

# *Kaya Kütlesi Nitelik Değerlendirme Yaklaşımları ve Kayanın Gevşetilmesi İçin Gereken Birim Patlayıcı Yük ile Bağdaşımı*

Rock Mass Quality Evaluation and Correlation to Powder Factor

Metin ÖZDOĞAN(\*)

## ÖZET

Bu yazıda, verilen bir kaya kütlesi için gereken birim patlayıcı yük miktarının nasıl belirlenebileceği incelenmiştir. Kaya kütlesi niteliğinin titreşik, yerselmekanik, birim kazı ve delme erkesi yaklaşımlarıyla saptanmaya çalışılması ve bu kavramlarla birim patlayıcı yük arasındaki bağdaşım tartışılmıştır.

## ABSTRACT

In this paper, ways of determining the powder factor for a given rock mass are studied. Rock mass quality evaluation through seismic, geomechanic methods as well as specific digging and specific drilling energy concepts and their correlations to powder factor (specific charge) are discussed.

:-

(\*) Maden Yüksek Mühendisi, Yurtören Ltd., Bağlayan Sok. 4/1, Küçükcesat, ANKARA.

## 1. GİRİŞ

Birim patlayıcı yük, kayanın birim hacmini parçalayabilmek için kullanılması gereken patlayıcı madde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Patlayıcı yük birimi,  $\text{kg/m}^3$  olarak alınabilir. Birim yükü tek bir patlayıcı türünden belirtmek yararlı olmaktadır. Örneğin, bu patlayıcı türü tüm açık ocaklarda yaygın olarak kullanılmakta olan deliğe kendi ağırlığı ile sıkıştırılmadan doldurulmuş ANFO olabilir (Hoek ve Bray, 1981).

Bilindiği gibi patlatma değişkenleri delik çapı, delik boyu, delik dolgu kısmı, ateşleme düzeni, uygulanan gecikme, ve delik düzeni gibi etmenlerden oluşmaktadır. Ancak, bu değişkenler konumuzun dışında kalmaktadır.

Patlatma tasarımının en can alıcı noktası, bir kaya kütesini gevşetebilmek için deliğe konacak patlayıcı miktarını saptamaktır. Patlayıcı miktarını doğru saptamak ise patlayıcı birim miktarının,  $\text{kg/m}^3$ , bilinmesini gerektirir. Ne var ki, belirli bir kaya kütesi için gereken en uygun patlayıcı yük miktarını seçmek için yararlanılabilecek çok az sayıda bağıntı ve kural bulunmaktadır (Hoek ve Bray, 1981). Bunu belirlemenin en kolay yolu gerçek işletme koşullarında yapılan atımların gözlenip izlenmesidir. Ancak bu yöntem de, bu atımların etkinliğinin tartışılabileceği sağlam bir ölçüt ve başlangıç noktası olmadan çok masraflı olabilir (Hoek ve Bray, 1981).

## 2. VERİLEN BİR KAYA KÜLTESİ İÇİN GEREKEN BİRİM PATLAYICI YÜK MİKTARININ BELİRLENMEYE ÇALIŞILMASI

Granit gibi sağlam bir kayayı parçalamanın, marn gibi zayıf bir kayayı gevşetmek için gerekenden daha çok güç gerektireceği açıktır. Bu bakımdan, sağlam kayada birim hacim için tüketilen patlayıcı miktarının, zayıf kaya için gerekenden daha yüksek olması beklenmelidir.

Patlatma günümüz açık işletmelerinde boyutu büyük bir iştir. Bu nedenle laboratuvarında sağlam deney örnekleri üstünde yapılan deney sonuçları ocaktaki gerçek durumu yansıtmayabilir. Laboratuvar sonuçlarına göre sağlam çıkan bir kaya, yerinde (ocakta) patlatılması çok kolay bir kaya olabilir; diğer bir deyişle, gevşetilmesi için daha az birim patlayıcı gerektirebilir. Çünkü, ocaktaki kaya

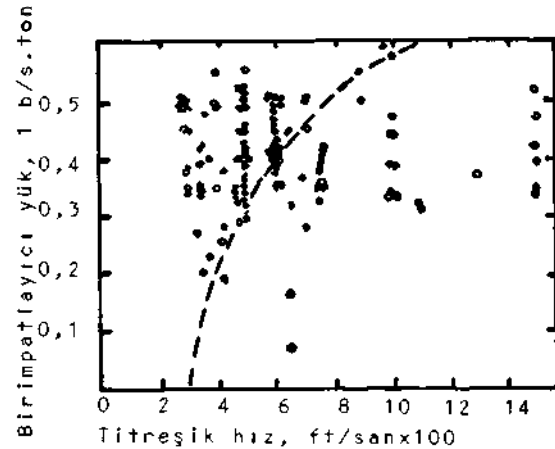
kütesi eklem takımları, zayıflık düzlemleri, çatlaklar ve süreksizlikler içeriyor olabilir. Bu bakımdan, birim patlayıcı miktarının saptanmasında, sağlıklı ve güvenilir bir yaklaşım için, kaya kütesinin yer-selmekanik özelliklerinin bilinmesi ve yerinde ölçümlerin yapılması gerekli ve önemlidir.

