 çıkmıştır (Tablo 5.1- 5.3). Flotasyon atıklarında ise en düşük Pb içeriği % 0.076 en yüksek Pb içeriği % 19.829; en düşük Zn içeriği % 0.066, en yüksek Zn içeriği % 14.300; en düşük Fe içeriği % 2.724, en yüksek Fe içeriği % 26.076; en düşük Cu içeriği 0.037, en yüksek Cu içeriği % 1.286 çıkmıştır (Tablo 5.2-5.4). Aanaliz sonuçlarına göre izabe atıklarında Zn; flotasyon atıklarında ise Pb oranları gözle görünür oranda yüksek çıkmıştır. Normal işletmelerde ortalama %3-%5 arası Pb-Zn içeriği yeterli olmaktadır ve işletmeye girdi sağlamaktadır.

Bu değerlere göre, tezin konusunu oluşturan atıklarda ortalama değerlerin üzerinde Pb-Zn içerikleri yakalanmış olsa da, atıklar oksidasyona uğradığı için atıklardan Pb-Zn kazanımı için detaylı işletme için Ar-GE çalışması gerekmektedir.

Tablo 5. 2: Flotasyon atıkları alınan numune sayıları ve Pb-Zn analiz derlemesi

Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min. Pb Değer	Max. Pb Değer	Pb Medyan	Ort. %Pb	Min. Zn Değer	Max. Zn Değer	Zn Medyan	Ort. %Zn
A	21	0.78	3.65	2.64	2.54	0.31	7.32	2.04	2.45
B	20	1.12	11.20	6.79	6.98	1.45	11.52	5.71	6.14
C	18	3.61	7.35	5.59	5.53	1.41	7.16	5.12	4.84
D	9	0.06	6.24	1.88	2.11	0.07	12.61	0.51	3.16
E	22	0.10	19.83	4.94	5.58	0.05	8.10	1.88	2.88
TOPLAM	90	0.60	11.20	4.87	4.71	0.05	12.61	3.47	3.97

Tablo 5. 3: Flotasyon atıkları alınan numune sayıları ve Fe-Cu analiz derlemesi

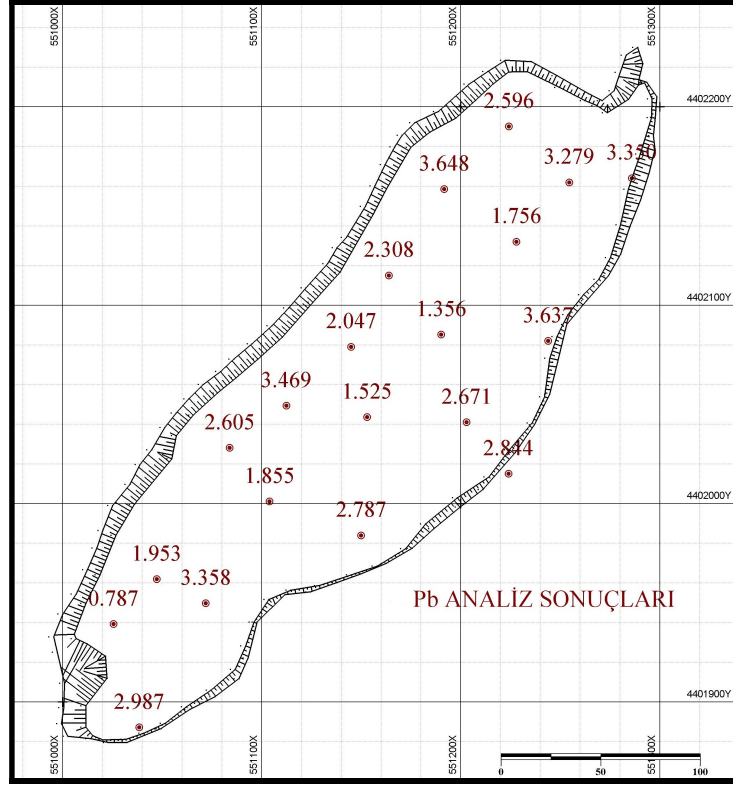
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min.Fe Değer	Max. Fe Değer	Fe Medyan	Ort. %Fe	Min. Cu Değer	Max. Cu Değer	Cu Medyan	Ort. %Cu
A	21	6.34	24.14	11.07	13.02	0.09	0.46	0.23	0.25
B	20	3.02	11.30	5.73	5.65	0.12	0.78	0.25	0.30
C	18	3.35	20.07	7.26	7.74	0.13	1.29	0.39	0.43
D	9	2.72	15.38	4.79	6.69	0.05	0.82	0.18	0.28
E	22	2.97	26.08	8.32	10.83	0.03	0.73	0.20	0.24
TOPLAM	90	2.72	26.08	7.59	9.07	0.03	1.29	0.25	0.30

Tablo 5. 4: İzabe atıklarından alınan numune sayıları ve Pb-Zn analiz derlemesi

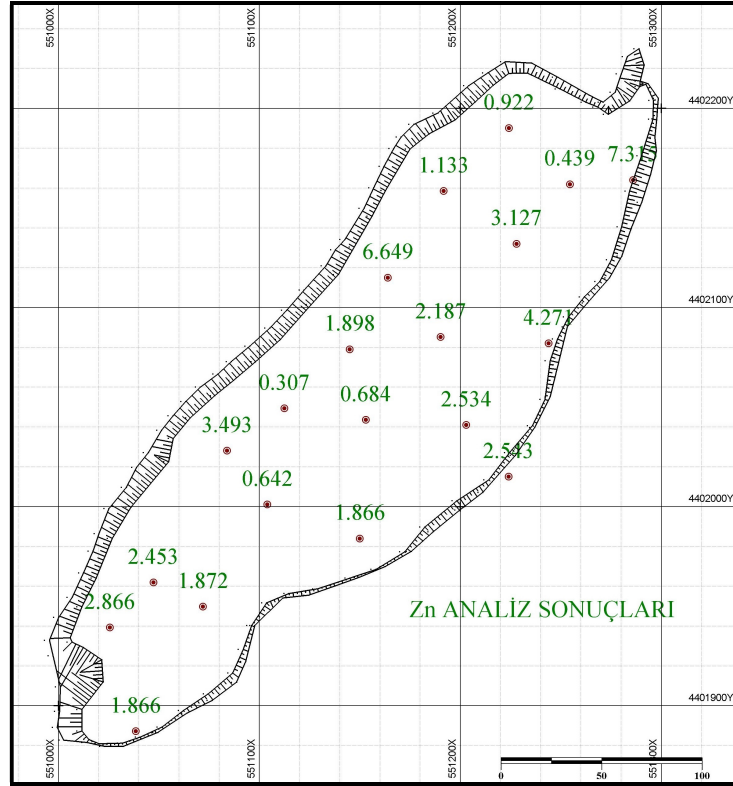
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min.Pb Değer	Max. Pb Değer	Pb Medyan	Ort. %Pb	Min. Zn Değer	Max. Zn Değer	Zn Medyan	Ort. %Zn
İZ	14	2.45	3.87	3.19	3.19	9.38	14.3	11.73	11.66

Tablo 5. 5: İzabe atıklarından alınan numune sayıları ve Fe-Cu analiz derlemesi.

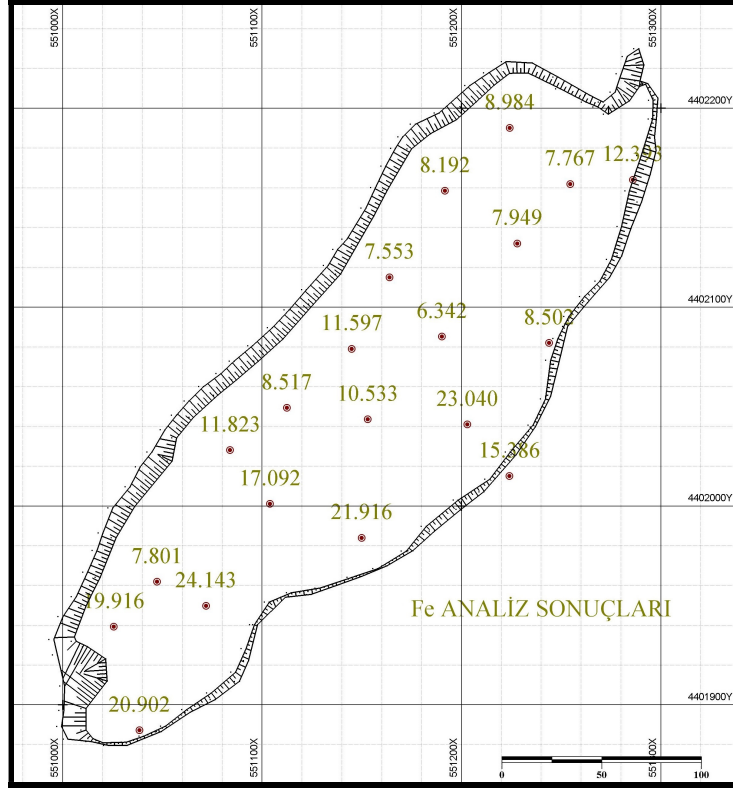
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min.Fe Değer	Max. Fe Değer	Fe Medyan	Ort. %Fe	Min. Cu Değer	Max. Cu Değer	Cu Medyan	Ort. %Cu
İZ	14	25.4	30.5	27.33	27.87	0.1	0.33	0.19	0.205



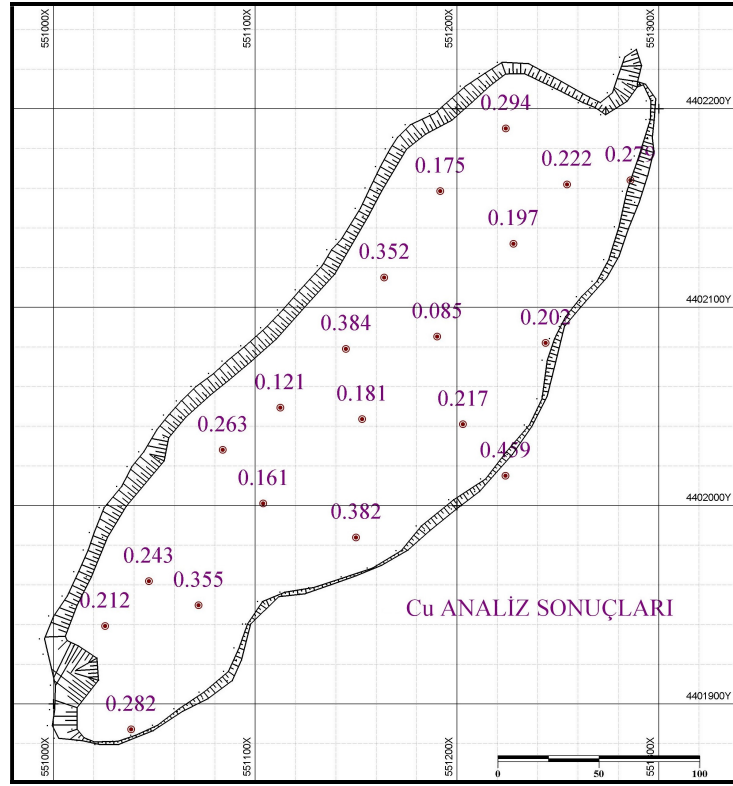
Şekil 5. 18: A Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



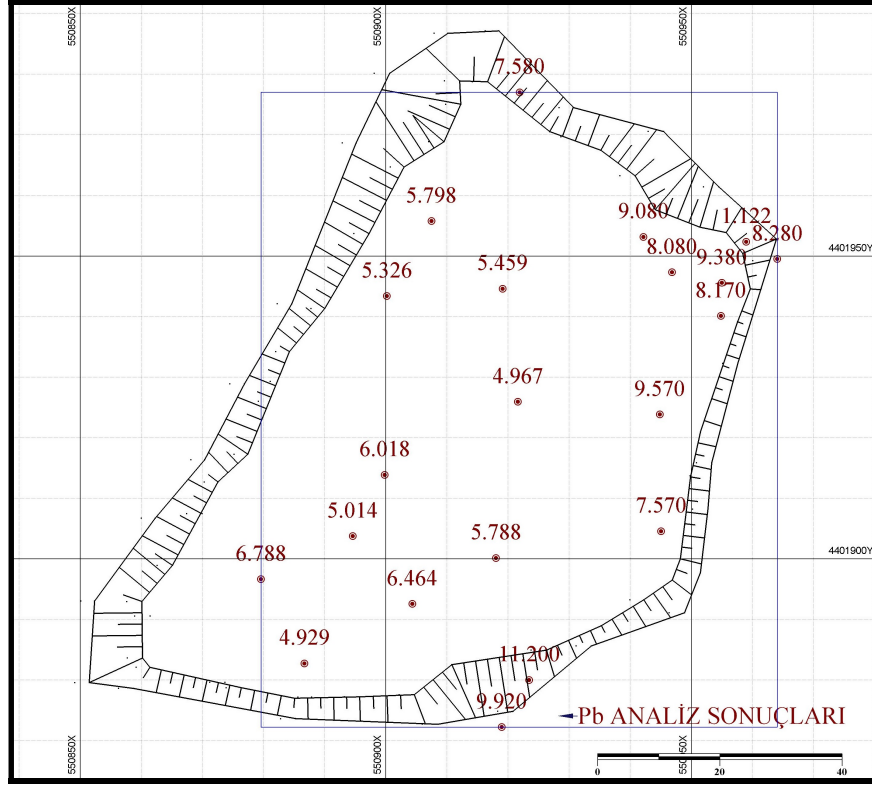
Şekil 5. 19: A Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



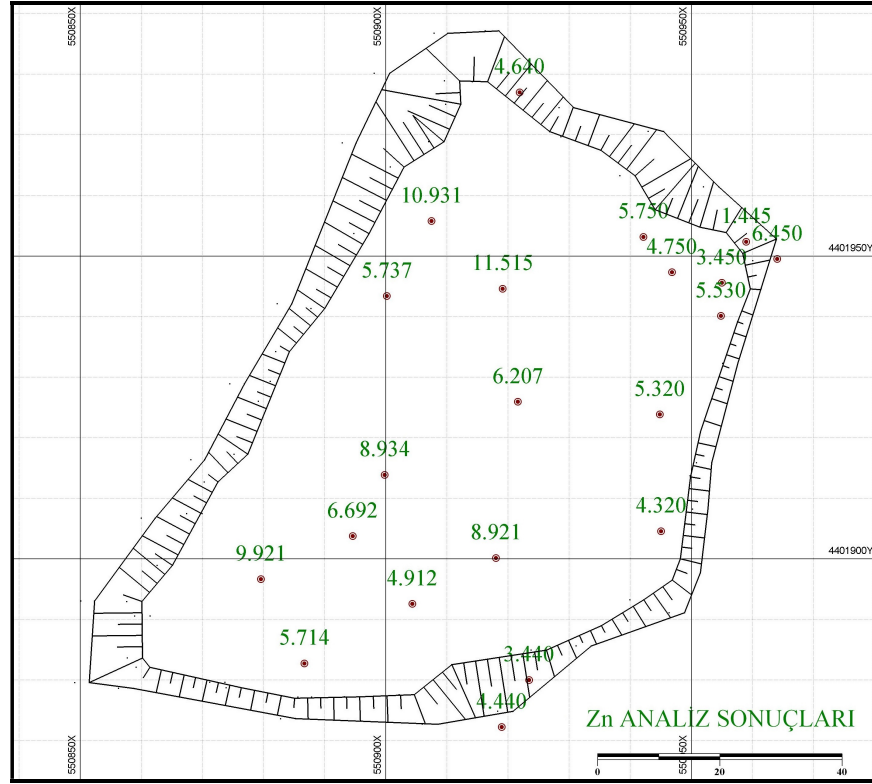
Şekil 5. 20: A Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



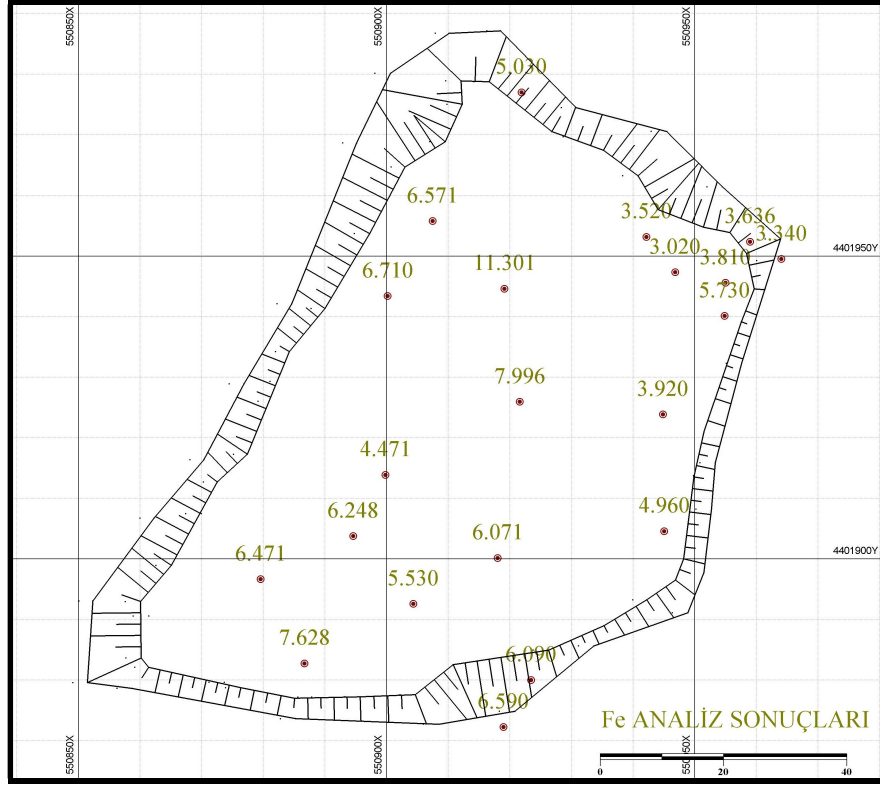
Şekil 5. 21: A Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)



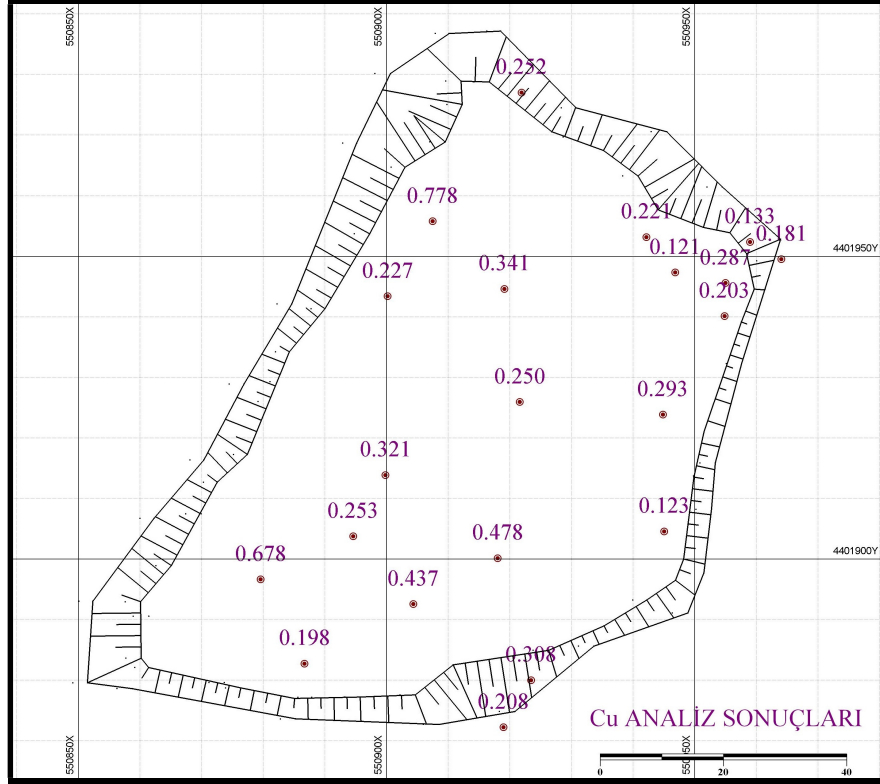
Şekil 5. 22: B Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



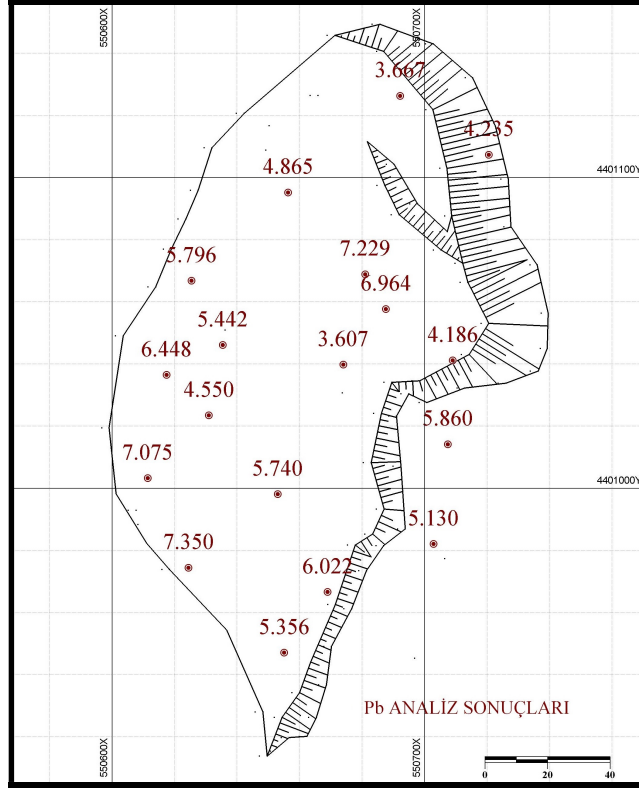
Şekil 5. 23: B Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



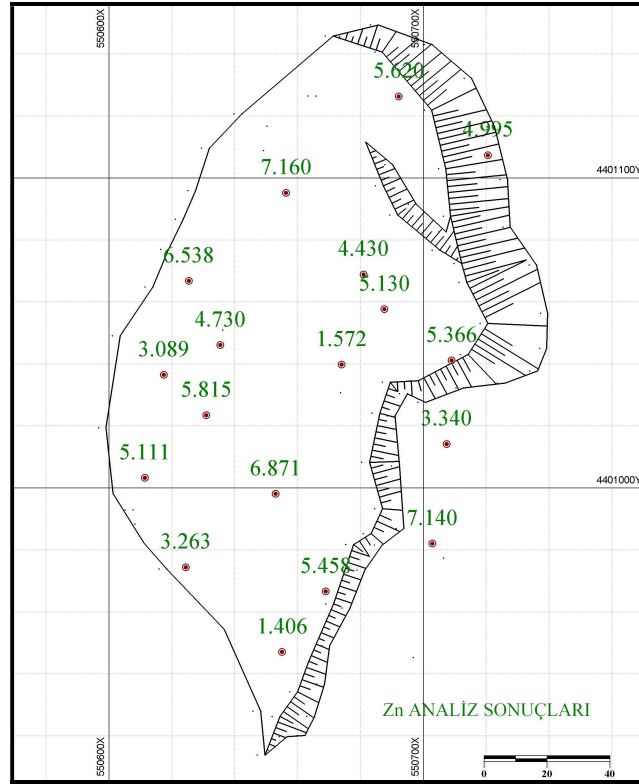
Şekil 5. 24: B Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



