

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇANAKKALE YENİCE KALKIM
KURŞUN ÇİNKO BAKIR CEVHERİNİN
SELEKTİF FLOTASYON KOŞULLARININ VE
KURŞUNUN SODYUM METABİSÜLFİT İLE
BASTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI

Emre ÖZTÜRK

Ekim, 2010

İZMİR

**ÇANAKKALE YENİCE KALKIM
KURŞUN ÇİNKO BAKIR CEVHERİNİN
SELEKTİF FLOTASYON KOŞULLARININ VE
KURŞUNUN SODYUM METABİSÜLFİT İLE
BASTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı**

Emre ÖZTÜRK

**Ekim, 2010
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMRE ÖZTÜRK, tarafından DOÇ. DR. MEHMET TANRIVERDİ yönetiminde hazırlanan “ÇANAKKALE YENİCE KALKIM KURŞUN ÇİNKO BAKIR CEVHERİNİN SELEKTİF FLOTASYON KOŞULLARININ VE KURŞUNUN SODYUM METABİSÜLFİT İLE BASTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

DOÇ. DR. MEHMET TANRIVERDİ

Danışman

Prof. Dr. Vedat ARSLAN

Jüri Üyesi

Yard. Doç. Dr. Kemal KÖSEĞİLLU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Kurşun – bakır bulk konsantresinin flotasyon yöntemi ile selektif olarak ayrılmasında yaygın olarak kullanılmakta olan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), ağır metal içeriği ve kanserojen etkisi ile çevreye insan sağlığına olumsuz etki etmektedir.

Çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerin azaltılması amacı ile hazırlanan bu çalışmayı yönlendiren, katkılarını esirgemeyen tez yöneticim Sayın Doç. Dr. Mehmet TANRIVERDİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yapılması sırasında ilgi ve bilgileri ile çalışmaya değer katan Sayın Araş. Grv. Dr. Sezai ŞEN ve Sayın Araş. Grv. Taylan ENGİN'e teşekkür ederim.

ÇANAKKALE YENİCE KALKIM KURŞUN ÇİNKO BAKIR CEVHERİNİN SELEKTİF FLOTASYON KOŞULLARININ VE KURŞUNUN SODYUM METABİSÜLFİT İLE BASTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışma Çanakkale İli, Yenice İlçesi, Kalkım Beldesi sınırlarında yer almakta olan kompleks kurşun-çinko-bakır cevheri üzerinde yapılmıştır. Cevherin fiziksel ve mineralojik özelliklerine uygun olan zenginleştirme yönteminin flotasyon olduğu görülmektedir. Çalışmada öncelikle cevher için optimum flotasyon şartları belirlenmiştir. Daha sonra kurşun bakır selektif flotasyon devresinde kullanılan bastırıcının belirlenmesi için testler yapılmıştır.

Madencilik çalışmalarında var olan çevresel baskı, araştırmaların çevresel etkilerin mümkün olduğunca azaltılması konularında ağırlık kazanmasına yol açmaktadır. Potasyum dikromat, kanserojen etkisi ve çevresel olumsuzlukları nedeni ile kullanımı istenmeyen bir kimyasaldır. Sodyum metabisülfite alternatif olarak çevreye ve insan sağlığına olan etkilerinin daha tehlikesiz olması nedeni ile ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada, çalışmamıza konu olan cevherin zenginleştirilmesinde sodyum metabisülfite kullanılarak yüzde 89,74 kümülatif verimle yüzde 66,32 Pb içeren nihai kurşun konsantrasyonu ve yüzde 35,67 kümülatif verimle yüzde 24,94 Cu içermekte olan nihai bakır konsantrasyonu elde edilmiştir.

Bu verilerin ışığı altında sodyum metabisülfite, potasyum dikromata göre olumlu ve olumsuz yönleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Sodyum metabisülfite, Çevre, İnsan Sağlığı

INVESTIGATION OF SELECTIVE FLOTATION CONDITIONS OF THE ÇANAKKALE YENİCE KALKIM LEAD ZINC AND COPPER ORES AND SINKING OF LEAD WITH THE SODIUM METABISULPHITE

ABSTRACT

In this study, the complex lead-zinc-copper ore located in the territory of Canakkale Province, Yenice County, Kalkim District has been worked on. Flotation has been selected as the appropriate enrichment method due to the physical and mineralogical characteristics of the ore.

The optimum flotation conditions was determined. And then flotation tests were done to determine the depressant for selective flotation circuit of lead and copper. The existing environmental concerns about mining, direct the studies to reduce the environmental impacts. Potassium dichromate is an undesired chemical with carcinogen impacts and environmental drawbacks. Sodium metabisulphide is less dangerous than potassium dichromate for environment and human health.

In flotation studies, sodium metabisulphide was used and 89.74 percent cumulative recovery with 66.32 percent Pb content and 35.67 percent cumulative recovery with 24.94 percent Cu content was obtained. The positive and negative aspects of sodium metabisulphide, compared to potassium dichromate were discussed.

Keywords : Sodium metabisulphite, Environment, Human Health

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORM	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACTv

BÖLÜM BİR - KURŞUN-ÇİNKO-BAKIR MİNERALLERİNİN GENEL

ÖZELLİKLERİ..... 1

1.1 Kurşun	1
1.1.1 Genel Özellikleri	1
1.1.2 Kullanım Alanları	2
1.2 Çinko	3
1.2.1 Genel Özellikleri	3
1.2.2 Kullanım Alanları	3
1.3 Bakır	4
1.3.1 Fiziksel ve Oluşum Özellikleri	4
1.3.2 Kullanım Alanları	5

BÖLÜM İKİ - JEOLJİK BİLGİLER..... 7

2.1 Temel Jeokimyasal Özellikleri	7
2.2 Önemli Yatak Tipleri ve Oluşum Süreçleri	7
2.2.1 Tabakalı Ultramafik Kayaçlarla İlişkili Nikelli-Pirotin Yatakları İçinde Bakır Zenginleşmeleri	7
2.2.2 Granitoyitik Kayaçlarla İlişkili Pb-Zn-Cu Yatakları	8
2.2.2.1 İntraplütonik (Porfiri) Cu Yatakları	8
2.2.2.2 Kontak Metasomatik ve/veya Skarn Tipi Cu-Pb-Zn Yatakları	8
2.2.2.3 Damar Tipi Cu-Pb-Zn Yatakları	9
2.2.3 Volkanik ve Volkano-Sedimanter Kayaçlarla İlişkili Yataklar	9
2.2.4 Taneli Sedimanter ve Şeyl Yankayaçlı Stratiform Cu-Pb-Zn Yatakları	10

2.2.5 Karbonat Yan Kayaçlı, Strata-bound Tipi Pb-Zn Yatakları.....	10
2.2.6 Konglomera ve Kumtaşları İle İlişkili Karasal Kurak Havza (Red-bed) Tipi Cu Yatakları.....	11
2.2.7 Cu-Pb-Zn Yataklarının Yüzeysel Koşullarda Zenginleşmesi.....	11
2.3 Kurşun-Çinko-Bakır Madenciliğinin Dünya'daki Durumu.....	12
2.4 Türkiye'de Durum.....	13
2.4.1 Rezerv.....	13
2.4.2 Üretim.....	14
2.5 Türkiye Kurşun – Çinko - Bakır Yatakları.....	15
2.5.1 Genel Dağılım.....	15
2.5.2 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Cu ± (Zn, Pb) Yatakları.....	15
2.5.3 Doğu Karadeniz Bölgesi Cu-Pb-Zn Yatakları.....	16
2.5.4 Toros Karbonat Kuşağı Pb-Zn Yatakları.....	17
2.5.5 Batı Anadolu Bölgesi Kurşun Çinko Bakır Yatakları.....	17
2.5.6 Küre (Kastamonu) Bölgesi.....	18
2.5.7 İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri Cu-Pb-Zn Yatakları.....	18
2.5.8 Diğer Yataklar.....	19
2.6 Çanakkale-Yenice-Kalkım Kurşun, Çinko, Bakır Cevherleşmesi Jeolojik Özellikleri.....	19
2.6.1 Jeolojik Konum.....	19
2.6.2 Mineraloji.....	20
2.6.3 Kökeni.....	22

BÖLÜM ÜÇ - KURŞUN-ÇİNKO-BAKIR CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ..... 23

3.1 Flotasyon Dışı Zenginleştirme Yöntemleri.....	23
3.2 Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirme.....	24
3.2.1 Selektif Konsantr Üretim Yöntemleri.....	24
3.2.1.1 Sfaleritin Bastırılması.....	24
3.2.1.2 Kurşunun Bastırılması.....	26
3.2.1.3 Bakırın Bastırılması.....	27

BÖLÜM DÖRT - DENEYSEL ÇALIŞMALAR	29
4.1 Numune Alma.....	29
4.2 Kırma – Öğütme İşlemleri.....	30
4.3 Kimyasal Analiz.....	30
4.4 Cevher Karakterizasyon Çalışmaları.....	31
4.4.1 X – RD Analizi.....	31
4.4.2 Elek Analizi.....	34
4.4.3 Cevherin Kimyasal Özellikleri.....	35
4.4.4 Bond Öğütülebilirlik Testi.....	39
4.4.5 Öğütme Testleri.....	43
BÖLÜM BEŞ - FLOTASYON DENEYLERİ	45
5.1 Toplayıcının Flotasyona Etkisi.....	46
5.2 Tane İriliğinin Flotasyona Etkisi.....	51
5.3 Bastırıcının Flotasyona Etkisi.....	55
5.4 Kontrol Reaktiflerinin Etkisi.....	61
5.4.1 Kullanılan Na ₂ S Miktarının Flotasyona Etkisi.....	61
5.4.2 Na ₂ SiO ₃ Miktarının Flotasyona Etkisi.....	65
5.5 Köpük Alma Süresinin Flotasyona Etkisi.....	70
BÖLÜM ALTI - SELEKTİF FLOTASYON ÇALIŞMALARI	76
6.1 Çinko – Gang Selektif Ayırma Çalışmaları.....	76
6.2 Pb Cu Selektif Ayırma Çalışmaları.....	81
BÖLÜM YEDİ - SONUÇLAR	90
KAYNAKLAR	93

BÖLÜM BİR

KURŞUN-ÇİNKO-BAKIR MİNERALLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

1.1 Kurşun

1.1.1 Genel Özellikleri

Yeryüzünde rastlanan elementler arasında 34.sırayı alan kurşunun, atom numarası 82, atom ağırlığı 207.21 dir. Doğada özgün kristal yapısına ender rastlanan kurşun kübik sistemde kristalleşir. Gri renkli olup, metalik parlaklığa sahiptir.

Ergime noktası düşük (327°C), kaynama noktası (1 atmosferde) 1525°C dir. Korozyona karşı dayanıklı, kolayca şekillendirilebilen, yüksek özgül ağırlığı ($11,4 \text{ t/m}^3$) ile kurşun, değişik alaşımlar olarak kullanılabilme özelliklerine sahiptir. Düşük bir çekme mukavemetine (1 t/in^2) sahip olması nedeniyle gerilmenin önemli olduğu hallerde kullanım sahası sınırlıdır. Adi metaller arasında korozyona en dayanıklı olması yanında yassılaşıma ve tel çekme özelliğine de sahip bir metaldir. Kurşunun genel özellikleri Tablo 1.1 de verilmektedir(www.ekutup.dpt.gov.tr).

Tablo 1.1 Kurşunun genel özellikleri (Çilingir,1996)

Atom Ağırlığı	207,2 g/mol
Atom Numarası	82
Yoğunluk (20°C)	$11,34 \text{ g/cm}^3$
Ergime Noktası	327°C
Kaynama Noktası	1525°C
Elektrik Direnci (20°C)	208 nΩ.m
Kristal Yapısı	Yüzey merkezli kübik
Mohs Sertliği	1,5

Önemli kurşun mineralleri, içerik oranları ile birlikte Tablo 1.2 de verilmektedir. Ekonomik olarak işletilmekte olan yataklarda en çok bulunan kurşun minerali galen olup, genellikle çinko, bakır, gümüş, altın ve demir mineralleriyle birlikte bulunur.

Tablo 1.2 Önemli kurşun mineralleri (Çilingir, 1996)

Mineralin	Kimyasal	Teorik Pb	Yoğunluk	Sertlik
Adı	Formülü	(%)	(g/cm ³)	(Mohs)
Galen	PbS	86,6	7,4-7,6	3
Anglezit	PbSO ₄	73,6	6,1-6,4	2,8-3
Seruzit	PbCO ₃	83,5	6,5-6,6	3-3,5
Vulfenit	PbMoO ₄	60,7	6,8	3

1.1.2 Kullanım Alanları

Sanayinin vazgeçemediği metallere birisi olan kurşun piyasada; ham kurşun, rafine kurşun ve antimuanlı kurşun olmak üzere üç değişik bazda işlem görür. Kurşun ve ürünlerinin başlıca kullanım alanları şöyle sıralanabilir(www.ekutup.dpt.gov.tr).

- Otomotiv ve makine imalat sanayi: kurşunun en geniş kullanım alanı akümülatör ve otomobil imalatıdır. Ayrıca bu ürünlerin yapımında kullanılan yan ürünlerin, çeşitli makine ve cihazların üretiminde kullanılır.
- İnşaat: Kaplama malzemesi, kurşun boru, tesisat malzemesi ve kurşun yünü yapımında kullanım alanı bulmaktadır.
- Savunma sanayi: Mermi çekirdeği, muhtelif silah ve araç gereç imalatında kullanılmaktadır.
- Ambalaj sanayi: paket mühürü kurşunu ve muhtelif ambalaj malzemesi yapımında kullanılmaktadır.
- Matbaacılık: matbaa harfleri imalatı ve kalıp yapımında kullanılmaktadır.
- Kimya sanayi: kurşun oksit, kurşun kromat, bazik kromat, kurşun borsilikat, toz kurşun gresi ve üstübeç yapımında kullanılmaktadır.
- Diğer: yukarıda sıralanan alanların haricinde aside dayanıklı depo içi kaplamaları, titreşim önleyici bloklar, x ışınlarından koruma amaçlı araçlar lehim ve av saçması yapımında kullanım alanı bulmaktadır.

1.2 Çinko

1.2.1 Genel Özellikleri

Çinko, atom ağırlığı 65.39 g/mol ve atom numarası 30 olan gümüş renkli bir metaldir. Önemli özellikleri Tablo 1.3 te verilmiştir. Düşük kaynama sıcaklığı dikkat çekicidir. Bu değer özellikle pirometalurjik metal üretiminde çok belirleyici bir etmendir. Dökülmüş halde sert ve kırılmandır. 120°C'de şekillendirilebilir. Önemli çinko mineralleri ve mineral içerikleri tablo 1.4 te verilmektedir(Çilingir, 1996)

Tablo 1.3 Çinkonun genel özellikleri (Çilingir, 1996)

Atom Ağırlığı	65,41 g/mol
Atom Numarası	30
Yoğunluk (20°C)	7,14 g/cm ³
Ergime Noktası	419,53 °C
Kaynama Noktası	907 °C
Elektrik Direnci (20°C)	59 nΩ.m
Kristal Yapısı	Hegzagonal
Mohs Sertliği	2,5

Tablo 1.4 Önemli çinko mineralleri (Çilingir, 1996)

Mineralin Adı	Kimyasal Formülü	Teorik Pb (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Sertlik (Mohs)
Sfalerit	ZnS	67,1	3,9-4,1	3,5-4
Simitsonit	ZnCO ₃	64,8	4,3-4,5	5
Hidrozkinkit	2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂	75,2	3,6-3,8	2,5-3
Kalamin	SiO ₃ (ZnOH) ₂	67,5	3,4-3,5	4,5-5

1.2.2 Kullanım Alanları

Çinko, dünyada yıllık kullanım bakımından demir, alüminyum ve bakırdan sonra gelmektedir. Çinko ve bazı bileşenlerinin kullanım alanları aşağıda verilmektedir(www.ekutup.dpt.gov.tr).

Çinko;

- korozyondan korunma amacıyla, çelik gibi diğer metallerin galvanize edilmesinde
- pirinç, nikelli gümüş, değişik lehimler, alman gümüşü gibi alaşımların yapımında
- genellikle otomotiv endüstrisinde döküm kalıplarında
- pillerin gövdelerinin yapımında

Çinko oksit;

- sulu boyalarda beyaz pigment olarak
- lastik sanayisinde aktivatör olarak
- cilt rahatsızlıkları ve yaşa bağlı göz hastalıklarının tedavisinde

Çinko klorür;

- deodorant yapımında
- ahşap koruyucu olarak

Çinko sülfür;

- karanlıkta parlayan pigment olarak saatlerin akrep ve yelkovanlarında

1.3 Bakır***1.3.1 Fiziksel ve Oluşum Özellikleri***

Bakır insanların eski çağlardan beri çeşitli amaçlarla kullandığı ve günümüzde de sanayinin temel girdileri arasında yer alan önemli metallere biridir. Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılabilmesinin nedeni, çok çeşitli özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya karşı direnci maddeden çekilebilme ve dövülebilme özelliği antikorozyon özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride değişik amaçlı kullanılmaktadır. Bakırın genel özellikleri Tablo 1.5 te verilmektedir(www.ekutup.dpt.gov.tr).

Tablo 1.5 Bakırın genel özellikleri (Çilingir, 1996)

Atom Ağırlığı	63,546 g/mol
Atom Numarası	29
Yoğunluk (20°C)	8,96 g/cm ³
Ergime Noktası	1084,62 °C
Kaynama Noktası	2562 °C
Elektrik Direnci (20°C)	16,78 nΩ.m
Kristal Yapısı	Kübik
Mohs Sertliği	3,0

Bakır doğada az miktarda nabit, genellikle sülfürlü, oksitli ve kompleks halde bulunmaktadır. Doğada bulunuş şekillerine göre sıralanan önemli bakır mineralleri Tablo 1.6 da yer almaktadır.

Tablo 1.6 Önemli bakır mineralleri (Çilingir, 1996)

Mineralin Adı	Kimyasal Formülü	Teorik Cu (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Sertlik (Mohs)
Kalkopirit	CuFeS ₂	34,5	4,1-4,3	4
Bornit	Cu ₅ FeS ₄	55-69,3	4,9-5,1	3,5
Kalkosin	Cu ₂ S	79,8	5,7-5,8	3
Kovellin	CuS	66,4	4,68	1,5-2
Kuprit	Cu ₂ O	88,8	5,8-6,2	3,5-4
Tenorit	CuO	79,8	5,8-6,4	3-4
Malahit	CuCO ₃ .Cu(OH) ₂	57,4	4,0	3,5-4
Azurit	2CuCO ₃ .Cu(OH) ₂	55,2	3,7-3,9	3,5-4
Krikosol	H ₂ CuSiO ₄ .H ₂ O	45,2	2,0-2,3	3,5
Tennantit	(Cu ₂ S.FeS) ₄ As ₃ S ₃	30-55	5,8-6,4	3,4
Tetraedrit	(Cu,Ag,Fe,Zn) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	25-45	4,5-5,0	3,5
Enargit	3Cu ₂ S.As ₂ S ₅	48	4,4	3

1.3.2 Kullanım Alanları

Bakır, üstün fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakır, başta elektrik ve elektronik sanayi, inşaat sanayi, ulaşım

sanayi ve endüstriyel ekipman yapımında olmak üzere kimya, kuyumculuk, boya ve turistik eşya sektörlerinde kullanımı bulunmaktadır(www.ekutup.dpt.gov.tr)

BÖLÜM İKİ

JEOLJİK BİLGİLER

2.1 Temel Jeokimyasal Özellikleri

Bu üç element genellikle birlikte zenginleşerek maden yataklarını oluştururlar. Ancak yalnızca bir veya ikisinin zenginleştiği yataklar da bulunmaktadır. Ayrıca bu yataklarda Mo, Au, Ag, Cd, Bi, Ge, Ga ve As gibi elementler de zenginleşebilmekte ve yan ürün olarak kazanılabilmektedir.

Atom ve iyon büyüklükleri bakımından Cu ve Zn, Fe, Ni, Co, Mn ve Mg gibi elementlere, Pb ise K' a benzer özellikler göstermektedir. Bu elementlerin her üçü de kalkofil elementler olup, sülfürlü mineralleri yaygındır. Magmatik ayrımlanma sırasında belirtilen elementlerle birlikte hareket eder ve ayrımlanarak zenginleşirler.

Bu elementlerin en çok zenginleştikleri evre hidrotermal (\pm pnömatolitik) evredir. Ancak bir miktar bakırın, sıvı ayrışım evresinde ultramafik kayalarla ilişkili nikelli pirotin yatakları içinde zenginleştiği de görülmektedir. Yüzeysel ortam koşullarında Cu ve Zn' nun hareketlilikleri oldukça yüksek iken Pb'un hareketliliği oldukça düşüktür. Sülfürlü minerallerin bozunması sırasında Cu ve Zn, kolayca 2^+ değerlikli iyonlar şeklinde çözüme geçerken, Pb, galenitin anglezite dönüşmesi ile ortamda kalmaktadır. Biyolojik açıdan Cu ve Zn bitkiler için kısmen yararlı iken Pb zararlı etki yapmaktadır(Gökçe, 2006).

2.2 Önemli Yatak Tipleri ve Oluşum Süreçleri

2.2.1 Tabakalı Ultramafik Kayalarla İlişkili Nikelli-Pirotin Yatakları İçinde Bakır Zenginleşmeleri

Tabakalı ultramafik kayalar içinde sıvı ayrışım süreçleri ile oluşan nikelli pirotin yatakları içinde yer yer Cu mineralleri de zenginleşmekte ve bu yatakların değerlendirilmesi sırasında yan ürün olarak kazanılabilmektedir(Gökçe, 2006).

2.2.2 Granitoyitik Kayaçlarla İlişkili Pb-Zn-Cu Yatakları

Oldukça yaygın bir yataklanma biçimi olan granitoyitik kayaçlarla ilişkili Pb-Zn-Cu yatakları plütonik kütle ile ilişkileri bakımından; plütonik kütlede içinde intraplutonik(özellikle Cu), çevre kayaçlarla dokunağında kontak metasomatik ve skarn tipi(özellikle Pb-Zn), çerce kayaçlar içindeki kırık ve çatlaklar içinde ise damar tipi olmak üzere değişik yatak tipleri gözlenebilmektedir.(Gökçe, 2006)

2.2.2.1 İntraplüttonik (Porfiri) Cu Yatakları

Hidrotermal çözeltilerin ürünlerini granitoyitik plütonik kütlelerin iç kısımlarında çökeltilmeleri sonucu oluşmuş yataklardır. bu yatakların oluşabilmesi için plütonik kütlede dış kısmında geçirimsiz bir kabuk oluşması gerekmektedir. Plütonik kütlelerin dış kısımları iri kristalli, iç kısımları ise porfirik dokuludur. Yan kayaçlarının porfirik dokulu olması nedeniyle porfiri Cu yatakları olarak ta adlanmaktadır. Bu yataklar, yitimli yaklaşan plaka sınırlarında (eğimi fazla), asıl yay bölgelerinde oluşmuş I tipi granitoyitlerle ilişkili olup granitoyitler genellikle granit, granodiyorit, tonalit, kuvars monzonit ve diyorit bileşimli olup, kuvars monzonit ve kuvars diyoritler çoğunluktadır. Cevher minerali olarak kalkopirit ve pirit hakim olup, ender olarak sfalerit ve galenit gibi mineraller ile diğer Cu mineralleri de gözlenebilmektedir. Bu yataklar, düşük tenörlü (% 0.4 - 1.0 Cu), fakat büyük rezervli (50 - 500 milyon ton) yataklardır.

2.2.2.2 Kontak Metasomatik ve/veya Skarn Tipi Cu-Pb-Zn Yatakları

Bu yataklar plütonik kütlelerle yan kayaçların (özellikle karbonatlı) dokunağında oluşmuş Cu-Pb-Zn yataklarıdır. I tipi granitoyitler çevresinde oluşmaları Cu bakımından, S tipi granitoyitler çevresinde oluşmaları ise Pb-Zn bakımından zengindirler. Cevher mineralleri ile birlikte bulunabilecek skarn mineralleri ve oluşum sıcaklıkları oldukça değişken olabilmektedir. Hidrotermal çözeltilerdeki su, bazılarında magmatik kökenli iken pek çoğunda plütonik sokulum nedeniyle derinlere inerek ısınmış yüzeysel kökenli su şeklindedir.

2.2.2.3 Damar Tipi Cu-Pb-Zn Yatakları

Bu yataklar, hidrotermal çözeltilerin ürünlerini her türden kayalar içinde gelişmiş kırık zonları boyunca çökeltilmeleri sonucu oluşmuş Cu-Pb-Zn yataklarıdır. Çok yaygın olarak gözlenirler. Rezervleri küçük olmasına karşın tenörleri yüksek olabildiğinden küçük yeraltı ocakları halinde işletilebilmektedirler. I tipi granitoyitler ve mafik volkanik kayalar içinde ve/veya çevresinde oluşanları Cu bakımından, S tipi granitoyitler ve felsik volkanikler içinde ve/veya çevresinde oluşanları ise Pb-Zn bakımından zengindirler. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda oluşanları Cu bakımından, düşük sıcaklıklarda oluşanları Pb ve Zn bakımından zengindir.

2.2.3 Volkanik ve Volkano-Sedimanter Kayalarla İlişkili Yataklar

Bu yataklar, cevher getirici hidrotermal çözeltilerin ürünlerini sulu ortamlar içine boşaltmaları sonucu oluşmuş yataklardır. Çeşitli kaynaklarda volkanojenik, volkanik hidrotermal, eksalatif volkanojenik yataklar gibi değişik isimlerle adlanmaktadırlar. volkanik malzemelerin hakim olduğu yerlerde ve/veya volkanik faaliyetlerle eş zamanlı olarak oluşanları volkano-sedimanter (VHMS tipi) yataklar şeklinde, volkanik faaliyetin durduğu dönemlerde ve/veya bulunmadığı yerlerde oluşanları ise eksalatif sedimanter (SEDEX tipi) yataklar şeklinde tanımlanmaktadırlar (Gökçe, 2006).

Bu yatakları, oluştukları jeotektonik bölgeler ve önemli özellikleri dikkate alınarak;

- besshi / kieslager tipi (yaylar ile ilişkili hendek bölgesinde),
- primitif tip (asıl yay bölgesinde)
- kuroko tipi (yaylarla ilişkili rift bölgesinde)
- kıbrıs tipi (okyanusal kabuk malzemesinin veya alpin tipi ofiyolitik karışıkların üst seviyelerinde)

yataklar şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Tüm bu yatak tiplerinde gözlenen ortak özellikleri;

- cevherli çözeltilerin geldiği kanalların derin kesimlerinde damar tipi üst kesimlerinde stockwork tipi, cevherli çözeltilerin su içine boşaldıkları yerlerde ise masif ve/veya bantlı tip cevherleşmelerin gözlenmesi
- kenar kesimlerde jips ve barit içeren sülfatlı çökellerin, en üst kesimlerde ise demirce zengin çört ve tüflerin bulunması

şeklinde özetlemek mümkündür.

2.2.4 Taneli Sedimanter ve Şeyl Yankayaçlı Stratiform Cu-Pb-Zn Yatakları

Dünya Cu, Pb ve Zn üretiminin yarısına yakın bir kısmı bu yataklardan yapılmaktadır. Kalınlıkları ince, ancak yanal devamlılıkları oldukça fazla olan yataklardır. Tenörleri de diğer yataklardan daha düşük değildir. Bu yataklardan masif yapılı olanlarının, sedimanter yan kayaçlı masif sülfid yatakları (SHMS) şeklinde adlandırıldıkları da görülmektedir.

Bu yatakların yan kayaçları, genellikle kıta içi bir havzada, kristalin bir masif üzerinde gelişen grabenimsi jeotektonik ortamlar içinde transgresif olarak çökelmiş ve daha sonra metamorfizma geçirmiş; konglomera, kuvarsit, kiltası, bitümlü şeyl, dolomit, kumtaşı, kireçtaşı ve dolomitik şeyllerden oluşan metasedimanter kayaçlar şeklindedir. Yer yer tüflü volkanik malzemelerin, yer yer ise organik madde içeriklerinin arttığı gözlenmektedir.

Cevher minerali olarak, pirit, kalkopirit, sfalerit, kalkosin, kovellin ve bornit yaygın olarak gözlenmektedir. Yataklardaki Cu, Pb ve Zn içerikleri çok değişken olup, yataktan yatağa bu elementlerden birisi hakim hale gelebilmektedir.

