

## DÜŞÜK TENÖRLÜ CİVA CEVHERLERİNİN FLOTASYON YÖNTEMİ İLE LABORATÜVAR VE PILOT ÇAPTA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Hüseyin Avni YAZAN\*

### Özet

Biga - Hodulköy bölgesinin dtis.Uk tenörlü cıva cevherleri ile laboratüvar ve pilot tesis çapında zenginleştirme etütleri yapılmıştır.

Laboratüvar flotasyon deneylerinde öğütme süresi, **değişik toplayıcılar**, **aktifleştirici** ve **bastına** çeşitleri ve miktarları, pH - değeri gibi değişkenler incelenmiştir. Ayrıca deniz suyu ile deneylere devam edilmiştir. Tatlı su ile yapılan deneylerde %0,11 Hg içeren cevher %5,8 Hg e konsantre edilmiş, flotasyon verimi %93 olmuştur. Bu değerler deniz suyu ile yapılan deneylerde %5,3 ve %87 Hg dir.

Pilot çaptaki flotasyon deneyleri için 100 Kg/saat kapasiteli bir flotasyon pilot tesisi kurulmuştur. %0,07 Hg içeren numune %5,7 Hg e konsantre edilmiş ve %91 Hg verimi kazanılmıştır. En iyi sonuç, kollektor olarak K-Amyl-Xanthat ve gaz yağı karışımı, aktivatör olarak  $CuSO_4$  kullanılması ile alınmıştır.

### Abstract

Laboratory and pilot scale concentration studies were carried out on the low grade mercury ores of the Biga-Hodulköy region.

(\*) Dr. Maden Yüksek Mühendisi  
T.C.Ç. İşl. Genel Müdürlüğü, KARABÜK

During the flotation tests the grinding time, various sorts and amounts of collectors, activators and depressants and variables like the pH-values have been investigated. In addition to these, tests using sea water were also carried out. In the experiments with fresh water the 0.11 % Hg ores have been up graded to 5.8 % Hg with a recovery of 93 %. These vaues were 5.3 and 87 Hg. in the tests with sea water.

For the pilot scale flotation tests a pilot plant with a capacity of 100 Kg./hour has been erected. A sample of 0.07 % Hg has been up graded to 5.7 % Hg with a recovery of 91 %Hg. Best result were obtained when using a mixture of K-amyl-Xanthate and kerosene as a collector and  $CuSO_4$  as an activator.

## 1. GİRİŞ

M.T.A. Enstitüsünün Cevher Zenginleştirme Laboratuvarlarında 1971 senesi içinde Biga-Hodulköy civarındaki düşük tenörlü fakat rezervinin büyük olduğu söylenen cıva yataklarından gönderilen üç ayrı numune ile zenginleştirme etüdüleri yapılmıştır. Gaye, cevheri yüksek bir metal verimi ile %5 in üstünde konsantre etmektir. Bu tenördeki konsantrelerden re-torlarda cıva kazanılması düşünülmektedir.

%0,8 içeren yüksek tenörlü bir numune beç ayrı fraksiyona ayrıldıktan sonra sallantılı masalarda zenginleştirilmeye çalışılmış, konsantre tenörü %6,6 Hg e yükselmiş, fakat Hg verimi % 75'den yukarı çıkamamıştır [1]\*. Diğer yanlarda da bu yöntemin veriminin düşük olmasından dolayı uygulanmadığı bildirilmektedir [2].

Yatağın büyük kısmını temsil eden düşük tenörlü ikinci numunede gravimetrik yöntem uygulanmamış flotasyonla zenginleştirilmesine çalışılmıştır. Her ne kadar cıva minerallerinin flotasyonda büyük bir problemin olmadığı söyleniyorsa da [3-8] optimal flotasyon şartlarının tesbiti, en ucuz reaktif kombinasyonun tayini ve kurulacak tesise esas olabilecek ve-

[\*] Köşeli parantez içindeki rakamlar yazmm sonunda verilen bibli-yografik tanıtımı göstermektedir.

rilenin kazanılması için laboratuvar ve pilot çaptaki deneylerin yapılmasında fayda sağlanacağı düşünülmüştür.

Türkiye bir cıva ülkesidir [9]. Fakat çalışmanın yapıldığı tarihten bu yana cıva fiyatları dünyanın değişik ülkelerinde çıkan çevre kirlenmesi kanunlarının cıvayı kullanma kısıtlamaları nedeni ile düşmüş, düşük tenrlü cıva cevherleri ekonomik olarak işletilme olanaklarını kaybetmişlerdir. Bu tebliğin esas gayesi, ülkemizdeki düşük tenörlü cevherlerin değerlendirilmesi çok kere gidilmesi gereken yola bir örnek vermek, laboratuvar deneylerini takip etmesi gereken pilot çaptaki çalışmaların faydasına bir kere daha işaret emektedir [10, 11].

## 2. LABORATUVAR ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

### 2.1 Numunenin özellikleri

Mikroskopla yapılan incelemelere göre numunenin açık renkli kısmı tane iriliği 0,2 ile 0,005 mm arasında değişen, şistli sıralamalar gösteren kuars, büyüklüğü 1 ile 0,03 mm arası değişen kalsit ve mikropulcuklar halinde Serizit'ten ibaret KALK-KUARS-SERİZİT-ŞİST tir.

Koyu gri renkli kısım ise tane iriliği 0,2 ile 0,005 mm arasında değişen şistli sıralaman kuars, mikropulcuklar yahut pulcuklar halinde serizit, klorit ve kil minerallerinden ibaret olan az miktarda kömürümsü madde içeren açıkça tektonik breşleşmeler gösteren KİLLİ KUARS-SERİZİT-KLORİT-ŞİST'lerdir. Ayrıca numune içinde kısmen limonitleşme gösteren pirit izlenmiştir.

Numunedeki cıva yüzdesi çok düşük olduğundan ince kesit veya parlatma yüzlerinde görülebilen bir ve iki Zinnober tanesi cıva mineralinin durumu hakkında tesadüfi bir fikir vereceğinden daha katı bilgi alabilmek için bir flotasyon konsantrenin mikroskopik analizi yapılmıştır.

Konsantrenin hacim bakımından yaklaşık olarak:

%5 i Zinnober

%17 i Kömürümsü madde

%35 i Pirit

%43 i Serizit, Kalsit, Kuars'tan ibarettir.

Serbest Zinnober tane irilikleri 0,08 - 0,01 mm arasında değişmektedir. Ayrıca 0,05 mm iriliğindeki Zinnober 0,01 mm lik karbonatlarla kenetlenmiştir. 10 mikronluk pirit veya kömürümsü maddeler Zinnober içinde kapatmalar halinde dağılmışlardır.

Kömürümsü madde optik bakımdan daha çok grafitte benzetmektedir. Tane iriliği 0,08 - 0,005 mm arasındadır. Az olmakla beraber 0,005 mm büyüklüğünde ince pirit tanecikleri ihtiva eden kömürümsü madde taneleri mevcuttur.

Konsantrenin yaklaşık olarak üçte birini teşkil eden pirit tanelerinin bir kısmı piritleşmiş bakteri şeklinde ve bir kısmı da idiomorf haldedir. Tane iriliği 0,04 ile 0,005 mm arasında değişmektedir.

Geriye kalan kısım Serizit, Kalsit ve Kuars'tan ibaret olup tane irilikleri 0,02 ile 0,005 mm arasındadır. Konsantre içinde 0,02 mm büyüklüğünde eser mitkarda Kalkopirit'e rastanmıştır [12].

Buradan anlaşılacağı gibi Zinnober'in serbestleşebilmesi için 200 meşh = 0,074 mm nin altına öğütülmesi gerekmektedir. Bu incelikte büe Zinnober tanecikleri gang mineralleri içereceğinden zengin bir konsantre kazanmak mümkün olmayacaktır.