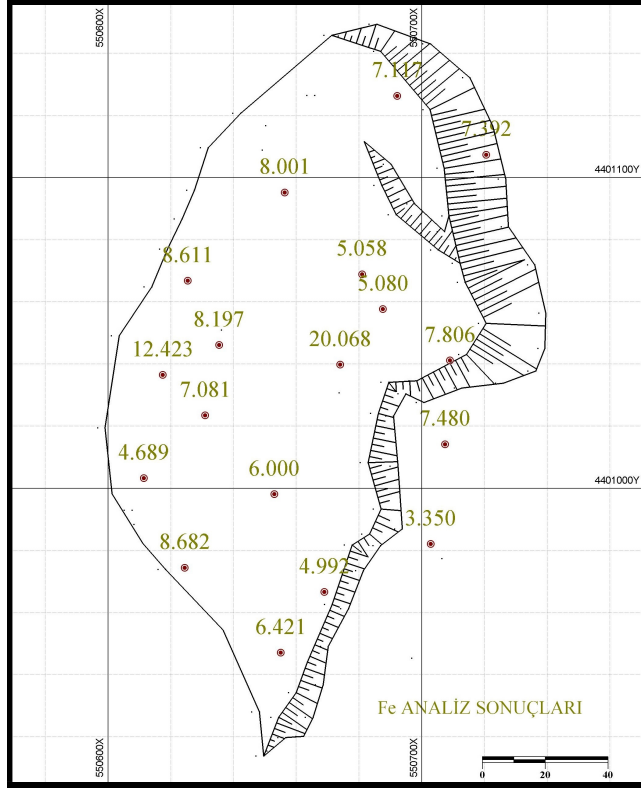
Şekil 5. 25: B Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)



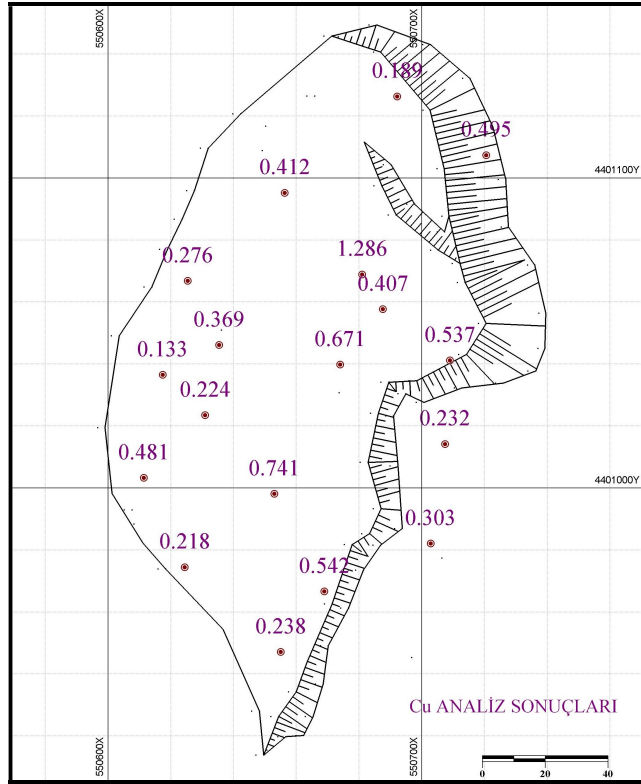
Şekil 5. 26: C Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



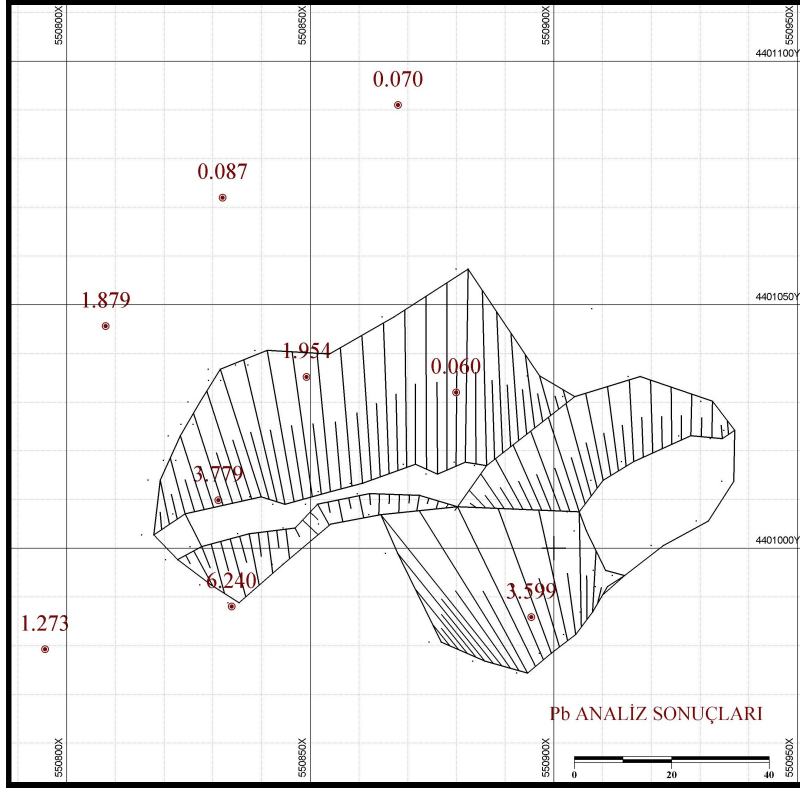
Şekil 5. 27: C Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



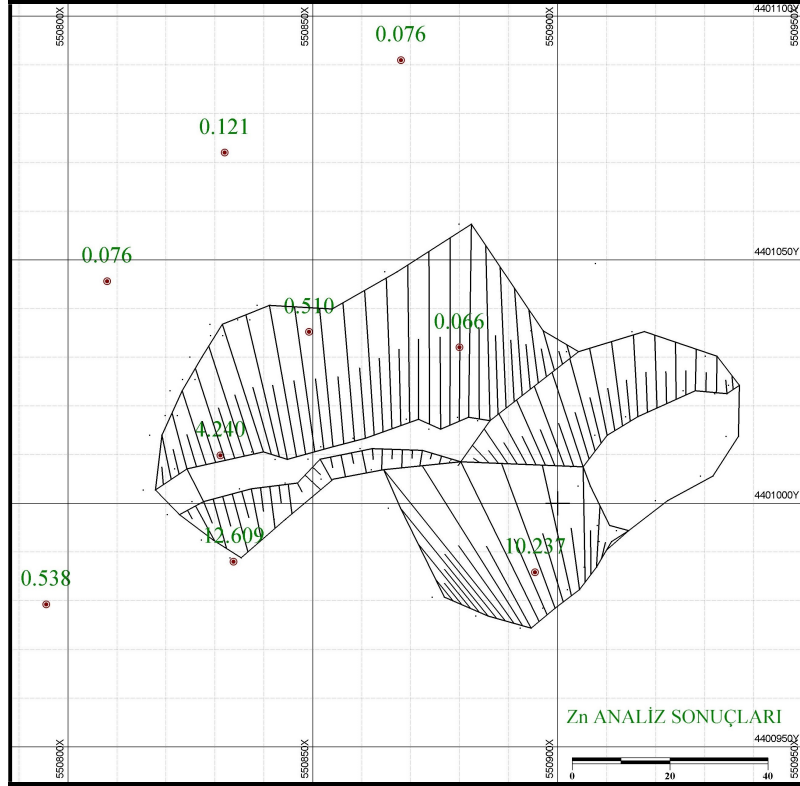
Şekil 5. 28: C Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



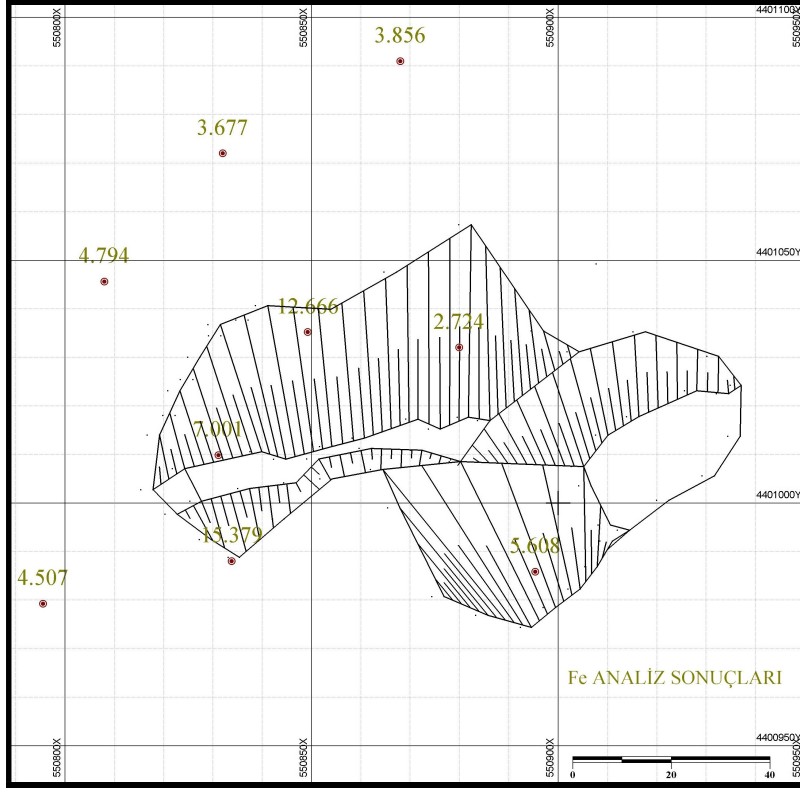
Şekil 5. 29: C Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)



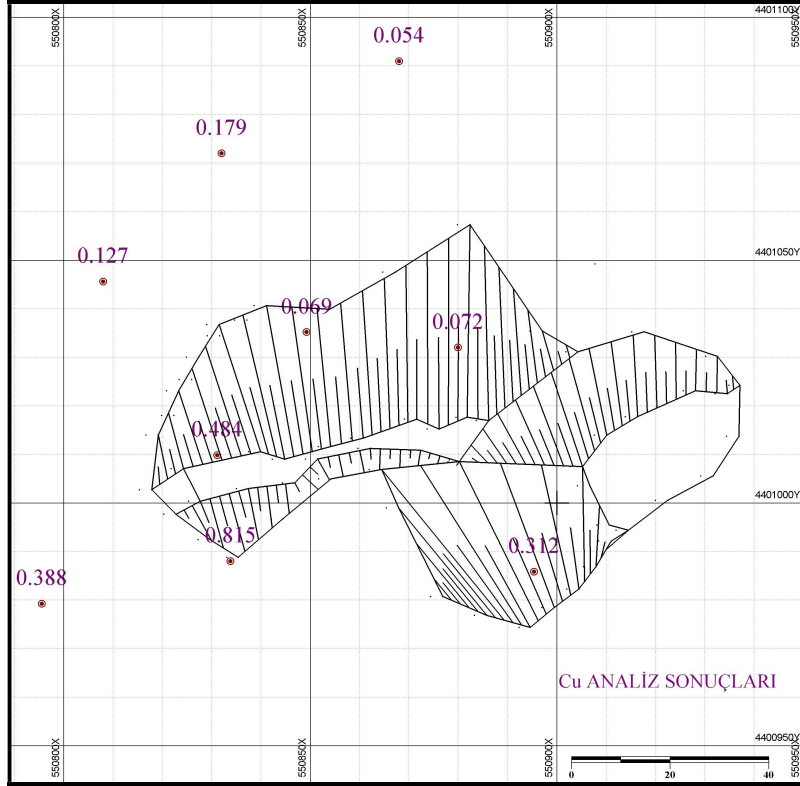
Şekil 5. 30: D Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



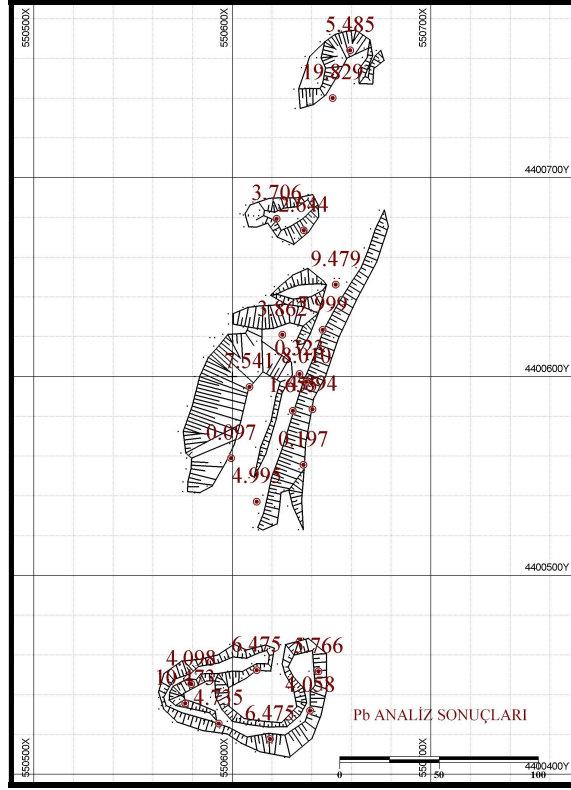
Şekil 5. 31: D Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



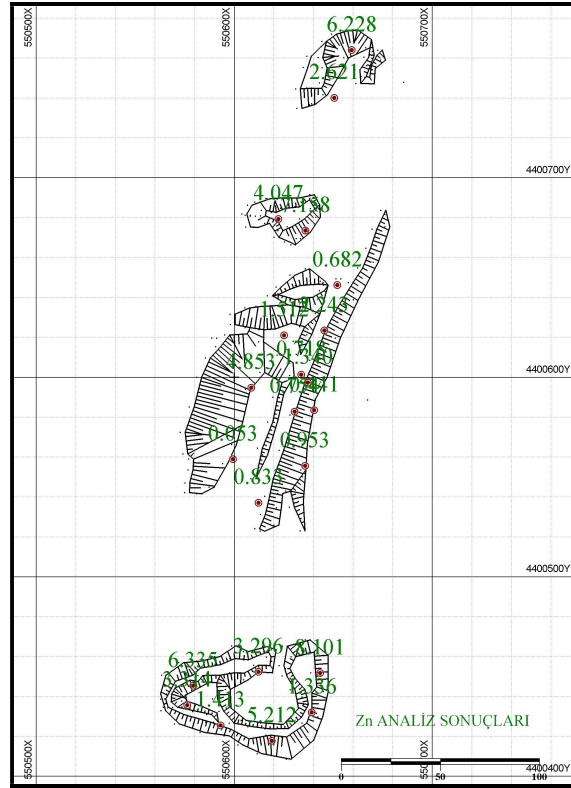
Şekil 5. 32: D Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



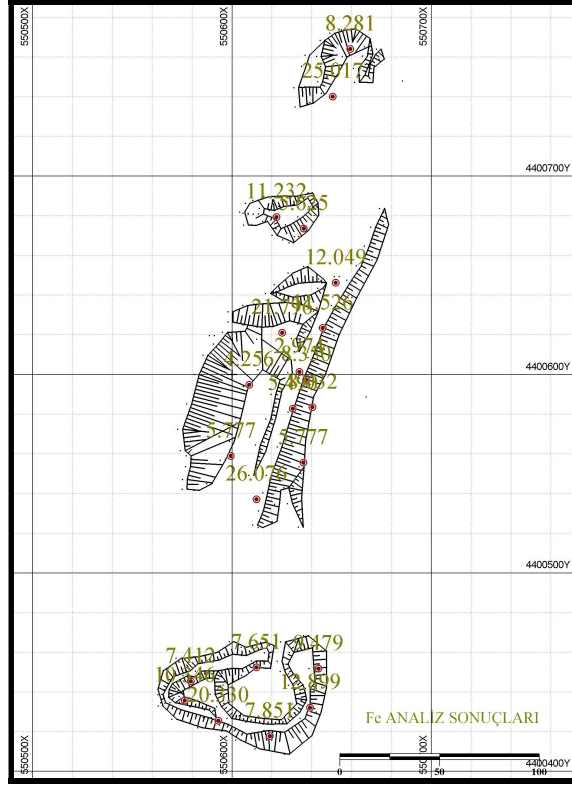
Şekil 5. 33: D Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)



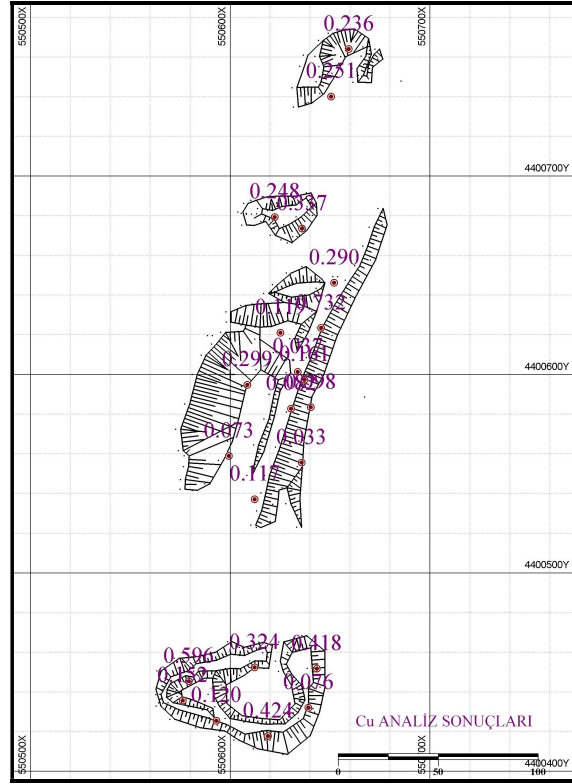
Şekil 5. 34: E Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



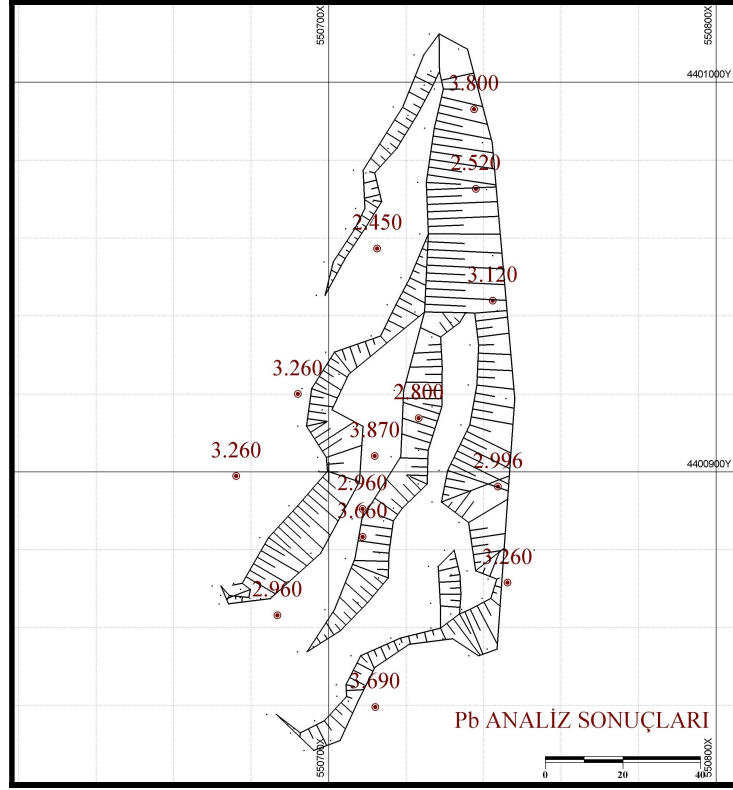
Şekil 5. 35: E Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



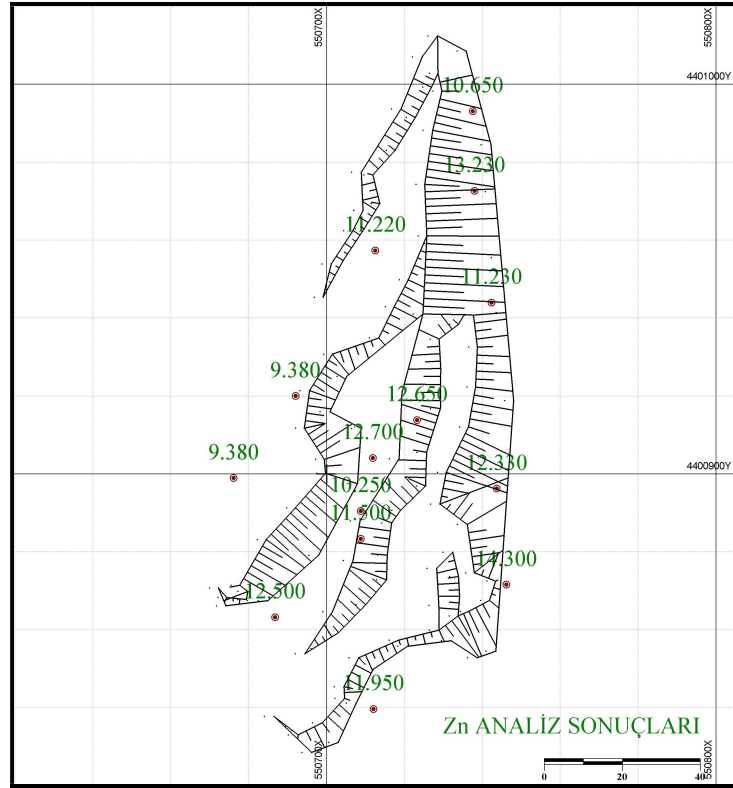
Şekil 5. 36: E Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



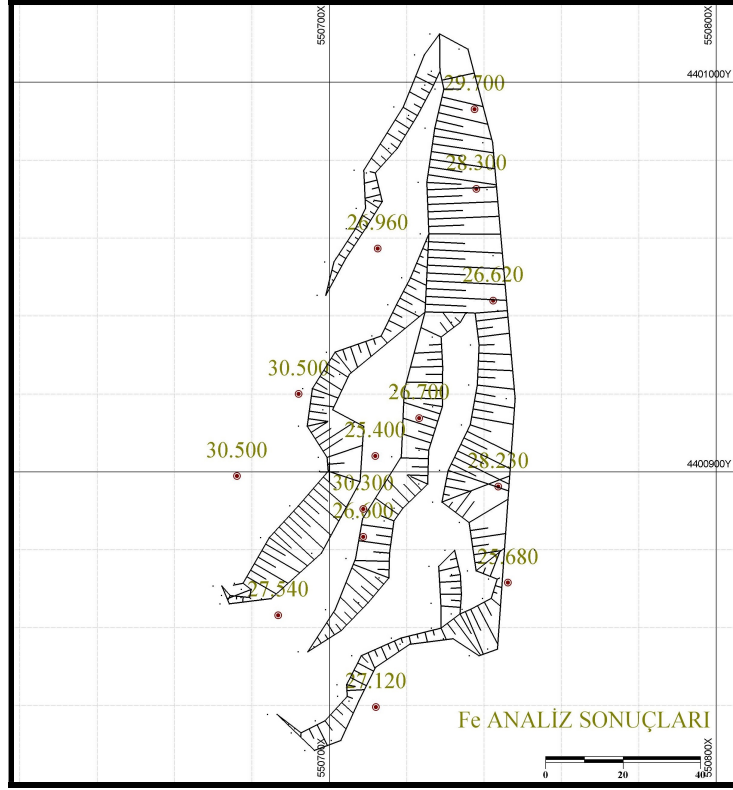
Şekil 5. 37: E Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)



