



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**
HAKKARİ İL MÜDÜRLÜĞÜ



HAKKÂRİ İLİNDE MADEN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TEKNOLOJİ KULLANIM ALT YAPISININ İNCELENMESİ FİZİBİLİTE RAPORU



HAKKÂRİ İLİNDE MADEN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TEKNOLOJİ KULLANIM ALT YAPISININ İNCELENMESİ FİZİBİLİTE RAPORU

Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı

Tüm Hakları Saklıdır.

Proje Koordinatörü: Murat KOCA (Sanayi ve Teknoloji İl Müdürü)

Bu alışma, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı – DAKA desteği ile Fidem Proje Eğitim Danışmanlık Organizasyon Turizm Sanayi Ticaret Limited şirketi tarafından Hakkâri İlinde Maden Zenginleştirilmesine Yönelik Teknoloji Kullanım Alt Yapısının İncelenmesi Fizibilite Raporunun hazırlanmasına yönelik olarak 22/04/2019 tarihinde imzalanan Hizmet Alım Sözleşmesi ve Teknik Şartname kapsamında hazırlanmıştır.

HAZIRLAYANLAR:

Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK (İstanbul Üniv-Cerrahpaşa Jeoloji Müh. Bölümü)

Prof. Dr. İlgin KURŞUN (İstanbul Üniv-Cerrahpaşa Maden Müh. Bölümü)

Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ (İstanbul Üniv-Cerrahpaşa Jeoloji Müh. Bölümü)

Doç. Dr. Muhammed Ali AYDIN (İstanbul Üniv-Cerrahpaşa Bilgisayar Müh. Bölümü)

Ercan ERİP (Hakkari Valilęi-İl Proje Koorinasyon Merkezi Ekonsit)

“Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı 2018 yılı fizibilite destek programı kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı ve/veya Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının görüşlerini yansıtmamakta olup, içerik ile ilgili tek sorumluluk Hakkari Valiliği Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü ve Fidem Proje Eğitim Danışmanlık Organizasyon Turizm Sanayi Ticaret Limited şirketine Aittir.”

İçindekiler Tablosu

ÖNSÖZ.....	11
PROJE KOORDİNATÖRÜNÜN SUNUŞU	13
ÖZET	14
1. BÖLÜM:	18
PROJENİN TANIMI, KAPSAMI, AMAÇ VE HEDEFLERİ	18
1.1. TANIM VE KAPSAM	18
1.1.1. Giriş.....	18
1.1.2. Mevcut Durum Analizi.....	18
1.1.3. Projenin Amacı (neden ihtiyaç duyulduğu)	18
2. BÖLÜM:	19
HAKKARİ İLİNDE BULUNAN MADEN FİRMALARININ MEVCUT DURUMU, GELİŞME EĞİLİMLERİ VE BEKLENTİ ANALİZİ.....	19
2.1. GİRİŞ	19
2.2. BEKLENTİLER	21
2.3. GÜVENLİK SORUNU.....	21
2.4. MADENCİ- KÖYLÜ İLİŞKİSİ	22
2.5. ORMAN HARÇLARININ AZALTILMASI.....	22
2.6. TEKNİK ELEMEN İSTAHDAMININ ZORLUĞU	22
3. BÖLÜM:	23
HAKKARİ BÖLGESİNDEKİ ÇİNKO - KURŞUN YATAKLARI VE ÖZELLİKLERİ	23
3.2. BÖLGENİN JEOLJİSİ	23
3.3. HAKKARİ BÖLGESİ KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARI	25
3.3.1. Kuzey Kuşağıdaki Yataklar.....	25
3.3.2. Güney Kuşağıdaki Yataklar	29
3.3.3. Cevher Tipleri	31
3.3.4. Cevherin Mineralojik Bileşimi	33
4. BÖLÜM:	37
TEKNİK ANALİZ	37
4.2. BÖLGEDEKİ KURŞUN ÇİNKO YATAKLARININ KAYNAK TESPİTİ	40
4.3. HAKKARİ İLİNDE MADENLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TEKNOLOJİK KULLANIM ALT YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ	42
4.3.1. Çinko Cevherlerinin Zenginleştirme Yöntemleri.....	42
4.3.1.1. Gravite Yöntemleri.....	42
4.3.1.2. Flotasyon	42

4.3.1.3. Türkiye’deki Çinko Cevheri Zenginleştirme Tesisleri ve Bu Tesislerde Uygulanan Yöntemler: ESAN Balya Kurşun-Çinko Flotasyon Tesisi Örneği	44
4.3.1.4. Hakkari Bölgesindeki Çinko-Kurşun Zenginleştirme Tesisi Alt Yapısı.....	46
4.3.2. Konsantre Sülfürlü ve Karbonatlı Cevherlerden Metal Üretim Yöntemleri	49
4.3.3. Pirometalurjik Zenginleştirme Yöntemleri	51
4.3.4. Hidrometalurjik Yöntemler	53
5. BÖLÜM.....	70
EKONOMİK VE SOSYAL FAYDALAR	70
5.1. 2004-2018 Yılları Arasında Bölgede Yapılan Toplam Maden Üretimine Karşılık Metalurji Tesisi Yokluğundan Dolayı Yaşanan Ekonomik-Sosyal Kayıplar Analizi.....	70
6. BÖLÜM:	73
YATIRIM TUTARI	73
6.1. Toplam Sabit Yatırım Tutarı.....	73
6.1.1. Arsa Bedeli.....	73
6.1.2. Etüt ve Proje Giderleri	73
6.1.3. Bina ve İnşaat Giderleri	73
6.1.4. Fabrika Makina ve Teçhizat Giderleri	73
6.1.5. Taşıma ve Sigorta ve montaj Giderleri.....	74
6.2. Yıllık İşletme Giderleri	74
6.2.1. Hammade Giderleri	74
6.2.2. Metalurji(İzabe) İşlemleri (Treatment Charge)	74
6.2.3. Genel Giderler	75
6.2.4. Beklenmeyen Giderler	76
6.2.5. Bakım ve Onarım Giderleri	76
6.2.6. Yıllık Amortisman Giderleri	76
6.2.7. Nakliyat Giderleri	76
7. BÖLÜM:.....	77
YATIRIM FİNANSMANI, İŞLETME DÖNEMİ BİLGİLERİ VE FİNANSAL ANALİZ	77
7.1. Yatırım Dönemi Finansmanı	77
7.2. Proje Gelir-Gider ve Fon Akışı	77
7.2.1. İşletme Gelirleri	77
7.3. İşletme Giderleri (yıllık).....	78
7.3.1. İşletme Giderleri Tablosu.....	78
7.4. Proje Kârı	78
7.4.1. Kurumlar Vergisi	78
7.4.2. Vergi Sonrası Kâr.....	79

7.5.	Fon Akışı	79
8.	BÖLÜM:.....	80
PROJENİN DEĞERLENDİRİLMESİ		80
8.1.	Yatırımcı Açısından Değerlendirme	80
8.2.	Milli EkonomiYönünden Değerlendirme	80
8.3.	Toplam Yatırım	81
8.4.	İşletme Sermayesi	81
8.5.	Yatırım Dönemi Finansmanı	81
9.	BÖLÜM:.....	82
SONUÇ VE ÖNERİLER		82
10.	BÖLÜM:.....	85
YARARLANILAN KAYNAKLAR		85
11.	BÖLÜM:.....	87
EKLER		87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İMİB verilerine göre 2014-2018 yılları arasında Türkiye'nin çinko ihracatı.	4
Şekil 2. 2014-2018 yılları arasında Türkiye'nin çinko ve kurşun cevher ihracatından elde edilen gelir (İMİB 2019).	4
Şekil 3. Yıllara göre çinko ve kurşun cevher satışları ile bu cevherlere karşılık gelen metal çinko ve metal kurşun değerleri.	4
Şekil 4. Hakkari bölgesindeki kurulması önerilen bir izabe tesisi için süreç akım şeması.	5
Şekil 5. Hakkari bölgesinin jeolojisi (MTA 2011) ve bölgedeki Zn-Pb cevherleşmelerin konumu (Hanilçi ve diğ. 2019'dan sadeleştirilmiştir).	13
Şekil 6. Hakkari - Çukurca arasının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Perinçek, 1990'dan alınmıştır) ve bölgedeki Zn-Pb yataklarının jeolojik konumu (Hanilçi ve Öztürk 2008).	14
Şekil 7. Karakaya yatağı ana ocakta 2009 yılında yapılan açık işletmede cevher zonunun görünümü.	15
Şekil 8. Karakaya-I ocağında açık işletme ile üretim yapılan cevher zonunun görünümü.	16
Şekil 9. Meskantepe ve Üzümcü Zn-Pb yataklarının jeoloji haritası ve cevher zonlarının görünümü.	16
Şekil 10. Meskantepe doğu cevher zonunda ana cevher seviyesinde yapılan açık işletmenin görünümü.	17
Şekil 11. Meskantepe ana cevher zonunun görünümü.	17
Şekil 12. Üzümcü Zn-Pb yatağının görünümü.	18
Şekil 13. Akkaya yatağındaki en önemli cevher damarının görünümü.	19
Şekil 14. Kurşuntepe yatağındaki damar tipi cevher zonunun görünümü.	20
Şekil 15. Pirit ve markazitçe zengin, sfalerit ve galen içeren bantlı sülfürlü cevher tipinin görünümü.	21
Şekil 16. İlksel sülfürlü cevherin ilk oluştuğu yerde (yerli yerinde) oksitlenmesi ile oluşan Zn tenörü >%20 olan doğrudan satılabilir "Oksitli-Karbonatlı Cevher Tipi"nin görünümü.	21
Şekil 17. Demir şapka zonu içerisinde %30 Zn tenörlü simitsonitten oluşan çinko karbonat merceğinin görünümü.	22
Şekil 18. Kireçtaşı tabakalarını kesen bir kırık hattında aşağı doğru süzülen çinko iyonlarının karbonatları ornatması ile oluşan yüksek Zn tenörlü karbonatlı çinko cevherinin görünümü.	23
Şekil 19. Pirit, markazit, sfalerit ve kuvars içeren sülfürlü cevher tipinin cevher mikroskobisi görünümü.	24
Şekil 20. Simitsonit ve hemimorfite minerallerinden oluşan yüksek Zn tenörlü ($Zn > \%30$) oksitli-karbonatlı cevhere ait XRD grafiği.	24
Şekil 21. Hemimorfite, hidrozinkit, serüzit, anhidrit ve kalsit içeren oksitli-karbonatlı cevherin mineralojik bileşimine ait XRD grafiği.	25
Şekil 22. Açık işletme ile yapılan üretimin görünümü.	26
Şekil 23. Karakaya yatağında yapılan yeraltı işletmesinin görünümü.	27
Şekil 24. Karakaya yatağında üretilen farklı tenördeki cevherlerin stoklandığı ana stok sahasının görünümü.	27
Şekil 25. Esan Eczacıbaşı Kurşun-Çinko Flotasyon Tesisi Akım Şeması (Gül vd., 2014)	35
Şekil 26. Meskan Ölmez madencilik tarafından kurulan flotasyon tesisinin genel görünümü (Kaynak: http://www.olmezmadencilik.com/?s=galeri).	36
Şekil 27. Sellürlerde çinko sülfürün yüzüdürlme yoluyla zenginleştirilmesi.	37
Şekil 28. Köpüklerin etrafına absorblanarak yüzüdürlmüş çinko sülfür.	37
Şekil 29. Zn-Fe-S-O sisteminin termodinamik denge diyagramı (Graf, 1996)	39
Şekil 30. Imperial Smelting Prosesi'nin basitleştirilmiş akım şeması (İpekoglu, 1999; Uysal, 2011).	40
Şekil 31. Waelz yönteminin basitleştirilmiş akım şeması (Mager vd., 2003)	41

Şekil 32. Geleneksel liç yöntemi ile elektrolitik çinko üretimi temel akım şeması (Güresin ve Topkaya, 1994).	43
Şekil 33. Çift aşamalı çinko liç prosesi (Güresin ve Topkaya, 1994).	44
Şekil 34. Çinko basınç liç prosesi (Güresin ve Topkaya, 1994).	44
Şekil 35. Çinkur Tesisi Akım Şeması	49
Şekil 36. Çinkur' un çalıştığı dönemde çözümlendirme, çözelti temizleme ve elektroliz aşamalarının akım şeması (Demirkese, 1999)	54
Şekil 37. Çinkur' da artıkların değerlendirilmesi için kullanılan üretim yöntemleri (Demirkese, 1999).....	55
Şekil 38. Meskan Ölmez Madencilik firmasının bünyesindeki laboratuvarında kimyasal analizlerin yapıldığı Atomik Absorpsiyon cihazının görünümü.....	57
Şekil 39. (a) Laboratuvarındaki çekerocek ve (b) etüvün görünümü.	58

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Hakkari Sanayi ve Ticaret Odasına Kayıtlı Maden Firmaları	9
Tablo 2. Hakkari bölgesinde 2005-2018 yılları arasında yapılan Zn-Pb cevher üretim miktar ve tenörleri	28

KISALTMALAR

AAC: Amonyak – Amonyum Karbonat
AR-GE: Araştırma-Geliştirme
C-L-EW: Kalsinasyon-Liç-Elektrokazanım
cm: Santimetre
DAKA: Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı
g/L: gram/litre
ISP: Imperial Smelting Prosesi
İMİB: İstanbul Maden İhracatçıları Birliği
LME: Londra Metal Borsası
mg/L: miligram/ Litre
MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My: Milyon yıl
PAX: Toplayıcı-kollektör
RCR: Red Crescent Resources
USD: Amerikan doları
XRD: X-ışını kırınımı
3D: Üç boyutlu
oC: Santigrad derece

ELEMENTLER

Ag: Gümüş
As: Arsen
C: Karbon
Ca: Kalsiyum
Cd: Kadmiyum
Cl: Klor
Co: kobalt
Cu: Bakır
F: Flor
Fe: Demir
Ge: Germanyum
Hg: Civa
Mn: Manganez
Ni: Nikel
O: Oksijen
Pb: Kurşun
S: Kükürt
Sb: Antimuan
Se: Selenyum
Si: Silisyum
Te: Tellür
Tl: Talyum
Zn: Çinko

ÖNSÖZ



Hakkari; Türkiye'nin doğusunda İran ve Irak ile sınır olan (343 km), 7095 km yüz ölçüme sahip, 1720 m rakımda, %87,5 i dağlarla kaplı, 140 köy,8 belediye, 4 ilçeden oluşan 286.470 nüfusa sahip, ana geçim kaynağı hayvancılık ve tarım olan, yüksek turizm potansiyeline sahip, madenler açısından zengin serhat bir vilayetimiz. Hakkari Bölgesinde Çinko-Kurşun Madenciliği son 15 yılda bölge ve ülke ekonomisine önemli katkılar yapmıştır. 2004 yılından günümüze kadar bölgemizde milyonlarca ton çinko üretimi gerçekleşmiş olup, bunlar başta İran olmak üzere çeşitli ülkelere ihraç edilmiştir. Türkiye çinko cevheri üretimi 2018 İMİB (İstanbul Maden İhracatçıları Birliği) verilerine göre 900 bin tonu aşmıştır. 2014'de 400 bin ton olan çinko cevher üretimimiz 2018'de ikiye katlanmıştır. Türkiye Kurşun-Çinko üretimi içindeki Hakkari'nin payı bugün yaklaşık %10 olmakla birlikte gelecekteki üretim artışıyla %25'lere hatta daha üst noktalara çıkabileceği değerlendirilmektedir. Bu düzeydeki bir maden üretimi ile Hakkari ya da çevresinde bir metalürji fabrikasının kurulması zorunluluk halini almıştır.

Böylesi önemli bir adım atılmadan önce cevher kalitesinin, cevher özelliklerinin ve cevher miktarının özetle “hangi tür madenden elimizde ne kadar var ve buna göre nasıl bir tesis dizayn edilmelidir” sorusunun çok iyi cevaplanması gerekmektedir. Zira bölgemizde hem oksitli-karbonatlı hem de sülfürlü cevherler bulunmaktadır. Bunların hem cevher zenginleştirme işlemleri hem de metalürjik prosesleri farklılık göstermektedir.

Türkiye'nin çinko maden yataklarının en zengin bölgesi olan İlimiz de maalesef ki bir izabe tesisi bulunmamaktadır. Bu bizim her zaman dile getirdiğimiz, özel sektör yada devlet eliyle bir sonuca ulaştırmak istediğimiz önemli konulardan bir tanesidir.

Bu sebeple maden zenginleştirilmesine yönelik izabe tesisinin fizibilite projesini Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü tarafından hazırlanıp, DAKA tarafından desteklenerek önemli bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Maden ve Jeoloji Mühendisliği alanındaki akademisyenler, Valilik İl Proje Koordinasyon Merkezi, Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü ve ilimizde Valiliğimizin destekleri ile gerçekleştirilen ilk Kurşun-Çinko Maden Çalıştayı sounucu 1 yıla yakın süredir yapılan çalışmaların bir ürünüdür. Bu çalışmanın Hakkari'de madencilik ve bu konuda yapılacak yatırımlar, çalışmalarla ilgili ciddi bir projeksiyon kazandıracığı konusunda inancım tamdır.

İlimizde bulunan böylesine değerli bir cevherin Ülke ekonomisine büyük bir maddi destek sağlayacağı ümidiyle herkese saygılarımı sunuyorum.

İdris AKBIYIK
Hakkari Valisi

PROJE KOORDİNATÖRÜNÜN SUNUŞU



Ülkemizin küresel ekonomiyle bağı kuran öncü sektörün, imalat sanayi olduğu görülmektedir. Bu nedenle katma değeri yüksek nitelikli bir imalat sanayi yapısında yaşanacak dönüşüm, Türkiye ekonomisinin geleceği için büyük önem arz etmektedir. Türkiye'nin ücra köşesinde bulunan Hakkari ilinin sanayisi, yok denecek düzeyde ve orta ölçekte imalat yapan firmaların bulunduğu bir yerdir. Bu nedenle katma değeri yüksek nitelikli bir imalat sanayi yapısı ancak uzun

vadede gerçekleşecek bir konumdadır. Sanayi üretimi, ülke büyümesinin en önemli göstergelerinden biridir. Sanayi, tüm diğer sektörlerin büyümesinin tetikleyicisi ve itici gücüdür. Aynı zamanda ekonominin sanayi eliyle büyümesi, büyümenin sağlıklı ve dengeli olduğunun kanıtıdır.

Ülkemizin ve bölgemizin zengin maden yataklarına sahip bir yerleşim yeri olan ilimizde, yaşanan zorlukları ilk defa düzenlediğimiz bir Maden Çalıştay'ı ile belirlemeye çalıştık. Bu sayede ülkemizin yer altı zenginliklerinin yurt dışına gönderilip metal haline dönüştürülüp ülkeye geri döndüğünü, yaptığımız çalıştay ve diğer araştırmalar ile tespit ettik. Bu alanda çalışmış bilim adamları ile bir fizibilite çalışması hazırlamak için, Valimiz Sayın İdris Akbıyık'ın destekleriyle projeyi hazırlamaya başladık.

Hazırlamış olduğum "Hakkâri ilinde maden zenginleştirilmesine yönelik teknoloji kullanım alt yapısının incelenmesi fizibilite" projesi Doğu Anadolu Kalkınma Ajansının destek almaya hak kazanması ile İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi; Maden, Jeoloji ve Bilgisayar Mühendisliği alanındaki birbirinden değerli Bilim insanlarımızla raporumuzu hazırladık. Proje kapsamında maden yatakları detaylı bir şekilde incelemeler yapıldı. Buradan numuneler alınarak İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarlarında detaylı analizler yapıldı. İran'ın Zencan şehrinde kurulu olan metalurji(izabe) tesisleri incelenerek uygun model arayışı yapıldı. İzabe tesisi ve laboratuvar kuruluşu için bu işte uzman firmalardan maliyet analizde yapılmıştır.

Ülkemizin katma değerini arttırmak, milli servetimizi daha değerli kılmak için hazırlamış olduğumuz proje raporu ile yatırımcılar için ilimizdeki Maden yatakları, Teknolojik alt yapı ve belli bilimsel kabullerle hazırlanan metalurji(izabe) tesisinin yatırım finansmanı, işletme dönemi bilgileri ve finansal analiz için bir rehber olacağını düşünmekteyim.

Hakkari ve yakın bölgesinde metalurji tesisi için; rezerv, tenör ve cevher tipleri belirlenmelidir. Teknik kapasitelerinin düşük olması ve sınırlı finans kaynakları bağlamında Hakkari bölgesindeki maden şirketlerinin tek başlarına bunu başarması zordur. Bu tesisin kurulması, ilimizde bulunan kıymetli cevherin bölgemizde işlenmesi ile istihdam, tersine göçü sağlayacağı ve ülkemizin ekonomisine katma değer getireceğine olan inancımla herkese saygılarımı sunuyorum.

Murat KOCA
Sanayi ve Teknoloji İl Müdürü
Proje Koordinatörü

ÖZET

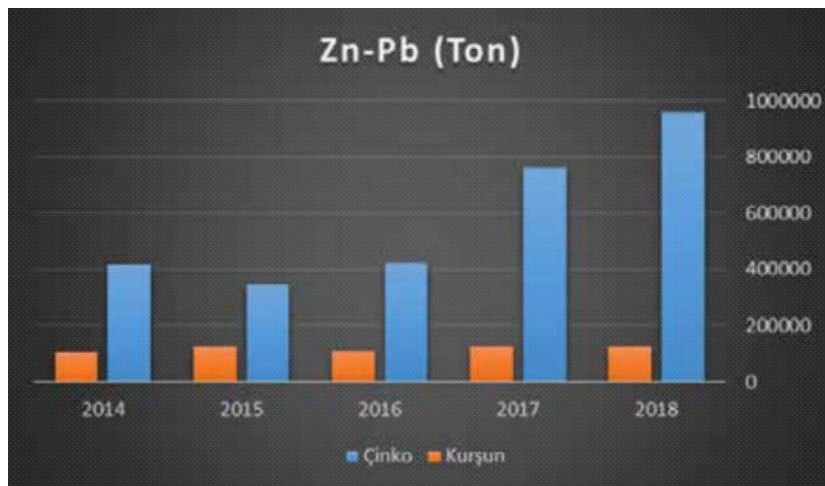
Türkiye'nin en uç noktasında Hakkari'de 2005 yılında başlayan çinko-kurşun madenciliğiyle günümüze kadar yaklaşık 1 milyon ton civarından ortalama %25 Zn ve % 5 Pb içerikli maden üretilmiştir. Bu cevherlerin önce Çin'e, daha sonra ise İran ağırlıklı olmak üzere yurtdışına satışı gerçekleştirilmiştir. Türkiye'deki kurşun-çinko üretimine yeni katılan bu bölgenin potansiyeli, Türkiye'nin diğer anlarındaki (Kayseri-Niğde bölgesi; Balıkesir-Çanakkale bölgesi) yataklar ile karşılaştırılamayacak kadar yüksek olup 50 milyon tondan fazla potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, bu potansiyeldeki bir cevherin derine doğru ne kadarının oksitli-karbonatlı, ne kadarının sülfürlü olduğuna dair şu ana kadar bir bilgimiz olmayıp, hâlihazırda üretim yüzeydeki oksitli-karbonatlı cevherleri üretmek şeklinde yapılmaktadır. Geleneksel noktada, bölgede sondajlı araştırmalar yaparak potansiyel kaynağın rezerve dönüştürülerek bölgedeki yatakların rezervleri, cevher tipleri, cevher mineralojisi ve tenörlerinin tam olarak ortaya konulması ve bundan sonra da metalurji fabrikasının kurulmasına geçilmesi gerekmektedir.

Türkiye'deki kurşun-çinko madenciliği Doğu Karadeniz (Ordu, Giresun, Rize, Gümüşhane), Batı Anadolu (Çanakkale, Balıkesir), İç Anadolu (Kayseri, Sivas) ve Doğu Akdeniz (Adana-Feke-Pozantı) bölgelerinde gerçekleştirilmekte olup, döviz kurunun artışına bağlı olarak üretimimiz de artmıştır.

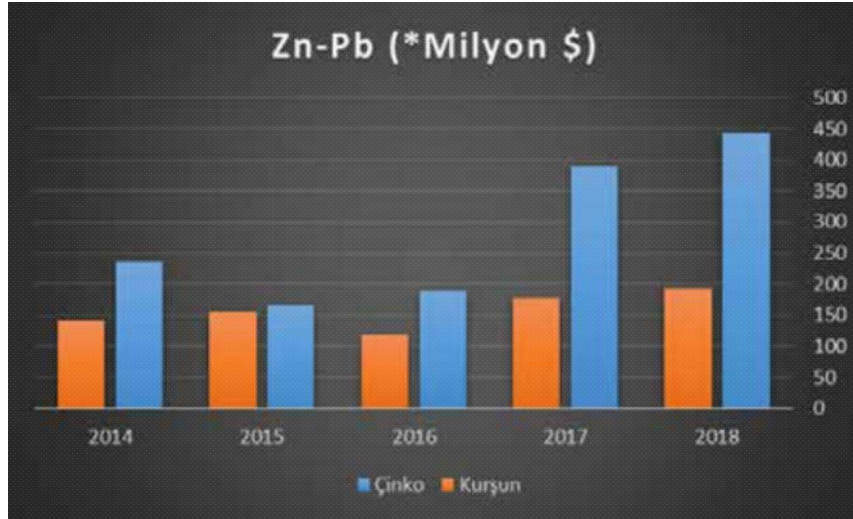
Türkiye'nin çinko cevheri üretimi 2018 İMİB (İstanbul Maden İhracatçıları Birliği) verilerine göre 900 bin tonu aşmıştır. 2014'de 400 bin ton olan çinko cevher üretimimiz 2018'de ikiye katlanmıştır. Çinko üretimi yanında kurşun cevheri üretimimiz ise fazla değişmemiş, 120 bin ton civarında seyretmiştir (Şekil 1). İMİB verilerine göre bu düzeyde bir çinko maden üretimine karşılık ülkemizde bir çinko metalurji fabrikasının olmaması kabul edilemez.

Bu üretime karşılık gelen oksitli- karbonatlı tüvenan cevher, sülfürlü konsantre çinko cevheri ile konsantre kurşun cevherlerinin satışından elde edilen ihracat gelirimiz ise 650 milyon dolar civarında olmuştur (Şekil 2).

Bunların metal değeri ise gümüş hariç olmak üzere yaklaşık 1.2 milyar dolar civarındadır. (Şekil 3). Bu şekilde de görüleceği üzere cevher satış bedeli kadar bir değer metalurji fabrikaları tarafından alınmaktadır. Bu durum karşısında 30.04.2018 tarihli Bakanlar Kurulu kararıyla iki şirkete Türkiye'de metalurji fabrikasının kurulması için özel teşvik belgesi verilmiştir. Ancak bu iki şirketin böylesi bir fabrikayı besleyecek saptanmış cevher rezervleri olmaması nedeniyle herhangi bir adım atamamışlar, aldıkları teşvik belgesiyle kalmışlardır.



Şekil 1. İMİB verilerine göre 2014-2018 yılları arasında Türkiye'nin çinko ihracatı.



Şekil 2. 2014-2018 yılları arasında Türkiye'nin çinko ve kurşun cevher ihracatından elde edilen gelir (İMİB 2019).

Çinko metalurjisi için özel teşvik belgesi alan bu iki şirket için tanımlanan yatırım maaliyetleri ve istihdam bilgileri aşağıdaki gibidir.

Yıldız Metalurji- Çinko Üretimi

Yatırım Yeri: Kırıkkale

Yatırım Tutarı: 4 milyar 440 milyon TL

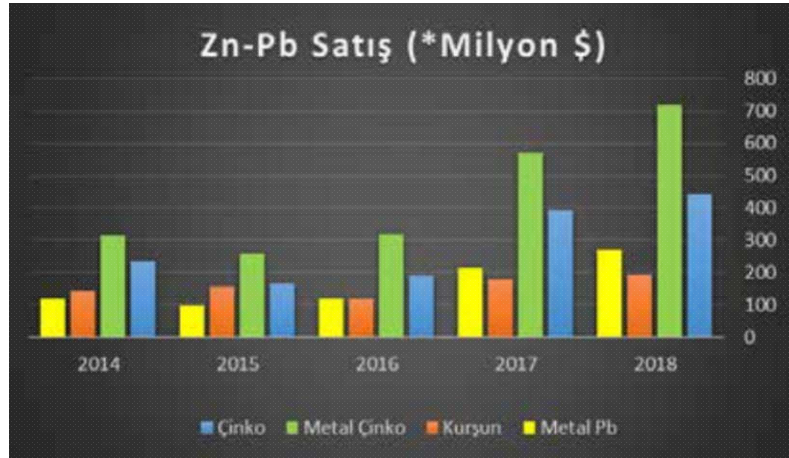
İstihdam: 1480 kişi

İpek Mobilya – Çinko Külçe Üretimi

Yatırım Yeri: Kayseri

Yatırım Tutarı: 1 milyar 101 milyon TL

İstihdam: 1.020 kişi

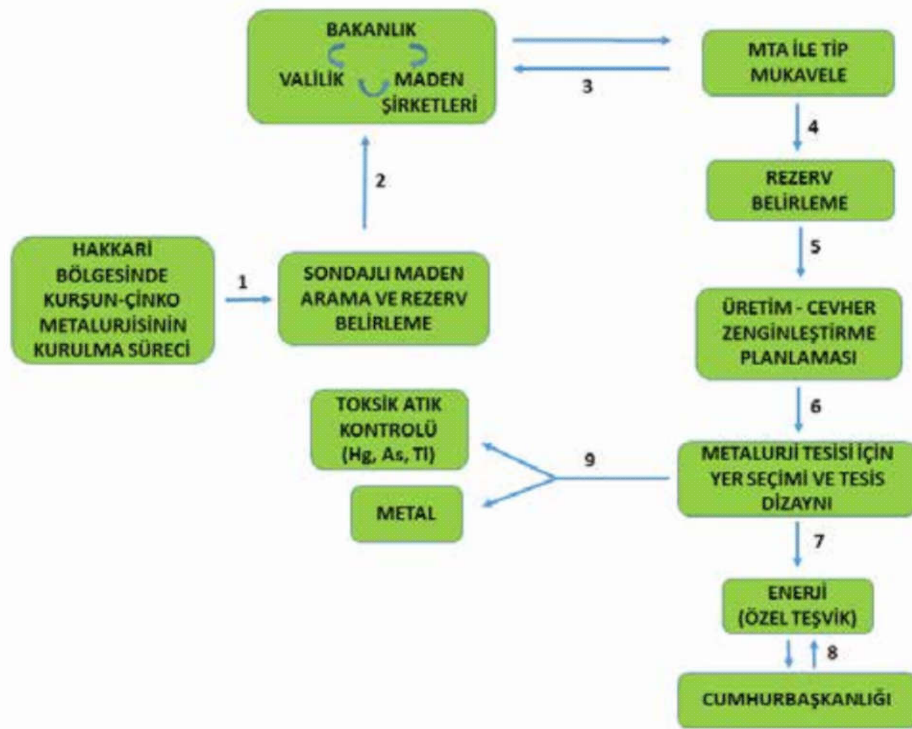


Şekil 3. Yıllara göre çinko ve kurşun cevher satışları ile bu cevherlere karşılık gelen metal çinko ve metal kurşun değerleri.

Yukarıda özetlenen Türkiye kurşun-çinko üretimi içindeki Hakkari'nin payı bugün yaklaşık %10 olmakla birlikte gelecekteki üretim artışıyla % 25 hatta %50'ye çıkabilecektir. Bu düzeydeki bir artışla birlikte Hakkari çevresinde bir metalurji fabrikasının kurulması zorunluluk halini alacaktır. Bununla birlikte böylesi bir adımı atmadan önce cevher kalitesinin, cevher özelliklerinin ve cevher miktarının, özetle **“hangi tür madenden elimizde ne kadar var ve buna göre nasıl bir tesis dizayn edilmelidir”** sorusunun çok iyi yanıtlanması gerekir. Zira bölgede hem oksitli - karbonatlı, hem de sülfürlü cevherler bulunmaktadır. Bunların hem cevher

zenginleştirme işlemleri, hem de metalurjik prosesleri farklılık göstermektedir. Cevher varlığının tam olarak ortaya konulması için ise ayrıntılı bir sondajlı rezerv araştırmasına ihtiyaç vardır. Böylesi bir sondajlı arama çalışması uzun bir süreç olmakla birlikte, halihazırda bölgede yıllık yaklaşık 130.000 ton (Tablo 2) üretimi yapılan oksitli-karbonatlı çinko cevherlerden çinko metali eldesi amacıyla bir fabrikanın kurulmaması için hiç bir neden yoktur.

Hakkari ve yakın bölgesi için metalurjiye giden yol haritası şu şekilde özetlenmiştir: (Şekil 4) Burada öncelikle rezerv, tenör ve cevher tipleri belirlenmelidir. Teknik kapasitelerinin düşük olması ve sınırlı finans kaynakları bağlamında Hakkari bölgesindeki küçük maden şirketlerinin bunu başarması zordur. En azından hatalı ve uzun süren bir işlem söz konusu olacaktır. Yapılması gereken bu iş için MTA'yı bölgeye çekmek ve araştırmayı tip mukavele ile MTA'ya vermektir. MTA'nın bölgeye gelmesi, böylesi ağır bir görevi üstlenme sorumluluğu alabilmesi merkezi hükümetin, yani Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın desteği ile mümkündür. Yol haritası olarak bu noktada Hakkari Valiliği, Hakkari Sanayi ve Ticaret Odası, MTA'nın bağlı olduğu Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, bölge milletvekilleri ve siyasi parti temsilcileri, Milli Savunma Bakanlığı arasında görüşmelere - fikir alışverişlerine başlanmalıdır.



Şekil 4. Hakkari bölgesindeki kurulması önerilen bir izabe tesisi için süreç akım şeması.

Rezerv tespitinden sonra MTA ile tip mukavele formülünde olduğu üzere, cevher üretildikçe MTA harcamasının geri ödenmesi şeklinde bir geri ödeme yapılabilir. Bundan sonra tesis dizaynı ve yer seçimi konusu gündeme gelecektir. Yer seçiminde hidrometalurjik veya pirometalurjik tesis olsun her iki durumda da düzenli asit veya kok için tren yoluna ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle, Van ile Hakkari arasındaki bir bölgeye tesisleşme izni verilmeli ve tesisin yabancı şirketlerle rekabet edebilmesi için enerji sağlamada özel teşvik uygulamasına (ilk on yıl için %50 indirimli fiyat garantisi) gidilmelidir. Bu noktada, durumun önemi Cumhurbaşkanlığı ile paylaşılmalı ve yatırımcıya enerjide özel teşvik verilmesi sağlanmalıdır. Şekilde özetlenen yol haritasında bir diğer önemli durum, bu süreçte gerek flotasyon tesisinde kullanılacak ksantatlı atıkların düzenli depolanması, ama daha da önemlisi cevher içinde yüksek oranda bulunan talyum (Tl), civa (Hg), arsenik (As) gibi insan ve çevre sağlığına son derece olumsuz- yıkıcı etkisi olan elementlerden de korunmak olmalıdır.

