DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇANAKKALE YÖRESİ KURŞUN CEVHERİNİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Mehmet ÖZÇUBUKÇUOĞLU

Eylül, 2016
İZMİR

ÇANAKKALE YÖRESİ KURŞUN CEVHERİNİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Cevher Hazırlama Programı

Mehmet ÖZÇUBUKÇUOĞLU

Eylül, 2016

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET ÖZÇUBUKÇUOĞLU, tarafından **PROF.DR. EROL KAYA** yönetiminde hazırlanan **"ÇANAKKALE YÖRESİ KURŞUN CEVHERİNİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erol KAYA

Yönetici

Prof. Dr. Hikmet Şiş

(Jüri Üyesi)

Prof. Dr. E. Ilknur Cücen

(Jüri Üyesi)

Prof. Dr. E. Ilknur Cücen

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini benden esirgemeyen, bilgi ve görüşlerini paylaşan, anlayış gösteren, beni en doğru şekilde yönlendiren, ayrıca mesleki ve kişisel gelişimime çok büyük katkı sağlayan tez hocam Sayın Prof. Dr. Erol KAYA'ya çok teşekkür ederim.

Minerolojik analizlerimde benden yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hatice YILMAZ'a teşekkür ederim.

Flotasyon deneylerlerinin ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde benden bilgisini esirgemeyen ve yardım eden Sayın Yük. Müh. Gökhan ERÇELİK'e, Sayın Araş. Gör. Ebru TUFAN'a ve Sayın Araş. Gör. Çağrı ÇERİK'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında bana sabır gösteren, bana olan inançları ile daima yanımda olan, manevi desteklerini eksik etmeyen sevgili annem Sayın Fatma ÖZÇUBUKÇUOĞLU'na, sevgili babam Sayın Gürcan ÖZÇUBUKÇUOĞLU'na, sevgili kardeşim Sayın Merve ÖZÇUBUKÇUOĞLU'na ve kız arkadaşım Ezgi ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet ÖZÇUBUKÇUOĞLU

ÇANAKKALE YÖRESİ KURŞUN CEVHERİNİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ÖZ

Kurşun ve çinko metalleri günümüzde, çok geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Yerlerine ikame edecek birbaşka hammaddenin olmamasından dolayı ve yapısal özellikleri sebebiyle hem ekonomik hem de stratejik olarak, ilişkili sektörlerin vazgeçilmez hammaddesi haline gelmiştir. Çağın artan ihtiyaçlarını karşılamak için kurşun-çinko üretimi her geçen gün hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak kurşun ve çinkonun üretilmesi, geliştirilmesi için akademik çalışmalar, sektörde çok büyük yatırımlar ve paralel olarak günümüzde kurşun-çinko üretimi için birçok üretim tesisi kurulmuştur.

Bu çalışmada, Çanakkale'de bulunan Çanakkale Madencilik firmasına ait bir flotasyon tesisinde, kurşun-çinko damar tipinden alınmış cevherin oksit ve sülfür flotasyonu ile veriminin yükseltilmesi buna bağlı olarak da kurşun ve çinko cevherinin bulk konsantre olarak kazanılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, farklı köpürtücü ve toplayıcıların ,farklı bastırıcıların, sülfürleyici kimyasal kullanımının ve farklı pH değerlerinin flotasyon verimi üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Flotasyon, kurşun-çinko,toplayıcı,köpürtücü

BENEFICIATION OF LEAD ORE BY FLOTATION FROM ÇANAKKALE REGION

ABSTRACT

The metals, Lead and Zinc are currently being used widely. Due to their unique and irreplaceable features, they have been used by humankind as an economic and strategic material. In order to meet the populations needs, production of lead and zinc is continously increasing daily. As a result of this, more development and research in acedemia is completed on the production of lead and zinc to make improvements. This has encouraged many new investments which has lead to constructing new lead-zinc production plants.

In this study, the ore sample is taken from an existing flotation operation located in Çanakkale region(Çanakkale madencilikA.Ş). The main objective is to improve recovery of sulfide and oxide minerals by froth flotation and improving overall bulk lead-zinc recovery. In this work, different frother and collector types, different depressants, effect of sulfidization agents, and effect of different pH on recovery of lead-zinc flotation is investigated.

Keywords: Flotation, lead-zinc,collector,frother

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii

TEŞEKKÜR iii

ÖZ iv

ABSTRACT v

ŞEKİLLER LİSTESİ ix

TABLOLAR LİSTESİ xi

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Kurşun 1

1.1.1 Kurşunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 2

1.1.2 Çinkonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 2

1.1.3 Kurşun ve Çinko Cevheri Mineralleri 3

1.2 Kurşun-Çinko Yatakları 8

1.2.1 Kurşun-Çinko Cevherleşmesinin Oluşum Tipleri 8

1.2.1.1 Plutoinik Yataklar 8

1.2.1.2 Subvolkanik Yataklar 9

1.2.1.3 Volkano-Sedimanter Pb-Zn Yataklari 10

1.2.1.4 Hidrotermal Damar Şeklinde Yataklanmalar 10

1.2.1.5 Volkano-Sedimanter Sülfid Yatakları 10

1.2.1.6 Bozunma Yatakları 10

1.2.1.7 Metamorf Pb-Zn Yatakları 11

1.2.2 Türkiye ‘de Kurşun-Çinko Yatakları 11

1.2.2.1 Biga Yarımadası Çinko Kursun Yatakları 12

1.2.2.2 Bayındır Yöresi Çinko Kurşun Yatakları 12
1.2.2.3 Simav Yöresi Çinko Kurşun Yatakları 12
1.2.2.4 Doğu Karadeniz Çinko Kurşun Yatakları 13
1.2.2.5 Bolkardağı Çinko Kurşun Yatakları 13
1.2.2.6 Horzum (Kozan-Adana) Çinko Kurşun Yatakları 13
1.2.2.7 Aladağ (Yahyalı-Kayseri) Çinko Kurşun Yatakları 14
1.2.3 Türkiye ve Dünyada Kurşun Rezervleri 16
1.2.3.1 Dünya Kurşun Rezervleri 16
1.2.3.2 Türkiye Kurşun Rezervleri 16
1.3 Kurşun ve Çinko Kullanım Alanları 18
1.3.1 Kurşun Kullanım Alanları 18
1.3.2 Çinko Kullanım Alanları 20
1.4 Kurşun ve Çinko Piyasası 21
1.5 Kurşun ve Çinko Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilmesi 23

BÖLÜM İKİ - DENEYSEL ÇALIŞMALAR 24

2.1 Malzeme 24
2.1.1 Numunenin Kimyasal Bileşimi 25
2.1.2 Tane Boyutu ve Metal Dağılımı 26
2.2 Yöntem 29
2.2.1 Minerolojik Analiz Yöntemleri 29
2.2.2 XRD(X- Işını Difraktometresi) Yöntemi 36
2.2.3 Numune Hazırlama Yöntemleri 38
2.2.4 Tane Boyutu Tespiti 39
2.2.5 Flotasyonla Zenginleştirme 41

2.2.5.1 Kullanılan Reaktifler 41

2.2.5.2 Flotasyon Testlerinde Kullanılan Ekipmanlar 41

BÖLÜM ÜÇ - BULGULAR VE İRDELEME 44

3.1 Flotasyon Deneyleri 44

3.1.1 Öğütmede Sürenin Tespiti 45

3.1.2 Na_2S 'ün Flotasyona Etkisi 46

3.1.3 Toplayıcı Cinsinin Tayini 47

3.1.3.1 Toplayıcı Miktarı 49

3.1.4 Bastırıcı Cinsi ve Miktari Tayini 51

3.1.5 Flotasyonda Köpürtücü Cinsi Tayini 52

3.1.5.1 Optimum Köpürtücü Miktarı Tespiti 53

3.1.6 Farklı pH 'ın Flotasyona Etkisi 55

3.1.7 Optimum Flotasyon Süresi Tespiti 56

3.1.8 Optimum Flotasyon Deney Şartları 58

BÖLÜM DÖRT - SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 59

KAYNAKLAR 61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye kurşun çinko yatakları haritası.....15
Şekil 1.2 1989-2014 yılları arası çinko fiyatları grafiği 22
Şekil 1.3 1989-2014 yılları arası kurşun fiyatları grafiği.....22
Şekil 2.1 Deneysel çalışma akım şeması.....24
Şekil 2.2 Besleme malı tane boyut dağılımı.....27
Şekil 2.3 Besleme malı kurşun metal tenör ve dağılım grafiği 28
Şekil 2.4 Besleme malı çinko metal tenör ve dağılım grafiği 29
Şekil 2.5 Parlak kesit numune hazırlama işlemleri.....30
Şekil 2.6 Parlak kesit için kullanılan reçine ve sertleştirici 30
Şekil 2.7 Parlak kesit hazırlama ve bakalit okuma işlemleri.....32
Şekil 2.8 Parlak kesit ile görüntülenen kurşun-çinko minerali 33
Şekil 2.9 Parlak kesit ile görüntülenen pirit minerali arasında kalmış galen 33
Şekil 2.10 Parlak kesit ile görüntülenen oksitli yüzey ihtiva eden sfalerit ve pirit taneleri.....34
Şekil 2.11 Parlak kesit ile görüntülenen galen sfalerit ve litarc minerali 34
Şekil 2.12 Parlak kesit ile görüntülenen oksit galen pirit ve sfalerit minerali 35
Şekil 2.13 Parlak kesit ile görüntülenen galen, sfalerit, oksit ve litarc mineralleri....35
Şekil 2.14 Parlak kesit ile görüntülenen galen, sfalerit ve oksit mineralleri.....36
Şekil 2.15 Besleme malı XRD analizi 37
Şekil 2.16 Rigaku model XRD cihazı.....38
Şekil 2.17 Numune hazırlama akım şeması 39
Şekil 2.18 Öğütme süresine göre tane boyut dağılımı grafiği.....40
Şekil 2.19 Deneylerde kullanılan Aymas şirketi tarafından yapılmış çubuklu değirmen 41
Şekil 2.20 Deneylerde kullanılan Horiba tane boyut ölçme cihazı 42
Şekli 2.21 Deneyde kullanılan Oakton marka pH metre 42
Şekil 2.22 Deneylerde kullanılan Denver marka flotasyon cihazı 43
Şekil 3.1 Farklı Na_2S tuketimlerinde yapılan flotasyon verim-tenör grafiği 47
Şekil 3.2 Toplayıcı cinsine göre flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği 48

Şekil 3.3 Farklı toplayıcı ve tüketim miktarlarında kurşun tenör ve verim grafiği.... 50
Şekil 3.4 Farklı köpürtücütürlerinde sülfür flotasyon deneyi Pb tenör-verim grafiği 53
Şekil 3.5 Köpürtücü miktarına bağlı flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği..... 55
Şekil 3.6 pH değerine bağlı flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği 56
Şekil 3.7 Flotasyon süresine göre deney sonuçları Pb verim-tenör grafiği..... 57

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Kurşun fiziksel ve kimyasal özellikleri 2
Tablo 1.2 Çinko fiziksel ve kimyasal özellikleri 3
Tablo 1.3 Kurşun çinko mineralleri mineralleri..... 3
Tablo 1.4 Dünya kurşun rezervi..... 16
Tablo 1.5 Türkiye kurşun rezervi..... 17
Tablo 1.6 Dünya kurşun kullanım alanları..... 18
Tablo 1.7 Kurşun ve Çinko Fiyatları 21
Tablo 2.1 Besleme malı kimyasal analizi 25
Tablo 2.2 Kırılmış cevherin elek analizi..... 26
Tablo 2.3 -4 mm besleme malı tane boyutu ve fraksiyonel metal (Pb) dağılımı..... 27
Tablo 2.4 -4 mm besleme malı tane boyutu ve fraksiyonel metal (Zn) dağılımı..... 28
Tablo 2.5 Değirmen öğütme ortamı özellikleri..... 39
Tablo 2.6 Öğütmede malzeme elek analiz değerleri..... 40
Tablo 3.1 Öğütme 2,5, 3,15 ve 3,5 dakikalarda flotasyon deneyleri 45
Tablo 3.2 Farklı yüzey potansiyellerinde yapılan flotasyon deneyleri 46
Tablo 3.3 Toplayıcı cinsi tayini için yapılan oksit flotasyonu deneyleri 48
Tablo 3.4 Toplayıcı miktarına göre yapılan flotasyon deneyleri Pb sonuçları 49
Tablo 3.5 Farklı cinsteki toplayıcıların uygulama ve kimyasal özellikleri..... 50
Tablo 3.6 Farklı bastırıcı cinsine göre yapılan flotasyon deneyleri..... 51
Tablo 3.7 Farklı bastirici tuketimlerine göre yapılan flotasyon deneyleri 51
Tablo 3.8 Farklı köpürtücü cinsine göre sülfürlü flotasyon deneyi sonuçları..... 52
Tablo 3.9 Farklı köpürtücü uygulaması ve formülizasyonu 53
Tablo 3.10 Farklı köpürtücü miktarına göre yapılan flotasyon deneyleri..... 54
Tablo 3.11 Farklı pH değerlerine göre yapılan flotasyon deneyleri sonuçları..... 55
Tablo 3.12 Flotasyon süresine göre deney sonuçları 57
Tablo 3.13 Optimum flotasyon deneyi sonuçları..... 58

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Kurşun

Dünya üzerinde teknoloji ve buna bağlı olarak üretim alanında gelişmeler sürekli olarak devam etmektedir. Bunun neticesinde ülkelerin, sürekli olarak hammaddeye olan ihtiyaçları artmaktadır. Bu hammadde ihtiyacı, üretilecek ürün veya ürünlere göre değişiklik göstermektedir.

Günümüzün en çok kullanılan hammaddeleri metallerdir. Kullanılan birçok alet ve ekipmanları üretebilmek için metalik hammaddelere ihtiyaç vardır. Bu metalleri yeraltı kaynaklarından elde etmek, hem ülke açısından hem de bölgesel istihdam açısından çok büyük önem taşımaktadır. İçinde bulunduğumuz 21 yüzyılda, Dünya kurşun üretimi, birincil kaynaklardan yani yeraltı zenginliklerinden karşılanan üretimin yanısıra büyük bir ölçüde eski hurda kaynaklardan kurşun üretimi şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Kurşun'un en önemli tüketim alanı akü imalatıdır. Yeraltı haberleşme kablolarının kurşunla izolasyonu diğer önemli tüketim alanı olarak göze çarpar. Korozyonu önleyen kurşun oksit boyalar çelik konstrüksiyonlarda kullanılır. Kurşun tetraetil ve tetrametil benzin içinde oktan ayarlayıcı olarak kullanılan kurşun bileşikleridir. Kurşun radyasyonu en az geçiren metal olması nedeniyle bu ışınlardan korunmada, renkli televizyon tüplerinin yapımında ve mühimmat imalinde de önemli miktarlarda kullanılmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2001).

Çinko en çok galvanizlemede kullanılmaktadır. İnşaat sektöründeki galvanizli saçlar ve konstrüksiyon malzemeleri ile elektrik ve diğer havai hat direkleri galvanizlemenin en çok kullanıldığı alanlardır. Pirinç alaşımı ile bilhassa otomotiv sanayinde döküm kalıpları yapımında kullanılan çinko alaşımları çinko'nun kullanıldığı diğer önemli alanlardır. Çinko oksit yağlı boya ve lastik üretiminde kullanılmaktadır (Maden Tetkik ve Arama[MTA], 2015).

1.1.1 Kurşunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kursun (Pb), atom numarasi 82 ve atom kutlesi 207,19 olan mavi-gümüş renkli, yumuşak, dövülerek işlenebilir, mohs sertliği 1,5 olan bir elemettir. Kurşun yüksek atom numarasi olmasina rağmen radyoaktif geçirgenliği olmayan bir elementtir. Bu sebeple kurşunun genel kullanım alanlarına ek olarak radyoaktif sığınakların yapımında kullanımı oldukça yaygındır (Vikipedi, 2016). Tablo 1.1'de kurşunun fiziksel ve kimyasal özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 1.1 Kurşunun fiziksel ve kimyasal özellikleri (Vikipedi, 2016)

Tanım	**Değer**
Atom Numarası	82
Standard Atom Ağırlığı	207,2
Yoğunluk	11,34 gr/cm^3
Ergime Noktası	327,46 °C
Kaynama Noktası	1749 °C
Mohs Sertliği	1,5
Elektronegatifliği (Pauling Skala)	1,87
Poisson Oranı	0,44
Elektron Dizilişi	4f14 5d10 6s2 6p2
Manyetik Özelliği	Diamanyetik

1.1.2 Çinkonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çinko, periyodik cetvelde 12. grupta atom numarasi 30 olan gümüşümsü gri renkli kirilgan bir metaldir. Periyodik tablo da gecis elementleri grubunda yer alir. En genel olan çinko cevheri sfalerittir (Vikipedi, 2016).

Tablo 1.2 Çinko fiziksel ve kimyasal özellikleri (Vikipedi, 2016)

Tanım	**Değer**
Faz	Katı
Atom Numarası	30
Standard Atom Ağırlığı	65,38
Yoğunluk	7,14 gr/cm^3
Ergime Noktası	419,53 °C
Kaynama Noktası	907 °C
Mohs Sertliği	2,5
Elektronegatifliği (Paul Skalası)	1,65
Poisson Oranı	0,25
Elektron Dizilişi	3d10 4s2
Manyetik Özelliği	Diamanyetik

1.1.3 Kurşun ve Çinko Cevheri Mineralleri

Farklı coğrafyalarda, elemetler çeşitli jeolojik etkilere maruz kalarak, farklı yapıda mineraller oluşmaktadır. Tablo 1.3'de kurşun ve çinko mineralleri ve kimyasal formülleri gösterilmektedir (Vikepedi, 2016).

Tablo 1.3 Kurşun çinko mineralleri mineralleri (Vikipedi, 2016)

Kursun Çinko Mineralleri	**Kimyasal Formülleri**	**%**
Galenit	PbS (+Ag)(%0,01-1 Ag)	86,6
Jamesonit	$Pb_5FeSb_6S_{11}$	50,8
Boulangerit	Pb_5Sb4S_{11}	55-58
Anglesit	$PbSO_4$	86,3
Serusit	$PbCO_3$	77,5
Piromorfit	Pb_5-$Cl(PO_4)_3$ + Cu + V	75,8
Vulfenit	$PbMoO_4$ + Ca	56,4
Sfalerit	ZnS(Fe, $CuFeS_2$,In,Ge,Hg-Cd)	67
Vurtzit	ZnS(Fe-Cu)	67
Smitsonit	$ZnCO_3$ + Mn, Co, Mg	52
Hemimorfit	$H_2Zn_2SiO_5$ (Kalamin)Zn_2SiO_4, H_2O	54,2

Galen (PbS): % 86,6 Pb ve % 13,4 S içerir. Az miktarda demir, çinko, antimuan, selenyum, gümüş ve altın içerebilir. Gümüş içeriği genellikle %0,01-2,0 arasında değişir. Bu nedenle simli kurşun adını alır. Sertliği 2,3, özgül ağırlığı 7,4-7,6, gümüş grisi rengindedir. Kübik sistemde kristalleşen galen, üfleç alevinde kolayca erir (DPT, 2001).

Seruzit ($PbCO_3$): Serüzit, galen filonlarının üzerinde bazen kristaller, bazen de yoğun ve stalaktit şekilli kütleler halinde bulunur. %83,5 Pb içerir. Tek veya gruplar halinde kristalleri izlenen serüzit, rombik kristal yapısındadır. Gevrek yapılı, sertliği 3-3,5, özgül ağırlığı 6,5'tur. Sarı, gri esmer ve beyaz renklerde olan mineralin saf olanı beyaz renklidir. Yağlımsı elmas ışıldamlıdır (DPT, 2001).

