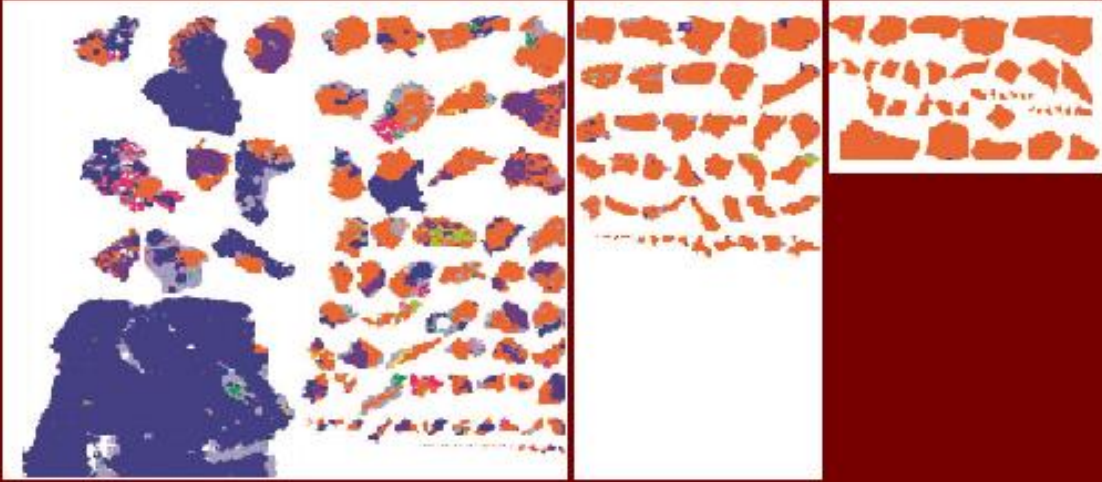
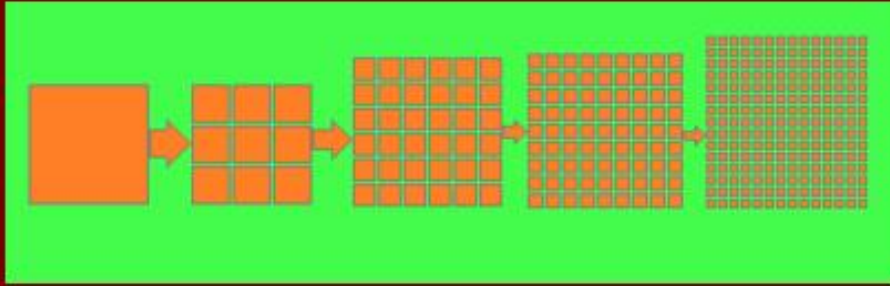


BOYUT KÜÇÜLTME

I.BÖLÜM

BOYUT KÜÇÜLTME NEDİR?



Necati Yıldız
Maden Yük. Müh.
Mart 2023

BOYUT KÜÇÜLTME NEDİR?

Necati Yıldız
Maden Yük.Müh.
Mart 2023

1.Giriş

Boyut küçültme işlemi madenin işletmede patlayıcı madde kullanarak üretimiyle başlamakta, son kademe öğütme ile son bulmaktadır. Bu amaçla da kırıcılar ve değirmenler kullanılmaktadır.

Cevher hazırlama tesislerinde ilk yatırım ve işletme maliyeti en yüksek olan ekipman değirmenlerdir. *Tesislerde karşılaşılan sorunların başında da cevherin az ya da çok öğütülmesi gelmektedir.*

Kırma işleminin maliyeti öğütmeye göre düşüktür. Boyut küçüldükçe öğütme maliyetleri artmaktadır. Bu nedenle cevher öğütme bölümüne mümkün olduğunca küçük boyutta kırılıp gönderilmelidir.

