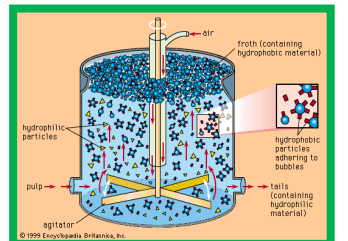
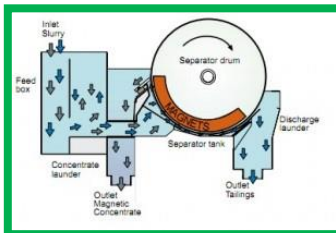


K.T.Ü.

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**CEVHER ve KÖMÜR HAZIRLAMA**  
**ANABİLİM DALI**

**CEVHER HAZIRLAMA LABORATUVAR**  
**DERSİ**  
**DENEY FÖYLERİ**





**DENEY FÖYÜ KAPAĞI AŞAĞIDAKİ ŞEKİLDE OLMALIDIR.**

**T.C.  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**



**CEVHER HAZIRLAMA LABORATUVAR DERSİ**

**DENEY ADI**

<b>Adı ve Soyadı</b>	:	
<b>Numarası</b>	:	
<b>Bölümü</b>	:	
<b>Program</b>	:	<b>I./ II. Öğretim</b>

## DENEY ADI: ÖRNEK ALMA

**DENEY AMACI:** Maden yatağından veya zenginleştirme tesisinden cevherin özelliklerini temsil edecek miktarda numune almak

### GENEL BİLGİLER

Bir cevher hazırlama mühendisinin maden yatağı veya cevher zenginleştirme tesisinde üretilen ürün ve artıklardan örnek alması için 3 sebep vardır.

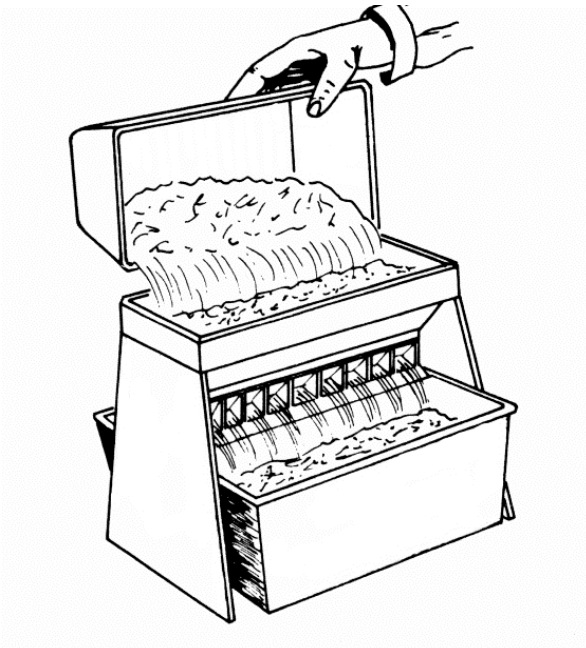
1. Madencilik faaliyetleri başlamadan önce uygun cevher hazırlama sürecini ve tesisin akım şemasını tasarlamak
2. Cevherin üretildiği aşamada tesise beslenen cevher özelliklerinin tutarlı ve sürekli olması gerekir
3. Tesiste elde edilen ürünlerin özelliklerinin saptanması için

### Örnek alma yöntemleri:

- Alındığı yere göre
- Alınış şekline göre
- Temsili numune alma

### Örnek azaltma yöntemleri:

- Alternatif kürek yöntemi
- Konileme dörtlleme yöntemi
- Numune bölücü ile



$$\frac{ML}{L-M} = \frac{Cd^3}{s^2}$$

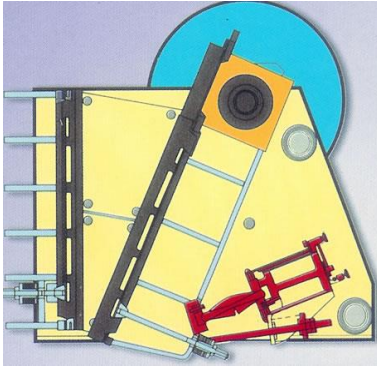
## DENEYİN ADI: BOYUT KÜÇÜLTME

**DENEYİN AMACI:** Boyut ufalama cihazları hakkında bilgi sahibi olup, cihaz parametreleri ve taneler arasındaki ilişkilerin tartışılması

### GENEL BİLGİLER:

Katı tanelerin daha küçük boyutlara indirilmesi ile yeni yüzeylerin oluşturulması işlemi ufalama olarak tanımlanmaktadır. Ufalama, kırma ve öğütme işlemlerinin tümünü kapsamaktadır.