Bölgede yılda ortalama 120.000 ton civarında çinko cevheri üretilmekte ve ihraç edilmektedir. Bölgedeki çinko-kurşun cevherinin jeolojik potansiyelinin, yapılacak sondaj çalışmalarıyla rezerve dönüştürülmesi durumunda bölgedeki yıllık üretim miktarı rahatlıkla

bugünkünün birkaç katına çıkabilecek ve bölgede kurulacak bir izabe tesisini rahatlıkla besleyebilecektir. Bölgeye kurulacak bir izabe tesisi ve bunlarla ilgili yan kollarda çalışacak işletmelerle birlikte toplam istahdamı düşündüğümüzde bölge madenciliğininin, daha da önemlisi metalurjiye geçemenin bölgeye ve ülkeye katacağı zenginlik açıkça anlaşılabilir. Önümüzdeki yıllar yerel yönetimlerin, merkezi hükümetin ve yerel dinamiklerin bunu başarması gereken bir ödev olarak hep önlerinde olacaktır. Bölgesel kalkınmada kilit önemde olan bu konu zaman geçirilmeden Cumhurbaşkanlığı makamına iletilmelidir.

Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Maden Yatakları - Jeokimya Ana Bilim Dalı Başkanı

1. BÖLÜM:

PROJENİN TANIMI, KAPSAMI, AMAÇ VE HEDEFLERİ

1.1.TANIM VE KAPSAM

1.1.1. Giriş

Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (DAKA) tarafından desteklenen bu fizibilite projesi kapsamında; Hakkari bölgesindeki madencilik zenginleştirme altyapısının mevcut durumu araştırılmış, bölgedeki üretilen çinko-kurşun madenlerinin cevher olarak yurt dışına satılması yerine bölgede kurulacak bir çinko metalürji fabrikasında metale dönüştürülmesi, yani metalürjiye geçiş için nelerin yapılması, hangi adımların atılması gerektiği değerlendirilerek yol haritası oluşturulmuştur. Bu kapsamda öncelikle sahada madenciler ile görüşmeler yapılmış, işletilmekte olan madenler yerinde incelenmiş ve elde edilen veriler rapor haline getirilmiştir.

1.1.2. Mevcut Durum Analizi

Hakkari bölgesinde günümüzde 3 yatakta (Meskantep, Üzümcü ve Karakaya) cevher üretimi yapılmaktadır. Maden işletmelerinde hâlihazırda triyaj yöntemiyle tüvenan cevherde elle ayıklama yapılarak istenmeyen yan kaya parçaları cevherden arındırılmakta ve çok kaba bir şekilde zenginleştirme yapılarak yurt dışına ihraç edilmektedir. Hakkari bölgesinde 2005’den günümüze kadar üretilen yaklaşık 1 milyon ton tüvenan cevherin ortalama çinko tenörü %20 olup bu nitelikteki cevherin 2018 yılındaki Londra Metal Borsasının (LME) yıllık ortalama fiyatına göre (2500 dolar) yaklaşık 200 dolar civarında satıldığı görülmektedir. Ancak bu cevherin ülkemizde metalürjisi olması durumunda yılda üretilen 6.5 ton cevhere karşılık 1 ton külçe çinko metal elde edilmiş olsaydı 6.5 ton karşılığında 1300 dolar yerine 1 ton külçe çinko fiyatı olan 2600 dolar, yani 2 kat daha katma değer katkısı olacaktı. Burada görüldüğü gibi bölgede bir izabe tesisinin olmaması hem işletmenin kendisine hem de bölge ve ulusal ekonomiye önemli bir kayıp anlamına gelmektedir.

1.1.3. Projenin Amacı (neden ihtiyaç duyulduğu)

Hakkari bölgesi Türkiye’nin önemli çinko-kurşun yataklarını barındıran bir bölge olup, çinko-kurşun potansiyeli açısından Türkiye’nin en önemli ve potansiyeli en yüksek bölgedir. Bu yataklardan 2005 yılından günümüze kadar birkaç firma çinko maden üretimi yapmakta ve üretilen cevheri yurt dışına ham cevher olarak ihraç etmektedir. Bu da ciddi bir ekonomik ve istihdam kaybına neden olmaktadır. Bu gerçek dikkate alınarak gerek bölgedeki istihdamın artırılması ve gerekse bölgenin yeraltı kaynaklarından daha fazla katkı alması için işletilen çinko madenlerinin Hakkari bölgesinde kurulacak bir izabe tesisinde işletilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu projede; bölgedeki mevcut maden zenginleştirme altyapısını araştırılması, bölgedeki mevcut madenlerin mineralojik özelliklerinin, potansiyelinin, madencilerin taleplerinin değerlendirilmesi ve metalürjiye geçiş için nelerin yapılması gerektiğinin ortaya konulmasını amaçlanmıştır.

2. BÖLÜM:

HAKKARİ İLİNDE BULUNAN MADEN FİRMALARININ MEVCUT DURUMU, GELİŞME EĞİLİMLERİ VE BEKLENTİ ANALİZİ

2.1. GİRİŞ

Hakkari Sanayi ve Ticaret Odası'na kayıtlı 39 adet maden konusuyla iştiğal eden maden şirketi bulunmaktadır (Tablo 1). Bu şirketlerin bir kısmı hâlihazırda maden üretimi yapmakta olup, bir kısmı bu üretime taşeron şirket olarak katılmaktadır. Maden şirketlerinin bir kısmı ise henüz maden üretimine geçmemiş olan maden arama ruhsatına sahip şirketlerdir. Şirketler içinde ve şirketin sahipleri bağlamında bakıldığında şirketlerin İranlı ortaklıklar içerdiği görülmektedir. Resmi ortaklıklar yanında listede görülmeyen İranlı işadamlarının bazı şirketlerde gizli ortaklıkları olduğu, sermaye koyarak Hakkari bölgesindeki kişilerle ortaklık ettiği de ayrıca bilinmektedir. İranlıların Hakkari'den cevher satın alamaları ve bölgenin potansiyelini gördüklerinden bölgeye uzun vadeli yatırım planı içinde olduklarını ve bölgedeki varlıklarının da uzun süreceği anlamına da gelmektedir.

Listede yer alan şirketlerden Ölmez ailesinin ortaklığında olan şirketler bölgedeki çinko üretiminin lokomotifi konumundadır. Üretim miktarı olarak bunu takip eden Karakaya Yatağının sahibi olan şirketler (Teltis Madencilik, Gökfa Madencilik, Hazan Madencilik, Bernujin Madencilik, Şine Madencilik, Calamin Madencilik) olup yaptıkları 300.000 tonu aşan üretim ile ikinci sırada yer alırlar. Üçüncü önemli grup ise Çiftçi ailesinin ortaklıkları şeklindeki şirketlerdir. Bunlar üretimleri açısından üçüncü sırada yer alırlar. Diğer şirketlerden bazılarının Ölmez grubunun kurşun çinko yataklarında yeraltı üretimi yapan taşeron şirketlerdir.

Hakkari bölgesindeki maden şirketleri kurşun çinko yanında barit, asfaltit, kromit, mangan oksit, mermer yataklarının aranması ve işletilmesi için de ruhsatlar alınmıştır. Barit cevherleşmeleri bölgede çok büyük bir ekonomik potansiyel göstermektedir. Bugün bölgedeki barit yataklar üzerine ciddi bir eğilim olmasa da gelecekte Hakkari bölgesi bir barit cevheri üretim alanı olacak görülmektedir. Kuzey kuşağındaki tabakalı kurşun çinko yataklarının yaklaşık 300 metre üzerinde kalın bir bant ve damarlar şeklinde gözlenen barit damarları Türkiye'nin en büyük rezervli barit yataklarına aday durumundadır. Seyidoğlu grubunun ruhsat alanı içinde büyük rezervler içeren barit yataklarının üretimine yakın bir zamanda geçilecek görülmektedir.

Şırnak bölgesinde yaygın görülen asfaltitler, Hakkari'nin günyeyinde sınır hattına yakın kuşakta daha ince damarlar şeklindedir. Bu bölgedeki asfaltitler Şemdinli bölgesinde görülür. Şırnak bölgesinde 50 metre kalınlığa ulaşan asfaltitler burada bir metre kalınlıkta izlense de buradakilerin kaloriferik değerleri çok daha yüksektir. Asfaltitler dışında Hakkari bölgesinde genç kırıklardan çıkan sıcak su çökeleği olan traverten oluşumları ve Paleozoyik ve Mezozoyik sert mermerleri ile Yüksekova karmaşığı içindeki kromit ve mangan oksit cevherleşmeleri görülmektedir. Bölgede taraverten ocakları açılmaya başlanmıştır. Kromit yatakları ise içinde bulunduğu jeolojik ortamı (melanj) nedeniyle aramacılığı ve madenciligi son derece riskli olup, madencililerin ciddi maddi kayıplarına neden olmaktadır.

Tablo 1. Hakkari Sanayi ve Ticaret Odasına Kayıtlı Maden Firmaları

S.No	Firma Ünvanı	Yetkili
1.	Çağlar İnşaat Nakliye Turizm Madencilik Sanayi Ve Ticaret Ltd.Şti.	Mehmet Salih Çiftçi
2.	İsmet Ölmez-Maden Arama İthalat İhracat-Çinko Kurşun İşletmeciliği	İsmet Ölmez
3.	Meskan Ölmez Madencilik Harfiyat İnşaat İthalat İhracat Nakliye Taahhüt San Ve Tic Ltd Şti	İsmet Ölmez
4.	Hazan Madencilik Nakliyat İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Ltd. Şirketi	Şükrü Özer
5.	Karakaya Madencilik İnşaat İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Ltd.Şti.	Nusret Kurt
6.	Rcr Ve Seyitoğlu Madencilik İthalat İhracat Ticaret Ve Sanayi A.Ş.	Abdulkadir Seyitoğlu
7.	Ber-Nujin İnşaat Madencilik Gıda Nakliye İthalat İhracat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Abdulselam Kurt
8.	Mor Madencilik Nakliyat İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Ltd. Şirketi	Kemal Ölmez
9.	Or-Ca Maden İnşaat Turizm İthalat İhracat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Celalettin Orhan
10.	Ölmez Doğu Madencilik Nakliyat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	İsmet Ölmez
11.	Arol Madencilik Gıda İnşaat Taşımacılık Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Nusret Kurt
12.	Fırat Dicle Maden Nakliye İnşaat Sanayi Ve Ticaret Maden Limited Şirketi	İrfan Güner
13.	Güngören Madencilik İnşaat Hayvancılık Taşımacılık Taahhüt İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Şükrü Özer
14.	Bevijan Madencilik İnşaat Taşımacılık Taahhüt İthalat İhracat San.Tic. Ltd.Şti.	Muhammed Kurt
15.	Sa Ha Madencilik Mühendislik Nakliyat İnşaat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Hamdi Ölmez
16.	Nüda Madencilik İnşaat Nakliyat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Aydın Çetin
17.	Teltis Madencilik İnşaat Nakliyat Petrol Ürünleri Enerji Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Hayati Orhan
18.	Kayamira Madencilik İnşaat Temizlik Gıda İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Mehmet Halit Kaya
19.	Ömeroğlu Madencilik Taahhüt Ve İnşaat Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Mazhar Seyitoğlu
20.	Yön Çinkur Madencilik İnşaat İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Orhan Akdağ Amir Alam Taheriyoun
21.	Çölemerik Madencilik İnşaat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Engin Kutluk
22.	Deniz Çiftçi Derav Hazal Madencilik	Deniz Çiftçi
23.	Reel Madencilik İnşaat Ve Taahhüt Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Fahrettin Ölmez Hamdi Ölmez

24.	Şine Madencilik İthalat İhracat Sanayi Ticaret Limited Şirketi Hakkari Şubesi	Nusret Kurt
25.	East West Zinc Madencilik İhracat San. Tic. Ltd. Şti	Azad Ölmez
26.	Şah Madencilik Hafriyat Nakliye Taahhüt Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Abdulhaşim Kaya
27.	Calamine Mining Maden İnşaat Nakliye Petrol Ürünleri Turizm İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Abdulselam Kurt Şükrü Özer Celalettin Orhan
28.	Next Met Enerji Madencilik İnşaat Taşımacılık Sağlık Elektrik Malzeme Bilgisayar Gıda Tarım Kırtasiye Güvenlik Sistemleri Ticaret Limited Şirketi	Mehmet Özcan Mehdi Mohammadi
29.	Hakel Madencilik İnşaat Nakliyat Sigortacılık Turizm İthalat İhracat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Necip Uçar
30.	Seyitoğlu Maden İnşaat Mimarlık Doğalgaz İhracat İthalat Tic. San. A.Ş.	Hasan Seyitoğlu
31.	Sümbül Madencilik İnşaat Beton Mühendislik Doğalgaz İhracat İthalat Ticaret Ve Sanayi Anonim Şirketi	Burhan Seyitoğlu
32.	Hasan Kızıl Kızıl Madencilik	Hasan Kızıl
33.	Vadi Madencilik İnşaat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Dindar Akar
34.	Zinco Maden İnşaat Mühendislik İhracat İthalat Ticaret Ve Sanayi Limited Şirketi	Burhan Çapık Mohammadtaghi Karımı
35.	Gökfa İnşaat Tekstil Gıda Nakliyat Taahhüt Turizm Petrol Ürünleri İthalat İhracat Sanayi Ticaret Ltd.Şti.	Şükrü Özer
36.	Derav Hazal Madencilik Nakliye Hafriyat İthalat İhracat Sanayi Ve Tic. Ltd. Şti	Aydın Çiftçi
37.	Anatolian Resources Madencilik Hafriyat Nakliyat Sanayi Ve Ticaret Ltd.Şti	Azad Ölmez Pierre Jules Richard
38.	Yusufoğulları Madencilik İnşaat Turizm İthalat İhracat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Fahrettin Ölmez Hamdi Ölmez
39.	Mezirgo Madencilik İnşaat Taahhüt Nakliyat Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Necip Uçar Hasan Uçar

2.2. BEKLENTİLER

Maden şirketlerinin beklentileri bir kaç başlık altında toplanabilir. Bunların başlıcaları; dağlarda bitmeyen terör ve bununla ilişkili sınırlamalar, yerel köy halkının madencilerden üretilen her ton cevher için bir pay istemesi, yüksek orman bedelleri, yetişmiş teknik elemanın bölgeye gelmemesi ve zaman zaman gümrük işlemlerinin İran Türkiye sınırında uzamasıdır.

2.3. GÜVENLİK SORUNU

Bölgedeki terör faaliyetlerinin devam etmesi ve güvenlik sorunu nedeniyle belli alanlarda maden aramacılığı ve üretimi imkânının olmayışıdır. Süregiden terör grupları nedeniyle Kato Bölgesinde ve ana yola uzak diğer alanlarda madencilğe izin verilememektedir. Bu alanlarda rezervi saptanmış veya rezervi saptanmasa da kurşun çinko damarları açıkta olan yataklar terörün bitmesiyle ancak gelecekte işletilebilecektir. Bu alanlarda geçmişte zaman zaman madencilğe izin verilmekle birlikte açık işletmelerde patlatmaya izin verilmemiştir. Dolayısıyla bölgede madencilerin dağlarda rahatça çalışabileceği bir ortamı beklemektedirler.

2.4. MADENCİ- KÖYLÜ İLİŞKİSİ

Bölgede madenin bulunduğu alanları hayavancılık vb nedenle kullanan köylüler hiç yasal olmadıkları halde madencilerden ürettikleri veya sattıkları cevherin her bir tonu başına belli bir para talep etmektedirler. Bu talebin ton başına 10 - 22 USD arasında olduğu ifade edilmektedir. Madenci zarar etse de yıl sonunda köylülere bu parayı dağıtmaktadır. Zaman zaman pay oranı hakkında anlaşmazlıklar oluşmakta ve madenciler ile köylüler arasında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Türkiye madencilğinde olmayan bu şekildeki madenci-köylü ilişkisi bu alanda uygulanmaktadır. Böylesi bir pay, madencilerin gönüllü olarak verdikleri bir pay olabilir, ancak bunun tüm bölgeye yayılmış olması profesyonel madencilik firma ve grupların bölgeye yatırım yapmasına engel olmaktadır. Bölgenin bu yeraltı kaynağı sadece ruhsat sahiplerine değil tüm halka yönelik bir zenginlik olarak dağıtılabilir ve bunda sorun yoktur. Ancak sorun bu ödemenin maden işletmecilerinin gönüllü vermesinden öte bir zorlama şeklinde yapılmasıdır. Madenciler köylülerin maden payından aslan pay almasının kalkmasını beklemektedir.

2.5. ORMAN HARÇLARININ AZALTILMASI

Orman harçları çok yüksek olup tüm Türkiye’de Orman Bakanlığının en büyük geliri madencilere alınan paralardan gelmektedir. Bu konu Türkiye kurşun-çinko çalıştayında da dile getirilmiş ve çoğu madenciler sadece orman harçları nedeniyle maden sahalarını terketmekte veya iflaslarına neden olmaktadır. Ormanla ilgili tüm işlemlerin Elazığ bölgede yürütülmesi de ayrı bir sorun oluşturmaktadır.

2.6. TEKNİK ELEMAN İSTİHDAMININ ZORLUĞU

Hakkari bölgesi maalesef Türkiye’de adı terörle anılan bir şehir olmuş ve bu doğru olmayan algı nedeniyle de başta niteliği nedeniyle her yerde iş bulma imkânı olan teknik elemanlar olmak üzere büyük bir kesim Hakkari bölgesinde çalışmaya istekli olmamaktadır. Geçmişte maalesef sürekli kentlerde süren eylemler, kepenk kapatmalar ve benzeri olumsuzluklarla kentte sosyal bir ortamın olmaması da yetişmiş nitelikli kişilerin bölgeden uzak durmasına neden olmuştur. Son yıllarda kentlerin fiziki ve altyapısında gözle görülür ciddi bir ilerleme ve bir düzen sağlanmış olup, kentlerde güvenli yaşam daha iyi bir noktaya gelmiştir. Günümüzde kömür ile ısınma ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan kentte kışın hava kalitesi çok kötü olmakta ve önümüzdeki yıllarda bölgeye geleceği söylenen doğal gazla kentin hava kalitesi de yükselecektir. Bu gelişmelerin tamamının, gelecekte yetişmiş teknik eleman istihdamını artıracığı umulmaktadır.

3. BÖLÜM:

HAKKARI BÖLGESİNDEKİ ÇİNKO - KURŞUN YATAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

3.1. GİRİŞ

Hakkari bölgesindeki çinko-kurşun yatakları Hakkari ile Çukurca arasında gözlenmektedir. (Şekil 5). Bu bölge Toroslar olarak bilinen dağ silsilesinin en doğu kesiminde ve jeotektonik konum olarak Arap Platformu üzerinde yer alır. Arap platformunu oluşturan kaya grupları Alt Paleozoyik (360 - 542 milyon yıl arası) ile Miyosen (5,3 ile 23 milyon yıl arası) yaş aralığında çökelmiş, kalın bir çökel istif özelliği göstermektedir (Sungurlu, 1974; Perinçek, 1990; Yılmaz, 1993). Hakkari bölgesinde 2005 yılından beri 10' dan fazla Zn-Pb cevherleşmesi keşfedilmiş ve bunlardan günümüzde 4 yatakta üretim yapılmaktadır. Bölgedeki coğrafik koşulların zorluğu ve güvenlik sorunları madencilik faaliyetlerini ve gelişimini olumsuz yönde etkilemekte, bölgeye yönelik detaylı maden jeolojisi çalışmalarının yapılmasını da zorlaştırmaktadır.

Hakkari bölgesinde ilk jeolojik çalışmalara ait yazılı kayıtlar literatürde Maxon (1937) ile başlamaktadır. Daha sonra Altınlı (1953), Türkünal (1951,1953), Horstink (1971), Özkaya (1978) tarafından yapılan çalışmalar ile devam etmiştir. Kapsamlı jeolojik araştırmalar ise 1978-1990 yılları arasında Açıkbaş (1978), Perinçek ve Özkaya (1981), Perinçek (1990) Elmas ve Yılmaz (2003) tarafından yapılmış olup bölgenin jeolojisi, jeodinamik evrimi, petrol olanakları ve endüstriyel hammaddelerinin araştırılmasına yöneliktir. Hakkari bölgesindeki Zn-Pb yataklarının araştırılmasına yönelik ilk yazılı belge 2008'de Hanilçi ve Öztürk tarafından yayınlanmış ve ardından günümüze kadar çeşitli zamanlarda (Hanilçi ve diğ., 2015; 2016; 2017 ve 2019) gerek bilimsel toplantılarda sunulurken ve gerekse TÜBİTAK projesi kapsamında çalışmalar devam etmiştir.

3.2. BÖLGENİN JEOLojİSİ

Hakkari - Çukurca arasında kalan alanın jeolojisi Arap Platformu'na ait otokton kayalardan kuruludur (Şekil 5). Paleozoyik (545 my ile 251 milyon yıl arası) – Mesozoyik (251 my ile 65 my arası) yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaların egemen olduğu kaya grubu Hakkari Çukurca yolu üzerinde Zap Suyu boyunca yüzlek vermektedir. Arap Platformu'na ait otokton konumlu birimler Perinçek (1990) tarafından detaylı olarak 7 gruba ayırtılarak incelenmiştir. Bunlar; Derik Grubu, Habur Grubu, Tanin Grubu, Cudi Grubu, Şırnak Grubu ve Midyat Grubu'dur (Şekil 6).

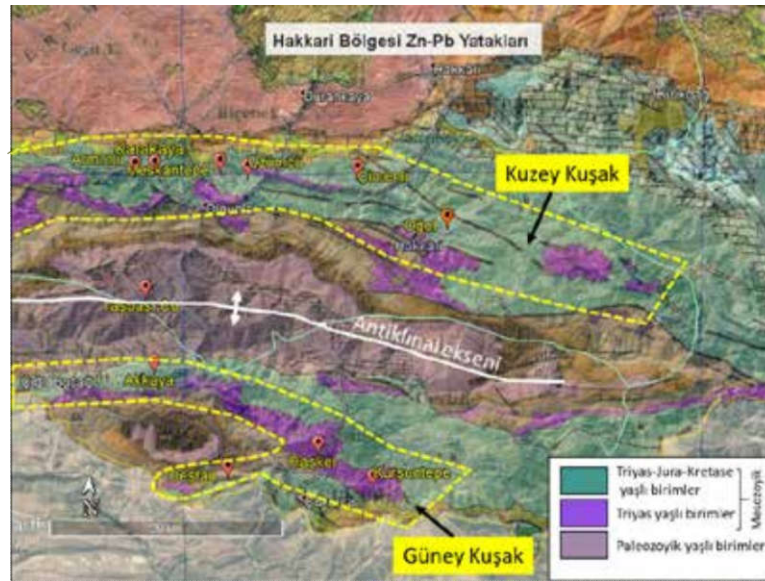
Derik Grubu: Hakkari bölgesinde Derik Grubu temelde Kambriyen (545 my - 495 my) yaşlı kuvars arenitler (Zabuk fm.) ile başlamakta, üzerine yine Kambriyen yaşlı kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Koruk formasyonu uyumlu olarak gelmektedir.

Habur Grubu: Kambriyen-Ordovisyan yaşlı Habur Grubu altta kuvarsit-miltaşı, kumtaşı-şeyl-miltaşı ve kiltası aralanmasından oluşur. Üst Devoniyen-Karbonifer yaşlı kumtaşı, şeyl ve kireçtaşından oluşan Yığınlı, Köprülü ve Belek formasyonları Habur Grubu'nu uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 6).

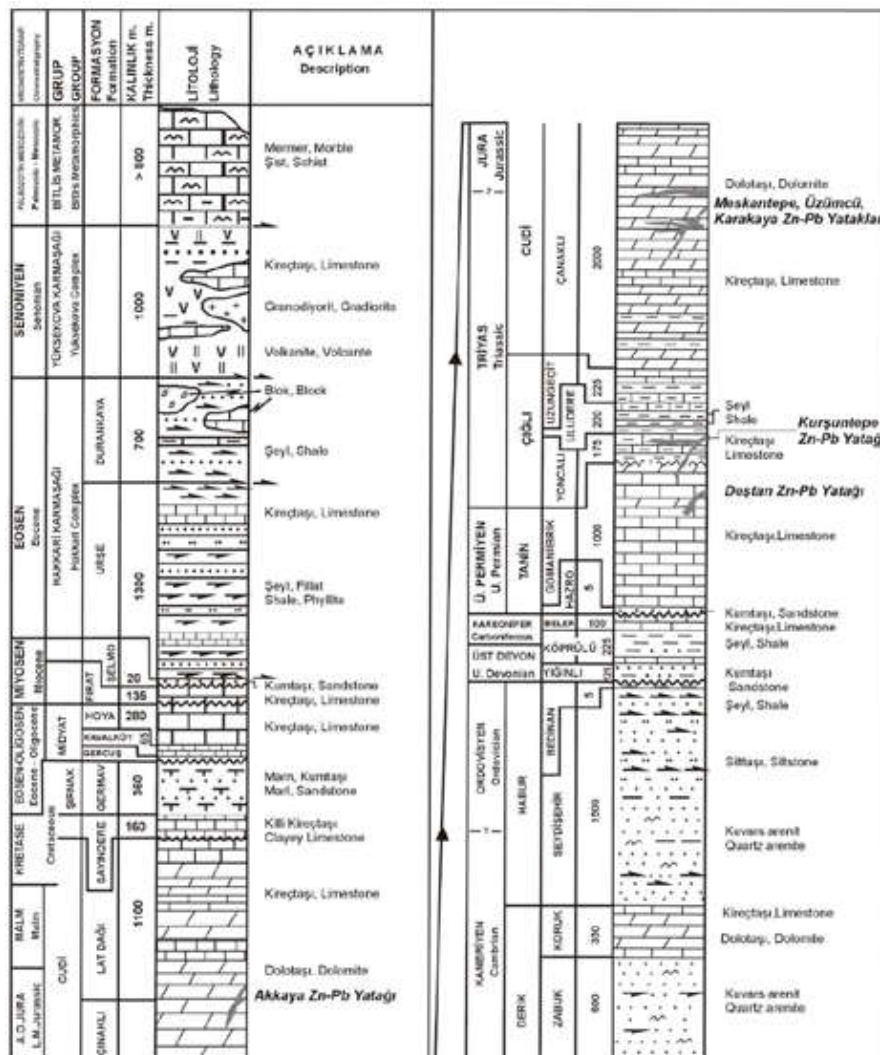
Tanin Grubu: Üst Permiyen yaşlı olup alttaki birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Tabanda ince kumtaşları ile başlamakta ve üstte orta-kalın tabakalı, koyu gri, gri renkli kalın bir kireçtaşı seviyesi yer almaktadır.

Çığlı Grubu: Triyas yaşlı olan Çığlı Grubu, altındaki Tanin Grubu üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve başlıca killi kireçtaşı, şeyl, kireçtaşından oluşmaktadır.

Cudi Grubu: Bu kaya grubu Triyas-Kretase aralığında çökelmiş, kalın bir karbonat istifi ile temsil edilmektedir. Grubun tabanında dolomit, killi kireçtaşı bulunmakta ve üstte kalın katmanlı, bazı yerlerde masif görünümlü kireçtaşı ve dolomitler hakim kayayı oluşturmaktadır.



Şekil 5. Hakkari bölgesinin jeolojisi (MTA 2011) ve bölgedeki Zn-Pb cevherleşmelerin konumu (Hanilçi ve diğ. 2019'dan sadeleştirilmiştir).



Şekil 6. Hakkari - Çukurca arasının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Perinçek, 1990'dan alınmıştır) ve bölgedeki Zn-Pb yataklarının jeolojik konumu (Hanilçi ve Öztürk 2008).

Mardin Grubu: Üst Kretase yaşlı kumtaşı, çörtlü kireçtaşı ve marndan oluşmaktadır ve Cudi grubunu uyumsuz olarak (Elmas ve Yılmaz, 2003) örtülmektedir.

Yukarıda tanıtılan tüm birimler Üst Kretase yaşlı olistrostromal karakterli ve çoğunlukla ofiyolitik bloklardan oluşan tektonizma ile eş yaşlı kayaçlar tarafından örtülmüştür (Elmas ve Yılmaz 2003; Perinçek, 1990).

Midyat Grubu: Eosen-Oligosen yaşlı kireçtaşlarından oluşmakta ve altındaki birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Midyat grubu Miyosen yaşlı kireçtaşı (Fırat fm.) ve kumtaşları (Şelmo fm.) tarafından ise uyumsuz olarak örtülmektedir (Perinçek 1990).

Erken Miyosen sonrası dönemde Arap Platformu ile Anadolu Kıtası arasındaki Tetis Okyanusu tamamen kapanarak iki kıta çarpışmaya başlamış ve Orta Miyosen'de **Tetis Suture Zonu** bugünkü halini kazanmıştır (Şengör and Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1993; Elmas and Yılmaz, 2003).

3.3. HAKKARİ BÖLGESİ KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARI

Bölgedeki Zn-Pb yatakları, Hakkari ile Çukurca arasındaki alanda iki kuşak halinde gözlenmektedir. Bu kuşaklar yaklaşık D-B gidişli bir antiklinal kıvrım ekseninin kuzey ve güneyinde yer almaktadır (Şekil 5).

Kuzeydeki kuşak doğu-batı istikametinde 40 km'lik bir hat ile temsil edilmektedir. Bu kuşak batıda Kato dağlarının doğu ucunda Kavaklı Köyü'nden başlayarak doğuda Oğul köyüne kadar devam etmektedir. Bu kuşak üzerinde bölgenin en önemli yatakları bulunmaktadır. Bu yataklar, Karakaya, Meskantep, Üzümcü yatakları ile Armutlu, Çimenli ve Oğul cevherleşmeleridir (Şekil 5). Kıvrım ekseninin güneyinde yer alan **Güney Kuşak** da yaklaşık batıda Çarğlı'dan başlayarak doğuda Çukurca'nın güneyinde Kavuşa köyüne kadar devam eden yaklaşık 25 km'lik bir hattır. Bu kuşata Kurşuntepe ve Akkaya yatakları ile Haskel ve Deştan cevherleşmeleri yer almaktadır (Şekil 5). Her iki kuşaktaki yataklar da Üst Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayaçların içerisinde gelişmiştir (Şekil 2).

3.3.1. Kuzey Kuşaktaki Yataklar

Hakkari bölgesinde çinko üretiminin yapıldığı Karakaya, Meskantep ve Üzümcü yatakları ile henüz arama aşamasında olan Armutlu, Çimenli ve Oğul cevherleşmeleri bu kuşakta yer almaktadır (Şekil 5).

Karakaya Yatağı: Bu yatak kuzey kuşağın batısında yer almaktadır (Şekil 1). Yatakta 3 farklı cevher seviyesi bulunmaktadır. Bu cevher seviyeleri yaklaşık 3,5 km kesikli de olsa devam etmektedir. Cevher zonu K35-70B doğrultulu ve 65-85°KD'ya eğimlidir. Her bir cevher seviyesinin kalınlığı ortalama 3 metredir. Yatakta 2009 yılında iki nolu cevher seviyesinde açık işletme ile üretime başlanmış (Şekil 7) ve günümüzde her 3 cevher seviyesinin farklı lokasyonlarında yeraltı işletmesi ile cevher üretilmektedir. 2009-2019 yılları arasında yataktan yaklaşık 220.000 ton ortalama %21 Zn tenörlü tüvenan cevher üretilmiştir.

Karakaya yatağında bir nolu cevher seviyesi üzerinde Karakaya-I ocağı açılmıştır. Bu ocakta yaklaşık 200 m uzunluğunda ve 3 m kalınlığındaki cevher zonunda açık işletme ile üretim yapılmıştır (Şekil 8). Açık işletme ömrünü tamamladıktan sonra yeraltı üretimine geçmiştir.

Yine Karakaya yatağındaki 2 ve 3 nolu cevher zonlarının batı ucunda açık işletme ile kısmen üretim yapılmış ve yeraltı üretimine geçilmiştir.

Karakaya Ana Ocak'ta açık işletme ile üretime başlandığında cevher zonunun kalınlığı ortalama 4.5 m olup bu kalınlık 13 m'ye kadar çıkmıştır. Ancak derine doğru cevher

kalınlıklarının yer yer 1 m'nin de altına indiği görülmüştür. Aynı şekilde, cevher kalitesi (Zn, Pb ve Fe tenörleri) de yüzeyden derine doğru ve yanal yönde değişkenlik göstermiştir. Örneğin Karakaya-I nolu ocakta yüzeyde ortalama %25 Zn tenörlü cevher üretimi yapılırken derine doğru inildikçe cevher tenörü %10-15 Zn şeklinde değişmiş ve cevherin demir içeriği artmıştır. Böylesi bir cevher zonu içerisinde Zn tenörü %35'i bulan cevher mercek ve damarları tespit edilmiş ve daha seçici üretim uygulanarak üretim yapılmıştır. Karakaya-II nolu ocakta ise yüzeyde oldukça yüksek demir içeriğine sahip 15 m kalınlığındaki demir şapka zonunun 5-10 m arasında yüksek çinko tenörlü cevher zonuna gireceği düşünülerek yarma açılmış ancak demir şapka zonunun yaklaşık 30 m devam ettiği ve sadece bu zon içerisinde mercekler şeklinde yüksek çinko tenörlü cevher mercekleri üretilebilmiştir. Bu durum, yüzeyde gözlenen cevherin gerek kalınlığı ve gerekse cevher kalitesinin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. İyi bir üretim projesi ve planlaması yapabilmek için bu belirsizliklerin üretimden önce ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu da sondajlı rezerv çalışmalarının yapılması ile mümkün olabilecektir.



Şekil 7. Karakaya yatağı ana ocakta 2009 yılında yapılan açık işletmede cevher zonunun görünümü.