"Amalgam metodu"na göre yapılan cıva analizi numunenin tenorunun %0,09 olduğunu göstermiş 29 flotasyon deneyi şarjlarının ortalaması %0,11 Hg bulunmuştur.

öğütülebilirlik derecesini saptamak için "The Wallage Hardgrove Machine For Measuring of grindability" değirmeni ile öğütme testleri yapılmış ve

Bond-work Index olarak

$$W_i = 6,42 \text{ kwh/t cevher bulunmuştur.}$$

Bu aşağı yukarı baritin öğütme özelliğine yakındır ve öğütülebilirlik derecesi "yumuşak", "orta" ve sert olarak ayrılırsa "orta" ile "yumuşak" arasındadır.

Cevherin özgül Ağırlığı  $2,74 \text{ g/cm}^3$  olarak tayin edilmiştir.

## 2.2. Flotasyon Deneyleri (M.T.A. Musluk Suyu ile)

Flotasyon deneyleri için numune 1 mm nin altına kırıldıktan sonra birer kiloluk parçalara bölündü. Öğütme işlemi, 7" x 14" boyutunda Denver çubuklu değirmeninde 18 kg çubuk, 1 kg numune ve 1 İt su ilâvesi ile yürütüldü. Flotasyon deneyleri için Denver Model D-1 laboratuvar flotasyon makinesi kullanıldı. 2,3 litrelik sellül için 1500 D/D pervane hızı uygulandı. Bulamaçtaki ağırlık katı oranı %30 civarında tutuldu.

ilk ayırmada bir "kaba konsantre=KK" ve "ArtLk=A" elde edildi. Kaba konsantre içerisine sudan başka hiçbir katkıda bulunulmadan 4 defa ayrı ayrı yüzdürüldü. Birinci yıkamada kazanılan konsantreye "1. Yıkama konsantresi = 1. YK" artığı ise "1. Yıkama artığı = 1. YA", . . . . . dördüncü yıkamada kazanılan ürünlere ise "4 Yıkama konsantresi = 4. YK" ve "4. Yıkama artığı = 4. YA" adları verildi.

Bu durumda kaba konsantrenin artığı "son artık" ve 4. yıkama konsantresi ise son konsantre olmaktadır.

Flotasyon konsantresinin tenörü %5 Hg civarında tutulmaya çalışılırken, en yüksek Hg-Verimine en ucuz reaktif sarfiyatı ile ulaşabilmek amacı güdüldü ve aşağıdaki değişkenlerin f lotasyona yaptıkları etkiler incelendi.

1. öğütme Süresi
2. öğütme ile flotasyon işlemi arasındaki süre
3. Baku: sülfat
4. Cam suyu
5. pH - değeri

6. Xanthat cinsleri ve miktarı
7. Gazyağı - Xanthat oranı
8. Köpürütücü ve Na - siyanür
9. Flotasyon süresi

### 2.2.1. öğütme Süresinin Etkisi

öğütmede amaç, cıva minerali Zinnober'in serbestleşmesinden öte gang minerallerini serbestleştirmek ve flotasyon artışı-ğındaki cıva kaçagım en düşük düzeye düşürmektir.

Flotasyon deneyleri için kısım 2.2. de anlatılan çalışma ko-şulları sabit tutularak numune 10, 15 ve 20 dakika çubuklu de-ğirmende öğütüldü. 10 dakikalık öğütmede flotasyon artıkların-da mikroskop altmda bol miktarda cıva izlendiğinden analize tâbi tutulmadı. En iyi sonuç 20 dakikalık öğütme süresinde ka-zanıldı. Tablo 1'de değirmen girişinin ve flatasyon beslemesinin elek analizleri ve cıva dağılımı gösterilmiştir. Her ne kadar —325 mesh (0,043 mm) fraksiyonun cıva tenÖrü çok düşükse de numunedeki cıvanın 1/3 nü içerdiğinden flotasyondan önce şlam atma işlemine başvurulmadı.

Tablo 2'de flotasyon deneylerinin sonuçları verilmiştir. 20 dakikalık öğütmede son konsantrede %10 daha fazla Hg - verimi kazanılmıştır.

TABLO 2 — öğütme Süresinin Flotasyona Etkisi

| Dakika | Hg - % | 4.YK  | S.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 15     | Tenor  | 7,18  | 4,70  | 3,00  | 1,48  | 0,55  | 0,11   |
|        | Verim  | 67,90 | 68,89 | 70,18 | 72,77 | 76,36 | 100,00 |
| 20     | Tenor  | 7,35  | 4,83  | 3,43  | 1,48  | 0,37  | 0,12   |
|        | Verim  | 76,81 | 77,77 | 79,23 | 82,14 | 87,66 | 100,00 |

(pH — 10, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 300 g/t KAX, 75 g/t Flotanol G)

**TABLO 1 — Çubuklu Değirmen Giriş ve Çıkışının Elek Analizi ve Hg - Dağılımı**

| tane<br>iriliği<br>mesh | Değirmen     |          | Beslemesi    |              |          | Flotasyon Beslemesi (20 dakika Öğütme) |          |              |              |          |
|-------------------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|--|----------|--------------|--------------|----------|
|                         | Ağırlık      |          | Hg - Dağılım |              |          | Ağırlık                                |          | Hg - Dağılım |              |          |
|                         | %            | Σ - %    | Hg-%         | %            | Σ - %    | %                                      | Σ - %    | Hg - %       | %            | Σ - %    |
| + 20                    | 6,5          | 6,5      | 0,11         | 6,7          | 6,7      | —                                      | —        | —            | —            | —        |
| + 28                    | 21,8         | 28,1     | 0,09         | 18,2         | 24,9     | —                                      | —        | —            | —            | —        |
| + 35                    | 16,5         | 44,6     | 0,09         | 13,9         | 38,8     | —                                      | —        | —            | —            | —        |
| + 48                    | 11,3         | 55,9     | 0,10         | 10,6         | 49,4     | —                                      | —        | —            | —            | —        |
| + 65                    | 8,6          | 64,5     | 0,13         | 10,5         | 59,9     | —                                      | —        | —            | —            | —        |
| + 100                   | 9,1          | 73,6     | 0,15         | 12,8         | 72,7     | 0,7                                    | 0,7      | 0,16         | 0,9          | 0,9      |
| + 150                   | 5,3          | 78,9     | 0,12         | 6,0          | 78,7     | 2,9                                    | 3,6      | 0,13         | 2,9          | 3,8      |
| + 200                   | 5,5          | 84,4     | 0,11         | 5,7          | 84,4     | 12,4                                   | 16,0     | 0,25         | 23,8         | 27,6     |
| + 270                   | 7,0          | 91,4     | 0,14         | 9,2          | 93,6     | 12,9                                   | 28,9     | 0,26         | 25,7         | 53,3     |
| + 325                   | 5,4          | 96,8     | 0,05         | 2,5          | 96,1     | 5,9                                    | 34,8     | 0,29         | 13,1         | 66,4     |
| — 325                   | 3,2          | 100,0    | 0,13         | 3,9          | 100,0    | 65,2                                   | 100,0    | 0,07         | 33,6         | 100,0    |
| <b>Toplam</b>           | <b>100,0</b> | <b>—</b> | <b>0,11</b>  | <b>100,0</b> | <b>—</b> | <b>100,0</b>                           | <b>—</b> | <b>0,13</b>  | <b>100,0</b> | <b>—</b> |

### 2.2.2. Oksitlenmenin Etkisi

Öğütmeden sonra flotasyon işlemine başlayıncaya kadar geçen süre iki ayrı deneyde incelendi. Birinci deneyde öğütmeden sonra, ikincisinde 4 saat bekletildikten sonra flotasyona başlandı. Tablo 3'deki sonuçlardan flotasyon bulamacının bekletilmeden etkilendiği ve Zinnober'in flotasyon yeteneğinin azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak Zinnober mineralinin yüzeyinin oksitlenmesi, yüzeyin koloidal şlam tanecikleri üe kirlenerek kollektör adsorpsiyonunu önlemesi veya flotasyona zararlı bazı iyonların konsantrasyonunun zamanla bulamaç içinde artması gösterilebilir.