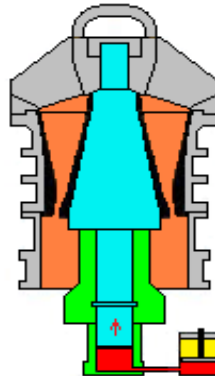
2. Boyut küçültmenin amacı

Sahada patlayıcı madde kullanarak cevher üretimi ile başlayan daha sonraki aşamalarda değirmenlerde öğütme öncesi kırıcılarla yapılan boyut küçültme işlemi "*kırma*" olarak isimlendirilmektedir.



Şekil 1: Kırma işlemi

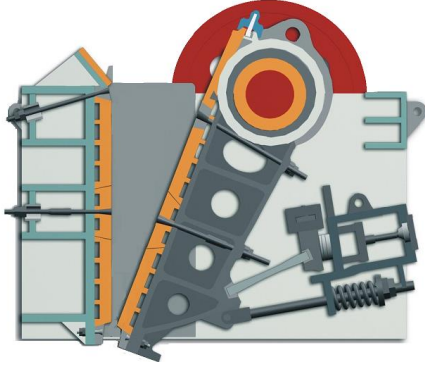
Kapasitesi en yüksek kırıcılar döner kırıcılar *gyratory* ya da *konili kırıcılar* olarak da isimlendirilmektedir.



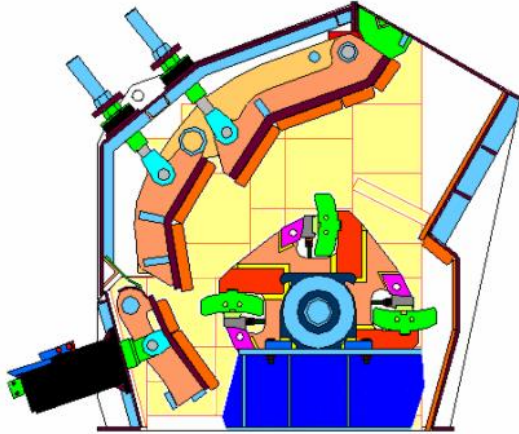
Resim 1: Döner (gyratory) kırıcı

Bu kırıcıların kapasitesi 10.000 t/s üzerindedir. Büyük maden işletmelerde birinci aşama kırıcı olarak kullanılmakta, kırılacak cevher büyük kamyonlardan ya da alttan boşalan vagonlardan doğrudan kırıcı ağızına beslenmektedir.

Kırma işlemi için yaygın olarak çeneli ve konik kırıcılar kullanılmaktadır. Son 30 yılda cevher hazırlama tesislerinde otojen kırıcılarla darbeli kırıcılar da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Resim 2: Çeneli ve konik kırıcı



Resim 3: Darbeli ve otojen kırıcı

Belirlenmiş bir sınır olmamasına karşın 3 mm üstündeki boyut küçültme işlemi “kırma”, 3 mm altındakiler de “öğütme” olarak kabul edilmektedir.

Öğütme işlemi cevherin kırılması sonrası işlem olup cevherin zenginleştirilmesi için serbestleştirilmesi ya da kullanım amacına uygun talep edilen boyut veya yüzey alanını elde edilmesi olarak 3 amacı vardır;

i) Cevherin kullanım amacına uygun hale getirilmesi, örneğin kalker, dolomit ya da bazalt gibi kayaların kum üretilmesi için öğütülmektedir.

