

**KOMPLEKS SÜLFÜRLÜ CEVHERLERİN ÖN
ZENGİNLEŞTİRME KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ,
ÖN EKONOMİK DEĞERLENDİRME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Müh. Sami mÜNSAL**

Anabilim Dalı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ

Program : CEVHER KÖMÜR HAZIRLAMA VE DEĞERLENDİRME

MAYIS 2003

**KOMPLEKS SÜLFÜRLÜ CEVHERLERİN ÖN
ZENGİNLEŞTİRME KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ,
ÖN EKONOMİK DEĞERLENDİRME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Müh. Sami mÜNSAL

505001102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2003

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. A. Ekrem YÜCE

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Gündüz ATEŞOK

Prof. Dr. Onuralp YÜCEL

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Sülfürlü kompleks cevherlerin ön zenginleştirilmesine yönelik yapılan bu tez çalışması, aynı zaman da güzel bir mühendislik çalışması dıdu.

Bu konuda bana çalışma dıanağı sağ ayan Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Güven ÖNAL'a, lisans ve yüksek lisans tezi çalışmaları mın her kademesinde bilgisini ve yardımını esirgemeyen danışmanı m Sayın Hocam Y. Doç. Dr. Ekrem YÜCE'ye sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca, bu tez konusu üzerinde çalışmaları ma yardımcı dıan Dr. Ali m GÜL'e, Y. Doç. Dr. Gülay BULUT'a ve tımanabilim dalı çalışmaları na teşekkür ü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması kapsamında kimyasal analiz ve işletme bilgileri konusunda yardımlarından dıd ayı Sayın Maden Yük. Müh. Besim ERTEME ve Gesom A Ş çalışmaları na, teze konu cevher üzerinde mınerdjiki ncel eme ve yorumları yla katkı yaratan Hocam Sayın Dr. Yük. Müh. Vedih Gürkani'ateşekkür ederim.

MAYIS 2003

Sanım Ünsal

İÇİNDEKİLER

ÖZELGE LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÖZET	IX
SUMMARY	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Türkiye Pb – Zn – Cu Yatakları'nın Oluşumu	4
2.2. Kurşun	6
2.2.1. Kurşunun Sanayi deki Önemi ve Kullanım Alanları	7
2.2.1.1. Kurşun Ürünleri ve Ticari Sınıflandırması	7
2.2.1.2. Kurşunun Kullanım Alanları	8
2.2.2. Kurşun Mineralleri	9
2.2.3. Dünya ve Türkiye Kurşun Rezervleri	11
2.2.3.1. Dünya Kurşun Rezervleri	11
2.2.3.2. Türkiye Kurşun Rezervleri	13
2.2.4. Kurşun Üretimi ve Tüketimi	14
2.2.4.1. Dünya Kurşun Üretimi ve Tüketimi	14
2.2.4.2. Türkiye Kurşun Üretimi ve Tüketimi	16
2.2.5. Kurşun Ürünleri Fiyatları	17
2.3. Çinko	17
2.3.1. Çinkonun Sanayi deki Önemi ve Kullanım Alanları	18
2.3.2. Çinko Mineralleri	22
2.3.3. Dünya ve Türkiye Çinko Rezervleri	24
2.3.3.1. Dünya Çinko Rezervleri	24
2.3.3.2. Türkiye Çinko Rezervleri	26
2.3.4. Çinko Üretimi ve Tüketimi	26
2.3.4.1. Dünya Çinko Üretimi ve Tüketimi	26
2.3.4.2. Türkiye Çinko Üretimi ve Tüketimi	28
2.3.5. Çinko Ürünleri Fiyatları	28
2.4. Bakır	29

2.4.1. Bakır ın Sanayi deki Önem i ve Kull anı m Aa rı	29
2.4.2. Bakır M ineral leri	30
2.4.3. Dünya ve Tür ki ye Bakır Rezerv leri	32
2.4.3.1. Dünya Bakır Rezerv leri	32
2.4.3.2. Tür ki ye Bakır Rezerv leri	32
2.4.4. Bakır Üreti m Ve Tüketi m	33
2.4.4.1. Dünya Bakır Üreti m ve Tüketi m	33
2.4.4.2. Tür ki ye Bakır Üreti m ve Tüketi m	34
2.4.5. Bakır Fiyat ları	35
2.5. Kurşun - Ç nko Cevher leri ni n Zeng i rl eştiril mesi	35
2.5.1. Gravite Yönt em i	36
2.5.2. Flotasyon	36
2.6. Ön Zeng i rl eştir m e ni n Cevher Hazırlamadaki Yeri Ve Önem i	38
3. DENEYSEL ÇALI ŞMALAR	41
3.1. Malzeme ve Yönt em	41
3.1.1. Numune Alı m	41
3.1.2. Numune Özelli k leri ni n Belirlenmesi	41
3.1.2.1. Numune ni n Fiziksel Özelli k leri	41
3.1.2.2. Numune ni n Kimyasal Özelli k leri	42
3.1.2.3. Numune ni n Mineralojik Özelli k leri	43
3.1.3. Yönt em	43
3.1.3.1. Özgü l Ağırlık Farkı na Göre Ayırma İle Zeng i rl eştir me	43
3.1.3.2. Flotasyon İle Zeng i rl eştir me	44
3.1.3.3. Kimyasal Analiz Yönt em i	44
3.2. Ön Zeng i rl eştir me Deney leri	45
3.2.1. J g il e Yapı l an Ön Zeng i rl eştir me Deney leri	45
3.2.2. Sarsıtılı lı Masa İle Yapı l an Ön Zeng i rl eştir me Deney leri	45
3.3. Ön Konsantre İle Yapı l an Ögüt me Deneyi	49
3.4. Ön Zeng i rl eştir me Sonrası Yapı l an Flotasyon Deneyi	51
3.5. Ön Ekonomik Değerlendir me	53
3.5.1. İşlet m e ni n Mevcut Durumu	53
3.5.2. Ön Zeng i rl eştir me Alternatifi	54
3.5.3. Yatırı m Tutar ı ni n Hesaplanması	57
3.5.4. İşlet me Gelir leri ni n Hesaplanması	59
3.5.4.1. Mevcut Tesi s İşlet me Gelir leri ni n Hesaplanması	60

3.5.4.2 Alternatif Tesis İşletme Gelirlerinin Hesaplanması	60
3.5.4.3 Değer men Öğütme Kapasitesi ne Uygun Olarak Tesis Besleme Kapasitesinin Arttırılması Durumunda Tesis İşletme Gelirlerinin Hesaplanması	61
3.5.5 İşletme Giderlerinin Hesaplanması	62
3.5.5.1. Mevcut ve Alternatif Proses İşletme Giderlerinin Hesaplanması	62
3.5.5.2 Mevcut ve Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses İşletme Giderlerinin Hesaplanması	64
3.5.6 Amortisman Yükünün Hesaplanması	65
3.5.6.1. Alternatif Proses e Göre Amortisman Yükünün Hesaplanması	65
3.5.6.2 Arttırılmış Kapasiteye Göre Amortisman Yükünün Hesaplanması	65
3.6 Bergmann Yaklaşımıyla Ön Ekonomik Değerlendirme	66
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	68
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1	Dünya Metad Kurşun Kullanım Aaıarı..... 9
Çizelge 2.2	Dünya Kurşun Rezervleri 13
Çizelge 2.3	Dünya Ükeleri Kurşun Madeni Üeti n (x10 ³ ton Metad Kurşun Eşdeğeri)..... 14
Çizelge 2.4	Dünya Metad Kurşun Tüketi n..... 15
Çizelge 2.5	Türkiye Tüvenan Kurşun Cevheri Üeti m Mktarı..... 16
Çizelge 2.6	Yurtiçi Metad Kurşun Tüketi n (ton)..... 16
Çizelge 2.7	Yıllara Göre Kurşun Otalama Bri m Fıyatları (LME Fıyatlarıdır). 17
Çizelge 2.8	Saf Çnkonun Fiziksel Özelli kleri..... 18
Çizelge 2.9	Bölgelere Göre Kişi Başına Tüketilen Çnko Metadi Mktarı..... 19
Çizelge 2.10	Çnkonun Bri ndil Kullanım Aaıarı..... 19
Çizelge 2.11	Çnko Mineraleri..... 22
Çizelge 2.12	Dünya Çnko Rezervleri (Metad Çnko)..... 25
Çizelge 2.13	Türkiye Çnko- Kurşun Rezervleri ni n Dünyadaki Yeri (bin ton metad)..... 26
Çizelge 2.14	Kıtalara Göre 1995-98 Yılları Arası Çnko Cevher ve Metadi Üeti nleri (1000 ton)..... 27
Çizelge 2.15	1989-1998 Yılları Arası Dünya Çnko Metadi Tüketi m Değeri.. 27
Çizelge 2.16	Çnkonun Kullanım Aaıarı..... 28
Çizelge 2.17	Yıllara Göre Çnko Otalama Bri m Fıyatları (LME Fıyatlarıdır).. 28
Çizelge 2.18	Bakır Tüketi ni ni n Sektörel Dağılı m..... 29
Çizelge 2.19	Doğada Bulunan Belli Başlı Bakır Mineraleri..... 30
Çizelge 2.20	Dünya Bakır Rezervleri (milyon ton metad)..... 32
Çizelge 2.21	Türkiye ni n Ekonomik Bakır Rezervleri..... 33
Çizelge 2.22	Yıllara Göre Dünya Bakır Cevheri Üeti n (x10 ³ ton bakır)..... 34
Çizelge 2.23	1998 Yılı Dünya Bakır Tüketi ninde Üke Payları..... 34
Çizelge 2.24	Bakır Konsantresi Tüketim Mktarı..... 35
Çizelge 2.25	Yıllara Göre Kurşun Otalama Bri m Fıyatları (LME Fıyatlarıdır). 35
Çizelge 3.1	Boyutu 13 mm Altına İndiril miş Cevheri n Boyut Dağılı m..... 43
Çizelge 3.2	Tüvenan Cevheri n Pb – Cu – Zn İçeri ği..... 43
Çizelge 3.3	–9 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Sonuçları..... 46
Çizelge 3.4	–9 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Birleştiril miş Sonuçları..... 46
Çizelge 3.5	–6 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Sonuçları..... 47
Çizelge 3.6	–6 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Birleştiril miş Sonuçları..... 47
Çizelge 3.7	–1 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Sonuçları..... 48
Çizelge 3.8	–1 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Birleştiril miş Sonuçları..... 48
Çizelge 3.9	–0,5 mm Boyutunda Yapılan Çn Zengirleştirme Deneyleri Sonuçları..... 49

Çizelge 3.10	–0,5 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Birleştirilmiş Sonuçları.....	49
Çizelge 3.11	0,106 mm altına Öğütülmüş Ön Konsantrelerin Boyut Dağılımı...	50
Çizelge 3.12	Ön Konsantreye Uygulanan Flotasyon Koşulları.....	51
Çizelge 3.13	Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları (Deneye Göre).....	52
Çizelge 3.14	Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları (Prosesle Gelen Malzemeye Göre).....	52
Çizelge 3.15	Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları (Prosesle Gelen Malzemeye Göre – Artıklar Birleştirilmiş).....	53
Çizelge 3.16	Mevcut Tesisten Çıkan Ürünlerin % Miktar, İçerik Ve Verimliliği..	54
Çizelge 3.17	İşletmede Hedeflenen Satılabilir Konsantre İçerikleri.....	54
Çizelge 3.18	Mevcut Tesis Makine – Teçhizat Listesi.....	57
Çizelge 3.19	Yeni Entegre Edilmiş Tesis Makine – Teçhizat Listesi.....	58
Çizelge 3.20	Yeni Entegre Edilmiş Tesis İlave Makine – Teçhizat Yatırım Listesi.....	59
Çizelge 3.21	LME 2003 Mart Ortalama Metal Fiyatları.....	59
Çizelge 3.22	Mevcut ve Alternatif Proses İşletme Giderleri.....	63
Çizelge 3.23	Mevcut ve Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses İşletme Giderleri.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	Türkiye Cu-Pb-Zn Cevherleşme Kuşaklarının Dağılımı.....	5
Şekil 3.1	Boyutu 13 mm Altına İndirilmiş Cevherin Boyut Dağılım Eğrisi...	42
Şekil 3.2	Ön Zenginleştirme Deneyleri Sıratematığı.....	42
Şekil 3.3	Ön Konsantrenin Öğütme Süresi – Boyut Dağılım İlişkisi.....	50
Şekil 3.4	Boyutu 0,106 mm Altına İndirilmiş Ön Konsantrenin Boyut Dağılım Eğrisi.....	50
Şekil 3.5	Mevcut Tesis Akım Şeması.....	55
Şekil 3.6	Yeni Entegre Edilmiş Tesis Akım Şeması.....	56

ÖZET

Deneyisel çalışmalarda Çanakkaale – Yeriçe yöresine ait Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevherinin özgül ağırlık farkına göre ön zenginleştirme ile daha ekonomik olarak değerlendirilme olanakları araştırılmıştır. Ayrıca mevcut tesiste uygulanan selektif flüatasyon işletme giderleri ile ön zenginleştirme + flüatasyon alternatifinin işletme gelir ve giderleri arasında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

-9 ve -6 mm boyutlarında jig -1 ve -0,5 mm boyutlarında ise sarsıntılı masa kullanılarak yapılan deneyisel çalışmalar sonucunda, artık miktarı ve metal içeriği açısından -6 mm boyutunda jige yapılan ön zenginleştirme deney sonuçları yeterli görülmüştür. -6 mm boyutunda yapılan ön zenginleştirme deneyi sonunda %29,3 oranında, %0,71 Pb, %1,31 Zn, %0,22 Cu içeren artık atılmıştır.

Ön konsantre yetesi koşullarında uygulanan selektif sülfür flüatasyonu sonucunda %73,0 oranında, %0,86 Pb, %0,15 Cu, %1,22 Zn içeren flüatasyon artığı atılmıştır.

Cevhreye uygulanan ön zenginleştirme + flüatasyon işlemleri sonucunda %9,6 oranında %72,76 Pb, %0,62 Cu, %0,87 Zn içeren Pb konsantresi, %3,0 oranında %25,12 Cu, %2,44 Pb, %1,31 Zn içeren Cu konsantresi, %6,5 oranında %50,12 Zn, %2,65 Pb, %0,88 Cu içeren Zn konsantresi elde edilmiştir.

Ön zenginleştirme + flüatasyon alternatifli bir tesisi için gerekli ilave makine – teçhizat fiyatları ürettiği firmalardan temin edilmiş ve gerekli toplam yatırım miktarı 92.500\$ olarak belirlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan çalışmalara göre; bir ön zenginleştirme sonucu ortaya çıkacak işlem maliyetleriyle Bergmann yaklaşımı bazında bir değerlendirme yapıldığında, %14 dd ayında bir artığın ayrılması halinde ön zenginleştirmenin ekonomik dacağı görülmektedir. Çalışmalarımızda; -6 mm’de yapılacak bir ön zenginleştirme halinde bu değer in %29 gibi oldukça üst değerlerde olduğu görülmektedir. Bu yaklaşım işletme metal gelirleri bazında incelendiğinde de karlılık oranlarında yüksek değerleri ifade etmektedir.

Mevcut ve alternatif prosese ait konsantre gelir ve giderleri hesaplanmıştır. Halihazırda çalışan işletmenin günlük bazda nihai metal gelirleri 2.435\$ olarak belirlenmiştir. Buna göre 90 t/gün tesisi besleme kapasitesi nde bir ön zenginleştirme yapılması halinde günlük bazda nihai metal gelirlerindeki brüt artış 130\$ ve mevcut proses gelir ve giderlerine göre brüt kardaki değişim oranı %77 olarak hesaplanmaktadır. %29 dd ayında iri boyutta bir artığın atılması halinde mevcut değirmen besleme kapasitesi azalmaktadır. Değirmen kapasitesini tam kullanılması halinde (90 t/gün) tesisi beslemesi 127 t/güne çıkarılabilecektir. Bu durumda ise alternatif prosesin günlük bazda nihai metal gelirlerindeki brüt artış 1.189\$ ve proses gelir ve giderlerine göre brüt kardaki değişim oranı ise %148 olarak hesaplanmaktadır.

SUMMARY

In this thesis, economical evaluation opportunities of complex Pb-Zn-Cu ores taken from Çanakkale-Yerice region had been investigated in terms of pre-concentration of ore with gravitational enrichment methods. Furthermore, pre-economical evaluation had been realized between the current selective flotation application and alternative pre-concentration + flotation method.

Jiggng tests were carried out with the ores crushed to -9 mm and -6 mm in size, while shaking table was used for finer sizes crushed to -1 mm and -0,5 mm. At the end of these experimental studies, more suitable results were obtained with -6 mm crushed ores in terms of tailings amount and metal losses. In this case, total amount of 29,3 % tailings having 0,71 % Pb, 1,31 % Zn, 0,22 % Cu contents can be discharged by pre-concentration process.

As a result of selective sulphur flotation on pre-concentrates, 73,0 % tailings having 0,86 % Pb, 1,22 % Zn, 0,15 % Cu can be removed. At the end of pre-concentration + flotation process application, 9,6 % Pb concentrate containing 72,76 % Pb, 0,87 % Zn, 0,62 % Cu and 6,5 % Zn concentrate containing 2,65 % Pb, 50,12 % Zn, 0,88 % Cu as well as 3,0 % Cu concentrate containing 2,44 % Pb, 1,31 % Zn, 25,12 % Cu were obtained.

For the pre-concentration and flotation application alternative, the prices of equipment necessary to upgrade the current plant were fixed by several production firms and necessary investment cost calculated as 92.500 USD.

As a result of the studies completed in this thesis frame, it was determined that pre-concentration application on Yerice complex ores will be feasible by approximately 14 % tailings disposal, depending on Bergmann approach. Test results, on the other hand, shows that tailings amount will be realized around 29.3% when the pre-concentration applied at particle size of -6 mm by jiggng process. This approach also expresses that beneficiation rates increase on the basis of metal processing profit increases.

Current and alternative process concentrate incomes and expenses were calculated. Daily final metal income of currently working plant was designated as 2.435 USD. If there was a pre-concentration at the capacity of 90 t/day, the gross increase in the daily final metal income was found 130 USD and according to the current process income and expense, the variation in the gross profit was calculated as 77 %. When the 29 % tailing at larger particle size was disposed, current feed capacity of mill decreases. By using full capacity of mills (90 t/day), plant feed can be increased to 127 t/day. In this case, the gross increase in the daily final metal income of the alternative process was found 1.189 USD and according to the current process income and expense, the variation in the gross profit was calculated as 148 %.

1. GİRİŞ

Cevherlerin zenginleştirilmesi için seçilecek yöntemlerin saptanmasında cevherin yapısı ve mineral içeriği önemli parametrelerdir. Ayrıca minerallerin serbestleşme derecesi de, etkin ve ekonomik bir zenginleştirme için gerekli bir parametreyi oluşturur. Cevherlerin mineralojik yapılarına uygun olarak boyutlar da yeterli düzeyde serbestleşme olması durumunda, bu kademelerden sonra yapılacak boyut küçültme ve zenginleştirme işlemlerinde önemli oranlarda ekonomi sağlanmış olmaktadır. Ayrıca iri boyutlarda ayrılacak artıkların uzaklaştırma, depolama gibi işlemlerinde de ince artıklara göre teknik ve ekonomik açılarından kolaylıklar sağlanabilmektedir.

Tez kapsamında Yenicte-Çanakkale Yöresi'nden alınan kompleks sülfürlü cevher üzerinde, düşük özgül ağırlığa sahip gang minerallerinin flüatasyon öncesi mümkün olduğunca iri boyutta yapılan ön zenginleştirme ile kabul edilebilir metal içeriği bir artık olarak uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar tipi jig ve sarsıtılı masa zenginleştirmeleri gerçekleştirilmiştir. Ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye, işlemede uygulanan selektif sülfür flüatasyonu koşulları baz alınarak flüatasyon zenginleştirme uygulanmış, elde edilen sonuçlara göre metal balansı içeren proses akışması hazırlanmıştır. Son olarak da, mevcut proses ve alternatif proses seçenekleri ilişkisi, ek yatırım ve işletme giderleri bazında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışma ile hedeflenen sonuçlar aşağıda verilen şekilde sıralanmaktadır.

- Ön zenginleştirme ile mümkün olduğu kadar iri boyutta artık atılması, öğütme masraflarının, idarisiyle işletme maliyetinin düşürülmesine olanak sağlamak.
- Ön zenginleştirme yapılması durumunda, kıymetli metal içeriği yüksek bir malzemenin ana zenginleştirme ünitesi ne beslenmesi, böylelikle tesisin metal kazanma ve ekonomik verimliliğini artırılması.
- Nakliye masraflarının azaltmak.

- Ön zenginleştirme sonrası flotasyonda, ton cevher başına reaktif miktar ve maliyetlerinin düşürülmesi.
- Slika içeriği malzemenin uzaklaştırılmasıyla düşük Bond iş endeksi ne sahip, öğütülebilirliği yüksek, bir ürünün öğütülmesi ve flotasyonu.
- Depolanacak dan ince boyutlu artıktan miktarının azaltılması ve ince artıktan depolama maliyetlerinin düşürülmesi.

Tez çalışması kapsamında, ön zenginleştirme ekonomikliği için Bergmann (1996) tarafından geliştirilmiş bir model uygulanmış, ayrıca mevcut tesis verilerinden hareketle, yıllık işletme gelir ve giderleri dengesi ne göre bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Ön zenginleştirme uygulanması halinde alternatif proses için öngörülen ilave makine ekipman yatırımları güncel verilerle bildirilmiş, bazı ekipmanların mevcut işletme koşullarındaki malatı ve montajı öngörülmüştür. Ön zenginleştirme ekonomikliğini değerlendirilmesi ne yönelik yaklaşımda ilave yatırımın amortisman yükü, indirgenmiş nakit akışı çizelgesi gibi detay fizibiliteyi ilgilendiren değerlendirmeler yapılmıştır. Mevcut işletmenin mobil tesis niteliğinde olması ve işletme arazisinin müsait olması açısından ilave makine-ekipmanın bir yerleşim planı yapılmıştır. Bu çalışmada ekonomiklik, ön zenginleştirme sağladığı işletme gelirlerinin artış oranı baz alınarak yapılmıştır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen ön zenginleştirme alternatifinin ekonomikliğine ilişkin bu değerlendirme, basit ekonomik değerlendirme kriterleri ile dahi yüksek uygulanabilirliği göstermektedir. Halihazırda çalışan işletmede tüm makine ve ekipman amortismanları sıfırlanmış durumda olup, tesisin öngörülen ekonomik ömrünü tamamladığı bilinmektedir. Diğer taraftan mevcut mobil tesisin ocak işletmesinin yapıldığı Yeri ce bđgesi ne de taşıma d asılığı da söz konusu olduğu için İvrind tesis alanında bir projelendirme yönüne gidilmiştir. Alternatif ön zenginleştirme öngörülmesi halinde bu çalışma kapsamında verilen ön ekonomik değerlendirme daha kapsamlı bir şekilde tekrar gözden geçirilmesinin uygun dacağı düşünülmektedir.

2 GENEL BİLGİLER

Kurşun, çinko ve bakır metallerinin sülfürlü bileşikleri, bazı metaller grubunu oluşturur. Oluşumları itibarıyla bu üç metalin değişik oranlarda varlığı ve değişik oranlardaki kombinasyonları ile önemli cevher yatakları oluşmaktadır. Diğer yandan bazı metal cevherleri bünyesinde önemli yer tutan kıymetli metaller olarak adlandırılan altın ve gümüş varlığı da bu tür kompleks yapıları cevherlere ayrı bir önem katmaktadır.