**TABLO 3 — Oksitlenmenin Flotasyona Etkisi**

| Bekleme Süresi | H g - % | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|----------------|---------|-------|-------|--------|
| Hemen          | Tenor   | 5,41  | 1,02  | 0,14   |
|                | Verim   | 70,27 | 73,93 | 100,00 |
| S a a t        | Tenor   | —     | 1,75  | 0,10   |
|                | Verim   | —     | 52,23 | 100,00 |

(öğütme 15 dakika, pH = 11,3, 300 g/t KAX, 50 g/t flotanol G)

### 2.2.3 Bakır Sülfatın Etkisi

Literatürde bakır ve kurşun iyonlarının Zinnober flotasyonunda aktifleyici rol oynadıkları belirtilmektedir [5, 6]. Bahsi geçen iyonlar oksitlenmiş mineral yüzeyine xanthatların adsorpsiyonunu kolaylaştırmakta ve flotasyon verimini artırmaktadırlar.

Bakır sülfatın aktifleyici olarak kullanıldığı bir dizi deneyde optimal  $\text{CuSO}_4$  miktarı 200 g/t olarak saptanmıştır. Bakır sülfat üave edilmeden ve bakır sülfath iki deneyin sonuçları



tablo 4'te incelendiği zaman aktivatörün avantajı açık olarak anlaşılmaktadır.

Aktifleyici miktarı 200 g/t u geçtiğinde her ne kadar konsantre tenörü yükseltilmişse de Hg-Verimi düşmüştür. Bakır ilâvesi belirli bir miktarı aştığı zaman bakır iyonları solüsyonda kalmakta ve xanthat iyonları ile birleşerek toplayıcıların aktif gruplarını bloke etmektedirler. Bunun sonucu olarakta toplayıcı miktarı yetersiz kalmakta ve verim düşmektedir.

TABLO 4 — Bakır Sülfatın Flotasyona Etkisi

| CuSO,<br>g/t | Hg-%  | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0            | Tenor | 7,26  | 5,34  | 3,15  | 1,43  | 0,51  | 0,11   |
|              | Verim | 61,50 | 63,75 | 65,52 | 66,29 | 73,18 | 100,00 |
| 200          | Tenor | 7,18  | 4,70  | 3,00  | 1,48  | 0,55  | 0,11   |
|              | Verim | 67,90 | 68,89 | 70,18 | 72,77 | 76,36 | 0,11   |

(öğütme 15 dakika, pH — 9,8, 300 g/t KAX, g/t Flotanol G)

#### 2.2.4. Gam Suyunun Etkisi

Cevher içindeki kil mineralleri sulu öğütme esnasında dağılarak bulamacın şlam miktarını artırmakta, flotasyon işlemini güçleştirmektedirler, örneğin, 15 dakikalık öğütmede numunenin ağırlıkça %48 i, 20 dakikalık öğütmede %58 i 400 mesh'in altına geçmektedir. Şlamın flotasyondaki olumsuz etkisini azaltmak kıymetli mineral yüzeyini şlam taneciklerinden temizlemek, gayesi ile dispergent ve silika bastırıcı olarak flotasyonda cam suyu (Na SiO<sub>3</sub>. X H<sub>2</sub>O) kullanılmış fakat cam suyunun Zinnober'i de bastırdığı görülmüştür (Bak tablo: 5).

**TABLO 5 — Cam Suyunun Flotasyona Etkisi**

| Cam Snyu<br>s/t | Hgr-% | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0               | Tenor | 8,32  | 5,63  | 4,65  | 3,17  | 0,65  | 0,13   |
|                 | Verim | 67,81 | 73,20 | 73,68 | 74,20 | 81,31 | 100,00 |
| 200             | Tenor | 4,55  | 3,84  | 3,03  | 0,91  | 0,58  | 0,13   |
|                 | Verim | 66,34 | 68,38 | 68,72 | 69,50 | 75,10 | 100,00 |
| 500             | Tenor | 9,84  | 7,01  | 3,75  | 3,31  | 0,70  | 0,13   |
|                 | Verim | 56,40 | 58,68 | 59,34 | 60,89 | 67,09 | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, pH = 8,8, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 300 g/t KAX, 75 g/t Flotanol)

### 2.2.5. pH - Değerinin Etkisi

pH-değerinin ayarlanmasında hem ucuzluğu ve hem de piriti selektif olarak bastırma özelliğinden dolayı sönmüş kireçten Ca (OH)<sub>2</sub> faydalanılmıştır.

Tablo 6 daki flotasyon deneyleri sonuçlarından pH - değerin yükselmesinin flotasyonu beklenen kadar etkilemediği fakat konsantrasyonun yüksek pH değerinde arttığı anlaşılmaktadır.

**TABLO 6 — pH Değerinin Flotasyona Etkisi**

| pH   | Hgr-% | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 11,3 | Tenor | 9,35  | 8,84  | 7,74  | 5,41  | 1,02  | 0,14   |
|      | Verim | 56,30 | 58,33 | 61,77 | 70,27 | 73,93 | 100,00 |
| 9,8  | Tenor | 7,26  | 5,34  | 3,15  | 1,43  | 0,51  | 0,11   |
|      | Verim | 61,50 | 63,75 | 65,52 | 66,29 | 73,18 | 100,00 |
| 7,7  | Tenor | 7,03  | 5,48  | 4,01  | 1,85  | 0,39  | 0,12   |
|      | Verim | 60,41 | 61,04 | 61,37 | 62,48 | 71,40 | 100,00 |

(öğütme 15 dakika, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 300 g/t KAX 75 g/t Flotanol G)

### 2.2.6. Ksantat Cinsleri ve Miktarın Etkisi

Daha önce belirtildiği gibi cıva minerali karbonat mineraleri, kömürümsü madde ve limonitleşmiş piritle çok ince kenetlenmiştir. Tam serbestleşme ancak 5 mikronda gerçekleşebü-

mektedir. Serbest Zinnober tanelerinin doğal flotasyon yeteneği çok yüksek olmasına rağmen, bilhassa pirit ve oksit mineralleri üe kenetlenmiş tanelerin yüzdürülmesi ve köpükte iyi bir verimle kazanılması ancak uzun hidrokarbon zincirine sahip kuvvetli toplayıcılarla (örneğin Amyl-xanthat gibi) mümkün görülmektedir.

Diğer flotasyon şartları sabit tutularak üç cins xanthat (K.Amyl, Na-Isopropyl ve KAetyl-Xanthat) ve bunların karışımları üe sürdürülen flotasyon deneyleri K.Amyl-Ksantatla en iyi verime ulaşıldığını ortaya koymuşlardır (Bak tablo 7).