Anglesit ($PbSO_4$): % 68,3 Pb içerir. Yapısı gevrek, sertliği 3, özgül ağırlığı 6,3'tür. Rombik sistemde kristalleşen anglesit, renksiz olmasına karşın çeşitli renklerde görülebilir (DPT, 2001).

Piromorfit ($Pb_5Cl(PO_4)_3$): Galen yataklarında sıklıkla izlenen mineral %75-79 Pb içerir. Fosforik asit etkisiyle oluşan mineralin tipik kristaller hekzagonal sistemde kristalleşir. Sertliği 3,5-4, özgül ağırlığı 6,5-7, elmas parlaklığında, sarı ve beyaz renklerde bulunur (DPT, 2001).

Jamesonit ($Pb_5FeSb_6S_{14}$): %50,8 Pb içeren mineral telsi yapılı türleri ile asbesti andırır. Rombik sistemde kristalleşen mineralin sertliği 2-2,5, özgül ağırlığı 5,5-6 dır. Rengi ve çizgisi gri renklidir (DPT, 2001).

Vulfenit ($PbMoO_4$): %56,4 oranında Pb içerir. Tetragonal sistemde kristalleşen ineralin sertliği 3, özgül ağırlığı 6,7-6,9'dur. Rengi beyazımsı, balmumu sarısıdır (DPT, 2001).

Vanadinit ($Pb_5Cl(VO_4)_3$): Kristalleri piromorfite benzeyen mineral hekzagonal sistemde kristalleşir. Sertliği 3, özgül ağırlığı 6,8-7,1'dir. Camsı parlaklıkta olup, sarı, turuncu ve koyu kırmızı renklerde gözlenir (DPT, 2001).

Mimetit ($Pb_5Cl(AsO_4)_3$): Piromorfitle izomorfdur. Sertliği 3,5, özgül ağırlığı 6,9-7,3'tür. Reçinemsi parlaklığa sahip mineral açık sarı, turuncu renklerde gözlenir (DPT, 2001).

Burnoit ($Pb_3Cu_6SbS_6$): Kurşun, bakır, antimuan bileşiminde bir sülfür mineralidir. % 42.6 Pb, % 13 Cu, % 24.6 Sb ve % 19.8 S içerir. Sertliği 2,5-3, özgül ağırlığı 5,7-5,9 olup rombik sistemde kristalleşir. Metalik parlaklığa sahip ve çelik grisi renkte gözlenir (DPT, 2001).

Krokoyit ($PbCrO_4$): Kırmızı kurşun veya kromlu kurşun olarak da adlandırılır. Genellikle kuvars filonları ve granitler içinde bulunur. Monoklinik sistemde kristalleşen mineralin sertliği 2,5, özgül ağırlığı 5,9-6'dir. Rengi turuncu sarı ve toz rengi olup, saydam ve gevrektir (DPT, 2001).

Altait (PbTe): %61,8 Pb ve %38,2 Te bileşimindedir. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 8,1'dir. Parlaklığı metalik olup, sarımsı veya kalay beyazı renklerde gözlenir (DPT, 2001).

Lanarkit (Pb_2SO_5): %84,8 PbO içerir. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 6,4-7 dir. Monoklinik sistemde kristalleşir. Kristalleri uzun ve iğneşeklinde olup, gri sarımsı, yeşilimsi ve beyaz renklerde gözlenir (DPT, 2001).

Jordanit ($Pb_4As_2S_7$): Sertliği 4, özgül ağırlığı 6,4 'tür. Monoklinik sistemde kristalleşmişolup, koyu gri renkli ve siyah çizgi rengine sahiptir (DPT, 2001).

Zinkenit ($PbSb_2S_6$): Genellikle antimuan ile birlikte bulunur. Rombik sistemde kristalleşir. Sertliği 3, özgül ağırlığı 5,3'tür. Koyu ve mavi renkli olup mavi lekeler gösterir. Çizgi rengi siyahtır (DPT, 2001).

Bulanjerit ($Pb_3Sb_2S_6$): % 55-58 Pb içerir. Çok ender bulunan bir mineral olan bulanjerit, rombik sistemde kristalleşir. Antimuan'a benzer. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 5,8-6,2 olup gri renklidir (DPT, 2001).

Geokronit ($Pb_5Sb_2S_8$): Sertliği 2,3, özgül ağırlığı 6,4 olan mineral rombik sistemde kristalleşir. Gri renklidir. Balya kurşun madeninde bazı galen minerallerinin gekoronitler tarafından sarıldığı izlenmiştir (DPT, 2001).

Çinko blend (Sfalerit, zinkblend): Formülü ZnS dir ve teorik olarak %67 Çinko, %33 Kükürt içermektedir. Genellikle FeS ile izomorfdur. Demir oranı bazen %20'ye kadar yükselebilmektedir. Siyah renkli olan bu minerale Marmatit denmektedir. Ayrıca CdS ve MnS de içermektedir (DPT, 2001).

Çinko blendin bozuşmasından limonit ve çinko sülfatlar, daha sonra ise çinko karbonat(simitsonit) meydana gelmektedir. Çinko karbonat 1020 ºC nin üzerinde vurtzite dönüşmektedir. Genellikle galen, kalkopirit, pirit, kuvars, kalsit, flüorit ve barit ile birlikte bulunmaktadır. En büyük sfalerit yatakları Kuzey Amerika, Almanya, Meksika, Avustralya, Kanada, Macaristan ve Türkiye'de bulunmaktadır (DPT, 2001).

Simitsonit(Galmay, Zinkspat): $ZnCO_3$ kimyasal formülünde olup, hegzagonal hemiedri sistemde kristalleşmektedir. Genellikle yumrulu, böbreğimsi veya damlataşları andıran agregalar şeklinde bulunmaktadır. Önemli çinko minerali olan simitsonit, kalamin,hidrozinkit, kalsit, dolomit gibi minerallerle birlikte bulunmaktadır. Renksiz, beyaz sarımsı kahverengi, yeşilimsi, mavimsi renklerde bulunmakta olup, sertliği 5, özgül ağırlığı ise 4,3'dür. Dilinimli, gevrek cam cilalı ve yarı saydam görünüştedir (DPT, 2001).

Bileşiminde %52 Zn ile önemli miktarda Fe ve Mn bulunmaktadır. Üfleçle ergimez, sıcak asitte çözünür, kömür üzerinde ısıtıldığında beyaz bir iz bırakmaktadır. Simitsonit, sfaleritin bozuşmasında ileri gelen çinko sülfat eriyiğinin, kalker veya dolomiti ornatması yolu ile oluşmaktadır. Kuzey İspanya, İngiltere, Almanya, ABD ve Türkiye'de önemli simitsonit yataklarına rastlanmaktadır (DPT, 2001).

Hemimorfit(Kieselzinkerz, Kalamin): Formülü $H_2Zn_2SiO_5$ veya $(ZnOH)_2.SiO_2$ olup, rombik hemiedrid sistemde kristalleşmektedir. Genellikle yuvarlağımsı,

böbreğimsi yapıda cam cilalı, saydam veya yarı saydamdır. Bileşiminde %54,2 Zn içermekte ve simitsonit ile birlikte bulunmaktadır (DPT, 2001).

Zinkit (Rotzinker, Çinko Beyazı): Formülü ZnO olup, dihekzagonal pramidaldir. Genellikle toprağımsı ve yaprağımsı görünüştedir. Rengi bileşiminde bulunan Mn nedeniyle koyu kırmızıdır. Çizgi rengi portakal sarısıdır. Metamorfik kalkerler içerisinde franklinit, vilemit ve kalsit ile birlikte bulunmaktadır (DPT, 2001).

Vilemit: Formülü Zn_2SiO_4 veya $2ZnO.SiO_2$ olup, hegzagonal hemihedrik sistemde kristalleşmiştir. Kristalleri küçük, agregaları tanelidir. Yağlımsı cilalı, saydam veya yarı saydamdır. Genellikle renksiz bazen yeşilimsi sarı renklidir. Sertliği 5,5, özgül ağırlığı 4.1'dir. Ultraviyole ışık altında floresans özellik göstermektedir. Önemli cevherleşmeleri Cezayir ve Rodezya'da bulunmaktadır (DPT, 2001).

Vurtzit(Strahlbland): Formülü ZnS olup, hekzagonal hemiedri sistemde kristalleşmiştir. Genellikle kabuklar ve saçaklar halinde, ince telsel yapıda bulunmaktadır. Sertliği 3,5-4 ve özgül ağırlığı 4'dür. Reçinemsi camsı görünümündedir. Genelde açık veya koyu siyah renklidir, çizgi rengi ise açık siyahtır. Önemli cevherleşmeler, Silezya, Aachen ve Bolivya'da bulunmaktadır (DPT, 2001).

Voltzin (Voltzit): Formülü 4ZnS.ZnO veya Zn_5S_4O şeklinde olup, yuvarlağımsı, böbreğimsi agregalar halinde bulunmaktadır. Sertliği 4,5, özgül ağırlığı 3,6'dır. Tuğla kırmızısı veya sarımsı renklidir. Yağlımsı p ırıltısı bulunmaktadır. Sekonder kökenli olup, çeşitli çinko mineralleri ile birlikte bulunmaktadır (DPT, 2001).

Franklinit (Zincoferrit): Formülü (Zn, Mn)O, Fe_2O_3 veya (Fe, Zn, Mn)O, (Fe, $Mn)_2O_3$ şeklinde olup, kübik sistemde kristalleşmiştir. Genellikle yuvarlağımsı taneler halinde bulunmaktadır. Sertliği 6-6,5, özgül ağırlığı ise, 5-5,2'dir. Metalik pırıltılı ve demir siyahı renktedir. Çizgi rengi kırmızımsı kahverengi veya siyahtır. Bileşimdeki ZnO miktarı %15-25, MnO ise %10-16 arasında değişmektedir.

Franklinit vilemit ve zinkitle beraber metamorfik kalkerler içinde bulunmaktadır (DPT, 2001).

Hidrozinkit (Zincblute): Formülü $2ZnCO_3.3Zn(OH)_2$ veya $ZnCO_3.2Zn(OH)_2$ olup genellikle amorf halde bulunmaktadır. Toprağımsı ve taneli olabilmekte ve sertliği 2, özgül ağırlığı ise 3,2-3,8 civarında bulunmaktadır. Rengi beyaz, grimsi veya sarımsıdır. Bileşiminde %60 oranında çinko bulunmaktadır. Genellikle çinko cevherlerinin bir alterasyon ürünü olarak oluşmaktadır (DPT, 2001).

1.2 Kurşun-Çinko Yatakları

1.2.1 Kurşun-Çinko Cevherleşmesinin Oluşum Tipleri

Pb ve Zn kalkofil karakterde elementler olup, bilhassa endojen ortamda umumiyetle diğer önemli kalkofil elementlerle (Cu) birlikte sülfitler şeklinde maden yataklarını oluştururlar. Cu daha ziyade katatermal-mezotermal, Pb-Zn ise mesotermal-epitermal şartlarda oluşurlar. Birbirleriyle kıyaslanırlarsa Pb daha düşük sıcaklıkta Zn ise yüksek sıcaklıkta meydana gelir. Bu yüzden Pb-Zn yataklarında derinlere doğru gidildikçe sfalerit (ZnS) miktarında artış olur (Koç, 2007).

Pb-Zn yatakları magmatik, sedimanter ve metamorfik olmak üzere çeşitli tiplerde oluşurlar, ancak magmatik safhalarda meydana gelen yataklar gerek yayılışları ve gerekse ekonomik önemleri itibariyle diğer tiplerden daha önemlidir (Koç, 2007).

1.2.1.1 Plutoinik Yataklar

Hidrotermal safhada cevher taşıyıcı solüsyonlar çatlak yarık şeklindeki boşlukları doldurarak buralarda damar biçiminde yatakların oluşmasını sağlarlar. İçlerinde esasen hidrotermal safhada meydana gelen diğer mineraller de bulunabilir. Damarlar intrüzif kayaçların çevresinde yer alan yantaş içinde gelişmişlerdir. İntrüzif kayacın içinde oluşmuş olan Pb-Zn damarları çok seyrektir (Koç, 2007).

Damarlarda oluşum sıcaklıklarına bağlı olarak derinliğe göre bir farklılaşma ortaya çıkar. Derinlere doğru galenit yerine sfalerit ve pirit; florit, barit ve siderit yerine kuvars miktarlarında artış olur. En derin kısımlarda kalkopirit yeralır. Ayrıca gümüş miktarı da derinlere doğru azalır (Koç, 2007).

1.2.1.2 Subvolkanik Yataklar

Subvolkanik safhada oluşan Pb-Zn yataklarının oluşum mekanizması ile diğer elementlerin yatakları aynıdır. Plütonik hidrotermal yataklara geçişler gösteren bu yatakların onlar kadar ekonomik kıymeti yoktur denilebilir (Koç, 2007).

Pb-Zn yatakları, subvolkanik intrüzyonun etrafındaki kayaçlarda ve dış zonlarda yer alır. Bu yüzden Pb-Zn yatakları metasomatik değişiklikler şeklinde zuhur ederler. Oysa Au, Ag ve Cu gibi elementler ise subvolkanik kayaçlar içinde oluşurlar. Genellikle teleskoping durumu ve bununla ilgili olarak Au, Ag, Cu gibi başka metallerle karışık damarlar görülmektedir (Koç, 2007).

Yine bununla alâkalı olarak az derinliklerde bile parajenez farklılıkları bulunur. Damar biçimleri Ag'de olduğu gibi düzensiz olup, derinlerde yukarı kısımlara doğru incelir ve çatallanırlar (Koç, 2007).

Cevher mineralleri daha çok galen ve sfalerittir. Bunların yanında pirit, kalkopirit ve markasite rastlanır. Bu tip oluşuklarda çok sık görülen Ag mineralleri yanında Mn karbonatlarının bulunuşu karakteristiktir. Bazı yataklarda lokal önemi olabilen wolfram zenginleşmesi de olabilir. Gang mineralleri kuvars, kalsit, barit, opal ve kalsedondur (Koç, 2007).

Cartegana ve Mazzarron (İspanya) yatakları genç andezit riyolit, trakitlere bağlı yataklar olup, damar biçimli yataklar yanında kireçtaşları içinde yer alan metasomatik oluşumlar da bulunur. Cevher mineralleri bol Ag'li galenit, sfalerit, pirit, gang mineralleri kuvars, kalsit ve siderittir (Koç, 2007).

Ayrıca, Macaristan, Peru, ABD, Meksika ve Bolivya'da bu tip yataklar bulunmaktadır. Memleketimizde ise Doğu Karadeniz bölgesinde birçok subvolkanik oluşumlar yer alır (Koç, 2007).

1.2.1.3 Volkano-Sedimanter Pb-Zn Yataklari

Normal sedimantasyon esnasında arid iklimlerde Pb-Zn sülfür yatakları oluşabilmekle birlikte iktisadi bir değerleri yoktur. Oysa volkanosedimanter Pb-Zn zenginleşmeleri ekonomik önemi olan yataklardır. Bu tiplerin oluşumunu sağlayan jeokimyasal özellikler ve prosesler volkanosedimanter bakır yataklarındaki gibidir. Rammelsberg ve Mansfeld bakır yatakları aynı zamanda birer Pb-Zn yatağıdır (Koç, 2007).

1.2.1.4 Hidrotermal Damar Şeklinde Yataklanmalar

Mineral parajenezlerine göre çeşitli damar şeklinde yataklardır. Bundan farklı olarak karbonatlı bakır cevheri damarları vardır ki bunların mineralleri pirit, kalkopirit ve fahlerz'dir. Atık mineralleri ise siderit, ankerit ve dolomittir olmakla beraber işletilmemektedir (Koç, 2007).

1.2.1.5 Volkano-Sedimanter Sülfid Yatakları

Normal sedimantasyon esnasında arid iklimlerde Pb-Zn sülfür yatakları oluşabilmekle birlikte iktisadi bir değerleri yoktur. Oysa volkanosedimanter Pb-Zn zenginleşmeleri ekonomik önemi olan yataklardır. Bu tiplerin oluşumunu sağlayan jeokimyasal özellikler ve prosesler volkanosedimanter bakır yataklarındaki gibidir. Rammelsberg ve Mansfeld bakır yatakları aynı zamanda birer Pb-Zn yatağıdır (Temur, 2001).

1.2.1.6 Bozunma Yatakları

Bozunma etkisiyle galenit üzerinde meydana gelen zar şeklindeki Pb tuzu örtüsü, galeniti sfalerite göre daha stabil (dayanıklı) hale getirmektedir. Buna rağmen

ekseriya karbonatik Zn cevheri içinde sülfidik Pb yataklarına rastlanır (Temur, 2001).

Oksidasyon zonunda Pb karbonatlar (seruzit) ve kurşun silikatlar (anglezit) zor çözündüğünden primer kayaçta şapka olarak kalır. Burada çinkonun davranışı biraz farklıdır. Bir kısım demir hidroksitle karışmış Zn, kırmızı smitsonit olarak doğrudan doğruya oksidasyon zonunda çökeldiği halde, diğer bir kısmı ise derinlere doğru sızar. Karışmış bileşenlerinden ayrılarak beyaz smitsonit olarak çökelir. Kloritli sular galeniti biraz çözerek taşınmasını sağlayabilir. Bu duruma göre sementasyon zonunda Pb veya Zn zenginleşmesi söz konusu olmamaktadır. Fakat primer cevherde bulunan gümüş sementasyon zonunda zenginleşir (Temur, 2001).

1.2.1.7 Metamorf Pb-Zn Yatakları

Geçirmiş oldukları metamorfizma tesiriyle pirimer cevherleşmenin özelliklerini kaybetmesiyle olu şan yataklardır. Yüksek sıcaklık ve basınç tesiriyle meydana gelen bir metamorf yatakta (ABD'de New Jersey'de Franklin Furnace) 150'nin üzerinde mineral tespit edilmiştir. Yatak mermer ve granit gnayslardan olu şan Prekambriyen yaşlı bir masifte bulunur (Temur, 2001).

Bundan başka Broken Hill (Avustralya) yatağı yüksek metamorfizma geçirmiş bir yataktır. Bu yatakta cevher mineralleri ve silikatlar aynı zamanda tekrar kristallenmişlerdir. Pb ve Zn yanında tonda 240-510 gr Ag bulunur. Ülkemizde Sarıyurt (İzmir) Pb-Zn yatağı kloritli şistler içinde bulunur (Temur, 2001).

1.2.2 Türkiye 'de Kurşun-Çinko Yatakları

Türkiye çinko-kursun yatakları bulundukları tektonik ünite ve olusum sekillerine göre Kuzeybatı Anadolu kontakt-metazomatik ve hidrotermal yatakları, Menderes masifi stratiform yatakları ve masifin çevresindeki sokulumlara bağlı hidrotermal yataklar, Doğu Karadeniz Bölgesi masif sülfid yataklarına bağlı hidrotermal yataklar, Toros Kusağında yer alan strata-bound damar tipi yataklar, İç Anadolu metamorfik

masiflerindeki kontakt-metazomatik yataklar olmak üzere kabaca beş guruba ayrılmaktadır (Öztunalı, 1982).

1.2.2.1 Biga Yarımadası Çinko Kursun Yatakları

Yörede genel olarak plütonik ve volkanik kayaçlarla iliskili birçok yatak ve zuhur bulunmaktadır. Genellikle dasitik subvolkanik kayaçlardan kaynaklanan hidrotermal çözeltilerin ürünüdürler. Baslıca cevherlesmeler Handeresi ve Kalkım-Balıkesir, Yenice-Çanakkale ve Balya kesimlerinde yer almaktadır (Öztunalı, 1982).

