

ETİ GÜMÜŞ MADEN İŞLETMELERİ ATIK BARAJLARINDAKİ GÜMÜŞÜN GERİ  
KAZANIMI

Selçuk YAMAN

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca  
Fen Bilimleri Enstitüsü KİMYA Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

Temmuz-2019

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Selçuk YAMAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı ETİ GÜMÜŞ MADEN İŞLETMELERİ ATIK BARAJLARINDAKİ GÜMÜŞÜN GERİ KAZANIMI başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

01/07 /2019

Prof. Dr. Önder UYSAL  
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Cengiz YENİKAYA  
Anabilim Dalı Başkanı, Kimya Bölümü

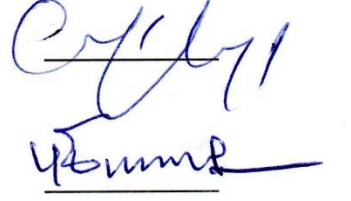
Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN  
Danışman, Kimya Bölümü


### Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN  
Kimya Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin GÜMÜŞ  
İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Rukiye SAYGILI CANLIDİNÇ  
Kimya Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi









## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının 24 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

Selçuk YAMAN

# ETİ GÜMÜŞ MADEN İŞLETMELERİ ATIK BARAJLARINDAKİ GÜMÜŞÜN GERİ KAZANIMI

Selçuk YAMAN

Kimya, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

## ÖZET

Günümüzde gümüş üretimi geleneksel olarak siyanür ile gerçekleştirilir. Fakat Cevher siyanür liçine tabii tutulduğunda çok düşük verimler ile üretim yapılmaktadır. Üretime alınan cevher siyanür liçinden sonra atık katisı barajlara gönderilmektedir. Atık barajlarındaki yüksek tenörlü gümüşün geri kazanılması için ya asit liçi yapmak yada daha küçük tane boyutlarına indirerek verimin artırılması gerekmektedir ve buda bizi farklı çalışmalara yönlendirmiştir. Tez çalışmam; atık barajlarından alınan harmanlanmış cevheri ön asit liçine tabii tutarak cevherin metal kirliliklerini uzaklaştırılmasını sağladıktan sonra siyanür liçine alarak gümüşün geri kazanımına dayanmaktadır. Neden asit liçi ya da daha küçük tane boyutunun Eti Gümüş A.Ş atık barajında verimlilik için etkili olması gerektiği sorusunun cevabı ise Eti Gümüş A.Ş tüvenen cevherindeki gümüşün yaklaşık %30' u silis minareli içerisine hapsediğidir ve bu deneysel verilerle desteklenmiştir. Bunun için cevherin küçük tane boyutlarına düşürülerek yüzey alanın genişletilmesi ve silis mineralinin kaplamış olduğu gümüşü  $CN^-$  ile temas edebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Gümüş'ün metalik hale getirilmesi Merrill-Crowe prosesinde kullanılan metalik çinko, atık barajında çinko oksit formunda bulunmaktadır. Eti Gümüş A.Ş işletmesinde metalik çinko, sıvıdaki gümüş değerinin 5 katı kadar kullanılmaktadır. Atık barajında bulunan çinko oksit ortamdaki uzaklaştırılmadığı takdirde Merrill-Crowe prosesinin son aşamasında gerçekleştirilen çinko-gümüş yer değiştirme tepkimesini engellemektedir. Bundan dolayı ortamdaki çinko-oksit ve diğer metal-oksit formları sülfürik asit ön aktivasyon liçi ile uzaklaştırılarak verimliliğin artırılması amaçlanmıştır. Yapılan denemelerde ortamda bulunan istenmeyen metal formları uzaklaştırıldığı ICP-OES sonuçları ile gözlemlenmiştir.  $H_2SO_4$  konsantrasyonu arttıkça, metal kirliliklerinden uzaklaşan cevherin siyanür liçi sonucunda % veriminin de arttığı deneysel olarak yapılan çalışmalarda görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gümüş Üretimi, Sülfürik Asit, Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi

## **RECYCLING OF THE SILVER IN THE TRAILING DAMS OF ETİ SILVER MINE ENTERPRISES**

Selçuk YAMAN

Chemistry, M. SC. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

### **SUMMARY**

At the present time, the silver is traditionally produced with cyanide. However, when the ore is processed with cyanide leaching, productivity of the production process decreases. After the cyanide leaching of the ore in the production, the waste solid is sent to the dams. In order to recycle the high grade silver in the tailings dam, either the cyanide leaching or increasing the productivity by reducing the grain size is required. This led us to different studies. This thesis study is based on the recycling the silver with cyanide leaching after the pretreatment of the blended ore obtained from the tailings dam is cleansed from the contaminations. The key question here is “Why acid leaching or smaller grain size is supposed to be effective to increase the efficiency in the tailings dam of Eti Gümüş A.Ş.?” The findings give us the answer. It is found that approximately 30% of the silver in the run-of-mine ore is restrained inside of the silica mineral is supported by experimental research data. Therefore, it is aimed to expand the surface area of the ore thanks to reducing it into smaller sizes. Also, it is aimed to make the silver covered by silica mineral should be in contact with  $CN^-$ . Metallic rendering of the silver is in the form of zinc oxide in the metallic zinc waste dam used in the Merrill-Crowe process. In Eti Gümüş A.Ş., metallic zinc is used up to five times the silver’s quantity in the liquid. Unless zinc oxide is not removed from the environment, the substitution reaction in the last phase of the Merrill-Crowe process is inhibited. Therefore, it is aimed to increase the efficiency by removing zinc oxide and other metal-oxide forms using sulfuric acid leaching pretreatment. In the experiments, it was observed in the ICP-OES results that needless metal forms in the environment were removed. As  $H_2SO_4$  concentration increases, it is observed in the experimental studies that percentage yield increases as well as a result of cyanide leaching of the decontaminated ore.

**Keywords:** Silver Production, Sulfuric Acid, Atomic Absorption Spectroscopy.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin gerçekleştirilmesinde çalışmalarımın her anında bilgi birikimiyle beni destekleyen, ilgi gösteren ve her konuda yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN'e katkılarından ve desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında tüm bilgi birikimiyle desteklerini esirgemeyen Yüksek Kimyager Yunus YILDIZ' a ve değerli Eti Gümüş çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek Lisans tez çalışmalarımın ve yazım aşamasında bana her türlü desteği sağlayan Öğr. Gör. Dr. Rukiye SAYGILI CANLIDİNÇ' e çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde şüphesiz en büyük katkıları ve emeği olan, Lisans ve Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana maddi, manevi destek olan ve sevgilerini hiçbir zaman eksik etmeyen değerli annem Cennet YAMAN, abim Selim YAMAN, kardeşim Semih YAMAN ve nişanlım Dürdane SÜRME' ye sonsuz teşekkür ederim.

En büyük teşekkür; çok küçük yaşlardan bu yana eğitimin önemini ve değerini sürekli olarak anlatan, bu yolda ilerlememizi destekleyen, bunu başarmamız için sürekli telkinlerde bulunarak bu yönde motivasyonumuzu sağlayan, vatana millete yararlı bir insan olabilmemiz için çabalayan rahmetli babam Nihat YAMAN içindir. Bu tez çalışmamı, anısına armağan ediyorum.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
SUMMARY .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. TEORİK BİLGİLER.....	3
2.1. Gümüş'ün Tarihçesi.....	3
2.2. Gümüş'ün Doğada Bulunuşu .....	4
2.2.1. Cevherleri .....	4
2.2.2. Gümüş bileşikleri.....	5
2.3. Gümüş'ün Genel Özellikleri.....	6
2.4. Gümüş'ün Fiziksel Özellikleri .....	6
2.5. Gümüş'ün Kimyasal Özellikleri.....	7
2.6. Dünya'da Gümüş Sektörü .....	7
2.7. Gümüş'ün Elde Edilme Yöntemleri .....	9
2.7.1. Bakır üretiminde yan ürün olarak gümüş eldesi .....	10
2.7.2. Kurşun üretiminde yan ürün olarak gümüş eldesi .....	10
2.7.3. Minerallerinden gümüş eldesi.....	11
3. ETİ GÜMÜŞ A.Ş. İŞLETMESİ.....	12
3.1. Tarihçe .....	12
3.2. Coğrafi Konum.....	12
3.3. Jeoloji .....	12
3.4. Tüvenan Cevher Üretimi .....	13
3.5. Tesis ve Proses.....	13
3.6. Tesis Kapasitesi .....	13
3.7. Kırma-Eleme Ünitesi.....	13
3.8. Öğütme Ünitesi.....	14
3.9. Ultra-ince Öğütme Ünitesi .....	15

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.10. Liç Ünitesi ve Proses .....	16
4. MATERYAL VE METOT .....	20
4.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar .....	20
4.2. Örnek Hazırlama .....	20
4.3. Analizlerde Kullanılan Cihazlar .....	21
4.3.1. Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) .....	21
4.3.2. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP-OES) .....	22
4.3.3. Serbest Siyanür Analizi .....	23
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	24
5.1. Laboratuvar Ölçekli Geri Kazanım Deney Sonuçları .....	24
6. SONUÇ .....	43
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	44
ÖZGEÇMİŞ .....	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Kırma-eleme ünitesi .....	14
3.2. Öğütme işlemi yapılan 6 bilyalı değirmen .....	15
3.3. Dikey değirmen .....	16
3.4. Liç Ünitesi ve proses .....	17
3.5. Sıvı-katı ayırımı .....	18
3.6. İnce filtrasyon .....	19
4.1. Malvern Mastersizer 2000 MU tane boyut cihazı .....	21
4.2. Atomik absorpsiyon spektroskopisi .....	22
4.3. Endüktif eşleşmiş plazma (ICP-OES) .....	23
5.1. 1,2,3,4. Baraj atığı harmanlanmış orijinal numunesinin CN liçi analiz sonuçları .....	25
5.2. 25 °C ve 100 °C 0,2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri .....	28
5.3. 25 °C ve 100 °C 0,4M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri .....	31
5.4. 25 °C ve 100 °C 0,6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri .....	34
5.5. 25 °C ve 100 °C 0,8M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri .....	37
5.6. 25 °C ve 100 °C 1,1M M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri .....	40

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Dünya gümüş üretimi.....	8
2.2. Dünya Gümüş Arzı.....	9
2.3. Dünya Gümüş Talebi.....	9
5.1. 1,2,3,4. Atık barajından alınan harman cevher orijinal numunesinin NaCN liç parametreleri.....	25
5.2. 25 °C 0.2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (A-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları ...	26
5.3. 100 °C 0.2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (A-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları .	27
5.4. 25 °C 0.4 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (B-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları....	29
5.5. 100 °C 0.4 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (B-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları..	30
5.6. 25 °C 0.6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (C-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları....	32
5.7. 100 °C 0.6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (C-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları..	33
5.8. 25 °C 0.8 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (D-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları ...	35
5.9. 100 °C 0.8 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (D-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları .	36
5.10. 25 °C 1.1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (E-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları..	38
5.11. 100 °C 1.1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (E-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları	39
5.12. Ham cevherin hiçbir işlem uygulanmadan önceki elementel ICP-OES sonuçları.....	40
5.13. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> liçi sonrası atık numune ICP-OES sonuçları .....	41
5.14. NaCN liçi sonrası atık numune ICP-OES sonuçları.....	42

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
µl	Mikrolitre
°C	Santigrat derece
%	Yüzde

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
MÖ	Milattan Önce
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
ICP	Endüktif Eşleşmiş Plazma
Lt	Litre
Mg	Miligram
Mm	Milimetre
Gr	Gram
Cm <sup>3</sup>	Santimetre Küp
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
NaCN	Sodyum Siyanür
Dev	Devir
Dk	Dakika
Kg	Kilogram
Cm	Santimetre

## 1. GİRİŞ

Geçmişten bugüne kadar insanoğlu parayı bulana kadar onun yerine kullanabileceği birçok kıymetli maden keşfetmiş olup uzun zaman boyunca kullanmış ve hala kullanmaktadır. Ticari işlemlerin kolayca yapılmasına büyük katkı sağlayan yine kıymetli madenlerin keşfidir. Bu madenler arasında insanlık tarihine en büyük fayda sağlayan kıymetli madenlerden biri altındır. Doğada bulunuşu bakımından platin, rodyum gibi değerli madenler arasından en fazla tercih edilen yine altındır. Maddi değerinin diğer değerli metaller arasında daha düşük olmasına rağmen günümüze kadar insanları peşinden asırlar boyu sürüklemiş savaşlara ve barışlara neden olmuştur. Estetik görünümünden dolayı bazen mücevherat eşyası, rezerv aracı olma özelliğinden dolayı ise para şekline giren altın, bütün zamanların “en kıymetli madeni” olmuştur.

Gümüş ise çok eski zamanlardan beri bilinmekle birlikte yine de altın ve bakırdan sonra keşfedilmiştir. Altın az olmasına rağmen, dünyanın her yanına yayılması sebebiyle daha önce kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca tabii halde gümüş az olup, çok derinlerde bulunmaktadır. Gümüş’ün MÖ 3100 yıllarında Mısırlılar ve MÖ 2500 yıllarında Çinliler ve Persler tarafından kullanıldığı belirtilmiştir. Atina'daki gümüş madenlerine Yunan tarihinde rastlanır. MÖ 800 yıllarına doğru gümüş, Nil nehri havalisinde para olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gümüşü ilk olarak Romalıların işlemeye başladıkları iddia edilmektedir. Endüstri ilerledikçe daha karışık ve saf olmayan gümüş filizleri üzerinde çalışılmaya başlanmıştır (Altuner, 2013).

Gümüş, endüstride yaygın bir şekilde kullanılan metallere biridir. Gümüş’ün çoğunluğunun genel tüketimi %40-50 oranında film üretim endüstrisi, %20-30’u elektrik sanayisi ve %10’unu takı ve süs eşyaları oluşturmaktadır. Hurda metallere gümüşün geri kazanımına ek olarak, gümüş; çinko, bakır, demir üretimi sırasında yan ürün olarak ya da doğrudan cevherlerden elde edilir.

Günümüzde gümüş üretimi geleneksel olarak siyanür ile gerçekleştirilir. Fakat Cevher siyanür liçine tabii tutulduğundan dolayı maksimum verimlilik çalışılıp atık oluşumundan sonra oluşan atığı tekrar siyanür liçine tabii tutularak üretim yapılabilmesi için ya tane boyutunun çok düşük mikronlar düzeyinde çalışılması gerekli ya da ön asit liçine tabii tutularak cevherin metal kirliliklerinden arındırılarak ön aktivasyon işlemi gerçekleştirilip siyanür liçi ile devam edilmelidir. Bizim uyguladığımız yöntem sülfürik asit liçi ile ön aktivasyon işlemi sonrası siyanür liçine geçmektir. Bu sayede hem metal kirlilikleri uzaklaştırmış olup hem de asitin etkisiyle zaten işlenmiş belli bir mikron boyutta olan cevherin daha küçük boyutlara da indirgenmesini sağlamak amaçlanmıştır. Neden asit liçi ya da daha küçük tane boyutunun Eti Gümüş A.Ş. atık barajında

verimlilik için etkili olması gerektiği sorusunun cevabı ise Eti Gümüş A.ř. cevherindeki gümüşün silis yapı içerisinde olduğu gerekçesindedir. Buna yönelik yapılmış çalışma deneysel kısmında belirtilmiş olmakla beraber HF asit muamelesi sonrası siyanür liçi çalışmalarında %85-90 lara çıkan atık baraj verimliliği tespit edilmiş olmasdır.



