

HİDROJEN PEROKSİT'İN REFRAKTER TIP GÜMÜŞ CEVHERLERİNİN  
SIYANÜR LİÇİ VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

The Effect of the Hydrogen Peroxide on the Recovery of the Cyanide Leaching of Silver Ores.

M.S.Uğur BİLİCİ<sup>^</sup>  
Feridun AKYOL<sup>«\*</sup>

Atar Sözcükler : Refrakter Tip Cevherler, Hidrojen Peroksit, Siyanür Liçi

## ÖZET

Bu çalışmada, ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe maden sahasında bulunan refrakter tip gümüş cevherlerinin siyanür liçi işleminde, ortama ilave edilen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hidrojen peroksit) etkisi araştırılmıştır. Deneyleerde, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarının ve liç süresinin silisifiye tüf (167 g Ag/t), silisifiye dolomit (47 g Ag/t), limonit-mangan (227g Ag/t) ve harman cevherin (175 g Ag/t) Ag verimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Öğütme ortamına 10 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmesi sonucunda Ag verimi yaklaşık % 19 artmıştır. Aynı miktardaki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in Aktepe gümüş cevherinin siyanür liçinde verimindeki etkisi ise, cevher tipine bağlı olarak Ag verimi % 10-15 arasında artmaktadır. Bu çalışmada, siyanür liçi işleminde oksitleyici olarak yüksek miktarda ilave edilen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, refrakter tip gümüş cevherlerinin liç veriminde artış sağlamaktadır.

P  
I  
i

## ABSTRACT

In this study, the effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hydrogen peroxide) addition in the cyanide leaching of refractory silver ores, obtained from ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe district, is investigated. In the experiments, the effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration and leaching time on Ag recoveries of the silicified tuff (167 g Ag/t), silicified dolomite (47 g Ag/t), limonite-manganese (227 g Ag/t) and blended ore (175 g Ag/t) were examined. 10 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> addition in the grinding circuit had increased Ag recoveries approximately 19%. However, the same amount of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> addition in the cyanide leaching of Aktepe silver ores had increased Ag recoveries between 10-15% according to ore type. As a result of this study, it was proved that addition of large quantity of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as an oxidant in the cyanide leaching of refractory silver ores had an increasing effect on the leaching recoveries of Ag.

\*> Teknik Şef (Maden Yük. Müh.), ETİ HOLDİNG A.Ş. AR-GE Dairesi Başkanlığı, ANKARA.

\*\*Biritti Müdürü (Maden Yük. Müh.), ETİ GÜMÜŞ A.Ş., KÜTAHYA.

## 1. GİRİŞ

Sülfürlü mineraller veya karbonatlı malzeme ile birlikte bulunan ya da silisli gang mineralleri içinde kapanım şeklinde yer alan altın ve gümüş minerallerini içeren cevherler "refrakter tip cevherler" olarak adlandırılmaktadırlar. Değerli elementlerin refrakter cevherlerden kazanma verimleri genellikle %80'den düşük iken, refrakter olmayan cevherlerde verim %80'nin üzerinde olmaktadır. Ayrıca, %0,25-0,80 arasında organik karbon içeren cevherler karbonatlı, %0,06-0,25 arasında karbon içeren cevherler ise, karbonatsız cevherler olarak sınıflandırılmaktadırlar. Sülfürlü cevherler, pirit (FeS<sub>2</sub>), pirotit (FeS<sub>1,9</sub>), arsenopirit (FeS<sub>1,9</sub>.FeAs<sub>2</sub>), realgar (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), orpiment (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), sitibnit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), galen (PbS), anglezit (PbSO<sub>4</sub>) gibi sülfürlü mineraller ile çeşitli bakır minerallerini içermektedirler (Subrahmanyam ve Frossberg, 1989).

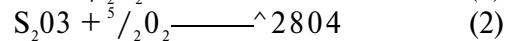
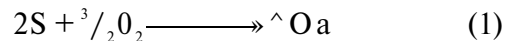
## 2. REFRAKTER TİP ALTIN VE GÜMÜŞ CEVHERLERİNE UYGULANAN FARKLI SİYANÜR LİÇİ UYGULAMALARI

Sülfürlü mineraller, siyanür çözeltisindeki oksijen ile reaksiyona girerek çözeltilinin oksijenini, siyanürle de bileşik oluşturarak siyanidler şeklinde ortamdaki siyanürü tüketmektedirler. Yapılan çalışmalar, sülfür içeren altın cevherlerinin siyanür liçi sonunda altının %64'ünün çözeltiye geçmesine karşılık, hava ile oksitleme işleminden sonra yapılan liç uygulamasında bu değer %73'e çıktığını göstermiştir (....., 1990).