1.2.2.2 Bayındır Yöresi Çinko Kurşun Yatakları

Bu yataklanma tipinde en önemli cevherlesme Ulucadere kesiminde bulunmaktadır. Bu yatakları grafit bulundurmalarında dolayı siyah renk almıslardır. Bol miktarda pirit içermektedirler. Cevherlesme üç ayrı seviye seklinde olmaktadır. Yankayaçlarla uyumludur. 1200 metre izelenebilen mostra vermektedir. Cevher mineralleri olarak sfalerit, galenite pirit, kalkopirit, jamesonit, limonit, ve rutil bulunmaktadır. Gang minerali olarak barit, kalsit, dolomit ve kuvars gözlenmektedir. Masif kısımlarda Zn tenörü % 20'ye ulasırken, 40-50 cm'lik cevherli kusaklarda ortalama tenör % 1 Zn'ye düsmektedir. Yörede ortalama % 11 Zn tenörlü 2 milyon ton ham cevher rezervi hesaplanmıstır (Öztunalı, 1982).

1.2.2.3 Simav Yöresi Çinko Kurşun Yatakları

Yatağın çevresinde gnays, granit ve albit tonalit türü kayaçlar yüzeylesmektedir. Gnayslarla granitler geçislidir. Cevherlesme albit tolanitlere bağlı ve damar seklindedir. Granit sınırlarında damarlar sıklasmaktadır. 1,5 km takip edilen damarlar bulunmaktadır. Damar kalınlıkları 10 m'ye kadar çıkmaktadır. Cevher mineralleri olarak sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit ve hematit bulunmaktadır. Ana gang minerali kuvarstır. Yörede %6 Zn tenörlü 600000 ton cevher rezervi hesaplanmıstır (Öztunalı, 1982).

1.2.2.4 Doğu Karadeniz Çinko Kurşun Yatakları

Bölgedeki çinko-kursun cevherlesmeleri volkano-sedimanter bakır yatakları içinde bulunduran masif sülfid cevherlesmelerinin devamı seklinde, bakır yatakları ile aynı kökenli ve geçisli olarak bulunmaktadır. En önemli yatakları Trebolu (Giresun), Köprübası (Harsit-Giresun), Harköy (Giresun), Lahanos (Espiye-Giresun), Bulancak (Giresun), Sisorta (Sivas) yörelerinde yer almaktadır (Öztunalı, 1982). Harsit ve Harköy yatakları masif sülfid tipi bakır ile birlikte çökelmistir. Volkanosedimanter cevherlesmenin tabanında, cevherlesmeye kaynaklık eden hidrotermal çözeltilerin olusturduğu stokwork tipi damarlar bulunmaktadır. Cevher mineralleri pirit, sfalerit, galenit, tetraedrit, kalkopirit, tennannit, bournonit, realgar, kovellin, azurit, seruzit ve limonit seklindedir. Gang mineralleri ise kuvars ve barittir (Öztunalı, 1982).

1.2.2.5 Bolkardağı Çinko Kurşun Yatakları

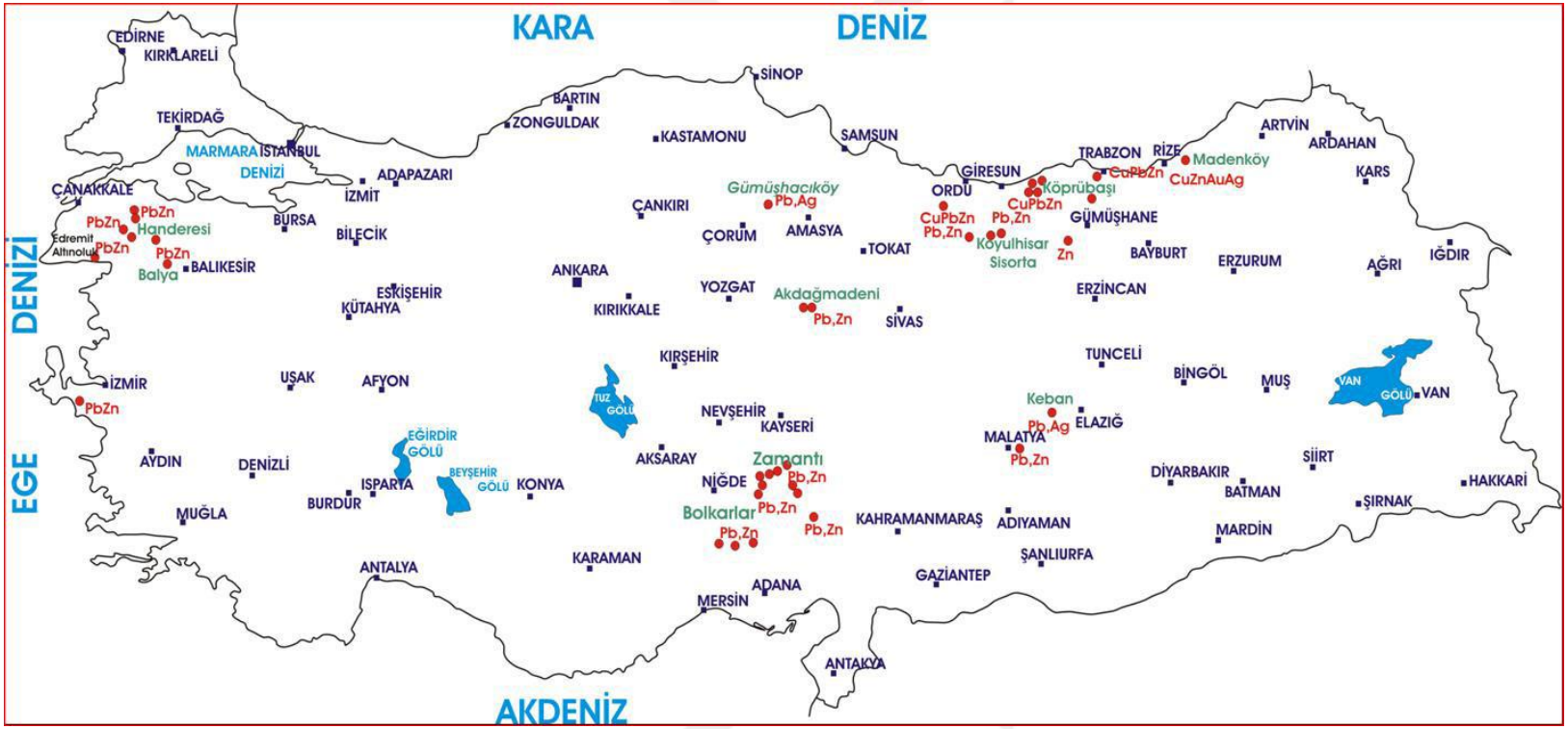
Bolkardağı mermerlerinin içine yerlesmis olan çinko kursun yatakları 250-300 C0 sıcaklıkta hidrotermal çözeltiler tarafından olusturulmustur. Yataklar strata-bound karakterli olup, karbonatlı kayaçları tercih etmislerdir Birincil cevherlerin ana mineralleri sfalerit, galenit ve pirittir. Gang mineralleri ise kalsit, dolomit, barit, kuvars, klorit ve muskovit temsil etmektedir (Temur, 1992).

1.2.2.6 Horzum (Kozan-Adana) Çinko Kurşun Yatakları

Yöredeki çinko kursun yatakları karbonat kayaçlara bağımlı, strata-bound damar tipi cevherlesmesini yansıtmaktadır. Damar kalınlıkları en fazla 50 m genislik, 25 m kalınlık, 110 m uzunlukta olmaktadır. Ana cevher mineralleri sfalerit, galenit ve pirittir. Gang mineralleri ise kalsit, dolomit, kuvars, barit, serisit, kloritdir. Cevher damarlarının yüzeye yakın olan kısımları ayrısarak simitsonit, seruzit, aurikalsit, hematit, götit, amorf demirhidroksit ve kil minerallerinden olusan karbonatlı cevhere dönüsmüstür (Temur, 1987).

1.2.2.7 Aladağ (Yahyalı-Kayseri) Çinko Kurşun Yatakları

Aladağ yöresi karbonatlı çinko kursun yataklarının birincil kökeni hidrotermal yataklardır. Yöredeki birincil cevherlesmeler sınırlı ve düsük tenörlüdür. Esas yataklar karbonatlı kayaçların karstik bosluklarında ikincil olarak zenginlesmis karbonatlı cevherlesmeler seklinde bulunmaktadır. Yatakların üst kesimlerinde 1-5 m arasında değisen kalınlıklarda limonitik bir tabaka bulunmaktadır. Derine doğru indikçe dereceli olarak çinko konsantrasyonu artmaktadır (Ayhan, 1983). Ana cevher mineralleri simitsonit, limonit ve seruzittir. Yöredeki ham cevher rezervi 500 milyon ton'un üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Rezervler dikkate alınmadan yatak tenörlerine göre ortalama %7 Zn ve %2,5 Pb içerdikleri söylenebilmektedir. Yöre önemli çinko kursun potansiyeline sahip olup, Kayseri ÇİNKUR fabrikalarının hammaddesi bu yataklardan karsılanmaktadır (Temur, 2001).



Şekil 1.1 Türkiye kurşun çinko yatakları haritası (MTA, 2015)

1.2.3 Türkiye ve Dünyada Kurşun Rezervleri

1.2.3.1 Dünya Kurşun Rezervleri

United States Geological Survey (USGS), ülkelerin 2011 ve 2012 yıllarında kurşun üretimleri ve rezervlerini araştırmış, bu araştırma sonucu Tablo 1.4'de gösterilmektedir.

Tablo 1.4 Dünya kurşun rezervi(USGS, 2015)

Ülke	**Üretim(ton)**		**Rezerv Ton(x1000)**
	2011	**2012**	
Amerika	345	340	5000
Avustralya	648	690	36000
Bolivya	88	90	1600
Kanada	59	35	450
Çin	2,800	3000	14000
Hindistan	118	120	2600
İrlanda	51	43	600
Meksika	210	220	5600
Peru	249	250	7500
Polonya	58	60	1700
Rusya	95	90	9200
Guney Afrika	55	52	300
İsveç	62	62	1100
Diger Ulkeler	330	350	3000
Toplam	5170	5400	89000

1.2.3.2 Türkiye Kurşun Rezervleri

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'nın hazırlamış olduğu raporda Türkiye'de mevcut kurşun madenleri ve rezervleri Tablo 1.5'de gösterilmektedir.

Tablo 1.5 Türkiye kurşun rezervi (DPT, 2001)

İL	**REZERVLER(x1000ton)**
	Toplam
Adana	3407,6
Artvin	661,7
Balıkesir	18001,3
Bingöl	21,6
Bitlis	14
Çanakkale	11775,5
Diyabakır	43,6
Elazığ	60
Giresun	7957,7
Gümüşhane	2985
İçel	14,3
İzmir	3154
K.Maraş	205
Karaman	17
Kayseri	1938,5
Kütahya	515,2
Malatya	2776,9
Manisa	749
Niğde	1246,8
Ordu	1568,1
Sivas	4611
Trabzon	502,7
Uşak	1200
Yozgat	200
TOPLAM	63572,5

Kurşun içeriği %1'den küçük olan ve sadece çinko içeren cevherleşmeler çizelge'ye dahil edilmemiştir.

Türkiye'nin kurşun rezervi 63 milyon ton olarak açıklanmıştır. Bu cevherin ağırlıklı kısmı Balıkesir şehrinde bulunmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı[DPT], 2001).

1.3 Kurşun ve Çinko Kullanım Alanları

1.3.1 Kurşun Kullanım Alanları

Tablo 1.6'da ise çeşitli kaynaklardan derlenen, ortalama değerleriyle dünya kurşun tüketiminin kullanım alanlarına göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 1.6 Dünya kurşun kullanım alanları (Yüce, 1998)

Kullanım Alanı	**Tüketim Oranı(%)**
-Akü imalatı	60,0
-Kablo izolasyonu	5,5
-Hadde ve diğer ürünler	8,0
-Mühimmat	2,5
-Alaşımlar	4,0
-Kimyasal maddeler ve pigmentler	13,0
-Benzin katkısı	3,0
-Diğer	4,0
Toplam	100,0

Akü imalatı: Kurşun aküleri yalnız otomobillerde değil, ışıklandırma, haberleşme sistemleri ve elektrik enerjisi depo edilecek bir çok endüstriyel ve askeri sistemlerde kullanılmaktadır. Kurşun-asit akülerinin plakaları kurşun alaşımından dökülmüş levhalardır. Bu alaşım; % 6-12 antimuan, ve az miktarda arsenik, kalay ve diğer elementleri içermektedir. Antimuan levhaya sertlik vererek aşınmaya karşı direnci arttırır. Kalay eriyiğin düzgün kalıp haline gelmesini sağlar (DPT, 2001).

Tetraetil kurşun ($Pb(C_2H_5)_4$): Hidrokarbon yakıtları hava ile karıştırıldığı zaman elektrik kıvılcımı olmaksızın uygun ısı ve basınçta tutuşur. Bu olay dizel motorların çalışma esasını oluşturur. Hava-benzin karışımında istenen yanma, otomobil silindiri içinde karışımın tutuşmasıyla başlar. Bununla beraber, eğer yakıtın yanması buna bağlı diğer faktörlere göre düzenlenmemişse meydana gelen ısı ve basınç şiddetli patlamaya neden olur. Bu olaya knock (vurma), bunu azaltmak için kullanılan bileşimlere ise antiknock (antinok) denir. Tetraetil (tetrametil) kurşun bu bileşimin

aktif maddesini oluşturur. Süper benzin, bir galonda (3,6 litre) 2-4 ml; normal benzin ise 0,5-1,5 ml tetraetil kurşun içerir (DPT, 2001).

Litarj (Kurşun oksit): Akülerin pozitif ve negatif levhalarının yapımından başka, seramik, kurşun kromat, vernik, böcek ilacı, lastik imalatı ve petrol rafinerisinde kullanım alanları vardır. Ayrıca altın'ın ateş analizi yönteminde eritiş için kullanılan ana kimyasaldır (DPT, 2001).

Kablo kaplaması: Telefon ve telgraf haberleşmelerinde, elektrik ileteci ve dağıtıcı kablolarda kurşun kaplaması olarak kullanılır. Kurşun kılıfının başlıca fonksiyonu; nem ve tahrip edici diğer etkenlere karşı dayanıklı olmasıdır. Bu özelliğiyle yeraltı kablolarının yapımında kullanılır. Bazı hallerde sertlik kazandırılmak için antimuan (%1), kalsiyum (% 0,04) ve arsenik (% 0,1-0,2) ilave edilir. (DPT, 2001).

Kalafat Kurşunu: Aşındırıcı etkenlere karşı direnci, esnekliği, düşük erime noktası ile kurşun su borularının eklem yerlerinde kullanılır. Kalafat kurşunu % 99,73 saf kurşun ile % 0,08 den az olmak üzere arsenik, antimuan, kalay, bakır, çinko, demir ve gümüş içermektedir. Bizmut içeriği maksimum % 0,25 olmalıdır. Genel bir koşul olarak boru kalafatlanmasında boru çapının her bir inçi için yaklaşık 1 pound (0,454 kg) kurşun gerekmektedir (DPT, 2001).

Kurşun yünü: Erimiş kurşunun elekten geçirilmesiyle kurşun iplikleri elde edilir. Bu iplikçikler petrol kuyularının musluklarında sızıntıyı önlemek için kullanılır.

Lehim: Genel olarak lehim, % 30-40 Pb, % 60-70 Sn içerir. Plastik derece istenen lehimlerde kalay % 40'ın altında, kurşun % 60'ın üzerindedir. Erime noktası 183 ºC ‘dir (DPT, 2001).

Mil yatağı alaşımları: Makinenin hareketli ve sabit bölümleri arasında bağlantı sağlayan ve hareketli bölüme destek olarak kullanılan bu malzemeler kurşun, kalay ve bakır esaslı alaşımlardır (DPT, 2001).

Ergiyen alaşımlar: Çapa kalıbı, mıknatıs, zımba, gaz silindirlerini kompreslemek için tıpa, ve ateşe dayanıklı kapı yapımı ve benzeri alanlarda kullanılır (DPT, 2001).

Kurşun yaprak: Kalınlığı 0,01 mm kadardır. Bazı tip elektrik kondansatörlerde kullanılır. Neme ve radyasyona karşı direnci nedeniyle tıpta paketlemede ve fotofilmde, dişçilikte ve radyografi endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca askeri alanda ordonat malzemesinin ışık ve nemden korunmasında, iyi kaliteli çayların paketlenmesinde kullanılır (DPT, 2001).

Balast: Yüksek özgül ağırlığı, döküm kolaylığı ve düşük maliyeti ile balast malzemesi olarak kullanımı yaygındır. Bir buhar lokomotifinin tekerleklerinin her bir çifti için bir ton kadar kurşun kullanılır. Makine balansları, otomobil tekerlekleri balansları, uçaksavar topları, gemi omurgası, ve uçak pervanelerinde kullanılmaktadır (DPT, 2001).

1.3.2 Çinko Kullanım Alanları

Çinko en çok galvanizlemede kullanılmaktadır. İnşaat sektöründeki galvanizli saçlar ve konstrüksiyon malzemeleri ile elektrik ve diğer havai hat direkleri galvanizlemenin en çok kullanıldığı alanlardır. Pirinç alaşımı ile bilhassa otomotiv sanayinde döküm kalıpları yapımında kullanılan çinko alaşımları çinkonun kullanıldığı diğer önemli alanlardır. Çinko oksit yağlı boya ve lastik üretiminde kullanılmaktadır (MTA,2016).

Çinkonun diğer kullanım alanları olarak pillerin gövdelerinin yapımı,ilaç sanayiinde merhemlerin içerisinde, bazı yaşlılığa bağlı göz hastalıklarının tedavisinde de kullanımı mevcuttur. Ayrıca çinko günlük vitamin ve mineral ilaçlarının bileşeni olduğundan ve anti-oksidan özellik taşıdığından cildin ve kasların erken yaşlanmasını önlemekte kullanılmaktadır.

Çinko klorür, deodorantlarda ve ahşap koruyucu olarak, çinko sülfür, karanlıkta parlayan pigment olarak, çinko metil, (Zn(CH3)2) pek çok organik maddenin sentezinde, kullanılmaktadır (Vikipedi, 2016).

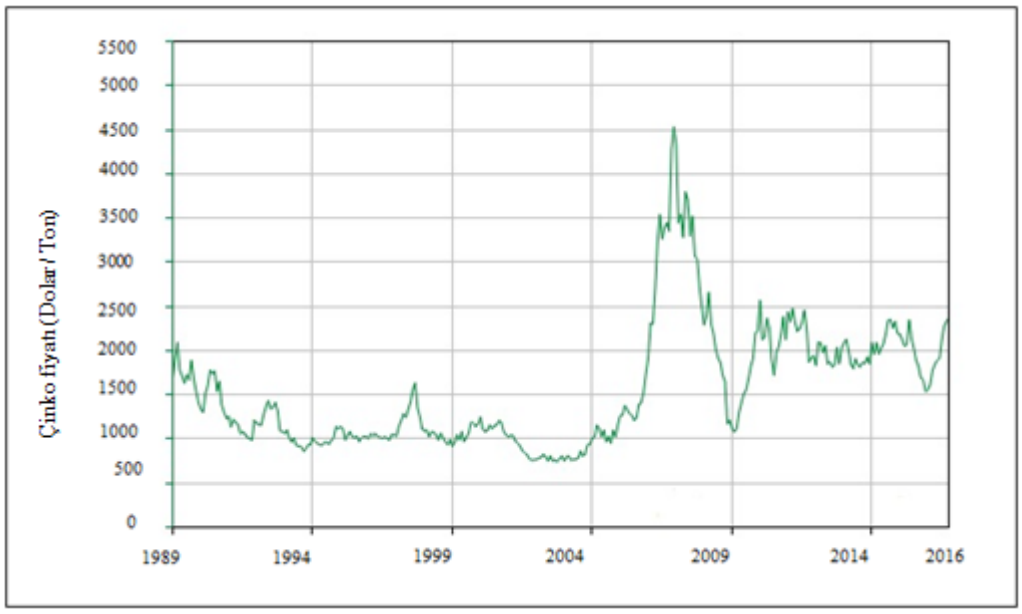
1.4 Kurşun ve Çinko Piyasası

Değişik fiziksel ve kimyasal kombinasyonlarıyla kurşun, sanayide bir çok alanda kullanılmaktadır. Yumuşak olması, işlenme kolaylığı, yüksek özgül ağırlığı, yüksek kaynama noktası, düşük erime noktası, aşınmaya karşı direnci, enerji absorbsiyonu, ve kısa dalga ışınları geçirmeme özellikleri ona bir çok kullanım alanında üstün bir yer yaratmaktadır (DPT, 2001).