Kurşun, insanlığın kullandığı en eski metallerden biridir. Anadolulu kurşun ve çinko madencilik MÖ 400 yıllarında başlamıştır. Önce Yunanlılar, Romalılar, daha sonra Bizanslılar, Selçuklular ve Osmanlılar bu madenleri zaman zaman işletmişlerdir. Bu dönemde yataklardan kurşun ve gümüş üretiminin gerçekleştirelmesi, bu nederle maden kalıntıları arasında çinko yüzdesi kurşuna göre daha yüksektir. Bodurdağ, Akdağmadeni, Gümüşhacıköy, Gümüşhane, Balıy ve Anamurda bulunan eski çağlara ait bulguların varlığı, bu yörelerin bazı ve kıymetli metal cevherleşmesi açısından önemini göstermektedir. [2]

Çinko ilk olarak MÖ 2000 yıllarında Çinliler ve Romalılar tarafından alayım malzemesi olarak, pirinç yapımında kullanılmıştır. Bilinen en eski çinko arkeolojik kalıntı Romanya, Transilvanya'da Doroseh şehrindeki antik Dadan yerleşim merkezinde bulunmuştur. Hindistan'da ise MS 1000-1300 yıllarında çinkonun metal olarak kullanıldığı ve 14. YY.'da ticari amaçla izabesinin yapıldığı bilinmektedir. Günümüzde, çelik, alüminyum ve bakırdan sonra Dünyada miktar olarak yıllık tüketimin en fazla olan metaldir. [3]

Bakır; kullanımı açısından demir dışı metalleri içinde alüminyumdan sonra gelen ve kalay ile birlikte, insanlığın ne yapmak istediğini önceden bilerek üretmeyi başardığı iki metalden biridir. Diğer yandan aşınmaya, gerilme, metal yorgunluğuna gösterdiği direnç, ısı işlemlere ve şekillendirmeye uygunluklarından dolayı bakır alayınlarının sanayideki önemli ve vazgeçilmezliği iyi bilinmektedir. [5]

2.1. Türkiye Pb – Zn – Cu Yatakları nın O uşumu

Türkiye'de kurşun, çinko, bakır yatakları;

- a) Kuzey Türkiye bakır, kurşun, çinko kuşağı,
- b) Güneydoğu Türkiye ofiydit kuşağı,
- c) Kuzeybatı Türkiye kurşun-çinko kuşağı,
- d) Güney Türkiye karbonat tipi çinko-kurşun kuşağı, d makt d jeri kuşağı nda yer d makt adır. Bu kuşak lar n dağılı m Şekil 2.1'de gösteril mektedir. [10]

A) Kuzey Türkiye Cu-Pb-Zn Kuşağı

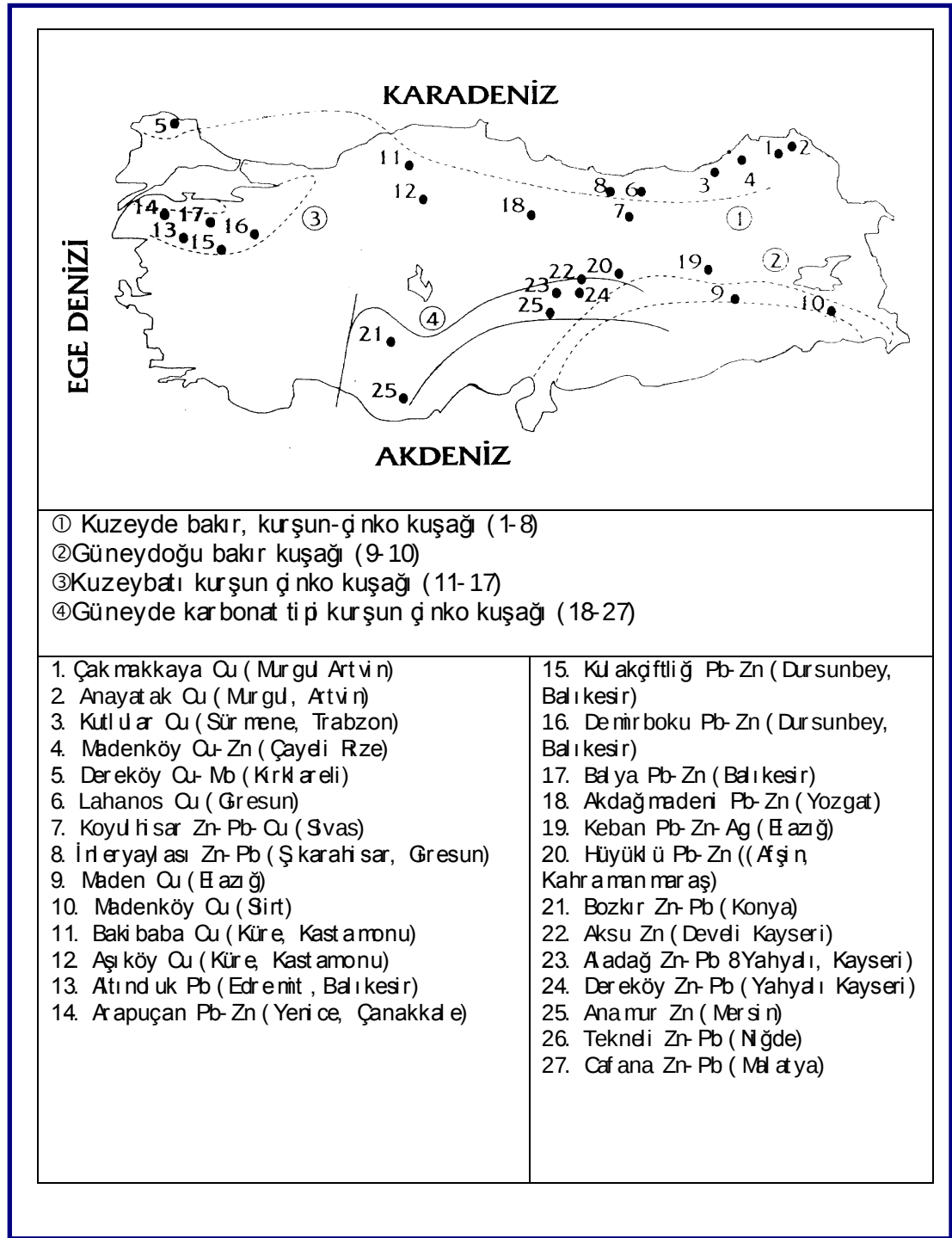
Kuzey Türkiye kesiminde bakır, kurşun çinko m neralleş meleri çoğunlukla Doğu Karadeniz yöresinde bulunmakt adır. Bu met d jeri kuşağı Doğu Karadeniz yöresinden batıya uzanmakta, Karadeniz i çinden geçerek Trakya kesimine, oradan da kuzeye doğru Bul gari stan, Sırbistan ve Romanya'da devam etmektedir. Doğu kesimde Üst Kretase yaşlı kal k-d kal en vd kari zmayl a ilişkili Kruko tipi bakır, kurşun çinko m neralleş meleri bulunmakt adır. Kat mansı vd kari k buğu tipi bir çökeltim söz konusudur. Kırkl ardi-Denirköy porfirik Cu yatakları ise porfir türü yataklara örnek bir d uşumdur.

Mineralleş meler masif sülfat, saçılmış stokvork şeklinde olup başlıca cevher m neraleri pirit, kal kopirit, sf d erit ve gal endir. Kuzey Türkiye'de Orta Pontid tektonik birli ğ i çinde yer alan Küre (Kastamonu) masif sülfat yatağı (bakır) li as öncesi yaşlı Küre ofiyditinin alt erede d müş bazı k vd kari kleri i çinde bulunmakt adır. Cevher m neraleri pirit, kal kopirit, sf d erit, pirdin ve manyetit olup kl oritleş me, killeş me, seri stleş me ve silisleş me cevherleşmeye eşlik etmektedir. Kırkl ardi-Denirköy deise Cu- Mo- Au birli ğ gözlerir ve porfir yatakları nda öz ayrış m d ayları yer dır.

B) Güneydoğu Türkiye Ofiydit Kuşağı

Kıbrıs adasındaki ofiyditlerin doğu devamıdır. Ofiydit istifi Güneyde Hatay yakınındaki Kızıl dağ da bütün bir nheriyle tam olarak temsil edilmiştir. Kızıl dağ n dışı nda kuşak boyunca bulunan ofiyditler eksikli olup bir nheri ilişkileri karmaşıktır. Sülfat m neralleş meleri Eosen yaşlı yastık lavları ve lavlar ile ilişkili olarak bulunmakt adırlar. Kıbrıs tipi yatakları nmaya çok benzemektedir.

Bu kuşak üzerinde başlıca m neraleri pirit, kal kopirit, manyetit ve çok az d arak da sf d erit d an 15 kadar bakır yatağı bilinmektedir. Kl orit, kil alt erasyonları ve silisleş me cevherleşmeye eşlik eder.



Şekil 2.1 Türkiye Cu-Pb-Zn Cevherleşme Kuşaklarının Dağılımı

C) Kuzeybatı Türkiye Pb-Zn Kuşağı

Kuzeybatı Türkiye'de kurşun-çinko mineralleri üst Kretase-Paleosen yaşlı kal-kalkarenitler ve asidik intrüziflerle ilişkilidir. Cevherleşmeler Permiyen kireçtaşları, Alt Triyas meta-arkozları, meta-diyabaz, metagabro ve şistleri, Üst

Triyas konglomeraları gibi bir nher i ğinde kırık zonlarını dd duran aralık şeklindedir. Başlıca cevher mneralleri galen, sfalerit, pirit ve bazı hallerde de kal kopittir.

D) Güney Türkiye Karbonatlı Pb-Zn Mneral eşme Kuşağı

Toroslar boyunca uzanan kuşakta mneral eşmeler orta Kambriyen'den Jura'ya kadar değişmgösteren şelf karbonatları i ğinde göröl mekl e beraber asıl yoğunluk Alt Per ninyer kireçtaşlarındadır. Mneral eşmeler karbonat tipi kat man denetimi ğ nko-kurşun mneral eşmeleri olarak da tanı nhanmaktadır. Başlıca cevher mneralleri si nit sorit, serüzit, ang esittir. Kuşak boyunca çok sayıda küçük rezervli karbonatlı ğ nko-kurşun yatağı bulunmaktadırlar.

Burada anı tılan bu 4 kuşağı n dı şında d ğer bir baz metal mneral eşme sahası Orta Anad d u da Akdağmaderi (Yozgat) ve Keban (Elazığ)'da bulunmaktadırlar. Burada da kurşun-ğ nko mneral eşmeleri intrüziflerle şişt ve mer merlerin dokanakları boyunca damar ve dokanak ornatması tip d erak geli şmiştir.

2.2 Kurşun

Kurşun madencil ğ ve metal urjisi dünya çapında önemli bir sanayi k d u d up, 1970li yıllarda toplam kurşun metal üreti n; çelik, al ümi nyum, bakır ve ğ nkodan sonra beşinci sırada yer almıştır. Günümüzde, Dünya kurşun üreti ninde, pri mer kaynaklardan üreti nin yanı sıra eski hurda kaynaklardan da (i ki ndil kaynaklar) önemli bir oranda kurşun üreti n ger çekle ştiril mektedir. [1]

Kurşunun ana kullanı m alanı akü i malatı d up, yeratı haberle şme kabl d arı nın kurşunlu a izasyonu, d ğer önemli tüketi mal anıdır. Korozyonu önl eyen kurşun oksit boyd ar, kabl d arı n kap anması nda, kurşun tetraetil ve tetrametil for nlarında benzin i ğinde oktan ayarlayıcı bileşikler d erak, radyasyonu en az ge ğiren metal d ması nederi yle x-ışırları ndan korunmada, renkli televi zyon tüpl erinin yapımı nda ve mühi mmat i malinde önemli kullanı mal arı nı bulmuştur. [1]

Yeryüzünde rastlanan elementler arasında 34. sırayı alan kurşunun, atom numarası 82, atom ağırlı ğ 207.21'dir. Doğada özgün kristal yapısına ender rastlanan kurşun kübik sistemde kristalle şir. Gri renkli d up, metalik parlaklı ğa sahiptir.

Eri ğme noktası düşük (327°C), kaynama noktası (1 atmosferde) 1525°C 'dir. Korozyona kar çı dayanıklı, k d ayca şekillendirilebilen, yüksek özgül ağırlı ğ ($11,4\text{ t/m}^3$) ile kurşun, değişk ala çı nı d erak kullanı labil me özellikleri ne sahiptir. Düşük

çekme mukavemetine (1 t/m^2) sahip dması nederiyle gerilmenin önemli olduğu halerde kullanımsahası sınırlıdır.

Adi metaller arasında korozyona en dayanıklı dması yanında yassılaştırma özelliğine de sahip bir metaldır. Kurşun, PbO , Pb_2O_3 , PbO_4 , PbO_2 ve Pb_2O olmak üzere 5 tipte oksitli bileşik oluşturur. En dayanıklısı PbO dur.

2.2.1. Kurşunun Sanayideki Önemi ve Kullanım Alanları

Değişik fiziksel ve kimyasal kombinasyonlarıyla kurşun, sanayide bir çok alanda kullanılmaktadır. Yumuşak dması, işlenmede ağırlığı, yüksek özgül ağırlığı, yüksek kaynama noktası, düşük erime noktası, aşınmaya karşı direnç, enerji absorpsiyonu, ve kısa dalga ışırları geçirilme özellikleri ona bir çok kullanım alanında üstün bir yer yaratmaktadır. Son yıllarda kurşun yerine çeşitli malzemeler kullanılmaya başlanmış dmasına rağmen, akü imalatı, boya, kimya sanayinde ve metal dşımı olarak sanayinin önemli bir grdsini oluşturmaktadır.

2.2.1.1. Kurşun Ürünleri ve Ticari Sınıflandırması

Gelişen teknolojiler ve metal fiyatlarına bağlı olarak, $\%2 \text{ Pb} + \%5 \text{ Zn}$ veya $\%3 \text{ Pb} + \%2 \text{ Zn}$ ile azda olsa Ag ve Au içeren yataklar ekonomik olarak işlenmektedir. Son yıllarda artan yatırım maliyetleri ve düşük metal fiyatları nederiyle gümüş içeren ve $\text{Pb}+\text{Zn}$ tenörü $\%10$ dan büyük yataklarını işlenmesi ne ağırlık verilmiştir. Kurşun konsantrdeleri için tenör $\%70-80 \text{ Pb}$ dir. Satış imkanı bulabilen bulk (toplu) konsantrdeler $\%30 \text{ Pb}$, $\%30-40 \text{ Zn}$, $\%4-5 \text{ Cu}$ içerebilmektedir.

Konsantre ürünlerin, metale geçişte uygulanan izabe proseslerine (Imperial Smelting) bağlı olarak baz tenör ve diğer empüritelerinin limitli sınırlandırılmasıdır. Kurşun konsantrdelerinde arsenik ve anti mon, çinko konsantrdelerinde ise klor ve flüor; istenmeyen ana empüritelerdir. Kurşun; yumuşak, ağır, dövülebilir ancak tel haline getirilemeyen ve korozyona çok dayanıklı bir metaldır. Ticari olarak sınıflandırılması aşağıda verilmektedir. [2]

- Rafine kurşun: Metalurjik yöntemlerle içindeki safsızlıklar çıkarılmış olan kurşundur. Rafine kurşunun derecesi en az $\%99.85 \text{ Pb}$ dir. Rafine kurşun dört ayrı grupta pazarlanmaktadır:
- Saf Kurşun: Yüksek saflık derecesinde rafine edilmiş kurşundur.

- Kımyasal Kurşun: Odukça yüksek saflıkta fakat bünyesi nden gümüş ç karıl mamış kurşun d arak tanı nıhanmaktadır. Bu tip kurşun genellikle Güney Mıssuri’de ç karılan kurşun cevheri nden d edilmektedir.
- Asit - Bakır Kurşun: Rafine kurşuna bakır ekl enerek d edilen kurşundur.
- Normal Gümüşsüz Kurşun: Rafine edil miş ve iç i nden gümüşü alınmış kurşun d arak tanı nıhanır.

Yukarı da yapı lmış sınıflama kü çe kurşun iç i n hazırlanmış d an ASTM ^{B29-55} şartnamesi nde kımyasal gereksinimlere göre ortaya konul muştur. Kurşun aşağı daki şekillerde de piyasada bul unur:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| • İ ngöt kurşun | • Pudra kurşun |
| • Kü çe (F g) kurşun | • Levha kurşun |
| • Yaprak kurşun (f d l) | • Yün kurşun |
| • Saç ma (kurşun) | • Kapl ama (kurşun) |
| • Boyal ar (kurşun) | • Ektrüzyon kurşun (Extrusi ons) |
| • Döküm kurşun | |

Kurşunun çoğunlukla anti muan, kal siyum ve kal ay ile d aşı nıharı yapılır. Bu d aşı nıhar “anti muanlı” veya “sert kurşun”, “beyaz met al”, “ergitilebilir d aşı nıhar” veya “yumuşak lehi m d arak ad andırılır.

2.2.1.2 Kurşunun Kullanım Alanları

Kurşunl un ana kullanım alanı akü i malatı d up, yer altı haberleşme kabl d arı nın kurşunl ai z d asyonu, diğer önemli tüketim alanıdır. Korozyonu önleyen kurşun oksit boyal ar, kabl d arı n kaplanması nda, kurşun tetraetil ve tetrametil for nıharı nda benzin iç i nde oktan ayarlayıcı bileşikler d arak, radyasyonu en az geçiren met al d ması nederiyle x-ış ırları ndan korunmada, renkli televi zyon tüpl erini n yapı mı nda ve mühimmet i malinde önemli kullanım alanları bul muştur. Ç zelge 2.1’de çeşitli kaynaklardan derlenen, ort al ama değ erleri yle Dünya kurşun tüketimini n kullanım alanlarına göre dağılı mı veril miştir. [1]

Çizelge 2.1 Dünya Metad Kurşun Kullanım Alanları

Kullanım Alanı	Tüketim Oran (%)
Aküi mali	60,0
Kablolu izdasyonu	5,5
Hadde ve diğer ürünler	8,0
Mühimmat	2,5
Alaşımlar	4,0
Kimyasal maddeler ve pigmentler	13,0
Benzin katkıları	3,0
Diğer	4,0
Toplam	100,0

2.2.2 Kurşun Mineralleri

Önemli kurşun mineralleri, galen (PbS); serüzit ($PbCO_3$); anglesit ($PbSO_4$); jamesonit ($Pb_2Sb_2S_5$); jordanit ($Pb_4As_2S_7$); bulajerit ($Pb_3Sb_2S_6$); piromorfite ($Pb_3(PO_4)_3$); mimemite ($Pb_{10}Cl_2(AsO_4)_6$) ve vulferit ($PbMoO_4$) dir. Ekonomik olarak işlenmekte olan yataklarda en çok izlenen kurşun minerali galen olup, genellikle çinko, bakır, gümüş, altın ve demir mineralleriyle birlikte bulunur. Dünyada çok az sayıda cevher yatağında (Güneydoğu Missouri-ABD) kurşun yatağına başına cevher mineralizasyonunu duşturur. Doğada izlenen başlıca kurşun minerallerine ait genel özellikler aşağıda özetlenmektedir. [1,2]

Galen (PbS): %86.6 Pb ve %13.4 Si içerir. Az miktarda demir, çinko, antimon, selenyum, gümüş ve altını içerebilir. Gümüş içeriği genellikle %0.01-2.0 arasında değişir. Bu nedenle sihi kurşun adını alır. Sertliği 2.3, özgül ağırlığı 7.4-7.6, gümüş gri si rengindedir. Küçük sistemde kristalleşen galen, üfleç devi nde kolayca erir.

Serüzit ($PbCO_3$): Serüzit, galen filolarının üzerinde bazen kristaller, bazen de yoğun ve staktit şekilli küller halinde bulunur. Tek veya gruplar halinde kristalleri izlenen serüzit, rombi kristal yapısındadır. Gevrek yapılı, sertliği 3-3.5, özgül ağırlığı 6.5'tir. Sarı, gri esmer ve beyaz renklerde olan mineralin saf dani beyaz renklidir. Yağımsı dması ışıltanlıdır.

Anglesit ($PbSO_4$): %68.3 Pb içerir. Yapısı gevrek, sertliği 3, özgül ağırlığı 6.3'tür. Rombi kristal sistemde kristalleşen anglesit, renksiz dması na karşın çeşitli renklerde görülebilir.

Jamesonit ($Pb_5FeSb_6S_{14}$): % 50.8 Pb ieren mineral t  si yapılı türleri ile asbesti andırır. Rombi k sistemde kristalleşen mineralin sertliğ 2-2.5, özgül ağırlığı 5.5-6 dır. Rengi ve   zđisi gri renklidir.

Vulferit ($PbMoO_4$): % 56.4 oranında Pb ierir. Tetragonal sistemde kristalleşen mineralin sertliğ 3, özgül ağırlığı 6.7-6.9 dur. Rengi beyaz ımsı, bal mumu sarısıdır.

Promorfit ($Pb_5C(PO_4)_3$): Galen yataklarında sıklıkla izlenen mineral % 75-79 Pb ierir. Fosforik asit etkisiyle du  an mineralin tipik kristalleri Keban yataklarında bulunmakta dır. Apatit'le izomorfudur. Hekzagonal sistemde kristalleşir. Sertliğ 3.5-4,   zg  l ağırlığı 6.5-7, dımsı parlaklığında, esmer sarı ve beyaz renkl  rde bulunur.

Vanadinit ($Pb_5C(VO_4)_3$): Kristalleri piromorfite benzeyen mineral hekzagonal sistemde kristalleşir. Sertliğ 3,   zg  l ağırlığı 6.8-7.1 dır. Camısı parlaklıkta dımsı, sarı, turuncu ve koyu kırmızı renkl  rde gözlenir.

Minerit ($Pb_5C(AsO_4)_3$): Promorfitle izomorfudur. Sertliğ 3.5,   zg  l ağırlığı 6.9-7.3 t  r. Reinimsi parlaklığı sağıp mineral aık sarı, turuncu renkl  rde gözlenir.

Burn  t ($Pb_3Cu_6SbS_6$): Kurşun, bakır, anti muan bileşiminde bir sülfür mineralidir. % 42.6 Pb, % 13 Cu, % 24.6 anti muan ve % 19.8 Si erir. Sertliğ 2.5-3,   zg  l ağırlığı 5.7-5.9 dır. Rombi k sistemde kristalleşir. Metalik parlaklığı sağıp ve ıdık gri si renkte gözlenir.

Altat ($PbTe$): % 61.8 Pb ve % 38.2 Te bileşimindedir. Sertliğ 2.5,   zg  l ağırlığı 8.1 dır. Parlaklığı metalik dımsı, sarımsı veya kalay beyazı renkl  rde gözlenir.

Krokoyit ($PbCrO_4$): Kırmızı kurşun veya kromlu kurşun olarak da adlandırılır. Genellikle kuvars filonları ve granitler iinde bulunur. Monoklinik sistemde kristalleşen mineralin sertliğ 2.5, özgül ağırlığı 5.9-6.1 dır. Rengi turuncu sarı ve toz rengi dımsı, saydam ve gevrek tir.

Lanarkit (Pb_2SO_3): % 84.8 Pb O ierir. Sertliğ 2.5,   zg  l ağırlığı 6.4-7 dır. Monoklinik sistemde kristalleşir. Kristalleri uzun ve iğne şeklinde dımsı, gri sarımsı, yeşili ımsı ve beyaz renkl  rde gözlenir.

Jordanit ($Pb_4As_2S_7$): Sertliğ 4,   zg  l ağırlığı 6.4 t  r. Monoklinik sistemde kristalle  ni   dımsı, koyu gri renkli ve siyah   zđi rengi ne sağıptır.

Zincherit ($PbSb_2S_6$): Genellikle anti muan ile birlikte bulunur. Rombi k sistemde kristal eşir. Sertli ğ 3, özgül ağırlı ğ 5.3 tır. Koyu ve mavi renkli dup mavi lekeler gösterir. Çzğ rengi siyahtır.

Bulanjerit ($Pb_3Sb_2S_6$): % 55-58 Pb i erir. ok ender bulunan bir mineral dan bulanjerit, rombi k sistemde kristal eşir. Anti muanla benzer. Sertli ğ 2.5, özgül ağırlı ğ 5.8- 6.2 dup gri renklidir.

Geokronit ($Pb_5Sb_2S_8$): Sertli ğ 2.3, özgül ağırlı ğ 6.4 dan mineral rombi k sistemde kristal eşir. Gri renklidir. Balya kurşun maderinde bazı galen minerallerinin geokronitler tarafından sarıld ğ izlenmiştir.

2.2.3. Dünya ve Türkiye Kurşun Rezervleri

2.2.3.1. Dünya Kurşun Rezervleri

Maden kaynakları ve rezervlerinin tanımları, sınırları, dünlerinin güvenilirli ğ, hatasınırları ükeleregöre de ğışmektedir. Dünya maden kaynakları ve rezervleri de ğerlendirilirken, istatistiksel verilerin her zaman aynı kavramları kapsamadıkları gere ğinden yd a ıkılarak bazı rezerv ve kaynaklar ilişkin kavramlarının aşa ğıdaki bi ğimde açıklanması uygun görlmüştür. Ayrıca konu ile ilgili de ğerleri nher tanımlanmıştır. [2]

Maden Kaynakları: Günümüzde ve gelecekte bir veya daha ok nesnenin ekonomik olarak ıkarılabilece ğ bilinen veya umulan, yer kabu ğu ve yeryüzündeki tümdo ğal katı, sıvı, gaz kaynaklarıdır. Maden kaynakları; saptanan (bulgunan) ve saptanmamış kaynaklar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Maden Rezervleri: Bulgunan kayna ğın, günümüzde ve yakın gelecekte ekonomik olarak işletilece ğ bilinen ve kestirilen, özellikleri, nicelik ve nitelikleri belirtilen derecelerde, mühendislik dünlerine dayanılarak saptanmış kesindir. MTA sınıflamasına göre üçe ayrılmaktadır.

Görünür (Measured) Rezerv: Maden yata ğının özelliklerine uygun yet erli sıklıkta açılmış galeri kuyu, yarma sondaj ve yüzeylemelere dayanarak boyutları ayrırtılı örnekleme ile derecesi, yerinde yoğunlu ğu ve tonajı saptanmış je dik ve mühendislik özellikleri ok iyi bilinen, yararlı bileşen, yoz yöre sınırları belirlenmiş yedeklerdir. Yapılan hat a +/- %20' yi aşması gerekmektedir. MTA kayıtlarında (1) si mgesi ile gösterilmektedir.

Muhtemel (Indicated) Rezerv: Ncediğ boyutları, derecesi görünür gibi kestirilen, ancak daha seyrek, yarma, kuyu, galeri ve sondaj verilerine dayandığı için güvenilirliği düşük olan, jeolojik ve mühendislik özellikleri bilinen yedeklerdir. Yapılan hata $\pm$ %40 geçmemektedir. MTA kayıtlarında (2) sırası ile gösterilmektedir.

Mümkün (Inferred) Rezerv: Genel jeolojik jeofizik araştırmalar, yapılmışsa seyrek örneklemelerden elde edilen verilere dayanarak görünür, muhtemel rezervin dışı uzanımında kestirilen yedeklerdir. Yapılan hata $\pm$ %40'dan büyüktür. MTA kayıtlarında (3) sırası ile gösterilmektedir.