**TABLO 7 — Ksantat Cinslerinin Flotasyona Etkisi**

| Ksantat                            | Hg-%  | 4.YK  | S.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| K. Amyl                            | Tenor | 8,32  | 5,63  | 4,65  | 3,17  | 0,65  | 0,13   |
|                                    | Verim | 67,81 | 73,20 | 73,68 | 74,20 | 81,31 | 100,00 |
| Na-Isopropyl                       | Tenor | 12,29 | 7,29  | 5,68  | 3,20  | 0,67  | 0,14   |
|                                    | Verim | 57,33 | 59,12 | 59,95 | 61,70 | 69,29 | 100,00 |
| K. Amyl<br>K. Isopropyl<br>K.Aetyl | Tenor | 10,35 | 6,64  | 5,01  | 2,58  | 0,47  | 0,13   |
|                                    | Verim | 51,90 | 53,19 | 53,65 | 55,26 | 63,12 | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, pH = 8,8, 300 g/t Ksantat, 200 g/t CuSO<sub>4</sub> 75 g/t Flotanol G)

Her ne kadar Na-Isopropyl-Ksantatla kazanılan son konsantrenin (4. Yıkama konsantresinin) tenörü şimdiye kadar elde edülenlerin en yükseği ise de gaye yüksek tenörden ziyade yüksek verim olduğundan diğer deneyler için en uygun toplayıcı olarak K.Amyl-Ksantat (KAX) seçilmiştir. En yüksek verime ise 400 g/t K.Amyl-Ksantat sarfiyatı üe ulaşılmıştır (Bak tablo 8).

#### 2.2.7. Toplayıcı Olarak Gaz Yağı-Ksantat Karışımı

Yukarıda bahsi geçen K.Amyl-Ksantat sarfiyatı sülfürlü cevherlerin flotasyonunda kullanılanların iki üç mislinden büe fazladır ve bunun sonucu olarakta toplayıcı masraflarım anormal bir şekilde yükseltecektir. Bu nedenle daha ucuz bir top-

**TABLO g — Toplayıcı Miktarının Flotasyona Etkisi**

| K. Amyl-X  |       |       |       |       |        |        |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| <i>f</i> * | Hgr-% | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK   | KK     | Şarj   |
| 400        | Tenor | 3,58  | 3,01  | 2,18  | 1,23   | 0,54   | 0,10   |
|            | Verim | 90,01 | 91,77 | 94,31 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 350        | Tenor | 3,73  | 3,03  | 2,17  | 1,18   | 0,30   | 0,11   |
|            | Verim | 89,72 | 90,23 | 90,84 | 92,11  | 96,94  | 100,00 |
| 300        | Tenor | 8,32  | 5,63  | 4,65  | 3,17   | 0,65   | 0,13   |
|            | Verim | 67,81 | 73,20 | 73,68 | 74,20  | 81,31  | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, pH = 9,0, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 75 g/t Flotanol G)

layıcı aranmış gaz yağı ve gaz yağı-ksantat kombinasyonları bu amaç için kullanılmıştır. Alman sonuçlardan gaz yağının tekbaşına iyi bir toplayıcı olmadığı, optimal değer 350 g/t gaz yağı ve 50 g/t KAX ile kazanılabileceği saptanmıştır (bak **tablo 9**). Ayrıca **tablo 10** da bu deneyin şartları ve sonuçları gösterilmiştir.

**TABLO 9 — Gaz Yağı ve KAX Kombinasyonlarının Flotasyona Etkisi**

| Gaz yağı |     | KAX   |       |       |       |       |        |        |
|----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| g/t      | g/t | Hg-%  | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK     | Şarj   |
| 250      | 150 | Tenor | 5,73  | 3,77  | 3,13  | 1,52  | 0,41   | 0,10   |
|          |     | Verim | 90,95 | 95,04 | 96,85 | 98,22 | 100,00 | 100,00 |
| 250      | 100 | Tenor | 6,57  | 4,42  | 2,99  | 1,21  | 0,31   | 0,10   |
|          |     | Verim | 90,29 | 91,76 | 92,68 | 95,05 | 100,00 | 100,00 |
| 350      | 0   | Tenor | 4,13  | 3,15  | 1,99  | 1,09  | 0,30   | 0,09   |
|          |     | Verim | 77,92 | 80,30 | 83,30 | 85,48 | 92,17  | 100,00 |
| 350      | 50  | Tenor | 5,79  | 3,79  | 2,61  | 1,39  | 0,27   | 0,11   |
|          |     | Verim | 92,47 | 94,47 | 95,65 | 96,97 | 100,00 | 100,00 |
| 350      | 75  | Tenor | 4,79  | 3,75  | 2,73  | 1,04  | 0,26   | 0,10   |
|          |     | Verim | 93,43 | 95,06 | 95,84 | 97,01 | 100,00 | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, pH = 11,2, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 100 g/t Dow Froth 250)

**TABLO 10 — Optimal Şartlarla Yapılan Bir Flotasyon Deneyinin Sonuçları**

|                    |                          |   |          |          |                 |  |
|--------------------|--------------------------|---|----------|----------|-----------------|--|
| <b>öğütme</b>      | <b>20 dakika</b>         |   |          |          |                 |  |
|                    |                          | <b>1000 gr nümune/700 mi. Tatlı su -f 300 mi Kireç Suyu</b> |          |          |                 |  |
|                    |                          | <b>Değirmen çıkışı pH = 8,6</b>                             |          |          |                 |  |
| <b>Flotasyon :</b> | <b>—pH</b>               | <b>11,1; CaO ile, tesir süresi 7 dakika</b>                 |          |          |                 |  |
|                    | <b>—CuSO<sub>4</sub></b> | <b>: 200 g/t</b>  | <b>"</b> | <b>"</b> | <b>7 dakika</b> |  |
|                    | <b>—K-Amyl-X</b>         | <b>: 50 g/t</b>   | <b>"</b> | <b>"</b> | <b>2 dakika</b> |  |
|                    | <b>—Gaz yağı</b>         | <b>: 350 g/t</b>  | <b>"</b> | <b>"</b> | <b>5 dakika</b> |  |
|                    | <b>—Dow Froth 250</b>    | <b>: 80 g/t</b>   | <b>"</b> | <b>"</b> | <b>1 dakika</b> |  |
|                    |                          | <b>Flotasyon süresi: 18 dakika (kaba konsantre)</b>         |          |          |                 |  |

**1,2,3 ve 4. Yıkamalar reaktif ilâve edilmeden yapıldı.**

|                         | Ağırlık |        | Tenor Hg - Verimi |       | 0 Tenor |      |
|-------------------------|---------|--------|-------------------|-------|---------|------|
|                         | %       | Z-%    | Hg-%              | %     | £-%     | Hg%  |
| <b>Konsantre</b>        | 1,73    | 1,73   | 5,79              | 92,78 | 92,78   | 5,79 |
| <b>4. Yıkama Artığı</b> | 0,96    | 2,69   | 0,19              | 1,69  | 94,47   | 3,79 |
| <b>3. Yıkama Artığı</b> | 1,27    | 3,96   | 0,10              | 1,18  | 95,65   | 2,61 |
| <b>2. Yıkama Artığı</b> | 3,55    | 7,51   | 0,04              | 1,37  | 96,97   | 1,39 |
| <b>1. Yıkama Artığı</b> | 32,77   | 40,28  | 0,01              | 3,03  | 100,00  | 0,27 |
| <b>A r t ı k</b>        | 59,72   | 100,00 | eser              | —     | 100,00  | 0,11 |

### 2.2.8. Diğer Etkenler

Flotasyon beslemesindeki şlam miktarının çok yüksek olması sadece toplayıcı sarfiyatım yükseltmekle kalmamakta, aynı zamanda fazla köpürtücü kullanma zorunluğunu da doğurmaktadır. Meydana gelen köpük lamelleri arasındaki şlam tanecekleri köpüğün kırılabilirliğini azaltmakta, zor söndürülen, gang mineralleri de taşıyabülen bir karakter kazanmasın sebep olmaktadır. Denenen Flotanol G, Dow Froth 250 gibi köpürtücüler arasında sarfiyatı biraz daha fazla olmasına rağmen Dow Froth 250 nin daha kırılabilir bir köpük verdiği tesbit edilmiştir.