2.2.5 Karbonat Yan Kayaçlı, Strata-bound Tipi Pb-Zn Yatakları

Granitoyitlerle karbonatlı kayaçların dokunağında gözlenen, kontak metasomatik ve/veya skarn tipi yataklar dışında tutulan, bu tip Pb-Zn yatakları oldukça yaygındır. Magmatik kütlelerle doğrudan herhangi bir ilişkileri bulunmamaktadır.

Kalın karbonat istifleri içinde düzensiz şekilli kütleler halinde gözlenmektedirler. Karbonatlı kayalar içinde cevherleşmeler değişik özelliklere bağlı olarak zenginleşebilmektedir. Kamalı fasiyes değişiklikleri, çözünme boşlukları, göçmüş mağaralar ve fay zonları önemli zenginleşme yerleridir.

2.2.6 Konglomera ve Kumtaşları İle İlişkili Karasal Kurak Havza (Red-bed) Tipi Cu Yatakları

Bakır içeriği yüksek kayalar (ultramafik, mafik ve andezitik) ile kıyısı olan veya malzeme gelişi olan sulu ortamlara kırıntılar içinde veya su içinde çözülmesi olarak önemli miktarda bakır getirmesi olmaktadır. Bakırın su içinde çözünmesi süreci, sedimanların birikmesi sırasında ve diyajenez evresinde formasyon sularının hareketi sırasında da devam etmektedir. Bu şekilde formasyon suları içinde zenginleşen Cu^{++} iyonları, aşırı doygunlaşma veya ortam koşullarının indirgenleşmesi sonucu konglomera ve kumtaşı taneleri arasındaki boşluklarda nabit bakır veya malahit - azurit dolguları şeklinde çökelmektedir. Bu tip yataklar bakır üretiminin kolay olması nedeniyle çok eski devirlerden beri bilinmekte ve işletilmektedir. Çok düzensiz şekilli, devamlılıkları ve tenörleri çok değişken olan yataklardır.

2.2.7 Cu-Pb-Zn Yataklarının Yüzeysel Koşullarda Zenginleşmesi

Daha önce, yüzeysel koşullarda maden yataklarının oluşumu bölümünde, tartışıldığı gibi sülfürlü mineraller yüzeysel koşullarda kimyasal bozunmaya en dayanıksız minerallerdir. Suyun ve O_2 , CO_2 gibi gazların etkisi ile kolayca sülfatlı minerallere dönüşürler. Sülfatlı minerallerden çözünürlüğü yüksek olanlar su içinde kolayca iyonlaşır ve çözülmesi olarak daha alt seviyelere taşınırlar veya tamamen ortamdaki uzaklaşırlar. Çözünürlüğü düşük olanlar ise bozunma zonunda kalarak zenginleşirler. Bunun sonucu olarak birincil cevherleşmeye göre sığ kesimlerde kurşunun, yer altı su seviyesi civarında ise bakır ve çinkonun ikincil mineraller halinde zenginleştiği görülmektedir. Bu tür oluşumların, özellikle büyük boyutlu yataklarda önemli derecede farklılaşmalara ve ikincil zenginleşmelere neden olduğu görülmektedir.

2.3 Kurşun-Çinko-Bakır Madenciliğinin Dünya'daki Durumu

Dünya metal madenciliğinde önemli bir yere sahip olan kurşun – çinko ve bakır maden işletmelerinin büyük çoğunluğu yer altı işletmesi olarak çalışmaktadır. Buna karşın gelişen teknolojiye bağlı olarak özellikle kazı, yükleme ve taşımada elde edilen büyük ilerleme ile maden üretim kapasitesi 10.000 ton/gün seviyelerine ulaşmıştır(www.ekutup.dpt.gov.tr).

Kurşun, çinko ve bakır cevherlerinin dünya çapındaki 2009 yılına ait metal eşdeğeri cevher üretim rakamları Tablo 2.1 de verilmektedir.

Tablo 2.1 2009 yılı Pb-Zn-Cu üretimi(1000 ton)(minerals.usgs.gov)

ülke	Pb	Zn	Cu
Çin	1690	2800	960
Avustralya	516	1300	900
USA	400	690	1190
Peru	305	1470	1260
Meksika	155	520	250
Bolivya	100	-	-
Kanada	95	730	520
Hindistan	88	650	-
Rusya	78	-	750
İsveç	70	-	-
İrlanda	50	330	-
Güney Afrika	50	-	-
Polonya	40	-	440
Kazakistan	-	490	410
Şili	-	-	5320
Endonezya	-	-	950
Zambiya	-	-	655
Diğer	268	2090	2180
TOPLAM	3905	11070	15785

Dünyadaki kurşun, çinko ve bakır madenlerinin güncel rezervlerinin üretimde önemli pay sahibi ülkelere göre dağılımları Tablo 2.2 de yer almaktadır.

Tablo 2.2 Dünya Pb-Zn-Cu rezervi(1000 ton)(minerals.usgs.gov)

ülke	Pb	Zn	Cu
Çin	12.000	33.000	30.000
Avustralya	23.000	21.000	24.000
USA	7.700	14.000	35.000
Peru	6.000	19.000	63.000
Meksika	4.700	14.000	38.000
Bolivya	1.400	-	-
Kanada	700	8.000	8.000
Hindistan	2.600	10.000	-
Rusya	900	-	20.000
İsveç	1.300	-	-
İrlanda	500	2.000	-
Güney Afrika	300	-	-
Polonya	3500	-	26.000
Kazakistan	-	17.000	18.000
Şili	-	-	160.000
Endonezya	-	-	31.000
Zambiya	-	-	19.000
Diğer	14000	62.000	70.000
TOPLAM	78.600	200.000	542.000

2.4 Türkiye’de Durum

2.4.1 Rezerv

Türkiye, dünya kurşun rezervinin %0,72’sine, dünya çinko rezervinin %0,69’una, dünya bakır rezervinin ise %0,37’sine sahiptir(www.mta.gov.tr).

Türkiye’de

Pb	860.387 (metal Pb)
Zn	2.294.479 (metal Zn)
Cu	1.697.204 (metal Cu)

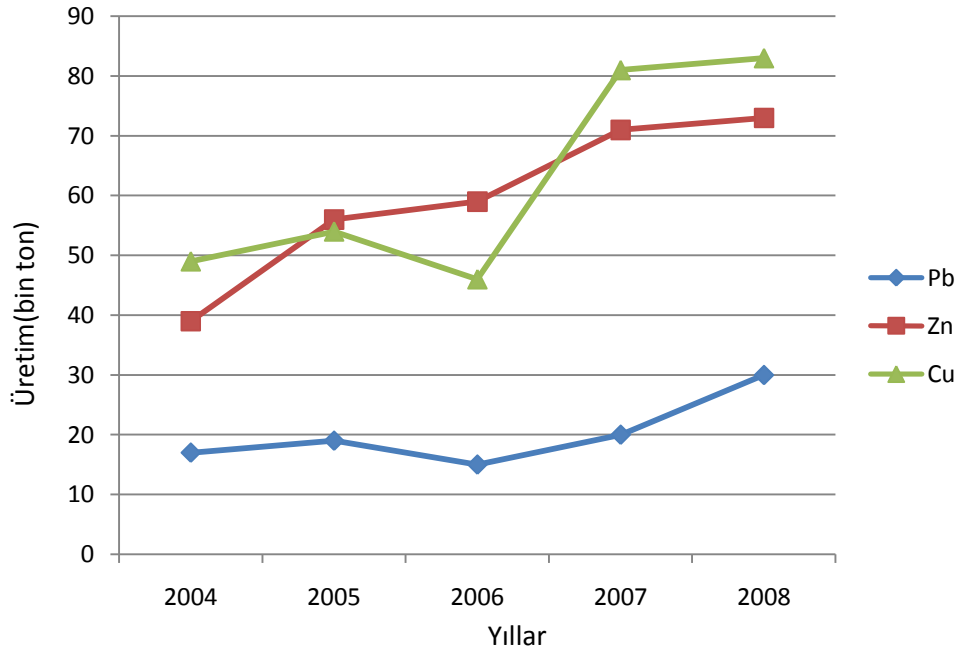
görünür + muhtemel rezerv bulunmaktadır(www.mta.gov.tr)

2.4.2 Üretim

Kurşun – çinko ve bakır cevherlerinin 2004 – 2009 yılları arasındaki değerleri Tablo 2.3 te görülmektedir. Bu değişimleri gösteren grafik Şekil 2.1 de yer almaktadır.

Tablo 2.3 Yıllara göre üretim miktarı(minerals.usgs.gov)

	2004	2005	2006	2007	2008
Pb	17.000	19.000	15.000	20.000	30.000
Zn	39.000	56.000	59.000	71.000	73.000
Cu	49.000	54.000	46.000	81.000	83.000



Şekil 2.1 Yıllara göre üretim değişimi(minerals.usgs.gov)

2.5 Türkiye Kurşun – Çinko - Bakır Yatakları

2.5.1 Genel Dağılım

Ülkemiz Cu-Pb-Zn yatakları bakımından oldukça değişik tip yatakların gözlendiği bir ülkedir. Bu yatakların yurt madenciliğindeki payı önemli sayılabilecek düzeydedir. Şekil 2.2 de yer alan ülkemizde üretim yapılan önemli bölge ve/veya yatakları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- i. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Cu \pm (Zn, Pb) yatakları
- ii. Doğu Karadeniz Bölgesi Cu-Pb-Zn yatakları
- iii. Toros Karbonat Kuşağı Pb-Zn yatakları
- iv. Batı Anadolu Bölgesi Pb-Zn \pm Cu yatakları
- v. Küre (Kastamonu) Bölgesi Cu yatakları
- vi. İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri Cu-Pb-Zn yatakları
- vii. Diğer Yataklar



Şekil 2.2 Türkiye Pb-Zn-Cu yatakları (Gökçe, 2006)

2.5.2 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Cu \pm (Zn, Pb) Yatakları

Bölgedeki önemli cevherleşmeler arasında Elazığ - Maden (Ergani), Elazığ - Sivrice, Diyarbakır - Lice, Siirt - Madenköy yatakları sayılabilir. Bu yataklar Arap ve Anadolu plakalarının çarpışma hattı boyunca yüzeyleyen ofiyolitik kuşağa paralel

olarak uzanan, mafik volkanik kayaç toplulukları içinde gözlenmektedir. Hattın batı ucu Kıbrıs Adasına kadar uzanmakta olup, yöredeki yataklar Kıbrıs tipi yatakların tipik örnekleri olarak bilinmektedirler. Eski tarihli çalışmalarda, bu tip yatakları içeren mafik volkanik kayaçların ofiyolitlerin bir bileşeni olduğu düşünülürken son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda ofiyolitlerden daha sonra oluşmuş Eosen yaşlı volkanik kayaçlar oldukları düşünülmektedir (Gökçe, 2006).

2.5.3 Doğu Karadeniz Bölgesi Cu-Pb-Zn Yatakları

Doğu Karadeniz Bölgesi 400' den fazla Cu-Pb-Zn yatağının bulunduğu büyük bir metalojenik provens niteliğindedir. Bölgenin kuzeydoğu kesiminde stockwork, masif ve stratiform cevherleşmeler, batı ve güney kesimlerinde ise damar tipi cevherleşmeler yaygındır. Bölgedeki stockwork, masif ve stratiform yataklar Japonya'daki Kuroko yataklarına benzediklerinden kuroko tipi yataklar olarak adlanmaktadırlar. Bu tip yataklar, bölgede hakim olan Liyas - Kuvaterner yaşlı volkano- sedimanter istifin Üst Kretase yaşlı dasitik seviyelerinde yer almaktadırlar. Murgul (Artvin) Yöresi'ndeki Anayatak ve Çakmakkaya, Çayeli (Rize) Yöresi'ndeki Madenköy, Sürmene (Trabzon) Yöresi'ndeki Kutlular, Tirebolu (Giresun) Yöresi'ndeki Köprübaşı, Espiye (Giresun) Yöresindeki Lahanos, Killik, Kızılkaya, Karılar ve Karaoluk yatakları, bu yatakların tipik örnekleridir. Yatakların hepsinde tip bir kesit gözlenmemekle birlikte alt seviyelerde stockwork tipi, orta seviyelerde masif, üst seviyelerde ise bantlı tip cevherleşmeler gözlenmektedir. Bu yatakların su altı volkanik faaliyetlerinin durakladığı dönemlerde gelişen hidrotermal faaliyetlerin ürünü olarak eksalatif sedimanter süreçlerle oluştuğu büyük bir araştırmacı grubu tarafından kabul edilmektedir. Kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri sülfürlü minerallerin yapısındaki kükürdün magmatik kökenli, hidrotermal çözeltilerdeki suyun ise meteorik kökenli olduğunu göstermektedir(Gökçe,2006).

Damar tipi yatakların en önemli örnekleri ise, Bulancak (Ordu), Koyulhisar (Sivas), Şebinkarahisar (Giresun) ve Torul (Gümüşhane) civarlarında gözlenmektedir. Bu bölgedeki yataklar, Türkiye bakır rezervinin % 61' ini (masif

sülfür yatakları % 43, damar tipi yataklar % 1, porfiri yataklar % 17), kurşun rezervinin % 17,6'sını, çinko rezervinin ise % 49'unu içermektedirler.

2.5.4 Toros Karbonat Kuşağı Pb-Zn Yatakları

Bu yataklar Orta ve Doğu Toroslar bölgesinde yaygın olarak gözlenen karbonatlı kayaçlar içinde oluşmuş yataklardır. Genellikle kireçtaşları içinde boşluk dolgusu (strata-bound) tipi yataklar şeklinde gözlenmektedirler. Bu yatakların önemli örnekleri, Hadim-Bozkır, Ulukışla-Bolkardağı ve Yahyalı (Aladağlar ve Zamantı) Bölgelerinde ve Gazipaşa - Karalar yöresinde gözlenmektedirler. Oldukça düzensiz şekilli kümeler şeklinde gözlenen bu yataklarda simitsonit, serüzit, anglezit, hidrozinkit gibi mineraller yaygın olup, galenit, sfalerit, pirit, arsenopirit, markazit, nabit gümüş ve altın gibi minerallerde gözlenebilmektedir. Bu bölgedeki yataklar, Türkiye kurşun rezervinin % 5,8' ini, çinko rezervinin % 8,4' ünü içermektedirler(Gökçe, 2006).

2.5.5 Batı Anadolu Bölgesi Kurşun Çinko Bakır Yatakları

Batı Anadolu Bölgesindeki kurşun çinko bakır yatakları, bölgede yaygın bir şekilde yüzeyleyen metamorfik, volkanik ve granitoyitik kayaçlarla ilişkilidirler. Balıkesir - Çanakkale bölgesindeki Balya, Handeresi, Bağırkaç, Tozlu, Küserlik, Yenice, Dursunbey ve Kuru yatakları, Manisa - Selendi Yöresindeki Rahmanlar yatağı ve İzmir - Bayındır Yöresindeki Sarıyurt yatağı Batı Anadolu Bölgesindeki en önemli yataklardır. Bu yatakların oluşumları tartışmalı olup, bir kısmı metamorfizma öncesi oluşmuş ve metamorfizma geçirmiş, bir kısmı ise metamorfizmadan daha sonra volkanik ve plütonik faaliyetlerle ilişkili hidrotermal süreçlerle oluşmuş cevherleşmelere ait özellikler göstermektedirler. Bu bölgedeki yataklar, Türkiye kurşun rezervinin % 62'sini, çinko rezervinin % 30,5' ini ve bakır rezervinin % 1' ini içermektedirler.

2.5.6 Küre (Kastamonu) Bölgesi

Küre Bölgesi yatakları, yastık yapılı sipilitik bazaltlar içinde oluşmuş, Kıbrıs tipi yataklardır. Aşıköy ve Bakibaba Yörelerinde iki ayrı yatak işletilmektedir. Ayrıca çok sayıda küçük boyutlu cevherleşme bilinmektedir. Yataklarda cevherleşmenin tabanında yastık yapılı bazaltlar, tavanında ise breşleşmiş yastık yapılı bazaltlar bulunmaktadır. Cevherleşmeler alt seviyelerde ağsı, üst seviyelerde ise masif görünümlüdürler.

Cevherleşme içinde, pirit, kalkopirit, bornit, kovellin, sfalerit, dijenit, markasit, tennantit, karolit gibi minerallerin varlığı saptanmıştır. Bu yataklarda rezerv genellikle az olup (Aşıköy yatağında 10 milyon ton kadar, diğerlerinde 50 000 ile 500 000 ton arası), Cu yanı sıra Co (% 0.3) ve Au (2.5 g/t) içerikleri de yüksektir. Bu bölgedeki yatakların Türkiye bakır üretimindeki payı oldukça yüksek olup, Türkiye bakır rezervinin % 7' sini içermektedirler.

2.5.7 İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri Cu-Pb-Zn Yatakları

İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde Akdağmadeni ve Keban Pb-Zn yatakları uzun zamandır üretim yapılan önemli yataklardır. Bu yataklar Türkiye kurşun rezervinin % 8,8' ini, çinko rezervinin ise % 2' sini içermektedirler. Akdağmadeni bölgesinde cevherleşmeler, gnays ve mermerlerin hakim olduğu metamorfite kesen granitoyitler çevresindeki skarn zonlarında gelişmiş düzensiz şekilli kütleler ve damarlar şeklindedir. Karapiri Köyü, Akçakışla Köyü ve Tat Deresi yatakları bölgede üretim yapılan en önemli yataklardır. Keban yatağında Pb-Zn cevherleşmesi, kalk şist, grafit şist, kristalize kireçtaşı ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfite içine sokulum yapan siyenitik kayaçların masif kireçtaşı - serisitli şist dokunağını kestiği yerde kısmen metasomatik kısmen ise çatlak dolgusu tipi oluşumlar ve/veya şist - kireçtaşı dokunaklarında mercerler şeklinde gözlenmektedir. Günümüzde yataktaki cevherin tamamına yakın bir kısmı işletilmiş bulunmaktadır. Diğer yandan Çorum - Çankırı havzasında, Bayat ve Sungurlu (Çorum) ilçeleri çevresinde, Neojen yaşlı konglomera ve kumtaşları içinde karasal kurak havza tipi

oluşumlar yaygındır. Bu oluşumlar Neojen yaşlı sedimanter havzanın tabanında çökelmiş konglomera ve kumtaşları içinde, taneler arası boşlukları dolduran nabit bakır, malahit ve azurit oluşumları şeklindedir. Ekonomik olarak işletilebilir bir zenginleşme bilinmemektedir.

2.5.8 Diğer Yataklar

Ülkemizin değişik kesimlerinde oldukça değişik kayaç türleri içinde oldukça değişik süreçlerle oluşmuş küçük boyutlu Cu-Pb-Zn cevherleşmeleri gözlenebilmektedir. Bunların pek çoğu ekonomik olarak işletilebilecek yatak boyutunda değildir. Ülkemizdeki granitoyitik kayaçlardan bazılarında porfiri tip Cu zenginleşmeleri bulunmaktadır. Tenörleri düşük olduğundan (genellikle % 0,3' ten daha düşük) günümüz için potansiyel kaynak durumunda olan bu zenginleşmelerin en önemlileri, Merzifon-Bakırçay, Erzurum-Ispir-Ulutaş, Kırklareli-Dereköy, Kırklareli-Demirköy-Şükrüpaşa, Kırklareli-Demirköy-İkiztepeler, Trabzon-Maçka-Güzelyayla, Elazığ-Keban-Nazlıziyaret şeklinde sıralanabilir. Ülkemizde değişik yerlerde kuşaklar şeklinde gözlenen granitoyitlerin petrolojik ve metalojenik özelliklerinin incelenmesi ve porfiri tip bakır yatakları içerip içeremeyeceklerinin belirlenmesi çok yararlı olacaktır.

2.6 Çanakkale-Yenice-Kalkım Kurşun, Çinko, Bakır Cevherleşmesi Jeolojik Özellikleri

2.6.1 Jeolojik Konum

Handeresi yöresinde birlikte ele alınması gereken çok sayıda zuhur bulunur. Yörenin başlıca kayaçları granitik — granodiyoritik intrüzyonlarla, daha yaşlı metamorfik şistlerdir.

Granitler ve Granodiyoritler, Handeresi cevherleşmesiyle çok yakından ilişkilidirler. Metamorfik şistler Handeresi yöre-sinde çok geniş bir alanda görülürler. Belirgin yapraklanma gösteren şistler içerdikleri minerallere göre

isimlendirilmekte ve yer yer kalk—şist mercek ve tabakaları kapsamaktadırlar. Genel doğrultuları GGD—KKB, eğimleri 25° - 60° D olan şistlerden karbonatlı (kalsit), serisitli, kloritli ve killileri birkaç ayrı düzey halinde cevher mineralleri içerirler. intrüzyonun kontakt zonunda, cevherli düzeylerle birlikte granat, diyopsid, aktinolit, epidot, albit, tremolit, klorit, serisit, kuvars ve kalsit gibi skarn mineralleri de bulunmaktadır.

Handeresi yöresinde görülen Çatalak dere kurşun—çinko yatağı K 60° D doğrultulu ve 30° D eğimli bir bant olarak ortaya çıkmaktadır. Kontakt zonu içerisinde bulunan bu cevher zonu 0.5—1 m. kalınlıkta olup, içinde cevher mineralleri açısından çok fakir kesimler bulunmaktadır. Handeresi içindeki diğer cevherli zonlar Çatalak dere cevherleşmesinin devamı gibidir(Tufan, 2003)

2.6.2 Mineraloji

Kalkım bölgesi zuhurları örneklerinde sırasıyla galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit, manyetit, hematit, kovellin ve limonit izlenmiştir(www.mta.gov.tr)

Galenit; öz biçimli, yarı öz biçimli ve öz biçimsiz iri kristaller halinde sfaleritle iç içe, yan yana büyümüş olarak bulunur. Galenit, bazen kalkopirit ve sfaleritle kenetli halde bulunmakta olup, içinde yuvarlağımsı sfalerit ve kalkopirit tanecikleri içermektedir. Bu sfalerit ve kalkopirit tanecikleri daha çok kapanımlara benzemektedirler. Galenit idyomorf granatların arasını doldurmuş ve granatları tamamen sarmış olarak da bulunur. Galenit içindeki kama ve kamacık biçimli dilinim kırılma boşlukları değişik doğrultulara yöneliktirler. Çok iri taneli zonlu yapı gösteren idyomorf granatlar içinde ufak galenit tanecikleri bulunur. Bunlar galenitin granatı ornatması sonucu oluşmuştur.

Sfalerit; genellikle alio trio morf, yuvarlağımsı iri taneli oluşumlar halinde bulunur. Galenit ve çok az kalkopiritle kenetli halde izlendiği gibi, yalnız başına bulunan sfalerit kristallerine de rastlanır. Sfalerit nadiren öz ve yarı öz

biçimli kristaller oluşturmaktadır. Sfaleritin iç yansıtımalarının oldukça açık renkli olması, FeS bakımından fazla zengin olmadığına işaret eder. Sfalerit kısmen kalkopirit ayrılımları içermektedir. Sfalerit oluşumları bazen içlerinde gang minerali kapsayarak idyoblastik doku gösterirler. Sfaleritte galenit gibi idyomorf granatların etrafını çepeçevre sarmakta, granat ve pirit gibi minerallerin çatlaklarını doldurmaktadır.

Pirit; az miktarda öz biçimli, yarı öz biçimli ve öz biçimsiz kristaller, ayrıca iskeletler şeklinde bulunur. Pirit yer yer kataklastik yapı göstermekte olup, çatlakları diğer sülfid mineralleriyle doldurulmuştur. İncelenen örneklerde piritin, öncelikle öz ve yarı öz biçimli olanlarının en yaşlı sülfid mineralleri olduğu kanısına varılmıştır.

Kalkopirit; genellikle alio trio morf oluşuklar halinde, kalkopirit ayrılımı içeren sfalerit taneleri ile kenetli halde bulunmaktadır. Bazen sfalerit—kalkopirit büyümesine galenit de katılmaktadır. Ayrıca dörtgen biçimli kalkopirit tanecikleri de izlenmiştir. Sfalerit içinde ayrılımlar, galenit içinde kapanımlar halinde izlenebilen kalkopirit, bazen piritlerin kataklastik çatlaklarını doldurarak piritten daha genç olduğunu ortaya koyar. Yer yer kataklastik doku gösteren kalkopirit taneleri görülmüş ve kalkopiritin kenar ve çatlakları boyunca koveiin + limonite dönüşüğü saptanmıştır.

Manyetit; eser miktarda olup, gang içinde yarı öz biçimli, öz biçimsiz ufak oluşuklar, veya granat çatlaklarını dolduran çok ince damarcıklar halinde izlenmiştir. Genellikle kısmen hematite dönüşme gösteren manyetit taneleri keçemsi bir doku gösterirler.

Hematit; manyetitten biraz daha fazla bulunursa da, kısmen manyetitten dönüşerek oluşmuştur. Çoğunlukla ışınsal çubukçuk (Levha kesiti) demeti şeklinde izlenen hematit, bazen tek çubukçuk ve iskelet biçimli oluşuklar halindedir.

Kovellin + limonit; kalkopirit ve piritin dönüşmesi sonucu oluşmuş ikincil minerallerdir. Bu minerallere daha çok cevherleşmenin dış tesirlere açık olduğu kesimlerde rastlanır ve böyle yerlerde bazen galenit ve seruzite dönüşme gösterir. Fakat bu tür ikincil minerallere Kalkım Bölgesi zuhurlarında çok eser miktarda rastlanır, incelenen parlak kesitlerin örneklerinden yapılan ince kesitlerde gang mineralleri olarak; çok güzel zonlu yapı gösteren öz biçimli granat, diyopsid, epidot, aktinolit, tremolit, albit, zoisit, klorit, serisit, kuvars ve kalsit izlenmiştir.

2.6.3 Kökeni

Kalkım Bölgesi zuhurları Dursunbey yatağında rastlanan hemen tüm maden ve gang minerallerini içermekte olup, jeolojik yapısı bakımından ona çok benzemektedir. Kalkım Bölgesinde de cevherleşme benzer metamorfik şistler (öncelikle kalk şist) içinde granitik — granodiyoritik intrüzyonun kontakt zonu içinde yer almaktadır. Cevherli zon intrüzyona 100—200 m gibi çok yakın bir uzaklıkta bulunmaktadır. Böylece Kalkım Bölgesinde de kontakt zuhurlar oluşmuş ve cevher getirici olarak granitik—granodiyoritik magma kabul edilmiştir. Asidik magmaya bağlı cevher içerikli eriyiklerin getirdiği mineraller yan kayaç şistler içine öncelikle kolayca girebilecekleri şistozite aralıklarına, ayrıca boşlukları seçerek ve kolayca reaksiyona girebilecekleri mineralleri (örneğin CaO bakımından zengin mineraller) oynatarak yerleşmişler, böylece şistoziteye uyumlu sıralanmış maden mineralleri içeren benekli ve bantlı cevherler oluşturmuşlardır(mta.gov.tr).

BÖLÜM ÜÇ

KURŞUN-ÇİNKO-BAKIR CEVHERLERİNİN ZENGINLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

3.1 Flotasyon Dışı Zenginleştirme Yöntemleri

Kurşun, çinko, bakır madenciliğinin ilk dönemlerinde yüksek tenörlü cevherler tavuklama işlemi ile zenginleştirilerek izabeye hazırlanmıştır. Düşük tenörlü ama büyük rezervli, ekonomik anlamda büyük önem taşıyan cevherin izabeye hazırlanması için, zamanla geliştirilen gravite yöntemi uygulanmıştır. Cevher minerallerinin gang minerallerine kıyasla daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmaları düşük tenörlü, iri tanede serbestleşen cevherlerden yüksek tenörlü konsantreler üretmeye olanak sağlamıştır.

Kurşun, çinko, bakır cevherlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan gravite esaslı zenginleştirme yöntemleri;

- Flotasyon tesisine beslenen cevherin tenörünün yükseltmek ve cevher içermeyen gangın flotasyona girmesini önlemek amacı ile ön zenginleştirme yöntemi olarak
- İri tanede serbestleşen cevherlerden iri taneli konsantre oluşturarak, flotasyon masraflarını düşürmek için
- Flotasyon ile zor zenginleşen oksitli cevherlerden konsantre üretebilmek için

uygulanmaktadır(Çilingir,1996)

Gravite yöntemlerinin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre, gerek işletme, gerekse yatırım maliyetleri açısından oldukça ucuz olmasına karşılık, metal kazanma verimlerinin düşüklüğü, kaçakların önlenememesi ve selektif ayırmaya tam uyum sağlayamaması dezavantaj olmaktadır. Bu yöntem daha çok ön zenginleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda gravite ayırmasında küçük taneli cevherlerin (-0.5 mm) zenginleştirilmesinde geliştirilmiş Multi Gravite Ayırıcısı da (MGS) sarsıntılı masalara bir alternatif olarak yer almaktadır(www.dpt.gov.tr).

