

BOYUT KÜÇÜLTME

II.BÖLÜM

KIRMA İŞLEMİ



Necati Yıldız
Maden Yük. Müh.
Mayıs 2023

KIRMA İŞLEMİ

	Sayfa
İÇERİK	
1. Giriş	1
2. Döner kırıcılar	1
3. Çeneli kırıcılar	2
4. Darbeli kırıcılar	3
5. Otojen kırıcılar	4
6. Konik kırıcılar	5
7. Kırıcı ve kırıcı devrelerinin seçimi	7
7.1 Kırıcı seçimi	7
7.2 Kırma devreleri	8
8. Kalker, dolomit, granit, andezit ve bazaltdan agrega üretimi	10
9. Stoklama ve harmanlama	19
10. Sonuç	21

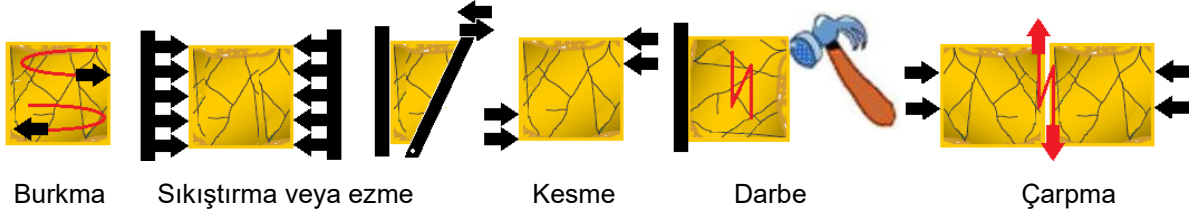
KIRMA İŞLEMİ

Necati Yıldız
Maden Yük. Müh.
Mayıs 2023

1.Giriş

Boyut küçültme işlemi sahada cevher üretimi ile başlamaktadır. Cevher üretimi için patlatmada $\approx 0.15-0.20$ kWs/t enerji harcanırken bu değer kırma işleminde ≈ 2.5 kWs/t civarındadır.

Çoğu zaman ilk aşama kırma işlemi açık devre yapılmaktadır. İlk aşama kırmadan sonra, değirmen öncesi kırıcıların kapalı devre çalıştırılması, öğütmenin yönetiminde kolaylık sağladığı gibi boyut küçültme maliyetini de önemli ölçüde düşürmektedir.



Şekil 1: Kırma işleminde kullanılan kuvvetler

Kırma işlemi; vurma ya da çarpma, sürtme, kesme ve basma kuvvetlerinin biri ya da birkaçının beraber uygulandığı ekipman ile gerçekleştirilmektedir. Her cevherin boyut küçültülmesinde harcanan enerji özelliklerine bağlı olarak farklı olmaktadır.

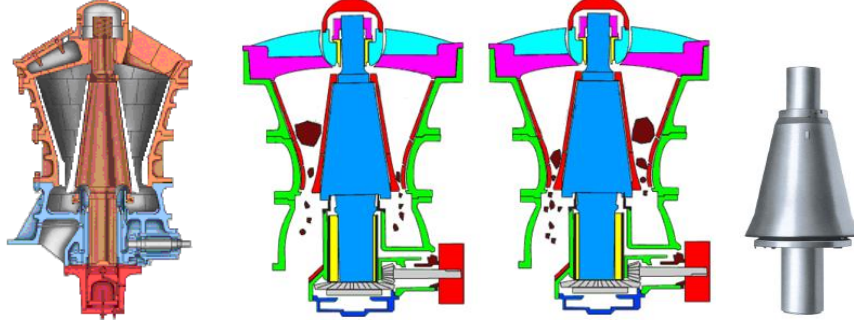
Kırılgan ve aşındırıcı olmayan cevherlerin kırma sonucu üst boyutunun kontrolünde kapalı devrelerin uygun olmadığı durumlarda boyut küçültmede sürtme ile kırma işlemi uygulanmaktadır. Bu kırıcılarda kırma çekiçleri ile kırıcı gövdesindeki elekler arasındaki mesafe oldukça dardır. Cevher *çarpma* ve *kesme* kuvvetinin etkisi ile oluşan *sürtme* kuvveti ile kırılarak ortamdandır.

Cevherlerin kırılğan olduğu, düşük silis içerdiği, kırma sonucu daha iri boyutta ürün eldesi amaçlandığında *kesme kuvveti* ile çalışan kırıcılar kullanılmaktadır. *Kesme kuvveti* çoğu zaman *çarpma* ve *basma kuvveti* ile birlikte uygulanmaktadır.

Sert, aşındırıcı, kırılması zor, yapışkan cevher içermeyen, iri boyutta ürün elde edilmesi için *basma kuvveti* ile çalışan kırıcılardan yararlanılmaktadır. Çeneli kırıcılar bu çeşit cevherlerin kırılmasında kullanılan en yaygın boyut küçültme ekipmanıdır. Ancak basma kuvveti yanı sıra çenenin yatay yöndeki hareketi ile sürtme kuvveti de uygulanan çeneli kırıcılar aşındırıcı cevherlerin kırılması için uygun değildir.

2. Döner kırıcılar

Döner kırıcılar *gyratory* ya da *konili kırıcılar* olarak da isimlendirilmektedir. Günümüzde kapasiteleri 10.000 t/s üzerine çıkmıştır. Kırılacak cevher büyük kamyonlardan ya da alttan boşalan vagonlardan doğrudan kırıcı ağızına boşaltılmaktadır.



Şekil 2: Döner kırıcı kesitleri ve kırıcı mili

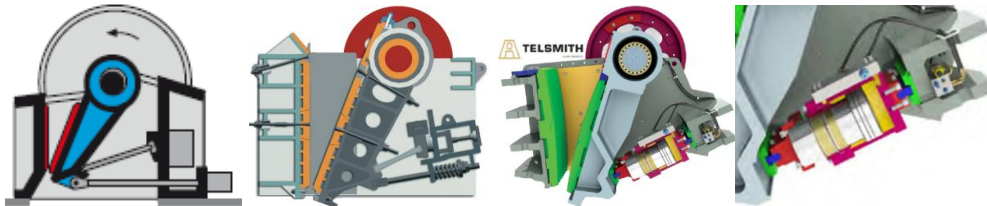
Döner kırıcı büyüklüğüne bağlı olarak sahadan üretilmiş kırıcı ağızından geçebilen her boyuttaki kayacı kırabilmektedir. Döner kırıcılarda kırma oranı 4:1 ile 10:1 arasında değişmektedir. Kırılmış cevherin üst boyutu 10-16 cm kadardır.

3. Çeneli kırıcılar

Çeneli kırıcılar birinci aşama kırıcılar olup yüksek kapasite elde etmek yerine büyük boyuttaki kayaların kırılması gerekliliğinin öncelikli olduğu işlerde kullanılmaktadır.

Çeneler arasında kırılan cevher kendi ağırlığı ile aşağı doğru düşmektedir. *Çenenin salınım sayısının yüksek olması ince ürün miktarını artırmaktadır.* Yüksek salınımlı kırıcılarda çeneler daha çok sayıda açılıp kapanmakta, cevher kendi ağırlığı ile çeneler arasında aşağı yönde fazla mesafe alabilme fırsatı bulamamakta ve cevher çene boyunca daha çok kırma kuvveti ile karşı karşıya kalmaktadır.

Çeneli kırıcılarda hareketli çenenin salınım genliği giriş ağızında 4-6 mm çıkış ağızında da 15-25 mm kadardır. Çenenin salınım sayısı 180-250 salınım/dakika arasında olup ince kırmada bu sayı 275-400 salınım/dakika arasında değişmektedir.

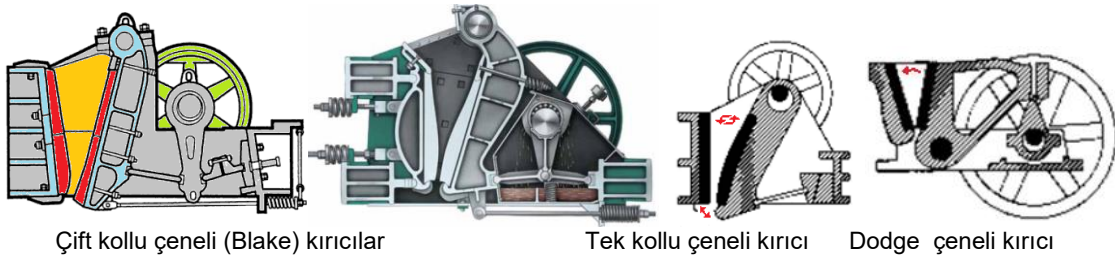


Şekil 3: Tek kollu çeneli kırıcı kesitleri

Çeneli kırıcıların kapasiteleri 750 t/s, küçültme oranı 4:1-9:1 arasında değişmektedir. Kırıcıdan çıkan kırılmış cevherin üst boyutu 10-16 cm civarındadır. Kırılacak en büyük kayaç boyutu, kayacın kırıcı ağızına düşüş şekline bağlıdır. Kırıcı öncesi ızgara konulması, **“cevherin çeneler arasından geri kaymaması için kırıcı ağızına beslenecek en büyük cevher boyutunun, kırıcı ağız açıklığının en fazla %80”i** kadar olması önerilmektedir.

Çenenin salınım uzunluğu 1-7 cm, salınım sayısı da 100-300 d/d arasında değişmektedir. Diğer taraftan çeneli kırıcının giriş ağızı kadar çıkış ağızı boyutları da önemlidir. Kırıcıların belirli sınırlar içinde ayarlanması olanağı vardır.