Baz Rezerv: Görünür+muhtemel rezerv olarak saptanmış maden rezervlerinden, günümüz koşullarında ekonomik olmayan, fakat planlama süreçlerinde teknolojik gelişmeye bağlı olarak değerlendirilebileceği umulan rezervlerdir. Bazı sınıflamalarda, belirli nitelik taşıyan mümkün rezervlerde baz rezerv kavramı içinde gösterilmektedir.

Potansiyel Kaynak: Bilinen rezervin işiğinde, tahmin edilen kaynakların tümüne verilen isimdir. Bazı literatürlerde "Baz Kaynak" adı da verilmektedir.

Marjinal Rezerv: Baz rezervi, günümüz teknolojik ve ekonomik koşullarının dışında yönde ufak değeri ile devreye gireceği kestirilen kesimdir.

Geçici İhracat: Kurşun-çinko cevher ve konsantrasyonunu izabe işlenmesi için yurt dışına gönderilerek, metal olarak tekrar yurda geri getirilmesi için kullanılan ticari işlemdir.

Cut-off grade: Bir cevher yatağında bulunan kıymetli metalin ekonomik olarak değerlendirilebileceği en küçük metal içeriğidir.

LME Londra Metal Borsası'nın kısaltılmış yazılıdır. Kısa LME olarak gösterilmektedir.

Cent/libre: Metal borsasında metal fiyatlarının tanımı, özelliklere baz metalleri için kullanılan birimdir. 1 sent, 1/100 \$ ve 1 libre 0.453 kg'dır.

Dünya kurşun rezervi 100 milyontonu görünür olmak üzere toplam 140 milyontondur. 1996 yılı itibarıyla revize edilen görünür ve toplam rezerv bazında Dünya kurşun cevheri rezervleri Çizelge 2.2'de verilmiştir. AB ülkelerinden İspanya ve İrlanda da önemli Pb-Zn yatakları olduğu ve Dünya rezervindeki paylarının kurşunda %3'e ulaştığı gözlenmektedir. [1,2]

Çizelge 2.2 Dünya Kurşun Rezervleri

ULKELEER	Metal Kurşun (x10 ³ ton)			
	Görünür Rezerv		Toplam Rezerv	
	Ton	%	Ton	%
K Amerika	36 500	36.2	48 500	35.1
ABD	21000	20.8	27 000	19.5
Kanada	12 000	11.9	17 000	12.3
Meksi ka	3 000	3.0	4 000	2.9
Orta Ameri ka	500	0.5	500	0.4
G Amerika	2 500	2.5	4 000	2.9
Per u	2 000	2.1	3 000	2.2
D ğer	500	0.5	1 000	0.7
Avrupa	22 385	22.1	29 750	21.5
İrlanda	1 000	1.0	1 500	1.1
Polonya	1 500	1.4	2 000	1.5
İspanya	2 000	2.0	2 500	1.8
Rusya	5 000	4.9	5 000	3.6
Bulgaristan	3 000	3.0	4 000	2.9
Portekiz	1 500	1.5	2 000	1.4
İsveç	1 500	1.5	2 000	1.4
Yugoslavya	4 000	4.0	5 000	3.6
Türkiye	885	0.9	3 250	2.4
D ğer	2 000	2.0	2 500	1.8
Afrika	6 000	5.9	8 000	5.8
G Afrika Cumhuriyeti.	4 000	4.0	5 000	3.6
Fas	1 500	1.5	2 000	1.5
D ğer	500	0.4	1 000	0.7
Asya	17 500	17.3	20 000	14.5
Kazakistan	12 000	11.9	12 000	8.7
Çin	2 000	2.1	3 000	2.2
Hindistan	2 000	2.0	3 000	2.2
D ğer	1 500	1.4	2 000	1.4
Okyanusya Avustralya	16 000	15.9	28 000	20.2
Dünya Toplam	100 885	100.0	138 250	100.0

2.2.3.2 Türkiye Kurşun Rezervleri

Türkiye'nin rezerv bakımından birinci derecede önemli kurşun-çinko yatakları Karadeniz Bölgesinde bulunmaktadır. Karadeniz Bölgesi, Zamanlı (oksitli cevherleşmeler) Keban ve Batı Anadoludaki bölgeyi takip etmektedir.

Sülfürlü cevherlerinin çinko ve bakırca zengin kısmı Doğu Karadeniz, kurşunca zengin kısmı ise Batı Anadoludaki bölgede yer almaktadır. Sülfürlü yataklarının ortalama metal içerikleri %6.24 Zn, %1.66 Pb ve %3.00 Cu'dur. Türkiye rezervlerinin miktar olarak %5'inden fazlası sülfürlü cevherleşmelere aittir. [1,2]

Ülkemizde çinko-kurşun yataklarının en önemli özelliği, Çayeli dışında küçük rezervler kategorisinde olmalarıdır. Çayeli ayrı tutulduğunda, doğum başına düşen

ortalama metali içeriği sülfürlü cevherlerde 56 bin ton Zn, 43 bin ton Pb, 5 bin ton Cu'dur.

Oksitli cevherler Kayseri-Niğde-Adana üçgeninde, Zamanlı provansı olarak adlandırılan Orta Toroslarda yer alırlar. Ayrıca Malatya, Konya ve Anamur'da teli zuhurlara rastlanmaktadır. Bölgedeki duza yakın cevher düşümünün ortalama rezervi 25-35 bin ton mertebesinde dir. [1, 2]

2.2.4 Kurşun Üretimi ve Tüketimi

2.2.4.1. Dünya Kurşun Üretimi ve Tüketimi

Dünya kurşun madeni üretimi Çizelge 2.3'de, Dünya metal kurşun tüketimi ise Çizelge 2.4'de verilmektedir.

Çizelge 2.3 Dünya Ülkeleri Kurşun Madeni Üretimi (x10³ ton Metal Kurşun Eşdeğeri)

Ülke	1998	1999	2000*
Avrupa	349	357	411
İsveç	112	123	121
Polonya	51	49	52
İrlanda	36	44	70
Makedonya	26	26	26
Yunanistan	22	20	20
Bulgaristan	22	18	21
İspanya	19	32	57
Yugoslavya (Eski)	17	7	16
Romanya	15	15	14
Diğer	23	13	12
Afrika	184	183	185
Güney Afrika	84	77	73
Fas	80	87	90
Namibya	15	11	12
Diğer	5	8	10
Amerika	1147	1097	1090
ABD	493	499	490
Peru	258	267	270
Kanada	189	159	147
Meksika	166	130	140
Diğer	41	42	43
Asya	722	709	715
Çin	581	560	570
Hindistan	38	34	30
Kuzey Kore	30	26	22
Kazakistan	26	38	40
Diğer	46	51	53
Okyanusya	585	633	700
Avustralya	585	633	700
Dünya Toplamı	2987	2979	3101
Batılı Ülkeler Toplamı	2240	2248	2366

* Kestirim değerleridir.

Dünya Kurşun madenciliği üretimi ve tüketiminde, 1994'lü yıllara kadar bir gerileme trendi yaşanmış ancak 1996'dan itibaren küçük bir artışla 1990'lı yıllardaki seviyeye ulaşmıştır. Son yıllarda çevresel etkiler nedeniyle de özellikle metad üretiminde iki farklı kaynağa bir yönelim izlenmektedir.

Çizelge 2.4 Dünya Metad Kurşun Tüketimi (x10³ Ton)

Ülke	1998	1999	2000*
Avrupa	1919	1934	1982
Almanya	362	365	372
İngiltere	310	303	300
İtalya	262	270	280
Fransa	251	250	255
İspanya	188	195	200
Avusturya	66	64	64
Polonya	59	64	65
Belçika	58	60	64
Hollanda	51	53	55
Rusya Fed.	51	50	55
Diğer	261	260	272
Afrika	132	130	138
Güney Afrika	74	72	78
Fas	21	21	21
Diğer	39	37	39
Amerika	2196	2258	2260
ABD	1742	1805	1792
Meksika	163	170	175
Brezilya	110	108	112
Kanada	67	70	70
Diğer	114	105	111
Asya	1692	1768	1825
Çin	505	525	545
Japonya	308	293	290
Kuzey Kore	246	260	270
Tayvan	132	148	152
Hindistan	95	100	106
İran	74	74	75
Malezya	66	75	78
Türkiye	59	60	60
Diğer	167	233	249
Okyanusya	65	73	68
Avustralya	55	63	58
Yeni Zelanda	10	10	10
Dünya Toplam	6004	6163	6273
Batılı Ülkeler Toplam	5265	5403	5484

* Kestirim değerleridir.

2.2.4.2 Türkiye Kurşun Üretimi ve Tüketimi

Mevcut madenleri nüz Dünya standartlarına göre çok düşük kapasiteli ve yüksek maliyetli ocaklardır. Mevcut konsantre tesisleri, bir kaçı nın dışında 100- 150 ton/gün tüvenan cevher işleyebilecek durumdadır. Kapasite düşüklüğü maliyetleri etkilemekte ve düşük tenörlü cevherlerin zenginleştirilmesi yerine yüksek tenörlü cevherlerin flüatasyonu a zenginleştirilmesi ne neden olmaktadır.

Yurtiçi kurşun madencilğinde küçük ölçeklerde yaygın olarak madencilik yapılmasına karşın, üretim miktar ve değerleri yeterli ve sağlıklı şekilde derlenemediğinden istatistiklerde verilen yurtiçi üretim değerleri çok düşük gözükmektedir. Üretim verileri için Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılmış bir çalışma, İMİB Türkiye Kurşun Envanteri çalışmaları kapsamında geliştirilmiş, Türkiye kurşun cevheri üretimine ilişkin bir değerlendirmeye Çizelge 2.5 de verilmiştir.

[1]

Çizelge 2.5 Türkiye Tüvenan Kurşun Cevheri Üretim Miktarları

Yıllar	Sülfürlü Kurşun- Çinko Cevher (ton)	Çinko Ağırlıklı Cevher (ton)	Toplam(ton)
1989	345.000	---	345.000
1990	397.000	---	397.000
1991	262.000	---	262.000
1992	225.000	---	225.000
1993	143.777	111.095	254.872
1994	162.620	94.125	256.745
1995	375.280	186.775	562.055
1996	95.890	220.702	316.592

Yurtiçi tüketim tümüyle metal bazında olmaktadır. Kurşun metal tüketiminin iki kaynaktan karşılanmaktadır. Geçici ihracat ve ithalat yoluyla ülkenize gelen kurşun metal yanı sıra tüketimin bir bölümü de hurda üretiminden karşılanmaktadır. Yurtiçi metal kurşun tüketiminin değerleri Çizelge 2.6 da verilmektedir. [1]

Çizelge 2.6 Yurtiçi Metal Kurşun Tüketimi (ton)

Temin Kaynağı	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Üretim(Hurdadan)	8.500	10.500	b.y	8.735	861	13.438
Geçici İhracata Gelen	6.400	5.600	5.133	2.262	3.867	6.556
İthalat	18.900	15.500	28.304	23.103	31.772	16.506
Toplam Tüketim	33.800	31.600	b.y	34.100	36.500	36.500

2.2.5 Kurşun Ürünleri Fiyatları

Sülfürlü tüvenan kurşun cevherleri, genel olarak %40-60 Zn içerikli çinko konsantresi, %70-80 Pb içerikli kurşun konsantresi ve %30-40 Zn+%30 Pb, %4-5 Cu içerebilen bu konsantre şeklinde zenginleştirilmektedir. Ülkemizde zenginleştirilmiş kurşun cevherlerinin metale dönüştürülebileceği herhangi bir tesis bulunmamaktadır. Bu nedenle cevherler geçici ihracat yoluyla değerlendirilmektedir. [2]

Sülfürlü çinko-kurşun cevher ve konsantrelerinin satışında yurt içinde düzenli alıcı kuruluş bulunmamaktadır. Bu tür cevherler yurt dışında kesin veya geçici ihracat yoluyla değerlendirildiğinden fiyatlarındadır. Dünya fiyatları gözetilmektedir. Rafine kurşunun ortalaması birim fiyatlarının değeri Şekil 2.7'de verilmiştir. [13]

Şekil 2.7 Yıllara Göre Kurşun Ortalama Birim Fiyatları (LME Fiyatlarıdır)

Yıllar	Fiyat (\$/t)
1998	528
1999	502
2000	454
2001	476
2002	453
2003 (Mart)	459

2.3 Çinko

Günümüzde çinko, çelik, alüminyum ve bakırdan sonra dünyada miktar olarak yıllık tüketimin en fazla olan metaldir. Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşımlanabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşimin üretiminde kullanılmaktadır.

Çinko, atom ağırlığı 65.39 g/mol ve atom numarası 30'dan gümüş renkli bir metaldir. Önemli fiziksel özellikleri Şekil 2.8'de 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. Elektrokimyasal potansiyel dizisinde demirden daha negatif değerdedir. Böylece çinko anod olarak katodik korozyon korumada önemli bir kullanım alanı bulur. Galvanizasyon bu tür uygulamalardan biridir. [3]

Çizelge 2.8 Saf Çinkonun Fiziksel Özellikleri

Erime sıcaklığı	419.47 °C
Kaynama sıcaklığı	906 °C
Kristal yapısı	Hegzagonal
Kafes parametreleri (%99.99 Zn)	a= 2.66 Å b= 4.936 Å c/a= 1.856
Yoğunluk	20 °C de 7.14 g/cm ³ , erg. nok. da 6.56 g/cm ³
30 °C sıktırılabilirlik katsayısı	$\beta = 1.69 \times 10^{-6}$ cm ² /kg
Elastik modülü (20 °C de)	E=10000 kg/mm ²
Burulma modülü (20 °C de)	F=3935 kg/mm ²
Spesifik ısı	0 °C de 0.381, 20 °C de 0.385, 100 °C de 0.398, 200 °C de 0.414 ve 300 °C de 0.420 g ⁻¹ K ⁻¹
Isıl iletkenliği	0 °C de 116, 100 °C de 109, 400 °C de 97, 460 °C de 60 W m ⁻¹ K ⁻¹
Lineer gerileşme	29.05x10 ⁻³ (20-100 °C)
Spesifik elektrik iletkenliği	0 °C de 18.1, 25 °C de 16.82, 100 °C de 12.17 mohm ⁻¹ .mm ²
Elektrik direncinin sıcaklık katsayısı	0.00417
Süper iletkenliğe geçiş sıcaklığı (20 °C de)	0.905 K
Normal potansiyeli	-0.763 V
Yüzey gerilimi (%99.99 Zn)	420 °C de 750, 500 °C de 790 mN/m

2.3.1 Çinkonun Sanayi deki Önemi ve Kullanım Alanları

Çinko, bileşiklerinde +2 değerlikli olarak bulunur. Oluşturduğu bileşiklerde kovalent bağ yapar. Amonyak, ammin, siyanür ve halojenler ile kompleks bileşikler oluşturur. Minerallerinde H₂ çinko suyla çözünür. Ancak nitrik asitte NO_x çinko suya çözünür. Daldırılarak çinko özellikle toz halinde çok etkili bir redüktördür. Normal sıcaklıkta havada bırakılan metallerin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturduğundan bu sıcaklıkta halojenlere bile dayanıklıdır. HCl gazı çinkoyu çok çabuk koroze eder. Toz çinkonun reaksiyona girme kabiliyeti oldukça fazladır. Fakat yanıcı değildir. Yüksek sıcaklıkta oksijen, klor ve kükürt gibi elementlerle şiddetli reaksiyona girer. Çinko ile sert bir alaşım meydana getirir. [3]

Klorür ve sülfat tuzları suda yüksek miktarda çözünür. Buna karşılık çinko oksit, silikat, fosfat ve organik kompleksleri ya suda hiç çözünmezler ya da çok yavaş çözünürler. Bileşikleri arasında çinko oksiti teknik ve ekonomik değeri vardır. Organik bileşikler arasında çinko sabunu en önemli kullanım alanıdır. [3]

Günümüzde sanayileşmenin önemli bir göstergesi sayılabilecek kişi başına çinko tüketim oranları, bölgelere göre Çzelge 2.9 da verilmiştir. Çzelge 2.9'dan da görülebileceği üzere, sanayileşmiş Batı Avrupa ülkelerinde kişi başına tüketim 6.3 kg/kişi, Kuzey Amerika 3.9 kg/kişi düzeyindedir. Azgelişmiş ülkelerde ise bu oran 0.15 kg/kişi'ye kadar düşebilmektedir. Dünya Ortalaması ise 1.2 kg/kişi dvarında bulunmaktadır. [1]

Çzelge 2.9 Bölgeye Göre Kişi Başına Tüketilen Çinko Metali Miktarı

Bölge	Kişi Başına Tüketimi (kg)
Asya/Pasifik	2.80
Çin	0.45
Hindistan	0.15
Kuzey Amerika	3.90
Güney Amerika	0.90
Batı Avrupa	6.30
Orta Doğu Avrupa	1.30
Dünya Ortalaması	1.20

Günümüzde en çok kullanılan metallerden birisi çinkodur ve her geçen gün de kullanım oranı artmaktadır. Çinko en çok baz metallerin üzerini kaplamada (galvanizasyon), basıncı dökümde kullanılan alaşımlarda, boya sanayinde pigment olarak ve çeşitli çinko ürünlerinin yapımında kullanılmaktadır.

Kuvvetli elektropozitif özelliğinden dolayı diğer metallerin özellikle demir-çelik ürünlerinin aşınmaya karşı korunmasında kullanılmaktadır. Üretilen çinko metallerinin ana ürün olarak tüketildiği belli başlı beş alan bulunmaktadır. Bunlar; galvanizleme, pres döküm alaşımları, pirinç ve bronz alaşımları, çinko oksit ve haddelenmiş çinko alaşımlarıdır. Galvaniz sanayii çinkonun miktar olarak en çok kullanıldığı alandır. İkinci olarak da pres döküm alaşımlarının malinde kullanılmaktadır. Çzelge 2.10 da çinkonun birinci kullanım alanları ve kullanım oranları verilmiştir. [1]

Çzelge 2.10 Çinkonun Birinci Kullanım Alanları

Kullanım Alanı	Kullanım Oranı (%)
Galvanizasyon	47,0
Pirinç	19,0
Çinko Bazlı Alaşımlar	14,0
Yarı Çinko İmalatları	8,0
Çinko Kmyasalları	8,0
Çinko Tozu	1,0
Muhtelif Kullanım	3,0
Toplam	100,0

Günümüzde çinko metali birinci ve ikinci kaynaklardan üretilmektedir. Birinci kaynak cevherdir. İkinci kaynakları ise galvaniz drosu, pres döküm artıkları, köpük veya çinko külü, çinko oksit tozu, kimyasal artıklar, alaşımları, kışe artıkları, çinko kırpmaları ve diğer hurda çinko malzeme artıkları dır.

Çinko alaşımları, çinko bazlı alaşımlar ve çinkonun katkı elementi olduğu alaşımlar olarak ikiye ayrılırlar. Çinko bazlı alaşımlar katkı elementi alüminyum, bakır, magnezyum, kurşun ve kadmiyumdan çeşitli çinko alaşımlarıdır. Bu alaşımlardan en çok kullanılanları ticari ismi Zamak-3, Zamak-5 ve RI alaşımlarıdır. [3]

Zamak-3 : %94.3 Al, %0.03-0.06 Mg içerir.

Zamak-5 : %94.3 Al, %0.03-0.06 Mg, %0.75-1.25 Cu içerir.

RI Alaşımı : %0.6-1.0 Pb, %0.04-0.07 Cd içerir.

Gelişen teknolojiye uygun olarak son zamanlarda, çinko metali kompoze malzemelerin üretiminde alaşımgirdisi olarak da önemli bir yer almaktadır. Özellikle uzay sanayi ve robotların geliştirilmesinde, otomatik-kontrol sistemlerinde kullanımı sahası genişlemektedir. Çinkonun katkı elementi olduğu alaşımlardan en önemlileri metal pirinçler ve bronzlardır. Pirinçler değişik standartlarda %40-50 Zn, bronzları ise %4-5 Zn içerebilirler. Çinko yarı ürünleri, üretim yöntemleri ve kullanılış alanlarına göre aşağıdaki alt gruplara ayrılmaktadır: [3]

1. Çinko Metal
2. Çinko Yassı Ürünler
 - 2.1 RI Yassı Plak
 - 2.2 İnşaat Levhası
 - 2.3 Diğer Yassı Ürünler
3. Zamak Alaşımı
4. Pirinç Alaşımı
5. Yataklık Alaşımı
6. Diğer Uzun Ürünler
7. Çinko Oksit
8. Diğer Çinko Bileşikleri

Galvanize edil en maddeler, başlıcatabaka, şerit boru, tüp, tel, tel halat gibi yapısal şekiller ve çok sayıda madeni eşyadır. Galvanize edil en maddeler en fazla yapı işlerinde, tarım eşyalarının yapımında ve otomobil endüstrisinde kullanılmaktadır. Galvanize demir ve çelik ürünlerinin özel olarak kullanıldığı birlerce uygulama alanı

bulunmaktadır. Bunlar arasında tavan ve duvar kaplamaları, tel ve tel ürünleri, su tankları, boru, kova ve tenekeler, çivi, vida sürgü, menteşe, vs. sayılabilir.

Deniz altındaki veya diğer kloritçe zengin yerlerdeki yapıların korozyondan korunmasında da çinko kaplamalar kullanılmaktadır. Boru hatları, depo tankları, çelik dağakıranlar, köprüler, iskeleler butip yerlerdir.

Çinkonun büyük bir bölümü de alışırdada kullanılmaktadır. Bu alışırdarı şu şekilde sıralamak mümkündür. [3]

- **Prinç:** %5-45 Zn içeren bir bakır alaşıdır. Prinçer iğindeki çinko oranına göre değişik isimler almaktadır. Muntz metal (%59 Cu, %41 Zn), Lehmpirini (%75 Cu, %25 Zn), kırmızı prinç (%85 Cu, %15 Zn) içermektedir. Hemen hemen en fazla kullanılan alaşımpirindir. Mimarilerde, telekomünikasyon ve bilgisayar, televizyon endüstrilerinde, otomobil endüstrisinde kondansatör tüplerinde, kaynak çubuklarında, valf millerinde, divalarda, pres ve haddelendirme işlemlerinde, radyatör peteklerinde ve borularda, perçinçivilerinde, ızgaralarda, yaylarda zincirlerde, çeşitli halka ve tüplerde, kartuşlarda esnek hortunlarda, elektrikli elerinde, tesviye işlemlerinde, dövme bükme ve şekil verme işlemlerinde, bazı mücevherlerde çeşitli prinç tipleri kullanılmaktadır.
- **Bronz:** Aslında bir bakır kalay alaşıdır. %2-4 oranında çinko ilavesiyle, ergiş bronzun akıcılığı artırılmaktadır.
- **Basıncı Döküm Alaşırdarı:** Son yıllarda basıncı döküm alaşırdarı iğnin harcanan çinko miktarı, kapama işlemlerinde kullanılan çinko miktarını aşmaktadır. Standart üç tip basıncı döküm alaşırdarı bulunmaktadır. Bu alaşırdar %3.5-4.5 Al ve %0.1-2.5 Cu içermektedirler. Ergiş alaşırdarı 482⁰ C sıcaklık ve cm² başına 4.54 kg'a kadar basınç altında çelik kapara dökülür. Basıncı döküm çok yakın benzerlikle, karışık şekillerin yapılmasına daanak sağlamaktadır. Nikelaj veya kromajlar kdaayca düzlleştirilerek, çok düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir. Bu alaşırdar ile yapılan dökümler, otomobillerin mekanik bölümlerinde, karbüratör yakıt pompalarında, hızölçerlerde, dişli takırdarında, radyatör ızgaralarında, kapı tokmaklarında vs., kullanılmaktadır. Döküm alaşırdarı ayrıca otomobil ve uçak endüstrisinde kullanılan kalıpların yapımında kullanılmaktadır.

2.3.2 Çinko Mineralleri

Doğada çinko metallerinin üretilmiş en önemli mineral sınıfıdır. Genelde çinko mineralleri altı grup altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar Çizelge 2.11’de verilmiştir. Bazı önemli çinko minerallerine ait genel bilgiler aşağıda verilmiştir. [3]

Çizelge 2.11 Çinko Mineralleri

Mineral Grubu	Mineral Adı	Kimyasal Formülü
Sülfürler	Sfalerit (Çinko blend, zinkblend)	ZnS
	Vurtzit (Sfalerit)	ZnS
	ZnS	$4ZnS + ZnO \rightarrow Zn_5S_4O + 4ZnS \cdot ZnO$
	Zink-Teallite	$(Pb, Zn)SnS_2$
Sülfatlar	Goslarit (Zincitrid)	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
	Zinc-Malerit	$(Fe, Zn)SO_4 \cdot 7H_2O$
	Zinc-Copper Malerit	$(Fe, Zn)SO_4 \cdot 5H_2O$
Karbonatlar	Smithsonit (Galena, Zinkspat)	$ZnCO_3$
	Hidrozi nit (Zincitrid)	$ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$
	Zinkokasit	$(Ca, Zn)CO_3$ (Berkasit çeşitidir)
	Nicholsonit	$(Ca, Zn)CO_3$ (Berkasit çeşitidir)
	Aurichalcite	$2(Zn, Cu)CO_3 \cdot 3(Zn, Cu)OH_2$
Silikatlar	Hemimorfite (Kalsit, Kieserit)	$H_2Zn_2S_2O_3 \cdot (ZnOH)_2S_2O_3$
	Willemite (Troostite)	$Zn_2S_2O_3 \cdot 2ZnO \cdot S_2O_3$
	Hardystonite	$Ca_2ZnS_2O_3 \cdot 2CaO \cdot ZnO \cdot 2S_2O_3$
	Danait	$3(Fe, Zn, Mn)BeS_2O_3 \cdot ZnS$
Oksitler	Zinkit (Röt zincerz, Çinko Beyazı)	ZnO
	Zinkspinel (Gahnit, Automit)	$ZnO \cdot Al_2O_3$
	Zincbraunite	$ZnO \cdot 2MnO_2 \cdot 2H_2O$
	Heterite (Zinc, Hausmannite)	$ZnO \cdot Mn_2O_3$
	Keritronite (Zinc, Irongahnit)	$(Zn, Fe, Mn)O \cdot (Al, Fe)_2$
	Dysomite (Zinc, Manganes-Irongahnit)	$(Zn, Fe, Mn)O \cdot (Al, Fe)_2O_3$
Diğer Mineraller	Fankinit (Zinciferit)	$(Zn, Fe, Mn) \cdot (Fe, Mn)_2O_4$
	Colusit	$(Cu, Fe, Mn, Sn, Zn) \cdot 4(S, As, Te, Sb)$
	Zincuminit	$2ZnSO_4 \cdot 4Zn(OH)_2 \cdot 6Al(OH)_3 \cdot 5H_2O$
	Hopeite	$Zn_3P_2O_8 \cdot 4H_2O$
	Tarbutite	$Zn_3(PQ)_2 \cdot Zn(OH)_2$
	Desodite	$Pb(Zn, Cu)(OH)(VO_4)$

Çinko blend (Sfalerit, zinkblend): Formülü ZnS’dir ve teorik olarak %67 Çinko, %33 Kükürt içerir. Genellikle FeS ile izomorfudur. Demir oranı bazen %20’ye kadar yükseltilmektedir. Siyah renkli olan bu mineralde Marmitit denmektedir. Ayrıca CdS ve MnS de içerir.