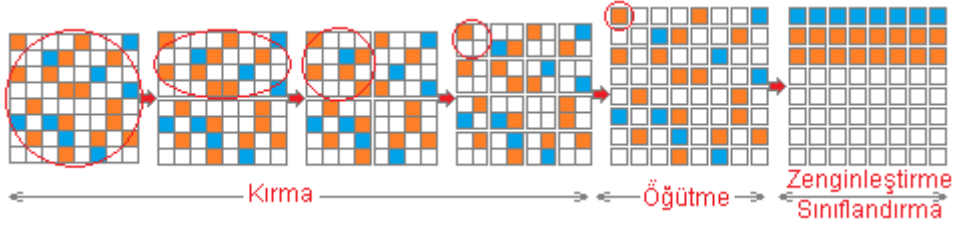


Şekil 2: Cevherin kullanım amacına uygun öğütülmesi



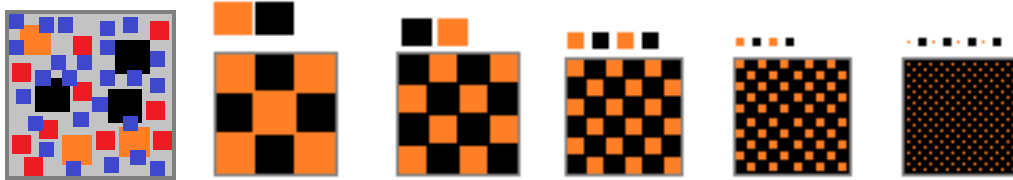
Resim 4 : Çubuklu değirmem

ii) Zenginleştirip konsantr elde etmek için cevherin **“serbestleşme boyutuna”** kadar öğütülmesi gerekmektedir.



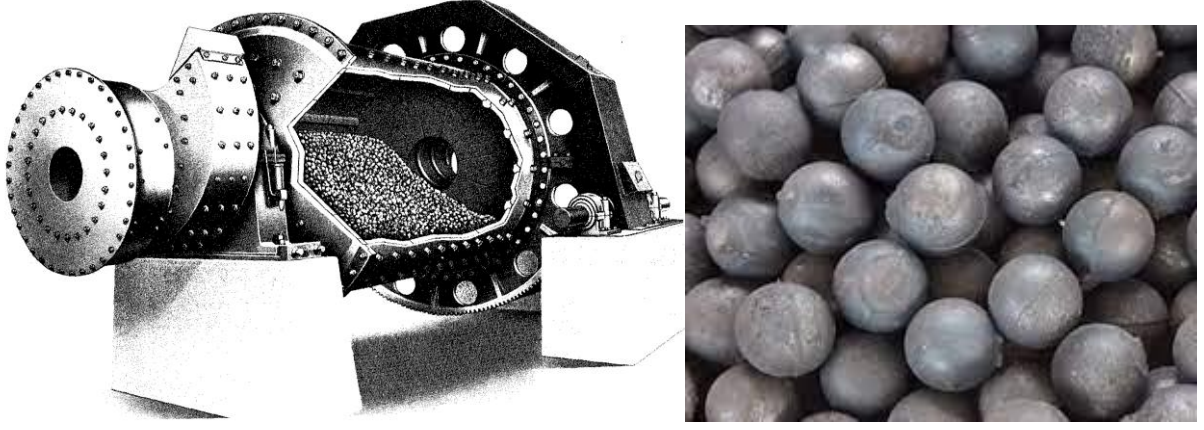
Şekil 3: Cevherin zenginleştirilmesi için öğütülmesi

“Serbestleşme boyutu” bir cevher içindeki minerallerin birbirinden ayrılıp fiziki olarak bağımsız hale geldikleri üst boyuttur. Zenginleştirme işleminde yüksek etkinlikle yüksek tenörlü konsantr üretebilmenin ilk koşulu cevherin serbestleşme boyutunda öğütmesidir.



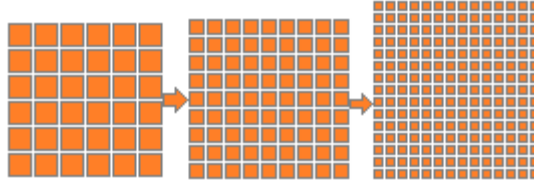
Şekil 4: Değişik serbestleşme boyutları

Cevher bir ya da birden çok sayıda mineral içerebilmektedir. Yapısına bağlı olarak her cevherin içerdiği minerallerin serbestleşme boyutları farklıdır. Cevher hazırlama ve zenginleştirme tesisleri ve öğütme devreleri de serbestleşme boyutlarına bağlı olarak düzenlenmektedir.