Kamyr prosesi olarak adlandırılan yöntemde, aktif karbon ortamında ve çözünmüş oksijen seviyesi 24-30 ppm arasındaki koşullarda çalışılmaktadır. Pülp içindeki oksijen konsantrasyonunun yüksek olmasının en büyük faydası, oksijen seviyesi düşük liç işlemine göre altın çözünürlüğünün önemli

ölçüde artmasıdır. Oksijen, ilk liç tankına ya da besleme hattına verilirken aktif karbon devredeki en son liç tankına beslenerek cevher pülpün ters akımıyla tanklar içinden geçmektedir. Pülpün yüksek basınç altında oksijen ile doygun hale getirilmesi yöntemi, liç verimini artırmakta ancak, bu işlemin yapılabilmesi için basınç kapları ve başlangıç siyanür konsantrasyonunun artırılması gerekmektedir (....., 1988).

Lupin cevherine uygulanan yöntemde, ön havalandırma işlemi için 3 adet tank (0 7,2m x 7,8m) bulunmakta ve bu tanklara, öğütme ünitesinden çıkan siklon üst akımları girmektedir. Katı içeriği %32 olan pülp, havalandırma işleminden sonra 15m çapındaki tikinerde %60 katı içerecek şekilde koyulaştırılmakta ve tikiner alt akımı boş çözelti ile %45'e seyreltilmektedir. Havalandırma tankında, yatay konumdaki taraklar pülpü merkeze doğru hareket ettirirken hava merkezden yukarı doğru pülpü dağıtarak yükselmektedir. Reaktif tüketimi, cevherin havalandırılması için verilen sürenin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Lupin cevheri, %18,8 Fe, %3,8 S ve %3,6 As içermektedir. Oksitleme veya ön havalandırma işleminden sonra tikiner üst akımının 2 ppm S<sup>m2</sup>, 4ppm S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve 30ppm SO<sub>4</sub> içerdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ön havalandırma işleminin cevherdeki çözünebilir sülfür ve tiosülfatların oksitlenmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Sülfat oluşumunun dengesi kimyasal reaksiyonu aşağıdaki gibidir:



Lupin cevherine uygulanan bu oksidasyon işlemi sonucunda, verim artışının yanında reaktiften de tasarruf edildiği bildirilmektedir (.....,1984).

Siyanürleme işleminin kimyasal optimizasyonundaki yeni bir gelişme de, liç ortamında oksitleyici olarak sıvı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in

kullanılmasıdır. PAL yöntemi (Peroxide-Assisted-Leach) olarak adlandırılan işlemde, güçlü bir oksitleyici olarak kabul edilen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile siyanür arasındaki reaksiyon oluşumu engellenmektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılan siyanürleme işlemlerinde, basınçlı hava veya saf oksijen kullanılan liç işlemlerine göre reaksiyon daha hızlı olmakta ve böylece altın kazanma verimi artarken liç süresi azalmaktadır. Ayrıca, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanımı ile HCN olarak buharlaşan ve siyanürü bağlayıcı sülfür mineralleri tarafından tüketilen siyanür kayıpları önlenerek siyanür sarfiyatı minimuma indirilmektedir.

PAL yönteminin başlıca uygulama alanı, çok fazla oksijen ve siyanür tüketen sülfürlü cevherlerin liç işlemidir. Bu tip cevherlere uygulanan PAL yönteminin altın verimini %5-20 arasında artırırken, siyanür tüketimini yaklaşık %50 oranında azalttığı bildirilmektedir (Lorösch, 1991).

Siyanürleme işleminin temeli, altın ve gümüşü suda çözünebilir siyanür bileşiklerine dönüştürmektir. Bunun için, kompleks yapıcı siyanür iyonlarının yanında altın elementinin oksitlenmesini sağlayacak bir oksitleyicinin de liç ortamında bulunması gerekmektedir. Bu amaçla yaklaşık 100 yıldır basınçlı hava vasıtasıyla pülp içine oksijen verilmektedir. Ancak son on yılda yapılan çalışmalar, liç ortamındaki çözülmüş oksijen seviyesinin düşüklüğü ile buna bağlı olarak yavaş liç kinetiği ve düşük altın veriminin arkasındaki nedenin, gaz fazdan (hava kabarcığı) sıvı faza (pülp) geçen oksijen miktarının yetersiz olduğu görüşünü doğrulamıştır. PAL yönteminin ilk uygulaması, 1987'de Güney Afrika'daki Eastern Transvaal Fairview altın madenidir. Burada yapılan PAL uygulaması sonucunda, klasik hava verme tekniğine göre aşağıdaki avantajlar sağlanmıştır (Lorösch, 1991).