Meskantepe Yatağı:

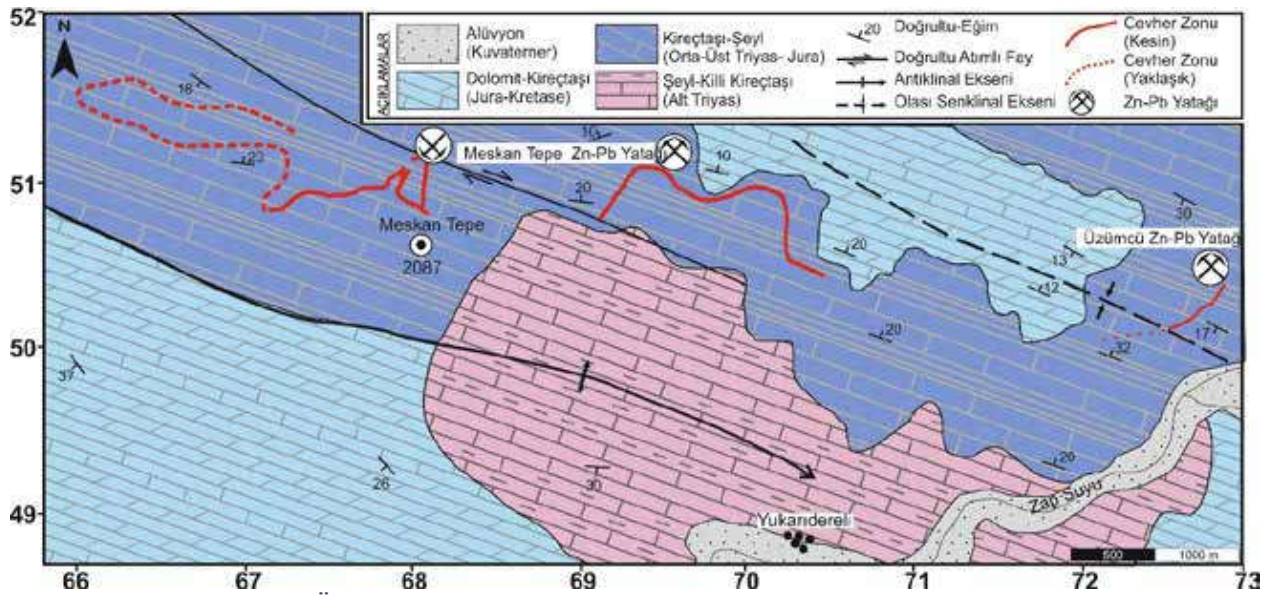
Meskan Tepe Zn-Pb Yatağı, Meskan Tepe'nin batı ve doğu kesimi olmak üzere iki kısma ayrılmıştır (Şekil 9) Cevher mostrası batı kesiminde yaklaşık 1900 metre takip edilebilmekte ve Meskan Tepe'nin her iki yamacında da gözlenmektedir. Meskan Tepe'nin doğusundaki cevher zonu ise yaklaşık 2 km takip edilebilmektedir (Şekil 9). Cevher zonu yaklaşık doğu-batı doğrultusuna sahip olup, 10-30° arasında değişen eğimlerle kuzeye dalımlıdır. Cevher zonunun kalınlığı batı kesimde ortalama 6 metre, doğu kesimde ise 2 metredir (Şekil 9). Cevherleşme Triyas yaşlı ince-orta-kalın katmanlı, ayrışma yüzeyi boz renkli, taze yüzeyi koyu gri, siyah renkli kireçtaşları içerisinde gelişmiş olup, üzerine orta-kalın katmanlı, boz, koyu gri renkli muhtemelen Alt-Orta Jura yaşlı kireçtaşları gelmektedir (Şekil 9). Cevherleşme, çoğunlukla Triyas-Jura geçişine yakın Triyas'ın üst seviyelerinde belli bir stratigrafik düzeyi takip etmektedir. Cevher zonu, yüksek limonit içeriği nedeniyle uzaktan rahatlıkla fark edilebilmekte ve bu zonun takibini kolaylaştırmaktadır.

Cevher zonu yerli yerde oksitlenerek oksitli-karbonatlı Zn-Pb $\pm$ Fe cevherleşmesine dönüşmüştür. İlksel cevherleşmenin yer yer mercekler şeklinde gözleendiği Meskantepe Yatağı'ndaki oksitli zonda başlıca cevher minerali simitsonit, hemimorfti ve hidrozinik olup, az oranda galenit ve serüzit tespit edilmiştir. Sülfürlü cevher merceklerinde ise pirit, markazit, sfalerit ve galen minerali gözlenmiştir.

Batı zondaki oksitli cevherin Fe içeriği yer yer %55'e kadar çıkmaktadır. Batı cevher zonunda 2005-2007 yıllarında ortalama %28 Zn+Pb ve %24 Fe tenörlü yaklaşık 60.000 ton tüvanan cevher üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. Karakaya-I ocağında açık işletme ile üretim yapılan cevher zonunun görünümü.



Şekil 9. Meskan Tepe ve Üzümcü Zn-Pb yataklarının jeoloji haritası ve cevher zonlarının görünümü.

Meskan Tepe doğu cevher zonu yüzeyde yaklaşık kesikli de olsa 2 km izlenebilmektedir. Bu zonda birkaç farklı seviyede cevherleşme gözlenmektedir. Ancak bu cevher seviyelerinden sadece en altta bulunan ana seviyenin kalınlığı 1 m'nin üzerinde olduğu içimn üretilmektedir. Diğer seviyeler birkaç cm den birkaç 10 cm'ye değişen kalınlıklar sunmaktadır. Günümüzde üretim doğu zondaki tabanda gözlenen ana cevher seviyesinde (Şekil 10, Şekil 11).



Şekil 10. Meskantepe doğu cevher zonunda ana cevher seviyesinde yapılan açık işletmenin görünümü.



Şekil 11. Meskantepe ana cevher zonunun görünümü.

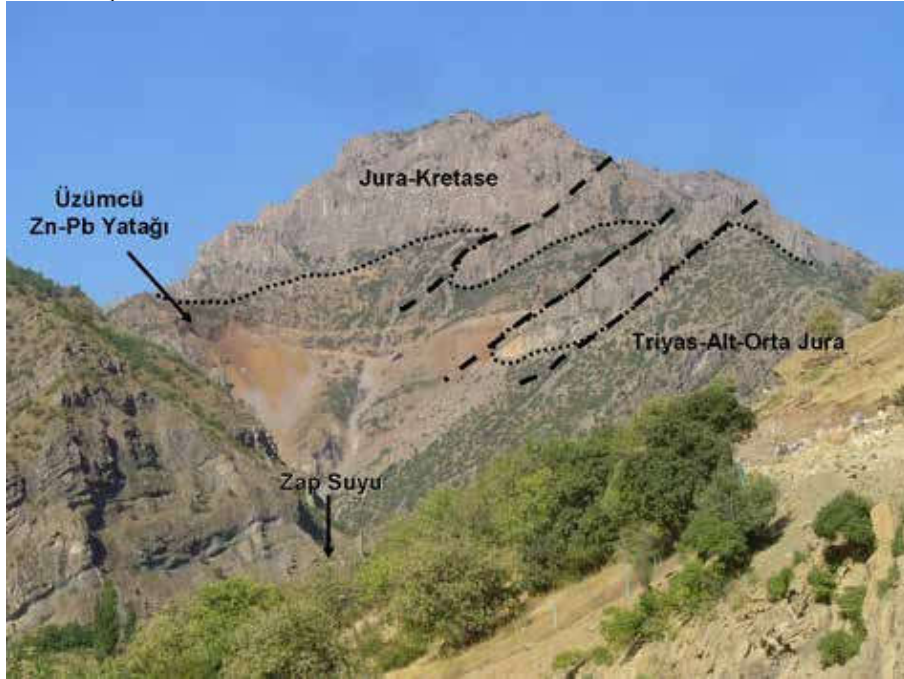
Batı cevher zonunda açık işletme ile yapılan üretim ömrünü tamamlamış ve yeraltı işletmesine geçilmiştir. Yüzeyden itibaren kuzeye doğru yamacın içine yaklaşık 500 m ilerleme yapılarak cevher üretimi yapılmaktadır. Yapılan cevherin ortalama çinko tenörü %24 dır.

Üzümcü Zn-Pb Yatağı:

Üzümcü yatağı Hakkari -Çukurca karayolu üzerinde ve Meskantepe yatağının doğusunda yer almaktadır (Şekil 9). Cevherleşme Meskantepe doğu cevher zonunun devamı niteliğindedir.

Cevherleşme ince-orta tabakalı, gri, koyu gri renkli Triyas- Jura yaşlı kireçtaşları içerisinde çoğunlukla tabaka ile uyumlu şeklinde gözlenmektedir (Şekil 12). Cevherleşme iki

farklı seviyede gözlenmektedir. Cevher zonu K15-40B doğrultulu ve 30-55GB eğimli olup kesikli olarak 1,5 km yüzeyde izlenebilmektedir. Yüzeysel koşullarda oksitlenen yataкта okkistli-karbonatlı Zn-Pb cevheri gelişmiş ve üretim bu cevherden yapılmaktadır. Yer yer bu zon içerisinde sülfürlü ilksel cevher mercekleri gözlenmektedir. 2005 yılından günümüze kadar oksitli ve karbonatlı cevher zonlarında ortalama %27 Zn, <% 7 Pb içerikli toplam 120 000 ton cevher üretilmiştir.



Şekil 12. Üzümcü Zn-Pb yatağının görünümü.

3.3.2. Güney Kuşaktaki Yataklar

Güney kuşaktaki cevherleşmelerin gerek devamlılığı ve düzenliliği gerekse cevher mineralojisi kuzey kuşaktaki yataklara göre farklılıklar göstermektedir. Kuzey kuşaktaki yataklar daha çok tabakalara uyumluyken bu kuşaktaki cevherleşmelere daha çok içinde bulunduğu kayaçların tabakalanma düzlemlerini kesmekte ve damar tipi yataklar şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca kuzey kuşağına göre bu kuşaktaki cevherleşmeler, yüzeyden itibaren hem oksitli hem de sülfürlü çinko cevherleri ile birlikte barit mineralleri de içeren karışık cevher mineralojisine sahiptir. Bu nedenle bu kuşaktaki cevherleşmelerin üretiminde seçici üretim yapılarak sadece sülfürlü veya oksitli-karbonatlı cevher zonları üretilmesi cevherin doğrudan satılması için önemlidir. Ancak cevher zonu içerisinde sülfürlü ve oksitli-karbonatlı zonlar karışık olduğundan sınırlı miktarda seçici üretim yapılabilir ve çoğunlukla üretimin karışık yapılması gerekmektedir. Bu da üretilen cevherin zenginleştirilmesini gerektirmektedir. Bu kuşakta önemli cevherleşmeler Akkaya ve Kurşuntepe cevherleşmeleridir (Şekil 5).

Akkaya Zn-Pb Yatağı:

Akkaya Yatağı, Akkaya Köyü (Hakkari)'nin kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 5). Cevherleşme Jura-Kretase (?) yaşlı orta-kalın tabakalı, bej renkli dolomitler ve dolomitik kireçtaşlarındaki kırık hatları boyunca gelişmiştir. Bölgedeki iki cevher zonu K25-50B ve K35D doğrultulu kırık hatlarına yerleşmiştir.

Akkaya yatağındaki en önemli cevher damarı N40W doğrultulu olup yaklaşık 2,5 m kalınlığında ve 100 metre uzunluğundadır (Şekil 13). Cevher damarı yüzeyde oksitlenme nedeniyle sarımsı bej renk sergiler ve esas olarak simitsonit, galenit, serüzit ve limonitten oluşmaktadır. Cevher damarında yüzeyden alınan örneklerde ortalama %36 Zn, %8,5 Pb tenörüne sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 13. Akkaya yatağındaki en önemli cevher damarının görünümü.

Akkaya ana cevher damarında yaklaşık 7000 ton cevher üretilmiştir. Üretilen cevherin ortalama tenörü %15 Zn ve %5-12 Pb tenörlüdür. Yüzeyde tamamen oksitli çinko minerallerinden simitsonit ve hidrozoinkit ile kurşun minerallerinden serüzit ve az galen gözlenmektedir. Ancak cevher üretimi sırasında derine doğru cevherin oksitli ve karbonatlı çinko mineralleri ile birlikte çinkonun sülfürlü minerali olan sfalerit de içerdiği gözlenmiş ve cevher oksitli-karbonatlı-sülfürlü karşılık bir cevhere dönüşmüştür. Bu tür cevherlerin doğrudan satılmasında sorunlar olmakta ve sülfürlü minerallerin zenginleştirilerek ayırt edilmesi ve konsantre cevher elde edilmesi gerekmektedir. Nitekim yatak sahibi özel firma bu ürettiği cevheri zenginleştirmek için bir flotasyon tesisi kurmuş ve cevheri bu tesiste zenginleştirerek %55 Zn ile %45-50 Pb tenörlü zenginleştirilmiş cevher elde ederek satabilmiştir. Bu durum bölgedeki cevherlerin derine doğru mutlaka sülfürlü ilksel cevher zonlarına dönüşeceğini bu nedenle de cevher üretim planlaması yapılmadan önce cevher zonlarının mineralojik ve tenör özelliklerinin sondajlı çalışmalar ile belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Akkaya yatağındaki diğer cevher damarlarının kalınlığı birkaç 10 cm olup derine doğru cevher damarlarının araştırılması gerekmektedir.

Kurşuntepe Zn-Pb Yatağı:

Yatak Çukurca ilçe merkezinin yaklaşık 7 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 5). İlksel sülfürlü cevherleşme özelliğinden dolayı bölgedeki yatakların kökenini anlamak adına önemli bir yataktır.

Kurşuntepe yatağı Üst Permian ve Alt Triyas yaşlı kireçtaşları içerisinde yer almaktadır. Cevherleşme hem kırık hattı boyunca damat tipinde (Şekil 14) hem de Permian ile Alt Triyas yaşlı karbonatlı seviyeleri ornatarak stratabound tipinde gelişmiştir.



Şekil 14. Kurşuntepe yatağındaki damar tipi cevher zonunun görünümü.

Cevher sülfürlü mineraller içermekete ve çok az oksitlenmiştir. Cevher içerisinde sfalerit minerali baskın olup az miktarda galenit ve barit bulunmaktadır. Damar boyunca cevherin tenörü değişmekte ve ortalama %7-8 Zn olup doğrudan satılması zor bir cevherdir. Mutlaka flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesi gerekmektedir.

3.3.3. Cevher Tipleri

Hakkari bölgesinde üç çeşit cevher tipi bulunmaktadır.

Birincisi sülfürlü cevher tipidir. Bu tip cevherler bölgede ilk oluşan, başlıca pirit, markazit, sfalerit ve galen minerali ile kısmen barit içeren cevherdir. Bantlı yapısı ile karakteristiktir (Şekil 15). Bu tip cevherler özellikle “Kuzey Kuşak”daki mevcut işletilen yataklarda derinlere doğru inildikçe veya cevherin eğim yönünde yamaçtan içeriye doğru yeraltında ilerledikçe yer yer merccekler şeklinde gözlenmektedir. Bu tip cevherin tenörü $Zn+Pb < \%10$ olduğu için doğrudan satılma imkanı bulunmamaktadır. Mutlaka zenginleştirme yapılarak konsantre çinko ve kurşun elde edilerek satılabilmektedir.

İkincisi “Oksitli ve Karbonatlı Cevher Tipi”dir. Bu cevher tipi yukarıda tanıtılan birinci sülfürlü cevher tipinin yüzeysel koşullarda yüzey sularının etkisiyle oksitlenmesi sonucunda gelişmiştir (Şekil 16). İlksel cevher zonu olduğu yerde oksitlenerek oksitli-karbonatlı çinko cevherine dönüşmektedir. İlksel cevher içerisinde pirit ve markazit baskın olarak bulunduğu için oksitlenme sürecinde bu iki mineralden açığa çıkan demir iyonları oksitlenerek zon içerisinde limonit ve hematit şeklinde çökmüştür. İkincil olarak yüzeyde oluşan oksitli-karbonatlı çinko ile demir oksitlerin karışık olarak bulunduğu bu ikinci cevher tipinin Zn tenörleri %5-45 arasında değişmektedir. Günümüzde Zn tenörü ortalama %10 ve üzeri olan oksitli-karbonatlı çinko cevheri satılabilmektedir. Bölgedeki çinko cevher üretiminin büyük bir kısmı bu tip cevherlerden yapılmaktadır. Zenginleştirme yapılmadan doğrudan satılabilen bir cevherleşmedir. 2005-2019 yılları arasında bölgede üretilen yaklaşık 1 milyon ton cevherin tamamı bu tip cevherlerden yapılmıştır.

Oksitli-karbonatlı cevher tipi oluşurken yüzeyde genellikle demirce zengin bir demir şapka zonu oluşur ve bu zon derine doğru çinko tenörü yüksek oksitli-karbonatlı cevhere geçiş gösterir. Üst zondaki demir şapka zonunun kalınlığı değişkenlik göstermektedir. Ancak bu demir şapka zonu içerisinde yer yer Zn tenörü yüksek oksitli-karbonatlı cevher merccekleri de

gelişmekte (Şekil 17) ve işletilebilmektedir. Bu nedenle demirin baskın olduğu yüzeydeki zonların hangi derinlikte satılabilir tenöre ($>15\%$ Zn) sahip zona geçiş göstereceği ancak sondaj veya yarma çalışmaları ile belirlenebilmektedir.



Şekil 15. Pirit ve markazitçe zengin, sfalerit ve galen içeren bantlı sülfürlü cevher tipinin görünümü.



Şekil 16. İlksel sülfürlü cevherin ilk oluştuğu yerde (yerli yerinde) oksitlenmesi ile oluşan Zn tenörü >20 olan doğrudan satılabilir “Oksitli-Karbonatlı Cevher Tipi”nin görünümü.



Şekil 17. Demir şapka zonu içerisinde %30 Zn tenörlü simitsonitten oluşan çinko karbonat merceğinin görünümü.

Üçüncüsü ise cevher tipi olup daha çok ana cevher zonundan çinko iyonlarının yan kayaçlar içerisinde süzülerek hareket etmesi ve kırık çatlaklar boyunca karbonatlı kayaların yerini alması ile oluşmuştur (Şekil 18). Bu tip cevherde sadece çinko oksit ve karbonat mineralleri gelişmiştir. Bu nedenle cevherin Zn tenörü %30'un üzerinde, Fe tenörü %5-10 arasında, Pb tenörü %1'in altındadır. Bu tür cevherleşmeler doğrudan satılabilmesi ile beraber Welz yöntemiyle kavrularak karbondioksiti uçurularak Zn tenörü %55'in üzerinde olan zenginleştirilmiş çinko oksit cevherine dönüştürülebilmektedir.

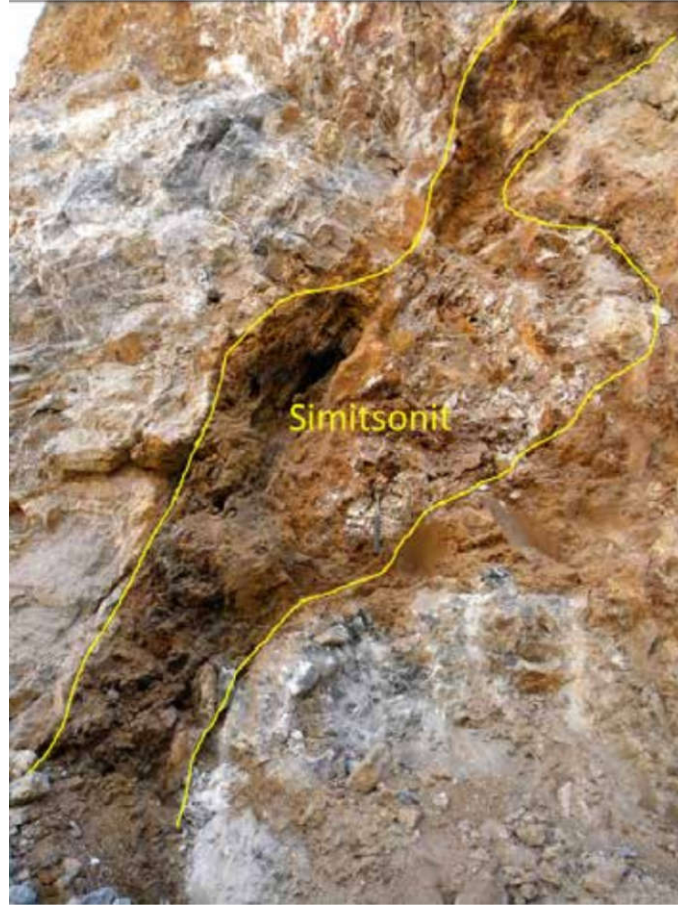
3.3.4. Cevherin Mineralojik Bileşimi

Cevher mineraloji, bir cevherleşmede bir arada bulunan mineralleri ifade etmektedir. Cevher mikroskobisi çalışmalarıyla bu mineraller belirlenmektedir. Cevherin mineralojik bileşiminin belirlenmesi cevher zenginleştirme işlemleri için oldukça önemlidir. Ham cevherden zenginleştirilmiş cevher elde edebilmek için herşeyden önce ham cevherin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Cevherin özelliklerinden en önemlisi ise cevheri oluşturan bileşenlerin (minerallerin) tanımlanmasıdır. Bu tanımlama ekonomik açıdan işe yarayan ve yaramayan minerallerin tamamını kapsamaktadır. Cevherde saptanan minerallerin fiziksel, kimyasal ve geometrik özellikleri, minerallerin birlikte büyüme şekilleri, mineral sınır ilişkileri ve boyutları cevher zenginleştirme yöntemlerinin belirlenmesindeki en önemli parametrelerdendir.

Bu bağlamda, Hakkari bölgesinde işletilmekte olan çinko-kurşun madenlerinin mineral bileşiminin belirlenmesine yönelik cevher mikroskobisi ve XRD yöntemleri ile çalışmalar yapılmıştır. Çalışma hem sülfürlü hem de oksitli-karbonatlı cevher tipi için ayrı ayrı yapılmıştır.

Sülfürlü cevher tipinin mineralojik bileşimi pirit, markazit, sfalerit, galen ve az miktarda barit, kuvars ve kalsitten oluşmaktadır (Şekil 19). Bu minerallerin oranları örnekten örneğe

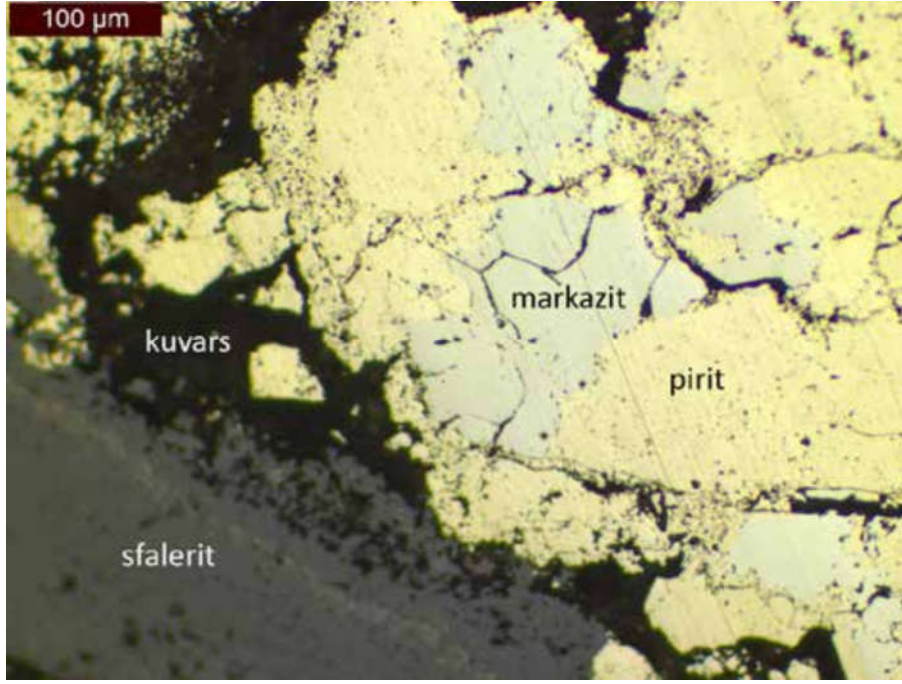
değişmekle birlikte pirit ve markazit en bol bulunan minerallerdir. Günümüzde üretimin yapıldığı oksitli-karbonatlı cevher tipleri içerisinde küçük merccekler şeklinde gözlenen bu sülfürlü cevherler işletme derinliği arttıkça düşeyde ve yanalda bu sülfürlü cevherlere



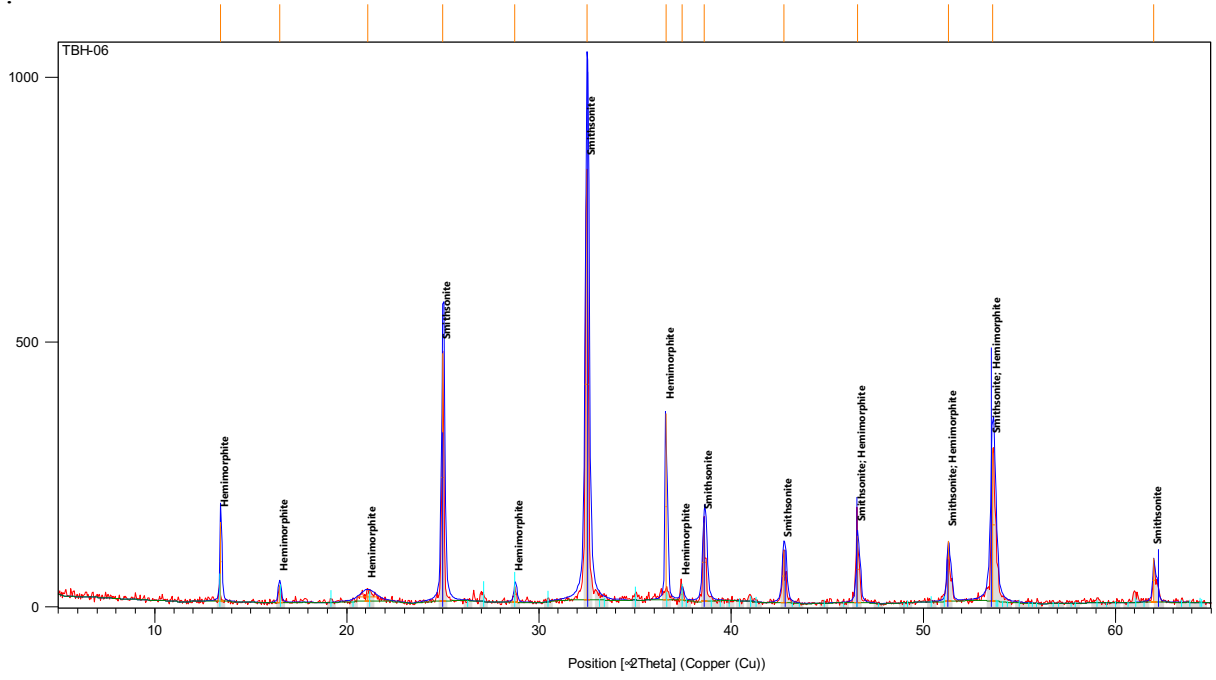
Şekil 18. Kireçtaşı tabakalarını kesen bir kırık hattında aşağı doğru süzülen çinko iyonlarının karbonatları ornatması ile oluşan yüksek Zn tenörlü karbonatlı çinko cevherinin görünümü.

girecektir. Bu durumda doğrudan satılması mümkün olmayana bu tip cevherde bu mineraller dikkate alınarak zenginleştirme sistemi kurulacaktır.

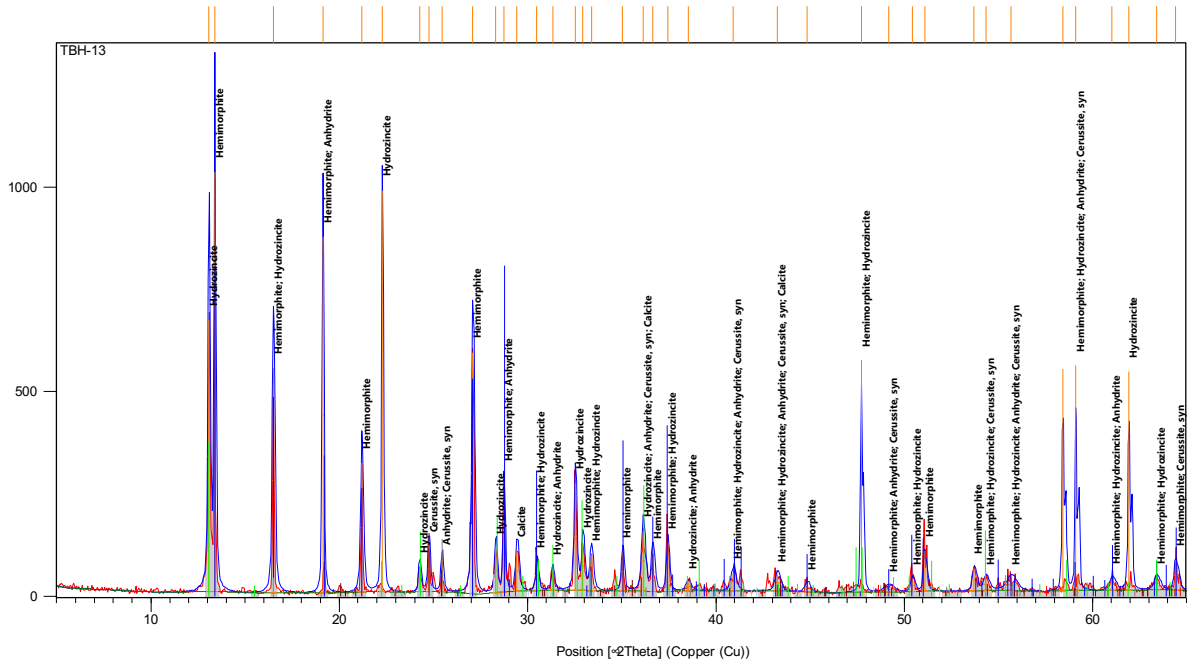
Günümüzde üretimin yapıldığı oksitli-karbonatlı cevher tipinin mineral bileşimi sülfürlü tipe göre daha karmaşık olup mineralojik bileşimi cevher mikroskobisi ve XRD yöntemleri ile belirlenebilmiştir (Şekil 20; Şekil 21). Buna göre oksitli-karbonatlı cevherler simitsonit, hemimorfit, serüzit, anglezit, hidrozkinit, lepidokrozit, hematit, götit, dolomit, kalsit, anhidrit ve demir oksit-hidrozkinit minerallerini içermektedir. Bu minerallerin bollukları cevher içerisinde değişkenlik göstermektedir. Oksitli-karbonatlı cevher tipinde çinkonun cevher mineralleri simitsonit, hemimorfit ve hidrozkinitir (Şekil 20; Şekil 21). Kurşunun cevher mineralleri ise serüzit, anglezit ve galendir. Bu cevher tipinde galen ve serüzit çeşitli zenginleştirme yöntemleri ile kazanılabilmektedir. Ancak oksitli-karbonatlı çinko mineralleri flotasyon yöntemi ile zenginleştirilememektedir. Çinko cevherlerinin zenginleştirilmesi ileride detaylı tanıtılacaktır.



Şekil 19. Pirit, markazit, sfalerit ve kuvars içeren sülfürlü cevher tipinin cevher mikroskobisi görünümü.



Şekil 20. Simitsonit ve hemimorfit minerallerinden oluşan yüksek Zn tenörlü ($Zn > \%30$) oksitli-karbonatlı cevhere ait XRD grafiği.



Şekil 21. Hemimorfit, hidrozinkit, serüzit, anhidrit ve kalsit içeren oksitli-karbonatlı cevherin mineralojik bileşimine ait XRD grafiği.

4. BÖLÜM:

TEKNİK ANALİZ

HAKKARİ BÖLGESİNDEKİ ZN-PB ÜRETİMİ

Hakkari bölgesindeki cevher üretimi 2005 yılında açık işletme ile başlamıştır (Şekil 22). İlerleyen yıllarda ekonomikliğini kaybeden açık işletmeler yeraltı işletmesine geçmiştir. Şu anda bölgedeki üretimlerin tamamı yeraltında galeriler ile yapılmaktadır (Şekil 23).

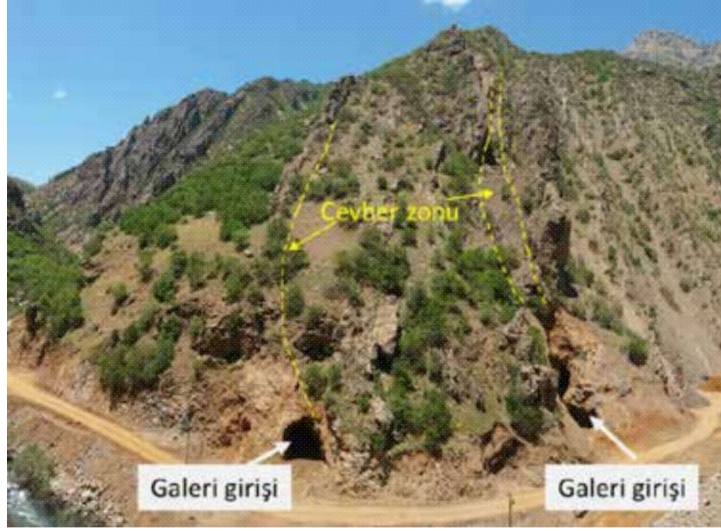
Üretilen cevherler öncelikle galeri girişine stoklanmakta burada cevher içerisindeki işe yaramayan ve çinko tenörünü düşüren yan kaya parçaları ile yüksek demirli parçalar elle ayıklanmakta (bu işleme **triyaj** denilmektedir) ve kamyonlara yüklenerek cevher tenörlerine göre ana stok sahasına taşınmaktadır (Şekil 24). Ana stok sahasında getirilen cevherin tekrar buradan el ile triyaj yapılmaktadır. **Triyajı** yapılan cevher ya doğrudan satılmakta veya firmanın kırma-eleme tesisi varsa kırılıp elendikten sonra satışı yapılmaktadır.



Şekil 22. Açık işletme ile yapılan üretimin görünümü.