Gelişen teknolojiler ve metal fiyatlarına bağlı olarak, %2 Pb + %5 Zn veya %3 Pb + %2 Zn ile azda olsa Ag ve Au içeren yataklar ekonomik olarak işletilmektedir. Son yıllarda artan yatırım maliyetleri ve düşük metal fiyatları nedeniyle gümüş içeren ve Pb+Zn tenörü %10 'dan büyük yatakların işletilmesine ağırlık verilmektedir Tablo 1.7'da kurşun ve çinko fiyatları, Şekil 1.2 ve 1.3'da ise geçmiş yıllara ait kurşun ve çinko fiyatları gösterilmiştir (DPT, 2001).

Tablo 1.7 Kurşun ve Çinko Fiyatları (İnfomine, 2016)

Ay	**Kurşun($/t)**	**Çinko($/t)**
Nisan 2016	1730	1910
Mayıs 2016	1690	1870



Şekil 1.2 1989-2014 yılları arası çinko fiyatları grafiği (İnfomine, 2016)

1990 ve 2000' li yıllar arasında çinko fiyatlarına bakıldığında, çinko fıyatları düşük düzeyde devam ederken 2004 yılından sonra değerler pik vermiş ve 2009 senesinde tekrar düşüş göstermiştir.2009 ve 2014 yılları arasında çinko değerlerinde dalgalanmalar olmasına rağmen çinko fiyatları yükseliş eğilimindedir. Nisan 2016 tarihinde tonu 1910 $ olan çinko, Mayıs 2016 tarihinde 1870 $'a kadar düşmüştür. Çinko fiyatları yıl bazında değişkenlik göstererek dalgalanma yapmıştır.



Şekil 1.3 1989-2014 yılları arası kurşun fiyatları grafiği (İnfomine, 2016)

2016 yılında kurşun fiyatlarına bakıldığında, düşme eğimi gözlemlenmektedir. 18 Nisan 2016 tarihinde tonu 1730 $ olan kurşun, 18 Mayıs 2016 tarihinde 1690 $'a düşmüştür.

1.5 Kurşun ve Çinko Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilmesi

Üretilen kurşun-çinko cevherlerinin doğrudan izabe edilmeleri ekonomik olmadığından, bunların önce çeşitli cevher zenginleştirme yöntemleriyle konsantre olarak elde edilmeleri gerekmektedir(Güney, 1998 ; Bulut, 1991). Flotasyon, öğütülmüş cevherlerin yüzey özellikleri farklılıklarından yararlanılarak yapılan bir zenginleştirme yöntemidir. Flotasyonla zenginleştirilecek cevherin, su sevme (hidrofilik) ve su sevmeme (hidrofobik) özellikleri kullanılarak, sıvı içerisinde kabarcık oluşturup suda yüzmesi veya yüzmemesi ile diğer malzemelerden ayrılması sağlanır. Flotasyonda öğütülen malzemeye çeşitli kimyasallar eklenerek malzemelerin yüzey özellikleri değiştirilir. Bu kimyasallar pH ayarlayıcı, bastırıcı, canlandırıcı, toplayıcı(kollektör), köpürtücülerdir. Laboratuvarda uygulanan flotasyon testinde kullanılan bu kimyasalların etkin bir şekilde kullanılıp kullanılmadığına bakılırken aynı zamanda testi farklı kimyasallarla gerçekleştirerek kimyasalların karşılaştırılması da yapılır. Flotasyon testi yapılırken, verilen hava miktarı, kimyasal miktarı ve cinsi, süre ve pH değerleri değiştirilerek flotasyonun en verimli koşullar altında gerçekleştirilmesi hedeflenir(Yıldız, 2010).

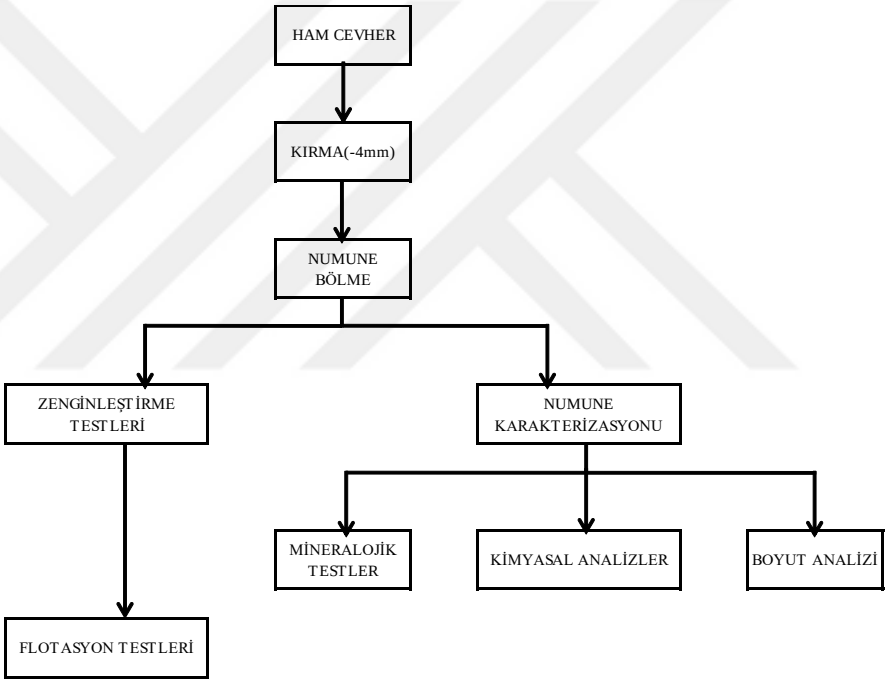
Kompleks kurşun-çinko cevherlerinin zenginleştirilmesinde flotasyon ile zenginleştirme önemli bir yer tutmaktadır. Kompleks kurşun-çinko cevherlerinde konsantre üretim seçenekleri, tamamı bulk kurşun, çinko konsantreleri, selektif kurşun, çinko konsantreleri ve temizleme devresi ile nihai konsantre üretimidir.

Kurşun ve çinko cevherlerinin bulunuş şekillerine göre farklı üretim metodları mecvuttur. Reaktif rejimi ve akım şemaları farklı tipteki cevherleşmeler için çeştlilik göstermektedir. Değerlendirilecek olan cevher yapısının karmaşıklığına göre seçilecek reaktif rejimi ve akım şeması kolay yada oldukça karmaşık olabilmektedir.

BÖLÜM İKİ
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme

Çanakkale bölgesinden getirilen yaklaşık 200 kg 'lık oksitli kurşun çinko numunesi için numune hazırlama çalışmaları yapılmıştır. Mineralojik ve kimyasal analizler için numune alınmıştır. Deneysel çalışma akım seması Şekil 2.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Deneysel çalışma akım şeması

Besleme malı numune bölme işlemine tabi tutulmuştur. Numune bölme işlemi yapılarak besleme malı ikiye bölünmüştür. İkiye bölünmüş cevherin yarısı arşiv numunesi olarak saklanmış diğer yarısı ise 4 mm altına kırılmış, her bir numune 1 kg olacak şekilde kilitli numune paketlerine ayrılmıştır ve daha fazla oksitlenmemesi için buzdolabında muhafaza edilmiştir. Cevherin karakterizasyonunu belirlemek amacıyla minerolojik testler, kimyasal analizler ve boyut analizleri yapılmıştır. Bu

analizler sonrasında flotasyon ile zenginleştirme metodu kullanılarak malzemenin kazanılabilirliği araştırılmıştır.

2.1.1 Numunenin Kimyasal Bileşimi

Harmanlanmış malzemeden kimyasal analiz işlemleri için alınan numunelerin içerisindeki element miktarlarını belirlemek amacıyla ICP-41 metodu ile ALS Chemistry şirketine İzmir'de kimyasal analiz yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 2.1' de gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Besleme malı kimyasal analizi

Analiz	**Birim**	**Tüvenan cevher**
Al	%	0,49
As	ppm	40
B	ppm	<10
Ba	ppm	110
Be	ppm	0,7
Bi	ppm	125
Ca	%	0,13
Cd	ppm	72,6
Co	ppm	10
Cr	ppm	1
Cu	%	0,0603
Fe	%	4,11
Ga	ppm	10
Hg	ppm	<1
K	%	0,09
La	ppm	10
Mg	%	0,39
Mn	ppm	2740
Mo	ppm	6
Na	%	<0,01
Ni	ppm	1
P	ppm	40
S	%	1,96

Tablo 2.1 Besleme malı kimyasal analizi(devamı)

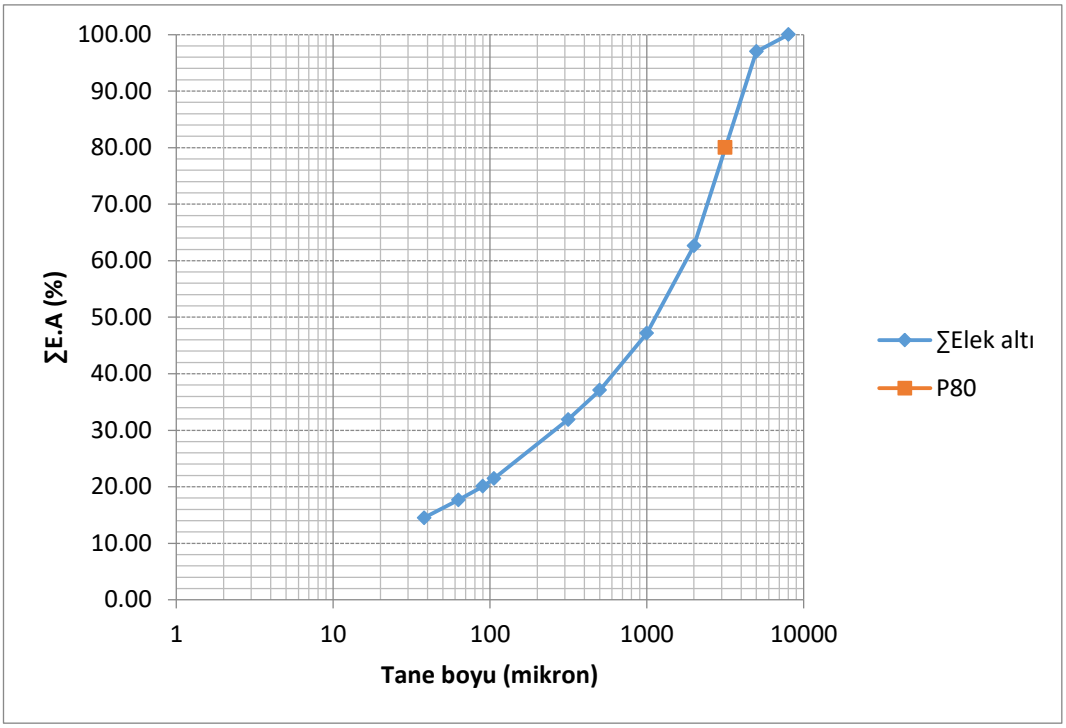
Sb	ppm	6
Sc	ppm	1
Sr	ppm	51
Th	ppm	<20
Ti	%	<0,01
Tl	ppm	<10
U	ppm	<10
V	ppm	6
W	ppm	<10
Zn	ppm	7570
Ag	ppm	28
Pb	%	5,88
Zn	%	0,772
Si	ppm	290
Au	ppm	1,71

2.1.2 Tane Boyutu ve Metal Dağılımı

Besleme malı çeneli kırıcıda %100'ü -8 mm olacak şekilde kırılmıştır. Kırılan cevher içerisinden, tane boyutu tespiti amacıyla 817 gram numune alınarak yaş elek analizi yapılmıştır. Şekil 2.2'de yaş eleme cihazı gösterilmektedir. Yaş eleme işleminin analiz sonuçları Tablo 2.2'de ve Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Kırılmış cevherin elek analizi

Fraksiyon(mm)	**Ağırlık(Gr)**	**Ağırlık(%)**	**Kümülatif Elek Altı(%)**
-8+5	24,6	3,01	100,00
-5+2	281	34,39	96,99
-2+1	126,2	15,44	62,60
-1+500	82,5	10,10	47,15
-0,500+0,315	42,3	5,18	37,06
-0,315+0,106	85	10,40	31,88
-0,106+ 0,090	11,4	1,40	21,48
-0,090+ 0,063	19,7	2,41	20,08
-0,063+0,038	26	3,18	17,67
-0,038	118,4	14,49	14,49
Toplam	817,1	100,00	



Şekil 2.2 Besleme malı tane boyut dağılımı

Yaş eleme analiz sonucu irdelendiğinde, besleme malının çeneli kırıcı kullanılarak %80'inin 3,15 mm boyutuna indirgendiği tespit edilmiştir.

Harmanlanmış besleme malının tane fraksiyonları, metal dağılımını belirlemek üzere kimyasal analize tabi tutulmuştur. Fraksiyonların kimaysal analiz sonuçları Tablo 2.3, Tablo 2.4, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de gösterilmektedir.

Tablo 2.3 -4 mm besleme malı tane boyutu ve fraksiyonel metal (Pb) dağılımı

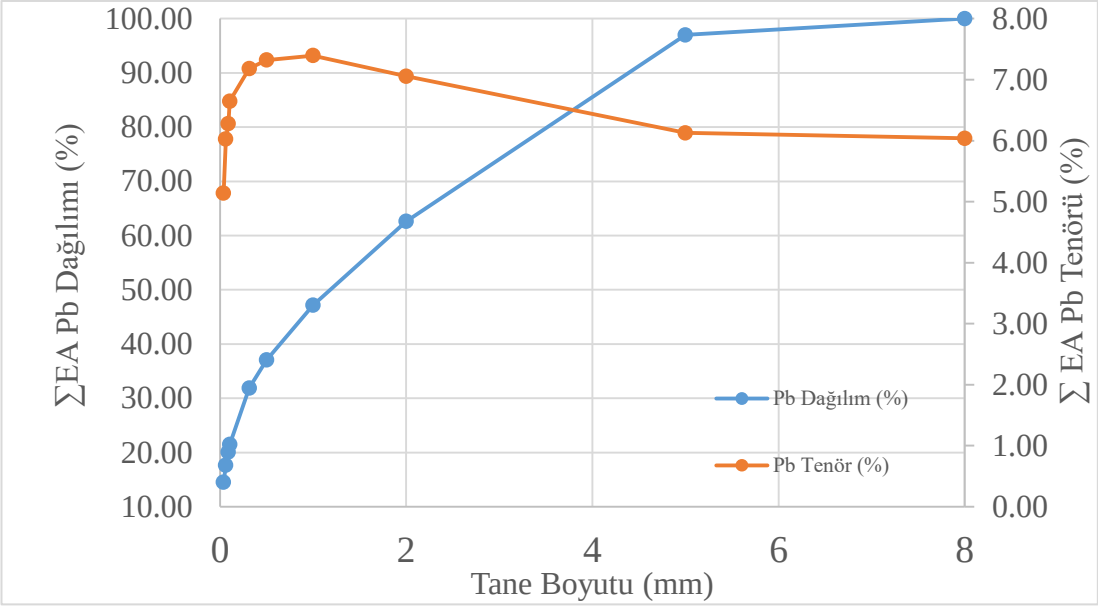
Fraksiyon(mm)	Ağ(%)	ΣEA(%)	Pb (%)	ΣEAPb(%)	ΣEA PbD(%)
-8+5	3,01	100,00	3,13	6,04	100,00
-5+2	34,39	96,99	4,44	6,13	98,44
-2+1	15,44	62,60	6,02	7,06	73,15
-1+500	10,10	47,15	7,67	7,40	57,75
-0,500+0,315	5,18	37,06	8,17	7,32	44,93
-0,315+0,106	10,40	31,88	8,29	7,18	37,92
-0,106+ 0,090	1,40	21,48	11,95	6,65	23,64
-0,090+ 0,063	2,41	20,08	8,14	6,28	20,88
-0,063+0,038	3,18	17,67	10,05	6,02	17,63
-0,038	14,49	14,49	5,14	5,14	12,33
Toplam	100,00		6,04		

Besleme malı tane boyutu inceldikçe kurşun tenörü değerinde artış görülmektedir. Tane boyutu 0,106 mm altında tekrar azalmaya başlamıştır.

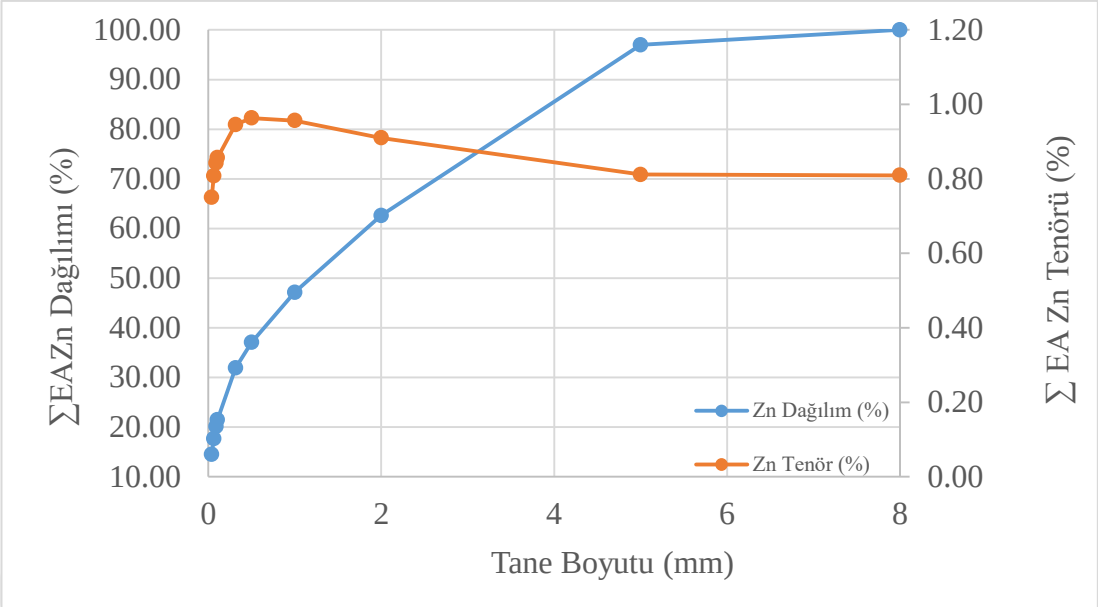
Tablo 2.4 -4 mm besleme malı tane boyutu ve fraksiyonel metal (Zn) dağılımı

Fraksiyon(mm)	Ağ(%)	ΣEA(%)	Zn(%)	ΣEAZn(%)	ΣEAZnD(%)
-8+5	3,01	100,00	0,75	0,81	100,00
-5+2	34,39	96,99	0,63	0,81	97,21
-2+1	15,44	62,60	0,77	0,91	70,37
-1+500	10,10	47,15	0,93	0,96	55,70
-0,500+0,315	5,18	37,06	1,07	0,96	44,09
-0,315+0,106	10,40	31,88	1,13	0,95	37,24
-0,106+ 0,090	1,40	21,48	1,06	0,86	22,72
-0,090+ 0,063	2,41	20,08	1,1	0,84	20,91
-0,063+0,038	3,18	17,67	1,07	0,81	17,63
-0,038	14,49	14,49	0,75	0,75	13,42
Toplam	100,00		0,81		

Besleme malı tane boyutu inceldikçe 63 mikron boyutu altında çinko tenörü değerinde düşüş başlamaktadır.