3.2 Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirme

Kompleks kurşun-çinko-bakır cevherlerinin zenginleştirilmesinde flotasyon ile zenginleştirme önemli bir yer tutmaktadır. Kompleks kurşun-çinko-bakır cevherlerinde konsantré üretim seçenekleri,

- Tamamı ile selektif kurşun, çinko ve bakır konsantréleri
- Selektif kurşun, çinko, bakır konsantréleri ve temizleme devresi artıklarından bulk konsantré üretimi
- Selektif bakır konsantrési ve kurşun-çinko bulk konsantrési

olarak sıralanabilmektedir(Bulatovic, 2007)

3.2.1 Selektif Konsantré Üretim Yöntemleri

Polimetalik kompleks cevherlerin flotasyonunda önce sfalerit ve varsa pirit bastırıldıktan sonra ilk flotasyon aşamasında bakır ile kurşun birlikte yüzdürülür. Bu devrenin artığı çinko devresine beslenerek çinko aktive edilip yüzdürülür. Eğer cevher pirit içeriyorsa çinko devresi artığı pirit devresine beslenerek pirit konsantrési elde edilir. İlk aşamada üretilen, bulk kurşun-bakır konsantrési yeni bir flotasyon devresine beslenir ve seçime göre kurşun veya bakır bastırılarak birbirinden ayrılır(Bulatovic, 2007).

3.2.1.1 Sfaleritin Bastırılması

Aktive edilmemiş sfaleritin kalkopirit ve/veya galenitten ayrılması genellikle sorun yaratmaz. Ancak bazı kompleks cevherlerde sfalerit, jeolojik süreç içerisinde yer alan doğal oksidasyon nedeniyle bakır minerallerinden çözünen Cu^{+2} ve bazı durumlarda da kurşun minerallerinde çözünen Pb^{+2} tarafından yerinde doğal olarak aktive olmuş olabilir. Bu durumda sfaleritin, kalkopirit veya galenitten ayrılması çok ciddi bir sorun oluşturabilir. Bu doğal aktivasyonun NaCN, ZnSO_4 , SO_2 gibi kimyasal maddelerle giderilmesi gerekir. Sfaleritin, bakır-kurşun veya bakır flotasyonu aşamasında başarılı bir şekilde bastırılması gerekliliğinin nedenleri şunlardır(Bayraktar, 1996).

- Üretilen bakır konsantresinde çinko istenmeyen bir safsızlıktır ve içeriği ne kadar fazla olursa bakır konsantresine Pazar bulmak o kadar zor olur. Genellikle %5' ten daha fazla çinko içeren bakır konsantrelerinin pazarlanması zordur.
- Bakır konsantresi içinde çinko içeriğinin artması diğer bir deyişle sfaleritin bastırılmaması, çinko konsantre veriminin düşmesine de neden olacaktır.

Bu nedenler, işletme karlılığını doğrudan etkileyen etkenlerdir. Polimetalik kompleks cevherlerde selektiviteyi olumsuz etkileyen bir diğer neden de oldukça ince öğütme gereksinimidir. İnce öğütme, bir yandan yüksek düzeyde seçicilik için gereklilik oluşturmakta, öte yandan öğütme-sınıflandırma sistemi iyi kontrol edilemeyen işletmelerde problem kaynağı olmaktadır. Çünkü sülfürlü minerallerin flotasyon hızları, diğer bir deyişle flotasyon verimleri ile tane boyları arasında bir ilişki vardır. Genelde 10 mikrondan daha küçük sülfürlü minerallerin flotasyonu güçtür, dolayısıyla verim kaybına yol açar.

Sfaleritin, NaCN ve/veya ZnSO₄ ile bastırılması, göreceli eski bir teknik olduğu için bütün flotasyon ders kitaplarında yer almaktadır. Bu nedenle bu yazıda sadece son yıllarda hemen hemen tüm tesislerde NaCN'ün yerini alan SCV'nin sfaleriti bastırması üzerinde kısaca durulacaktır. SO₂ 'nin, NaCN'ün yerini almasının başlıca nedeni ise, siyanürün yaratabileceği potansiyel çevre sorunu yada bu sorunu ortadan kaldırmak için büyük harcamaların zorunlu olmasıdır.

Kükürtdioksitin sfaleriti bastırma mekanizması üzerinde yapılan çalışmalar, flotasyon ortamında Zn⁺² veya Ca⁺² iyonu olması durumunda, sfalerit yüzeyinde hidrofilik ZnSO₃ ya da CaSO₃ tabakası oluştuğunu iddia etmektedir. Bunun yanında selektiviteye yardımcı olduğu sanılan diğer bir bulgu da SO₂'nin ksantatları dekompoze ederek ortamdaki toplayıcı miktarını kontrol etmesidir.

SO₂(g) yerine Na₂SO₃ ve/veya Na₂S₂O₅ kullanılması da mümkündür. SO₂(g) daha ucuz olmakla birlikte, özel tanklar ve besleme sistemi gereksinimi

nedeniyle ilk yatırımı Na_2SO_3 ve/veya $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e göre çok yüksektir (Bayraktar, 1996).

Yukarıda verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere SO_2 'ni n sfalerit ve piriti bastırmadaki rolü henüz çok iyi anlaşılmiş değildir. Fakat endüstriyel bakış açısından, SO_2 , kireç ile birlikte kullanıldığında $\text{NaCN}/\text{ZnSO}_4$ kombinasyonundan daha iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle artık dünyada $\text{NaCN}/\text{ZnSO}_4$ kombinasyonunu kullanan tesis hemen hemen hiç kalmamıştır (Bayraktar, 1996).

3.2.1.2 Kurşunun Bastırılması

Genellikle yeğlenen bir yöntemdir ve üç farklı şekilde gerçekleştirilir(Bulatovic, 2007):

a- Kromat Yöntemi:

Kromatlar ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ veya $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) çok eskiden beri bilinen galenit basımcılarıdır. Genellikle nötr pH da, 1-2 kg/ton kullanılarak galenit bastırılır. Göreceli pahalı bir işlem olması yanında ayrıca ülkemizin ve pek çok ülkenin su kirliliği kontrol yönetmeliklerine göre tesis artık sularında kromun 1 ppm den fazla olmaması zorunluluğu bu yöntemin terk edilmesine neden olmuştur.

b- Sodyum Metabisülfid Yöntemi:

Bu yöntemde kurşun bastırıcı olarak kullanılan sodyum metabisülfid($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) genellikle öğütme aşamasında sisteme çinko sülfat ile birlikte veya çinko sülfat olmadan ilave edilir. Daha sonra bakır, dithiofosfat(R208), dithiokarbonat(X-31), etil ksantat veya ksantat ve dithiofosfat kombinasyonları kullanılarak flote edilir.

c- SO_2 - Nişasta Yöntemi:

Bakır, kurşun bulk konsantresi önce SO_2 ile pH 4-5 arasında kondüsyonlanır sonra nişasta, dextrin gibi doğal polimerler ilave edilerek galenit bastırılır, kalkopirit yüzdürülür. Bastırma işlemi öncesi bazı durumlarda aktif karbon kullanılması iyon derişimini kontrol ettiğinden yararlı olmaktadır. Ayrıca bazı tesislerde bastırma işlemi 70° de yapılarak daha etkin bir ayırım sağlandığı iddia edilmektedir.

Bu yöntemle, düşük tenörlü, sfalerit ve pirit içeren bakır-kurşun bulk konsantrelerinden göreceli daha temiz bakır ve kurşun konsantreleri üretilebilmektedir.

3.2.1.3 Bakırın Bastırılması

Bu yöntem, bakır-kurşun bulk konsantrede, kurşun tenorunun bakıra eşit veya ondan küçük olduğu ve ayrıca bakırın kalkopirite bağlı olması halinde kullanılmaktadır. Oldukça yüksek dozlarda NaCN kullanılarak (100-500- g/t) kalkopirit bastırılır. Bakır-kurşun bulk konsantresi içinde kovellin, kalkosin gibi sekonder bakır minerallerinin bulunması halinde bu minerallerin siyanürlü çözeltilerde çözünmeleri nedeniyle siyanür tüketimi aşırı artmaktadır. Sekonder minerallerin varlığında NaCN yerine Na_2S ve Zn-Siyanid kompleksi kullanmak daha iyi sonuçlar vermektedir. Öte yandan cevher içinde önemli oranda tetrahedrit ve/veya tennantitin varlığı bu yöntemin kullanılabilirliğini olumsuz etkiler. Çünkü anılan bu mineraller, çok aşırı siyanür dozlarında bile (500-1000 g/ton NaCN) başarıyla bastırılmamaktadır

Bu yöntemin kullanılmasını olumsuz etkileyen diğer bir nokta da siyanürün soy metalleri çözmesidir. Bazı durumlarda soy metal kaybı önemli boyutlara ulaşabilir. Sözü edilecek diğer bir nokta da yüksek konsantrasyonlarda siyanür içeren çözeltilerin elden geçirim zorluğudur. Siyanürü kapalı devrede tutmak tek çözüm olmakla birlikte, çözeltilerin çeşitli kation ve anyonlarla kirlenmesi

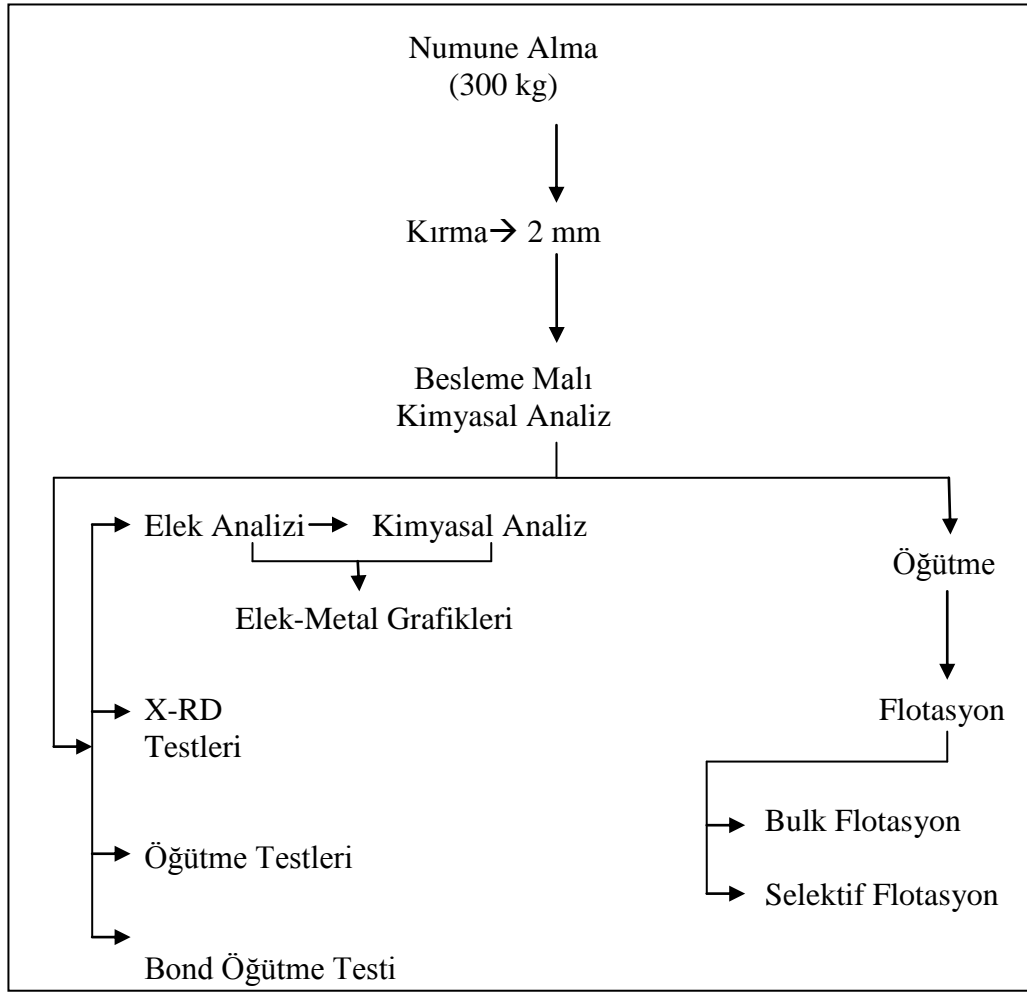
durumunda periyodik bir temizleme işlemi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır ki bu işlemler (siyanürün rejenerasyonu veya dekompozisyonu, v.b. gibi) oldukça pahalı işlemlerdir.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere siyanürle kalkopiriti bastırıp, galeniti yüzdürmek yerini, avantajları daha fazla olan "SO₂-Nişasta" yöntemine bırakmıştır.

BÖLÜM DÖRT

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmalar, Çanakkale İli, Yenice İlçesi, Kalkım Beldesi sınırları içerisinde bulunan Kurşun-Çinko-Bakır maden ocağından üretilen tüvenan cevher kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu cevher numunesinin boyut küçültme, karakterizasyon belirleme ve zenginleştirme çalışmalarına tabi tutulması düşünülmektedir. Yapılacak olan çalışmalarda izlenen yol Şekil 4.1 de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Deneysel çalışmalar akım şeması

4.1 Numune Alma

Çalışmaya konu olan işletmeye ait stok sahasından üretimi temsil edecek şekilde numune alma kurallarına uygun olarak yaklaşık 300 kg numune alınmıştır. Alınan

tüvenan cevher numunelerinin tane boyutu 10 ile 50 cm arasında değişim göstermektedir.

4.2 Kırma – Öğütme İşlemleri

Alınan tüvenan cevher numunesi, ilk aşamada çeneli kırıcıya beslenecek boyuta getirilinceye kadar elle kaba kırmaya tabi tutulmuştur. Daha sonra Retsch marka çeneli kırıcı kullanılarak cevherin tamamı 2 mm boyutun altına indirilmiştir.

Kırma işlemine takiben yapılan öğütme işlemi Denver laboratuvar tipi bilyalı değirmen kullanılarak yapılmıştır. Kuru ortamda gerçekleştirilen öğütme işlemi sırasında değirmen 80 devir/dakika hız ile çalıştırılmıştır. Malzeme 1/7 bilya şarj oranında beslenmektedir.

4.3 Kimyasal Analiz

Deneysel çalışmalarda besleme malının yanı sıra konsantre ve artık gibi ürünlerin Pb, Zn, ve Cu için kimyasal analizleri yapılmıştır. Analizlerin yapılışı sırasında aşağıda anlatılan yöntem kullanılmıştır.

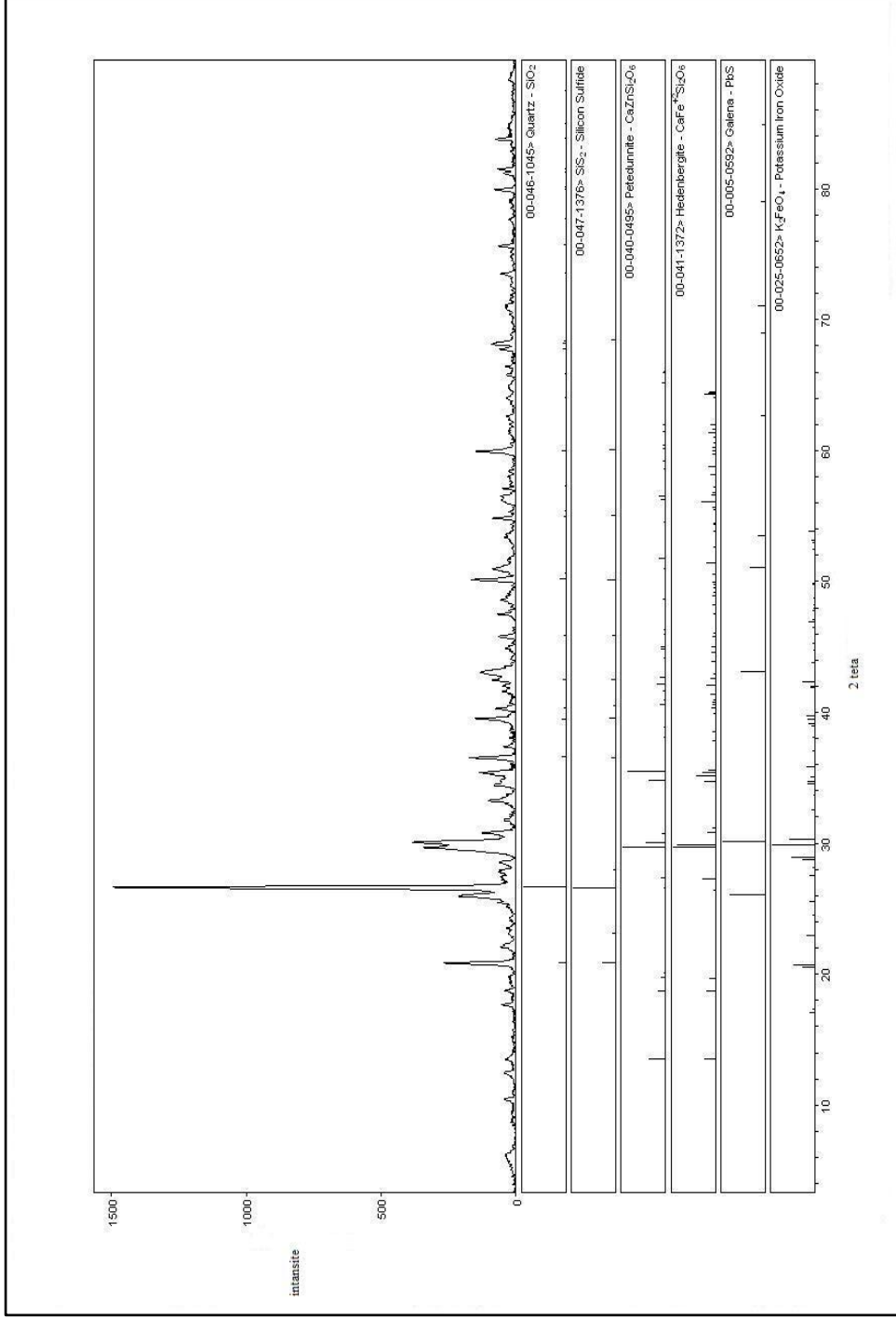
Etüvde 105 °C’de 2 saat süre ile kurutulmuş olan numunelerden hassas terazide yaklaşık 1 g kadar tartım alınmış ve üzerine 10 ml HNO₃ ilave edilerek kaynayıcaya kadar 200 °C’deki kum ocağında bekletilmiştir. Asit ilavesi aynı miktarda olacak şekilde iki defa daha yapılmıştır. Son olarak 50 ml saf su ilave edilerek çözelti kaynayıcaya kadar bekletilmiştir. Çözelti, 250 ml’lik balon jøjeye süzölmüş ve saf su ile 250 ml’ye tamamlanmıştır. Balon joje iyice çalkalandıktan sonra otomatik mikropipet ile 1 ml örnek çözelti ayrı bir balon jøjeye alınmış ve 100 kez seyreltildikten sonra Pb, Zn ve Cu değerleri okunmuştur. Kimyasal analizlerin yapımında Analytik Jena NovAA300 modeli atomik adsorpsiyon cihazı kullanılmıştır.

4.4 Cevher Karakterizasyon Çalışmaları

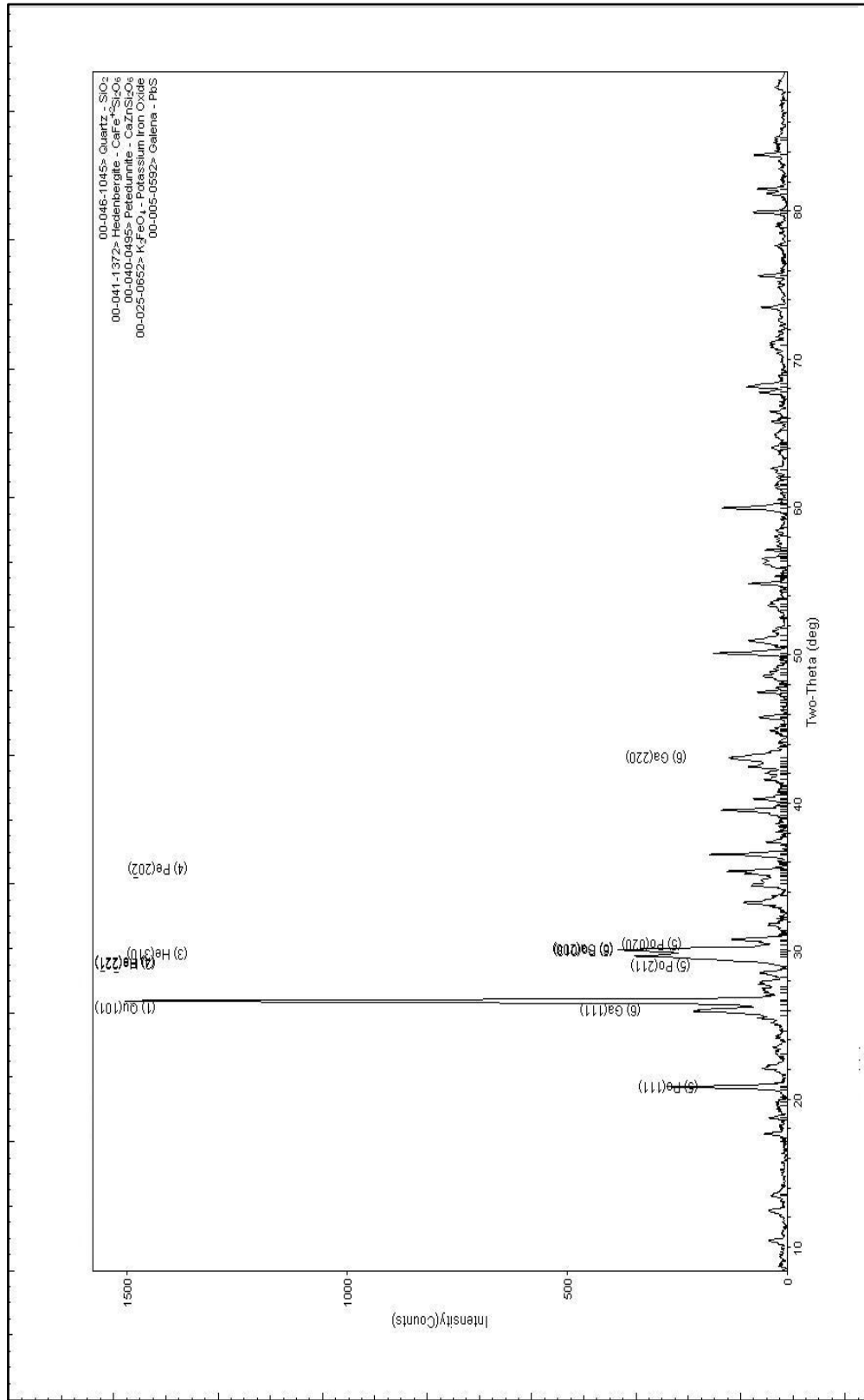
4.4.1 X – RD Analizi

Uygulanacak zenginleştirme yönteminin belirlenmesinde tüvenan cevherin mineralojik içeriği büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda tüvenan cevherden alınan ve -100 µm boyutuna indirilen numune için X-RD analizi yapılmıştır. X-ışını difraksiyonu, malzemelerin kristallografik özelliklerinin ve içerdikleri fazların belirlenmesini sağlayan hasarsız analiz yöntemidir. Toz numunelere uygulanan X-ışını difraksiyonu sonucu kristal yapısının yanı sıra, tane boyutu ve tercihli yönlenme gibi özellikler belirlenebilir. Aynı zamanda, içerdikleri fazlar hakkında bilgi sahibi olunmayan numunelerin analizi sonucunda elde edilen verilerin ilgili veri tabanı ile karşılaştırılması sonucu numunenin içerdikleri fazlar belirlenebilir. Rietveld analizi gibi yöntemlerin kullanılmasıyla numunenin içerdikleri bileşiklerin göreceli olarak miktarsal oranları belirlenebilir.

Analiz sonucu elde edilen minerallerin tahminsel bileşimlerini gösteren diyagramlar Şekil 4.2-4.3 te yer almaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi sonuçlar tüvenan cevherin kurşun, çinko ve bakır cevher minerallerinin yanı sıra silis, demir, kalsiyum ve potasyum içermekte olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.2 X-RD analiz sonuçları



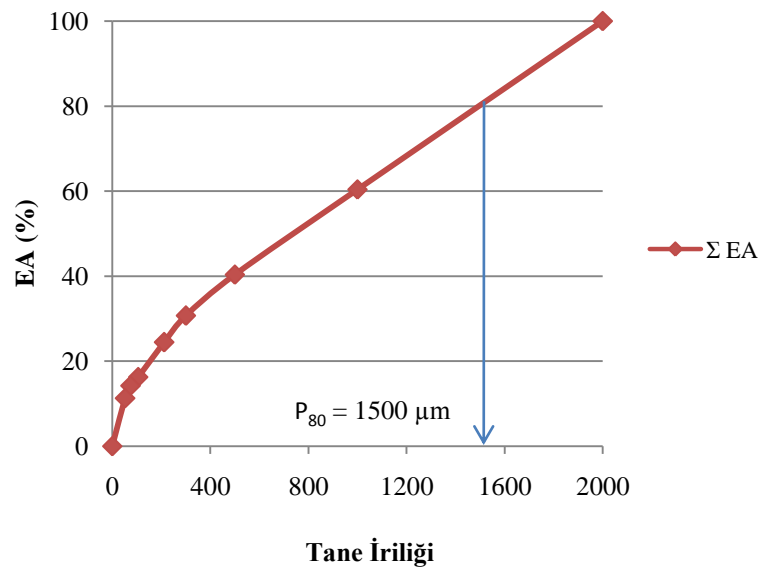
Şekil 4.2 X-RD analiz sonuçları

4.4.2 Elek Analizi

Tüvenan cevher çeneli kırıcılarla boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur. 2 mm'lik elek ile kapalı devre kırma - eleme sistemi oluşturularak cevherin tamamı -2 mm boyutuna indirilmiştir. Elde edilen üründen alınan numune elek analizine tabi tutulmuştur. Elek analiz sonuçları Tablo 4.1 de, oluşturulan elek altı grafiği Şekil 4.4 te verilmektedir.

Tablo 4.1 Besleme malı elek analiz değerleri

Tane İriliği		Ağırlık	Σ Elek Altı
(μm)		(%)	(%)
- 2000	+ 1000	39,62	100,00
- 1000	+ 500	20,03	60,38
- 500	+ 300	9,68	40,35
- 300	+ 212	6,24	30,67
- 212	+ 106	8,19	24,43
- 106	+ 75	2,00	16,24
- 75	+ 53	2,94	14,24
- 53		11,30	11,31
Toplam		100,00	



Şekil 4.4 Besleme malı Σ elek altı eğrisi

Kırma devresi sonucunda – 2 mm boyutlu cevherin P₈₀ boyutunun yaklaşık 1,5 mm olduğu görülmektedir.

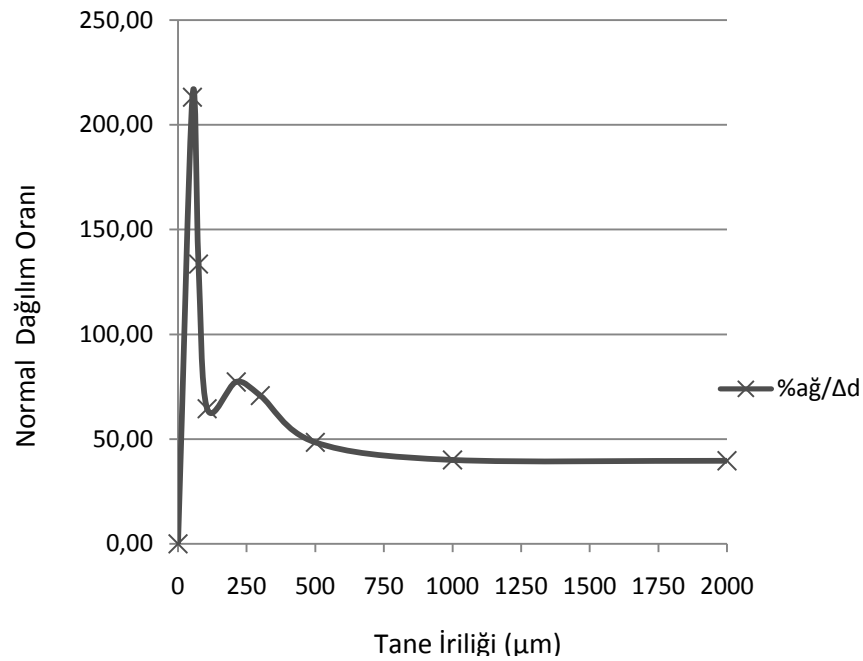
4.4.3 Cevherin Kimyasal Özellikleri

Elek analizinde her bir fraksiyon aralığında üretilen ürünlerin kimyasal içeriklerinin belirlenmesi için kimyasal analizleri yapılmıştır. Her bir örneğin Pb, Zn, Cu içeriklerinin yanı sıra Fe, Mn ve Ag içeriklerine bakılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2 Besleme malı kimyasal analiz sonuçları

Tane İriliği (μm)	Ağırlık (%)	Pb (%)	Zn (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Ag (ppm)
- 2000 + 1000	39,62	1,86	0,42	0,20	2,94	0,51	5,20
- 1000 + 500	20,03	2,78	0,61	0,28	3,38	0,54	22,72
- 500 + 300	9,69	4,19	0,79	0,46	3,89	0,60	7,58
- 300 + 212	6,24	5,00	0,89	0,54	4,28	0,63	10,74
- 212 + 106	8,19	6,18	0,97	0,63	4,04	0,64	7,80
- 106 + 75	2,00	5,31	1,06	0,76	3,34	0,58	12,44
- 75 + 53	2,93	4,85	0,87	0,58	3,21	0,61	13,62
- 53	11,30	4,62	0,64	0,42	3,59	0,69	9,71
Besleme Malı	100,0	3,29	0,62	0,35	3,38	0,57	10,40

Besleme malı için yapılan elek analizine bağlı olarak düzenlenen normal dağılım eğrisi Şekil 4.5 de verilmektedir.