Bölgede 1999-2003 yılları arasında yapılan maden arama çalışmaları sonucunda günümüzde işletilmekte olan Meskantepe, Karakaya ve Üzümcü yatakları ile işletilmeyen Oğul, Armutlu ve Kurşuntepe cevherleşmeleri tespit edilmiştir. Ancak üretim faaliyetleri ilk önce Meskantepe yatağında 2005 yılında başlamış ardından Üzümcü ve Karakaya yataklarından üretimler gerçekleştirilmiştir. Bölgede 2005 yılından 2019 yılına kadar yapılan üretimler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2’e göre Meskantepe yatağında 2005-2013 arasında yaklaşık 207 000 ton ortalama %25 Zn ve %5 Pb tenörlü cevher üretmiştir. Aynı yatakta 2014-2018 arasında ise toplam 314 056 ton ortalama %25 Zn ve % 4,6 Pb tenörlü cevher üretilmiştir. Bu durumda 2005-2018 yılları arasında Meskantepe yatağında ortalama %25 Zn ve %5 Pb tenörlü 521056 ton cevherin üretildiği görülmektedir (Tablo 2).



Şekil 23. Karakaya yatağında yapılan yeraltı işletmesinin görünümü.

Tablo 2’de bölgede ikinci en çok üretim yapılan yatak Karakaya yatağıdır. Bu yatakta 2007 ile 2014 yılları arasında 142 000 ton %23 Zn ve %5 Pb tenörlü cevher üretimi, 2015 ile 2018 yılları arasında ise 132162 ton ortalama %22 Zn ve %5,5 Pb tenörlü cevher üretimi yapılmıştır. Buna göre 2007-2018 yılları arasında Karakaya yatağında toplamda 274162 ton çinko cevheri üretilmiştir.

Üzümcü yatağı bölgede üretimden 3. sırada yer almaktadır (Tablo 2). Bu yatakta 2006-2008 yılları arasında %25 Zn, %7 Pb tenörlü 30000 ton, 2009-2017 yılları arasında %18 Zn ve %5 tenörlü 75000 ton cevher, 2018 yılında ise %18 Zn ve %5 Pb tenörlü 20000 ton cevher üretilmiştir. Bu durumda Üzümcü yatağından işletmenin başladığı 2006 yılından 2019 yılına kadar (2019 yılı üretimi dahil değil) toplam 125000 ton ortalama %20 Zn tenörlü cevherin üretildiği görülmektedir.

Hakkari bölgesinde yukarıda belirtilen Meksinatepe, Karakaya ve Üzümcü yatakları dışında ciddi bir üretim yapılmamıştır. Bu yataklar dışında Armutlu, Akkaya ve Kurşuntepe yataklarında kısa süreli üretimler yapılmış olup bu üç yatakta 2019 yılına kadar toplamda 23000 ton cevher üretilmiştir (Tablo 2).



Şekil 24. Karakaya yatağında üretilen farklı tenördeki cevherlerin stoklandığı ana stok sahasının görünümü.

Tablo 2. Hakkari bölgesinde 2005-2018 yılları arasında yapılan Zn-Pb cevher üretim miktar ve tenörleri

	Üretim Yılı														Toplam (Ton)		
Yatak Adı	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
Meskan-tepe	Üretim (Ton)	207000														101240	521056
	Tenör%	25 Zn, 5 Pb														25 Zn, 5 Pb	
Karakaya	Üretim (Ton)			142000												11000	274162
	Tenör %			23 Zn, 5 Pb												21 Zn, 7 Pb	
Üzümcü	Üretim (Ton)		30000			75000									20000	125000	
	Tenör %		25 Zn, 7 Pb			18 Zn, 5 Pb									18 Zn, 5 Pb		
Kursuntepe	Üretim (Ton)			7000											7000		
	Tenör %			27 Zn 8 Pb													
Armutlu	Üretim (Ton)						9000									9000	
	Tenör %						21 Zn, 5 Pb										
Akkaya	Üretim (Ton)								7000							7000	
	Tenör %						15 Zn, 6-12 Pb										
GENEL TOPLAM															943218		

4.2. BÖLGEDEKİ KURŞUN ÇİNKO YATAKLARININ KAYNAK TESPİTİ

Hakkari bölgesinde üretim ve arama aşamasında olan sahalarda elde ettiğimiz veriler ışığında üç tip cevherleşme görülmektedir. Bunlar;

1. Kireçtaşlarının tabakanmasına uyumlu, dik veya yataya yakın konumlu oksitli-karbonatlı cevher,
2. Kireçtaşlarına uyumlu veya keser şekilde yerleşmiş sülfürlü cevher,
3. Kireçtaşlarını keser yerleşmiş, dikine karbonatlı oksitli cevherdir.

Her üç cevher türü de başlangıçta tamamen sülfürlü mineraller şeklinde oluşmuş, daha sonra ise yüzey ve yeraltı suları tarafından oksitlenerek karbonatlaşmış- oksitlenmişlerdir. Birinci tür cevher, büyük bir kırktan deniz tabanına boşalan sıcak suların söz konusu deniz tabanını yorgan gibi örtmesiyle oluşmasına karşın, ikinci ve üçüncü tür cevherleşmeler bu yorganlara kaynaklık eden kırıkların içinde oluşmuşlardır ve bunlar deniz tabanına ulaşmadan büyük fay hatlarının iç dolgulanmalarıdır. Bunlar literatürlerde besleyici kanallar (feeder veins or channels) olarak bilinmektedirler.

Hakkari bölgesinin en değerli çinko kurşun cevherleşmeleri bu birinci tipteki cevherleşmelerdir ve kuzey kuşağın Triyas yaşlı kayalar içinde bulunmaktadır. Bunlar doğuda - batı doğrultusunda uzanır ve en doğuda Çiftçi grubunun işlettiği sahalardan başlayarak Ölmez grubunun işlettiği bölgeye, buradan daha batıya Karakaya grubunun işlettiği şimdi ise güvenlik nedeniyle kapalı olan sahaya, ve oradan Armutlu bölgesinde Seyidoğlu grubunun sahibi olduğu alana kadar uzanmaktadır. Bu hatta doğuda daha ince olan cevher batıya doğru kalınlaşmakta ve üç ana kalın zon şeklinde izlemektedir. Ortalama 5 metre kalınlık (Karakaya bölgesinde üç zonun toplam 10 metre ortalama kalınlığı ile Çiftçi bölgesinde 3 metre kalınlık ortalaması 13: 2 den 6.5 m olmaktadır ve bazı yerdeki cevher kesiklikleri nedeniyle tüm kuşaktaki ortalama kalınlık 5 metre alınabilir) 8 km boy ve 300 m en ve 3.5 ton/m³ yoğunluk hesabıyla bu alanda;

8000 x 300x 5x 3.5: 42.000 000 (42 milyon ton) bir jeolojik kaynak ortaya çıkmaktadır. Bu cevherin ortalama tenörü ise %20 Zn gibi olacaktır. Öte yandan bu cevher zonu hem doğruya, hem de batıya doğru daha da devam edebilir. Güvenlik nedeniyle gidilemeyen ve arama çalışması yapılamayan bu alanların potansiyelini de ayrıca mevcut cevher türüne ilave etmek gerekecektir. Şimdiye dek 1 milyon tonun üzerindeki cevher üretimiyle bu bölgedeki maden potansiyelin 40 da birinin de alındığını söyleyebiliriz. Bu kuzey zonunun üç boyutta devamını, cevher tenörünü ve cevher mineralojisini dolayısıyla ne tür bir cevherden ne kadar var sorununu cevaplayarak bölgenin kaynağı, bunun ekonomik olarak ne kadarı üretilebilir sorusunun cevabıyla da kuzey kuşağının cevher rezervi saptanmış olur. Kuzey kuşağı Uludere-Beytüşebap hattına kadar devam etmekte olup buradaki Trias - Jura birimleri içinde de benzer cevherleşmeler bulunabilecektir. Bu bölgede Kato Dağının devamı olan Kel Ahmet Tepesi bölgesinde de ciddi araştırmalar yürütülmelidir.

İkinci türdeki cevherleşmeler ise güney alanda damarlar şeklinde görülen ve Permien yaşlı kireçtaşlarıyla Triyas yaşlı şeyillerin kontaklarında görülen cevherleşmeler olup bunun en klasik örneği Kurşun Tepe sahasıdır. Bu sahada şimdiye dek açık işletme yöntemiyle sadece 5 - 10 bin ton sülfürlü çinko ve kurşun cevheri üretilmiştir. D-B doğrultulu kuzeye eğimli normal fay hattına yerleşmiş cevher içinde baritler yeralamaktadır. Bu yatak üstte sözü edilen deniz tabanına boşalan metalce zengin scak su boşalımlarına olanaka veren kanalları teösil etmektedir. Bu tür cevherleşmeler bölgede çok geniş bir aanda yer alırlar ve geçömmişte bulardan maden üretimi yapmıştır. Bu tür cevherleşmenin kaynaklarını hesaplamak için işletem basamaklarından sondajlı arama yeterli görülmektedir. Öte yandan bu tür cevherleşmelerin bölgede pek çok alanda görüldüğü buna karşın sondajlı arama yapılmaması

ve sert olmasından dolayı tarihi geçmişte yeraltı işletmesciliği için tercih edilmemiş olması gerekir.

Bu tür cevheleşmeden bölgede ne kadar olduğuna dair hiç bir çalışma yapılmamıştır. Bu tür sülfürlü minerallerden oluşan yatakların jeofizik yöntemlerle araştırılması ve sondajlarla derine doğru devamının tetkikiyle bölgedeki sülfürlü dammar tipi yatakların kayanak hesaplanması yapılabilecektir. Kurşuntepe bölgesinde 200 metre derinlik 400 metre boy ve 20 metre kalınlık ve 4 gr/cm³ hesabıyla

200x400x20 x 3.5 : 5.6 milyon ton kayanak hesaplanabilir.

Bu cevherin ortalama tenörü % 8 Zn civarında olacaktır. Bu tür sülfürlü cevherleşmelerin bölgenin güneyinde Çukurca ve Şemdinli arasında ve sınır hatları boyunca yaygınca bulunması gerekir. Bu nedenle yeni bulunacak sahalarla bu tür cevherden bölgede bir kaç 10 milyon ton bir jeolojik kayanaktan bahsedebiliriz. Bu cevherlerin flotasyonla zenginleştirilemesi için bölgedeki Ölmez madencilik tesislerinden faydalanmak mümkündür. Bu tesis de yukarıda sözü edilen 1. Tür oksitli karbonatlı cevherler içinde yer alan sülfürlü zonlardaki kurşun ve çinkonun flotasyonla zenginleştirilmesi amacıyla kurulmuştur.

Üçüncü tip çinko kurşun yatakları güney kuşağında sülfürlü damar tip cevherleşmelerinin oksidasyon ürünüdürler. Bunlar da Permian ve Alt Triyas içinde yer alırlar ve ruhsatı Ölmez madencilik şirketinde olan Akkaya yatağı bunun en tipik temsilcisidir. Bu yatakların kurşun minerali olan galenitlerde gümüş değerleri tonda 250 gramın üstündedir. Bu tür cevherleşme özellikle Şırnak bölgesinde kalınlığı 1 metreye ulaşan %40 Zn %15 Pb içeren yüksek kaliteli cevherlerden oluşmaktadır. İçinde barit de bulunan bu yataklarda şimdiye dek bir kaç bin ton cevher üretilmiş olup bunlardan Süvari Halil Geçidi bölgesinde yeni damarların bulunduğu ve bu damarlardan üretim aşamasına geldiği bilinmektedir. Bununla birlikte bu yatakları besleyen damarların beklenmedik yerlerde, özellikle de Triyas ve Permian kireçtaşları içinde yer alacağı unutulmamalıdır. Bu tür yatakların hem cevher kalitesi hem de yatak şeklindeki değişimler nedeniyle kaynak araştırması daha zordur ve maliyetleri de yüksek olacaktır. Bu tür cevherleşmelerden de bölgede bir kaç yüz bin tonluk kaynak içermesi sürpriz olmayacaktır.

Yukarıda sayılan 1. 2. ve 3. Tip maden oluşumlarının toplam kaynaklarının ve rezervlerinin belirlenmesi;

1. Jeolojik haritalamanın yapılması, jeolojik kesitlerin çizilmesi sonrası
2. Sondaj programının oluşturulması
1. Sondaj için izin alınması ve sondaj yollarının yapılması
2. Sondajların yapılması,
3. Sondaj loglarının oluşturulması, cevher türlerinin, cevher örneklerinin, kimyasal ve mineralojik analizlerinin yapılması
4. Kayanak hesabının yapılması şeklinde olacaktır.

Kaynak hesabından sonra fizibilite ve ekonomik çalışmasıyla rezerv belirlenebilecektir. Hakkari bölgesinde bu tür bir kaynak belirleme işini ve daha sonra rezerve dönüşme sürecini yürütecek kalitede ve teknik donanımda şirketler yoktur. Bölgedeki maden şirketleri içinde sadece Ölmez madencilik sondaj makinasına ve mühendislere sahiptir. Bununla birlikte bu şirketin de arama işlerini profesyonelce yürütecek yeterince uzman kadrolara sahip olduğunu söyleyemeyiz. Bu nedenlerle yani hem yerel şirketlerin ekonomik güçlerinin zayıflığı, hemde teknik kadro yetersizlikleri nedeniyle bölgeye yabancı bir araştırma grubunun gelmesi ve burada araştırmaları üstlenmesi en doğru yol olarak görülmektedir. Buna en uygun kurum ise MTA'dır ve MTA'nın tip mukavele sistemiyle bölgedeki ruhsatlar sondajlı arama programına alınmalıdır. E-1'de MTA'nın tip mukavele sözleşmesinin ana hatları ve uygulama şekli görülmektedir.

Tip mukavele uygulaması için Kalkınma Ajansı, Valilik, Sanayi ve Ticaret Odası, Siyasi Partti yetkilileri ve bölge milletvekilleri bu işin takipçisi olmalıdırlar.

4.3. HAKKARİ İLİNDE MADENLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TEKNOLOJİK KULLANIM ALT YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çinko-kurşun cevherleri üretildiği zaman ya doğrudan izabe tesislerine satılabilir nitelikte olmakta ya da izabe tesisine satılması için zenginleştirilmesi gerekmektedir. Cevherlerin doğrudan mı satılabileceği ya da zenginleştirme ihtiyacına gerek olup olmadığı cevherin mineralojik bileşimi, tane boyutu, cevherin kimyası ve benzeri özelliklerine bağlıdır. Hakkari bölgesinde halihazırda zenginleştirme ihtiyacı olmayan, doğrudan satılabilen, çinko tenörleri %15'den yüksek olan oksitli-karbonatlı çinko cevherleri üretilmektedir. Ancak, gerek daha düşük tenörlü çinko-kurşun cevherlerinin değerlendirilmesi ve gerekse de ülke ekonomisine daha fazla katma değer sunması açısından bölgedeki madencilerin ülkenin demirbaşları olan yeraltı kaynaklarımızdan daha fazla fayda sağlamak için zenginleştirme yaparak cevheri ihraç etmeleri daha doğru olacaktır. Bu nedenle çinko cevherinin hangi yöntemlerle zenginleştirilebildiği, dünyada ve ülkemizde hangi yöntemlerin uygulandığı, Hakkari'deki zenginleştirme altyapısı durumunun ne olduğu bu alt bölümde tartışılmıştır.

4.3.1. Çinko Cevherlerinin Zenginleştirme Yöntemleri

Madencilik yöntemleri ile üretilen çinko cevherlerini doğrudan izabe edilmeleri ekonomik olmadığından, bunların önce çeşitli cevher zenginleştirme yöntemleriyle konsantre edilmeleri gerekmektedir. Çinko cevherlerinin konsantre edilmesinde başlıca iki yöntem olan gravite ve flotasyon yöntemleri uygulanmaktadır.

4.3.1.1. Gravite Yöntemleri

Gravite zenginleştirilmesi, minerallerin farklı özgül ağırlıklarından faydalanılarak uygulanan bir yöntemdir. Minerallerin serbestleşme tane boyutunun büyüklüğüne bağlı olarak jig, ağır ortam ayırıcıları, spiral ve sarsıntılı masalar, tek başına veya kombinasyon şeklinde kullanılır. Gravite yöntemlerinin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre, gerekse yatırım maliyetleri açısından oldukça ucuz olmasına karşılık, metal kazanma verimlerinin düşüklüğü, kaçakların önlenememesi ve selektif ayırmaya uyum sağlayamaması dezavantaj olmaktadır. Bu yöntem daha çok ön zenginleştirme için kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda gravite ayırmasında küçük taneli cevherlerin (-0,5 mm) zenginleştirilmesinde geliştirilmiş Multi Gravite Ayırıcısı, Falcon ve Knelson Konsantratörleri ve Kelsey Jigi gibi santrifüj kuvvetinden yararlanan cihazlar sarsıntılı masalara bir alternatif olarak yer almaktadır (Billy vd., 1994; Falconer, 2003; Uysal, 2011).

4.3.1.2. Flotasyon

Zamanımızda düşük tenörlü kurşun-çinko cevherlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan ve bütün dünyada başarıyla uygulanan en yaygın yöntem flotasyondur. Günümüzde özellikle sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinde zenginleştirme hemen hemen tümüyle flotasyon yöntemiyle yapılmaktadır. Diğer yöntemlere oranla daha pahalı ve fazla enerji gerektiren bir yöntem olmasına rağmen, düşük tenörlü cevherlerde bile yüksek metal kazanma verimiyle, yüksek tenörlü konsantreler elde edilmesi, flotasyonu en yaygın zenginleştirme yöntemi haline getirmiştir.

4.3.1.2.1. Sülfürlü Çinko Minerallerinin Flotasyonu

Kurşun-çinko cevherleri sülfür halinde bulundukları zaman geçerli zenginleştirme yöntemi flotasyondur. Cevherde bulunan kurşun ve çinkonun selektif olarak birbirinden ayrılması ve altın, gümüş, bakır gibi yan elementlerin kurşun konsantresi içinde toplanması maksimum gelir sağlanmaktadır. Ayrıca çinko konsantresinin mümkün olduğu kadar az piritli olması istenmektedir. Bu nitelikleri istenen ölçüde sağlamak cevherin mineralojik özelliği nedeniyle güç olabilmektedir. Ayrıca bakır fazla ise bunun bakır konsantresi halinde eldesi mümkündür (Yüce, 1998; Uysal, 2011).

Pirit içeren sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonunda genellikle kurşun yüzdürülür, sonra çinko, gerekli ise üçüncü kademede pirit alınır. Galeni yüzdürmek için önce çinko ve demir minerallerinin bastırılması gerekmektedir. Demir mineralleri, flotasyon pülpi bazik hale getirilerek (pH = 8-10) bastırılır. Burada pH ayarlayıcısı olarak kireç kullanılmaktadır (Önal ve Ateşok, 1994; Atak, 1982; Uysal, 2011).

Sfalerit genel olarak, ksantat tip bir kolektörle yüzmez (çinko ksantatın çözünürlüğü oldukça yüksektir), fakat pülpte bulunan Pb^{2+} ve Cu^{2+} iyonları çinkoyu aktifleştirerek yüzmesini sağlayabilir. Bunu önlemek için çinko minerallerini bastırmak amacıyla siyanürler (NaCN veya KCN) ve $ZnSO_4$ kullanılmaktadır.

Pulp pH'sını ayarlayarak sfalerit ve piritin bastırılmasından sonra, galenin yüzdürülmesi için zayıf fakat selektif bir kolektör (etil ksantat veya dithiofosfatlar) kullanılır. İkinci kademede daha önce bastırılan çinko minerallerini yüzdürmek için $CuSO_4$ ile yüzeyler aktif hale getirilir. Burada $CuSO_4$ ile pirit aktifleştigiinden pulp pH'sı yükseltilmelidir. Çinkonun yüzmesi için uzun hidrokarbon zincirli bir kolektör (amil ksantat veya izopropil ksantat) kullanılmaktadır (Uysal, 2011).

4.3.1.2.2. Oksitli Kurşun-Çinko Minerallerinin Flotasyonu

Kurşun-çinko yataklarının az veya çok oksitlenmesinin sonucu, galenin bir kısmı veya tamamı seruzit ve anglezite dönüşülebilmektedir. Çinkonun oksidasyon mineralleri, simitsonit, hemimorfit ve hidrozinkit gibi minerallerdir. Cevherin ilksel bileşiminde bakır sülfürler mevcut ise, malakit, azurit, kurpit, gibi oksit bakır mineralleri de bulunabilmektedir. Bu tür cevherlerin flotasyonunda, ksantat tipi kolektörlerle bütün minerallerin yüzdürülmesi güçtür ve fazla ksantat tüketimine yol açmaktadır. Ayrıca bu tip mineraller suda çok fazla çözündükleri için, kurşun ve çinkonun selektif olarak birbirinden ayrılması da güçleşmektedir. Örneğin flotasyonda bakır verimi pek önemli olmasa bile, oksit bakır minerallerinin bulunuşu ortamdaki bakır iyonu konsantrasyonunu arttırmakta ve bakır iyonları sfaleriti canlandırarak, galenden ayrılmasını güçleştirmektedir. Bunu önlemek amacıyla, pülpteki çeşitli iyonları çöktüren ve kompleks halde bağlayan kimyasal maddelerin daha fazla miktarda kullanılması gerekmektedir. Kurşun ve çinko konsantrelerinin metal randımanı arttırmak için, oksit minerallerinin de yüzdürülmesi gereklidir. Oksit mineraller, ya sülfürlerle beraber bir konsantre halinde, veya sülfür flotasyonundan sonra oksit flotasyonu yapılarak, ayrı konsantreler halinde elde edilmektedir.

Tüvenan oksitli çinko cevherlerine liç uygulanmasının ekonomik olmaması muhtemeldir ve asit tüketen gang minerallerinin liç işlemlerinden önce ayrılması, çinkonun oksitli rezervlerden başarılı bir şekilde geri kazanılmasında esastır. Flotasyon, yüksek Zn tenörleri içeren çinko konsantresinin ekonomik olarak uygun olabileceğini kanıtlamak noktasında reaktif tüketimi, rafineri boyutlandırma ve saha seçimi için çok sayıda avantaj sunar. Asit tüketen gang minerallerinin% 90'ından fazlasını çinko oksit cevherlerinden ayırmak ve flotasyon yöntemini

kullanarak %25–35’e kadar çinko tenörüne sahip bir konsantre üretmek teknik olarak mümkündür.

Uygun bir flotasyon yönteminin seçilmesi büyük ölçüde ana çinko oksit mineralinin eşlik eden gang minerallerine bağlıdır. Baz metallerin oksit minerallerinin yüzdürülmesi için uzun zamandır kullanılmış olan en önemli yöntemler şunlardır:

- (i) Sodyum sülfid kullanarak sülfürizasyon ve aminler gibi katyonik bir kollektörle flotasyon.
- (ii) Yağ asitlerinin kullanılması.
- (iii) Metal iyonu kullanarak sülfürizasyon ve aktivasyonu takiben ksantat gibi bir sülfidril toplayıcı ile flotasyon.
- (iv) Merkaptanlar gibi diğer sülfidril kollektörler ile flotasyon.
- (v) Şelatlaştırıcı ajanların kullanımı.
- (vi) Aminler ile ksantatlar gibi karışık anyonik / katyonik toplayıcılar.

Toplayıcı steril amin asetat, simitsonit üzerinde iyi çalışır, ancak kalamın cevherlerine (büyük çinko taşıyan mineral hemimorfit) doğru seçicilik göstermez. Cevherde simitsonit bulunduğunda, daha yüksek fuel oil emülsiyon ilavesi olan bir tallow amin emülsiyonu kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Ksantatlar, tiyokarbonatlar, merkaptanlar ve ditiyokarbamatlar oksitlenmiş çinko mineralleri için toplayıcı olarak kullanılabilir.

Amin ve ksantat karışımları da smithsonit flotasyonu için kollektör olarak kullanılabilir. Yeni bir toplayıcı grubu incelenmiştir. Bu toplayıcılar ksantatlı yağ asidi (DS serisinden toplayıcılar (ksantat=% 60, yağ asidi =% 20 ve fuel oil =% 20)) ve ksantatlı yağ asidi ve amin karışımları (DAS serisi (ksantat =% 50, yağ asidi =% 20, amin oksit =% 20 ve fuel oil =% 10)). Bu toplayıcılar, Mısır, Güney Amerika ve Kanada'dan birkaç kurşun oksit çinko cevherinde test edilmiştir. En iyi sonuçlar ise ksantatlı yağ asidi + aminden oluşan bir toplayıcı olan DAS-2 kullanılarak elde edilmiştir (Etjemaie vd., 2014).

Oksit bakır cevherlerinde olduğu gibi, sodyum florür kullanılarak serüsit, anglezit ve simitsonit minerallerinin yüzeyinde metal sülfür tabakası oluşturulabilir. Sonra ksantat tipi kollektörlerle bu mineraller sülfürleri ile birlikte yüzdürülebilmektedir. Klamın ve hidrojenit gibi minerallerin sülfürleşme işleminden sonra ksantatlarla yüzdürülmesi oldukça zor olmaktadır. Bu flotasyonda sodyum sülfür miktarının dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmekte, fazlası galeni bastırmaktadır. Bu durumda yüksek pH’da aminlerle yüzdürülmektedir (Atak, 1982; Uysal, 2011).

Flotasyon maliyetinde, cevherin tenörü ve mineralojik özellikleri en etkili faktördür. Bu özelliklere bağlı olarak maliyet giderleri ve metal kurtarma randımanları %60-95 arasında değişir. Aynı nedenle, bugün dünyada üretilen kurşun konsantrelerini tenörü %50-78; çinko konsantrelerinin %48-60 Zn ve bulk konsantrelerinin ise %15-35 Pb ve %20-30 Zn olabilmektedir (Yüce, 1998; Uysal, 2011).

4.3.1.3. Türkiye’deki Çinko Cevheri Zenginleştirme Tesisleri ve Bu Tesislerde Uygulanan Yöntemler: ESAN Balya Kurşun-Çinko Flotasyon Tesisi Örneği

Esan Balya–Balıkesir bölgesinde 2009 yılında üretime geçen kurşun-çinko işletmesiyle metalik maden sektöründe de faaliyet göstermeye başlamıştır. 2010 yılında Balya flotasyon tesisinde 240,000 ton ham cevherden 30,000 ton kurşun-çinko konsantresi elde edilmesi planlanmıştır.

Günümüzde 5000 ton/gün cevherin flotasyonunu yapmaktadır.. Balya kurşun - çinko maden yatağı, Marmara Bölgesi içinde, Balıkesir - Çanakkale, Balıkesir - Gönen devlet karayolları kavşağında, Balıkesir il merkezinin 49 km kuzeybatısındaki Balya ilçesi sınırları içinde yer almaktadır.

Cevher Hazırlama Tesisi'nde işlenen mineraller galen ve sfalerit olup, galenden kurşun sfaleritten de çinko elde edilmektedir. Cevherde ortalama olarak % 3-4 Pb, % 5-6 Zn bulunmaktadır. Cevherde bunun dışında pirit, hematit de tespit edilmiştir. Gang minerali olarak ise kuvars, diyopsit, epitod, aktinolit, tremolit, granat, kalsit ve klorit bulunmaktadır.

Cevher Kırma Tesisleri

Madenden gelen ham cevherin boyut küçültme ve işlemlerinin yapıldığı tesistir. 1 adet çeneli kırıcıdan (primer kırıcı olarak), 2 adet ince malzemeyi kıran konik kırıcıdan, 1 adet iri malzemeyi kıran konik kırıcıdan, 1 adet çatal ayırıcıdan, 3 adet manyetik seperatörden (hareketli mıknatıs), 1 adet sabit mıknatıstan, 4 adet elekten, 1 by-pass ızgaradan, 2 adet bunkerden ve bantlardan oluşmaktadır.

Öğütme Prosesi

Öğütme, boyut küçültme prosesinin son aşamasıdır. Tesiste öğütme işlemi, silindirik bir değirmende, bilyenin (öğütücü ortamın) kinetik enerjisinin kullanılmasıyla sulu olarak yapılan bir boyut küçültme işlemi olarak uygulanmaktadır. İşletmede değirmen içerisine su haricinde çinko sülfat da eklenmektedir. Bu reaktifin kurşun flotasyonunun bir önceki prosesi olan değirmende kullanılmasının sebebi, kurşun flotasyonunda çinkonun yüzmesini engellemektir.

Kırıcı tesisinden çıkan -16 mm'lik malzeme boyut küçültmenin öğütme kısmına gelir. Kırılan cevherin olduğu stoktan stok durumuna göre çinko ve kurşun yığınları toplam kurşun çinko tenörü %5-7 olacak şekilde harmanlanır ve kepçe yardımı ile yapılarak silolara beslenir. Malzeme beslenen silolar 4 adettir. Birinci silo beton silodur ve değirmen 1 ve 2'yi besler. Diğer bütün silolar metaldir ve silo 2 değirmen 3'ü, silo 3 değirmen 4'ü, silo 4 değirmen 5'i besler. Beton silo 3000 ton malzeme alabilmektedir ve metal siloların kapasiteleri 150 tondur.

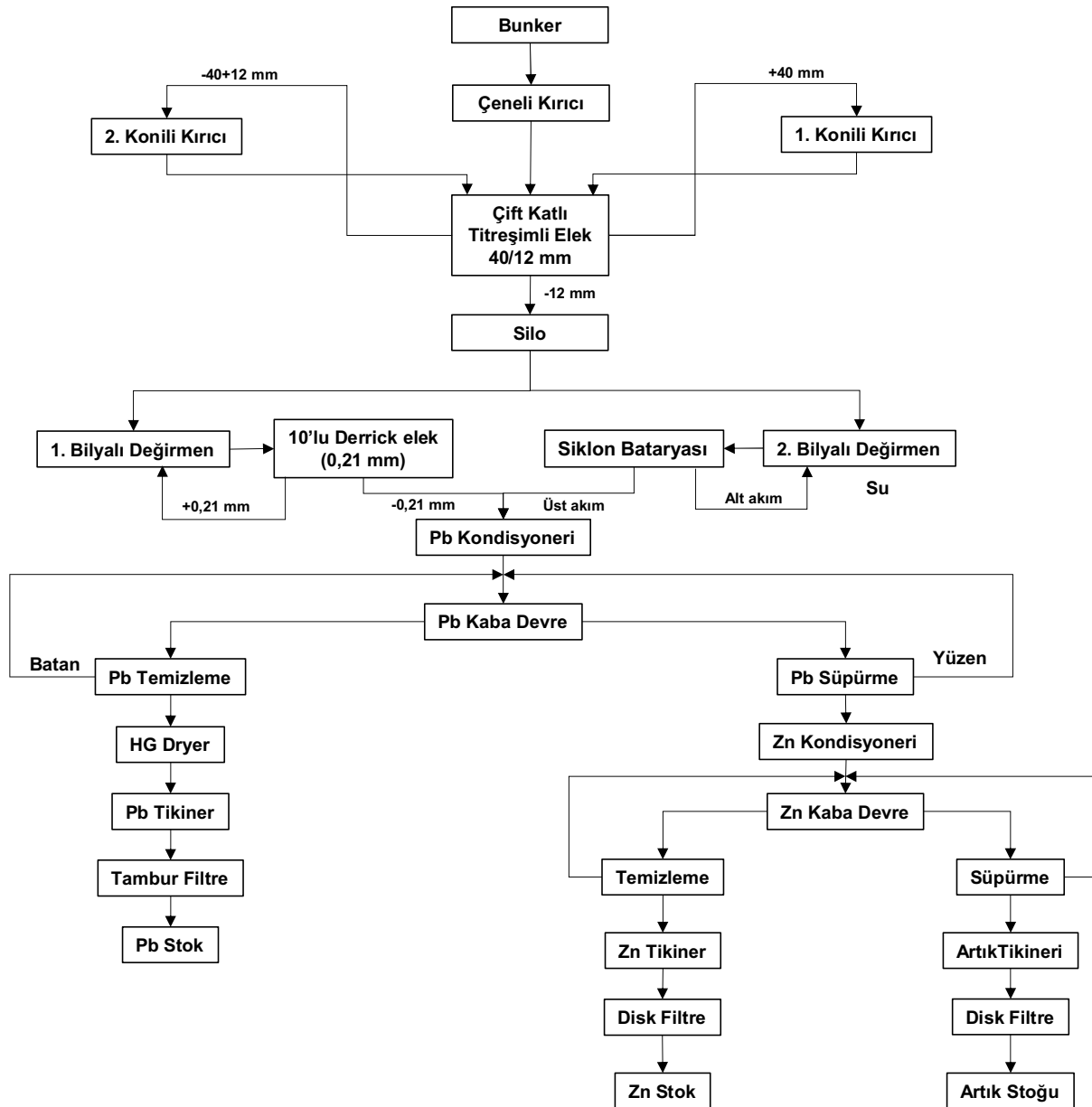
Flotasyon Prosesi

Balya tesisinde flotasyon devresi kurşunun flotasyonu ile başlar ve kurşundan gelen atık, çinko flotasyonunun beslemesini oluşturur.

Eleklerden -212 µm elek altı malzeme dağıtıcı tanka gider ve burada PEX, sodyum silikat, demir sülfat, çinko sülfat ve bütül glikol ilave edilerek 3 adet kondisyoner tankına gönderilir. Buradan kurşun devresindeki 3 hatta dağılır. Çinkonun bastırılması uzun zaman aldığından dolayı malzemeye çinko sülfat, dağıtıcı tanktan önce değirmende katılır. Kondisyoner tanklarına gelen malzeme ilk evre olan kaba flotasyon devresinin selüllerine boşalır. Bu devrede kazanılmak istenen cevherin saklandığı köpük alınıp temizleme devresine verilirken bu devrenin atığı ise süpürme devresine yollanır. Böylece atık içine karışmış olan kurşun tekrar kazandırılır.

Temizleme devresinden alınan malzeme konsantreye verilmek üzere kurşun tikinerine beslenir. Süpürmeden gelen atık çinko devresinin başlangıcını oluşturur ve gelen malzeme çinko kondisyoner tanklarına boşalır. Kurşun süpürme devresinden gelen atık 3 adet çinko kondisyoner tankına gelip 3 hatta dağıtılır. Bu evrede gelen malzeme içindeki çinko bastırılmıştır. Atıktaki çinkoyu canlandırmak için bakır sülfat eklenir. Ayrıca pH ayarı için kireç

kullanılır. Böylece kurşun flotasyonundaki 10-10,5 civarındaki pH seviyesi 11-12 civarına ayarlanır. Çinkonun canlanması da uzun zaman aldığından önce kireç ve bakır sülfat kullanılır. Ardından gang minerallerini bastırmak için silikat ve derba 5 kullanılırken çinkonun toplanması için ortama PAX (toplayıcı-kollektör) ilave edilir. Kondisyoner tanklarına gelen malzeme selüllere dağıtılır. Burada kaba flotasyondan alınan köpük temizleme devresine, atık ise süpürme devresine verilir. Süpürme devresinde çinko tekrar kazanılır. Süpürmenin atığı pompalar ile buradan atık barajına yollar (Batmaz, 2016). Temizlemeden gelen malzeme ise çinko tikinerine boşalır. Esan Balya flotasyon tesisinin akım şeması Şekil 25’de verilmiştir.



