



**T.C.**

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞKÖY KOMPLEKS CEVHERİNDEN GÜMÜŞÜN BASINÇLI ORTAMDA  
ÇÖZÜNDÜRME ŞARTLARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN MÜHENDİSİ**

**BURAK APAYDIN**

**148227002001**

**OCAK 2019**

**KONYA**



**T.C.**

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞKÖY KOMPLEKS CEVHERİNDEN GÜMÜŞÜN BASINÇLI ORTAMDA  
ÇÖZÜNDÜRME ŞARTLARININ BELİRLENMESİ**

**MADEN MÜHENDİSİ**

**BURAK APAYDIN**

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**“MADEN YÜKSEK MÜHENDİSİ”**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :**

**Tezin Savunma Tarihi : 24.01.2019**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tefik AĞAÇAYAK**

**OCAK 2019**

**KONYA**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Burak APAYDIN tarafından hazırlanan "Gümüşköy Kompleks Cevherinden Gümüşün Basınçlı Ortamda Çözündürme Şartlarının Belirlenmesi" konulu tez çalışması 24.01.2019 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç. Dr. Havvanur UÇBEYİAY



#### Danışman

Doç. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK



#### Üye

Doç. Dr. Vildan ÖNEN



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım Gümüşköy Kompleks Cevherinden Gümüşün Basınçlı Ortamda Çözündürme Şartlarının Belirlenmesi” konulu bu tez ilk başlangıçtan son yaptığım çalışmama kadar danışman hocam Doç.Dr.Tevfik AĞAÇAYAK’ın sorumluluğunda bitirdiğimi, veriler tarafımcı toplanıp, yapılan deneyleri işletme laboratuvarlarda yaptığımı, farklı kaynaklardan aldığım bilgileri metin içerisinde ve kaynakça bölümünde tam olarak belirttiğimi, çalışma yaptığım sürede etik kurallara ve bilimsel çalışmalara uygun olarak davrandığıma ve aksinin meydana çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

  
**Burak APAYDIN**

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**GÜMÜŞKÖY KOMPLEKS CEVHERİNDEN GÜMÜŞÜN BASINÇLI ORTAMDA**  
**ÇÖZÜNDÜRME ŞARTLARININ BELİRLENMESİ**

**Burak APAYDIN**

**Konya Teknik Üniversitesi**  
**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**  
**Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr. Tefvik AĞAÇAYAK**

**2019, 68 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Havvanur UÇBEYİAY**

**Doç. Dr. Tefvik AĞAÇAYAK**

**Doç. Dr. Vildan ÖNEN**

Günümüzde altın ve gümüş gibi değerli metalleri içeren cevherlerden altın veya gümüşün kazanılmasında tercih edilen ve uygulanan en yaygın yöntemlerden birisi siyanür liçi olarak bilinmektedir. Hidrometalurjik bir proses olan siyanürleme, 100 yıllardan beri altın ve gümüşü cevherlerden ve konsantrelerden ayırmak için kullanılmaktadır. Bu prosesin kullanılma sebebi ise düşük tenörlü ve çok ince tane boyut içeren cevherlerde yüksek verim oranlarında çalışılmasıdır. Gümüşün çözündürülmesi genellikle metal siyanür komplekslerinin karışımlarını içeren alkali siyanür çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma, Gümüşköy (Kütahya) kompleks gümüş cevherinin kimyasal yöntemlerle zenginleştirilmesini kapsamaktadır. Bu amaçla, yüksek sıcaklık ve basınç kullanılarak siyanür liçi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Liç parametreleri olarak, tane boyutu, NaCN konsantrasyonu, sıcaklık, basınç, oksijen miktarı ve pH seçilmiş ve deneylerde tenör ve karıştırma hızı sabit tutularak bu parametrelerin kompleks gümüş cevherinden gümüşün çözündürülmesine etkisi incelenmiştir. Optimum sonuçların elde edildiği parametrelerin ise, tane boyutunu 10µm, NaCN konsantrasyonunu 1.2 g/lit, liç sıcaklığı 130°C, basıncı 10 bar, oksijen basıncı 1.5 bar ve pH ise 11 olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kompleks gümüş cevherinden gümüşün yüksek sıcaklık ve basınç kullanılarak siyanürlü ortamda çözeltili alınabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Gümüş, Basınç Liçi, Siyanür Liçi,

# **SUMMARY**

## **MS THESIS**

### **DETERMINATION OF DISSOLUTION CONDITIONS OF SILVER FROM GÜMÜŞKÖY COMPLEX ORE IN PRESSURE MEDIA**

**Burak APAYDIN**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Mining Engineering**

**Advisor : Assoc. Prof. Dr. Tefvik AĞAÇAYAK**

**2019, 68 Pages**

#### **Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY**

**Assoc. Prof. Dr. Tefvik AĞAÇAYAK**

**Assoc. Prof. Dr. Vildan ÖNEN**

Nowadays it's known that cyanide leaching is one of the most prevalent preferred and applied method to extract gold and silver from the ores containing precious metals such as gold and silver. Cyanidation, which is a hydrometallurgical process, has been applied for extraction of gold and silver from ores and concentrates for hundreds of years. The reason why this process is being applied is because it can be applied with high efficiency for fine and low grade ores. Dissolution of silver usually occurs by using alkaline cyanide solutions containing mixtures of metal cyanide complexes. This study includes beneficiation of Gümüşköy (Kütahya) complex Silver ore by chemical methods. For this purpose, cyanide leaching studies were carried out by using high temperature and pressure. Particle size, NaCN concentration, temperature, pressure, oxygen amount and pH was selected as leaching parameters and effects of these parameters on dissolution of Silver from complex Silver ore were examined during experiments by setting grade and stirring speed. It's determined that optimum results were reached at 10 µm particle size, 1.2 g/l NaCN concentration, 130°C leaching temperature, 10 bar pressure, 1.5 bar oxygen pressure and pH 11. Consequently, it's observed that silver in complex silver ores can be transferred to the solution in Cyanide media by using high temperature and pressure.

**Key words:** Silver, Pressure Leaching, Cyanide Leaching

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam da hem bana yardımcı olup, yol gösteren danışmanım Sn. Doç. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK Hocama, gerek literatür gerekse laboratuvar desteği sağlayan Eti Gümüş A.Ş. işletme çalışanlarına, hayatımın her aşamasında maddi ve manevi yanımda olup, üzerimde büyük hakkı ve emeği olan Aileme, her zaman yanımda olan arkadaşlarıma ve Vatan uğruna canını veren aziz şehitlerimize teşekkürü bir borç bilirim.

**Burak APAYDIN**

**KONYA-2019**

# İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>V</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>VII</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Gümüş.....	2
1.2. Gümüş Cevherlerinin Sınıflandırılması .....	3
1.2.1. Cevherlerden gümüş kazanımı .....	4
1.3. Liç İşlemi (Leaching).....	5
1.3.1. Liç kullanma nedenleri .....	6
1.3.2. Liç yöntemleri.....	7
1.3.2.1. Yerinde liç .....	7
1.3.2.2. Yıgın liçi.....	7
1.3.2.3. Süzülme Liçi .....	8
1.3.2.4. Karıştırma / Tank Liçi .....	9
1.3.3. Siyanür.....	9
1.3.4. Siyanür Liçi .....	10
1.4. Siyanürlü Çözeltilerin Bazı Metallere Etkileri.....	11
1.4.1. Altın .....	11
1.4.2. Gümüş.....	12
1.4.3. Bakır .....	13
1.4.4. Demir .....	14
1.4.5. Kurşun .....	15
1.4.6. Çinko .....	16



1.4.7.	Civa.....	17
1.5.	Siyanür Liçine Etki Eden Parametreler.....	17
1.5.1.	NaCN Konsantrasyonu .....	17
1.5.2.	Oksijen (O <sub>2</sub> ).....	18
1.5.3.	Tane boyutu .....	18
1.5.4.	pH değeri .....	18
1.5.5.	Sıcaklık .....	22
1.5.6.	Karıştırma Hızı .....	22
1.5.7.	Yabancı İyonlar .....	22
1.5.7.1.	Hızlandırma etkisi .....	23
1.5.7.2.	Geciktirme etkisi .....	24
<b>2.</b>	<b>ETİ GÜMÜŞ A.Ş. İŞLETMESİ.....</b>	<b>25</b>
2.1.	Genel Bilgiler.....	25
2.2.	Şirketin ve Prosesin Tanıtımı.....	26
2.2.1.	Tarihçe .....	26
2.2.2.	Coğrafi Konum .....	26
2.2.3.	Jeoloji.....	27
2.2.4.	Tüvenan Cevher Üretimi .....	27
2.2.5.	Tesis ve Proses.....	27
2.2.6.	Tesis Kapasitesi .....	28
2.2.7.	Kırma – Eleme Ünitesi .....	28
2.2.8.	Kaba Öğütme Ünitesi .....	28
2.2.9.	İnce Öğütme Ünitesi .....	29
2.2.10.	Liç Ünitesi ve Proses.....	29
2.2.11.	Sıvı – Katı Ayırma .....	29
2.2.12.	İnce Filtrasyon.....	30
2.2.13.	Hava Giderme .....	30

2.2.14.	Çöktürme (Merill-Crow Prosesi) .....	30
2.2.15.	Pres Filtre .....	31
2.2.16.	Konsantrenin Zenginleştirilmesi İşlemi .....	31
2.2.17.	İzabe (Ergitme).....	31
2.2.18.	Elektroliz .....	32
2.2.19.	Elektrolit Hazırlama .....	32
2.2.20.	İzabe ve Metalik Gümüş Döküm .....	33
2.2.21.	Atık Havuzları .....	33
<b>3.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>34</b>
3.1.	Materyal .....	34
3.1.1.	Gümüş Cevheri .....	34
3.1.2.	Cevherin Hazırlanması .....	35
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR .....</b>	<b>36</b>
4.1.	Gümüş ile Yapılan Deneyler.....	36
4.1.1.	Tane boyutunun gümüş çözünebilirliğine etkisi .....	36
4.1.2.	NaCN miktarının gümüş çözünebilirliğine etkisi .....	39
4.1.3.	Sıcaklık değerlerinin gümüş çözünebilirliğine etkisi.....	41
4.1.4.	Basınç değerlerinin gümüş çözünebilirliğine etkisi.....	44
4.1.5.	Oksijen miktarının gümüş çözünebilirliğine etkisi .....	46
4.1.6.	pH miktarının gümüş çözünebilirliğine etkisi .....	48
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>52</b>	
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>55</b>	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Türkiye’de altın ve gümüş cevherleşme sahaları (MTA,2016) .....	3
Şekil 1.2 Liç İşlem Akış Şeması .....	6
Şekil 1.3 Tank Liçi .....	9
Şekil 1.4 Pourbaix Grafiği.....	19
Şekil 1.5 Metal ve Hidrojen İyonlarının Katı Maddelerle Girdiği Reaksiyon Grafiği.....	20
Şekil 1.6 İyonlar ile Elektronların Yer Aldığı Reaksiyonlar Grafiği .....	20
Şekil 1.7 H <sup>+</sup> ile Oluşan Reaksiyon Grafiği.....	21
Şekil 1.8 Potansiyel – pH Koordinat Sistemi Grafiği .....	21
Şekil 2.1 AgNO <sub>3</sub> Çözeltili Elektroliz Kabı .....	32
Şekil 3.1 Deney Düzeneği Açık.....	35
Şekil 3.2 Deney Düzeneği Kapalı .....	35
Şekil 4.1 30 dakikada tane boyutlarının verime etkisi .....	38
Şekil 4.2 60 dakikada tane boyutlarının verime etkisi .....	38
Şekil 4.3 90 dakikada tane boyutlarının verime etkisi .....	38
Şekil 4.4 120 dakikada tane boyutlarının verime etkisi .....	38
Şekil 4.5 Tane Boyutlarının kompleks gümüş cevherinin çözünme verimine etkisi .....	39
Şekil 4.6 30 dakikada NaCN miktarının verime etkisi.....	40
Şekil 4.7 60 dakikada NaCN miktarının verime etkisi.....	40
Şekil 4.8 90 dakikada NaCN miktarının verime etkisi.....	40
Şekil 4.9 120 dakikada NaCN miktarının verime etkisi.....	40
Şekil 4.10 NaCN miktarının kompleks gümüş cevherinin çözünme verimine etkisi .....	41
Şekil 4.11 60 dakikada sıcaklığın verime etkisi .....	42
Şekil 4.12 Sıcaklık değerlerinin kompleks gümüş cevherin çözünme verimine etkisi .....	43
Şekil 4.13 30 dakikada basıncın verime etkisi .....	45
Şekil 4.14 90 dakikada basıncın verime etkisi .....	45
Şekil 4.15 Basınç değerlerinin kompleks gümüş cevherin çözünme verimine etkisi .....	46
Şekil 4.16 0,5 Bar oksijenin verime etkisi .....	47
Şekil 4.17 1 Bar oksijenin verime etkisi .....	47
Şekil 4.18 2 Bar oksijenin verime etkisi .....	47
Şekil 4.19 10.5 pH değerinin verime etkisi .....	50
Şekil 4.20 11 pH değerinin verime etkisi .....	50

Şekil 4.21 11,5 pH değerinin verime etkisi .....	50
Şekil 4.22 12 pH değerinin verime etkisi .....	50



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Gümüşün Genel Özellikleri (MTA,2016).....	2
Çizelge 1.2 Dünya'daki Gümüş Üretim ve Rezervi (USGS, 2018).....	2
Çizelge 1.3 Doğada yaygın olarak görülen gümüş mineralleri .....	4
Çizelge 1.4 Tiplerine göre gümüş cevherleri kazanım yöntemleri (Çilingir,1990) .....	5
Çizelge 1.5 Liç Yöntemleri hakkında bilgi .....	7
Çizelge 1.6 Siyanür liçinin avantajı ve dezavantajları .....	11
Çizelge 3.1 Cevherin Kimyasal Analizi .....	34
Çizelge 4.1 Tane Boyutunun kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi .....	40
Çizelge 4.2 NaCN miktarının kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi .....	40
Çizelge 4.3 Sıcaklığın kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi.....	42
Çizelge 4.4 Basıncın kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi .....	44
Çizelge 4.5 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi .....	46
Çizelge 4.6 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-2 .....	47
Çizelge 4.7 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-3 .....	59
Çizelge 4.8 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-4 .....	48
Çizelge 4.9 Ph değerinin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi.....	49

# 1. GİRİŞ

Cevher zenginleştirme yöntemleri içerisinde kazanım verimi en zor olan ince taneli altın, gümüş gibi metalik madenleri içeren cevherlerin işlenmesinde siyanür liçi yöntemi, en çok bilinen ve tercih edilen bir yöntemdir. Siyanür liçinin kimyasal içeriğinin basit ve iyi biliniyor olması, ekonomik olarak uygun olması yöntemin hızlı bir şekilde çoğalmasına neden olmuş, fakat siyanür kullanımının yüksek zehirli etkisinin olması, özellikle son yıllarda artarak görülen çevre olayları nedeniyle büyük tepkiler meydana getirmiştir. Siyanürün güvenli kullanıldığında çevreye zararının olmadığı bilincinin oluşturulması ve bunla ilgili yürürlüklerin çıkarılması gerekmektedir (Çelik ve ark., 1997).

Siyanür kullanımında bazı olumsuz durumların meydana gelme ihtimalinden dolayı farklı yöntemler araştırılmaya başlanmıştır. Bu olumsuz durumlar şöyle sıralanabilir:

- Siyanürün zehirleyici etkisinin olması ve tesiste kullanılan kimyasalların çevreye zarar vererek doğayı bozma ihtimali.
- Liç tepkime sürelerinin uzun olması ,
- Sülfürlü, bakır oksitli, karbonlu minerallerin bazı cevherlerinin siyanürle kazanımında verimlerin düşük olması (İpekoğlu ve ark., 1996).

Doğal bozunma dışında aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı kimyasal işlem yapılması gerekmektedir (Çelik ve ark., 1997);

- Tesis atıklarında belirlenen siyanür konsantrasyonu,
- Siyanür havuzlarında çökelmenin buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde atık suyun boşaltılması gerekliliği.
- Nehirler, akıntılar v.b.sürekli su kaynağı olan yerlere mesafe,
- Cevher yapısından dolayı fazla siyanürün kullanım sonucu siyanürün geri dönüştürülmesi,
- Atıklarda bulunan metallerin oranını düşürmek için arıtma yapmak gerekebilir.

Atıklar için yapılacak arıtma işleminde aşağıdaki parametreler dikkate alınmalıdır:

- Cevherin mineralojik yapısı,
- Atıkların içinde bulunan ağır metallerin ve siyanürlerin bulundurma oranı,
- Projenin uygulanabilir olması,
- Kimyasalların kullanım oranı ve fiyatı,
- Bazı kimyasalların özel kullanım şartları (Çelik ve ark., 1997).

## 1.1. Gümüş

Gümüş (Ag), ısıyı ve ışığı iyi yansıtan, elektrik iletkenliği yüksek olan, işlenebilir, esnek özelliğe sahip, doğada hem doğal halde hem de işlenebilir halde bulunan bir metaldir. Altın ve Bakır elementleri ile birlikte periyodik cetvelde 1B grubunda bulunur. Doğada ortalama 0,07 gr/t gümüş bulunurken gümüş içerikli cevherlerinde ise tenör 10 gr/t'a kadar çıkmaktadır (Dinçer, 1997; Paterson, 1990). Gümüşe ait çeşitli özellikleri Çizelge 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1 Gümüşün Genel Özellikleri (MTA,2016)

ÖZELLİK	DEĞER
Atomik Ağırlık	107,8 g
Atom Numarası	47
Ergime Sıcaklığı	961,78 °C
Kaynama Sıcaklığı	2162 °C
Yoğunluk, 273°K	10,49 g/cm <sup>3</sup>
Sertlik, Mohs	2,5

Gümüş üretiminin 1990 yılı başından beri dünya genelinde azalmakta olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalara göre gümüş üretimi yıllık ortalama 28700 ton iken toplam rezerv ise 571000 tondur. Çizelge 1.2'de 2018 verilerine göre en fazla gümüş üretimi 5400 ton ile Meksika, 4100 ton ile Çin ve 3800 ton ile Peru takip etmektedir (USGS, 2018).

Çizelge 1.2 Dünya'daki Gümüş Üretim ve Rezervi (USGS, 2018)

ÜLKE	Yıllık Ortalama Üretim (ton)	Rezerv (ton)
Amerika	1.150	25.000
Avustralya	1.700	85.000
Bolivya	1.300	22.000
Kanada	500	7.000
Şili	3.100	77.000
Çin	4.100	43.000
Meksika	5.400	37.000
Peru	3.800	120.000
Polonya	1.250	85.000
Rusya	1.400	20.000
Diğer Ülkeler	5.000	50.000
<b>TOPLAM</b>	<b>28.700</b>	<b>571.000</b>

Türkiye’de gümüş üretimi ise 1987 yılında üretime geçen Kütahya Eti Gümüş A.Ş.’de gerçekleştirilmektedir. Tesis kapasitesi 6500000 ton/yıldır. Rezervi yaklaşık 100 milyon ton, tenör ortalaması 10-180 g/ton'dur. Tesiste gümüş üretimi sırasıyla kırma, eleme, öğütme, ince öğütme, siyanür liçi, tikiner, solüsyon ve izabe işlemlerinden geçmektedir. Liç işlemi sonrasında yaklaşık %45-50 gümüş kazanımı elde edilmektedir. Nihai ürün satışları ise İstanbul Altın Borsası'na yapılmaktadır (URL-1).