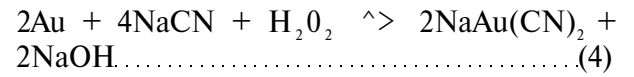
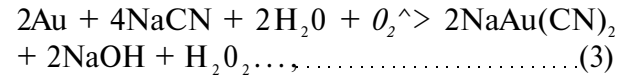
- Liç kinetiği hızlanmaktadır.
- Siyanürün temas edebildiği altının

tamamının çözeltilmeye geçmesi sonucunda altın verimi artmaktadır.

Siyanür sarfiyatında tasarruf sağlanmaktadır.

- İşletme maliyeti azalmaktadır.

Altın liç kinetiği, liç çözeltisindeki çözülmüş oksijen konsantrasyonuna bağlı olmakla birlikte, PAL yönteminde böyle bir bağımlılık görülmemektedir. Çünkü, PAL uygulamasında, klasik liç işlemindeki aynı oksijen seviyesinde bile liç kinetiğinin çok daha hızlı olduğu görülmektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bir oksitleyici gibi doğrudan reaksiyona girdiği varsayılarak siyanürleme reaksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.



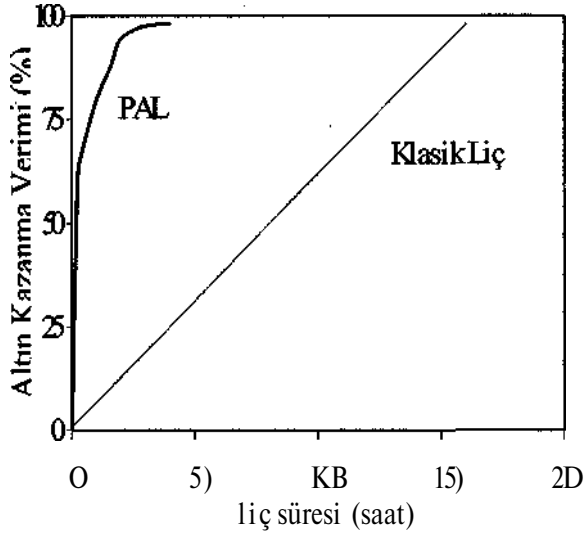
Oksitleyici olarak oksijenin kullanıldığı (3) numaralı reaksiyonun, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (4) numaralı reaksiyona göre önemli ölçüde yavaş ilerlediği tespit edilmiştir.

Kuzey Amerika'daki ilk PAL uygulaması liç kinetiğindeki hızlanmaya tipik bir örnektir. Bu işlemde, öğütme işlemi sonunda serbest hale gelmiş sülfürlü cevher flotasyon ile zenginleştirilerek liç işlemine beslenecek bir konsantre elde edilmektedir. Yüksek tenörlü konsantre (3 kg Au/t ve 8 kg Ag/t), 5-9 gün süreyle liç işlemine tabi tutulmakta ve altının %98'i, gümüşün %90'ı liç çözeltisine geçmektedir. PAL yönteminin uygulanması ile, orijinal bekleme süresinin sadece %25'i kadar kısa bir sürede liç işlemi tamamlanmış ve gümüş verimi %8 artarak %98'e çıkmıştır (Şekil 1).

## 2.1. PAL Yönteminin Avantajları

### 2.1.1. Liç Süresinin Azalması

Başarılı bir PAL uygulaması, siyanürün temas edebildiği bütün altının çözünmesi için gerekli



Şekil 1. PAL ve klasik liç yöntemlerinin zaman/verim ilişkileri (Lorösch, 1991)

liç süresini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bunun sonucu olarak da, altının çözünmesi sırasında istenmeyen farklı reaksiyonlar tarafından tüketilen siyanür miktarı da azalmaktadır. Örneğin, Kuzey Amerika'da PAL yöntemi uygulanan bir tesiste, liç süresinin orijinal durma süresine göre %25 oranında azalması sonucunda siyanür tasarrufu %75 olarak tespit edilmiştir.

### 2.1.2. Buharlaşma ile Meydana Gelen Siyanür Kaybının Önlenmesi

Bütün siyanürleme işlemlerinde, pH'ya ve liç tanklarına beslenen havanın miktarına bağlı olarak HCN şeklinde bir miktar siyanür kaybı olmaktadır. Düşük pH'da çözülmüş olarak bulunan HCN, ortama verilen hava ile birlikte ortamdan uzaklaşmaktadır. PAL yönteminde ise, oksitleyici olarak sıvı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanıldığından ve ek bir havalandırma gerekmediğinden buharlaşma ile siyanür kaybı önlenmektedir. •

### 2.1.3. Sülfür Minerallerinin Neden Olduğu Siyanür Tüketiminin Engellenmesi

Cevher yapısında özellikle pirotit ve arsenopirit gibi sülfürlü minerallerin

bulunması durumunda siyanürün büyük bir kısmı SCN<sup>-</sup> (tiyosiyanat) şeklinde tüketilmektedir. Ancak, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in kuvvetli oksitleyici gücü, sülfür kaplı mineral yüzeyini pasivize etmekte ve bunun sonucu olarak da siyanürün SCN<sup>-</sup> şeklinde tüketimini azaltmaktadır. Northern Ontario'daki bir altın madeninde, yapılan testler sonucunda, PAL yönteminin %50 oranında siyanür tasarrufu sağladığı, bunun da yöntemin maliyetinden daha fazla olduğu belirtilmektedir (Lorösch, 1991).

