

## SAYISAL FOTOĞRAF YÖNTEMİYLE GÖLTAŞ ÇİMENTO FABRİKASI TAŞ OCAĞI PATLATMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ

The Evaluation of Blasting at Göлтаş Cement Factory by Digital Photo Method and the Proposed Remedies

Hakkı Tarık ÖZKAHRAMAN"  
Hasan ÇİFTÇİ™

### ÖZET

Göлтаş taş ocağında, çimento fabrikası kurulduğundan beri 30 yıldır galeri usulü patlatma yöntemi uygulanmıştır. Bunda galeri sürme işçiliğinin, delici maliyetine göre daha ucuz olması en büyük etken olmuştur. Ancak geçen yıl delici makine alınmış, galeri patlatması yanında basamak patlatması yapılması da hedeflenmiştir. Yazıda dünyada terk edilmekte olan galeri patlatması hakkında bilgi verilmiştir. Basamak patlatması yöntemiyle galeri yöntemine göre daha ince boyutlu parçalanma hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada bir basamak patlatmasının verimliliği, parçalanma boyut dağılımından, dijital fotoğraf yöntemiyle ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda önceden yapılmış olan galeri patlatmalarının kaya kütlelerinde yarattığı olumsuz etkilerden dolayı, basamak patlatmasının, galeri patlatmasına kıyasla üstünlüğü tam olarak görülememiş ancak patlatma verimini arttırmak ve sonuçları iyileştirmek için alınacak önlemler belirlenmiştir. Ayrıca Süleyman Demirel Üniversitesinde (SDÜ) geliştirilen bilgisayar destekli dijital fotoğraflama yöntemi bu çalışmada tanıtılmış, yöntemin üstünlüğü ve yararının, özellikle Çimento sektöründe de bilinmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Galeri Patlatması, Basamak Patlatması, Parçalanma Boyut Dağılımı, Sayısal Fotoğraflama Yöntemi

### ABSTRACT

Coyote hole blasting method has been used for the last 30 years in Göлтаş quarry since the beginning of the operations. The reason for this was the opening of coyote holes was thought to be cheaper than purchasing a drilling machine due to the cheaper labour force. So a drill is purchased and bench blasting is started last year as well as the old method. The aim of the bench blasting method was to produce a fragmented muck pile with finer size. The efficiency of bench blasting method is measured and evaluated from fragmentation by digital photo method in this study. As a result of the evaluation, the advantage of bench blasting method is not clearly determined due to heavily fractured rock mass damaged by Coyote blasting and excessively high bench heights. But several suggestions are given for the remedies to increase efficiency of the bench blasting. Also, the computer evaluated digital photo method that has been developed at Süleyman Demirel University is described in the study in order to demonstrate the advantages and usefulness of the new method to the cement production sector.

Keywords: Coyote Hole Blasting, Bench Blasting, Fragmentation, Digital Photo Method

Doç. Dr., Süleyman Demirel Üni., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, İsparta  
'Arş. Gör., Süleyman Demirel Üni., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, İsparta

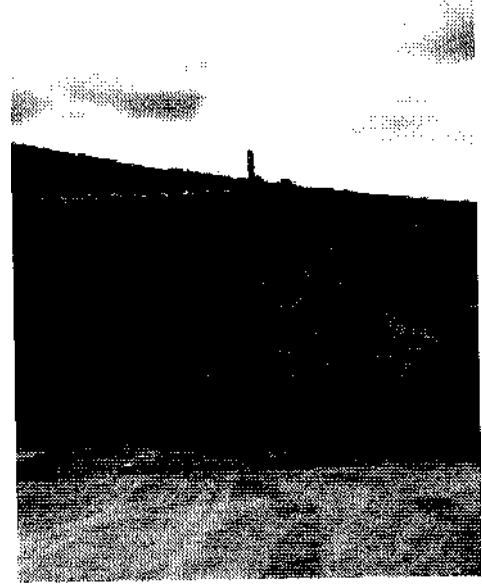
## 1. GİRİŞ

Göлтаş çimento fabrikasının kireçtaşı taş ocağında, kuruluşundan beri galeri patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Bu yazıda bilgisayar destekli fotoğraflama ile parçalanma boyut dağılımının belirlenmesi yönteminin madencilik sektörüne tanıtılması amaçlanmıştır. Artık dünyada terk edilmekte olan ancak Göлтаş taş ocaklarında 30 senedir uygulanmakta olan galeri usulü (coyote hole blasting) yazıda anlatılmış, bu yöntemin uygulama hataları ve sakıncaları da vurgulanmıştır. Özkahraman ve Şirin (1996) uygulanmakta olan bu yöntem hakkında bazı bilgiler vermişlerdir.