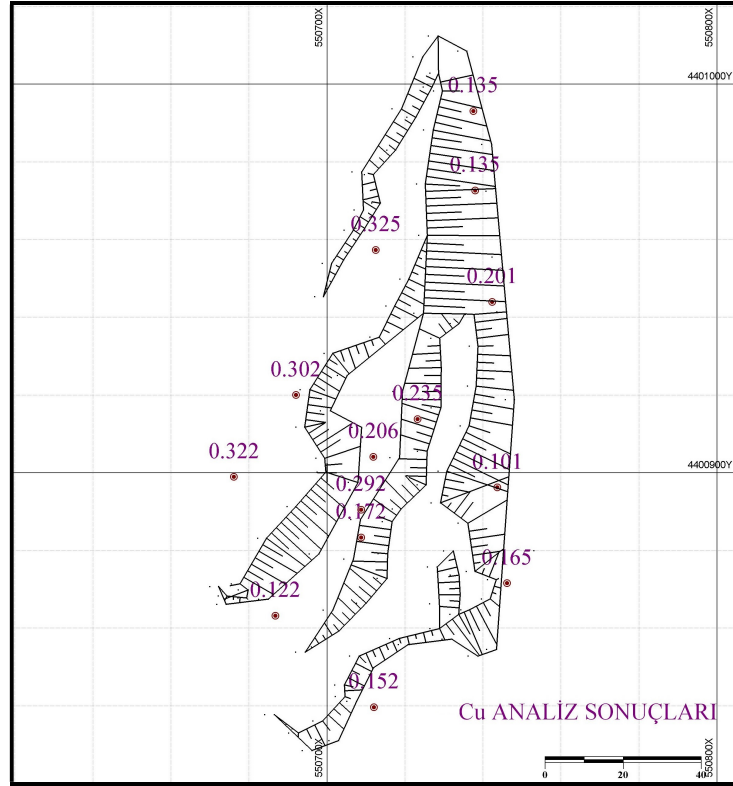
Şekil 5. 38: IZ Bölgesine ait Pb numune lokasyonları (Bordo renkli değerler)



Şekil 5. 39: IZ Bölgesine ait Zn numune lokasyonları (Yeşil renkli değerler)



Şekil 5. 40: IZ Bölgesine ait Fe numune lokasyonları (Koyu Yeşil renkli değerler)



Şekil 5. 41: IZ Bölgesine ait Cu numune lokasyonları (Mor renkli değerler)

5.2 Rezerv Hesaplaması

5.2.1 Veritabanı

Jeostatistiksel bir analizde, incelenen sahadaki veriler iyi bir şekilde organize edilmeli ve elde edilen veriler dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Elde edilen bu veriler (2 boyutlu ya da 3 boyutlu) birbirleriyle karşılaştırılmalı ve yorumlanmalıdır (Çetin, 1996). Veri kaynakları değişkenler, özellikler ve koordinatlar olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır. Bunlardan; *değişkenler*; mineral içeriklerini, kirletici miktarlarını, *özellikler*; litolojiyi, mineralojiyi, diğer sınıflayıcıları; *koordinat sistemi* veriye göre 2 veya 3 boyutlu olarak değişimleri içermektedir. 3 boyutlu verilerde ortogonal koordinatlar (X, Y, Z) yer alır.

Aşağıda verilen basamaklar bu çalışmada kabul edilen veri akım şemasıdır. Burada kullanılan verilerin saha çalışmasından analiz aşamasına ve verilerin dijitalize edilmesine kadar bütün aşamalarda öncelik, doğru veri üretilmesi, doğru analiz secimi, kontrollü analiz edilmesi ve verilerin kullanılabilir olmasıdır.

- a) Dijital veritabanı oluşturulması
- b) Analiz bilgilerinin girilmesi
- c) Topoğrafik ve diğer haritaların girilmesi
- d) Jeolojik kesit
- e) Jeolojik model (katı model)
- f) Blok model
- g) Mineral kaynak ve rezerv hesaplama

5.2.2 Micromine Programı Kullanılarak Ordinary Kriging Yöntemi ile Alansal Dağılım Haritası Yapılması

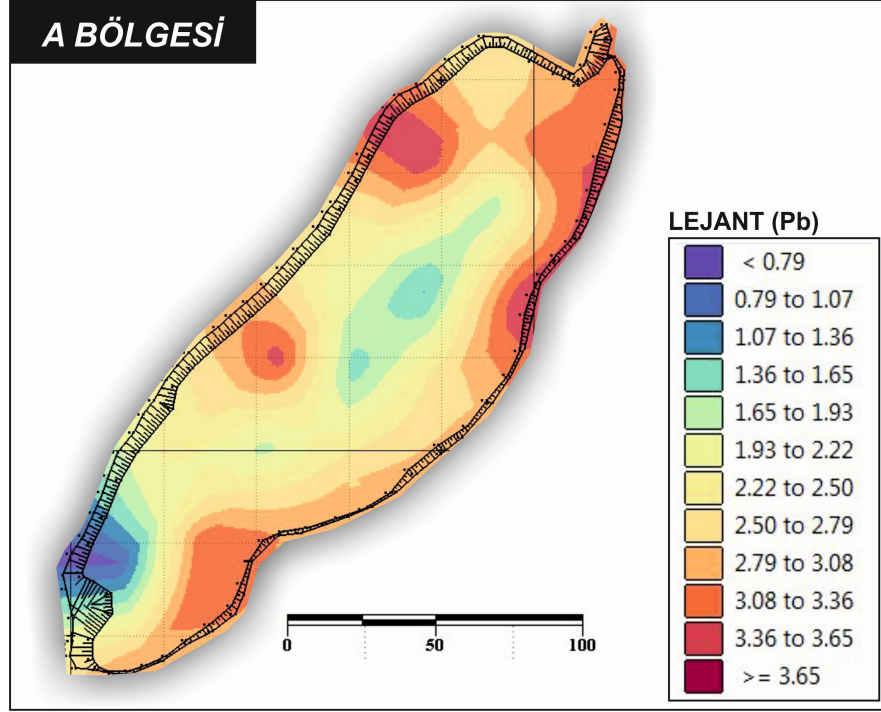
Kimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler, Micromine programı ile “Empirical Bayesian Kriging” metod kullanılarak 41 elementin alansal dağılım haritaları yapılmıştır. Kullanılan kriging tekniği, diğer tahmin tekniklerine göre daha

tarafsız ve objektif sonuçlar vermektedir. Buna ek olarak, tahmine dayalı standart sapmanın minimum varyanslı hesaplanmasını yapmaktır (Deutsch ve Journel 1992, Abteu vd., 1993, Başkan 2004). Kriging metodunun en önemli özelliği, çok fazla verinin birbiriyle olan korelasyonunun tahmin edilen bir nokta veya alan için bir varyans değerini hesaplayabilmesidir (Başkan, 2004). Kriging yönteminin diğer bir avantajı, Tercan ve Saraç 1998'e göre Kriging varyansı aracılığı ile kestirim hatasının büyüklüğünü değerlendirecek veri sunabilmesidir. Başkan (2004)'e göre, kesin değerler arasındaki varyans ile bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri arasındaki ilişkide ölçülmeyen nokta veya alan için tahmin edilen değerin daha küçük olması, güvenilir olduğunu göstermektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan Kriging yöntemleri aşağıdaki gibidir (Yiğit, 2003):

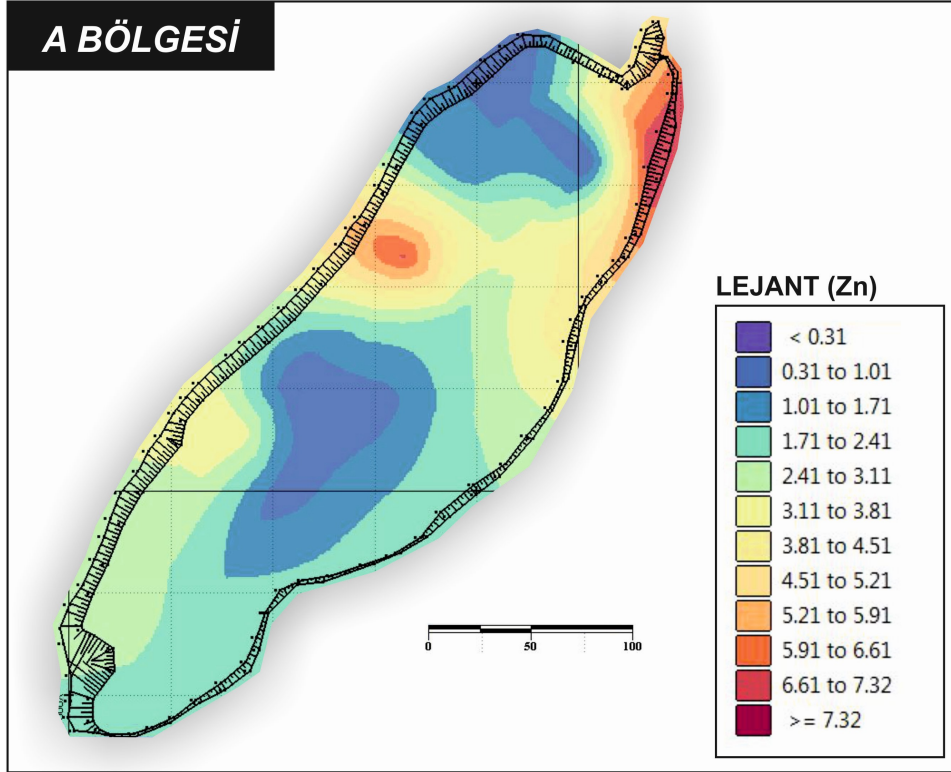
- Simple Kriging
- Ordinary Kriging
- Universal Kriging 20
- Disjunctive Kriging
- Cokriging

Bu yöntemlerden, Ordinary Kriging yönteminin ilk aşaması, enterpole edilecek noktalar kümesinden variogram oluşturmaktır. İkinci aşamada ise deneysel variogramdaki trendi modelleyen teorik variogram bulunur. Ordinary Kriging yöntemi veriler üzerinde yapılan çalışmada bilinmeyen değerlerin hesaplanmasında ortalamanın sabit olduğu varsayımına göre gerçekleştirilmektedir (Şekil 5.42-5.65)

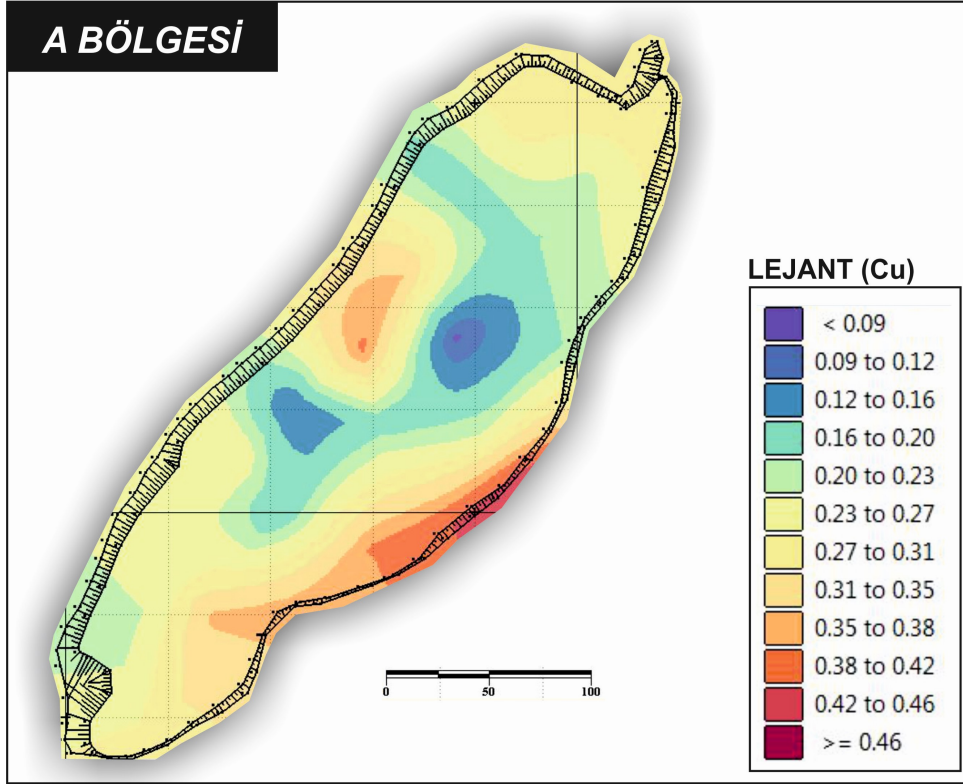
Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre bordo renkli alan anomali olarak daha yüksektir. Mavi renkli alana gidildikçe anomali düşmektedir. Sarı renkli alan ise o element için geçiş alanını göstermektedir.



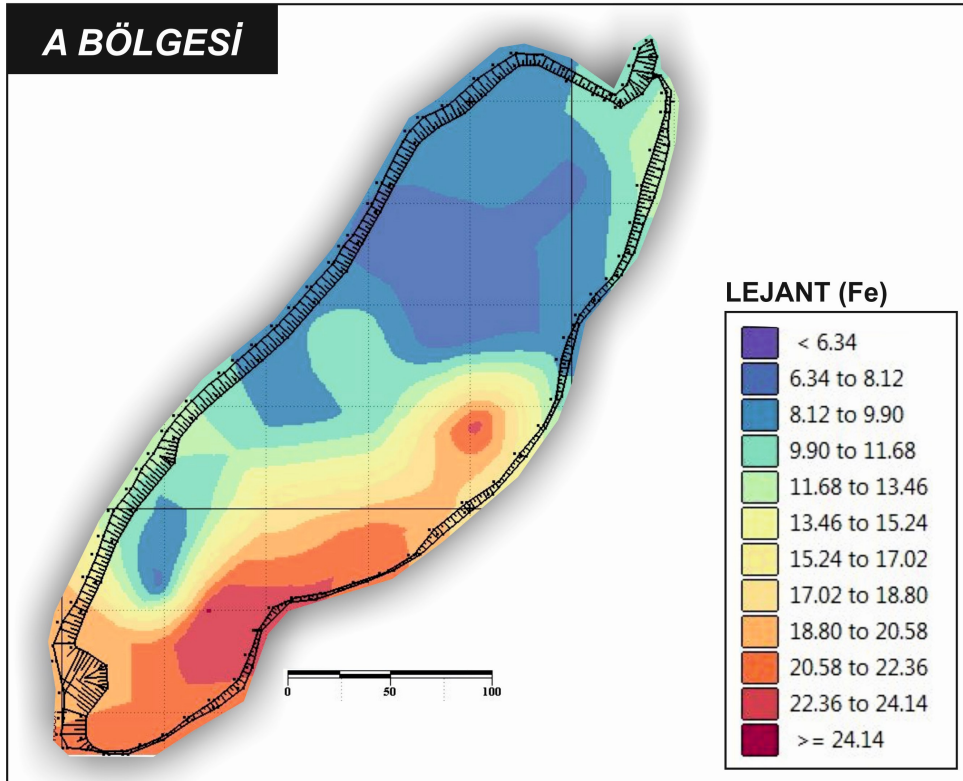
Şekil 5. 42: A Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası



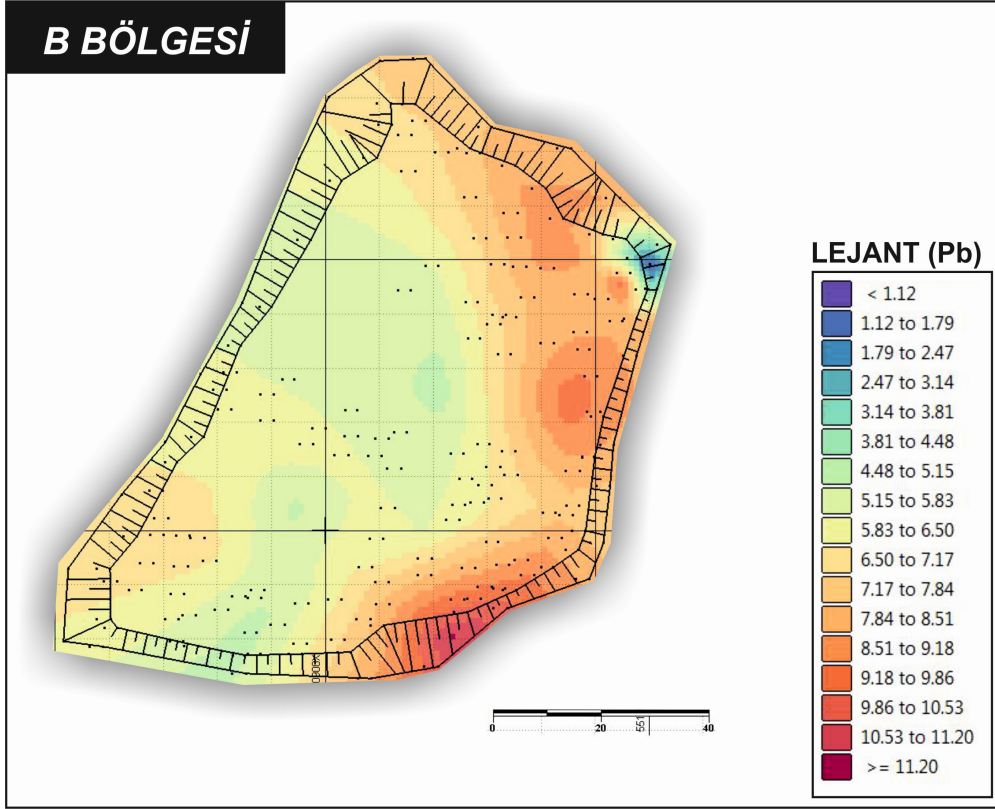
Şekil 5. 43: A Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası



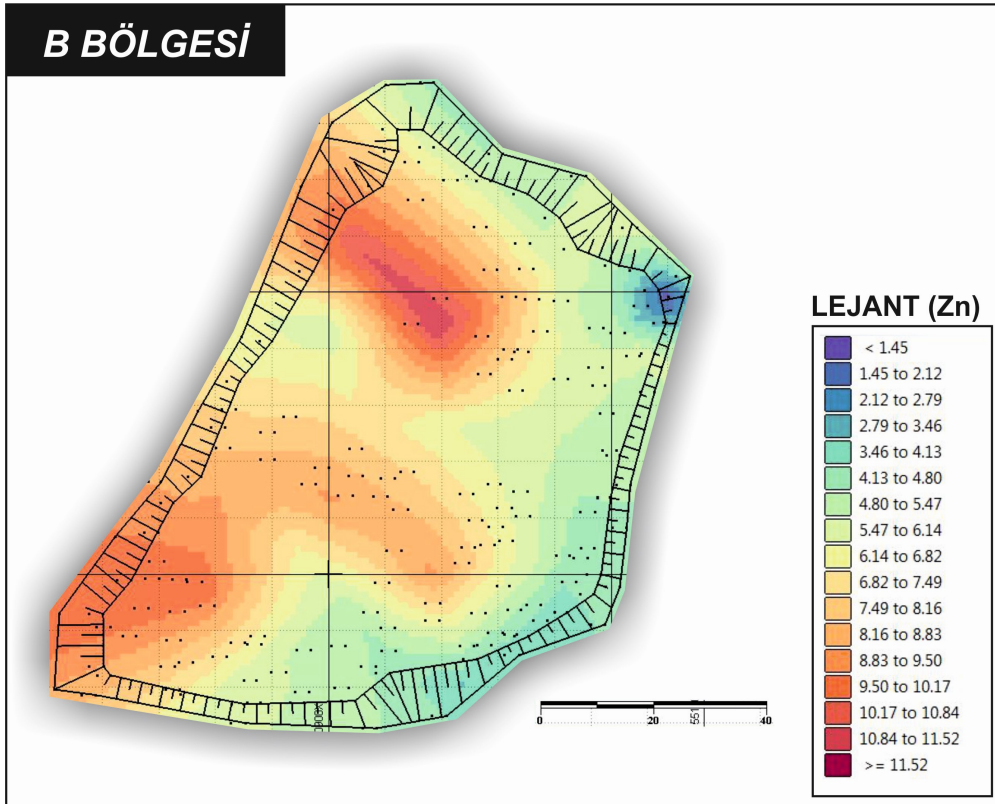
Şekil 5. 44: A Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası



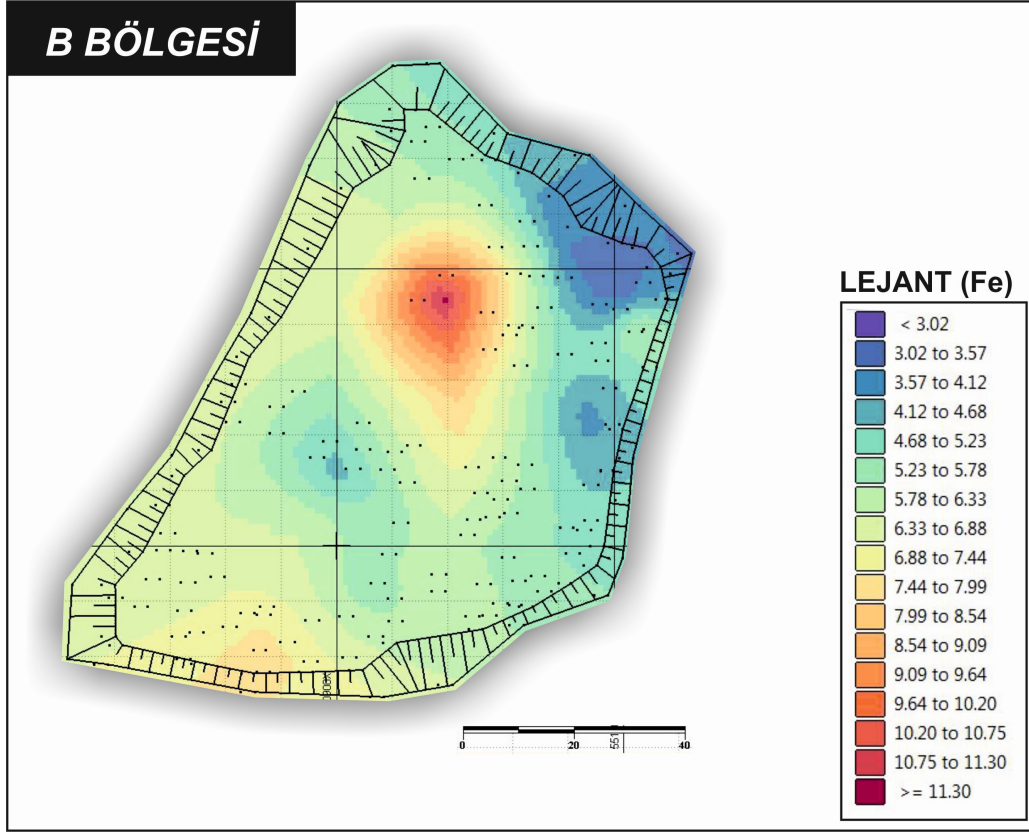
Şekil 5. 45: A Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası