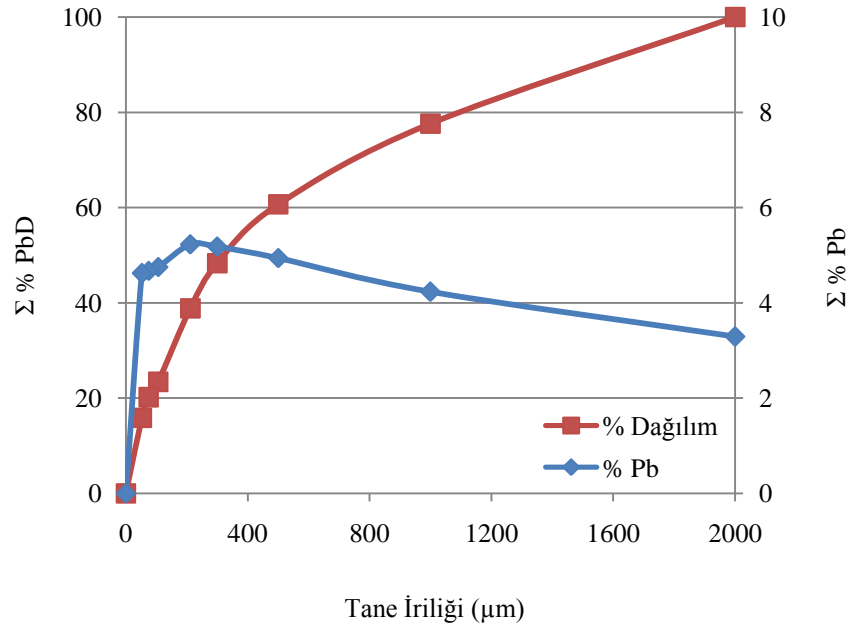
Şekil 4.5 Besleme malı normal dağılım eğrisi

Kimyasal analiz sonuçlarından yola çıkılarak Pb, Zn, Cu minerallerinin boyuta bağlı olarak kümülatif dağılımlarının belirlenmesi için elek metal çizelgeleri ve buna bağlı olarak elek – metal dağılım eğrileri hazırlanmıştır

Kurşun minerali için oluşturulan elek – metal çizelgesi Tablo 4.3 te, elek – metal dağılım eğrisi ise Şekil 4.6 da yer almaktadır. Verilen grafikten de anlaşılacağı üzere kurşun içeriğinin özellikle – 300 µm boyutunun altında yoğunlaştığı görülmektedir.

Tablo 4.3 Pb elek – metal çizelgesi

Tane İriliği (µm)	Ağırlık (%)	Pb (%)	Dağılım (% Pb)	Kümülatif Elek Altı		
				(% Ağ.)	(% Pb)	Dağılım
- 2000 + 1000	39,62	1,86	22,37	100,00	3,29	100,00
- 1000 + 500	20,03	2,78	16,94	60,38	4,23	77,63
- 500 + 300	9,69	4,19	12,35	40,35	4,94	60,69
- 300 + 212	6,24	5,00	9,49	30,66	5,18	48,34
- 212 + 106	8,19	6,18	15,40	24,42	5,23	38,84
- 106 + 75	2,00	5,31	3,23	16,23	4,75	23,44
- 75 + 53	2,93	4,85	4,33	14,23	4,67	20,21
- 53	11,30	4,62	15,88	11,30	4,62	15,88
Toplam	100,00	3,29	100,00			

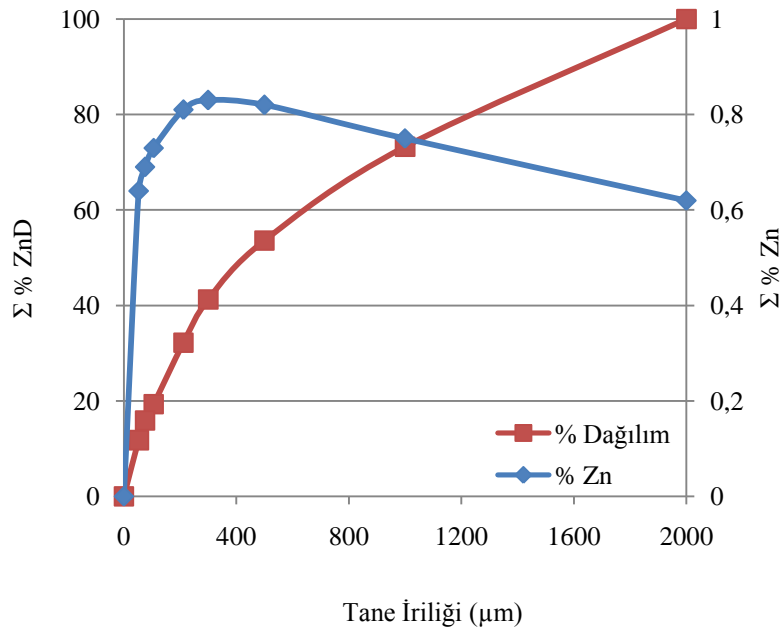


Şekil 4.6 Pb elek metal dağılım eğrisi

Çinko minerali için oluşturulan elek – metal çizelgesi Tablo 4.4 te, elek – metal dağılım eğrisi ise Şekil 4.7 de yer almaktadır. Çinko içeriğinin özellikle – 300 µm + 106µm boyut aralığında yoğunlaştığı hatta % 1'e varan değerlere ulaştığı görülmektedir.

Tablo 4.4 Zn elek – metal çizelgesi

Tane İriliği (µm)	Ağırlık (%)	Zn (%)	Dağılım (% Zn)	Kümülatif Elek Altı		
				(% Ağ.)	(% Zn)	Dağılım
- 2000 + 1000	39,62	0,42	26,73	100,00	0,62	100,00
- 1000 + 500	20,03	0,61	19,68	60,38	0,75	73,27
- 500 + 300	9,69	0,79	12,34	40,35	0,82	53,58
- 300 + 212	6,24	0,89	9,05	30,66	0,83	41,24
- 212 + 106	8,19	0,97	12,85	24,42	0,81	32,20
- 106 + 75	2,00	1,06	3,44	16,23	0,73	19,35
- 75 + 53	2,93	0,87	4,13	14,23	0,69	15,91
- 53	11,30	0,64	11,78	11,30	0,64	11,78
Toplam	100,00	0,62	100,00			

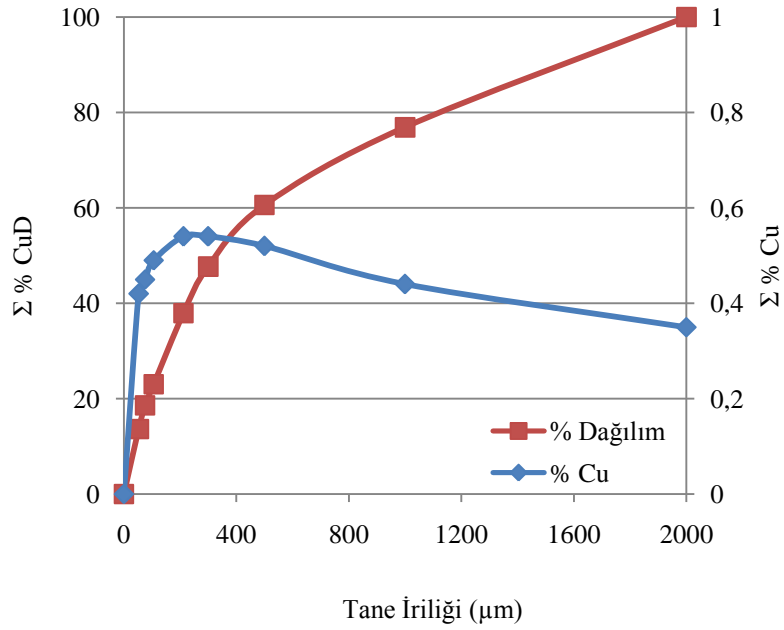


Şekil 4.7 Zn elek metal dağılım eğrisi

Bakır minerali için oluşturulan elek – metal çizelgesi Tablo 4.5 de, elek – metal dağılım eğrisi ise Şekil 4.8 de yer almaktadır. Bakır içeriğinin kurşun ve çinko içeriklerinin dağılımlarında da olduğu gibi– 300 µm boyutunda yoğunlaştığı görülmektedir.

Tablo 4.5 Cu elek – metal çizelgesi

Tane İriliği (µm)	Ağırlık (%)	Cu (%)	Dağılım (% Cu)	Kümülatif Elek Altı		
				(% Ağ.)	(% Cu)	Dağılım
- 2000 + 1000	39,62	0,20	23,11	100,00	0,35	100,00
- 1000 + 500	20,03	0,28	16,27	60,38	0,44	76,89
- 500 + 300	9,69	0,46	12,94	40,35	0,52	60,62
- 300 + 212	6,24	0,54	9,75	30,66	0,54	47,69
- 212 + 106	8,19	0,63	14,92	24,42	0,54	37,93
- 106 + 75	2,00	0,76	4,43	16,23	0,49	23,02
- 75 + 53	2,93	0,58	4,95	14,23	0,45	18,59
- 53	11,30	0,42	13,65	11,30	0,42	13,65
Toplam	100,00	0,35	100,00			



Şekil 4.8 Cu elek metal dağılım eğrisi

Pb, Zn ve Cu elek – metal çizelgelerini (Tablo 4.3 – 4.5) birlikte inceleyecek olursak Pb, Zn ve Cu elek altı dağılımlarının ince fraksiyonlarda paralellik gösterdiği görülmektedir. Tenör dağılımında -500 µm tane boyutuna kadar artış gözlenmektedir.

4.4.4 Bond Öğütülebilirlik Testi

İş indeksini belirlemek için geniş bir kullanım alanı bulan bond öğütülebilirlik analizi 30,5 x 30,5 boyutlardaki standart bond değirmeni kullanılarak yapılmaktadır. İş indeksi, bond bilyalı değirmeninde % 250'lik bir devreden yüke ulaşıncaya kadar sürdürülen kapalı devre kuru öğütme işleminin simülasyonu ile belirlenmektedir.

Tamamı 3,35 mm altına indirilmiş 700 cm³ hacimli numune, boyut ve miktarı Tablo 4.6 da belirtilmiş olan 20,125 kg bilyanın bulunduğu standart bond değirmenine beslenmektedir. Belirlenen devir sayısında çalıştırılan değirmenden elde edilen ürün, 150 mikronluk test eleğinden elenmektedir. Elek üstünde kalan malzemeye elek altına geçen malzeme kadar yeni besleme yapılarak öğütme geri

devir yükü %250'ye ulaşıncaya kadar sürdürülmektedir. Değirmene beslenen cevherin elek analiz sonuçları Tablo 4.7 de verilmektedir.

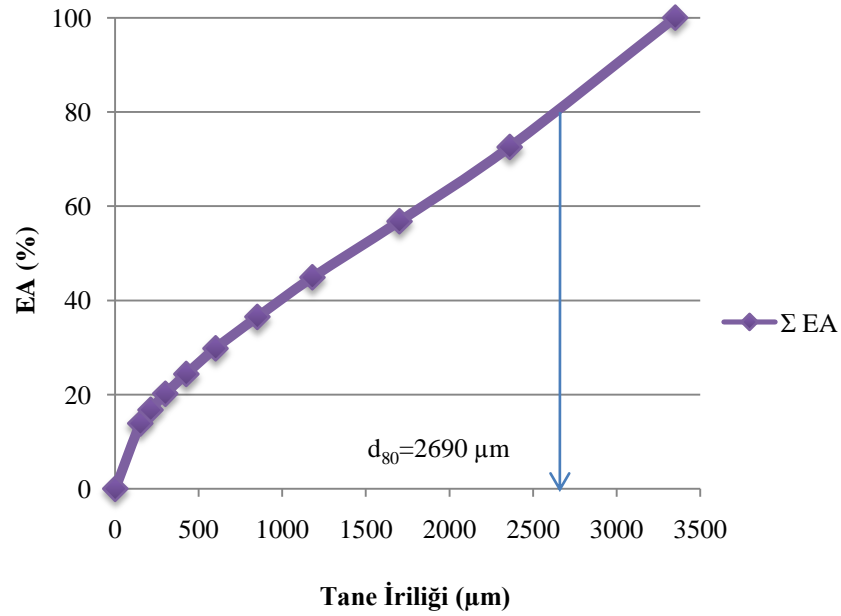
Tablo 4.6 Deneyde kullanılan bilyaların boyut ve sayıları

Bilya Çapı (mm)	38,1	31,75	25,4	19,05	15,87	Toplam
Bilya Sayısı	43	67	10	71	94	285

Tablo 4.7 Besleme malı elek analizi

Tane İriliği		Ağırlık	Σ EA
(µm)		(%)	(%)
- 3350	+ 2360	27,44	100,00
- 2360	+ 1700	15,77	72,56
- 1700	+ 1180	11,92	56,79
- 1180	+ 850	8,38	44,87
- 850	+ 600	6,70	36,49
- 600	+ 425	5,43	29,79
- 425	+ 300	4,18	24,36
- 300	+ 212	3,43	20,18
- 212	+ 150	2,89	16,75
- 150		13,86	13,86
Toplam		100,00	

Elek analiz sonuçlarına göre oluşturulan bond değirmenine beslenen besleme malının yüzde elek altı miktarını gösteren grafik Şekil 4.9 da yer almaktadır.



Şekil 4.9 Bond öğütme deneyi besleme malı elek analizi sonuçları

Değirmene ilk aşamada 1291,9 g (700 cm^3) cevher beslenmiştir. Cevherin sertlik derecesi göz önüne alınarak değirmenin ilk aşamadaki devir sayısı 150 dönüş olarak seçilmiştir. Deneyde kontrol eleği olarak 150 mikron boyutlu elek kullanılmıştır. Her aşamada elde edilen -150 mikron boyutlu malzeme kadar yeni malzeme beslemeye ilave edilmiştir. Bilyalı değirmene beslenecek yeni beslemenin homojen tane iriliğine sahip olması istenmektedir. Bu nedenle malzeme üç fraksiyona ayrılmıştır. Besleme malzemesinin boyut ve miktarları Tablo 4.8 de verilmektedir.

Tablo 4.8 Yeni besleme malı elek analizi

Tane İriliği (μm)		Ağırlık (%)	Elek Altı (%)
- 3350	+ 2000	43,27	100,00
- 2000	+ 1000	21,97	56,73
- 1000		34,76	34,76
Toplam		100,00	

Yapılan deneylerde ulaşılan sonuçlar Tablo 4.9 da verilmektedir.

Tablo 4.9 Bond iř indeksi deneyi sonuçları

Devir sayısı R	-150 µm miktarı P_B	Besleme miktarı F_B	P_B – F_B	Öğütülebilirlik (P_B – F_B)/R
150,00	179,04	366,00	186,96	1,25
255,00	50,72	357,50	306,78	1,20
266,00	49,55	362,07	312,52	1,17
272,00	50,18	366,50	316,32	1,17
273,00	50,79	370,82	320,03	1,17
271,00	51,39	374,11	322,72	1,19
267,00	51,85	367,80	315,95	1,19
269,00	50,97	370,88	319,91	1,19

Bond değirmen testinden elde edilen veriler kullanılarak Formül 4.1 kullanılarak cevhere ait iř indeksi değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan iř indeksi ve öğütülebilirlik değerleri aşağıda verilmektedir.

$$W_i = 44.5 / P_i^{0,23} \times G^{0,82} \times (10/\sqrt{P} - 10/\sqrt{F}) \quad \text{Formül 4.1}$$

G = Öğütülebilirlik, g/devir

P_i = Deney elek açıklığı, µm

P = Öğütme sonu elde edilen ürünün d₈₀ boyutu, µm

F = Deneye beslenen –3,36 mm altı malzemenin d₈₀ boyutu, µm

P = 127,5 µm

P_i = 150 µm

G = 1,188 g/devir

F = 2690 µm

$$W_i = 17,68 \text{ kwh / st}$$

4.4.5 Öğütme Testleri

Bölüm 4.4.3 te verilmekte olan elek – metal dağılım eğrilerinden de anlaşılacağı gibi çalışmamıza konu olan cevherin iri boyutlarda zenginleşebilirliği söz konusu değildir. Dolayısı ile cevherin flote edilerek zenginleşebilirliği araştırmanın temel konusu olmuştur. Bu nedenle cevherin flotasyonla zenginleştirilebildiği 200 μ m boyut altına ufalamak için öğütme testleri yapılmıştır.

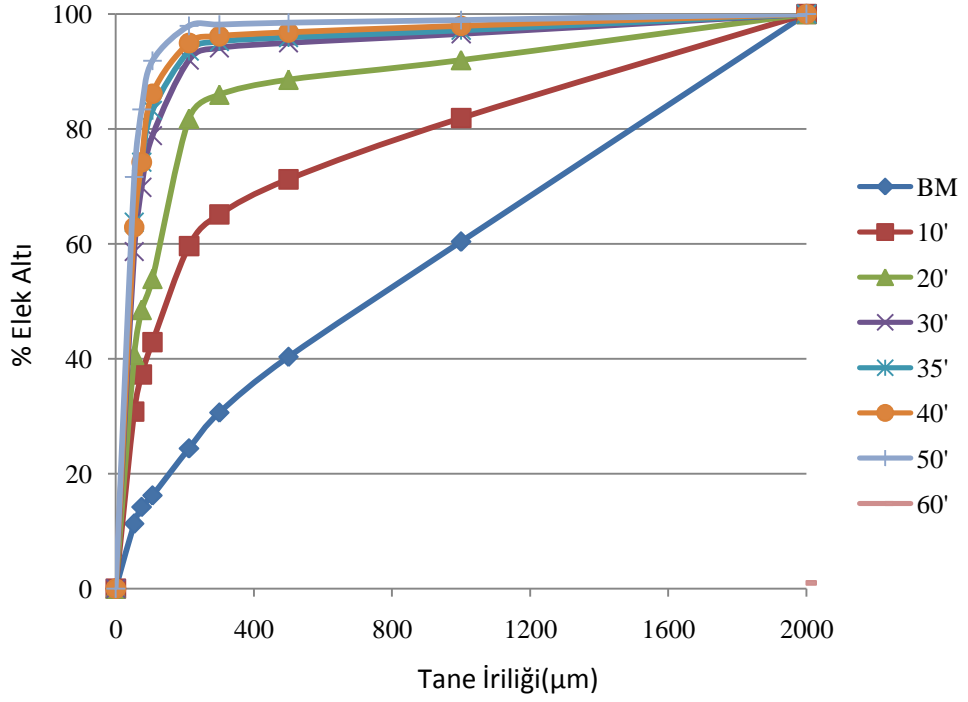
Tamamı – 2mm boyutunda olan cevher 1/7 bilya şarj oranı ile 80 devir/dakika hızda çalıştırılan değirmene kuru ortamda beslenmiştir. Cevherin 125 μ m, 106 μ m, 75 μ m ve 53 μ m tane boyutuna ulaştırılabildiği sürenin tespiti için farklı sürelerle(10',20', 30',35', 40've 50') öğütme işlemleri yapılmıştır. Öğütme işlemlerini takiben yapılan elek analizlerinden alınan sonuçlar Tablo 4.10 da yer almaktadır.

Tablo 4.10 Öğütme süresi belirleme çalışma sonuçları

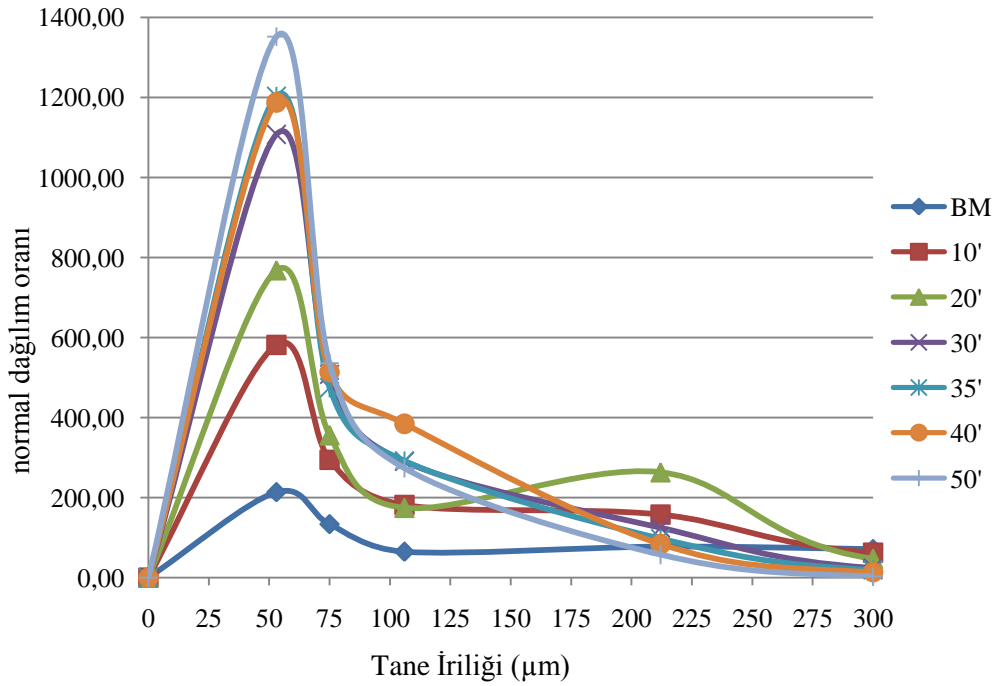
Boyut Aralığı(μ m)	Miktar (Σ %)						
	besleme malı	10' öğütme	20' öğütme	30' öğütme	35' öğütme	40' öğütme	50' öğütme
- 2000 + 1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
- 1000 + 500	60,38	81,90	91,98	96,56	97,17	97,97	98,97
- 500 + 300	40,35	71,25	88,57	95,00	95,92	96,82	98,48
- 300 + 212	30,66	65,14	85,96	94,10	95,22	96,14	98,18
- 212 + 150	24,43	59,64	81,80	92,01	93,55	94,97	97,94
- 150 + 125	19,63	49,87	65,49	84,31	87,53	89,80	94,40
- 125 + 106	17,70	45,93	58,92	81,21	85,10	87,71	92,97
- 106 + 75	16,23	42,93	53,92	78,85	83,25	86,13	91,89
- 75 + 53	14,24	37,29	48,52	69,85	74,21	74,22	83,42
- 53	11,30	30,83	40,70	58,69	63,77	62,93	71,64

Sonuçlara göre hazırlanan öğütme süresine bağlı olarak elek altı miktarındaki değişim gösteren grafik Şekil 4.10 da, normal dağılım eğrileri ise Şekil 4.11 de verilmektedir.

Tablo 4.10'dan da anlaşılacağı gibi laboratuvar şartlarında cevherin, 20 dakikada 212 μm , 30 dakikada 125 μm , 35 dakikada 106 μm altına öğütülebileceği tespit edilmiştir.



Şekil 4.10 Öğütme süresine bağlı elek altı miktarı değişimi

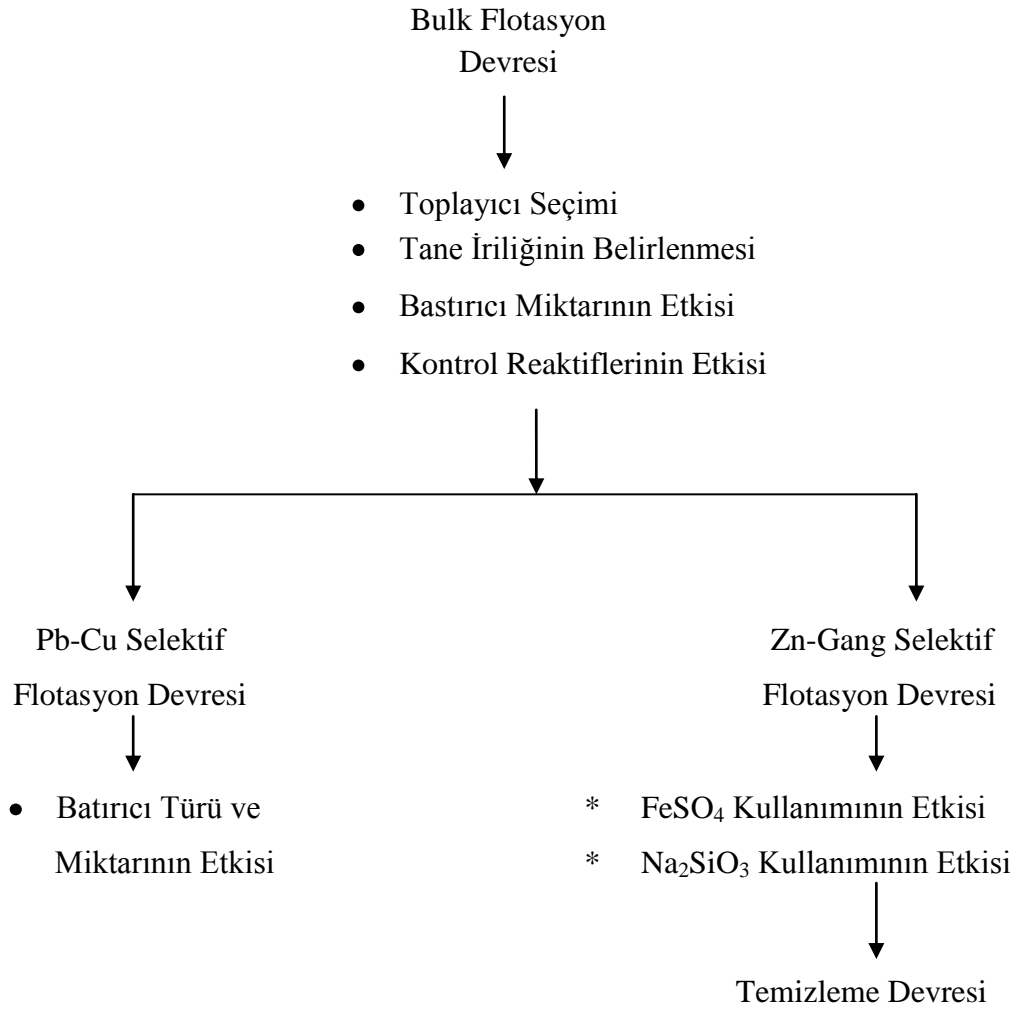


Şekil 4.11 Öğütme analizi normal dağılım eğrileri

BÖLÜM BEŞ

FLOTASYON DENEYLERİ

Çalışmanın bu bölümünde cevherin flotasyonla zenginleşebilirliğinin ve optimal flotasyon koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneyler Denver laboratuvar tipi flotasyon makinasında yapılmıştır. Cihaz 1300-1400 devir /dakika hızında çalıştırılmıştır. %20 pülp yoğunluğunda gerçekleştirilen deneylerde 2 lt hacimli flotasyon hücresi kullanılmıştır. Çalışmaya konu olan işletmeye ait flotasyon tesisinden elde edilen bilgiler ışığında uygulanacak akım şeması belirlenmiştir. Deneyler sırasında takip edilecek yöntemi gösteren akım şeması Şekil 5.1 de verilmektedir.