### 2.1. Titreşik Ölçümler ve Birim Patlayıcı Yük ile Bağdaşımı

Kaya kütesinin birbirine göre patlatılabilirlik düzeyini titreşik ölçüm yöntemleriyle belirlemek olasıdır. Çünkü, titreşik dalgalar yalnız esnek (elastik) ortamda yayılabilmektedir. Ortam ne kadar esnekse, dalganın yayılma hızı da o kadar yüksek olacak; ve esneklik (elastisite) azaldıkça yayılma hızı da düşecektir.

Titreşik deneyler ocakta uygulamaya çok uygundur. Yaratılan titreşik dalgalar tüm kaya kütesi içinde her yöne; çatlak, eklem takımları ve süreksizlikleri de tarayarak yayılır. Bu bakımdan, kaya kütesinin özelliklerini gerçeğe daha yakın olarak verirler. Dalga yayılma hızı sağlam kayada yüksek, zayıf kayada ise düşüktür.

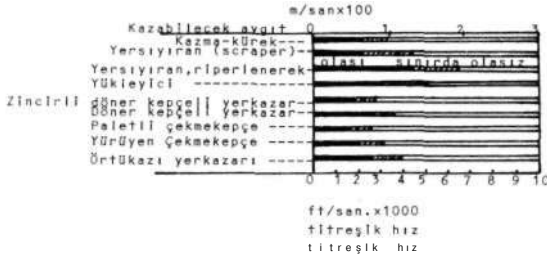
Broadbent (1974) Kennecott Copper Corp.'a ait bir bakır madeninde yaptığı bir dizi deney sonucunda, dalga hızı ile birim patlayıcı yük arasında bağlantı kurmaya çalışmış; ve bu araştırmasının sonuçlarını 1974 yılında yayınlamıştır. Bu konuda yeterli sayıda araştırma yapılabilirse, belki de belirli kaya oluşukları için birim patlayıcı yükün önceden seçilebilmesine olanak verecek uygun bağdaşımalar geliştirilebilecektir. Broadbent'in yaptığı deneyler sonucu elde ettiği bağdaşım, Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Birim patlayıcı yük ile yerinde titreşik hızın bağdaşımı (Broadbent, 1974).

Bu yaklaşım umut verici görünmekle birlikte, evrensel bir bağdaşım elde edebilmek için değişik işletmelerden daha çok sayıda deneysel veriye gerek vardır.

Öte yandan, Şekil 2'de görüldüğü gibi, titreşik hız örtü katmanının kazılabilirlik düzeyinin belirlenmesinde de ölçüt olarak kullanılabilir. Bu deneyler sonunda, örtü katmanının hangi yöntemle gevşetilebileceği ya da doğrudan kazılabilir olup olmadığına karar verilebilmektedir. Bir başka deyişle, bu tür deneylerin iki işlevi birden bulunmaktadır.



Şekil 2. Titreşik hız yöntemi ile kazılabilirlik düzeyinin belirlenmesi (Atkinson, 1971).

## 2.2. Kaya Kütle Özellikleri ve Birim Patlayıcı Yük ile Bağdaşımı

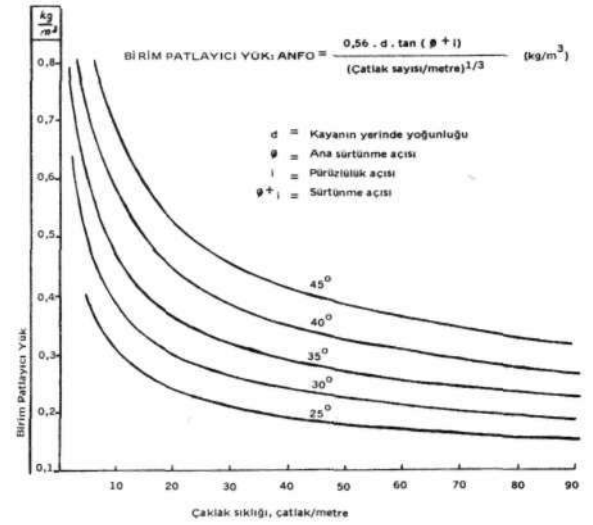
Ashby (1982) bu tür bir yaklaşımla ölçümler yaparak deneysel bir bağıntı geliştirmeye çalışmıştır. Ashby'nin bağıntısı Bougainville Copper Ltd. işletmesi için geliştirilmiş olup, kaya kültesi etkin sürtünme açısı  $\{\rho + i\}$  ve çatlak sıklığı ölçütlerine dayanmaktadır. Elde edilen bağdaşım, Şekil 3'de çizel olarak verilmiştir.