Şekil 25. Esan Eczacıbaşı Kurşun-Çinko Flotasyon Tesisi Akım Şeması (Gül vd., 2014)

4.3.1.4. Hakkari Bölgesindeki Çinko-Kurşun Zenginleştirme Tesisi Alt Yapısı

Hakkari bölgesinde flotasyon yöntemiyle çinko-kurşun zenginleştirmek için özel bir firma tarafından 2012-2013 yıllarında kurulmuş bir tesis bulunmaktadır (Şekil 26). Bu tesiste sülfürlü

Çinko ve kurşun mineralleri içeren cevherler işlenebilmekte ve zenginleştirilmektedir. Öncelikle madenden çıkarılan sülfürlü cevher kırıcılardan kırılır ve ğttlr. Öğütülen cevher siklonlar ile kondisyonerlere gönderilir. Yukarıda bahsedilen metod çerçevesinde sfalerit ve galeniti ayrı ayrı aşamalarda yzdmek için çeşitli kimyasallar kullanılır. Sellrler (şekil 27) içerisindeki yzdm ve çöktürme işlemleri sonunda yzdmlen çinko sülfür (şekil 28) Cleaner ve Rafir'larda zenginleştirme ve ayrıştırma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Daha sonra zenginleştirilmiş olan cevher preslenmektedir.



şekil 26. Meskan lmez madencilik tarafından kurulan flotasyon tesisinin genel görünümü (Kaynak: <http://www.olmezmadencilik.com/?s=galeri>).

Hakkari 'deki tesis günlük kapasitesi 70 tondur (yıllık kapasite 25.000 ton). Tesisin beslenme tenörü %13 Zn +%4 Pb şeklindedir. Flotasyon işlemi sonunda 12,6 ton çinko ve 8 ton kurşun konsantresi elde edilmektedir. Konsantre cevherin Zn tenörü %48-50, Pb tenörü ise %47 olmaktadır.

Tesiste;

- 2 adet değirmen,
- 3 adet kondisyoner,
- 8 adet Rafir,
- 10 adet Clenaer,
- 8 adet Scavencir,
- 3 adet Pres makinası (Biri 12 ton, ikisi 2.5'er ton),
- 2 adet tikiner havuzu.

Hakkari bölgesinde halihazırda oksitli-karbonatlı çinko-kurşun cevherleri üretilerek satılmaktadır. Bu tesis ise sülfürlü çinko-kurşun cevherlerinin zenginleştirilmesinde kullanılabilmektedir. Bölgedeki mevcut işletmelerden Meskanteppe madeninde oksitli-karbonatlı cevher içerisinde sülfürlü mineraller içeren cevherlere senk gelindiğinde çıkarılarak stoklanmakta ve belli bir miktara ulaşınca flotasyon sistemiyle zenginleştirilmektedir.



Şekil 27. Sellürlerde çinko sülfürün yüzüdürlme yoluyla zenginleştirilmesi.



Şekil 28. Köpüklerin etrafına absorblanarak yüzüdürlmüş çinko sülfür.

Günümüzde işletilen yataklarda oksitli-karbonatlı cevher üretilmekte olup bazı yataklarda (Meskan-tepe) oksitli-karbonatlı cevher zonlarında yer yer sülfürlü cevherlere de rastlanmaktadır. 2005-2019 yılları arasında toplamda 21000 ton sülfürlü cevher üretilerek bu tesiste zenginleştirilmiş olup yıllık ortalama 1500 ton sülfürlü cevhere karşılık gelmektedir. Günümüzde sülfürlü cevher üretimi yapılmadığı için yıllık 25000 ton kapasitesi olan mevcut tesis altyapısı bölgenin ihtiyacını karşılayacak durumdadır. Ancak, bölgedeki cevherler yanal ve düşey yönde ilksel sülfürlü çinko-kurşun (pirit, markazit, sfalerit ve galen içeren cevher) cevherlerine dönüşecektir. Bu durumda yıllık sülfürlü cevher üretim miktarları 25000 tondan

oldukça fazla olacağından dolayı mevcut flotasyon tesisi yeterli olmayacaktır. En büyük sorun, bölgedeki maden firmalarının halihazırda işletmekte oldukları cevher seviye ve damarlarının ne zaman sülfürlü cevher zonuna geçiş göstereceğinin bilinmemesidir. Zira sülfürlü cevher zonlarına geçildiğinde üretilecek olan sülfürlü cevherin tenörleri doğrudan satılabilecek değerlerde olmayacak ve mutlaka zenginleştirme ihtiyacı duyacaktır. Bu belirsizliğin ortadan kaldırılması ve orta-uzun vadeli üretim-işletme planlarının yapılabilmesi için mutlaka yatakların sondajlı rezerv tespitlerinin yapılarak cevher tipleri (oksitli-karbonatlı ve sülfürlü) ve tenörlerinin üç boyutlu (3D) olarak modellenmesi gerekmektedir.

4.3.2. Konsantre Sülfürlü ve Karbonatlı Cevherlerden Metal Üretim Yöntemleri

4.3.2.1. Ön Hazırlık İşlemleri

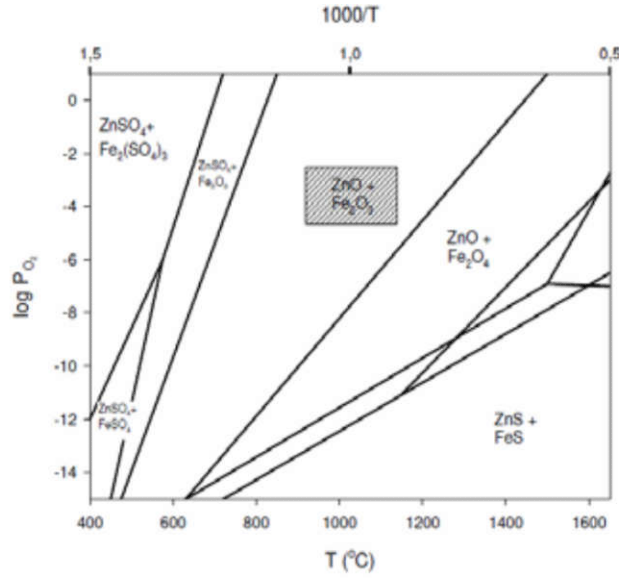
Sülfürlü çinko konsantreleri, hem pirometalurjik hem de hidrometalurjik proseslerle metal kazanım için önce kavurma işlemine tabi tutulmaktadır. Kavurma işleminde kükürt SO_2 halinde ortamdan uzaklaştırılırken ZnS , ZnO haline dönüştürülmektedir.

Düşük tenörlü oksitli çinko cevherlerinin, cürufaların ve baca tozlarının flotasyon ve mekanik cevher hazırlama yöntemleriyle zenginleştirilmesi mümkün olmadığından bunlar “cüruf gazlaştırma” veya “Waelz” prosesleri gibi termik zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilmektedir. İşlem sonunda kazanılan oksit, yüksek sıcaklıkta uygulanan klinkerleştirme işleminden geçirilmekte, zararlı elementler uzaklaştırılmakta ve malzemenin yoğunluğu artırılmaktadır. Bu yöntemlerde çinko oksit, kok ve CO ile redüklenmekte ve oluşan çinko buharı aynı anda hava ile yeniden oksitlenmektedir.

Hidrometalurjik metal çinko kazanımı, uygun oksitli hammaddelerin H_2SO_4 çözeltisinde çözünmesi ve ZnSO_4 çözeltisinden elektrolitik redüksiyonla katot Zn üretimi şeklindedir. Distilasyon işlemi sadece pirometalurjik yöntemle kazanılmış ham çinkoya uygulanmaktadır. Çinko metalürjisinde kavurma proseslerinin büyük çoğunluğu akışkan yatakta ve sinter bantlarında yapılmaktadır. Gerek hidrometalurjik gerekse pirometalurjik proseslerle çinko kazanımında çinkonun oksit formunda olması gerektiğinden, sülfürlü konsantreler, liçten veya redüksiyondan önce oksit forma dönüştürülmelidir (Addemir vd, 1995; Güler, 2009).

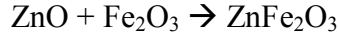
4.3.2.2. Akışkan Yatakta Kavurma

Çinkonun yüksek verimle çözeltiliye alınabilineceği uygun kalsine ürün üretebilmek için, sülfürlü konsantrenin yapısına ve tane boyutuna göre yatak yüksekliği, gaz hızı, reaktörde kalış süresi, soğutma elemanları ve yatak sıcaklığı ayarlanmalıdır. Bu işlem sırasında çözünmeyerek liç verimini olumsuz etkileyen çinko ferit oluşumunu engellemek için proses şartlarının uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir. Asit dengesini olumsuz etkilemesi nedeniyle sülfat oluşumu istenmemektedir. Bu bileşiklerin oluşum şartları Şekil 29’de Zn-Fe-S-O sisteminin termodinamik denge diyagramı gösterilmektedir.

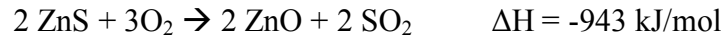


Şekil 29. Zn-Fe-S-O sisteminin termodinamik denge diyagramı (Graf, 1996)

Şekil 1’de görülen taralı alan, endüstriyel bir kavurucunun çalışma koşullarını vermektedir. Bu şartlarda kararlı bileşikler ZnO ve Fe₂O₃’tür. Aşağıdaki reaksiyon gereği teorik olarak demirin tamamının ferrite dönüşmesi beklenir ancak bu reaksiyon zamanın bir fonksiyonudur.



Ayrıca diyagramdan görüldüğü gibi sıcaklığın düşmesi ZnSO₄ oluşumuna neden olmaktadır. Akışkan yataklı kavurucularda, sülfürlü konsantre kavurucuya yan taraftan beslenmektedir. Aşağıdan beslenen basınçlı hava malzemeyi akışkan hale getirilmektedir. Kavurucu içinde yüksek sıcaklıkta sülfürlü konsantre havanın oksijeniyle oksitlenerek diğer taraftan dışarı alınmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan SO₂ gazı kavurucunun üst kısmından dışarı alınarak genellikle H₂SO₄ üretiminde kullanılmaktadır. Aşağıdaki reaksiyon ekzotermik bir reaksiyondur. Bu nedenle açığa çıkan ısı, kavurucu içine yerleştirilen borularla kızgın buhar üretiminde kullanılmaktadır. Elde edilen kızgın buhar da mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülerek değerlendirilmektedir.



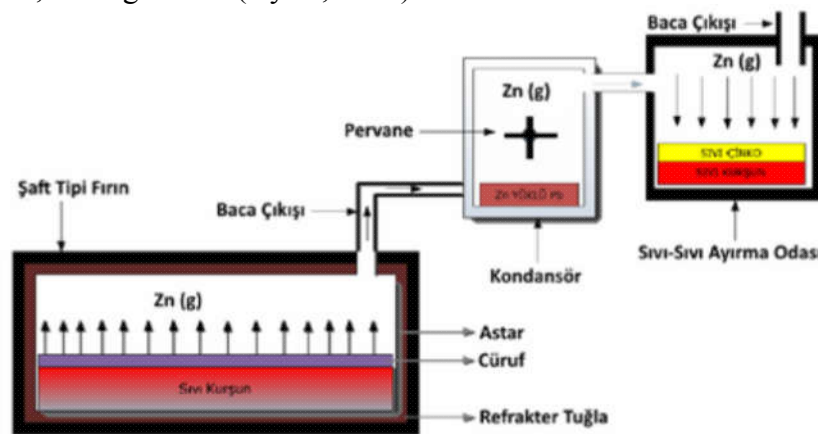
4.3.2.3. Çinko-Kurşun Sülfürlü Konsantrelerin Imperial Smelting Prosesi İçin Sinterleyici Kavurması

Imperial Smelting Prosesi (ISP), sülfürlü çinko kurşun konsantrelerinin kükürdünü gidermek ve sinterlemek amacıyla uygulanmaktadır (Şekil 30; Güler, 2008). ISP, katı durumda işleme girecek metalik olmayan maddelerle redüksiyon sonucu ergitme ve aynı anda uçurtma işlemlerinin bir arada yapılmasını sağlayan bir işlemler dizisidir. Günümüze geldikçe önem kazanan kurşun ve çinko, çinko ile bakır kompleks cevherleri tabiatta oluşum şartları nedeniyle oldukça ince taneli ve birbiri içinde dağılmış parçacıklar olarak zuhur etmişlerdir. Bu durum, kompleks cevherlerin selektif bir flotasyon yöntemi ile kurşun ve çinko sülfürleri bir arada içeren bir konsantre elde etmektir. Elde edilen kurşun çinko karışımı konsantrenin işlenebilmesi için ISP yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle aynı anda hem kurşun hem de çinko üretimi yapılabilmektedir.

Sisteme beslenebilecek şarj, minimum %12-49 Zn, %7-37 Pb, %0-5 Cu içermelidir. Ayrıca ideal bir işlemin yürütülebilmesi için şarjdaki kurşunun çinkoya oranı (Pb/Zn) minimum 0.38 ve maksimum 0.48 olması gerekir. Optimum oranı ise 0.47'dir. Konsantre W.J şaft tipi fırında işletilmektedir. Sinterlenmiş 15 mm'nin üzerindeki kurşun ve çinko parçalar ile cüruf yapıcılar (CaO, SiO_2) 400-500 °C sıcaklıkta şaft tipi fırına şarj edilir. Oksitli diğer hammaddelerin şarj öncesi briketlenmesi gerekir. Fırında redüksiyon işlemlerini yerine getiren kok 60-90 mm parça boyutunda ve 800 °C'de şarj edilmelidir. Şarjın yapılması ile birlikte fırına 900-1000 °C hava verilmeye başlanır. İşlem fırın için sıcaklık 1300 °C değerindedir (İpekoglu, 1999; Uysal, 2011).

Redüksiyon işleminin gerçekleşmesi ile beraber çinko gaz faza, kurşun ise sıvı faza geçer, ayrıca gazlar açığa çıkar. Elde edilen çinko buharı gaz ortamdaki CO ve CO_2 tarafından tekrar oksitlenmeden yoğunlaştırılmalıdır. Gazlar tarafından çinkonun tekrar oksitlenmesi için 1000°C'de CO_2/CO oranının 0.42 değerinin üzerinde olmalıdır. Fırın tabanında oluşan sıvı kurşun üzerinde cüruf fazı yer alır. Şaft tipi fırında sinterin redüksiyon sonucu oluşan cüruf temel olarak %30 CaO, %20 SiO_2 , %35 FeO içermektedir.

İşlem sırasında oluşan baca gazları hacim olarak %6 Zn içerir. Kondansör içinde sıvı halde kurşun bulunur ve bir pervane yardımı ile sıvı kurşun damlacıkları oluşturularak baca gazına temas etmesi sağlanır. 550 °C'de olan çinko yüklü kurşun 440 °C soğutulmak sureti ile çinkonun sıvı kurşun fazının üzerinde bir sıvı faz oluşturulması sağlanır. Kondansörde elde edilen çinko %99,7 saflığındadır (Uysal, 2011).



Şekil 30. Imperial Smelting Prosesi'nin basitleştirilmiş akım şeması (İpekoglu, 1999; Uysal, 2011).

4.3.3. Pirometalurjik Zenginleştirme Yöntemleri

Bu yöntemlerde, çinko içeren hammaddelerden karbon yardımıyla çinkonun buharlaştırılarak gaz fazına geçirilmesi ve fırın dışında tekrar oksitlenerek ZnO haline dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.

4.3.3.1. Waelz Prosesi

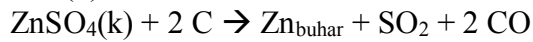
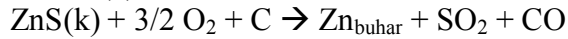
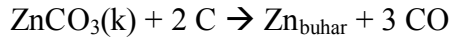
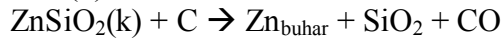
Özellikle düşük tenörlü cevherlerdeki çinko bu yöntemle redüklenmektedir. Bu sistemde içi refrakter tuğlalarla kaplı, %3 eğimli döner fırın kullanılmaktadır. Waelz fırınının ortalama uzunluğu ve iç çapı sırasıyla 70 metre ve 4,3 metredir. Aşağı kısımda brülör ve boşaltma ağı, yukarı kısımda ise besleme ağı ve gaz çıkışı vardır.

Waelz fırın beslemeleri öğütülmüş cevher ve miktarı uygun hesaplanmış kok ya da kömürdür. Bu yöntemde malzeme 2 mm'lik elekten geçecek şekilde kırılıp, %15-25 oranında kokla

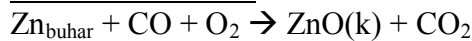
karıştırılmaktadır. Şarj malzemesi fırına üst kısımdan beslenmektedir. Fırının dönüş hızı 1 devir/dk olacak şekilde ayarlanmaktadır. Bu sayede şarj ve oluşan gazlar ters yönde hareket etmektedir. Fırının üst kısmında şarj malzemesi kurumakta ve ısınmaktadır. Daha aşağı bölümlere doğru çinko buharlaşmaya başlamaktadır.

Şarjdaki kok, çinko oksidi metalik çinko ve CO gazı oluşacak şekilde redüklemektedir. 1200°C’de yapılan işlem sırasında oluşan reaksiyonlar aşağıda verilmektedir.

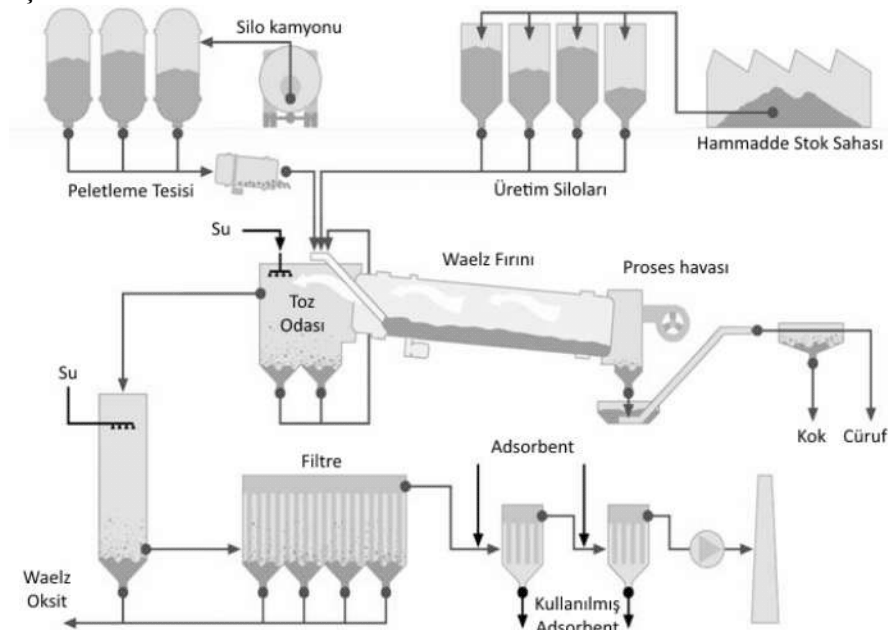
Şarj içinde:



Fırın atmosferinde:



Waelz fırınının iç sıcaklığı 1300°C civarındadır. Şarj malzemesinin ergimesi redükleme işlemini durduracağından, fırın içindeki sıcaklığın, şarj malzemesinin erime sıcaklığından düşük tutulması gerekmektedir. Fırına verilen hava miktarı, ısının artarak şarjın ergimesini önleyecek şekilde ayarlanmalıdır. Artık malzeme ise sinterlenerek ve dönme hareketinden dolayı yuvarlak parçalar haline dönüşmektedir. Fırın içinde sadece karbonun CO₂’ye yanması meydana gelirken, şarj içerisinde çinko bileşiği çinkoya redüklenmekte ve şarjın hemen üzerinde gaz fazındaki bu çinko oksitlenmektedir. Fırın atmosferinde ZnO haline geçen çinko, toz toplama sisteminde zenginleştirilmiş olarak Waelz oksit adı verilen üründe toplanmaktadır. Proseste kullanılan şarj malzemesindeki kurşun da Waelz oksitte toplanır. Waelz oksit, pirometalurjik çinko kazanma yöntemlerinde kullanılabildiği gibi hidrometalurjik çinko kazanma proseslerinde de kullanılmaktadır. Cl, F gibi elementlerin uzaklaştırıldığı yoğunlaştırma fırın aşamasından sonraki aşamalar diğer liç prosesleri ile benzerlik gösterir. Pirometalurjik prosesler için briketlendikten sonra fırına verilebilmektedir (Addemir vd., 1995; Graf, 1996; Güler, 2008; Uysal, 2011). Waelz yönteminin basitleştirilmiş akım şeması Şekil 31’te verilmiştir.



Şekil 31. Waelz yönteminin basitleştirilmiş akım şeması (Mager vd., 2003)

4.3.3.2. Cüruf Gazlaştırma Prosesi

Bu proses daha çok Cu-Zn içerikli malzemelerin izabesi sonucu ortaya çıkan cüruflardan çinko kazanmak için kullanılmaktadır. Bu tür kompleks cevherler reverber fırınında izabe edildiğinde çinkonun %85'e yakını curufa geçmektedir (Addemir vd., 1995; Graf, 1996).

%8'den fazla çinko içeren bu cüruflar, dikdörtgen kesitli bir fırında, tüyerlerden verilen hava-kok karışımı ile redüklenmektedir. Redüklenen çinko, sıcaklığın etkisiyle buharlaşmakta ve baca gazlarından oksit halinde çöktürülmektedir. Üretilen çinko oksit daha sonra metale dönüştürülmektedir. Kanada, İsveç ve Almanya'da bu prosesin uygulandığı tesisler bulunmaktadır (Addemir vd., 1995; Graf, 1996).

4.3.3.3. Oksit Kalsinasyon Prosesi

Waelz prosesi veya cüruf gazlaştırma prosesinden elde edilen oksitler, herhangi bir ön işlem yapılmaksızın sinterleme veya briketleme ile daha kompakt hale getirilebilmektedir. Ancak elektrolitik çinko üretimi için Pb, Cl, F gibi zararlı elementlerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem 1100-1150°C'de döner fırın yardımıyla kalsinasyonla sağlanabilmektedir. Kalsinasyonla bir taraftan zararlı empüriteler uzaklaştırılırken diğer taraftan yoğunluk da artırılmaktadır (Graf, 1996).

4.3.4. Hidrometalurjik Yöntemler

Dünya çinko üretiminin %80'e yakını, oksit bileşikli cevher veya konsantrelerdeki çinkonun sulu sülfürik asitli çözeltilere alındıktan sonra elektroliz yöntemiyle kazanılması şeklindedir. Çinko tozlarının elektrolitik üretimi, amalgam elektrolizi ve sülfat-klorür elektrolizi gibi hâlihazırda mevcut olan diğer prosesler endüstride önemli uygulama alanı bulamamıştır (Graf, 1996). Kullanılan hammadde sülfürlü çinko konsantresi ise kavurma yöntemlerinden biri ile oksit haline getirilmektedir. Kavurulmuş kalsinedeki çinkonun hızlı ve yüksek verimle çözünebilmesi için öğütülmesi gerekmektedir.

Kavurma işlemi sırasında kısmi sinterleşme gerçekleşmesi nedeniyle kalsinenin tane boyutu artmaktadır. Çözünmeyi kolaylaştırmak ve liç süresini azaltmak için öğütme işlemiyle tane iriliğinin -75 µm'nin altında olması sağlanır (Addemir vd., 1995; Graf, 1996).

Karbonatlı cevher kullanılması durumunda, daha önceden bahsedildiği üzere Waelz prosesi ve bunu takiben klinkerleştirme işlemi sonucu kalsine üretilmektedir. Her iki yöntemle elde edilen kalsine aynı hidrometalurjik çinko kazanım aşamalarından geçirilmektedir. Kalsineden hidrometalurjik yöntemle çinko kazanımı kimyasal çözündürme (liç), çözelti temizleme (çöktürme+sementasyon), elektroliz ve ergitme-döküm aşamaları sonucunda gerçekleştirilmektedir (Addemir vd., 1995).

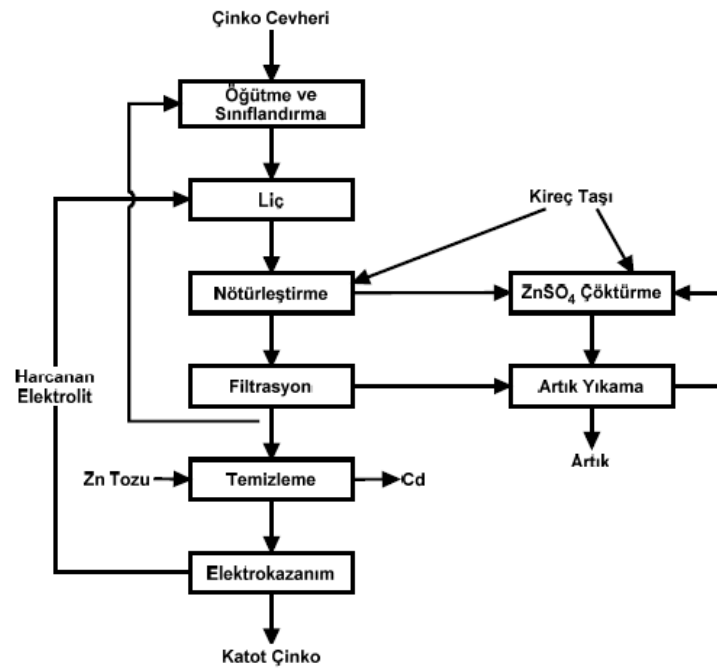
4.3.4.1. Sülfürlü Cevherlerden Hidrometalurjik Yöntemlerle Çinko Üretimi

Çinko genellikle sülfürlü cevherlerden elde edilmektedir. Sülfürlü cevherler için hidrometalurjik çinko ekstraksiyonu ya geleneksel ya da basınçlı liç yöntemi ile gerçekleştirilmektedir.

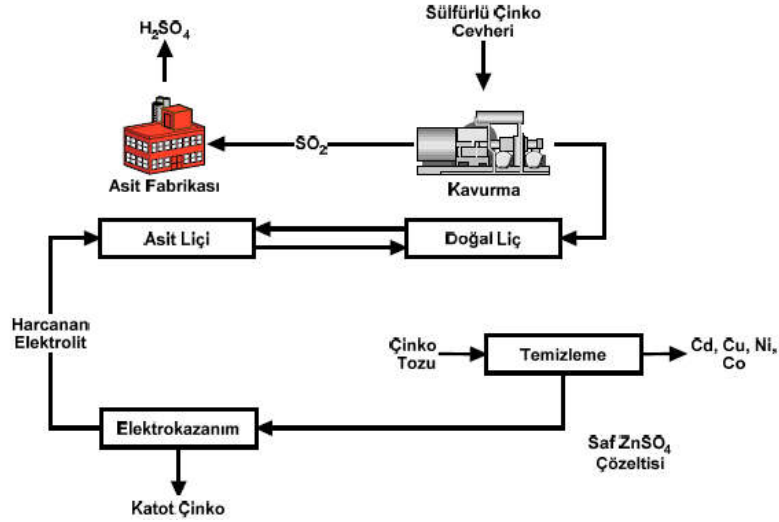
4.3.4.1.1. Geleneksel Liç

Bölüm 1.2.1'de detayları verilmiş olan flotasyondan sonra elde edilen çinko konsantresi yığın liçi ya da devam eden prosesler tarafından işleminden geçirilebilir. Tek aşamalı liç olarak adlandırılan basit bir elektrolitik çinko akım seması Şekil 32'de verilmiştir. Sülfid tipi çinko konsantresi için kavurma bu süreçte atılacak ilk adımdır. Kavurmada, ZnS reaksiyona göre

Liç sonunda minimum asit konsantrisini sağlamak için harcanan ZnO kadar elektrolit eklenir. Demir ve diğer empüritelerin ortadan kaldırılması amacı ile çözelti kireç ile nötralize edilir. Asit içinde ZnO, reaksiyona göre suda çözünür, ZnSO_4 'e dönüştürülür. Filtrasyon işleminden sonra yüklü solüsyon elde edilir. Bu kirli solüsyon daha sonra sementasyon ile ortama hurda veya çinko tozu ekleyerek metaller çöktürülür. Çözelti, arıtma bölümünden ayrıldığında, yüksek saflıkta metalik çinko elde etmek için elektrolitik tank evlerine geçer (Güresin ve Topkaya, 1994).



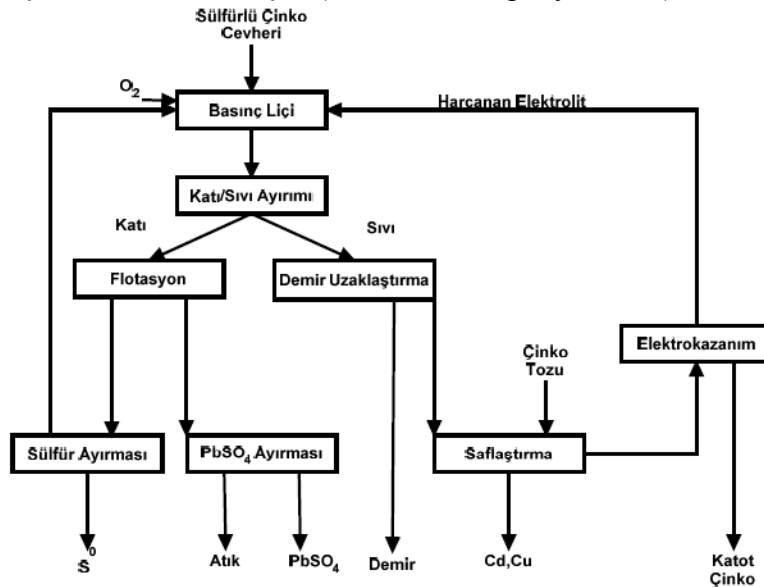
Şekil 33’de ise çift liç prosesi gösterilmiştir. Temel olarak bu proses birbirini takip eden iki liç prosesinden meydana gelir. İlk aşamada elektrolitin içindeki asit bitene kadar kalsit eklenir ve diğer empüriteler çöktürülmeye çalışılır. İkinci liç aşaması düşük bir asit konsantrasyonu kullanılarak yapılır. Bundan sonra çözelti birinci liç aşamasına geri döner ve liç atıkları atılır. Çoğu elektrolitik çinko fabrikaları bu prosesi kullanır.



Şekil 33. Çift aşamalı çinko liçi prosesi (Güresin ve Topkaya, 1994).

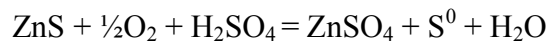
4.3.4.1.2. Basınç Liçi

Bu proseste sfalerit sülfürik asit ile liç edilir. Bu proses doğrudan çinko konsantresi liçi ya da Sherritt-Gordon çinko asit basınç liçi olarak adlandırılır. Doğrudan liçin geleneksel liçe göre bazı avantajları vardır. İlk olarak kavurma aşamasında kompleks çinko ferritlerinin oluşumu engellenir. Buna ek olarak düşük tenörlü cevherler yüksek demir varlığında bile doğrudan liç ile değerlendirilebilir. Diğer olumlu yönü bu sürecin düşük sermaye maliyetidir. Basınç liçi ile ilgili akım seması Şekil 34’de verilmiştir (Güresin ve Topkaya, 1994).



Şekil 34. Çinko basınç liçi prosesi (Güresin ve Topkaya, 1994).

Bu proseste çeşitli çözücüler kullanarak herhangi bir değerli metal elde edilebilir. Şekil 34’de liç yapıcı sülfürik asit kullanımı ile çinko konsantresinin kazanımı için gerekli prosedür verilmektedir. Sülfürik asit ile bütün partiküllerin tepkimeye girebilmesi için beslenen malzemenin -44 mikrona kadar öğütülmesi gereklidir. Otoklavda meydana gelen bütün tepkime aşağıdaki gibidir (Güresin ve Topkaya, 1994).



Liçten sonra sıvı faz, önce demiri tasıma aşamasına gönderilir ve daha sonra arıtma aşamasına geçilir. Sonuç olarak elektro kazanım ile çinko metali elde edilir. Bu aşamada harcanan elektrolit ilk asamaya döner. Tipik basınç liçi için maksimum sıcaklık 150 °C'den düşük olmalı ve oksijen kısmi basıncı 2 bardan daha yüksek olmalıdır. Bu koşullar sağlandığında % 97'nin üzerinde bir verimle çinko elde edilir.

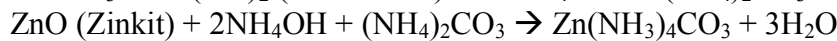
4.3.4.1.3. Oksitli ve Karbonatlı Cevherlerden Çinko Üretimi

Türkiye'de çinko rezervinin yüksek miktarı $ZnCO_3$ ihtiva eder. Diğer mineral proses teknikleri ya da flotasyon ile karbonat cevherlerinin konsantre elde edilmesi çok zordur. Bu yüzden bu cevherleri pirometalurjik yöntem öncesi $ZnCO_3$ 'ü ZnO 'ya dönüştürmek gerekir. Wealz fırın teknolojisi bu işlem için kullanılmaktadır. Waelz yönteminin detayları Bölüm 6.3.1'de verilmiştir.

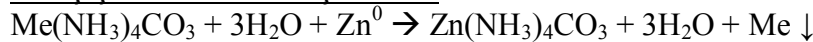
4.3.4.1.4. Amonyak – Amonyum Karbonat (AAC) Liçi ve Çinkonun Çöktürülmesi

Çinkonun amonyum karbonat ile hidrometalurjik olarak kazanımı ilk kez Schnabel (1880) tarafından araştırılmıştır, bu nedenle bu yaklaşıma "Schnabel Prosesi" denir. Bununla birlikte, bu yöntemin uygulamaları temel olarak bakır ve nikelin ekstraksiyonu içindir. Schnabel Prosesi ve bu prosesin çeşitli modifikasyonları genellikle aynı temel prosedürü izler. Bu prosedür ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Amonyak – Amonyum Karbonat (AAC) Liçi

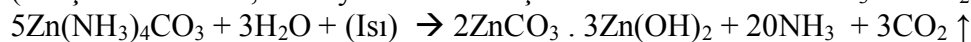


2. Liç Çözeltilisinin Saflaştırılması



Burada Me; Pb gibi çift değerlikli bir metal iyonu safsızlığını ifade etmektedir.