## 2. TEORİK BİLGİLER

### 2.1. Gümüş'ün Tarihçesi

Gümüş madenciliği tarihi yaklaşık 5000 yıl önce başladı. Gümüş, bugün Türkiye'nin bulunduğu coğrafi bölge olarak M.Ö 3000' li yıllarda Anadolu' da ilk maden olarak çıkarılmıştır (Atiyeh vd., 2007; Moyer vd., 1965). Bu değerli metalin zenginleşmesine yakın doğudaki eski uygarlıklardan olan eski Yunan'lılar yardımcı olmuşlardır.

M.Ö. 1.200 yıllarında, Yunanistan'ın Laurium maden bölgesinde gümüş üretimi merkezi kurmuşlar ve bölgenin büyüyen imparatorlukları haline gelmişlerdir; hatta eski Atina'da para birimi olarak gümüş kullanmışlardır (Everett vd., 1966; James vd., 1954). Yaklaşık M.S 100' lü yıllarda Roma İmparatorluğu için önemli bir tedarikçi haline gelen ve Asya baharat yolu için önemli bir ticaret unsuru haline gelen İspanya'ya gümüş madenciliği merkezi de kurulmuştur (Mirsattari vd., 2004; Klasen, 2001; Altuner, 2013).

Bununla birlikte, gümüş tarihindeki tek olay bununla kalmamaktadır. Columbus'un 1492'de Yeni Dünya'yı keşifi için yola çıktığında, Amerika'daki beyaz metalin Avrupalı fethedenler tarafından keşfedilmiş olması gibi birçok örnek ile gümüş gibi değerli bir metalin günümüze kadar geleceğinin ve dünya üzerindeki toplumlar arasında önem kazanacağı öngörülmüştür (Moyer vd., 1965; Seltzer vd., 1942; Spadaro vd., 1979).

İspanya'nın Amerika'yı fethi, o zamandan önce gelen şeyleri çarpıcı bir biçimde gölgede bırakan gümüş madenciliğinde artışa neden oldu. 1500 ve 1800 yılları arasında Bolivya, Peru ve Meksika, dünya gümüş üretiminin ve ticaretinin yüzde 85'inden fazlasını oluşturuyordu.

Daha sonra madencilik, Nevada'daki Comstock Lode'un keşfedilmesiyle diğer ülkelere, en çok da ABD'de yayılmıştır. Gümüş üretimi, 1870'lerde yılda 0,92 ila 1,84 milyon kg aralığında dünya çapında büyüyerek genişlemeye devam etti. 1876'dan 1920'ye kadar olan dönemde, hem teknolojik yenilikler hem de dünya çapında yeni bölgelerin sömürülmesiyle gümüş üretiminde büyük bir patlama oldu. 19. yüzyılın son çeyreği boyunca üretim, ilk 75 yıllık ortalamanın üzerine çıkarak dört kat artarak yılda yaklaşık 2,76 milyon kg oldu (Stebbins, 1891; Dai ve Jeffrey, 2006; Heinig, 1986).

Avustralya, Orta Amerika ve Avrupa'daki yeni gümüş madenlerinin keşifleri ile dünyadaki toplam gümüş üretimi giderek artmıştır. 1900-1920 yılları arasındaki yirmi yıl, dünya gümüş üretiminde % 50'lik bir artış sağladı ve yıllık toplam 4,37 milyon kg' a ulaştı (Herodotus, 1946). Bu artış, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Afrika, Meksika, Şili, Japonya ve başka

yerlerde yeni keşiflerin olmasıyla sağlandı (Peng vd., 2012; Eberhart vd., 1992; Furst ve Schlauder, 1977; Altuner, 2013).

1900'lu yıllarda, yeni madencilik teknikleri toplam gümüş üretiminde büyük bir artışa katkıda bulundu. Devrimler, buharlı destekler, maden suyunu giderme ve madenin daha kolay ve ucuz nakliyatı, üretimin artışının sebeplerinden sayılabilir (Stillman vd., 1994. Ayrıca, madencilik tekniklerindeki ilerlemeler, gümüşü diğer cevherlerden ayırma kabiliyetini arttırdı ve daha büyük hacimlerde materyallerin işlenmesini mümkün hale getirdi.

Bu yeni yöntemler, dünyanın her yerindeki yüksek dereceli cevherlerin çoğunun 19. yüzyılın sonuna kadar kullanıldığı için üretim hacminin artması için kritik önem taşıyordu.

Eski kültürlerin ilk kez nispeten küçük miktarlarda üretime başladıktan 5000 yıldan fazla bir süre sonra, gümüş üretimi 2016'da neredeyse 886 milyon ons'a ulaştı (blog.stille.com, 2017).

## 2.2. Gümüş'ün Doğada Bulunuşu

Yerkürenin yapısında %0,00001 oranında bulunan gümüş elementi kükürt ile kolayca bileşik oluşturmaktadır. Yeryüzünde genellikle düşük sıcaklıkta oluşmuş minerallerde bulunan gümüş; kurşun, çinko, kalay, antimon, bizmut ve altın ile birlikte bulunmaktadır. Subvolkanik denilen yeryüzünün üst bölgelerinde magmanın soğuması sonucu oluşan kayalarda ise bakır ile birlikte bulunmaktadır. Genellikle düşük sıcaklık minerallerinde bulunan gümüş yüksek sıcaklık minerallerinde oluşan kobalt ve nikel elementleri ile de birlikte bulunabilmektedir. Gümüş, magmatik kayalarda (ultra bazik ve bazik kayalarda, asidik kayalarda), kalkerlerde, kıltaşlarında, toprakta, bitkilerde, tatlı suda ve deniz suyunda,  $4 \times 10^{-8}$  mg/lit ( $\text{AgCl}_2$  ve  $\text{AgCl}_3$  <sup>2</sup> olarak) oranında bulunmaktadır. Dünyada en zengin gümüş yatakları, dalma-batma zonlarından oluşmuş volkanizma sonucunda meydana gelmiştir. Kuzey ve Güney Amerika'nın batı kıyıları boyunca uzanan yataklar, dünya üretiminin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Tez, 2012; Altuner, 2013).

### 2.2.1. Cevherleri

Endüstriyel anlamda işletmeye alınacak değere sahip olan gümüş blend, pirit ve galen damarlarında oldukça az miktarda bulunması gözardı edilebilmektedir. Galen damarlarında önemli derecede gümüş bulunmaktadır. Ayrıca bu damarlarda kurşun ihtiva eden gümüş cevheri yaygın olarak bulunmaktadır. Gümüş doğada yeryüzünün üst tabakalarında; iyodür, bromür ve klorür halinde, bazı bölgelerde ise doğal gümüş formunda bulunmaktadır. Daha alt tabakalarda "siyah gümüş" ve "kırmızı gümüş" denen sülfürlere (argiroz), tiyoantimonitlere (polibazit,

pirargirit), sülfoarsenürlere (proustit) rastlanmaktadır. Günümüzde gümüşün büyük bir bölümü, blend, pirit ve galen damarlarından elde edilir (Tez, 2012; Buzkan, 2006; www.msxlab.org, 2007).

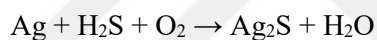
### 2.2.2. Gümüş bileşikleri

Gümüş, genellikle bileşikleriyle 1 (+1) değerliğinde bulunur. Geçiş elementi olduğu için +2 ve +3 değerlikleride bulunur. Oluşturduğu en önemli bileşikleri aşağıdaki gibidir (www.msxlab.org, 2007; Peng, 2011; Altuner, 2013):

*Gümüş Oksit (Ag<sub>2</sub>O)*: Başlangıç maddesi olarak gümüş nitrat alınarak sodyum veya potasyum hidroksit ile gerçekleştirdiği tepkime sonucu kahverengi bir çökelti oluşmaktadır. Kararlılığı olmayan bu çökelti 300 °C'nin üzerine ısıtılırsa tamamı gümüşe dönüşmektedir.



*Gümüş Sülfür (Ag<sub>2</sub>S)*: Doğada argentit minerali halinde bulunduğu bilinen bu tuzun hidrojen sülfür ile yaptığı tepkime sonucunda kararlı bir bileşik olarak elde edilmektedir.



(6-8) *Gümüş Nitrat (AgNO<sub>3</sub>)*: Bilinen gümüş tuzlarının en önemlisidir. Renksiz ağır kristaller şeklindedir. Tıp ve tedavi anlamında birçok alanda kullanılmaktadır. Deriyi ve organik maddeleri karartma işleminde kullanılan bu tuz genellikle “cehennem taşı” olarak bilinmektedir. Organik maddelerle verdiği tepkime sonucu siyah bir gümüş çökeltisi oluşur. Diğer bir yandan gümüş tuzu olarak bilinen önemli bileşiklerden gümüş sülfat (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve gümüş orto-fosfat (Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) ‘ında altını çizmek gerekir. Gümüş sülfat, sodyum sülfat ile aynı yapıya sahiptir. Gümüş orto-fosfat (Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) ise sarı renkli bir çökelektir.

*Gümüş Siyanür (AgCN)*: Gümüş tuzunun sodyum veya potasyum siyanür ile yerdeğiştirme tepkimesi sonucu meydana gelen beyaz renkli zehirli bir tuz formudur.

*Gümüş Halojeniler*: Gümüş klorür (AgCl), gümüş bromür (AgBr), gümüş iyodür (AgI); gümüş nitrat (AgNO<sub>3</sub>) çözeltisinin, halojen tuz formları ile yerdeğiştirme tepkimesi sonucu elde edilmektedir.

*İzotopları*: Doğada kararlı halde bulunan iki tane izotopu bulunmaktadır. Bunlar Ag-107 (%51,8) ve Ag-109 (%48,2) ‘dır. Ayrıca yarılanma süresi 4,5 saniye (Ag-114) ve 40 gün arasında değişen (Ag-105) ‘inde içinde bulunduğu 14 kadar radyoaktif izotopu da vardır.

### 2.3. Gümüş'ün Genel Özellikleri

Gümüş denildiğinde ilk aklımıza gelen süs eşyaları, takılar ve gümüş sikkelerdir. Fakat bunlar dünya üzerinde gümüş tüketiminin çok küçük bölümünü oluşturmaktadır. Gümüş diğer metaller ile karşılaştırıldıklarında en yüksek ısı ve elektriksel iletkenliğe sahip olan ve yansıtıcı olarak da kullanılan metaldir. Bu özellikleri sayesinde; camların yansıtıcı olarak kullanılması için kaplanmasında, elektriksel iletimin sağlanması için elektrik şartellerinde ve birçok kimyasal reaksiyonda katalizör görevinde kullanımı gibi sayısız birçok kullanım alanı bulunmaktadır (www.msxlabs.org, 2007; Gabriela vd., 2012).

Gümüş ayrıca son yıllarda daha çok kullanılmaya başlanan kıyafetler üzerinde mantar ve bakterilerin oluşmasını engellemek için antibakteriyel özelliğinden yararlanılmaktadır. Bunun yanısıra artık birçok beyaz eşya ve klima üreticileride gümüşün bu özelliğinden faydalanmaktadır. Bakteri ve mantar oluşumunu engellediği için gümüş tıbbi kıyafetlerin üretiminde de kullanılmaktadır.

Digital fotoğrafçılığa geçilmeden önce fotoğraf sektöründe dünyadaki gümüş kullanımı % 30' u bulmaktaydı. Digital fotoğrafçılık gümüş kullanımında geçici bir düşüşe sebep olsa da çok geçmeden gümüş kendine yeni sanayi kollarını oluşturmuştur.

Gümüşün endüstriyel bir metal olarak kullanılması önündeki en büyük engellerden biri, süreçlerin gümüşü harcamasıdır. Bu şekilde harcanan gümüşler geri dönüşüme uğrayamazlar. Gümüş birçok üründe çok az miktarlarda kullanıldığı için, gümüşü geri dönüştürmek ekonomik olarak çok zor, hatta imkansızdır. Birçok insan gümüş talebinin arzı çok fazla aşacağına ve gümüş fiyatlarının duyulmamış seviyelere geleceğine inanmaktadır, tıpkı petrolde olduğu gibi gümüşün de çok değerli olacağı zamanın gelmesini öngören insanlar, gümüşe olan talep arttıkça eldeki gümüşün de sürekli azalacağını söylüyorlar.

### 2.4. Gümüş'ün Fiziksel Özellikleri

Gümüş parlak bir yüzeye sahip, yumuşak, beyaz bir metaldir. En dövülgen ve en yumuşak metallere biridir. Bu özelliği sayesinde ince tel haline kolayca getirilebilir. Gümüş'ün iki benzersiz özelliği vardır. Isı ve elektriği diğer elementlerden daha iyi iletmesidir. Bu nedenle elektrikli aygıtlarda iletim aracı olarak kullanılır. Ayrıca ışığı çok iyi yansıtır.

Gümüş beyaz ve parlak bir metaldir. Ergime noktası 961,9 °C, kaynama noktası ise 1950°C' dir. Yoğunluğu ise 10,49 gr/cm<sup>3</sup> tür. Birçok bileşiklerindenki değerliği +1' dir. Latince' de argentum kelimesinden türetilen Gümüş'ün sembolü Ag' dir. Periyodik Çizelgede altın ve bakır

ile birlikte IB grubunda yer almaktadır. Gümüş, genellikle altın, kurşun ve çinko elementleriyle bir arada bulunur ya da tek başına damar yapmış halde doğada bulunabilir. Yüzey merkezli kübik yapıya sahiptir (www.msxslabs.org, 2007; Gabriela vd., 2012).

## 2.5. Gümüş'ün Kimyasal Özellikleri

Gümüşün kovalent bileşikler oluşturma eğilimi vardır. Temel yükseltgenme derecesi +1 olmakla birlikte, gümüşü geçiş elementlerine yaklaştıran +2 ve +3 değerleride bulunur. Halojenlerle, gümüşflüorür (AgF) dışında, suda hiç çözünmeyen tuzlar elde edilir. Yapısı elmasinkine benzeyen gümüş iyodür (AgI) 146 °C üstünde, özel bir yapı bozukluğu gösterir. Ag<sup>+</sup> iyonları, I<sup>-</sup> iyonlarının sert ağı içinde serbestçe yer değiştirebilirler (Gabriela vd., 2012; Duwez vd., 1960).

Gümüş bromür fotoğrafçılıkta kullanılır: bu madde, görünen ışığın, mor ötesi ışınların, X, y, vb. ışınların foto kimyasal etkisi altında bozulur ve kararır. Geliştirme (developman) aşamasında Ag<sup>+</sup> iyonları, organik bir indirgen (pirogallol, hidrokinon, genol, vb.) yardımıyla metalik gümüşe indirgenir. Laktat ve sitrat gibi organik gümüş tuzları da fotoğrafçılıkta kullanılan maddelerdir. Oksijenin, sıvı gümüşteki çözünürlüğü çok büyüktür ve sıcaklık artışıyla azalır.