Şekil 2.3 Besleme malı kurşun metal tenör ve dağılım grafiği



Şekil 2.4 Besleme malı çinko metal tenör ve dağılım grafiği

2.2 Yöntem

2.2.1 Minerolojik Analiz Yöntemleri

Minerolojik analiz, numunenin uygun yöntemlerle hazırlanarak optik mikroskopta incelenmesiyle gerçekleştirilir. Minerolojik analiz yapılacak toz numunelere, öncelikle bakalite alma işlemi uygulanmaktadır. Numuneler bakalite alınıp kurutulduktan sonra yüzey pürüzlülüğünü azaltarak ışığı iyi yansıtan bir yüzey elde etmek için, zımparalama ve parlatma işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekir. Bu sayede optik mikroskopla etkin bir inceleme gerçekleştirilebilir. Bakalit, reçine, hızlandırıcı ve toz halindeki mineralleri belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yapıya denir.

Bakalite alınıp kurutulmuş, hazır halde bekleyen numunelere ilk olarak zımparalama işlemi yapılır. Zımparalama işlemi genel olarak 500, 800 ve 1000 meshlik SiC (Silisyum Karbür) disklerle üç aşamada gerçekleştirilir. Zımparalama işlemi ile numunelerin yüzeyindeki pürüzler temizlenerek, numune parlatma işlemine hazır hale getirilir. Zımparalama işlemi sonrasında numuneye elmas disklerle parlatma işlemi uygulanır. Işlemlerin sonunda numune optik mikroskopta incelemeye

hazır hale gelir. Zımparalama ve parlatma yapılırken aşındırıcı çeşidi, aşındırıcı tane boyutu, yağlayıcı, devir hızı, baskı gücü ve aşındırma süresi işlem esnasında değiştirilebilen parametrelerdir. Bu parametreler numunenin niteliğine uygun olarak ayarlanır. Laboratuvarda parlatma ve zımparalama işlemleri için kullanılan ekipmanın hafızasında önceden yazılmış hazır programlar vardır. Bu programlar kullanılacak malzemelerin sertliğine ve daha önceden yapılmış uygulamalara dayanılarak hazırlanmıştır. Bu işlemler Şekil 2.5 ve 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Parlak kesit numune hazırlama işlemleri



Şekil 2.6 Parlak kesit için kullanılan reçine ve sertleştirici

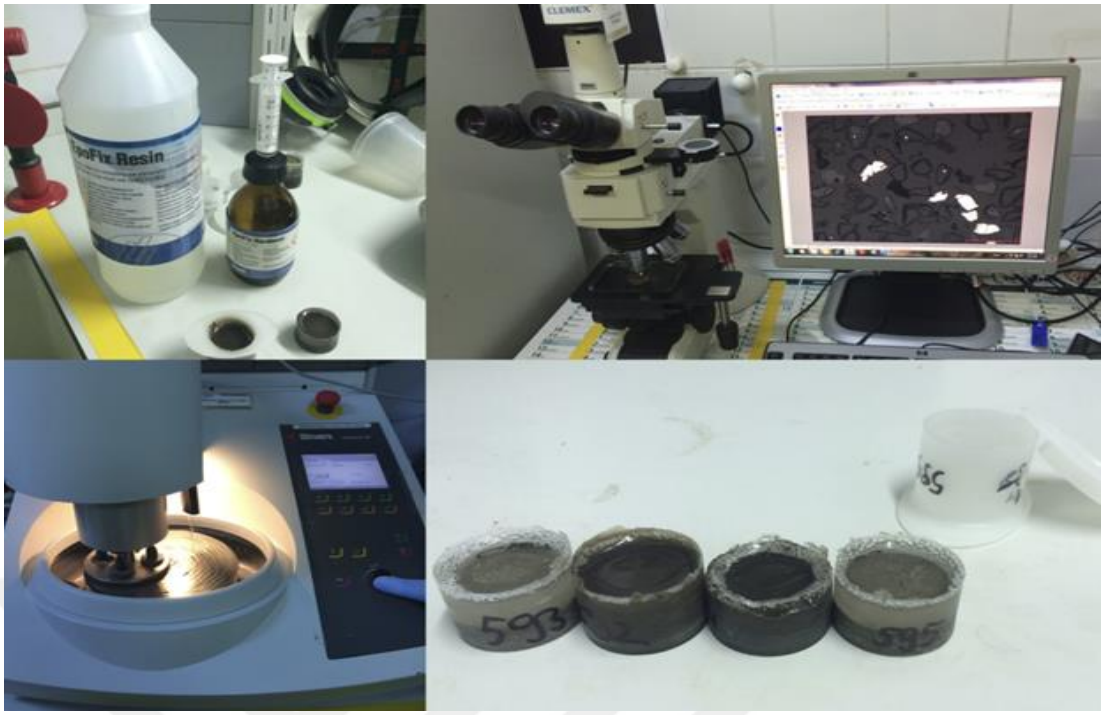
Tüm bu aşamalardan sonra cevher içerisindeki minerolojiyi tespit edebilmek için XRD (X-Işını Difraktometresi) testi ve mikroskop incelemesi (parlak kesit hazırlama ve okuma) işlemleri yapılarak cevherin mineralojisi üzerine çalışılmıştır.

Bu malzemeler plastik parlak kesit kalıplarına koyulmuştur ve üzerine 1 ml epofix resin, 7,5 ml epofix hardener kimyasalları eklenerek içerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde karıştırılmıştır.

Cevheri yavaş karıştırmak ve hava kabarcığı oluşturmamak büyük önem taşımaktadır. Aksi taktirde parlak kesit yüzeyinde hava kabarcığı oluşmakta ve mikroskop okuma işlemi sırasında hatalara sebebiyet vermektedir.

Hazırlanan parlak kesitler, soğuk parlak kesit alma cihazına koyularak 24 saat soğumaya bırakılmıştır. 24 saat sonrasında daha önceden plastik kalıplara yerleştirilmiş olan parlak kesitler kalıplarından çıkartılmış ve parlak kesit hazırlama cihazında zımparalama ve parlatma işlemine tabi tutulmuştur.

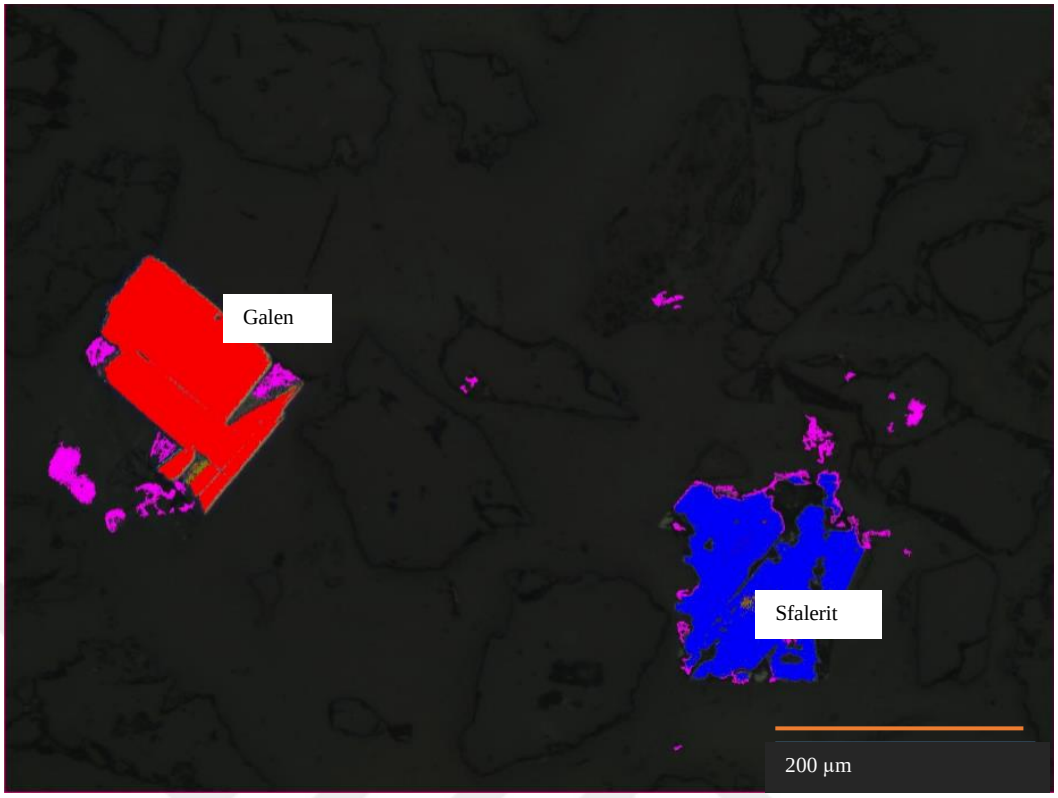
Zımparalama ve parlatma işlemleri için zımparalama ve parlatma makinesine dörder dörder koyularak her bir parlak kesit için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır. İlk olarak parlak kesit altına Md piano(manyetik zımpara diski) plakası koyularak, 2 dakika boyunca zımparalama işlemi yapılmıştır. Zımparalama işleminde cevherin sertliğini, parlak kesit yüzeyinin pürüzlülüğünü etkilemesi dolayısıyla sürenin uygun seçilmesi gerekmektedir. Aksi hale yüzeydeki mineraller aşınarak, optik inceleme sırasında hatalara sebebiyet vermektedir. Bu işlemler Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



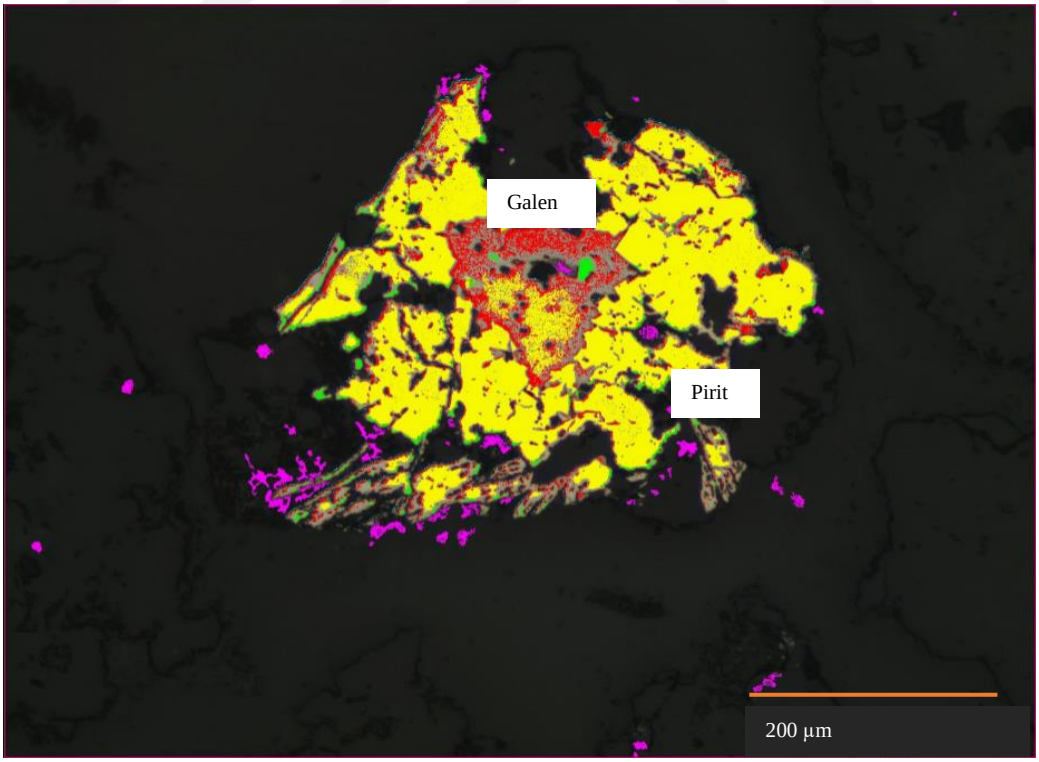
Şekil 2.7 Parlak kesit hazırlama ve bakalit okuma işlemleri

Zımparalama işleminin ikinci aşamasında parlak kesit, Sıc Foil 800 (22 Mikron) plaka ile 2 dakika boyunca zımparalanmıştır. Sıc Foil 1000 (18 mikron) zımpara ile 2 dakika zımparalanmıştır. Düzgün pürüzsüz ve optimum kenar keskinliğini sağlamak için Md Largo ile 3 dakika boyunca zımparalanmaktadır.

Zımparalama işlemi sonrasında cevher parlatma işlemine tabi tutulmuş ve bu aşamada Dac (parlatıcı disk) ve Nap (parlatıcı disk) ile 2'şer dakika parlatma işlemi yapılmıştır. Clemex mikroskobu ile okunan parlak kesitler içerisinde; sfalerit, pirit ve galen olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen mineraller Şekil 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 ve 2.14'de gösterilmiştir.



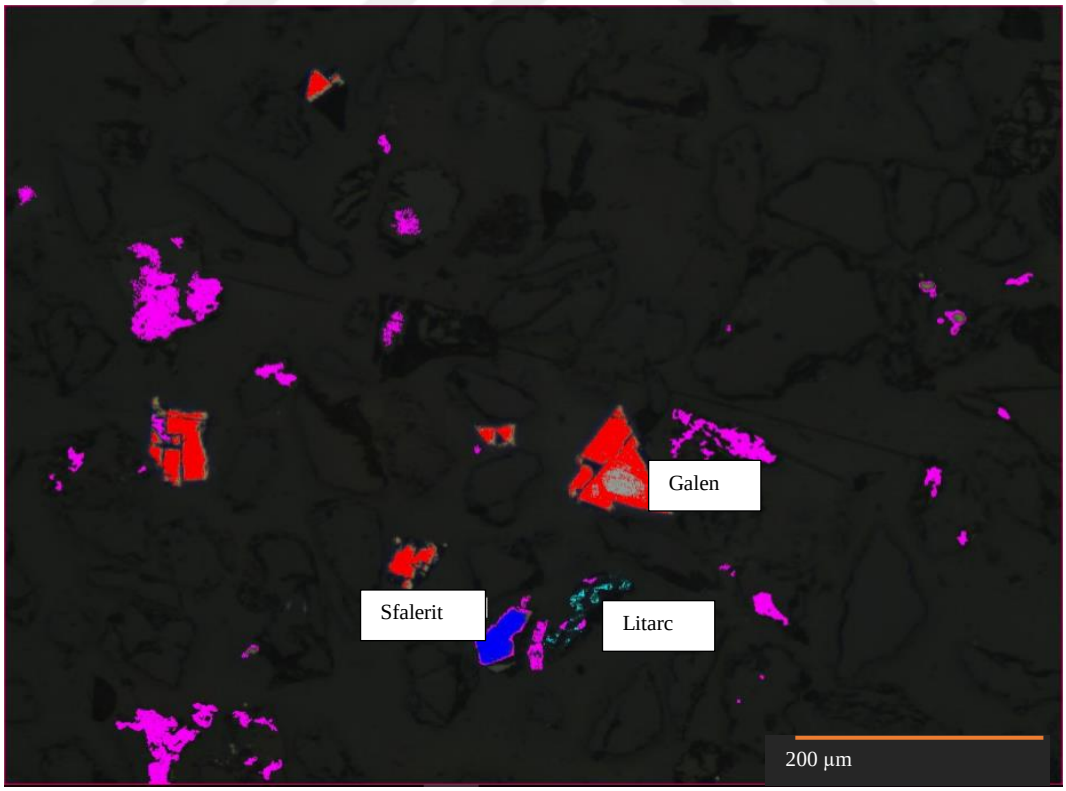
Şekil 2.8 Parlak kesit ile görüntülenen kurşun-çinko minerali



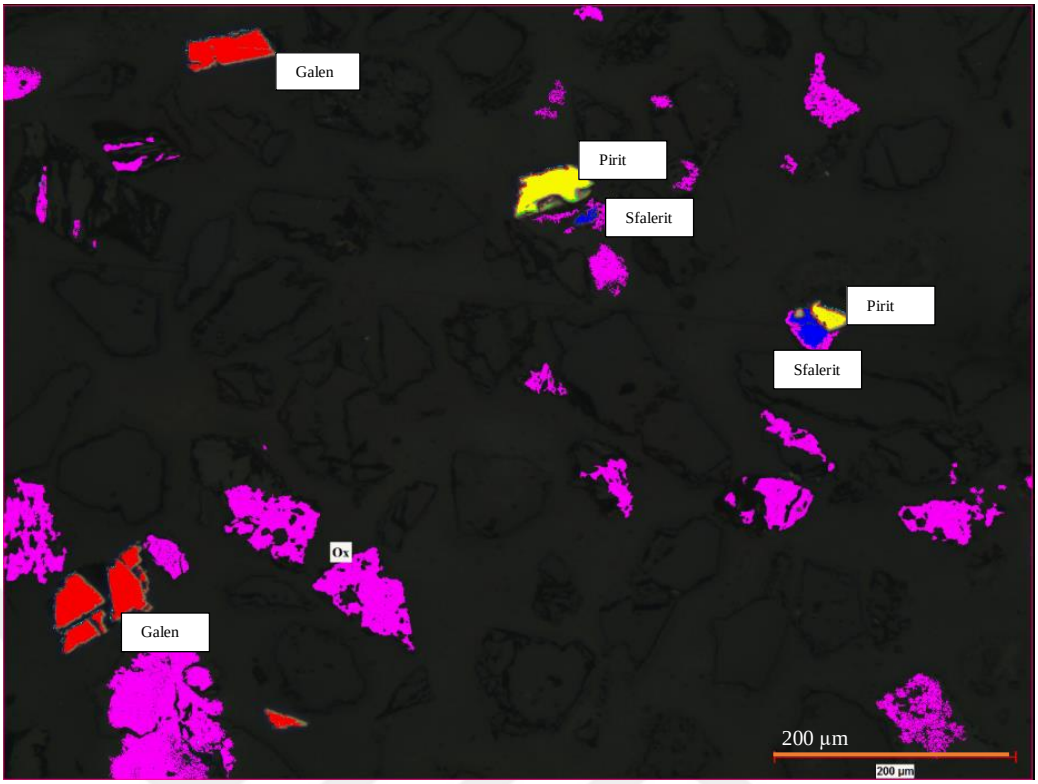
Şekil 2.9 Parlak kesit ile görüntülenen pirit minerali arasında kalmış galen



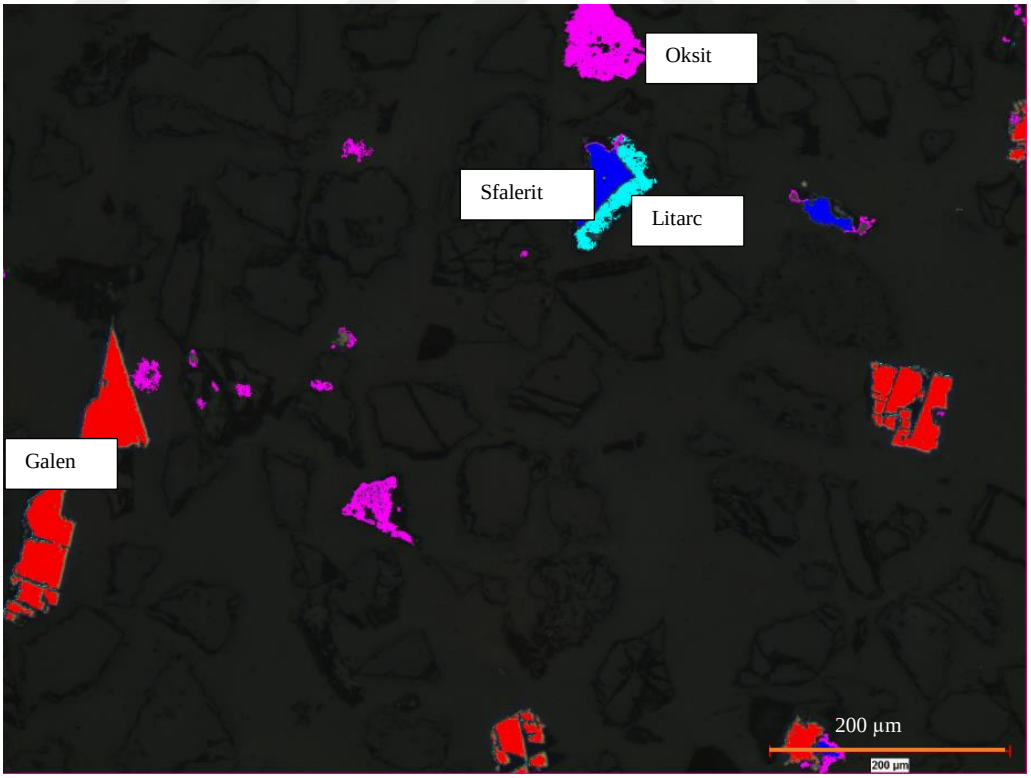
Şekil 2.10 Parlak kesit ile görüntülenen oksitli yüzey ihtiva eden sfalerit ve pirit taneleri