İşletilmesi planlanan Cerattepe (Artvin), Küçükdere (Balıkesir), Ovacık (Bergama) , Kaymaz (Eskişehir), altın ve gümüş oluşumlarında toplam gümüş rezerv miktarının ortalama 1093 ton olduğu belirlenmiştir(Dinçer, 1997). Gümüş üretimi Türkiye’de ortalama 6062 ton/yıl’dır (URL-2). Türkiye’de bulunan altın ve gümüş içerikli sahalar Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1 Türkiye’de altın ve gümüş cevherleşme sahaları (MTA,2016)

## 1.2. Gümüş Cevherlerinin Sınıflandırılması

Gümüş genellikle altın, bakır, kurşun ve çinko v.s gibi cevherlerle doğada kompleks bir halde bulunmaktadır. Gümüş, altının yapısı ile karşılaştırıldığında daha karmaşık ve kazanımı daha zordur. Bunun nedeni ise gümüş cevherinin genellikle 200’den fazla farklı mineral şeklinde ya da diğer minerallerle birlikte olmasından kaynaklanmaktadır (Gasparrini, 1984; Zhou, 2010). Gümüş mineralleri ya maden yataklarının oksitlenmiş bölgelerinde ya da su içerikli damarlarla birlikte bulunan sülfürlerle bulunmaktadır. Gümüş cevherinin siyanür de çözünümüne bağlı olarak üç gruba ayrılabilir (Wyslouzil ve Salter, 1990). İlk grup gümüş



kazanımı ortalama %90 olan nabit gümüş ve AgBr, AgCl, AgI'den oluşmaktadır. İkinci grup ise gümüş kazanımı ortalama %60 olan sülfür, arsenik ve antimon mineralleridir. Üçüncü grup, gümüş kazanım oranı ortalama %20 olan sülfür içeren metaller ya da demir ve manganezden oluşan karmaşık cevherlerdir.

Gümüş elde edilmesinde yüksek verim elde etmek için yüksek sıcaklık gibi ön işlemler kullanılabilir. Bu tür cevherlerden metal kazanım verimi düşük, siyanür tüketimi yüksektir. (Bolorunduro, 2002). Çizelge 1.3'de ise doğada bulunan önemli gümüş mineralleri gösterilmektedir (Gasparrin, 1984; Paterson, 1990).

**Çizelge 1.3** Doğada yaygın olarak görülen gümüş mineralleri

<b>Mineral Adı</b>	<b>Kimyasal Formül</b>
<b>Nabit Gümüş</b>	Au,Ag-Ag
<b>Arjantit</b>	Ag <sub>2</sub> S
<b>Proustit</b>	Ag <sub>3</sub> AsS <sub>3</sub>
<b>Pirarjirit</b>	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub>
<b>Stefanit</b>	Ag <sub>5</sub> SbS <sub>4</sub>
<b>Serarjirit</b>	AgCl
<b>Pearsit</b>	(Ag,Cu) <sub>16</sub> As <sub>2</sub> S <sub>11</sub>

### **1.2.1. Cevherlerden gümüş kazanımı**

Gümüş doğada hem metal halde hem de kompleks halde bulunduğundan zenginleştirme yöntemi olarak en basitten en karmaşığa kadar birçok kimyasal yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler Çizelge 1.4'de gösterilmiş olup, gümüş elde edilmesinde en çok tercih edilen ve kullanılan yöntem siyanür ile çözündürmedir. Fakat siyanürün çevreye zararlı etkisi, uzun süreli çözünme, yüksek maliyet vs. gibi bazı olumsuz yönlerinden dolayı alternatif yöntemler geliştirilmiştir (Chase, 1981).

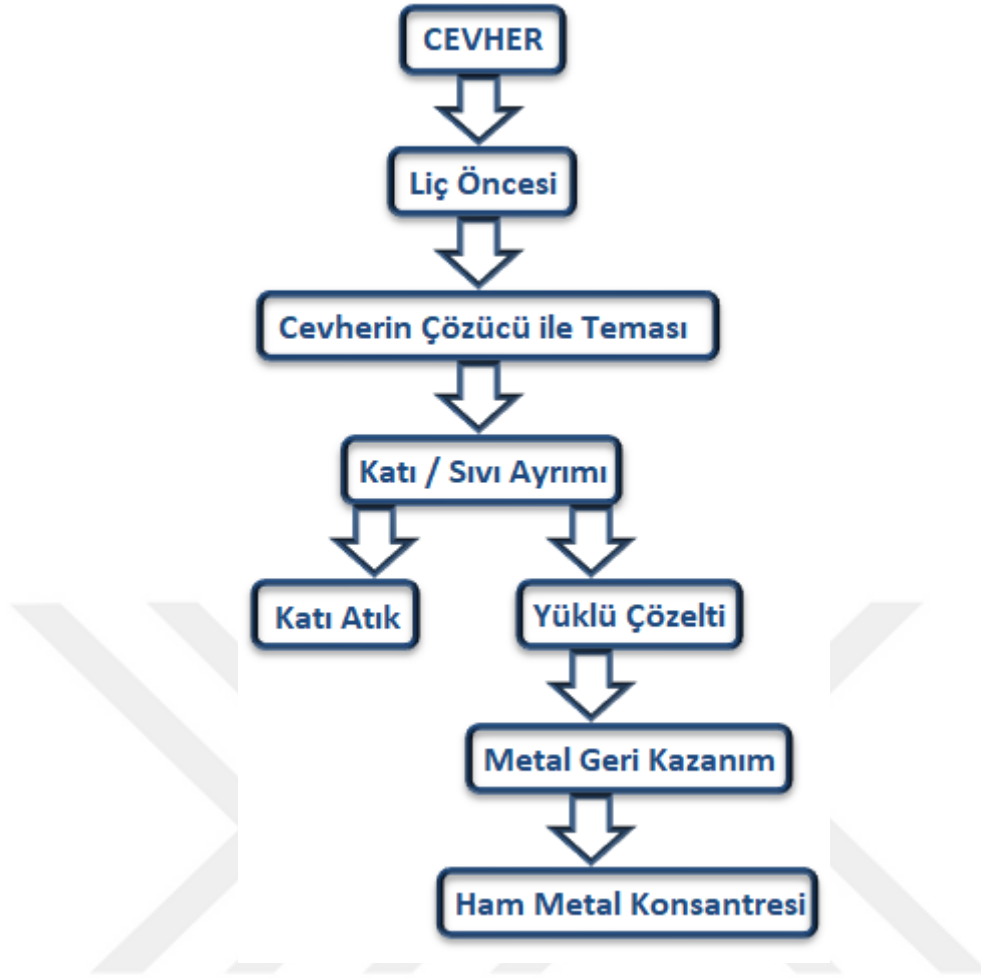
**Çizelge 1.4** Tiplerine göre gümüş cevherleri kazanım yöntemleri (Çilingir,1990)

<b>Cevher Tipi</b>	<b>Zenginleştirme Yöntemi</b>
<b>Nabit gümüş cevherleri</b>	Gravite ile zenginleştirme Amalgamasyon-Siyanür Liçi
<b>Sülfürlü gümüş cevherleri</b>	Siyanür Liçi
<b>Klorürlü gümüş cevherleri</b>	Siyanür Liçi
<b>Telüridli gümüş cevherleri</b>	Gravite ile zenginleştirme Flotasyon-Amalgamasyon-Pirometalurjik işlemler
<b>Manganezli gümüş cevheri</b>	MnO <sub>2</sub> uzaklaştırma-Siyanür Liçi
<b>Gümüslü PbS-ZnS cevheri</b>	Flotasyon-izabe-rafinasyon
<b>Gümüslü kurşun-çinkooksit cevherleri</b>	Flotasyon artığına siyanür liçi
<b>Gümüslü bakır sülfür cevheri</b>	Flotasyon
<b>Silikath gümüş cevheri</b>	NaCl karvurması-öğütme-siyanür liçi

### **1.3. Liç İşlemi (Leaching)**

Liç işlemi, bir katı çözeltilisinin herhangi bir çözücü yardımıyla bileşenlerine ayırma işlemidir. Metalürjide liç işlemi; cevherden veya karışımdan belirli bir mineralin çözündürülmesi, ayrıca alaşım hurdası, kalsine, anod çamuru, mat, vb. metalürjik ürünlerinden belirli bileşenlerin çözündürülmesi işlemidir. Bu bağlamda iki temel amaçtan sadece biri gerçekleştirilir;

- 1) Metali içerisinden cevheri elde etmek için, karışımın işlem görmesi
- 2) Karışık ve kompleks halde bulunan cevheri elde etmek için liç yöntemi kullanma



Şekil 1.2 Liç İşlem Akış Şeması

### 1.3.1. Liç kullanma nedenleri

Liç işleminin amacı; karmaşık halde bulunan cevherin değerli ve istenen halinin elde edilmesi, diğer minerallerin ise liç işlemine karışmamasıdır. Bunun içinde ideal reaktifler tercih edilmelidir. Kullanılacak olan reaktifler de şu özellikler olmalıdır:

- 1) İstenilen sonuca uygun çözücü özelliklerinin
- 2) İstenildiğinde çabucak bulunması
- 3) Fiyat olarak uygun olması
- 4) Çözücülerin içeriklerine göre liç tepkimesi asidik veya bazik olabilir

### 1.3.2. Liç yöntemleri

Yapılacak olan liç işleminde uygun yöntemi seçmek için; cevherin yapısına, tane boyut küçültme maliyetlerine, işletme giderlerine, işletme şartlarına kısaca cevherin bulunup çıkarılmasından başlayıp istenilen tane boyutuna indirilmesine, ısı işlem görmesine kadar ki tüm şartlar ve parametreler göz önünde bulundurulmalı ve bu şartları en iyi şekilde sağlayan, en az zamanda en çok verimi sağlayan yöntem tercih edilmelidir. Çizelge 1.5’de liç yöntemleriyle ilgili bilgiler verilmiştir (Altınkaya, 2016).

Çizelge 1.5 Liç Yöntemleri hakkında bilgi

Liç Metodu	Cevher Boyutu	Karakteristik Ekstraksiyon Hızı	Maliyet
<b>Karıştırma / Tank Liçi</b> (Basınç Altında Liç Dahil)	-30 mesh ≤ 0,5mm	%90-95 / 24 Saat	Yüksek İşletme Operasyon Maliyeti
<b>Perkolasyon Liçi</b> (Süzülme Liçi)	≤ 10mm	%80 / 1 Hafta	Yüksek İşletme Maliyeti
<b>Heap Liçi</b> (Yıgın Liçi)	Kırılmış	%50 / Birkaç Ay	Düşük İşletme Operasyon Maliyeti
<b>Dump Liçi</b> (Yıgın Liçi)	Madenden alındığı halde	%50 / 1-2 Sene	Düşük İşletme Operasyon Maliyeti
<b>Yerinde Liç</b>		Değişken (Yüksek Değil)	Düşük İşletme Operasyon Maliyeti

#### 1.3.2.1. Yerinde liç

Bu yöntem, cevher boyutunun önemli olmadığı düşük işletme maliyeti olan tesislerde, düşük tenörlü cevherler için tercih edilmektedir. Rezervin çok olduğu süre sorunu olmayan düşük tenörlü işletmelerde bu yöntem ekonomik olarak tercih edilebilir.

#### 1.3.2.2. Yıgın liçi

Yıgın liçi yöntemi tane boyutunun 15 cm’den küçük, düşük maliyetli, sahaya yakın olan cevherle için tercih edilmektedir. Yıgın liçine başlarken ilk olarak işlemin yapılacağı yer hazırlanır. Hazırlanan yer maden sahasına yakın olarak seçilir. İşlem yapılacak yer membran, sızdırmaz kaplama malzemeleri v.s. gibi sızıntı yapmayacak geçirimsiz zeminden

oluşmaktadır. Yapılan liç işleminde herhangi bir sızıntı meydana gelirse liç çözültisi istenilen cevheri kazanım da hiçbir etki yaratmaz. Liç yapılacak olan cevher ocaktan istenilen boyutta olmak üzere membran v.s. kaplı bu alana getirilir. Daha sonra üst kısmı düz olacak şekilde yığın hale getirilir. Oluşabilecek sızıntıların önlenmesi, liç veriminin en iyi şekilde sağlanması için yığın üzerine drenaj kanalları yapılır. Basınçlı pompalarla liç çözültisi yığının üst kısmına, sulama veya damlama olacak şekilde basılır. Drenaj yoluyla toplanan çözelti devir daim ile yığının üzerine tekrar geri beslenir.

Yığın ve yerinde liçi yöntemlerinin süzülme ve karıştırma liçine göre maliyeti daha ekonomik olup, sistemin kurulması ve kullanılması daha kolaydır. İşlenen cevher içerik yönünden asidik içerikli yapıdan oluşuyorsa, kireç gibi bazik özellikli çözücünün kullanılması tepkimenin gerçekleşmesi açısından daha kolay olur. Çünkü, asidik özelliğe sahip kimyasallar tercih edilirse kimyasal tüketimi, cevherin asit tüketici özelliği yüzünden daha yüksek olacaktır (Önal ve ark., 2014).

### **1.3.2.3. Süzülme Liçi**

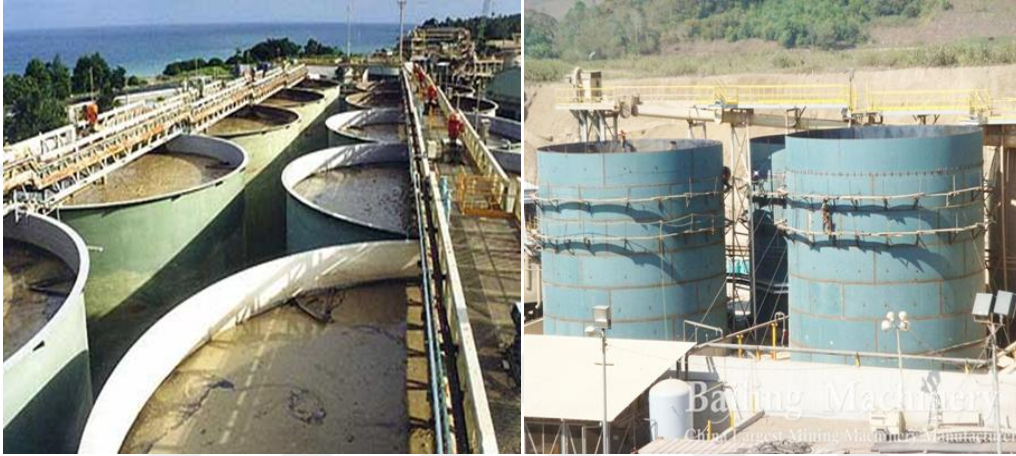
Süzülme liçi tane boyut aralığı 10 mm'den daha ince boyutlu cevherlerde kullanılır. Süzülme liçinde boyut seçimi cevherin liç akışında olumsuz bir durum (tıkanma, engelleme v.s.) olduğunda tercih edilir. Cevher tanklara dolduktan sonra çözücü tanka kot farkı yardımıyla üstten akış sağlanarak veya tankın altından hava yardımıyla elde edilir. Seri devre halinde uygulanır. Ters akım prensibine göre çalışır. Birinci çözücü genellikle seyreltiktir veya metali alınmış artık çözültisidir. Son çözücü ise, liçin tam gerçekleşmesi için yüksek konsantrasyondur. Çözeltme sonunda tanklardaki cevher suyla yıkanarak taneler arasındaki çözelti alınır. Koyulaştırıcı ve filtre kullanılmaz. Yalancı taban filtre görevi görür. Liç süresi ortalama 24 saattir. Genellikle Au, Cu, U, ZnO (kalsin) liçinde kullanılır. Reaktif tüketimi düşüktür. (yerinde veya yığın liçi gibi açık bir sistem değildir.) Metal konsantrasyonu yüksek çözültüler elde edilir.

Süzülme liçinde kullanılan tankların özellikleri:

- Kullanılan tanklar betonarme yapıdan oluşmaktadır.
- Korozyon olmaması için tankın içi kauçuk, kurşun, asfalt v.s. türü malzeme ile kaplanır.

#### 1.3.2.4. Karıştırma / Tank Liçi

Tank liçinde tane boyutu 0,5 mm'nin altında olduğu, yüksek tenörlü cevher veya konsantrelere katının çökmesini engellemek, liçin değerli cevherle etkileşimini artırmak için uygulanır. Metal içerikli cevherin büyük çoğunluğu ortalama 10 saat içerisinde çözeltiye alınabildiği için en çok kullanılan yöntemdir (Önal ve ark., 2014).



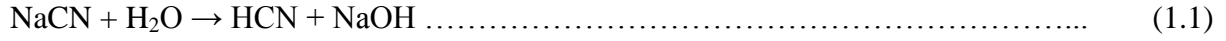
Şekil 1.3 Tank Liçi

#### 1.3.3. Siyanür

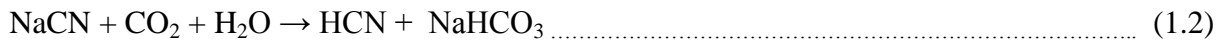
Siyanür, yapısında toplu olarak karbon ve azot içeren kimyasal maddedir. Siyanür bileşikleri hem antropojenik (üretilebilen) kimyasallardan oluşur hem de doğal olarak bulunur. Üretilebilen siyanürlere katı haldeki sodyum ve potasyum ve gaz halindeki hidrojen siyanür örnek gösterilebilir (Logsdon ve ark., 2001).

Siyanür kullanımında madencilik sektörü tarafından toplam dünya üretiminin %18'ini kullanılmaktadır. Altın ve gümüş kazanımında en çok siyanür çözeltileri tercih edilmiştir (Logsdon ve ark., 2001). Ayrıca, flotasyon yapılan diğer metal cevherlerinde düşük konsantrasyonlu siyanür çözeltileri, yardımcı kimyasal olarak kullanılır (Çelik ve ark., 1997).

Ortamin pH değeri siyanürlü çözeltilerle yapılan bütün çalışmalarda dikkat edilmesi gereken en önemli değerdir. Çünkü bir alkali siyanür suda çözünerek Eşitlik 1.1'de görüldüğü şekilde hidrolize olur (Hedley ve Tabanhnick, 1968):



Siyanürlerin sudaki çözeltilerinde oluşan hidrolizin derecesi, siyanürdeki alkali miktarına bağlıdır. Bu durumda yüksek pH değeri siyanürü bozmayabilir. Serbest alkalinin yokluğunda, hidroliz olayı kireç ilavesi ile geciktirilebilir. Gerçekte kirecin siyanür pülpüne eklenmesi, sadece siyanür tüketimini azaltmak veya önlemek için değil cevherdeki asit yapılarını nötrlemek için lazımdır. Aksi halde asidik ortamda hidrosiyanik asit (HCN) meydana gelir ve ölüm riski ihtimali oluşur. Siyanürün bozunmasında etkili olan neden ise havadaki karbon dioksittir. Karbonik asit, hidrosiyanik asitten daha kuvvetlidir ve Eşitlik 1.2 ve 1.3’de gösterildiği gibi alkali siyanür çözeltisi bozunur (Ersin, 1990):



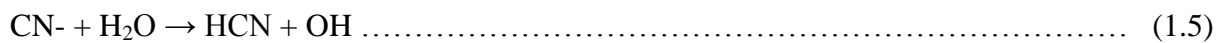
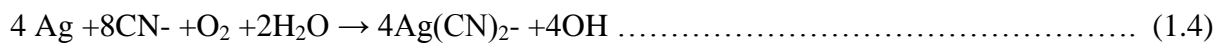
Yani,



Bu işlemde pH’ı korumak ve zararlı etkiyi ortadan kaldırmak için kireç veya diğer alkaliler tercih edilebilir.