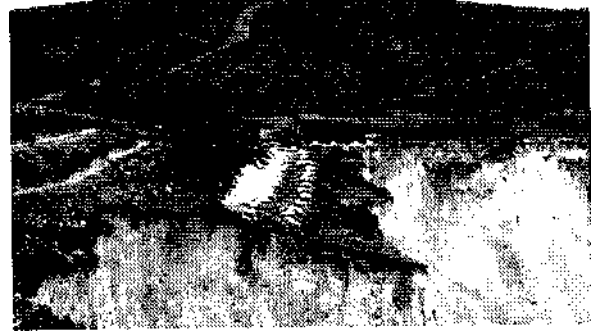
Göлтаş çimento fabrikası kireçtaşı ocağında şev yüksekliğinin gittikçe yükselen topografya nedeniyle 30 m'den yüksek olması hatta yer yer 40 m'yi geçmesi, galerilere konan patlayıcı miktarının artırılmasını gerektirmiştir. Fotoğraf 1'de şevlerin genel durumu görülmektedir. Odalara gerekenden fazla patlayıcı konması aşırı yer sarsıntısı yaratmaktadır. Aşırı yer sarsıntısı; çimento fabrikasının döner fırınının ayaklarında farklı oturmalar yaratmış döner fırının gövdesinde çatlaklar oluşturmuştur. Çimento fabrikası döner fırını patlatma bölgesinden yaklaşık 1 km uzaklıkta olması hasarın meydana gelmesinde etken olmuştur. Ayrıca yüksek şevler giriş galerilerinin boylarının da uzun olmasını gerektirmiş, bu nedenle atımlarda kırılması gereken dilim kalınlığı da gerekenden büyük olmuş, galeri patlatmalarıyla istenilen incelikte malzeme sağlanamamıştır. Ayrıca çok iri boyutta kaya blokları çıkmış bu patarlar ikincil bir kırma işlemine gerek göstermişlerdir. Parçalanma boyutunun istenenden büyük oluşu çimento fabrikasının kırıcılarında mekanik arızalara ve gecikmelere neden olmuştur. Aşırı sarsıntı nedeniyle galeri patlatması yapılan şevlerde kaymaların oluşması, uygulanmakta olan galeri patlatması tekniğini, hem güvenlik hem de ekonomiklik açısından tartışılır hale getirmiştir. Bu nedenle ocakta basamak patlatmasına geçilmiş bir adet Atlas Copco delici makina alınmıştır.. Bu makine ile 19 m uzunluğunda 115 mm çapında delikler delinmiştir. Delici makina ile delinen delikler Fotoğraf 2'de görülmektedir.

Çimento üretiminde kullanılan kırılmış kireçtaşının mümkün mertebe en ufak boyutta

kırılmış olması istenir. Böyle olunca da kırıcıdaki kırma işleminde kırıcılara düşen yük azalır. Hem de kırıcıda daha az enerji harcanmış olur.



Fotoğraf 1. Şevlerin genel görünümü



Fotoğraf 2. Göлтаş taşocağında delinen delikler

Özkahraman (1994), Baştaş çimento fabrikasında tek delik patlatma yöntemini kullanarak, en ideal, optimum dilim kalınlığını 2,5 m olarak belirlemiştir. Bu çalışma sonucunda, 89 mm çapında 8-10 m boyunda delikler delinmiş, böylece delik aralıkları küçültülerek daha küçük boyutta kırılmış malzeme üretilmiştir. Böylece kırıcıların yıllık kapasitesi yaklaşık iki misline yükseltilmiştir. Kapasitenin artmasında

kırıncıların tamir ve bakım sürelerinin azalması büyük rol oynamıştır.