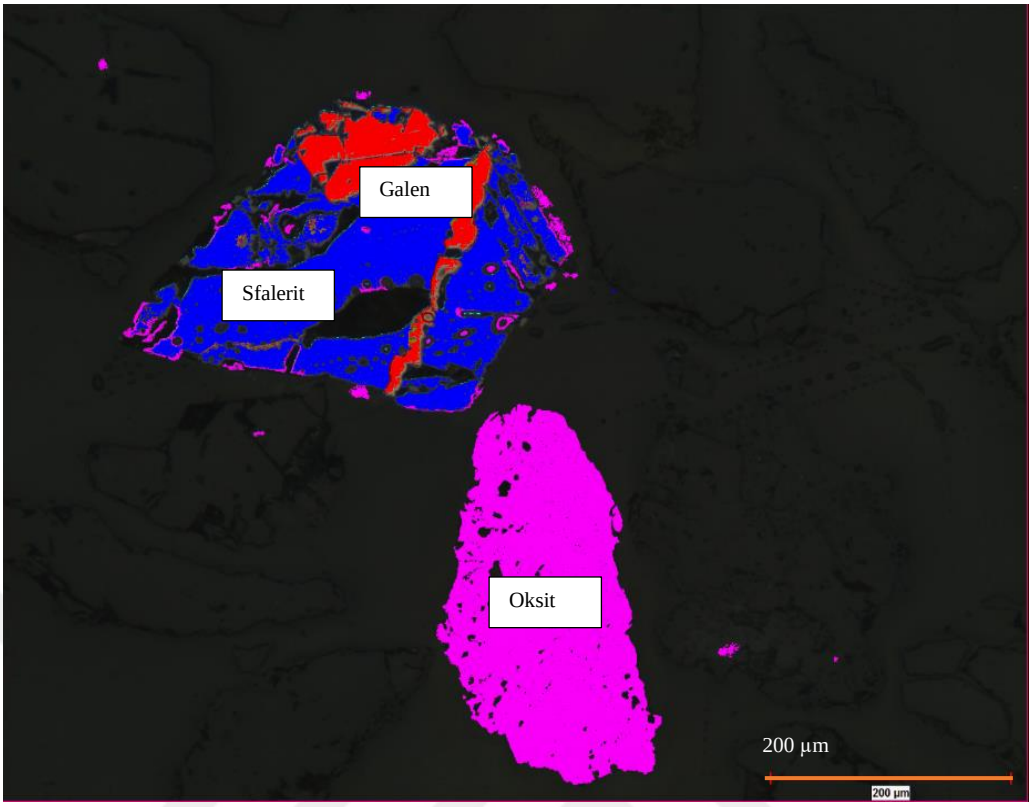
Şekil 2.11 Parlak kesit ile görüntülenen galen sfalerit ve litarc minerali



Şekil 2.12 Parlak kesit ile görüntülenen oksit galen pirit ve sfalerit minerali



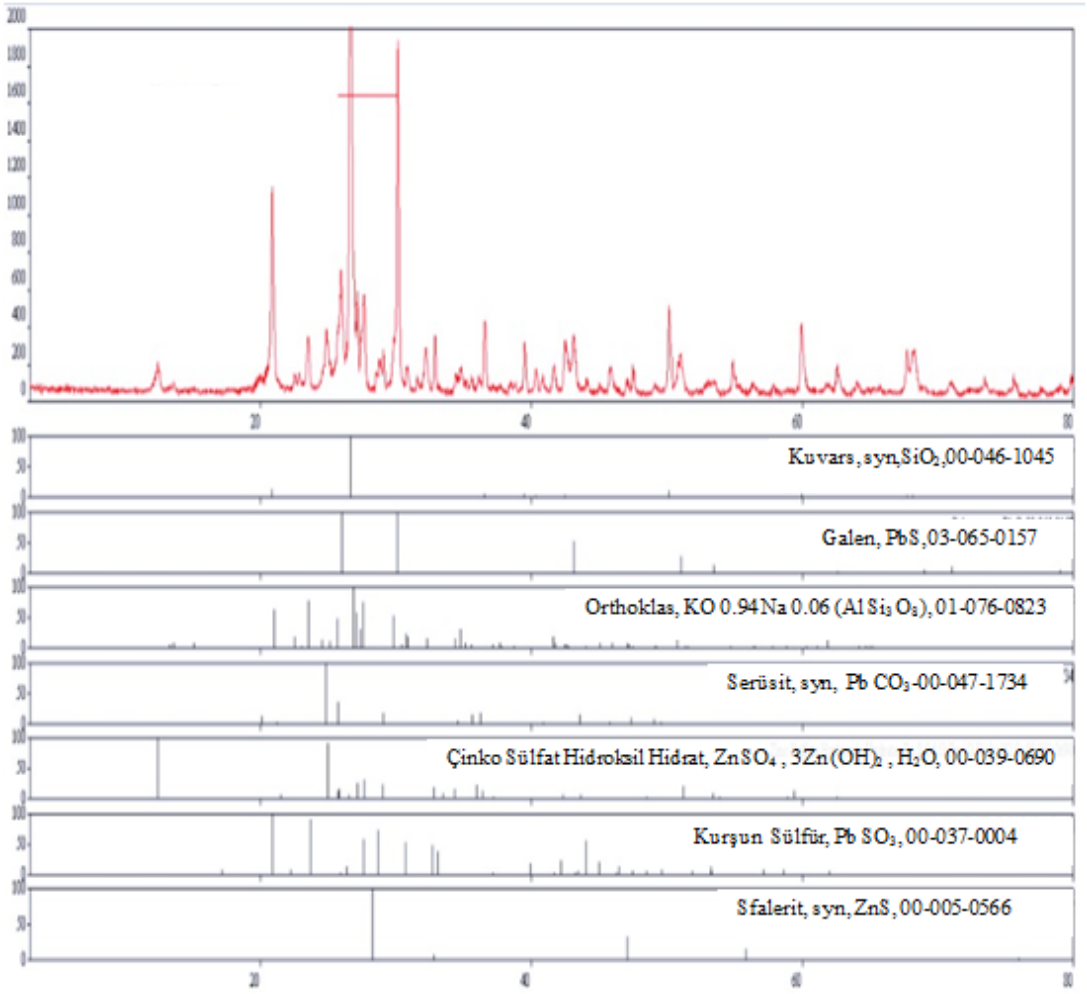
Şekil 2.13 Parlak kesit ile görüntülenen galen, sfalerit, oksit ve litarc mineralleri



Şekil 2.14 Parlak kesit ile görüntülenen galen, sfalerit ve oksit mineralleri

2.2.2 XRD(X- Işını Difraktometresi) Yöntemi

XRD analiz işlemi için dörtleme metodu ile parlak kesit için kullanılan malzemeden bölünmüştür. Mikroskop ile inceleme mineraloji analizi için tek başına yeterli olmamaktadır bu nedenle mikroskop ile inceleme ve parlak kesit okuma analizleri eş zamanlı olarak yapılmalıdır. XRD analiz işlemi için besleme malından alınan numunenin %80'i halkalı değirmen kullanılarak 75 mikronun altına düşürülmüştür.Analiz için kullanılacak besleme malı numunesi boyut küçültme işlemi tamamlandıktan sonra Rigaku marka XRD analiz cihazında analiz edilmiştir.



Şekil 2.15 Besleme malı XRD analizi

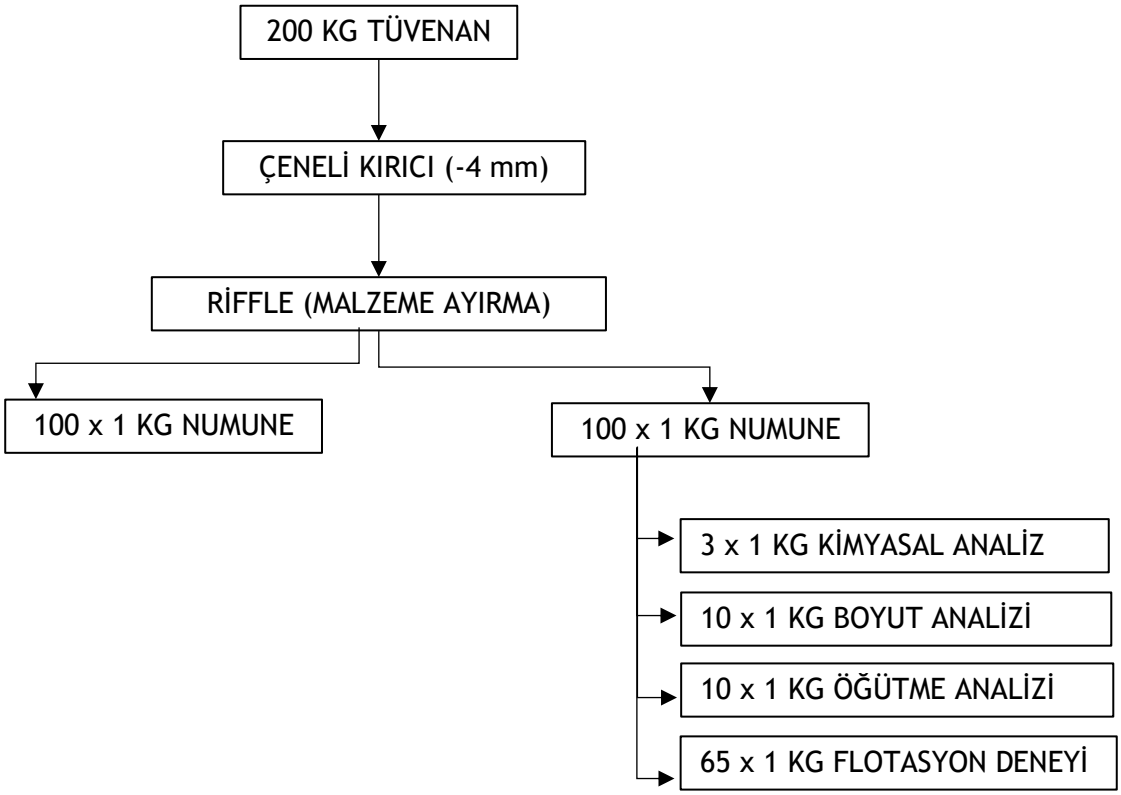
XRD analiz sonuçları incelendiğinde, besleme malı yan kayacında kuvars ve ortoklas tespit edilmiştir. Besleme malı içerisinde galen, serüsit, çinko sülfür ve sfalerit mineralleri tespit edilmiştir. XRD analizlerinde kullanılan Rigaku marka XRD cihazı Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16 Rigaku model XRD cihazı

2.2.3 Numune Hazırlama Yöntemleri

Yaklaşık 200 kg civarında alınan numune koni şekline getirilip yığınlar bir kürek yardımıyla düzlenerek, yaklaşık 3 cm kalınlığındaki numune dikdörtgen şekline getirildi ve numune yüzeyi karelere bölündü. Daha sonra yine uygun bir kürekle, tabana kadar inerek tabanda bulunan malzemeyi de alacak şekilde, belirlenmiş yerlerden sistematik olarak örnekler alınarak numune torbalarına konulup havası alınarak bir kenara yığıldı. Bu işlem birçok kez tekrarlandı. Her bölümden alınan numune miktarı tüm gözler için aynı alındı. Numunenin bölümlere ayrılması işlemi de çok dikkatli ve düzenli bir şekilde yapıldı. Şekil 2.17'de cevher hazırlama akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.17 Numune hazırlama akım şeması

Numune bölme işlemi ile çalışma yapılacak cevher ortalama 1 kg'lık numuneler şeklinde hazırlanmıştır.

2.2.4 Tane Boyutu Tespiti

Öğütme tesleri, Aymas sirketi tarafından yapılmış çubuklu değirmen ile yapılmıştır. Öğütme deneylerinde öğütücü ortam %60 katı oranında gerçekleştirilmiştir.Kullanılan değirmenin çapı 200mm ve boyu 300 mm'dir Kullanılan öğütücü ortam özellikleri Tablo 2.5'de verilmiştir.

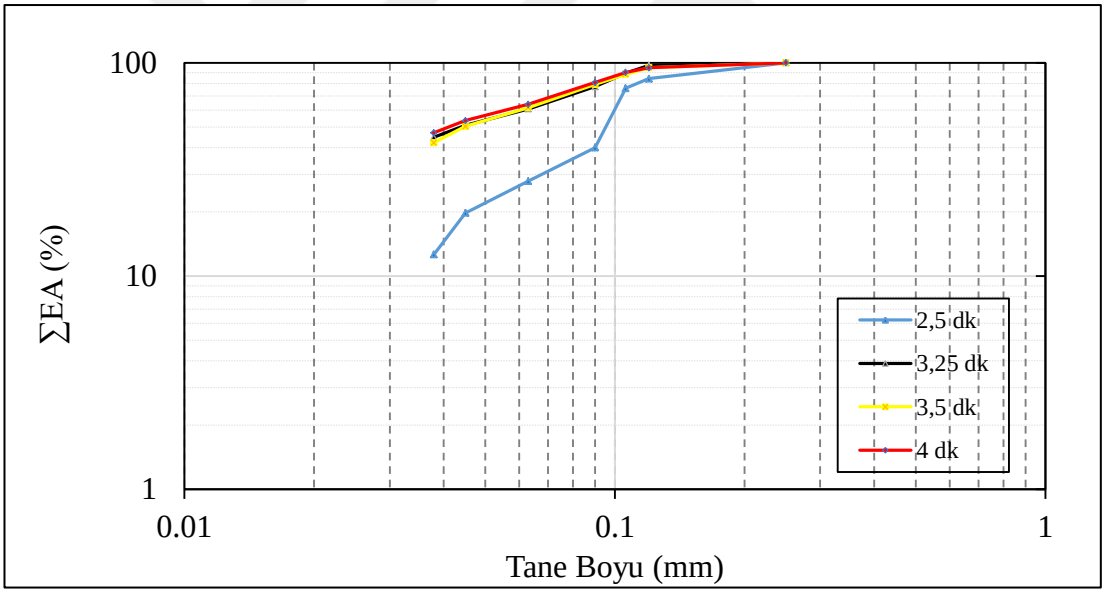
Tablo 2.5 Değirmen öğütme ortamı özellikleri

Çubuk çapı (cm)	3,2-1,9-1,3-0,95-0,64
Çubuk adedi	2-8-4-10-2
Öğütücü ortam çubuk miktarı (kg)	20

Besleme malı cevheri öğütme işlemi sonrasında kurutulmak üzere etüve bırakılmış ve sonrasında yaş elemeye tabi tutulmuştur. Yaş eleme sonrasında her fraksiyon etüvde kurutulmuş ve sonrasında kuru tartımları alınmıştır. Tablo 2.6'da ve Şekil 2.18'de farklı öğütme süreleri sonrasında yapılan elek analiz sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2.6 Öğütmede malzeme elek analiz değerleri

Tane Boyutu	**2,5 dk**	**3,25 dk**	**3,5 dk**	**4 dk**
(mm)	**∑EA(%)**	**∑EA(%)**	**∑EA(%)**	**∑EA(%)**
-0,250+0,212	100,00	100	100	100,00
-0,212+0,150	84,29	97,31	94,91	94,78
-0,150+0,106	76,05	89,44	88,39	90,24
-0,106+0,075	39,99	77,37	79,28	80,95
-0,075+0,063	27,91	60,84	61,62	63,98
-0,063+0,038	19,78	50,97	50,37	53,64
-0,038	12,63	44,89	42,23	47,01



Şekil 2.18 Öğütme süresine göre tane boyut dağılımı grafiği

Öğütme analiz sonuçlarını doğrulamak amacıyla 3,25 dakikalık öğütme işlemi Horiba tane boyut ölme cihazı ile kontrol edilmiştir.

2.2.5 Flotasyonla Zenginleştirme

2.2.5.1 Kullanılan Reaktifler

Flotasyon deneylerinde toplayıcı olarak Cytec firmasına ait Aero 404, Aero 242, Aero 3418A kullanılmıştır.

Flotasyon deneylerinde köpürtücü olarak, F-501, F-507, DF-250, MIBC, AF-70, AF-88 ve X-95 denenmiştir. Flotasyon deneylerinde bastırıcı olarak Na_2SiO_3 ve Aero 633 flotasyon düzenleyici kimyasalları kullanılmıştır.

2.2.5.2 Flotasyon Testlerinde Kullanılan Ekipmanlar

Denver marka flotasyon cihazı, Aymas şirketi tarafından yapılan değirmen, Horiba tane boyut ölçüm cihazı, Oakton marka pH metre kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ekipmanlar Şekil 2.19, 2.20, 2.21, 2.22'de gösterilmektedir.



Şekil 2.19 Deneylerde kullanılan Aymas şirketi tarafından yapılmış çubuklu değirmen



Şekil 2.20 Deneylerde kullanılan Horiba tane boyut ölçme cihazı



Şekli 2.21 Deneyde kullanılan Oakton marka pH metre



Şekil 2.22 Deneylerde kullanılan Denver marka flotasyon cihazı

BÖLÜM ÜÇ
BULGULAR VE İRDELEME

3.1 Flotasyon Deneyleri

Flotasyon testleri kapsamında kompleks kurşun-çinko cevherinin bulk flotasyon şartları araştırılmıştır. Uygun tane boyutu, toplayıcı cinsi ve miktarı, dağıtıcı cinsi ve miktarı, köpürtücü cinsi ve miktarı, flotasyon süresi gibi etken olan parametreler araştırılmıştır.

Kurşun cevheri içerisinde en genel olarak bulunan mineral galendir. Cevherin oksidasyon derecesine bağlı olarak kurşun cevherleri yüksek miktarda seruzit ve anglesit mineralleri ihtiva edebilirler. Galenin yüksek gravite yoğunluğu ve yumuşak yapısından dolayı öğütme devresinde aşırı ufalanma zaman zaman problem yaratmaktadır (Thomas, 2012).

Galen genellikle Aerophine 3418, Aerofloat 242 toplayıcıları ile ve etil veya izopropil ksantat türü toplayıcılar ile kolayca yüzdürülebilir (Thomas, 2012).

Aero 400 serisi toplayıcılar yüzeyi oksitlenmiş galen cevherlerinde verimli sonuçlar elde edilmiştir.Tüketim miktarı olarak 2 ile 10 g/t arasında çalışılabilir. Aero 400 serisi toplayıcıların çinko sülfatları da toplama eğilimleri vardır (Thomas, 2012).

Alkali ortamda 8,5 pH değerine kadar verimli bir flotasyon yapılabiir. pH kontrolü soda külü yada eser miktarda kostik soda ile sağlanabilir. Genel uygulama olarak endüstride kireç, galen verimine zarar vermeyecek şekilde kullanılmaktadır (Thomas, 2012).

Kurşun cevherlerinin oksidasyon derecesi hafif yüzey oksidasyonu olabileceği gibi tamamen oksitlide olabilmektedir. En genel oksitli kurşun mineralleri seruzit anglesit ve plambojarosit'dir (Thomas, 2012).