#### 1.3.4.Siyanür Liçi

Liç yöntemlerinden düşük tenörlü metalleri kazanmak için en çok tercih edilip kullanılan yöntem siyanür liçidir. Siyanür liçi yöntemi 1846 yılında Elsner tarafından Eşitlik 1.4’de gösterilmiştir (Deutsh, 2010). Bu tesisin çalışması ise sodyum ya da potasyum siyanürün  $\text{O}_2$ ’nin varlığında çözeltinin pH’ını 10,5-11’e ayarlanıp değerli metalin çözündürmesinden oluşmaktadır. Çözeltide bulunan değerli metal ise çinko sementasyonu ya da karbon adsorpsiyonu prosesleriyle elde edilmektedir (Rubisov ve ark., 1996; Gupta ve Mukherjee, 2000; Celep, 2011). Çözeltinin pH’ı istenilen seviyede olmadığı takdirde HCN gazının Eşitlik 1.5’de görüldüğü gibi açığa çıkmasıyla birlikte siyanür tüketimini artırmaktadır (Habashi, 1999; Celep, 2011).



Denklemler sonucu meydana gelen tepkime şu şekilde gerçekleşmektedir (Wyslouzil ve Salter, 1990; Yannopoulos, 1991; Halpern, 1997; Dinçer, 1997).

- Oksijenin çözelti içerisinde çözünmesi,
- Oksijen ve siyanürün çözünmesiyle katı-sıvı ara yüzeyinde adsorbsiyon oluşumu
- Elektrokimyasal tepkime
- Gümüş-siyanür bileşiklerinin katı yüzeyden ayrılması
- Ürünlerin ayrıştırılarak çözeltiye iletilmesi

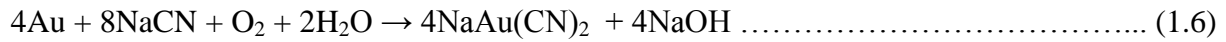
**Çizelge 1.6** Siyanür liçinin avantajı ve dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajları
Yaygın olarak endüstriyel alanda kullanılması	Zehirlenme olması
Altın ve gümüşün çözünme veriminin yüksek olması	Yüksek pH değerlerinde çalışma zorunluluğu
Aktifkarbon üzerine efektif adsorpsiyon	Liç kinetiğinin düşük olması
Liç kimyası ve mekanizmasının çok iyi biliniyor olması	Çevresel engeller

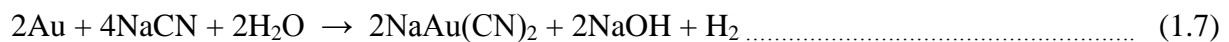
## 1.4. Siyanürlü Çözeltilerin Bazı Metallere Etkileri

### 1.4.1. Altın

Siyanür çözeltilerinin altına olan etkisini ilk olarak 1846 yılında Elsner incelemiştir. Elsner, Eşitlik 1.6'da gösterildiği gibi altının siyanürlü çözeltilerle tepkime verebilmesi için oksijen kullanılmasını önermiştir (Habashi, 1967; Çelik ve ark, 1998).



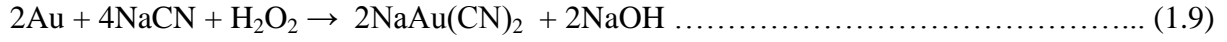
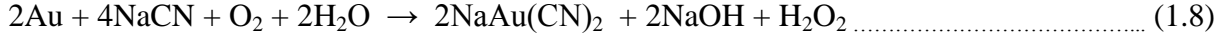
1889 yılında MacArthur ve arkadaşları, altının siyanür liçi işleminde hidrojen oluştuğunu Eşitlik 1.7 gibi olduğunu savunmuşlardır.



Sonra yapılan araştırmalar da Elsner' in tepkimesini desteklenmiş ve oksijenin altın çözünmesi için gerekli olduğunu savunmuşlardır.



1896 yılında Bodlander, altın çözünmesinde hidrojen peroksidin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)'nin ara ürün olarak oluşarak Eşitlik 1.8 ve 1.9'da olduğu gibi iki aşamalı gerçekleştiğini şu tepkimelerle savunmuştur:



1943 yılında Boonstra altının siyanürlü çözeltilerindeki davranışının bir metalin korozyonuna benzer olduğunu belirtmiş ve bu işlem sırasında oksijen elektron alarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> veya OH<sup>-</sup> 'e indirgenmediğini açıklamıştır. Sonrasında birçok araştırmacı Boonstra'nın düşüncesini kabul etmiş ve altının anodik bir tepkime neticesinde elektron vererek çözüldüğünü ve bu elektronların çözülmüş oksijeni katodik tepkimeyle hidroksit OH<sup>-</sup> iyonlarına dönüştürdüğünü belirtmişlerdir (Habashi, 1967; Çelik ve ark., 1998).

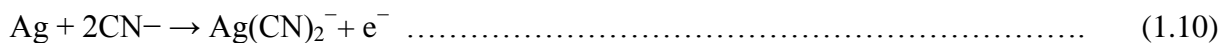
Haque (1992)' e göre, siyanür (CN<sup>-</sup>) ve oksijen (O<sub>2</sub>) Nerst sınır tabakası içinde altın yüzeyine adsorplanmıştır. Altının çözünme hızı oksijen ve siyanürün sınır tabakasındaki difüzyonuna bağlıdır.

Yukarı da belirtildiği gibi çözünme mekanizmalarıyla meydana gelen altın-siyanür kompleksinin denge sabiti yüksek olduğundan altının siyanür liçi işleminde düşük siyanür konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Çelik ve ark., 1998).

Diğer metal-siyanür komplekslerinin bulunmadığı liç işlemlerinde 100 mg/L NaCN konsantrasyonunun (yaklaşık 50 mg/L CN<sup>-</sup>) etkili altın kazanımı için yeterli olduğunu söylemişlerdir. Buna bağlı olarak birlikte diğer metallerde siyanürle ekonomik olmayan kompleksler meydana getirdiğini ve çevresel sorunlar oluşturabileceğini savunmuşlardır (Çelik ve ark., 1998).

#### 1.4.2. Gümüş

Gümüş, siyanürle tepkime de altına benzer bir reaksiyon ile tepkime verir. Ekonomik olarak değerli bir mineral olan gümüşün kazanım verimi en az altın kazanımı kadar önemlidir. Meydana gelen tepkime anodik olup ortaya çıkan tepkime Eşitlik 1.10'da gösterilmiştir.



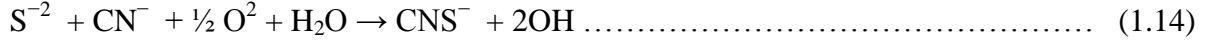
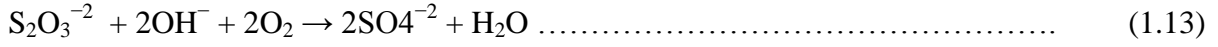
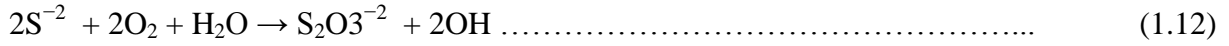
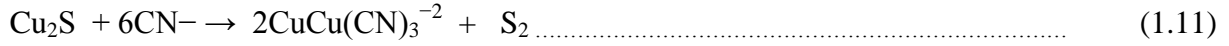
1992 yılında Marsden ve House yaptığı çalışmaya göre; altın için geçerli olan en uygun çözünme hızında, gümüşün çözünme hızı altına göre daha yavaştır. Örneğin 0,0025M NaCN karışımında gümüşün çözünmesi altının yaklaşık yarı değerine eşittir. Siyanür karışımının yükselmesiyle beraber, çözünme değerleri arasındaki fark azalmaktadır.

1991 yılında ise Smith ve Mudder yaptığı çalışmada şu sonuçlar oluşmuştur; gümüş-siyanür kompleksi altın-siyanür komplekslerinden daha zayıf olduğundan daha kuvvetli siyanür karışımları veya daha uzun süreli liç uygulanır. Diğer liç durumlarının aynı olduğu şartlarda altın ile aynı miktarlarda çözünürlük değerlerinin elde edilebilmesi için gümüş liçinde daha fazla siyanür karışımının olması gerekmektedir. Bu şartlar altında altın için gerekli olan liç zamanı gümüşe göre daha kısadır. Gümüş kazanma verimini artırmak için siyanür karışımının artırılması, diğer metalik minerallerin de çözünürlüğü yükseltecek, dolayısıyla çözültideki metal iyonları konsantrasyonunu yükseltecek, siyanür tüketiminde artış sağlayacak ve gümüşe olan seçiciliği düşürecektir. Yükselen siyanür ve metal iyonları karışımının artıkların arıtılma maliyetinde yükselmelere sebep olacaktır. Bu nedenle gümüş kazanımının artırılması durumunda, siyanür tüketimi ve artıkların arıtılma maliyeti ekonomik değerlendirme durumunda göz önüne alınmalıdır (Çelik ve ark., 1998)

### 1.4.3. Bakır

Siyanürlü çözültelerde, %5 gibi az çözünme oranından dolayı kalkopirit hariç bakır minerallerinin çoğu yüksek oranda çözünürler. Bakır siyanür ile çok çeşitli kompleksler meydana için (  $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ ,  $\text{Cu}(\text{CN})_3^{-2}$ ,  $\text{Cu}(\text{CN})_4^{-3}$  v.s. ) önemli siyanür tüketici metaldir. En çok kullanılan kompleksi  $\text{Cu}(\text{CN})_3^{-2}$  olarak ön plana çıkmaktadır.

Haque (1992)' e göre; Eşitlik 1.11'de olduğu gibi Bakır sülfürler ( $\text{Cu}_2\text{S}$  gibi) siyanürle tepkimeye girdiklerinde bakır-siyanür kompleksleri ve suda çözünür sülfür iyonuna  $\text{S}^{-2}$  dönüşürler. Daha sonra Eşitlik 1.12, 1.13 ve 1.14 de olduğu gibi sülfür iyonu oksitlenerek sülfat iyonlarını oluşturur. Sülfür iyonu oksijenin de etkisi ile siyanür ile tepkimeye girerek tiyosiyana dönüşmektedir. Ayrıca sülfür iyonu ( $\text{S}^{-2}$ ) gümüşün çözünmesini engelleyecek biçimde gümüş yüzeyini kaplayabilir ve gümüşün çözültiye geçmesini yavaşlatabilir. Sülfür iyonlarının bu durumu, suda çözünür kurşun veya cıva tuzlarının kullanılıp  $\text{PbS}$  ve  $\text{HgS}$  şeklinde çöktürerek uzaklaştırılmaları ile azaltılabilir.

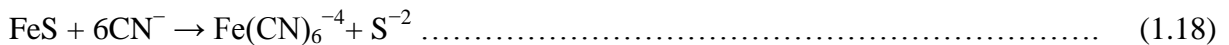
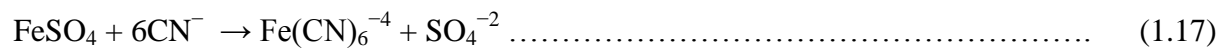
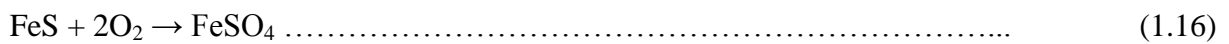
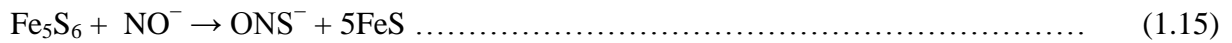


Marsden ve House (1992), altını çözmek için bakır siyanür bileşiklerinin kabiliyetlerinin sınırlı olduğunu ve bakırın olumsuz etkisinin, altının çözünme oranını artırmak için çözeltinin serbest siyanür konsantrasyonu belli oranda tutulması ile giderilebileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak moleküler NaCN/bakır oranının 4,5/1'den yüksek tutulması gerekmektedir (Çelik ve ark., 1998).

#### 1.4.4. Demir

Demir, sülfürlü veya oksitli bileşikler halinde altın cevherlerinin yapısında bulunmaktadır. Siyanürleme sırasında boyut küçültme işlemlerinde metalik demirinde karışması söz konusudur. Siyanür, çeşitli demir mineralleri ile (markasit, pirotit, FeS<sub>2</sub> gibi) kolaylıkla tepkimeye girmektedir. Altın cevherlerinde pirit (FeS<sub>2</sub>) altın en sık görülen demir sülfür mineralidir, ancak gümüşün siyanür liçi sürecinde bazen olumsuzluklar oluşturmaktadır (Çelik ve ark., 1998).

Eşitlik 1.15-1.19'da olduğu gibi pirotit ve markasit siyanür ile kolaylıkla tepkimeye girmekte ve demir- siyanür kompleksleri ve suda çözünür sülfür iyonlarına dönüşmektedir. Suda çözünür sülfür (S<sup>-2</sup>) oksidasyona uğrar ve çeşitli oksidasyon ürünlerine dönüşür. Demir sülfürler de bakır sülfürler gibi siyanür ve oksijen üretimine sebep olurlar. Suda çözünür sülfürün gümüş çözünmesi üzerindeki olumsuz etkisi ön havalandırma ve/veya suda çözünür kurşun veya cıva tuzlarının kullanılması ile azaltılabilir (Haque, 1992).



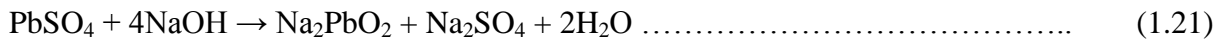
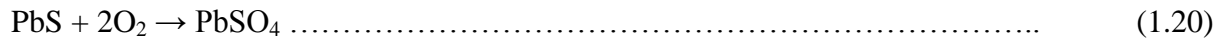
Hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), manyetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), götit (FeOOH), siderit (FeCO<sub>3</sub>) ve demir silikatlar alkali siyanür çözeltilerinde çok az çözünürler. Demir karbonatlar ve diğer kompleks karbonat mineralleri düşük alkaliteye sahip (pH<10) çözeltilerde parçalanmaktadır. Fakat gümüşün siyanür liçinde kullanılan yüksek pH değerlerinde bu minerallerin reaktiviteleri önemli oranda düşmektedir.

Siyanür çözeltisinde kullanılan birkaç önemli demir sülfür minerallerinin parçalanma oranları şöyle sıralanmaktadır: Protit > Markasit > Arsenopirit > Pirit (Çelik ve ark., 1998).

Demir sülfürler alkali siyanür çözeltilerinde yüzeylerinde oluşabilecek olan Fe(III) hidroksit tabakası ile pasivize edilebilir. Fakat çözünmez demir oksit/hidroksitlerin oluşumu çoğu durumda istenmez. Çünkü altın taneciklerini de pasivize ederek, liç veriminin düşmesine neden olabilirler (Marsden ve House, 1992).

#### 1.4.5. Kurşun

Galen (PbS) birçok çeşidi olan kurşun minerallerinden en çok tercih edilenidir. Galen siyanür iyonlarına karşı aktif mineral olmayıp, fakat yüzey oksidasyonu neticesinde PbSO<sub>4</sub> oluşumu gerçekleşmektedir. Alkaliliği yüksek olan çözeltilerde PbSO<sub>4</sub> suda çözünür plumbatın (Na<sub>2</sub>PbO<sub>2</sub>) oluşuma neden olur. Eşitlik 1.20-1.22'de gösterildiği gibi bileşik ise siyanür ile aşağıda gösterilmiş bulunan tepkimeler neticesinde, çözünebilir kurşun- siyanür komplekslerini meydana getirmektedir (Çelik ve ark., 1998).



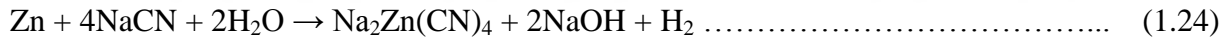
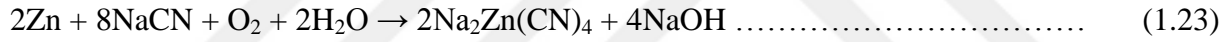
Anglesit (PbSO<sub>4</sub>) içeren cevherler düşük alkali ortamda siyanür liçi uygulanarak, suda çözünür plumbatın oluşumu azaltılabilir. Kurşun mineralleri kavurma işlemi sırasında değerli metallerin üzerlerini kaplayacak olan çözünmez oksit bileşiklerinin oluşumuna sebep

olabilirler. Bu olumsuz durum kavurma ürünün siyanür liçi öncesi tuzlu su (brine) ile yıkanması ile giderilebilir (Haque, 1992).

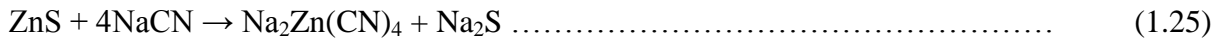
#### 1.4.6. Çinko

Sfalerit (ZnS) minerali, farklı çinko mineralleri arasında altın cevherlerinde en çok kullanılanıdır. Sfalerit siyanür ile tepkimeye girerek suda çözünür, çinko- siyanür kompleks iyonu ( $Zn(CN)_4^{-2}$ ) ve sülfür iyonu ( $S^{-2}$ ) oluşur (Haque, 1992).

Halen önemli sayıdaki siyanür süreçlerinde değerli metallerin siyanürlü çözeltilerden çöktürülmesi şartıyla kazanımında metalik çinko tozu tercih edilmelidir (Merill- Crowe Süreci). Çökeltme işlemi sırasında çinko, siyanür çözeltisi içinde çözünerek çinko siyanür, sodyum veya kalsiyum çinko siyanür, çinko tiyosiyanat ve çinko ferrosiyandır gibi çeşitli siyanür kompleksleri oluşturmaktadır. Eşitlik 1.23 ve 1.24'de olduğu gibi çinkonun siyanür çözeltilerindeki çözünürlüğü oksijene bağımlı değildir.



Çinkonun siyanür çözeltilerindeki etkisi yalnızca çökeltme süreci neticesinde olmayıp, çoğu değerli metal cevherleri sfalerit (ZnS), marmatit (ZnS + FeS), simitsonit (ZnCO<sub>3</sub>), villemite (Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) gibi çeşitli çinko mineralleri içerebilmektedir. Sfaleritin siyanürlü çözeltilerdeki çözünmesi Eşitlik 1.25'de gösterilmektedir.



Na<sub>2</sub>S daha sonra NaCN ile aşağıda gösterilen Eşitlik 1.26'ya göre çözünmektedir.



Tepkime sonucunda sfalerit, altın çözünmesi için gerekli olan siyanürü ve oksijeni bitirerek çözünme verimi olumsuz etkilemektedir. Ancak daha önce belirtildiği gibi çinko-siyanür kompleksinin denge sabiti düşük olup bu nedenle çinko- siyanür kompleksleri altının siyanür liçi işlemi için gerekli CN<sup>-</sup> iyonu kaynağı olarak düşünülebilir (Çelik ve ark., 1998).

### 1.4.7. Cıva

Altın cevherlerinin içerisinde cıva içerikli cevherlere çok sık rastlanılmaktadır. Cıva siyanür ile kuvvetli kompleksler ( $\text{Hg}(\text{CN})_4^{-2}$ ) verdiği için önemli miktarlarda siyanür tüketimine neden olmaktadır. Genellikle çözülmüş cıva, karbon adsorbsiyonu ve sıyırma kademelerinde altın ile birlikte hareket etmektedir. Eritme aşamasında altından ayrılırlar. Çözülmüş cıva, liç çözeltisinin sodyum veya kalsiyum sülfür ile muamelesi ile cıva sülfür bileşiği ( $\text{HgS}$ ) şeklinde çökeltilerek uzaklaştırılabilir (Haque, 1992).