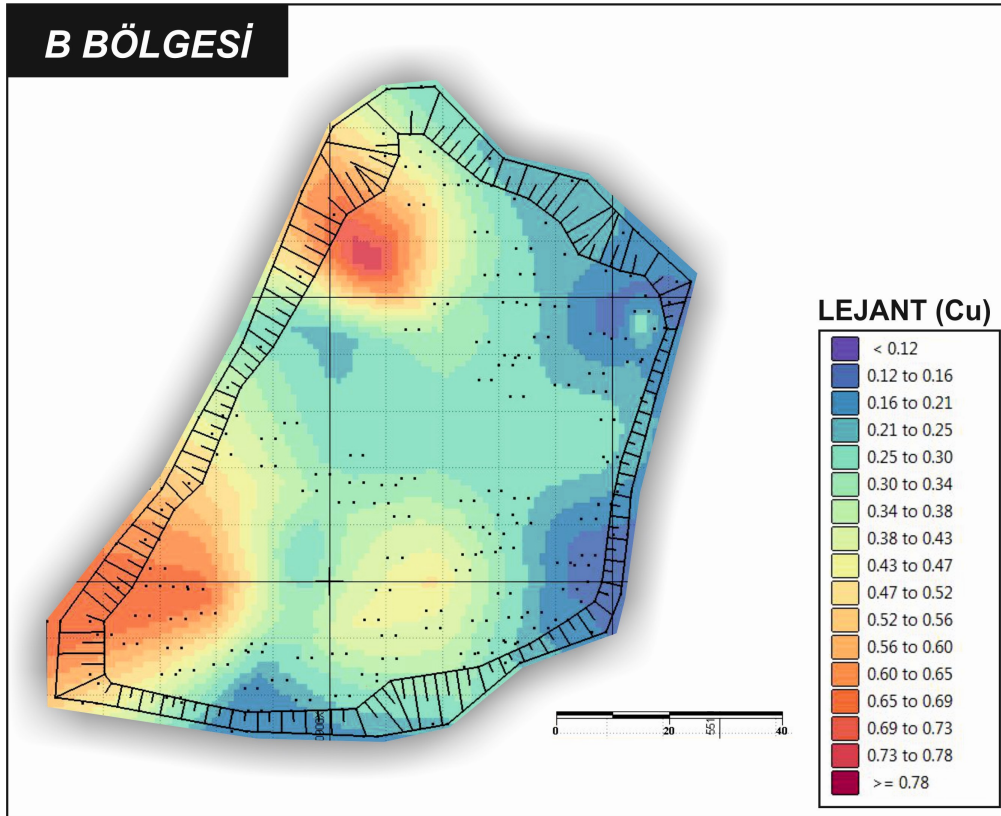
Şekil 5. 46: B Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası



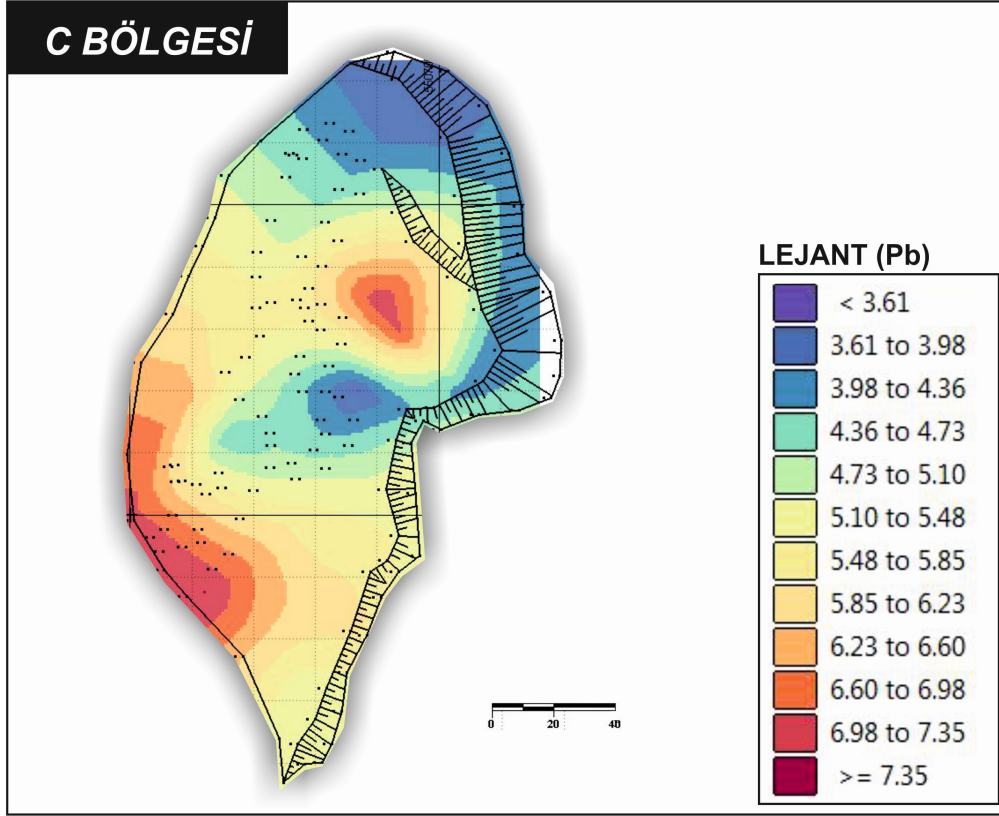
Şekil 5. 47: B Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası



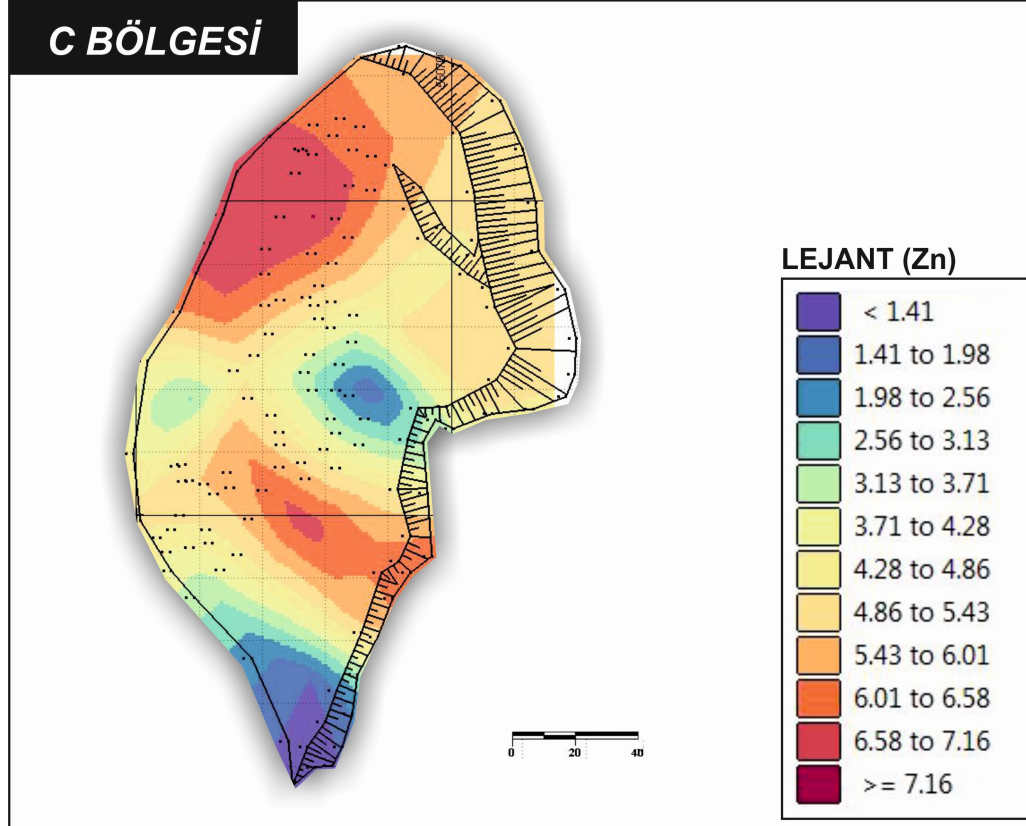
Şekil 5. 48: B Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası



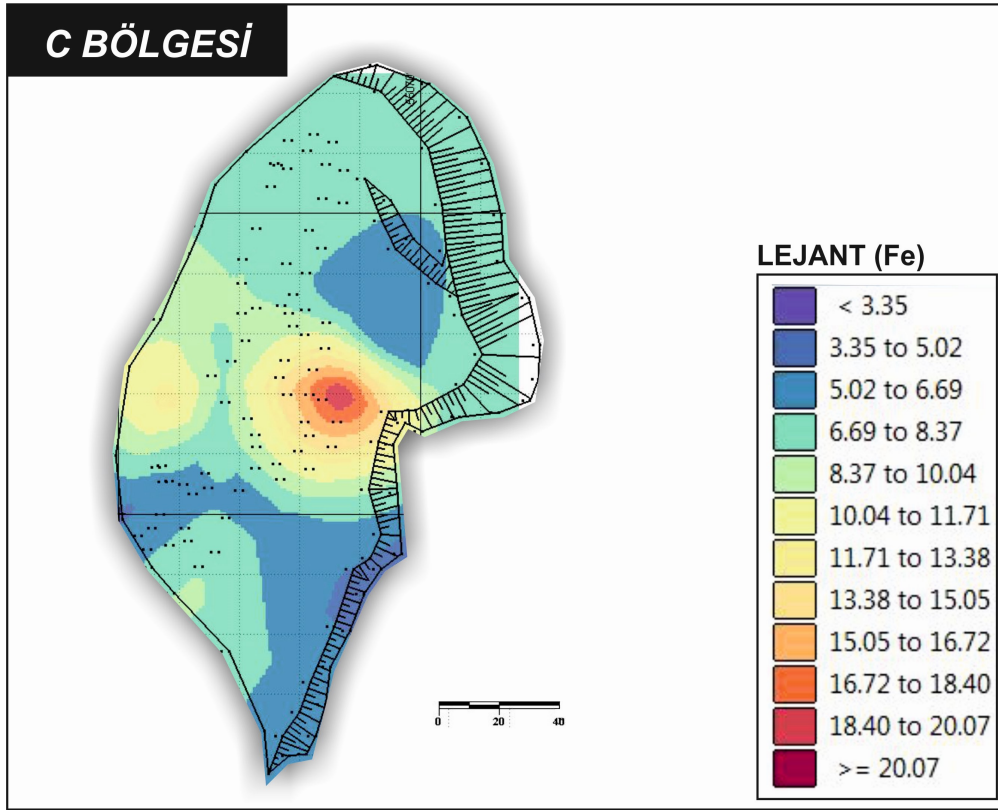
Şekil 5. 49: B Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası



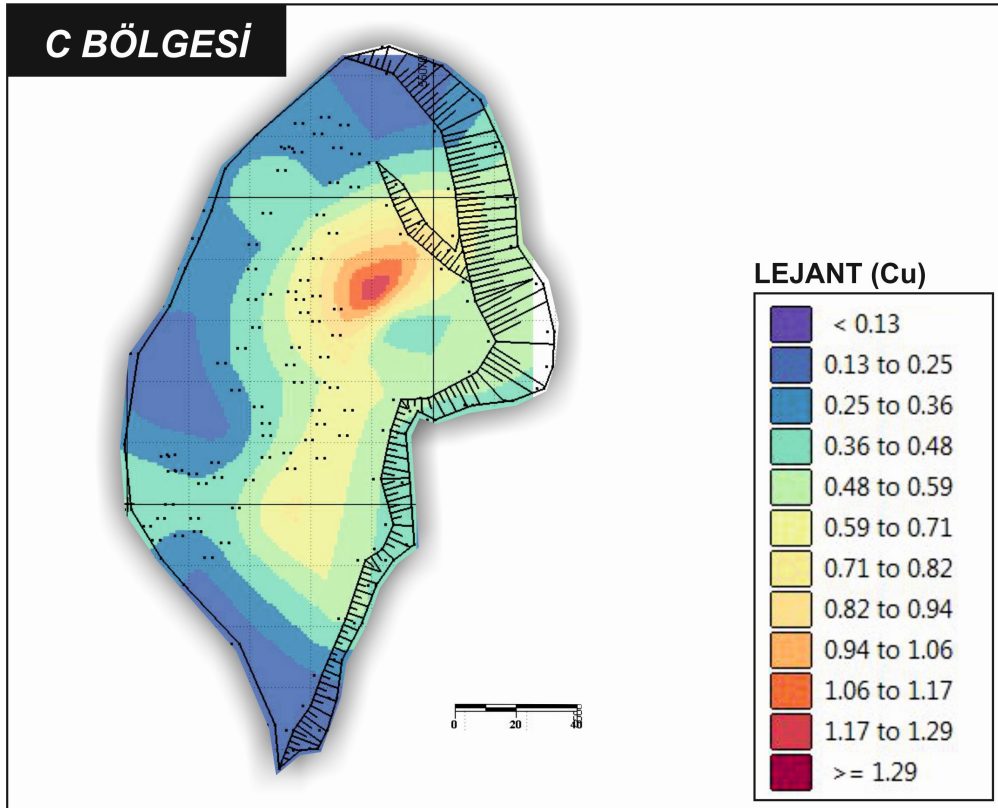
Şekil 5. 50: C Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası



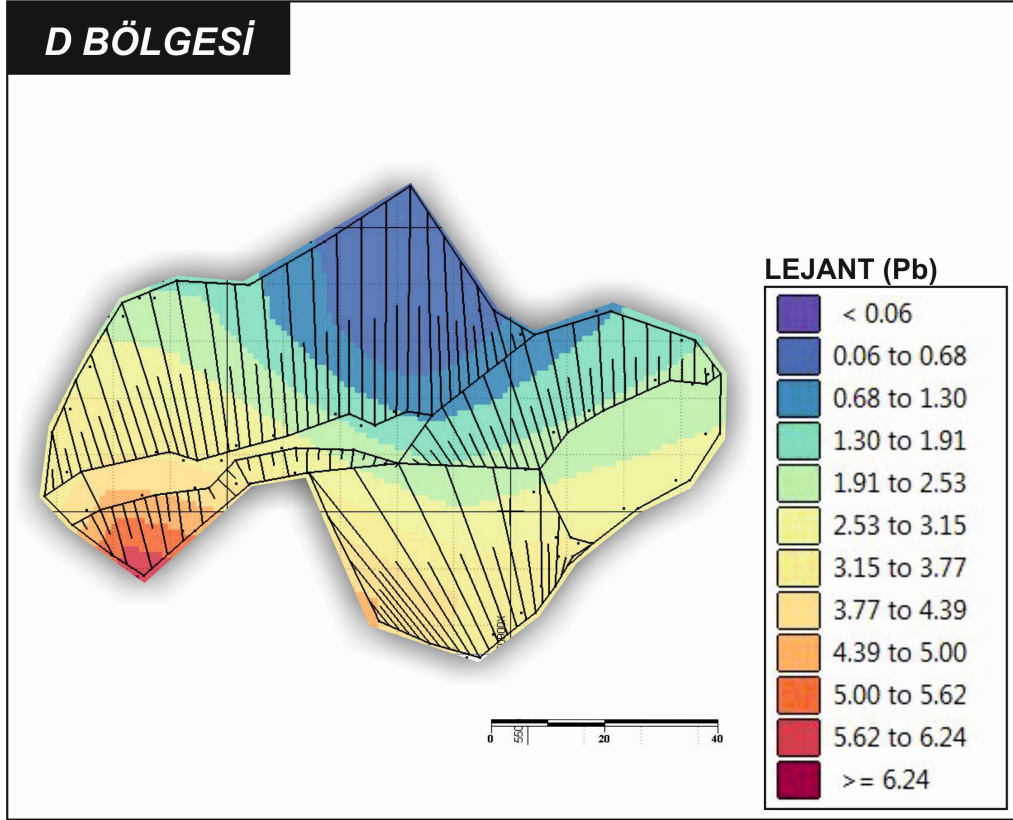
Şekil 5. 51: C Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası



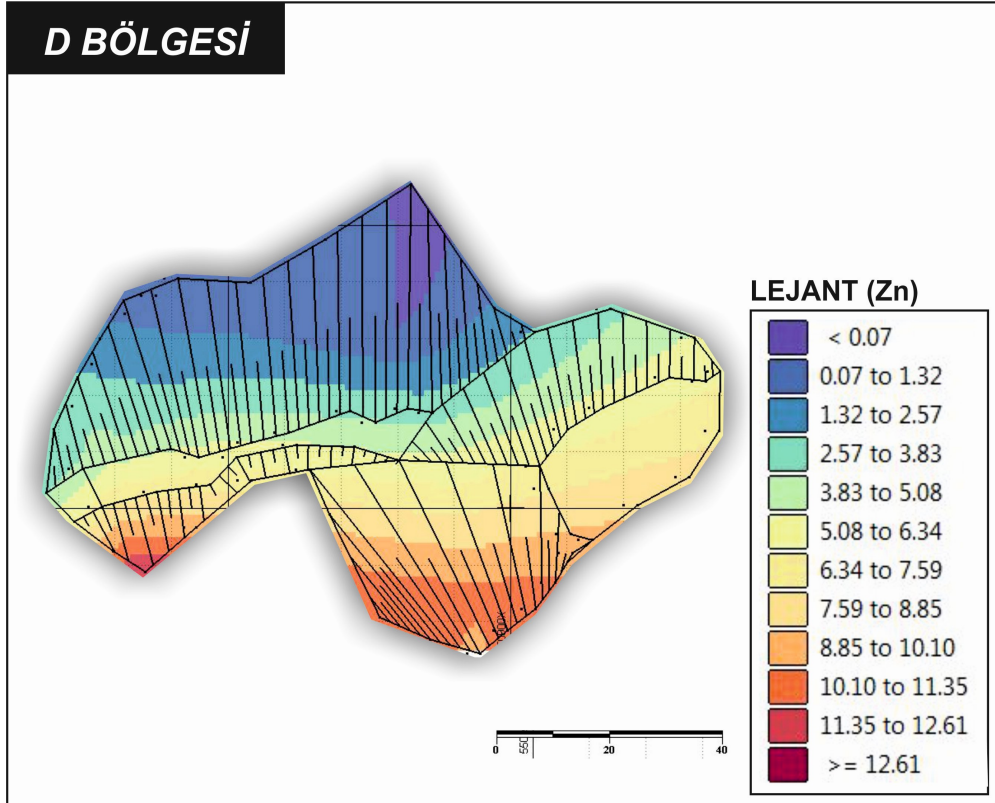
Şekil 5. 52: C Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası



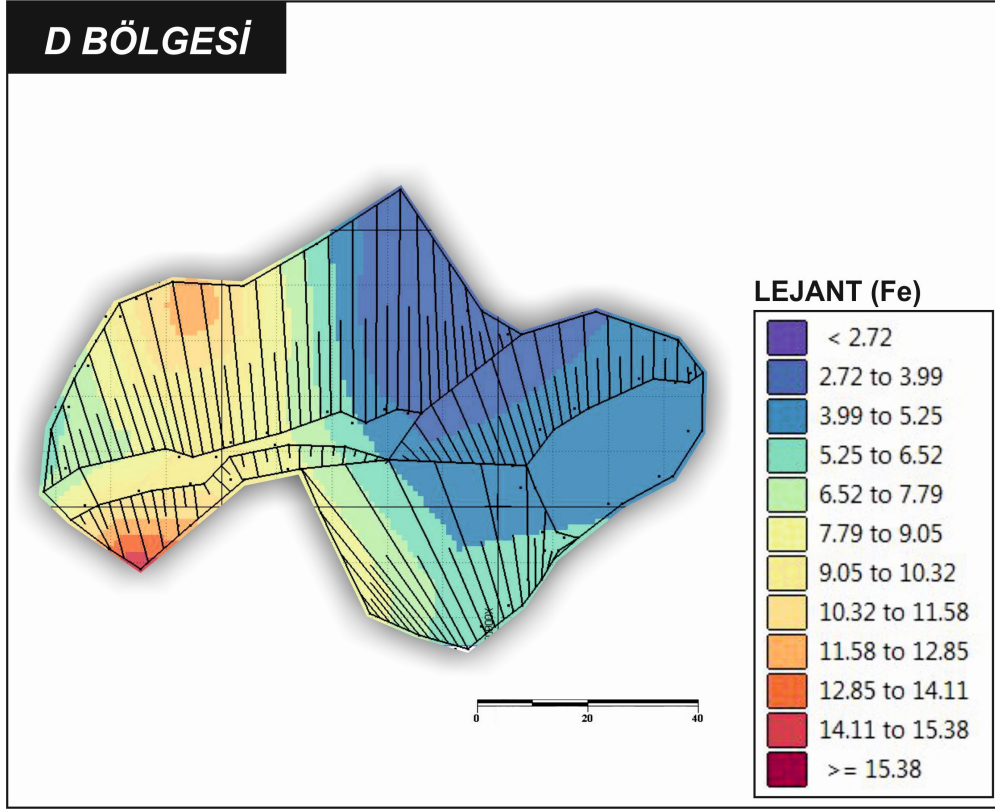
Şekil 5. 53: C Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası



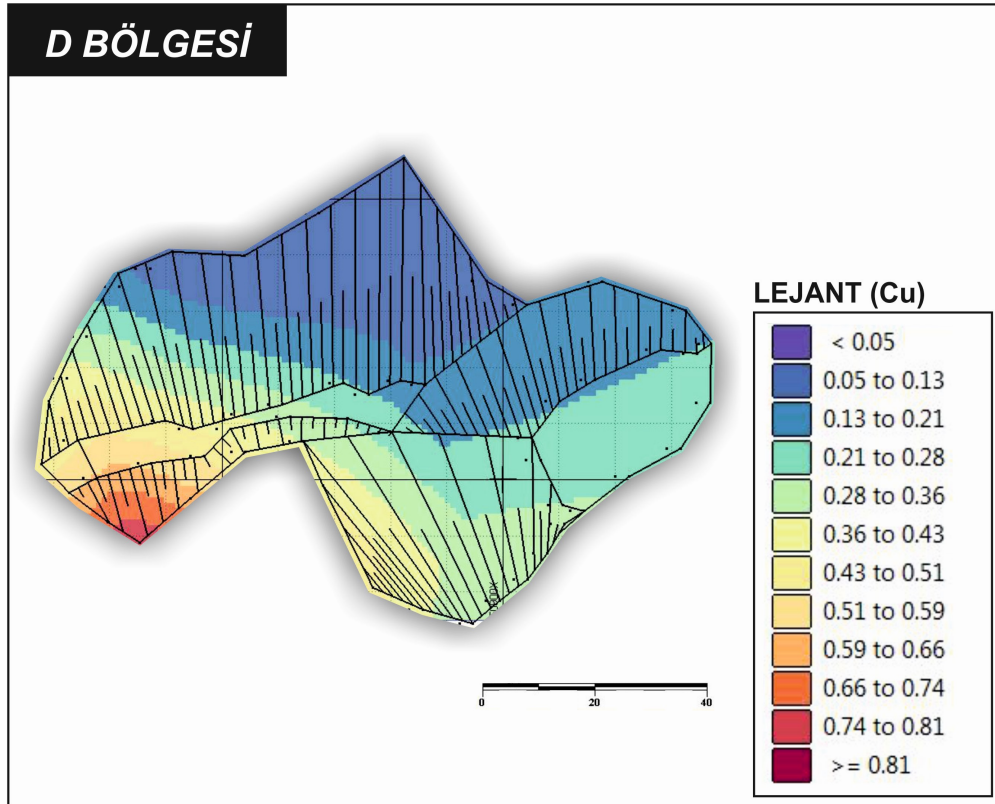
Şekil 5. 54: D Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası



Şekil 5. 55: D Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası

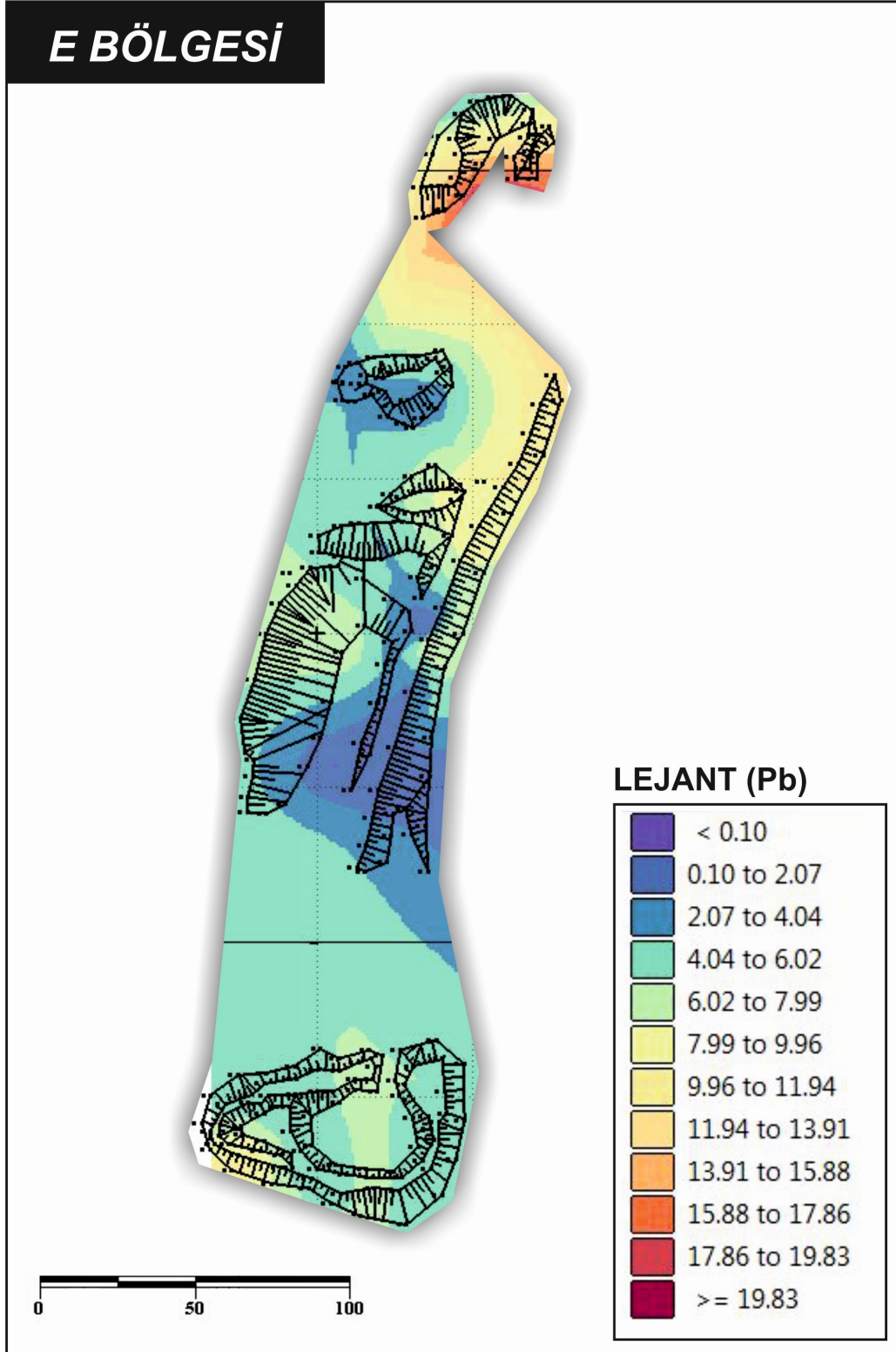


Şekil 5. 56: D Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası



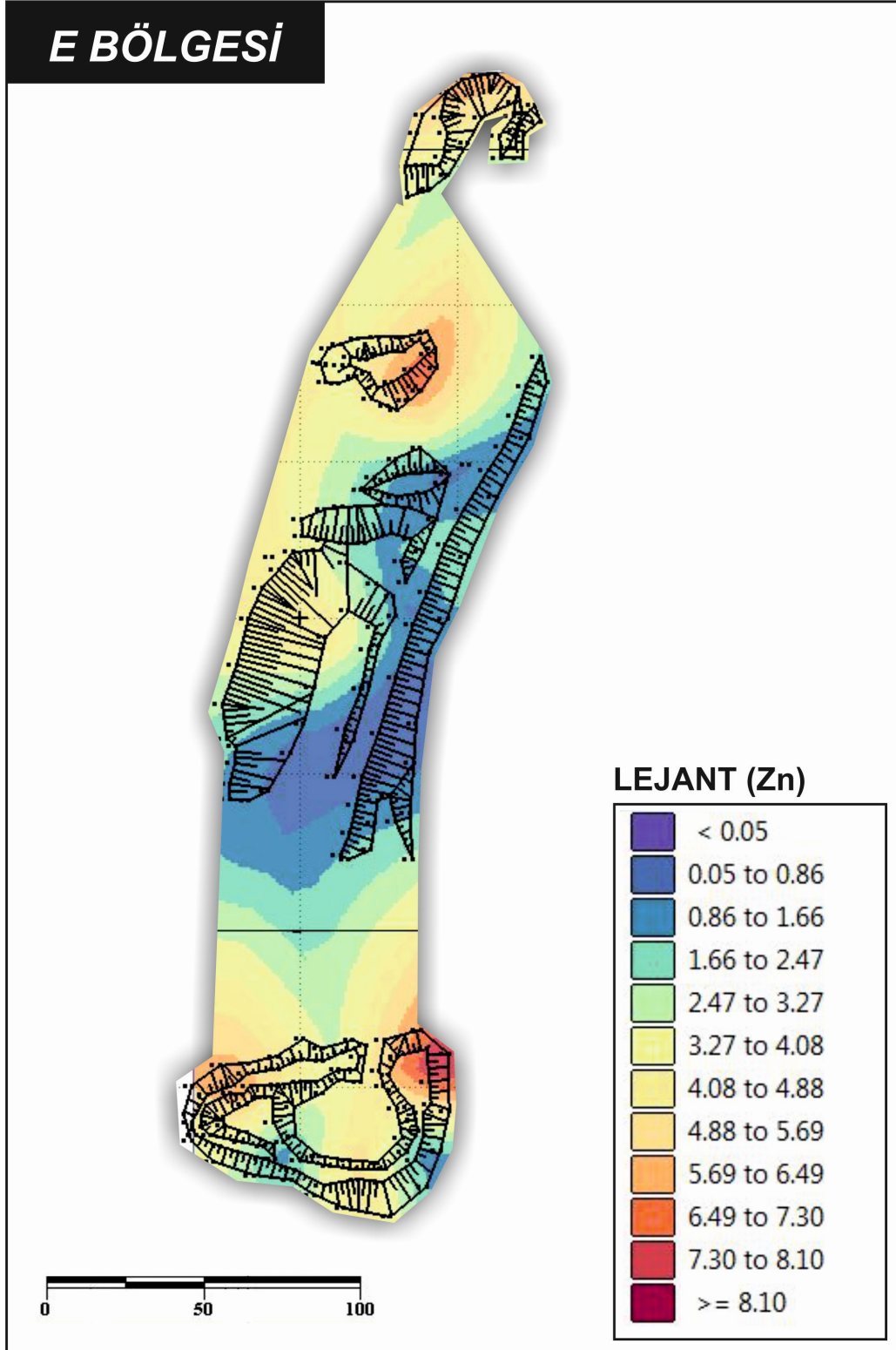
Şekil 5. 57: D Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası

E BÖLGESİ



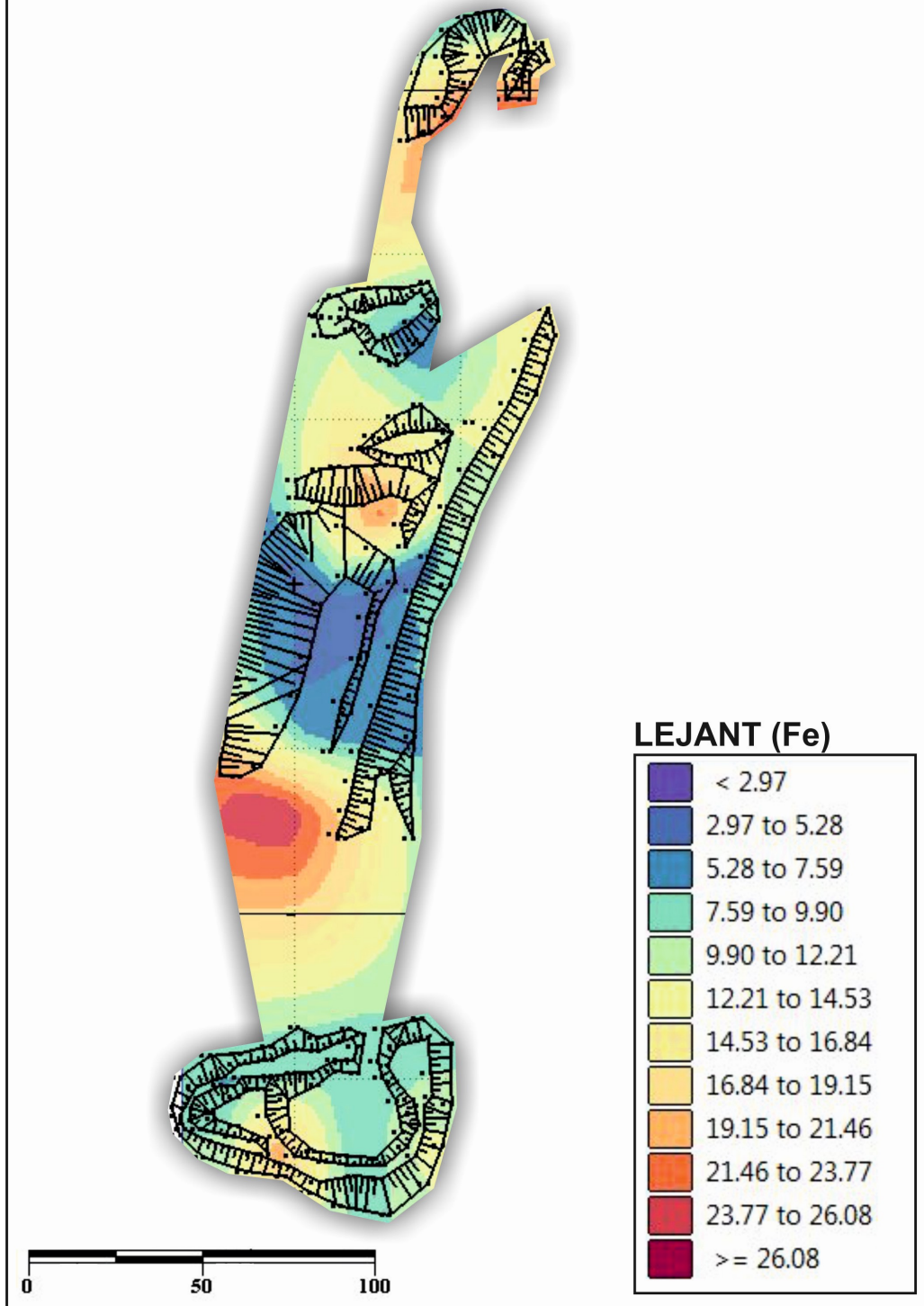
Şekil 5. 58: E Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası

E BÖLGESİ



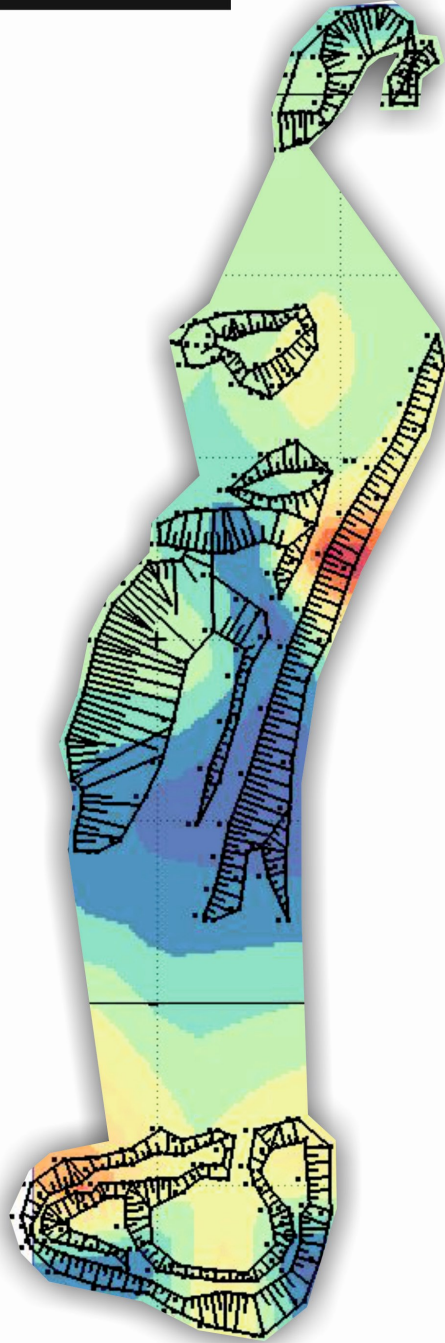
Şekil 5. 59: E Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası

E BÖLGESİ















Şekil 5. 60: E Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası

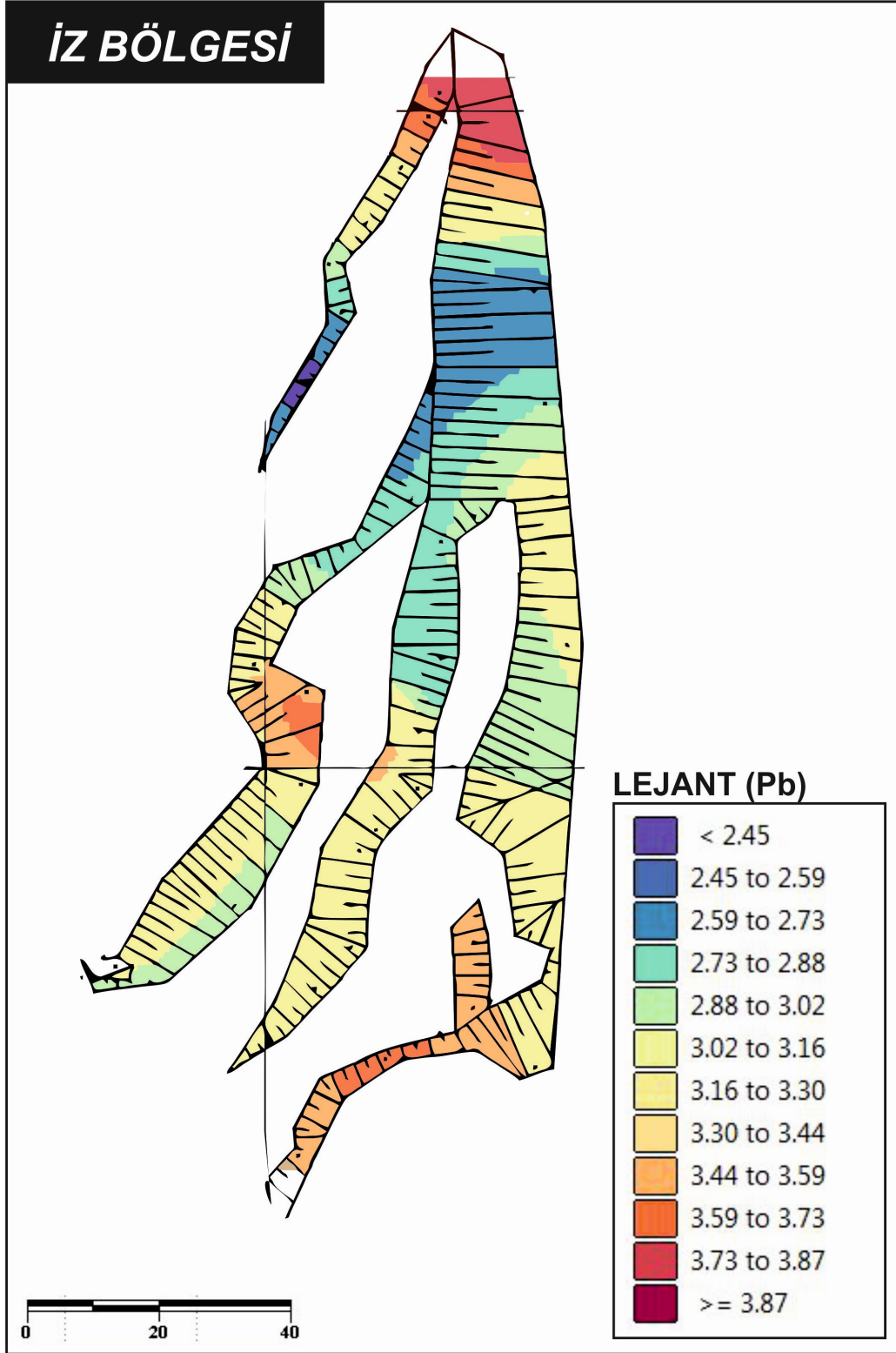
E BÖLGESİ



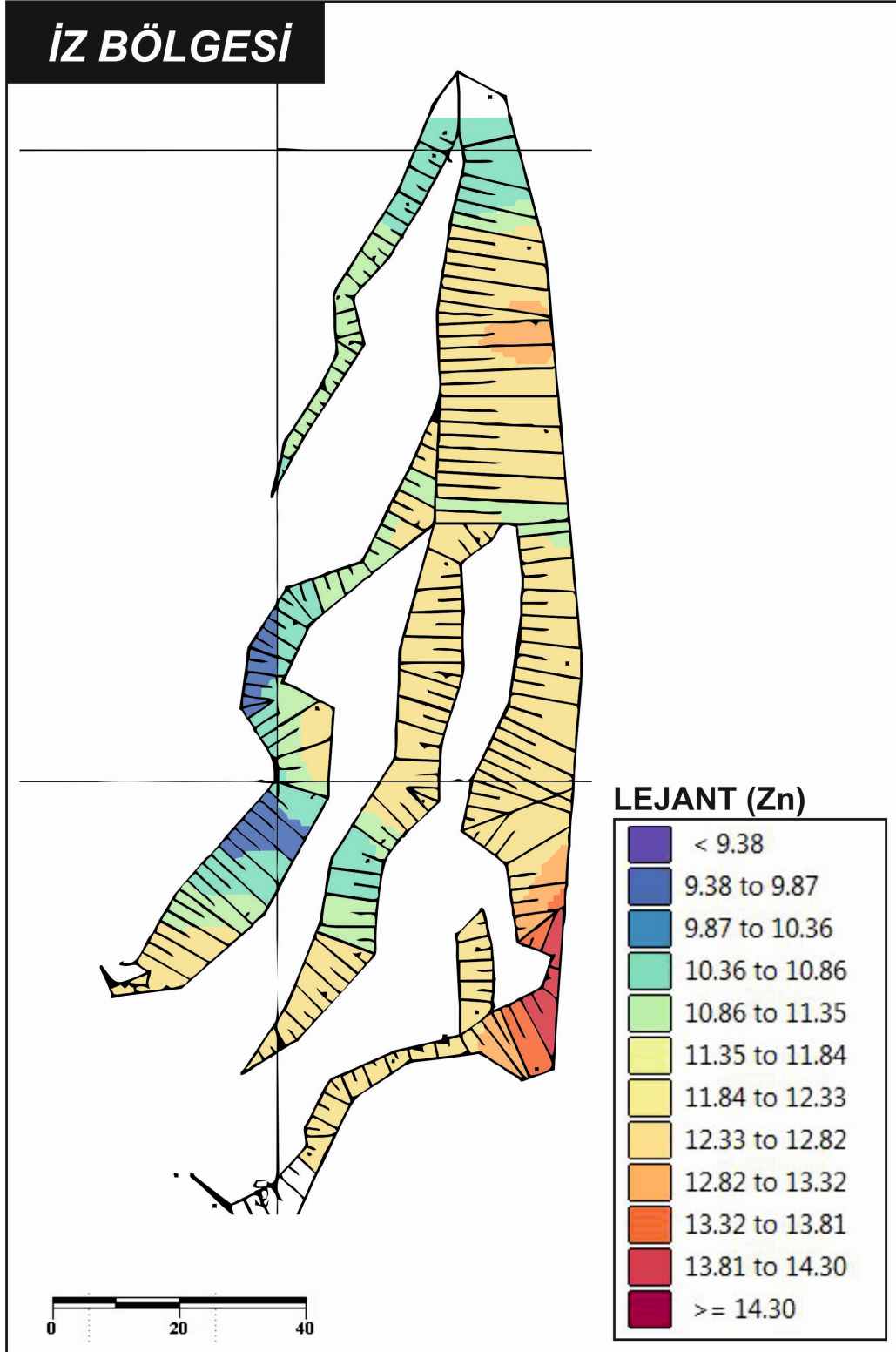
LEJANT (Cu)

	< 0.03
	0.03 to 0.10
	0.10 to 0.17
	0.17 to 0.24
	0.24 to 0.31
	0.31 to 0.38
	0.38 to 0.45
	0.45 to 0.52
	0.52 to 0.59
	0.59 to 0.66
	0.66 to 0.73
	≥ 0.73