Cevher hazırlamada; ufalama işlemleri, cevher hazırlama ve zenginleştirme işleminin enerji gereksinimleri olarak en büyük bir kısmını oluştururken, bu enerjinin küçük bir kısmı faydalı işe harcanmaktadır. Bir ufalama işleminde verilen enerji ile sarfedilen enerji arasındaki ilişkileri ortaya çıkarabilmek için hipotezler öne sürülmüştür.



### DENEYİN YAPILIŞI

1. Yaklaşık 2 kg numune alınır.
2. Kırıcı ve cevher özellikleri tartışılır, farklı kırıcılar ve hangi cevherlere uygulandığı tartışılır.
3. Kırma öncesi kırıcı parametreler belirlenir.
4. Numune; kırma işlemi gerçekleştirilmeden önce belirlenmiş eleklerden geçirilerek kaydedilir.
5. Kırma sonrası ufalanmış numunenin sınıflandırma işlemi gerçekleştirilerek kaydedilir.
6. Kırıcı açıklıkları değiştirilerek aynı işlemler kaydedilir ve işlemlerin sonuçları tartışılır.

## DENEY ADI: TANE BOYUT ANALİZİ (Elek analizi)

**DENEY AMACI:** Laboratuvar elekleri kullanılarak, bir malzemenin boyut dağılımının belirlenmesi, elek analizi sonuçlarının değerlendirilmesi ve sunumu hakkında bilgi ve beceri edinmek.

### GENEL BİLGİLER

Bir malzemenin tane boyu dağılımının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntem elek analizi yöntemidir. Elek analizinin tercih edilmesinin sebebi basit oluşu ve endüstride yaygın olarak kullanılan tane boylarında kullanılabilmesidir.

Elek analizi özellikle tane boyu 10 mm ile 38 µm arasında olan malzemelere uygulanır.



Şekil 1. Farklı boyut ve açıklığa sahip laboratuvar elekleri



### DENEYİN YAPILIŞI

- 1) 100-200 gr'lık temsili cevher örneği, örnek ayırıcı yardımıyla hazırlanır.
- 2) Örnek tartılarak, ağırlığı kaydedilir.
- 3) Uygun bir elek serisi oluşturulur. İdeal olarak, tane boyu analizinde kullanılacak bir elek serisinde en üst ve en alttaki eleğin seçimi; Elenecek malzemenin %5 i en üst elekte kalacak ve en küçük elekten geçecek şekilde yapılır. En iri açıklığa sahip elek en üstte olacak şekilde elek serisi dizilir .
- 4) Elek serisi eleme makinasına yerleştirilir ve örnek, seride bulunan en üstteki eleğe beslenir. Eleme makinası 20-30 dakika çalıştırılarak malzeme elenir.
- 5) Eleme süresi sonunda her bir elek üzerinde kalan malzeme alınarak tartılır. Tartım yapılırken elek deliklerine takılı olarak kalan malzeme fırça yardımıyla temizlenerek elek üstünde kalan malzemeye eklenir.
- 6) Elde edilen değerlerle elek analizi tablosuna yerleştirilir.

Tane Boyu Aralığı	Elek Fraksiyonları		Nominal Açıklık	Birikimli (Kümülatif)%	
	Ağ (gr)	Ağ (%)		Eleküstü	Elekaltı
(mm)			(mm)		

## DENEYİN ADI: SERBESTLEŞME

**DENEYİN AMACI:** Mikroskopik inceleme ile taneler arasındaki serbestleşme derecesinin belirlenmesi

### GENEL BİLGİLER:

İki veya daha fazla mineral içeren bağlı tanelerin boyut küçültme yani kırma ve öğütme işlemleri sonucu birbirlerinden ayrılarak serbest hale gelmelerine “tane serbestleşmesi” denir.