Resim 5: Bilyalı değirmen

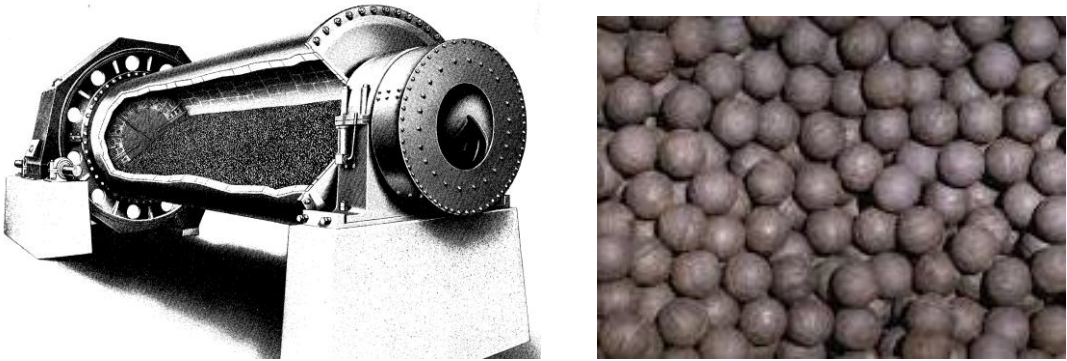
iii) Serbestleşme boyutuna öğütülmüş cevherlerin zenginleştirilmesi ya da zenginleştirme sonrası uygulanacak işleme uygun boyuta daha ince öğütülmesi gerekmektedir.



Şekil 5: Cevherin ince boyutta öğütülmesi

Serbestleşme boyutuna öğütülmüş de olsa bazı cevherlerin flotasyonda köpük tarafından yüzeye taşınabilmesi için serbestleşme boyutunun da altında, köpüğün taşıyabileceği ağırlık boyutunda öğütülmesi gerekmektedir.

Demir ve krom gibi bazı cevher konsantrelerinin kullanıma uygun hale getirilmesi amacıyla peletlenebilmesine yönelik topaklanabilmesi için daha da ince boyutta öğütülmektedir.



Resim 6. İnce öğütme değirmeni

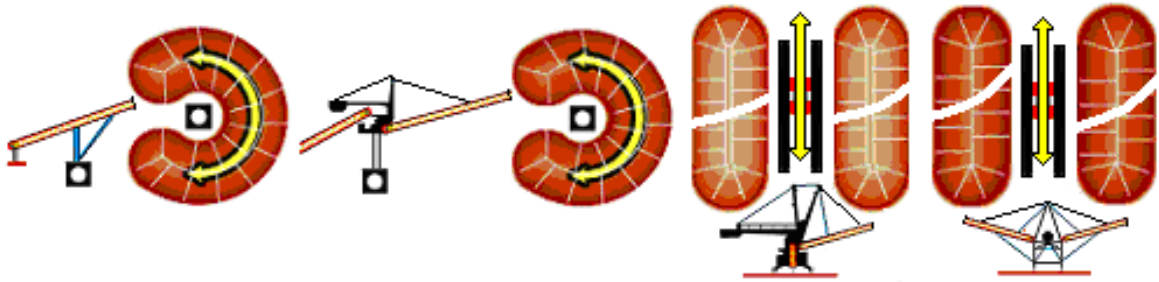
İnce öğütmede genellikle açık devre çalıştırılan bilyalı değirmenler kullanılmaktadır. Bu değirmenler uygun bir sınıflandırıcıyla kapalı devre olarak da çalıştırılabilmektedir. Öğütme devresinde sorun yaşandığında çoğu zaman bilya ilavesi, bilya boyutu değiştirilerek, değirmen kapasiteyle oynanarak ya da pülp yoğunluğu değiştirilerek kolayca çözümlenmektedir.