Şekil 5. 61: E Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası

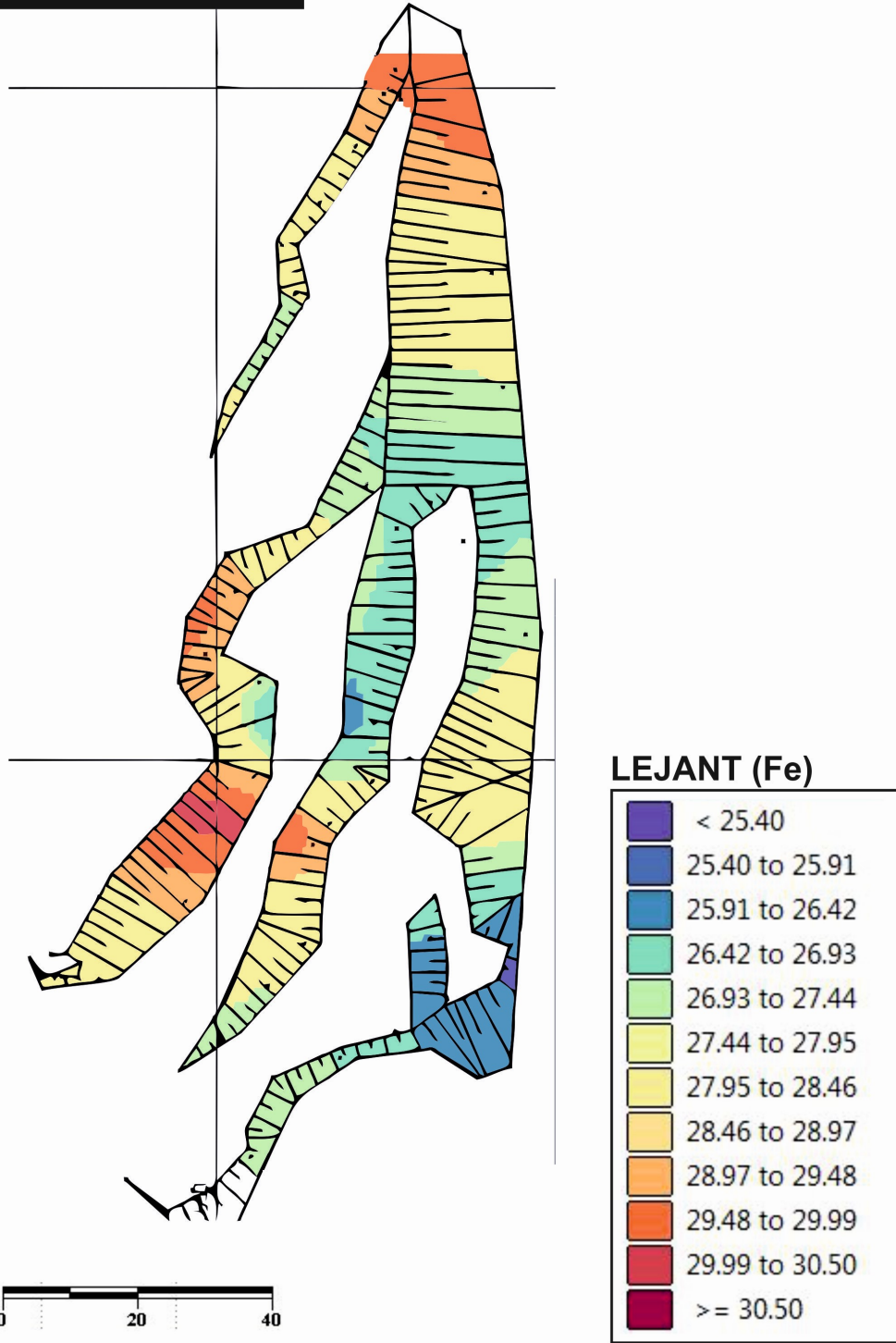


Şekil 5. 62: İZ Bölgesi flotasyon atığındaki Pb elementinin alansal dağılım haritası



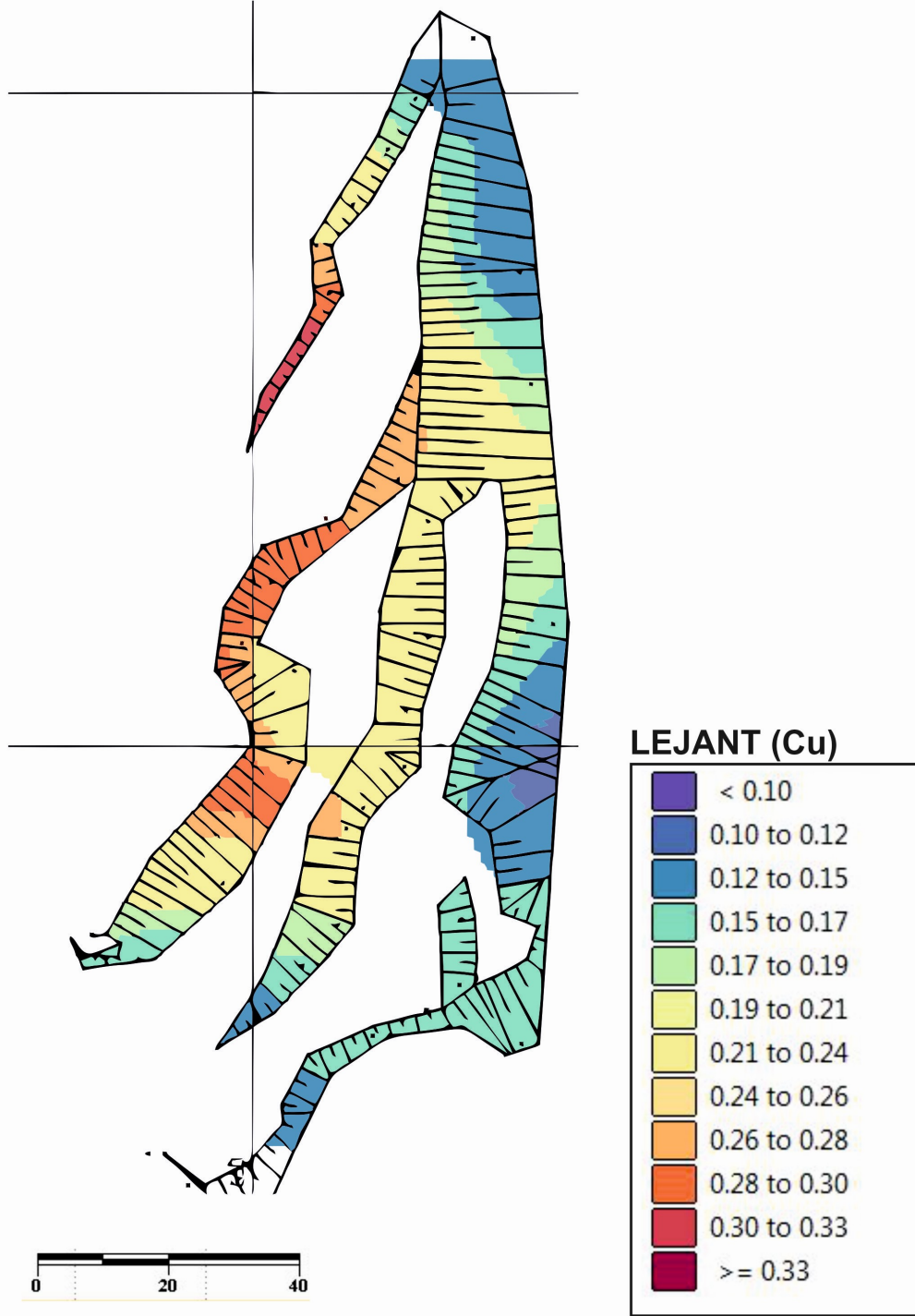
Şekil 5. 63: İZ Bölgesi flotasyon atığındaki Zn elementinin alansal dağılım haritası

İZ BÖLGESİ



Şekil 5. 64: İZ Bölgesi flotasyon atığındaki Fe elementinin alansal dağılım haritası

İZ BÖLGESİ



Şekil 5. 65: İZ Bölgesi flotasyon atığındaki Cu elementinin alansal dağılım haritası

Şekil 5.42 - 5. 45 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre bordo renkli alan anomali olarak daha yüksektir. Mavi renkli alana gidildikçe anomali düşmektedir. Sarı renkli alan ise o element için geçiş alanını göstermektedir. Bu yorumlamalara göre bakıldığında bordro renkli alan yani A bölgesi Pb elementi alansal olarak Kuzey Doğu-Doğu-Kuzey Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Zn elementi alansal olarak Kuzey Doğu-Doğu -Güney Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Cu elementi alansal olarak Güney Doğu bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Fe elementi alansal olarak Güney-Güney Doğu bölgesinde yüksek anomali vermektedir.

Şekil 5.46 - 5. 49 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre B bölgesi; Pb elementi alansal olarak Kuzey Doğu-Doğu-Kuzey Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Zn elementi alansal olarak Kuzey Batı-Batı-Güney Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Cu elementi alansal olarak Kuzey ve Güney Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Fe elementi alansal olarak orta kısımlarda yüksek anomali vermektedir.

Şekil 5.50 - 5. 53 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre C bölgesi; Pb elementi alansal olarak Güney Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Zn elementi alansal olarak Kuzey-Güney Doğu bölgesinde yüksek anomali vermektedir. Cu elementi alansal olarak orta kısımlarda yüksek anomali vermektedir. Fe elementi alansal olarak orta kısımlarda yüksek anomali vermektedir.

Şekil 5.54 - 5. 57 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre D bölgesi; Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinde alansal olarak Güney-Güney Batı bölgesinde yüksek anomali vermektedir.

Şekil 5.58 - 5. 61 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre E bölgesi; Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinde alansal olarak dağınık anomali vermektedir.

Şekil 5.62 - 5. 65 arsaında görülen Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinin alansal dağılım haritasına göre E bölgesi; Pb-Zn-Cu-Fe elementlerinde alansal olarak Batı kısmında yüksek anomali vermektedir.

5.2.3 Histogram

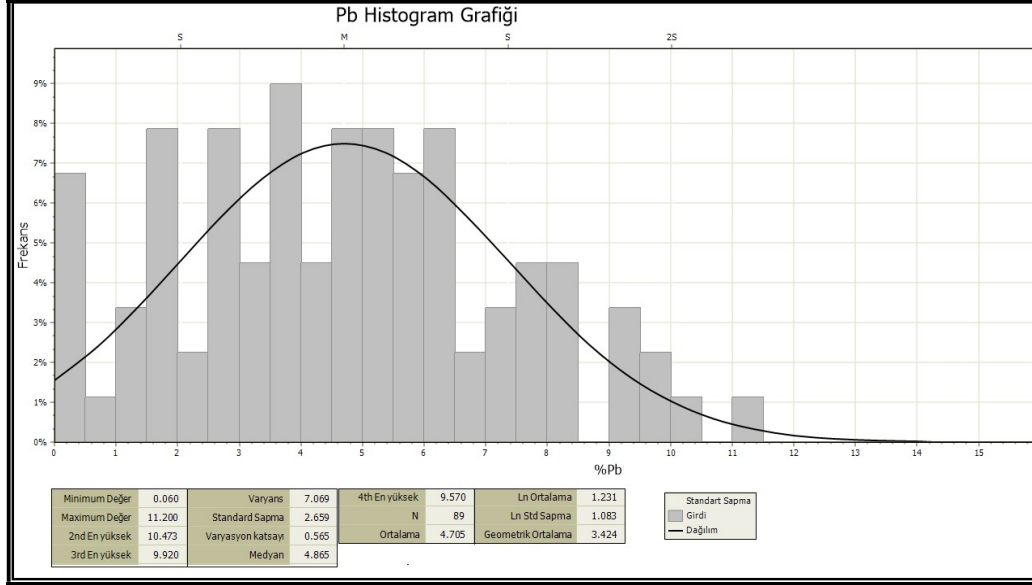
Çok fazla verinin (analiz) dağılımını yeniden düzenleyerek, dağılımını, sayı kümelerini ve orta noktasını gösteren grafiklere histogram denir. Veriler, istenilen aralıklara bölünür ve her bir aralığa düşen veri sayısı ya da oranı hesaplanarak sütun grafikler şeklinde gösterilmektedir.

Grafiğin X eksenini verilerde istenilen aralıkların sayısal verisini gösterir. Y Eksenini ise belirli bir aralıktaki veri sayısının toplam veri sayısına oranını gösterir. Buna frekans da diyebiliriz. Her aralıkta frekans değeri olacak diye bir durum yoktur değerlerin olmadığı yerlerde aralıklar boş kalabilir. X ekseninde gösterilmesini istediğimiz yani aralık kısmını kendimiz ayarlayabiliriz. Histogramda grafiğin yoğunlukla oturduğu kısma Ortalama (mean) denir. Bunun bir diğer bulma yöntemi değerler toplamının toplam veri sayısına oranlamaktır. Dağılım değerlerinin ortalamadan sapmasını ölçme yöntemine varyans denir. Veriler küçükten büyüğe sıraya dizildiğinde veri dizisinin ortasında kalan değere ise “Ortanca (median) değer denir. Bütün verilerin sayısı tek sayı ise ortada kalan sayı alınır, eğer çift sayı ise ortaya düşen 2 sayının ortalaması alınır.

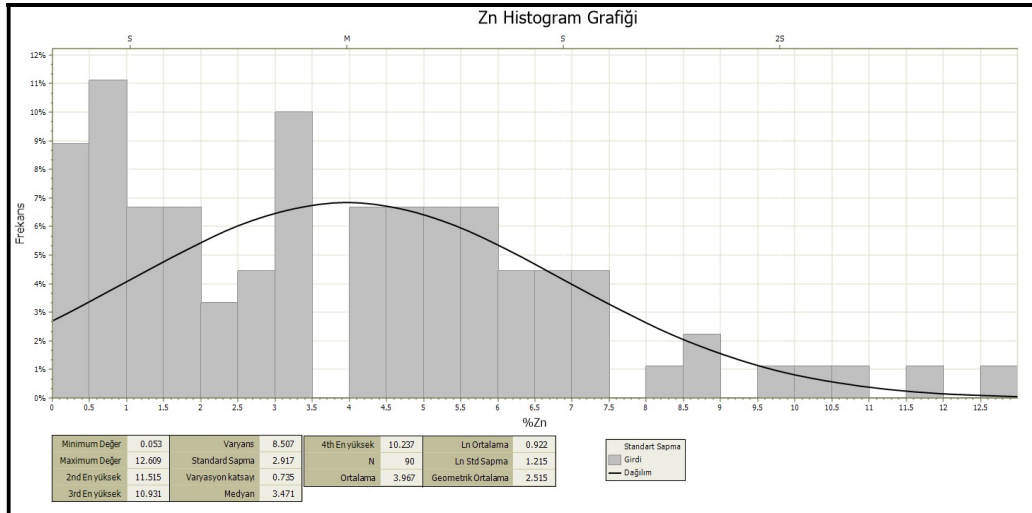
Histogram grafiklerini oluşturmadaki ana amaç, çok fazla olan sayısal verinin dağılımını, ortanca sayısını ve ortalama değerini almaktır. Burada dikkat edilmesi gereken veri topluluğunun histogram grafikleri üzerinde dağılımını görmektir. Histogram dağılımları tek bir yükselme eğrisi verirse bu eğrilere normal dağılımlı, eğer birden fazla değer verirse değişken dağılımlı histogramları oluşturur. Değişken dağılımlı histogramlarda çalışmak için her bir pik noktasının veri alanı alanarak farklı kompazitlemeler yapılmalıdır.

Yapılan çalışmada elde edilen histogram grafiklerine bakıldığında zaman hepsinde normal bir dağılım görülmektedir (Şekil 5.66-5.73). Normal dağılım eğrisi, ölçme sonuçlarının orta noktalarında yoğunlaştığı, uç noktalarda seyrekleştiği bir dağılım şeklini ifade etmektedir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemenin bir diğer yolu ortalama, mod ve medyan değerlerine bakmaktır.

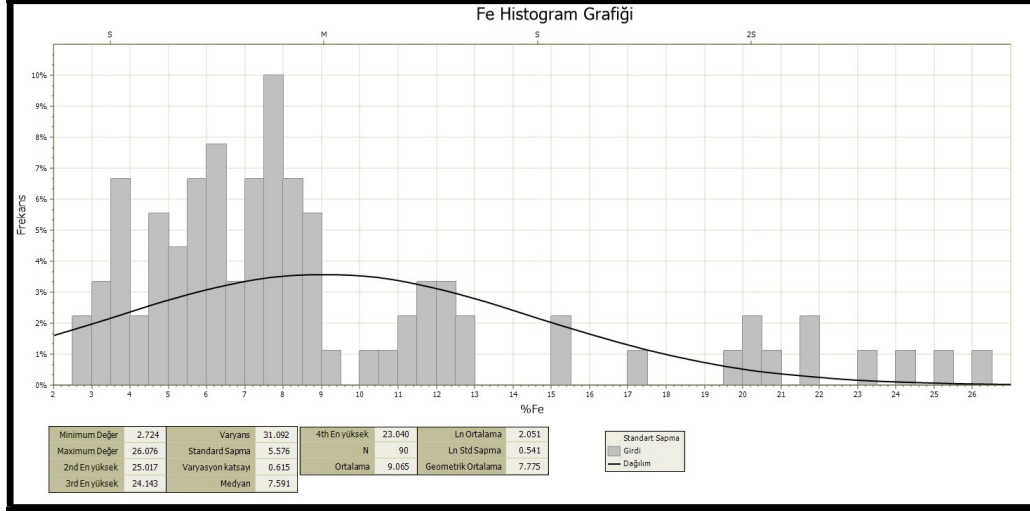
Normal dağılımda bu değerler çakışıkır. Bu istatistikler birbirine yaklaştığı ölçüde dağılım normal dağılıma yaklaşıır. Birbirinden uzaklaştığı ölçüde dağılım çarpıklaşmaktadır. Fakat bu yakınlığın düzeyi ile ilgili belirli bir standart yoktur. Bu sebeple normal dağılım gösteren histogram parametreleri Kriging yönteminde kullanılmıştır.



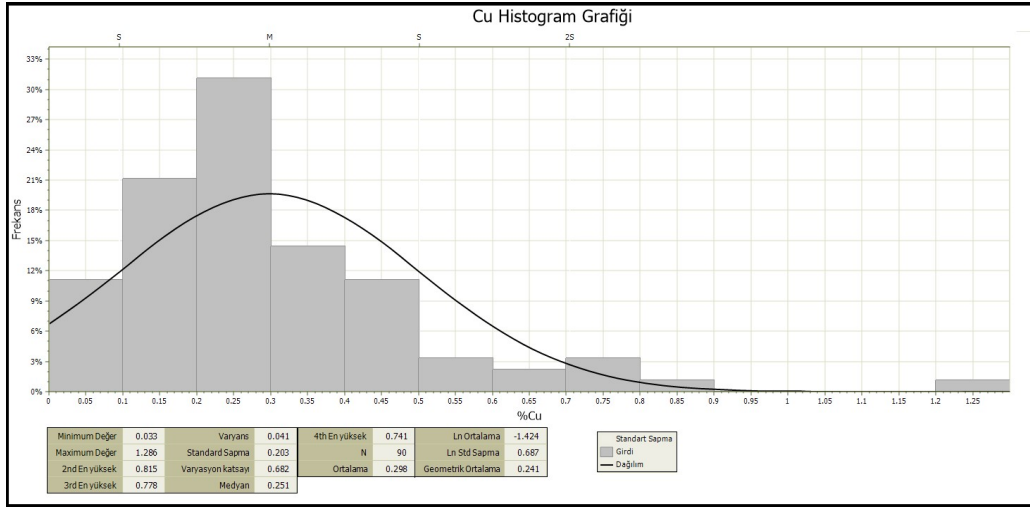
Şekil 5. 66: Flatasyon atık alanlarından alınan numunelerin Pb histogramı.



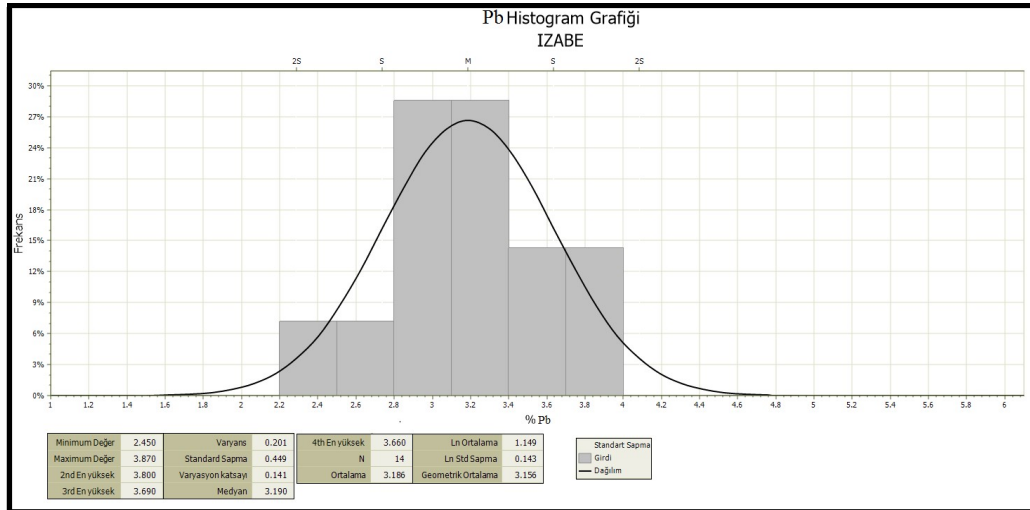
Şekil 5. 67: Flatasyon atık alanlarından alınan numunelerin Zn histogramı.



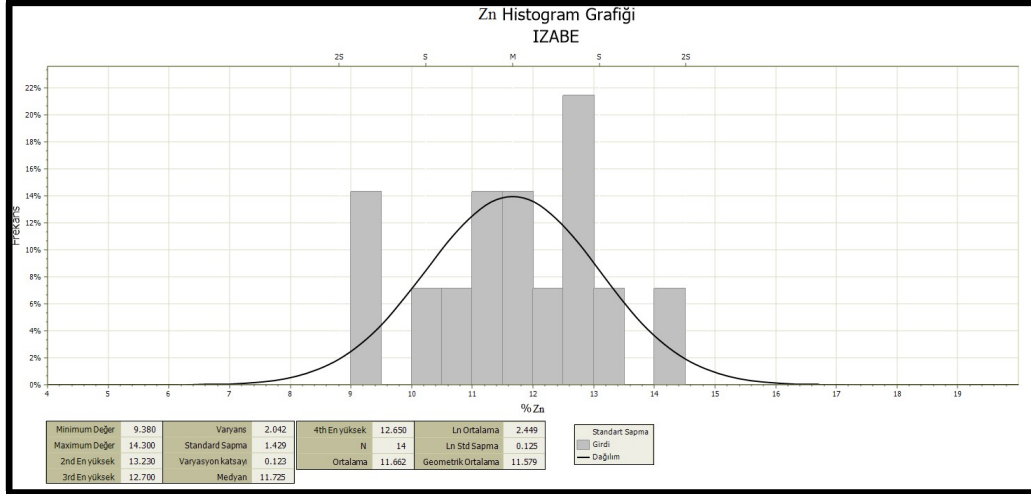
Şekil 5. 68: Flatasyon atık alanlarından alınan numunelerin Fe histogramı.