## 1.5. Siyanür Liçine Etki Eden Parametreler

### 1.5.1. NaCN Konsantrasyonu

Çözelti derişik halden seyreltik hale geçerken, gümüşün çözünme hızı siyanür çözeltisinde maksimuma ulaşır. NaCN konsantrasyonu %0,25 olduğunda NaCN konsantrasyonunda ki çözünme hızı, maksimuma ulaşmaktadır. KCN konsantrasyonlu çözeltiler de Christy (1896)' ye göre %0.001' den daha düşük çözeltiler gümüşü çözemezken, Julian ve Smart (1921) %0.10' luk NaCN çözeltisinde gümüş çözünme hızının hızla yükseldiğini White (1919) ise %0.020' lik NaCN konsantrasyonunda maksimum çözünme hızını belirlemiştir (Habashi, 1967; Ersin, 1990).

Habashi (1967) bu durumu şöyle ifade etmiştir; birçok araştırmacı tarafından belirlenen farklı sonuçların nedeni, muhtemelen farklı uygulamalar ve tekniklerden dolayıdır. Bunlar, sulu çözelti hacminin gümüş yüzeyine oranı, hava miktarı ve karıştırma hızıdır. Büyük hacimde siyanür çözeltisi kullanılmışsa, küçük gümüş yüzeyleri siyanür çözeltisi ile etkileşmiş ise ve karıştırma, oluşan tepkime ürünlerini altın yüzeyinden uzaklaştırmak için yeterince şiddetli ise; bu durumda kontrol faktörü altın ile temas halindeki oksijenin konsantrasyonuna bağlıdır (Ersin, 1990).

### **1.5.2. Oksijen (O<sub>2</sub>)**

Hedley ve Tabachnick (1968) tarafından yapılan çalışmada, oksijenin ve oksitleyici başka bir maddenin kullanılması, normal şartlarda altının veya gümüşün çözünmesi için siyanürlemenin zorunlu olduğu belirtilmiştir. Normal şartlar altında uygun havalandırma, kimyasal oksitlenme için iyi sonuçlar elde edilmektedir. Altın veya gümüş çözünme hızının, kullanılan gaz içindeki oksijenin miktarına bağlı olarak arttığı deneylerle kanıtlanmıştır. Oksijen miktarını H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilavesiyle artırmak çözme sırasında olumlu ve verimli etkilere neden olmuştur (Ersin, 1990).

### **1.5.3. Tane boyutu**

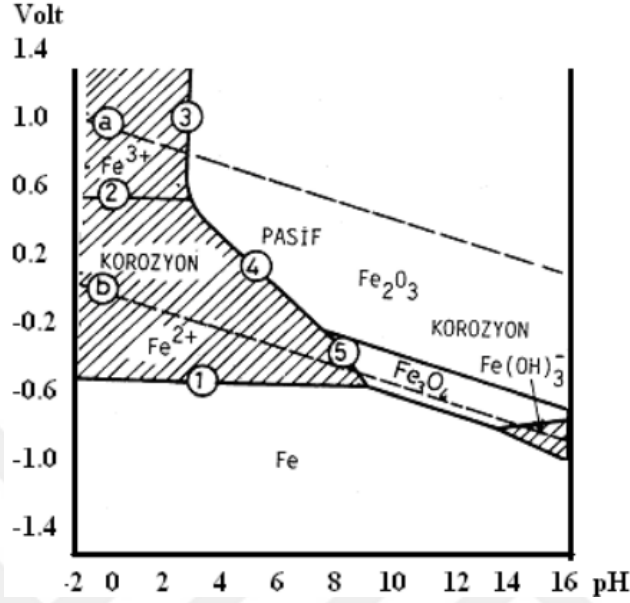
Cevherlerin içerisinde altın parçaları iri ve serbest haldeyse bu parçaları siyanürlemeden önce jigler gibi yöntemlerle uzaklaştırmak gerekir. Daha ince boyutta bulunan altın ve gümüş parçacıklarına siyanür iyonlarının ve çözülmüş oksijenin temas etmesi için cevherin daha ince boyutlara öğütülmesi gerekir. Ancak tane boyutunun küçültülmesi, öğütme ve filtrasyon maliyetini artırdığından, ideal tane boyutunun seçilmesi gereklidir (Ersin, 1990).

### **1.5.4. pH değeri**

Metallerin büyük kısmı hava ve su gibi çevresel etkiler altında korozyon eğilimi gösterirler. Çevreleri ile beraber bu metaller enerji vererek, oksit veya hidroksitler şeklinde kimyasal bileşikler oluştururlar, termodinamik açıdan kararsız olan sistemleri meydana getirirler. Kendi cevherlerinden genellikle bir enerji harcanımı ile elde edilen metaller korozyon reaksiyonları ile doğal, oksitlenmiş durumlarına dönmek isterler.

Metallerin doğal oksitlenmiş durumlarına dönmek istemeleri korozyon mekanizmalarının temelini oluşturur. Korozyon reaksiyonlarının termodinamik açıdan incelenmesi bir metalin hangi durumlarda korozyona uğrayıp uğramayacağını göstermesi bakımından faydalıdır. Metallerin elektrot potansiyelleri termodinamik verilerden yararlanarak bulunur. Bu verilerden yararlanarak potansiyel-pH diyagramaları çıkartılır. Şekil

1.4’de gösterilen Pourbaix diyagramı olarak da bilinen bu diyagramlar elektrot potansiyeli ve pH değerinin fonksiyonu olarak termodinamik açıdan metal veya onun bileşiklerinin kararlı ve kararsız bölgelerini tanımlar.

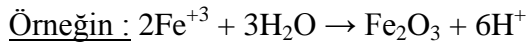


Şekil 1.4 Pourbaix Grafiği

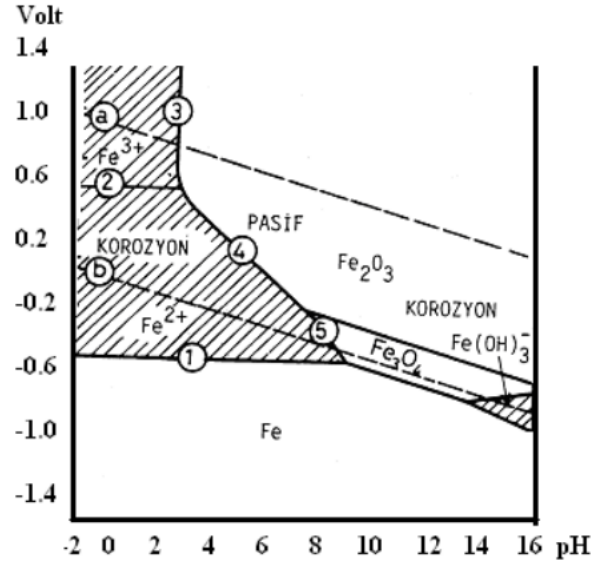
Görüldüğü gibi diyagram doğrusal olarak değişen üç çeşit çizgiden meydana gelmektedir. Bu çizgiler düşey, yatay ve eğik çizgilerdir. Bu çizgileri meydana getiren reaksiyonları aşağıdaki gibi belirlemek mümkündür.

Bu çizgileri meydana getiren reaksiyonları aşağıdaki gibi belirlemek mümkündür.

1-Düşey çizgiler: Çözeltideki metal ve hidrojen iyonlarının katı maddelerle girdiği reaksiyonlardır. Reaksiyonda elektronlar yer almaz.

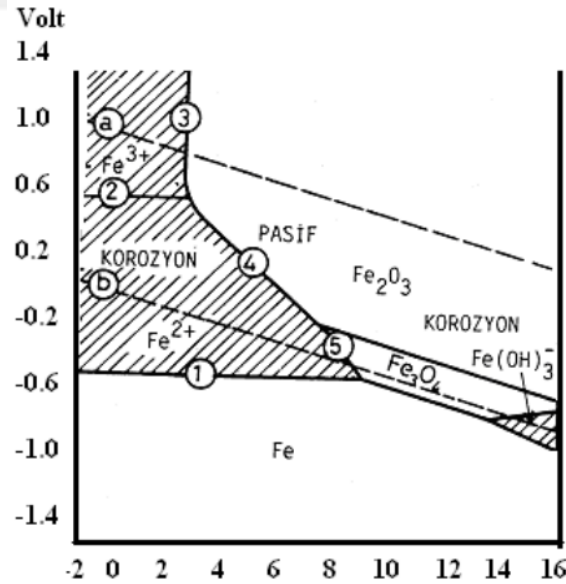
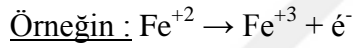






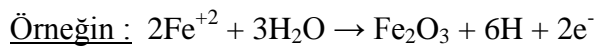
Şekil 1.5 Metal ve Hidrojen İyonlarının Katı Maddelerle Girdiği Reaksiyon Grafiği

2- Yatay çizgiler: İyonlar ile elektronların yer aldığı reaksiyonlardır.

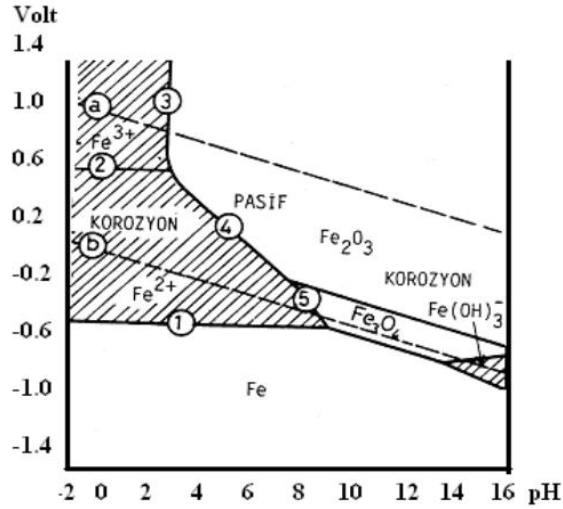


Şekil 1.6 İyonlar ile Elektronların Yer Aldığı Reaksiyonlar Grafiği

3-Eğik çizgiler: İyonların yanında hem H<sup>+</sup> hem de elektronların girdiği reaksiyonlardır.

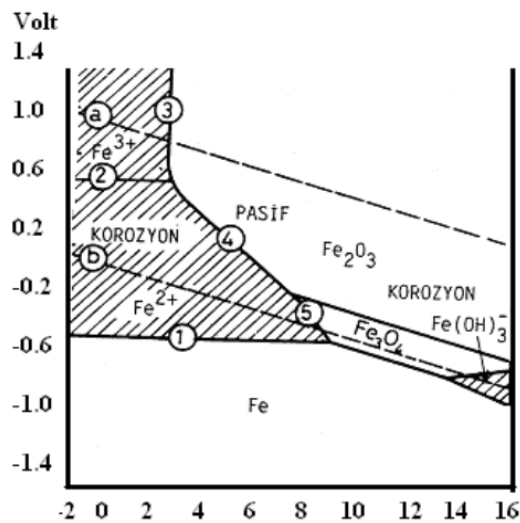


Burada hem pH hem de potansiyel bağımlılığı söz konusudur.



Şekil 1.7 H<sup>+</sup> ile Oluşan Reaksiyon Grafiği

Potansiyel - pH koordinat sisteminde metal -iyon -oksit üçlü dengesini temsil eden Pourbaix diyagramları karakterleri belirtilen çizgilerle şekilde görüldüğü gibi çeşitli bölgelere ayrılır. Bu bölgeler: (a) metal, (b) korozyon ve (c) pasif bölgelerdir. Metalin bulunduğu yer o sistemde korozyonun olmayabileceği bölgedir. Oksidin kararlı olduğu bölge PASİF bölgedir. Ancak tabakanın özelliğine göre tabaka koruyucu veya koruyucu değildir. Tabaka koruyucu ise korozyon durur. İyonların kararlı olduğu bölgede (asidik - bazik) KOROZYON olmaktadır.



Şekil 1.8 Potansiyel – pH Koordinat Sistemi Grafiği

### **1.5.5.Sıcaklık**

Hedley ve Tabachnick (1968) sıcaklık artmasının çözünme tepkime hızını arttırdığını, fakat çözeltideki oksijen içeriğini azalttığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle altın ve gümüşün maksimum çözünme hızı için ideal bir sıcaklık gerekmektedir. Pratikte bir cevherden altının kazanımı için sıcak çözelti kullanılmasının birçok dezavantajı vardır. Bu dezavantajlar, cevheri ve çözeltiyi ısıtma masrafları, ısıtma esnasında siyanür bozunumunun artması ve cevher içindeki demir, bakır vb, sülfürler gibi siyanür tüketiciler (siyanisit) ile siyanür tepkimesinin hızlanması olarak sayılabilmektedir (Ersin, 1990).

### **1.5.6.Karıştırma Hızı**

Metal çözeltilerindeki çözünme hızının, karıştırma hızı ile arttığı tespit edilmiştir. Siyanür çözeltisi içerisinde döndürülen bakır ve gümüş diskte çözünme hızını, karıştırma hızı ile lineer olarak arttığını gözlemişlerdir. Altın için ise, çözünme hızının karıştırma hızının 150d/dk olduğunda maksimuma ulaştığını, devir hızı arttıkça düşmeye başladığını ve sabit bir değere yaklaştığını belirtmişlerdir (Ersin, 1990).

### **1.5.7.Yabancı İyonlar**

Suyun siyanürlemede kullanılan tepkimede önemli bir parça olduğunu belirtmiştir. Bikarbonatlar, magnezyum sülfat, organik maddeler, ağır metal tuzları, klorürler ve diğer bileşikler varsa bunlar uzaklaştırılmalıdır. Aksi durumda az veya çok siyanür çözeltisini etkileyebilmektedir.

Saf metal olarak altın, daha çok değişik miktarlardaki gümüş ile alaşım halinde bulunur. Bazı mineraller karakteristik olarak altın ile birlikte bulunur. Bunların en önemlileri pirit, galen, çinko blend, arsenopirit, stibnit, pirolit ve kalkopirittir. Değişik selenyum mineralleri ve manyetit de bulunabilmektedir. Her ne kadar siyanür liç analizi daha çok altın ve gümüş cevherlerine uygulanmakta ise de diğer metalik minerallerin bu ortamdaki davranışları konusunda çalışmalar yapılmıştır (Ersin, 1990).

Siyanürlü çözeltilerde  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $3\text{NO}^-$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  gibi altın ve gümüşün çözünme hızında etkisiz olan birkaç iyon dışındakiler, çözelti içindeki konsantrasyonuna bağlı olarak çözünmeyi geciktirmeye ve hızlandırmaya sebep olabilmektedirler. Kurşun (II) iyonları çözeltideki konsantrasyonuna bağlı olarak ya geciktirici etki ya da hızlandırıcı etki yapmaktadır. Siyanür liçinde bu yabancı iyonların etkisi üzerine yapılan çalışmalar oldukça karmaşıktır çünkü çözünme süreci iki eş zamanlı tepkimeden oluşmaktadır.

Başka yaklaşım ise, ayrı ayrı katodik ve anodik tepkimeler üzerinde yabancı iyonların etkisidir. İki ayrı deneyde gümüş veya altın elektrodun karakteristik potansiyel- akım yoğunluğundaki değişim incelenmiş ve aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir:

- Gümüş elektrot  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \text{CN}^- + \text{yabancı iyon, sistem dışında bırakılan oksijen.}$
- Gümüş elektrot  $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}^+$  yabancı iyon, siyanür iyonu yokluğunda.

İlk deneyde, gümüş yüzeyindeki oksijen indirgenmesinde, yabancı iyonların etkisi ve ikinci deneyde aynı iyonların siyanürdeki gümüş çözünürlüğünün anodik tepkime üzerine etkisi çalışılmıştır. Bu şartlar altında oksijen  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'e değil  $\text{OH}^-$ 'e indirgenmektedir (Habashi, 1999).

#### **1.5.7.1. Hızlandırma etkisi**

Hızlandırma etkisi, çözünme şartları altında daha fazla negatif potansiyeli olan metallerde gözlenmektedir. Bu metaller gümüş yüzeyini kaplayarak gümüşün yüzey özelliklerini bozmaktadır, ayrıca oksijen ve siyanür iyonlarının difüze olduğu tabakanın kalınlığında azalmaya sebep olmaktadır (Ersin, 1990). Küçük miktarlardaki kurşun, bizmut, talyum ve cıva tuzları çözünmeyi hızlandırmaktadır. Siyanür çözeltilerindeki elektrot potansiyeli hesaplamalarından, altın metalinin aslında sadece bu dört metalin iyonları ile yer değiştirebileceği sonucu çıkarılmaktadır. Bu nedenle, altınla alaşım oluşturabilen bu metaller altının yüzey karakterinin bozulmasına neden olduğundan bu iyonların bulunduğu ortamda altının daha hızlı çözündüğü kabul edilmektedir. Siyanür çözeltilerine kurşun tuzlarının eklenmesi, aynı zamanda sülfürlerin zararlı etkilerinin önlenmesi amacını taşıyan yaygın bir tesis uygulamasıdır. Fakat fazla kurşun tuzlarının eklenmesi, altın çözünme oranında geciktirici bir etkiye neden olabilmektedir (Habashi, 1999).

### 1.5.7.2. Geciktirme etkisi

Habashi (1967) geciktirici etki sebeplerini aşağıdaki şekilde sıralamaktadır;

1)  $Fe^{+2}$ ,  $S^{-2}$ ,  $HS^{-}$  iyonlarının çözeltideki oksijen tarafından harcanması,

2) Serbest siyanürlerin çözeltide harcanması,

- $Fe^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  gibi iyonlar tarafından kompleks siyanürlerin oluşumu,
- Tiyosiyanatların oluşması,
- Kolloidal silikat, alumina veya ferrik hidroksit gibi gang maddelerin adsorplanması,

3) Siyanür iyonunun veya oksijenin metal yüzeyine ulaşmasını engelleyen bir film oluşması,

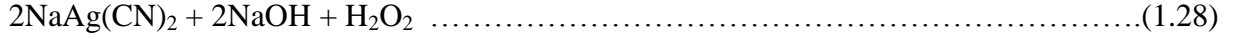
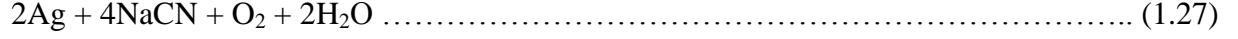
Bu film şu sebeplerden dolayı oluşabilmektedir:

- Sülfürler (Siyanür çözeltisinde sülfür iyonları varken gümüş sülfürlerin oluşması),
- Peroksitler (pH'nın 10,8'den büyük olması halinde  $Ca^{+2}$  iyonları varken yüzeyde  $CaO_2$ 'nin birikmesi),
- Oksitler (ozon gibi kuvvetli oksitleyici reaktifler varken bir gümüş oksit filminin oluşması ve yüzeyde kırmızı bir renk vermesi),
- Çözünmeyen siyanürler (yüksek konsantrasyondaki  $Pb^{+2}$  iyonları çözünmeyen bir  $Pb(CN)_2$  filmi oluşturabilir),
- Diğerleri (Çok düşük miktarlarda etil ksantatın varlığında bir metal ksantat oluşturabilir), (Ersin, 1990).