Öğütmenin vazgeçilmezleri çubuklu ve bilyalı değirmenlerdir. Çubuklu değirmenlerde iri boyutta cevher öğütme maliyeti bilyalı değirmenlerde iri boyutta öğütmeye göre daha düşüktür. Bu nedenle *çubuklu değirmende öğütülmesi gerekli cevher büyük çaplı bilya kullanarak bilyalı değirmende öğütülmemelidir.*

Her cevher otojen öğütmeye uygun değildir. Uygun cevherde otojen ya da yarı otojen değirmenlerde öğütme işlemi maliyet olarak en uygun olanıdır.

Mikronize öğütme için çok değişik değirmenler kullanılmaktadır. Bu değirmenlerde kapasite genellikle düşük, öğütme maliyetleri oldukça yüksektir.

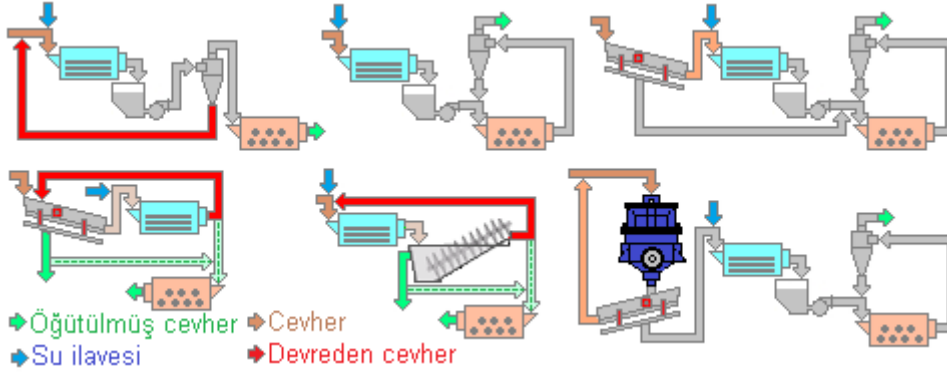
İyi bir cevher harmanlama ve süreç yönetim sistemiyle tesise beslenen cevherin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirli değerler arasında kalması sağlanmaktadır. Ancak öğütme devrelerine beslenen cevher özelliklerinin her zaman homojen olması ve bu homojenliğin sürekliliği beklenmemelidir. Sınıflandırıcı olarak kullanılan siklon sayısı, siklona gönderilen pülpün basıncı, pompa devirleri, beslenen cevher miktarı, pülp yoğunluğu gibi her birinin değişiminde diğerlerinin etkilendiği süreç verileri öğütme işleminde etkin olmaktadır.



Resim 7: Harmanlama sahaları

Cevherin öğütülebilirliği sahada cevherin mineralojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerine, boyutuna, tesis öncesi harmanlama sahasının hazırlanış şekline, bilyalı değirmenin öncesi çubuklu değirmen, kırıcı ve eleklerin etkinliğine ve yapılan bakımlara bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle çubuklu ya da bilyalı değirmenlerde öğütme ile ilgili bir sorun yaşandığında olası sorun kaynaklarının madenin üretildiği ocaktan başlayarak tesis ile birlikte bir bütün içinde aranması gerekmektedir.

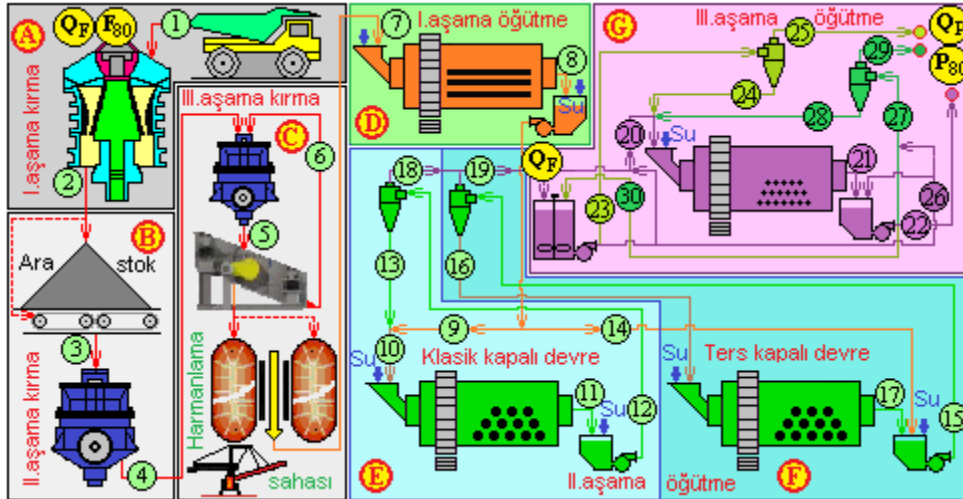
Tesislerde cevher çeşitine ve öğütmenin amacına bağlı olarak çok değişik öğütme devreleri oluşturulmaktadır. Öğütme devrelerini gerektiğinde tesis çalışırken de değiştirme olanağı vardır.