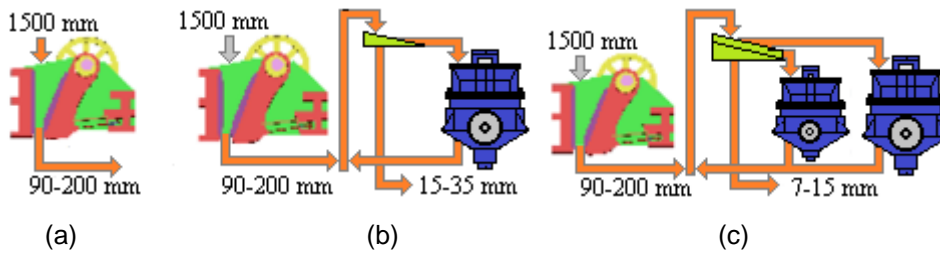
Çeneli kırıcılarda hareketli çenenin gövdeye bağlantı yeri ve hareket aldığı noktaya göre üç değişik kırıcı üretilmektedir.



Şekil 4: Çeneli kırıcı çeşitleri

Çift kollu çeneli kırıcılarda oynar çene gövdeye üstten yataklanmış, çene alttan eksantrik olarak hareket ettirilmektedir. Bu kırıcılarda hareket genliği alt çıkış ağızında üst tarafından fazladır. Bu nedenle çıkış ağzının tıkanma riski düşüktür. Sert, aşındırıcı ve nemli kayaçların birinci ve ikinci aşama kırılmasında kullanılmaktadır.

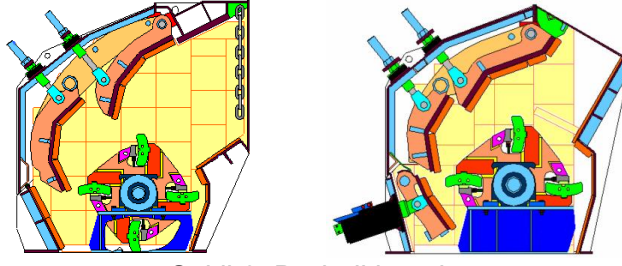
Çeneli kırıcılar yalnız ya da diğer kırıcılarla kapalı devre de çalıştırılmaktadır.



Şekil 5: Çeneli kırıcı devreleri

4. Darbeli kırıcılar

Darbeli kırıcılar cevher hazırlama tesislerinde ve agrega üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Darbeli kırıcılarda kırma işlemi rotor üzerindeki kırma paletlerinin kırılacak cevhere ve cevherin de gövdedeki kırma plakalarına çarpması ile gerçekleşmektedir.



Şekil 6: Darbeli kırıcılar

Darbeli kırıcılar birinci diğeri de ikinci aşama kırma işleminde kullanılmaktadır. Bu kırıcılarla 25-90 cm boyutunda 700 t/s civarında cevher kırılabilmektedir.

Çeneli ve döner kırıcılarda kırma işleminde basma kuvveti uygulandığında, cevherin özelliğine bağlı olarak kırılması için gerekli güce ulaşıncaya kadar cevher bünyesinde enerji birikmesi meydana gelmektedir. Bu süre içinde cevherin plastik özellik göstermesi ya da kırma yüzeyleri arasından kayma olasılığı vardır. Bu da kırma etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kırıcılarda kırma işlemi çarpma kuvveti sonucu oluşan darbe ile gerçekleşmektedir.

Darbeli ve çekiçli kırıcıların çalışma prensibi, dönen rotordaki kinetik enerji kullanılarak cevherin kırma plakalarına, sabit ya da hareketli çekiçlere çarptırıp zayıf ve süreksizlik yerlerinden ayırıp ya da yeni süreksizlikler oluşturarak kayacın küçültülmesi esasına dayanmaktadır. Darbeli kırıcıların kullanıldığı kırma işlemi sonucu kübik malzeme üretilmektedir.

Basma kuvveti uygulanan kırma işlemi süresinde kırılacak kayda oluşan iç gerilmeler kırılmış kayda da gözlenmektedir. Darbeli ve çekiçli kırıcılarda kırılmış kayda iç gerilme söz konusu olmamaktadır. Bu özellikleri nedeni ile darbeli kırıcılar özellikle inşaat sektöründe betonda kullanılacak agrega üretimine yönelik kırma işlemi için uygundur.

Tek rotorlu birinci aşama darbe kırıcılarla 2500 t/s, 1900 mm boyutundaki orta sertlikte kayaları 80 mm boyuta kırılabilmektedir. Bu rotorun boyutları Ø2500* L3000 mm, elektrik motorunun gücü 2700 kW'dır.

Çift rotorlu birinci aşama darbeli kırıcılar ile 1650 t/s kapasite ile 1700 mm boyutundaki orta sertlikte kayaları 80 mm boyuta kırılabilmektedir. Bu kırıcıda kullanılan rotorun boyutları Ø 2000* L3000 mm, elektrik motorunun gücü 1650-2000 kW'dır.

5. Otojen kırıcılar

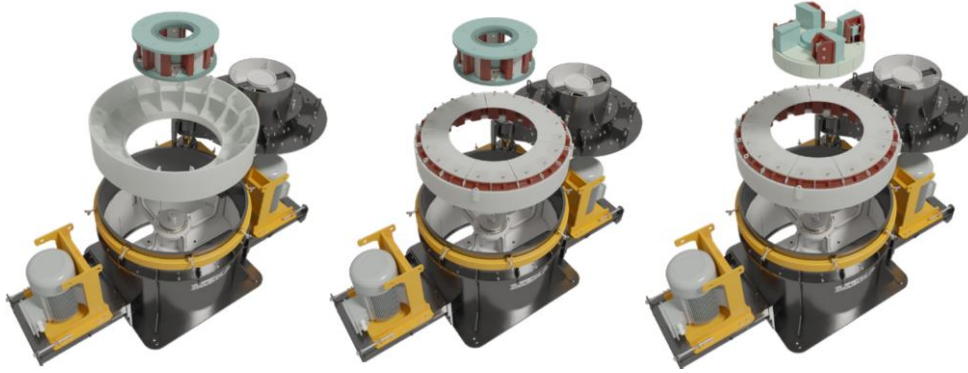
Dik milli darbeli kırıcı olarak da anılan, ilk üretildiğinde *Barmac* markası ile bilinen kırıcıların çalışma prensibi cevherin birbirine çarparak kırılması esasına dayandığından bu kırıcılar *dik milli otojen kırıcılar* olarak da isimlendirilmektedir(Yıldız,N.,1993).

Bu kırıcılarda kırma işleminin gerçekleşmesi için kırılacak kayacın sert olması gerekmektedir. *Dik milli otojen kırıcılar yumuşak cevherlerin kırılmasına uygun değildir.*



Şekil 7: Dik milli otojen kırıcılarda kırma işlemi

Firmalar fiziksel yapısı değişik dik milli otojen kırıcılar üretmektedir. Bakımlarının yapılması ve aşınan parçaların rahatça değiştirilebilmesi için bu kırıcıların gövdesi hidrolik sistemlerle hareket ettirilebilecek şekilde parçalı üretilmiştir.



Şekil 8: Dik milli otojen kırıcılar

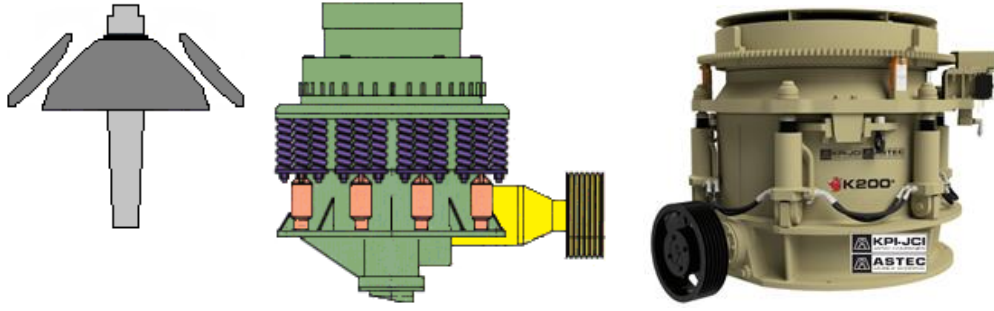
Bu kırıcılarla kırılmış kayacın şekli genellikle kübiktir. Sert ve basma kuvveti ile zor kırılan bazı malzemeler otojen kırıcılarla çarpma kuvveti ile kolayca kırılabilmektedir. Dik milli otojen kırıcılar III. ve IV. aşama kırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Kırılacak cevherin boyutu kırıcıya göre 20-80 mm arasında değişmektedir. Otojen kırıcılarla 55 mm boyutundaki cevheri 300 µ'un altına kırma olanağı vardır. Bu kırıcıların kapasiteleri 2.000 t/s'e kadar çıkabilmektedir.

6. Konik kırıcılar

Konik kırıcılar; yüksek hız ve kapasiteli, düz kırma bölgesi, küçültme oranı ile döner kırıcılardan ayrılmaktadır. Bu kırıcılar II., III. ve gerektiğinde IV. aşama kırma işlemlerinde kullanılmaktadır.