Yüzeyi okside olmuş galen minerallerinde Aero 404 toplayıcı etkili çalışmaktadır. Bazen az miktarlarda sodyum sülfit veya sodyum hidrosülfit ilavesi ile mineral yüzeyi sülfidize edilir ve oksitli kurşun minerallerinin kazanımı sağlanır.Sülfürleyici kimyasalın dozaj aralığı olarak genellikle 500-2500 g/t kullanılmaktadır. Burada dikkat edilecek önemli bir etken ise sülfürleyicinin kondüsyonlama süresi boyunca çok yavaş bir şekilde eklenmesidir. Sülfürleyici hızlı bir şekilde dozlandığında flotasyon olumsuz etkilenebilmektedir (Thomas, 2012).

3.1.1 Öğütmede Sürenin Tespiti

Uygun tane boyutu seçebilmek amacı ile numune 2,5, 3,15, 3,5 dakikalık sürelerde öğütülerek, flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyi aşağıdaki parametreler sabit kabul edilerek sadece tane boyutu değiştirilerek yapılmıştır. Flotasyon deney sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk köpürtücü için 1 dk.
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t
Köpürtücü: AF-70, 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.1 Öğütme 2,5, 3,15 ve 3,5 dakikalarda flotasyon deneyleri

Öğütme Süresi (dk)	**Konsantre**			**Artık**		
	% Ağ.	**%Pb**	**Pb, %V**	**% Ağ.**	**%Pb**	**Pb, %V**
2,5	14,25	24,48	78,30	85,75%	1,13	21,67
3,25	16,08	25,83	82.16	83,92%	1,08	17,84
3,5	15,55	27,83	80,70	84,45%	1,23	19,30

Flotasyon sonuçları irdelendiğinde 3,25 dakikalık öğütmenin flotasyon analizinde en yuksek kursun verimi %82,16 ve konsantre kursun tenörü %25,83 olarak bulunmuştur. Diğer öğütme sürelerinde yapılan flotasyon deneylerinde daha düşük

flotasyon verimi elde edilmiştir. Flotasyon icin en uygun öğütme süresi 3,25 dakika olarak tespit edilmiştir.

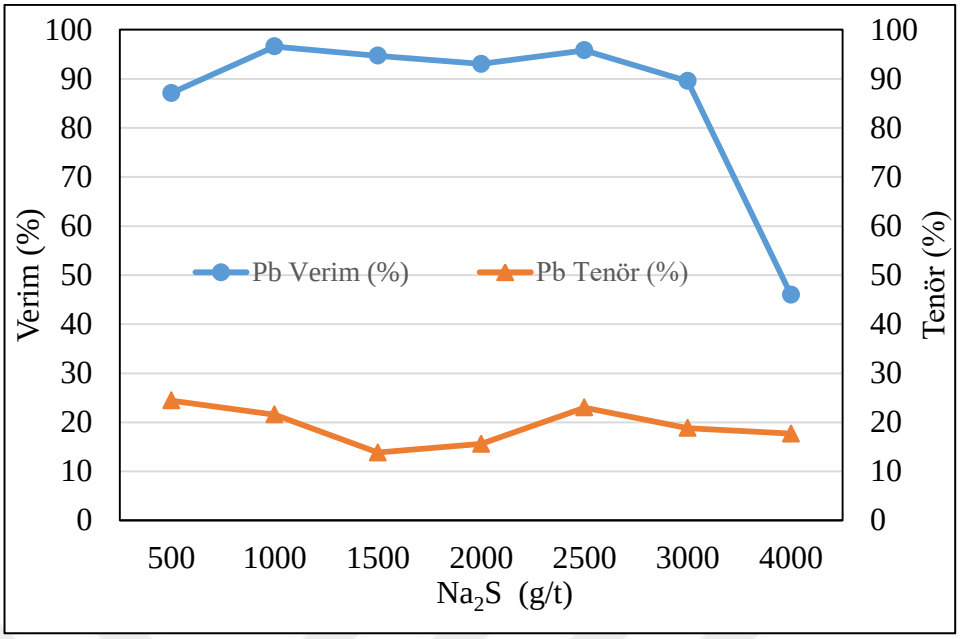
3.1.2 Na_2S 'ün Flotasyona Etkisi

Flotasyon deneylerinde farklı sülfürleyici tüktimlerinde deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 3.2'de ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk, Na_2S için 4 dk.
Sülfürleyici cinsi ve miktari: Na_2S, 500-1000-1500-2000-2500-3000-4000 g/t
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t + Aerophine 3418 55g/t
Köpürtücü cinsi ve miktari: AF-70, 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.2 Farklı yüzey potansiyellerinde yapılan flotasyon deneyleri

Na_2S Miktari g/t	**KONSANTRE**			**ARTIK**		
	% Ağ.	**%Pb**	**Pb, %V**	**% Ağ.**	**%Pb**	**Pb, %V**
500	15,34%	24,44	87,10	84,66	0,66	12,90
1000	24,93%	21,55	96,60	75,07	0,25	3,40
1500	23,17%	13,83	94,70	76,83	0,23	5,30
2000	16,82%	15,60	93,00	83,18	0,24	7,00
2500	20,64%	23,02	95,80	79,36	0,26	4,20
3000	16,70%	29,35	95,30	83,30	0,29	4,70
4000	13,95%	17,68	46,00	86,05	3,37	54,00



Şekil 3.1 Farklı Na_2S tuketimlerinde yapılan flotasyon verim-tenör grafiği

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi 1000 gr/t Na_2S tüketim değerinde, Pb flotasyon verimi %96,60 ve flotasyon tenörü ise 21,55 değeriyle en yüksek verime ulaşmıştır. Diğer Na_2S kimyasali tüketimlerinde daha düşük flotasyon verimi elde edilmistir. Flotasyon tenörleri ise dalgalı bir şekilde seyretmistir. Flotasyon deneylerinde en yüksek verimin elde edildiği 1000 g/t Na_2S tüketimi seçilmiştir.

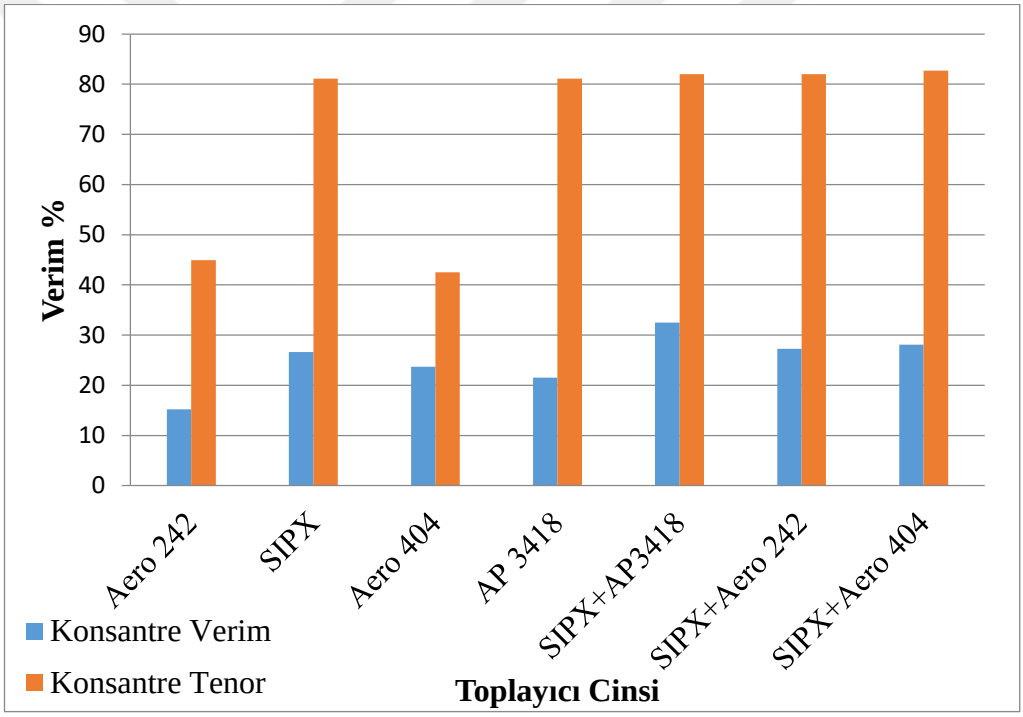
3.1.3 Toplayıcı Cinsinin Tayini

Toplayıcı cinsinin tayini için farklı toplayıcı cinslerinde flotasyon deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 3.3'de ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

pH: 9. Deneylerde Ph ayarlayıcı olarak kireç kullanılmıştır.
Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.
Toplayıcı cinsi: Aero 404, Aero 242, Aero 3418A,SIPX
Toplayici miktari:Birincil toplayici icin 55g/t ikincil toplayici 10g/t kullanilmistir
Köpürtücü miktari ve cinsi: AF-70, 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.3 Toplayıcı cinsi tayini için yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Toplayıcı Adı	Konsantre			Artık		
	%Ağ.	%Pb	Pb %V	%Ağ.	%Pb	Pb %V
Aero 242	16,77	15,22	44,9	83,23	3,76	55,10
SIPX	15,40	26,65	81,10	84,60	1,13	18,90
Aero 404	10,13	23,67	42,5	89,87	3,61	57,50
AP 3418	19,70	21,54	81,10	80,30	1,23	18,9
SIPX+AP3418	12,77	32,50	82,00	87,23	0,95	18,00
SIPX+Aero 242	16,80	27,29	82,00	83,20	1,21	18,00
SIPX+Aero 404	15,48	28,09	82,70	84,52	1,075	17,3



Şekil 3.2 Toplayıcı cinsine göre flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği

Flotasyon testlerinde toplayıcı cinsini belirlemek amacıyla yapılan flotasyon deney sonuçları irdelendiğinde SIPX ve Aerophine 3418 toplayıcıları flotasyon verimi ve tenörü açısından en yüksek değerler elde edilmiştir.

3.1.3.1 Toplayıcı Miktarı

Flotasyon deneylerinde optimum toplayıcı tüketim miktarını belirleyebilmek amacıyla aşağıdaki oksitli ve sülfürlü flotasyon koşullarında deneyler yapılmış ve sonuçları irdelenmiştir. Deney sonuçları Tablo 3.4'de ve Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

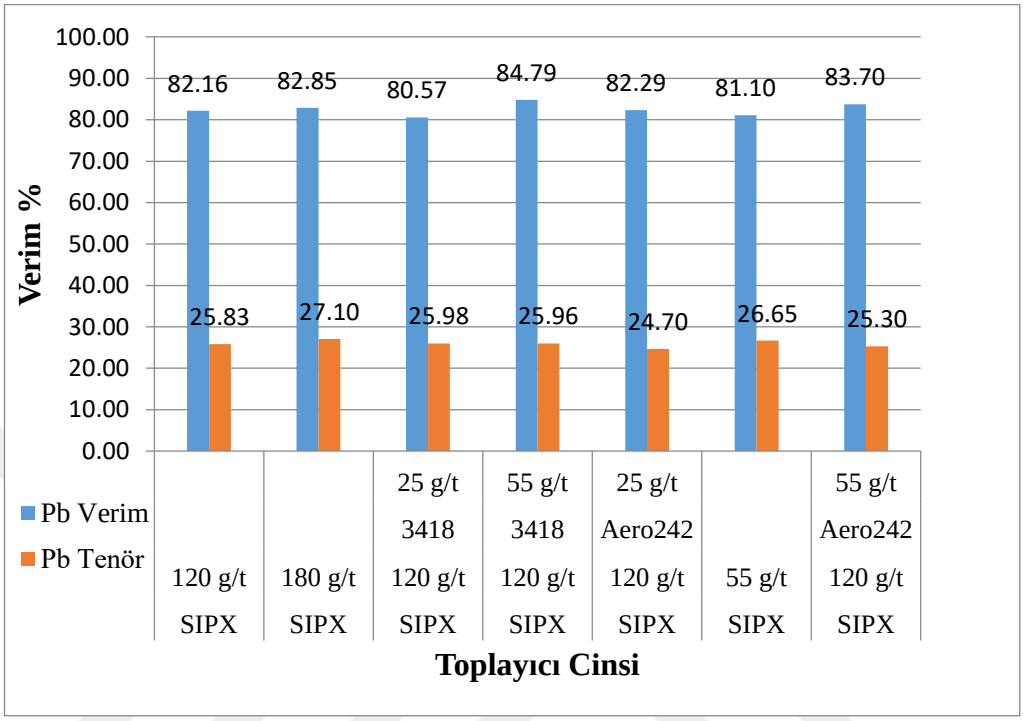
pH: 9
Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.
Toplayıcı tüketimi: SIPX 55-120-180g/t, Aerophine 3418A 25-55 g/t, Aero 242 25-55 g/t
Köpürtücü: AF-70, 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.4 Toplayıcı miktarına göre yapılan flotasyon deneyleri Pb sonuçları

Toplayıcı Adı	**Toplayıcı Miktarı (g/t)**	**Konsantre**			**Artık**		
		% Ağ.	**%Pb**	**Pb, %V**	**% Ağ.**	**%Pb**	**Pb, %V**
SIPX	**55**	15,40	26,65	81,10	84,60	1,13	18,90
SIPX	**120**	16,08	25,83	82,16	83,92	1,08	17,84
SIPX	**180**	15,26	27,10	82,85	84,74	1,01	17,15
SIPX-3418	**120+25**	15,62	25,98	80,57	84,38	1,16	19,43
SIPX-3418	**120+55**	18,25	25,96	84,79	81,75	1,04	15,21
SIPX-242	**120+25**	17,15	24,70	82,29	82,85	1,10	17,71
SIPX-242	**120+55**	17,92	25,30	83,70	82,08	1,05	16,30

Test sonuçları incelendiğinde, bulk flotasyonunda 120 g/t SIPX toplayıcısının flotasyon verimi %82,16 ve kurşun tenörü %25,83 olarak tespit edilmiştir. Toplayıcı tüketim miktarı 180 g/t olarak arttırıldığında, kurşun veriminde bir artış gözlemlenmezken kurşun tenöründe %1,27 'lik artış gözlemlenmiştir. Bu sebeple optimum SIPX miktarı olarak 120 g/t tüketim değerini kullanmak ekonomik anlamda daha mantıklı olacağı düşünülmüştür. İkincil toplayıcı olarak 25 ve 55 g/t tüketimlerinde denenmiş olan Aerophine 3418 (Dialkil Ditiyofosfin) ve Aerofloat 242 (Aril ditiyofosfat) kimyasallarının verim ve tenör sonuçlarını

değerlendirdiğimizde Aerophine 3418 55g/t tüketim miktarı ile gerçekleştirilen test ile %84,79 verim ile %25,96 Pb tenörü en yüksek olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.3 Farklı toplayıcı ve tüketim miktarlarında kurşun tenör ve verim grafiği

Flotasyon testlerinde kullanılan toplayıcı kimyasalların özellikleri ve uygulama şekilleri Tablo 3.5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Farklı cinsteki toplayıcıların uygulama ve kimyasal özellikleri

Toplayıcı Adı	**Uygulaması**	**Toplayıcı Cinsi**
Aero 404	Gümüş içeren kurşun flotasyonlarında ve yüzeyi oksitlenmiş kurşun flotasyonlarında kullanılır.	Mercaptobenzotiyozol
Aero 242	Genel olarak Pb/Zn cevherlerinde kullanılır	Aril ditiyofosfat
Aerophine 3418	Gümüş içeren kurşunlu cevherlerde demir sülfürlere karşı selektif olarak kullanılır.	Ditiyofosfinat
SIPX	Kuvvetli ksantat türü toplayıcıdır.	Sodyum izopropil ksantat

3.1.4 Bastırıcı Cinsi ve Miktari Tayini

Dağıtıcının etkisini tespit edebilmek amacıyla yapılan flotasyon deneylerinde, flotasyon koşulları sabit tutularak, farklı dağıtıcı cinslerinde flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyi analiz sonuçları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'da gösterilmektedir.

Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk ve bastırıcı için 4 dk.
Bastırıcı: Aero 633, Na2SiO3 250 g/t
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t + Aerophine 3418, 55g/t
Köpürtücü miktari ve cinsi: AF-70, 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.6 Farklı bastırıcı cinsine göre yapılan flotasyon deneyleri

Bastırıcı Cinsi	**Konsantre**			**Artık**		
	%Ağ	**%Pb**	**Pb. %V**	**%Ağ**	**%Pb**	**Pb. %V**
Na2SiO3	15,76	23,83	80,79	84,24	1,06	19,21
Aero 633	13,88	25,42	74,69	86,12	1,389	25,31

Bastırıcı cinsine göre yapılan flotasyon sonuçları incelendiğinde; Aero633'ün daha iyi bastırıcı etkisi gösterdiği ancak verim açısından Na_2SiO_3'un daha yüksek sonuç vermiştir . Bu nedenle kurşun konsantresinin %25,42 Pb tenör ve %80,79 verimle elde edildiği Na_2SiO_3 uygun bastırıcı olarak seçilmistir.

Na_2SiO_3 tüketiminin etkisini belirlemek amacıyla 250-500-1000-1500 g/t miktarlarında flotasyon deneyleri yapılmıstır. Sonuçlar Tablo 3.7'da gösterilmistir.

Tablo 3.7 Farklı bastirici tuketimlerine göre yapılan flotasyon deneyleri

Bastırıcı Miktari (g/t)	**Konsantre**			**Artık**		
	%Ağ	**%Pb**	**Pb. %V**	**%Ağ**	**%Pb**	**Pb. %V**
250	15,76	23,83	80,79	84,24	1,06	19,21
500	16,76	18,72	77,16	83,24	1,12	22,84
1000	15,40	27,63	81,72	84,60	1,13	18,28
1500	14,65	24,50	79,34	85,35	1,10	20,66

Tablo 3.7'da görüleceği üzere 1000 g/t Na_2SiO_3 tüketiminde Pb flotasyon verimi %81,72 ve flotasyon tenörü ise %27,63 olarak elde edilmiştir. Flotasyonda Na_2SiO_3 kullanmadan elde edilen Pb flotasyon verimi %84,79 ve Pb tenörü ise %25,96'dır. Sonuçlar karşılaştırıldığında Na_2SiO_3 kullanımının Pb flotasyonu üzerine olumlu bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ve dolayısıyla flotasyonda bastırıcı kullanılmamıştır.

3.1.5 Flotasyonda Köpürtücü Cinsi Tayini

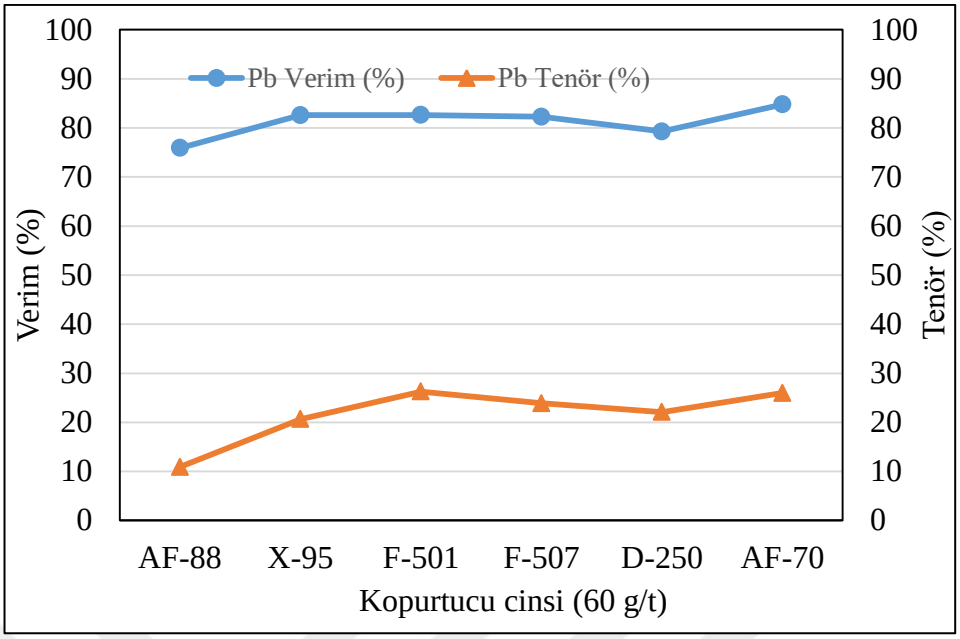
Flotasyon deneylerinde köpürtücü cinsini belirlemek amacıyla flotasyon koşulları sabit tutulup sadece köpürtücü cinsleri değiştirilerek deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyi analiz sonuçları Tablo 3.8 ve Şekil 3.4'de gösterilmektedir.