Şekil 6: Değişik öğütme devreleri

Bu devreler içinde en yaygın olanı *“çubuklu değirmen öncesi eleklerle kapalı devre çalışan kırıcı, çubuklu değirmen sonrası siklonla kapalı devre çalışan bilyalı değirmen öğütme devresidir”*. Boyut küçültme devreleri çok değişik de olsa öğütme devrelerinde yaşanabilecek olası sorun ve çözümleri birbirlerinin benzeridir.

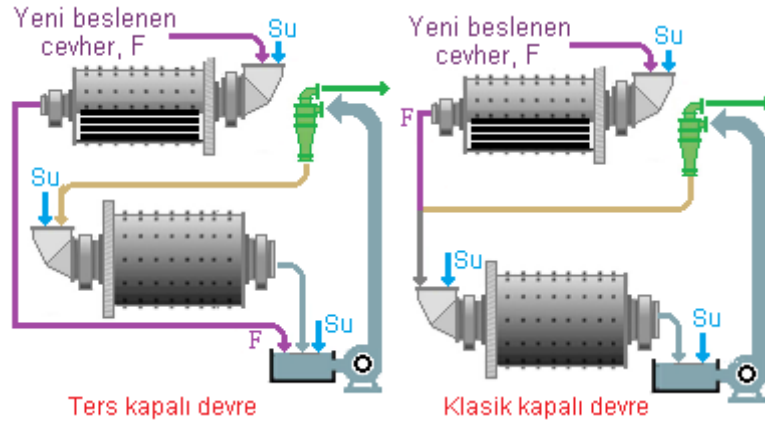
Şekil 7’de klasik boyut küçültme devresi gösterilmiştir. Böyle bir devrede ekipman boyutlandırması doğru yapıldığında her türlü cevherin istenilen boyuta öğütülebilme olanağı vardır.



Şekil 7: Klasik bir boyut küçültme devresi

Cevher hazırlama tesislerinde boyut küçültme devrelerinde değişik boyutta darbeleri ve çeneli kırıcılar da yaygın olarak kullanılan kırıcılardır. Çubuklu ve bilyalı değirmenlere hemen hemen her tesiste rastlanmaktadır. Sınıflandırıcı olarak da iri boyutta cevherler için elekler, ince boyutta cevherlerin sınıflandırılmasında da yaygın olarak siklonlar kullanılmaktadır.

Öğütme işleminde Şekil 8 ve Şekil 9'daki gibi ters ve klasik olarak iki değişik öğütme devresi düzenlenmektedir:



Şekil 8: Ters kapalı devre

Şekil 9: Klasik kapalı devre

Ters kapalı devrelerde çubuklu değirmen çıkışı doğrudan siklona, siklon alt akımı bilyalı değirmene gönderilmektedir.

Klasik kapalı devrelerde çubuklu değirmen çıkışı bilyalı değirmene, bilyalı değirmen çıkışı siklona beslenmekte, siklon alt akımı bilyalı değirmene geri dönmektedir.