Sülfürlü altın ve gümüş cevherlerinin liç tanklarında özütlenmesi sırasında karşılaşılan sorunlar, bu cevherlerin yığın liçi işleminde de kendini göstermektedir. Araştırmacılar (Norris, vd., ...), altın ve gümüş cevherlerinin yığın liçinde hidrojen peroksit kullanımının sağlayacağı yararları tespit amacıyla yaptıkları çalışmalarda şu sonuçlara varmışlardır:

- Altın kazanma verimi önemli ölçüde artmaktadır. Bu artış, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> maliyetinin dört katından fazladır.
- Liç süreleri %40-70 arasında azalmaktadır. Siyanür tüketiminde ve/veya demir ve bakır çözünmesinde artış olmamaktadır.

## 3. PAL YÖNTEMİNİN ETİ GÜMÜŞ A.Ş. GÜMÜŞ CEVHERİNE UYGULANMASI

### 3.1. Cevher ile İlgili Genel Bilgiler

ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe maden yatağı ile ilgili bugüne kadar yapılan jeolojik ve mineralojik araştırmalar cevher yatağının, oluşumuna bağlı olarak çok ince saçımli aşın alterasyona uğramış polimetallik bir yatak olduğunu göstermektedir. Sahada beş ayrı tip cevherleşme tespit edilmiş olup bunların sahadaki dağılımları aşağıdaki gibidir;

Yapılan incelemeler sonucunda, sahadaki dört çeşit gümüş mineraline rastlandığı

	% Dağılım
Limonit-Mangan	25-35
Altère Tüf	22-30
Silisifiye Tüf	20-28
Eski İmalat Paşası	9-13
Silisifiye Dolomit	3-5

bildirilmektedir (Topkaya, 1980).

- Nabit Gümüş (Ag) : 30-150  $\mu$ m
- Arjantit (Ag<sub>2</sub>S) : 100-350  $\mu$ m
- Pirarjirit (Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub>) : 30-200  $\mu$ m
- Frayberjit : 50- 80  $\mu$ m
- [(Ag,Cu,Fe)<sub>2</sub>(Sb,As)<sub>4</sub>S<sub>13</sub>]

Diğer değerli elementlerin mineralleri ise aşağıdaki gibidir,

- Kurşun : Galen (PbS), Seruzit (PbCO<sub>3</sub>), Anglezit(PbSO<sub>4</sub>)
- Çinko : Sfalerit(ZnS), Simitsonit(ZnCO<sub>3</sub>), Kalamın(Zn<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)
- Antimuan : Stibnit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)
- Baryum : Barit (BaSO<sub>4</sub>), Witerit (BaCO<sub>3</sub>)
- Arsenik : Realgar (AsS), Orpiment (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)

Sahada gözlenen diğer mineraller ise, pirit, kalkopirit, arsenopirit, piroluzit, psilomelan, limonit, dolomit, kuvars, kalsit, spekularit, az miktarda manyetit, kovelin, markasit, kalkosin, bornit vb.'dir. Silisifiye rafler içerisinde görülen bu mineraller, oldukça karmaşık bir yapı göstermektedirler. Ayrıca, sahada yaygın bir mangan dağılımının gözlemlendiği ve gümüşün, mevcut bu mangan tarafından çöktürülmüş olduğu tahmin edilmektedir.

Aktepe cevher sahasındaki beş farklı tip cevherden alınan temsili numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1 'de görülmektedir.