Şekil 5.1 Flotasyon çalışmalarında izlenen yöntem

5.1 Toplayıcının Flotasyona Etkisi

Kullanılacak olan toplayıcının belirlenmesi için yapılan bu çalışmalarda toplu flotasyon devresinde KEX, KAX, ve 3418-A ticari isimli toplayıcılar kullanılmıştır. Çinko selektif flotasyon devresinde ise 3477 ticari isimli toplayıcı kullanılmıştır. Yapılan deneyler sırasında uygulanan koşullar Tablo 5.1 de yer almaktadır.

Tablo 5.1 Toplayıcı seçimi deneylerinde uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,150	-0,150
Katı Oranı (%)	20	20
pH	8,5	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300	300
ZnSO ₄ (g/t)	100	---
Na ₂ S (g/t)	150	---
3418 – A, KAX, KEX (g/t)	75 + 37,5	---
AF 70 (g/t)	20	20
CuSO ₄ (g/t)	---	200
3477 (g/t)	---	75 + 37,5
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2	3 + 2

Sırası ile 3418 – A, KAX ve KEX kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları sırası ile Tablo 5.2-5.4 te verilmektedir.

Tablo 5.2 3418 – A kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,74	19,58	5,73	4,29	80,81	55,76	69,78
Pb+Cu (2)	1,69	2,76	12,67	5,82	2,19	23,80	18,26
Zn	3,69	3,15	3,24	1,00	5,49	13,31	6,84
Zn (2)	1,18	1,29	0,40	0,19	0,72	0,52	0,41
Artık	84,70	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	2,12	0,90	0,54			

Tablo 5.3 KAX kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	5,34	24,88	2,03	2,06	79,98	14,14	23,87
Pb+Cu (2)	1,03	3,50	4,50	2,80	2,17	6,04	6,25
Zn	5,33	0,61	9,96	5,09	1,95	69,20	58,86
Zn (2)	1,70	0,25	1,23	0,95	0,25	2,72	3,50
Artık	86,60	0,30	0,07	0,04			
B. M.	100,00	1,66	0,77	0,46			

Tablo 5.4 KEX kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

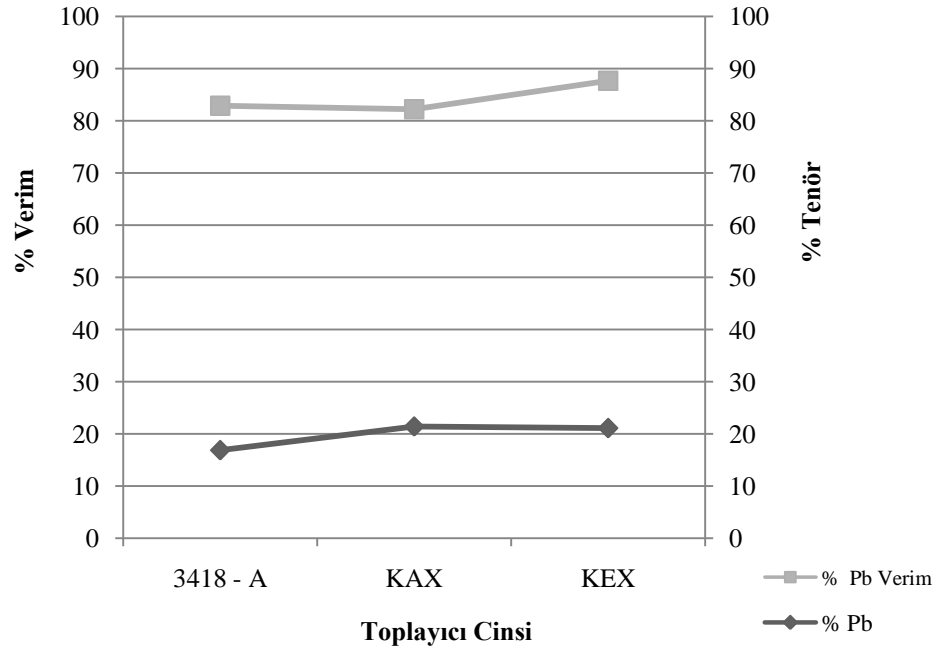
	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	7,25	24,49	2,84	3,99	85,36	24,66	57,11
Pb+Cu (2)	1,40	3,45	6,29	5,41	2,32	10,53	14,94
Zn	4,10	0,90	11,30	2,66	1,77	55,43	21,57
Zn (2)	1,31	0,37	1,39	0,50	0,23	2,18	1,28
Artık	85,94	0,25	0,07	0,03			
B. M.	100,00	2,08	0,84	0,51			

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde verimi esas aldığımız için üretilen ara ürünler konsantreye dahil edilerek hesaplanan yeni verilerle oluşturulan Tablo 5.5 toplayıcının tenör ve verim üzerine etkisini göstermektedir.

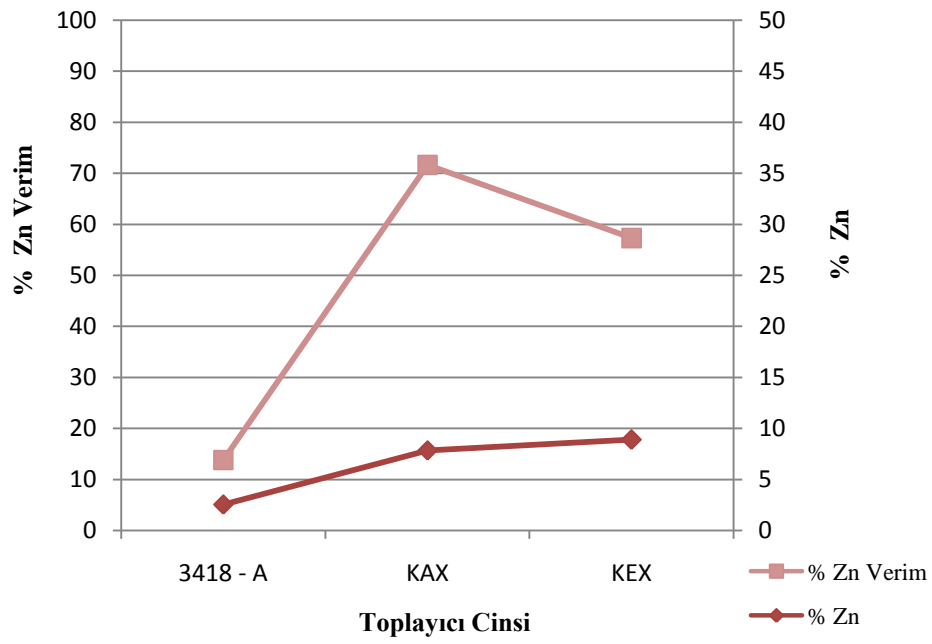
Tablo 5.5 Kullanılan toplayıcının tenör ve verim üzerine etkisi

	%Pb	PbV	%Zn	ZnV	%Cu	CuV
3418-A	16,85	82,92	2,55	13,81	4,54	87,65
KAX	21,42	82,21	7,85	71,66	2,18	30,18
KEX	21,08	87,68	8,90	57,32	4,22	71,57

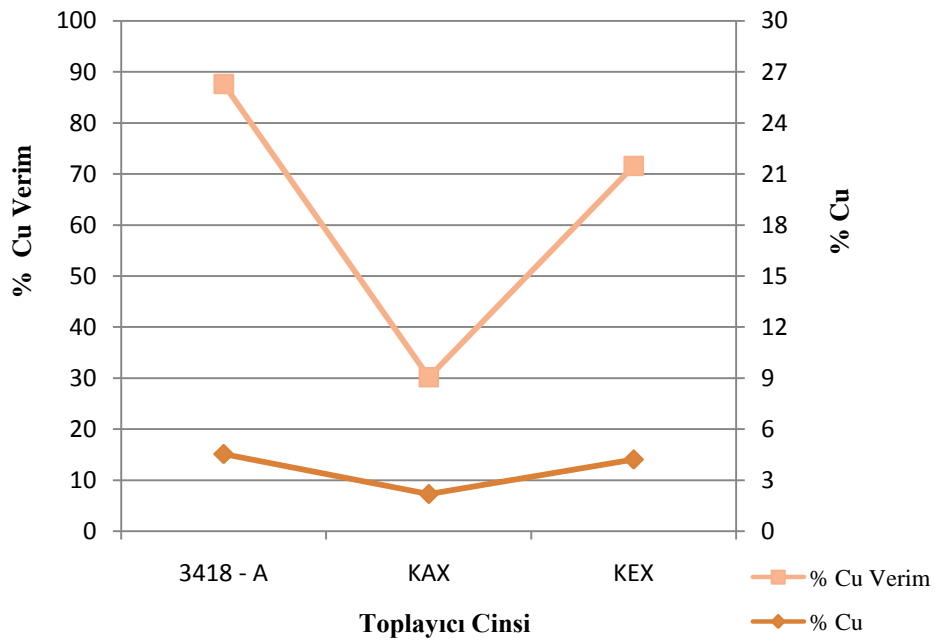
Sonuçlara göre kurşun, çinko ve bakır mineralleri için ayrı ayrı oluşturulan tenör – verim grafikleri sırasıyla Şekil 5.2 - 5.4 te verilmektedir.



Şekil 5.2 Toplayıcı Cinsinin Flotasyona Etkisi (Pb)



Şekil 5.3 Toplayıcı Cinsinin Flotasyona Etkisi (Zn)



Şekil 5.4 Toplayıcı Cinsinin Flotasyona Etkisi (Cu)

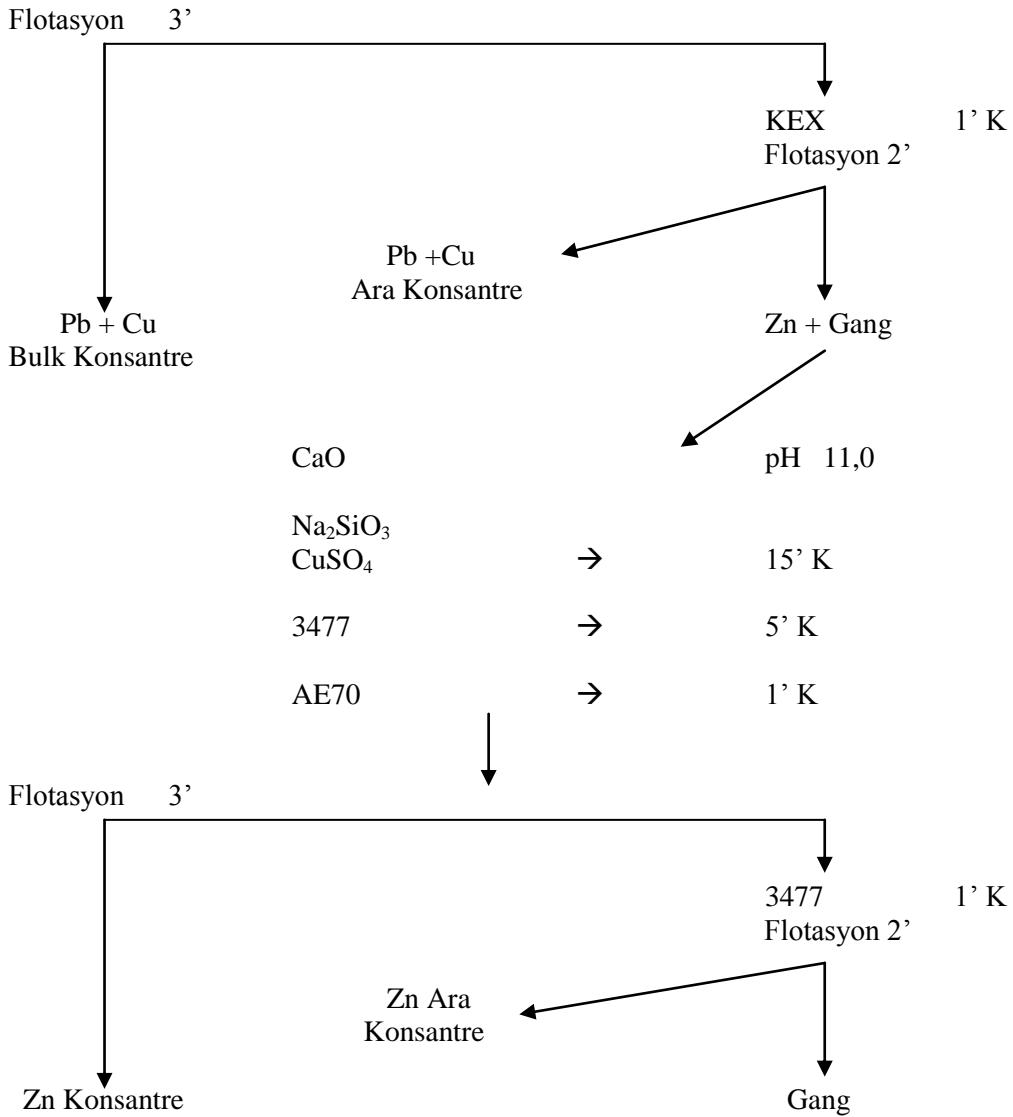
Çalışmalar sonucunda KEX kullanımında % 85,36 verim ile % 24,49 Pb içerikli konsantre elde edildiği görülmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında takip eden deneylerin KEX kullanılarak yapılmasına karar verilmiştir. Bu aşamadan sonra yapılacak deneylerde uygulanacak yöntemi gösteren akım şeması Şekil 5.5 te yer almaktadır.

500g, %100'ü -0,125 mm, 2 lt. hücre

Başlangıç.....pH 7,8 – 8,1

Kolektif Flotasyon

NaOH		pH 8,5
Na ₂ SiO ₃	→	15' K
ZnSO ₄		
Na ₂ S		
KEX	→	5' K
AE70	→	1' K



Şekil 5.5 Flotasyon deneyleri akım şeması

5.2 Tane İriliğinin Flotasyona Etkisi

Bu aşamada zenginleştirmeye tabi tutulacak cevherin tane iriliğinin saptanması amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca öğütme şeklinin flotasyona olan etkisini de görebilmek açısından -106µm boyutlu cevher kontrollü ve direkt olmak üzere iki farklı şekilde öğütülmüştür. Kontrollü olarak öğütülen cevher -106µm boyutlu cevher olarak, direkt öğütülen cevher ise 35' öğütülmüş cevher olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 150 µm, 125 µm ve 106 µm altına kontrollü öğütülmüş cevherler ile -106 µm boyutlu (35 dakika direkt öğütülmüş) cevher flotasyon testlerine tabi tutulmuştur. Deneylerin yapılışında uygulanan koşullar Tablo 5.6 da verilmektedir.

Tablo 5.6 Cevher tane boyutu seçimi deneylerinde uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,106 ; -0,125 ; -0,150 : -0,106*	-0,106 ; -0,125 ; -0,150 : -0,106*
Katı Oranı (%)	20	20
pH	8,5	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300	300
ZnSO ₄ (g/t)	100	---
Na ₂ S (g/t)	150	---
KEX (g/t)	75 + 37,5	---
AF 70 (g/t)	20	20
CuSO ₄ g/t)	---	200
3477 (g/t)	---	75 + 37,5
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2	3 + 2

*35 dakikalık direkt öğütme ile – 106 µm altına öğütülmüş numune

-150 µm boyutlu malzeme kullanılarak yapılan deney sonuçları Tablo 5.7 de, -125 µm boyutlu malzeme kullanılarak yapılan deney sonuçları Tablo 5.8 de, -106 µm boyutlu malzeme kullanılarak yapılan deney sonuçları Tablo 5.9 da ve 35 dakika süre

ile öğütülmüş malzeme kullanılarak yapılan deney sonuçları Tablo 5.10 da yer almaktadır.

Tablo 5.7 - 150 mikron boyutlu malzeme kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,48	34,55	3,25	3,93	87,95	32,97	64,40
Pb+Cu (2)	1,64	4,86	7,20	5,34	2,39	14,07	16,85
Zn	5,27	2,21	7,03	1,29	3,49	44,27	13,17
Zn (2)	1,68	0,90	0,87	0,24	0,46	1,74	0,78
Artık	82,93	0,23	0,07	0,03			
B. M.	100,00	3,33	0,84	0,52			

Tablo 5.8 - 125 mikron boyutlu malzeme kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	10,62	45,27	4,37	3,74	91,21	48,10	65,08
Pb+Cu (2)	2,05	6,37	9,68	5,08	2,48	20,53	17,03
Zn	4,20	2,71	5,81	1,90	2,16	25,29	13,09
Zn (2)	1,34	1,11	0,72	0,36	0,28	0,99	0,78
Artık	81,79	0,25	0,06	0,03			
B. M.	100,00	5,27	0,97	0,61			

Tablo 5.9 - 106 mikron boyutlu malzeme kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	11,02	41,40	3,65	3,40	88,62	40,99	60,93
Pb+Cu (2)	2,12	5,83	8,07	4,62	2,41	17,50	15,94
Zn	6,88	2,84	5,14	1,63	3,79	36,12	18,24
Zn (2)	2,20	1,16	0,63	0,30	0,50	1,42	1,09
Artık	77,78	0,31	0,05	0,03			
B. M.	100,00	5,15	0,98	0,62			

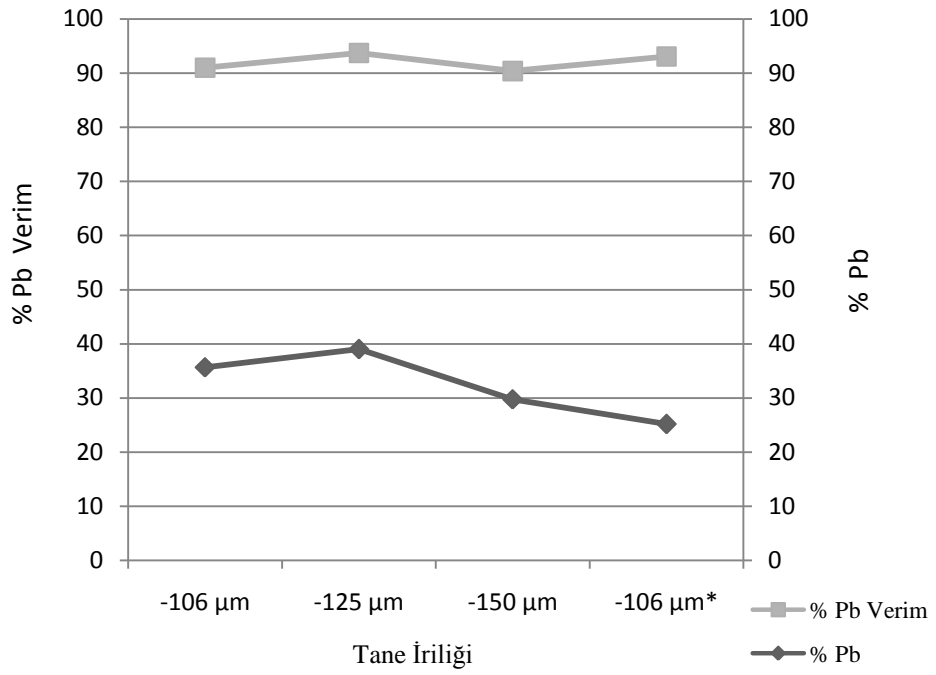
Tablo 5.10 35 dakika öğütülmüş malzeme kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	12,43	29,23	2,47	2,80	90,65	40,61	64,95
Pb+Cu (2)	2,40	4,11	5,46	3,80	2,46	17,33	16,99
Zn	5,59	2,03	4,66	1,37	2,83	34,52	14,30
Zn (2)	1,79	0,83	0,57	0,26	0,37	1,36	0,85
Artık	77,79	0,19	0,06	0,02			
B. M.	100,00	4,01	0,76	0,54			

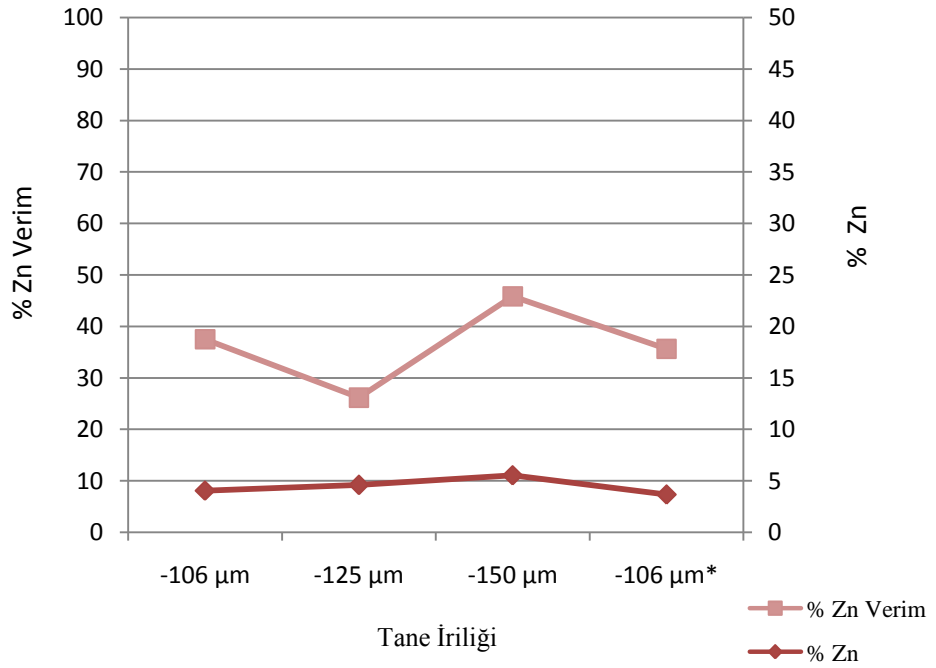
Ara ürünün, konsantreye dahil edilmesi ile oluşturulan tane iriliğinin tenör ve verim üzerine etkisini göstermekte olan çizelge Tablo 5.11 de, sonuçlara göre oluşturulan tenör – verim grafikleri ise Şekil 5.6 – 5.8 de verilmektedir.

Tablo 5.11 Tane iriliğinin tenör ve verim üzerine etkisi

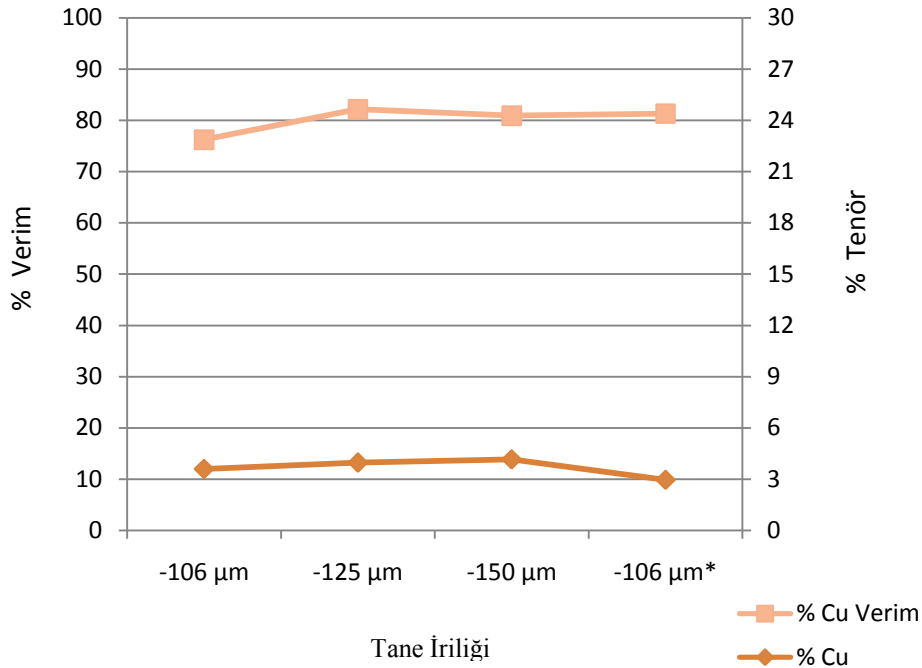
	%Pb	PbV	%Zn	ZnV	%Cu	CuV
- 150 μm	29,74	90,38	5,54	45,84	4,16	80,93
- 125 μm	38,98	93,71	4,58	26,15	3,96	82,18
- 106 μm	35,66	90,99	4,05	37,50	3,60	76,23
106 μm^*	25,16	93,07	3,67	35,62	2,96	81,34



Şekil 5.6 Tane boyutunun flotasyona etkisi (Pb)



Şekil 5.7 Tane boyutunun flotasyona etkisi (Zn)



Şekil 5.8 Tane boyutunun flotasyona etkisi (Cu)

% 91,21 verimle, %45,27 tenörlü Pb konsantrasyonunun elde edildiği -125 µm boyutlu cevher kullanılarak yapılan flotasyon testlerinin diğer numunelere oranla daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. -106 µm boyutunun altına kontrollü öğütme ile indirilen cevher kullanılarak yapılan deneyde elde edilen ürünün, direk öğütme ile üretilen cevher kullanılarak yapılan deneyde elde edilen ürüne kıyasla daha yüksek verimle, daha yüksek tenör değerlerinde elde edildiği gözlemlenmektedir. Fazla öğünme sonucu şlama kaçan malzemenin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.

Bu nedenler göz önünde bulundurularak takip eden flotasyon deneylerinde - 125 µm boyutuna kontrollü olarak öğütülmüş cevherin kullanılması kararlaştırılmıştır.

5.3 Bastırıcının Flotasyona Etkisi

Yukarıda bahsedilen deneylerden alınan sonuçlarda bulk flotasyon devresinde yüzen Zn miktarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu durum hem Pb-Cu ürününün hem de Zn konsantrasyonunun tenör değerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle ZnSO₄ kullanımının flotasyon üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneylerde uygulanan koşullar Tablo 5.12 de verilmektedir. Çalışmalar sırasında ZnSO₄, 100, 250, 400,

500, 600, 750, 800 ve 1000 g/ton'luk dozajlarda kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.13-20 de verilmiştir.