Gümüş oksit (Ag<sub>2</sub>O) ancak, 15 atm altında ve 300°C 'taki bölünmüş gümüşün ısıtılmasıyla elde edilebilir. Bu da, gümüşün havada bozulmayışını açıklar (Duwez vd., 1960). Ag<sub>2</sub>O, AgNO<sub>3</sub>'ün elektrolizi sırasında anotta oluşan ya da sıcakta, potasyum permanganat yardımıyla gümüş oksitin yükseltgenmesiyle elde edilen, Ag<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ten kalkılarak hazırlanır.

## 2.6. Dünya'da Gümüş Sektörü

Dünya'nın en çok gümüş mücevheratı üretimi yapan 5 ülkesi Meksika, Peru, Çin, Avustralya ve Şili'dir (The Silver Institute, Supply ve Demand. (2018)). Meksika gümüş maden yataklarına sahip olduğu için tarihsel süreç boyunca gümüş mücevheratında büyük bir öneme sahip olmuş ve bu durum üretime de yansımıştır. Gümüş üretiminde 2016-2017 yılları arasında yaşanan değişim incelendiğinde; gümüş üretiminde en büyük gelişmeyi Merkez ve Güney Amerika ülkelerinin sağladığı görülmektedir. Peru, Şili, Bolivya, Arjantin, Guatemala ve Dominik Cumhuriyeti'nde üretiminde yaşanan artış Merkez ve Güney Amerika ülkelerinin ön plana çıkmasını sağlamıştır. Şili, Guatemala gibi ülkelerde artış yaşanırken; Kanada'da gümüş üretiminde ciddi bir düşüş gerçekleşmiştir.

**Çizelge 2.1.** Dünya gümüş üretimi (Milyon Kg) (The Silver Institute, Supply ve Demand. (2018).

Ülke	2016	2017	Değişim Oranı (%)
Meksika	5,28	5,57	5,4
Peru	4,22	4,18	-0,8
Çin	3,25	3,19	-1,9
Rusya	1,32	1,19	-9,9
Şili	1,36	1,15	-15,6
Bolivya	1,23	1,13	-8,0
Polonya	1,09	1,12	2,6
Avusturalya	1,23	1,00	-18,6
ABD	1,05	0,96	-8,9
Arjantin	0,84	0,73	-14,1
Kazakistan	0,50	0,54	6,7
Hindistan	0,40	0,48	20,7
İsveç	0,46	0,44	-5,5
Kanada	0,37	0,36	-2,3
Guatemala	0,76	0,33	-56,9
Endonezya	0,32	0,33	2,7
Fas	0,29	0,31	6,9
Türkiye	0,16	0,16	-1,8
Ermenistan	0,14	0,14	4,2
İran	0,10	0,10	0,0
Dünya	25,19	24,16	-4,1

Gümüş, en çok endüstriyel uygulamalarda (batarya, elektrik-elektronik, otomotiv, lehim vb.) kullanılmakta, endüstriyel kullanımları sırasıyla mücevherat, madeni para ve madalya imalatı, gümüş eşya yapımı izlemektedir.

Gümüş fiyatları son 10 yılda dalgalı bir seyir izlemektedir. 2005 yılında 7,3\$/ons olan gümüş fiyatı 2008’de yaşanan küresel ekonomik krize kadar artarak, 2008 yılı Mart ayında 19,3\$/ons’a kadar yükselmiş ancak ekonomik krizin ardından bir yıl içerisinde Kasım ayında 9,9\$/ons seviyesine düşmüştür. 2008’de yaşanan krizden sonra küresel ekonomideki toparlanma ile gümüş fiyatları 2010 ve 2011 yıllarında yükselişe geçmiştir. 2010 yılında gümüş fiyatı ortalaması 2008 yılına göre %34 oranında artmıştır. Çizelge 2.2’de görüldüğü üzere 2011 yılında 2010 yılına göre %74’lük bir artış gerçekleşmiştir. Ancak bu tarihten sonra gümüş fiyatları yeniden düşmeye başlamış ve 2014 yılı sonuna kadar düşüş trendi devam etmiştir. 2014 yılı sonu

itibarıyla gümüş fiyatı 19,1\$/ons'a kadar gerilemiştir (The Silver Institute, Supply ve Demand, 2018).

**Çizelge 2.2.** Dünya gümüş arzı (Milyon Kg) (The Silver Institute, Supply ve Demand, 2015).

	2010	2011	2012	2013	2014
Toplam Maden Üretimi	21,3	21,4	22,4	23,7	24,9
Net Devlet Satışları	1,3	0,3	0,2	0,2	-
Hurdacılıkta Kullanılan Gümüş	6,4	6,1	7,2	5,5	4,8
Net Üretici Koruması	1,4	0,3	-1,3	-1,0	0,4
Toplam Gümüş Arzı	30,4	29,5	28,5	28,4	30,1
Gümüş Fiyatı	0,6	1,0	0,9	0,7	0,5

Dünya gümüş talebi içerisinde mücevheratın payı %20'dir. Gümüş talebinde en yüksek pay endüstriyel üretim amaçlıdır. Sektörde altın ve gümüş talebi karşılaştırıldığında gümüşün mücevherat sektöründeki kullanımı altına kıyasla sınırlı kalmaktadır.

**Çizelge 2.3.** Dünya gümüş talebi (Milyon Kg) (The Silver Institute, Supply ve Demand, 2015).

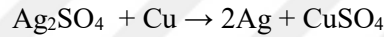
	2010	2011	2012	2013	2014	Toplam İçindeki Pay
Mücevherat	5,41	5,35	5,28	6,01	6,10	0,57
Madeni Para ve Madalya İmalatı	4,06	5,97	3,91	6,91	5,56	0,53
Gümüş Eşya	1,46	1,34	1,24	1,67	1,72	0,16
Endüstriyel Üretim	18,29	17,81	16,87	16,95	16,86	1,59
Fiziksel Talep	29,22	30,47	27,31	31,54	30,30	0,00
Fiziksel Fazlalık/Açık	1,21	-0,96	1,19	-3,17	-0,14	0,00
Toplam Gümüş Talebi	30,43	29,51	28,49	28,36	30,10	0,00
Gümüş Fiyatı	0,57	1,00	0,88	0,67	0,54	0,00

## 2.7. Gümüş'ün Elde Edilme Yöntemleri

Gümüş'ün elde edilme yöntemleri endüstriyel boyutta üretimde uygulanan; bakır üretiminden yan ürün olarak gümüş eldesi, kurşun üretiminde yan ürün olarak elde edilen gümüş ve minerallerinden gümüşün eldesidir.

### 2.7.1. Bakır üretiminde yan ürün olarak gümüş eldesi

Bakır üretiminde yaygın olarak kullanılan saflaştırma safhasında elektroliz ünitesinde gümüş anot çamurunda toplanmaktadır. Bu çamur, seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile karıştırıldıktan sonra çamurda toplanan gümüşten daha aktif olan safsızlıkların çözülerek giderilmesi sağlanmaktadır. Safsızlıkların uzaklaştırılması süzme işlemi uygulandıktan sonra tamamlanmaktadır. Daha sonraki işlemde süzüntüden kalan katı ayrılıp bu sefer derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile muamele edilmektedir. Bu işlem sonrasında gümüş, gümüş sülfat çözeltisi halinde ayrılır. Bu ayrılan çözeltinin içine bakır parçalarının atılmasıyla aşağıdaki reaksiyon doğrultusunda gümüş elde edilmiş olur (www.maden.org.tr, 2005).



### 2.7.2. Kurşun üretiminde yan ürün olarak gümüş eldesi

Kurşun mineralinde safsızlık olarak bulunan gümüş, birbirini tamamlayan 3 yöntemle elde edilebilmektedir. Bunlar Pattinson, parkes ve kupellet yöntemleridir.

#### Pattinson yöntemi

Gümüş ihtiva eden kurşun minerallerinden gümüşün elde edilmesinde kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde kurşun minerali yüksek sıcaklıkta ergitilir ve daha sonra soğumaya bırakılır. Soğuyan sıvı üzerinde kurşun billurları oluşur. Bu kurşun billurlarının alınmasıyla sıvıda sadece gümüşün kalması sağlanır. Bu işlemler kurşunu tamamen uzaklaştıran kadar devam etmektedir.

#### Parkes yöntemi

Bu yöntemde gümüş içeren kurşun minerali ergitilir ve bir miktar çinko eklenerek karıştırılır. Erimiş kurşun sıvı çinko içinde çözünmez fakat gümüş sıvı çinko içinde çözünür. Karışım soğutulduğunda çinko-gümüş alaşımı katılaşmaya başlamaktadır. Katılaştıran alaşım alınır ve damıtma işlemi yapılarak daha uçucu olan çinkonun uzaklaştırılması sağlanır ve azda olsa kurşun ihtiva eden gümüş elde edilmiş olur.

#### Kupellet yöntemi

Parkes yöntemiyle elde edilen gümüşün saflaştırılması için kullanılan yöntemdir. Bunun için içinde az miktarda kurşun bulunan gümüş, kemik külünden yapılmış Kupellet adı verilen

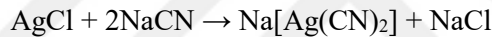
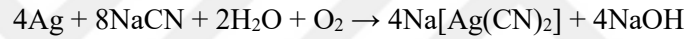
derin sıg kaplar içinde ergitilir. Ortama hava üflenerek kurşun oksitlenir ve ortamdan uzaklaştırılır. Gümüş ise değışmeden ortamda kalır. Burada kemik külünün rolü ise kurşunun oksitlenmesini kolaylaştırmaktır. Burada elde edilen gümüş içerisinde de az miktarda da olsa safsızlıklar bulunabilir. Saf gümüş elde etmek için elektrolitik saflaştırma yapılmalıdır.

### 2.7.3. Minerallerinden gümüş eldesi

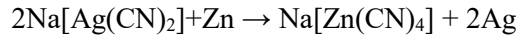
Gümüş minerallerinden gümüş elde ederken en önemli sorun, çözünmeyen gümüş bileşiklerinin çözeltiye geçmemesidir. Bunu sağlamak amacıyla siyanürleştirme ve amalgam yöntemleri kullanılır.

#### Siyanürleştirme yöntemi

Metalik gümüş ve bütün gümüş bileşikleri oksijenli ortamda alkali siyanürlerde kolayca çözünerek gümüş komplekslerini verirler.

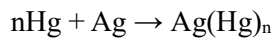
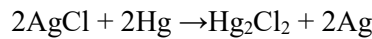


Safsızlıklardan süzülerek arındırılan komplekse, toz halinde metalik çinko veya alüminyum eklenerek aşağıdaki reaksiyon doğrultusunda gümüşe indirgenmesi sağlanır.



#### Amalgam yöntemi

Bu yöntem, metalik halde gümüş veya gümüş klorür içeren minerallerden gümüş elde edilmesinde kullanılır. Toz haline getirilen mineral, su ve civa (Hg) ile karıştırılır. Civa metalik gümüşü çözer ve gümüş klorürü de metalik gümüşe indirgeyerek amalgam oluşturur.,



Amalgam

Oluşan amalgam diğer safsızlıklardan ayrılır. Civa, demir kaplardan hazırlanmış damıtma düzeneğinde yoğunlaştırılarak tekrar kullanılır. Gümüş ise geride kalır. Burada elde edilen gümüş kısmen safsızlık içerdiiğinden elektrolitik saflaştırma yapılarak saf gümüş elde edilebilir.

### 3. ETİ GÜMÜŞ A.Ş. İŞLETMESİ

Türkiye'nin tüvenan cevherden nihai ürün aşamasına kadar olan entegre prosese sahip ilk ve tek metal gümüş üreticisi olan 1987'de işletmeye alınan Eti Gümüş A.Ş. 1985'de dönemin Cumhurbaşkanı Sn. Turgut ÖZAL tarafından temelleri atılmıştır. Eti Gümüş A.Ş.'nin 13.08.2004 tarihinde imzalanan sözleşme ile özelleştirme süreci başlamış olup 14.08.2004 tarihinden itibaren faaliyetlerini bir özel sektör kuruluşu olarak devam ettirmektedir. (Eti Gümüş Dökümanları).

#### 3.1. Tarihçe

Kütahya Gümüşköy civarında gümüş madeninin varlığı, II. Frigya Krallığı dönemine kadar uzandığı bölgedeki madencilik çalışmaları 4000 yıl öncesine dayandığı Aktepe maden sahasındaki gümüş madenciliğinin ise 1987'den itibaren ETİ GÜMÜŞ A.Ş tarafından işletildiği bilinmektedir. 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. Gümüş Projesi uygulamaya konulmuştur (Köymen, 2013).

#### 3.2. Coğrafi Konum

Aktepe maden sahası, Kütahya ilinin kuzey batısında olup Kütahya'dan yaklaşık 33 km. uzaktadır. Aktepe sahasının rakımı ortalama olarak 1165m – 1398m arasındadır. Tesis, Gümüşköyün yanındaki Aktepe maden sahasına 1 km. uzağa kurulmuştur.

#### 3.3. Jeoloji

Aktepe sahasındaki formasyonların üç jeolojik zamanda oluştuğu saptanmıştır. Bunlar şöyledir:

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

Aktepe maden sahası polimetalik bir maden yatağıdır. Arjantit, Prarjirit, Prostit, Frayberjit gibi gümüş mineralleri bulunmaktadır (Köymen, 2013).

### 3.4. 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 12 milyon tondur. Çıkarılan cevher açık stok sahasına gönderilerek stoklanır. Olumsuz kış mevsimi şartlarından dolayı açık ocakta üretim Nisan-Ekim ayları arasında yapılmaktadır. Ekim 2012 itibariyle ortalama tenör 100 g/ton'dur (Vapur ve Bayat, 2005; Köymen, 2013).