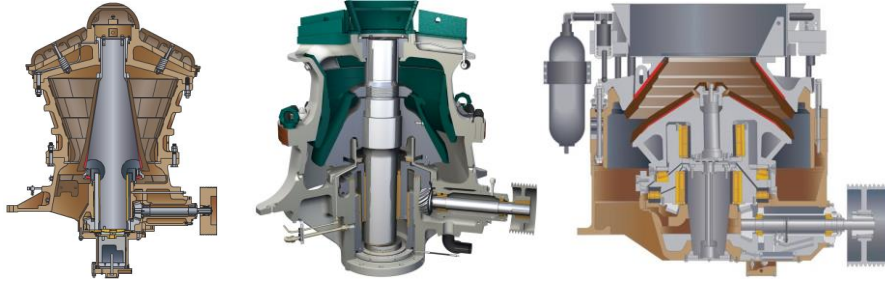
Döner ve konik kırıcıların çalışma prensipleri birbirine benzemektedir. Aradaki fark döner kırıcılarda içteki hareketli koninin daha uzun ve dik olmasıdır. Döner kırıcılardaki dış koni alttan üste doğru genişlemekte, konik kırıcılarda içteki koni kısa ve dış koni içteki koniyle aynı yönde daralmaktadır.

Çeneli kırıcılar çalıştıkları zamanın, çenenin kapandığı sürede, yani çalışma zamanının yarısında kırma işlemini gerçekleştirmektedir. Buna karşılık konik kırıcılarda kırma işlemi iki astarın arasında, bütün çevrede sürekli olarak gerçekleşmektedir.



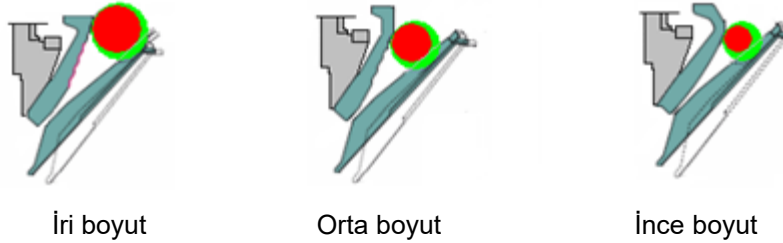
Şekil 9: Konik kırıcılar ve kırıcı hareketi

Konik kırıcılar *standart* ve *kısa kafalı "short head"* konik kırıcılar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Standart konik kırıcılar II. aşama, kısa kafalı konik kırıcılar da III. aşama ve gerektiğinde de IV. aşama kırıcılar olarak kullanılmaktadır.



Şekil 10: Konili, standart konik ve kısa kafalı konik kırıcılar

Konik kırıcıların çoğunun "*ince*", "*orta*" ve "*iri*" boyutlu kırma işleminde kullanılan astarları vardır. Bu astarlar aynı kırıcı gövdesi ile kullanılmaktadır.



Şekil 11: Konik kırıcı astarları

II. aşama kırmada standart konik kırıcılarda 10-60 cm boyutundaki cevher 3:1 ile 5:1 arasında değişen küçültme oranları ile 6-10 cm'ye kadar kırılabilen, çoğu zaman da kırıcı açık devre çalıştırılmaktadır.

III. aşama kırıcılardan çıkan cevher çoğu zaman öğütme devrelerine gönderilmektedir. Bu nedenle değirmen öncesi kırıcılar bir elekli kapalı devre olarak çalıştırılmaktadır. Bu kırıcıların küçültme oranı 2:1 ile 3:1, kırılmış cevher boyutu 10-20 mm arasındadır.

IV. aşama kırıcılara beslenen cevher boyutu 4-5 cm, küçültme oranı 6:1 civarındadır. Bu kırıcılar kapalı devre çalıştırıldığında ürün boyutu -6 mm civarında olup kırıcıya bağlı olarak -1.5 mm boyutunda kırılmış cevher elde etme olanağı vardır.

7. Kırıcı ve kırıcı devrelerinin seçimi

Kırıcı ve kırıcı devrelerinin zenginleştirme işlemlerinin hemen başında yer alması, özellikle kırıcılardan sonra yeterli büyükte harmanlama ya da stok sahasının olmaması durumunda olası bir arıza tesisi doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle kırıcı ve kırıcı devrelerinin doğru tasarlanmış olmaları ayrı bir önem taşımaktadır.

7.1 Kırıcı seçimi

Tasarı aşamasında doğru kırıcı seçilmesi için aşağıdaki konuların öncelikle değerlendirilmesi gerekmektedir:

- *Kırılacak cevherin miktarı, boyutu, boyut dağılımı, nemi, diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri,*
- *Kırma sonucu elde edilecek cevher boyut dağılımı,*
- *İlk yatırım maliyetleri,*
- *İşletme maliyetleri,*
- *Bakım ve onarım maliyetleri.*

Kırıcı devrelerinin etkinliği, tasarım aşamasında kırıcıların doğru seçilmiş olmasına, öngörülen beslemenin yapılmasına, diğer ekipmana, devrenin değişen çalışma koşullarına uyum sağlayabilmesi ve düzenli bir bakım programına bağlıdır.

Cevherlerin kırılma özellikleri ile ilgili iki önemli veri *aşınma indeksi A_i* ve *iş indeksi W_i* laboratuvar testleri ile kolayca belirlenebilmektedir. Cevherlerin *iş indeksi W_i* değeri kırılabilirliğinin en önemli ölçüsüdür. İş indeksi düşük cevherlerin kırılması kolay ve kırılması için gereken enerji düşüktür. İş indeksi yüksek cevherlerin kırıcıya aşırı yük getirmemesi için gerekli kırıcı ayarları yüksek tutulmaktadır.

Çizelge 1: Bazı cevherlerin iş ve aşınma indeksleri

Cevher	İş indeksi W_i	Aşınma indeksi A_i	Cevher	İş indeksi W_i	Aşınma indeksi A_i
Amfibolit	16(+ -)3	0.2(-)0.45	Gnays	16(+ -)4	0.5(+ -)0.1
Andazit	16(+ -)2	0.5(+ -)0.1	Granit	16(+ -)6	0.55(+ -)0.1
Bazalt	20(+ -)4	0.2(+ -)0.1	Kumtaşı1	18(+ -)3	0.3(+ -)0.1
Diabaz	19(+ -)4	0.3(+ -)0.1	Hornfleks	18(+ -)3	0.7(+ -)0.2
Diorit	19(+ -)4	0.4	Kireçtaşı	12(+ -)3	0.001(-)0.03
Do1omit	12(+ -)3	0.01(-)0.05	Porfiri	18(+ -)3	0.1(-)0.9
Hematit	11(+ -)3	0.5(+ -)0.3	Pirit	10(+ -)3	0.6(+ -)0.2
Manyetit	8 (+ -)3	0.2(+ -)0.1	Kuarsit	16(+ -)3	0.75(+ -)0.1
Gabro	20(+ -)3	0.4(+ -)0.1	Kumtaşı II	10(+ -)3	0.1(-)0.9
Gnays	16(+ -)4	0.5(+ -)0.1	Siyenit	19(+ -)4	0.4(-)0.1

A_i değeri 0.7'den yüksek olan cevherlerin kırılmasında çift kollu çeneli kırıcıların etkinliğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Döner ve konik kırıcılar çift kollu çeneli kırıcılar gibi çalışmakta ve bu kırıcılar düşük aşınmalı kırıcılar olarak kabul edilmektedir.

Darbeli kırıcıların kırma oranı, çeneli ve konik kırıcılara göre daha yüksek olup boyut küçültme işleminde daha az kırma aşaması gerektirmektedir. Ancak darbeli kırıcıların aşınma indeksi 0.15'den büyük olan cevherlerin kırılması için kullanılması fazla aşınmaya neden olduğundan ekonomik değildir.

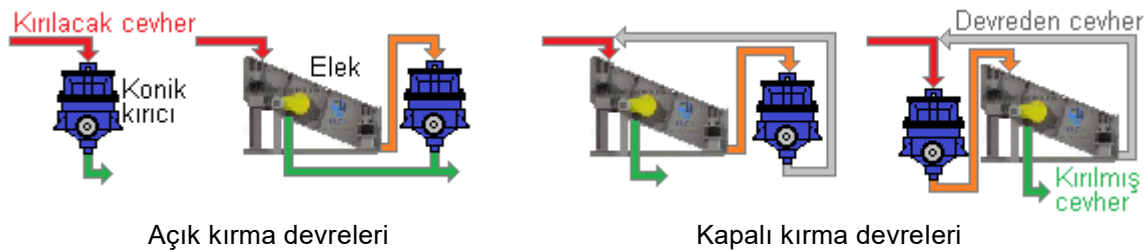
Sert ve aşındırıcı kayaçların kırılmasında basma ve sıkıştırma kuvveti ile çalışan kırıcılar kullanılmalıdır. Çeneli ve döner kırıcılarda sıkıştırma ile kırma gerçekleştiğinden bu kırıcılarla üretilen agregalarda iç gerilmeler oluşacağından, inşaat sektöründe gerekli kayaç için darbeli kırıcıların kullanılması önerilmektedir.

Otojen darbeli kırıcılarda kırma işleminin cevherin birbirlerine çarparak küçülmesi esasına dayandığından kırılacak cevherlerin aşınma indeks değerinin bir önemi yoktur. Bu kırıcılar yüksek aşınma indeksli sert cevherlerin kırılmalarında oldukça iyi sonuçlar vermektedirler.

7.2 Kırma devreleri

Cevherin tamamı kırıcıya verildiğinde kırıcıya çıkış açıklığından *daha küçük* boyutlu cevher gönderilmesi söz konusudur. Bu da kırıcının kapasitesini düşürecek, ince cevherden kaynaklanan tıkanma riski ve aşınmalar artacaktır. Bunu önlemek için cevher kırıcıya gönderilmeden önce açıklığı kırıcı çıkış açıklığına eşit ya da yakın bir elekten geçirilmekte, elek üstü kırıcıya, elek altı kırıcıdan çıkan cevherle birlikte kırma devresinden alınmaktadır. Bu devreler *açık kırma devreleri* olarak isimlendirilmektedir.