Tablo 5.12 Bastırıcı miktarının flotasyona etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125	-0,125
Katı Oranı (%)	20	20
pH	8,5	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300	300
ZnSO ₄ (g/t)	100, 250, 400, 500, 600, 750, 800, 1000	---
Na ₂ S (g/t)	150	---
KEX (g/t)	75 + 37,5	---
AF 70 (g/t)	20	20
CuSO ₄ g/t)	---	200
3477 (g/t)	---	75 + 37,5
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2	3 + 2

Tablo 5.13 100 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	10,62	45,27	4,37	3,74	90,93	47,70	65,08
Pb+Cu (2)	2,05	6,37	9,68	5,08	2,47	20,36	17,03
Zn	4,20	2,71	5,81	1,90	2,15	25,08	13,09
Zn (2)	1,34	1,11	0,72	0,36	0,28	0,99	0,78
Artık	81,79	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	5,29	0,97	0,61			

Tablo 5.14 250 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	10,48	35,87	2,37	3,17	90,39	31,41	67,97
Pb+Cu (2)	2,02	5,05	5,25	4,30	2,45	13,41	17,79
Zn	7,31	1,53	5,14	0,70	2,69	47,42	10,43
Zn (2)	2,33	0,63	0,63	0,13	0,35	1,86	0,62
Artık	77,86	0,22	0,06	0,02			
B. M.	100,00	4,16	0,79	0,49			

Tablo 5.15 400 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	7,98	51,12	3,52	4,35	87,95	29,05	63,69
Pb+Cu (2)	1,54	7,19	7,79	5,90	2,39	12,40	16,66
Zn	7,03	2,88	7,08	1,22	4,37	51,48	15,73
Zn (2)	2,24	1,18	0,87	0,23	0,57	2,02	0,94
Artık	81,21	0,27	0,06	0,02			
B. M.	100,00	4,64	0,97	0,55			

Tablo 5.16 500 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,55	47,98	1,65	4,08	90,22	17,04	67,03
Pb+Cu (2)	1,65	6,75	3,64	5,54	2,45	7,27	17,54
Zn	7,39	1,79	7,41	0,82	2,90	66,30	11,66
Zn (2)	2,36	0,73	0,91	0,15	0,38	2,61	0,69
Artık	80,05	0,23	0,07	0,02			
B. M.	100,00	4,55	0,83	0,52			

Tablo 5.17 600 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	11,68	40,45	0,88	2,15	86,94	14,36	43,71
Pb+Cu (2)	2,25	5,69	1,94	2,91	2,36	6,13	11,44
Zn	4,84	5,96	10,17	4,54	5,32	68,99	38,39
Zn (2)	1,55	2,44	1,25	0,85	0,69	2,71	2,29
Artık	79,68	0,32	0,07	0,03			
B. M.	100,00	5,43	0,71	0,57			

Tablo 5.18 750 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	7,25	46,10	1,31	3,56	89,07	18,36	64,36
Pb+Cu (2)	1,40	6,49	2,90	4,84	2,42	7,84	16,84
Zn	4,09	2,08	7,58	1,34	2,27	59,84	13,71
Zn (2)	1,31	0,85	0,93	0,25	0,30	2,35	0,82
Artık	85,94	0,26	0,07	0,02			
B. M.	99,99	3,75	0,52	0,40			

Tablo 5.19 800 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	9,92	47,78	1,76	1,77	83,40	21,49	31,41
Pb+Cu (2)	1,91	6,72	3,90	2,40	2,26	9,17	8,22
Zn	7,14	7,95	6,97	4,25	9,99	61,13	54,31
Zn (2)	2,28	3,25	0,86	0,79	1,30	2,40	3,23
Artık	78,75	0,22	0,06	0,02			
B. M.	100,00	5,68	0,81	0,56			

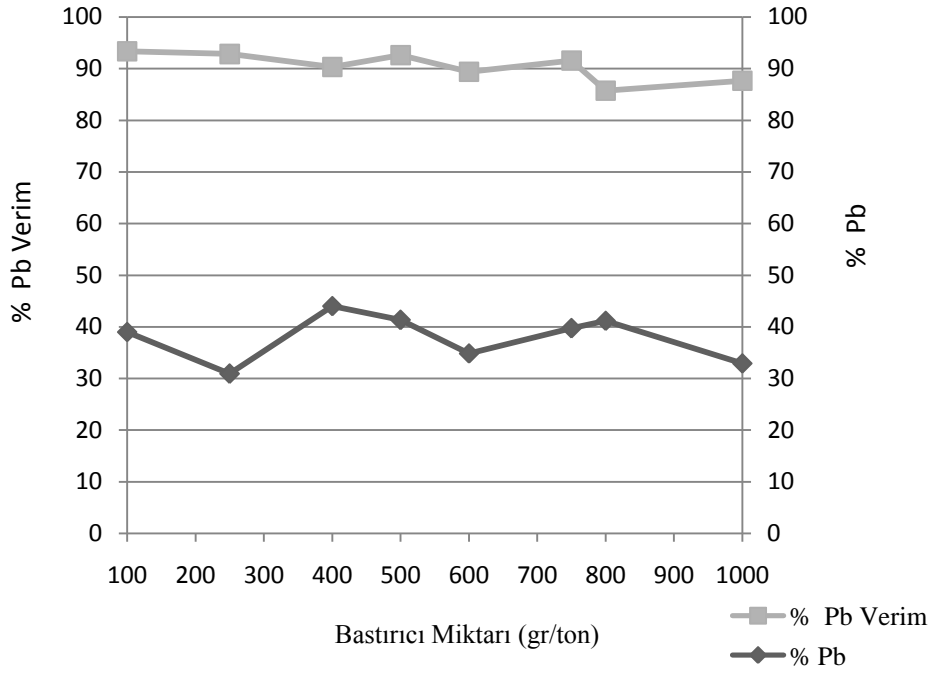
Tablo 5.20 1000 g/ton ZnSO₄ kullanılarak elde edilen flotasyon sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	9,80	42,39	2,10	2,43	78,53	23,85	42,44
Pb+Cu (2)	4,28	11,27	2,26	1,92	9,13	11,23	14,65
Zn	6,67	6,80	6,42	2,98	8,58	49,62	35,50
Zn (2)	1,41	6,41	4,39	1,29	1,71	7,17	3,24
Artık	77,84	0,14	0,09	0,03			
B. M.	100,00	5,29	0,86	0,56			

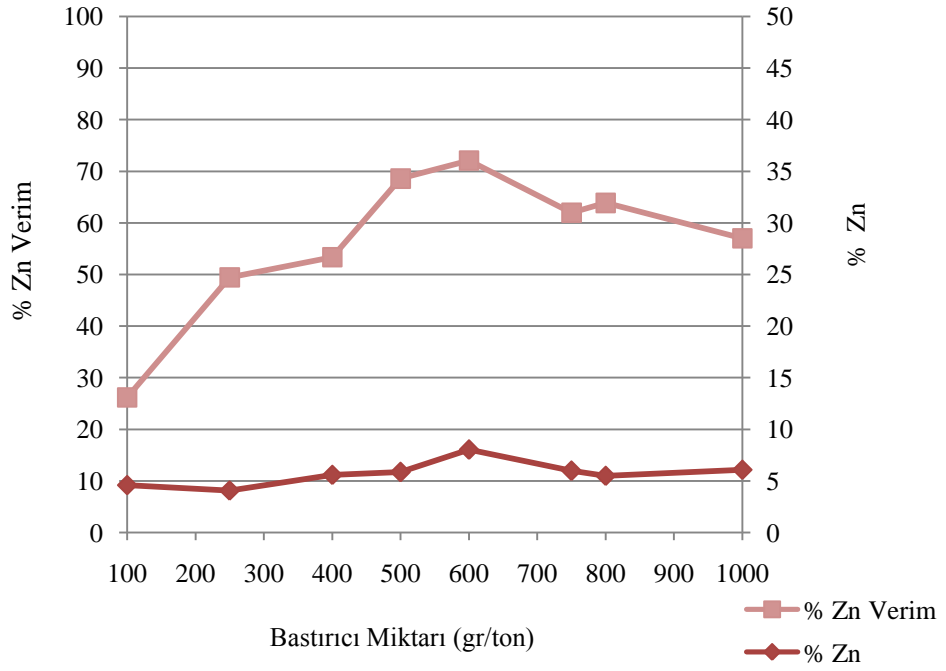
Deneyleerde üretilen ara ürünlerin, konsantreye katılması ile oluşturulan kullanılan ZnSO₄ miktarının tenör ve verim üzerindeki etkisini gösteren çizelge Tablo 5.21 de gösterilmektedir.

Tablo 5.21 Kullanılan ZnSO₄ miktarının tenör ve verim üzerine etkisi

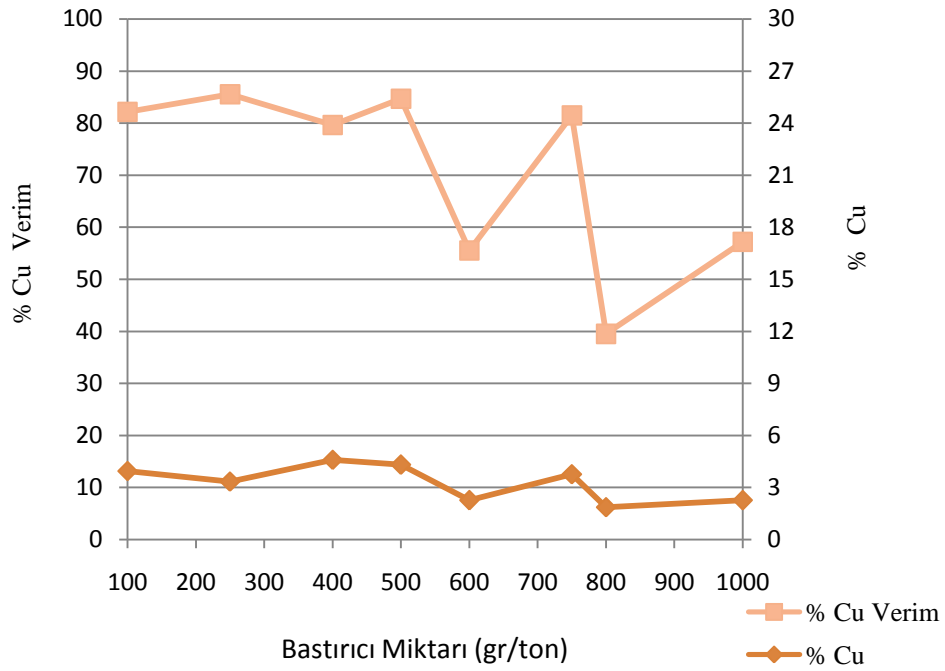
	%Pb	PbV	%Zn	ZnV	%Cu	CuV
100 g/ton	38,98	93,35	4,58	26,15	3,96	82,18
250 g/ton	30,89	92,82	4,05	49,42	3,35	85,53
400 g/ton	44,01	90,30	5,58	53,32	4,60	79,63
500 g/ton	41,31	92,61	5,84	68,56	4,32	84,66
600 g/ton	34,84	89,37	8,01	72,06	2,27	55,54
750 g/ton	39,69	91,55	5,97	61,96	3,77	81,47
800 g/ton	41,15	85,71	5,49	63,86	1,87	39,54
1000 g/ton	32,93	87,65	6,07	56,99	2,27	57,20



Şekil 5.9 ZnSO₄ kullanım miktarının flotasyona etkisi (Pb)



Şekil 5.10 ZnSO₄ kullanım miktarının flotasyona etkisi (Zn)



Şekil 5.11 ZnSO₄ kullanım miktarının flotasyona etkisi (Cu)

Elde edilen sonuçlar ışığında 500 g/ton ZnSO₄ kullanımında % 90.22'lik verim ile % 47.98 tenöre sahip konsantre elde edildiği görülmektedir. Diğer kullanım miktarlarına oranla bu dozajın daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Bu neden göz önünde bulundurularak takip eden deneylerin 500 g/ton ZnSO₄ kullanılarak yapılmasına karar verilmiştir.

5. 4 Kontrol Reaktiflerinin Etkisi

5.4.1 Kullanılan Na₂S Miktarının Flotasyona Etkisi

Çalışmaya konu olan cevher sülfürlü olmasına rağmen hava ile teması halinde okside olabilmektedir. Oksidasyona uğramış taneciklerin sülfürleştirilmesi amacı ile Na₂S kullanılmaktadır. Na₂S miktarının flotasyona etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar Tablo 5.19 da verilmektedir. Çalışmalar sırasında Na₂S, 100, 150, 200 ve 250 g/ton dozajlarında kullanılmıştır. Alınan sonuçlar sırasıyla Tablo 5.20 - 23 te verilmektedir.

Tablo 5.22 Kullanılan Na₂S miktarının flotasyona etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125	-0,125
Katı Oranı (%)	20	20
pH	8,5	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300	300
ZnSO ₄ (g/t)	500	---
Na ₂ S (g/t)	100, 150, 200, 250	---
KEX (g/t)	75 + 37,5	---
AF 70 (g/t)	20	20
CuSO ₄ g/t)	---	200
3477 (g/t)	---	75 + 37,5
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2	3 + 2

Tablo 5.23 100 g/t Na₂S kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	5,70	46,99	3,36	4,60	83,68	22,14	60,10
Pb+Cu (2)	1,10	6,61	7,44	6,23	2,27	9,45	15,73
Zn	7,62	2,61	6,74	1,00	6,22	59,35	17,41
Zn (2)	2,43	1,07	0,83	0,19	0,81	2,33	1,04
Artık	83,15	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	3,20	0,87	0,44			

Tablo 5.24 150 g/t Na₂S kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,55	45,55	2,25	4,22	90,57	18,49	68,20
Pb+Cu (2)	1,65	6,41	4,98	5,72	2,46	7,89	17,85
Zn	7,39	1,00	9,24	0,63	1,72	65,66	8,88
Zn (2)	2,36	0,41	1,14	0,12	0,23	2,58	0,53
Artık	80,05	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	4,30	1,04	0,53			

Tablo 5.25 200 g/t Na₂S kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	9,54	42,61	1,85	2,31	83,19	15,20	42,18
Pb+Cu (2)	1,84	6,00	4,09	3,13	2,26	6,49	11,04
Zn	7,53	5,86	10,90	2,76	9,02	70,78	39,88
Zn (2)	2,40	2,40	1,34	0,52	1,18	2,78	2,37
Artık	78,68	0,27	0,07	0,03			
B. M.	99,99	4,89	1,16	0,52			

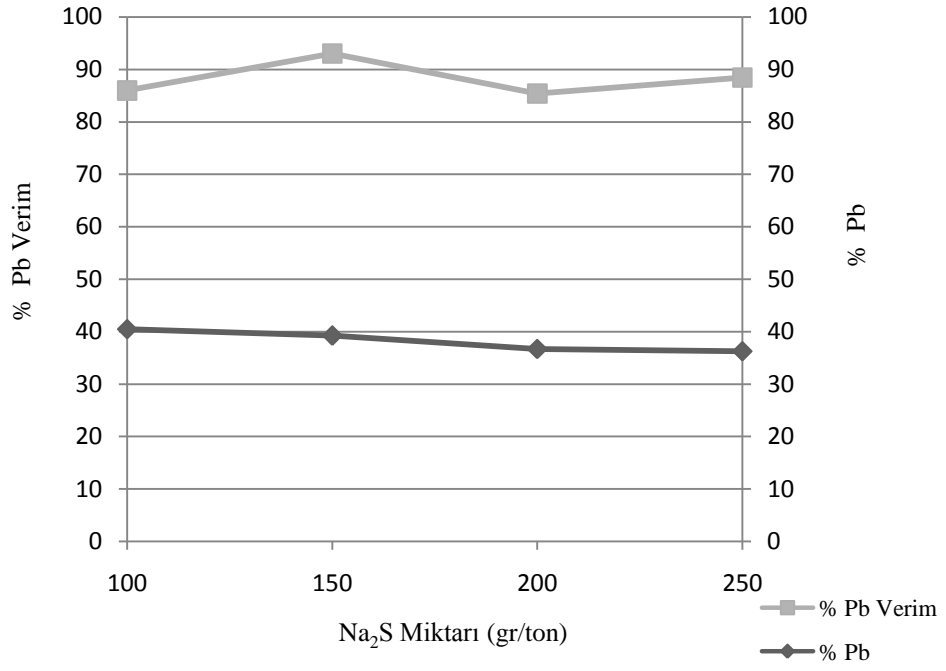
Tablo 5.26 250 g/t Na₂S kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	11,10	42,13	1,34	1,58	86,10	16,40	36,56
Pb+Cu (2)	2,14	5,93	2,96	2,14	2,34	7,00	9,57
Zn	6,13	6,00	10,01	3,61	6,77	67,85	46,20
Zn (2)	1,96	2,46	1,23	0,67	0,88	2,67	2,75
Artık	78,67	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	5,43	0,91	0,48			

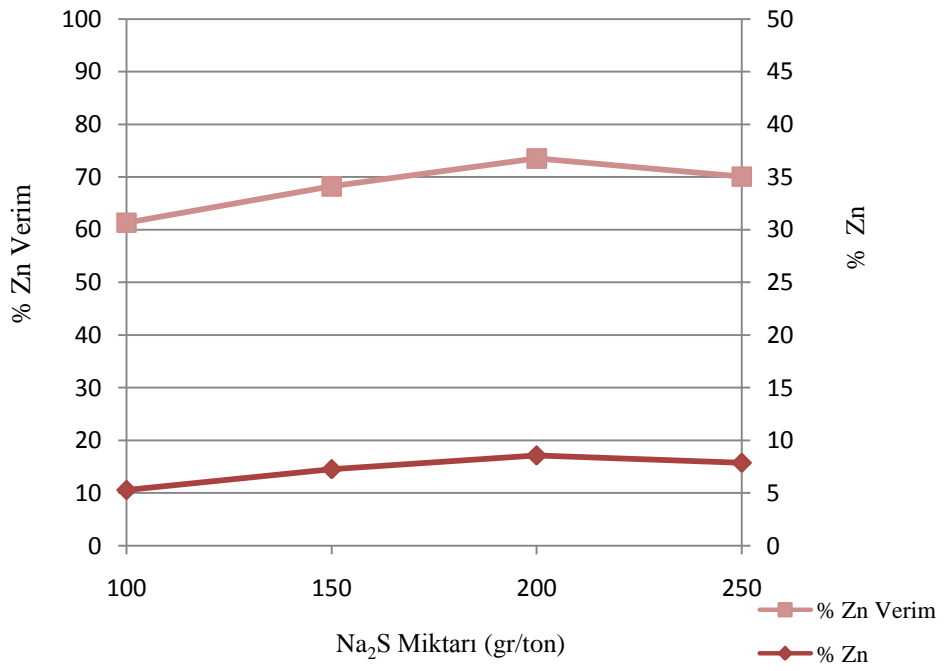
Tablo 5.27 Kullanılan Na₂S miktarının tenör ve verim üzerine etkisi

	%Pb	PbV	%Zn	ZnV	%Cu	CuV
100 g/ton	40,46	85,97	5,31	61,35	4,86	75,17
150 g/ton	39,22	93,03	7,28	68,24	4,46	85,88
200 g/ton	36,69	85,39	8,59	73,53	2,44	53,46
250 g/ton	36,28	88,46	7,88	70,08	1,67	46,08

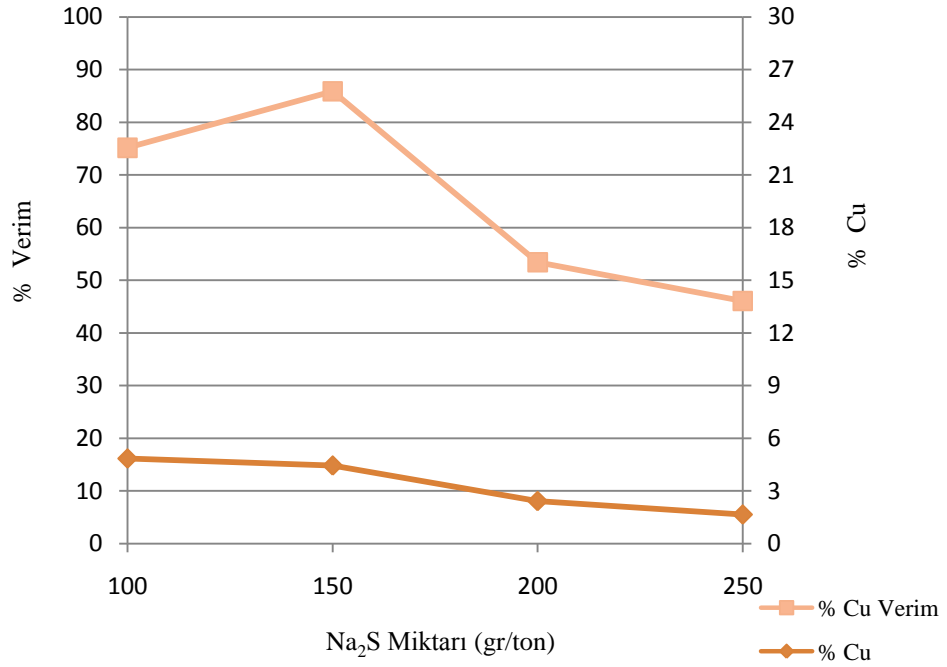
Alınan sonuçlara göre oluşturulan kullanım miktarının tenör ve verime etkisini gösteren grafikler sırasıyla kurşun çinko ve bakır için olmak üzere şekil 5.12 – 5.14 te verilmektedir.



Şekil 5.12 Na₂S kullanım miktarının flotasyona etkisi (Pb)



Şekil 5.13 Na₂S kullanım miktarının flotasyona etkisi (Zn)



Şekil 5.14 Na₂S kullanım miktarının flotasyona etkisi (Cu)

150 g/ton Na₂S kullanılarak yapılan deneyde % 45,55 Pb içeren kurşun konsantresi % 90,57 verimle üretilmiştir. Diğer kullanım miktarlarına kıyasla daha iyi sonuç veren 150 g/ton Na₂S kullanımının takip eden deneylerde kullanılması kararlaştırılmıştır.

5.4.2 Na₂SiO₃ Miktarının Flotasyona Etkisi

Yantaşlardan cevhere karışan silis şlam etkisi yaratarak flotasyonu olumsuz etkilemektedir. Bu durumu önlemek amacı ile kullanılan Na₂SiO₃ miktarı artırılarak flotasyona etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneylerde uygulanan koşullar Tablo 5.24 te verilmektedir. Bu amaçla 300, 400, 500, 600, 800, 1000 ve 1250 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları sırası ile Tablo 5.25 – 5.31 de verilmektedir.

Tablo 5.28 Na₂SiO₃ miktarının flotasyona etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb – Cu Toplu	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125	-0,125
Katı Oranı (%)	20	20
pH	8,5	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1250	300
ZnSO ₄ (g/t)	500	---
Na ₂ S (g/t)	150	---
KEX (g/t)	75 + 37,5	---
AF 70 (g/t)	20	20
CuSO ₄ (g/t)	---	200
3477 (g/t)	---	75 + 37,5
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2	3 + 2

Tablo 5.29 300 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	9,03	45,29	1,05	1,91	86,40	13,82	43,02
Pb+Cu (2)	1,74	6,37	2,31	2,59	2,35	5,90	11,26
Zn	6,18	4,49	7,65	2,43	5,86	69,25	37,42
Zn (2)	1,97	1,84	0,94	0,45	0,77	2,72	2,23
Artık	81,08	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	4,73	0,68	0,40			

Tablo 5.30 400 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,95	46,37	1,52	2,16	86,91	15,09	42,03
Pb+Cu (2)	1,73	6,53	3,37	2,92	2,36	6,44	11,00
Zn	5,41	4,76	11,59	3,34	5,39	69,37	39,27
Zn (2)	1,73	1,95	1,43	0,62	0,70	2,73	2,34
Artık	82,19	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	4,78	0,90	0,46			

Tablo 5.31 500 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	9,95	36,19	2,16	1,99	84,05	23,63	39,07
Pb+Cu (2)	1,92	5,09	4,77	2,71	2,28	10,09	10,22
Zn	6,79	4,84	7,74	3,25	7,68	57,90	43,44
Zn (2)	2,17	1,98	0,95	0,61	1,00	2,28	2,59
Artık	79,17	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	4,28	0,91	0,51			

Tablo 5.32 600 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,82	47,40	1,27	2,16	85,96	12,81	38,55
Pb+Cu (2)	1,70	6,67	2,81	2,92	2,33	5,47	10,09
Zn	5,76	5,34	10,98	3,75	6,33	72,32	43,78
Zn (2)	1,84	2,19	1,35	0,70	0,83	2,84	2,61
Artık	81,88	0,27	0,07	0,03			
B. M.	100,00	4,86	0,87	0,49			

Tablo 5.33 800 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	8,45	57,21	1,88	3,31	86,68	14,18	47,57
Pb+Cu (2)	1,63	8,05	4,16	4,49	2,35	6,04	12,46
Zn	4,70	4,47	12,83	3,86	3,77	53,72	30,87
Zn (2)	1,50	1,83	1,58	0,72	0,49	2,11	1,84
Artık	83,71	0,45	0,32	0,05			
B. M.	100,00	5,58	1,12	0,59			

Tablo 5.34 1000 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	7,76	60,62	1,09	3,24	88,27	11,16	44,55
Pb+Cu (2)	1,84	7,75	2,29	4,15	2,67	5,53	13,51
Zn	5,30	3,10	9,24	3,59	3,08	64,37	33,77
Zn (2)	1,12	2,92	6,32	1,55	0,61	9,30	3,08
Artık	83,97	0,34	0,09	0,03			
B. M.	100,00	5,33	0,76	0,56			

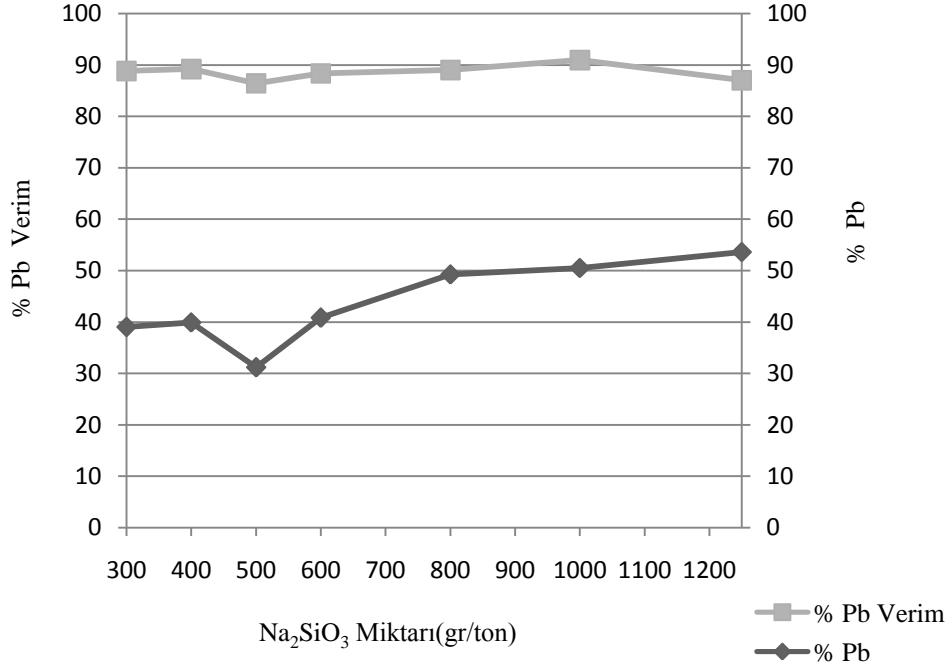
Tablo 5.35 1250 g/t Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Pb+Cu	6,54	62,60	0,79	2,08	75,21	5,35	23,61
Pb+Cu (2)	2,29	27,89	2,08	4,55	11,75	4,93	18,09
Zn	6,56	4,24	11,09	4,49	5,12	75,10	51,07
Zn (2)	1,81	2,43	2,76	0,60	0,81	5,16	1,89
Artık	82,80	0,47	0,11	0,04			
B. M.	100,00	5,44	0,97	0,58			

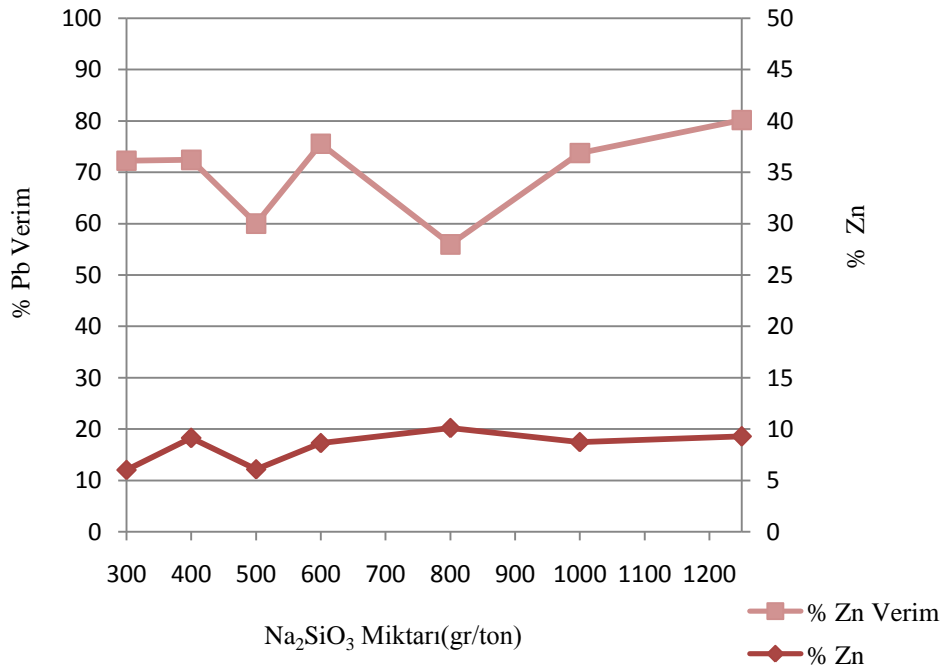
Tablo 5.36 Kullanılan Na₂SiO₃ miktarının tenör ve verim üzerine etkisi

	%Pb	PbV	%Zn	ZnV	%Cu	CuV
300 g/ton	39,00	88,81	6,03	72,25	1,91	43,02
400 g/ton	39,92	89,19	9,13	72,42	2,16	42,03
500 g/ton	31,16	86,42	6,10	60,02	1,99	39,07
600 g/ton	40,82	88,36	8,65	75,55	2,16	38,55
800 g/ton	49,26	88,99	10,11	55,96	3,31	47,57
1000 g/ton	50,49	90,93	8,73	73,75	3,24	44,55
1250 g/ton	53,60	87,00	9,29	80,15	2,08	23,61

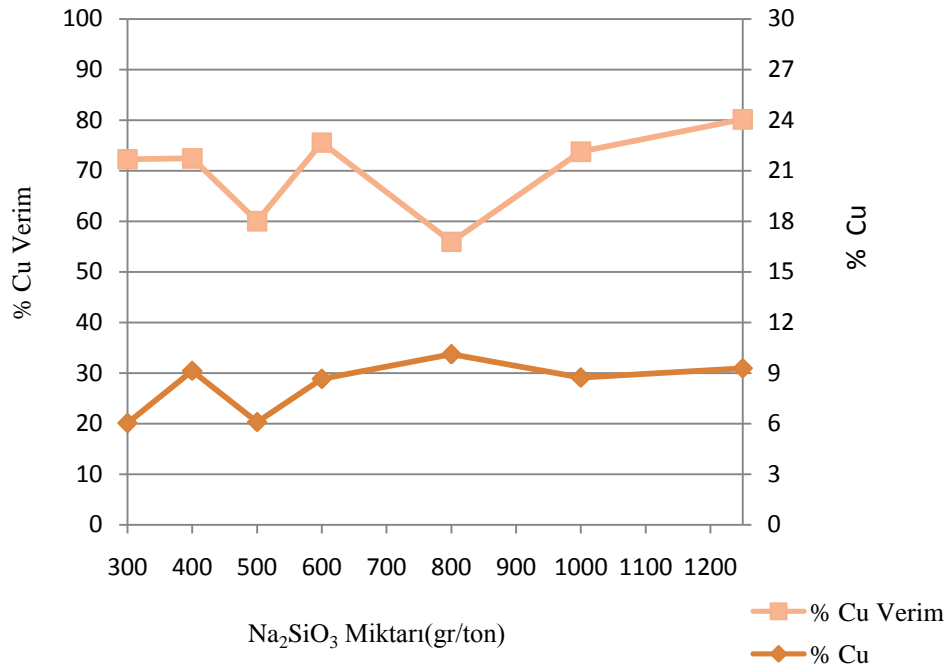
Ulaşılan sonuçlara göre hazırlanan kullanılan Na_2SiO_3 miktarının flotasyona olan etkisini gösteren grafikler Şekil 5.15 – 5.17 de verilmektedir.