### 3.5. Tesis ve Proses

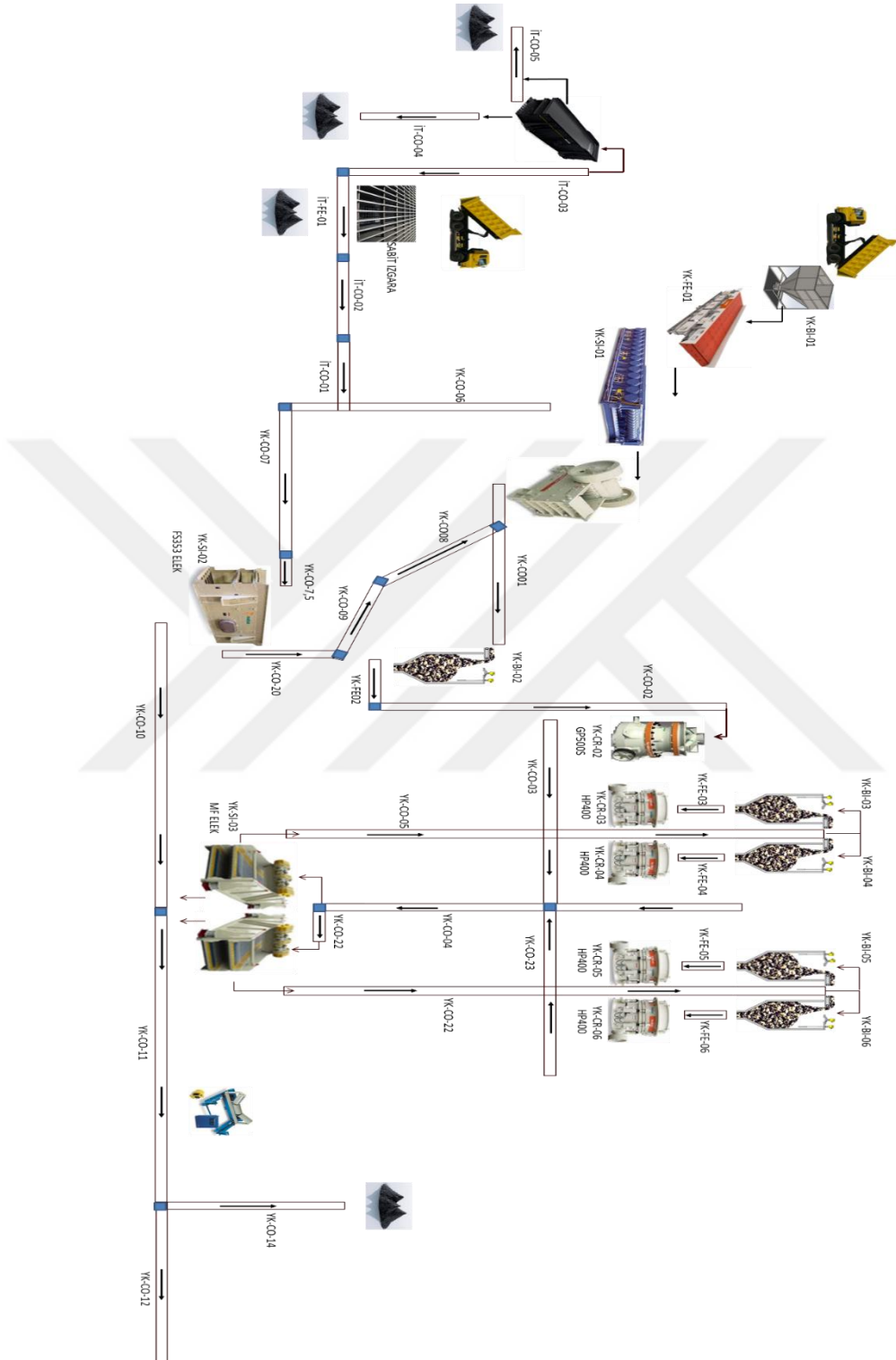
Eti Gümüş A.Ş. tesislerinde; kırma-eleme, öğütme, liç, sıvı-katı ayırımı, inci filtrasyon, hava giderme, çöktürme, pres, filtrasyon, kurutma ve izabe-elektroliz üniteleri bulunmaktadır. Ayrıca yardımcı üniteler olarak; siyanür hazırlama, slüsyon hazırlama, polimer hazırlama, kireç hazırlama ve kurşun nirat hazırlama üniteleri vardır (Köymen, 2013).

### 3.6. Tesis Kapasitesi

Özelleştirmenin yararları hemen görünmüş olup, özeleştirme süreci 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/yıl, 2008 yılı üretimi 283 ton/yıl, 2009 yılı üretimi 351 ton/yıl ve 2010 yılı üretimi ise 356,5 ton/yıl olarak gerçekleştirilmiştir. Yatırımlar ve Teknolojik Verim arttırılmasına yönelik diğer çalışmalar tamamlandığında yıllık üretim kapasitesinin 400 tonu bulması beklenmektedir. Tesis halen %50-55 Metal Kurtarma Verimi ve aylık 24 ton %99,99 saflıkta granül gümüş üretim kapasitesi ile çalışmaktadır.

### 3.7. Kırma-Eleme Ünitesi

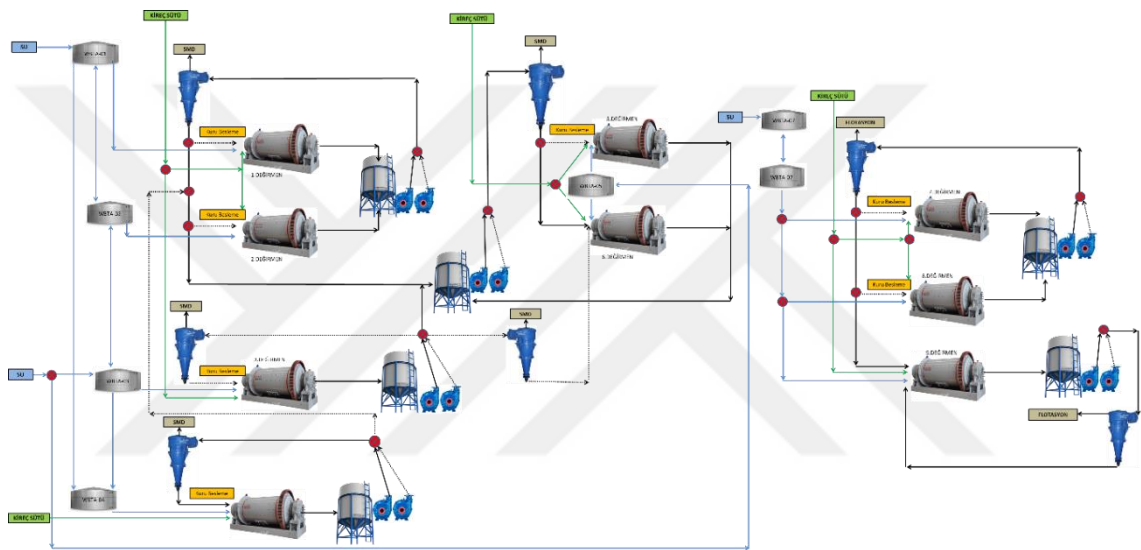
Gümüş cevherinin liç prosesine girebilmesi için uygun tane boyutuna getirilmesi gerekmektedir. Bunun içinde iki adet çeneli kırıcı, altı adet konik kırıcı, eleme sistemleri ve konveyör bantlardan oluşan bir sistemde, kırma işlemi gerçekleştirilir. Yeni Kırma-Eleme ünitesinde işletmeye alınmasıyla tesis toplam kapasitesi 750 ton/saat'e çıkarılmıştır.



Şekil 3.1. Kırma-eleme ünitesi.

### 3.8. Öğütme Ünitesi

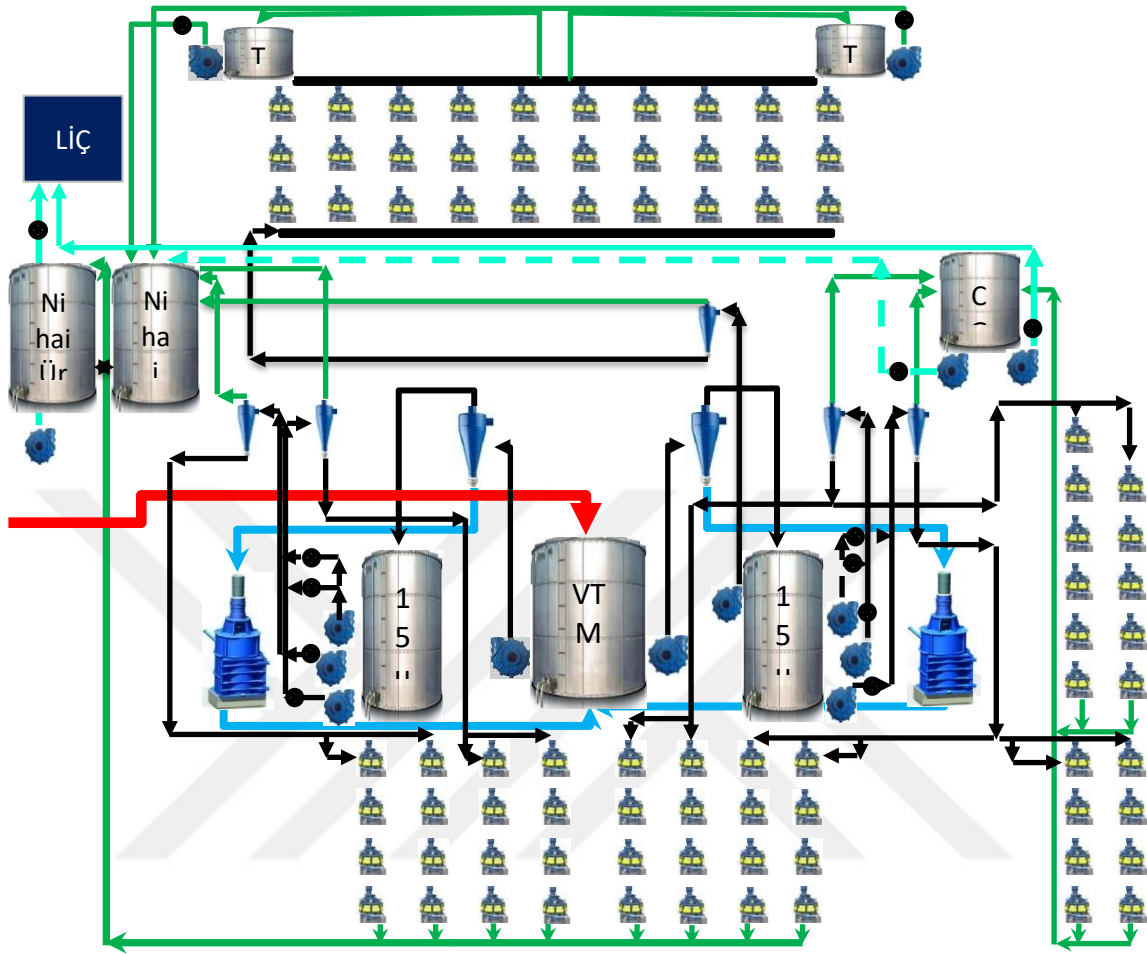
Öğütme işlemi halen 6 bilyalı değirmen vasıtasıyla yapılmakta olup, değirmenler açık devre siklo sisteme ve 13 adet Derrick Elek sistemi ile çalışmaktadır. 2 değirmen POLYSİUS (Almanya) diğer 4 değirmen ERSEL (Türkiye) firmaları tarafından yapılmıştır. Normal koşullarda mevcut 6 değirmenin toplam kapasitesi 600 ton/saat'tir. Bu ünitenin amacı, değirmenden çıkan malzemenin % 80'i  $74\mu$  (mikron) altında olmasını sağlamaktır.



Şekil 3.2. Öğütme işlemi yapılan 6 bilyalı değirmen.

### 3.9. Ultra-ince Öğütme Ünitesi

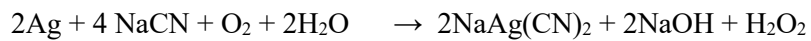
Eti Gümüş tesisinde kapasite arttırımına yönelik yeni yatırımlar kapsamında ultra-ince öğütme tesisi kurulmuştur. Tesis projesi METSO MİNERALS (Amerika) firmasına ait olup; iki adet dikey değirmen (VTM), seksen bir adet SMD ve bunlara bağlı hidrosiklon gruplarından oluşmaktadır. Amaç, bilyalı öğütme ünitesinden gelen  $74\mu$ 'luk gümüş cevheri pulpunu VTM değirmenler ve SMD değirmenlerde ise  $15\mu$ 'a düşürmektir.



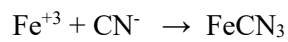
Şekil 3.3. Dikey değirmen.

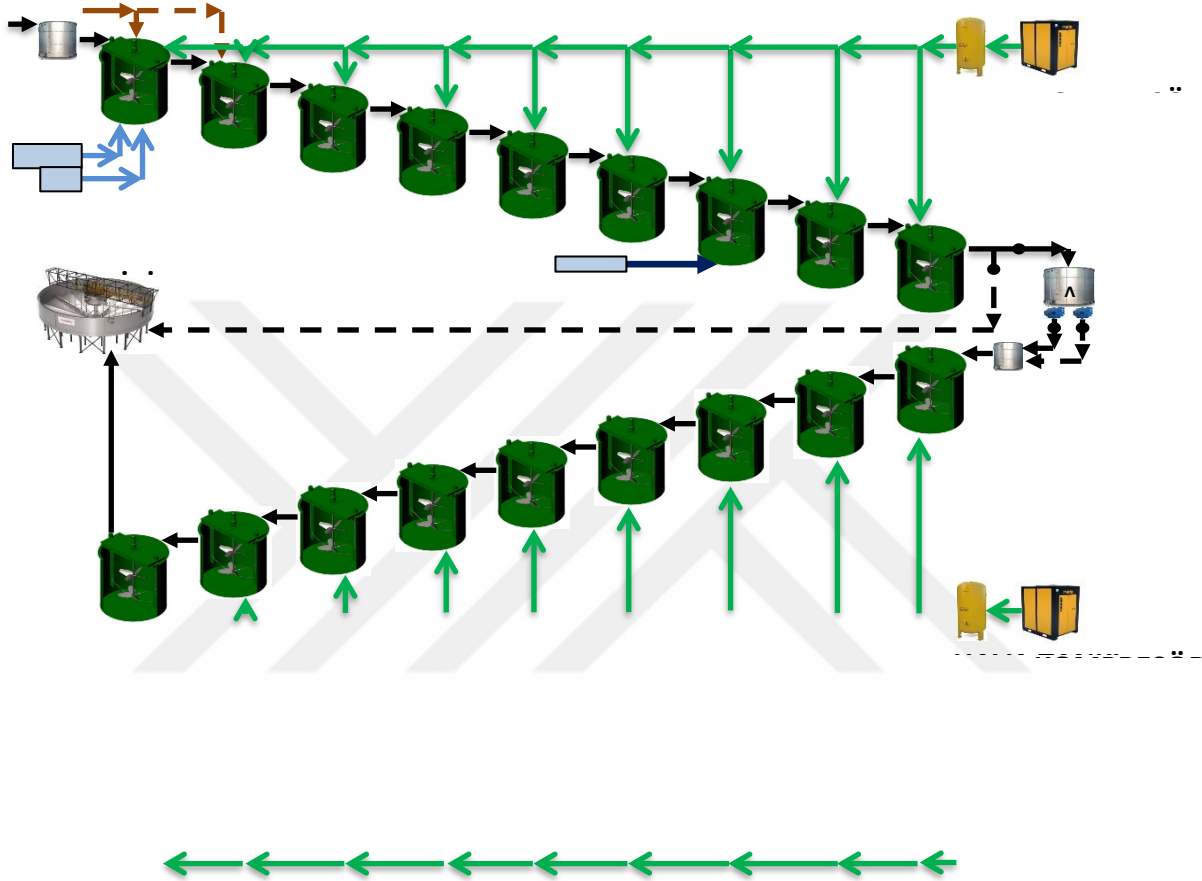
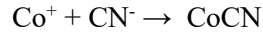
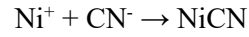
### 3.10. Liç Ünitesi ve Proses

Öğütme ünitesinden gelen siklon üst akıntısı, herbiri 2000 m<sup>3</sup> hacimli, içinde karıştırıcılar bulunan 18 adet liç tankına verilmektedir. Tanklar arasında kot farkı olup; siyanür ile reaksiyona sokulan cevher pulpu bu kot farkı sayesinde taşarak serbest akış ile sistemi terk etmektedir. Kimyasal reaksiyonlar aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir (Köymen, 2013):



Diğer elementlerde Siyanür bileşikleri yaparak sıvıya geçerler.