Konsantre ağırlıklarının çok kere üçte birini geçen piritin bastırılması için kirecin yanısıra yıkama işlemlerinde Na-Siyânür kullanılmışsa da verimi olumsuz yönde etkilemiştir.

Püot çalışmalarında kapasite tayininde faydalanmak üzere bir flotasyonun deneyinin zamana göre ağırlık ve Hg-Verimleri tesbit edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

| <b>Dakika</b> | <b>Ağırlık Verimi Hg-Verimi</b> |            |
|---------------|---------------------------------|------------|
|               | <b>(%)</b>                      | <b>(%)</b> |
| <b>3</b>      | <b>21</b>                       | <b>78</b>  |
| <b>6</b>      | <b>32</b>                       | <b>89</b>  |
| <b>12</b>     | <b>36</b>                       | <b>92</b>  |
| <b>18</b>     | <b>39</b>                       | <b>98</b>  |

Flotasyon bulamacındaki Zinnober tanelerinin tamamen serbestleşmemiş halde bulunması, ayrıca Zinnober'in yanı sıra numunede az da olsa flotasyon kabiliyeti çok daha düşük olan Metazinnobaritin varlığı yüksek verimli bir konsantrenin ancak 18 dakika içinde yüzdürülebilmesinin sebeplerindedir.

### 2.3. FLOTASYON DENEYLERİ (Deniz Suyu İle)

Tatlı suyun bulunmadığı deniz kıyısındaki flotasyon tesislerinde tuzlu sudan tesis suyu olarak faydalanılması flotasyonun ilk yayılma senelerinden bu yana uygulana gelmiş bir yöntemdir.

Numunenin alındığı cıva yatağı civarında tatlı suyun kısıtlı, fakat deniz suyu sağlanmasının kolaylığı gözönüne alınarak ikinci bir deney dizisinde Biga sahillerinden alınan deniz suyu numunesi ile deniz suyunun cıva flotasyonuna etkisi incelenmiştir.

**TABLO 11 — pH-Değerinin Deniz Suyu Flotasyonuna Etkisi**

| pH   | Hgr-% | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 10,1 | Tenor | 4,26  | 3,61  | 1,92  | 0,86  | 0,34  | 0,13   |
|      | Verim | 81,22 | 82,92 | 85,48 | 92,36 | 97,36 | 100,00 |
| 7,7  | Tenor | 4,94  | 3,88  | 2,61  | 1,16  | 0,41  | 0,13   |
|      | Verim | 85,25 | 85,83 | 86,95 | 90,07 | 94,73 | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 100 g/t KAX, 250 g/t Gaz yağı, 90 g/t Dow Froth 250)

Deniz suyunun pH-değeri 10 un üzerine çıkarılamamış ve pH derecesinin yükselmesi köpükteki cıva verimini düşürmüştür. (Bak tablo: 11).

Bakır sülfat deniz suyu üe sürdürülen deneylerde flotasyonu olumlu yönden etkilemiştir.

Gaz yağı-ksantat karışımlarında en iyi sonuç 350 g/t gaz yağı ve 100 g/t KAX karışımı ile alınmıştır (bak tablo: 12).

Tablo 13'te M.A.T. musluk suyu ve Biga Sahil deniz suyu ile yapılan flotasyon deneylerinin en iyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Deniz suyu deneylerinden daha fazla toplayıcı kullanılmıştır.

**TABLO 12 — Gaz Yağı - Ksantat Karışımının Deniz Suyu Flotasyonuna Etkisi**

| g/t | g/t | Hg-%  | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK    | Şarj   |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 350 | 100 | Tenor | 5,28  | 4,39  | 3,48  | 1,57  | 0,44  | 0,12   |
|     |     | Verim | 87,12 | 87,93 | 89,04 | 92,02 | 96,90 | 100,00 |
| 250 | 100 | Tenor | 5,18  | 4,36  | 3,22  | 1,46  | 0,49  | 0,14   |
|     |     | Verim | 73,89 | 75,27 | 78,19 | 88,23 | 94,99 | 100,00 |
| 450 | 0   | Tenor | 3,59  | 3,28  | 2,53  | 1,64  | 0,53  | 0,12   |
|     |     | Verim | 44,78 | 53,87 | 63,31 | 79,51 | 93,68 | 100,00 |

(öğütme 20 dakika, pH = 7,1, 200 g/t CuSO<sub>4</sub>, 90 g/t Dow Froth 250)

**TABLO 13 — Musluk Suyu ve Deniz Suyu Flotasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması**

| Su cinsi  | Hg-%  | 4.YK  | 3.YK  | 2.YK  | 1.YK  | KK     | Şarj   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Muskuk  | Tenor | 5,79  | 3,79  | 2,61  | 1,39  | 0,27   | 0,11   |
|   | Verim | 92,78 | 94,47 | 95,65 | 96,97 | 100,00 | 100,00 |
| (öğütme 20 dakika, pH = 7,1, 200 g/t CuSO <sub>4</sub> , 100 g/t KAX, 350 g/t gaz yağı, 105 g/t Dow Froth 250)  | Tenor | 5,28  | 4,39  | 3,48  | 1,57  | 0,44   | 0,12   |
|   | Verim | 87,12 | 87,93 | 89,04 | 92,02 | 96,90  | 100,00 |
| Deniz   |       |       |       |       |       |        |        |
| (öğütme 20 dakikada, pH = 10,1, 200 g/t CuSO <sub>4</sub> , 50 g/t KAX, 350 g/t gaz yağı, 80 g/t Dow Froth 250) |       |       |       |       |       |        |        |

masına rağmen konsantr tenörü ve Hg verimi düşmekte buna karşılık flotasyon süresi 25 dakikaya kadar yükselmektedir, fakat flotasyon mümkündür.

### 3. PİLOT ÇAPTA Kİ FLOTASYON DENEYLERİ

Laboratuvar çapında sürdürülen flotasyon deneyleri ile yetinilmemiş bu deneylerin doğrulanması, kurulması düşünülen flotasyon tesisinin proses ve makine akım şemalarının tayini, tesis fizibilite ve planlama etüdlerince temel teşkil edecek verilerin tesbiti amacı ile çalışmaların pilot çapta devamı kararlaştırılmıştır. Laboratuvar numunesine göre yatağı daha iyi temsil eden 16 tonluk bir numune 3 mm nin altına Wedag tipi ızgaralı çekiçli kırıcı vasıta ile kırılmış homojen bir karışımın sağlanması için üç defa aktarılarak harmanlanmıştır. Pilot te-

TABLO 14 — Bilyalı Değirmen Beslemesinin ve Spiral Klasif ikatör Taşmasının Elek Analizleri

| Tane İriliği  |     | Değirmen Beslemesi |              | Klasifikatör çıkışı |              |       |
|---------------|-----|--------------------|--------------|---------------------|--------------|-------|
|               |     | Ağırlık            |              | Ağırlık             |              |       |
| meş           | mm. | %                  | £ - %        | %                   | Z - %        |       |
| +             | 4   | 4,699              | 1,0          | 1,0                 |              |       |
| +             | 5   | 3,962              | 2,5          | 2,5                 |              |       |
| +             | 6   | 3,327              | 3,0          | 5,5                 |              |       |
| +             | 8   | 2,362              | 7,5          | 13,0                |              |       |
| +             | 9   | 1,984              | 3,8          | 16,8                |              |       |
| +             | 10  | 1,651              | 4,1          | 20,9                |              |       |
| +             | 14  | 1,168              | 10,8         | 31,7                |              |       |
| +             | 20  | 0,833              | 8,7          | 40,4                |              |       |
| +             | 28  | 0,589              | 10,6         | 51,0                |              |       |
| +             | 35  | 0,417              | 8,8          | 59,8                |              |       |
| +             | 48  | 0,295              | 7,6          | 67,4                |              |       |
| +             | 65  | 0,208              | 5,7          | 73,1                |              |       |
| +             | 100 | 0,147              | 7,3          | 80,4                | 1,6          | 1,6   |
| +             | 150 | 0,104              | 4,3          | 84,7                | 4,2          | 5,8   |
| +             | 200 | 0,074              | 3,9          | 88,6                | 10,0         | 15,8  |
| +             | 270 | 0,053              | 6,6          | 95,2                | 6,0          | 21,8  |
| +             | 325 | 0,043              | 1,0          | 96,2                | 9,2          | 31,0  |
| -             | 325 | 0,043              | 3,8          | 100,0               | 69,0         | 100,0 |
| <b>Toplam</b> |     |                    | <b>100,0</b> |                     | <b>100,0</b> |       |