Şekil 5.15 Na_2SiO_3 kullanım miktarının flotasyona etkisi (Pb)



Şekil 5.16 Na_2SiO_3 kullanım miktarının flotasyona etkisi (Zn)



Şekil 5.17 Na₂SiO₃ kullanım miktarının flotasyona etkisi (Cu)

1000 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneyde % 60.62 Pb içeren kurşun – bakır bulk konsantresinin % 88.27 verimle üretildiği görülmektedir. Diğer kullanım miktarlarına göre daha iyi sonucun elde edildiği 1000 g/ton Na₂SiO₃ kullanımının uygulanması kararlaştırılmıştır.

5.5 Köpük Alma Süresinin Flotasyona Etkisi

Toplu flotasyon devresinde uygulanan köpük alma süresinin flotasyona etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 1, 3, 4 ve 5 dakika sürelerle köpük alınmıştır. Deneyler sırasında uygulanan koşullar Tablo 5.32 de yer almaktadır. Elde edilen Tablo 5.33 te verilmektedir.

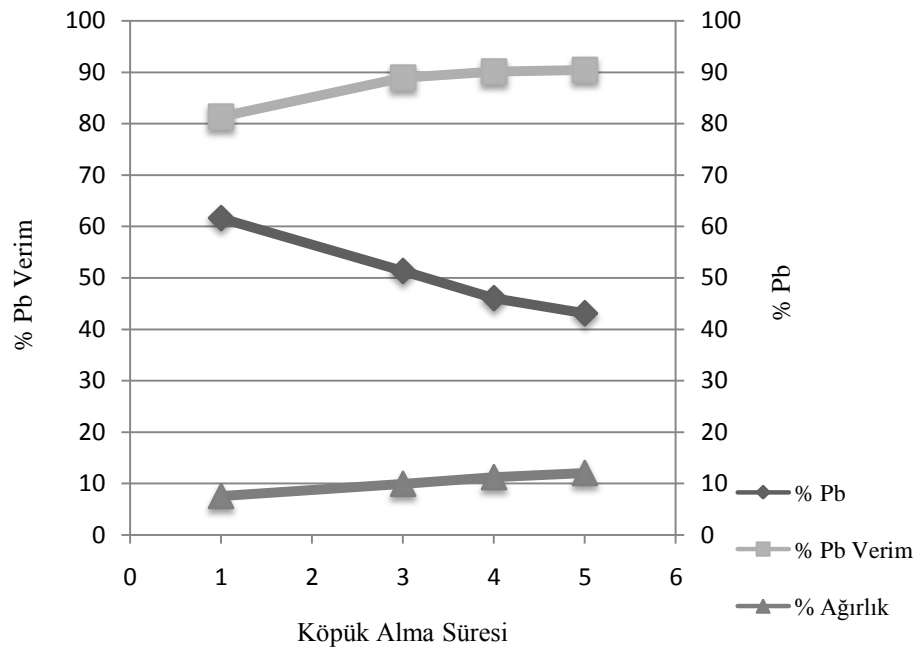
Tablo 5.37 Köpük alma süresinin flotasyona etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Pb – Cu Toplu
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	8,5
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	1000
ZnSO ₄ (g/t)	500
Na ₂ S (g/t)	150
KEX (g/t)	75 + 37,5
AF 70 (g/t)	20
CuSO ₄ (g/t)	---
3477 (g/t)	---
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	1, 3, 4, 5

Tablo 5.38 Köpük alma süresi değişiminin flotasyona etkisi

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
1 Dakika	7,59	61,65	4,29	2,45	81,34	38,35	41,09
3 Dakika	9,97	51,34	4,23	2,00	88,98	49,70	44,04
4 Dakika	11,26	46,07	4,22	2,09	90,16	55,98	52,20
5 Dakika	12,07	43,12	4,32	2,20	90,47	61,32	58,82

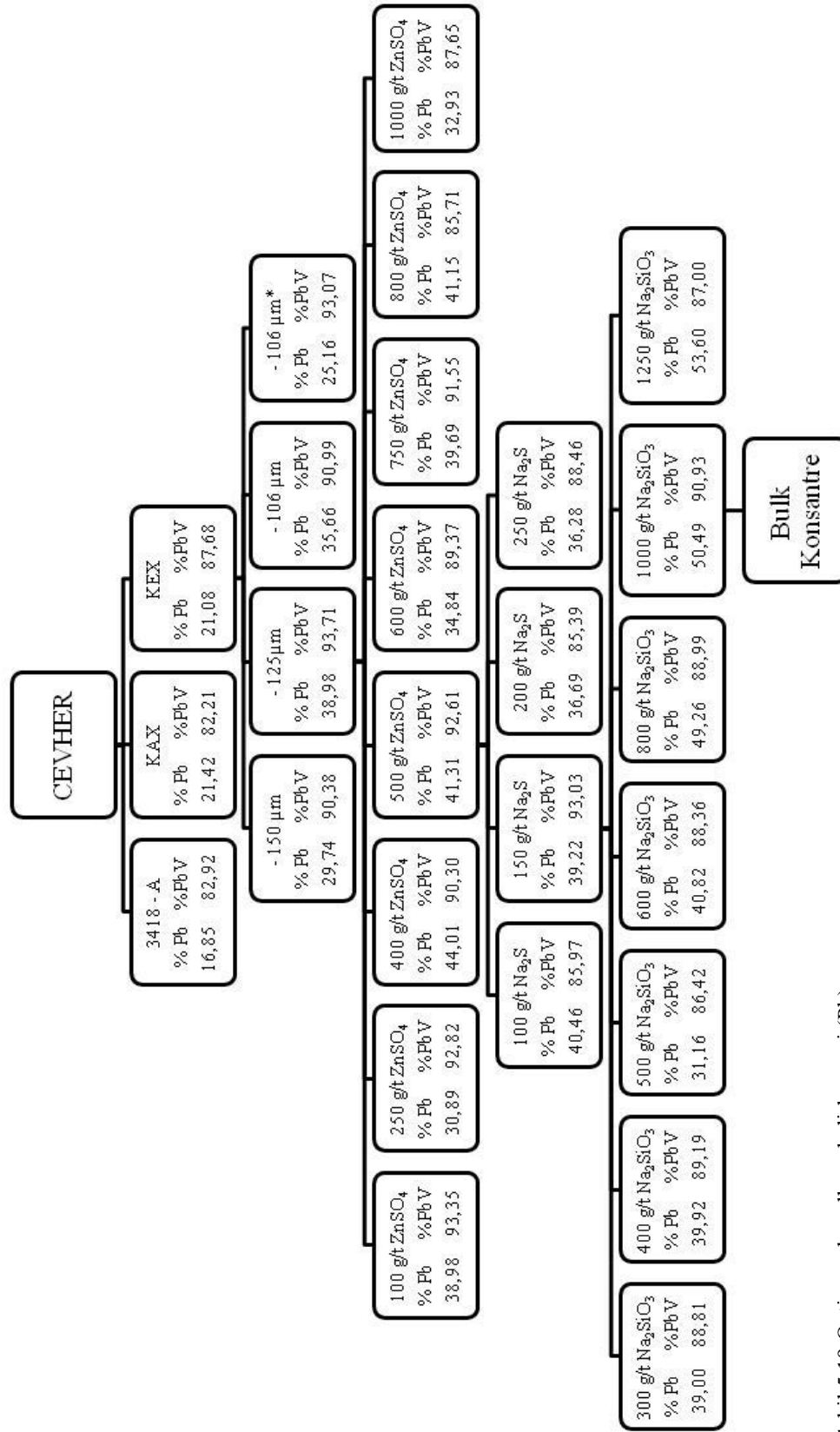
Deneylemlerden alınan bulgulara göre hazırlanan köpük alma süresine bağlı olarak tenör, verim ve alınan ürün ağırlıklarında gözlenen değişimleri gösteren grafik Şekil 5.18 de yer almaktadır.



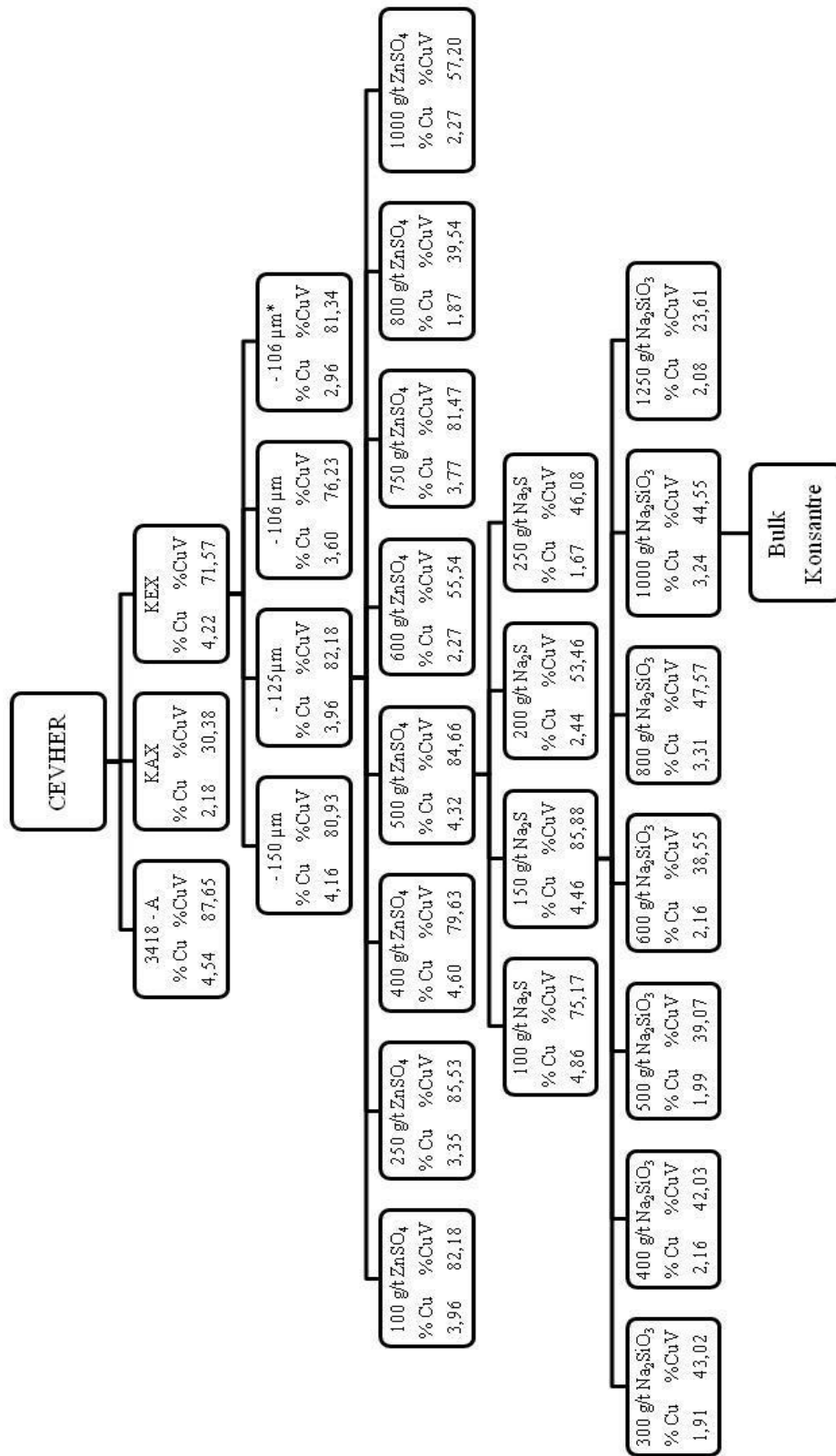
Şekil 5.18 Köpük alma süresinin flotasyona etkisi

Yapılan deneylerde yüzen ürünün büyük bir kısmının ilk 1 dakika içinde geldiği gözlemlenmiştir. 1 dakika köpük alma süresinde elde edilen ürünün yüksek tenörde olduğu ancak düşük verimle elde edildiği görülmektedir. Tenör ve verim değerleri göz önünde bulundurularak 3 dakika köpük alma süresinin ideal olduğu kanısına varılmıştır.

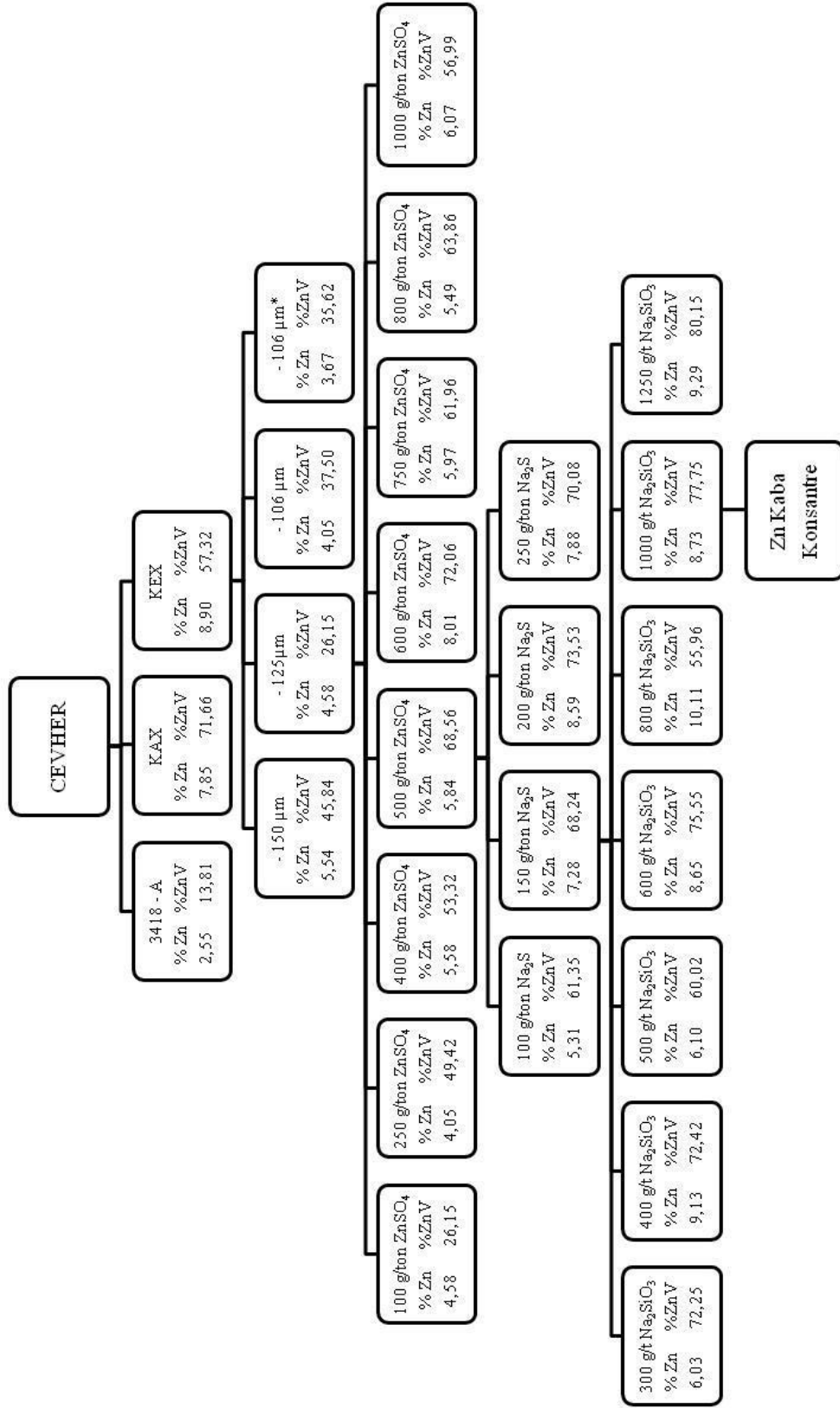
Bu bölümde selektif flotasyona tabi tutulacak Pb+Cu bulk konsantresinin ve satışı yapılabilecek düzeye getirilmesi için temizleme flotasyonuna tabi tutulacak Zn kaba konsantresinin optimum koşullarda elde edilebilirliği araştırılmıştır. Bu süreçte elde edilen sonuçlar düzenlenen akım şemalarında gösterilmektedir. Kurşun, bakır ve çinko için ayrı ayrı hazırlanan ve Şekil 5.19 – 5.21 de gösterilmekte olan şemalarda, konsantre tenör ve verimleri kaba ve süpürme flotasyonlarında elde edilen ürünlere göre hesaplanmıştır.



Şekil 5.19 Optimum koşulların belirlenmesi (Pb)



Şekil 5.20 Optimum koşulların belirlenmesi (Cu)



Şekil 5.21 Optimum koşulların belirlenmesi (Zn)

BÖLÜM ALTI

SELEKTİF FLOTASYON ÇALIŞMALARI

6.1 Çinko – Gang Selektif Ayırma Çalışmaları

Bulk flotasyon devresinden alınan yaklaşık %15 Zn içeren ürün ticari anlamda satılabilir değildir. İzabeye girecek Zn konsantrasyonunun minimum %45 Zn içermesi istenmektedir. Bu nedenle bulk flotasyon devresinde elde edilen çinko ve gang ürünü için selektif flotasyon yapılması gerekmektedir.

Bu aşamada bulk flotasyonu takiben yapılan selektif flotasyon çalışmalarında kullanılan reaktiflerin miktarları değiştirilerek optimum koşul belirlenmiştir. Daha sonra bu koşul uygulanarak elde edilen ürün temizleme flotasyonuna tabi tutulmuştur.

FeSO₄ kullanımının çinko flotasyonuna etkisinin araştırılması amacıyla yapılan deneylerde uygulanan koşullar Tablo 6.1 de verilmektedir. Çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 6.2 -6.5 te yer almaktadır.

Tablo 6.1 FeSO₄ kullanımının çinko flotasyonuna etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	300
FeSO ₄ (g/t)	0 ; 100 ; 150 ; 200
CuSO ₄ g/t)	200
3477 (g/t)	75 + 37,5
AF 70 (g/t)	20
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2

Tablo 6.2 FeSO₄ kullanımı olmadan yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	4,52	5,59	14,58	6,96	4,22	49,50	44,43
Zn Ara Ürün	1,24	3,22	5,10	1,21	0,67	4,73	2,11
Artık	84,74	0,46	0,18	0,06	6,46	11,62	6,71

Tablo 6.3 100 g/ton FeSO₄ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	3,88	4,40	14,28	7,70	25,75	58,17	75,52
Zn Ara Ürün	2,44	3,22	5,91	1,52	11,86	15,15	9,37
Artık	93,68	0,44	0,27	0,06	62,39	26,68	15,11

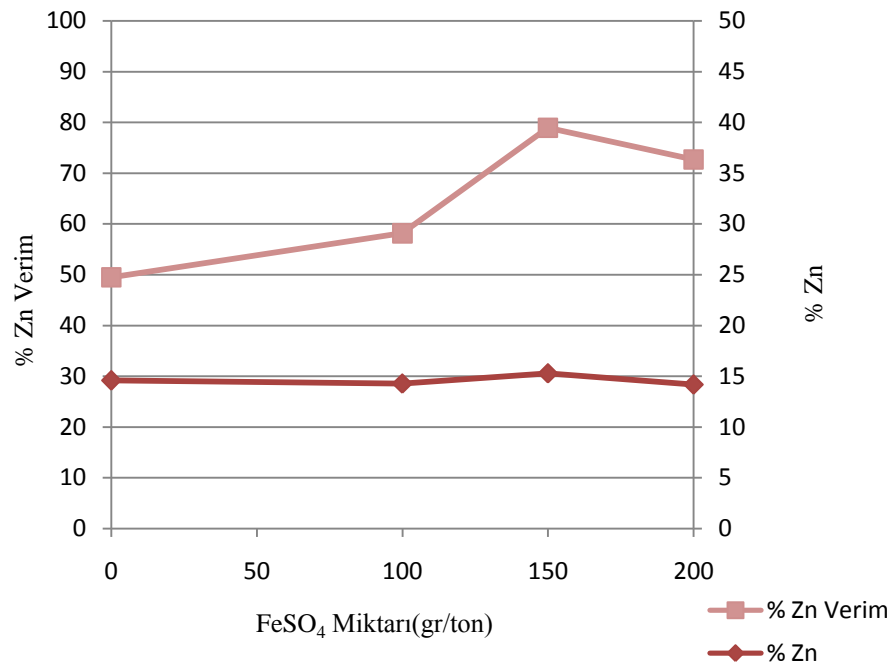
Tablo 6.4 150 g/ton FeSO₄ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	4,48	3,55	15,28	6,22	31,14	78,93	83,32
Zn Ara Ürün	2,22	1,43	4,10	0,68	6,20	10,50	4,49
Artık	93,30	0,34	0,10	0,04	62,66	10,57	12,19

Tablo 6.5 200 g/ton FeSO₄ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	4,12	3,76	14,19	6,31	30,18	72,70	81,19
Zn Ara Ürün	2,43	1,56	4,49	0,76	7,37	13,57	5,75
Artık	93,45	0,34	0,12	0,04	62,45	13,73	13,05

Sonuçlar göz önüne alınarak oluşturulan FeSO₄ kullanımının çinko flotasyonuna etkisini gösteren Şekil 6.1 de yer alan grafiğe göre yapılan deneylerde demir sülfat kullanımının elde edilen ürünün tenör değerini ve çalışmanın verimini arttırdığını söylemek mümkündür. 150 g/ton FeSO₄ kullanımında %78,93 verim ile %15,28 tenörlü Zn konsantresinin elde edildiği görülmektedir. Bu değerlerin diğer FeSO₄ kullanım miktarlarına göre daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 6.1 FeSO₄ kullanımının Zn-gang flotasyonuna etkisi

Yantaşlardan cevhere karışmış olan silisin dağıtılması ve şlam etkisinin azaltılması amacı ile kullanılan sodyum silikat (Na₂SiO₃)'ın etkisi yapılan deneylerle araştırılmıştır. Uygulanan deney koşulları Tablo 6.6 da verilmektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.7 - 6.10 da gösterilmektedir.

Tablo 6.6 Na₂SiO₃ kullanımının çinko flotasyonuna etkisinin araştırılması sırasında uygulanan şartlar

Flotasyon Koşulları -	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	200 ; 300 ; 400 ; 500
FeSO ₄ (g/t)	150
CuSO ₄ g/t)	200
3477 (g/t)	75 + 37,5
AF 70 (g/t)	20
Kıvam Süresi (dak.)	15 + 5 + 1
Flotasyon Süresi (dak)	3 + 2

Tablo 6.7 200 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	4,27	3,87	14,19	6,45	31,98	73,34	81,88
Zn Ara Ürün	2,45	1,63	4,49	0,74	7,74	13,32	5,38
Artık	93,28	0,33	0,12	0,05	60,29	13,34	12,73

Tablo 6.8 300 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	4,48	3,55	15,28	6,22	31,14	78,93	83,32
Zn Ara Ürün	2,22	1,43	4,10	0,68	6,20	10,50	4,49
Artık	93,30	0,34	0,10	0,04	62,66	10,57	12,19

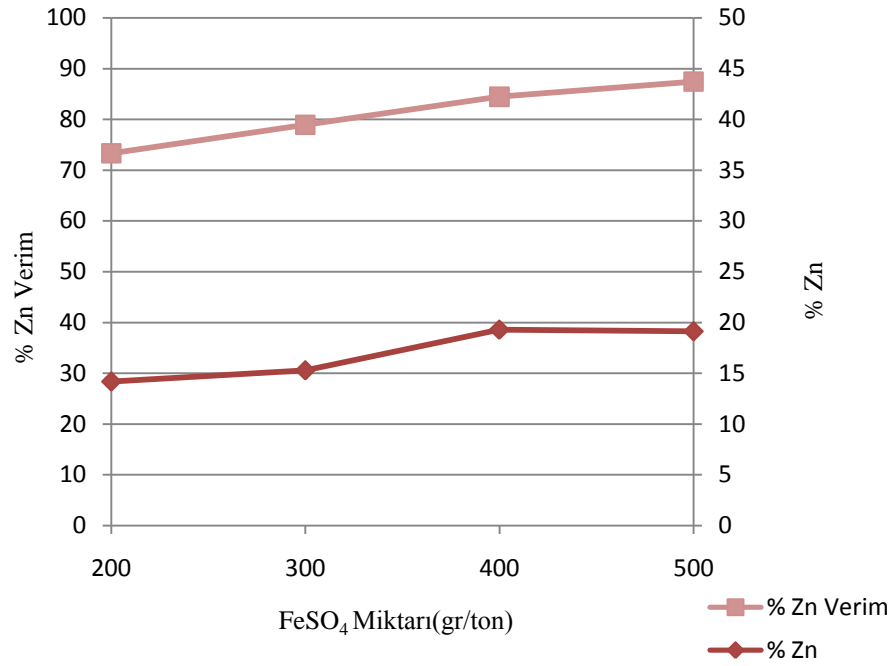
Tablo 6.9 400 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	3,79	4,89	19,29	7,94	30,02	84,47	78,34
Zn Ara Ürün	2,31	2,43	2,08	1,26	9,11	5,55	7,58
Artık	93,90	0,40	0,09	0,06	60,87	9,98	14,08

Tablo 6.10 500 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak yapılan deneyde elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	3,95	5,78	19,14	7,86	37,98	87,45	82,63
Zn Ara Ürün	2,10	2,93	1,60	1,14	10,19	3,87	6,33
Artık	93,95	0,33	0,08	0,04	51,83	8,67	11,03

Çalışmalar sonucunda kullanılan Na₂SiO₃ miktarının çinko flotasyonuna etkisini gösteren grafik Şekil 6.2 de verilmektedir.



Şekil 6.2 Na₂SiO₃ kullanımının Zn-gang flotasyonuna etkisi

Şekil 6.2 de görülmekte olan grafik, kullanılan Na₂SiO₃ miktarının artırılması elde edilen ürünün tenörüne ve çalışmanın verimine olumlu etki sağladığını göstermektedir. Kullanılacak Na₂SiO₃ miktarının belirlenmesi için yapılan deneylerde 500 g/ton Na₂SiO₃ kullanılarak % 87,45 verimle %19,14 Zn içeren çinko konsantresi elde edildiği görülmektedir.

FeSO₄ ve Na₂SiO₃ kullanımının çinko flotasyonuna etkisinin araştırılmasının ardından belirlenen koşullar uygulanarak selektif çinko temel flotasyon devresinde üretilen ürün temizleme flotasyonuna tabi tutulmuştur. Deney sırasında uygulanan koşullar Tablo 6.11 de, elde edilen sonuçlar Tablo 6.12 de verilmektedir

Tablo 6.11 Son temizleme flotasyonunda uygulanan koşullar

Flotasyon Koşulları -	Zn
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	11,0
Na ₂ SiO ₃ (g/t)	500
FeSO ₄ (g/t)	150
CuSO ₄ (g/t)	200
3477 (g/t)	75
AF 70 (g/t)	10
Kıvam Süresi (dak.)	5 +3 + 1
Flotasyon Süresi (sn.)	90 + 90

Tablo 6.12 Son temizleme flotasyonunda elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Zn	16,12	8,73	48,16	1,96	25,21	64,56	49,34
Zn Ara Ürün	14,92	11,49	18,93	4,60	30,70	33,40	45,64
Artık	68,95	3,57	3,72	2,58	44,10	2,04	5,02

Deneyler sonucunda elde edilen nihai ürünün satılabilir kıstaslarda olduğunu göstermektedir. Konsantrenin istenen ölçüde diğer cevher minerallerini olan kurşun ve bakırdan ayrılmamış olmasının çalışmaya konu olan cevherin kolay okside olabilirliliğine bağlanabilir. Buna karşın konsantre giriş cevherine göre yaklaşık 80 kat zenginleştirilmiştir.