Cevherin önce eleğe, elek üstünün kırıcıya, kırılan cevherin eleğe geri gönderildiği *kapalı kırma devreleri* en uygun kırma devreleridir. Kırılacak cevherin tamamının önce kırıcıya, kırıcı çıkışının eleğe, elek üstünün kırıcıya gönderildiği *kapalı kırma devreleri* de kullanılmaktadır.

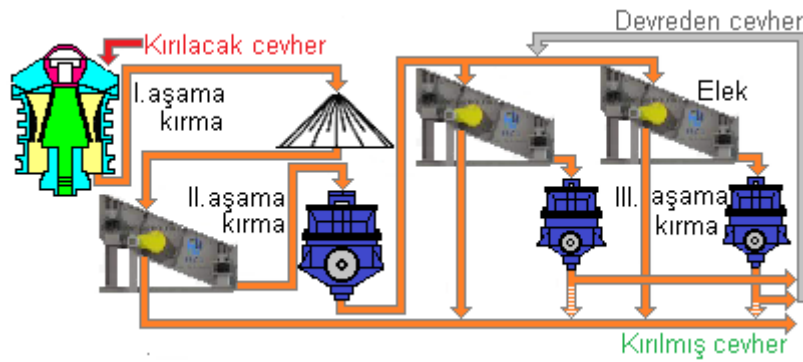


Şekil 12: Değişik kırma devreleri

Kapalı devrelerde kullanılan elek açıklığı kırıcı çıkış açıklığına eşit ya da çok az geniştir. Devreden cevher miktarı, kırma devresinin kapasitesi ve devrenin cevher boyut kontrolü için gereklidir. Cevher boyutunun iyi kontrol edilebilmesi için aşınma oldukça genişleyen kırıcı ağız daraltılmalı, devreden cevher ve devre kapasitesi dengede tutulmalıdır.

Kırıcı devreleri ve kırıcı kapasiteleri, yıllık üretim miktarları ve çalışma saati ile tanımlanmaktadır. Hesaplamalarda bakım için ayrılacak zaman, olası arızalarda tamir ve kesintiler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Değişik aylarda işletmeden veya iklimden kaynaklanabilecek nedenlerle kırıcıların çalışma süreleri değişebilmektedir. Tasarım kapasitesini bulmak için ortalama kapasite 0.6-0.8 arasında değişen **etkinlik faktörüne** bölünmelidir. Bu faktör bakımın günlük olarak normal bakım sürelerinde yapılması durumunda yüksek, kırıcıların günde bir vardiyadan fazla çalıştırıldığında düşüktür.

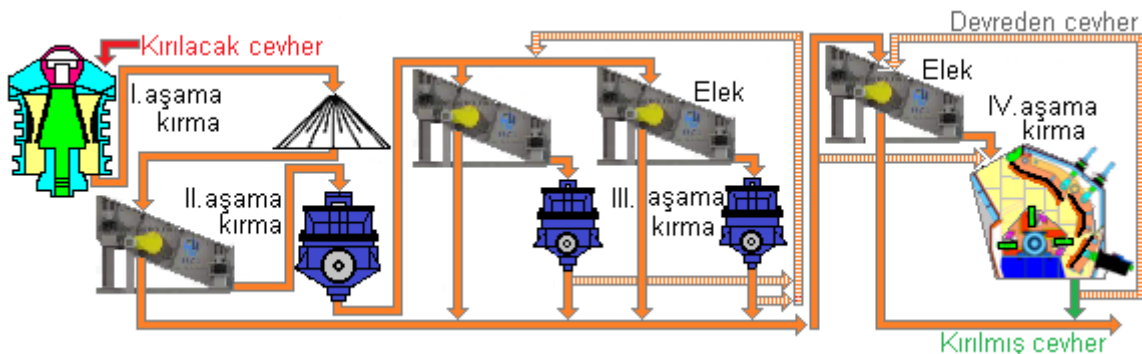
Tesisteki ekipman kapasiteleri birbirlerine bağlıdır. Birinci aşama kırıcılar seçilirken kapasitelerinin %75'inin kullanılabilmesi hedeflenmelidir. Kapasite kullanımı konveyörlerde %70 eleklerde %80 olarak seçilmesinde yarar vardır.



Şekil 13: Kırma-boyutlandırma devresi

Yukarıdaki devrede kırma üç aşamada yapılmaktadır. I. ve II. aşama açık devredir. III. kırma devresi seçenekli olup açık ya da kapalı olarak çalıştırılabilmektedir.

Bu devrede IV. aşama kırma söz konusu olduğunda IV. aşamaya beslenen cevherin darbeli kırıcı öncesi kapalı devredeki eleğe verilmesi durumunda IV. aşama kırıcının kapasitesi artacaktır. Cevherin daha küçük boyuta kırılması, devrede kırılan cevherin önemli bir bölümünün öğütme devrelerine gönderilmesi, öğütme maliyetini olumlu yönde etkileyecektir.



Şekil 14: Dört aşamalı kırma-boyutlandırma devresi

Kırma eleme devreleri yedekli olarak kurulmamaktadır. Bu devrelerin tasarımı bakım-onarım sürelerini de içine alacak şekilde her devrenin 24 saat çalışması üzerine kurulmaktadır. Cevher hazırlama tesislerinde kırıcı devre kapasiteleri iki vardiya çalıştığında tesisi üç vardiya besleyebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kırma sonrası stok sahaları kırıcılara çalışma esnekliği kazandırmakta, 24 saat içinde kırıcı ve eleklerin bakımına zaman ayırma olanağı sağlamaktadır.

8. Kalker, dolomit, granit, andezit ve bazaltdan agrega üretimi

Kayaçların kırılma ve öğütülebilme özellikleri ile ilgili önemli iki veri A_i aşınma indeksi ve W_i iş indeksidir.

- A_i ve W_i 'si yüksek kayaçların kırılması zor ve kırılması için gereken enerji yüksektir.
- Çekiçli ve darbeli kırıcılarla kırılacak cevherdeki üst Si oranı % 8-12'dir.
- Sert ve aşındırıcı malzemelerin kırılmasında çeneli, döner ve konik kırıcılar gibi basma ve sıkıştırma kuvveti ile çalışan ya da otojen kırıcılar kullanılmalıdır.
- Otojen kırıcılarda kırma işlemi kayaçların birbirlerine çarparak küçülmesi esasına dayandığından kırılacak kayacın aşınma indeks değerinin bir önemi yoktur.
- Otojen kırıcılar yumuşak kayaçların kırılması için uygun değildir.
- İnşaat sektöründe taşıyıcı beton üretiminde kullanılacak çeneli kırıcı çıkışı kayaçları kullanım boyutuna indirmek ve iç gerilmelerini almak için darbeli ya da otojen kırıcılar kullanılmalıdır.
- A_i 'si 0.15'den büyük olan kayaçların kırılması için darbeli kırıcılar uygun değildir.

A_i aşınma indeksi 0.10 altında olan kayaçlar az aşındırıcı, 0.10'nun üstünde olanlar yüksek aşındırıcı olarak kabul edilmektedir. Silis ve kuvars içeren kuvarsit, bazalt, granit, kuvars, diyorit ve gnays kayaçlarının aşınma indeksi yüksektir.

Çizelge 2: Sertlik ile aşındırma özelliğinin iş indeksi ve aşınma indeksi ile ilişkisi

İş indeksi, (W_i)		Aşındırma indeksi, (A_i)	
<10	Çok yumuşak	<0.1	Çok az aşındırıcı
10-14	Yumuşak	0.1-0.2	Az aşındırıcı
14-18	Orta	0.2-0.4	Normal aşındırıcı
18-22	Sert	0.4-0.6	Aşındırıcı
22-26	Çok sert	0.6-0.8	Yüksek aşındırıcı
>26	Aşırı sert	>0.8	Aşırı aşındırıcı

Çizelge 3: Bazı kayaçların iş indeksi W_i ve aşınma indeksi A_i değerleri

Kayaç	İş indeksi, (W_i)		Aşındırma indeksi, (A_i)		Kayaç	İş indeksi (W_i)		Aşındırma indeksi (A_i)	
Bazalt	20	(+ -)4	0.20	(+ -)0.20	Granit	16	(+ -)6	0.55	(+ -)0.10
Diyabaz	19	(+ -)4	0.30	(+ -)0.10	Kalker	12	(+ -)3	0.001	(+ -)0.03
Dolomit	12	(+ -)3	0.01	(+ -)0.05	Kuvarsit	16	(+ -)3	0.75	(+ -)0.10
Gabro	20	(+ -)3	0.40	(+ -)0,10	Kumtaşı	10	(+ -)3	0,60	(+ -)0.20
Gnays	16	(+ -)4	0.50	(+ -)0.10	Siyenite	19	(+ -)4	0.40	(+ -)0.10

Kalker en az % 90 CaCO₃ içeren kayalar “kalker” ya da “kireçtaşı” olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca kalker ifadesi yer bilimciler tarafından, kimyasal bileşiminde %90’a kadar CaCO₃, mineralojik bileşiminde ise % 90’a kadar kalsit içeren kayalar için de kullanılmaktadır.

Kalker gevrek, kırılabilir, sertliği Mohs ölçeğine göre 3.0, yoğunluğu 2.50-2.70 gr/cm³, W_i’si 12.0’dır. Saf olduğu zaman kalker beyaz renktedir. İçerisindeki ikincil derecede değişik madde ve bileşiklerin bulunması ve kirlenmesi ile rengi değişebilmektedir.