Patlatma sonucu oluşan parçalanmanın değerlendirilmesi, atımın başarılı ya da başarısız olduğu hakkında bilgi verir. Parçalanmanın değerlendirilmesinde en doğru yöntem tüm paşanın elek analizinin yapılmasıdır. Ancak bu da, hem pahalı hem de çok zaman alıcı olduğundan ekonomik değildir. Bu nedenle son yıllarda sayısal görüntü işleme yöntemleri uygulanmaktadır. Asvvegen ve Cunningham (1986), Rosin Rammler dağılımının atım kütlelerinin dağılımını temsil edebileceğini bildirmişlerdir. Rosin -Rammler dağılımının iki önemli parametresi olan düzgünlük indisi ile ortalama parçalanma boyutu parametrelerini kullanarak atım kütlelerinin boyut dağılımının belirlenebileceğini göstermişlerdir.

Atım kütlelerinin parça boyut dağılımında kullanılan ortalama tane boyutu K50 ile düzgünlük indisi "n"nin nasıl kullanılacağını Özkahraman (1994), Baştaş çimento fabrikasının kireçtaşı ocağındaki patlatmalarında; Erdil ve Erkoç (1995) ise patlatma sonrası parçalanmış malzemenin tane dağılımını belirlemeye yönelik modelleme çalışmalarında göstermişlerdir.

Özgül şarj miktarı, patlatma ekonomisini doğrudan etkileyen önemli bir değişkendir. Galeri patlatmalarında kullanılan özgül şarj, meydana gelen parçalanma ile kıyaslanabilir. Kou ve Rustan (1992), açık ocaklarda basamak patlatmalarında kullanılması gereken özgül şarj miktarını Eşitlik (1) ile ifade ederek doğruluğunu da patlatma verileriyle kanıtlamışlardır.

$$c = \frac{\sigma_b^2}{2\eta \cdot E_d \cdot Q_{er}} \quad (D)$$

Burada;

- $c_{r_b}$  : kayacın basınç dayanımı,
- $\eta$  : enerji dönüşüm katsayısı,
- $E_d$  : dinamik elastisite modülü,
- $Q_{er}$  : patlayıcının ısı muhtevasıdır.

Eşitlik (1)'in kireçtaşı patlatmalarında yüksek bir doğruluk derecesiyle kullanılabileceği görülmüştür, (Özkahraman, 1994). Ancak Eşitlikle gerçeğe uygun bir özgül şarj elde edebilmek için özellikle dinamik elastisite modülünün ( $E_d$ ) arazideki kaya kütlelerini temsil eden bir değerde olması gerekir. Bu nedenle dinamik elastisite modülü sismik hız Eşitliğinden (2) belirlenebilir (Ambraseys ve Hendron, 1968).

$$E_d = \frac{C_p^2 \cdot \gamma \cdot (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{g(1 - \nu)} \quad (2)$$

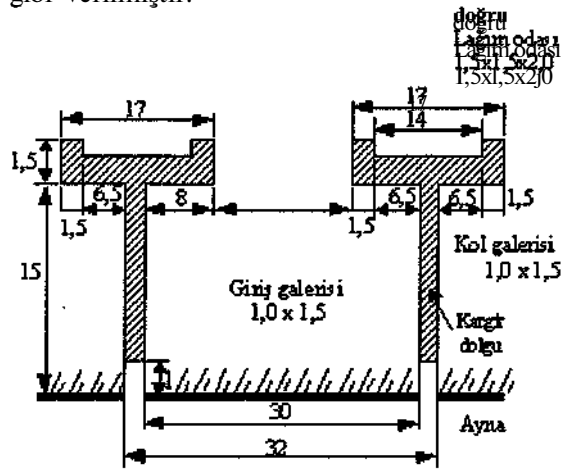
Burada;

- $C_p$  : boyuna dalga hızı,
- $\gamma$  : kaya kütleleri yoğunluğu,
- $\nu$  : poisson oranı,
- $g$  : yerçekimi ivmesi dir.

Bu çalışmada, sayısal fotoğraflama yöntemi kullanılarak Göлтаş ocağında her iki yöntemle (galeri patlatması ile basamak patlatması yöntemleri) yapılan patlatmaların verimliliği araştırılmıştır.