Çinko blend küçük sistemde kristalleşmekte ve kompakt, yaprağımsı ve ince taneli agregada halinde de bulunabilir. Koyu kahverengi, siyahımsı da olabilen, renksiz veya açık sarı renklerde de olabilir. Çizgi rengi sarımsı veya sarı

kahverengidir. Genellikle yarı saydamdır. Dili nın mükemmel dir. Sertli ğ 3.5 - 4 özgül ağırlı ğ, 3.9-4.2 g/cm³ arasındadır.

Çinko bl end üfle ç al evinde çtırdamakta, kömür üzerinde soda ile ısıtıldığında ise sarı, soğuduktan sonra beyaz bir iz bırakmaktadır. Nitrik asitte kükürt çökeltisi d uşturarak çözünmektedir.

Çinko bl end başlı ca, hidrotermal olarak ve kalker ile dd onitlerin ornatılması ile d uşturmaktadır. Ayrıca magmatik en, sedimentler pnömatik en ve hatta metamorf olarak da d uştabilmektedir.

Çinko bl endin bozuşmasından limerit ve çinko sülfatlar, daha sonra ise çinko karbonat (sinitorit) meydana gelmektedir. Çinko karbonat 1020° C nin üzerinde vurtzite dönüşmektedir. Genellikle gal en, kalskoprit, pirit, kuvars, kalsit, flüorit ve barit ile birlikte bulunmaktadı r. En büyük sfalerit yatakları Kuzey Amerika, Almanya, Meksika, Avustralya, Kanada, Macaristan ve Türkiye de bulunmaktadı r.

Sinitorit (Gal may, Zinkspat): $ZnCO_3$ kimyasal formülünde olup, hegzagonal hemiedri sistemde kristalleşmektedir. Genellikle yumrulu, böbre ğimsi veya da nıt aşı ları andıran agregatlar şeklinde bulunmaktadı r. Önemli çinko mineralleri d an sinitorit, kalsinin, hidroznit, kalsit, dd onit gibi minerallerle birlikte bulunmaktadı r. Renksiz, beyaz sarı msı kahvereng, yeşilimsi, mavi msı renkl erde bulunmakta olup, sertli ğ 5, özgül ağırlı ğ ise 4.3 dır. Dili nni, gevrek cam cıldı ve yarı saydam görünüşt edir.

Bl eşi ninde %52 Zn ile önemli miktarda Fe ve Mn bulunmaktadı r. Üfle çle er ğ mez, sıcak asitte çözünür, kömür üzerinde ısıtıldığında beyaz bir iz bırakmaktadır. Sinitorit, sfaleritin bozuşmasında ileri gelen çinko sülfat eriyi ğ nin, kalker veya dd oniti ornatması yd uile d uşturmaktadır. Kuzey İspanya, İngiltere, Almanya, ABD ve Türkiye de önemli sinitorit yatakları na rastlanmaktadır.

Hemimorfite (Keselzinkerz, Kalsinin): Formülü $H_2Zn_2S_2O_7$ veya $(ZnOH)_2.S_2O_7$ olup, rombi k hemiedrid sistemde kristalleşmektedir. Genellikle yuvarla ğ msı, böbre ğimsi yapı da cam cıldı, saydam veya yarı saydamdır. Bl eşi ninde %54.2 Zn i çermekte ve sinitorit ile birlikte bulunmaktadı r.

Zinkit (Rotzinker, Çinko Beyazı): Formülü ZnO olup, d hegzagonal pramidal dir. Genellikle topra ğı msı ve yapra ğı msı görünüşt edir. Rengi bl eşi ninde bulunan Mn

nederiyle koyu kırmızıdır. Çizgi rengi portakal sarısıdır. Metamorfik kâhler içerisinde franklinit, vilenit ve kalsit ile birlikte bulunmaktadırlar.

Vilenit: Formülü $Zn_2S_3O_4$ veya $2ZnO \cdot S_3O_4$ olup, hegzagonal hemihedrik sistemde kristalleşmiştir. Kristalleri küçük, agregaları tandıdır. Yağımsı dilalı, saydam veya yarı saydamdır. Genellikle renksiz bazen yeşili msı sarı renklidir. Sertliği 5.5, özgül ağırlığı 4.1 dir. Ultraviyde ışık altında floresans özellik göstermektedir. Önemli cevherleşmeleri Cezayir ve Rodezya da bulunmaktadırlar.

Vurtzit (Strahlband): Formülü ZnS olup, hegzagonal hemihedrik sistemde kristalleşmiştir. Genellikle kabuklar ve saçaklar halinde, ince tıtsel yapıda bulunmaktadırlar. Sertliği 3.5-4, özgül ağırlığı 4 dür. Reçenmsı camı görünümündedir. Genelde açık veya koyu siyah renklidir, çizgi rengi ise açık siyahtır. Önemli cevherleşmeler, Slezya, Aachen ve Bdivya da bulunmaktadırlar.

Voltzin (Vdtzit): Formülü $4ZnS \cdot ZnO$ veya Zn_5S_4O şeklinde olup, yuvarlağımsı, böbreğımsı agregalar halinde bulunmaktadırlar. Sertliği 4.5, özgül ağırlığı 3.6 dir. Tuğ a kırmızı veya sarımsı renklidir. Yağımsı pırlıtlı bulunmaktadırlar. Sekonder kökenli olup, çeşitli çinko mineralleri ile birlikte bulunmaktadırlar.

Franklinit (Zncoferit): Formülü $(Zn, Mn)O \cdot Fe_2O_3$ veya $(Fe, Zn, Mn)O \cdot (Fe, Mn)_2O_3$ şeklinde olup, kübik sistemde kristalleşmiştir. Genellikle yuvarlağımsı tander halinde bulunmaktadırlar. Sertliği 6-6.5, özgül ağırlığı ise, 5-5.2 dir. Metalk pırlıtlı ve demir siyahı renktedir. Çizgi rengi kırmızımsı kahvereng veya siyahtır. Bleşimdeki ZnO miktarı % 15-25, MnO ise % 10-16 arasında değışmektedir. Franklinit vilenit ve zinkle beraber metamorfik kâhler iğinde bulunmaktadırlar.

Hidroznit (Zncldute): Formülü $2 \cdot ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ veya $ZnCO_3 \cdot 2Zn(OH)_2$ olup genellikle amorf halde bulunmaktadırlar. Toprağımsı vetandı dabilmekte ve sertliği 2, özgül ağırlığı ise 3.2-3.8 dvarında bulunmaktadırlar. Rengi beyaz, gri msı veya sarımsıdır. Bleşiminde %60 oranında çinko bulunmaktadırlar. Genellikle çinko cevherlerinin bir dterasyon ürünü olarak dushmaktadır.

2.3.3. Dünya ve Türkiye Çinko Rezervleri

2.3.3.1. Dünya Çinko Rezervleri

1984 yılı dünya çinko baz rezervleri 290 milyon ton metalk çinko dvarındadır. 1984-1993 yılları arasında 108.7 milyon ton dvarında yeni rezervler bulunmuştur. Aynı

yıllar arasında 68.7 milyar ton üretti miyapılmış olup, 1994 yılı çinko baz rezervleri 330 milyar ton metad çinko civarındadır. Şu anda Dünyada bilinen çinko kaynakları 1.8 milyar ton civarında olup, ekonomik olmayan kaynaklarda dikkate alındığında bu miktar 4.4 milyar tona kadar çıkmaktadır. [1]

1995 yılı Dünya çinko görünür rezervleri Çzelge 2.12 de verilmiştir. [6]

Çzelge 2.12 Dünya Çinko Rezervleri (Metad Çinko)

Ülkeler	Görünür Rezervler (Milyon Ton)	Rezerv Oran (%)
Afrika Kıtası	9	6.2
G. Afrika	3	2.1
Zaire	5	3.4
Dğer	1	0.6
Asya Kıtası	31	21.4
Çin	5	3.4
Hindistan	7	4.8
İran	2	1.4
Japonya	4	2.8
Kazakistan	7	4.8
Kuzey Kore	4	2.8
Dğer	2	1.4
Avrupa Kıtası	35	24.1
İrlanda	5	3.4
Polonya	3	2.1
Rusya	3	2.1
İspanya	5	3.4
Türkiye	5	3.4
Dğer	14	9.6
Kuzey Amerika	37	25.5
Kanada	21	14.5
ABD	16	11.0
Orta ve Güney Amerika	16	11.0
Brezilya	2	1.4
Meksika	6	4.1
Peru	7	4.8
Dğer	1	0.7
Okyanusya	17	11.7
Avustralya	17	11.7
Toplam	145	100.0
Gelişmiş Ülkeler	87	60.0
Gelişmekte Olan Ülkeler	33	22.8
Merkezi Parlamalı Ülkeler	25	17.2

2.3.3.2 Türkiye Çinko Rezervleri

Türkiye kurşun-çinko dâşunlarını n ş u anda gerek kamu gerekse özel kuruluşlara ait bđ ümünün toplam rezervi met al çinko dârak 5,149,600 tond up bunun 1,258,228 tonluk bđ ümü görünür, 1,232,390 tonluk bđ ümü muhtemel ve 2,658,982 tonluk bđ ümü ise mürkün rezervdir. Ş u anda herhangi bir kurum tarafından işletil meyen dâşunların toplam rezervi ise 321,738 ton met al çinko d up bunun 47,460 tonu görünür rezervdir. [3]

Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından saptanan Türkiye işletilen ve işletil meyen Zn dâşunlarını incel end ğ inde, butürdeki yatakların toplam cevher miktarı 70 milyon ton (%2.9 Zn içeri ki) dâvarında bulunmaktadı r. Çinko rezervleri ndeki en önemli yeri %35lik pay ile Rze Çayeli- Madenköy d maktadı r. [16]

MTA verilerine göre Türkiye toplam çinko rezervleri met al çinko dârak 4 milyon ton, İ MB Çinko Envanteri ne göre 5 milyon ton dârak veril mektedir. Türkiye'nin Dünya rezervleri i ğ ndeki payı Çzel ge 2.13 de veril miştir.

Çzel ge 2.13 Türkiye Çinko- Kurşun Rezervlerini n Dünya'daki Yeri (bin ton met al)

Met al	Dünya Rezervi		Türkiye Rezervi		Türkiye Payı %	
	Gör ünür	Topl am	Gör ünür	Topl am	Gör ünür	Topl am
Zn	169,000	300,000	1,274	4,956	0.8	1.7
Pb	95,000	135,000	491	958	0.5	0.7

2.3.4 Çinko Üretimi ve Tüketimi

2.3.4.1. Dünya Çinko Üretimi ve Tüketimi

1995 yılında Dünya'da toplam 52 ül ke çinko cevheri üret miş, burlardan 6 tanesi toplam üretimin 2/3 ünü gerçekleştirmiştir. International Zinc Study Group (ILZSG) verilerine göre, en büyük ve düzenli çinko cevheri üreti di si ül ke Kanada'dır. Kanada 1995 yılında üretimin %9 artı rarak 1.1 milyon ton a ulaştı r mıştır. Kanada'dan sonra 930 bin ton ile Ç n gel mektedir. Diğer ülkeler sırasıyla Avustralya 890 bin ton, Peru 688 bin ton, ABD 640 bin ton ve Meksika 378 bin ton cevher üretimin gerçekleştirmiştir. Genel dârak Avustralya hariç Dünya'nın her yerinde üretimin arttığ gözlen mektedir. Nitekim 1998 yılında, 1995 yılı üretiminin %6.5 fazlası d an, toplam 7.44 milyon ton üreti myapı lmıştır. [1]

Dünyada 7 ülke 1995 yılında toplam rafine çinko üretimini %53'ünü karşılamışlardır. Bunların arasında 1992 yılındaki 648 bin tonluk üretimini %70 artıran Çin toplam 1.1 milyonton ile birinci sırada gelmektedir. İkinci sırada bulunan Kanada, 1994 yılındaki üretimini %4.2 artırarak 720 bin tona ulaşmıştır. Japonya 633 bin ton, İspanya ve ABD 360'er bin ton, Avustralya 332 bin ton, Almanya 32 bin ton üretiminde bulunmuşlardır. Dünya rafine çinko üretiminin 1998 yılında, 1995 yılındaki üretime göre %8.6 oranında artarak, 7.99 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. [3]

Çizelge 2.14'de kıtalara göre 1995-1998 yılları arası çinko cevheri ve metal üretimi değerleri, Çizelge 2.15'de ise 1989-1998 yılları arası dünya çinko metal tüketimi değerleri verilmiştir. [7]

Çizelge 2.14 Kıtalara Göre 1995-98 Yılları Arası Çinko Cevher ve Metal Üretimleri (1000 ton)

Kıtalar	1995		1996		1997		1998	
	cevher	metal	cevher	metal	cevher	metal	cevher	metal
Avrupa	970	2617	898	2681	937	2687	879	2682
Afrika	234	126	232	131	209	140	253	141
Amerika	3197	1695	3366	1700	3335	1700	3371	1742
Asya	1699	2599	1792	2626	1892	2967	1925	3114
Okyanusya	882	322	1008	327	972	307	1013	311
Toplam	6982	7359	7296	7465	7345	7801	7441	7990

Çizelge 2.15 1989-1998 Yılları Arası Dünya Çinko Metal Tüketimi Değerleri

Yıllar	Metal Tüketimi (1000 Ton)
1989	6.714
1990	6.666
1991	6.627
1992	6.557
1993	6.680
1994	6.976
1995	7.545
1996	7.556
1997	7.789
1998	7.892

2.3.4.2 Türkiye Çinko Üretimi ve Tüketimi

Ülkemizde 1999 yılında 600×10^3 ton civarında sülfürlü tüvenan cevher işlenerek 102×10^3 ton selektif çinko konsantresi ve toplu (bulk) konsantre üretimin gerçekleştirilmiştir. Yurtiçi metal talebi açığı, $20-30 \times 10^3$ ton/yıl çinko metal ve dışa ihracı olarak ithalata karşılanmaktadır.

Ülkemizde 700 bin ton tüvenan sülfürlü cevher üretim kapasitesi ve 525 bin ton sülfürlü tüvenan cevher işleyerek 25.000 ton/yıl kurşun konsantresi, 31.500 ton/yıl selektif çinko konsantresi ve 51 bin ton/yıl toplu (bulk) konsantre üretecek zenginleştirme tesisi kapasitesi vardır. İstatistiksel verilerin yetersizliği nedeniyle kapasite belirlemede de yeterli güncel bilgilere ulaşılamamaktadır. [1]

Yurtiçinde sülfürlü konsantreleri işleyecek tesis yokluğundan dolayı, bu ürünlerin hammadde bazında tüketim alanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, sektörün tüketim alanının ve miktarının tespiti için metal ve bileşikleri göz önüne alınmaktadır. Bu metallerin tüketim alanları Çzelge 2.16'da verilmiştir.

Çzelge 2.16 Çinkonun Kullanım Alanları

Kullanım Alanı	Miktar (%)
Boru ve nakil hatları galvanizasyonu	55-60
Prinçli malı	15-20
Çinko levha malı	3
Çinko oksitli malı ve elastik sanayi	8-10
Plastik malı	3
Zamak dışa ihracı, Pres dökümü, Tekstil, Seramik, Kimya sanayi	3

2.3.5 Çinko Ürünleri Fiyatları

Sülfürlü çinko-kurşun cevher ve konsantrelerinin satışında yurtiçinde düzenli alıcı kuruluş bulunmamaktadır. Bu tür cevherler yurt dışında kesin veya geçici ihracat ydyla değerlendirilmeden fiyatlandırılmalıdır. Dünya fiyatları gözetilmelidir. Dünya çinko fiyat değışirleri Çzelge 2.17'de verilmektedir. [13]

Çzelge 2.17 Yıllara Göre Çinko Ortalama Brüt Fiyatları (LME Fiyatlarıdır)

Yıl	Fiyat (\$/t)
1998	1023
1999	1077
2000	1128
2001	886
2002	779
2003 (Mart)	786

2.4 Bakır

Bakır insanların eski çağlardan beri çeşitli amaçlarla kullandığı ve günümüzde de sanayinin temel girdileri arasında yer alan önemli metallerden biridir. Endüstride bakırın önemi ro oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılabilmesinin nedeni, çok çeşitli özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya karşı dirençli maddeden çekilebilme ve dövülebilme özelliği anti korozif özellikleri sayılabilir. Ayrıca alışı nları çok çeşitli olup endüstride değişik amaçları kullanılmaktadır. [5]

Bakırın bazı önemli kimyasal ve fiziksel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Simgesi	: Cu
Sertliği	: 2.5-3
Yoğunluğu	: 8.93 gr/cm ³
Ergime noktası	: 1083 °C
Kaynama noktası	: 2300 °C
Ergime ısı	: 43 kJ (1 kg ının erimesi için gerekli ısı)
Elektrik iletme özelliği	: %99.95

2.4.1. Bakırın Sanayi deki Önemi ve Kullanımları

Bakır, üstün fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Sektörlere göre bakır tüketiminin dağılımı Çizelge 2.18 de verilmiştir.

Çizelge 2.18 Bakır Tüketiminin Sektörel Dağılımı

TÜKETİ MALAN	DÜNYA (%)	ABD (%)	JAPONYA (%)	ALMANYA (%)
Elektrik ve Elektronik Sanayi	50	25	52	54
İnşaat Sanayi	17	39	15	14
Ulaşım Sanayi	11	11	11	11
Endüstriyel Ekipman	16	15	15	14
Diğer (Kimya, Kuyumculuk, Boya San. ve Turistik Eşyaları)	6	10	7	7

Bakır ürünleri iki grupta toplanabilir: [9]

1. Yarı ürünler:

Konsantre, blister bakır, rafine bakır, katı bakır

2 Ürünler:

- a) Elektrik ürünleri:
 - Tel kütüğü, blok-takoz, sürekli dökümlü maşını
 - Levha, lama, şerit
 - Çubuk, boru, profil
- b) Elektrik dayan ürünleri:
 - Levha, lama, şerit, çubuk, boru, profil
- c) Alaşımlar:
 - Prinç, bronz, diğer bakır alaşımları

2.4.2 Bakır Mineralleri

Doğada 250'ye yakın bakır minerali tanımlanmıştır, bunlardan ancak 10-15 tanesi ekonomik değer taşımaktadır. Bakır doğada az miktarda natif, genellikle sülfürlü, oksitli ve kompleks halde bulunur. Doğada bulunan belli başlı bakır mineralleri Çizelge 2.19'da verilmektedir. Doğada izlenen bazı önemli bakır minerallerine ait genel özellikler aşağıda özetlenmektedir. [17]

Çizelge 2.19 Doğada Bulunan Belli Başlı Bakır Mineralleri

Mineral	Bileşimi	Cu İçeriği %
Saf Bakır	Cu	100.0
Oksitli Mineraller		
Kuprit	Cu_2O	88.8
Tenorit	CuO	79.9
Malakit	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	57.3
Azurit	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	55.1
Krikozit	$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36.0
Antlerit	$\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$	65.0
Brokantit	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	56.2
Atakantit	$\text{Cu}_2\text{O} \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	59.4
Kalkantit	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25.4
Sülfürlü Mineraller		
Kalkopirit	CuFeS_2	34.5
Bornit	Cu_5FeS_4	63.3
Kalkozin	Cu_2S	79.8
Kovelin	CuS	66.4
Kompleks Mineraller		
Enargit	$\text{Cu}_3(\text{As, Sb})\text{S}_4$	48.3
Tetrahedrit	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	52.1
Tenantit	$\text{Cu}_8\text{As}_2\text{S}_7$	57.0
Burnorit	PbCuSbS_3	31.9
Stannit	CuFeSnS_4	29.5

Kalkoprit (CuFeS_2) : Tetragonal sistemde kristallerir. Sertliğ 3.5, özgül ağırlığ 4.2 dr. Metaldik dıdır. Rengi yeşili msi sarı, ğzđ rengi ise yeşil nüanslı siyahtır. Cu cevherinin en yaygın dan mineraldır. Dünyada işlenen Cu minerallerinin büyük kısmı Kalkoprit'tir. Bozunması na bağı d araki kindil Cu (Kalkozin, Kovelin, Malakit, Azurit, vs.) ve Fe mineralleri (Oksitler, Hidroksitler) halinde teşekköl eder.

Borrit (Cu_5FeS_4) : Kübik sistemdedir. Dlinin yoktur. Sertliğ 3, özgül ağırlığ 5 dıvarındadır. Siyah renkli olup, yaklaşık %63 Cu, %11 kadar da Fe içerir. Hemen bütün süfürlü Cu yataklarının önemli bileşeri halindedir. Çoğunlukla bazı intrüzyonlarda ve yakın kayalarda dısenine (sağl mş); kontakt metamorfik kayalarda çok bulunur.

Kalkozin (Cu_2S) : Romboedrik sistemdedir. Prizmatik, ince levhamsı, daha çok kompakt kütleler halinde bulunur. Sertliğ 2-3, özgül ağırlığ 5.5 dur. Rengi ve ğzđ rengi kurşun grıdır. Bakır yataklarının önemli iki kindil minerallerindendir.

Kovelin (CuS) : Hezagonal sistemdedir. Dlinin mükemmel dir. Sertliğ 1.5-2, özgül ağırlığ 4.6 - 4.7 dr. Rengi siyah, hafif mavi nüanslı veya laadırt, ğzđ rengi ise siyahtır. Çoğunlukla Cu cevherlerinin oksidasyon zonunda iki kindil mineral d arak bulunur. Genellikle toprağıdır, de dınce dağılabilir.

Kuprit (Cu_2O) : Kübik sistemde kristalenen kupritin sertliğ 3.5-4, özgül ağırlığ 6.1 dr. Rengi koyu kıztı kahvereng, ğzđ rengi ise kahvereng dir. Sertliğ düşük duğu için porselen üzerine kdayca ğzilebilir. Bileşimde % 88.8 Cu mevcuttur. Oksidasyon zonunun tipik minerallerinden biridir. Özellikle rutubetli ortamlarda malakit ve azurite dönüşür. Çok yüksek oranda bakır iğerdiğ için önemli bir bakır cevheridir.

Tenorit (CuO) : Monokirik sistemdedir. Elastik ve büköl ebilen bir mineraldir. Sertliğ 3.5, özgül ağırlığ 5.8 dr. Rengi ve ğzđ rengi metalik siyah msi kahverengidir.

Enargit (Cu_3AsS_4) : Romboedrik sistemde kristallerir. Sertliğ 3, özgül ağırlığ 4.5 dr. Rengi çelik grı, ğzđ rengi ise siyah msi gri. Bileşime %14'e kadar Fe, %8'e kadar Zn ğretilir. Çoğunlukla pirit, sfalerit, borrit, galenit, tetraedrit, barit ile birlikte bulunur.

Atakanit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) : Romboedrik sistemdedir. Sertliğ 3.5, özgül ağırlığ 3.7 dr. Rengi genellikle malakit yeşili, ğzđ rengi ise yeşil dir. Işđ geğer bir mineraldir.

Stannit (CuFeSnS_4) : Tetragonal sistemdedir. Zayıf bir dildir. Sertliği 4, özgül ağırlığı 4.3'dür. Rengi çelik grisi, çizgi rengi siyadır. Önemli kalay minerallerinden biridir. Çoğurluğa da Kalkoprit, Galen ve Stannit ile birlikte görülür.

2.4.3 Dünya ve Türkiye Bakır Rezervleri

2.4.3.1. Dünya Bakır Rezervleri

Dünya bakır cevheri baz rezervlerinin Cu içeriği olarak 650 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Dünya bakır rezervlerinin ülkelere göre dağılımı Çizelge 2.20'de verilmiştir. [8]

Çizelge 2.20 Dünya Bakır Rezervleri (milyon ton metale)

ÜLKELER	REZERV	BAZ REZERV
ABD	45	90
Avustralya	7	23
Kanada	10	23
Şili	88	160
Çin	18	37
Endonezya	19	25
Kazakistan	14	20
Meksika	15	27
Peru	19	40
Macaristan	20	36
Rusya	20	30
Zambiya	7	13
Diğer Ülkeler	50	105
DÜNYA TOPLAM	340	650

2.4.3.2 Türkiye Bakır Rezervleri

Ülkemiz bakır rezervleri ile ilgili çalışmalar Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Eiholding A.Ş., Karadeniz Bakır İşletmeleri ve özel sektör tarafından yürütülmektedir. Türkiye, bakır rezervleri açısından Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere iki önemli bölgeye sahiptir. Türkiye görünür bakır rezervi Cu içeriği olarak 1.7×10^6 tondur. Türkiye'nin ekonomik bakır rezervleri Çizelge 2.21'de verilmiştir.