Kalsit değişik şekilli kristal halinde bulunan camsı parlaklıkta, renksiz saydam yapıda, kolay kırılıp öğütülebilen ve öğütülmüş hali beyaz renkli olan bir mineraldir. Kalsitin sertliği Mohs ölçeğine göre 3.0, yoğunluğu ise 2.60-2.70 gr/cm³ aralığında, W_i’si 10.50’dır.

Dolomit yoğunluğu Mg oranına bağlı olarak 2.70-2.90 gr/cm³, W_i’si 11.30, sertliği Mohs ölçeğine göre 3.5-4.0 aralığında değişmektedir. Veriler kalsit, kalker ve dolomit kırılmasının kolay, kırılabilir özellikleri birbirlerine yakın olduğunu göstermektedir. Dolomit kimyasal olarak teorik bileşimi CaCO₃:%54.35 ,CaO:% 30.4 , MgCO₃:%45.65, MgO:%21.7, CO₂ :% 47.9 şeklindedir.

Gnays, siyenit, kuvars monzonit, granodiyorit, kuvarslı diyorit, diyorit gibi açık renkli kayalar “granit” olarak isimlendirilmektedir. “**Gabro**”da diyabaz, anortit ve proksenitlere verilen isimdir.

Granit; %10-40 arasında kuvars %30-60 arasında alkali feldispat, %35 kadar mika ve %10-35 arasında koyu renkli mineral içeren sert asidik bileşimli derinlik kayasıdır. Granitin yoğunluğu 2.6-2.8 gr/cm³, sertliği içerdiği minerallere bağlı olup 6.5 olarak kabul edilmektedir. W_i’si 16(±6), A_i’si 0.55(±0.1)’dir.

Bazalt % 45-53 SiO₂ içeren ince taneli magmatik bir kayadır. Mohs sertliği 6-6.5, yoğunluğu 2.6-3.10 arasında değişmektedir. Gri veya siyah renkte, çok ince taneli veya camsı bir görünüme sahiptir. Aşınması zor ve dayanıklı volkanik bir kayadır için inşaat sektöründe kullanılan bir yapı malzemesidir.

Andezit magmatik yüzey kayasıdır. Genel anlamda bazalt ve riolit arasındaki geçiş olup SiO₂ içeriği %57 ve %63 arasında değişmektedir.

Bazalt ve granitin kırılması ve öğütülme özellikleri birbirine yakın olup zordur. Aşındırıcı ve zor kırılan bu kayaların kırılmasında basma/sıkıştırma kuvvetinin etkili olduğu döner, çeneli ve konik kırıcılar kullanılmaktadır.

Kırma işleminde kayanın özelliklerine göre kullanılması gereken kırıcılar da değişmektedir.

Çizelge 4: Kırılacak cevhere göre kullanılabilir kırıncılar

	Konili kırıcı	Çeneli kırıcı	I.kad. darbeli	II.kad. konik	II.Kad. darbeli	III.kad. konik	Otojen kırıcı
Sahada gelen üretim, aşındırıcı kayaç, >800 t/s	+	x	+/-				
Sahada gelen üretim, aşındırıcı kayaç, <800 t/s	x	+	+/-				
Sahada gelen üretim, az aşındırıcı kayaç	x	x	+				
İkinci aşama kırma, aşındırıcı kayaç				+	+/-	+	
İkinci aşama kırma, az aşındırıcı kayaç				x	+	x	
İnce kırma, aşındırıcı, en fazla ince kayaç					+/-	x	+
İnce kırma, az aşındırıcı, en fazla ince kayaç					x	+/-	+
İnce kırma, nemli ve yapışkan kayaç					x		x
İnce kırma, az ince kırılmış kayaç						+	+/-
Kum üretimi, aşındırıcı kayaç						x	+
Kum üretimi, az aşındırıcı kayaç						+/-	+
Kübik malzeme, aşındırıcı kayaç					+/-	x	+

Kaynak: Sandvik, (+):En uygun, (x):Uygun, (+/-):Kullanılabilir

Kırıcı seçiminde kırılacak kayacın üst boyutu, tesiste kırma sonucu alınmak istenilen ürün boyut aralıkları, kayacın özellikleri ve kırıcının küçültme oranı önemlidir. Küçültme oranları kırıcının üst giriş ve alt çıkış açıklığına göre değişmektedir. Küçültme oranı büyüdükçe kırıcı kapasitesi düşmektedir.

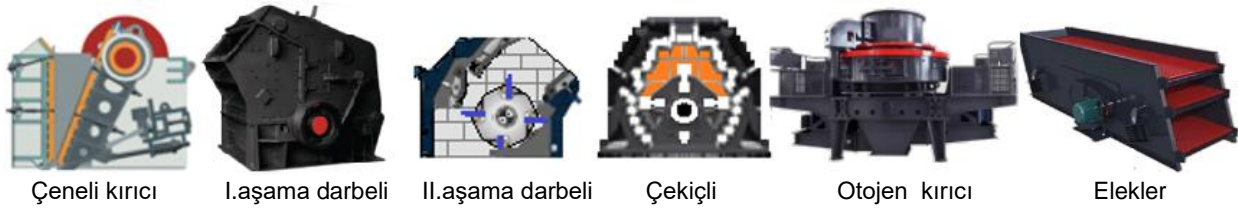
Çizelge 5: Bazı kırıcıların küçültme oranı ve kayaç özellikleri

Kırıcı	Kırılacak kayaç	Kayacın nemi	Boyut küçültme oranı
Çeneli kırıcılar	Orta/sert	Kuru/az nemli	4:1 / 8:1
Konik kırıcılar	Orta/sert	Kuru/çok az nemli	6:1 / 20:1
II.aşama konik	Orta/sert	Kuru/çok az nemli	3:1 / 5:1
Kısa kafalı konik	Orta/sert	Kuru/çok az nemli	2:1 / 3:1
IV.aşama konik	Orta/sert	Kuru/çok az nemli	2:1 / 6:1
Darbeli kırıcılar	Yumuşak/orta/sert	Kuru/az nemli	15:1 / 50:1
Çekiçli Kırıncılar	Yumuşak orta	Kuru/çok nemli	20:1 / 30:1
Dik milli	Sert	Kuru	50:1 / 150:1

Döner kırıcılar kapasitesi yüksek ve büyük blokların kırılması gereken cevher hazırlama tesisi öncesi tercih edilmektedir. Çeneli kırıcılar birinci aşama kırıcılar olup orta kapasiteli işletmelerde büyük blokların kırılması gerekliliğinin öncelikli olduğu kırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Orta kapasiteli tesislerde çoğu zaman gerekli kapasite büyük kırıcı seçerek ya da birkaç çeneli kırıcı kullanılarak sağlanmaktadır.

Kübik malzeme üretimi, düzgün ürün dağılımı, kayaçların doğal tabakalarından ayrılması, sert, aşındırma özelliği yüksek olmayan kayaçların kırılmasında darbe kuvveti ile çalışan kırıcılar kullanılmaktadır. Kırma işlemi sert cevherlerin birbirine ve cevherin kırma paletlerine ile gövde plakalarına çarpmasıyla gerçekleşmektedir.

Kırıcı seçiminde kayaç özellikleri yanı sıra kayacın üst boyutu da belirleyicidir. Günümüzde ilk aşama ve sonrası darbeleri kırıcılar kullanılmaktadır. Sert ve aşındırıcı kayaçlar için darbeleri kırıcı kullanılması durumunda kırıcıdaki aşınmalar yakından gözlenmeli, aşınma nedeniyle kırma işlemi maliyetinin yüksek olması durumunda darbeleri kırıcı çeneli ya da uygun bir kırıcı ile değiştirilmelidir.

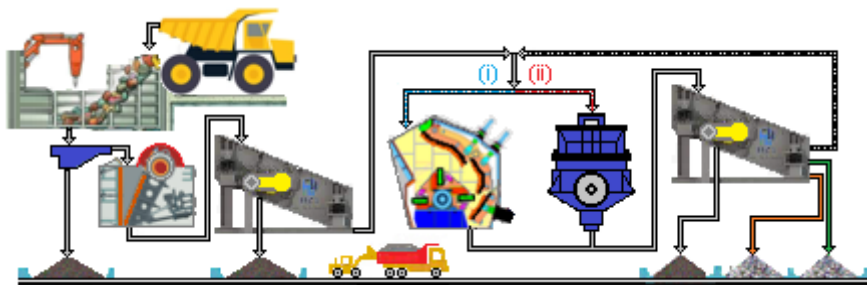


Şekil 15: Aşındırma özelliği yüksek olmayan kayaçlar için kullanılan ekipman



Şekil 16: Sert ve aşındırıcı kayaçlar için kullanılan ekipman

Aşağıdaki devrede I. aşama kırmada çeneli kırıcı, II. aşama kırmada orta sert ve az aşındırıcı kayaçlar için darbeleri, sert ve aşındırıcı kayaçlar için konik kırıcı kullanılmıştır.



Şekil 17: Sert ve aşındırıcı kayaçlar için kullanılan iki ayrı devre

Kırma boyutlandırma tesislerinde yaygın olarak inşaat kumu da üretilmektedir. IV. aşama konik kırıcılar *kum makineleri* ya da *gyradisc* olarak isimlendirilmektedir. Bu kırıcılara genellikle II. ya da III. aşama kırıcı çıkışları gönderilmektedir.