## 2. GOLTAŞTA UYGULANAN GALERİ PATLATMA YÖNTEMİ

İdeal bir galeri patlatmasında galeri ölçüleri Berkman, (1970) tarafından Şekil 1'de görüldüğü gibi verilmiştir.



Şekil1. Tipik bir galeri patlatması ölçüleri

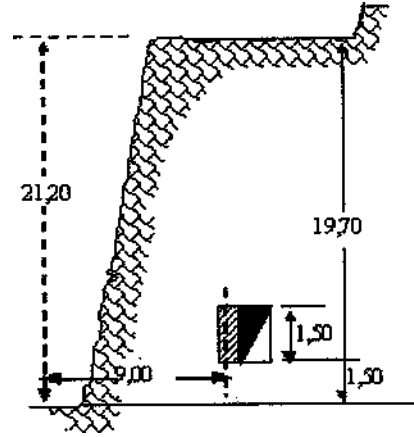
Götaş ocağında, galeri patlatma yönteminde giriş galerileri  $1,13 \text{ m}^2$  dairesel kesitte sürülmektedir. Galerinin eni ve yüksekliği  $1,25 \text{ m}$  uzunluğu ise  $13 \text{ m}$  olmaktadır. Galerinin deliği Fotoğraf 3'de görülmektedir. Sağ ve sol kol galerileri ise yaklaşık  $4 \text{ m}$  uzunluğunda açılmaktadır. ANFO için özel bir cep açılmamış kol galerilerinin içine doldurulmuştur. Dolayısıyla odalar arasındaki uzaklık  $6-8 \text{ m}$  olmaktadır. Doldurulma yaparken  $1 \text{ m}^3$  boşluğa ancak en fazla  $850 \text{ kg}$  ANFO sığabileceğinden kullanılan  $4 \text{ ton}$  ANFO için yaklaşık  $5 \text{ m}^3$ 'lük boş bir alan gerekmiştir.

Yemleme miktarı, ANFO miktarının ağırlıkça %10'u kadar olması König (1960) tarafından tavsiye edilmesine rağmen Götaş uygulamasında %1,5 alınmaktadır. Bu da her bir odaya konan  $2 \text{ ton}$  ANFO miktarı için  $30$ 'ar kilo yemleme (jelatin dinamit) miktarına karşı gelmektedir. Böylece iki odaya bölüştürülen toplam  $4 \text{ ton}$  ANFO için yemleme miktarı da  $60 \text{ kg}$  olmaktadır. Galerinin patlatma yöntemi için önerilen ölçülere Götaş galeri patlatmalarında uyulmamaktadır. König, (1960) göre verimli bir galerinin patlatmasında dilim kalınlığı, kademe yüksekliğinin  $1/3$ 'ünden az,  $2/3$ 'ünden de fazla olmamalıdır. Galerinin giriş boyu şev yüksekliğine göre  $15 \text{ m}$  olması gerekirken bu uzaklık  $10-12 \text{ m}$  yapılmakta, cepler arası uzaklıkta minimum  $0,8 \times 15 \text{ m} = 12 \text{ m}$  olması gerekirken  $6-8 \text{ m}$  alınmaktadır.



Fotoğraf 3. Galerinin patlatması için açılan delik

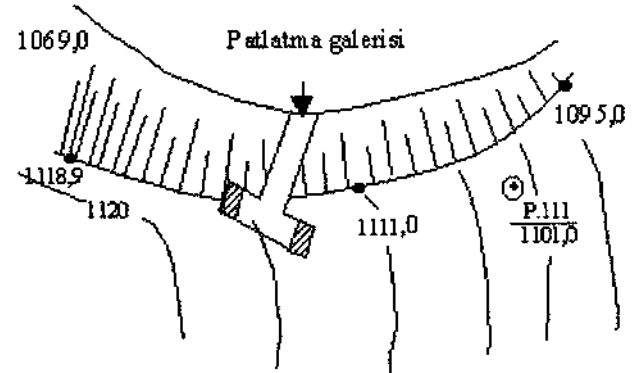
Tipik bir galerinin patlatmasının yandan görünüşü Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. Galerinin patlatmasında kesit

### 2.1. Örnek Bir Galerinin Patlatmasında Atım Kütleleri Hacmi ve Kullanılan Özgül Şarj

Oluşacak olan atım kütlelerinin hacmi  $13.528 \text{ m}^3$  (yerinde) hesaplanmıştır. Bu hacimdeki kaya kütleleri için galerinin patlatmasında iki odaya konması gereken patlayıcı miktarı işletme yetkililerince  $4 \text{ ton}$  olarak tespit edilip uygulanmıştır. Galerinin patlatmasının planı Şekil 3'de görülmektedir.