3. Çinkonun saf liç çözeltisinden buharla ısıtma yoluyla bazik bir karbonat olarak çökeltilmesi (bu işlem sırasında, amonyum karbonat çözeltisi termal olarak NH_3 ve CO_2 'ye ayrışır).



4. Ürünün çinko okside kalsine edilmesi (isteğe bağlı adım).

Bu yaklaşımla ilgili olarak, AAC yönteminin yıllarca bakır ve nikel liçinde daha iyi bilinen uygulamaları konusundaki yaygın tarihçesine rağmen, endüstriyel ölçekte çinko için hala kabul gören bir uygulama olmadığı söylenebilir.

4.3.4.2. Yüksek Tenörlü Oksitli Çinko Cevherlerinden Çinko Üretimi

Çinkoyu yüksek tenörlü oksitlenmiş çinko cevherlerinden ve çinko oksit konsantrelerinden elde etmek için, sülfürik asit liçinin en çok yönlü yöntem olduğu ve dünyadaki çinko tesislerinin çoğunun sülfürik asit liçine dayanan Kalsinasyon-Liç-Elektrokazanım (C – L – EW) adı verilen geleneksel elektrolitik işlemi kullandığı bulunmuştur. Bu prosesin adımları kısaca özetlenirse:

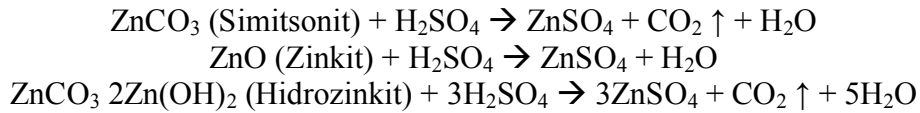
1. Kalsinasyon: Karbonatlı besleme malzemelerinden CO_2 çıkarma ile kalsine üretimi, bu adım isteğe bağlıdır;

2. Seyreltik sülfürik asit kullanarak çinko içeren besleme malının liç işlemi;

3. Arıtma: Elektroliz işleminin kalitesini etkileyebilecek yüklü liç çözeltisinden kaynaklanan yabancı maddeleri uzaklaştırma adımıdır. Burada saflaştırılmış çözelti, metalik çinko üretmek için elektrolitik üniteye gönderilir.

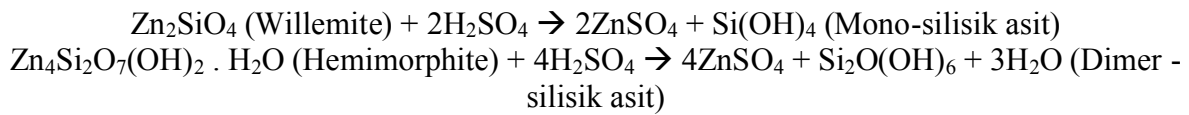
Bu alandaki tüm çalışmalar spesifik oksitlenmiş çinko minerallerinin asit çözünmesini araştırmış olanlar ve belirli bir bütün karışık çinko minerali içeren cevherin asit liçi olasılığını araştırmış olanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Çinko oksit mineralleri silikat ve silikat olmayan çinko mineralleri olmak üzere iki gruba ayrılır: Simitsonit, zinkit ve hidrozoinkit gibi silikat olmayan çinko mineralleri, aşağıdaki reaksiyonlarda gösterildiği gibi seyreltik sülfürik asit içinde kolayca çözünür:



Burada karbonat bileşikler sülfürik asit ile çözülür ve CO₂ gazı ortaya çıkar. Liç pülpünde gaz kabarcıkları üretimi köpürmeye ve bunun sonucunda da çözelti seviyesinin yükselmesine neden olur ve bu durum ise sonuç olarak tank liçi hacmini azalır. Bu durumu önlemek için uygun bir köpük önleyici kullanılır.

Willemite ve hemimorfit gibi silikat çinko mineralleri, aşağıdaki reaksiyonlarda gösterildiği gibi seyreltik sülfürik asit içinde çözünür:



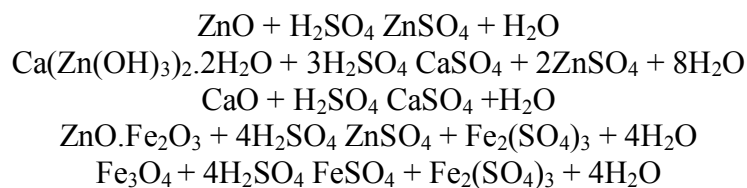
Bu proseste en büyük sorun, silikat çinko minerallerinin sülfürik asit ile çözündürülmesi sırasında ortaya çıkan silisin, bunun olmasını önlemek için gerekli adımlar atılmadığı sürece jel oluşumuna yol açmasıdır (Moradi ve Monhemius, 2011).

4.3.4.3. Çinko Proses Atıklarından Çinko Üretimi

Çeşitli kimya ve metalurji endüstrilerinde kullanılan proseslerde çinko külü, cüruf, baca tozları, tortu, kalıntı vb. gibi çinko içeren atıklar / ikincil kaynaklar üretilir. Bu malzemeler ise esas kaynağına bağlı olarak farklı seviyelerde safsızlıklar içerir. Hidrometalurjik prosesler, farklı safsızlık seviyelerini kontrol edebildiği için bu tür malzemelerin kazanımı için etkili ve esnek proseslerdir. İkincil kaynaklar / artıkların doğasına ve bileşimine bağlı olarak, bu malzemeler içinde kalan metalleri bırakarak istenen metalleri çözmek için uygun bir çözelti seçilebilmektedir (Jha vd., 2000).

4.3.4.3.1. H₂SO₄ Liç Prosesi

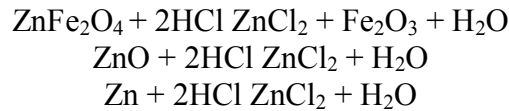
Farklı artıklardan çinkonun kazanılması için genellikle sülfürik asit kullanılır. Bu atıklar; çinko katot cürufları, ikincil bakır izabeden çıkan beyaz tozlar, pirinç değirmen tozları ve yüksek fırın baca tozları, bakır ve çinko içeren cüruf ve kül haddehaneleri, kimya sanayi atıklarıdır. Elektrik ark ocağındaki tozlar farklı tür malzemeler içerir. Bu malzemelerin sülfürik asit ile reaksiyonları aşağıdaki gibidir (Jha vd., 2000).



Kalsiyum oksit ya da karbonat her zaman sülfürik asit ile tepkimeye girer ve asit tüketimini artırır. Buradaki tepkimelere kalsiyum sınırlı bir çözünürlüğe sahiptir. Tepkime ürünü olarak kalsiyum sülfat ortama verilir. Tepkime yavaş hızda gerçekleşir ve hızı arttırmak için de yüksek sıcaklık gereklidir.

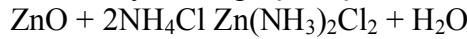
4.3.4.3.2. Klor Liç Prosesi

Hidroklorik asit de çinko içeren atıkların islenmesinde kullanılır. Klorlu su veya klor gazı da klorür gibi çinko kazanılması için zaman zaman kullanılır. Wealz oksit ve jarosit kalıntı çinko geri kazanımı için HCl ya da klor gazı ile muamele edilebilmektedir (Jha vd., 2000).

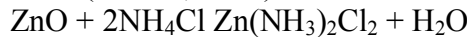


4.3.4.3.3 Amonyak Liçi Prosesi

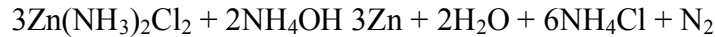
Bu proste; amonyum ve sodyum klorat 1 saat için 70-80 °C’de çinko çözünmesinde kullanılır. Bu liç reaksiyonu aşağıdaki denklem uyarınca gerçekleşir.



Bakır, kadmiyum, nikel, kurşun ve gümüş gibi diğer metallerinde reaksiyonu da benzerlik gösterir. Demir oksitler, ferrit ve silis bu adım sırasında çözünmüş değildir. Liç çözeltisi çinko sementasyon prosesinde arındırılır (Jha vd., 2000).



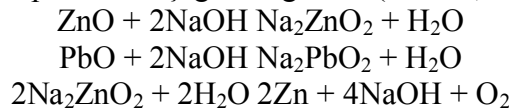
Açık hücre elektrolizindeki anottaki klor değişmeden, saf çinko amino klor elektrolitinden metal çinko kazanılır. Amonyum klorürün anodik oksidasyonundan nitrojen, klor oksidasyonundan faza klor geçer. Amonyak reaksiyonu ile nitrojen ve klor iyonları ortama verilir. Söz konusu tepkime aşağıda verilmiştir:



Elektrolit içindeki empüriteler, sülfürik asit elektrolizinde olduğu gibi verimi etkilememektedir. Bu proste sülfata elektro kazanıma göre daha fazla ihtiyaç vardır.

4.3.4.3.4. Kostik Soda Liç Prosesi

Kostik soda liç prosesinde çinko ve kurşun seçimli olarak sodyum hidroksit içinde çözünür. Demir kalıntı olarak kalır. Tepkimeler aşağıdaki gibidir (Jha vd., 2000).



Bu proste yüksek fırın tozları ve galvanizli çelik hurdaları gibi farklı kaynaklar test edilmiştir. Bu yöntem ayrıca farklı okside cevherlerinden çinko çözünmesi için de kullanılmıştır. U.S. Bureau of Mines’da 1960’larda kostik soda kullanılarak oksitli cevherlerden çinko kazanımı incelenmiştir. (Jha vd., 2000).

4.3.4.3.5. Alternatif Prosesler

Yakın zamanlar düşük dereceli çinko oksit cevherlerinin hidrometalurjik kazanımı için yeni çözücü sistemlerin seçimi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Böyle bir çalışmada iminodiasetat (Ida^{2-}) sulu çözeltisinin pH 8–11’de çinko oksit cevherlerini liç etmek için kullanılabileceğini gösterilmiştir.

Bu proste liç sıcaklığı ve pH, Zn’nin liç ile kazanımında büyük bir etkiye sahiptir. Düşük dereceli çinko oksit cevherlerindeki yüksek miktardaki asidik ve alkali gang mineralleri ve Fe içeriği, zayıf bazik Ida^{2-} – H_2O sisteminde zorlukla çözülmemektedir. Cevherlerdeki diğer değerli

metallerden Cu, Ni, Pb ve Cd ise Zn ile birlikte kısmen liç çözeltisine geçmektedir. Cevher, pH 8 ve %20 katı oranı ile 0.9 mol/L iminodiasetat çözeltisi varlığında 70 °C'de 4 saat boyunca liç edildiğinde Zn çözünme verimi % 76.6'ya ulaşmaktadır (Dou vd., 2011).

Sülfürlü olmayan çinko cevherlerinin, özellikle silikat cevherlerinin liç özelliklerinin geliştirilmesi ve bu cevherlerin liçi sırasında çinko kazanımını arttırmak için mekanik aktivasyon ve mikrodalga ışınlama gibi farklı yöntemler de incelenmiştir.

Mekanik aktivasyonun liç öncesi ön işlem yöntemi olarak uygulanması, refrakter mineraller için çok etkilidir. Mekanik aktivasyon, mineraller boyunca yeni yüzeyler ve yapısal kusurlar yaratan, bu tür cevher veya konsantre içerisindeki değerli metallerin ekstraksiyonunu hızlandıran bir işlemdir. Liç artıkları üzerinde yapılan mineralojik çalışmalar, bu yöntem sonrasında simitsonitin tamamen çözünebileceğini ancak hemimorfitin etkili bir şekilde liç edilmesinin nispeten zor olduğunu göstermiştir (Terry ve Monhemius, 1983).

Bazı araştırmacılar mekanik aktivasyonun çinko silikat cevherlerinin liçi üzerindeki olumlu etkisini bildirmişlerdir. Zhao vd. (2009), sodyum hidroksit çözeltisinde mekano-kimyasal liç yoluyla refrakter çinko silikattan (hemimorfit) çinko üretimi için bir proses geliştirmiştir. Refrakter hemimorfitin %10 katı oranında ve 4.5 mol/L konsantrasyonunda bir NaOH çözeltisi ile liç işleminin, 383 K'da bir bilyalı değirmende mekanik aktivasyon kullanımıyla daha verimli olduğunu bulmuşlardır. Mekanik aktivasyon olmadan çinko geri kazanımı % 83'ten az iken mekanik aktivasyon kullanıldığında %95'e ulaşmıştır.

Mekanik aktivasyonun fizikokimyasal özellikler ve hemimorfitin alkalın liçi (NH₄OH ve NH₄Cl çözeltisi) üzerindeki etkisi bir başka çalışmada da incelenmiştir. Çalışmada mekanik aktivasyonun numunenin morfolojisini değiştirdiği, tane boyutlarını düşürdüğü ve yapısal bozukluklara neden olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Ek olarak, uzun süreli öğütme süresi ile alkalın liç ile hemimorfitten çinko geri kazanımının da arttığı belirlenmiştir. Bu gözlemler artan spesifik yüzey alanına ve mineral partiküllerin amorflaşmasına bağlanmıştır (Tiechui vd., 2011).

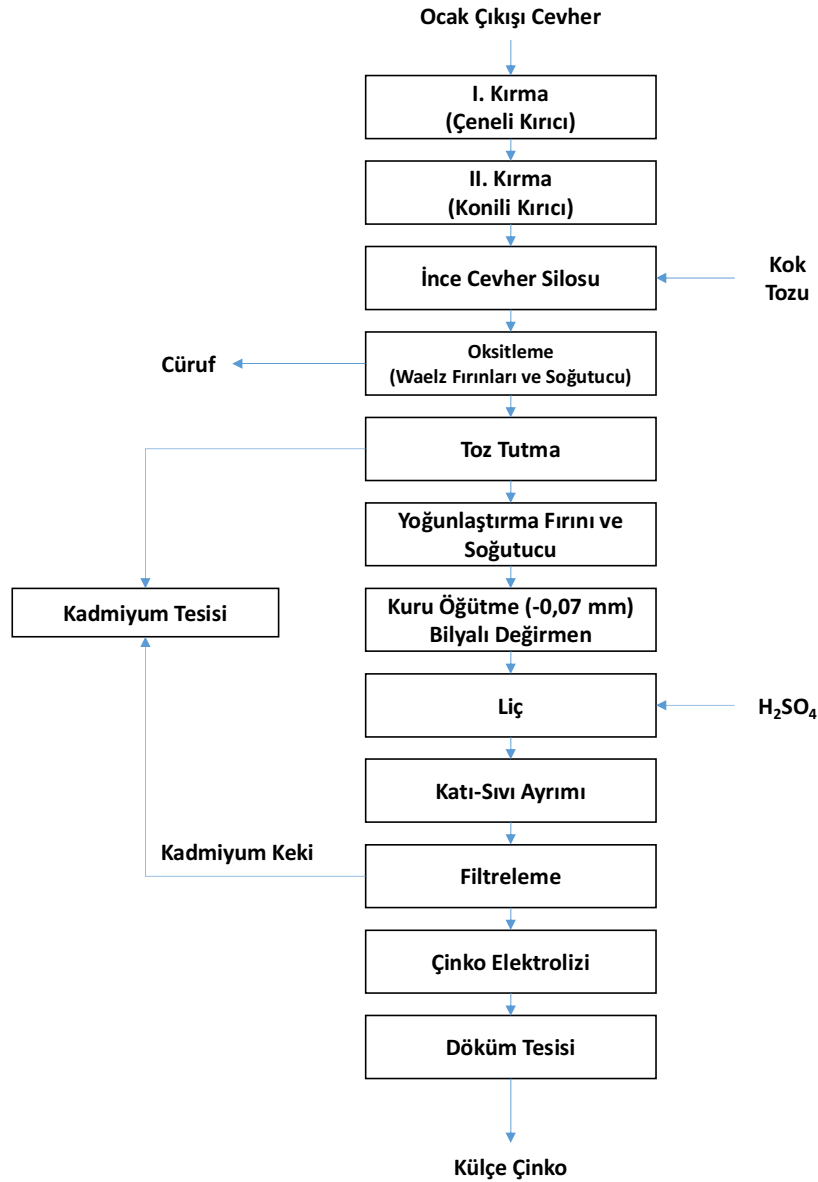
Mikrodalga destekli liç, metal ekstraksiyon veriminin artırılması ve özellikle çevre dostu işlemlere olan talebin artması nedeniyle işlem süresini azaltmak amacıyla incelenmiştir. Sülfürlü olmayan çinko cevherleri için Hua ve ark. (2002), çinko ekstraksiyonunu artırmak ve silika ve demirin çözünmesini azaltmak için mikrodalga ışınlama uygulamıştır. Sonuçlar, örnek karışımları (hemimorfit ve kuvars mineralleri) 15 dakika boyunca mikrodalga radyasyonu ile ışınladığında, çinko ekstraksiyon yüzdesinin %96'dan %98'e yükseldiğini ancak demirin çözünmesinin %0,16'dan %0,10'a düştüğünü göstermiştir.

4.3.4.4. Türkiye'de Çinko Metali Üretim Tesisleri ve Bu Tesislerde Uygulanan Yöntemler: Çinko-Kurşun Metal Sanayi A.Ş. – ÇİNKUR Örneği

Yurdumuzda Kayseri yöresinde bulunan Çinkur tesislerinde Waelz Prosesiyle başlayan hidrometalurjik çinko üretimi günümüze yapılmamaktadır.

Çinkur, mevcudiyeti çok eski zamanlardan beri bilinen Kayseri-Zamantı bölgesindeki zengin çinko ve kurşun yataklarından çıkarılıp ham ve konsantre cevher olarak ihraç edilen ve sonra saf çinko mamülleri olarak yurt ihtiyacı için çok yüksek bir fiyatla ithal etmek zorunda kaldığımız tüm saf çinko mamüllerini memleketimizde üretmek amacıyla kurulmuştur. Bu tesisin bina yapımına, makine ve teçhizatın sipariş ve imallerine 1972 yılında başlanmış ve 1976 yılında tamamlanarak çinko üretim tesisleri işletmeye açılmıştır. Döneminde memleketimizin,

madencilik ve metalurji alanındaki en büyük kuruluşları arasında yer almıştır. Çinkur yılda 240.000 ton ortalama %21,8 çinko ihtiva eden ham cevheri işleme kapasitesine sahipti ve bu kapasitedeki cevher işlenmesiyle tesiste 31 000 ton'u külçe, 4 000 ton'u pres döküm ve 5.000 ton'u levha olmak üzere 40 000 ton rafine çinko, 6 000 ton rafine kurşun, 125 ton kadmiyum metal ve 4.5 ton gümüş üretimi planlanmıştır (Demirkesen, 1999). Çinkur tesisine ait basitleştirilmiş akım şeması Şekil 35'de verilmiştir.



Şekil 35. Çinkur Tesisi Akım Şeması

Cevher Kırma Tesisleri

Yerüstü ve yeraltı maden işletmelerinden üretilen maden cevheri Waelz fırınlarındaki prosese uygun hale getirilmek üzere üç kademeli cevher kırma tesislerinde 6 mm'ye kırılmaktadır.

Waelz Fabrikası ve Üniteleri

Çinko cevherlerinin zenginleştirme kısmını teşkil eden Waelz Fabrikası ve üniteleri toplam 50000 m²'lik kapalı ve açık bir alanı kapsamaktadır. Kapalı ve açık stok sahaları, Waelz döner fırınları, gaz soğutma ve tutma üniteleri, yoğunlaştırma fırınları, kuru öğütme ve pnömatik sevk üniteleri ile bunları birbirine bağlayan boru hattı ve konveyör galerilerinden oluşmaktadır.

Liç Fabrikası

Waelz fabrikasında üretilen zenginleştirilmiş ara ürünün (ZnO) asitle işleme tabi tutulduğu liç fabrikası ve üniteleri kapalı ve açık saha olarak 4400 m²'lik bir saha üzerine yerleşmiştir. Bu sahada aside dayanıklı tuğlalarla kaplı ve içinde paslanmaz çelikten imal edilmiş karıştırıcıları olan 5 adet liç, 4 adet saflaştırma, 5 adet kontrol ve depolama tankları ile, 3 adet kıvamlaştırıcı, 3 adet tambur ve 4 adet pres filtreden oluşan filtrasyon ünitesi, asit tankları ve asitli çözeltilerin üniteler arasında sekinde kullanılan santrifüj, diyafram ve vakum pompaları ile çinko oksidin depolandığı 2 adet silo ve döner kurutucu bulunmaktadır. Bu bölüm yılda 400 000 m³ asitli ve çinkolu solüsyon işlenmek üzere inşa edilmiştir. Çalıştığı dönemde fabrikada üretilen çinkolu solüsyon elektroliz edilmek ve elektrolitik çinko üretilmek için elektroliz fabrikasına sevk edilmekteydi.

Elektroliz Fabrikası ve Üniteleri

Toplam 2500 m²'lik sahayı kaplayan elektroliz fabrikası, reaktifler ünitesi, 196 adet elektroliz hücresi, sıcak ve soğuk elektroliz depolama tankları, elektrolit soğutma kuleleri, asitli ve çinkolu solüsyon pompalarından oluşmaktadır. Fabrikanın ayrıca zamanla bozulan kurşun anodlarının yeniden yapımı için anod fabrikasyon ünitesi bulunmaktaydı. Gümüşlü kurşundan imal edilmiş anodlarla saf alüminyumdan yapılmış katotların bulunduğu elektroliz hücrelerinde katot üzerinde toplanan saf çinko, katotlardan levhalar halinde sıyrıldıktan sonra eritilerek kalıplar haline getirilmek üzere tesisin dökümhane ünitesine sevk edilecek şekilde tasarlanmıştır.

Dökümhane

6300 m²'lik kapalı bir sahada toplanmış olan dökümhane, haddehane ve mamül madde depolama binasının bir bölümünü kapsamaktadır. Elektroliz ünitesinde parça levha halinde üretilen çinko, endüksiyon ocaklarında ergitilmekteydi. Çalıştığı dönemde piyasanın ihtiyacına göre erimiş metal, pompalar ile otomatik olarak 2.5 kg'lık kalıplar halinde döküm yapan döküm makinasına sevk edilmekte, bir kısım çinko, piyasanın ihtiyacı olan galvaniz çinkosu ve pres döküm çinkosu üretilmesi ve kalıplanması için alaşımlama fırınlarına pompalanmaktaydı.

Haddehane: Eritilmiş olan elektrolitik çinkonun bir kısmı piyasanın ihtiyacı olan çatı levhası üretilmek ve gerekli alaşım maddesini ilave etmek üzere haddehanenin bekletme fırınına sevk edilmektedir. Haddehane, özel levha döküm makinesi, tavlama fırınları, levha hadde ve levha kesme ünitelerinden oluşmaktadır. Bekletme fırınındaki erimiş çinko özel levha döküm makinasında belli bir kalınlıkta levha halinde dökülerek takriben 1.3 m çapında rulo haline getirilmiştir.

Kurşun Fabrikası

Çinko fabrikasında işlenen çinko cevherinde yan metal olarak bulunan kurşunun ve gümüşün değerlendirilmesi için kurulmuş bir tesistir. Ancak şimdiye kadar bu tesiste kurşun üretimine başarılı olunamamıştır.

2.7 m çapında ve 7 m uzunluğunda bir döner fırın ile gaz soğutucusu ve toz tutucusu olan, %99,9 saflıkta kurşun üretebilmek için bir seri rafinasyon potaları bulunan bir tesistir. Bu tesiste işlenecek hammaddeler, çinko tesisi liç bakiyesi, yoğunlaştırma ürünü, kurşun - kadmiyum tozu liç bakiyesi ve piyasadan temin edilecek sülfürlü kurşun konsantresidir.

Kadmiyum nitesi

işlenecek çinko cevheri içinde yan ürün olarak bulunan kadmiyumu değerlendirecek olan bu ünite liç fabrikası içinde kurulmuştur. Liç fabrikasının saflaştırma ünitesinde çöktürülen kadmiyum tozu ile yine liç fabrikasında teksif fırınında elde edilen kurşun-kadmiyum tozu ara ürünündeki kadmiyumu değerlendiren ünite, aside dayanıklı karıştırma ve çöktürme tankları ile filtrasyon nitesi ve kadmiyum eritme fırınından teşekkül etmiştir. Bu nitede yılda 125 ton kadmiyum yan ürün olarak üretilerek dış piyasaya sunulmuştur.

Prosesle ait Detaylı Bilgiler

inkur'da Zamantı yöresi oksitli karbonatlı çinko-kurşun cevherleri işlenmiştir. Cevherler ortalama %20-22 çinko ve %2-3 kurşun içermektedir.

Zamantı yöresi cevherlerinin ortalama bileşimleri; %21.8 Zn, %2.08 Pb, %0.12 Cd, %14.77 Fe, %7.25 SO₂, %4.3 Al₂O₃, %1.8 CaO, %0.35 MgO, %0.4 As, %0.094 Cu, %20.15 kızdırma kaybı, eser miktarda F₂ ve Cl₂ şeklinde dir.

Zamantı yöresi cevherlerinde yapılan minerolojik etütlerde çinkonun simitsonit minerali (ZnCO₃) halinde bulunduğu ve 10-25 mikron tane boyutunda olduğu saptanmıştır. Limonit (2Fe₂O₃.3H₂O) ve götit (FeOOH) simitsoniti sarmışlardır. Cevherler biraz da sülfürlü ve silikatlı mineraller içermektedir.

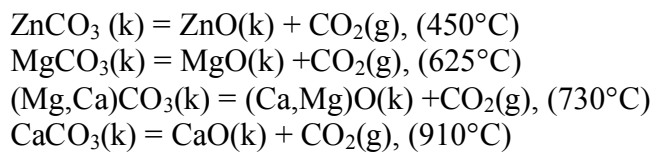
Zamantı cevherlerine doğrudan asidik çözündürme uygulanması avantajlı olmamaktadır. Bunun nedeni cevherlerde asit harcayıcı bazik gang bileşiklerinin fazla bulunmasıdır.

Fırın şarjının Hazırlanması: Zamantı yöresinden gelen çinko-kurşun cevheri önce %15 civarında kireç taşı ile karıştırılarak çeneli ve konik kırıcılarda kırılmakta, kırılan bu ürün eleklerden geçirilip ve 1-10 mm tane boyutu üzerindeki malzeme üniteye geri yollanmıştır.

Elek altından alınan cevher-kireç taşı karışımı %40 oranında kok tozu ile harmanlanarak ince cevher silolarına verilmekte ve böylece şarj hazırlanmaktadır.

Waelz Oksit retimi: Döner fırınlar genellikle şamot taşlarla örülmüştür. Ancak reaksiyon sonlarında magnezit tuğla kullanılmakta, şarj yukarıdan yapılmaktadır. Isıtma şarj akışına göre ters yönlü olarak, kömür tozu ile çalışan brülörlerle yapılmakta ve redükleyici alev kullanılmaktadır.

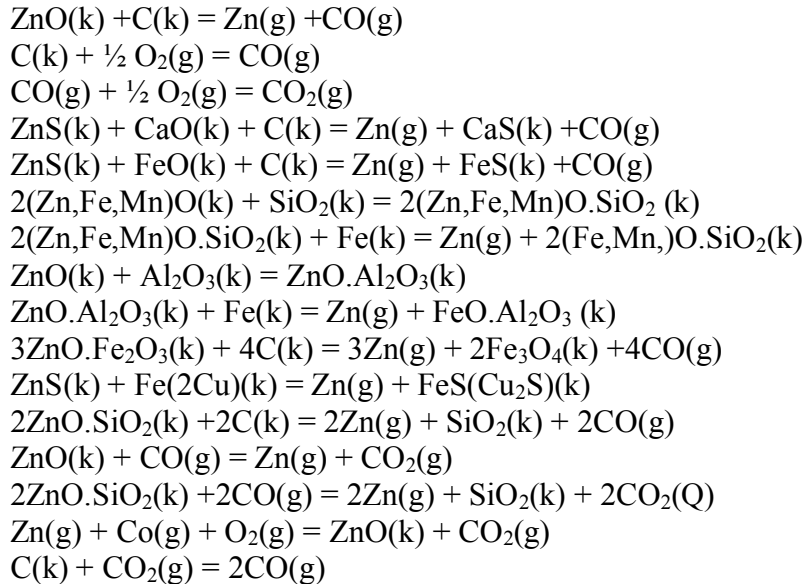
şarjın fırına girmesiyle kurutma reaksiyonları başlamaktadır. Bu reaksiyonların 100- 2000°C sıcaklıkları arasında tamamlanmasından sonra karbonatların ve varsa hidroksitlerin parçalanışı meydana gelmektedir.



Redükleyici kömürden kazanç sağlamak, çinko ferrit ve silikatların oluşumunu engellemek açısından, karbonatların parçalandığı bölgelerde sıcaklığın düşük tutulması yararlı olmaktadır.

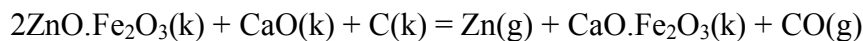
Karbonatların parçalanışını redüksiyon olayları izlemektedir. Redüksiyon 1100-13000°C arasında gerçekleşmekte ve reaksiyonlar fırının orta bölgesinde cereyan etmektedir.

Redüksiyon sonundaki reaksiyonlar katı-katı veya katı-gaz reaksiyonları olmaktadır. Oluşan reaksiyonlar aşağıdaki sırayı izlemektedir:

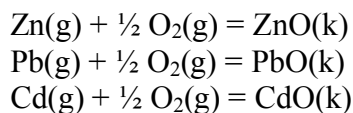


Reaksiyonlar çoğunlukla ekzotermik olup, otojen ilerlemektedir. Cevherde bulunan sülfürlü kısımlar, kalsiyum oksit ve demir oksit yardımıyla kolayca çinkoya redüklenmektedir. Bu arada cevherlerde bulunan demir oksitlerde kısmen indirgenmektedirler. Cevherin yapısında yer alan ya da fırın içinde oluşan çinko ferrit ve silikatların redüksiyonu da mümkün görülmektedir.

Ferritlerin bileşimindeki çinko oksidin karbonla redüklenmesi 1500°C'ye serbest çinko oksidin redüksiyonu kadar hızlı olmaktadır. Şarjdaki kalsiyum oksit reaksiyonu daha da hızlandırmaktadır. Demirin çinko oksidi redüklemesi karbona nazaran daha zor olmaktadır.



Çinko silikatların karbonla redüklenmesinde reaksiyon hızı oldukça düşük olmaktadır. Gaz fazındaki metal buharları, fırının son bölümünden üflenen hava ile oksitlenmektedirler. Metal oksitleri baca gazları ile birlikte önce soğutma odalarından geçirilerek soğutulmakta, daha sonra da torbalı filtrelerde Waelz Oksit olarak tutulmaktadır.

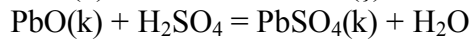
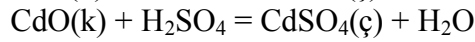
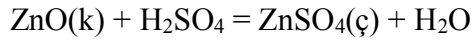


Çinkur'da üretilen Waelz Oksit yaklaşık %60-70 Zn, %5-7 Pb, %0.5 F₂-Cl₂ içermektedir.

Klinker Oksit Üretimi: Waelz fırınında üretilen Waelz Oksit hafif, ince ve çok hacim kapsayan bir yapı halinde olup, yoğunluğu 0.7-0.9 kg/L arasında değişmektedir. Bu oksit tane büyümesini sağlamak, yoğunluğunu 2.0-2.5 kg/L'ye arttırmak ve elektroliz için zararlı maddeleri azaltmak amacıyla 1000-1100°C'ta klinkerleştirilmeye uğratılmaktadır.

2.7 m iç çapında, 35 m uzunluğunda döner fırında klinkerleştirme yapılmaktadır. Klinker oksit, daha sonra bilyalı değirmenlerde %85'i 200 meşin altına gelecek şekilde öğütülerek çözümlendirmeye hazırlanmaktadır.

Klinker Oksitin Çözümlendirilmesi: Çinkur'da klinker oksit 4 adet, beton ve asit tuğlası ile kaplı çözümlendirme tanklarında sürekli nötr çözümlendirmeye uğratılmaktadır.



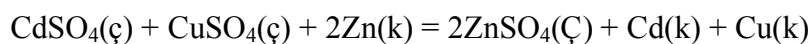
pH = 5-5.5 civarında olan çamurun katı.sıvı ayırımı, 3 adet karşıt akım prensibine göre çalışan kıvamlaştırıcılarda yapılmaktadır. Kıvamlaştırıcı üstü saflaştırmaya giderken, altı da döner filtrele gönderilmektedir. Kıvamlaştırıcı üstünden alınan nötr çözelti 134-140 g/L Zn, 250-500 mg/L Cd, 2-3 mg/L Pb, 1.5-3 mg/L Ni, 1-5 mg/L Co ve 0.5-0.7 mg/L Fe içermektedir.

Nötr Çözeltinin Temizlenmesi: Çözümlendirilen üründen çinko ile beraber birçok metalde çözeltiye geçmektedir. Bunlar çinkodan daha asal olup, elektrolizden önce çözeltiden uzaklaştırılmaları zorunlu olmaktadır. Bu safsızlıklar elektrolize olan etkilerinden dolayı 4 grupta toplanabilmektedirler:

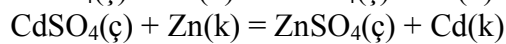
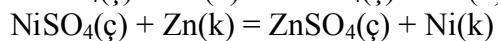
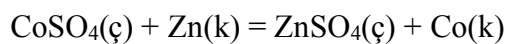
- Metale katodik redüksiyonlarından dolayı hidrojen fazla voltajını düşüren ve çinko ayrışımını azaltan elementler (As, Sb, Se, Te, Ge),
- Akım verimini azaltan elementler (Fe ve Mn),
- Ayrışmış çinkonun tekrar çözünmesine yol açan elementler (Se, Te, As, Sb, Ni, Cu, Co),
- Beraber ayrışarak elektrolitik çinkonun saflık derecesini düşüren elementler (Cd, Pb).

Kıvamlaştırıcı üstünden alınan nötr çözelti iki aşamada temizlenmektedir:

1. Aşama: Nötr çözeltide bulunan bakır ve kadmiyum Zn tozu ilavesiyle aşağıdaki reaksiyona göre çöktürülür:



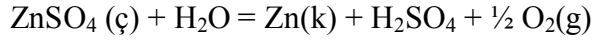
2. Aşama: Çözeltide kobalt ve nikel az miktarda bulunduğu için çinko tozu ile sementasyonları yeterli olmaktadır. Ancak çözelti bakırca fakir olduğundan, çözeltiye belirli miktarda bakır sülfat ilave edilir. Oluşan reaksiyonlar;



şeklindedir.