Cevher hazırlamadaki boyut küçültme (kırma ve öğütme ) işlemlerinin önemli nedenlerinden biri, cevheri oluşturan minerallerin birbirinden serbest hale getirilmesidir. Değerli minerallerin, değersiz minerallerden (gangdan) veya değerli minerallerin birbirinden, yüksek verim ve yüksek tenörle ayrılabilmesi, ancak yeterli ölçüde bir serbestleşmenin sağlanabilmesi ile mümkündür. Kırılmış ve öğütülmüş cevher parçacıklarına tane denir. Taneler bir mineralden ibaretse serbest tane adını alır. Birden fazla mineralden meydana gelen tanelere bağlı taneler denir. Kırılmış ve öğütülmüş cevherde bulunan bir mineralin toplam miktarına göre, serbest tanelerinin yüzdesine mineralin serbestleşme derecesi denir. Diğer bir ifadeyle, bir mineralin serbestleşme derecesi; bu mineralin toplam miktarının yüzde kaçının serbest taneler halinde bulunduğu ifadesidir.

Mikroskopla yapılan incelemeler ve ölçümler cevher içindeki minerallerin cinsi, yapısı ve tane büyüklüğü hakkında bilgi verirler.



### DENEYİN YAPILIŞI

1. Kırma işlemi sonrası sınıflandırılmış numune içerisinden alınmış taneler mikroskop altında incelenir.
2. Bağlı ve serbest taneler tablosu oluşturulur.
3. Tabloda serbest taneler direk yazılırken, ikili ve üçlü bağlı tanelerde her mineralin tanenin 20 de kaçını oluşturduğu tahmin edilerek bulunan sayılar tablodaki (ikili ve üçlü bağlı taneler kısımlarındaki) ilgili minerallerin karşısına yazılır.
4. Tablodaki verilere göre minerallerin serbestleşme dereceleri hesaplanır.
5. Sonuçlara göre cevher içerisindeki mineraller özellikleri ve zenginleştirme yöntemi tartışılır.

## DENEY ADI: YÜZDÜRME BATIRMA (YOĞUNLUK DAĞILIMI)

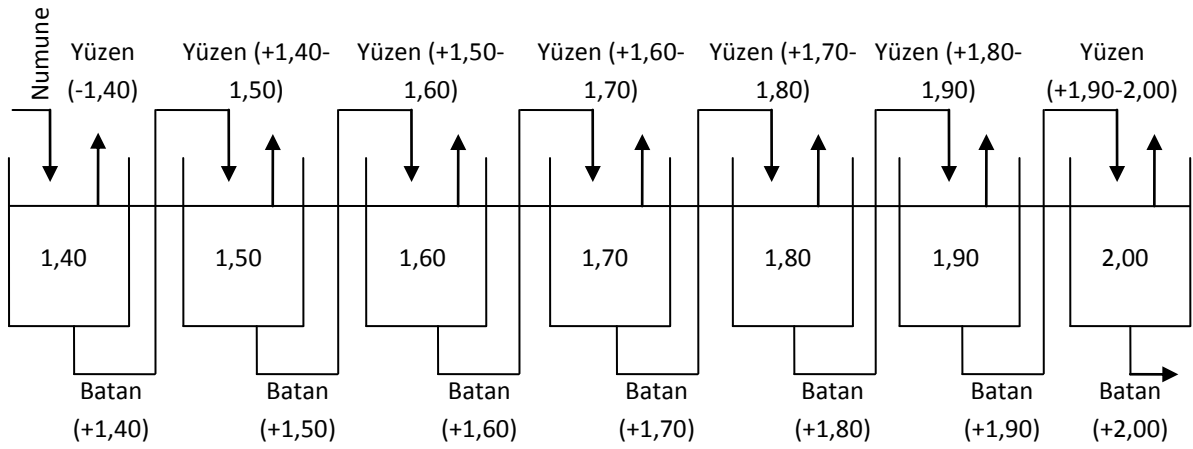
**DENEYİN AMACI:** Özgül ağırlık farkı ile kömürlerin yıkanmaya uygun olup olmadıkları hakkında bilgi edinmek

### GENEL BİLGİLER

Kömür yüzdürme-batırma deneylerinde kullanılan ağır sıvıların hazırlanmasında;

- Organik sıvılardan (Ör: Bromoform)
- İnorganik tuzların çözeltilerinden (Ör: Çinko klorür)
- Süspansiyon halinde kullanılan katı maddelerden (Ferrosilikon) faydalanılır.