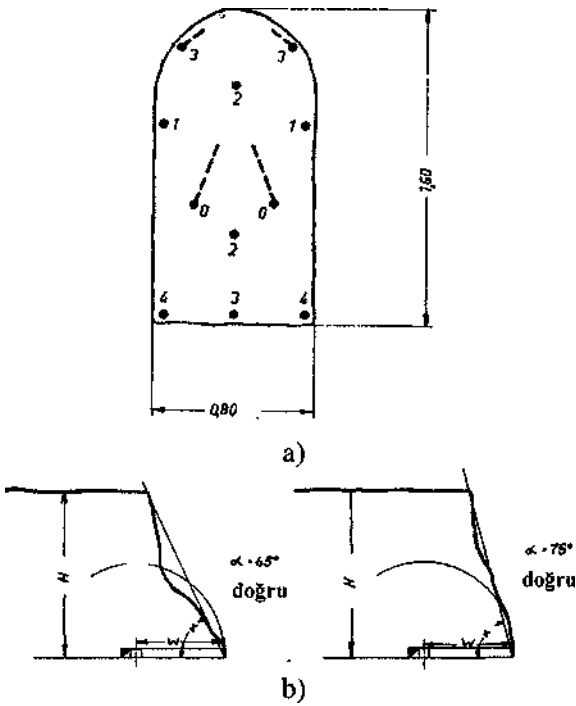


Şekil 3. Sürülen bir galerinin planı

Patlatmadan sonra meydana gelen kırılmış malzemenin hacmi ise  $9100 \text{ m}^3$  (yerinde) olmuştur. Bu durumda özgül şarj  $(4000 \text{ kg} / 9100 \text{ m}^3) = 0,440 \text{ kg/m}^3$  olarak gerçekleşmiş bulunmaktadır. Oysaki bu ocakta galerinin patlatması yerine, delikler delinerek basamak patlatması yöntemi seçilmiş olsaydı, Kou ve

Rustan (1992)'a göre arazideki kayacın özelliklerinden özgül şarjın  $0,280 \text{ kg/m}^3$  olması gerekecekti. Görüldüğü gibi galeri patlatmasında uygulamada gerekenden daha fazla patlayıcı madde tüketimi olmuştur.

Patlatmadan sonra oluşan atım kütesindeki malzeme miktarı ile patlatmadan önce teorik olarak hesaplanan değer arasında  $4428 \text{ m}^3$  lük bir fark oluşmuş uygulamada daha küçük bir yığın oluşmuştur. Patlatmadan sonraki atım kütesinin hacminin hesaplanmasında; kabarmış yığının hacmi, yığın şeklinin geometrisinden bulunmuştur.



Şekil 4. Galeri Patlatma Yöntemi

- a) Giriş galerisinin boyutları ve delik düzeni
- b) Şev açısı kademe yüksekliği

Şekil 4.b'de şev açısı; en az  $70^\circ$  olmalıdır. 15m'nin altındaki kademe yüksekliklerinde yöntem, hem uygun hem de ekonomik olmamaktadır. Kademe yüksekliği 30 m'yi geçmemelidir.

## 2.2. Atım Kütesinin Boyut Dağılımı

Atım kütesinin parça boyut dağılımı, ortalama parça boyutu ( $K_{50}$ )=0,4 m ile düzgünlük indisi

$n=1,00$ 'den hesaplanmıştır. Bu iki parametre de yığının dijital görüntüsünün, standart dijital fotoğraflarla karşılaştırılması sonucunda belirlenmiştir. Yığının Rosin-Rammler dağılımına göre boyut fraksiyonları Çizelge 1 'de görülmektedir.