Yapılan bu kimyasal analizlere ek olarak, Pasa cevher olarak adlandırılan eski imalat artıkları ile silisifiye tüf ve silisifiye dolomit tipi cevherler üzerinde önceki yıllarda yapılmış olan mineralojik araştırmaların sonuçları incelendiğinde;

Çizelge 1. Farklı Tipteki Cevherlerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Element /Bileşik	İçerik(%)				
	1	2	3	4	5
Ag,g/t	180	33	563	263	73
Au, g/t	0,000	0,002	0,006	0,003	0,000
Zn	0,31	1,13	1,67	5,56	2,76
Fe	0,73	1,37	3,31	3,01	3,46
Cu	0,011	0,009	0,018	0,011	0,006
Cd	0,008	0,009	0,026	0,06	0,024
Ni	0,004	0,006	0,006	0,01	0,01
Sb	0,04	0,10	0,68	0,95	0,21
S	2,8	5,0	2,7	3,1	1,2
As	0,77	1,00	1,15	2,94	2,12
Mn	0,38	0,77	1,23	2,87	1,33
Pb	0,87	0,43	1,71	1,44	0,48
SiO <sub>2</sub>	69,70	55,40	56,20	40,05	60,20
BaSO <sub>4</sub>	15,62	2,84	15,44	17,62	4,32
CaO	1,20	1,40	0,90	1,75	4,50

(1:Silisifiye Tüf, 2:Altère Tüf, 3:Eski İmalat Paşası, 4:Limonit-Mangan, 5:Silisifiye Dolomit)

- Pasa cevherinin yaklaşık %30 sülfürlü, % 10 karbonatlı mineraller,
- Silisifiye tüf ün yaklaşık %15 sülfürlü, %20 karbonatlı mineraller,
- Silisifiye dolomit'in ise, yaklaşık %5 sülfürlü, %75 karbonatlı mineraller içerdiği görülmektedir.

Bütün bu değerler ve tespitler, Aktepe maden sahasındaki mevcut cevherin, yukarıda tanımlanmış olan refrakter ve/veya karbonatlı cevher tiplerine benzediğini göstermektedir. Ayrıca, tesisin devreye alınmasından bugüne kadar yapılan iyileştirme çalışmalarına rağmen çözeltiliye geçen ortalama gümüş veriminin %65 değerinin altında kalması da, Aktepe cevherinin, kazanma verimlerinin %80'nin altında olduğu bildirilen refrakter tipi altın ve gümüş cevherlerine uyum gösterdiği görüşünü desteklemektedir.

### 3.2. Deneysel Çalışmalar

#### 3.2.1. Hidrojen Peroksit'in Öğütme İşleminde Kullanılması

Kapalı cevher stok sahasındaki maksimum

tane boyutu 25 mm olan silisifiye tuf ağırlıklı harman cevherden alınan yaklaşık 30kg numune çeneli kırıcılardan geçirilerek -6 mesh (-3,36mm) boyutuna kırılmıştır. Bu malzemeden alman temsili numuneye yaş eleme işlemi uygulanarak tane boyut dağılımı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Öğütme Deneylerinde Kullanılan Cevherin Tane Boyut Dağılımı

Elek açıklığı (mm)	% Ağırlık	Kümülatif % Elek altı
+3,360	4,3	-
-3,360+2,360	10,6	95,7
-2,360+1,700	10,3	85,1
-1,700+1,000	10,0	74,8
-1,000+0,500	9,6	64,8
-0,500+0,250	7,6	55,2
-0,250+0,125	7,3	47,6
-0,125+0,074	3,7	40,3
-0,074	36,6	36,6
TOPLAM	100,0	

### 3.2.1.1. Deney Koşulları

Öğütme deneylerinde, tamamı -6 mesh ebadına kırılmış malzemeden konileme-dörtleme yöntemi ile ayrılan 1kg'lık numuneler kullanılmıştır. Bu numunelerden alman temsili numuneler (toplam 5 adet) üzerinde Ag analizi yaptırılarak cevherin ortalama 167g Ag/ton cevher tenöründe olduğu tespit edilmiştir. Öğütme deneylerinin tamamında, katı/sıvı oranı ağırlıkça %30 olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıvı olarak, doymuş liç çözeltisine Zn tozu ilave edilip gümüşü çöktürülerek ayrılan ve tesiste WB-TA-01 nolu tank içinde depolanan proses suyu, atık barajından temin edilen baraj suyu veya normal çeşme suyu kullanılmıştır.-Sivilar öğütme ortamına ilave edilmeden önce NaCN içerikleri tespit edilerek, NaCN içerikleri 1,5g/l olacak şekilde NaCN ilavesi yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sıvı halde ve ağırlıkça %35'lik olup, özgül ağırlığı 1,13g/cm<sup>3</sup>'tür. Bir deneyin dışında, öğütme ortamına seyreltilmeden ilave edilmiştir.