Yüksek pH değerinde  $Fe^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Mn_2$  gibi metalik katyonların olması geciktirici bir etki yaratmaktadır. Bu çalışmalardan çıkan neticeyle; çok küçük miktarlarda  $Pb^{+2}$ ,  $CN^{-}$  iyonlarıyla karşılaştırıldığında hızlandırıcı bir etki gözlemlenmiş, halbuki  $[Pb^{+2}]/[CN^{-}]$  oranı belli bir değeri aştığında geciktirici bir etki olmaktadır.

## 2. ETİ GÜMÜŞ A.Ş. İŞLETMESİ

Eti Gümüş tesisinde sodyum siyanür kullanımı, liç tanklarında siyanür ilavesi sonucu oluşan reaksiyonlar Eşitlik 1.27 ve 1.28’de verilmiştir (Eti Gümüş A.Ş. 2012).



Bu reaksiyonla beraber, cevherdeki diğer metaller de metal-siyanür kompleksleri ( $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}$ ,  $\text{Cu}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{CN})_6$  vs. gibi) oluşturur. Yukarıda verilen reaksiyonlar sonucu sıvı fazda  $\text{Na Ag} (\text{CN})_2$  şeklinde bulunan gümüş (Ag), daha sonra, çözeltiliye metal çinko tozu (Zn) ilavesiyle katı faza geçirilerek gümüş konsantresi halinde elde edilir.

Atıklarla baraja verilen siyanürün yaklaşık %50’si proses suyu içerisinde geri dönerken, diğer siyanür ve metal-siyanür kompleksleri ise, sızdırmazlığı sağlanmış olan atık barajında, doğal bir bozunma prosesi neticesinde çökelmektedir.

### 2.1. Genel Bilgiler

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de gümüş metali, kompleks yapıda oluşmuş cevherden, kırma - öğütme - siyanür liçi - çinko ile çöktürme - elektroliz işlemleri sonucu elde edilmektedir. Tesiste bugüne kadar 20. yüzyılın son çeyreğinde kabul gören ‘siyanür ilavesi ile atmosferik tank liçi’ yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem ile mevcut cevherden ortalama 110 ppm tenörde %55 verim ile 400 ton/saat cevher işleyerek aylık ortalama 17.500 kg civarında üretim gerçekleştirilmektedir. (Eti Gümüş A.Ş. 2016).

Üretim verimliliğinin artırılması için sürekli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan olumlu sonuçlar alınması üzerine 17.05.2016 tarihinde açık ocağı tamamı ile temsil eden harman cevher numunesi hazırlanıp 74 µm ve 10 µm de testler yapılmış ve ciddi verim artışları göze çarpmıştır.

## **2.2. Şirketin ve Prosesin Tanıtımı**

Eti Gümüş A.Ş. 1985’de temelleri, dönemin Cumhurbaşkanı Rahmetli Turgut ÖZAL tarafından atılıp 1987’de işletmeye alınan, Türkiye’nin tüvenan cevherden nihai ürün aşamasına kadar olan entegre prosese sahip ilk ve tek Metal Gümüş üreticisidir. Eti Gümüş A.Ş.’nin özelleştirme süreci; 13.08.2004 tarihinde imzalanan sözleşmeyle tamamlanmıştır. Halen Yıldızlar SSS Holding kuruluşu olan Eti Gümüş A.Ş. 14.08.2004 tarihinden itibaren faaliyetlerine bir özel sektör kuruluşu olarak devam etmektedir. Şirketin metal gümüş üretim faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için; 30 Ocak 2017 tarihi itibarı ile toplam 750 kadrolu, 125 geçici olmak üzere toplam olarak 875 personel istihdam edilmektedir.

### **2.2.1. Tarihçe**

Şimdiye kadar yapılan araştırmalar, Kütahya Gümüşköy yakınlarında bulunan Aktepe maden sahasındaki gümüş madenciliğinin II. Frigya krallığı dönemine rastladığını göstermiştir. Bölgedeki madencilik çalışmaları dört bin yıl öncesine dayanmaktadır. O zamanki adıyla bir kamu kuruluşu olan Etibank, 1970 yıllarında, bölgede arama ve kontrol çalışmalarına başlamış ve çalışmalar sonucunda işletilebilir ve ekonomik gümüş potansiyelini saptamıştır. Daha sonra Batı Alman Krupp Firması ile anlaşma yapılarak, 1980’de teknoloji belirleme çalışmalarına başlanmış ve Kütahya 100.Yıl gümüş projesi uygulamaya konulmuştur (Kaya ve ark., 2002).

### **2.2.2. Coğrafi Konum**

Aktepe maden sahası, Kütahya İlinin Kuzey-Batısında olup, Kütahya’dan yaklaşık 33 km. uzaktadır. Aktepe sahasının rakımı ortalama olarak 1165 m - 1398 m. arasındadır. Tesis, Gümüşköy’ün yanındaki Aktepe maden sahasından 1 km. uzağa kurulmuştur.

### **2.2.3. Jeoloji**

Aktepe sahasındaki oluşumların üç jeolojik zamanda meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunlar şöyledir:

- Paleozoik yaşlı formasyon
- Mezozoik yaşlı formasyon
- Senozoik yaşlı formasyon

Aktepe maden sahası polimetallik bir maden yatağıdır. Arjantit, Prarjirit, Prostit, Frayberjit gibi gümüş mineralleri bulunmaktadır.

### **2.2.4. Tüvenan Cevher Üretimi**

Tüvenan cevher, Aktepe, Taşoluk ve Tavukkıran ocaklarından açık işletme metodu ile üretilir. Açık ocaktan tüvenan cevher üretimi delme-patlatma yöntemi ile yapılmaktadır. Yıllık kapasite 7.500.000 tondur. Çıkarılan cevher açık stok sahasına gönderilerek stoklanır. Olumsuz kış mevsimi şartlarından dolayı açık ocakta üretim Nisan-Ekim ayları arasında yapılmaktadır.

### **2.2.5. Tesis ve Proses**

Eti Gümüş A.Ş. Tesislerinde; kırma-eleme, öğütme, atmosferik tank liçi, sıvı-katı ayrımı, ince filtrasyon, hava giderme, çöktürme, pres, filtrasyon, kurutma ve izabe-elektroliz üniteleri bulunmaktadır. Ayrıca yardımcı üniteler olarak da; siyanür hazırlama, solüsyon hazırlama, polimer hazırlama ve kireç hazırlama üniteleri vardır.



### **2.2.6. Tesis Kapasitesi**

Özelleştirmenin yararları hemen görülmüş olup; özelleştirme öncesi 90 ton/yıl civarında olan ortalama metal gümüş üretim kapasitesi, özelleştirme sonrası ilk yıl olan 2005’de 135 tona çıkarılmıştır. 2006 yılı üretimi 162 ton, 2007 yılı üretimi 198 ton, 2008 yılı üretimi 283 ton, 2009 yılı üretimi 351 ton, 2010 yılı üretimi 356 ton, 2011 yılı üretimi 267 ton, 2012 yılı üretimi 177 ton ve 2013 yılı üretimi 158 ton 2014 yılı üretimi 150 ton 2015 yılı üretimi 148 ton, 2016 yılı 168 ton, 2017 yılında ise 192 ton olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılı üretiminin ise ortalama 216 ton gerçekleşmesi beklenmektedir.. Tesis halen, %40-50 Metal Kurtarma Verimi ve aylık 12-16 ton civarında %99,9 saflıkta granül gümüş üretim kapasitesi ile çalışmaktadır.

### **2.2.7. Kırma – Eleme Ünitesi**

Gümüş cevherinin liç prosesine girebilmesi için uygun tane boyuna getirilmesi gerekmektedir. Bunun için de 2 adet çeneli kırıcı, 6 adet konik kırıcı, eleme sistemleri ve konveyör bantlardan oluşan bir sistemde, kırma-eleme işlemleri gerçekleştirilir. Yeni ve eski Kırma-Eleme üniteleri olmak üzere 2 adet tesis bulunup toplamda 750 ton/saat kapasiteye sahiptir.

### **2.2.8. Kaba Öğütme Ünitesi**

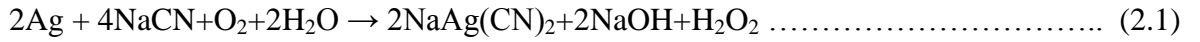
Kaba Öğütme işlemi 2017 itibariyle 8 adet bilyalı değirmen vasıtasıyla yapılmakta olup, değirmenler açık devre siklon sistemi ile çalışmaktadır. İki değirmen POLYSIUS (Almanya) diğer altı değirmen ERSEL (Türkiye) firmaları tarafından üretilmiştir. Normal koşullarda mevcut sekiz değirmenin toplam kapasitesi 800 ton/saattir. Bu ünitenin amacı, değirmenden çıkan malzemenin %80’inin 74 mikron altında olmasını sağlamaktır.

### 2.2.9. İnce Öğütme Ünitesi

Eti Gümüş tesisinde kapasite artırımına yönelik yeni yatırımlar kapsamında ultra ince öğütme tesisi kurulmuştur. Tesis projesi METSO MINERALS (Amerika) firmasına ait olup; 2 adet Dikey Değirmen (VTM), 81 adet SMD ve bunlara bağlı hidrosiklon gruplarından oluşmaktadır. Amaç bilyalı öğütme ünitesinden gelen 74 mikronluk gümüş cevheri pulpunu VTM değirmenler ve SMD değirmenlerde ise 10-15 mikrona düşürmektir.

### 2.2.10. Liç Ünitesi ve Proses

Öğütme ünitesinden gelen siklon üst akıntısı, her biri 1930 m<sup>3</sup> hacimli, içinde karıştırıcılar bulunan 18 adet liç tankına beslenmektedir. Tanklar arasında kot farkı olup; siyanürle reaksiyona sokulan cevher pulpu bu kot farkı sayesinde taşarak serbest akış ile sistemi terk etmektedir. Liç tanklarına ayrıca hava üflenmektedir. Buradaki amaç katı haldeki gümüşün sıvı faza alınmasıdır. Eşitlik 2.1.'de kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği denklem gösterilmiştir.



### 2.2.11. Sıvı – Katı Ayırma

Sıvı faza geçen gümüş, 24 metre çapında olan 5 adet tikiner (100 ton/saat kapasite) ve yeni yatırımlar kapsamında devreye alınan 37 metre çaplı 5 adet tikiner (400ton/saat kapasite) olmak üzere toplam 10 tikiner tankında sıvı-katı ayırımı işlemine tâbi tutulur. Tikinerler DORR OLIVER EIMCO (İngiltere) firması tarafından dizayn edilmiştir. Bu sistem ters akım süzdürmesi (CCD) diye adlandırılır. Bu üniteye flokülant yardımı ile katılar çöktürülerek atık barajına akıtılır ve diğer yandan üst akım olarak gümüş içeren sıvı elde edilir.

### 2.2.12. İnce Filtrasyon

Birinci tikiner tankından gelen durulmuş üst akıntı, stoklama tankından ince filtrasyon ünitesine pompalanır ve 9 basınç filtresine eşit olarak dağıtılır. Filtrelerin toplam kapasitesi 2400 metreküp/saattir. Bu üniteye tikiner ünitesinden gelen kirli haldeki sıvının kirlilik oranı 5 ppm'nin altına düşürülür. Diğer taraftan filtrasyon boyunca gözenekli filtre kekini elde etmek için, tanktaki filtre besleme maddesine mikronize perlit ilave edilir.

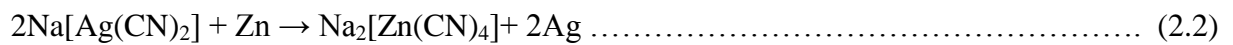
### 2.2.13. Hava Giderme

Önceki işlemlerde oksijen, gümüş solüsyonunda bir dereceye kadar çözülür ve sıvıda kalır. Solüsyonda oksijenin olması, gümüş kurtarma randımanını düşürür, çinko sarfiyatına yol açar ve çökelti maddesi içindeki çinko içeriğini artırır. Bunun için, gümüşü çöktürmeden önce solüsyondaki oksijeni vakum ile gidermek gerekmektedir. İnce filtrelerden çıkan filtrat içerisindeki oksijenin giderilmesi için oksijen giderme kulesine gönderilir. Hava kabarcıkları üst tarafta, gümüş solüsyonu ise kulenin alt bölümünde toplanır. Solüsyon daha sonra buradan çöktürme işleminin (Merril Crowe Prosesi) yapılacağı tanka pompalanır.

### 2.2.14. Çöktürme (Merill-Crow Prosesi)

Hava giderme kulesinden gelen temizlenmiş ve havası giderilmiş siyanür solüsyonu yaklaşık 10-20 gr/m<sup>3</sup> gümüş içerir. Bu gümüş, çinko tozu ile tamamen çöktürülür. Uygulanan bu işleme MerrilCrowe (MC) prosesi adı verilmektedir. Reaksiyon aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

Solüsyon ünitesine giren sıvıya toz çinko verilince oluşan reaksiyon Eşitlik 2.2 gibi gerçekleşmektedir.



Bu reaksiyon neticesinde Çinko ile yer değiştiren Ag katı hale geçer Gümüş içeren bu çökelti susuzlaştırma işlemi için pres filtrelerde tutularak biriktirilir.

### **2.2.15. Pres Filtre**

Çöktürülen gümüş ve artık çinko tozu solüsyonu, karıştırıcı tanktan filtre sistemine pompalanır ve burada filtre edilir. Temizlenmiş solüsyon su balansı tankına pompalanır. Pres filtre dolar dolmaz, bütün işlemler durdurulur. Filtrede oluşan kek bunkerlere boşaltılır. Filtreleri oluşturan plakalar tekrar geçirgen gözenekli yeni filtre kâğıtları ile kaplanır. Basınçlı filtrelerin altındaki toplama bunkerinde toplanan gümüş konsantresi saflaştırma işlemi için izabe tesisine gönderilir. Ünite de şu anda 9 adet pres filtre bulunmakta olup; kapasite 2880 KgAg/gün'dür.

### **2.2.16. Konsantrenin Zenginleştirilmesi İşlemi**

Konsantre kurutucularında kurutulan konsantrenin kimyasal analizi sonrası yüksek oranda (%20) çinko olduğu görülür ise dore fırınına besleme yapılmaz. Konsantreye zenginleştirme işlemi yapılarak çinko oranı dore fırınına beslenebilecek seviyeye düşürülür.

### **2.2.17. İzabe (Ergitme)**

Kurutularak nemi alınan gümüş konsantresi 1250 °C sıcaklığındaki Dore fırınına şarj edilir. Ergitme işlemi, LNG (Sıvı Doğalgaz) yanmalı reverber fırınlarda yapılır. Dore fırının kurutulması ve ısıtılması için yardımcı seyyar brülörleri vardır. Ergitme sırasında fırın içerisinde cüruf yapıcı etkisi nedeniyle susuz boraks ve soda kullanılmaktadır.

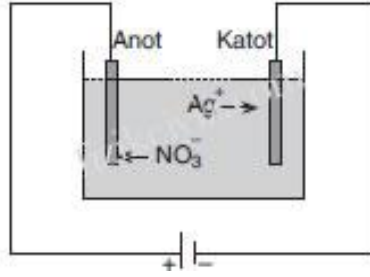
Oluşan cüruf ve baca filtresi vasıtasıyla tutulan tozlar tekrar sisteme beslenerek değerlendirilmesi sağlanır. Erimiş metal anot kalıplarına dökülür. Anotlar kalıplardan çıkarılır ve kutularda toplanır. Ünite de her biri 1000 kg/gün gümüş dökme kapasitesine sahip iki adet dore fırın bulunmaktadır.

### 2.2.18. Elektroliz

Gümüü saflaştırma işleml elektroliz ünitesinde devam eder. Dore fırından gelen anotlar içi elektrolit dolu olan elektroliz hücrelerine yerleştirilir. 58 adet elektroliz hücresi bulunmakta olup; toplam kapasite 1830 kg/gündür. Elektroliz işleml esnasında katot üzerinde oluşan gümüü kristalleri sıyırıcı plakalar ile toplanır. Elektrolit eksildikçe hücrelere yeni elektrolit ilave edilir. Çıkan gümüü kurutucuda kurutulurak potalı fırında granül hale getirilmek üzere bu üniteye gönderilir.

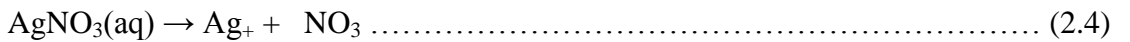
### 2.2.19. Elektrolit Hazırlama

Elektrolitin yerine taze elektrolit hazırlanarak elektroliz hücrelerine ilave edilmesi gerekir. Bu tepkime Eşitlik 2.3 de olduğu gibi gerçekleşir.



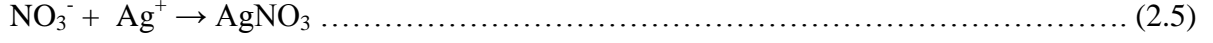
Şekil 2.1 AgNO<sub>3</sub> Çözeltili Elektroliz Kabı

Şekil 2.1 gibi AgNO<sub>3</sub> çözeltisi olan elektroliz kabından elektrik akımı geçirilirse, AgNO<sub>3</sub>suda,



şeklinde çözünür. Anot ile katot arasındaki elektrik alanından dolayı Ag<sup>+</sup> iyonları, katota doğru, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonları da anota doğru hareket ederler.

Katota ulaşan  $Ag^+$  iyonları, katottan bir elektron alarak nötr hale geçer ve katot üzerinde toplanır. Böylece katot gümüşle kaplanmış olur.  $NO_3^-$  iyonları da anota ulaşınca bir elektron vererek nötr hale geçerler. Dolayısıyla anotun aldığı elektronlar iletken tellerde hareket ederler. Yükünü kaybeden  $NO_3^-$  de anottaki gümüşü eriterek,



oluşturur. Bu  $AgNO_3$  de  $Ag^+$  ve  $NO_3^-$  iyonlarına ayrışır. Dolayısıyla anotta gümüş azalırken katotta gümüş toplanır.

### **2.2.20. İzabe ve Metalik Gümüş Döküm**

Elektrolitik hücrelerden alınan gümüş kristalleri yıkanıp kurutulduktan sonra, elektrikli potalı fırınlara gönderilir. Ünite de her biri 1000 kg/gün gümüş dökme kapasiteli iki adet potalı fırın bulunmaktadır. Ergitme ve döküm işlemi esnasında, izabe fırını filtre ünitesine bağlanır. Gazlar fan ile havaya atılır. Dökme işlemi için, elektrikli potalı fırın hidrolik olarak devrilir. Granüle döküm için, %99,9 saflıktaki ergimiş gümüş delikli kaba boşaltılır.

### **2.2.21. Atık Havuzları**

ETİ Gümüş A.Ş. cevher atıkları, insan sağlığının ve çevrenin korunmasını optimize eden bir tarzda uzaklaştırılmaktadır. Aynı zamanda yönetim planı bulunmakta ve uygulanmaktadır. Atık havuzu sistemleri, uluslararası kabul görmüş mühendislik uygulamalarına, yerel sismik koşullara ve yağış koşullarına bağlı olarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir.