Otojen kırıcılar da kum makinesi olarak isimlendirilmekte bu kırıcılarda -1 mm boyutunda kum üretilmektedir. Kum üretilmek istendiğinde, elek aralıkları düzenlenerek uygun bir boyut aralığı devredeki otojen kırıcıya gönderilmektedir. Üretilmiş kumda üst boyut sınırı gerektiğinde bu kırıcılar kapalı devre çalıştırılmalıdır.

Kum üretmek için çubuklu hatta bilyalı değirmen kullanmak da mümkündür. Öğütme için değirmen boyutları ve kullanılması gereken öğütücü çubuk/bilya boyutu kayaca bağlı olarak hesaplanmalıdır.

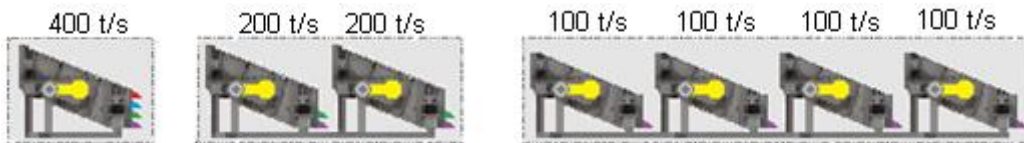
Kırma-boyutlandırma tesisleri kurulurken alınacak kararlar çok önemlidir. Örneğin 400 t/s kapasiteli bir tesiste 3 değişik seçenek söz konusu olabilmektedir.



Şekil 18: 3 değişik kırıcı seçeneği

Tesislerde kırıcılardan sonra esas ekipman eleklerdir. Elek seçiminde hata yapma olasılığı azdır. En kötü olasılıkla yapılmış bir hatanın düzeltilmesi daha kolay, maliyeti de kırıcıya göre daha düşüktür.

400 t/s kapasiteli bir kırma boyutlandırma devresinde 400, 200+200, 200+100+100, 300+100 ya da 4*100 şeklindeki 3 seçenek söz konusu olabilmektedir.



Şekil 19: 3 değişik elek seçeneği

Elek açıklıkları farklı olmasına karşın 400 t/s kapasiteli bir elek yerine daha fazla sayıda elek seçeneği söz konusu olabilmektedir. Diğer taraftan elek perdeleri ve özellikle kırıcı ayarları değiştirilerek aynı tesisten değişik boyut aralıklarında agrega üretilmektedir.

Kırılması gerekli kayaç miktarının yüksek olması durumunda karar verilmesi gereken konu tesisin büyüklüğüdür. 1000 t/s bir kırma-boyutlandırma işlemi için 1000 t/s kapasiteli tek bir tesis ya da aynı kırma işlemi için 500 t/s kapasiteli 2 ayrı hat, hatta 350 t/s kapasiteli 3 hat kurma seçenekleri üzerinde karar vermede etkili olacaktır.

Karar aşamasında ürün boyut ve kalitesi, tesisteki üretim sürekliliği, ekipman bakım onarım ve işletme kolaylığı, ileriye yönelik olası yeni düzenlemeler, yedek parça stoku, tesisin kurulacağı alanla ilgili kısıtlamalar ve benzeri etkenler göz önüne alınmalıdır.

Kırma boyutlandırma tesislerinde ilk aşama kırıcı mutlaka ızgaralı ya da paletli besleyici ile beslenmelidir. Izgaralı besleyici kırılacak kayaç içindeki ince kısmı ve tozu ayırırken kırıcıyı da darbelerden korumaktadır. Kırılacak kayacın ızgara altına geçen kısmı ayrılarak değişik şekillerde değerlendirilmektedir.

Kırma-boyutlandırma tesislerinde kullanılan ekipman özellikleri üretici firmalara göre değişmesine karşın fiziksel özellikleri benzer ekipman kapasiteleri birbirine yakındır. Ekipman seçiminde üretici firmaların verileri dikkate alınmalıdır. Verilen çizelgelerdeki ekipman özellik ve kapasiteleri yaklaşık değerlerdir. Bu değerler belirtilmediği sürece yoğunluğu 1.6 gr/cm^3 olan kalker esas alınarak hazırlanmaktadır.

Agrega üretim tesislerinde kırıcıların ayarları belirli sınır aralığında değiştirilebilmektedir. Çoğu zaman üretilmek istenilen ürün boyut ve miktarına göre elek açıklıkları ayarlanmaktadır. Bu nedenle tesis kurulurken eleklerin çeşit ve kapasite olarak yapılabilecek olası değişikliklere uygun seçilmesinde yarar vardır. Tek katlı elek yerine çift katlı elek seçip eleğin tek katını kullanmak, elek döküm yerini iki katlı eleğe uygun düzenlemek, ileriye dönük tesis akışında yapılabilecek olası değişikliğe yönelik doğru bir yaklaşım olacaktır.

I. aşama kırıcı seçmek kolaydır. Bu aşama kırıcı seçiminde belirleyici olan etkenler;

- *Sahada yapılacak üretim kapasitesi,*
- *Kırılacak kayaç çeşidi,*
- *Kırılacak kayacın miktarı,*
- *Kırılacak kayacın üst boyutu,*
- *Kırıcı sonrası istenilen boyut.*

Sahadan yapılabilecek üretime uygun tesis kapasitesi seçilmelidir. Örneğin 100 t/s kayaç üretimi yapılabilecek bir işletmede ileriye dönük üretim artışı düşünülmüyorsa daha yüksek kapasiteli kırıcı seçmenin bir anlamı olmayacaktır.

I.aşama kırıcı sonrası seçilecek ekipman özellikleri tamamen akışa bağlı olacaktır. Örneğin

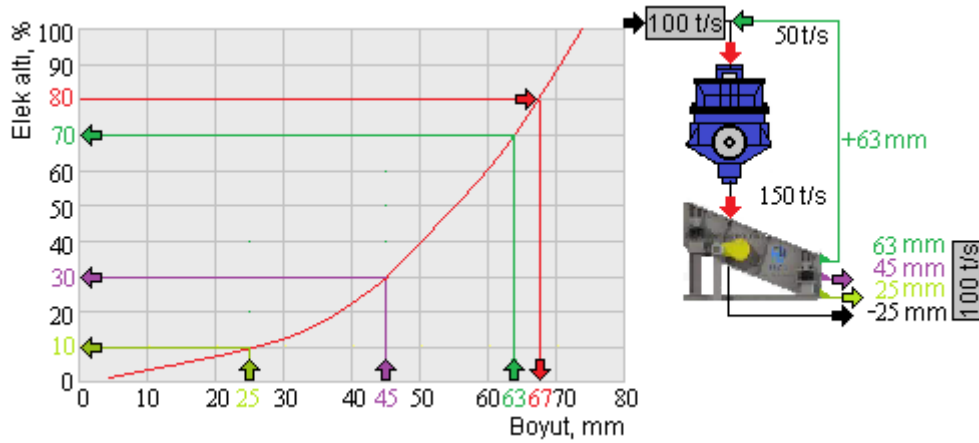
II. aşama kırıcı kapasitesi;

- *Birinci aşama kırıcı çıkışı miktarı,*
- *Birinci aşama kırma sonrası en büyük kayaç boyutu,*
- *İkinci kırıcı öncesi ya da sonrası elek olup olmaması,*
- *İkinci kırıcının açık ya da kapalı devre çalışması,*
- *Kapalı devre çalışan ikinci kırıcıda eleğin yerine göre devreden yük miktarı,*
- *İkinci kırıcı çıkışından amaçlanan boyut dağılımı.*

Tesis kurulmadan önce kırılacak kayacın üst boyutu ve kırma sonrası alınacak ürün aralıklarına uygun seçenekli birkaç tesis şeması hazırlanmalıdır. Tesis şeması içinde I. aşama kırıcıdan çıkan kırılmış kayaç daha sonraki aşamalarda boyutuna göre uygun oranda dağıtılmalıdır. Dağılım oranları laboratuvarda yapılmış kırma-eleme testlerinden ya da ekipman üretici firmaların kırıcı eğrilerinden belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuda benzeri tesislerdeki çalışma koşulları ile uzman kişilerin deneyimi de önem taşımaktadır.

Konik kırıcı sonrası laboratuvar elek analizi yapılmalıdır. Örneğin kırıcı sonrası 25, 45, 63 mm açıklıklı üç katlı elek kullanılıp konik kırıcı 63 mm açıklıklı elek ile kapalı devre çalıştırılacaktır. Kırılmış kayacın +63 mm boyutu $k_{0\%} = \%30$ 'dir ($100-70=\%30$). Devredeki eleğin eleme etkinliği $E = \%90$ olarak alınacaktır.

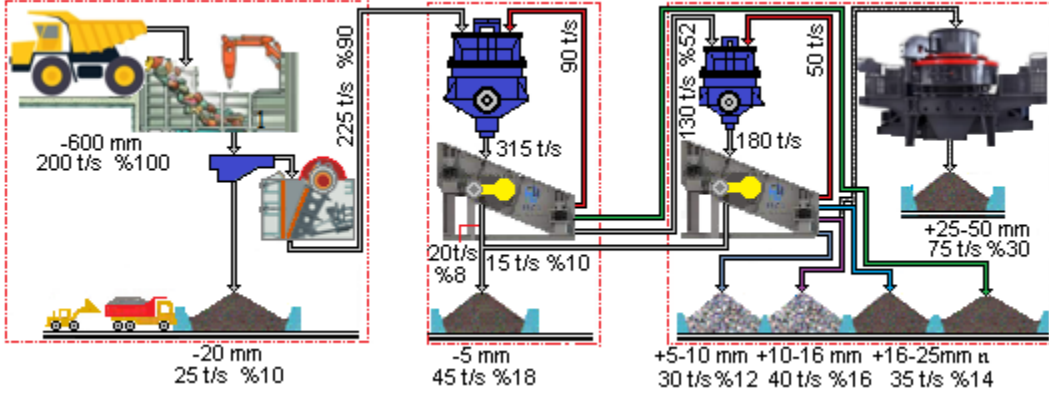
Grafik 1: Örnek elek analizi



Böyle bir devreye 100 t/s kayaç beslendiğinde devreden yük %50 olarak hesaplanacaktır. Elek üstü +63 mm 50 t/s devreden yük olarak kırıcıya beslenen 100 t/s kayaca ilave olacaktır. Devre dengeye girdiğinde kırıcıya ve kırıcı çıkışı eleğe 150 t/s kayaç beslenecektir. Eleğe beslenen kayaç da test sonucu verilere uygun olarak elekte -25 mm, +25-45 mm, +45-63 mm olarak üçe ayrılacaktır. Bu üç aralıktaki kayaç toplamı 100 t/s'dir.