sis çalışmalarında tesise giren numunenin tenorunun istenmiyen ölçüde değişmesi, deneylerin karşılaştırılmasına imkân vermeyeceğinden harmandan numune alınmasına azami gayret gösterilmiş, buna rağmen değirmen şarjının tenorunun %0,06 - 0,09 Hg arasında değişmesi önlenememiştir.

Öğütme sırasında, cıva mineralinin özgül ağırlığının gang minerallerine nazaran üç misli fazla olması nedeni ile değirmenden ve sınıflandırıcıda (Klasifikatörde) Zinnober birikmeleri olmuş, çok kere flotasyon girişi (= Klasifikatör çıkışı) tenörü, değirmen girişinden daha düşük bulunmuştur (bak Tablo: 15).

Tesis makine ve cihazları şekil l'de boyutları ve beygir güçleri ile belirtildiği gibi, birer adet cevher ve katı reaktif besleyicileri bir Harding tipi konik bilyah değirmen, Spiral sınıflandırıcı, 2 adet 30 ve 60 librelik Kondisyoner, 13 adet Denver tipi 28 librelik flotasyon Sellülü, 4 düşey çamur pompası ve sulu reaktif şişelerinden meydana gelmiştir.

Laboratuvar deneylerinin ışığı altında sürdürülen pilot çalışmada öğütme %85-200mesh civarında tutulmuştur (bak tablo : 14). Saatte 100 Kg.lık beslemede bilyah değirmen çıkışı katı oran %66, sınıflandırıcı taşması %20 ve değirmen devri daim yükü !%350 civarında tutulmaya çalışılmıştır.

Reaktifler kireç hariç sulu çözeltiler halinde beslenmiş ve tesir süreleri kireç ve  $CuSO_4$  için 17, Dekstrin (nişasta) ve K.Amyl - Ksantat için 5 ve gaz yağı için ise 10 dakika olarak ayarlanmıştır. Gerek reaktif ve cevher miktarı, gerekse değirmen ve sınıflandırıcı çıkışı katı oranları her yarım saatte bir ölçülmüş, kimyasal analizler deney sonunda değirmen ve flotasyon girişinden flotasyon konsantre ve artığından alınan numunelerle yapılmıştır. Sıhhatli sonuçlara varmak amacı ile kimyasal analizler üç ayrı numune üzerinde tekrarlanmış ve bunların ortalama değerleri alınmıştır.

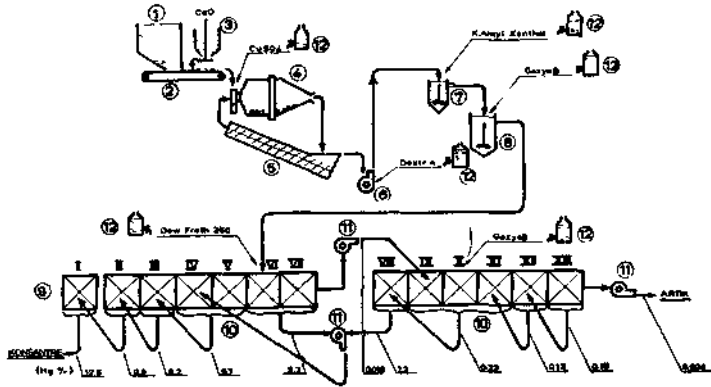
Flotasyon sellüllerinin şekil l'deki bağlanma şemasında artıktaki kaçağın en alt düzeye düşürülmesi ve köpüklerle beraber yüzen büyük miktardaki şlamın yıkanarak yüksek tenörlü bir konsantrenin kazanılmasına çalışılmıştır.

**TABLO 15 — Pilot Tesis Flotasyon Deneyleri Şartları ve Sonuçları**

| D e n e y | Deney Süresi | Değirmen Beslemesi | Değirmen Çıkışı<br>Ağırlık Katı Oranı | Klasifikatör<br>Taşması<br>Ağırlık Katı Oranı | pH - Değeri | CuSO <sub>4</sub> | Dextrin | K.Amyl-Ksantat | Gaz Yağı | Dow Froth 250 | Değirmen Girişi<br>Tenörü | Klasifikatör Çıkışı<br>Tenörü | Konsantr Tenörü | Artık Tenörü | Cıva Verimi |
|-----------|--------------|--------------------|---------------------------------------|---|-------------|-------------------|---------|----------------|----------|---------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| NO        | h            | Kg/h               | %                                     | %   | pH          | g/t               | g/t     | g/t            | g/t      | g/t           | Hg-%                      | Hg-%                          | Hg-%            | Hg-%         | Hg-%        |
| 11        | 8            | 125                | 66                                    | 20  | 10,5        | 210               | —       | 140            | 420      | 90            | 0,073                     | 0,06                          | 3,00            | 0,006        | 91,9        |
| 14        | 7            | 104                | 68                                    | 20  | 10,5        | 200               | 390     | 100            | 330      | 80            | 0,07                      | 0,060                         | 16,00           | 0,020        | 66,7        |
| 15        | 5            | 120                | 62                                    | 20  | 11,1        | 170               | 300     | 90             | 300      | 60            | 0,06                      | 0,051                         | 8,90            | 0,007        | 86,3        |
| 17        | 6            | 105                | 68                                    | 21  | 8,0         | 190               | 240     | 90             | 300      | 62            | 0,09                      | 0,080                         | 8,18            | 0,008        | 90,1        |
| 19        | 7            | 106                | 66                                    | 20  | 7,9         | 190               | 260     | 100            | 310      | 60            | 0,08                      | 0,064                         | 9,80            | 0,003        | 95,3        |
| 20        | 10           | 102                | 67                                    | 21  | 8,0         | 180               | 260     | 90             | 290      | 60            | 0,09                      | 0,080                         | 11,90           | 0,005        | 93,8        |
| 21        | 11           | 97                 | 67                                    | 21  | 8,0         | 180               | 270     | 90             | 280      | 60            | 0,06                      | 0,067                         | 12,60           | 0,004        | 94,0        |
| 21 a+     | 11           | 97                 | 67                                    | 21  | 8,0         | 180               | 270     | 90             | 280      | 60            | 0,06                      | 0,067                         | 5,7             | 0,006        | 91,0        |

(+) Bu deneyde 13 sellül yerine 8 sellül kullanılmış, son üç yıkama sellülleri ve son iki Kaba konsantr sellülleri hesaba katılmamıştır.