Eti Gümüş A.Ş. tesislerinde; kuruluş aşamasında inşa edilmiş ve toplam 25 milyon ton kapasiteye sahip dört padok halindeki büyük Düzenli Depolama Tesisi'nin, 2011 yılında ömrünü tamamlaması nedeniyle kullanım dışı bırakılmıştır. Bu atık barajında, projesine uygun olarak "Atmosfer Altı Atık Depolama Tekniği" ile atıklar depolanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Gümüş Cevheri

Cevher örneği, Gümüşköy(Kütahya)' dan alınmış olup cevherin içeriği ortalama 110 g/t Ag'dir. Kompleks yapıda olan Gümüşköy cevher yatağında birkaç farklı cevherleşme söz konusudur. Bu cevherleşmeler ve toplam rezerv içindeki payları ortalama aşağıdaki gibidir:

Limonit- mangan cevheri (90g/ton) : %60

Altere tuf + Killi Altere (110g/ton) : %30

Dolomit (60g/ton) : %10

Tesiste karıştırma liçi kullanılmaktadır. 48 saat süren liç sonrasında alınan pülp, tiknerlerden ve filtrelerden geçirilerek katı-sıvı ayırımına tabi tutulmaktadır. Çözültiden oksijen uzaklaştırıldıktan sonra Zn tozu ilavesi yapılarak Ag' ün çökmesi sağlanır. Bu işlemi takiben elektrolizle saf gümüş üretimi yapılır

**Çizelge 3.1** Cevherin Kimyasal Analizi

<b>Bileşen</b>	<b>İçerik</b>
<b>Ag (ppm)</b>	111-112
<b>Cu (ppm)</b>	80
<b>Ni (ppm)</b>	38
<b>Co (ppm)</b>	18
<b>Pb (%)</b>	0,595
<b>Zn (%)</b>	0,927
<b>Fe (%)</b>	3,5

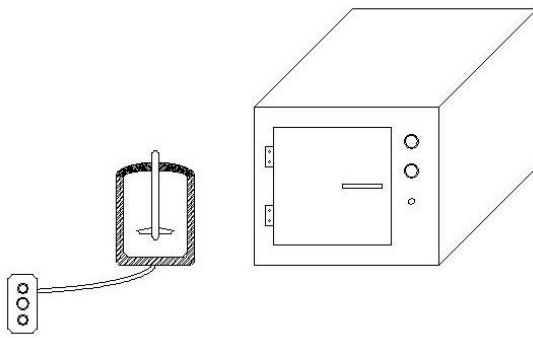
### 3.1.2. Cevherin Hazırlanması

Deneyler Eti Gümüş A.Ş. laboratuvarında yapılmıştır. Alınan numune konileme dörtlleme yöntemiyle azaltıldıktan sonra öğütme tesisine beslenmiş ve -22 mikron tane boyutuna indirilmiştir. Deneylerde 500 devir/dakika hızlı sabit karıştırıcı kullanılmış olup, farklı sıcaklık, basınç, ph ve oksijen miktarlarında değişken parametreler kullanarak deneyler yapılmıştır

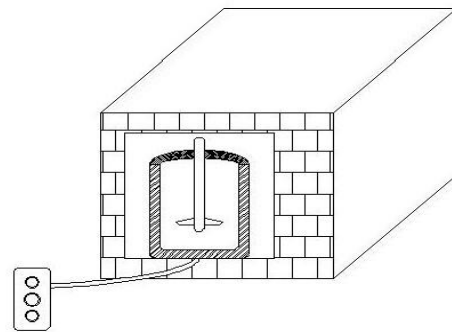
Yapılan deneylerde 1L'lik cam beher kullanılıp, belirlenen zaman aralıklarında yaklaşık 100 ml alınıp süzgeç kağıdından geçirilmiştir. Belli zaman aralıklarında çözeltiden alınan numuneler süzme işlemine tabi tutulduktan sonra süzüntüden 5mL'lik numuneler beherlere alınmıştır. Alınan numunelere çeker ocakta 25mL HCl eklenerek kaynatılır. Kaynama işlemi tamamlanıp soğuduktan sonra 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanmıştır.

Deneysel çalışmalarda, karıştırma hızı 500 rpm olarak sabit tutulup, diğer değişken parametreler sırayla sabitlenerek ideal sonuçlar bulunmaya çalışılmıştır.

Deney düzeneği Eti Gümüş A.Ş. laboratuvarında bulunan sıcaklık ve basınç gibi ölçümleri yapabilen, manuel sistemle uzaktan kumanda yöntemiyle ayarlanan fırında ve yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı kapla yapılmış olup düzeneğin şekil 3.1'de açık olarak şekil 3.2'de sıcaklık ve basınca dayanıklı kabın fırın içerisindeki hali gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Deney Düzeneği Açık



Şekil 3.2 Deney Düzeneği Kapalı



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

Bu tezin kapsamına uygun olarak, kompleks yapılı gümüş bileşiklerinin belirli oranlarda karıştırılarak bu metallerin siyanür liçindeki maksimum çözünmenin gerçekleşmesi için gerekli olan şartlar belirlenmiştir. Belirlenen bu şartlar gümüş cevher numunesine uygulanarak, cevherden elde edilecek gümüş çözünme veriminin artırılabilirliği araştırılmıştır. Bu araştırmalar yapılırken daha önce kullanılan tesis literatürlerinden yararlanılmıştır. Tane boyut seçiminde tesis de daha önceden yapılan veriler göz önüne alınmış bunun neticesinde -22 mikron altındaki bazı değerlerin yakın sonuçlar verdiğiinden tane boyutları 10 mikron, 16 mikron ve 22 mikron seçilmiştir. NaCN ile ilgil deneylerde siyanürün 1,5g/lt'den sonra zararlı boyuta geçmesinden dolayı 0,5g/lt, 0,8g/lt ve 1,2g/lt belirlenmiştir. Sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde 140<sup>0</sup>C'de siyanürün bozunmasından dolayı 80<sup>0</sup>C,110<sup>0</sup>C ve 130<sup>0</sup>C seçilmiştir. Basınç değerlerinde işletme şartları ve daha önceki çalışmalardan yararlanılarak 5 bar ve 10 bar seçilmiştir. Oksijen miktarında ise gerekli hesaplar ve koşullar göz önüne alınarak 0,5 bar, 1 bar, 1,5 bar ve 2 bar olarak belirlenmiştir. pH'da ise kimyasal değerler ve ortam şartlarına bağlı olarak 10,5 bar, 11 bar, 11,5 bar ve 12 bar seçilmiştir.

### 4.1. Gümüş ile Yapılan Deneyler

Bilindiği gibi, altın ve gümüş bileşiklerinin siyanürde çözünmeleri farklıdır. Gümüş alkali siyanür çözeltisinde altından daha yavaş çözüldüğü bilinmektedir (Sivrioğlu, 1990). Bu çalışmada gümüş çözünme veriminin daha ayrıntılı elde etmek için gümüş bir disk ve stokiyometrik olarak gerekli olan NaCN miktarı, sıcaklık, basınç, tane boyutu, pH ve hava(O<sub>2</sub>) kullanılarak liç deneyi yapılmıştır.

#### 4.1.1. Tane boyutunun gümüş çözünmesine etkisi

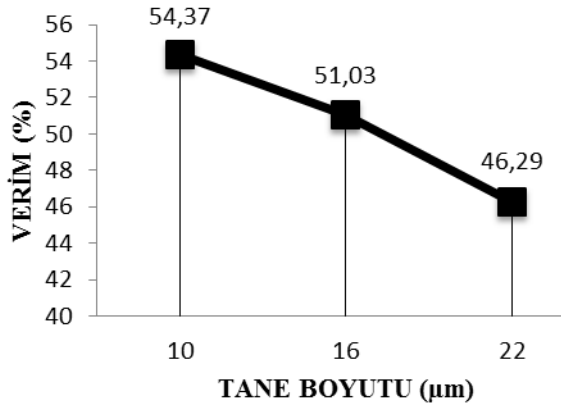
Tane boyutun etkisini araştırmak için, 500 rpm karıştırma hızında, 110 ppm tenör değerinde numuneden ortalama 1000 g kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneyler 10, 16, 22 µm tane boyutunda, 30, 60, 90,120 dakika sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen

sonuçlar, izelge 4.1, 30 dakikalık etkisi için Şekil 4.1, 60 dakikalık etkisi için Şekil 4.2, 90 dakikalık etkisi için Şekil 4.3, 120 dakikalık etkisi için Şekil 4.4’de verilmiştir.

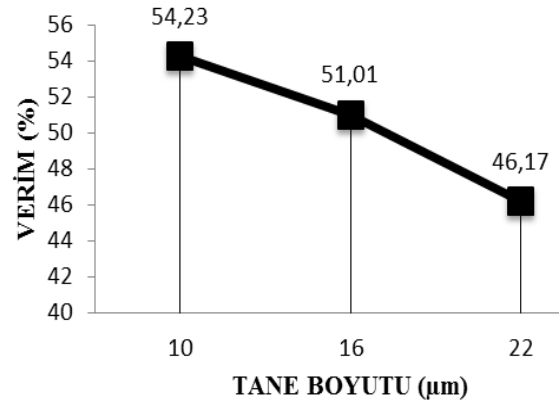
**Çizelge 4.1** Tane Boyutunun kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

<b>DENEY NO:</b>	<b>TENÖR ( ppm )</b>	<b>TANE BOYUT (µm)</b>	<b>SÜRE ( dk )</b>	<b>VERİM ( % )</b>
1	110	10	30	54,37
2	110	16	30	51,03
3	110	22	30	46,29
4	110	10	60	54,23
5	110	16	60	51,01
6	110	22	60	46,17
7	110	10	90	55,11
8	110	16	90	51,54
9	110	22	90	45,89
10	110	10	120	54,88
11	110	16	120	52,01
12	110	22	120	47,11

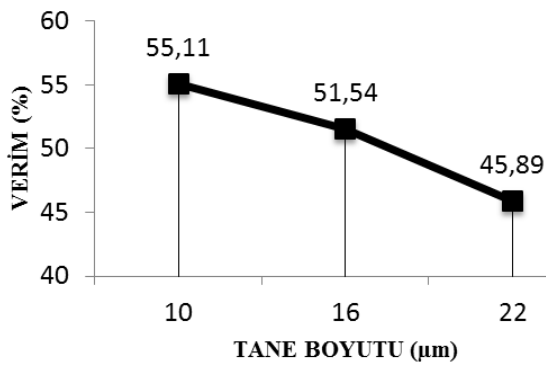
Çizelge 4.1 ve Şekil 4.5 incelendiğinde ve işletme Şartlarında siyanür liçinde yapılan deneylere bakılarak en ideal verimi sağlayan NaCN miktarı, sıcaklık, basınç, pH ve hava(O2) miktarları kullanılarak tane boyut deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu deney sonucunda tane boyutunda sürenin bir öneminin olmadığı, tane boyutu küçüldükçe verimin arttığı fakat 10 µm tane boyutunun altındaki boyutların hem çalışma yapılan laboratuvar da hem de işletme de yüksek enerjili çalışma ile küültülebileceği bu çalıŐmanın ise yüksek maliyet gerektirdiği ve ekonomik değerinin artacağından dolayı tane boyut için en ideal değer 10 µm olarak belirlenmiştir.



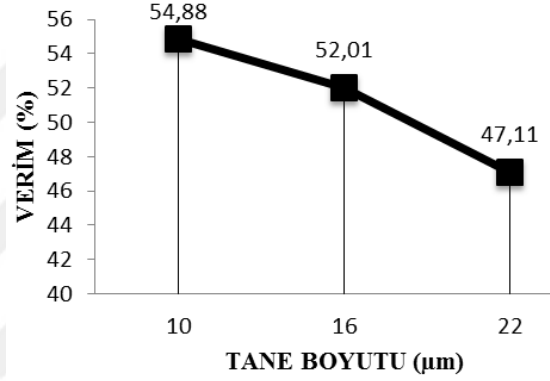
Şekil 4.1 30 dakikada tane boyutlarının verime etkisi



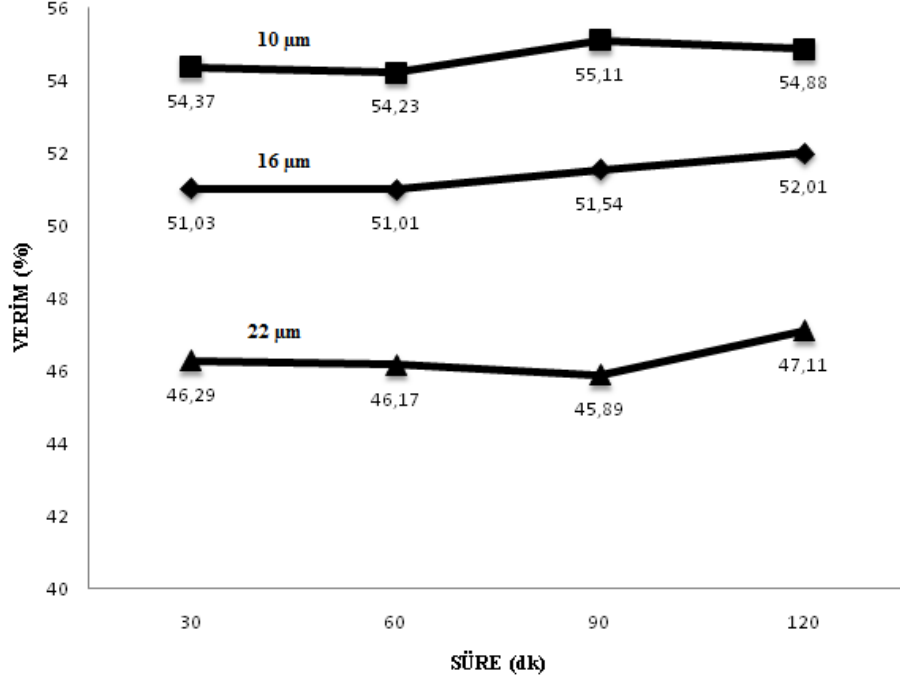
Şekil 4.2 60 dakikada tane boyutlarının verime etkisi



Şekil 4.3 90 dakikada tane boyutlarının verime etkisi



Şekil 4.4 120 dakikada tane boyutlarının verime etkisi



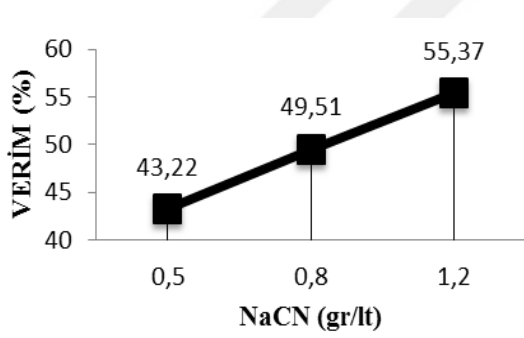
Şekil 4.5 Tane Boyutlarının kompleks gümüş cevherinin çözünme verimine etkisi

#### 4.1.2. NaCN miktarının gümüş çözünmesine etkisi

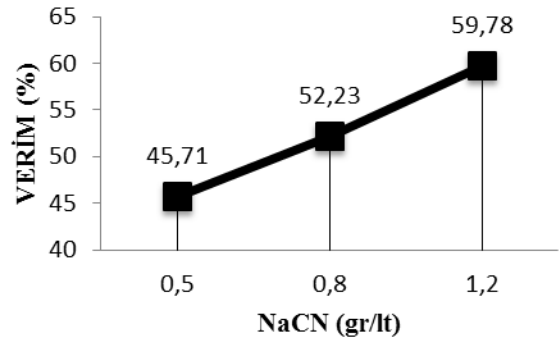
NaCN miktarının etkisini araştırmak için, 500 rpm karıştırma hızında, 110 ppm tenör değerinde, tane boyutu 10 µm olan numuneden ortalama 1000 g kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneyler 0,5, 0,8, 1,2 g/lt miktarında, 30, 60, 90,120 dakika sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.2, 30 dakikalık etkisi için Şekil 4.6, 60 dakikalık etkisi için Şekil 4.7, 90 dakikalık etkisi için Şekil 4.8, 120 dakikalık etkisi için Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.2 NaCN miktarının kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

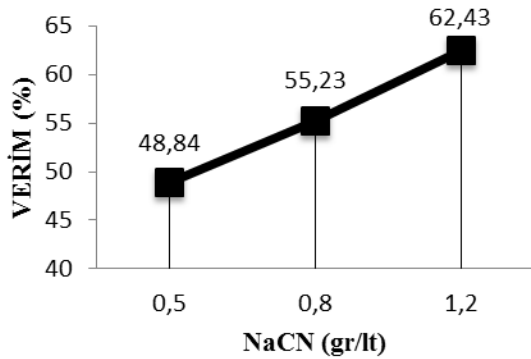
DENEY NO	TENÖR (ppm)	TANE BOYUT (µm)	KATI ORANI (%)	KARIŞTIRMA HIZI (rpm)	NaCN (g/lt)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	110	10	25	500	0,5	30	43,22
2	110	10	25	500	0,8	30	49,51
3	110	10	25	500	1,2	30	55,37
4	110	10	25	500	0,5	60	45,71
5	110	10	25	500	0,8	60	52,23
6	110	10	25	500	1,2	60	59,78
7	110	10	25	500	0,5	90	48,84
8	110	10	25	500	0,8	90	55,23
9	110	10	25	500	1,2	90	62,43
10	110	10	25	500	0,5	120	54,88
11	110	10	25	500	0,8	120	62,16
12	110	10	25	500	1,2	120	68,17



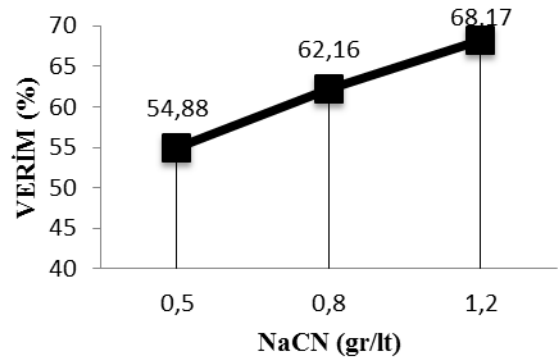
Şekil 4.6 30 dakikada NaCN miktarının verime etkisi



Şekil 4.7 60 dakikada NaCN miktarının verime etkisi

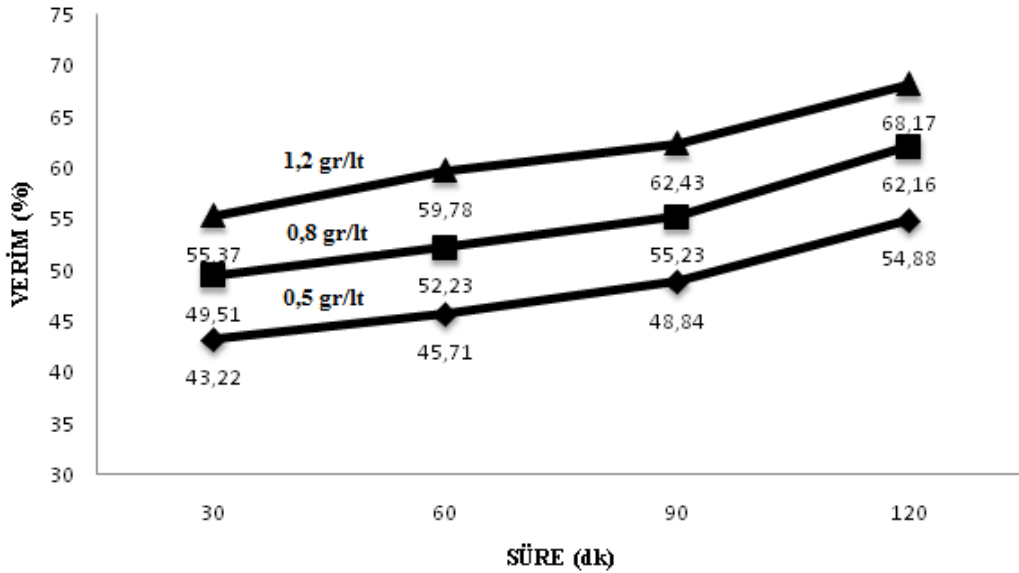


Şekil 4.8 90 dakikada NaCN miktarının verime etkisi



Şekil 4.9 120 dakikada NaCN miktarının verime etkisi

Sıcaklık, basınç ve karıştırma hızı sabit tutularak; siyanür derişimi ve liç süresi parametrelerinde değişiklik yapılarak yapılan deney sonuçları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. NaCN miktarının 1.5g/lt den sonra çevreye ve doğaya zarar vermeye başlaması 2gr/lt den sonra ise çalışma koşullarının gerçekleşmemesinden dolayı siyanür miktarları 0.5gr/lt, 0.8gr/lt, 1.2gr/lt olarak belirlenmiştir ( Eti Gümüş 2016). Yapılan deney sonuçlarına göre; NaCN miktarı arttıkça verime olumlu etki yaptığı gözlenmiştir. Siyanür miktarı arttıkça maliyetin arttığı, çevreye zararın arttığı ve gümüşün kompleks yapabileceği değerlerin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Bu veriler göz önünde bulundurularak; en verimli ve kullanılabilir NaCN değerinin verim oranı %68,17 olan içerisinde 1.2 g/lt NaCN Miktarı ve liç süresinin 120 dakika olduğu belirlenmiştir.