Öğütme işlemlerinde standart Bond değirmeni ve bilya şarjı kullanılmış, öğütme devri 46 d/dk olacak şekilde sabit tutulmuştur. Öğütme ortamında kullanılan sıvının, sisteme ilave edilmeden önce ve öğütme işleminden sonra pH, NaCN, O<sub>2</sub> ve Ag içerikleri tespit edilmiştir. Sıvıya geçen Ag miktarı tespit edilerek, öğütme aşamasında çözeltiye geçen Ag miktarı yüzde olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı Özellikte Sivilar ile Yapılan Öğütme İşlemi Sonuçları

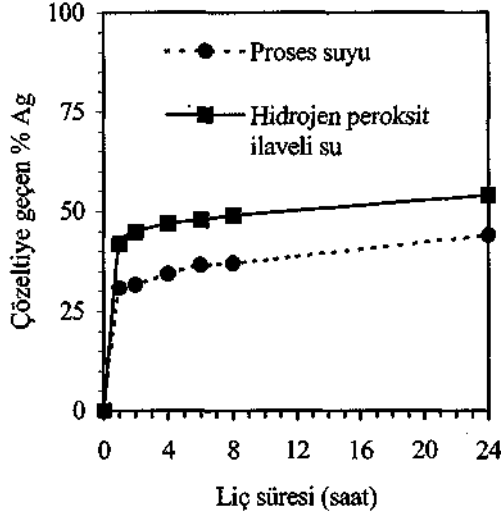
Deney No.	Öğütme sıvısı	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (g/l)	Öğütme suresi (dk)	Çözeltiye geçen %Ag
1	Proses suyu	0,00	15	28,00
2	Proses suyu	0,25	15	26,44
3	Proses suyu	0,60	15	28,92
4	Proses suyu	1,00	15	25,34
5	Çeşme suyu	0,60	15	36,91
6	Proses suyu	0,00	30	31,06
7	Proses suyu	10,00	30	47,42
8	Proses suyu	10,00	60	44,65
9	Baraj suyu	0,00	30	31,68
10	Baraj suyu	8,00	30	40,49
11	Baraj suyu	10,00	30	44,35

### 3.2.2. Hidrojen Peroksit'in Liç İşleminde Kullanılması

Farklı koşullarda yapılan öğütme deneylerinin sonuçları incelendiğinde, katı fazdan sıvı faza geçen en yüksek Ag yüzdesinin (%47,42), öğütme ortamında 10 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılması ile elde edildiği görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak benzer koşulların liç ortamındaki etkilerini görebilmek amacıyla liç deneyleri yapılmıştır.

Öğütme deneylerinde kullanılan cevher numunesinden kuru eleme ile ayrılan ve %100'ü -74  $\mu$ m olan fraksiyon, liç deneylerinde kullanılmıştır. Her deneyde, yaklaşık 1 kg numuneye ağırlıkça %30 katı içeriğinde olacak şekilde sıvı ilave edilmiştir. Pülpün NaCN içeriği 1,5 g/l, pH'ı ise 11,00-11,50 arasında tutulmaya çalışılmıştır.

İki farklı sıvı ile yapılan liç deneylerinin birincisinde, proses suyu kullanılırken diğerinde, 10 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmiş proses suyu kullanılmıştır. Liç deneylerinin sonuçları Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. Liç ortamına ilave edilen H<sup>+</sup>CVin liç verimi üzerindeki etkisi

### 3.2.3. Hidrojen Peroksit'in Farklı Bileşimdeki Cevherlerin Öğütme+Liç Deneylerinde Kullanılması

Liç deneylerinden elde edilen sonuçlar, liç ortamında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmiş proses suyu kullanılmasının, öğütme işleminde olduğu gibi çözültüye geçen Ag oranını arttırdığını göstermektedir. Bu aşamadan sonra, öğütme işleminden elde edilen ürüne 48 saat süre ile liç işlemi uygulanması sonucunda toplam Jiç verimini tespit edebilmek amacıyla bir seri deney yapılmıştır.

Bu deneylerde, -6 mesh tane boyutundaki malzeme, önce bilyalı değirmende ağırlıkça %40 katı içeriğinde 30dk. yaş olarak öğütülmüş ve daha sonra değirmen boşaltılarak pülpün tamamı liç kavanozuna alınmıştır. Liç kavanozuna sıvı ilavesi yapılarak pülpün katı içeriği %30 olacak

şekilde ayarlandıktan sonra 48 saat süreyle liç işlemi uygulanmıştır.

Bütün deneylerde, sıvının NaCN içeriği 1,5g/l olacak şekilde ayarlanmış ve kireç ilavesi ile pH yaklaşık 10,50-11,00 arasında tutulmaya çalışılmıştır. Uygulanan bu yöntemin sahadaki mevcut farklı tipteki cevherler üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla silisifiye tuf (167g Ag/t), silisifiye dolomit (47g Ag/t) ve limonit-mangan (227g Ag/t) cevherlerinden alınan numuneler ile çalışılmıştır. Herbir cevher için üç farklı deney yapılmıştır.

#### 3.2.3.1. Deney Koşulları

Deney No.1 (Proses suyu) : Öğütme ve liç işlemlerinde proses suyu kullanılmıştır.