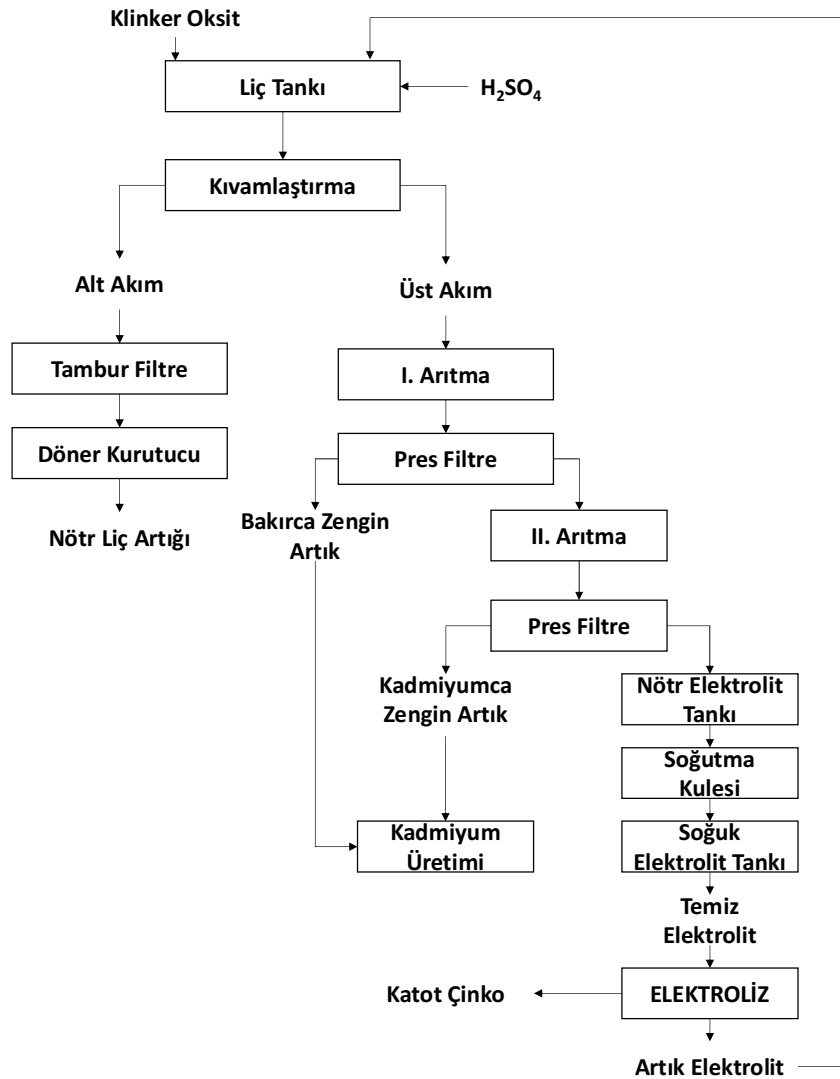
Sementasyon prosesinin soğuk işlem kademesinde kullanılan parametreler; pH değeri 4-5, sıcaklık 40-50°C şeklindedir. Sıcak sementasyon aşamasında ise çözelti sıcaklığı 60°C sıcaklığa yükseltilir. Temizlenmiş çözelti, 138-143 g/L Zn, 0.6-0.8 mg/L Cd, 0.4-0.8 mg/L Co, 0.7-0.8 mg/L Ni, 2-3 mg/L Pb ve 0.5-0.8 mg/L Cu içermektedir.

Nötr Çözeltinin Elektrolizi: Yapılan redüksiyon elektrolizidir. Aşağıdaki reaksiyona göre çinko elektrolitik olarak kazanılmaktadır.



Çinkur tesisinde elektrolize gelen çözelti önce soğutma kulelerinde 35°C'a kadar soğutulmuş, daha sonra da elektrolizden çıkan elektrolitle belirli oranlarda karıştırılıp, 70-80 g/L Zn ve 165-175 g/L H₂SO₄ içeren bir çözelti haline getirilmiş ve bu çözeltiden elektroliz yoluyla litrede yaklaşık 7-8 g çinko kazanılmıştır.

Elektroliz alüminyum katotlar ve kurşun anotlarla yapılır.. Banyo gerilimi yaklaşık 3.5 voltur. Akım yoğunluğu 300-320 A/m² arasında değişir. Toplanan çinko 24 saatte bir katotlardan sıyrılarak, iki adet 800 kW'lık Ajax endüksiyon ocaklarında ergitilmektedir. Ergimiş çinko, 9 t/saat kapasiteli döner döküm makinesinde otomatik olarak dökülmektedir. Çalıştığı dönemde üretilen elektrolitik çinko; %0.03 Pb, %0.00025 Cu, %0.0007 Cd, %0.0001-0.0003 Fe ve eser miktarda Ni, Co içerikli olmuştur.



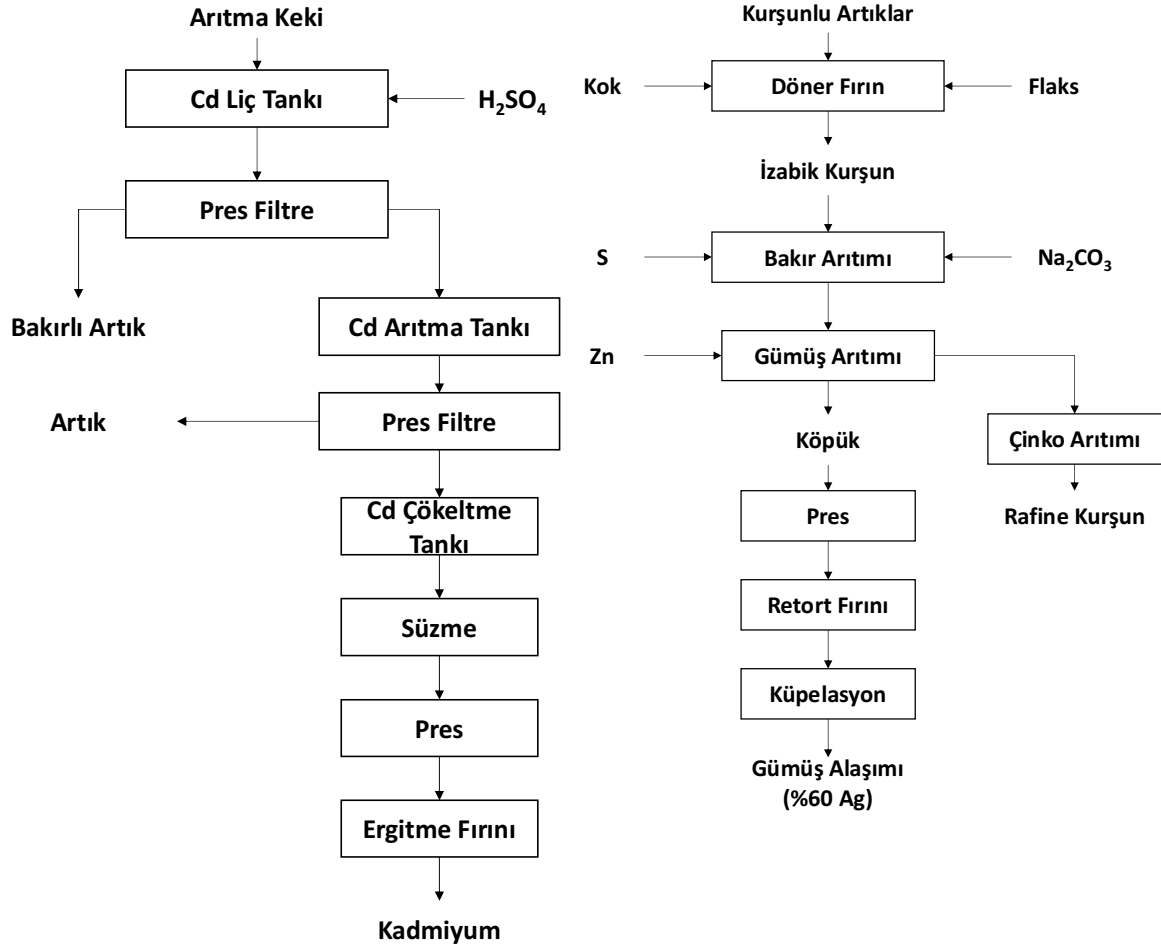
Şekil 36. Çinkur'un çalıştığı dönemde çözümlendirme, çözelti temizleme ve elektroliz aşamalarının akım şeması (Demirkese, 1999)

Artıkların Geriye Kazanılması:

Çinkur fabrikasında üç önemli artık oluşmaktaydı.

- Teksif fırınından alınan kadmiyumca zengin artık,
- Nötr çözümlendirmeden çıkan kurşunca zengin artık,
- Çözelti temizleme sırasında oluşan bir kadmiyum artığı.

Bu artıkların değerlendirme yöntemi Şekil 37’de verilmektedir.



Şekil 37. Çinkur' da artıkların değerlendirilmesi için kullanılan üretim yöntemleri (Demirköken, 1999)

4.3.4.5. Teknolojik Açıdan Güncel Pazarın ve Teknolojik Seçeneklerin Değerlendirilmesi

Türkiye çevresine bakıldığında İran'ın Zencan bölgesinde % 80' ni devlet ve % 20'si özel sektöre ait yaklaşık 70 civarında çinko metalürji tesisi bulunmaktadır. Bunların çoğunun kapasitesi yıllık 10 - 20 bin ton metal arasında olup İran'ın toplamda yıllık 300 bin ton civarında metal çinko üretimi olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'nin ise yıllık çinko metal ithalatı yaklaşık 200 bin ton civarındadır ve bunun yıllık değeri bugünün Londra Metal Borsası (LME) fiyatı 2262 USD/ton (16.08.2019 tarihli Londra Metal Borsası) üzerinden 452.4 milyon USD'dir. Sonuç olarak Türkiye her yıl çinko ithalatına yaklaşık 450 milyon USD ödemektedir. İran'ın fabrikalarını besleyecek düzeyde oksitli-karbonatlı ve sülfürlü cevheri olmadığından hammadde açısından dışa ve komşusu olması nedeniyle Türkiye'ye bağlıdır ve bu noktada İran'lı yatırımcılar Türk vatandaşlarıyla ortaklıklar oluşturarak öncelik sırasına göre Hakkari, Kayseri ve Konya bölgesinde maden ruhsatı satın almaktadırlar.

Günümüzde çinko metal üretiminin %80 ni hidrometalurji yani sülfirik asid (H_2SO_4) kullanılarak yapılmaktadır. Sülfirik asidin tonu 200 USD civarında olup karayolu ile taşınması zorluklar içermektedir. Bor asid üretimi için Bandırma'dan yaklaşık 200 km uzaklıktaki Emet'e taşınan yıllık 250 bin tonun üzerindeki sülfirik asidin taşıma ihalesinde bu zorluklar açıkça görülmektedir. Taşıma işlemiyle sülfirik asid üretimi yıllar süren bir işlem olarak mümkün olamayacağından metalurji fabrikaları için kendi sülfirik asidini üretme zorunluluğu doğmaktadır.

Günümüzde sülfirik asid üretiminde en yaygın yöntem ise kükürtün yakılmasıdır. Kükürdün yakılmasıyla SO_2 elde edilmekte, bunun hidroliziyle H_2SO_4 oluşmaktadır. İkinci bir yöntem olarak piritlerin yakılmasından sülfirik asid eldesidir. Bu yöntem değerli metaller içeren pirit konsantreleri için ilginç olabilir. Zira yandığında bünyesinde bulunan altın, bakır, kobalt gibi metaller külde birikmekte ve metalce zengin bu küller satılabilmektedir. Çevrede buna uyan bir pirit deposu olmadığından ve taşıma zorluklarından dolayı en uygun sülfirik asid elde etme yöntemi kükürtlerin yakılması olarak görülmektedir. Kükürtler ise petrolün rafinasyonu işleminde bir yan ürün olarak çıkmaktadır ve dolayısıyla kükürtler İran ve diğer Körfez ülkeleri gibi petrol rafinerileri olan ülkelere kolaylıkla sağlanabilecektir.

Kütle hesaplamalarına göre 1 ton kükürttan 3 ton sülfirik asid üretilmektedir. 1 ton metal çinko için ise yaklaşık 2 ton sülfirik aside ihtiyaç duyulmaktadır. Sülfirik asid üretim tesisi 1-2 milyon USD ile nispeten ucuz bir tesistir ve kükürtün yanması sırasında oluşan enerjiyle de elektrik üretilmesinden dolayı avantajlı bir işlemdir. Metal çinko üretiminde maliyet kalemlerinden, sülfirik asid üretimi, işçilik yanında diğer en önemli girdiler enerji olup, Türkiye'deki gerek elektrik, gerekse doğal gaz fiyatlarıyla (İran'a göre birkaç on kat yüksek) bugünün koşullarında metal elde etmede fazla bir karlılık görülmemekle birlikte uluslararası rekabet gücünü de zayıflatmaktadır. Bu nedenle istihdam başta olmak üzere, dış ticaretin dengelenmesi bakımından bu bölgede kurulabilecek bir metalurji tesisi için devletin özel teşviğine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut hali ile devlet, yatırım değeri 100 milyon doların üzerindeki projelere özel teşvik kapsamında destek olmuştur ve bunu bir yatırım sınırı olarak belirlemiştir. Bununla birlikte bölgesel kalkınmadaki önemi nedeniyle yurt dışından ithali yapılan tüm metallere ait metalurji tesislerini kapsayacak şekilde, özellikle de Hakkari bölgesinde kurulacak çinko metalurjisi tesisi için bir Bakanlar Kurulu kararına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada bölgedeki sivil bürokrasinin ve madencilerin zaman kaybetmeden Sayın Cumhurbaşkanını ile konuyu görüşmeleri oldukça önemlidir.

4.3.4.6. Kimyasal Analiz İhtiyaç Durumunun Saptanması ve İhtiyacı Karşılacak Bir Laboratuvarın Maliyet Analizi

Madenlerin arama ve üretimi süreçlerinde örneklerin kimyasal analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu örneklerin doğru yöntemlerle ve zamanında yapılması önemlidir. Bu amaç için her maden firmasının kendi laboratuvarını kurması beklenemez ve genellikle bu ihtiyaç hizmet alımı şeklinde karşılanmaktadır. Bu kapsamda Hakkari bölgesinde bir maden firması özellikle kendi ihtiyacını karşılamak için ve daha sonra da talep durumunda diğer firmaların analizlerini yapabileceği bir kimyasal analiz laboratuvarı kurmuştur. Bu firma talep durumunda dışardan örnek kabul etmekte ve ücreti karşılığında hizmet vermektedir.

Hakkari'de özel bir firma bünyesinde hizmet veren bir laboratuvarın altyapısı incelenmiş ve laboratuvarında aşağıdaki cihaz ve malzemelerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bunlar:

- 1- Agilent marka 200 serisi Atomik Absorpsiyon Cihazı (Şekil 38)
- 2- Bir adet çeker ocak (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** a)
- 3- Bir adet etüv (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** b)
- 4- Örnek hazırlama makinaları

4- Örnek hazırlama makinaları

- a) Kırıcı makinası
- b) Metal diskli öğütme makinası
- c) Elek takımı

5- Öğütülerek toz haline getirilen örneği çözeltiye almak için kullanılan asitler ve kaplar.

Laboratuvarda bir kimya mühendisi çalışmaktadır. Öğütülen örnekten 0,5 gram alınarak kral suyu olarak da bilinen ve 1/3 oranında nitrik asit/ hidroklorik asit karışımından oluşan bir çözelti içine konulmaktadır. Sıcak bir metal tabla üzerinde 400 °C ye kadar ısıtılarak örnekteki çinko, kurşun, demir ve gümüş gibi elementlerin çözünerek çözeltiye geçmesi sağlanmaktadır. Oluşturulan çözelti Atomik Absorpsiyon cihazında ölçülmektedir. Ölçümden önce; içeriği bilinen, uluslararası geçerliliği olan standart örneklerden hazırlanan çözelti cihazda ölçülmekte ve standart örneğin içindeki Zn, Pb, Fe, Ag gibi elementlerin miktarı belirlenmektedir. Cihazda ölçülen ve belirlenen bu değerler standart örnek üzerinde yazan değerler ile aynı ise cihazın doğru ölçüm yaptığı kabul edilmektedir. Sahadan alınmış örneklerin içeriği de bu standartlara göre ölçülerek istenen elementlerin miktarı % veya ppm cinsinden hesaplanmaktadır.

Laboratuvarın günlük kapasitesi (örneğin kırılması, öğütülmesi, çözeltiye alınması ve analiz edilmesi süreçlerini kapsayan) 15 adet örnektir. Ancak örnekler şayet öğütülmüş halde laboratuvara getirilirse, bu durumda sadece çözeltiye alma ve analiz süreci yapılacak olup günde 50 adet örneğin analizi yapılabilmektedir.

Mevcut durumda laboratuvarda rutin olarak Zn, Pb ve Fe elementlerinin analizleri yapılmaktadır. İstenmesi halinde bu elementlerin dışında Ag, Cd, As vb. elementlerin de analizleri yapılabilmektedir. Rutin olarak yapılan 3 elementin fiyatı örnek hazırlama süreçleri de dahil **350 TL** civarındadır. Bu fiyat Türkiye'deki diğer laboratuvarlarla (MTA, Liman Kimya, ARGE test vb.) karşılaştırıldığında oldukça makul bir fiyattır.



Şekil 38. Meskan Ölmez Madencilik firmasının bünyesindeki laboratuvarda kimyasal analizlerin yapıldığı Atomik Absorpsiyon cihazının görünümü.

Mevcut laboratuvarın en önemli avantajı analizleri yapacak bir teknik elemanın istihdam edilmesidir. Hakkari bölgesindeki madencilerin ihtiyacını karşılayacak nitelikteki bu laboratuvar mevcut alt yapısı ve teknik ekibiyle bölgedeki madencilerin günümüzdeki ihtiyacına cevap verebilecek niteliktedir. Ancak, bölgedeki madencilik faaliyetlerinin artması ve buna bağlı olarak jeokimyasal analiz ihtiyacının da mevcut laboratuvarın kapasitesinin üzerine çıkması durumunda yeni bir laboratuvarın kurulması gerekecektir. “Fidem Proje Eğitim

Danışmanlık Ltd. Şti” firmasının yapmış olduğu fiyat araştırmasına göre (EK-2) aşağıdaki cihazların alınmasıyla yaklaşık 890.900,00 TL (KDV Dahil)’ye, günlük en az 100 örnek analiz yapılabilecek bir laboratuvarın kurulabileceği görülmektedir. Kurulacak laboratuvar aşağıdaki cihazlar bulunacaktır;



(a)



(b)

Şekil 39. (a) Laboratuvardaki çekerocek ve (b) etüvün görünümü.

- **1 adet “NCS Plasma3000 Dual View Plasma 3000 Dual View Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer”**,
- **1 adet “METASH MWD 630 T12 Microdalga”** (Digestion System with Square Cavity Design Contactless Pressure Sensor and IR Temperature Sensor, 12 digestion vessels (100ml vessel volume),
- **1 adet “5E-PCM CKIC 5E-PCM Öğütme Cihazı”** (5E Series Pulverizer is used to pulverize the sample after crushing in power plants, coal mines, chemical industry, metallurgy, building material and geology, in which an analysis sample of particulate material is prepared),
- **1 adet “CKIC 5E-JCA 100x60 Çeneli Kırıcı”** (5E-JCA Series Jaw Crusher is designed for primary crushing of medium-hard, brittle and tough materials. Typical sample material includes coal, coke, limestone and so on),
- **1 adet “Retsch A200 Basic Elek Sallama Cihazı”** (Toplamı Kapı+Kapak+6 'lı Elek Seti Dahil),
- **1 adet “Çeker Ocak”** (180x75x220 cm),
- **1 adet “Mettler UN 110 ETÜV”** (108 Lt. 300°C İçi ve dışı Paslanmaz Çelik),
- **Labotauar Sarf ve Plastik Malzemeleri ve Analiz için gerekli Kimyasallar**

5. BÖLÜM

EKONOMİK VE SOSYAL FAYDALAR

5.1. 2004-2018 Yılları Arasında Bölgede Yapılan Toplam Maden Üretimine Karşılık Metalurji Tesisi Yokluğundan Dolayı Yaşanan Ekonomik-Sosyal Kayıplar Analizi

Bakır, altın, kükürt gibi bazı madenler doğal halde safa olarak (nabit) bulunur ve kullanılabilirler. Kurşun, çinko, kalay, nikel, molibden, antimuan gibi pek çok maden ise önce zenginleştirme, daha sonra ise ergitme (izabe) işleminden geçirilerek endüstriyel kullanıma girmektedir. Metalurjik (ergitme ve indirgeme) işlemleri insanlığın yaklaşık son beş bin yıldır önemli bir uğraşısını oluşturmuş, insan toplumunun evriminde metallerin eldesi ve metal kullanımı başrolü oynamıştır. Günümüzde yüksek sıcaklıklarda cevherlerden metal eldesi, metallerin birbirleriyle karıştırılmasıyla özel alaşım yapımı endüstri toplumu olmanın en önemli göstergesi olmuştur. Geri kalmış ülkelerin ortak özelliği kendi madenlerini doğal haliyle (herhangi bir işleme tabi tutmadan, tüvenan olarak) yurt dışına satarak uluslararası endüstriyi besleyen ve daha sonra elde edilen endüstriyel ürünü yüksek değerle dışarıdan geri almasıdır.

Türkiye’de kısmen bu katageride bir ülkedir ve kendi madenlerinden kendi metallerini üretmeli, yabancılara hammadde tedarikçiliği yapmamalıdır.

Günümüzde, çoğu metalin fiyatını Londra Metal Borsası (London Metal Exchange, LME) belirlemektedir. Londra Metal Borsası’nda metal çinkonun tonu (%99.9 saflıktaki çinko metal külçesi) bugünlerde 2600 dolar civarındadır. Bundan 12 yıl önce 2007’de ise 4 bin hatta kısa bir süreliğine 4500 dolar civarındaydı. Bugün LME çinko metal ton fiyatı 2600 USD civarındadır ve buna göre %25 Zn içeren bir madenin ton fiyatı;

$0.25 \times 2600 \times 0.30$ formülüyle 195 UDS dır.
--

Burada 0.25 cevherin metal içeriği, 0.30 ise metalurji faktörüdür. Yani metalurjiye giren cevherin sadece %30’u madenciye, %70’i ise metalurji fabrikasına verilmektedir. Günümüzde üretilen cevherin satış fiyatı, cevherin tenörü ile doğru orantılıdır. Tenör arttıkça çarpan değeri de artmaktadır. Örneğin; % 35 Zn içerikli cevherin değeri; $0.35 \times 2600 \times 0.40$ hesabıyla 364 USD olmaktadır. Burada dikkat edilirse cevherin metal içeriği arttıkça fiyatının daha da artmasıdır. Bu durum, yukarıda metalurji çarpanının 0.30 dan 0.40 a yükselmesi şeklinde açıkça görülmektedir. Bunun nedeni düşük dereceli cevherden metal elde etmek için tüketilen, başta asit olmak üzere her türlü işlemle ilgili maliyet yükselişidir. Böylesi bir durumda madenci bir yandan madeninden çıkacak cevherin tenörüne, diğer taraftan ise Londra Metal borsasındaki metal fiyatının günlük nasıl değişeceğine odaklanmaktadır. LME fiyatları yüksek gittiğinde karlı olan madencilik LME fiyatları düştüğünde karsız olmakta, maden işletmesi küçültülmekte veya madenler bir süreliğine kapatılmakta, mühendisler ve diğer çalışanlar işsiz kalmakta, yeraltı galerileri zayıflamakta ve hatta çökmekte, madenin yeniden işletmeye açılması için maliyetler de yüksek olmaktadır.

Bugün ucuz enerji ve ucuz insan gücüne sahip Çin, Rusya, Ukrayna, Kore, Hindistan ve İran gibi ülkeler karşısında ucuz enerjisi olmayan veya devlet teşviği alamayan şirketler dolayısıyla bir metalurji tesisi kurup hayata geçirememektedirler. Hâlihazırda çinko metalurjisindeki girdiler ton başına yaklaşık %30 hammadde, %30 enerji ve %40 işçilik şeklindedir. Yukarıda sayılan ülkeler, gerektiğinde fiyatlarını yükselterek madencinin hammaddesine (çarpan

katsayını yükselterek) sahip olabilmektedir. Ülkemizde enerji ve işçilik maliyetlerinin yüksek olması, yüksek çevre hassasiyeti ve önlemleri nedeniyle bu ülkelerle rekabet etme şansı bulunmamaktadır. Metalurjisz madencilğin zararları çok yönlü kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- 1) Madenlerimiz ülkemizde işlenerek metal elde edilemediği için mevcut maden satışından elde edilen gelirin yaklaşık %60'ı oranında döviz kaybı yaşanmaktadır. Hakkari bölgesinde üretilen % 25 Zn tenörlü yıllık 130 bin ton cevherin satışıyla yaklaşık 25 milyon dolarlık ihracat yapılmaktadır. Bundan elde edilecek yaklaşık 25000 ton çinko metalinin değeri ise 65 milyon dolar olup her yıl sadece metalurjiszlikten dolayı 40 milyon dolar kaybedilmektedir. Kuşkusuz metalurji fabrikasında metal eldesinin maaliyeti bu değer üzerinde. Bunun için devlet yabancı sektörle rekabet edebilmesi için izabe tesisi kuracak yerli girişimcinin yapacağı yatırımın belirli kalmelerini özel teşvik uygulaması kapsamına almalıdır. En basit hesapla günümüzde Hakkari'de yılda ortalama üretilen 130 000 ton cevherde metalurji olmadığı için 40 milyon dolar kayıp olmaktadır. Jeolojik kaynak açısından yüksek çinko cevher potansiyeline sahip olan Hakkari bölgesinde 30 milyon ton çinko rezervi olması durumunda metalurji tesisi olmaması durumunda 12 milyar dolar kayıp olacaktır. Hakkari bölgesinde saptanacak 30 milyon ton rezerv, 200 bin ton/yıl kapasiteli iki fabrika tarafından işlendiği düşünülürse 75 yıl faaliyette bulunacaktır. Bu durumda İran'da olduğu gibi belki de beş adet düşük tenörlü (%15 ile %5 Zn arası) cevherleri de işleyecek fabrika Hakkari ve yakın çevresine kurulabilecektir.
- 2) Bölgede bir metalurji fabrikasının kurulmasıyla fabrikada ve ilişkili sektörde bir kaç bin kişi istihdam edilecek ve bu ailesi - çevresiyle birlikte bir kaç 10 bin kişi, fabrika sayesinde ekonomisini sürdürebilecek ve Hakkari 'ye ekonomik olarak ciddi destek sağlayacak, kenti ayakta tutacaktır.
- 3) Ülkede üretilen madenler metalurjik işleminden geçmediği için, yani şayet kendi metalurji fabrikanız yoksa, ülkenizdeki madencilik LME fiyatları artınca harekete geçecek, fiyatlar düşünce de zayıflayacak, hatta kapanarak mevsimsel işleyen madenler durumuna geçecektir. Bu durumda, o ülkedeki mühendisler sürekli mesleğini yapamadığı için uzmanlaşmaları da mümkün olamayacaktır.
- 4) Metalurji fabrikamız olsa kesintisiz maden üretimi de olacak, madencilik sektörü gerçek bir sektör olacak, uzman mühendisler yetişecek, bilgiler aktarılacak, Ar-Ge grupları oluşacak ve özgün çalışmalar, araştırmalar yürütülecektir. Son yıllarda madencilikteki özel sektörün gelişmesiyle hammadde üretimindeki mevsimsellik kısmen kırılrsa da Türkiye' deki madencilik hala LME fiyat dalgalanmalarının etkisinde kurutulmamaktadır.

3) Madenler ham cevher veya zenginleştirilmiş cevher olarak ihraç edilmeyip ülkemizde kurulacak metalurjik tesislerde işlenerek metale dönüştürülmesi durumunda ciddi bir döviz yurt içinde kalacaktır.

Örneğin; yurt dışına Türkiye'den yıllık 200 bin ton %25' lik çinko karbonat cevheri ile yaklaşık 750000 ton %50 Zn konsantre cevheri ihraç edilmektedir. Bu ihraç edilen cevher ülkemizde işlenerek metale dönüştürülecek olsa 87500 ton çinko metali elde edilecektir. Bu metalin döviz karşılığı, 1500 USD/ton (yıllık ortalama LME ton fiyatı) fiyatıyla (87500 ton X 1500 dolar) yılda 131.2 milyon USD olacaktır. Oysa, günümüzde bir yılda üretilen çinko cevherlerinin ihracatından sadece 40 milyon USD ülkemizde kalmaktadır. Buradan da görüleceği üzere yurt dışına bir yılda ihraç ettiğimiz çinko cevherinin bugünkü çinko metal değeri 131 milyon

dolardır. Biz ise sadece izabe tesisi olmadığı için çinko cevherimizi 40 milyon dolara yurt dışına gönderiyoruz.

- 5) Türkiye’de çinko cevherinde olduğu gibi kurşun cevherinden de metal kurşun elde eden bir kurşun metalurji tesisi bulunmamaktadır. Arkeometalürjik veriler günümüzden en az 5000 yıl önce Anadolu’da galen (PbS) mineralinden kurşun metalinin elde edildiğini göstermekete olup günümüzde Anadolu topraklarında kurşun metali yapamıyor olmamız ayıpların en büyüğü olsa gerek. Kurşun cevherinin tamamını, bakır ve krom cevherlerimizin ise yaklaşık yarısını ham veya kısmen zenginleşmiş cevher olarak yurt dışına ihraç ediyoruz. Krom ve bakır cevherinin yaklaşık yarısı Türkiye’de metalürjik işleminden geçmektedir. Bugün Türkiye’nin değişik yerlerinden üretilen yaklaşık 600000 ton krom cevheri yurt dışına ihraç edilmektedir. Bu krom cevherlerinin Türkiye’de işlenmesi durumunda Elazığ’daki ferrokrom fabrikası gibi bir fabrikayı daha rahatlıkla besleyebilecektir.

6. BÖLÜM:

YATIRIM TUTARI

6.1. Toplam Sabit Yatırım Tutarı

6.1.1. Arsa Bedeli

Tesis için 20000 m2 arsa düşünülmüştür.
20.000 m2 x 20 TL. = 400.000TL

6.1.2. Etüt ve Proje Giderleri

Yatırıma ait etüd, proje çalışma bedelleri, jeolojik etüt raporu, çed raporu alma masrafları, yapı denetim firmalarıyla ilgili ekonomik ve teknik araştırma masrafları ile Yatırım Dönemi ve İşletmeye Alma sırasında ihtiyaç duyulacak kontrollük, müşavirlik, eğitim vb. konularda yapılacak harcamalar bu kalemde hesaplanmıştır. Bunun da bedeli 200.000TL. olarak hesaplanmıştır.

6.1.3. Bina ve İnşaat Giderleri

Tesis için ön görülen kapalı alanlar ve inşaat giderleri şöyle hesaplanmıştır. Bu fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020 birim fiyatları ile hesaplanmıştır. Elektrik ve makine tesisat birim fiyatlara dahildir. Çelik Prefabrik yapı 10.000 m2 kapalı alanda olacak 10 Metre yükseklik olacaktır. Arsanın geri kalan 10.000 m2'lik alanı ise hammadde yeri, otopark ve diğer faaliyetler için kullanılacaktır.

Çelik konstrüksiyon inşaat	14.860.000,00 (KDV Dahil)
----------------------------	---------------------------

6.1.4. Fabrika Makina ve Teçhizat Giderleri

Sıra No	Metalürji fabrikasının kurulum yerinin maliyeti	Fiyatı (TL)
1	Kırma ve Öğütme Ünitesi	14.371.950,00
2	Asitle yıkama ünitesi	10.000.000,00
3	Elektroliz Ünitesi	40.255.915,00
4	Ergitme ve külçe ünitesi	17.252.535,00
	Toplam	81.880.400,00
	%18 KDV	17.006.472,00
	Genel Toplam	96.618.872,00

6.1.5. Taşıma ve Sigorta ve montaj Giderleri

Makina teçhizat bedelinin %2'si alınmıştır. Buna göre;
Makine teçhizat bedeli: 1.637.608TL.
 $81.880.400,00\text{TL} \times 0.02 = 1.637.608$

6.2. Yıllık İşletme Giderleri

6.2.1. Hammade Giderleri

Hesaplamalarımızı % 15 Zn tenöre göre yapmamız daha doğru olacaktır. Bölgede %25 tenörü tutturmak zordur %15 Zn tenörüne sahip bir cevherin metalürjik işlemler sırasında cevherin içerdiği %15 Zn'nin %100 randımanla alınması mümkün değildir. Genel olarak bu tür cevherlerde metalürjik işlemlerde randıman %80-85 arasında değişmektedir. Bu nedenle %15 Zn içeren cevherin içerdiği çinkonun ortalama %82.5 randımanla $((80+85)/2=\%82.5)$ kazanılabileceği öngörülmektedir. Bu durumda; %15 Zn içeren cevherden %82.5 randımanla $(15 \times \%82.5)$ cevherdeki Zn'nin %12,375'i alınabilmektedir. Böylece 1 ton metal çinko (%99.999 Zn) elde edebilmek için % 15 Zn içeren cevherin % 82.5 randımanla proses edilmesi sonucunda $100/12,375 = 8,08$ ton % 15 Zn tenörlü cevhere ihtiyaç duyulmaktadır. Yani, 1 ton metal çinko için 8 ton %15'lik cevhere ihtiyaç bulunmaktadır.

Yani;

Üretilen Metal Miktarı(Ton)	Gerekli Cevher Miktarı(Ton)	Günlük İhtiyaç Olan Cevher Miktarı(Ton)	Yıllık İhtiyaç Olan Cevher Miktarı(Ton)
1	8	800	292.000

$0.36 \times 2366\$ \times 0.15$ (tenör oranı) formülüyle 127,76 USD dir.

$127,76 \times 5,88 \text{ TL}=751,22 \text{ TL}$ 'dir. (Güncel Kur değerlerine göre)

Not: Endüstriyel metal ticareti için dünya merkezi olan Londra Metal Borsasından alınan Çinko fiyatı 2366 USD dir.