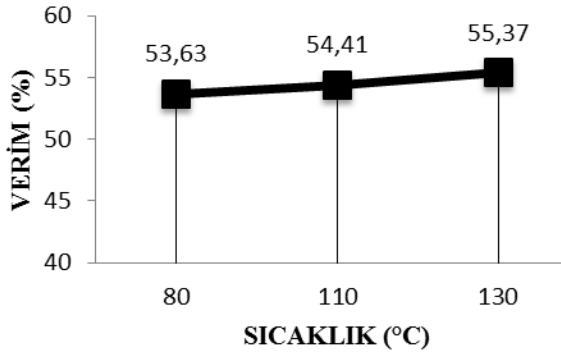
Şekil 4.10 NaCN miktarının kompleks gümüş cevherinin çözünme verimine etkisi

#### 4.1.3. Sıcaklık değerlerinin gümüş çözünmesine etkisi

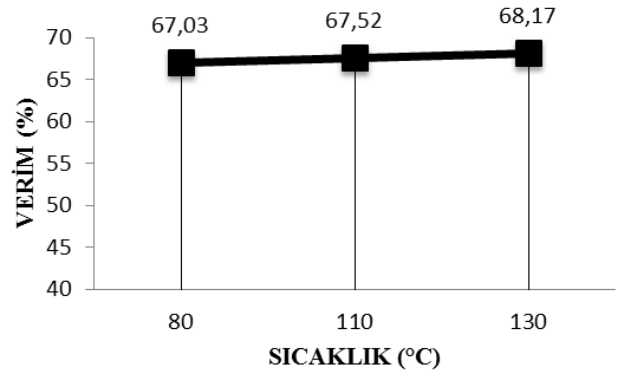
Sıcaklığın çözünmeye etkisini araştırmak için, 500 rpm karıştırma hızında, 110 ppm tenör değerinde, tane boyutu 10 µm olan, 1.2g/lt NaCN içeren numuneden ortalama 1000 g kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneyler 80, 110, 130 0C sıcaklık değerlerinde ve 30, 60, 90 ,120 dakika sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.3, 30 dakikalık etkisi için Şekil 4.11, 60 dakikalık etkisi için Şekil 4.12, 90 dakikalık etkisi için Şekil 4.13, 120 dakikalık etkisi için Şekil 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Sıcaklığın kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

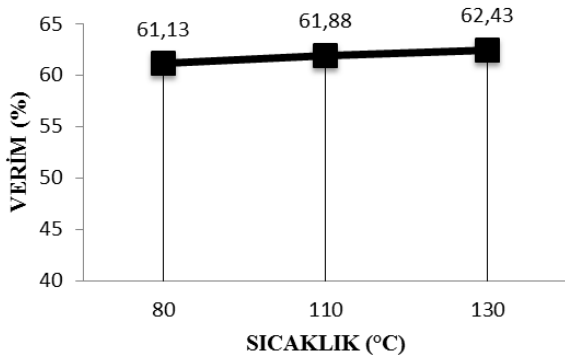
DENEY NO	TENÖR (ppm)	TANE BOYUT	KATI ORANI (%)	NaCN (g/lt)	KARIŞTIRMA HIZI (rpm)	SICAKLIK (°C)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	110	10	25	1,2	500	80	30	53,63
2	110	10	25	1,2	500	110	30	54,41
3	110	10	25	1,2	500	130	30	55,37
4	110	10	25	1,2	500	80	60	58,24
5	110	10	25	1,2	500	110	60	58,97
6	110	10	25	1,2	500	130	60	59,78
7	110	10	25	1,2	500	80	90	61,13
8	110	10	25	1,2	500	110	90	61,88
9	110	10	25	11,2	500	130	90	62,43
10	110	10	25	11,2	500	80	120	67,03
11	110	10	25	11,2	500	110	120	67,52
12	110	10	25	11,2	500	130	120	68,17



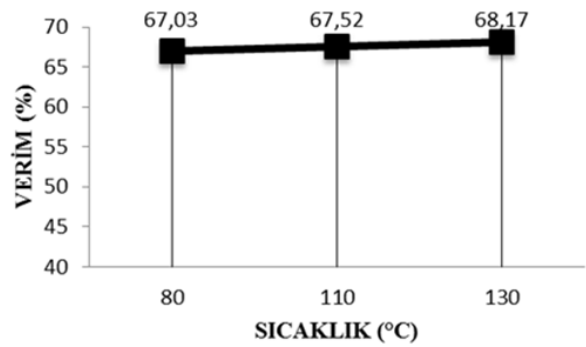
Şekil 4.11 30 dakikada sıcaklığın verime etkisi



Şekil 4.11 60 dakikada sıcaklığın verime etkisi

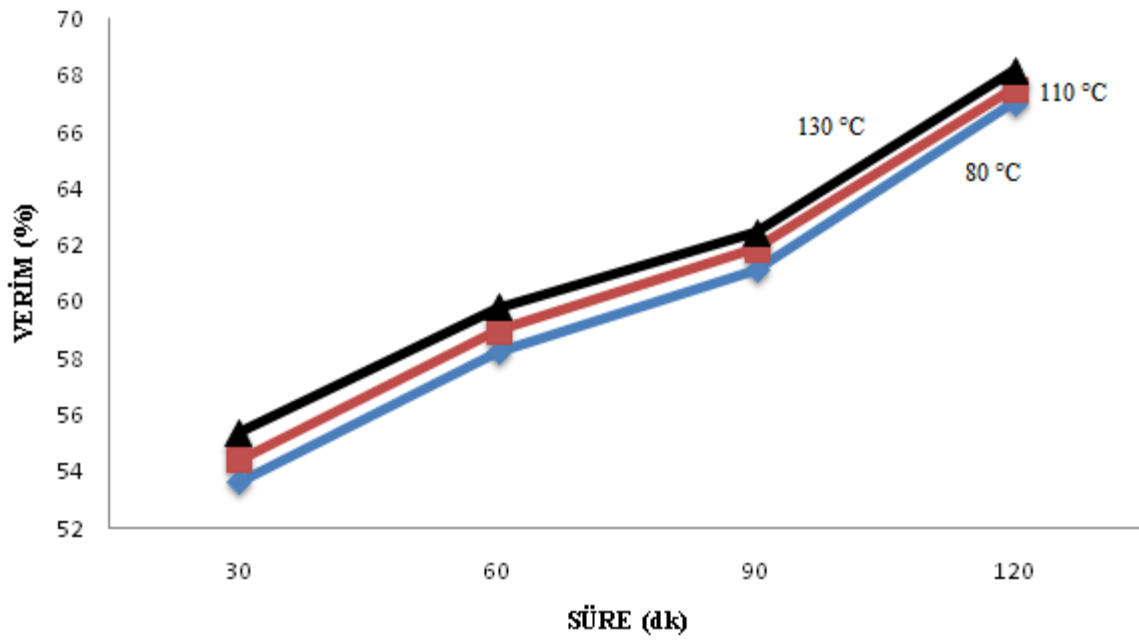


Şekil 4.13 90 dakikada sıcaklığın verime etkisi



Şekil 4.14 120 dakikada sıcaklığın verime etkisi

Yapılan çalışmalarda liç sıcaklığı 140 °C ye ulaştığında siyanür bozuluyor. Dolayısıyla siyanür etkisi kaybolduğundan reaksiyon olumsuz etkileniyor ve tepkime gerçekleşmiyor. Çizelge 4.3 ve Şekil 4.15'teki veriler göz önünde bulundurularak sıcaklık arttıkça liç veriminin arttığı fakat 130 °C den sonra sıcaklığın artmasının verimi ve reaksiyonu olumsuz etkilediği, 120 dakikadan sonra sürenin artmasının maliyeti karşılamamasından dolayı en uygun sıcaklık ve zaman değerleri; verim oranı %68,17 olan 130 °C de 120 dakika olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.12 Sıcaklık değerlerinin kompleks gümüş cevherin çözünme verimine etkisi

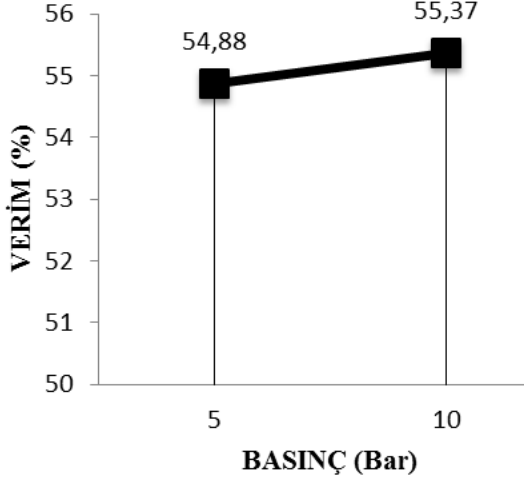


#### 4.1.4. Basınç değerlerinin gümüş çözünmesine etkisi

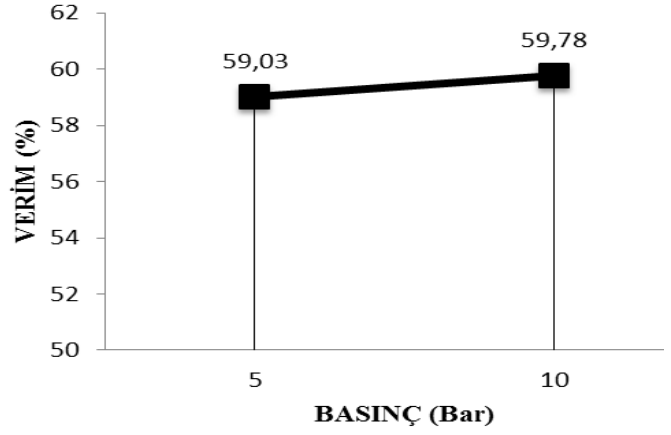
Basıncın çözünmeye etkisini araştırmak için, 500 rpm karıştırma hızında, 110 ppm tenör değerinde, tane boyutu 10 µm olan, 1.2 g/lit NaCN içeren, 130 °C numuneden ortalama 1000 g kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneyler 5 ve 10 bar değerlerinde ve 30, 60, 90, 120 dakika sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.4, 30 dakikalık etkisi için Şekil 4.16, 60 dakikalık etkisi için Şekil 4.17, 90 dakikalık etkisi için Şekil 4.18, 120 dakikalık etkisi için Şekil 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.4 Basıncın kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

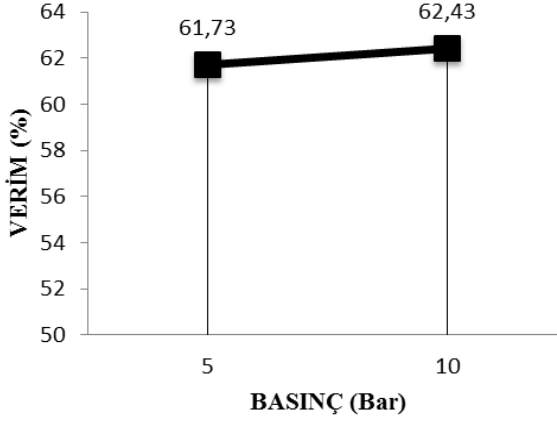
DENEY NO	TENÖR (ppm)	TANE BOYUT (µm)	KATI ORANI (%)	SICAKLIK (°C)	NaCN (g/lit)	KARIŞTIRMA HIZI (rpm)	BASINÇ (BAR)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	110	10	25	130	1,2	500	5	30	54,88
2	110	10	25	130	1,2	500	10	30	55,37
3	110	10	25	130	1,2	500	5	60	59,03
4	110	10	25	130	1,2	500	10	60	59,78
5	110	10	25	130	1,2	500	5	90	61,73
6	110	10	25	130	1,2	500	10	90	62,43
7	110	10	25	130	1,2	500	5	120	67,79
8	110	10	25	130	1,2	500	10	120	67,17



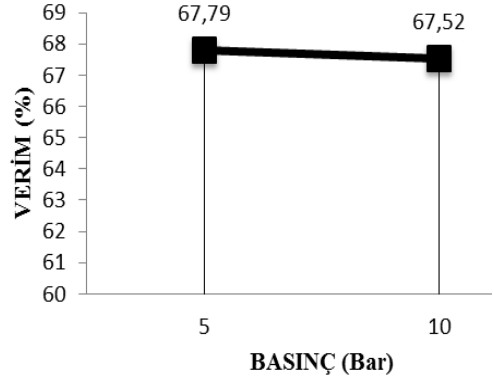
Şekil 4.13 30 dakikada basıncın verime etkisi



Şekil 4.17 60 dakikada basıncın verime etkisi

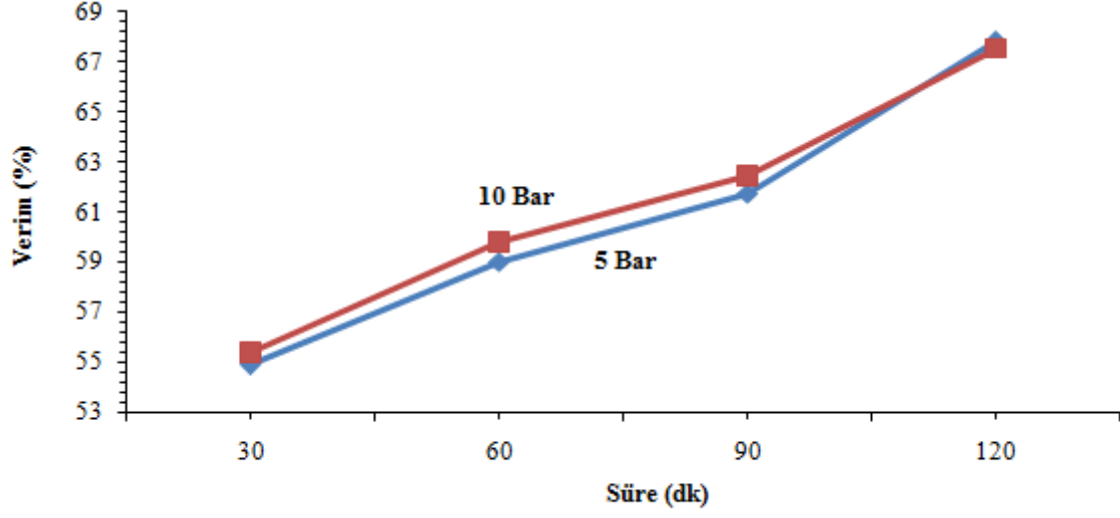


Şekil 4.14 90 dakikada basıncın verime etkisi



Şekil 4.5 120 dakikada basıncın verime etkisi

Liç sonuçlarına bakıldığında bu numune ile ilgili olarak sıcaklık artışı ile birlikte gümüş kazanımı artmaktadır. Basıncın değişiminin çok fazla bir etkisinin olmadığı Çizelge 4.4 ve Şekil 4.20'de görülmektedir. Süre arttıkça sıcaklığın etkisiyle verim yükselmekte bu artış da basıncın değerini artırmaktadır. Fakat 5 bar ve 10 bar arasında pek bir verim farkı meydana gelmemektedir. Örneğin 120 °C'de ve toplam 5 bar basınçta yapılan testte gümüş verimi %67,79 olurken aynı sıcaklık değerinde ve 10 bar basınçta yapılan testte verim %68,17 olmuştur.

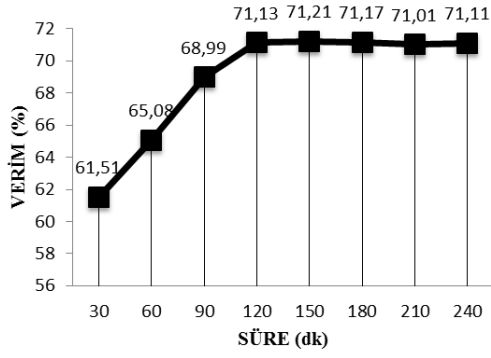


Şekil 4.15 Basınç değerlerinin kompleks gümüş cevherin çözünme verimine etkisi

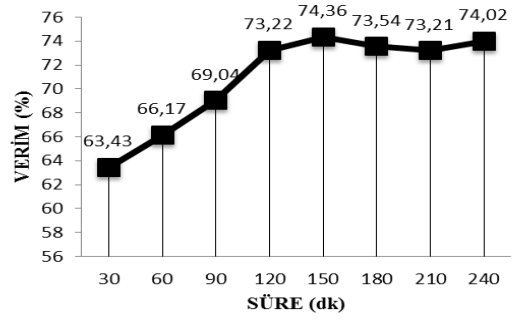
#### 4.1.5. Oksijen miktarının gümüş çözünmesine etkisi

Çizelge 4.5 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

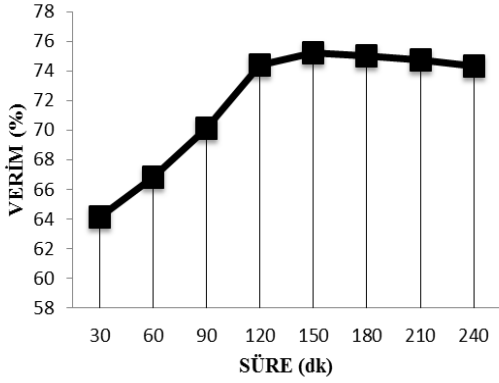
DENEY NO	TANE BOYUT	KARIŞTIRMA HIZI ( rpm )	KATI ORANI (%)	SICAKLIK ( °C )	NaCN (g/lt)	TENÖR ( ppm )	O <sub>2</sub> (BAR)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	10	500	50	130	1,2	110	0,5	30	61,51
2	10	500	50	130	1,2	110	0,5	60	65,08
3	10	500	50	130	1,2	110	0,5	90	68,99
4	10	500	50	130	1,2	110	0,5	120	71,13
5	10	500	50	130	1,2	110	0,5	150	71,21
6	10	500	50	130	1,2	110	0,5	180	71,17
7	10	500	50	130	1,2	110	0,5	210	71,01
8	10	500	50	130	1,2	110	0,5	240	71,11