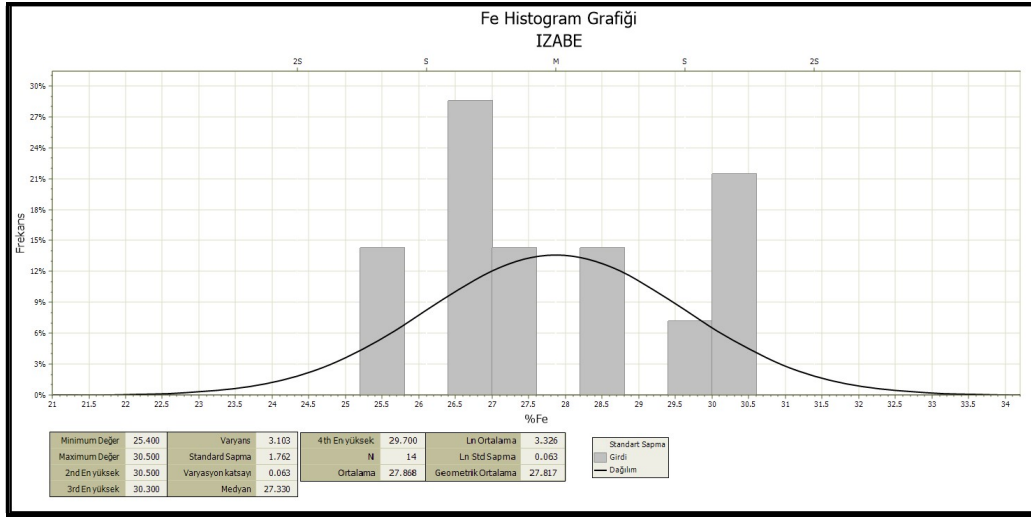
Şekil 5. 69: Flatasyon atık alanlarından alınan numunelerin Cu histogramı.



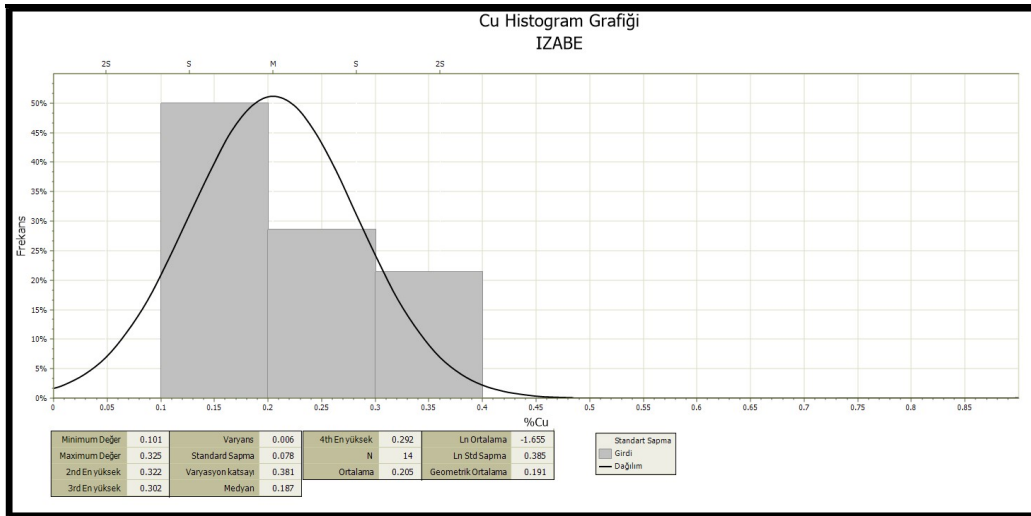
Şekil 5. 70: Izabe atık alanlarından alınan numunelerin Pb histogramı.



Şekil 5. 71: Izabe atık alanlarından alınan numunelerin Zn histogramı.



Şekil 5. 72: Izabe atık alanlarından alınan numunelerin Fe histogramı.



Şekil 5. 73: Izabe atık alanlarından alınan numunelerin Cu histogramı.

5.2.4 Bilgisayar Programı

Çalışma alanındaki jolojik haritaların ve numunelendirme çalışmalarının sayısallaştırması, numune yer tayini, numunler arası koelasyon, rezerv, tenör hesaplamalarında ve modellemelerinde dünyaca bilinen Mikromine programı kullanılmıştır. Bu program 3 boyutlu jeoloji ve maden planlama, tasarlama alanlarında birçok firma tarafından da kullanılmaktadır. Mikromine programı kolay ve pratik ara yüz olmasından ve koordinat sistemiyle çalışmasından, açık işletme, yeraltı üretim operasyonları ve maden arama projeleri için çok yaygın kullanılmaktadır.

Micromine Program 3 boyutlu ara yüzü ile görüntüleme, yüzey modelleme, otomasyon, pit design, blok model, kriging, jeostatistik analiz gibi modülleri içeren bir maden yazılım programıdır. Excell tabanlı çalışan programın geniş bir veri girdi yelpazesinin olması ve matematiksel işlemlerde oldukça esnek olması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu programa excell formatından veri girdisi yapılabilmektedir ve yapılan çizim veya kapalı alanların 2 ve 3 boyutlu koordinatlarını otomatik olarak alabilmektedir ve excell formatına dönüştürebilmektedir.

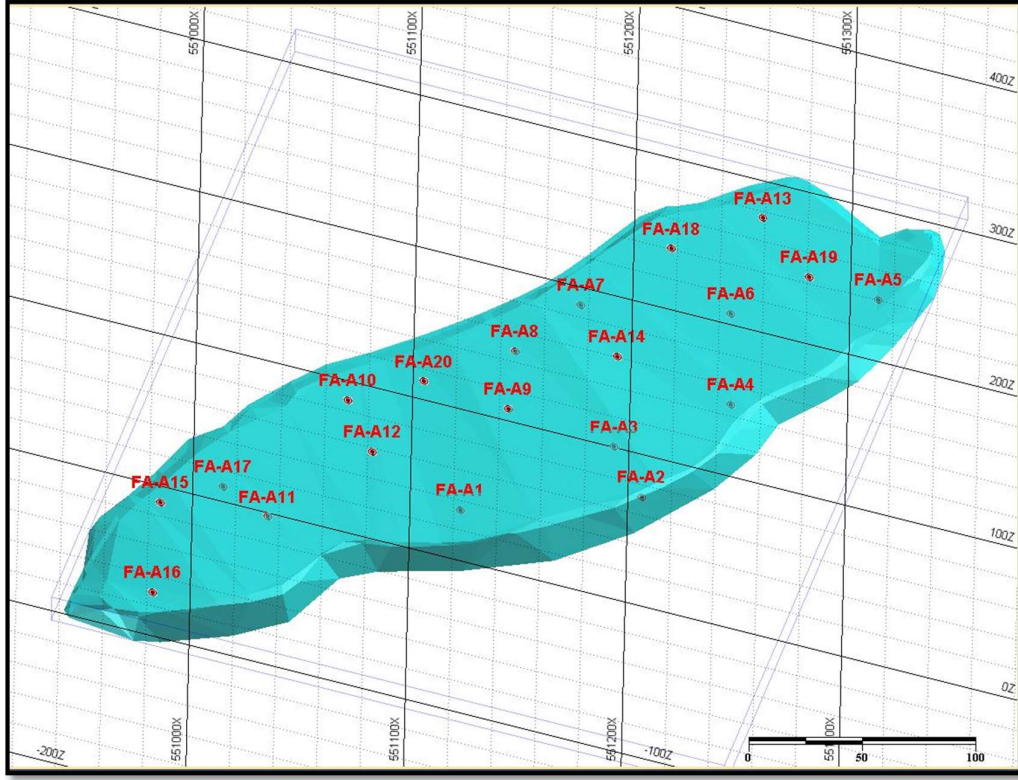
Bu programın seçilmesindeki amaç Fransız şirketinin üretim yaptığı dönemde atılan atıkların yıllar içerisinde taşınması veya yol dolgusu şeklinde alınmasından düzensiz olan yüzey şekillerinin üst noktalarının ölçülmesi, taban noktalarının yüzey, dere, eğim parametreleri hesaplanarak 3 boyutlu kapalı bir alan oluşturmasıdır. Bu alanın hacimsel değerinin içerisine atılan analiz değerleri ve yoğunluklarla ilgili parametreleri kullanarak bu alanın istenilen elementteki kütlesini vermesidir.

5.2.5 Blok Model

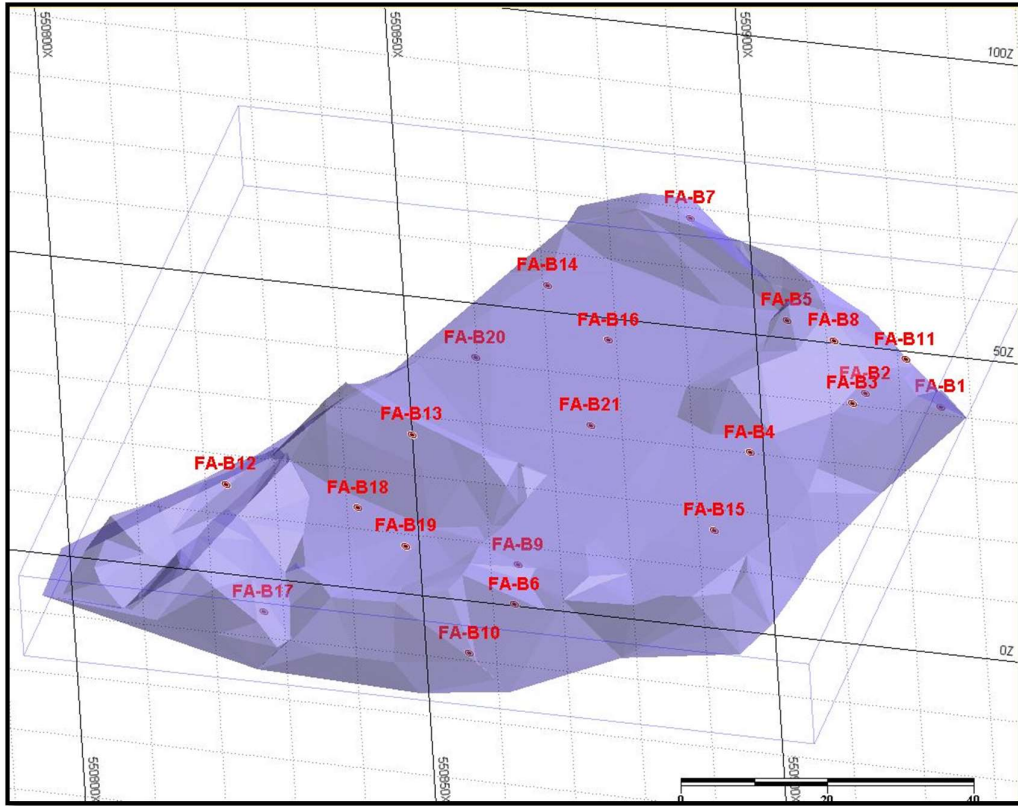
Saha üzerindeki atık alanları GPS ve Leica marka ölçüm cihazı ile X, Y, Z olmak üzere atık çevresi ve yükseklik veren kısımlarının koordinatları alınıp ofis çalışmalarında öncelik olarak kapalı bir alan haline getirilmiştir (katı blok). Oluşturulan katı bloklar içerisinde alınan numune yerleri işlenmiş ve yüzdesel analiz sonuçları işlenmiştir. Blok modelin oluşturulmasında Micromine madencilik yazılım programı kullanılmıştır.

Çalışma alanı birbirinden farklı noktalarda olduğu için 5 flotosyon, 1 izabe şeklinde 6 bölüme ayrılmıştır. Ayrım sonrasında herbir atık bloğunun kapladığı alan 3 boyutlu olacak şekilde katı blok haline getirilmiştir. Yapılan jeostatiksel analizler doğrultusunda cevher dağılımı ve oluşacak blok parametreleri X, Y, Z yönlerinde 1x1x1 m olarak belirlenmiştir. Poligon alanındaki topoğrafyadaki numuneler arası mesafe kapalı kafeslerin şekillerinin düzensiz olmasından sabit aralıklar ile olmadığından X ve Y yönünde güvenilir varyansını yansıtacağı için 1 m alınması düşünülmüştür (düşük aralık seçmek daha detay sonuç verecektir). Atık yığınları max 1-10 arası kalınlık verdiği için buradada “Z”, 70 yıllık üretim sırasında farklı dönemlere ait yığılımların olması ve erozyona bağlı değişken kalınlık içerdiği ve gerçeği yansıtması için blok boyutlarında aralık 1 m olarak kabul edilmiştir.

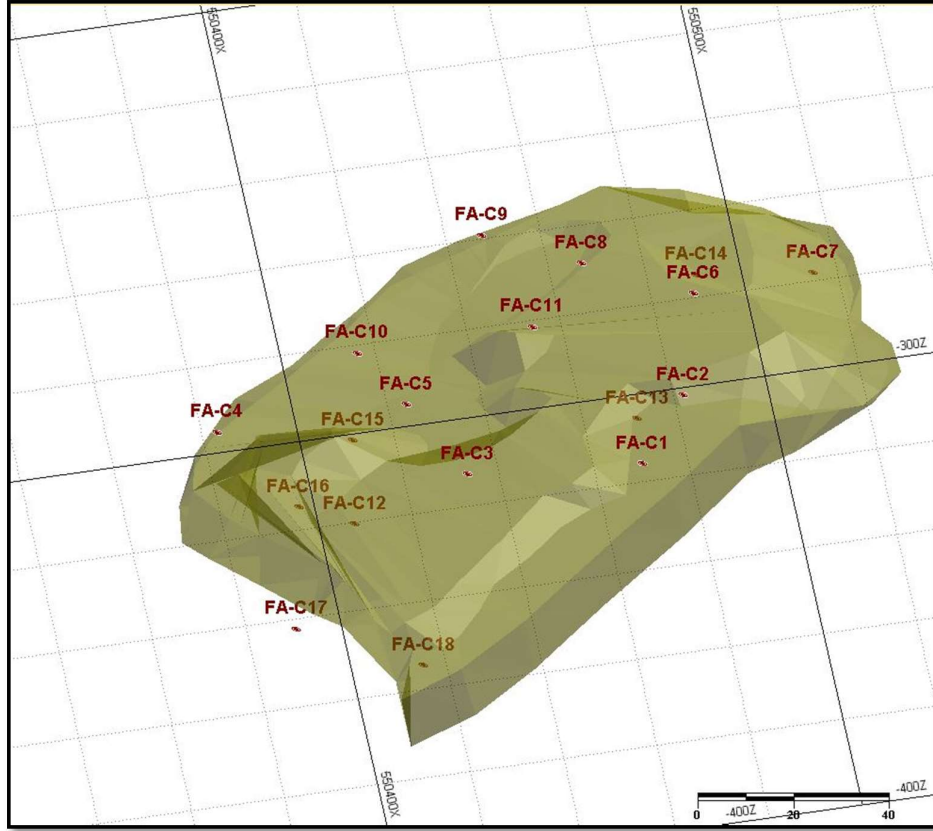
Oluşturulan katı blok içerisine cevher ataması yapılırken verilen blok boyutlarının tahmin hesapları, her bir atık bloğu için 3 boyutlu bir poligon alanı oluşturulacak şekildedir. Çalışma sahasındaki oluşturulan 3 boyutlu blok model görüntüleri Şekil 5.74-5.79’da verilmiştir.



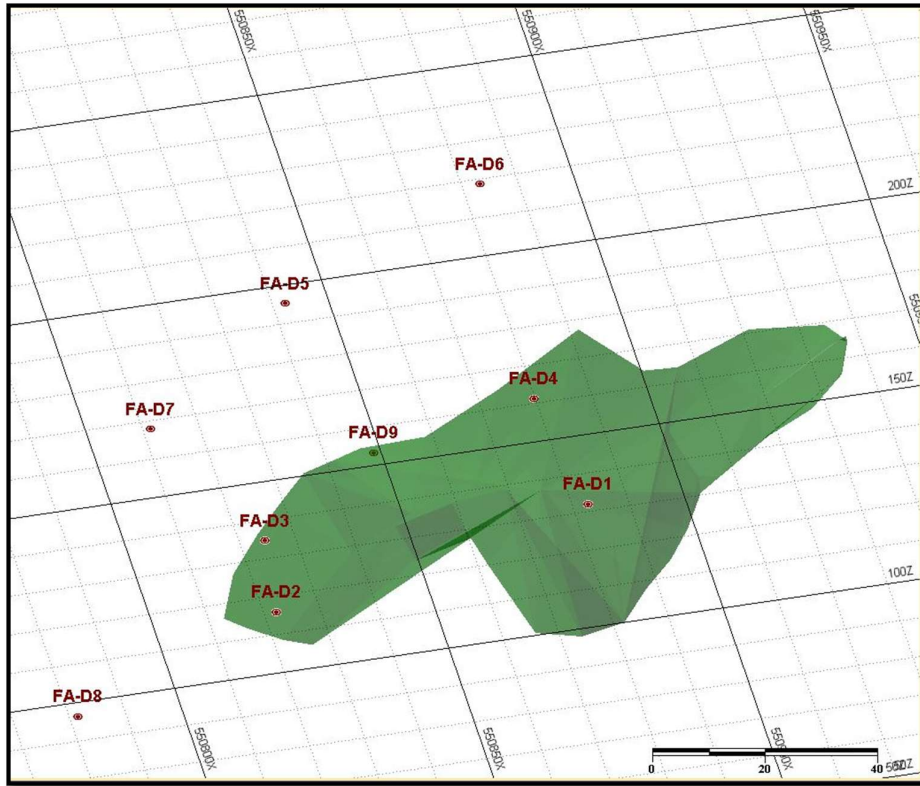
Şekil 5. 74: A bölgesi katı blok ve numune yerleri.



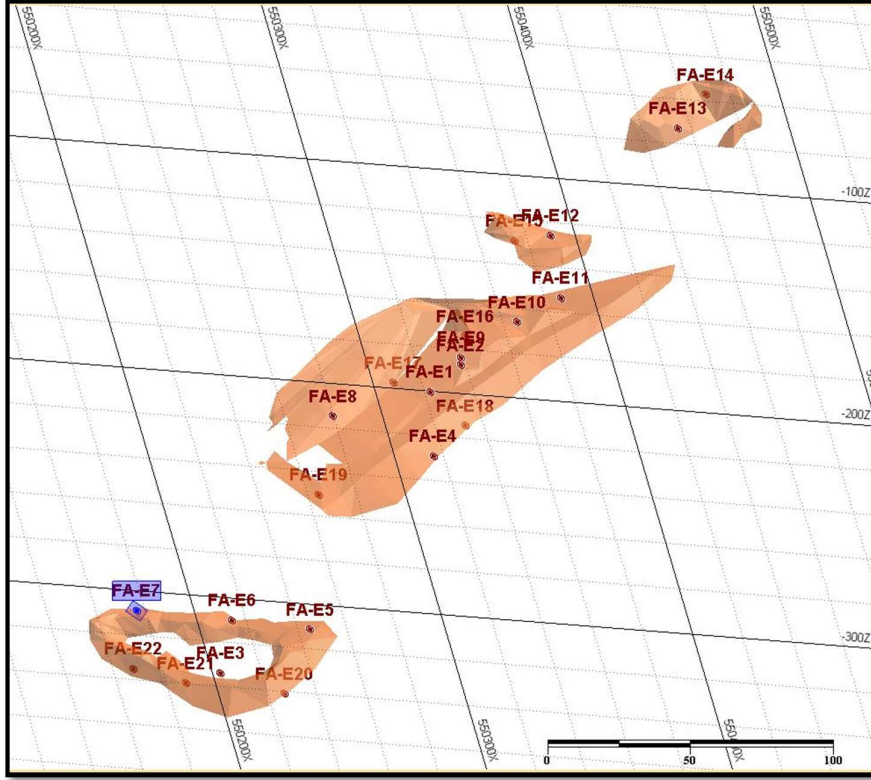
Şekil 5. 75: B bölgesi katı blok ve numune yerleri.



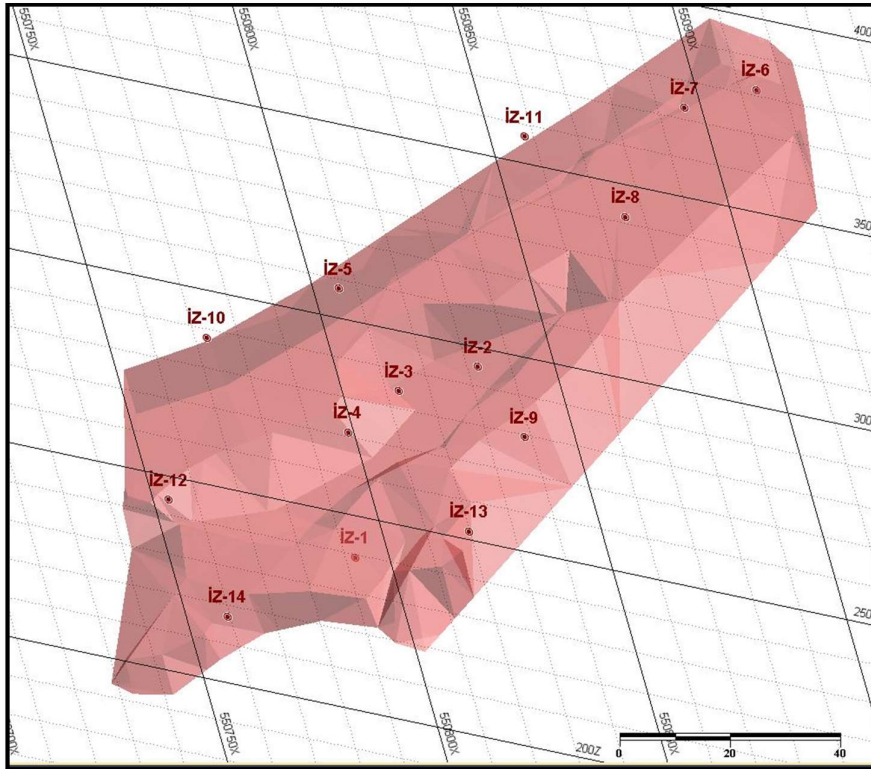
Şekil 5. 76: C bölgesi katı blok ve numune yerleri.



Şekil 5. 77: D bölgesi katı blok ve numune yerleri.



Şekil 5. 78: E bölgesi katı blok ve numune yerleri.



Şekil 5. 79: İzabe bölgesi katı blok ve numune yerleri.