Yıllık ihtiyaç olunan cevher miktarının Türk lirası cinsinden değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$292.000 \text{ Ton/Yıl} \times 751,22=219.358.809 \text{ TL}$

6.2.2. Metalurji(İzabe) İşlemleri (Treatment Charge)

Tahmini: 1 Ton için 820 USD (Treatment Charge)

$100 \text{ Ton} \times 820 \text{ USD}=82.000 \text{ USD}$ (Günlük 100 ton % 99.999 saflıkta metal üretimi için gerekli Metalurji işlem gideri)

$82.000 \times 365 \text{ Gün}=29.930.000 \text{ USD}$

$29.930.000 \text{ USD} \times 5,88 \text{ TL}= 175.988.400 \text{ TL}$

Su Gideri: İşletmenin kendi kaynağıdır. Arıtılıp yeniden devreye sokulacaktır. Su temininde kullanılacak pompaların elektrik sarfiyatları, elektrik giderleri içinde gösterilmiştir.

Yakıt Gideri: Depolar ısıtılmayacaktır. Bu nedenle 8 saat iki vardiya için her m2 için yıllık 10 litre yakıt tüketimi üzerinden hesaplama yapılmıştır.

$7000 \text{ m}^2 \times 10 \text{ litre/m}^2 = 70.000 \text{ litre/Yıl}$

$70.000 \times 6,50 \text{ TL} = 455.000,00 \text{ TL}$

Sülfirik Asit liç(leach) Hammadde Gideri: 1 ton metal elde etmek için 1,5 Ton sülfirik asit gerekmektedir.

Günlük 100 Ton Metal üretimi için gerekli sülfirik asit miktarı: 180 Ton

100 Ton metal üretimi için Günlük Sülfirik Asit Değeri 90 USD ‘dir.

$180 \text{ Ton} \times 90 \text{ USD} \times 365 = 5.913.000 \text{ USD}$ (1 Yıllık Değer)

$5.913.000 \times 5,88 \text{ TL} = 34.768.440 \text{ TL}$ (Günün USD/TL kuru ile 1 Yıllık Değer)

İşçilik ve Personel Giderleri

Görev	Sayı	Ücret (Brüt) TL	Yıllık Ücret (Brüt) TL
Yönetici(Genel Müdür)	1	20.000	240.000
Maden Mühendisi	1	10.000	120.000
Metalürji Mühendisi	4	10.000	480.000
Jeoloji Mühendisi	1	10.000	120.000
Nitelikli Eleman(Genel Müd. Yrd. Mali Müşavir)	6	10.000	720.000
Düz İşçi	150	3000	5.400.000
Toplam	163	63.000	7.080.000

6.2.3. Genel Giderler

Genel giderler içerisinde haberleşme, , emlak, taşıt alımı ve yıllık vergiler, idari ve sosyal binaların, tefrişat ve demirbaşla ilgili giderleri, personel eğitim giderleri bulunmaktadır. Hesaplanana tahminini miktar: 2000.000TL.

6.2.4. Beklenmeyen Giderler

Çeşitli fon, vergi ve beklenmeyen giderler için 500.000TL alınmıştır.

6.2.5. Bakım ve Onarım Giderleri

Bakıma tabi giderlerin % 2 si düşünülmüştür.

Yıllık Bakım ve Onarım Giderleri : 96.618.872 TL x 0,02 =1.932.377 TL

Aylık Bakım Onarım Gideri : 1.932.377/12 Ay=161.031 TL/Ay

6.2.6. Yıllık Amortisman Giderleri

Amortisman Tabi Kıymet	Tutarı (A) (TL)	Amortisman oranı (B)	Amortisman tutarı (C) (C=AxB)
Etüt ve Proje Giderleri	200.000	20	40.000
Çelik Konstrüksüyon	14.860.0.00	4	594.400
Makina ve Teçhizat	96.618.872	10	9.661.887
TOPLAM	111.678.872		10.296.287

6.2.7. Nakliyat Giderleri

Yıllık tesis içinde yapılacak taşıma işlemleri için: 1.500.000 TL olarak hesaplanmıştır.

7. BÖLÜM:

YATIRIM FİNANSMANI, İŞLETME DÖNEMİ BİLGİLERİ VE FİNANSAL ANALİZ

7.1. Yatırım Dönemi Finansmanı

Proje için gerekli sabit yatırımların tutarlarının % 50'sini öz kaynaklardan sağlanacağı varsayılmıştır.

7.2. Proje Gelir-Gider ve Fon Akışı

İşletme Gelirleri (Yıllık): İşletmede Hakkâri (Çukurca - Olgunlar Köyü) Bu tenöre göre hesaplama yapıldığında yine 15 yıllık işletme ömrü ve günlük 800-ton Zn metal üretim kapasiteli bir izabe tesisi için gerekli olacak cevher rezervi (% 15 Zn tenörlü) yaklaşık 4.38 milyon ton olacaktır. Bölgedeki düşük tenörlü oksitli-karbonatlı çinko cevherlerinin de iyi bir şekilde değerlendirilmesi için (örneğin aynı miktardaki % 8 Zn ve % 22 Zn tenörlü cevherlerin ortalaması %15 Zn olacak ve % 8 tenörlü tüvenan çinko cevheri de değerlendirilmiş olacaktır); MTA'nın yapacağı sondaj çalışmaları ile %15 Zn tenörlü 5 milyon ton cevher rezervi tespit etmesi, günlük 800-ton Zn metal üretim kapasiteli ve 15 yıl çalışacak bir izabe tesisi kurulumu için yeterlidir.

7.2.1. İşletme Gelirleri

ÜRETİM	Üretim Payı (ton/yıl)	Birim Fiyatı (TL/Ton)	Tutar (TL/Yıl)
% 99,999 Zn içeren Metal Çinko külçe	36500	2366X5,88	507.790,920 TL

NOT: Metal Çinko $292000 \times 1/8 = 36500$ USD Ton metal cevheri elde edilir.
LME ZİNC Çinko Ton Başına 2366 USD X36500 Ton =86.359.000 USD
 $86,359.000 \times 5,88$ TL=507.790,920 TL

7.3. İşletme Giderleri (yıllık)

7.3.1. İşletme Giderleri Tablosu

Harcama Kalemleri	Sabit/ Değişken	Tutar (TL)	Sabit	Değişken
Hammadde Gideri	0/100	219.358.809	-	219.358.809
İşçilik ve Personel Gideri	100/0	7.080.000	7.080.000	-
Metalurji (İzabe) İşlemleri Gideri	100/0	175.988.400	175.988.400	-
Asit Lic Ünitesi için gerekli Hammadde Gideri	0/100	34.768.440	-	34.768.440
Yakıt	20/80	455.000	455.000	-
Amortisman	100/0	10.296.287	10.296.287	-
Taşıma Sigorta Giderleri	70/30	1.637.608	1.146.325	491.283
Beklenmeyen Giderler	70/30	500.000	350.000	150.000
Nakliye Giderleri	80/20	1500.000	-	1500.000
Genel Giderler	75/25	2000.000	1.500.000	500.000
TOPLAM		453.584.544	196.816.012	256.768.532

7.4. Proje Kârı

Proje kârı işletme gelirlerinden, işletme giderlerinin çıkarılması ile bulunur.

Proje kârı

$$507.790.920 \text{ TL} - 453.584.544 \text{ TL} = 54.206.376 \text{ TL/Yıl}$$

Kurumlar Vergisi Matrahı 54.206.376 TL

7.4.1. Kurumlar Vergisi

1 Ocak 2020 yılı için kurumlar vergisi %22 olarak hesaplanmıştır.

Kurumlar Vergisi

$$54.206.376 \text{ TL} \times 0.22 = 11.925.402 \text{ TL/Yıl}$$

7.4.2. Vergi Sonrası Kâr

Yasal kârdan kurumlar vergisi, gelir vergisi, stopaj ve diğer kesintilerin çıkarılması ile elde edilen kârdır.

Vergi sonrası kâr

$$54.206.376 \text{ TL} - 11.925.402 = 42.280.974 \text{ TL}$$

7.5. Fon Akışı

Satış Geliri:	507.790.920 TL
İşletme Giderleri	453.584.544
Proje Kârı	54.206.376
Amortisman	10.296.287
Yasal Kâr	42.280.974
Kurumlar Vergisi Matrahı	54.206.376
Kurumlar Vergisi	11.925.402
Vergi Sonrası Kar	42.280.974

8. BÖLÜM:

PROJENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

8.1. Yatırımcı Açısından Değerlendirme

Yatırımın Kârlılığı (%)

Yatırım kârlılığı = $42.280.974 \text{ TL} / 116.088.554 \text{ TL} \times 100 = \%36,42$

Yatırımın Geri Dönüş Süresi

Yatırım geri dönüş süresi = $116.088.554 \text{ TL} / 42.280.974 \text{ TL} = 2 \text{ Yıl } 7 \text{ Ay}$

Başa Baş Noktası

Toplam sabit işletme giderleri = 196.816.012 TL

Toplam değişken işletme giderleri = 256.768.532 TL

Yıllık üretim miktarı = 36500 Ton

Birim satış fiyatı = $507.790.920 / 36500 \text{ ton} = 13.912,08 \text{ TL/Ton}$

Baş baş noktası üretim miktarı = $196.816.012 \text{ TL} / (13.912,08 - 256.768.532 \text{ TL}) = 7665 \text{ Ton}$

Baş baş noktası kapasite kullanım oranı = $7665 / 36500 \times 100 = \% 21$

8.2. Milli Ekonomi Yönünden Değerlendirme

Net Yurtiçi Katma Değer

Proje kârı ve işçilik ve personel giderleri göz önüne alınarak, net yurtiçi katma değer hesaplanacaktır.

$54.206.376 \text{ TL} + 7.080.000 \text{ TL} = 61.286.376 \text{ TL}$

Yatırım Üretkenliği

Yatırım üretkenliği = $61.286.376 / 116.088.554 \text{ TL} \times 100 = \% 52,79$

Sermaye İstihdam Oran

Sermaye istihdam oranı = $116.088.554 \text{ TL} / 163 = 712.199,71 \text{ TL}$

Sermaye hâsıla oranı = $116.088.554 \text{ TL} / 61.286.376 \text{ TL} = 1,89$

8.3. Toplam Yatırım

Sıra No	Yatırım Harcamaları	Tutar (TL)
1	Arsa Bedeli	400.000,00
2	Etüt ve Proje Giderleri	200.000,00
3	Bina ve İnşaat Giderleri(Çelik ve konstrüksüyon)	14.860.000
4	Makina veTeçhizat Giderleri	96.618.872
5	Taşıma ve Sigorta ve Montaj Giderleri	1.637.608
TOPLAM SABİT YATIRIM		113.716.480
6	İşletme Sermayesi	2.372.074
TOPLAM YATIRIM		116.088.554

8.4. İşletme Sermayesi

Sıra No	İşletme Sermayesi Kalemleri	Tutar (TL)
1	Hammadde ve Yardımcı Malzeme	500.000
2	Yakıt Stoku	372.074
3	Nakit İhtiyacı	1.500.000
TOPLAM		2.372.074

8.5. Yatırım Dönemi Finansmanı

Açıklamalar	1 .Yıl (YTL)
A) FİNANSMAN İHTİYACI	113.716.480
Toplam Sabit Yatırım işletme Sermayesi	2.372.074
Toplam	116.088.554
B) FİNANSMAN KAYNAKLARI	
1)Öz Kaynaklar	55.044.277
	119.398.554

9. BÖLÜM:

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hakkari bölgesindeki çinko-kurşun cevherleşmeleri Kuzey Kuşak ve Güney Kuşak olmak üzere iki bölgede yoğunlaşmıştır.

Kuzey kuşaktaki cevherleşmeler, içinde bulunduğu kireçtaşı tabakalarıyla uyumlu ve paralel konumlu olup 3 cevher seviyesinden oluşmaktadır. Her bir cevher seviyesinin kalınlığı ortalama 3 metredir. Her yatakta bu 3 cevher seviyesi he zaman gözlenmemektedir. Bu kuşaktaki cevher seviyeleri doğrultuları boyunca birkaç 10 km devamlılık göstermektedir. Bu kuşaktaki en önemli yataklar; Meskantep, Karakaya ve Üzümcü yataklarıdır. Ayrıca işletilmeyen Armutlu ve Oğul cevherleşmeleri de bu kuşakta yer alır. Bu kuşaktaki yataklardan üretilen cevher oksitli-karbonatlı çinko şeklinde olup Zn tenörü $>15\%$ dir.

Güney kuşaktaki cevherleşmeler, içinde bulunduğu kireçtaşlarını çoğunlukla kesen yer yer de bunlara paralel konumda bulunurlar. Bu kuşaktaki cevherleşmeler daha çok sülfürlü ve oksitli-karbonatlı karışık cevher tipleri içermektedir. Bu kuşaktaki Kurşuntepe yatağında günümüze kadar yaklaşık 10 000 ton üretim yapılmıştır. Güney kuşaktaki en önemli cevherleşmeler Akkaya ve Kurşuntepe olup henüz araştırılmayan Haskel ve Deştan cevherleşmeleri de bu kuşakta yer alır. Bölgede hâlihazırda Güney Kuşaktaki yataklarda ciddi bir üretim yapılmaktadır.

Oksitli-karbonatlı cevherler simitsonit, hemimorfit, hidrozinik, serüzit, hematit, götit, lepidokrozit, az galen, sfalerit ve barit içermektedir. Sülfürlü cevherler ise pirit, markazit, sfalerit, galen ile az kuvarsi kalsit ve barit içermektedir.

Günümüzdeki cevher üretimi oksitli-karbonatlı zonlarda yapılmakta ve üretilen cevher doğrudan satılmaktadır. Özellikle cevher üretimleri derinlere doğru indikçe sülfürlü cevher zonlarına geçiş gösterecektir. Bu durumda sülfürlü cevherin tenörleri $Pb+Zn < 10\%$ olacağından flotasyon yöntemi ile zenginleştirme ihtiyacı duyulacaktır. Maden işletmesi yapan firmaların hiçbirinde yataklarının hangi derinlikte sülfürlü cevhere geçeceğine dair bir verisi bulunmamaktadır. Bu durum ciddi bir belirsizlik olup ancak sondajlı arama çalışmaları ile çözülebilecektir.

Hakkari bölgesi ciddi bir Zn-Pb cevher kaynağına sahiptir. Yüzeyde cevherlerin gözlenebilen iki boyutu dikkate alındığında en az 50 milyon ton jeolojik kaynağın varlığı gözükmemektedir. Bu kaynağın rezerve dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu iş ise karotlu sondaj çalışmaları ile yapılmaktadır. Bölgedeki jeolojik kaynağın MTA tarafından yapılacak sondajlar ile rezerve dönüştürülmesi önerilmektedir. Zira bölgedeki madencilerin sondaj çalışmaları için yeterli ekonomik altyapısı bulunmadığından bu ihtiyacın MTA tarafından Tip Mukavele yöntemi (EK-1) ile karşılanması önerilmektedir. Bu hizmet Hakkari Valiliği, İl Kalkınma Ajansı, Hakkari STO başkanlığı, madenciler, siyasiler ve il milletvekillerinin ortak girişimiyle sağlanmalıdır. Bu bağlamda öncelikli olarak Kuzey Kuşaktaki yataklardan başlanması önerilmektedir.

Jeolojik veriler ve 2005-2019 yılları arasında yapılan bölgedeki üretimler Hakkari bölgesinde bir kaç çinko izabe tesisini besleyebilecek düzeyde maden potansiyelinin (rezerv ve kaynağı) varlığını göstermektedir. Bu nedenle çinko izabe tesisi kurulumu için bir an önce bölgedeki bu potansiyelin rezerve dönüştürülmesi çalışmalarının ve ardından izabe tesisi kurulumu için detay fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Çalışmalar sonucunda şayet izabe tesisi kurulumu fizibil olarsa mutlaka ve zaman geçirilmeden izabe tesisleri kurulmalıdır. Böylece, yataklardan yurt dışına hammadde gönderilmesi şeklinde madencilik de önü alınmış olacaktır. Metalurjik işleme geçmemiz sadece istihdam ve döviz açısından değil, madencilik ve malzeme bilimlerinde dünya ile yarışan bir ülke - sektör oluşturabilmemiz, açısından da son derece önemlidir.

Metalurji fabrikalarının açılmasıyla madencilik sektörü de gelişecek, madencilik şimdiki halinden kurtularak gelişmiş ülkeler düzeyine çıkacak, maden arama, teknolojik araştırma, modern usullerle üretimle ülkemiz metalurjik mamul ve alaşım üretimi ile gerçek bir sanayi ülkesi olacaktır. Bunun olabilmesi için madenlerde kullanılacak enerjiye madencinin kolay bir şekilde erişebilmesinin yolu tam olarak açılmalı, destekler arttırılmalı, bu konuda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na stratejik bir eylem planı hazırlanmalıdır.

Metalurji Tesisi Kurulmadan Önce Yapılması Gerekenler

Bir madenden metal elde etmek için kurulacak bir fabrika için bilinmesi en gerekli bilgiler ; (i) bir kaç on yıl fabrikayı besleyecek düzeyde bir madenin bölgede olup olmadığının saptanması ve (ii) o madenin bileşiminin, yani mineralojisinin ve kimyasının tam olarak ortaya konulmasıdır. Bir maden homojen bir kütle olmadığından, yani yanal ve düşey yönde fiziksel ve kimyasal özellikleri çeşitlilik sergilediğinden, hem konsantre cevher üretecek zenginleştirme tesisi hem de bunu işleyecek metalurji fabrikası için “elimizde ne var, ne kadar var ve üretimi ekonomik mi” sorusunun tam olarak cevaplanması gerekiyor.

Hakkari bölgesindeki madenlerde ne var, ne kadar var ve ekonomik mi sorusuna cevap verecek bir araştırma sadece Kavaklı sahası için RCR (Red Crescent Resources) tarafından Seyidoğlu grubuna ait saha için yapılmıştır. Burada iki yıl süren sondajlı aramada yaklaşık 10 milyon ton rezerv tespit edilmiştir. Bunun dışında gerek Karakaya da, gerekse Meskan bölgesi yataklarda toplam birkaç 10 milyon tonu aşan potansiyel olmasına karşın bunların rezerve dönüştürülmesi için gerekli sondajlı veya galerili çalışmalar yapılmamıştır. Bölgede maden üreten yerel şirketler üretimle sistemini yürütmeye çalışmaktadırlar. Mevcut maden şirketlerin öncelikleri, finans ve teknik kapasiteleri bu tür bir rezerv araştırmasını yürütmekten uzaktır. Bu nedenle, bölgedeki yatakların ve cevherleşmelerin tam olarak rezervlerini ortaya koymak için;

1. Teknik birikimi ve finans kapasitesi yüksek olan şirketlerin bölgeye çekilmesi
2. MTA gibi kamu kuruluşlarının bölgeye aktaracağı teknik destekle bölgedeki yerel şirketlerin sahalarının teknik araştırmasının yapılması gerekecektir.

MTA maden arama ve maden işletme ruhsatları olan şirketlere tip mukavele (EK-1) şeklinde protokol imzalayarak bu şirketlerin uhdesindeki sahaların rezervlerini saptamakta ve karşılığında saptadığı rezervin % 3-5 gibi bir kısmının sahibi olmaktadır. MTA'nın bölgeye gelmesi ve sondajlarla bölgenin rezervini ortaya koyması ve sonra bunun ışığında bir fabrikalaşmaya gidilmesi en uygun iş olarak görülmektedir.

Bölgedeki çinko cevherlerinin rezerv, tenör ve cevher niteliği belirlendikten sonra bir fabrikayı besleyecek maddenin ne olduğu ve kaç yıl olabileceği de anlaşılabilecektir. Bu veriler elde edildikten sonra bir çinko izabe fabrikasının kurulumunun detay fizibilitesi yapılabilecektir. Bununla birlikte süregiden bürokratik işlemler nedeniyle olası bir izabe tesisi için uygun yer, kesintisiz enerji ve sülfirik asid üretiminin planlanması sondajlı aramayla paralel yürütülmelidir. Bir izabe tesisinin kurulması birçok parametreye bağlıdır. Bu parametreler içerisinde söz konusu maden rezervinin büyüklüğü ile cevherin tenörü başta gelmektedir. Bir madenin rezervi belirlendikten sonra ise uygun olan optimum üretim ölçeğinin belirlenmesi gerekmektedir (Yılmaz, 2005). Zira rezervin büyüklüğü işletme ve yatırım maliyetlerini etkilemekte, rezerv dikkate alınmadan belirlenecek olan üretim ölçeği işletme maliyetlerini yükseltmekte ve sonuçta maden işletmesinin rekabet gücünü de olumsuz etkilemektedir (Yılmaz, 2005). Bu bağlamda, Hakkari 'de kurulması düşünülen bir izabe tesisinin ne kadar cevhere ihtiyaç duyacağını ve MTA'nın yapacağı bir rezerv tespitinde en az ne kadarlık bir rezervin bir izabe tesisi kurulumu için gerekeceğini bazı kabuller üzerinden belirleyebiliriz. Bu örnekte; kurulacak izabe tesisinin işletme süresinin en az 15 yıl, günlük metal çinko üretim kapasitesinin 100 ton/gün ve tüvenan cevher tenörünün de ortalama %15 olduğu kabul edilmiştir. Hesaplamalar günümüzde en yaygın ve ekonomik olan hidrometalurji yöntemiyle metal kazanımı randımanı % 80 olmaktadır. Buna göre;

1 ton %100 çinko metali elde etmek için; % 15 Zn içeren çinko oksit-karbonat cevheri %80 çözünme randımanı ve %10 metalurjik üretim kayıplarına göre yaklaşık %15 Zn tenörlü tüvenan 9,25 ton cevher gerekmektedir. Buna göre; günlük 100 ton çinko metali üretimi için yılda (365 gün x 9, 25 ton x 100 ton) 337 625 ton, 15 yılda ise (15 yıl x 337 625) yaklaşık 5 milyon ton % 15 Zn tenörlü tüvenan cevher rezervine ihtiyaç vardır. Tüvenan cevher tenörü yüksek oldukça ihtiyaç duyulacak toplam rezerv de düşecektir. Örneğin Hakkari bölgesinde 2005-2018 yılları arasında doğrudan satılan cevher tenörü ortalama % 22 Zn'dir. Bu tenöre göre hesaplama yapıldığında yine 15 yıllık işletme ömrü ve günlük 100-ton Zn metal üretim kapasiteli bir izabe tesisi için gerekli olacak cevher rezervi (% 22 Zn tenörlü) yaklaşık 3.5 milyon ton olacaktır. Bölgedeki düşük tenörlü oksitli-karbonatlı çinko cevherlerinin de iyi bir şekilde değerlendirilmesi için (örneğin aynı miktardaki % 8 Zn ve % 22 Zn tenörlü cevherlerin ortalaması %15 Zn olacak ve % 8 tenörlü tüvenan çinko cevheri de değerlendirilmiş olacaktır) MTA'nın yapacağı sondaj çalışmaları ile %15 Zn tenörlü 5 milyon ton cevher rezervi tespit etmesi, günlük 100-ton Zn metal üretim kapasiteli ve 15 yıl çalışacak bir izabe tesisi kurulumu için yeterlidir.

Bölgede kurulacak bir metalurji tesisinin fizibil olup olmadığının belirlenebilmesi, ancak rezerv ve ortalama tenör belirlendikten sonra o günün maliyetleri ve metal fiyatlarına göre mümkün olabilecektir. Bu rapor kapsamında bir metalurji tesisinin detay fizibilite analizi hedeflenmemiştir. Ancak, bir perspektif sunması açısından "Fidem Proje Eğitim Danışmanlık Ltd. Şti" firması tarafından yapılan fiyat araştırmasına göre; yıllık 300.000 ton %15 Zn tenörlü cevherden hidrometalurjik yöntemlerle çinko metali elde etmek için kurulabilecek bir izabe tesisinin kırma, öğütme, asitle yıkama, elektroliz ve ergitme-külçe ünitesinden oluşan fabrikanın maliyetinin 101.338.872,00 TL (KDV Dahil) olacağı görülmektedir (EK-3). Ayrıca izabe tesisinde işlenen cevherin atıklarının depoalanabileceği, özel malzeme ile (jeomembranlarla) sızdırmazlığı sağlanan atık havuzuna da ihtiyaç duyulacaktır. Bunun maliyeti ise havuzun yapılacağı yerin topografik, kaya ve zemin koşulları özleliği gibi parametrelere bağlı olduğundan maliyeti belirlenememiştir. Fabrikanın çelik konstrüktüyon yapısı için alınan fiyat 14.868.000,00 TL (KDV Dahil)'dir. Bu durumda metalurji fabrikasının kurulum yerinin maliyeti hariç fabrika kurulum maliyetinin 111.486.872,00 TL (KDV Dahil) olacağı tahmin edilmektedir.

MTA Tip mukavele sözleşmesi için teklif alımına başlamıştır. Tip mukavelede madenci MTA'ya kaynak raporu tamamlandığında satışı yapılacak cevherden MTA'ya harcamalarını geri ödemeyecek olup bunun için bir bankadan teminat vermesi gerekmektedir. Konuyla ilgili ana metin aşağıda verilmiştir. Bakınız (<http://www.mta.gov.tr/v3.0/mta/ilan/521>). Burada geri ödeme madenci için önemli olup her yıl üretimden devlet hakkı kadar bir payın maden tükenen kadar MTA'ya ödenmesi veya tüm harcamanın beş yıl içinde faizleriyle birlikte eşit dilimler şeklinde ödemesi yolu öngörülmektedir.

- Madenlerin işletildiği alanlardaki yerel halk/aşiretlerin madencilere karşı tutumu, ton başı yasal olmayan üretim payı talep etmeleri bölgedeki madenciliğin gelişmesine ve dışarıdan yerli/yabancı yatırımcının gelmesine engel olmaktadır. Zira günümüzde ton başı 10-22 USD arasında pay verilmekte olup bu doğrudan üretim maliyeti olarak madencinin cebinden çıkmakta ve bu sorun devam ettiği sürece bölgede bir izabe tesisi kurulumu da fizibilite açısından güçleşecektir

10. BÖLÜM:

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Abkhoshk, E., Jorjani, E., Al-Harashsheh, M. S., Rashchi, F., Naazeri, M. 2014. Review of the hydrometallurgical processing of non-sulfide zinc ores. *Hydrometallurgy*, 149, sf. 153-167.
- Açıkbaş, D., 1978; Çukurca-Köprülü-Yığınlı (Hakkari ili) alanının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, Jeoloji Yüksek Mühendisliği Diploma Çalışması, İstanbul Üniversitesi (yayınlanmamış).
- Addemir, O., Açma, E. Arslan, C. 1995. *Çinko*. Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- Altınlı, İ. E., 1953; Hakkari güneyinin jeoloji incelemesi, TPAO Rapor No: 98.
- Atak, S. 1982. Flotasyon İlkeleri Uygulaması, İ.T.Ü., Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Batmaz, K. 2016, Esan Balya Flotasyon Tesisi Staj Notları.
- Billy S.K., Chan, R.H., Mozley, G.S., Childs, C. 1994. Multi-Gravity Separator. *Madencilik Dergisi*, 18, sf. 24-28.
- Demirkesen, M. 1999. Bakır Sementatlarının Temizlenmesi ve Çinko Tozu ile Kadmiyum Sementasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Dou, A. C., Yang, T. Z., Yang, J. X., Wu, J. H., A, Wang. 2011. Leaching of low grade zinc oxide ores in Ida^{2-} - H_2O system. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21(11), sf. 2548-2553.
- Ejtemaei, M., Gharabaghi, M., Irannajad, M. 2014. A review of zinc oxide mineral beneficiation using flotation method. *advances in Colloid and Interface Science*, 206, sf. 68-78.
- Elmas, A., and Yılmaz, Y., 2003; Development of an Oblique Subduction Zone-Tectonic Evolution of the Tethys Suture Zone in Southeast Turkey. *International Geology Review*, Vol.45, 2003, p. 827-840.
- Falconer, A. 2003. Gravity separation: old technique/new methods. *Physical Separation in Science and Engineering*, 12(1), sf. 31-48.
- Graf, G.G. 1996. Zinc. B. Elvers, S. Hawkins, (Ed.) *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. VCH: Weinheim, Almanya.
- Gül, A., Gülay, B., Baştürkçü, H. 2014. Cevher Hazırlama El Kitabı, Önal, G., Ateşok, G., Perek K.T. (Ed.), Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları, sf. 579-600
- Güler, E. 2009. Çinko Tesisi Liç Artıklarından Metal Kazanım Yöntemlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Güresin, N., Topkaya, Y. 1994. Çinko Üretim Yöntemleri. *Metallurji Dergisi*, 93, 25-40.
- Hanılçı, N., Öztürk, H., 2008; Hakkari Bölgesi Zn-Pb Yatakları: Jeolojisi, Özellikleri ve Oluşumuna Ait İlk Bulgular. Öztürk, H., Hanılçı, N., Kahriman, A., Özkan, Ş.G. (Eds.) *Türkiye Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi Madenciliği ve Mevcut Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s., 244-264.
- Hanılçı N., Öztürk H., Banks D.A., Koral H., 2016; "Carbonate-Hosted Zn-Pb Deposits in the Hakkari -Şırnak Region: A Newly Discovered Tethyan Metallogenic Province in Turkey", *Tethyan Tectonics and Metallogeny*, İZMİR, TÜRKİYE, 25-28 Eylül 2016, vol.1, no.1, pp.1-1.
- Hanılçı, N., Öztürk, H., and Banks, A. D., 2017. Geochemical stratigraphy of the Karakaya non-sulphide Zn-Pb deposit, Hakkari, SE Turkey. *Proceedings of the 14th SGA Biennial Meeting*, 20-23 August 2017, Québec City, Canada, vol.2, pp.669-671.
- Hanılçı, N., Öztürk, H., Koral, H., 2018. Duraylı Kükürt İzotopu ve Sıvı Kapanım Jeokimyası Işığında Hakkari Zn-Pb Metalojenik Provensinin Gelişimi. *TÜBİTAK -1001 Projesi*, Proje No: 114Y554, 105 sayfa (yayınlanmamış).

- Hanilçi, N., Öztürk, H. Banks, DA., 2018. Trace Element and Stable Sulpur Isotope Geochemistry of the Hakkari Region Zn-Pb Deposits. 8th Geochemistry Symposium Abstracts Book, 02-06 May, Antalya, p. 174-175.
- Hanilçi, N., Öztürk, H., and Kasapçı, C., 2019. Carbonate-hosted deposits of Turkey. Pirajno, F., Ünlü, T., Dönmez, C., Şahin, B.M (Eds.): Mineral Resources of Turkey. Springer-Nature Switzerland. Pp. 497-533.
- Horstink, J., 1971; Geology of the Hakkari Area (District XI), including an Interpretation of the Regional Paleogeography and Megatectonic History, Turkse Shell Rep. GRT.72
- Hua, Y., Lin, Z., Yan, Z., 2002. Application of microwave irradiation to quick leach of zinc silicate ore. Miner. Eng. 15, sf. 451-456.
- İpekoglu, B. 1999. Üretim Metallurjisi Ders Notları, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Jha, M. K., Kumar, V., Singh, R. J. 2001. Review of hydrometallurgical recovery of zinc from industrial wastes. Resources, conservation and recycling, 33(1), sf. 1-22.
- Mager, K., Meurer, U., Wirling, J.(2003. Minimizing dioxin and furan emissions during zinc dust recycle by the Waelz process. JOM, 55(8), sf. 20-25.
- Maxon, J.H., 1937; Reconnaissance geology, oil possibilities and mineral resources of Southeastern Turkey, M.T. A. rap. no 680, Ankara.
- Moradi, S., Monhemius, A. J. 2011. Mixed sulphide-oxide lead and zinc ores: Problems and solutions. Minerals engineering, 24(10), sf. 1062-1076.
- Perinçek, D, 1990; Hakkari İli ve Dolayının Stratigrafisi, Güneydoğu Anadolu, Türkiye. TPJD Bülteni, C. 2/1, S. 21-68.
- Perinçek, D, and Özkaya, I., 1981; Tectonic evolution of the northern magrin of Arabian plate: Bulletin of Earth Science, Hacettepe University, v.8, p.91-101.
- Perinçek, D. 1980, IX. Bölge Hakkari -Yüksekova-Çukurca-Beytüşşebap-Uludere-Pervari dolayının Jeolojisi, TPAO, Raporu, No: 1481, Ankara (yayımlanmamış).
- Sungurlu, O., 1974; VI.Bölge kuzey sahalarının jeolojisi. Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri, s.85-107.
- Terry, B., Monhemius, A.J., 1983. Acid dissolution of willemite and hemimorphite. Metall. Trans. 14B, sf. 335-346.
- Tiechui, Y., Qinyuan, C., Jie, L., 2011. Effects of mechanical activation on physicochemical properties and alkaline leaching of hemimorphite. Hydrometallurgy 104, sf. 136-141.
- Türkunal, S., 1951; Hakkari dağları hakkında jeolojik not. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, cilt II, no. I, Ankara,
- Türkunal, S., 1953; Hakkari ve Başkale bölgelerinin jeolojisi. M T.A, Yayınları, Seri B, No. 18, Ankara.
- Uysal, G. 2011. Niğde Öküzgönü Tepe Düşük Tenörlü Çinko Oksit Cevherinin Sülfürik Asit Liçi Ve Solvent Ekstraksiyonla Degerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Yılmaz, A.O., 2005. Metal Madenciliğinde Metal Fiyatlarının İşletme Performansı Üzerine Etkileri. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, IMCET2005 İzmir, 09-12 Haziran 2005. Sayfa 39-46.
- Yılmaz, Y., 1993; New Evidence and Model on the Evolution of the Southeast Anatolian Orogen, Bulletin Geological Society of America, 105:251-71.
- Yüce, E.A. 1998. Türkiye kurşun envanteri, İstanbul Maden ve Metaller İhracatçıları Birliği Yayınları (İMİB).
- Zhao, Z., Long, S., Chen, A., Huo, G., Li, H., Jia, X., Chen, X., 2009. Mechanochemical leaching of refractory zinc silicate (hemimorphite) in alkaline solution. Hydrometallurgy 99, sf. 255-258.

11. BÖLÜM:

EKLER

EK-1. MTA'nın Kaynak Geliştirme Amaçlı Tıp Sözleşmesi

EK-2. MED COM Laboratuvar Cihazları ve sarf Malzemeleri Sa. Ve Tic. Ltd. Şti.'ye ait Jeokimya analiz laboratuvar fiyat teklifi

EK-3. DOGROYOL Commercial firmasına ait Çinko İzabe tesisi fiyat teklifi

EK-4. Prefabrik Yapı Fiyat teklifi

Not: Tüm ekler istenildiğinde Hakkari Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğünden temin edilebilir.



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**
HAKKARİ İL MÜDÜRLÜĞÜ



Bulak Mahallesi Hükümet Konağı Kat 2
MERKEZ / HAKKARİ
Tel : 444 6 100 / +90 (438) 211 62 27
Fax : +90 (438) 211 49 48
<http://hakkari.sanayi.gov.tr>