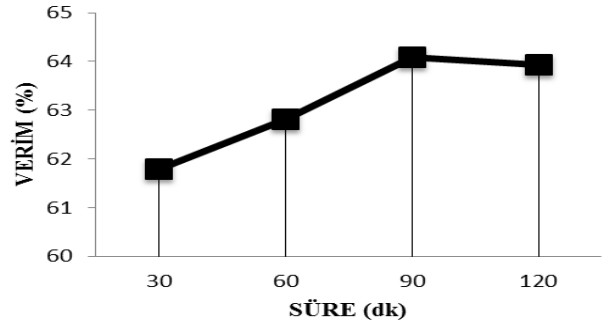
Şekil 4.16 0,5 Bar oksijenin verime etkisi



Şekil 4.17 1 Bar oksijenin verime etkisi



Şekil 4.23 1,5 Bar oksijenin verime etkisi



Şekil 4.18 2 Bar oksijenin verime etkisi

Çizelge 4.6 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-2

DENEY NO	TANE BOYUT	KARIŞTIRMA HIZI ( rpm )	KATI ORANI (%)	SICAKLIK ( °C )	NaCN (g/lt)	TENÖR ( ppm )	O <sub>2</sub> (BAR)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	10	500	50	130	1,2	110	1	30	63,43
2	10	500	50	130	1,2	110	1	60	66,17
3	10	500	50	130	1,2	110	1	90	69,04
4	10	500	50	130	1,2	110	1	120	73,22
5	10	500	50	130	1,2	110	1	150	74,36
6	10	500	50	130	1,2	110	1	180	73,54
7	10	500	50	130	1,2	110	1	210	73,21
8	10	500	50	130	1,2	110	1	240	74,02

Çizelge 4.7 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-3

DENEY NO	TANE BOYUT	KARIŞTIRMA HIZI (rpm)	KATI ORANI (%)	SICAKLIK (°C)	NaCN (g/lit)	TENÖR (ppm)	O <sub>2</sub> (BAR)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	10	500	50	130	1,2	110	1,5	30	64,16
2	10	500	50	130	1,2	110	1,5	60	66,84
3	10	500	50	130	1,2	110	1,5	90	70,11
4	10	500	50	130	1,2	110	1,5	120	74,37
5	10	500	50	130	1,2	110	1,5	150	75,23
6	10	500	50	130	1,2	110	1,5	180	75,02
7	10	500	50	130	1,2	110	1,5	210	74,77
8	10	500	50	130	1,2	110	1,5	240	74,31

Çizelge 4.8 Oksijenin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi-4

DENEY NO	TANE BOYUT	KARIŞTIRMA HIZI ( rpm )	KATI ORANI (%)	SICAKLIK (°C)	NaCN (g/lit)	TENÖR (ppm)	O <sub>2</sub> (BAR)	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	10	500	50	130	1,2	110	2	30	63,97
2	10	500	50	130	1,2	110	2	60	66,04
3	10	500	50	130	1,2	110	2	90	69,51
4	10	500	50	130	1,2	110	2	120	73,42

Hava kullanılması durumunda:

O<sub>2</sub> miktarı arttıkça basıncın etkisiyle de derişim artmakta ve verim artmaktadır fakat belli bir süre sonra ideal çözünme verimine ulaşıldığından ( Doymuş Çözelti) çözünme miktarı sabit bir değere ulaşmaktadır. Çizelgeler 4.5 – 4.8'e bakıldığında 1,5 bardan sonra çözeltinin doymaya başladığı ve verimin azaldığı görülmektedir.

**4.1.6. pH miktarının gümüş çözünmesine etkisi**

pH değerinin çözünmeye etkisini araştırmak için, 500 rpm karıştırma hızında, 110 ppm tenör değerinde, tane boyutu 10 µm olan, 1.2g/lit NaCN içeren, 130 °C, 1.5 bar O<sub>2</sub> olan ortam

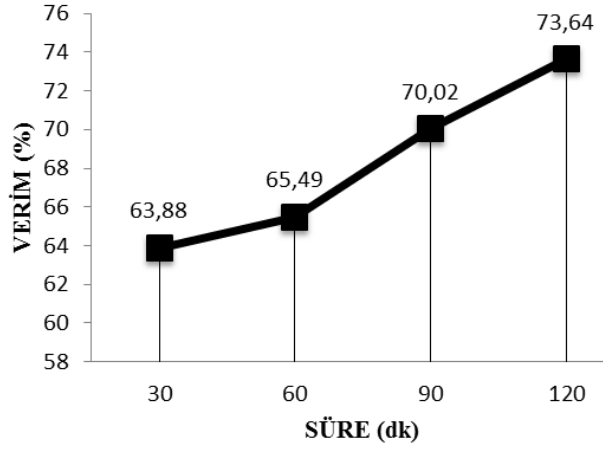
şartlarında numuneden ortalama 1000 g kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneyler pourbax silver grafiği dikkate alınarak ph değerleri 10, 10,5, 11 ve 12 alınmış ve 30, 60, 90 ,120 dakika sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.9, 30 dakikalık etkisi için Şekil 4.25, 60 dakikalık etkisi için Şekil 4.26, 90 dakikalık etkisi için Şekil 4.27, 120 dakikalık etkisi için Şekil 4.28’de verilmiştir.

**Çizelge 4.9** Ph değerinin kompleks gümüş cevherinin çözünmesine etkisi

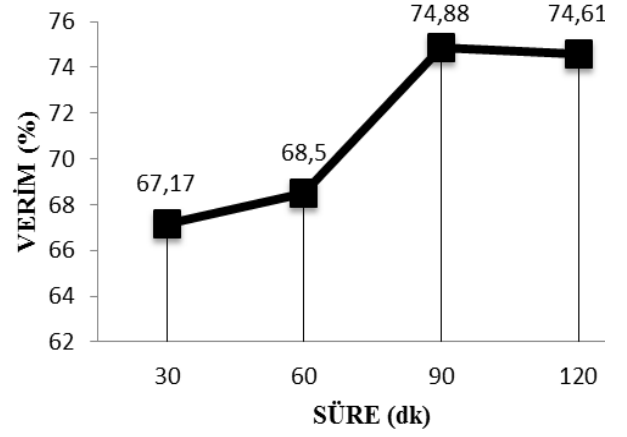
DENEY NO	TANE BOYUT	KARIŞTIRMA HIZI ( rpm )	KATI ORANI (%)	SICAKLIK (°C)	NaCN (g/lit)	TENÖR (ppm)	O <sub>2</sub> (BAR)	pH	SÜRE (dk)	VERİM (%)
1	10	500	50	130	1,2	110	1,5	10,5	30	63,88
2	10	500	50	130	1,2	110	1,5	10,5	60	65,49
3	10	500	50	130	1,2	110	1,5	10,5	90	70,02
4	10	500	50	130	1,2	110	1,5	10,5	120	73,64
5	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11	30	67,17
6	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11	60	68,50
7	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11	90	74,88
8	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11	120	74,61
9	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11,5	30	65,89
10	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11,5	60	66,41
11	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11,5	90	68,56
12	10	500	50	130	1,2	110	1,5	11,5	120	68,62
13	10	500	50	130	1,2	110	1,5	12	30	61,78
14	10	500	50	130	1,2	110	1,5	12	60	62,82
15	10	500	50	130	1,2	110	1,5	12	90	64,08
16	10	500	50	130	1,2	110	1,5	12	120	63,94

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi gümüş cevheri için ideal pH değeri 11’ dir. Bu değer %80 CaO aktif değerine sahip sönmemiş kireç ile öğütmeden itibaren pulpa dahil edilerek sağlanmaktadır. Bu işlemin sistem verimine etkisi şu şekilde ifade edilebilir:

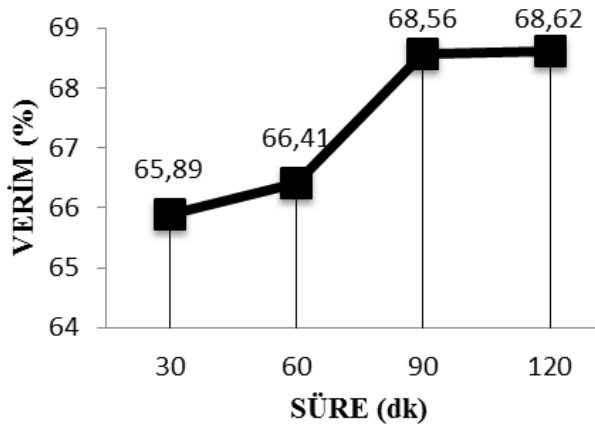
- 1) Çözünürlük verimi artmakta ve verim artışı elde edilmektedir.
- 2) pH arttıkça siyanür tüketimi azalmakta ve işletme maliyeti azalmaktadır. pH’ı arttırmak için kullanılan kireç maliyeti siyanür maliyetinden azdır fakat yetersiz siyanür kullanmak tepkime oluşmamasına ve verimin düşmesine neden olmaktadır.



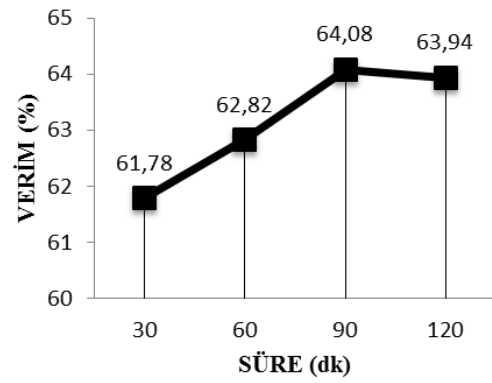
Şekil 4.19 10.5 pH değerinin verime etkisi



Şekil 4.20 11 pH değerinin verime etkisi



Şekil 4.21 11,5 pH değerinin verime etkisi



Şekil 4.22 12 pH değerinin verime etkisi

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma, Gümüşköy (Kütahya) kompleks gümüş cevherinden basınç liçi ile gümüşün çözündürülmesi araştırılmıştır. Yüksek sıcaklık ve basınç altında siyanür liçi deneyleri gerçekleştirilmiş ve tane boyutu, NaCN konsantrasyonu, sıcaklık, basınç, oksijen miktarı ve pH liç parametreleri olarak seçilmiştir. Deneylerde tenör ve karıştırma hızı sabit, diğer parametreler değiştirilerek kompleks gümüş cevherinden gümüşün çözündürülmesine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tane boyutu küçüldükçe Ag çözünme veriminin arttığı görülmektedir. NaCN konsantrasyonunun, sıcaklığın ve O<sub>2</sub> miktarının artması ile Ag çözünme veriminde arttığı görülmektedir. Reaktör basıncının artmasıyla Ag çözünme veriminde fazla bir değişim gözlenmediği tespit edilmiştir. pH 11 den sonra çözünmede artışın olmadığı aksine düştüğü görülmektedir. Fakat gümüş kazanma verimini artırmak için NaCN derişiminin fazlaca artırılması, diğer metalik minerallerin de çözünürlüğünü artırmaktadır ve çözeltilerdeki metal iyonları konsantrasyonunda paralel olarak yükselmektedir.

Sonuç olarak, siyanür tüketiminde bir artış sağlayacak ve gümüşe olan seçiciliği düşürecektir. Bu nedenle, NaCN miktarının 1,5gr/lt den sonra çevreye ve doğaya zarar vermeye başlaması ve 2 gr/lt den sonra ise çalışma koşullarının gerçekleşmemesinden dolayı siyanür miktarları 0,5-1,2 gr/lt arasında belirlenmiştir. Sıcaklık artışı liç sıcaklığı 140°C'ye ulaştığında siyanürün bozunduğu görülmüş ve siyanür etkisi azaldığından çözünmenin gerçekleşmediği gözlemlenmiştir. O<sub>2</sub> basıncı 1,5 bardan sonra çözünmeyi ters yönde etkilemektedir. Yani, belli bir süre sonra ideal çözünme verimine ulaşılmakta (doymuş çözeltili) ve çözünme miktarı sabit bir değere ulaşmaktadır. Reaktör basıncının ise, 5 ve 10 bar basınç değerlerinde yaklaşık çözünme verimlerine ulaşıldığı görülmektedir. Gümüşün siyanür liçinde kullanılan yüksek pH değerleri bazı kompleks minerallerin reaktivitelerini düşürdüğü ve çözünmenin azaldığı bilinmektedir. Bunun yanısıra, siyanürlerin sudaki çözeltilerinde oluşan hidrolizin, siyanür bileşimindeki alkali miktarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Liç çözeltilerinde yüksek pH değerleri kullanıldığı zaman siyanürün tepkimeye girmesi zorlaşır ve çözünme miktarında azalma görülebilmektedir. Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğu zaman aşağıdaki optimum şartlar verilebilir. Optimum sonuçların elde edildiği parametrelerin ise, tane boyutunu 10µm, NaCN konsantrasyonunu 1,2 gr/lt, liç sıcaklığı 130°C, basıncı 10 bar, oksijen basıncı 1,5 bar ve pH ise 11 olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kompleks gümüş cevherinden gümüşün yüksek sıcaklık ve basınç kullanılarak siyanürlü ortamda çözeltiliye alınabileceği görülmüştür.



## KAYNAKLAR DİZİNİ

Altınkaya, Pelin, 2016, Refrakter gümüş cevherinden tiyosülfat liçi ile gümüşün kazanımı yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Ün. Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon.

Bolorunduro, S.A., 2002, The Chemical Behaviour of Silver in the Pressure Oxidation of Kompleks Sulphide Ores and Concentrates, Doktora Tezi, Department of Metals and Materials Engineering, The University of British Columbia.

Celep, O., 2011. Refrakter Cevherlerden Siyanür Liçi ile Altın ve Gümüş Kazanımında Alkali Ön İşlemlerin Uygulanması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çelik, H., İpekoğlu U., Mordoğan H., 1998, Bazı ağır metallerin alkali siyanür çözeltilerindeki davranışı, Madencilik, TMMOB Maden Müh. Odası Yayın Organı, Mart, Cilt 37 Sayı 1, Ankara,

Çelik, H., Mordoğan H., İpekoğlu Ü., 1997, Siyanürlü altın üretim tesisi atıklarını arıtma yöntemleri, Madencilik, TMMOB Maden Müh. Odası Yayın Organı, Mart Cilt 36, Sayı 1, Ankara,

Chase, C.K., 1981, Manganiferous Silver Ores, Gold and Silver Leaching Recovery and Economics, Society of Mining Engineers of AIME, 22-26.

Deutsch, L.J., 2010, Fundamental Aspects of Thiosulfate Leaching of Silver Sulfide in the Presence of Additives, Yüksek Lisans Tezi., University of Alberta.

Çilingir, Y., 1990, Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.

Dinçer, H., 1997, Gümüşköy Artıklarının Değerlendirilmesi ve Tesis Gümüş Kazanma Veriminin Arttırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ersin, H., 1990, Siyanürleme, 100. Yıl Gümüş madeni işletmeleri müessesesi müdürlüğü raporu, 38, Kütahya.

Eti Gümüş A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2002, Gümüş madeni işletme projesi, Temmuz, Kütahya.

Eti Gümüş A.Ş., Genel Müdürlüğü Dokümanları; projeler, üretim işleyişi aylık raporları, Kütahya.

Fleming, C.A., Wells, J. and Thomas, K.G. 2002, Process for Recovering Gold from Thiosulfate Leach Solutions and Slurries with Ion Exchange Resin, Patent No.US6344068 B1, 12.

Gasparini, C., Canadian Institute of Metall. Bulletins.

Gupta, C.K. ve Mukherjee, T.K., 1990, Hydrometallurgy in Extraction Processes, CRC Pres, Boston, 2, 257.

Habashi, F., 1967, Kinetics and mechanism of gold and silver dissolution in cyanide solution, Montano College of Mineral Science and Technology, Butte, Montana, April Bulletin

Habashi, F., 1999, A Textbook of hydrometallurgy, ISBN 2-980-3247-7-9, Metallurgie Extractive Quebec Publications, Canada,

Halpern, J., 1997, Some Aspects of the Physical Chemistry of Hydrometallurgy, Journal of Metals, 220-289.s

Haque, K.E., 1992, "The role of oxygen in cyanide leaching of gold ore". CIM Bulletin, 85, 963, 31- 38, September.

Hedley, N., Tabachnick H., 1968, Chemistry of cyanidation, mineral dressing notes 23, American Cyanamid Company, New York.

İpekoğlu, Ü., Çelik H., Tükelt Ç., 1996, Ovacık altın cevherinin karşılaştırmalı siyanür ve tiyoüre liği, Madencilik, Aralık, 35, 4, 43-51 s.

Kaya, M., Sönmez E., Öz D., Toraman N., 2001-2002, Kütahya-Gümüşköy Gümüş Cevherleşmesi ile ilgili araştırma geliştirme projesi tanıtımı.

Logsdon, M.J., Hagelstein, K., Mudder, T.I., 2001, Altın üretiminde siyanür yönetimi, International council on metals and the environment, Kanada, 1- 37.

Marsden, J., House, I., 1992, "The chemistry of gold extraction". Ellis Horwood Limited Publication, England.

MTA,TürkiyeAltın,GümüşCevherleşmeSahaları,

[http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye\\_maden/maden\\_yataklari/b\\_h/altin\\_gumus.jpg](http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye_maden/maden_yataklari/b_h/altin_gumus.jpg),

MTA,Gümüş Minerali, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/madenler/mineraller/gumus>,

Önal, G., Ateşok, G., ve Perek, K.T., 2014, Cevher Hazırlama El Kitabı, Yurt Madenciligi Geliştirme Vakfi, İstanbul.

Paterson, C. J., 1990, Ore Deposits of Gold and Silver, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, Gordon and Breach Science Publishers, SA, 43-66, 6.

Rubisov, D.H., Papangelakis, V.G. ve Kondos, P.D., 1996, Fundamental Kinetic Models for Gold Ore Cyanide Leaching, Canadian Metallurgical Quarterly, 35,4, 353-361.

URL-1, Eti Gümüş Rezervi, <http://www.etigumus.com.tr>

URL-2, Türkiye Maden Rezervleri, <http://www.mta.gov.tr> maden rezervleri,

USGS-2018 Dünyadaki Gümüş Üretim ve Rezervi

Wyslouzil, D.M. ve Salter, R.S., 1990, Silver Leaching Fundamentals, Lead-Zinc '90, Proceeding of World Symposium on metallurgy and environmental control, 119th

Yannopoulos, J. C., 1991, The Extractive Metallurgy of Gold, Van Nostrand Reinhold, New York, A.B.D.

Zhou, J. 2010, Process mineralogy of silver ores and applications in flowsheet design and plant optimization. In Proceedings of the 42nd Annual Meeting of Canadian Mineral Processors, Ottawa, Ontario, Canada, Bildiriler Kitabı: 143–161.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : BURAK APAYDIN  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : MERZİFON / 15.07.1988  
**Telefon** : 0505 585 87 31  
**E-Posta** : burakapaydin88@hotmail.com

## EĞİTİM

	<b>Adı</b>	<b>İl</b>	<b>Bitirme Yılı</b>
<b>Lise</b>	: 75.Yıl Lisesi	Ankara	2005
<b>Üniversite</b>	: Selçuk Üniversitesi	Konya	2013
<b>Yüksek Lisans:</b>	Konya Teknik Üniversitesi	Konya	2019

## İŞ DENEYİMLERİ

<b>Yıl</b>	<b>Kurum</b>	<b>Görevi</b>
2013-2014	Akya İnşaat	Şantiye Şef Yardımcısı ve Saha Mühendisi
2014-2017	Eti Gümüş A.Ş.	Proses Mühendisi ve Kırma-Eleme Şef Yardımcısı
2017- Halen	Carmeuse Group Kimtaş	Üretim Mühendisi ve Açık Ocak - Taş Kırma Şefi