Parça boyut dağılımından, yığının %60 mm boyutunun 30 cm'nin üzerinde olduğu ve yaklaşık %20 sinin boyutunun 1 m<sup>3</sup> den büyük olduğu belirlenmiştir. Boyut analizine dahil edilmeyen şevin üst kısımlarından kayarak gelen yaklaşık 5x5x5 m boyutunda, 125 m<sup>3</sup> lük bir kaç iri patarda göz önüne alındığında arzu edilen küçüklükte bir kırılmanın oluşmadığı görülmüştür

Çizelge 1. Yığının Rosin-Rammler Dağılımına Göre Boyut Fraksiyonları

Parça Boyut Aralığı (cm)	Yüzde Miktarlar (n=1 için)
0-5	8,3
5-10	7,6
10-20	13,4
20-30	11,2
30-40	9,5
40-50	8,0
50-70	12,3
70-100	12,1
100-150	10,2
150-200	4,3
+200	3,1

## 3. BASAMAK PATLATMASI

En üst basamak' oluşturulurken delinen delikler Fotoğraf 2' de görülmektedir. Delikler 19 adet tek sıra halinde aynaya paralel delinmiş, hepsi birden gecikmesiz olarak manyeto ile ateşlenmiştir. Deliklerde yaklaşık 105 kg. ANFO yaklaşık bir kg. jelatin dinamit yemleme ile patlatılmıştır.

### 3.1. Delik Makinası Patlatmalarında Özgül Şarjın Hesaplanması

Kireçtaşı için değerler,  $C_p = 2400 \text{ m/s}$ ,  $\gamma = 2600 \text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 0,3$  ile  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  alınarak, dinamik elastisite modülü  $E_d = 11,12 \text{ GPa}$  hesaplanmıştır.

Poisson oranı ile P dalga hızı sahadaki kireçtaşının yapısal durumu ve kaya sınıflamasından tahmin edilmiş değerlerdir. Patlatma mahallindeki kireçtaşının Kaya Kütle Sınıflandırması(RMR) sınıflama indisi 77 olarak tahmin edilmiştir. Fotoğraf 4'de kireçtaşı katmanlarının tabaka düzlemleri görülmektedir.

Basamak patlatması için gerekli özgül şarj miktarı, Eşitlik (1)'den,  $c=0,280$  kg/m olarak hesaplanmıştır; Göltaş kireçtaşından alınan



Fotoğraf 4. Şev aynasında kireçtaşı katmanları

sağlam numuneler üzerinde, laboratuvarında dayanım deneyleri yapılmış, basma dayanımı  $c_p=70$  MPa, çekme dayanımı  $a_c=6$  MPa bulunmuştur. Dolayısıyla Eşitlik 1'de özgül şarj hesaplamasında;  $a_p=70$  MPa,  $n=0,2$ ,  $Q_{er} = 3900$  kJ/kg (ANFO için), değerleri kullanılmıştır.

Yerinde kayacın basma dayanım değeri olarak, sağlam kaya için, laboratuvarında tayin edilen dayanım değeri esas alınmıştır. Patlatma sonucu kayacın sadece tabaka ve süreksizlik düzlemleri boyunca gevşetilmesi değil, süreksizlikler arasındaki sağlam kayacın da kırılması hedeflendiğinden, bunun daha uygun olacağı düşünülmüştür.

### 3.2. Basamak Patlatmasında Alman Sonuç

Basamak patlatmalarında oluşan atım kütlesi

Fotoğraf 5 ve 6 'da görülmektedir.

Atım kütlelerinin parça boyut dağılımı, ortalama parça boyutu ( $K_{50}$ )=0,5 m ile düzgünlük indisi  $n=0,75$ , standart sayısal fotoğraflarla karşılaştırılarak bulunmuştur. Yığının Rosin-Rammler dağılımına göre boyut fraksiyonları Çizelge 2'de görülmektedir.



Fotoğraf 5. Delici makine patlatmasından oluşan atım kütlesi



Fotoğraf 6. Delici makine patlatmasından oluşan atım kütlelerinin üst kısmı

Parça boyut dağılımından, yığının %62.4 ünün boyutunun 30 cm' nin üzerinde olduğu ve yaklaşık %31 inin boyutunun 1 m<sup>3</sup> den büyük olduğu belirlenmiştir.