Böyle bir bağdaşım önem taşımaktadır; çünkü sağlam kaya örnekleri üzerinde yapılan küçük boyutlu laboratuvar ölçümlerine değil, kaya kültesi özelliklerine dayanmaktadır.

Bu bağıntıdan, kaya kültesinin çatlak sisteminin ve doğal parçalanma özelliklerinin kullanılan birim patlayıcı miktarını etkilediği anlaşılmaktadır. Çatlak sıklığı ve sürtünme açısı arttıkça, birim hacmi parçalamak için gereken patlayıcı madde miktarı artmaktadır.

## 2.3. Birim Kazı Erkesi ve Birim Patlayıcı Yük ile Bağdaşımı

Birim kazı erkesi, kayanın birim hacmini kazmak için gereken erkedir. Bu yaklaşım, yeraltı kazı makinelerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Çam, 1980). Tünel açma ve kö-



Şekil 3. Çatlak sıklığı, eklem kesme dayanımı ve birim patlayıcı yük arasındaki deneysel bağlantı (Ashby, 1982).

mür kesme makineleri için geliştirilen bu kavram, açık maden işletmeciliği kazı makineleri için de uygulanabilecek oldukça yeni bir yaklaşımdır (Tomlinson, 1983; Williamson, 1983).

Bu yeni kavramın, elektrikli yerkazıların birim hacimdeki örtüyü kazmak için harcadıkları erke düzeyinin,  $kwh/m^3$ , kaya kütle niteliği belirlenmesinde kullanılabileceği sanılmaktadır (Paşamehmetoğlu, 1983; Williamson, 1983; Özdoğan, 1983).

Aşağıda verilen etmenlerin kazılabilirliği etkilediği bilinmektedir (Tomlinson, 1983).

- Kaya kültesinin sağlamlığı
- Sağlam kaya örneğinin dayanımı
- Kayayı oluşturan mineral öğelerin aşındırıcılık özellikleri
- Kaya kütle (bulk) yoğunluğu
- Nem içeriği
- Çatlak, eklem, zayıflık ve yataklanma düzeyleri

Birim kazı erkesi ile birim patlayıcı yükün bağdaştırılabileceği ve birim kazı erkesi kavramından yola çıkarak özellikle linyit örtü katmanları için kazılabilirlik dizelemesinin de gerçekleştirilebileceğine inanılmaktadır (Paşamehmetoğlu, 1983; Williamson, 1983; Özdoğan, 1983).

Önerilen dizge çok sayıda deneme yapılmasına olanak veren, kolay ve ucuz bir yöntem olarak görünmektedir. Hemen her açık linyit işletmesinde var olan elektrikli yerkazılar, erke ölçüm aygıtlarıyla donatıldıklarında birer deney birimi olarak da işlev görebileceklerdir. Bu yöntem istenildiği zaman, istenildiği kadar ölçüm yapabilmeyi olanaklı kılacaktır.

Bu yöntem geliştirilebilirse, işletmeci mühendis kaya kültesi niteliğini ek bir gider yapmaksızın sürekli izleyebilecektir.

#### 2.4. Birim Delme Erkesi ve Birim Patlayıcı Yük ile Bağdaşımı

Birim delme erkesi, birim kaya hacmini delmek için gereken erkedir. Bu kavram ilk kez R.Teale (1965) tarafından, kaya delinebilirliğinin kolay ve çabukça belirlenebilmesi amacıyla, ortaya atılmıştır.

Dönmeli delme işleminde, delme borusu dönme hızı, delici uç ilerleme hızı, baskı ve tork değerleri ölçülerek o katman için gereken birim delme erkesini deneysel olarak hesaplamak olasıdır (Pfleider, 1972; Cummins ve Given, 1973). Bu kavram, aynı zamanda, belirli bir delik makinası için delme verimliliğinin de bir ölçüsüdür (Pfleider, 1972). Birim delme erkesi yaklaşımı, petrol mühendisliği dalında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu bilinen yaklaşımın, kaya kültesi nitelik belirlenmesinde, bir yerinde ölçüm tekniği olarak geliştirilebileceği sanılmaktadır. Bu başarılabilirdiğinde, birim delme erkesinin birim patlayıcı yük ile bağdaştırılabileceği kanısı taşınmaktadır (Paşamehmetoğlu, 1983; özdoğan, 1983). Açık işletme mühendisi, bu delikler sayesinde, patlatma işlemini yapmadan önce gevşeteceği örtü katmanının sağlamlık düzeyi hakkında bir fikir edinebilme şansına sahip olabilecektir.