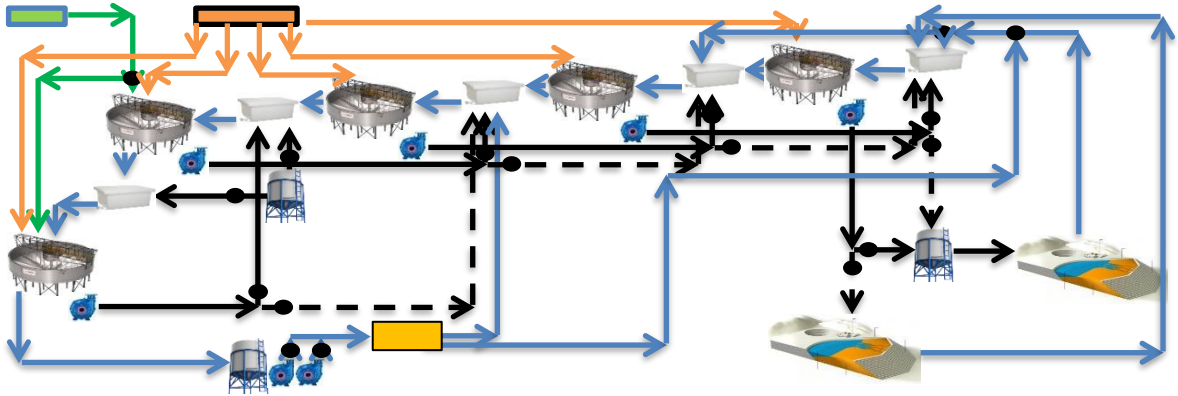




Şekil 3.4. Liç Ünitesi ve proses.

### 3.11. Sıvı-Katı Ayırımı

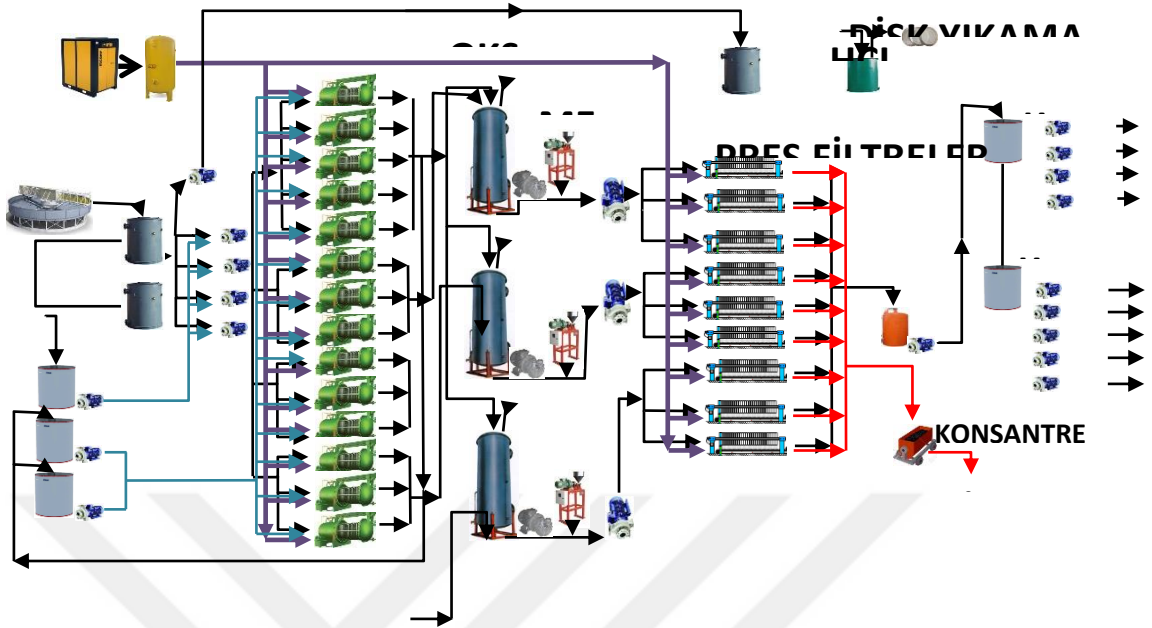
Sıvı faza geçen gümüş, 24 m çapında olan 5 adet tikiner (200 ton/saat kapasite) ve yeni yatırımlar kapsamında devreye alınan 37 m çaplı 5 adet çaplı tikner (450 ton/saat kapasite) olmak üzere toplam 10 tikiner tankından sıvı-katı ayırımı işlemine tabii tutulur. Tikinerler DORR OLİVER EIMCO (İngiltere) firması tarafından dizayn edilmiştir. Bu sistem ters akım süzdürmesi diye adlandırılır. Bu ünite de flokülant yardımıyla katılar çöktürülerek atık barajına akıtılır ve diğer yandan üst akım olarak gümüş içeren sıvı elde edilir.



Şekil 3.5. Sıvı-katı ayırımı.

### 3.12. İnce Filtrasyon

Birinci tikiner tankından gelen durulmuş üst akıntı, stoklama tankından ince filtrasyon ünitesine pompalanır ve 14 basınç filtresine eşit olarak dağıtılır. Filtrelerin toplam kapasitesi 2200 m<sup>3</sup>/gündür. Yatırımlar sonrası toplam kapasitesi 14 filtre ile 3000 m<sup>3</sup>/gün seviyesine çıkarılmıştır. Bu üniteye tikiner ünitesinden gelen kirli haldeki sıvının kirlilik oranı 5 mg/L'nin altına düşürülür. Diğer taraftan filtrasyon boyunca gözenekli filtre kekini elde etmek için, tanktaki filtre besleme maddesine mikronize perlit ilave edilir.



Şekil 3.6. İnce filtrasyon.

## 4. MATERYAL VE METOT

### 4.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar

Deneysel kısımda, ilk olarak Eti Gümüş A. Ş'ye (Kütahya) ait gümüş cevheri yatağından temsili olarak alınan kontrol numunesi çeneli kırıcıda öğütülme işlemi gerçekleştirilmiştir. Malvern Mastersizer 2000 MU cihazı ile tane boyutu analizi yapılmıştır. Deneyde öncelikli olarak sülfürik asit ( $H_2SO_4$ , %95-97 Merck) ile ön aktivasyon liçi uygulanmıştır. Bu ön aktivasyon işleminden sonraki aşamada NaCN kullanılacağı için hazırlanan liçin pH ı 10,50-12,00 aralığında tutmak için kireç kullanılmıştır. Daha sonra sodyum siyanür (NaCN, Merck) liçine tabii tutulmuştur. Elde edilen katının çözündürülmesinde ve liç sırasında alınan sıvı numunelerin analizlerinde; hidroklorik asit (HCl, Merck), nitrik asit ( $HNO_3$ , Merck), perklorik asit ( $HClO_4$ , Merck), hidroflorik asit (HF, Merck) ve gümüş nitrat ( $AgNO_3$ , Merck) kullanılmıştır. Numunelerin analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS, Varian-FS240) ve İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES, AnalyticJena) cihazları ile yapılmıştır. Deney sırasında kullanılacak olan cam malzemelerin tamamı ve karıştırıcı balıklar kral suyu ile temizlenmiş ve 18 M $\Omega$ 'luk analitik saflıkta olan saf su ile yıkandıktan sonra etüvde kurutulmuştur.

### 4.2. Örnek Hazırlama

Eti Gümüş A. Ş'ye (Kütahya) ait gümüş cevheri yatağından temsili numune alınmıştır. Mineralojik analiz için numuneler ayrıldıktan sonra örnekler çeneli kırıcıda 4,75 mm'nin altına kırılmıştır. Numuneler harmanlama ve örnek bölücüyle 1kg'a ayrılarak paketlenmiştir. Öğütme işlemi, laboratuvar ölçekli çubuklu değirmende yapılmıştır. Laboratuvar tipli değirmenin şarj oranı %27, iç çapı 19,5 cm ve iç uzunluğu 30 cm silindirik çubuklu değirmende "yaş öğütme" yapılmıştır. Öğütme işleminde 1 kg örnek, %50 katı oranı ile 76 dev/dk dönme hızı olacak şekilde ayarlanıp tane boyutu (d80) 75  $\mu$ m boyutuna öğütülmüştür.

$H_2SO_4$  ve NaCN liçi deneylerinde kullanılacak cevher, ince öğütme amacıyla laboratuvar ölçekli karıştırılmalı ortam değirmeninde öğütülmüştür. Öğütücü ortam olarak alüminyum oksit esaslı zirkon ile güçlendirilmiş mikro bilye (DMM AZ 2000 ®) kullanılmıştır. Numune, 30 dk ince öğütülmüş ve öğütme esnasında belirlenen sürelerde pulptan örnek numune alınarak Malvern Mastersizer 2000 MU cihazıyla (Şekil 4.1) boyutları ölçülmüştür. Tane boyut analizleri 4 tekrarin ortalaması alınarak yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonucunda ise deneylerde kullanılacak cevherin tane boyutu (d80) 75  $\mu$ m olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.1.** Malvern Mastersizer 2000 MU tane boyut cihazı.

### 4.3. Analizlerde Kullanılan Cihazlar

#### 4.3.1. Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS)

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS), gaz halindeki ve temel enerji düzeyinde bulunan atomların, UV ve görünür bölgedeki ışığı absorblaması ilkesine dayanır. Işıma şiddetindeki azalma ortamda absorpsiyon yapan elementin derişimi ile doğru orantılıdır. Atomik absorpsiyon spektroskopisinde metallerin çoğu ile az sayıda ametal analiz edilir. Atomik absorpsiyon spektroskopisinde element, elementel hale dönüştürüldükten sonra buharlaştırılır ve kaynaktan gelen ışın demetine maruz bırakılır.

Aynı elementin ışın kaynağından gelen ışınları absorplar. Sulu numune bir alev içine yükseltgen gaz karışımı ile püskürtülür. AAS' nin temel çalışma prensibi gaz halindeki atomların ışığı absorblaması ilkesine dayandığı için hazırlanan çözeltinin gaz halindeki atomlarına dönüştürecek bir atomlaştırıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Birimimizdeki AAS grafit yakma sistemine sahiptir.

Elektrotermal atomlaştırıcı olarak grafit fırın adı verilen 2-3 cm uzunluğunda 1 cm iç çapındaki tüp kullanılır. Bu tüpün her iki yanına bağlanmış direnç telleri ile ısıtma yapılır. Fırın elektriksel dirençle 3000 °C' ye kadar istenirse kademeli olarak ısıtılabilir. Alevli sistemlere göre daha pahalı fakat daha avantajlıdır. Özellikle ağır metal elementlerinin analizinde ppb düzeyine kadar inebildikleri için daha fazla tercih edilmektedir.

Atomik absorpsiyon spektrofotometresi, elementel analizlerde kullanılan önemli bir araçtır. Örnekteki aranan elementler, o elemente has dalga boyundaki ışığı soğurması yardımıyla bulunmaktadır. Katot lambada, aranan elementin dalga boyu genelde elementin kendisinin uyarılması ile elde edildiği için, örnekteki miktarlar için keskin sonuçlar verebilmektedir. Genellikle metaller için kullanılır.

AAS kimyasal işlem laboratuvar analizlerinde kullanıldığı gibi, günlük hayatta su kirliliği, toprak kirliliği ve hava kirliliği oluşturan elementlerin limit miktarları doğrultusunda uyumluluk analizleri için de kullanılmaktadır.

Çözelti içerisindeki element tayinleri laboratuvarımızda bulunan Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile gerçekleştirilmektedir. Miktar tayini yapılacak olana, elementin numunede bulunma miktarına göre Alev, Grafit Fırın ve Hidrür tekniklerinden uygun olanı seçilerek analiz yapılmaktadır. Alevde 160, Grafit Fırında ise 148 numuneye aynı anda bakılabilmektedir.

Laboratuvarımızda organik ve inorganik numunelerde; Na, K, Mg, Cr(III), B, Sr, Sn, Mo, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Al, Pb, As, Se ppm ve ppb düzeyinde miktar tayini yapılabilmektedir (MEB, 2012).



Şekil 4.2. Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS, Varian FS-240).

#### 4.3.2. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP-OES)

Endüktif Eşleşmiş Plazma (ICP), düşük derişimdeki elementlerin ölçüldüğü bir analitik tekniktir. Örnek, 6000-10000 K sıcaklığındaki argon plazmaya gönderilir. Plazma içinde moleküler bağlar kırılır, atom ve iyonlar oluşur. Bu oluşan atom ve iyonlar plazma içinde uyarıldıktan hemen sonra karakteristik dalga boylarında ışınım yaparak tekrar eski enerji seviyelerine dönerler. Emisyon sinyalleri Echelle polikromatör ve S - CCD (yükten bağlaşımlı

aygıt) dizilim detektör sistemiyle ölçülmektedir. Aynı anda birden fazla element tayin edilebilir. Gözlenebilme sınırları  $\mu\text{g/L}$  düzeyindedir (Biata vd., 2017).



Şekil 4.3. Endüktif eşleşmiş plazma (ICP-OES).

#### 4.3.3. Serbest Siyanür Analizi

Liç numuneleri belirlenen saat aralıkları yaklaşık 50-100 ml alınır ve mavi bant süzgeç kağıdı ile süzülür. Süzüntüden 5 ml pipetlenir ve 100 ml'lik erlene aktarılır. Daha sonra erlene 5-10 ml saf su ile 5 ml 0,1 M'lik NaOH ilave edilir. Yaklaşık 10 damla da %0,02'lik Rodamin indikatörü damlatıldıktan sonra 0,02 M'lik  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi ile titre edilir. Titre edilen çözeltinin rengi sarıdan pembeye döndüğü anda titrasyon tamamlanır. Daha sonra  $\text{AgNO}_3$  sarfiyatı ve çözeltiye katılan ürünlerin miktarına göre gerekli hesaplama yapılarak siyanür sarfiyatı bulunur.

$$\text{NaCN (g/L)} = \frac{S \times F}{M} \times 1.96 \text{ (mg/mL)} \quad (4.1)$$

S = Gümüş nitrat sarfiyatı. (mL)      F = Gümüş nitrat faktörü.