Yapılan katı blok içerisinde tenör ataması için alınan 90 adet numunenin hesaplama yapılacak Pb-Zn-Fe-Cu metallерinin analizleri işlenmiş ve yukarıdaki parametrelere göre blok tenör ataması yapılmıştır. Yapılan tenör atamasında oluşturulan search elipsoid parametrelerinin belirlenmesinde, numuneler arasında uzaklık parametrelerinin histogram eğrileri yapıp median değeri kullanılmıştır. Yatay istifleme yapılması searchin 1. parametresini vermektedir. Yapılan yarma çalışmaları ve aşınma alanlarındaki çalışmada yataya bağlı yapılan istifleme gözükmüş derine doğru dik bir şekilde değişkenlik gözüktüğü için 2. Parametre -90 derece olarak alınmıştır. Herhangi bir tarafa dalım olmaması ve yatay olmasından 3. Parametrede 0 derece olarak alınmıştır.

Blok model çizimi analiz verilerinin ordinary kriging yapılması, search elipsoid verileri ve katı blok parametreleri kullanılarak IDW yöntemiyle Micromine programı tarafından yapılmaktadır.

5.2.6 Rezerv Tahmini

Çalışılan saha üzerindeki atık poligonlarının çevresi keskin hatlarla ayrıldıktan sonra yığılımlar üzerinden alınan 90 adet flotasyon numunesinin ve 14 adet izabe numunesinin hepsinde yoğunluk analizi yapılmış olup, bu veriler Tablo 5.4'de verilmiştir. Rezerv hesaplaması için micromine programı kullanılmış olup, alınan numune analizleri kriging ve histogram eğrilerine göre değerlendirilmiş ve model parametreleri belirlendikten sonra yoğunluk analizleri kullanarak blok model oluşturulmuştur.

Yapılan yoğunluk analizlerinin ortalama flotasyon atıkları için yoğunluğu 3,02 gr/m³, izabe atıkları için ise ortalama 3.93 gr/m³ bulunmuş ve blok model hesaplamalarında ayrı model hesaplaması yapılmıştır.

Tablo 5. 6: Bölgelere göre alınan numunelerin yoğunluk analiz sonuçları.

Numune No	Yoğunluk	Numune No	Yoğunluk	Numune No	Yoğunluk	Numune No	Yoğunluk	Numune No	Yoğunluk	Numune No	Yoğunluk
İZ-1	3.97	FA-A1	3.01	FA-B1	3.08	FA-C1	3.11	FA-D1	3.72	FA-E1	2.86
İZ-2	3.92	FA-A2	2.89	FA-B2	3.00	FA-C2	3.08	FA-D2	3.51	FA-E2	3.06
İZ-3	3.97	FA-A3	2.95	FA-B3	3.14	FA-C3	3.06	FA-D3	3.42	FA-E3	2.99
İZ-4	3.67	FA-A4	3.12	FA-B4	3.10	FA-C4	3.06	FA-D4	2.55	FA-E4	2.74
İZ-5	3.83	FA-A5	2.92	FA-B5	3.14	FA-C5	3.20	FA-D5	2.50	FA-E5	2.95
İZ-6	3.90	FA-A6	3.05	FA-B6	3.19	FA-C6	3.15	FA-D6	2.69	FA-E6	2.85
İZ-7	3.80	FA-A7	2.95	FA-B7	3.07	FA-C7	3.22	FA-D7	2.71	FA-E7	3.00
İZ-8	3.89	FA-A8	2.97	FA-B8	3.04	FA-C8	3.14	FA-D8	2.65	FA-E8	2.55
İZ-9	3.95	FA-A9	2.50	FA-B9	3.11	FA-C9	3.11	FA-D9	3.02	FA-E9	2.86
İZ-10	3.95	FA-A10	2.98	FA-B10	3.17	FA-C10	3.13	Ortalama	2.97	FA-E10	3.15
İZ-11	4.00	FA-A11	3.02	FA-B11	2.65	FA-C11	2.95			FA-E11	3.02
İZ-12	4.20	FA-A12	2.88	FA-B12	3.21	FA-C12	3.30			FA-E12	2.65
İZ-13	4.02	FA-A13	2.91	FA-B13	3.15	FA-C13	3.26			FA-E13	3.75
İZ-14	3.98	FA-A14	2.68	FA-B14	3.15	FA-C14	3.10			FA-E14	3.20
Ortalama	3.93	FA-A15	2.61	FA-B15	3.08	FA-C15	3.28			FA-E15	2.82
		FA-A16	3.02	FA-B16	3.20	FA-C16	3.12			FA-E16	2.71
		FA-A17	2.82	FA-B17	3.18	FA-C17	3.15			FA-E17	3.52
		FA-A18	2.65	FA-B18	3.20	FA-C18	2.87			FA-E18	2.92
		FA-A19	2.75	FA-B19	3.27	Ortalama	3.13			FA-E19	2.82
		FA-A20	2.76	FA-B20	3.25					FA-E20	2.71
		Ortalama	2.87	FA-B21	3.26					FA-E21	3.10
				Ortalama	3.13					FA-E22	3.12
										Ortalama	2.97

Oluşturulan Blok ile Pb, Zn, Cu, Fe, elementleri giydirilerek cevher tenör değerleri hesaplamaya çalışılmıştır. Mümkün rezerv hesabı yapılacağı için Cut off değeri alınmamıştır. Pb, Zn, Fe elementi için alt sınır %0.1, Cu elementi için ise 1 gr/ton olarak düşünülmüştür. Rezerv ve tenör hesaplamaları bu parametrelere göre yapılmaya çalışılmıştır. 5 flatsasyon ve 1 izabe atığı olarak belirlenen bloklar için ayrı ayrı rezerv hesaplamaları yapılmıştır. Her blok için Pb, Zn, Cu, Fe elementleri için ayrı tenör hesaplamaları yapılmıştır.

Yapılan blok modelden alınan rapora göre hazırlanan tabloda ilgili cevher bloğu ve tonajı (rezervi) kolayca görülebilmektedir. Çalışma bir cevher yatağı olmayıp yığın şeklinde atılmış bir kütle olduğu için ve mümkün rezerv hesaplaması yapıldığından raporlama yapılırken Cutoff grade ayırtması yapılmayıp komple

potansiyel hesabı yapılmıştır. Tablo 5.5-5.8’de Pb, Zn, Fe ve Cu elementleri için rezerv bilgileri cevher değeri için “%” ve miktarı olarak “Ton” verilmiştir.

Micromine programı ile oluşturulan blok model üzerinden alınacak raporda istenilen değerde cutoff aralıkları girilip istenildiği şekilde tenör ve hacim değerleri alınabilmektedir.

Tablo 5. 7: Flotasyon atığı bölgelere göre yoğunluk Pb, Zn element yüzdesi ve tonaj tablosu.

İSİM	HACİM	TONAJ	YOĞUNLUK	Pb (%)	M_Pb (ton)	Zn (%)	M_Zn (ton)
A_Katı_Blok	431653.72	1238846.17	2.87	2.47	30609.08	2.30	28499.64
B_Katı_Blok	38906.18	121776.34	3.13	6.87	8362.83	6.19	7540.71
C_Katı_Blok	183656.47	574844.75	3.13	5.28	30330.60	4.97	28585.34
D_Katı_Blok	13408.06	39821.95	2.97	1.88	747.83	4.42	1760.89
E_Katı_Blok	16770.12	49807.25	2.97	5.41	2692.82	2.61	1299.54
TOTAL	684394.55	2025096.46	3.01	4.38	72743.16	4.10	67686.12

Tablo 5.8: Flotasyon atığı bölgelere göre yoğunluk Fe, Cu element yüzdesi ve tonaj tablosu.

İSİM	HACİM	TONAJ	YOĞUNLUK	Fe (%)	M_Fe (ton)	Cu (%)	M_Cu (ton)
A_Katı_Blok	431653.72	1238846.17	2.87	13.93	172586.33	0.25	3121.53
B_Katı_Blok	38906.18	121776.34	3.13	5.77	7029.41	0.30	367.08
C_Katı_Blok	183656.47	574844.75	3.13	8.57	49238.67	0.45	2585.17
D_Katı_Blok	13408.06	39821.95	2.97	4.38	1743.73	0.20	81.11
E_Katı_Blok	16770.12	49807.25	2.97	9.73	4845.31	0.23	116.06
TOTAL	684394.55	2025096.46	3.01	8.48	235443.45	0.29	6270.96

Tablo 5.9: İzabe atığı bölgelere göre yoğunluk Pb, Zn element yüzdesi ve tonaj tablosu.

İSİM	HACİM	TONAJ	YOĞUNLUK	Pb (%)	M_Pb (ton)	Zn (%)	M_Zn (ton)
IZ_Katı_Blok	83528.81	328268.21	3.93	3.16	10377.07	11.08	36377.18

Tablo 5.10: İzabe atığı bölgelere göre yoğunluk Fe, Cu element yüzdesi ve tonaj tablosu.

İSİM	HACİM	TONAJ	YOĞUNLUK	Fe (%)	M_Fe (ton)	Cu (%)	M_Cu (ton)
IZ_Katı_Blok	83528.81	328268.21	3.93	26.53	87091.11	0.22	705.90

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Balıkesir ilinin Balya ilçesinde bulunan çalışma alanı, bölgede bulunan Pb-Zn madenlerinin işletilmesi sonrasında ortaya çıkan polimetalik içeriği yüksek maden atıkları flotasyon ve izabe atıkları olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Yapılan çalışmada;

- 1- Sahanın detaylı literatür çalışması yapılmıştır.
- 2- Yayılım, kalınlık, yoğunluk, alterasyon, koordinat, oksidasyon gibi mineral ve değerli element tayini için 90 adet flotasyon 14 adet izabe numunesi alınmıştır.
- 3- Alınan numuneler; mineral tayini için XRD (X-Ray Diffraction Yöntemi), mineral tayini ve multi element tayini için 14 adet flotasyon 5 adet izabe numunesine XRF (X-Ray Fluorescence Yöntemi), mineral tayini için 4 adet flotasyon 2 adet izabe numunesine XRD ve parlak kesit yaptırılmıştır.
- 4- Yapılan XRD çalışmalarına göre, atıklardan alınan numuneler sfalerit, kuvars, manyetit, fayalit, wurtzit ((Zn, Fe)S), anglezit (PbSO₄), bassanit (2Ca (SO₄.H₂O) ve K-feldspat mineralleri içermektedir. Bu minerallerden bassanit ve anglesit sülfat mineralleridir.
- 5- 4 adet atık örneğinden parlak kesit yapılmış olup, cevherlerin ilksel yapıları bozulduğundan herhangi bir mineral tayini gerçekleştirilememiştir.
- 6- Yapılan XRF analiz sonuçlarına göre potansiyel Pb, Zn, Cu, Fe element potansiyelleri ortaya konmuştur. Balya atık bölgesinde izabe ve flotasyon atıkları üzerinde gerçekleştirilen XRF çalışmalarına göre, *izabe atıklarında* en düşük Pb içeriği %2.450 en yüksek %3.870 (**ortalama Pb: % 3.186**); en düşük Zn içeriği %9.380 en yüksek %14.300 (**ortalama Zn: % 11.662**); en düşük Fe içeriği %25.400 en yüksek %30.500 (**ortalama Fe: %27.868**); en düşük Cu içeriği %0.101 en yüksek %0.325 (**ortalama Cu: % 0.205**) çıkmıştır (Tablo 4.3). *Flotasyon atıklarında* ise en düşük Pb içeriği % 0.076 en yüksek Pb içeriği % 19.829 (**ortalama Pb: % 4.5466**); en düşük Zn içeriği % 0.066, en yüksek Zn içeriği % 14.300 (**ortalama Zn: % 3.896**); en düşük Fe içeriği % 2.724, en yüksek Fe içeriği % 26.076 (**ortalama Fe: % 8.7848**); en düşük Cu içeriği 0.037, en yüksek Cu içeriği % 1.286 (**ortalama Cu: % 0.2998**) elde edilmiştir (Tablo 4.3).
- 7- Atıkların element verileri elde edildikten sonra, verilerin istatistiksel analizi yapılarak atıkların istatistiksel yorumu yapılmıştır. Bloklar flotasyon ve izabe

olarak ayıklanmış ve her bir grubun analiz değerlerinde kriging için jeostatistiksel parametreler belirlenmiştir. Belirlenen jeostatistiksel parametreler kullanılarak ordinary kriging yöntemi uygulanıp analizler üzerinde kompozitleme ve IDW yöntemi kullanılarak sahanın tenör bazında alansal değişimi tespit edilmiştir.

- 8- Bölge alanına atılan atıkların detaylı haritalama çalışması yapılmış olup her birim içerisinde yarma çalışmaları yapılarak ve yüzey ölçümlendirmelerle belirlenen alan Micromine programı üzerinde 3 boyutlu koordinatlı bloklar haline getirilmiştir.
- 9- Yapılan bloklar üzerine Micromine programı ile cevher blokları oluşturularak rezerv tenör hesaplaması yapılmıştır. Yapılan rezerv hesaplamasına göre; 3.93 yoğunluklu, 328.268 Ton %3.16 Pb, %11.08 Zn içeriği olan izabe atıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. 3.01 yoğunluklu, 2.023.096 Ton % 4.38 Pb, % 4.10 Zn içeriği olan flatasyon atıklarının bulunduğu tespit edilmiştir.
- 10- Oluşturulan blok model, tenör, yoğunluk ve tonaj değişimi değerleri kullanılarak yapılan hesaplama sonucuna göre toplam 2.353.364 ton malzeme ekonomik olabilecek mümkün rezerv miktarı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, bölgede sistematik sondaj çalışmalarıyla daha titiz çalışma yapılarak ve sahadan malzeme alımını kesebilmek adına kapalı alan oluşturulursa görünür rezerv ortaya konulabilecektir).

Sonuç olarak, analiz sonuçlarına göre izabe atıklarında **Zn (ort: % 11.662)** flotasyon atıklarında ise Pb (**ort: % 4.5466**) oranları gözle görünür oranda yüksek çıkmıştır. Dünya genelindeki işletmelerinde ortalama %3-%5 arası Pb-Zn içeriği işletmede kar potansiyeli için yeterlidir. Bu değer Balya bölgesindeki atıkların ortalama Pb-Zn içeriklerinin üzerinde olduğunu göstermektedir. Ancak, atıklardan gerçekleştirilen XRD analizlerinde bassanit ($2Ca (SO_4.H_2O)$) ve anglesit ($PbSO_4$) gibi sülfat minerallerinin olması, atıkların oksidasyona maruz kalması, atıkların bazı bölgelerinde kısmen sedimantasyon geçirmesi ve heterojen yapı sunması nedeniyle atıklardan Pb-Zn bakımından zengin cevherli alanların geri kazanımı ve bertaraf işlemleri için detaylı AR-GE çalışması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

Abteu, W., Obeysekera, J., Shih, G. (1993). Spatial analysis for monthly rainfall in South Florida. *Water Resources Bulletin*, 29 (2), 179-188.

Ağdemir, N., Kirikoglu, M.S., Lehmann, B., Tietze, J. (1994). Petrology and alteration geochemistry of the epithermal Balya Pb–Zn–Ag deposit NW Turkey. *Mineralium Deposita* 29, 366-371.

Akyol, Z. (1975). Balıkesir İli Balya civarının jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü*. Diploma Çalışması, (yayınlanmamış).

Akyol, Z. (1976). Balıkesir-Balya Pb-Zn-Ag'li Cürüfların Tenör ve Rezerv Hesaplaması.

Akyol, Z. (1977). Balya Madeni Civarının Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, s.10-27.

Akyol, Z. (1979). Balya Kurşun-Çinko Maden Yatağı. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, s.48-58.

Akyol, Z. (1980). Balıkesir-Balya Arı-Orta Sahası Pb-Zn-Cu Cevher Yatağı Maden Jeolojisi ve Rezerv Çalışmaları. MTA, Rapor No: 6973.

Akyüz, S. and Okay, A.I. (1996). A section across a Tethyan suture in northwest Turkey. *International Geological Review*, 38, 405-418.

Akyüz, S. ve Okay, A.I. (1998). Manyas Güneyinin (Balıkesir) Jeolojisi ve Mavişistlerin Tektonik Konumu. MTA Dergisi, 120, 105-120.

Aslan, Z., Erdem, D., Temizel, İ., Arslan, M. (2017). SHRIMP U–Pb zircon ages and whole-rock geochemistry for the Şapçı volcanic rocks, Biga Peninsula, Northwest Turkey: implications for pre-eruption crystallization conditions and source characteristics. *International Geology Review*. 59 (14), 1764-1785.

Aydınlı, H.S. (2004). Balya (Balıkesir) Güney Bölgesi Kayaçlarının Petrografik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara, (yayınlanmamış).

Aygen T. (1956). Balya Bölgesi Jeolojisinin İncelenmesi. *M.T.A. Yayın Serisi DNU- 11*, Ankara.

Balcı, Ç. B., Gül, S., Kılıç, M.M., Karagüler, N., Sarı, E., Sönmez, M.Ş. (2014). Balya (Balıkesir) Pb-Zn Madeni Atık Sahasının Biyojeokimyası ve Asidik Maden Drenajı Oluşumuna Etkileri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57, (3), 1-24.

Başkan, O. (2004). Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik, Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. (1975). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri [Geology of the Biga Peninsula and some characteristics of the Karakaya blocky series]. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, MTA Enstitüsü* (Congress on Earth Sciences for the 50th Anniversary of Republic of Turkey, Abstracts), 70–77 [in Turkish with English Abstract]

Çetin, M. (1996). Jeostatistiksel yöntem ile nokta ve alansal yağışların saptanması ve stokastik olarak modellenmesi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana (yayınlanmamış).

Çiloğlu, M. (2007). Osmanlı Devleti'nde Madencilik ve Balya Madenleri. *Balıkesir Üniversitesi, F.E.F. Karesi Tarih Klübü Bülteni*. s. 31-41.

Deutsch, C.V. and Journel, A.G. 1992. Geostatistical software library and user's guide. Oxford University Press, Inc., New York.

Dickinson, W.R. and Seely, D.R. (1979). Structure and stratigraphy of fore-arc regions: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 63, 2-31.

Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J. (1990). Balıkesir Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı: *MTA Dergisi*, 110, 113-130.

Erel, Z. (2011). Balya (Balıkesir) Polimetallik Maden Yatağı Rezervinin Jeostatistiksel Yöntemle Analizi. *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 80 s.

Erkül, F., Tatar Erkül, S. ve Aysal, N. (2016). Balya ve Çevresindeki Volkano-Plütonik Kayaçların jeokimyasal ve Petrojenetik Özellikleri, Balıkesir, Türkiye. *7.Jeokimya Sempozyumu, Bildiri Özetleri*. 16-18 Mayıs, Antalya. s. 262

Gjelsvik, T. (1958). Notes on the geology of Balya Maden. *M.T.A Dergisi*, No.51 (Foreign Edition).

Gjelsvik, T. (1962). Investigations of Lead-Zinc Deposits in Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin Of The Mineral Research and Exploration*. 59 (59), 62-70.

Gökçe, A. ve Ünal, E. (2008). Geology and Fluid Inclusion Characteristics of the Hastane Tepe (Balya-Balıkesir) Lead-Zinc Deposit, *XX ECROFI Meeting*, Granada, Spain.

Güneş, C., Güneş, S. T. ve Akıncı, G. (2013). Terkedilen Balya Pb-Zn Madeni Atıklarında Asit Maden Drenaj Verileri ve ÇED. *Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi*, 8-10 Kasım, İKM, İstanbul

<http://www.balya.bel.tr/index.php>. Balya'nın (Perikharaksis) Antik Çağ Tarihi

<http://www.turquie-culture.fr/pages/histoire/rerelations-franco-turques/mines-de-balia-karaidin-1923.html>. Mines de Balia-Karaidin, 1923, Publication 2016

<http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/xrd>.

Kaaden, G. (1957). Çanakkale, Biga, Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor, (yayınlanmamış).

Kovenko, V. (1940). Balya Kurşun madenleri. *MTA Dergisi* 4, 21, 580-593.

Lang, C., (2006). Kriging Interpolation. <http://www.nbb.cornell.edu/neurobio/land/OldStudentProjects/cs490-94to95/clang/kriging.html>, (10.01.2006).

Mohr, M. (1959). Balya mıntıkasındaki kurşun zuhurlarının prospeksiyonu hakkında toplu rapor. No: 2703, *M.T.A.*, Ankara.

Okay, A.I., Siyako, M. and Bürkan, K.A. (1990). Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula (in Turkish). *Bulletin of the Turkish Association of Petroleum Geologists*, 2, 83-121.

Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. and Akyüz S. (1996). Paleo- and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. *In Tectonics of Asia* (ed. A. Yin & M. Harrison), Cambridge University Press, 420-441.

Okay, A.I. and Altınır, D. (2004). Uppermost Triassic limestone in the Karakaya Complex - stratigraphic and tectonic significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 187-199.

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

Ovalıoğlu, R. (1973). Biga Yarımadasının Jeolojisi-Maden Yatakları ve Bakır-Kurşun-Çinko Mineralizasyonu için Ümitli Olan Bölgeleri. *Madencilik Dergisi*, XII, 6, 1-22.

Öngür, T. (2003). Balya Kurşun-Çinko Madeni, Çevre Sorunları ve Toplumsal Yeniden Kalınma. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası*.

Özışık, G., Güleç, N. ve Kuşcu, İ. (2010). Balya-Balıkesir Kurşun-Çinko Cevherleşmelerinin Kökensel Olarak İncelemeleri. *63. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Bildiri Özleri, 102-104 s.

Öztunalı, Ö. (1984). Balya Kurşun Çinko madeni, Arısu sahası etüdü: *İ.Ü Mühendislik Fakültesi D.S.R.*, 39, 1-84.

Pickett, E.A. and Robertson, A.H.F. (2004). Significance of the Volcanogenic Nilüfer Unit and Related Components of the Triassic Karakaya Complex for Tethyan Subduction/Accretion Processes in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 97-143.

Stampfli, G.M. and Borel, G.D. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters* 196, 17-33

Şimşek, C., Gündüz, O., Elçi, A (2012). Terkedilmiş Balya (BALIKESİR) Pb-Zn Maden Atıklarının Ağır Metal ve Doğal Radyoaktivite İçeriği ve Çevre Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 2 (1), 43-55

Şirin, E. ve Oruçoğlu, E. (2016). Balya, Balıkesir Terkedilmiş Pb-Zn Madenin Çevresel Etkileri. *7. Jeokimya Sempozyumu*, 16-18 Mayıs 2016, Antalya, s. 96-97.

Tekeli, O. (1981). Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. *Geology* 9, 68-72.

Tercan, A.E. ve Saraç, C. (1998). Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler, *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*. 48, 137 s.

Uçurum, M., Ulu, E. (1987). Balıkesir-Balya Kurşun-Çinko sahasındaki İzabe ve birinci flotasyon artıklarının teknolojik değerlendirilmesi. *Madencilik Dergisi*. 26, 3, 5-13.

Yavuz, O. ve Çiftçi, E. (2012). Balya (Balıkesir) Pb-Zn Kompleks Sistemi – Cevher Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikler. *65. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, S. 412-413.

Yiğit, C. Ö. (2003). Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümünde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi FBE, Yüksek Lisans Tezi*, Konya.

Yünsel, T.T. ve Ersoy, A. (2013). Geological modeling of rock type domains in the Balya (Turkey) lead-zinc deposit using plurigaussian simulation. *Central European Journal of Geosciences*. 5, 1, 77-89.