Bugünkü şartlarda ekonomik olmayacak derecede tenörü %1'in altında olan porfiritip büyük rezervler ve işletme kurulamayacak kadar küçük rezervli muhtelif maden sahalarının rezervi toplam olarak 696×10^6 ton ve metale içeriği 2×10^6 tondur. [4]

2.4.4. Bakır Üretimi Ve Tüketimi

2.4.4.1. Dünya Bakır Üretimi ve Tüketimi

Bakır madencilik açık ve kapalı işletme yöntemleri ile yapılmaktadır. % 1-2 Cu içeren sülfürlü cevherler flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmektedir. Bu işlemlerde cevherdeki bakır genelde %80'in üzerinde metaldir. Bu zenginleştirilerek %15-25 Cu içeren bakır konsantreleri elde edilmektedir. [4]

Daha sonra bu konsantrelerden klasik zabe yöntemleri ile % 99 Cu içeren blister bakır üretilmekte ve daha sonra blister bakır, rafinasyon işlemlerine tabi tutularak elektrolitik bakır üretilmektedir.

Çizelge 2.21 Türkiye'nin Ekonomik Bakır Rezervleri

İl	İlçesi	Köy Mevki	REZERV x10 ³ ton	TENÖR				
				Cu %	Zn %	Au g/t	Ag g/t	BAKIR ton
Artvin	Murgul	Damar	2 503	1.24	-	-	-	31.137
Artvin	Murgul	Çakmakçaya	5 714	0.84	-	-	-	47.997
Artvin	Murgul	Akerşen	582	2.24	4.70	-	219	13.000
Artvin	Merkez	Cerattepe	3 900	5.20	-	1.23	25.3	202.800
Artvin	Merkez	Seyitler	2 465	1.41	-	-	-	34.752
Çanakkale		Arpaçur an	1 230	1.25	-	-	-	15.375
Ezine	Ergani	Anayatak	600	1.71	-	-	-	12.000
Giresun	Espiye	Lahanos + Kızılkaya	2 402	2.40	2.42	-	-	57.528
Giresun	Tirebolu	Harköy	498	1.90	-	-	-	8.740
Kastamonu	Küre	Bakıbaşı + Aşıköy	12 339	2.05	-	-	-	252.950
Rize	Çayeli	Madenköy	10.900	4.61	7.50	-	-	502.490
Sirt	Şirvan	Madenköy	14.500	3.00	-	-	-	435.000
Sivas	Koyunhisar	Kan	964	1.73	-	-	-	16.683
Trabzon	Çarşı	Kotarakdere	963	1.31	2.73	-	-	12.600
Trabzon	Yomra	Kanköy	3 310	1.11	-	-	-	36.741
TOPLAM			62 870	2.69				1 697.204

Dünya bakır üretiminin yaklaşık %15'i hidro metalurjik proseslerle gerçekleştirilmekte olup, genellikle oksitli bakır cevherleri yerinde veya yığın liç işlemleri ile değerlendirilmektedir. Liç işlemleri ile çözeltiye alınan bakır daha sonra çözeltide "sülfat ekstraksiyonu+elektrowinning" ile metal bakır olarak kazanılmaktadır.

Çizelge 2.22' de yıllara göre Dünya bakır cevheri üretimi verilmiştir. [4]

Çizelge 2 22 Yıllara Göre Dünya Bakır Cevheri Üretimi (x10³ ton bakır)

ÜLKELER	1996	1997	1998	1999	2000	2001*
ABD	1 920	1 940	1 860	1 600	1 440	1340
Avusturya	525	545	604	735	829	900
Kanada	689	657	707	614	634	620
Şili	3 120	3 390	3 691	4 382	4 600	4 650
Çin	439	414	476	500	590	620
Endonezya	507	529	781	740	1 012	1 080
Kazakistan	250	316	337	374	430	470
Meksika	341	391	385	362	365	370
Peru	572	491	522	536	554	560
Polonya	422	414	415	460	456	450
Rusya	520	505	515	530	570	550
Zambiya	334	353	320	260	240	320
Diğer Ülkeler	1 330	1 450	1 590	1 500	1 480	1 570
TOPLAM	11 000	11 400	12 200	12 600	13 200	13 200

*Tahmini

Dünya rafine bakır tüketimini, 1998 yılında 13.4x10⁶ ton olmuştur. Bu değer birincil ve ikincil kaynakların rafine edilerek tüketilmiş rafine bakırdır. Hurda bakırın doğrudan kullanımı bunun içinde değildir. Çizelge 2 23 de 1998 yılı Dünya tüketiminde ülke payları verilmiştir.

Çizelge 2 23 1998 Yılı Dünya Bakır Tüketiminde Ülke Payları

Ülke	%
ABD	21.5
Japonya	9.37
Almanya	8.50
Fransa	4.35
İtalya	4.40
İngiltere	2.79
Belçika	2.42
Türkiye, 208x10 ³ ton	1.55
Kanada	1.84
Çin	10.43
Rusya	1.23
Toplam Asya	25.41
Toplam Avrupa	27.99

2.4.4.2 Türkiye Bakır Üretimi ve Tüketimi

Türkiyede bakır-pirit madeni işletmediliğ, Devlet kuruluşu olarak Eİ Holding A.Ş., Kİİ ile özel sektör olarak Çaydi Madenleri A.Ş., Demir Export A.Ş., ve Gesom A.Ş tarafından yapılmaktadır.

Ülkemizin yıllara göre bakır konsantre tüketim miktarları Çizelge 2.24'de verilmiştir.

Çizelge 2.24 Bakır Konsantresi Tüketim Miktarları

Yıl	Yurt İçinde Üretilen			İthal Edilen			Toplam
	Miktar (Ton)	TENÖR (%)	%20 Cu BAZI NDA (Ton)	Miktar (Ton)	TENÖR (%)	%20 Cu BAZI NDA (Ton)	
1993	107,764	20.45	110,188	29,790	24.62	36,671	146,859
1994	151,515	21.17	160,378	6,923	24.24	8,390	168,768
1995	119,669	20.74	124,096	10,728	23.96	12,852	136,948
1996	149,370	21.46	160,274	9,388	24.02	11,274	171,548
1997	119,872	20.74	124,307	35,682	30.54	54,486	178,793
1998	152,292	20.48	155,947	14,024	25.15	17,637	173,582

2.4.5 Bakır Fiyatları

Bakır cevher ve konsantre fiyat tesbitinde, bakır satış fiyatları baz alınmaktadır. Bakır satış fiyatları Londra Metal Borsası'nda (LME) £/ton olarak ve New York Metal Borsası'nda (COMEX) U.S. cent/lb olarak her gün bildirilmektedir.

Bakır satış fiyatları, LME'de 1982 yılına kadar, Grade A Copper Wirebars, 1982 yılından sonra ise yüksek saflıkta bakır (Higher Grade Copper), yarı katot bakır baz alınarak bildirilmiştir. Comex'te ise, fiyatlar da 1973 yılına kadar Wirebars daha sonra ise katot bakır baz alınmıştır. [4]

LME katot bakır ortalaması birim fiyatlarının değişimi Çizelge 2.25'de verilmiştir. [13]

Çizelge 2.25 Yıllara Göre Kurşun Ortalama Birim Fiyatları (LME Fiyatlarıdır)

Yıl	Fiyat (\$/t)
1998	1653
1999	1574
2000	1814
2001	1578
2002	1557
2003 (Mart)	1663

2.5 Kurşun - Çinko Cevherlerinin Zenginleştirilmesi

Üretilen kurşun – çinko cevherlerinin doğrudan izabe edilmeleri ekonomik değildir, bunların önce çeşitli cevher zenginleştirme yöntemleriyle konsantre edilmeleri gerekir. Kurşun zenginleştirilmesinde başlıca iki yöntem uygulanmaktadır.

2.5.1. Gravite Yöntemleri

Minerallerin serbestleşme tane boyutunun büyüklüğüne bağlı olarak ağır ortam ayırıcıları, spirall ve sarsıntılı masalar, tek başına veya kombinasyon şeklinde kullanılır. Gravite yöntemlerinin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre, gerek işleme, gerekse yatırım maliyetleri açısından oldukça ucuz olması karşılıklı metald kazanma verilerinin düşüklüğü, kaçakların önlenememesi ve selektif ayırma ortamı uyum sağayamaması dezavantajıdır. Bu yöntem daha çok ön zenginleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda gravite ayırmasında küçük taneli cevherlerin (-0.5 mm) zenginleştirilmesinde geliştirilmiş Multi Gravite Ayırıcı'sı' da (Multi-Gravity Separator- MGS) sarsıntılı masalara bir alternatif olarak yer almaktadır. [1]

2.5.2. Flotasyon

Günümüzde düşük tenörlü kurşun-çinko cevherlerinin selektif olarak zenginleştirilmesinde kullanılan ve bütün Dünyada başarıyla uygulanan en yaygın yöntem flotasyondur. Yöntem gravite yöntemleri ile zenginleştirilmedi anaksız pek çok düşük tenörlü veya kompleks yapıları cevher yatağının işlenmesini olanaklı kılacak işlenebilir rezervlerin artmasına ve madencilik endüstrisinin gelişmesine yardımcı olmuştur. [12]

Günümüzde, sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinde zenginleştirme hemen hemen tümüyle flotasyon yöntemi ile yapılmaktadır. Diğer yöntemlere oranla daha pahalı ve fazla enerji gerektiren bir yöntem olması rağmen, düşük tenörlü cevherlerde bile yüksek metald kazanma verileriyle, yüksek tenörlü konsantratlara elde edilebilmesi flotasyonu en yaygın zenginleştirme yöntemi haline getirmiştir.

Endüstride flotasyon uygulamaları günden güne kadar, yüzlerce değişik flotasyon hücresi tipi tasarlanmış, ancak bunların on kadarı uygulamada kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan makineler pnömomatik (basıncı hava ile çalışan) ve subaerasyon (mekanik karıştırma sonucu hava emen) tiptedir.

Flotasyon makinasındaki bu gelişmeler daha basit yapı, daha düşük fiyat, esneklik, az bakım gereksinimi yönünde olmuş, daha büyük makinalara giderek tank-mekanizma bileşiminin basitleştirilmiştir. Ayrıca transmisyon kayıplarından dolayı hadım başına güç tüketiminin küçük makinalarda daha fazla olması da birleştirilmiş hadımli flotasyon ünitelerinin (Unit-cell) kullanımına yol açmıştır. Diğer taraftan hücre içinde mekanik karışmadan doğan enerji kayıpları, düzensiz (türbülanslı) akış rejimi ve

pülpünde üretilen hava kabarcığı çapıyla ilgili yerliliklerin araştırılması sonucu, yatay düzlemde daha az yer kaplayan “kondansasyonu” sistemin geliştirilmiştir. Kapasite sorunları yüzünden kondansasyonu, uygulamada daha çok temizleme kademelerinde kullanılmaktadır. [12]

Flotasyon maliyetlerinde, cevheri tenörü ve mineralojik özellikleri en etkili faktördür. Bu özelliklere bağlı olarak maliyet girdileri ve metal kurtarma randımanları %60-95 arasında değişir. Aynı nedenle, bugün Dünyada üretilen kurşun konsantrasyonlarının tenörü %50-78 Pb; çinko konsantrasyonlarının %48-60 Zn, ve bulk (toplu) konsantrasyonlarını ise %15-35 Pb ve %20-40 Zn dahil mektedir.

Sülfürlü Pb-Zn Mineralerinin Flotasyonu: Kurşun çinko, cevherleri sülfür halinde bulundukları zaman flotasyona uygundur. Cevherde bulunan kurşun ve çinkonun selektif olarak birbirlerinden ayrılması ve altın, gümüş, bakır gibi yan elementlerin kurşun konsantrasyonu içinde toplanması maksimumdur sağanmaktadır. [12]

Pirit içeren sülfürlü kurşun-çinko cevherlerini flotasyonunda gendlikle önce kurşun yüzdürülür, sonra çinko, gerekli ise üçüncü kademede pirit alınır. Galeri yüzdürmek için önce çinko ve demir mineralerinin bastırılması gerekir. Demir mineraleri (özellikle pirit), flotasyon pülpü alkali halde getirilerek (pH=8-10) bastırılır. Burada pH ayarlaması olarak kireç kullanılmaktadır.

Çinko minerali gendli olarak ksantat tipi bir kollektörle yüzmez (çinko ksantatın çözünürlüğü oldukça yüksektir), fakat pülpde bulunan Pb^{2+} ve Cu^{2+} iyonları çinkoyu aktifleştirerek yüzmesini sağlayabilir. Bunu örmek için çinko mineralini bastırma amacıyla alkali siyanürler ($NaCN$ veya KCN) ve $ZnSO_4$ kullanılmaktadır. Diğer yandan, cevherde mevcut dâbilecek bakır mineralerinin kurşun konsantrasyonu ile birlikte alınması istendiğinden alkali siyanür miktarının bakırı bastırmayacak şekilde çok düşükli olarak ayarlanması gerekmektedir. Na_2SO_4 , H_2SO_3 veya SO_2 gazı da çinko mineralerini bastırmada kullanılır.

Pülp pH'sını ayarlayarak sfalerit ve piritin bastırılmasından sonra, galeri yüzdürülmesi için zayıf fakat selektif bir kollektör (etil ksantat veya dihidrofosfatlar) kullanılır. Köpürtücü olarak ise çamaşır, alkali veya suda çözünme özelliğine sahip etersinden köpürtücüler kullanılır. [11]

Oksitli Pb-Zn Mineralerinin Flotasyonu: Bu tip cevherlerde oksitli mineraller ya sülfürlü ile birlikte veya sülfür flotasyonundan sonra oksit flotasyonu yapılarak ayrı bir konsantre halinde elde edilirler. Burada önce Na_2S kullanılarak serüsit, angizit

ve simitsonit gibi oksitli minerallerin yüzeyinde metal-sülfür tabakası düştürülür, daha sonra ksantat tipi bir kolloide kurşun yüzdürülür. Ayrıca simitsonit'in eğer gang mineralleri karbonat içeriyorsa Na_2S kullanılarak aktifleştirilmesi sonrasında yağ asitleriyle (fatty acids) floantasyonu mümkündür. [12]

2.6. Ön Zenginleştirme'nin Cevher Hazırlamadaki Yeri Ve Önemi

Maden yataklarının değerlendirilmesi için seçilecek olan yöntem veya yöntem kombinasyonlarının saptanmasında cevherin serbest kalma derecesi ve mineral içeriği önemli parametrelerdir. Serbestleşme derecesi, etkin bir zenginleştirme için gerekli ekonomik boyutunun saptanmasında belirleyicidir. İri boyutta yeterli düzeyde serbestleşme olması durumunda, rihi zenginleştirme işlemlerinden önce, ön zenginleştirme'nin teknik ve ekonomik olarak uygulanabilirliğini araştırılması gerekmektedir.

Ön zenginleştirme değerli mineral veya mineral grupları ile gang mineralleri ve yan kayaç arasındaki özgül ağırlık, manyetik duyarlılık, radyoaktif duyarlılık, elektriksel iletkenlik, floresans özellikleri, fiziksel özellik farklarından yararlanılarak, mümkün olduğu kadar iri boyutta gerçekleştirilen bir işlemdir. Elmas, altın, gümüş, kurşun, çinko, bakır, krom, lityum, manyezit, mangan, kalay, vanadyum, uranyum, florit, barit, alüminyum, fosfat, nikel, anti mon cevherlerinin değerlendirilmesi amacıyla laboratuvar, pilot ve tesis ölçeğinde ön zenginleştirme uygulamaları gerçekleştirilmektedir. [14]

Özgül ağırlık farkından yararlanılarak yapılan ön zenginleştirme uygulamalarında, statik ve dinamik ağır ortam ayırıcıları, jigler, Reichert konileri, sarsıntılı masalar ve spiraller kullanılmaktadır. [15]

Ön zenginleştirme'nin başlıca avantajları aşağıda açıklanmaktadır.

- Ön zenginleştirme ile mümkün olduğu kadar iri boyutta atılması, öğütme masraflarının, dolayısıyla ilk yatırım ve işletme maliyetinin düşürülmesine olanak sağlamaktadır.
- Ön zenginleştirme yapılması durumunda kıymetli metal içeriği yüksek bir malzeme ana zenginleştirme ünitesine beslenebilir. Böylelikle tesisin metal kazanma ve ekonomik verimliliği artmaktadır.
- Ön zenginleştirme ile tesisin ayırma etkinliği artırılmaktadır.

- Ön zenginleştirme işleminin ocağa yakın bir yerde yapılması durumunda nakliye masraflarını minimuma indirilmektedir.
- Ön zenginleştirme ile maksızın ekonomik olarak işlenilen mükün olmayan maden yatakları ön zenginleştirme ile birlikte ekonomik olarak işlenilebilmektedir.
- Önceki işleme dönemlerine ait atıkların ön zenginleştirme ile yeniden değerlendirilmesi mükün olabilir. Ayrıca ön zenginleştirme ile etavan ve taban taşıları kolaylıkla uzaklaştırılabilenğinden seçimi madencilik yapılması gerekmekte ve cevher üretimi hızı artmaktadır. Dekapaj ritmik malzeme ön zenginleştirme ile değerlendirildiğinde dekapaj ve işleme maliyetleri düşmekte, işlenilebilirlik sınırı daha düşük değere çekilebilmektedir.
- Cevherlerdeki oksitler ve metaller ön konsantre ile birlikte kazanılabilmektedir.
- Ön zenginleştirme ile beslenen ton cevher başına reaktif miktar ve maliyeti düşürülebilmektedir.
- Özellikle silika içeriği malzemenin uzaklaştırılmasıyla düşük Bond iş indeksi ne sahip, öğütülebilirliği yüksek, iri boyutlu ön konsantre elde edilmektedir. Ayrıca alt erdmiş maden yatakları nda flüasyonu dumsuz etkilleyen kil mineralleri de ön zenginleştirme ile uzaklaştırılabilir.
- Depolanacak dan ince boyutlu artık miktarı azalmakta ve artık depolama maliyeti düşmektedir.

Ayrıca iri boyutlu artıkların tras, agrega, stabilize yd malzemesi veya ramble malzemesi şeklinde ekonomik olarak değerlendirilmesi ile depolama zorunlu uğu ortadan kalkmakta ve ek gelir elde edilebilmektedir. İri artıklar herhangi bir şekilde değerlendirilmeseler de, depolama maliyetleri flüasyon artıklarının depolama maliyetlerinden daha düşüktür.

Yukarıda ayrıntılı olarak anlatılan nelerden dolayı, iri boyutta yeterli düzeyde serbestleşme durumu nda nihai zenginleştirme işleminin önce bir ön zenginleştirme in teknolojik ve ekonomik olarak uygulanabilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Böyle bir durumda dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Bunlardan en önemlisi ön zenginleştirme ile uzaklaştırılması gereken artık miktarıdır. Ayrıca ön zenginleştirme ve flüasyon artıklarının depolama maliyetleri de diğer önemli parametreleri oluşturmaktadır. Kuşkusuz ön zenginleştirme işleminin

maliyetlerin dudu kadar konsantrefiyatları ve metal üretim maliyetlerinin de bir fonksiyonudur. Brçok araştırmacı tarafından araştırılan ön zenginleştirmenin ekonomikliğı konusuna en uygun yaklaşım Bergmann(1969) tarafından getirilmiştir. Bergmann'a göre ön zenginleştirmede ekonomik sınırı atılması gereken artıkmiktarının bir fonksiyonudur.

Segovia ile Schena (1993) ve Schultz (1975) tarafından da incelenen ön zenginleştirmenin ekonomikliğı konusunda daha önce de belirtildiğı gibi proses bir bütündarak ele alınmıştır. Burada cevher üretim maliyeti, konsantrasyon maliyeti, ön zenginleştirme maliyeti, cevheri niçeriğı, cevheri n konsantrefiyatı, proses verini, daha sonraki işlenherin maliyeti, zenginleştirme tane boyutunun bir fonksiyonu darak ayırma etkililiğı gibi faktörler dkkate alınmaktadır. [14]

Bergmann yaklaşımı ülkemizde ilk kez, d senine bakır cevherlerinin ağır ortam sıklonu kullanılarak özgül ağırlık farkına göre ayırma ile ön zenginleştirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada ağır ortam sıklonuile yaklaşık %17 lik bir artığın atılması durumunda ön zenginleştirmenin ekonomikliğı ortaya konmuştur. [14]

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda Çanakkale – Yeri ce yöresi ne ait Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevher yatağından alınan temsili cevher numunesi nin öncelikle fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri saptanmış, özgül ağırlık farkına göre ön zenginleştirme ile düşük metal içeriği bir artığin ayrılması d anakları araştırılmıştır. Ayrıca mevcut tesiste uygulanan selektif flotasyon işleme giderleri ile ön zenginleştirme + flotasyon alternatifini işleme giderleri arasında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

3.1.1. Numune Alınım

Bu Tez kapsamında İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Anabilim dalı'nda yapılan teknik bir araştırma projesi çerçevesinde, Çanakkale – Yeri ce deki maden yatağından, yatağı temsil edecek şekilde alınmış numune kullanılmıştır.

3.1.2. Numune Özelliklerinin Belirlenmesi

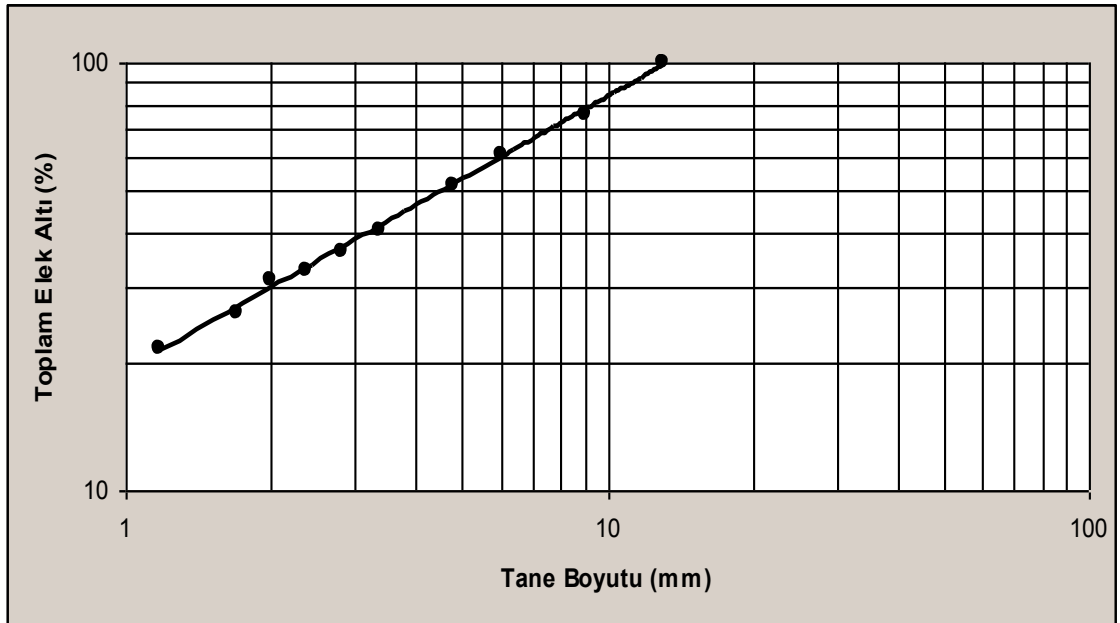
Deneysel çalışmalar öncesi nde Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevheri ne ait temsili numuneri n fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir.

3.1.2.1. Numuneri n Fiziksel Özellikleri

Proje kapsamında alınmış d an ve tez çalışmaları için kullanılan ve maksimum parça boyutu 50 mm civarında d an tuvenan numuneden hazırlanmış temsili bir bđümü kademeli olarak 13 mm altına indirilerek d ek analizi yapılmış ve boyut dağılımı belirlenmiştir. Tamam 13 mm altına indirilmiş numuneye ait boyut dağılım sonucu Çizelge 3.1'de, boyut dağılım eğrisi ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Tamam 13 mm Altına İndirilmiş Cevherin Boyut Dağılımı

Tane Boyutu (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-13,00 +9,00	24,0	24,0	100,0
-9,00 +6,00	15,2	39,2	76,0
-6,00 +4,76	9,0	48,2	60,8
-4,76 +3,36	11,5	59,7	51,8
-3,36 +2,80	4,1	63,8	40,3
-2,80 +2,36	3,6	67,4	36,2
-2,36 +2,00	1,5	68,9	32,6
-2,00 +1,70	5,2	74,1	31,1
-1,70 +1,18	4,4	78,5	25,9
-1,18	21,5	100,0	21,5
Toplam	100,0		



Şekil 3.1 Tamam 13 mm Altına İndirilmiş Cevherin Boyut Dağılım Eğrisi

3.1.2.2 Numunenin Kimyasal Özellikleri

Temsili numunenin Pb – Cu – Zn içerikleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tuvenan Cevherin Pb – Cu – Zn İçeriği

Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)
7,69	1,04	4,51

3.1.2.3. Numunelerin Mineralojik Özellikleri

İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiş proje kapsamında, sözkonusu cevher üzerinde mineralojik etüdler yapılmış, bu çalışmalar sonunda, cevherin mineralojik yapısına ilişkin aşağıdaki saptamalar yapılmıştır. [18]

Ocak sahasında bulunan temsili numuneler üzerinde mineralojik incelemeler yapılmış ve cevher bileşiminin yaklaşık olarak %20'sinin sülfürlü mineraller, %10'unun kal sit, %50'sinin kuvars ve geri kalanını ise andezit bileşiminde vd karık kayaç birliğinden oluştuğu saptanmıştır.