M = Alınan numune miktarı (mL)

1,96 = Reaksiyon denkleminde göre NaCN miktarı

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

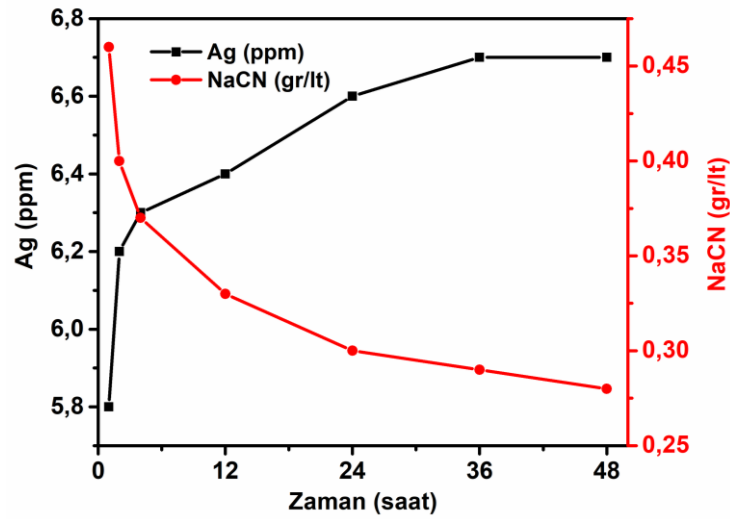
Bu tez kapsamında yapılan çalışmada metalik gümüş ve diğer metalleri ihtiva eden numunenin  $H_2SO_4$  ön aktivasyon liçi sonrası uygulanacak olan NaCN liçinden elde edilecek gümüş ve diğer metallerin verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

### 5.1. Laboratuvar Ölçekli Geri Kazanım Deney Sonuçları

Bu çalışma kapsamında harman cevherin siyanür liçine tabii tutulan cevherin parametreleri aşağıdaki Çizelge 5.1' de gösterilmiştir. Zamana bağlı olarak Ag(ppm) ve NaCN (gr/lt) sonuçları Şekil 5.1 de gösterilmiştir. Bu çalışmada NaCN kullanıldığı için pH 10,50-12,00 aralığının da çalışmaları yürütülmüştür. Bu parametrelere göre 0.2 M  $H_2SO_4$  liçini sıcaklık artırılarak iki aşamada değerlendirmeler yapılmıştır. Çizelge 5.2' de 25 °C' de  $H_2SO_4$  liçi sonra siyanür liçi deney sonuçları, Çizelge 5.3' de ise 100 °C' de  $H_2SO_4$  ön aktivasyonu sonrası siyanür liçi sonuçları ve parametreleri gösterilmiştir. 0.2 M  $H_2SO_4$  ön aktivasyonu işlemlerinin 25 ve 100 °C' de siyanür liçinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında sıcaklık artışının bir etkisi görülmemiştir. Bunun yanı sıra uygulanan 0.2 M lık  $H_2SO_4$  ön aktivasyonunun siyanür liçi sonrası sıvıya geçen Ag miktarında 0.8 ppm bir artış göstermiştir. Bu ön aktivasyon işlemi kısmî olarak bir artış göstereceği  $H_2SO_4$  miktarının artışının ön aktivasyon işlemi için sıvıya geçen Ag miktarına herhangi bir etkisinin olup olmayacağını araştırmak için diğer çalışmalar yapılmıştır.

**Çizelge 5.1.** 1,2,3,4. Atık barajından alınan harman cevher orijinal numunesinin NaCN liç parametreleri.

Deneysel Kodu	BARAJ ATIĞI HARMANLANMIŞ CEVHER ORJİNAL NUMUNE		Tane Boyutu	74 $\mu$		
Liç Sırası	-		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	91		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
DENEY AŞAMASI						
Deneysel Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,90	0,50	0	91	
1	5,7	11,39	0,46	5,8 $\pm$ 0,2		
2	5,9	11,24	0,40	6,2 $\pm$ 0,3		
4	5,8	11,12	0,37	6,3 $\pm$ 0,4		
12	5,9	10,86	0,33	6,4 $\pm$ 0,2		
24	5,7	10,62	0,30	6,6 $\pm$ 0,3		Kireç ilavesi
36	5,8	11,10	0,29	6,7 $\pm$ 0,2		
48	5,8	10,91	0,28	6,7 $\pm$ 0,3		
NaCN liç sonu atık katı					75 $\pm$ 0,3	
NaCN liç sonu % verim					17,6	



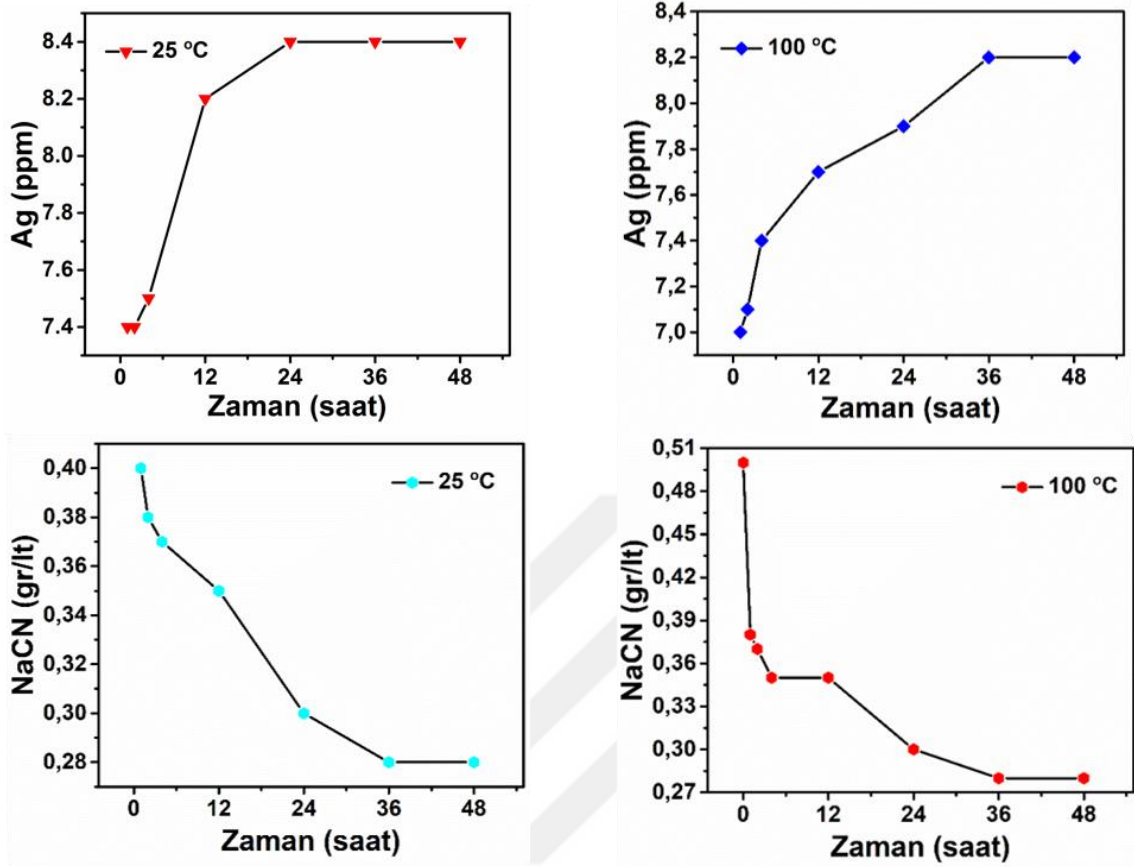
**Şekil 5.1.** 1, 2, 3, 4. Baraj atığı harmanlanmış orijinal numunesinin CN liçi analiz sonuçları.

**Çizelge 5.2.** 25 °C 0.2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (A-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	25°C 0.2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (A1)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	1		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	94,9±0,1		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,55	0,50	0		
1	5,7	10,90	0,40	7,4±0,3		
2	5,9	10,85	0,38	7,4±0,1		
4	5,8	10,75	0,37	7,5±0,4		
12	5,9	10,61	0,35	8,2±0,3		
24	5,7	10,25	0,30	8,4±0,1		
36	5,8	10,46	0,28	8,4±0,2		
48	5,8	10,30	0,28	8,4±0,5		
NaCN liç sonu atık katı					71,4±0,5	
NaCN liç sonu % verim					24,7	

**Çizelge 5.3.** 100 °C 0.2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (A-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	100°C 0.2 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (A2)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	2		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	95,1±0,2		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
DENEY AŞAMASI						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,70	0,50	0		
1	5,7	11,10	0,38	7,0±0,2		
2	5,9	11,00	0,37	7,1±0,5		
4	5,8	10,85	0,35	7,1±0,4		
12	5,9	10,71	0,35	7,7±0,5		
24	5,7	10,40	0,30	7,9±0,6		
36	5,8	10,42	0,28	8,2±0,6		
48	5,8	10,32	0,28	8,2±0,3		
NaCN liç sonu atık katı				70,6±0,6		
NaCN liç sonu % verim				25,8		



Şekil 5.2. 25 °C ve 100 °C 0,2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri.

Çizelge 5.4' de 25 °C' de 0.4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 saat ön aktivasyon işlemi sonrası siyanür liçi deney sonuçları, Çizelge 5.5' de ise 100 °C' de 0.4M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 saat ön aktivasyonu sonrası siyanür liçi sonuçları ve parametreleri gösterilmiştir. % 32 katı oranı olacak şekilde hazırlanan liç H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyonu işlemi gerçekleştirildikten sonra alınan katıyla hazırlanmış ve NaCN liçi kurulmuştur. Tüm 2 saat süreli H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyon liç işlemine 500 gr katı ile başlanmış sonrasında süzülen katı 5 lt çeşme suyu ile yıkanarak kurutmaya tabii tutulmuştur. Sonrasında homojen numune ayırımını sağlamak için 4'leme metodu kullanılmıştır. 4'leme metodu elimizdeki numunenin 4 eşit parçaya ayrıldığı karşılıklı çapraz iki bölümünün alınarak tekrar istenilen numune miktarına getirilene kadar bu işlemin devam ettirilmesidir. Kurutma ve sonrasında yapılan 4'leme işlemi sonrası numune içerisinden 350 gr katı alınarak NaCN liç işlemi gerçekleştirilmiştir. Arta kalan yaklaşık 150 gr numune elementel analiz için şahitlenmiştir. Oda sıcaklığında pH ın 10,50-12,00 arasında havanın sabit olarak ~5,8 mg/L tutulduğu bir deney şartları oluşturulmuştur. 0,4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyon liçi ile bir önceki çalışmaya göre sıvıya

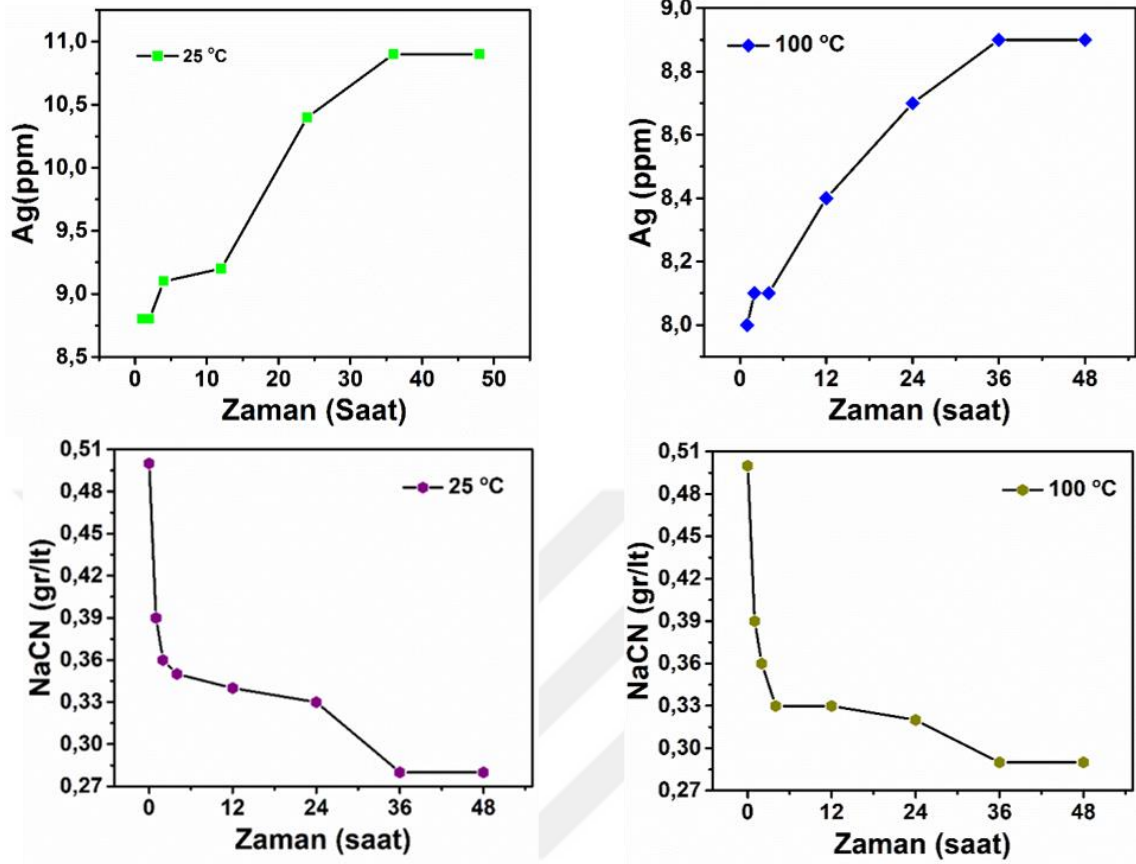
geçen ve katıda kalan Ag (ppm) değerlerinde değişiklik olduğu görülmektedir. NaCN liçi sonu katı 4'lü asit çözündürülmesi yapılarak katıda kalan Ag değeri AAS cihazı ile okunmuş ve % verim hesabı yapılmıştır. Hiçbir ön aktivasyon asit liç işlemi yapılmadan sadece CN liçi yapıldığında verimliliğin Çizelge 5.1' de %17 olduğu görülmektedir. Çizelge 5.4' de yapılan çalışma şartlarına göre bu verim % verim 27,5 ve Çizelge 5.5' de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 27,8 oranına yükseldiği deneysel verilerle gösterilmiştir.

**Çizelge 5.4.** 25 °C 0.4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (B-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	25°C 0.4 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (B1)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	1		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	95,7±0,3		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,60	0,50	0		
1	5,7	10,80	0,40	8,8±0,4		
2	5,9	10,73	0,38	8,8±0,5		
4	5,8	10,65	0,37	9,1±0,3		
12	5,9	10,41	0,35	9,2±0,3		
24	5,7	10,31	0,30	10,4±0,5		
36	5,8	10,16	0,28	10,9±0,3		
48	5,8	10,07	0,28	10,9±0,2		
NaCN liç sonu atık katı					69,4±0,8	
NaCN liç sonu % verim					27,5	

**Çizelge 5.5.** 100 °C 0.4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (B-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	100°C 0.4 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (B2)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	2		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	96±0,4		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,70	0,50	0		
1	5,7	11,00	0,39	8,0±0,4		
2	5,9	10,95	0,36	8,1±0,5		
4	5,8	10,90	0,33	8,1±0,5		
12	5,9	10,75	0,33	8,4±0,3		
24	5,7	10,56	0,32	8,7±0,2		
36	5,8	10,45	0,29	8,9±0,3		
48	5,8	10,39	0,29	8,9±0,3		
NaCN liç sonu atık katı				69,3±0,5		
NaCN liç sonu % verim				27,8		



Şekil 5.3. 25 °C ve 100 °C 0,4M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri.