Galeri patlatmasına göre daha fazla patar oluşmuştur. Bununla nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

Yüzeyde çok kırıklı bir yapı vardır. Bundan dolayı homojen olmayan bir yığın oluşmuştur. Düzgünlük katsayısı düşüktür.

19 m olarak delinen deliklerin 7 m'lik üst kısmı sıkılama ile doldurulmuştur. Çatlaklı yapıda kuru ve gevşek bir sıkılamanın pek faydası olmamıştır.

Dilim kalınlığı olarak seçilen 3,5 m fazla olup daraltılmalıdır. Çünkü Kireçtaşının dayanımı yüksektir (70 MPa). Bu yüksek değerden dolayı daha ince malzeme üretmek için halen 115 mm olan delik çapının küçültülmesiyle dilim kalınlığı da küçültülebilecektir.

Basamak delik boyları şev yüksekliğine göre kısa kalmıştır. Bu da şevin patlama anında yıkılmasına neden olmuştur. Böyle bir yıkımda da kaya kütlesi çatlaklarından ayrılarak devrilmiş büyük patarların oluşmasına neden olmuştur.

Çizelge 2. Yığının Rosin-Rammler Dağılımına Göre Boyut Fraksiyonları

Parça Boyut Aralığı (cm)	Yüzde Miktarlar (n=0.75 için)
0-10	18,7
10-30	18,9
30-50	12,4
50-70	9,0
70-100	9,8
100-150	10,6
150-200	6,5
+200	14,1

#### 4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ SAYISAL FOTOĞRAF YÖNTEMİ

Atım kütlelerinin değerlendirilmesinde daha pratik ve kısa sürede sonuç veren standart fotoğrafların çekimi için laboratuvarında her biri 50 kg olan ve elek analizi (boyut dağılımı) bilinen yedi adet yapma yığın oluşturulmuştur. Sonra bu yığınların bir sayısal fotoğraf makinası kullanılarak görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler bilgisayara aktarılmış ve fotoğraf kağıdına basılmıştır. Böylece her bir düzgünlük (n) değeri için farklı ölçekte 3 adet olmak üzere toplam 21 adet standart fotoğraf elde edilmiştir. Bu fotoğraflar Göltaş kireçtaşı ocağındaki atım

kütellerinin boyut dağılımının belirlenmesinde kullanılmıştır.

#### 5. SONUÇ

Yazıda bilgisayar destekli fotoğraflama ile parçalanma boyut dağılımının belirlenmesi yönteminin madencilik sektörüne tanıtılması amaçlanmıştır. Bu arada artık dünyada terk edilmekte olan ancak Göltaş taş ocaklarında 30 senedir uygulanmakta olan galeri usulü (coyote hole blasting) anlatılmış, bu yöntemin uygulama hataları ve sakıncaları da vurgulanmıştır.

Galeri patlatma yöntemi ülkemizde özellikle karayollarına mıcır hazırlayan taş ocaklarında, ekonomisi açısından uygulanmaktadır. Ancak bu yöntem usulüne uygun bir şekilde uygulanmamakta olup, yapılan başlıca yanlışlar şunlardır;

Kademe yükseklikleri 30 m'yi geçmekte, şev eğimleri de 70° den daha az olmaktadır. Oda boyutları küçük olmakta, odalar arasında yeterli mesafe bırakılmamaktadır. Galeri boyları da kısa tutulmaktadır. Şekil 1'de görülen ideal ölçülere uyulmamaktadır.

Galeri patlatması sonucunda oluşan ortalama parça boyutu ( $K_{50}$ )=0,4 m' dir. Galeri patlatmalarında homojen, verimli bir kırmanın gerçekleşmemesi, patlayıcı maddenin yalnız ceplere teksif edilmesi, delik düzeninde olduğu gibi kaya kütlesi içine daha homojen dağıtılmaması ile açıklanabilir. Galeri patlatmasında, 0,440 kg/m<sup>3</sup> patlayıcı kullanılmasına rağmen, patlatma enerjisinden tam olarak istifade edilmemiştir. Bu yöntemin diğer bir sakıncası da şiddetli yer sarsıntılarının neden olmasıdır.