Sülfürlü minerallerin büyük bir çoğunluğunu sfalerit ve galen teşkil etmekte olup, ayrıca kalkoprit ve pirit, eser miktarlarda markasit, kovelin, spekülarit, götit, hematit, lepidokrosit ve nabit atın minerallerinin de bulunduğu gözlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında ayrıca belirli boyutlarda (-10 mm) gravite ayırması ile önemli orarlarda (%20 – 40) temiz bir artığının uzaklaştırılabilceği ifade edilmiştir.

3.1.3. Yöntem

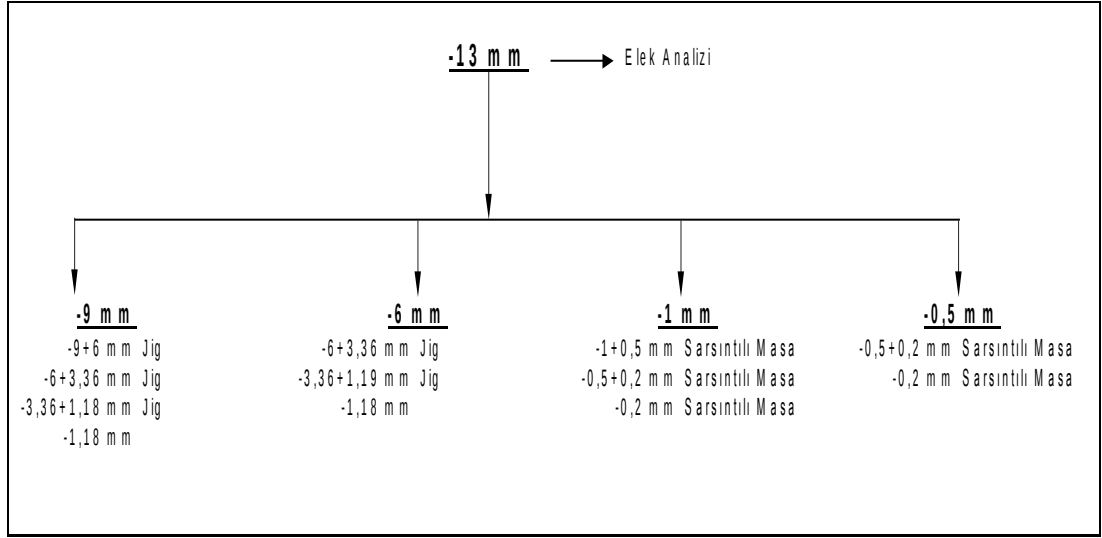
Çanakkaale – Yeri ce yöresi ne ait Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevherinin ön zenginleştirme kriterlerini incelemesi amacıyla, daha önce yapılmış ön etüdlere ışığında, belirli boyutlar altında özgül ağırlık farkına göre ayırma yöntemleri kullanılarak ön zenginleştirme denakları araştırılmıştır. Bu amaçla laboratuvar tipi jig ve sarsırtılı masa zenginleştirme ler gerçekleştirilmiştir. Ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye, işletmede uygulanan selektif sülfür flütasyonu koşulları baz alınarak flütasyon zenginleştirme uygul anmış, elde edilen sonuçlara göre metal balansını içeren proses akı şeması hazırlanmıştır. Son olarak da, mevcut proses ve alternatif proses seçeneklerine ilişkin, ek yatırım ve işletme giderleri bazında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Yatırım ve işletme giderlerinin hesaplanması da kullanılan maliyet rakamları ilgili işletme ve çeşitli maki na ekipman üretileri firmalar dan güncel olarak alınmıştır.

3.1.3.1. Özgül Ağırlık Farkına Göre Ayırma ile Zenginleştirme

Özgül ağırlık farkına göre yapılan deneylerde, jig ve sarsırtılı masa kullanılmıştır. Jig ile yapılan deneylerde, malzemenin tamamı -9 mm ve -6 mm boyutlarına, sarsırtılı masa ile yapılan deneylerde ise, malzemenin tamamı -1 mm ve -0,5 mm boyutlarına indirilerek çalışmalar yapılmıştır. Malzemenin mineralojisi ve

serbestleşme boyutu göz önüne alınarak -9 mm -6 mm -1 mm ve -0,5 mm boyutlarına indirilen malzemeler, ayırma etkinliği arttırmak amacıyla çeşitli boyut gruplarına sınıflandırılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Özgü ağırlık farkına göre gerçekleştirilen çalışmalarda boyut grupları ve kullanılan ünitelere ait deney sistematığı Şekil 3.2 de verilmiştir.

Jig ve sarsıntılı masa ile yapılan ön zenginleştirme deneylerinde, yapılan ayırma sonucunda mümkün olduğunca düşük metal içeriği bir artık uzaklaştırılmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.2 Ön Zenginleştirme Deney Sistematığı

3.1.3.2 Flotasyon ile Zenginleştirme

Yoğunluk farkına göre yapılan ön zenginleştirme sonrası alınan ön konsantrelerin flotasyon davranışı görmek ve ekonomik ön değerlendirme için riha konsantre balansı (içerik ve verimleri) belirlemek üzere, ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye tesis koşullarında selektif sülfür flotasyonu uygulanmıştır. Yapılan flotasyon deneylerinde selektif Pb, Cu ve Zn konsantreleri alındıktan sonra düşük metal içeriği bir flotasyon artığı uzaklaştırılmaya çalışılmıştır.

3.1.3.3 Kimyasal Analiz Yöntemleri

Tuvenan cevher numunesi ne, özgü ağırlık farkına göre yapılan ayırmalar sonucu elde edilen ürünler ve flotasyon ürünleri ne, Pb – Zn – Cu içeriğini belirlemek ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi ne yöndeki kimyasal analizler yapılmıştır.

Ki myasal analizlerin büyük bir bölümü, XRF analiz cihazında duşurulmuş modeller kullanılarak yapılmıştır. Tuvenan cevherinin ve kontrol amacıyla bazı deney ürünlerinin ki myasal analizlerinde ise yaş analiz yöntemi kullanılmıştır.

3.2 Ön Zenginleştirme Deneyleri

Tez çalışması kapsamında Çanakkaile – Yeriçe yöresine ait maden yatağından alınan Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevherinin özgül ağırlık farkına göre ayırma ile ön zenginleştirme yapılarak daha ekonomik olarak değerlendirilme olanakları araştırılmıştır. Bu deneylerdeki boyutlarda (-9 +1,18 mm) jig ince boyutta ise (-1,18 mm) sarsıntılı masa kullanılmıştır.

3.2.1. Jig ile Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri

Tamam -9 mm ve -6 mm ve boyutları indirilene tuvenan cevher numunesi, ayırma etkinliğini arttırmak amacıyla çeşitli boyut gruplarına sınıflandırılmış ve laboratuvar tipi jig kullanılarak ön zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tamam 9 mm altındakiler indirilen numune üç boyut grubunda, tamam 6 mm altındaki numunede ise iki boyut grubunda jig deneyleri yapılmıştır. Jig deneylerinin tümünde -1,18 mm boyutundaki malzemeye herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Jig deneylerinde malzeme jige beslenerek sürekli taşırmaya duyulene hafiften başlanarak farklı ürünler alınmış, riha jig haznesinde kalan numunede ise tabakalana uygun olarak farklı yoğunluklu ürünler ayrılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen ürünlerin Pb, Zn ve Cu analizleri yapılmış, analizi içerikleri benzer olan ürünler birleştirilmiş, riha metalurjik denge çizelgeleri konsantre, ara ürün ve artık olarak düzenlenmiştir. 9 mm altında yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 3.3'de, birleştirilmiş deney sonuçları Çizelge 3.4'de, 6 mm altında gerçekleştirilen jig deneylerine ait sonuçlar Çizelge 3.5'de, birleştirilmiş deney sonuçları ise Çizelge 3.6'da verilmiştir.

3.2.2. Sarsıntılı Masa ile Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri

İnce boyutta jig deneylerinden uygun niteliklerde bir ön konsantre alınamaması halinde ince boyutta bir zenginleştirme anağının incelendiği bu grup deneyler, jig deneyleri ile eş zamanlı olarak planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Endüstride uygulamada ince boyutlara inilerek gerçekleştirilebilecek bir ön zenginleştirme yaklaşımında tereddütler olabileceği bilinmekle birlikte, önemli oranlarda öğütülebilirliği zor bir artığının atılabilmesi ve değerlen öğütmesinde önemli bir

tasarrufun sağlanabileceği yaklaşımla tamamı -1 mm ve -0,5 mm boyutlarına indirilen cevher numundeleriyle sarırtılı masada ön zenginleştirme kriterleri

Çizelge 3.3 -9 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları

Boyut Grubu (mm)	Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
						Pb	Zn	Cu
-9+6	Konsantre	2,3	12,30	7,51	2,32	3,7	3,8	5,3
	Ara Ürün	3,0	2,38	4,01	0,48	0,9	2,6	1,4
	Artık	6,9	0,99	1,38	-	0,9	2,1	-
-6+3,36	Konsantre	7,6	9,13	6,01	1,72	9,0	10,0	12,9
	Artık	8,1	1,59	1,25	0,22	1,7	2,2	1,8
	Tekne Üünü	5,9	6,55	4,13	0,52	5,0	5,3	3,0
-3,36+1,18	Konsantre	13,7	11,11	8,01	1,74	19,8	24,0	23,7
	Ara Ürün	6,2	1,39	1,75	0,22	1,1	2,4	1,4
	Artık	13,4	0,79	1,88	0,28	1,4	5,5	3,7
	Tekne Üünü	1,8	35,51	11,39	2,72	8,3	4,5	4,8
-1,18	-	31,1	11,90	5,51	1,36	48,2	37,6	42,0
Toplam		100,0	7,69	4,57	1,01	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.4 -9 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
					Pb	Zn	Cu
Konsantre	40,5	9,09	5,94	1,30	47,8	52,6	52,5
Artık	28,4	1,07	1,58	0,19	4,0	9,8	5,5
-1,18	31,1	11,90	5,51	1,36	48,2	37,6	42,0
Toplam	100,0	7,69	4,57	1,01	100,0	100,0	100,0

araştırılmıştır. Tamamı 1 mm altınai indirilen ve -1 +0,5 mm -0,5 +0,2 mm ve -0,2 mm boyut gruplarına ayrılan numuneler ile yapılan ön zenginleştirme deney sonuçları Çizelge 3.7 de, birleştirilmiş deney sonuçları ise Çizelge 3.8 de verilmiştir. Boyutu 0,5 mm altınai indirilene uyan cevher numunesi ise, -0,5 +0,2 mm ve -0,2 mm boyut gruplarına sınıflandırılarak sarırtılı masada ön zenginleştirme deneyleri

yapılmıştır. –0,5 mm boyutunda yapılan ön zenginleştirme deney sonuçları Çizelge 3.9 da, birleştirilmiş deney sonuçları ise Çizelge 3.10 da verilmiştir

Çizelge 3.5 –6 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları

Boyut grubu (mm)	Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
						Pb	Zn	Cu
-6+3,36	Konsantre	11,0	16,48	9,82	1,24	22,8	24,5	13,6
	Ara Ürün	3,1	1,56	1,86	0,71	0,6	1,3	2,2
	Artık	14,7	0,56	1,05	0,16	1,0	3,5	2,4
	Tekne Üünü	0,2	18,31	7,39	1,32	0,5	0,3	0,3
-3,36+1,18	Konsantre	10,1	14,92	0,44	0,95	18,9	1,0	9,6
	Ara Ürün 1	4,8	1,12	3,16	0,35	0,7	3,4	1,7
	Ara Ürün 2	3,2	1,27	2,90	0,65	0,5	2,1	2,1
	Artık	14,6	0,87	1,58	0,29	1,6	5,2	4,2
	Tekne Üünü	1,5	37,08	13,45	1,33	7,0	4,6	2,0
-1,18	-	36,8	10,04	6,49	1,68	46,4	54,1	61,9
Toplam		100,0	7,96	4,42	1,00	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.6 –6 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
					Pb	Zn	Cu
Konsantre	33,9	11,96	4,85	0,93	51,0	37,2	31,6
Artık	29,3	0,71	1,31	0,22	2,6	8,7	6,5
-1,18 mm	36,8	10,04	6,49	1,68	46,4	54,1	61,9
Toplam	100,0	7,96	4,42	1,00	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.7 –1 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları

Boyut Grubu (mm)	Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim(%)		
						Pb	Zn	Cu
-1+0,5	Konsantre	11,4	23,01	11,52	2,54	33,4	26,9	27,8
	Artık	28,3	0,79	1,88	0,12	2,8	10,9	3,3
-0,5+0,2	Konsantre	7,2	32,54	10,77	3,02	29,7	15,9	21,0
	Ara Ürün	7,1	2,58	8,26	1,60	2,3	12,0	11,0
	Artık	16,9	0,79	1,13	0,12	1,7	3,9	2,0
-0,2	Konsantre 1	3,0	49,60	4,76	1,58	18,9	2,9	4,6
	Konsantre 2	3,1	4,96	13,27	3,20	2,0	8,4	9,5
	Ara Ürün	3,4	2,14	7,40	1,54	0,9	5,1	5,0
	Artık	17,8	3,37	3,51	0,84	7,6	12,8	14,4
Şam	-	1,8	3,13	3,13	0,80	0,7	1,2	1,4
Toplam		100,0	7,88	4,89	1,04	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.8 –1 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Birleştirilmiş Sonuçları

Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim(%)		
					Pb	Zn	Cu
Konsantre	35,2	19,50	9,89	2,33	87,1	71,2	79,1
Artık	63,0	1,52	2,14	0,32	12,2	27,6	19,5
Şam	1,8	3,13	3,13	0,80	0,7	1,2	1,4
Toplam	100,0	7,88	4,89	1,04	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.9 –0,5 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları

Boyut Grubu (mm)	Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
						Pb	Zn	Cu
-0,5+0,2	Konsantre	13,4	17,10	8,62	3,13	28,9	25,2	36,7
	Artık	18,4	0,07	0,73	0,04	0,2	2,9	0,6
-0,2	Konsantre	21,8	22,56	11,27	2,33	62,0	53,7	44,3
	Artık	30,9	0,14	1,08	0,15	0,5	7,3	4,1
Şlam	-	15,5	4,28	3,23	1,05	8,4	10,9	14,3
Toplam		100,0	7,93	4,58	1,14	100,0	100,0	100,0

Çizelge 3.10 –0,5 mm Boyutunda Yapılan Ön Zenginleştirme Deneyleri Birleştirilmiş Sonuçları

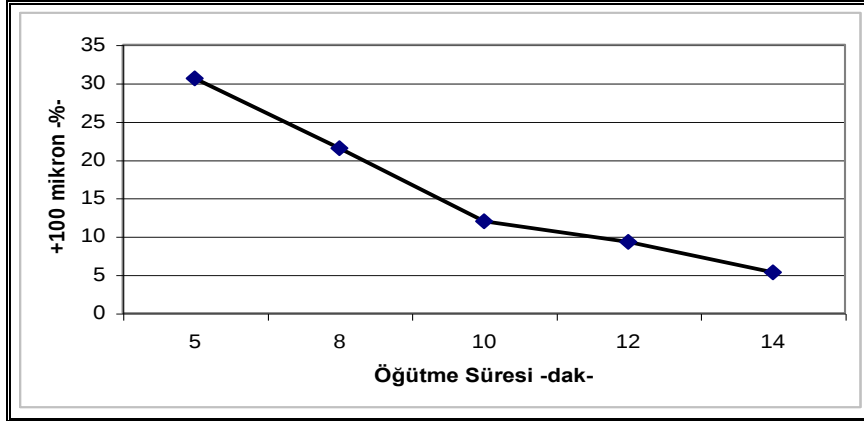
Ürünler	Miktar (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
					Pb	Zn	Cu
Konsantre	35,2	20,48	10,26	2,63	90,9	78,9	81,0
Artık	49,3	0,13	0,95	0,11	0,7	10,2	4,7
Şlam	15,5	4,28	3,23	1,05	8,4	10,9	14,3
Toplam	100,0	7,93	4,58	1,14	100,0	100,0	100,0

3.3. Ön Konsantre ile Yapılan Öğütme Deneyleri

Mevcut prosete değirmene 90 t/gün, ortalama 15 mm boyutuna kırılmış tuvenan cevher beslenmektedir. Değirmen – klasifikatör kapalı devresi içinde ortalama öğütme süresi 20 dakika d d ayında d u p f l d asyona beslenen malzeme boyutu yaklaşık 100 mikron d d ayındadır.

Ön zenginleştirme yapılıncı durumunda değirmene beslenecek malzemenin, testte istenen serbestleşme boyutuna indirilmesi için (100 mikron) optimum öğütme süresi ve bu sürede yapılan öğütme ile ortaya çıkacak boyut dağılımını görebilmek amacıyla değişik sürelerde %65 pülp e katı oranında öğütme deneyleri yapılmıştır. Farklı sürelerde gerçekleştirilen öğütme deneylerinde serbestleşme boyutu d arak kabul edilen 100 mikron d d ayına öğütme için öğütme süresinin optimizasyonuna yöndik deneylerde 100 mikron boyutu baz alınarak bir

değerlendirme yapılmıştır. Ön konsantrelerin öğütme süresine bağlı 100 mikron üstünde kalan malzeme oranına ait bir değerlendirme Şekil 3.3 de verilmiştir.

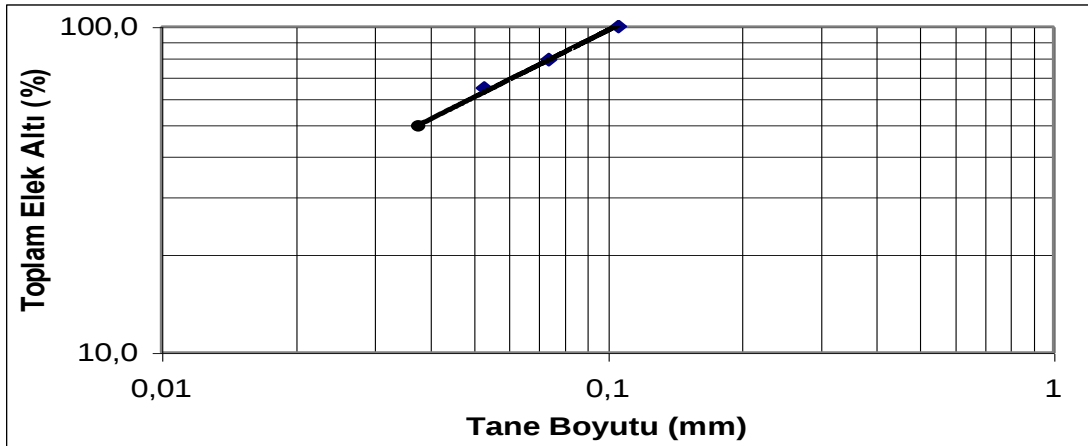


Şekil 3.3 Ön Konsantrelerin Öğütme Süresi - Boyut Dağılım ilişkisi

Öğütme optimizasyonu sonucuna göre ön konsantre kontrolü olarak 12 dakikada -0,106 mm boyutuna indirilmiş ve elek analizi yapılmıştır. Yapılan elek analizi ne göre malzemenin %80'i yaklaşık 70 mikronun altındadır. Boyut dağılım sonucunu Q zed ge 3.11'de, boyut dağılım eğrisi ise Şekil 3.4'de verilmiştir.

Q zed ge 3.11 0,106 mm Altına Öğütülmüş Ön Konsantrelerin Boyut Dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
- 0,106 +0,074	20,7	20,7	100,0
- 0,074 +0,053	14,6	35,3	79,3
- 0,053 +0,038	15,6	50,9	64,7
- 0,038	49,1	100,0	49,1
Toplam	100,0		



Şekil 3.4 0,106 mm Altına Öğütülmüş Ön Konsantrelerin Boyut Dağılım Eğrisi

3.3 Ön Zengirleştirme Sonrası Yapılan Flotasyon Deneyleri

Cevher ile daha önce yapılan ön etütler, mineralojik inceleme sonuçları ışığında, farklı boyutlar altına kırılmış numuneler ile özgül ağırlık farkına göre ön zengirleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda tamamı 6 mm altına kırılmış numunenin Jigde zengirleştirilmesi ile önemli oranda (% 29.3) ve düşük metal içeriği bir artışı ayrılabilceği görülmüştür. Jig zengirleştirilmesi ile elde edilen ön konsantre ve -1.18 mm boyut grubu birleştirilerek öğütme sonrası flotasyonat abı tutulmuştur.

-6 mm boyutundaki gile yapılan ön zengirleştirme deneyi sonucunda elde edilen ön konsantreye tesis koşullarında selektif sülfür flotasyonu uygulanmıştır. Yapılan flotasyon deneylerinde Pb – Cu ve Zn selektif konsantreleri alınmıştır. Flotasyona giren ön konsantrelerin Pb içeriği %10,96, Cu içeriği %1,32 ve Zn içeriği %5,70'dir. Optimum flotasyon koşulları ve kullanılan reaktif miktarları Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Ön Konsantreye Uygulanan Flotasyon Koşulları

Flotasyon Koşulları – Reaktif Miktarı	Pb- Cu Bul k Flotasyonu	Zn Flotasyonu	Pb- Cu Selektif Flotasyonu
PH (Kireç ile)	9,6 – 9,8	10,4 – 10,6	11,0 – 11,1
Na ₂ S Q – gt -	500+250+150	250+150	-
ZnSO ₄ – gt -	500+300+100	-	-
NaCN – gt -	40+20+15	25	-
CuSO ₄ – gt -	-	500+500+250	-
Na ₂ S – gt -	-	150+100	-
K ₂ Cr ₂ O ₇ Q – gt -	-	-	300+150+75
Aktif Karbon – gt-	-	-	15+5
Z-3 (KEX) – gt -	150+75+50	-	-
Z-5 (KAX) – gt -	-	150+50+25	-
Kıvam süresi – dk-	15	15	20
Flotasyon süresi – dk-	6	6	6

Optimum koşullarda yapılan flüatasyon deneylerinde, tesis koşullarına uygun olarak çinko konsantrisine 4, bakır konsantrisine 3 kademeli tenezzeme uygulanmış, devreden alınan ürünlerin analizi yapıldıktan sonra, Pb – Cu – Zn içerikleri ne göre hangi ürünlerle birleştirileceği ne karar verilerek nihai sonuçlar Çizelge 3.13 de gösterilmiştir. Prosese giren malzemeye göre elde edilen nihai ürünlerin miktarları ve Pb, Cu ve Zn içerikleri Çizelge 3.14 de, artıkların hesaben birleştirilmiş sonuçları ise Çizelge 3.15 de verilmiştir.

Çizelge 3.13 Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Flüatasyon Deney Sonuçları
(Deneye Göre)

ÜRÜNLER	MİKTAR %	Pb		Cu		Zn	
		%	% V	%	% V	%	% V
Pb Konsantre	13,6	72,76	91,0	0,62	6,3	0,87	2,1
Cu Konsantre	4,2	2,44	1,0	25,12	79,4	1,31	1,0
Zn Konsantre	9,2	2,65	2,2	0,88	6,1	50,12	81,2
Artık	73,0	0,86	5,8	0,15	8,2	1,22	15,7
Toplam	100,0	10,87	100,0	1,33	100,0	5,67	100,0

Çizelge 3.14 Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Flüatasyon Deney Sonuçları
(Prosese Giren Malzemeye Göre)

ÜRÜNLER	MİKTAR %	Pb		Cu		Zn	
		%	% V	%	% V	%	% V
Pb Konsantre	9,6	72,76	88,6	0,62	5,9	0,87	1,9
Cu Konsantre	3,0	2,44	0,9	25,12	74,6	1,31	0,9
Zn Konsantre	6,5	2,65	2,2	0,88	5,6	50,12	74,2
Flüatasyon Artığı	51,6	0,86	5,6	0,15	7,6	1,22	14,3
İri Artık	29,3	0,71	2,7	0,22	6,3	1,30	8,7
Toplam	100,0	7,88	100,0	1,01	100,0	4,39	100,0

Çizelge 3.15 Ön Zenginleştirme Sonrası Yapılan Fltasyon Deney Sonuçları
(Prosesle Gelen Malzemeye Göre – Artıklar Birleştirilmiş)

ÜRÜNLER	MİKTAR %	Pb		Cu		Zn	
		%	% V	%	% V	%	% V
Pb Konsantre	9,6	72,76	88,6	0,62	5,9	0,87	1,9
Cu Konsantre	3,0	2,44	0,9	25,12	74,6	1,31	0,9
Zn Konsantre	6,5	2,65	2,2	0,88	5,6	50,12	74,2
Artık	80,9	0,80	8,3	0,18	13,9	1,25	23,0
Toplam	100,0	7,88	100,0	1,01	100,0	4,39	100,0

3.5 Ön Ekonomik Değerlendirme

–6 mm boyutundaki g kullanılarak yapılan ön zenginleştirme'nin ekonomik yeterliliğini görebilmek amacıyla, tesiste uygulanan doğrudan fltasyon ile ön zenginleştirme + fltasyon alternatifinin, ilave yatırımları ve her iki koşulda işletme gelir ve giderleri hesaplanarak bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Temel proses kademeleri ve diğer gider kalemleri işletme koşullarında elde edilen verilerden hareketle hesaplanmıştır. Bu cevher için bir ön zenginleştirme öngörüldüğünde, prosesinin kesin ekonomik fizibilitesinin daha detaylı olarak yapılması gerektiği düşünülmektedir.