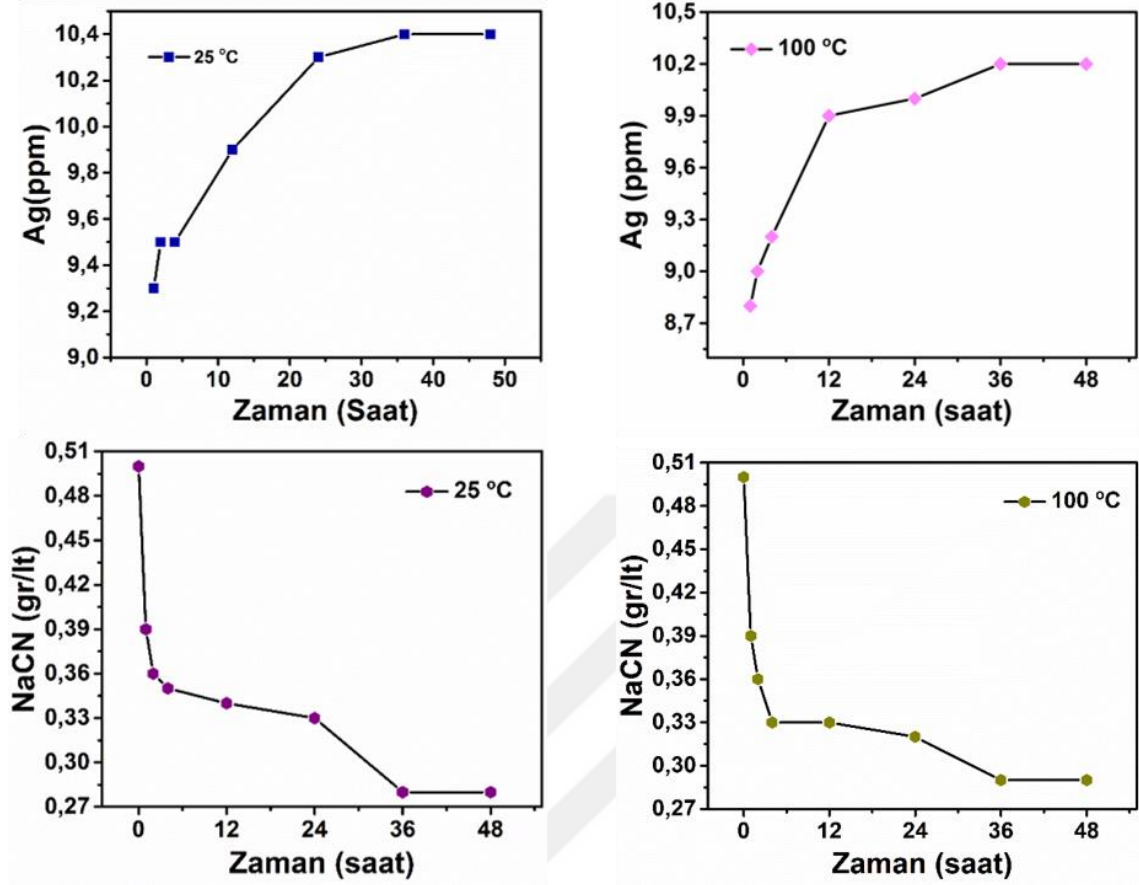
Çizelge 5.6' da 25 °C' de 0.6 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyon işlemi sonrası siyanür liçi deney sonuçları, Çizelge 5.7' de ise 100 °C' de 0.6 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyonu sonrası siyanür liçi sonuçları ve parametreleri gösterilmiştir. %32 katı oranı olacak şekilde hazırlanan liç M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyonu işlemi gerçekleştirildikten sonra alınan katıyla hazırlanmış ve NaCN liçi kurulmuştur. Oda sıcaklığında pH ın 10,50-12,00 arasında havanın sabit olarak ~5,8 mg/L tutulduğu bir deney şartları oluşturulmuştur. 0,6 M M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyon liçi ile bir önceki çalışmaya göre sıvıya geçen ve katıda kalan Ag (ppm) değerlerinde değişiklik olduğu görülmektedir. NaCN liçi sonu katı 4'lü asit çözündürülmesi yapılarak kalan Ag değeri AAS cihazı ile okunmuş ve % verim hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.6' da yapılan çalışma şartlarına göre % verim 28,7 ve Çizelge 5.7' de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 28,8 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 5.6.** 25 °C 0.6 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (C-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	25°C 0.6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (C1)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	1		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	96,6±0,6		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,9	10,53	0,5	0		
1	5,8	10,96	0,39	9,3±0,3		
2	5,7	10,87	0,36	9,5±0,1		
4	5,8	10,70	0,35	9,5±0,4		
12	5,8	10,58	0,34	9,9±0,3		
24	5,9	10,47	0,33	10,3±0,5		
36	5,7	10,41	0,28	10,4±0,5		
48	5,8	10,36	0,28	10,4±0,5		
NaCN liç sonu atık katı				68,9±0,3		
NaCN liç sonu % verim				28,7		

**Çizelge 5.7.** 100 °C 0.6 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (C-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	100°C 0.6 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (C2)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	2		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	97,1±0,4		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
DENEY AŞAMASI						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,7	10,62	0,5	0		
1	5,7	10,85	0,39	8,8±0,3		
2	5,8	10,77	0,36	9±0,1		
4	5,9	10,66	0,33	9,2±0,4		
12	5,9	10,54	0,33	9,9±0,3		
24	5,8	10,46	0,32	10±0,5		
36	5,7	10,38	0,29	10,2±0,5		
48	5,8	10,36	0,29	10,2±0,5		
NaCN liç sonu atık katı				69,1±0,6		
NaCN liç sonu % verim				28,8		



Şekil 5.4. 25 °C ve 100 °C 0,6 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri.

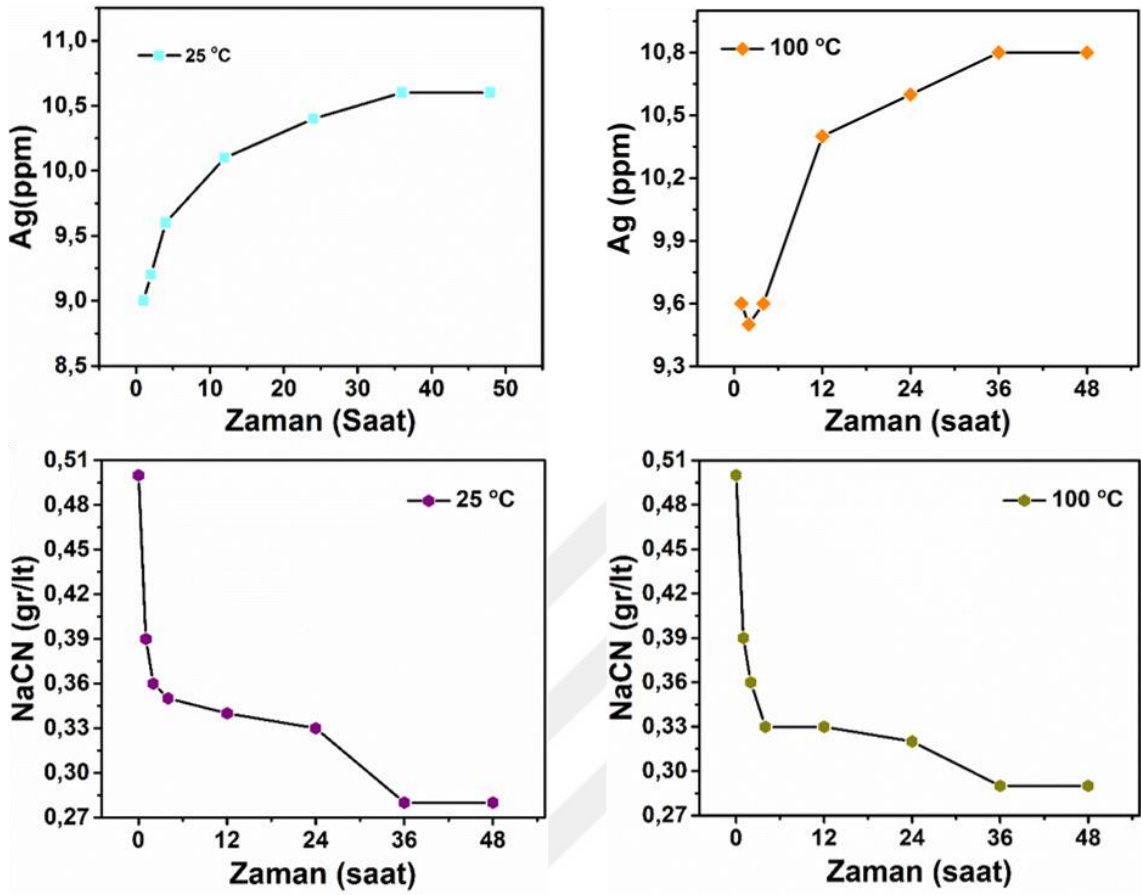
Çizelge 5.8' de 25 °C' de 0.8 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyon işlemi sonrası siyanür liçi deney sonuçları, Çizelge 5.9' de ise 100 °C' de 0.8 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyonu sonrası siyanür liçi sonuçları ve parametreleri gösterilmiştir. %32 katı oranı olacak şekilde hazırlanan liç H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyonu işlemi gerçekleştirildikten sonra alınan katıyla hazırlanmış ve NaCN liçi kurulmuştur. Oda sıcaklığında pH ın 10,50-12,00 arasında havanın sabit olarak ~5,8 mg/L tutulduğu bir deney şartları oluşturulmuştur. 0,8 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyon liçi ile bir önceki çalışmaya göre sıvıya geçen ve katıda kalan Ag (ppm) değerlerinde değişiklik olduğu görülmektedir. NaCN liçi sonu katı 4'lü asit çözündürülmesi yapılarak kalan Ag değeri AAS cihazı ile okunmuş ve % verim hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.8' de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 29,7 ve Çizelge 5.9'de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 31,1 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 5.8.** 25 °C 0.8 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (D-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	25°C 0.8 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (D1)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	<b>1</b>		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	97,7±0,4		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,9	10,54	0,5	0		
1	5,9	10,87	0,39	9±0,3		
2	5,9	10,74	0,36	9,2±0,1		
4	5,7	10,70	0,35	9,6±0,4		
12	5,8	10,59	0,34	10,1±0,3		
24	5,8	10,39	0,33	10,4±0,5		
36	5,8	10,34	0,28	10,6±0,5		
48	5,9	10,31	0,28	10,6±0,5		
NaCN liç sonu atık katı					68,7±0,3	
NaCN liç sonu % verim					29,7	

**Çizelge 5.9.** 100 °C 0.8 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (D-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	100°C 0.8M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (D2)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	2		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	97,6±0,4		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,8	10,59	0,5	0		
1	5,8	10,93	0,39	9,6±0,3		
2	5,8	10,88	0,36	9,5±0,1		
4	5,9	10,82	0,33	9,6±0,4		
12	5,7	10,71	0,33	10,4±0,3		
24	5,7	10,42	0,32	10,6±0,5		
36	5,9	10,51	0,29	10,8±0,5		
48	5,9	10,38	0,29	10,8±0,5		
NaCN liç sonu atık katı				67,2±0,2		
NaCN liç sonu % verim				31,1		



Şekil 5.5. 25 °C ve 100 °C 0,8M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri.

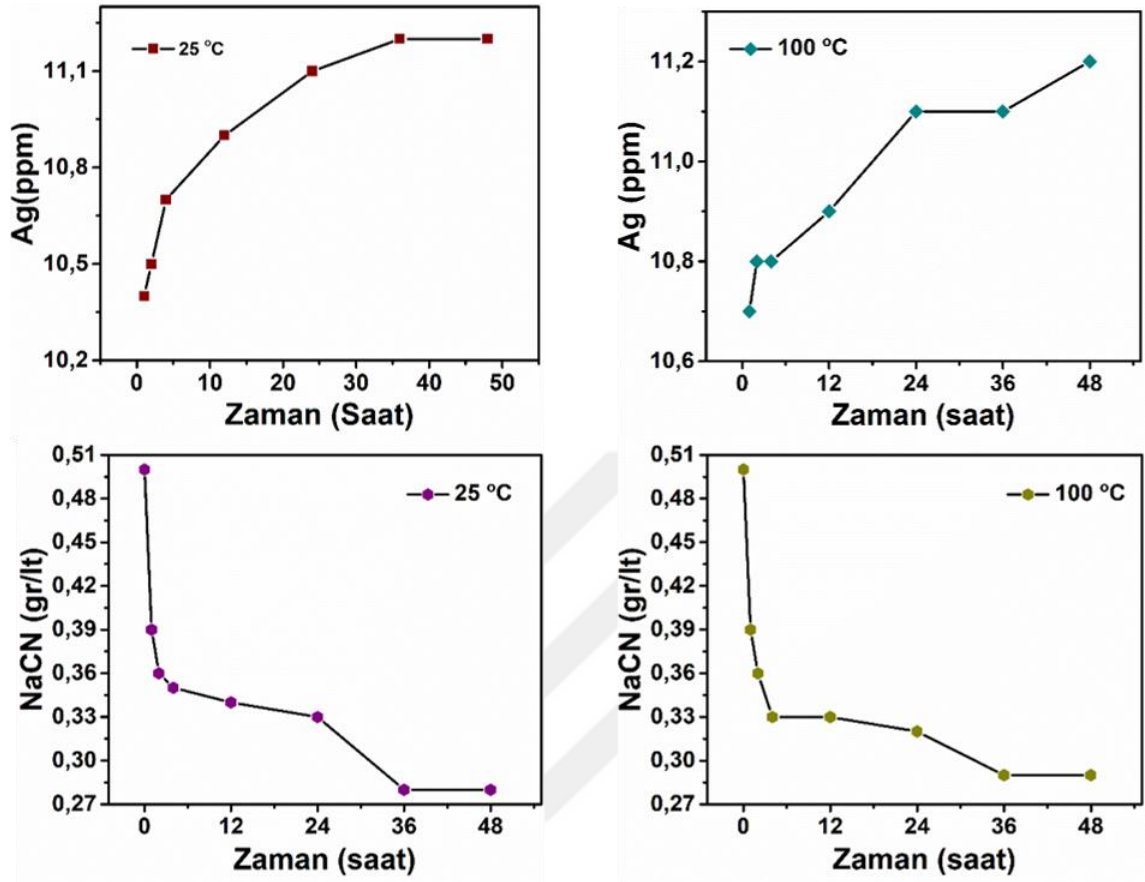
Çizelge 5.10' de 25 °C' de 1,1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyon işlemi sonrası siyanür liçi deney sonuçları, Çizelge 5.11' de ise 100 °C' de 1,1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön aktivasyonu sonrası siyanür liçi sonuçları ve parametreleri gösterilmiştir. % 32 katı oranı olacak şekilde hazırlanan liç M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyonu işlemi gerçekleştirildikten sonra alınan katıyla hazırlanmış ve NaCN liçi kurulmuştur. Oda sıcaklığında pH ın 10,50-12,00 arasında havanın sabit olarak ~5,8 mg/L tutulduğu bir deney şartları oluşturulmuştur. 1,1 M M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ön aktivasyon liçi ile bir önceki çalışmaya göre sıvıya geçen ve katıda kalan Ag (ppm) değerlerinde değişiklik olduğu görülmektedir. NaCN liçi sonu katı 4'lü asit çözündürülmesi yapılarak kalan Ag değeri AAS cihazı ile okunmuş ve % verim hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.10' de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 29,7 ve Çizelge 5.11'de yapılan çalışma şartlarına göre % verim 31,1 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 5.10.** 25 °C 1.1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (E-1) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu	25°C 1.1M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LIÇI SONRASI KATISI (E1)		Tane Boyutu	74µ		
Liç Sırası	1		Katı Oranı %	32		
Numunenin Cinsi	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu	0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)	350		pH Değeri	10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)	744		Liç Süresi	48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)	98±0,3		O <sub>2</sub> Miktarı	~5,8 mg/L		
DENEY AŞAMASI						
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER
0	5,9	10,60	0,5	0		
1	5,9	10,96	0,39	10,4±0,3		
2	5,9	10,78	0,36	10,5±0,1		
4	5,7	10,69	0,35	10,7±0,4		
12	5,8	10,64	0,34	10,9±0,3		
24	5,8	10,36	0,33	11,1±0,5		
36	5,7	10,33	0,28	11,2±0,5		
48	5,7	10,31	0,28	11,2±0,5		
NaCN liç sonu atık katı					67,1±0,5	
NaCN liç sonu % verim					31,5	

**Çizelge 5.11.** 100 °C 1.1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (E-2) ön aktivasyon işlemi sonrası CN- liçi parametre ve sonuçları.