Örneğin 63 mm açıklıklı perde yerine 60 mm açıklıklı elek perdesi kullanıldığında devreden yük miktarı 50 t/s'in, kırıcıya beslene kayaç miktarı da 150 t/s'in üzerine çıkacaktır.

Devreye 100 t/s kayaç beslenmesine karşın kırıcı ve elek kapasitesinin 150 t/s olması yeterli olmayacaktır. Böyle bir devrede kırıcı ve elek kapasitesi olası dalgalanmalara karşı 150 t/s'in üzerinde, örneğin %25 fazlası 190 t/s seçilmelidir. Sonraki aşamalarda kullanılacak ekipman kapasiteleri benzeri şekilde hesaplanması gerekmektedir.

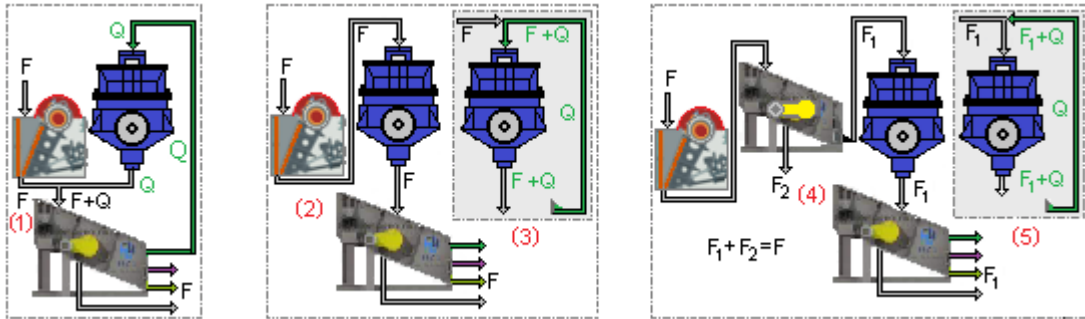


Şekil 20: 250 t/s kapasiteli kalker kırma- boyutlandırma tesisi

İlk aşama kırıcıya sahadan üretilecek en büyük boyuttaki kayaç beslenebilmeli, kırıcı çıkışı II. aşama kırıcıya beslenebilecek kayaç boyutuna uygun olmalıdır. II. aşama kırıcı açık devre çalıştırıldığında en az ilk aşama kırıcıdan beslenen kayaç kapasitesinde, kapalı devre çalıştırıldığında da bu kapasiteden yüksek olması gerekmektedir.

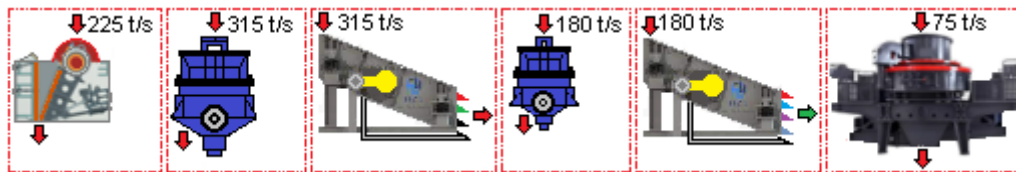
Hesaplamalarda çeneli kırıcı öncesi ızgaralı titreşimli besleyiciden ayrılacak kayaç miktarı, ve boyutu dikkate alınmalıdır. Sonraki aşamalarda tesiste malzeme akışının doğru belirlenmesi başta elek ve diğer ekipman kapasite olarak doğru seçimi için önemlidir.

Tesiste çeneli kırıcı sonrası 5 değişik devre kurulabilecektir.



Şekil 21: Çeneli kırıcı sonrası 5 değişik devre

Bu devrelerde konik kırıcıya kırılmak için beslenen kayaç miktarı ve kayaçtaki boyut dağılımı farklı, tesisteki kayaç akış oranları elek analizlerine göre belirlendiğinde kırıcı ve elek seçimi daha kolaydır. Devrede kırıcı ve eleklerle giden kayaç miktarları da farklıdır.

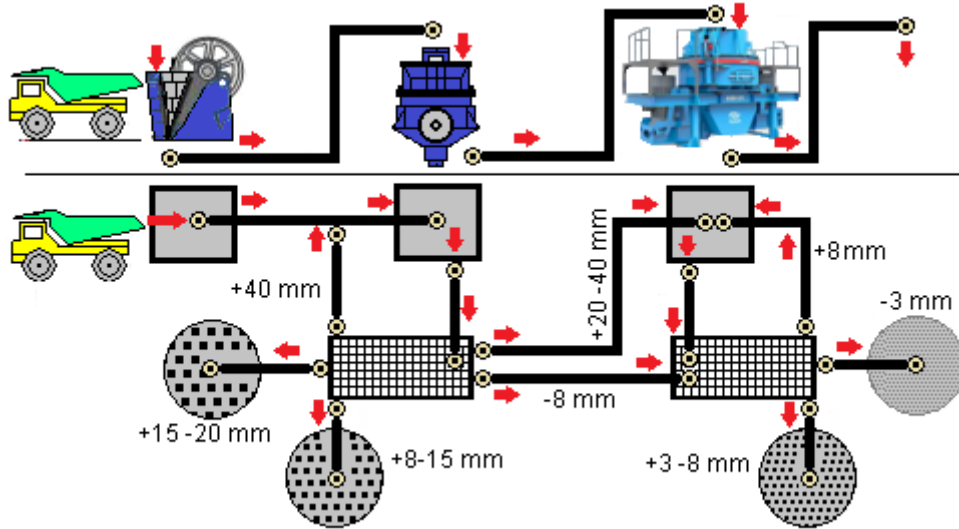


Şekil 22: Tesiste kullanılmış ekipmana giden kayaç miktarı

Agrega kırma-boyutlandırma tesislerinden alınan ürün boyut aralıkları tesiste kullanılan elek perde aralıklarına bağlıdır. Genellikle -100 mm'ye kırılmış kayaçtan istenilen boyut aralığında ürün alınabilmektedir. Kum üretmeye yönelik kurulmuş tesislerden de 1mm altında kum üretme olanağı vardır. Kırılmış kayacın temizliğine ve içerdiği safsızlıklara bağlı olarak kum üretiminde son aşamada kum yıkama ekipmanı kullanılmaktadır.

Cevher hazırlama tesislerinde kırma ve boyutlandırma sonrası cevher çubuklu ya da bilyalı değirmenlere öğütülmek üzere gönderilmektedir. Değirmende öğütülecek cevherin tane boyut dağılımı ve bu dağılımın sürekliliği çok önemlidir. Bunun için de son aşama kırmada cevher konik, hatta kısa kafalı konik kırıcılarda kapalı devre çalıştırılmalıdır.

Bir kural olmamasına karşın çeneli kırıcılarda kapalı devre kırma yapılmamaktadır. Agreganın üretimi için kullanılan darbeli ya da otojen kırıcılar genellikle kapalı devre çalıştırılmamasına karşın, kapalı devre kırma da yanlış olmamaktadır. Özellikle beton santrallerinde belirli boyut aralıklarında agrega karıştırılıp kullanıldığından en üst boyuttaki agreganın boyut kontrolü için kapalı devre kırma daha uygundur. Diğer taraftan kum oranının artırılması için de özellikle son aşama kırıcılar kapalı devre çalıştırılmalıdır.



Şekil 23: Kırma-boyutlandırma tesisinin yerleşimi

Kırma boyutlandırma tesislerinde önemli sorunlardan biri de ortamda oluşan tozdur. Tozun olası etkisinin engellenmesi için en kolay yöntemi su kullanılarak tozun kaynağında bastırılmasıdır. Ancak çoğu zaman tozu bastırarak kadar su kullanılması bir sonraki aşamada istenmediği gibi kullanılmış su da alıcı ortama doğrudan bırakılmamaktadır.

Tozu önlemek için kırıcılar, elekler ve bant yolları kapatılarak ortamdan izole edilmede tozlu hava davlumbazlarla emilerek siklon ya da filtrelerden geçirilmektedir. Tesis kurulurken toza yönelik önlemlerin başta alınması ileriye dönük yaşanacak olası yasal sorunları ve

gerekebilecek ilave harcamalar başından çözülmüş olacaktır. Bu nedenle kırıcı ve elek seçimi yanı sıra tesisin tozsuzlaştırılması için gerekli yatırımlar da düşünülüp başında planlanmalıdır.

Agrega üretimi tesislerinde olası ekipman arızalarından sonraki ekipmanın etkilenmemesi ve düzgün besleme için ara stok ve bunkerler olmalıdır. Bunların sayısı ve kapasitesi tesisin büyüklüğüne ve yapılan işe göre değişmektedir.