6.2 Pb Cu Selektif Ayırma Çalışmaları

Metalürjik işlemlere tabi tutulacak konsantre cevherin mümkün mertebe diğer safsızlıklar ve farklı minerallerden ayrılmış olması istenmektedir. Kompleks cevherlerin zenginleştirilmesinde genel amaç birbirinden iyi derecede ayrılmış konsantreler elde etmektir. Aksi durum cevherin ekonomik değerini düşürmektedir.

Çalışmamıza konu olan cevherden örnek verecek olursak, Pb konsantre içindeki Zn ve Cu miktarı hem Pb konsantresinin tenörünü düşürerek değerini azaltmaktadır, hem de Zn ve Cu konsantrelerinin miktarını ve kalitesini azaltmaktadır. Bulk flotasyon devresinden elde edilen Pb-Cu toplu konsantresi

Bu nedenlerden dolayı Pb konsantre içindeki Cu Miktarını azaltmak ve ayrıca ekonomik değeri daha yüksek olan Cu konsantresi elde etmek için bulk flotasyondan alınan Pb-Cu toplu konsantresi selektif flotasyona tabi tutulmuştur. Deneyler sırasında optimum koşulların belirlenmesinin yanında kullanılan bastırıcının etkileri de araştırılmıştır.

Çalışmamıza konu olan cevher için kurulmuş olan flotasyon tesisinde kurşun – bakır flotasyon devresinde kurşun bastırıcı olarak potasyum dikromat($K_2Cr_2O_7$) kullanılmaktadır. Potasyum dikromat kanserojen etkisinin yanı sıra ağır metal içeriği nedeni ile de kullanımının mümkün olduğunca az olması istenmektedir.

Madencilik çalışmalarında çevresel etkiyi minimuma indirmek temel amaçlarımızdan biri olmalıdır. Bu gaye ile kurşun bastırıcı olarak sodyum metabisülfid kullanımı öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmada sodyum metabisülfid ve potasyum dikromat kullanımı karşılaştırmalı olarak denenmiştir. Bundan farklı olarak sodyum metabisülfid miktarı arttırılarak uygulanabilirliği araştırılmıştır.

İlk aşamada 500 g/ton dozajında sodyum metabisülfid ve potasyum dikromat kullanılarak karşılaştırılması yapılmıştır. $Na_2S_2O_5$ kullanılarak yapılan deney koşulları Tablo 6.13 te, deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 6.14 te yer almaktadır. $K_2Cr_2O_7$ kullanılarak yapılan deney koşulları Tablo 6.15 te, deneyden alınan sonuçlar Tablo 6.16 da verilmektedir.

Tablo 6.13 Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deneyde uygulanan koşullar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	5,5
Dextrin (g/t)	25
Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t)	500
Aero 5100 (g/t)	50
AF 70 (g/t)	10
Kıvam Süresi (dak.)	5 + 2 + 1
Flotasyon Süresi (s)	180

Tablo 6.14 Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deneyden alınan sonuçlar

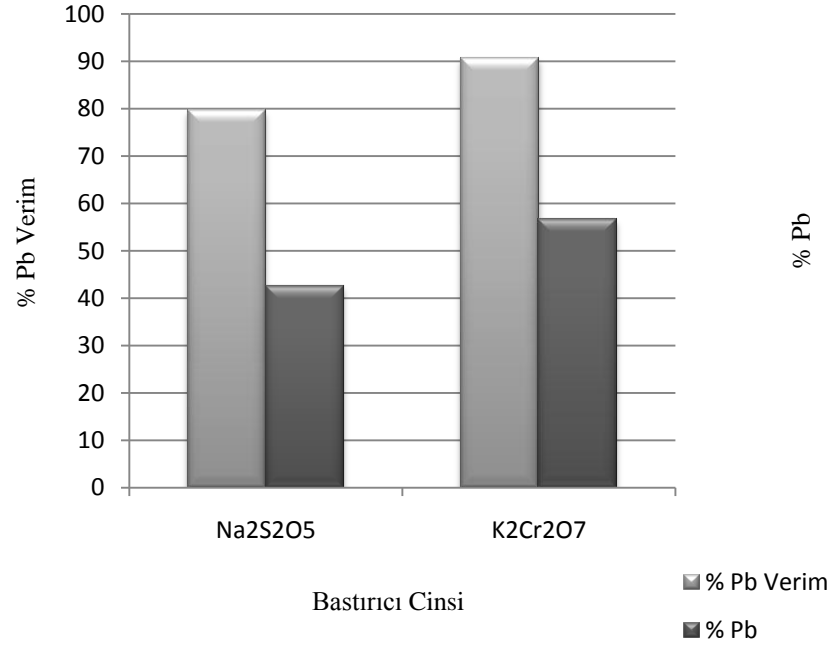
	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	29,65	39,68	4,11	9,64	20,29	46,37	46,63
Pb	70,35	42,64	1,30	3,02	79,71	53,63	53,37

Tablo 6.15 K₂Cr₂O₇ kullanılarak yapılan deneyde uygulanan koşullar

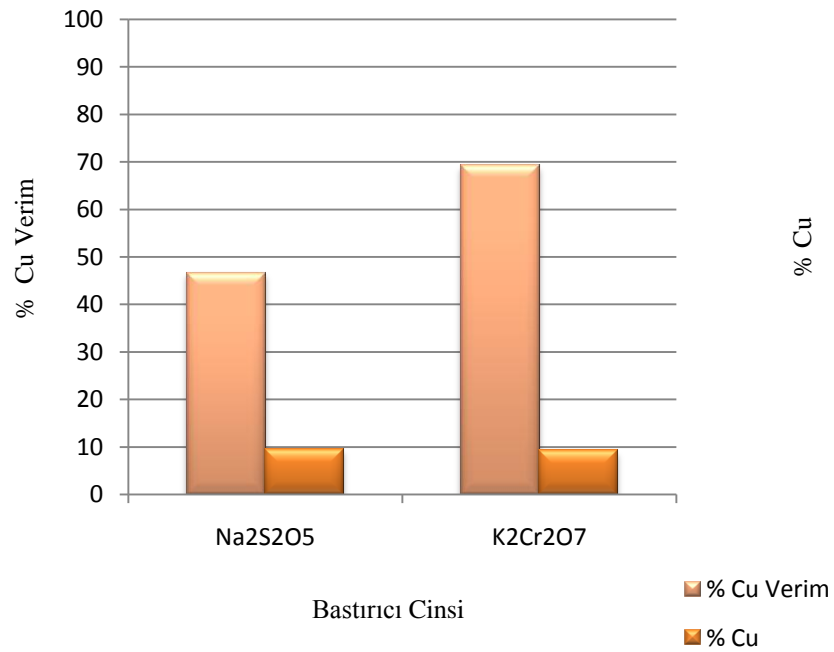
Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	5,5
Dextrin (g/t)	25
K ₂ Cr ₂ O ₇ (g/t)	500
Aero 5100 (g/t)	50
AF 70 (g/t)	10
Kıvam Süresi (dak.)	5 + 2 + 1
Flotasyon Süresi (s)	180

Tablo 6.16 $K_2Cr_2O_7$ kullanılarak yapılan deneyden elde edilen sonuçlar

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	5,84	31,61	10,48	9,34	9,34	68,18	69,12
Pb	94,16	56,60	0,90	0,82	90,66	31,82	30,88



Şekil 6.3 Bastırıcı cinsinin selektif flotasyona etkisi(Pb)



Şekil 6.4 Bastırıcı cinsinin selektif flotasyona etkisi(Zn)

Yapılan deneylerde kurşunun tam olarak selektivitenin sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Bu amaçla bakırın canlandırılması amacı ile çinko sülfat kullanımına, kullanılan toplayıcı miktarının ve bastırıcı miktarlarının artırılmasına karar verilmiştir.

Tablo 6.17 K₂Cr₂O₇ kullanılarak yapılan deneyde uygulanan koşullar

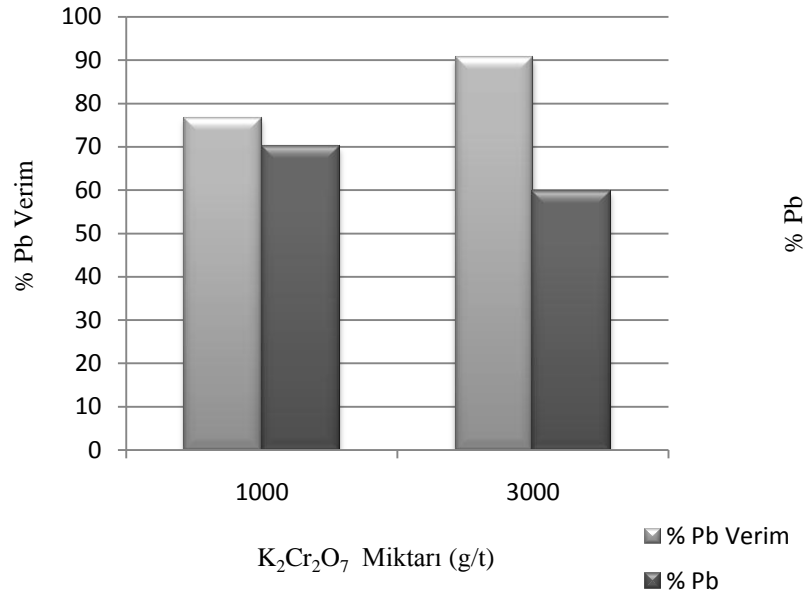
Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	5,5
Dextrin (g/t)	25
ZnSO ₄ (g/t)	200
K ₂ Cr ₂ O ₇ (g/t)	1000, 3000
Aero 5100 (g/t)	100
AF 70 (g/t)	10
Kıvam Süresi (dak.)	5 + 2 + 1
Flotasyon Süresi (s)	90+90

Tablo 6.18 1000 g/t K₂Cr₂O₇ kullanılarak yapılan deney sonuçları

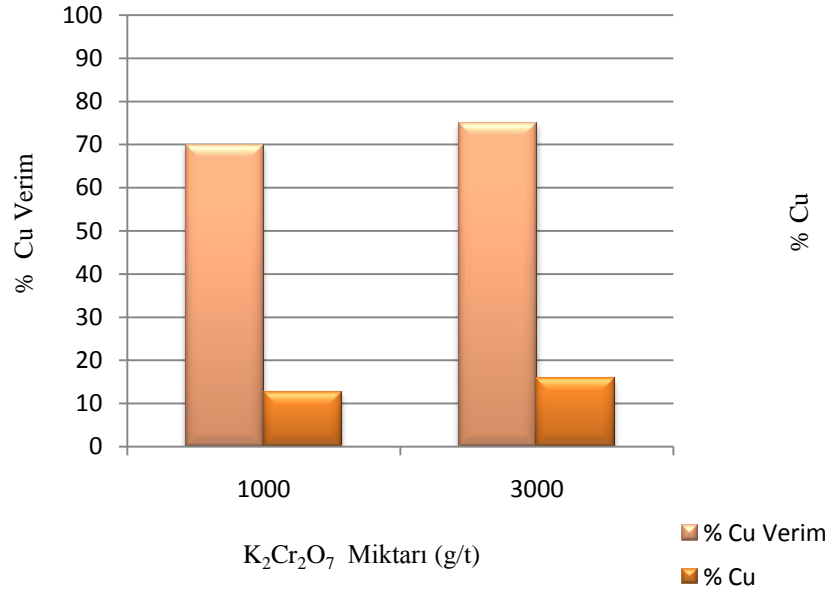
	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	29,51	33,16	5,08	12,67	17,46	67,11	69,91
Cu (2)	9,19	35,86	1,84	5,87	5,88	7,58	10,10
Pb	61,29	70,11	0,92	1,74	76,66	25,31	19,99

Tablo 6.19 3000 g/t K₂Cr₂O₇ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	15,83	22,75	1,20	15,86	6,93	39,51	75,08
Cu (2)	5,27	23,51	1,45	2,34	2,38	15,80	3,69
Pb	78,90	59,77	0,27	0,90	90,69	44,69	21,24



Şekil 6.5 K₂Cr₂O₇ kullanımının selektif flotasyona etkisi(Pb)



Şekil 6.6 K₂Cr₂O₇ kullanımının selektif flotasyona etkisi(Cu)

Potasyum dikromat kullanılarak yapılan deneylerde 3000 g/ton kullanımında %90,69 verimle %59,77 Pb, %75,08 verimle %15,86 Cu içeren konsantre elde edildiği görülmektedir. Potasyum dikromat kullanımının doğa ve insan sağlığına zararları göz önüne alınarak kullanım miktarının daha fazla arttırılmaması uygun görülmüştür.

Tablo 6.20 Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deneyde uygulanan koşullar

Flotasyon Koşulları -	Pb - Cu Toplu
Reaktif Miktarları	Flotasyonu
Tane İriliği (mm)	-0,125
Katı Oranı (%)	20
pH	5,5
Dextrin (g/t)	25
ZnSO ₄ (g/t)	200
Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t)	1000, 3000, 5000
Aero 5100 (g/t)	100
AF 70 (g/t)	10
Kıvam Süresi (dak.)	5 + 2 + 1
Flotasyon Süresi (s)	90+90

Tablo 6.21 1000 g/t Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deney sonuçları

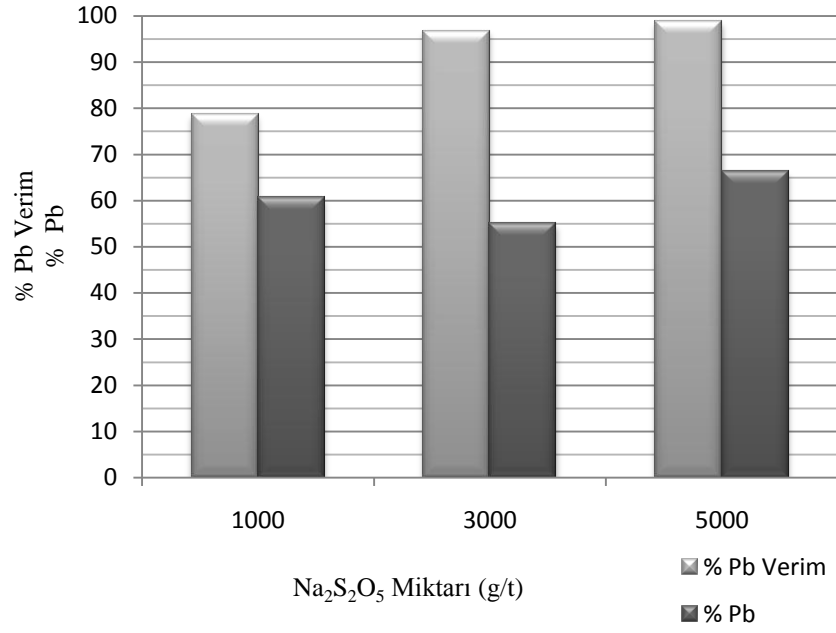
	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	26,02	35,42	2,35	8,82	17,39	75,64	88,49
Cu (2)	5,16	40,86	1,48	2,52	3,97	9,42	5,00
Pb	68,82	60,57	0,18	0,25	78,64	14,94	6,51

Tablo 6.22 3000 g/t Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deney sonuçları

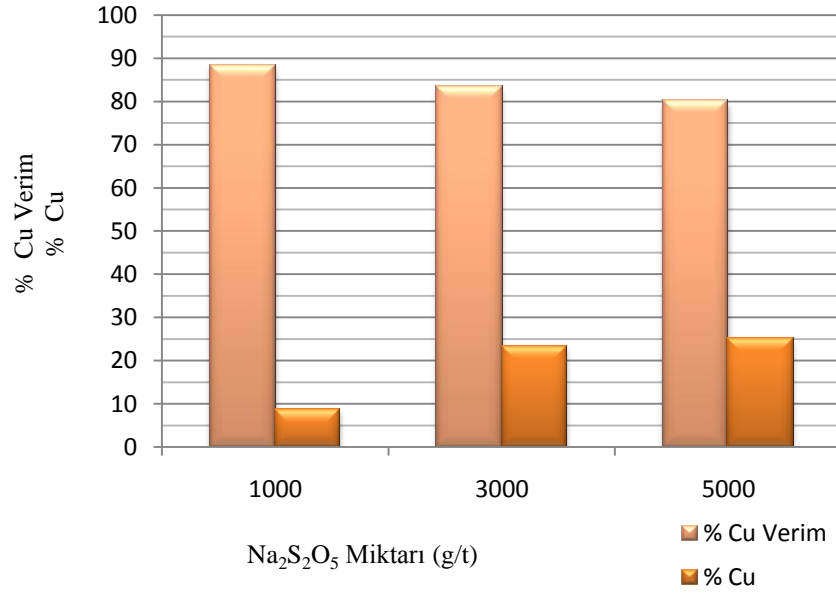
	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	8,21	13,14	3,58	23,35	2,10	37,87	83,57
Cu (2)	1,57	38,07	5,59	10,41	1,17	11,33	7,13
Pb	90,22	54,95	0,44	0,24	96,73	50,80	9,30

Tablo 6.23 5000 g/t Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deney sonuçları

	% Ağ.	% Tenör			% Verim		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Cu	7,35	6,20	2,28	24,94	0,74	31,39	80,07
Cu (2)	1,46	23,27	8,59	13,60	0,55	23,43	8,65
Pb	91,19	66,32	0,26	0,28	98,70	45,18	11,28

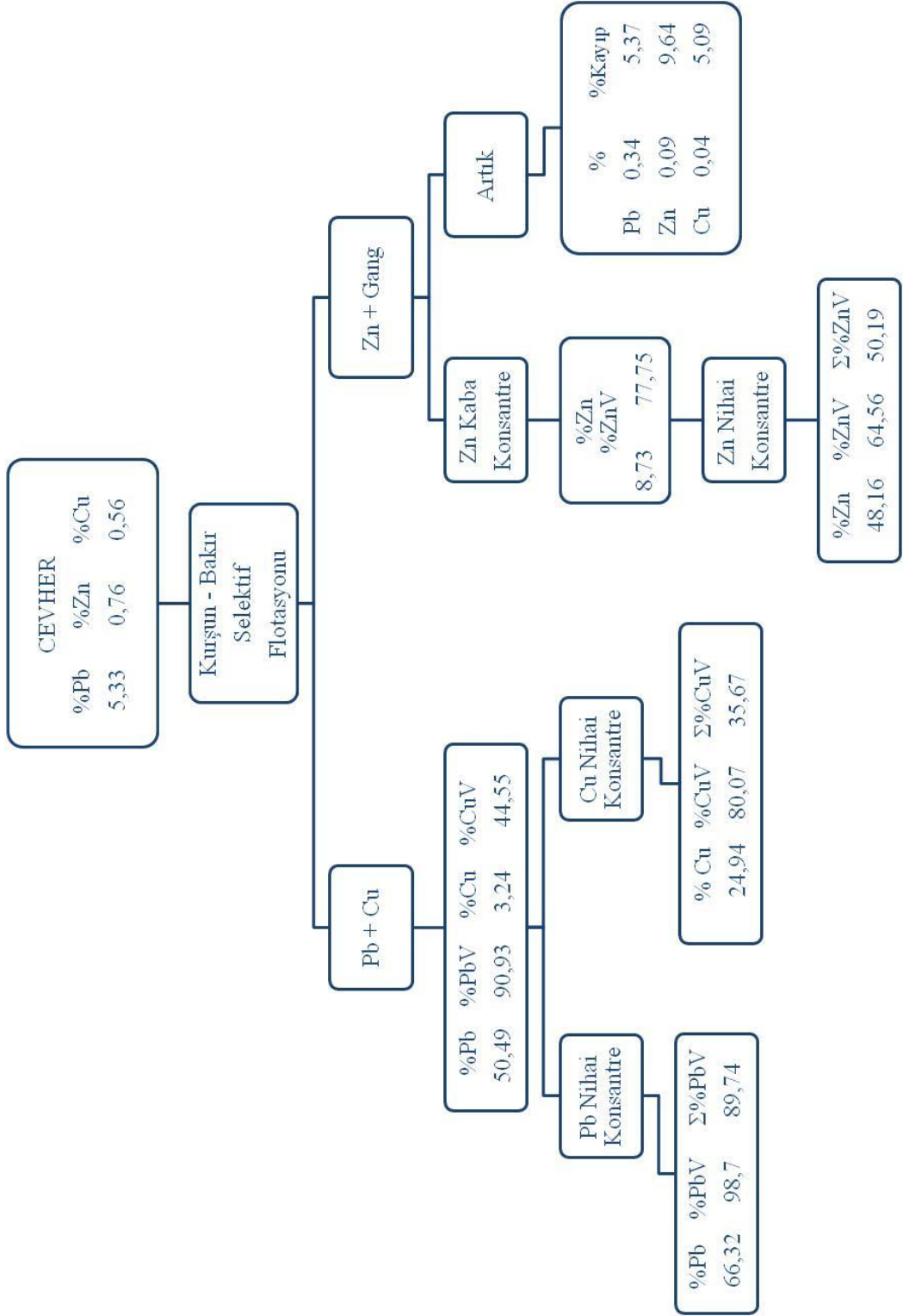


Şekil 6.7 Na₂S₂O₅ kullanımının selektif flotasyona etkisi(Pb)



Şekil 6.8 Na₂S₂O₅ kullanımının selektif flotasyona etkisi(Cu)

3000 g/ton sodyum metabisülfıt kullanılarak yapılan deneyde %98,7 verimle%66,32 Pb, %80,07 verimle %24,94 Cu içermekte olan ticari olarak satılabilen konsantreler elde edildiği görölmektedir.



Şekil 6.9 Metalik denge şeması

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ

Çanakkale İli, Yenice İlçesi, Kalkım Beldesi sınırlarında bulunan kompleks kurşun çinko bakır cevherinin flotasyonla zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Kurşun bakır kolektif flotasyon devresinde koşul belirleme çalışmaları, kurşunun zenginleştirilmesi esas alınarak yapılmıştır.

İlk aşamada Pb – Cu bulk flotasyon devresinde kullanılan toplayıcı cinsi belirlenmiştir. 3418-A, KAX ve KEX kullanılarak yapılan çalışmada %87,68 verimle %21,08 Pb, %87,65 verimle %4,54 Cu içeren Pb+Cu konsantresi ve % 71,66 verimle %7,85 Zn içeren Zn kaba konsantresi üretilmesini sağlayan KEX kullanımı tercih edilmiştir.

Tane boyutunun belirlenmesi için kontrollü öğütme ile üretilmiş -150 µm, -125 µm ve -106 µm boyutlu numuneler ile 35 dakika direkt öğütme ile üretilmiş -106 µm boyutlu malzeme kullanılmıştır. – 125 µm boyutlu numune kullanılarak yapılan deneyde %93,71 verimle %38,98Pb, %82,18 verimle %3,96 Cu içeren Pb+Cu konsantresi ve %26,15 verimle %4,58 Zn içeren Zn kaba konsantresi üretilmiştir. Bahsedildiği gibi numune 106 µm altına kontrollü ve direkt olmak üzere iki farklı biçimde öğütülmüştür.

Kontrollü öğütme ile üretilen numunenin, direkt öğütme ile üretilen numuneye kıyasla tenör ve verim açısından daha olumlu sonuçlar elde edilmesini sağladığı görülmektedir. Bu nedenle ileri ki aşamalarda kontrollü öğütme ile üretilmiş -125 µm boyutlu numune kullanılması kararlaştırılmıştır.

Bastırıcı miktarının belirlenmesi için 100, 250, 400, 500, 600, 750, 800 ve 1000 g/ton ZnSO₄ kullanımları denenmiştir. %92,61 verimle %41,31 Pb, %84,66 verimle %4,32 Cu içermekte olan Pb+Cu konsantresi ve %68,56 verimle %5,84 Zn içeren Zn kaba konsantresi elde edilmesini sağlayan 500 g/ton ZnSO₄ kullanımı tercih edilmiştir.

Çalışmamıza konu olan cevher, sülfürlü bir cevher olmasına karşın kolay okside olabilmektedir. Okside olan minerallerin sülfürleştirilmesi amacı ile kullanılan Na_2S miktarı belirlenmiştir. 100, 150, 200 ve 250 g/ton Na_2S kullanılarak yapılan deneylerde %93,03 verimle %39,22 Pb, %85,88 verimle %4,46 Cu içeren Pb+Cu konsantresi ve %68,24 verimle %7,28 Zn içeren Zn kaba konsantresi üretilmesini sağlayan 100g/ton Na_2S kullanımını tercih edilmiştir.

Yantaşlardan cevhere karışan silisi ve şlamı dağıtma amacı ile kullanılan Na_2SiO_3 miktarının belirlenmesi amacı ile 300, 400, 500, 600, 800, 1000 ve 1250 g/ton dozajları denenmiştir. 1000 g/ton Na_2SiO_3 kullanımında %90,93 verimle %50,49 Pb, %44,45 verimle %3,24 Cu içermekte olan Pb+Cu konsantresi ve %73,75 verimle %8,73 Zn içeren Zn kaba konsantresi üretilmesi sağlanmıştır.

Belirlenen optimum koşullarla üretilen Zn kaba konsantresi temizleme flotasyonuna tabi tutulmuştur. Tablo 6.11 de yer alan koşullar uygulanarak yapılan deneyde %66,56 verimle %48,16 Zn içermekte olan Zn konsantresi elde edilmiştir. Elde edilen konsantre satılabilir özellikleri taşımaktadır ancak konsantre içerisinde bulunan %8,73 Pb cevherin satış fiyatını düşürmektedir.

Kurşun – bakır selektif flotasyon devresinde bastırıcı olarak sodyum metabisülfid ve potasyum dikromat denenmiştir. 3000 g/ton potasyum dikromat kullanımında %90,69 verimle %59,77 Pb içeren nihai kurşun konsantresi ve % 75,08 verimle %15,86 Cu içeren nihai bakır konsantresi elde edilmiştir.

5000 g/ton sodyum metabisülfid kullanımında % 98,7 verimle %66,32 Pb içeren nihai kurşun konsantresi ve %80,07 verimle %24,94 Cu içermekte olan nihai bakır konsantresi elde edilmiştir. Her iki konsantre de satılabilir özelliktedir.

Görüldüğü gibi 5000 g/ton sodyum metabisülfid kullanımını 3000 g/ton potasyum dikromat kullanımına göre daha yüksek verimle daha konsantre ürün eldesi sağlamaktadır. Potasyum dikromatın maliyeti sodyum metabisülfidin maliyetinin 1,45

katıdır. Bu nedenle 5000 g/ton sodyum metabisülfid kullanımının 3000 g/ton potasyum dikromat kullanımına göre maliyete olumsuz etkisi olmamaktadır.

Potasyum dikromat ağır metal içeriği, çevresel olumsuzlukları ve insan sağlığına olan zararlı etkileri nedeni ile mümkün olduğunca kullanılmaması istenmektedir. Çalışmalarımızdaki temel amaç madencilik çalışmalarının çevreye ve insan sağlığına etkilerinin mümkün olduğunca azaltılmasıdır.

Tüm bu etmenler göz önüne alındığında sodyum metabisülfid kullanımının tercih edilmesi çevre, tenör, verim ve ekonomiklik açısından daha uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

Bayraktar, İ. ve Altun, Y.(1996) Kompleks bakır-kurşun-çinko cevherlerinin özellikleri, ekonomik değeri ve zenginleştirilmesi. *Madencilik*, Mart/1996 (35/1).

Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents* (1st Edition). Amsterdam: Elsevier

Commodity Statistics and Information (b.t). Erişim tarihi 28 Ağustos 2010, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>

Çilingir, Y. (1996). *Metalik cevherler ve zenginleştirme yöntemleri* (2. Baskı). İzmir: D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.

Gökçe, A. (2006). *Maden yatakları* (3. Baskı). Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları.

Madencilik özel ihtisas komisyonu (2001). *Sekizinci beş yıllık kalkınma planı*. Erişim tarihi 30 Ağustos 2010, <http://ekutup.dpt.gov.tr/oik/plan8.htm>

Tufan, A. (2003) Karaaydın Köyü (Yenice-Çanakkale) kurşun çinko zuhurlarının jeolojisi, parajenezi ve oluşumu. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (1-2), 95-106.

Türkiye maden rezervleri. 06 Eylül 2010, www.mta.gov.tr