3.5.1 İşletmenin Mevcut Durumu

Çanakkaale Yeriçede yer altı üretilen malzemeyle üretilen kompleks Pb – Cu – Zn cevherleri önce ocak önünde stok alanına alınmakta, buradan yaklaşık 90 km'lik uzaklıkta Balıkesir İvrindi'de bulunan mobil zenginleştirme tesislerine kamyon ile nakledilmektedir.

İşletme planlamasına göre aylık 2000 – 2200 t on dıvarında gerçekleştirilen cevher üretiminde cevherleşmeye bağlı olarak belirli aylarda Pb – Cu – Zn içeriklerinde değişimler görülmektedir. Zenginleştirme tesisine homojen bir besleme sağlamak amacıyla Yeriçeden İvrindi'ye taşıyan tıvanan cevher, tesis yakınında bir stok alanı da homojenleştirilmekte ve buradan tesise besleme gerçekleştirilmektedir.

Tesiste kırma – eeme grubuna beslenen cevher buradan siloya, silodan da değirmene beslenmektedir. Değirmen çıkışı malzeme klasifikatör sonrası, bul k fltasyon devresi ne beslerir. Bul k Pb – Cu konsantresi selektif fltasyon devresi ne gönderilirken bu devrenin artığı Zn fltasyon devresi ne gönderilir. Bu devrede 4 kademeli temizleme sonrasında sfalerit konsantresi alınırken devrenin artığı atık barajına gönderilir. Pb-Cu bul k konsantresi, Pb Cu selektif fltasyon devresinde kalopiritinyüzdürülmesi, galerin bastırılması ile selektif konsantreler halinde ayrılır. Selektif sülfür fltasyonu yapılan tesisten çıkan ürünlerin miktar, içerik ve metad verileri Qzdege 3.16 da, işlemede hedeflenen satılabilir konsantre içerikleri ise Qzdege 3.17 de verilmiştir.

Qzdege 3.16 Mevcut Tesisten Çıkan Ürünlerin %Miktar, İçerik Ve Verileri

ÜRÜNLER	MİKTAR %	Pb		Cu		Zn	
		%	% V	%	% V	%	% V
Pb Konsantre	9,2	72,10	87,1	0,67	6,1	0,93	2,0
Cu Konsantre	2,8	2,71	1,0	24,92	69,4	1,12	0,7
Zn Konsantre	5,9	2,58	2,0	0,42	2,5	52,05	70,7
Artık	82,1	0,92	9,9	0,27	22,0	1,41	26,6
Toplam	100,0	7,62	100,0	1,01	100,0	4,35	100,0

Qzdege 3.17 İşlemede Hedeflenen Satılabilir Konsantre İçerikleri

Ürün	Pb %	Cu %	Zn %
Pb Konsantresi	70-75	Max. 2,5	Max. 2,5
Cu Konsantresi	Max. 2,5	24-26	Max. 2,5
Zn Konsantresi	Max. 2,5	2-3	55 İdeal

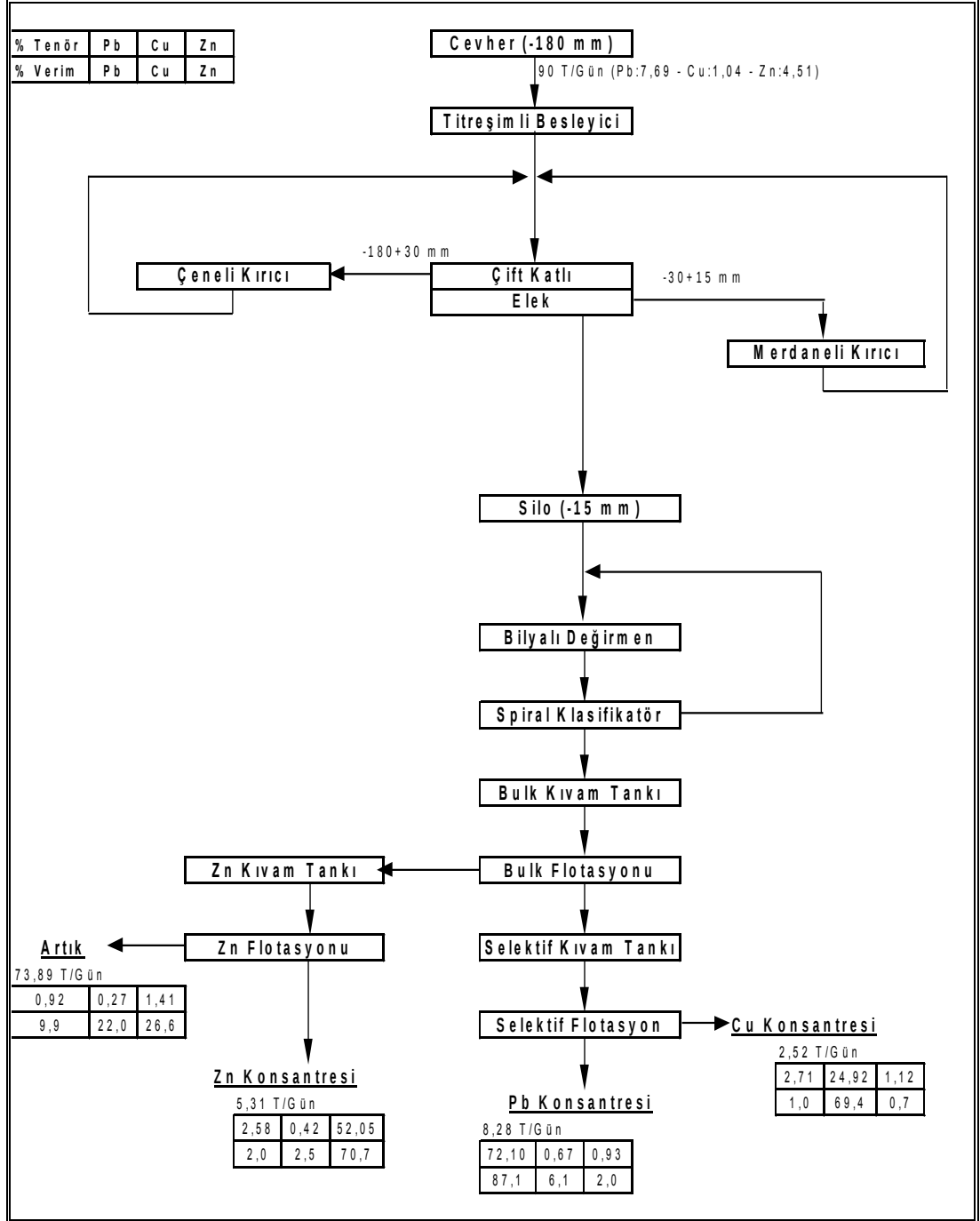
Günlük ortalama 90 ton cevher beslenen tesisin metad balansını da içeren mevcut proses akış şeması Şekil 3.5 de verilmiştir.

3.5.2 Ön Zenginleştirme Alternatifi

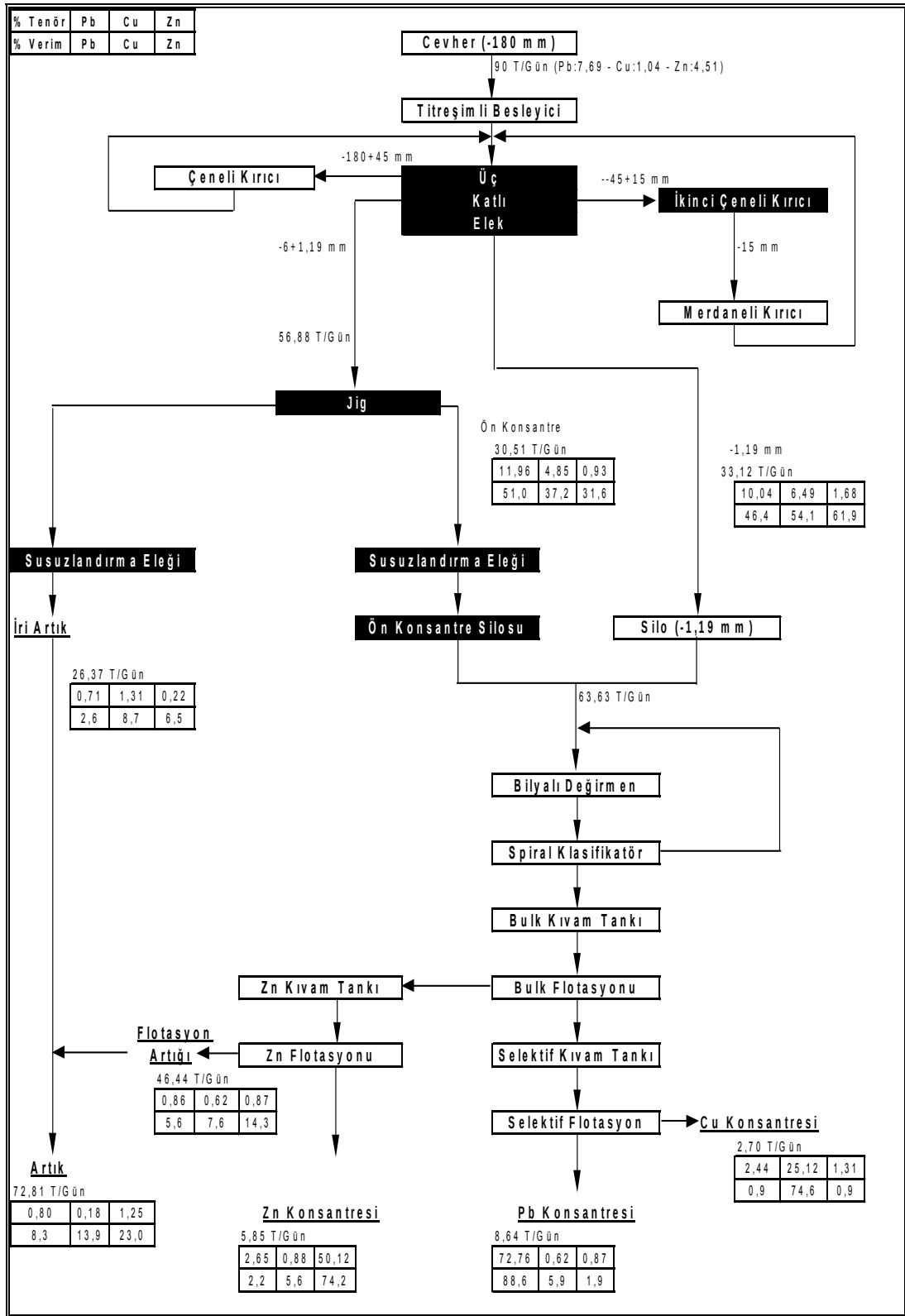
Selektif sülfür fltasyonu yapılan mevcut tesise alternatif olarak, fltasyon öncesi ön zenginleştirme yaparak, mümkün olduğunca iri bir boyutta düşük metad içeriği, yeterli miktarda artık atılan bir proses bu tez kapsamında değerlendirilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda –6 mm boyutunda jig ile yapılan ön

zenginleştirme miktarı olarak %29,3 oranında, %0,71 Pb, %0,22 Cu, %1,31 Zn içeren artık atılabilir. Bu verilerle ön zenginleştirme'nin önemli bir ekonomik avantaj yaratacağı görülmektedir.

Günlük ortalama 90 ton cevher besleme durumunda, metal balansını içeren ön zenginleştirme + flotasyon alternatifli tesisin akı mşeması Şekil 3.6 da verilmiştir.



Şekil 3.5 Mevcut Tesise Ait Proses Akı mşeması



Şekil 3.6 Jig Entegre Edilmiş Tesi se At Proses Akım Şeması

Alternatif proses için gerekli olan ilave makine – teçhizat akım şemasında koyu renkle gösterilmiştir.

3.5.3 Yatırım Tutarının Hesaplanması

Flüvyasyon öncesi jigile ön zenginleştirme yapılması durumunda gerekli makine ve teçhizatın yatırım tutarı toplamını görebilmek amacıyla mevcut tesisin ve jig entegre edilmiş tesisin makine – teçhizat listeleri hazırlanmıştır.

Mevcut tesisin makine – teçhizat listesi Çizelge 3.18’de, alternatif tesis makine – teçhizat listesi ve yatırım tutarları ise Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.18 Mevcut Tesis Makine – Teçhizat Listesi

Makine – Teçhizat Adı	Yatırım Tutarı
Titreşimli Besleyici	Mevcut
Bant Konveyör (Besleyici - Etek)	Mevcut
Çift Katlı Etek	Mevcut
Bant Konveyör (Etek - Çendi Kırıcı)	Mevcut
Bant Konveyör (Etek - Mardaneli Kırıcı)	Mevcut
Çendi Kırıcı	Mevcut
Mardaneli Kırıcı	Mevcut
İnce Cevher Silosu	Mevcut
Bant Konveyör (Mardaneli Kırıcı - Etek)	Mevcut
Bant Konveyör (Çendi Kırıcı - Etek)	Mevcut
Bant Konveyör (Etek - İnce Cevher Silosu)	Mevcut
Bilyalı Değirmen	Mevcut
Spiral Klasifikatör	Mevcut
Kuyu Pompası	Mevcut
Kıvam Tankı (Bulky)	Mevcut
Bulky Flüvyasyon Bataryası	Mevcut
Kıvam Tankı (Sektif)	Mevcut
Sektif Flüvyasyon Bataryası	Mevcut
Kıvam Tankı (Zn)	Mevcut
Zn Flüvyasyon Bataryası	Mevcut
Konsantre Pompası	Mevcut

Çizelge 3.19 Jig Entegre Edilmiş Tesi s Maki na – Teçhi zat Listesi

Maki na – Teçhi zat Adı	Yatırı mTutarı
Titreşimci Besleyici	Mevcut
Bant Konveyör (Besleyici - Hek)	Mevcut
Üç Katlı Hek	15.000\$
Bant Konveyör (Hek - Çendi Kırıcı)	Mevcut
Bant Konveyör (Hek - Mardandi Kırıcı)	Mevcut
Bant Konveyör (Hek – Jig arasında 15 m)	5.000\$
Çendi Kırıcı	Mevcut
İkinci Çendi Kırıcı	20.000\$
Mardandi Kırıcı	Mevcut
Ön konsantre Silosu	5.000\$
İnce Cevher Silosu	Mevcut
Bant Konveyör (Mardandeli Kırıcı - Hek)	Mevcut
Bant Konveyör (Çendi Kırıcı - Hek)	Mevcut
Bant Konveyör (Hek - İnce Cevher Silosu)	Mevcut
Mneral Jig	15.000\$
Susuzlandırma Hek (Atık)	5.000\$
Susuzlandırma Hek (Ön Konsantre)	5.000\$
Bant Konveyör (S Hek - ÖK Silosu arası 15 m)	5.000\$
Bant Konveyör (S Hek - Atık Sahası arası 10 m)	3.000\$
İri Atık Depolama – Bertaraf	4.500\$
Elmalı Değirmen	Mevcut
Spiral Kasnak	Mevcut
Kuyu Pompası	Mevcut
Kıvam Tankı (Bul k)	Mevcut
Bul k Flotasyon Bataryası	Mevcut
Kıvam Tankı (Sedektif)	Mevcut
Sedektif Flotasyon Bataryası	Mevcut
Kıvam Tankı (Zn)	Mevcut
Zn Flotasyon Bataryası	Mevcut
Konsantre Pompası	Mevcut

Ön zenginleştirme + flotasyon alternatifli bir tesisi için gerekli ilave maki na – teçhi zat ve top alyatırı m miktarı Çizelge 3.20 de verilmiştir. Maki na – teçhi zat fiyatları çeşitli üretici firmalardan temin edilmiştir. Bazı ilave maki ne-teçhi zat a ait parça ve montaj işlerini iş let meri n kendi d anakları ile karşılanacağı öngörülmüştür.

Çizelge 3.20 Jig Entegre Edilmiş Tesi s Maki ne – Teçhi zat Yatırı m Li stesi

Maki na – Teçhi zat Adı	Yatırı m Tutarı	Açık la ma
Üç Katlı B ek	15.000\$	Boy: 3m En: 1,2m M ot or gücü 7,5 HP
İkinci Çendi Kırıcı	20.000\$	Tek i st i na k d i l i ç 15 mm boğaz a ç ık ı k ı , 5 t / s kapasite di , M ot or gücü 15 HP
Bant Konveyör *(B ek – Jig arası)	5.000\$	En: 600mm Boy: 15m M ot or gücü 4 HP
Mineral Jig	15.000\$	3x1,2 my kama d ar l ı , M ot or gücü:25 HP
Susuzlandırma B e ğ i (Atık)	5.000\$	Boy: 2,4 m En: 1,2 m M ot or gücü 5,5 HP
Susuzlandırma B e ğ i (Ç n Konsantre)	5.000\$	Boy: 2,4 m En: 1,2 m M ot or gücü 5,5 HP
Ç n konsantre Silosu	5.000\$	Yükseklik: 20 m Ç ap: 3 m D a i r e s e l sac s i l o
İri Atık Depd ama – Bertaraf	4.500\$	M a l z e m e t o p l a m a t a n k ı v e p o m p a s ı (Ç k ı ş ç a p ı 60 mm M ot or gücü 25 HP)
Bant Konveyör *(Susuzlandırma B e ğ i - Ö K Silosu)	5.000\$	Boy: 15m En: 600mm M ot or gücü 4 HP
Bant Konveyör *(Susuzlandırma B e ğ i - Atık Sahası)	3.000\$	Boy: 10m En: 600mm M ot or gücü 4 HP
Montaj ve İnşaat İş leri	10.000\$	Toplam yatırı m n ın %15 i
TOPLAM	92.500\$	

* : Konveyör şa s e d e r i v e m o n t a j ı iş l e t m e d a n a k a r ı y l a y a p ı l a c a k t ı r .

3.5.4 İş l e t m e G e l i r l e r i n i n H e s a p l a n m a s ı

Mevcut tes i s v e a l t e r n a t i f t e s i s k o n s a n t r d e r i n d e n d e d e d i l e c e k s a t ı ş g e l i r l e r i n i g ö r e b i l m e k a m a c ı y l a f i r m a n ı n ö n e r d ğ h e s a p l a m a y ö n t e n i k u l l a n ı l m ı ş t ı r . P b , C u v e Z n i ğ n a y r ı a y r ı y a p ı l a n h e s a p l a m a y ö n t e n h e r i a ş a ğ ı d a g ö s t e r i l d ğ ş e k i l d e d i r :

LME Pb M et al i F i y a t ı (\$/t) * C e v h e r i n P b T e n ö r ü (%) * 0,85 – 170 (FOB)

LME Cu M et al i F i y a t ı (\$/t) * C e v h e r i n C u T e n ö r ü (%) * 0,85 – 70 (FOB)

LME Zn M et al i F i y a t ı (\$/t) * C e v h e r i n Z n T e n ö r ü (%) * 0,85 – 195 (FOB)

Yapılan hesaplamalarda kullanılan m et al f i y a t l a r ı , LME 2003 m a r t a y ı o r t d a m a d e ğ e r l e r i b a z d ı n m ı ş t ı r . H e s a p l a m a l a r d a k u l l a n ı l a n m e t al f i y a t l a r ı Çizelge 3.21 'de verilmiştir.

Çizelge 3.21 LME 2003 Mart Ortalama M et al F i y a t l a r ı

Pb	Cu	Zn
456 \$/t	1.658 \$/t	790 \$/t

3.5.4.1. Mevcut Tesi s i Ŗ et me Gelirleri ni n Hesaplanması

Günlük 90 ton malzeme beslenen doğrudan selektif sülfür flüatasyonu yapılan tesisten elde edilen ürünlerin miktarları ve metal içerikleri proses akı m şemasında gösterildi ğ i bi değ erlendiril mi ş ve hesaplamalar yapılmı ş tır. Buna göre elde edilecek Pb konsantresinin fiyatı 132 \$/t, Cu konsantresinin fiyatı 362 \$/t ve Zn konsantresinin fiyatı 153 \$/t olarak hesaplanmı ş tır. Günlük üretilen konsantrlerden elde edilecek gelir ise 2435 \$'dır.

$$\text{Pb Konsantresi} = 456 \times 0,7210 \times 0,85 - 170 = 109 \text{ \$/t}$$

$$\text{Cu Konsantresi} = 1658 \times 0,2492 \times 0,85 - 70 = 281 \text{ \$/t}$$

$$\text{Zn Konsantresi} = 790 \times 0,5205 \times 0,85 - 195 = 154 \text{ \$/t}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük Üretilen Konsantrlerin De ğ eri} &= (109,5 \times 8,28) + (281,2 \times 2,52) + (154,5 \times 5,31) \\ &= 2435 \text{ \$/gün} \end{aligned}$$

3.5.4.2. Alternatif Tesi s i Ŗ et me Gelirleri ni n Hesaplanması

Flüatasyon öncesi ön zenginle ş tirme yapılan alternatif prosese günlük 90 ton malzeme beslenmesi durumunda tesisten elde edilen ürünlerin miktarları ve metal içerikleri proses akı m şemasında gösterildi ğ i bi değ erlendiril mi ş ve hesaplamalar yapılmı ş tır. Buna göre elde edilecek Pb konsantresinin fiyatı 112 \$/t, Cu konsantresinin fiyatı 284 \$/t ve Zn konsantresinin fiyatı 142 \$/t olarak hesaplanmı ş tır. Günlük üretilen konsantrlerden elde edilecek gelir ise 2565 \$'dır.

$$\text{Pb Konsantresi} = 456 \times 0,7276 \times 0,85 - 170 = 112 \text{ \$/T}$$

$$\text{Cu Konsantresi} = 1658 \times 0,2512 \times 0,85 - 70 = 284 \text{ \$/T}$$

$$\text{Zn Konsantresi} = 790 \times 0,5012 \times 0,85 - 195 = 142 \text{ \$/T}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük Üretilen Konsantrlerin De ğ eri} &= (112 \times 8,64) + (284 \times 2,7) + (142 \times 5,85) \\ &= 2565 \text{ \$/gün} \end{aligned}$$

3.5.4.3 Değir men Öğüt me Kapasitesi ne Uygun Olarak Tesi s Besleme Kapasitesi ri n Arttırıl ması Durumunda Tesi s İşlet me Gelirleri ri n Hesaplan ması

Mevcut sistemde değir mene 90 t/ Gün, ort d ama 15 mm boyut una kırıl mış t uvenan cevher beslen mekt ed r. Değir men – kl asifi kat ör kapalı devresi nde ort d ama öğüt me süresi 20 dakı ka dd ayı nda d up fl d asyona beslenen mal zeme boyut u yakl aşık 100 mikron dd ayı ndadır.

Ön zengir leştir me alternatifinde mevcut değir men kapasitesi ne uygun besleme ri n gerçekl eştir il mesi durumunda kl asik sistemde 90 t/gün ol an t uvenan cevher kapasitesi arttırıl arak 127t/gün değeri ne çı karıl abil ecek, bu mikt arı n 37 t onu (%29. 3) değir men öncesi jig zengir leştir mesi ile iri artık d arak atıl abil ecektir.

Ön zengir leştir me alternatifinde 90 t/gün kapasite di ön konsantre ri n değir mene beslen mesi hal inde yakl aşık 100 mikron alt ınai ndır meki ğ in ort d ama 12 dakı kal ık bir öğüt me süresi hesaplan m ştır. Bu durumda sadece öğüt me enerjisi nden yakl aşık %40 dd ayı nda bir tasarruf sağ anabil mekt ed r.

D ğ er yandan 90 t/gün kapasite di ön konsantre ri n öğüt meye ğ ir mesi hal inde; Şekil 3.5 de veril en mal zeme bal ansı değeri ne göre;

12, 22 t/gün %72, 76 Pb i çeri ki kurşun konsantresi

3, 81 t/gün %25, 12 Cu i çeri ki bakır konsantresi

8, 27 t/gün %50, 12 Zn i çeri ki ğ nko konsantresi

el de edl eбіl ecektir. Bu koş ul ar atı nda ğ ürl ük konsantre üreti mnden ğ elirler;

Pb konsantresi = 112 x 12, 22 = 1 368, 6 \$

Cu konsantresi = 284 x 3, 81 = 1 082, 0 \$

Zn konsantresi = 142 x 8, 27 = 1 174, 3 \$

d mak üzere to pl am 3. 624, 9 \$/gün 'l ük brüt konsantre ğ eliri sağ anmı ş d acaktır. Bu durumda ise kl asik sisteme orarl a konsantre sat ışı ba zı nda tesis ğ eliri; (3. 624, 9 – 2. 435) / 2. 435 $\cong$ %49 oranı nda arttırıl mış d maktadır.

3.5.5 İşletme Giderlerini Hesaplanması

İşletme yetkililerince önerilmiş gider kalemleri ve masrafları, mevcut tesis ve alternatif tesisi için ayrı ayrı belirlenmiş ve toplam işletme giderleri hesaplanmıştır.

3.5.5.1. Mevcut ve Alternatif Proses İşletme Giderlerini Hesaplanması

Mevcut tesis için işletme yetkilileri tarafından önerilmiş ton başına maliyetler kullanılarak günlük 90 ton, aylık ise 2000 ton malzeme beslenmesi durumuna göre hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir. Aylık gider tutarı hesaplamalarında 22 çalışma günü baz alınmıştır.

Alternatif proste mevcut tesisten farklı olarak, ön zenginleştirme sonrası atılan artık miktarı göz önünde bulundurularak flüasyon ünitesi ne günlük 63 ton, aylık ise 1390 ton malzeme beslenmesi durumuna göre hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir.