Genel bir kömür yüzdürme-batırma deney düzeneği





## **DENEY ADI: GRAVİTE ZENGİNLEŞTİRME**

**DENEY AMACI:** Küçük boyutlu mineral tanelerin, yataya yakın eğimdeki bir yüzey üzerinde, ince bir tabaka halinde akan akışkan ortam içinde, özgül ağırlık farkına göre ayrılmaları yoluyla zenginleştirmesini sağlamak

### **GENEL BİLGİLER**

Sallantılı masa, cevher yapısı içerisindeki minerallerin özgül ağırlık farkından yararlanarak, zenginleştirme işlemi gerçekleştiren bir yoğunluğa göre ayırma cihazıdır. Sallantılı masa, hafif eğimli, üzerinde akışkan bir akımı olan dikdörtgen, paralel kenar, dikdörtgene yakın yamuk veya V şeklinde bir tabladır. Masa yüzeyi genellikle dar ve uzun eşiklerle kaplıdır. Bu ileri-geri hareket ve masa üzerindeki eşikler yardımıyla yoğunluğa göre bir ayırma işlemi yapmaktadır.

#### **Sallantılı masaların genel çalışma özellikleri:**

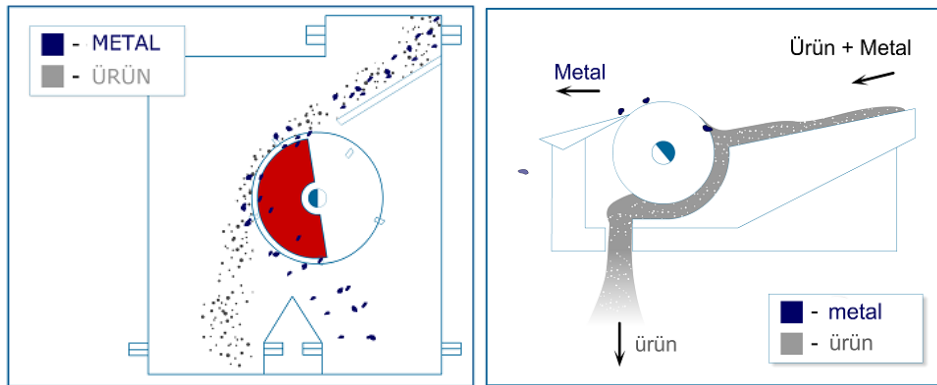
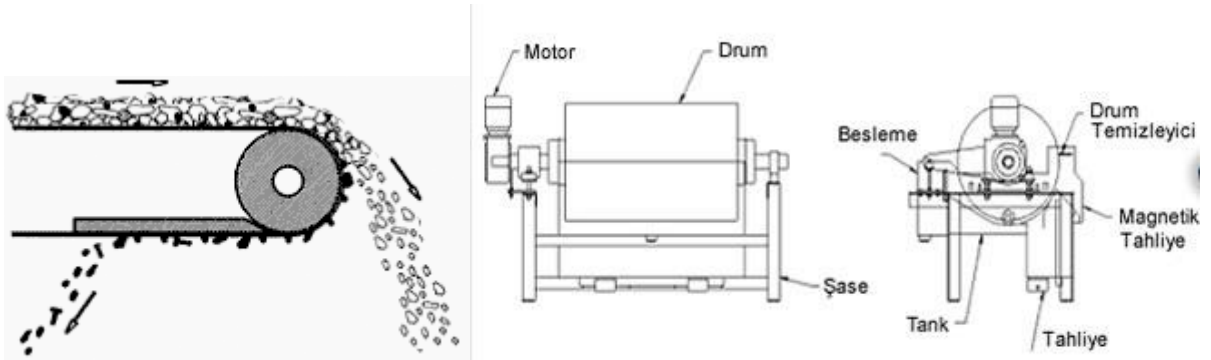
- Uygulanabilirlik
- Beslenecek malzeme boyutu
- Hız ve genlik
- Su sarfiyatı
- Kapasite
- Eğim
- Bakım
- Sallantılı masaların çalışma ayarları