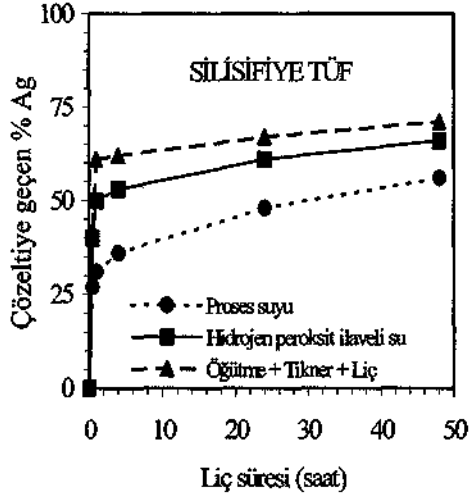
- Deney No.2 (Hidrojen peroksit ilaveli su) : Proses suyuna 10 g/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edildikten sonra öğütme ve liç işlemlerinde kullanılmıştır.

- Deney No.3 (Öğütme + Tikiner + Liç) : 30 dk. öğütme işleminden sonra pülpe polimer ilave edilerek katılar çöktürüldükten sonra, sıvı kısım ayrılmıştır. Daha sonra ortama, ayrılan sıvı miktarı kadar Ag içeriği sıfır olan sıvıdan ilave edilmiş ve 48 saat süreyle liç işlemi uygulanmıştır. Hem öğütme işleminde kullanılan hem de liç ortamına ilave edilen sıvılar Deney No.2.'de olduğu gibi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmiş sıvılardır.

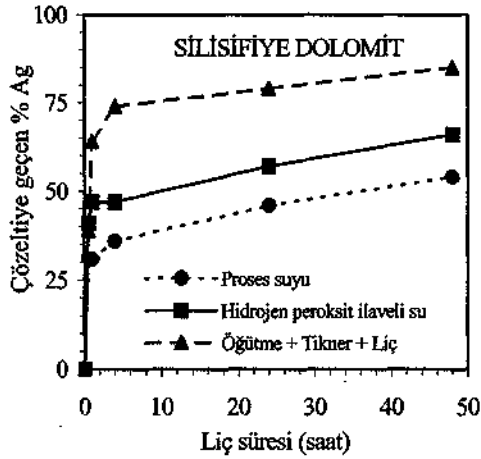
Deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 3,4 ve 5'de görülmektedir.

#### 3.2.4. Hidrojen Peroksit'in Harman Cevherin Siyanür Liçi Deneylerinde Kullanılması

Bu bölümde, öğütme ve bunu takiben liç işlemlerinde uygulanan koşulların, farklı karakterdeki beş tip cevher numunesinin karışımıyla oluşturulan ve harman cevher



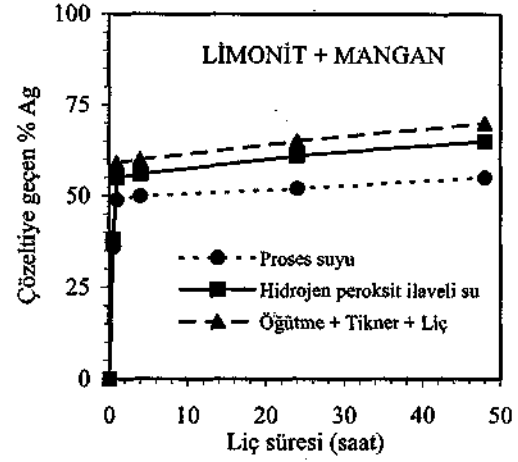
Şekil 3. HbCVin silisifiye tuf cevherinin liç verimi üzerindeki etkisi



Şekil 4. I^CVin silisifiye dolomit cevherinin liç verimi üzerindeki etkisi

olarak adlandırılan numuneye uygulanması sonucunda elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Maksimum tane boyutu 3,36 mm (6 mesh) olan farklı cevher tiplerinden alınan temsili numuneler, 90 jım'luk (170 mesh) elekten kuru olarak elenmiştir. Elek altı ürünlerden sahadaki yüzde dağılımlarına uygun olarak bir karışım oluşturulmuş ve yapılan kimyasal analiz sonucunda Ag içeriğinin 175g/t olduğu

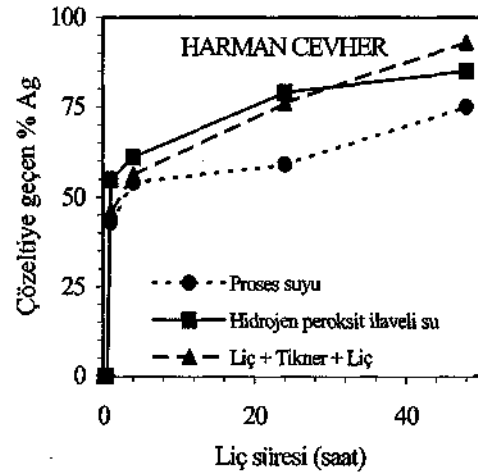


Şekil 5. tfeCVin limonit + mangan cevherinin liç verimi üzerindeki etkisi

tespit edilmiştir. Liç deneylerinde, katı/sıvı oranı 1/3, sıvının NaCN içeriği 1,5 g/l ve pH'ı yaklaşık 11,00 olacak şekilde sabit tutulmuştur. Buna karşılık, ortama ilave edilen sıvının cinsi (proses suyu veya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilaveli su) değiştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.