Şev yüksekliğinin, 15 m' den az ve 30 m'den de büyük olmaması ekonomik açıdan daha verimli bir atım kütlesi sağlayacaktır. Şekil 4a'da ideal bir giriş galerisinin boyutları ve delik düzeni gösterilmiştir. Delik düzeni deneyimlerin ışığında, kayanın yerindeki mekanik özellikleri ile tabakalı yapısı göz önüne alınarak

ayarlanmalıdır. Şekil 4b'de şev açısının önemi gösterilmiştir. Şev açısı 75° olduğunda doğru, 65° olduğunda ise yanlış uygulamayı göstermektedir.

Basamak patlatması için özgül şarj miktarı  $c = 0,280 \text{ kg/m}^3$  olarak hesaplanmasına rağmen gerçekte  $3,5\text{m} \times 3,5\text{m}$  delik düzeni kullanıldığında  $0,481 \text{ kg/m}^3$  hesaplanmış ve uygulanmıştır. 19 m uzunluğundaki deliklerde 106 kg patlayıcı kullanılmıştır. Bir deliğin kırdığı atım kütlelerini ( $3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 220,5 \text{ m}^3$ ) olarak alırsak özgül şarj  $= 0,481 \text{ kg/m}^3$  bulunur. Dolayısıyla patlayıcı miktarı teorik olarak hesaplanan değerden 1,7 misli fazla kullanılmıştır.

Basamak patlatmasında ortalama parçalanma boyutu 0,5 m. ölçülmüş ve homojen bir kırılma olmamıştır. Daha homojen ve ince malzeme üretmek için aşağıdaki önlemler alınabilir.

Delik düzeninde  $3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$  kare düzeni yerine  $3,5 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}$  veya  $3,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$  düzeni uygulanabilir.

- Dilim kalınlığı 3,5 m olan deliklerde 7 m sıkılama uzunluğu çok fazladır. Sıkılama uzunluğu 3,5 m alınırsa basamak üst kesiminde iri blokların (patarların) oluşumu önlenir.

19 m derinlikteki delikler için 25 m kademe yüksekliği fazladır. Kademe yüksekliği yaklaşık 18 m olacak şekilde azaltılmalıdır. Bu durum patlama anında şevin yıkılmasına (çatlaklarından ayrılarak devrilmesine) ve dolayısıyla iri blok oluşmasına neden olacaktır.

## KAYNAKLAR

Ambraseys, N.N., Hendron, A.J., 1968; "Dynamic Behaviour of Rock Masses", Chapter 7, in Rock Mechanics in Engineering Practice, (ed. K.G. Stagg and O.C. Zienkiewicz, John Wiley and Sons Ltd., Londra.

Berkman, A.F., 1970; "Şantiye Tekniği.", Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsüyü, İstanbul.

Erdil, M. ve Erkoç, Ö. Y., 1995; " Patlatma Sonrası Parçalanmış Malzemenin Tane Dağılımını

Belirlemeye Yönelik Modelleme Çalışmalarına Bir Yaklaşım", Türkiye 14. Madencilik Kongresi, s. 89-95, Ankara.

Konig, R.,1960; "Blasting Operation in Quarries and Open Pits. Dinamit Nobel", Aktien Gesellschaft 521 Troisdorf, Almanya.

Ozkahraman, H.T., 1994; "Critical Evaluation of Blast Design Parameters for Discontinuous Rocks by Slab Blasting", Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doktora tezi, Ankara.

Ozkahraman, H.T. ve Şirin M., 1996; "Kireçtaşı Ocağında Yapılan Galeri Patlatma Tekniğinin Etüdü", IX Mühendislik Sempozyumu, S.D.Ü Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Seksiyonu, s. 11-18, İsparta.

Rustan, A. ve NIE, S.L. 1987; "New Method To Test the Rock Breaking Properties of Explosives in Full Scale", 2<sup>nd</sup> Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting, s. 36-47, Keystone, Colorado, ABD.

Van Aswegen, H. ve Cunningham, C.V.B., 1986; "The Estimation of Fragmentation in Blast Muckpiles by Means of Standard Photographs", J.S.A.F.IMM, Cilt.86, Sayı 12. Güney Afrika Cumhuriyeti, s. 469-474.