CIVA CEVHERİ  
PİLOT TESİS FLOTASYONU AKIM SEMASI

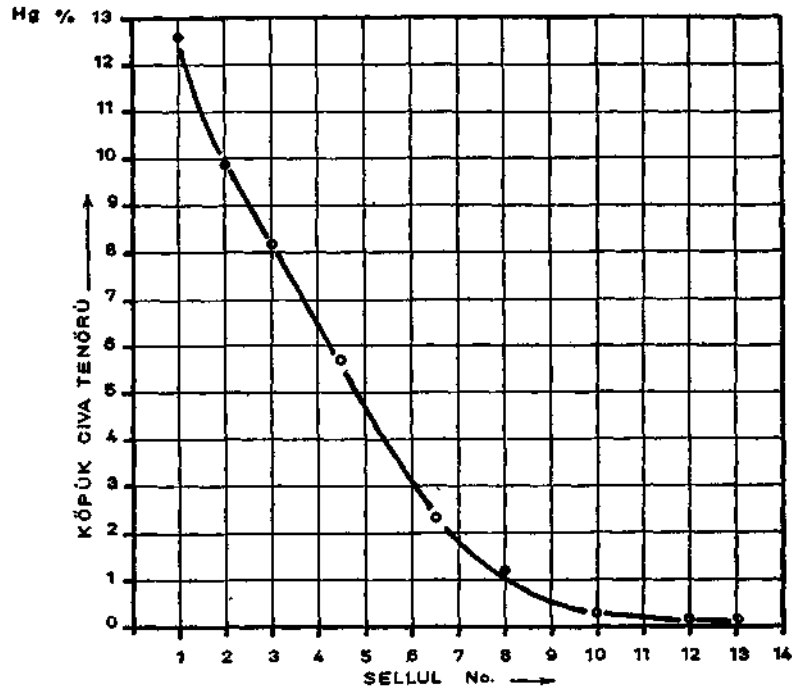


| No | ADET | C İ N İ                             | BÜYÜKLÜK           | B.E. | FİRMA  |
|----|------|-------------------------------------|--------------------|------|--------|
| ①  | 1    | WEZE CEVHER SÖZÜ                    | 70 kg              | —    | Dan-er |
| ②  | 1    | RANDE BÖLEYİCİ                      | 150 x 430 mm       | 1/4  | —      |
| ③  | 1    | DÖNER TABAKLI BÖLEYİCİ              | φ 150 mm           | 1/4  | —      |
| ④  | 1    | BİLYALI SİLİNDİRİK - KÖMÜR DÖĞRÜYEN | 600 x 900 mm       | 5    | Weiss  |
| ⑤  | 1    | SPIRAL KLASİFİKATÖR                 | 250 x 2500 mm      | 2    | —      |
| ⑥  | 1    | VERTİKAL POMP                       | 1" (25mm)          | 3    | —      |
| ⑦  | 1    | KONDİSYONER                         | 280 x 480 mm       | 1/4  | Dan-er |
| ⑧  | 1    | KONDİSYONER                         | 480 x 600 mm       | 1/2  | —      |
| ⑨  | 1    | FLOTASYON SELÜLÜ                    | 280 H <sup>2</sup> | 1/2  | —      |
| ⑩  | 2    | 8 SELÜLÜ FLOTASYON BATARYAS         | 280 H <sup>2</sup> | 1/2  | —      |
| ⑪  | 2    | VERTİKAL POMP                       | 3/4" (20mm)        | 1    | —      |
| ⑫  | 8    | REANTIF DOZAJ SİGESİ                | 200 x 600 mm       | —    | —      |

SEKİ 1

### 3.1. Flotasyon Tesisi Kapasitesinin Saptanması

Spiral sınıflandırıcı ile kapalı devre çalışan bilyalı değirmenin beslenmesi öğütme deneylerinde 140 Kg/h olarak ayarlanmış, sınıflandırıcı taşması elek analizi sabit tutulmuştur. Sınıflandırıcılardan değirmene geri dönen yük miktarı sabit kalıncaya kadar değirmene beslenen miktar azaltılmış ve sabit yük 100 kg/h (1,66 Kg/dakika) olarak saptanmıştır. Bu miktar sınıflandırıcı taşmasında 7,3 l/Dakika bulamaca eşdeğerdir (bulamaç katı oranı %20). Flotasyon süresi 15 dakika, sellül hacmi 28 litre ve kaba flotasyon devresindeki devri daim yükü %140 kabul edildiğinde 100 Kg/h lik değirmen beslemesi için gerekli sellül sayısı:



Şağıt : 2 \_ Flotasyon salüllarlnin diziliş sırasına gör» köpük cıva tanörlari.  
Şarj cıva tenoru V. 0067 Hg

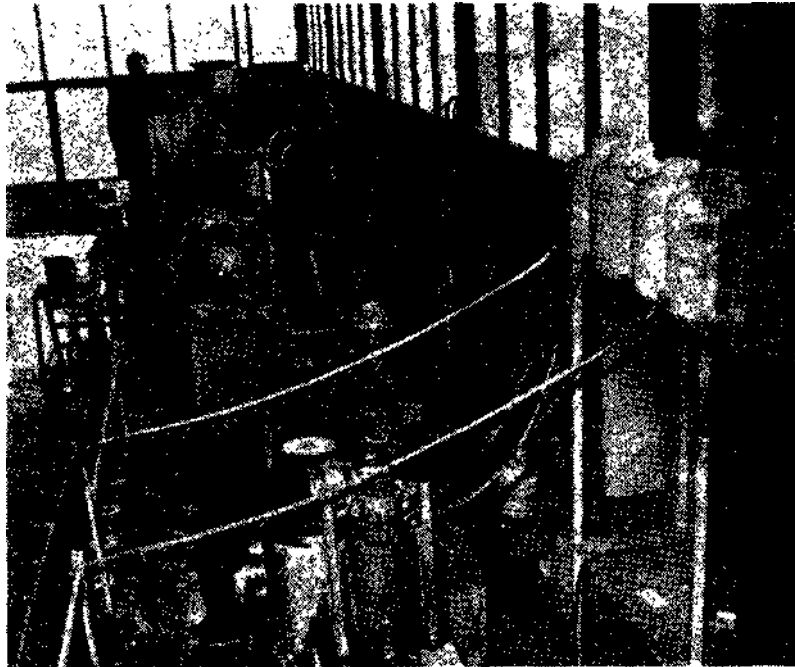
$$\frac{7,3 (1/D) \times 15 (D) \times 1,4}{28 (1/selül)} = 5,5 \text{ Sellül}$$

olarak hesaplanır. Bu nedenle ön flotasyon için 6 selül ayrılmıştır. (Selül NO. VI + VII Rougher ve No. DC + X + XI Scavenger). Selül No. VIII Scavenger konsantredeki şlamın bir kısmını temizlemek ve Hg-tenörünü yükseltmek gayesiyle kullanılmıştır. Flotasyon prosesini ve cıva kaçaklarını kontrol edebilmek için Scavenger selül sonra iki sellül daha No. XII ve Xm eklenmiştir.

Birinci yıkama devresinde flotasyon süresi 8 dakika, devridaim yükü %120 ve ön flotasyon konsantrasyonunun %40, yıkama devresine gideceği (Tablo 10) kabullenerek selül sayısı takriben

$$\frac{5,5 (selül) \times 1,20 \times 0,40 \times 8 (D)}{15 (D)} = 1,35 \text{ Selül}$$

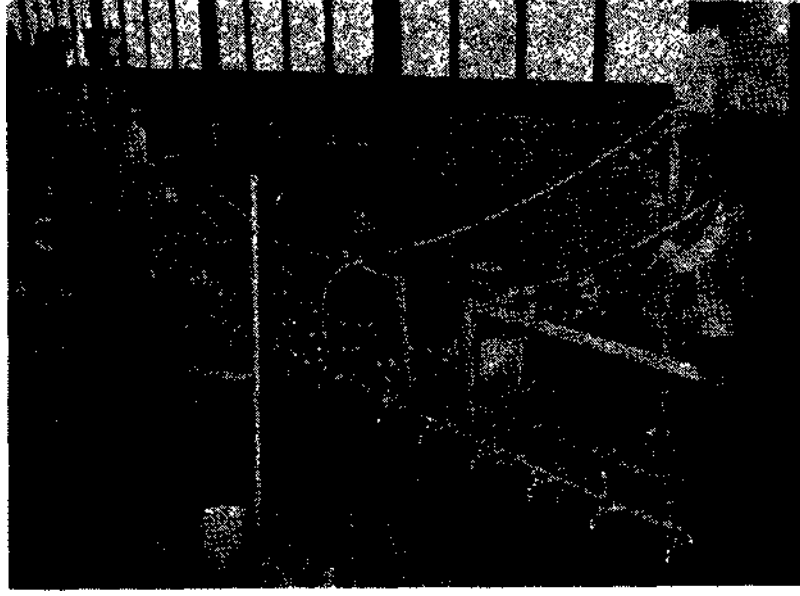
bulunmuş, bu devreye iki adet selül (No. IV ve V) konmuştur.