Ters kapalı devrelerde pompa astarı, pompa fanı ve siklonlarda aşınma daha fazladır. Çünkü çubuklu değirmen çıkışı öğütülmüş cevher boyutu büyük ve köşelidir. Ters kapalı devrelerde çubuklu değirmen çıkışı öğütülmüş cevher içindeki bilyalı değirmen çıkış boyutunda cevher olacağından bu cevher siklonlarda üst akım olarak ayrılmakta, bunun sonucu da bilyalı değirmen kapasitesi artmaktadır.

Klasik ve ters öğütme devresi seçimi çubuklu değirmen çıkışı cevher boyutu, bilyalı değirmen çıkışı istenilen öğütülmüş boyuttaki cevher oranı ve cevherin özelliğine göre yapılmalıdır.

Geçmişten bu yana kırma-eleme-öğütme-zenginleştirme işlemlerine bakıldığında gerek ekipman ve gerekse zenginleştirme yöntemlerinde kayda değer bir gelişme gözlenmemiştir. Günümüzde gözlenen yenilikler de bazı özel minerallerin zenginleştirilmesine yönelik çalışmalarla birkaç yeni ekipmandır. Ancak süreç kontrol sistemleri sürekli olarak geliştirilmektedir. Süreç kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla cevher hazırlama tesislerinde yüksek etkinlik ve daha düşük maliyetle üretim her zaman olduğundan daha önemli hale gelmiştir.

Günümüzde cevher hazırlama tesislerinde süreç yönetim ekipmanıyla cevher akışı istenildiği gibi yönetilmektedir. Tesiste ölçülmesi gerekli **ağırlık, yoğunluk, tenör, boyut dağılımı, akış miktarı, seviye** gibi değerler geliştirilen elektronik ekipmanla sürekli ölçülmekte, aynı ortamda ölçülen

değerler birbiri ile ilişkilendirilip değerlendirilmekte, cevher akışı yönetilmektedir. Her şeye karşın bu sürecin vazgeçilmez kişisi de işi bilen mühendisdir.

Cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinde süreçten sorumlu mühendisler elektronik cihazlar olmadan da tesisi yönetebilmelidir. Mühendisin bilgiyle donanımlı olması, tesiste görevli elektrik ve makine gibi diğer mühendisi disiplinlerince ifade edilebilecek olası yanlış bilgilendirmelere karşı da gereklidir. Diğer taraftan görevli mühendisler mevcut ekipmanı daha da geliştirmek, yeni cevher hazırlama ekipmanı ve süreç kontrol sistemlerinin üretilmesi için sürecin nasıl işlediğini yakından gözlemek bu konularda yeni fikirler oluşturmak zorundadır.

***“Uyuyan milletler ya ölür
ya da köle olarak uyanır.”
M.K.Atatürk***

Hiçbir ülke altın üreterek ya da maden üretilen hammadde olarak ihraç ederek kalkınmamıştır, kalkınması da mümkün değildir. Madenin üretildiği ülkelere pastadan küçük bir dilim ile kimyasallarla kirletilmiş topraklar kalmaktadır. ZENGİN OLAN MADEN ÜRETİLEN ÜLKELER DEĞİL, MADEN ÜRETEBİLEN ŞİRKETLERLE ONLARIN EFENDİLERİDİR.

“Tek bir makinenin sesini bile işitemezdiniz. Duyabileceğiniz tek şey koca bir delikteki 50.000 insanın uğultusudur. Birbirine karışan konuşmalar, patırtılar ve insan sesleri.... Tüm çalışan insanlar, müthiş bir kaos içinde beraber son derece organize bir dünya oluşturmuşlar... Hepsinin birer köle olduğunu sanırdınız, içlerinde tek bir köle bile yoktu. Ancak insanların kölesi oldukları tek şey zengin olma hayalidir. Herkes zengin olmak istiyordu. Çalışanlar arasında her kesimden insan vardı. Entelektüeller, üniversite mezunları...tarım işçileri... şehirden gelenler... hayatın her alanından insanlar, şanslarını deniyorlardı. Ve seçtikleri o çuvalda koca bir hiç de olabilir ya da bir kilo altın da. Kölesi oldukları işte bu hayaldi.”

1983 yılı Serra Pelada