#### 4. SONUÇ

ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe maden sahasında bulunan beş farklı tip cevherin mineralojik ve



Şekil 6. Liç ortamına ilave edilen H^CVin harman cevherinin liç verimi üzerindeki etkisi



kimyasal analiz sonuçları, yatağın polimetallik bir yatak olmasının yanında, siyanür liçi verimlerinin %80'nin altında olduğu bildirilen refrakter tipi cevherler sınıfında da değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu tip cevherlere uygulanabilecek en uygun yöntemin, liç ortamında oksitleyici olarak sıvı hidrojen peroksitin kullanıldığı PAL (Peroxide-Assisted-Leach) prosesi olduğu bildirilmektedir.

Bu durum dikkate alınarak, ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe maden sahasından alınan silisifiye tuf, silifiye dolomit, limonit+mangan ve beş tip cevherin karışımı olan harman cevher ile yapılan, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilaveli öğütme ve liç deneylerinden elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

10g/l gibi fazla miktarda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılarak yapılan öğütme ve liç işlemleri sonunda, bütün cevherlerin liç verimlerinde artış olmaktadır.

- Çözeltiye geçen Ag miktarındaki bu artışın yanında, mevcut sistemde kullanılmakta olan proses suyu ile yapılan deneylerden elde edilen maksimum liç verimleri, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilaveli su kullanılan deneylerde daha kısa sürede elde edilebilmektedir.

Bu sonuçlar, halen pratikte uygulanan ve refrakter tipi cevherlerde klasik liç işlemine göre daha avantajlı olarak kabul edilen PAL yönteminin, liç işleminde fazla miktarda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılması halinde, ETİ GÜMÜŞ A.Ş. Aktepe kompleks gümüş cevherine de uygulanabileceğini göstermektedir. •

## KAYNAKLAR

Subrahmanyam, T.V., Frossberg, K.S.E., 1989; "Recovery Problems in Gold Ore Processing with Emphasis on Heap Leaching", Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, cilt 4, s. 201-215.

Topkaya, A.Y., 1980; "Kütahya Gümüşköy Ag-Pb-Zn-BaSO<sub>4</sub> Kompleks Cevherinden Gümüş ve Diğer Ürünlerin Elde Edilebilirliğinin Laboratuvar Araştırması", Ara rapor, Nisan.

....., 1990; "Treatment of Alaskan Refractory Gold Ores", E&MJ., Haziran, s. 48-53.

....., 1988; "Enhancing Gold Recovery", International Mining, Mayıs, s. 32-33.

....., 1984; "Lupin Gold Recovery Operation", World Mining Equipment, Ekim, s. 17-18.

Lorösch, J., 1991; "Peroxide-Assisted Gold Leaching", E&M.J., Haziran, s. 36-37.

Noms, R.D., Brown, A., Caropreso, F.E., ....., "The Use of Peroxygen Chemicals in The Heap Leaching of Gold and Silver Ores", FMC Corporation.

# 3. endüstriyel hammadeler sempozyumu

14-15 Ekim 1999 İzmir



D.E.O.  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



TMMOB  
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI  
İZMİR ŞUBESİ

Sempozyumda işlenecek Konular:

- Aşındırıcı hammaddeler
- Dolgu hammaddeleri (kağıt, plastik, boya. vb)
- Cam hammaddeleri
- Kimya ve kozmetik sanayi hammaddeleri
- Refrakter hammaddeleri
- Seramik hammaddeleri
- Süs taşları
- Tuzlar
- Yapı malzemelerinin hammaddeleri

Katılım:

- Sempozyuma tebliğle katılmak isteyenler
- Sempozyuma delege olarak katılmak isteyenler
- Sempozyum kitabında reklam vererek yer almak isteyenler
- Sergi açmak isteyenler

yazışma adresine başvurarak gerekli başvuru formlarını isteyebilirler.

Yazışma Adresi:  
Prof. Dr. Halil KÖSE  
Maden Mühendisleri Odası İzmir Şubesi  
154-Sok. No: 6/1 Ufuk Ap.  
35040 Bornova-İzmir