Besim 1 — Pilot Flotasyon tesisinden genel bir görünüş

ikinci, üçüncü ve dördüncü yıkama devreleri elde daha küçük selül mevcut olmadığı için 28 librelük birer selül çalıştırılmıştır.

Flotasyon akım şeması ve selül grubunun konsantre tenörleri şekil 1'de ve şekil 2'de gösterilmiştir. Tablo 15 ise deney



Resim 2 — Pilot tesis çalışmalarında flotasyonu kontrol

şartlarını ve sonuçlarını toplamaktadır. Resim 1 ve 2 tesisin genel görünüşü hakkında bir fikir vermekteler.

### 3.2. Deney Sonuçları

Laboratuvar deneylerinden farklı olarak pilot çalışmalarda komürümsü maddeleri bastırmak gayesi üe bir nişasta türü, Dekstrin kullanılmış ve bu suretle konsantre tenörü yükseltilmiştir. Dekstrin verilmesinden sonra önce siyah olan köpüğün rengi belirli bir şekilde açılmış grüleşmiş, tenor %3 Hg den %12 ye kadar çıkmıştır. Fazla miktarda Dekstrin ilâvesi Zinnoberin de bastırılmasına sebep olmuştur (Tablo 15, Deney No. 14)

pH - deęerinin 11'den 8'e dūřurūlmesi flotasyon kōpūęünün ۆzellikleri ۆzerinde olumlu etki yapmıř, laboratuvar deneylerinin aksine kōpükteki cıva verimi artmıřtır.

Toplam 13 selūl (ton cevher başına 3,6 m<sup>3</sup> selūl hacmi) kullanıldığı zaman en iyi sonuğ Deney 21 de alınmıştır. Cıva tenoru %12,6 ye verimi ise 94'e çıkmaktadır. Zenginleřme oram 1: 180 civarındadır, iki flotasyon konsantresinin kimyasal analizleri aşağıda verilmiştir.

|                                |   |       |       |
|--------------------------------|---|-------|-------|
| Hg                             | % | 11,90 | 9,65  |
| SiO <sub>2</sub>               | % | 13,58 | 10,69 |
| Sb                             | % | eser  | eser  |
| S                              | % | 19,70 | 31,65 |
| CaO                            | % | 0,86  | 0,52  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % | 6,10  | 5,52  |
| Fe                             | % | 16,30 | 27,25 |
| As                             | % | 0,14  | 0,12  |

Deney No. 21 de her ne kadar tenor ve verim yūksekte de ton cevher bařına dūřen selūl hacmi çok yūksektir. řart kořulan %5 Hg tenōrüne ulařmak için dōrdūncū selūl XI inciye kadar olan 8 selūl yeterlidir, (bak Tablo 15, deney No. 21 a). Bu durumda ton cevher bařına dūřen selūl hacmi 2,2 m<sup>3</sup> e inecek Cıva tenōrū %5,7 ile istenilenden yūksekte ve cıva verimi %91, konsantre aęırlık verimi %2 civarında kalacaktır. Zenginleřme oram 1: 85 dir. Bu deęerler literatūrde belirtilenlerin çoęundan daha yūksektir [8].

Ton cevher başına yaklaşık 4,5 - 5 ton su gerekeceğinden artık suyun durultma tanklarında (thickener) kazanılıp tesiste kullanılmasında fayda vardır.

Pilot tesis çalıřmaları laboratuvar flotasyon deneyleri sonuçlarını būyūk řartları ve sonuçları karřılařtınlınuřtur. Laboratuvar deneylerinde numune tenorunun daha yūksekte olmasına

karşılık orta ürün verimleri konsantre verimine dahil edilmemişlerdir. Pilot tesis deneylerinde genellikle reaktif sarfiyatı belirli bir şekilde azalmıştır.

TABLO 16 — Laboratuvar ve Pilot Deneylerin Karşılaştırılması

|                        |              | Laboratuvar deneyi | pilot deney |
|------------------------|--------------|--------------------|-------------|
| Flotasyon giriş tenörü | % Hg         | 0,11               | 0,067       |
| Artık tenörü           | % Hg         | eser               | 0,006       |
| Konsantre tenörü       | % Hg         | 5,8                | 5,7         |
| Cıva verimi            | % Hg         | 92,8               | 91,0        |
| Konsantrasyon oranı    | —            | 1:53               | 1:85        |
| Ağırlık verimi         | %            | 1,7                | 1,8         |
| Öğütme inceliği        | y — 200 mesh | 84                 | 84,2        |
| pH - Değeri            | pH           | 7,1                | 8,0         |
| CuSO <sub>4</sub>      | g/t          | 200                | 180         |
| Dekstrin               | git          | —                  | 280         |
| K-Amyl-Ksantat         | git          | 100                | 90          |
| Gaz yağı (kerosen)     | git          | 350                | 280         |

#### BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- [1] Yazan, H.A.: "Biga-Hodulköy Cıva cevherinin gravimetrik yöntemle zenginleştirilmesi" M.T.A. Teknoloji Rapor No. 1440, 21.9.1970.
- [2] Mineral Facts and Problems, U.S. Bureau of Mines Bulletin 650, 1970 ed. S. 639-652.
- [3] Özbayoğlu, S.: "Halıköy İşletmesine ait düşük tenörlü cıva cevherlerinin zenginleştirilmesi ve değerlendirilmesi etüdü", Madencilik, Ağustos 1968, Cilt VH. Sayı 3, S. 147-157.
- [4] Town, J.W.: "Flotation of low grade ores" U.S. Bureau of Mines Publication No. 5748, 1961.
- [5] Pryor, E.J.: Mineral Processing, Elsevier Publishing Co. Ltd, New York 1965, s. 769.



- [6] Mineral Processing Flowsheets, Denver Equipment Co., Denver Colorado, 1962, S. 112-113.
- [7] Taggart, A.F.: Handbook of Mineral Dressing, John Wiley and Sons, Inc, New York 1966, S. 2-206/209.
- [8] Kaçı, M.A.: "Cıva üretiminde flotasyon" Türkiye Madencilik bilimsel teknik II. kongresi. 25-27 Şubat 1971, Ankara, S. 331-337.
- [9] Bekişoğlu, K.A.: "Türkiye cıva yatakları ve bunların ekonomik önemi" Madencilik, Cilt VIII, Sayı 1, Şubat 1969, S. 19-30.
- [10] Yazan, H.A.: "Biga-Hodulköy Cıva cevherinin flotasyonla zenginleştirilmesi etüdü" M.T.A. Teknoloji Rapor No. 1518, 11.1.1971.
- [11] Yazan, H.A.: "Biga-Hodulköy Cıva cevherinin pilot tesiste flotasyonla zenginleştirilmesi" M.T.A. Teknoloji Rapor No. 1619, 8.7.1971.
- [12] Elgin, G.: M.T.A., T.T.L. Rapor No. 6667.