Öngörülen bu yaklaşımla, ocakta çalışan delik makinaları ana işlevleri yanısıra kaya mekaniği ölçü aygıtı işlevini de göreceklerdir. Böylece, ek bir gider gerekmeden, çok sayıda istatistiksel olarak geçerli veri elde edilmiş olacaktır.

Delikler belirli bir düzene göre delindiklerinden, tüm katmanı yatay ve dikey olarak kapsarlar; bu bakımdan, katman kültesinin sağlamlık düzeyi hakkında gerçeğe oldukça yakın bilgi elde edilebilecektir.

### 3. SONUÇ

Kayada patlatmayı, patlatma ve kaya kültesi öğeleri olmak üzere iki ana değişkenler kümesi etkilemektedir. Birinci küme değişmez varsayılarak, yazının kapsamı dışında tutulmuştur. İkinci kümenin ise, kaya türünün kendine özgü özellikleri olduğundan, birinci derecede önem taşıdığı kabul edilmiştir.

Birim patlayıcı yük, olağan koşullar altında, birim kaya hacmini belirli bir boyuta parçalamak için gereken patlayıcı miktarının ağırlığıdır. Birim patlayıcı yük, kayanın parçalanmaya karşı gösterdiği direncin bir ölçütüdür.

Verilen bir kaya türü için birim patlayıcı yükün belirlenmesinde, kaya kültesinin yapısal özellikleri de dahil olmak üzere, kaya öğeleri büyük önem taşır. Şayet kaya kültesinin niteliği belirlenebilirse, o kaya için bir birim patlayıcı yük öngörülebilir. Kaya kültesinin niteliğinin (sağlamlığının) belirlenmesinde titreşik hız, birim kazı erkesi, birim delme erkesi gibi kavram ve yaklaşımlar kullanılabilir.

### KAYNAKLAR

- ASHBY:J.P., "Production Blasting and the Development of Open Pit Slopes", Stability in Surface Mining, Cilt 3, CO. Brawner, Editor, SME/AIME Publication, 1982 New York, U.S.A. s. 549-571.
- ATKINSON, T., "Selection of Open-Pit Excavating and Loading Equipment", Booklet, Imperial College, 1971, London, England.
- BROADBENT, C.D., "Predictable Blasting with In Situ Seismic Surveys", Mining Engineering, April 1974, SME New York, U.S.A. s. 37-41.
- CUMMINS ve GIVEN, SME Mining Engineering Handbook, Cut 1, AIME Publication, 1973 New York, U.S.A.
- ÇAM, Hasan, "Correlation of Rocak Properties and Cutting Performance of Dosco Roadheader at GLİ Tunçbilek Mines", Yayınlanmamış Bilimde Uzmanlık Tezi, Ağustos 1980, ODTÜ, Ankara.
- HOEK, E ve BRAY, J.W., Rock Slope Engineering, IMM Publication, 1981 London, England.
- ÖZDOĞAN, M., "Rock Mass Quality Evaluation and Correlation to Powder Factor", yayınlanmamış dönem makalesi, 1983, ODTÜ, Ankara.
- PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., Kişisel Görüşme, 1983, ODTÜ, Ankara.
- PFLEIDER, E.P., Surface Mining, AIME Publication 1972, New York, U.S.A.
- TEALE, R., "The Concept of Specific Energy in Rock Drilling", Int. J. Rock. Mech. and Mining Sci. Vol. 2 1965, Pergamon Press, London, England.
- TOMLINSON, T.D., "Improvement of Reliability of Open-cast Mining Techniques in Difficult Geological Mining and Climatic Conditions", 1983, N.C.B., London, England.
- WILLIAMSON, S. ve Arkadaşları "Electric Shovel Performance as a Measure of Blasting Efficiency", First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, August 1983.
- YOUNG, R.P. ve HILL, J.J. "Seismic Characterisation of Rock Masses Before and After Mine Blasting", 26th U.S. Symposium on Rock Mechanics, Rapid City, SD 26-28 June 1985.
- YOUNG, R.P. ve HILL, J.J. "Seismic Attenuation Spectra in Rock Mass Characterisation, A Case Study in Open-Pit Mining", Geophysics, February 1986.