Alternatif proses gider hesapları yapılırken, kırma – eeme gider kaleminde, beslenen malzeme miktarı her iki proste de değişmediğinden günlük 90 ton, aylık ise 2000 ton olarak alınmıştır.

Alternatif proste günlük 90 ton malzeme beslenmesi durumunda, jige beslenen malzeme miktarı günlük 56,9 ton, aylık ise 1251,8 ton d maktadır. Aynı şekilde susuzlandırma elelerine gelen malzeme miktarı da günlük 56,9 ton, aylık ise 1251,8 ton d maktadır. Ön zenginleştirme devresinden atılan iri artık miktarı günlük 26,4 ton, aylık ise 580,8 tondur. Alternatif proses gider hesabı yapılırken söz konusu rakamlar dkkate alınmıştır.

Alternatif proses için işletme yetkilileri tarafından önerilmiş ton başına maliyetler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir. Mevcut ve alternatif proses işletme giderleri Çzelge 3.22 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.22 Mevcut ve Alternatif Proses İşletme Giderleri

Gider Kalemleri	Giderler					
	Mevcut Proses			Alternatif Proses		
	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay	\$/t	63 t/gün	1390 t/ay
İki Kademe Kırma ve Eleme	0,65	58,5	1.300,0	0,70	63,0	1.400,0
Öğütme	0,85	76,5	1.700,0	0,70	44,1	973,0
Flotasyon	0,40	36,0	800,0	0,30	18,9	417,0
Atık Barajı	3,84	345,6	7.680,0	2,55	160,7	3.544,5
İri Atık Stoklama	-	-	-	1,05	27,7	609,4
Reaktif - Laboratuvar	2,14	192,6	4.280,0	2,00	126,0	2.780,0
Elektrik	3,70	333,0	7.400,0	3,25	204,8	4.517,5
Nakliye	6,00	540,0	12.000,0	6,00	378,0	8.340,0
Jig	-	-	-	2,00	113,8	2.503,6
Susuzlandırma Elekleri ve Bant Konveyörler	-	-	-	0,20	11,4	250,8
İşçilik	0,60	54,0	1.200,0	0,60	37,8	834,0
Genel Giderler	0,40	36,0	800,0	0,50	31,5	695,0
Toplam		1672,2	37.160,0		1217,7	26.864,8

Mevcut ve alternatif proses gider tutarları bildirilmiş ve işletme maliyetlerindeki düşüş oranı %27 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{İşletme Maliyetlerindeki Düşüş Oranı} = \frac{1.672,2 - 1.217,7}{1.672,2} \cong \%27$$

Mevcut ve alternatif proses gelir ve gider farkları hesaplanarak, elde edilen brüt karları bulunmuştur.

$$\text{Mevcut Sisteme Elde Edilen Günlük Brüt Kar} = 2.435 - 1.672,2 = 762,8 \text{ \$/gün}$$

$$\text{Mevcut Sisteme Elde Edilen Aylık Brüt Kar} = 16.781,6 \text{ \$/gün}$$

$$\text{Alternatif Sisteme Elde Edilen Günlük Brüt Kar} = 2.565 - 1.217,7 = 1.347,3 \text{ \$/gün}$$

$$\text{Alternatif Sisteme Elde Edilen Aylık Brüt Kar} = 29.640,6 \text{ \$/gün}$$

Brüt kardaki değişim %77 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Brüt Kardaki Değişim} = \frac{29.640,6 - 16.781,6}{16.781,6} \cong \%77$$

3.5.5.2 Mevcut ve Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses İşletme Giderlerini Hesaplanması

Ön zenginleştirme alternatifinde mevcut değirmen kapasitesi ne uygun beslemeni gerçekleştireceği durumunda klasik sistemde 90 t/gün'dan tüvenen cevher kapasitesi arttırılarak 127t/gün değeri ne karşılanabileceği, bu miktarın 37 tonu (%29.3) değirmen öncesi jig zenginleştirme ile eiri artık olarak atılabilecektir.

Arttırılmış kapasiteli alternatif proste öğütme devresine 90 ton malzeme beslenmesi durumunda, kırma devresine günlük 127 ton, aylık ise 2794 ton besleme yapılması gerekmektedir.

Alternatif prosesde günlük 127 ton malzeme beslenmesi durumunda, jig devresine cevherin delez analiz sonuçlarına göre malzemenin % 63,2 si, bir başka deyişle günlük 80,3 tonu, aylık ise 1766,6 tonu beslenecek ve ön zenginleştirme yapılacaktır. Aynı şekilde susuzlandırma deleklerine gelen malzeme miktarı da günlük 80,3 ton, aylık ise 1766,6 ton dıktadır. Ön zenginleştirme devresinden atılan iri artık miktarı günlük 37 ton, aylık ise 814 tondur. Arttırılmış kapasiteli alternatif proses gider hesabı yapılırken söz konusu rakamlar dkkate alınmıştır.

Mevcut ve arttırılmış kapasiteli alternatif proses işletme giderleri Çzdege 3.23 de gösterilmiştir.

Çzdege 3.23 Mevcut ve Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses İşletme Giderleri

Gider Kalemleri	Giderler					
	Mevcut Proses			Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses		
	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay
İki Kademe Kırma ve Eleme	0,65	58,5	1.300,0	0,70	88,9	1.955,8
Öğütme	0,85	76,5	1.700,0	0,70	63,0	1.400,0
Flotasyon	0,40	36	800,0	0,30	27,0	600,0
Atık Barajı	3,84	345,6	7.680,0	2,55	229,5	5.100,0
İri Atık Stoklama	-	-	-	1,05	38,9	854,7
Reaktif - Laboratuvar	2,14	192,6	4.280,0	2,00	180,0	4.000,0
Elektrik	3,70	333	7.400,0	3,25	292,5	6.500,0
Nakliye	6,0	540	12.000,0	6,00	540,0	12.000,0
Jig	-	-	-	2,00	160,6	3.553,2
Susuzlandırma Eleklere ve Bant Konveyörler	-	-	-	0,20	16,1	353,3
İşçilik	0,60	54	1.200,0	0,60	54,0	1.200,0
Genel Giderler	0,40	36	800,0	0,50	45,0	1.000,0
Toplam		1.672,2	37.160,0		1.735,5	38.517,0

Mevcut ve arttırılmış kapasiteli alternatif proses gelir ve gider farkları hesaplanarak, elde edilen brüt karları bulunmuştur.

Mevcut Sisteminde Edilen Günlük Brüt Kar = 2.435 – 1.672,2 = 762,8 \$/gün

Mevcut Sisteminde Edilen Aylık Brüt Kar = 16.781,6 \$/gün

Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Sisteminde Edilen Günlük Brüt Kar

= 3.624,9 – 1.735,5 = 1.889,4 \$/gün

Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Sisteminde Edilen Aylık Brüt Kar = 41.566,8 \$/gün

Brüt kardaki değişim = $\frac{41.566,8 - 16.781,6}{16.781,6} \cong \%148$ olarak hesaplanmıştır.

3.5.6 Amortisman Yükünün Hesaplanması

3.5.6.1. Alternatif Prosese Göre Amortisman Yükünün Hesaplanması

Yeni yapılan yatırımın toplam beddi 92.500 \$ olarak hesaplanmıştır. İlave ekipmanın amortisman süresi 10 yıl olarak değerlendirildiğinde yıllık amortisman yükü 92.500 / 10 = 9.250 \$/yıl dır.

Tesis işletme gelir ve giderleri aylık bazda hesaplanmıştır. Bu hesaplama sistematikle göre aylık amortisman yükü 9.250 / 12 = 771 \$/ay dır.

Ön zenginleştirme alternatifi toplam işletme giderleri 26.865 \$/ay, amortisman şarjı ile birlikte bu değer 27.636 \$/ay değerine ulaşmaktadır.

İlave yatırımın tümü dkkate alındığında (92.500\$); ön zenginleştirme ve klasik proses alternatifleri ne göre nihai metal satışları farkı üzerinden (2.565 \$/gün – 2.435 \$/gün = 130 \$/gün); toplam yatırımı 92.500 \$/gün / 130 \$/gün $\cong$ 712 (23,7 ay) günde kendini amorti edebilecektir.

3.5.6.2 Arttırılmış Kapasiteye Göre Amortisman Yükünün Hesaplanması

Ön zenginleştirme alternatifi için öngörülen ilave yatırım bedeli 92.500 \$ ve aylık bazda işletme giderleri + amortisman şarjı toplamı 30.505 \$ olarak hesaplanmıştır.

Arttırılmış kapasite ile nihai konsantre gelirleri ile klasik proses gelirleri farkı üzerinden (3.624,9 – 2.435 = 1.189,9 \$/gün) toplam yatırımı 92.500 \$ / 1.189,9 \$/gün $\cong$ 78 gün (2,6 ay) gibi kısa bir sürede amorti edilebilecektir.

3.6. Bergmann Yaklaşımıyla Ön Ekonomik Değerlendirme

Birçok araştırmacı tarafından araştırılan ön zenginleştirme'nin ekonomikliği konusuna en uygun yaklaşım Bergmann (1969) tarafından getirilmiştir. Buna göre ön zenginleştirmede ekonomiklik sınırı atılması gereken artık miktarının bir fonksiyonudur. [14]

$$I = \frac{K + E_E - E_V}{F_P + S + E_B - A} \times 100$$

I : Ön zenginleştirme'nin ekonomik dâhilmesi için atılması gereken artık miktarı, (%)

K : Ön zenginleştirme maliyeti, (US \$/ton beslenen cevher)

E_E : I'nın bir fonksiyonu olarak artıktaki metal kayıplarından kaynaklanan zarar, (US \$/ton beslenen cevher)

E_V : Beslenen ton cevher başına I'nın bir fonksiyonu olarak flotasyondaki iyileşmeden kaynaklanan gelir, (US \$/ton beslenen cevher)

F_P : Flotasyon ve öğütme maliyeti, (US \$/toniri artık)

S : Fl dasyon artıkları n de pd ama maliyeti, (US \$/toniri artık)

E_B : Atıkların satışından kaynaklanan gelir, (US \$/toniri artık)

A : İri boyutlu artığın de pd ama maliyeti, (US \$/toniri artık)

Ön zenginleştirme sonucunda iri boyutta atılan artıkların değerli met d içeriklerini fl dasyonda atılan artıkların içeriklerine yakın veya daha düşük düzeyde olması gerekmektedir.

Ön zenginleştirme n ekon omisi üzerine Bergmann tarafından geliştirilen formül kullanılarak, -6 mm boyutunda jig ile yapılacak olan ön zenginleştirme iş leniminin ekonomik d a bil mesi için atılması gereken niri mum artık miktarı hesap anm ıştır.

$K = \text{Kırma ek iş et me maliyeti} + \text{Jig iş et me maliyeti} + \text{Susuzlandırma el ekleri ve ilave bant konveyör iş et me maliyeti} + \text{Genel g derler}$

$$K = 0,05 + 3,50 + 0,20 + 0,10$$

$$K = 2,35 \$/t$$

Ön zenginleştirme sonucunda iri boyutta atılan artıkların değerli met d içeriklerini fl dasyonda atılan artıkların içeriklerinden daha düşük düzeyde olması dd ayısı yla E_E parametresi sıfır d arak alınm ıştır.

$$E_E = 0$$

Fl dasyondaki iyileş meden kaynaklanan E_v parametresi değeri mevcut ve alternatif proses g ürl ük gelirleri fark ı d ınarak hesap anm ıştır.

$$E_v = \frac{2.565\$/gün - 2.435\$/gün}{90 gün}$$

$$E_v = 1,5 \$/t$$

$F_p = \text{Öğüt me maliyeti} + \text{Fl dasyon maliyeti} + \text{Reaktif maliyeti}$

$$F_p = 0,85 + 0,40 + 2,14$$

$$F_p = 3,39 \$/t$$

$$S = 3,84 \$/t$$

Artıkların satışından herhangi bir gelir söz konusu olmadığı için $E_B = 0$ olarak alınmıştır.

$$A = 1,05 \$t$$

$$I = \frac{2,35 + 0 - 1,5}{3,39 + 3,84 + 0 - 1,05} \times 100$$

$$I \cong \%14$$

Bergmann yaklaşımına göre -6 mm boyutunda yapılacak bir ön zenginleştirme'nin ekonomik yapılması için atılması gereken minimum artık miktarı % 14 olarak hesaplanmıştır. -6 mm boyutundaki gile yapılan ön zenginleştirme deneyinde atılan artık miktarı ise %29,3'dür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, Çanakkale – Yeri ce yöresi ne ait Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevheri nin ön zenginleştirme kriterlerini ncel enmesi amacıyla daha önce yapılmış ön etü d erini işğ nda, özgül ağırlık farkına göre ayırma yöntemleri kullanılarak ön zenginleştirme d anakları araştırılmıştır. Ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye, iş etmede uygulanan selektif sülfür flü idasyonu koşulları baz alınarak flü idasyon zenginleştirme si uygulanmış, elde edilen sonuçlara göre metal b alansını içeren proses akış mş eması hazırlanmıştır. Son d arak, mevcut proses ve alternatif proses seçenekleri neiliş ki, ek yatırım ve iş etme g i derleri bazında bir ön ekonomik değ erlendirme yapılmıştır. Çalışmalardan elde edilen veriler ve ön ekonomik değ erlendirmeye iliş ki n sonuç lar ve irdel em eleri alt başlıklar halinde sırd anmaktadır.

- 1) Deneysel çalışmalarda kullanılan numune, daha önce Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalında yapılan bir ön etü d sırasında alınmış olup, tez kapsamında ayrırtılı d arak in cel enen ön zenginleştirme yaklaşımı bu çalışmada önerilen bilgileri n işğ nda geliştirilmiştir. Çalışmalara esas teşkil eden kompleks sülfür cevheri nin metal içeri kleri sırasıyla %7.69 Pb, %1.04 Cu ve %4.47 Zn d arak saptanmıştır.
- 2) Önceden yapılmış çalışmada ayrırtılı d arak m in er al d i k in cel em el er yapılmıştır. Bu çalışmalardan derlenen bilgilere göre, cevher bileşimini n yaklaşık d arak %20'sinin sülfürlü m in er al er, %10'unun kal sit, %50'sinin kuvars ve geri kalanının ise andezit bileş imi v d kari k kayaç bir i n heri nden d uş tuğ u saptanmıştır. Sülfürlü m in er al er in büyük bir çoğ u n luğ unu sf al erit ve gal en teşkil et m e k t e d up, ayrıca kal kopirit ve pirit, eser ni k t arda markasit, kovelin, spekül erit, götit, hematit, lepi dokrosit ve nabit altın m in er al er i n i n de bul unduğ u göz l enmiştir.
- 3) Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevheri nin özgül ağırlık farkına göre ayırma ile ön zenginleştirme yapılarak daha ekonomik d arak değ erlendiril me d anakları n n araştırıl d ğ çalışmalarda, iri boyutta (-9 +1, 18 mm) yapılan ön

zenginleştirme deneylerinde jig ince boyutta (-1,18 mm) yapılan ön zenginleştirme deneylerinde ise sarsıntılı masa kullanılmıştır.

- 4) Tamam -9 mm ve -6 mm ve boyutları indirilmeden cevher numunesi, ayırma etkililiğini arttırmak amacıyla çeşitli boyut gruplarına sınıflandırılmış ve laboratuvar tipi jig kullanılarak ön zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. -9 mm boyutu altında yapılan deneylere göre, ağırlıkça % 28.4 oranında bir artığın, % 1.07 Pb, % 0.19 Cu ve % 1.58 Zn içeriğiyle atılabileceği görülmüştür. Ön zenginleştirme boyutunun -6 mm altında gerçekleştirilmesi halinde ise, ağırlıkça % 29.3 oranında bir artığın, % 0.71 Pb, % 0.22 Cu ve % 1.31 Zn içeriğiyle uzaklaştırılabildiği saptanmıştır.
- 5) Cevher yapısında bulunan kuvars ve kalsit gibi gang minerallerinin ön zenginleştirme ile önemli bir oranda uzaklaştırılmasıyla elde edilen ön konsantreri, mineral çikilmesini de düşmesi de ayrı ayrı öğütme süresini azaltan bir trende öğütme karakteri değişecektir. Bu nedenle ön konsantreri 100 mikron altına öğütülmesi için öğütme süresini belirlemeye yöneltilecekler yapılmıştır. Bu çalışmalarda cevherin yaklaşık % 90'ının 100 mikron altına indirilmesi için öğütme süresi 12 dakika olarak belirlenmiştir. Bu durumda ön konsantreri %80'inin geçtiği boyut yaklaşık 74 mikron d maktadır.
- 6) Ön konsantreye, tesiste kullanılan reaktifler ile selektif sülfür flütasyonu uygulanmıştır. Optimum koşullarda yapılan selektif sülfür flütasyonu sonuçlarına göre, ağırlıkça %9.6 oranında Pb, % 3.0 oranında Cu ve % 6.5 oranında Zn konsantrileri sırasıyla %72.76 Pb, % 25.12 Cu ve % 50.12 Zn içerikleriyle elde edilebilmektedir. Flütasyon devresinden, ağırlıkça % 51.6 oranında bir ince artık sırasıyla % 0.86 Pb, % 0.15 Cu ve % 1.22 Zn metal içerikleriyle ayrılacaktır.
- 7) İri boyutta jig ve ince boyutta flütasyon işlemleri sonunda prosesten atılacak toplam artık, ağırlıkça % 80.9 oranında olup, sırasıyla % 0.80 Pb, % 0.18 Cu ve % 1.25 Zn metal içermektedir. Toplam metal kayıpları ise, sırasıyla % 8.3 Pb, % 13.9 Cu ve % 23 Zn d maktadır.
- 8) Mevcut tesis verileriyle atılan artığın değerleri incelendiğinde; halihazırda % 82.1 oranında bir artık sırasıyla % 0.92 Pb, % 0.27 Cu, % 1.41 Zn içerikleri ve % 9.9 Pb, % 22.0 Cu ve % 26.6 Zn metal kayıpları ile atılmaktadır.

- 9) Ön zenginleştirme alternatifi için deneysel çalışmalardan elde edilen verilerle metal balansını içeren bir proses akı mşeması geliştirilmiştir. Bu alternatife gö re tesis besleme kapasitesi 90 t/gün olarak sabit tutulduğunda, değ r mene besleme miktarı 63 t/gün'e düşmektedir. Değ r men kapasitesinin tam kullanılması gerç ekleştirildiğ nde (90 t/gün) o takdirde tesise beslenen tuvenan cevher kapasitesi günlük 127 tona çıkarılabilecek, böylece tesis kapasitesi nde yaklaşık % 41 oranında bir artış sağ anmış dacaktır.
- 10) Mevcut tesis makina ekipman amortismanları sıfırlanmış durumda olup, birim zamanda maliyetler üzerine gelen bir amortisman yükü bulunmamaktadır. Ön zenginleştirme alternatifinin düşünülmesi halinde, bazı ekipman ve ünitelerin iş let merinin kendi danaklarıyla imalatı da öngörülerek, güncel rakamlarla yapılan değ erlendirmelere göre toplam 92.500 \$'lık bir ek yatırım hesaplanmaktadır.
- 11) İlave yatırımların amortisman süresi 10 yıl kabul edildiğ nde yıllık bazda 9.250 \$; gibi bir amortisman yükü hesaplanmaktadır. Toplam yatırım maliyetleri hesabında amortisman yükü dahil edilmiş olup, daha pratik bir yaklaşı mla toplam yatırımın iş let merinin artırılmış metal gelirleri üzerinden karşı lanma oranları hesaplanmıştır. Buna göre, tesis beslemesinin 90 t/gün tutulduğu alternatifde, brüt gelir artışı ile toplam yatırımın karşı lanma süresi 23.7 ay; artırılmış kapasite alternatifinde ise 2.6 ay olarak hesaplanmaktadır.
- 12) Mevcut iş let me ve alternatif proses öngörül erine ilişkin maliyet ve gelir-g der hesapları yapılmıştır. Bu değ erlendirmelerde mevcut iş let merinin son 6 aylık maliyet verileri dikkate alınmıştır. 90 t/gün tuvenan beslemeli bir ön zenginleştirme uygulaması halinde mevcut iş let me maliyetlerinde % 27 oranında bir düşüş sağ anacağı hesaplanmıştır.
- 13) 90 t/gün besleme kapasitesi nde, mevcut sisten elde edilen günlük brüt kar; 762,8 \$/gün; ön zenginleştirme alternatifinde elde edilen günlük brüt kar 1.347 \$/gün ve brüt kardaki değ ş i moranı %77 olarak saptanmıştır.
- 14) Tesis tuvenan cevher besleme kapasitesinin değ r men kapasitesi ne göre artırılması halinde, birim zamanda iş let merinin brüt kar'ında değ ş i m hesaplanmıştır. Buna göre iş let merinin günlük brüt kar'ı 1.889 \$/g d makt a, mevcut iş let me brüt kar'ına göre artış oranı ise % 148'e ulaşmaktadır.

15) Mevcut cevhere bir ön zenginleştirme uygulaması halinde, elde edilecek konsantrasyon miktarları metal içerik ve verimliliği ile güncel maliyet ve satış verilerinden hareketle Bergmann modeli ile bir değerlendirme yapılmıştır. Bu modele göre, mevcut verilerle ön zenginleştirme sonrasında yaklaşık % 14 oranında bir artışı atılması halinde uygulamanın ekonomik dâbileceği hesaplanmaktadır. Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışma sonuçlarına göre ise, ön zenginleştirmeden atılacak artık miktarı bir hayli yukarıda bir değeri (% 29.3) vermektedir. Bu çalışmadan elde edilen verilerle satış maliyetleri ve fiyatları üzerinden sağlanan artış sonuçlarının Bergmann modeliyle belirlenmiş değerlendirme ile büyük oranda uyduğu görülmektedir.

16) Tez kapsamında çalışılan cevher özelliklerinde henüz ülkemizde bir ön zenginleştirme uygulaması bulunmamaktadır. Ancak dünyanın değişik ülkelerinde özellikle gravite ile zenginleştirme esasına dayalı bazı örnekler bulunmaktadır. Bu tür cevherlerin değerlendirilmesinde ince öğütme ve takiben flütasyon ile zenginleştirme yöntemi yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu nedenle tez kapsamında yapılan çalışma ile ön zenginleştirmeye ilişkin genel kabuller ortaya konmaya çalışılmış olup endüstriyel ölçekte gerçekleştirilecek uygulamalar için daha kapsamlı proses ve fizibilite çalışmalarının yapılması gereği düşünülmektedir.

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarla Yarıce kompleks Pb-Cu-Zn cevherlerinin ön zenginleştirme oranları incelenmiş, ve temel ekonomik verilerden hareketle bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Deneysel verilerle ortaya konulan teknik sonuçların güvenilirlik katsayısı son derece yüksek olup, böyle bir öngörü için yeterli sonuçları ifade etmektedir. Diğer yandan dâbilğince temel ekonomik kriterlerle ve elde edilen güncel maliyetlerle bir değerlendirme yapılmış, bu noktada da son derece yüksek karlılık oranları elde edilmiştir. Ancak böyle bir alternatif prosesin öngörülmesi halinde ekonomik değerlendirmelerin kesin hesaplarla bir kez daha teyid edilmesi uygun dâğı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **DPT**, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Kurşun – Çinko – Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu, Ankara (DPT. 2628 - ÖK 639) ISBN 975-19-2858-3 (<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/ok639.pdf/>)
- [2] **Yüce, A E**, (Editör), 1998. Türkiye Kurşun Envanteri, Maden İhracatçıları Birliği, Temmuz, İstanbul
- [3] **Güney, A** (Editör), 1998. Türkiye Çinko Envanteri, Maden İhracatçıları Birliği, Temmuz, İstanbul
- [4] **DPT**, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Bakır-Frit Çalışma Grubu Raporu, Ankara: (DPT. 2627 - ÖK 638) ISBN 975-19-2861-3 (<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/ok638.pdf/>)
- [5] **Sirkeci A A** (Editör), 1998. Türkiye Bakır Envanteri, Maden İhracatçıları Birliği, Temmuz, İstanbul
- [6] **ILZSG** Pocket Guide to World Zinc, 1997
- [7] **ILZSG Statistics**, 2000
- [8] **Mineral Commodity Summaries**, 1998
- [9] **DPT**, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1996 Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Bakır Cevheri Ve Frit Çalışma Grubu Raporu, Ankara
- [10] **Yüce, A E**, Doğu Karadeniz Bölgesi Bazı Metal Kaynaklarının Ekonomiye Katkısı ve Madencilik Açısından Önemi
- [11] **Atak, S**, 1982. Flotasyon İlkeleri ve Uygulanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ofset Baskı Adayesi, Gümüşsuyu-İstanbul
- [12] **Kaya, M**, 1991, Flotasyon El Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayınları
- [13] <http://www.lme.co.uk>

- [14] **Gül, A.**, 2000., Küre Dışına Bakır Cevherinin Ön Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [15] **Önal, G., Ateşok, G.**, (Editörler), 1994. Cevher Hazırlama El Kitabı, Çiçek Hazırlık Vitrini Tanıtım ve Organizasyon Tic. Ltd. Şti., Haziran, İstanbul
- [16] **MT. A.**, 1993, Türkiye Kurşun-Çinko Envanteri, MT. A Yayınları, No: 199, Ankara
- [17] **Kumbasar, I.**, 1984, Mineraloji Ders Notları, İTÜ
- [17] **Gürkan, V.**, (**Proje Yöneticisi**), **2001**, Yeriçe Kompleks Pb – Cu – Zn Cevherlerinin Ön Mineralojik Etüdü