## DENEY ADI: MANYETİK AYIRMA ile ZENGİNLEŞTİRME DENEYİ

**DENEY AMACI:** Manyetik duyarlılığı farklı minerallerin manyetik ayırıcılarda (yüksek alan şiddetli kuru ve yaş manyetik ayırıcı) birbirinden ayrılmasını görmek ve besleme miktarı, manyetik alan şiddeti ve tane boyu gibi faktörlerin ayırma verimine etkisini incelemek.

### GENEL BİLGİLER

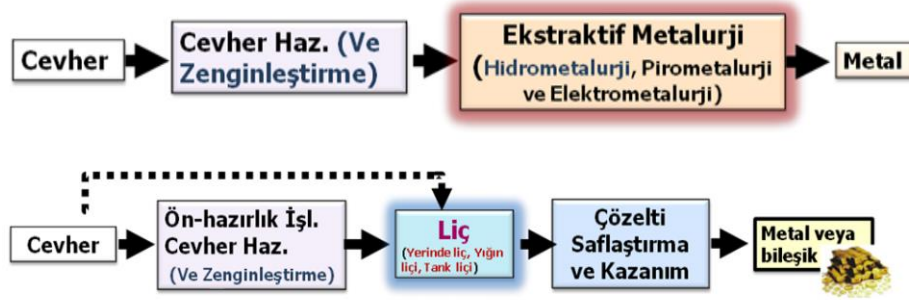
Tabiattaki bütün katı cisimler bir manyetik alan içine girdiğinde az veya çok bu alanda etkilenir ve manyetik kutuplar tarafından itilir veya çekilirler. Manyetik kuvvetler tarafından çekilen cisimlere paramanyetik ve itilen cisimlere de diyamanyetik cisimler denir.



## DENEY ADI: LİÇ (Kimyasal Çözündürme)

**DENEYİN AMACI:** Kimyasal zenginleştirme veya kazanım amacıyla uygulanan hidrometalurjik bir işlem olan liç ve laboratuvar ölçekli liç deneylerinin tasarlanması, yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi hakkında bilgi ve beceri kazanmak.

**GENEL BİLGİLER:** Ekstraktif metalurjinin önemli bir dalı olan hidrometalurji, sulu ortamlarda gerçekleştirilen yaş kimyasal yöntemler kullanılarak metal veya bileşiklerin cevher, konsantre ve atıklardan kazanılması işlemlerini kapsar. Hidrometalurjik işlemler, istenilen kısmın (metal veya bileşiğin) seçimli olarak katı fazdan sulu faza alınması (çözündürülmesi: liçi) ve çözünen metal yada bileşiğin çözeltilerden seçimli olarak kazanılması esasına dayanır.



Buna göre liç işlemi, hidrometalurjik süreçlerin temel adımıdır. Liç, cevherin içerdiği metal ve minerallerin farklı reaktif sistemlerinde, aralarındaki çözünürlük farklarından yararlanılarak gerçekleştirilir. Örneğin bir kum ve yemek tuzu (NaCl) karışımını ele alalım. Bu karışım bir miktar su (reaktif) içine konulduğunda, tuz seçimli olarak çözünecek ve çözeltiliye geçecek, kum ise çözünmeyecektir.