Katı oranı: % 36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t + Aerophine 3418 55g/t
Köpürtücü: AF-88, X-95, F-501, F-507, D-250, AF-70 60 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.8 Farklı köpürtücü cinsine göre sülfürlü flotasyon deneyi sonuçları

Köpürtücü Cinsi	**KONSANTRE**			**ARTIK**		
	% Ağ.	**%Pb**	**Pb, %V**	**% Ağ.**	**%Pb**	**Pb, %V**
AF-88	23,02	10,91	75,92	76,98	1,04	24,08
X-95	20,75	20,67	82,60	79,25	1,14	17,40
F-501	17,29	26,26	82,62	82,71	1,16	17,38
F-507	16,94	23,88	82,26	83,06	1,05	17,74
D-250	20,09	22,08	79,29	79,91	1,45	20,71
AF-70	18,25	25,96	84,79	81,75	1,04	15,21

Flotasyon testi sonuçlarına bakıldığında; tüm köpürtücü türlerinde AF-88 köpürtücü haricinde flotasyon konsantresi ve verim açısından yakın değerler elde edilmiştir. En yüksek verim ve tenör sonuçları AF-70 köpürtücü ile %25,96 tenör ve %84,79 verim ile elde edilmiştir.



Şekil 3.4 Farklı köpürtücütürlerinde sülfür flotasyon deneyi Pb tenör-verim grafiği

Flotasyon testlerinde kullanılan köpütücülerin kimyasal özellikleri ve uygulama şekilleri Tablo 3.9' da gösterilmiştir.

Tablo 3.9 Farklı köpürtücü uygulaması ve formülizasyonu (Thomas 2012 ve Nasaco, 2016).

Köpürtücü adı	**Uygulaması**	**Formulizasyonu**
AF-88	Şlam ve kil bulunan cevherlerde selektif flotasyonda	Alifatik alkol
X-95	Pb/Zn flotasyonuna yöneliktir.	Alkol ve poliglikol karışımıdır.
F-501	Selektifdir ve hızlı bir kinetiği vardır.	Alkol karışımıdır.
F-507	D-200 serisi köpürtücü muadili glikol bazlıdır.	Poliglikol
D-250	Glikol bazlı iri boyutlu minerallere uygundur.	Polipropilen glikol ether
AF-70	MIBC muadili minimum kararlılıkta seçici bir köpürtücüdür.	Alkol

3.1.5.1 Optimum Köpürtücü Miktarı Tespiti

Flotasyonda kullanılacak AF-70 köpürtücüsünün optimum tüketim miktarını belirlemek için aşağıdaki flotasyon koşulları sabit tutularak sadece AF-70 tüketim miktarı değiştirilerek flotasyon deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.10'de ve Şekil 3.5'de gösterilmektedir.

Katı oranı: %36

Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.

Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t + Aerophine 3418 55g/t

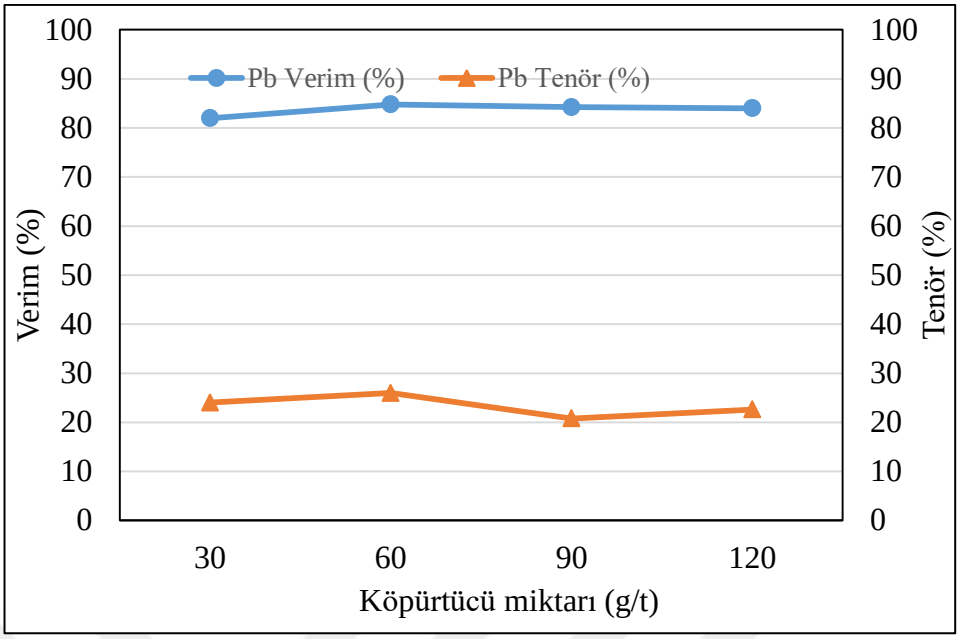
Köpürtücü cinsi ve miktarı: AF-70, 30-60-90-120 g/t

Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.10 Farklı köpürtücü miktarına göre yapılan flotasyon deneyleri

Köpürtücü Miktarı (g/t)	**KONSANTRE**			**ARTIK**		
	% Ağ.	**%Pb**	**Pb, %V**	**% Ağ.**	**%Pb**	**Pb, %V**
30	17,38	24,03	81,99	82,62	1,11	18,01
60	18,25	25,96	84,79	81,75	1,04	15,21
90	22,81	20,77	84,22	77,19	1,15	15,78
120	20,33	22,61	83,99	79,67	1,10	16,01

Farklı tüketim miktarlarında AF-70 köpürtücüsü kullanılarak yapılan flotasyon deneylerinde, köpürtücü tüketim miktarı 60 g/t'a kadar arttığında flotasyon kurşun veriminin arttığı sonucu gözlemlenmiştir.Yapılan testlerde 60 g/t köpürtücü tüketiminde kurşun konsantre tenörü %25,96 ve flotasyon verimi de %84,79 olarak tespit edilmiştir. Bu sebeple en yüksek verim ve tenörün sağlandığı 60 g/t köpürtücü tüketimi seçilmiştir.



Şekil 3.5 Köpürtücü miktarına bağlı flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği

3.1.6 Farklı pH 'ın Flotasyona Etkisi

Farklı pH değerlerinin flotasyon veimi üzerine olan etkisini irdeleyebilmek amacıyla aşağıdaki parametreler sabit tutularak flotasyon deneyleri yapılmıştır.Deneylerde pH ayarlayıcı olarak kireç kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.11 ve Şekil 3,6'da verilmiştir.

Katı oranı: %36

Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.

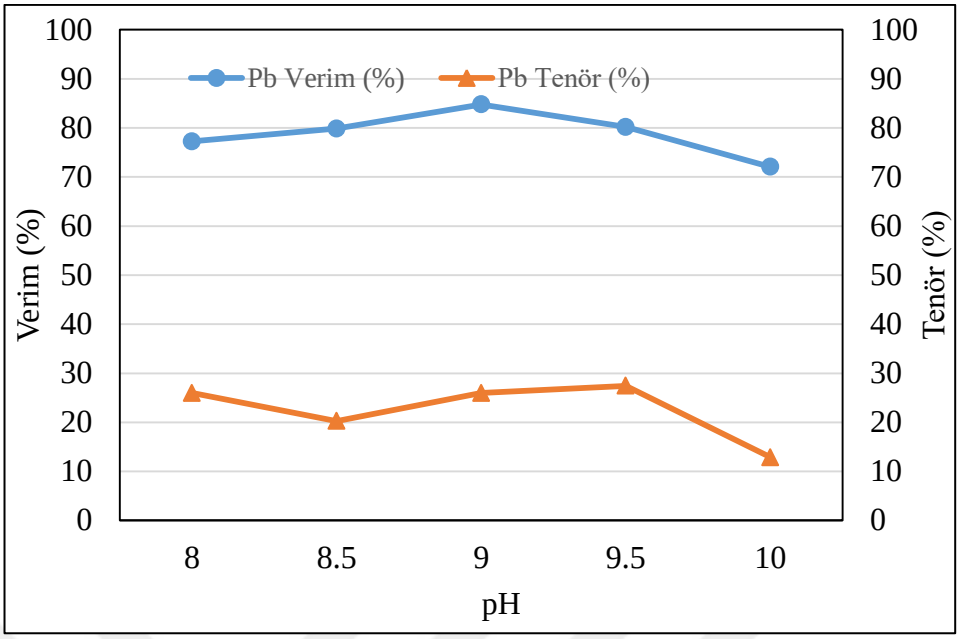
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIBX, 120 g/t + Aerophine 3418 55g/t

Köpürtücü cinsi ve miktarı: AF-70, 60 g/t

Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.11 Farklı pH değerlerine göre yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

pH	Konsantre			Artık		
	%Ağ	%Pb	Pb. %V	%Ağ	%Pb	Pb. %V
8	12,87	25,99	77,26	87,13	1,13	22,74
8,5	17,04	20,27	79,86	82,96	1,05	20,14
9	18,25	25,96	84,79	81,75	1,04	15,21
9,5	14,22	27,44	80,17	85,78	1,13	19,83
10	18,56	12,85	72,06	81,44	1,14	18,56



Şekil 3.6 pH değerine bağlı flotasyon deneyleri Pb verim-tenör grafiği

Farklı pH değerlerinde yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları incelendiğinde en yüksek kurşun verimi %84,79 ve %25,96 Pb tenörü ile pH 9'da elde edilmiştir. Pülp alkali değeri yükseldikçe kurşun flotasyon performansı olumsuz olarak etkilenmiştir.

3.1.7 Optimum Flotasyon Süresi Tespiti

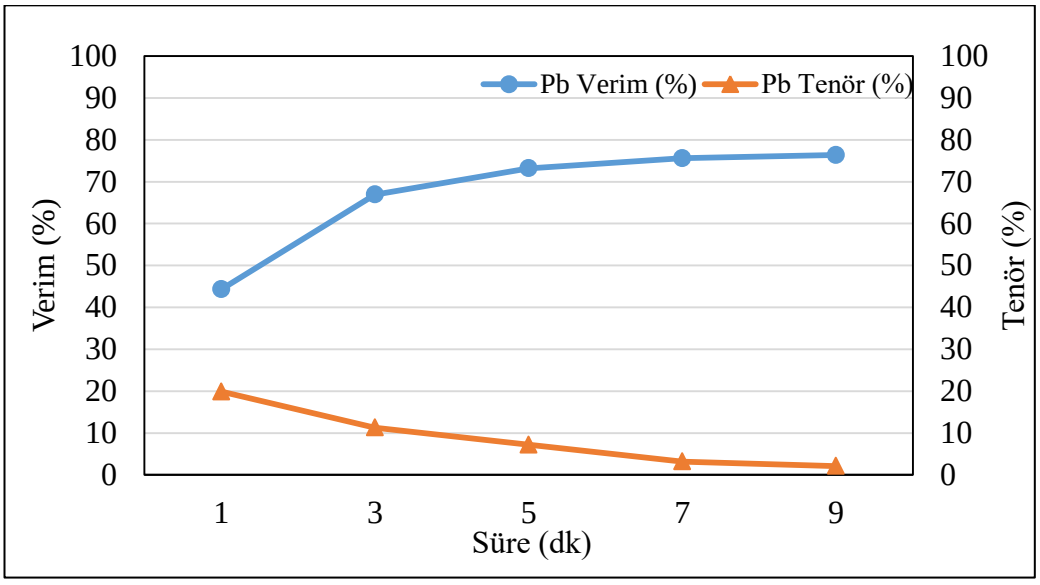
Optimum flotasyon süresini belirlemek amacıyla flotasyon deneyleri yapılmıştır. Optimum sürenin tespiti amacıyla yapılan flotasyon testlerinde aşağıdaki flotasyon koşulları sabit tutularak, flotasyon süresi değiştirilerek flotasyon deneyleri yapılmıştır. Flotasyon deneyi sonuçları Tablo 3.12 ve Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

Katı oranı: %36
Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk.
Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIPX, 100g/t
Köpürtücü cinsi ve miktarı:AF-70, 50 g/t
Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.12 Flotasyon süresine göre deney sonuçları

∑Süre (dk)	Ağ (%)	Pb (%)	Verim (%)	∑Pb (%)	∑Verim (%)
1	12,55	19,90	44,32	19,90	44,32
3	11,27	11,30	22,60	15,83	66,91
5	4,91	7,20	6,27	14,36	73,19
7	4,27	3,20	2,42	12,91	75,61
9	2,00	2,10	0,75	11,90	76,36
Artık	65,00	2,05	23,64		
BM Hesapla	100,00	5,88	100,00	5,50	

Tablo 3.12'de görüleceği üzere flotasyon süresi arttıkça, flotasyon verimi artmakta, konsantre kurşun tenörü azalmaktadır. 1 dakika süresinde %44,32 olan flotasyon verimi, 3 dakika sonunda flotasyon verimi %66,91, 5 dakika sonunda 73,19, 7 dakika sonunda 75,61'e yükselmiştir. Bu süreden sonra tenör kademeli olarak düşüş göstermiştir. Verimde ise ciddi artış gözlemlenmemiştir. Bu nedenle %12,91 Pb tenörlü konsantrenin %75,61 verim ile kazanıldığı 7 dk'lık süre olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.7 Flotasyon süresine göre deney sonuçları Pb verim-tenör grafiği

3.1.8 Optimum Flotasyon Deney Şartları

Flotasyon deneyleri sonucunda optimum flotasyon koşulları aşağıda belirtilmiştir. Bu koşullarda yapılan flotasyon testi deney sonucu Tablo 3.13'de gösterilmektedir.

Sülfürleyici: Na_2S, 1000 g/t

Ph: 9

Katı oranı: %36

Kondüsyonlama süresi: Toplayıcı için 2dk, köpürtücü için 1 dk, Na_2S için 4 dk.

Toplayıcı cinsi ve miktarı: SIPX, 120 g/t ve Aerophine 3418, 55 g/t

Köpürtücü cinsi ve miktarı: AF-70, 60g/t

Flotasyon süresi: 7 dk

Tablo 3.13 Optimum flotasyon deneyi sonuçları

Ürünler	%Ağ	%Pb	Pb, %V
Nihai Flo. Kons.	15,97	32,69	95,95
Artık	84,03	0,26	4,05
Besleme Malı Hesapla	100,00	5,44	100,00

Tablo 3.13 incelendiğinde, optimum koşullarda yapılan deney sonuçlarına göre %32,69 Pb verimi ve %95,95 flotasyon tenörü ile elde edilmiştir.

BÖLÜM DÖRT
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çanakkale bölgesinden alınan besleme malı ortalama %5,88 Pb ve ortalama %0,77 Zn tenöründen oluşan sülfürlü-oksitli kompleks kurşun çinko cevherinin bulk flotasyon ile verimliliğinin arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Flotasyon deneylerinde optimum besleme malı tane boyutu olarak, en yüksek flotasyon kurşun verim ve tenörünün elde edildiği 3,25 dk öğütme süresi ile besleme malının %80'inin geçtiği elek açıklığının 116 mikron olduğu deney sonucu seçilmiştir.

Kurşun flotasyonunda flotasyon süresi, toplayıcı cinsi, toplayıcı miktarı , bastırıcı cinsi, bastırıcı miktarı, köpürtücü cinsi, köpürtücü miktarı ve farklı pH 'ın flotasyon üzerinde etkisi belirlenmiştir.

Toplayıcı cinsinin ve tüketim miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan flotasyon deneylerinde %84,79 ile en yüksek flotasyon verimi SIPX ve Aerophine 3418 kimyasallarının birlikte kullanılması tercih edilmiştir. SIPX kimyasalının tüketimi 120 g/t ve Aerophine 3418 kimyasalının tüketim miktarı 55 g/t olarak belirlenmiştir.

Farklı cinslerde köpürtücü ile yapılan deneylerde en iyi sonuç, AF-70(MIBC) ile elde edilmiştir.En iyi olarak belirlenen köpürtücü ile optimum tüketimi belirlemek için farklı tüketim miktarlarında testler yapılmış ve AF-70 köpürtücüsü için en ideal sonuç 60 g/t olarak belirlenmiştir.

Flotasyon deneylerinde bastırıcı cinsinin flotasyona etkisi araştırılmıştır. Flotasyon deneylerinde 2 farklı bastırıcı kullanılmış ve her iki flotasyonda da bastırıcı cinsleri kurşun verimi üzerinde olumsuz sonuç vermiştir.

Farklı pH değerlerinde yapılan flotasyon testlerinin sonucunda, kurşun flotasyonu için en uygun pH 9 olarak tespit edilmiş ve diğer testlere pH 9'da devam edilmiştir.

100 g/t SIPX ve 50 g/t AF-70 kimyasal tüketimi ile gerçekleştirilen flotasyon süresi tespiti testinde toplam köpük alma süresi 7 dk olarak belirlenmiştir.Kurşun verimi %75,61 ve kümülatif hesaplanmış kurşun tenörü %12,91 olarak hesaplanmıştır.

Sülfürleme yapılarak gerçekleştirilen flotasyon testlerinin sonuçlarına bakıldığında XRD ve mikroskop incelemelerinde görülen oksitli kurşun(seruzit) de yüzdürülebilmiş ve maksimum olarak %96 kurşun veriminde %32,69 Pb tenöründe elde edilebilmiştir. Sonuç olarak oksitli malzemeyi flotasyon ile kazanabilmek mümkün gözükmektedir.

KAYNAKLAR

Amerikan Jeoloji Araştırma Kurumu, (2015). *Lead*. 19 Ağustos 2016, http://www.usgs.gov.

Bulut, G.(1991). *Balıkesir-Balya yöresi kurşun-çinko artıklarının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul teknik üniversitesi, İstanbul.

Devlet Planlama Teşkilatı (2001). Metal Madenler (Bakır). *8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Ozel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Diğer Metal Madenler Calışma Grubu Raporu*, DPT:2628-ÖİK 639, Ankara.

İnfomine, (2016). *Lead and Zinc Price*. 14 Temmuz 2016, http://www.infomine.com/ChartsAndData

Koç, Ş. (2007). *Metalik maden yatakları ders notu*. İzmir : Dokuz Eylül Üniversitesi

Maden Tetkik Arama, (2016). *Maden yatakları haritası*. 21 Ağustos 2016, http://www.mta.gov.tr

Nasaco, (2016). *Frothers information.* 21 Ağustos 2016, http://www.nasaco.ch/frothers.html

Öztunalı, Ö. (1982). Türkiye kurşun-çinko yatakları. *Yerbilimlerinde Panel, Türkiye Jeoloji Kurultayı ve TMMOB*, Jeoloji Mühendisleri Odası, 7-21.

Thomas, W. (2012). *Mining chemicals handbook* (6. Baskı) içinde (164-172). U.S.A: Cytec.

Temur, S. (1987). Horzum (Kozan Adana) yöresi piritli çinko-kurşun yataklarının jenetik incelemesi. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma*

Merkezi Bülteni, 13, 31-48.

Temur, S. (1992). Bolkardağı (Ulukısla- Niğde) yöresi çinko-kurşun yataklarının jeokimyasal incelemesi. *TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35,* 101-114.

Temur, S. (2001). *Metalik maden yatakları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Yıldız, N. (2010). *Cevher hazırlama ve zenginleştirme* (2.Baskı). Ankara: Baskı Ertem Basım Yayın Dağıtım.