Kamyon damper boyutları, dökme platformu, besleyici ve kırıcı fiziki boyut ve kapasite olarak birbirilerine uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çalışırken kesintiye uğramaması için kırıcıların altında en az iki kamyon kapasiteli bunker yerleştirilmelidir.

Kırıcı altındaki bunkerde seviyesi yükselen cevherin kırıcıya zarar vermemesi için bunker seviyesi kontrol edilmeli, seviye kontrol sistemi sesli ve ışıklı ikaz vermelidir.

I. aşama kırıcı öncesi büyük kayaçların kırılması için ızgara başına hidrolik kırıcı yerleştirilmelidir. Kırıcının beslenmesinde paletli ya da ızgaralı besleyici kullanılmalıdır. Izgaralı besleyiciden kayacın içerdiği ince kayaç ya da toprak alınmakta gerektiğinde bu malzeme değerlendirilmektedir. Kırılacak kayacın temiz olması durumunda ızgaralı besleyiciden ayrılan kayaç bir sonraki kırıcı ya da ekipmana beslenebilmelidir.

Tesislerinde mümkün olduğunca az sayıda bant konveyör yanı sıra yükleme ve taşıma için olası loder gereksinimi tesis planlanırken göz önüne alınmalıdır. Bunun için arazi topografyasından yararlanılmalı, topografyanın uygun olması durumunda bir ekipman çıkışı cevher takip eden ekipmana kendi akışıyla beslenebilmelidir.

9. Stoklama ve harmanlama

Tesislerde stok ve harmanlama sahaları son kırıcı ile tesis arasında yer almaktadır. Harmanlama sahası cevher zenginleştirme tesislerine istenilen kimyasal ve fiziksel boyutta tesis kapasitesine uygun, kesintisiz beslenmesine olanak sağlamaktadır. Harmanlama sahası aynı zamanda cevher stok sahası olarak da kullanılmaktadır.

Cevher stok sahaları; *tesis öncesi arıza ve bakımların tesisi etkilememesi, değişik nedenlerden dolayı cevher sağlayan kaynaklarda yaşanacak arz güvenliğindeki olası riskin en az seviyeye indirilmesi, yeni kaynak bulmak için gerekli zamanın sağlanması, değişik kaynaklardan gelen cevherleri belirli bir sahada toplayarak harmanlanması için gereklidir.* Stokta bekleyen cevherin üretimi için gerekli bedeller ödenmiş olduğundan, cevher stoku belirli bir maddi gücün hareketsiz bekletilmesi anlamına gelmektedir.

Stok sahasının büyüklüğü tesis kapasitesi, stoklama amacı ve alınan riske göre değişmektedir. Örneğin termik santrallarda kömür, entegre demir-çelik tesislerinde demir cevheri ve kömür stoklarının büyüklüğü hammaddenin sağlandığı kaynağa göre değişmekte, kritik stok arz güvenliğini riske atmayacak şekilde en az 2-3 ay tesisi besleyebilecek kapasitede belirlenmektedir. Arz güvenliğinde risk yoksa kapasite çok daha düşük tutulabilmektedir. Hatta bazı işletmelerde sahadan üretilen cevher doğrudan tesise de beslenebilmektedir.

Cevherin harmanlanması amacı ile stoklanmasında iki temel yöntem uygulanmaktadır:

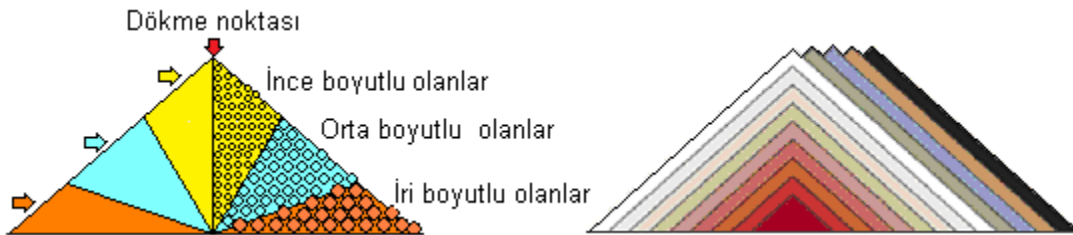
- Cevher üstten bir nokta ya da bir hat boyunca dökülüp büyük bir stok oluşturulmakta,
- Üstten bir noktadan ya da bir hat boyunca birden çok sayıda küçük yığınlarla büyük bir stok hazırlanmaktadır.

İlk yöntem **chevron**, ikincisi de **windrow** olarak isimlendirilmektedir. Bu iki temel yöntem kullanılarak harmanlanacak cevherin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişik harmanlama-stoklama yöntemi oluşturulabilmektedir. Büyük tesislerde bilgisayar destekli sistemlerle cevher harmanı tesis için en uygun şekilde hazırlanmaktadır.



Şekil 24: Harmanlama amacı ile uygulanan stoklama yöntemleri

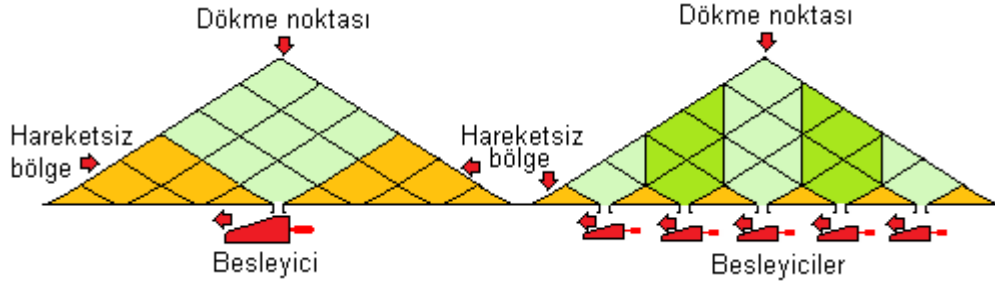
Chevron yönteminde cevher yüksekten döküldüğünden doğal olarak **segragasyon** olarak tanımlanan **tane ayrışması** oluşmakta, büyük cevher taneleri yığının yüzeyinden yuvarlanarak tabanda toplanmaktadır. Yöntem basit olmasına karşın, stoklama sırasında oluşan tane ayrışması nedeniyle bu yöntem 6-7 mm'den daha büyük boyutta cevherlerin harmanlanması için önerilmemekte, 6-7 mm'den küçük boyuttaki cevherin stoklanmasında kullanılmaktadır.



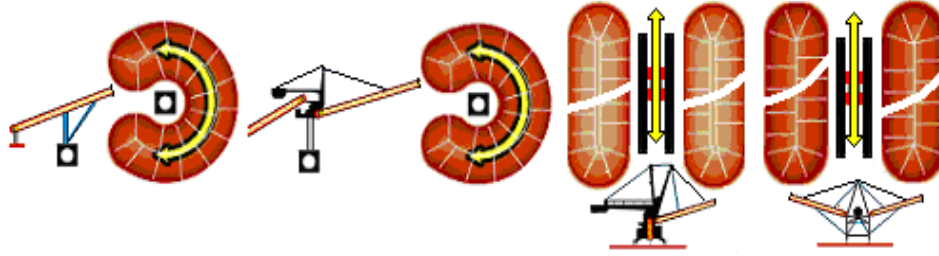
Şekil 25: Chevron stoklama yöntemi

Windrow yönteminin uygulaması chevron yöntemine göre biraz daha zordur. Yöntem, boyut dağılımı daha geniş aralıkta değişen cevherlerin harmanlanması için kullanılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal olarak daha homojen besleme yapılabilmesine olanak sağladığından çoğu cevher hazırlama tesislerinde bu yöntem uygulanmaktadır.

Windrow yönteminde üst üste ve yan yana küçük yığınlar oluşturularak cevherin fiziksel ve kimyasal olarak karışması sağlanmaktadır. Cevher oluşturulmuş stoktan tesise beslenirken tekrar karıştığından, iyi bir homojenlik sağlanmaktadır.



Şekil 26: Üstten dökülerek oluşturulan yığınlar ve besleme sistemleri



Şekil 27: Stok şekilleri

10.Sonuç

Kırıcı seçiminde kırmanın amacı, kayacın sertliği, kırılacak kayaç boyutu ve kırma sonrası kayacı istenilen boyuta indirmektir. Aynı ekipman kullanılarak değişik tesis şemaları düzenleme ya da aynı kırma amacına yönelik değişik ekipman kullanarak tesis kurma olanakları vardır. Kırma-boyutlandırma tesislerinin etkinliği öncelikle kayaca göre doğru ekipman seçimi, bu ekipmanın ardışık olarak doğru yerleştirilmesiyle ilişkilidir. Ekipman kapasitelerinin uyum içinde olması, yetersiz kapasite nedeniyle kırıcı öncesi kayaç yığılması olmaması ekipman kapasitesinin altında da çalıştırılmaması önem taşımaktadır.

Özellikle agrega tesislerinde seyyar ekipman kullanıldığında bu devreleri değiştirerek talebe göre agrega üretmek kolaydır. Çoğu zaman aynı kırıcılar değişik firmalarca kendi isimleriyle üretilmektedir. Kırıcı seçiminde üreticinin referansı da önemlidir. Kırıcı satın alınırken dikkat edilmesi gereken en önemli konu satış sonrası satıcıdan alınabilecek hizmettir. Aynı zamanda özellikle yedek parça temininde satıcının tekeline girilmemelidir. Bu nedenle gerektiğinde kırıcının özellikle astar, aşınma plakası gibi parçalarının resimleri ile kırıcıda kullanılmış rulmanların numaraları mutlaka alınmalıdır.