### DENEYİN YAPILIŞI

1. Liç reaktifi istenen konsantrasyonda hazırlanır ve istenen hacimde behere eklenir.
2. Çözelti ile doldurulmuş beher manyetik veya mekanik karıştırıcı ile karıştırılır. Karıştırma hızı girdap oluşmayacak şekilde ayarlanır.
3. Cevher örneğinden istenen miktarda hassas terazide tartılarak, behere eklenir ve liç işlemi başlamış olur.
4. Biri başlangıç reaktif çözeltisinden olmak üzere liç işlemi süresince belli aralıklarla (örn: 0., 2., 5., 10., 15. ve 30. dk) periyodik olarak örnekler alınır. Alınan örneklerde metal konsantrasyonu uygun analiz yöntemi ile belirlenir.
5. Her bir örnekte belirlenen metal derişimleri, başlangıçta cevherde bulunan metal miktarı ile karşılaştırılarak liç (çözünme) verimi (% ekstraksiyon) bulunur ve liç eğrisi (zamana bağlı olarak % ekstraksiyon) çizilir.

## **DENEY ADI : SÜLFÜRLÜ BAKIR MİNERALLERİNİN FLOTASYONU**

**DENEY AMACI :** Sülfürlü bakır minerallerinin kalsit, barit, dolomit ve kuvars gibi gang minerallerinden flotasyonla ayrılması.

**GENEL BİLGİLER :** Masif sülfür cevher yataklarında sülfürlü bakır mineralleri olarak kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), kalkozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornit ( $\text{Cu}_3\text{FeS}_3$ ), kovellin ( $\text{CuS}$ ), tetrahedrit ( $3\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), enarjit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), oksitli bakır mineralleri olarak malakit ( $\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2$ ), azurit ( $2\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2$ ) sülfürlü diğer metal mineralleri olarak pirit, pirotin, markazit ile Pb, Zn, Co, Ni, Mo, Hg, Sb, Bi'un sülfürlü mineralleri gang mineralleri olarak kuvars, serüzit, barit, kalsit, vs. bulunur. Sülfürlü minerallerin tümü anyonik toplayıcılar (ksantatlar ve ditiyofosfatlar) ve köpürtücü kullanılarak başarılı bir şekilde yüzdürülür. Cevherde bulunan kıymetli minerallerin selektif serbestleşme tane irilikleri 30 mikrondan fazla ise selektif metal konsantreleri olarak kazanılırlar. Kıymetli metal sülfür minerallerinin serbestlik tane iriliği 30 mikrondan küçük ise, kolektif serbestlik derecesine öğütülmüş cevherden flotasyonla toplu konsantre (kollektif konsantre) üretilir. Bu toplu konsantreler daha sonra pirometalurjik veya hidrometalurjik yöntemlerle değerlendirilirler. Bakır cevherlerindeki oksitli, karbonatlı bakır mineralleri  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile liç edildikten sonra, demir talaşı ile bakır çöktürülür. Pulptaki bu cement bakır, aynen sülfür flotasyonundaki gibi anyonik kollektörlerle yüzdürülerek konsantreye alınır.

### **MALZEME / EKİPMAN :**

- Deneylerde laboratuvar tipi denver flotasyon makinesi kullanıldı.
- Deneyler kendiliğinden havalandırılmalı olarak 2 litre hacimli hücrelerde gerçekleştirildi.
- Kullanılan malzeme: İçerisinde sfalerit ( $\text{ZnS}$ ), bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), kalkozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), kovellin ( $\text{CuS}$ ) ve pirit ( $\text{FeS}_2$ ) gibi sülfür mineralleri ile kalsit ve silikat mineralleri bulunan sülfürlü bakır cevheri.
- Kullanılan kimyasallar :
  - pH ayarlayıcı: Kireç (katı olarak),
  - Toplayıcı: Aerofin 3418A (%1),
  - Köpürtücü: Aerofroth (saf) .

### **DENEYİN YAPILIŞI :**

- Malzeme olarak 150 gr sülfürlü bakır cevheri %20 pulpta katı oranı olacak şekilde hazırlanır.
- Cu flotasyonunda öncelikle pH= 11,5 olarak ayarlanır. pH ayarlayıcı olarak kireç (katı olarak) kullanılır. Gerekli şartlandırma süresi verilir.
- Toplayıcı olarak Aerofin 3418A (%1) kullanılır ve gerekli şartlandırma süresi verilir.
- Son olarak Aerofroth (saf) köpürtücü olarak kullanılır. Şartlandırmadan sonra hava verilerek gerekli köpük alınır.



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10