Deney Kodu		100°C 1.1M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LİÇİ SONRASI KATISI (E2)		Tane Boyutu		74µ		
Liç Sırası		2		Katı Oranı %		32		
Numunenin Cinsi		1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher		NaCN Konsantrasyonu		0.5 g/L (0.372 g NaCN ilave)		
Katı Numune Miktarı (g)		350		pH Değeri		10,50-11,50		
Sıvı Hacmi (ml)		744		Liç Süresi		48 Saat		
Numunenin Tenörü (g/ton)		97,8±0,4		O <sub>2</sub> Miktarı		~5,8 mg/L		
<b>DENEY AŞAMASI</b>								
Deney Saati	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Serbest NaCN (g/L)	Sıvıda Çözünen Ag (mg/L)	Katıda Kalan Ag Miktarı (g/t)	İLAVELER		
0	5,7	10,50	0,5	0				
1	5,7	10,93	0,39	10,7±0,3				
2	5,8	10,87	0,36	10,8±0,1				
4	5,8	10,67	0,33	10,8±0,4				
12	5,8	10,54	0,33	10,9±0,3				
24	5,8	10,27	0,32	11,1±0,1				
36	5,9	10,49	0,29	11,7±0,2				
48	5,9	10,52	0,29	11,7±0,3				
NaCN liç sonu atık katı					66,8±0,2			
NaCN liç sonu % verim					31,7			



Şekil 5.6. 25 °C ve 100 °C 1,1M M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ön liçi sonrası atık katısı ile yapılan NaCN liçinin zamana bağlı NaCN sarfiyatı ve sıvıdaki gümüş verileri.

Bu çalışmada kullanılacak ana cevher çeneli kırıcıdan geçirildikten sonra halkalı öğütücüde öğütüldü analiz için hazır hale getirildi. 0,25 gr tartım alarak 4' lü asit çözündürmesi yapılarak elementel ICP-OES analizi yapıldı. Çizelge 5.12' de ICP-OES analiz sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 5.12. Ham cevherin hiçbir işlem uygulanmadan önceki elementel ICP-OES sonuçları.

No	Numune Adı	As (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Zn (ppm)
1	1.,2.,3.,4., Atık Barajından Alınan Harman Cevher	11362	213	156	31741	5854	36	13662	6264	17404

%32 katı oranı olacak şekilde hazırlanan cevher, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit karışımı beher liçi kurularak farklı H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit miktarı ve sıcaklıklarda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen atık katı süzülerek etüvde 100 C de kurutulmuştur. Kuruyan numune halkalı öğütücüde öğütülerek yaklaşık tane boyutu 74 µ a getirilmiştir. Daha sonra öğütülmüş atık katıların 4'lü asit çözümlenmeleri, elementel ICP-OES analiz sonuçları Çizelge 5.13'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.13.** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> liçi sonrası atık numune ICP-OES sonuçları.

No	Numune Adı	As (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Zn (ppm)
1	A-1	5260	99	72	14695	2710	17	6325	2900	8058
2	A-2	5100	103	68	14033	2618	16	6215	2890	9695
3	B-1	4935	97	68	14313	2395	14	6108	2758	5393
4	B-2	5030	102	67	13900	2233	16	5978	2660	8498
5	C-1	4765	81	57	13678	2005	13	5708	2703	2605
6	C-2	5255	98	58	14143	1793	14	6105	2893	5033
7	D-1	4048	74	40	13980	1970	13	6068	3033	1608
8	D-2	4605	67	38	13878	1423	9	6163	2998	1445
9	E-1	3280	64	33	12948	1688	11	6193	2980	1105
10	E-2	3890	40	24	12480	1010	6	6408	3003	860

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit liçi sonrası atık katının metal yükünü görmek için herbir ön aktivasyon işlemi sonrası atık katı süzülerek etüvde 100 °C'de kurutulmuştur. Kuruyan numune halkalı öğütücüde öğütülerek yaklaşık tane boyutu 74 µ a getirilmiştir. Daha sonra tank liçi olarak adlandırılan laboratuvar ortamında ön çalışma şartlarında %32 katı olacak şekilde NaCN beher liçi kurulmuş ve elde edilen atık katıların elementel ICP-OES analizi sonuçları Çizelge 5.14' de gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarının artışıyla elementel olarak metal miktarlarında bir azalma söz konusudur. Bu azalma H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> liçi sonucu metal yükünün sıvı forma geçmesinden kaynaklanmaktadır. Cevher içindeki CN ile tepkimeye girebilecek elementlerin SO<sub>4</sub> formunda sıvıya geçmesi CN sarfiyatımızı azaltacağı ve ortamdaki CN ün Ag elementine yöneleceğini göstermektedir. Doğal olarak Ag verimimizi olumlu yönde etkilemesini düşünmekle beraber yapılan çalışmalarda gösterildiği gibi pozitif yönde eğilim olduğunu görmekteyiz.

**Çizelge 5.14.** NaCN liçi sonrası atık numune ICP-OES sonuçları.

No	Numune Adı	As (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Zn (ppm)
1	A-1	5102	97	47	10727	2602	16	6217	2807	4512
2	A-2	4947	101	44	10244	2513	16	6109	2798	5429
3	B-1	4787	95	44	10448	2299	14	6004	2669	3020
4	B-2	4879	100	43	10147	2143	15	5876	2575	4759
5	C-1	4622	80	37	9985	1925	13	5610	2616	1459
6	C-2	5097	97	38	10324	1721	13	6001	2800	2818
7	D-1	3926	73	26	10205	1891	12	5964	2935	900
8	D-2	4467	66	25	10131	1366	9	6058	2902	809
9	E-1	3182	63	21	9452	1620	10	6087	2885	619
10	E-2	3773	39	16	9110	970	6	6299	2906	482

## 6. SONUÇ

Deneysel veriler incelendiğinde  $H_2SO_4$  liçinin verim artışında etkisi olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi  $H_2SO_4$  ortamdaki metal kirliliklerini özellikle Demir (Fe) ve Çinko (Zn) elementlerini ortamdaki uzaklaştırdığı ICP-OES sonuçlarında görülmektedir. Ortamdan uzaklaşan metal kirlilikleri sonucunda siyanürün  $Ag^+$  iyonlarına yönelimi daha kolay ve hızlı hale gelmiştir.  $H_2SO_4$  miktarının artışı Ag verimliliğine pozitif yönde etki ettiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada sıcaklığın oda sıcaklığında yapılan çalışmalara kıyasla bir etkisi görülmemiştir. Sıcaklık kapalı sistemde yani basınç etkisi ile tane boyutuna ve metal kirliliklerinin uzaklaştırılmasında daha iyi sonuçlar verebilir. Örneğin Manisa/Akhisar Zorlu Meta-Nikel tesisinde otoklav sisteminde  $250\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta  $H_2SO_4$  muamelesinde tüm metallerin sıvıya geçirildiği bilinmektedir. Burdan hareketle otoklav sisteminin yüksek sıcaklıklarda etkili olabileceği dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

Altuner, E. E., (2013). Nano kremlerin üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 65s.

Atiyeh, B. S., Costagliola, M., Hayek, S. N., Dibo, S. A., (2007). Effect of silver on burn wound infection control and healing: review of the literature., *Burns*, 139-48,33.

Biata, N. R., Dimpe, K. M., Ramontja, J., Mketi, N., Nomngongo, P. N., (2017). Determination of thallium in water samples using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) after ultrasonic assisted-dispersive solid phase microextraction, *Microchemical Journal*, 214-222, 137.

Blog.stille.com, (2017). Gümüş inci takı tarihçesi.

Brooy, S. R. ve Linge, H. G., (1996). Review of Gold Extraction from Ores. *Mineral Engineering*, 7, 1213-1241.

Buzkan, İ., (2006, Eylül). Maden yatakları ders notları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.

Dai, X. ve Jeffrey, M. I. (2006). The Effect of Sulphide Minerals on the Leaching of Gold in Aerated Cyanide Solutions. *Hydrometallurgy*, 82, 118-125.

Duwez, P., Willens R. H., ve Klement W., (1960). Continuous Series of Metastable Solid Solutions in SilverCopper Alloys, *Journal of Applied Physics*, 1136, 31.

Eberhart, M. E., Donovan M. J. ve Outlaw, R. A., (1992). Ab initio calculations of oxygen diffusivity in Group IB transition metals, *Physical Review B*, 46 12 744.

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

Everett, F. G., Hall, W. B., Phatak, N. M., (1966). Treatment of hypersensitive dentin., *Journal of Oral Therapeutics and Pharmacology*., 300-10,2.

Fink, C. G. ve Putnam, G. L. (1950). The Action of Sulphide Ion and for Metal Salts on the Dissolution of Gold in.

Furst, A. ve Schlauder, M. C., (1977). Inactivity of two noble metals as carcinogens, *J. Environmental Pathology and Toxicology*, 1,51.

Gabriela, V. M. F., Torres, J. R. P., Jesús, L. V. G., Guillermo, C. T. M., Gregorio, G. Z., (2012). Kinetic Aspects of Gold and Silver Recovery in Cementation with Zinc Power and Electrocoagulation Iron Process, *Advances in Chemical Engineering and Science*, 342-349,2.

Habashi, F. (1967). Kinetics and Mechanism of Gold and Silver Dissolution in Cyanide Solution. Montana Bureau of Mines Geological Bulletin, 59, 1-42.

Hedley, N. ve Tabachnick, H., (1968). Chemistry of Cyanidation. Mineral Dressing Notes No. 23, American Cyanamid Company, New Jersey.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Heinig, C. F., (1986). Composition for bactericidal treatment of water, US Patent No. 4,608,247.

Herodotus, Book I, Para., (1946). Translated by Godley A. D., Cambridge: Harvard University Press, 188s.

[http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/bf8710b43df3f2c\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/bf8710b43df3f2c_ek.pdf); Bakır üretim teknolojisi (1) (2009).

<https://www.msxlabs.org/forum/kimya/24939-elementler-gumus.html> (2007). Elementler-Gümüş.

<https://www.silverinstitute.org/silver-supply-demand/>; The Silver Institute, Supply ve Demand. (2015).

<https://www.silverinstitute.org/silver-supply-demand/>; The Silver Institute, Supply ve Demand. (2018).

James, P. M. C., Parfitt, G. J., (1954). A clinical note on the use of silver nitrate in the prevention of fissure caries in newly erupted first permanent molars., *British Dental Journal.*, 35,96.

Klasen, H. J., (2001). Historical review of the use of silver in the treatment of burns. I. Early uses. *Burns*, 117–30, 26.

Köymen, G., (2013). Eti Gümüş A.Ş.'de siyanürle gümüş üretimi ve gümüş veriminin artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, 80s.

Milli Eğitim Bakanlığı, (2012). *Kimya Teknolojisi, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi* 524KI0268, Ankara.

Mirsattari, S. M., Sharpe, M. D., Young, G. B., (2004). Treatment of refractory status epilepticus with inhalational anesthetic agents isoflurane and desflurane. *Archives of Neurology*, 1254–9,61.

Moyer, C. A., Brentano, L., Gravens, D. L., Margraf, H. W., Monafu, W. W. J., (1965). Treatment of large human burns with 0.5 percent silver nitrate solution. *Archives of Surgery*, 812–67, 90.

Outlaw, R. A. ve Davidson, M. R., (1994). Small ultra-high vacuum compatible hyperthermal oxygen atom generator., *Vacuum Science and Technology A12*.

Peng, J. Y. J., Botelho, M. G., Matinlinna, J. P., (2011). Silver compounds used in dentistry for caries management: A review, *Journal of Dentistry*, 531-541, 40.

Pliny the Elder, (1952). *Natural History, Libri XXXIII, Part XXXV*, translated by Rackham H., Cambridge: Harvard University Press, C.IX.

Rosenblatt, A., Stamford, T. C., Niederman, R., (2009). Silver diamine fluoride: a caries “silver-fluoride bullet”, *Journal of Dental Research.*, 116–25,88.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Seltzer, S., (1942). Effective duration of some agents used for dentin sterilization., *Journal of Dental Research.*, 115–23,21.
- Spadaro, J. A., Webster, D. A., Becker, R. O., (1979). Silver polymethyl methacrylate antibacterial bone cement., *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 266–70, 143.
- Stebbins, E. A., (1891). What value has argenti nitras as a therapeutic agent in dentistry., *International Dental Journal.*, 661– 70,12.
- Stillman, M. J. Presta, A., Gui, Z., Jiang, D. T. (1994). Spectroscopic studies of copper, silver, and gold-metallothioneins, *Metal-Based Drugs*, 1, 5-6, 375.
- Tez, Z., (2012). *Madencilik metalürji ve minerolojinin çileli tarihi*, Türkiye: Doruk Yayınevi, 304s.
- Vapur H., ve Bayat O., (2005). Eti Gümüş A.Ş. Liç prosesinde istatistiksel proses kontrolü uygulaması, Türkiye 19 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET200. S. İzmir.
- Wachs, I. E. ve Madix, R. J., (1978). The oxidation of methanol on a silver catalyst, *Surface Science*, 76 531.
- Wahlberg, V., (1982). Reconsideration of Crede Prophylaxis, *Acta Paediatrica Scandanavica*, 295-14.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selçuk Yaman  
Mezun Olduğu :  
İlkokul ve Yılı : Kütahya Şeker İlköğretim  
Ortaokul ve Yılı : Kütahya Kılıçarslan Ortaokulu  
Lise ve Yılı : Kütahya Lisesi 1999  
Üniversite Lisans : Ege Üniversitesi (2001-2009)  
Üniversite Yüksek Lisans : Kütahya Dumlupınar Üniversitesi (2013-2019)  
Fakülte Lisans : Fen-Edebiyat  
Bölüm Lisans : Kimya  
Bölüm Yüksek Lisans : Kimya  
Mezuniyet Yılı / Ortalaması : 2009/63,96  
Daha Önce Çalıştığı Yerler ve Yılları (Mesleki Deneyimi) : SSS Yıldızlar Holding/Eti Gümüş 07.2012-02.2019  
Halen Çalıştığı Yer / Adresi : Nurol Holding-Tümad Madencilik (02/2019)  
İkametgah Adresi : Zafertepe Mah. Eda sok. Bahçelievler Sitesi 80/22  
Kat 2 Kütahya  
Tel Cep : 0.532.175 82 22  
e-mail : selcuk-yaman43@hotmail.com