

BASAMAK PATLAMASINDA ÖZGÜL ŞARJIN KAYA ÖZELLİKLERİ VE UFALAMA TEORİSİNDEN HAREKETLE TAHMİN EDİLEBİLİRLİĞİ

PREDICTABILITY OF SPECIFIC CHARGE FROM ROCK PROPERTIES AND COMMUNITION THEORY FUNDAMENTALS IN BENCH BLASTING

Ali KAHRİMAN

İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar/İstanbul

ÖZ: Bu çalışmada, basamak patlatmasında kaya ve patlayıcı madde özelliklerini esas alan yaklaşımları desteklemek amacıyla özgül şarjın, boyut küçültme teorisinden yararlanılarak tahmin edilebilirliği konusu incelenmiş ve iş indeksinin özgül şarjın tahmininde kullanılabilecek bir parametre olduğu yargısına varılmıştır. Bu amaçla yedi farklı kaya birimi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu konuyla ilgili bazı bağıntılar önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Patlatma, Özgül Şarj, Kaya Özellikleri, Ufalama, İş İndeksi.

ABSTRACT: Within the scope of this study, predictability of specific charge from comminution concept has been investigated in order to support previous investigations carried out on the basis of rock and explosive properties and it has been determined that it will be possible to use work index as a parameter to estimate powder factor. To elaborate on this problem, seven various rock units have been prepared for blasting considerations and the related bench blasting applications have been performed in the field. At the end of evaluations some relationships were developed and suggested for further use in the mining industry.

Keywords: Blasting, Specific Charge, Rock Properties, Comminution, Work Index.

GİRİŞ

Delme ve patlatma; madencilik en önemli işlemlerinden biridir. Açık ocak işletmeciliğinde çoğu zaman ilk işlemi oluşturan delme-patlatma faaliyetlerinin toplam üretim maliyeti içindeki payı (uygun patlatma koşullarının sağlanıp sağlanmadığına bağlı olarak) %10 ile %35 arasında değişmektedir. Açık işletmelerin kapasiteleri gün geçtikçe artmakta olduğundan bu maliyet değerinin aralığı belirgin bir önem taşımaktadır. Uygun patlayıcı madde ve patlatma geometrisinin seçilmesi durumunda, toplam üretim maliyetinde belirgin düşüşler sağlanabilmektedir. Teknik, ekonomik ve emniyetli bir patlatma tasarımı; kaya özellikleri (malzeme ve kütle), kullanılan patlayıcı maddenin tipi ile birlikte patlatma geometrisi ve şarj dağılımı gibi başlıca üç grupta parametre etkilidir. Bu temel parametre gruplarından kaya madde ve kütle özellikleri doğal olarak verilmiş olup değiştirilemezken (türetilmiş özellikler hariç) diğer parametre grupları şartlara ve amaçlara bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Bununla birlikte herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatmasında yanıt aranacak iki temel parametre; özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Özgül şarj ve dilim kalınlığının belirlenmesi durumunda öteki parametreler, bu ikisine bağlı olarak hesaplanmakta ve tasarımı tamamlanabilmektedir. Özgül şarjın sağlıklı yöntemlerle tahmin edilmesi, makina ekipman seçimi

ni başta olmak üzere, patlatma verimliliğini yakından ilgilendirmektedir. Deneme yanılma atımlarını en aza indirerek başlangıçtaki maliyeti azaltacağından, araştırmacıların önemli hedeflerinden biri, herhangi bir kaya birimi için özgül şarjı önceden belirlemek olmuştur. Bu kapsamda, kaya birimlerinin bazı malzeme ve kütle özellikleri ile özgül şarj arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu yönde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen ampirik ilişkiler kullanılmaya başlanmış ise de işin doğası gereği, nihai bir çözüme kavuşturulamamıştır. Konunun karmaşıklığı ve zorluğu daha başka unsurlarla takviyeyi gerektirmektedir. Öte yandan kırma öğütme yoluyla boyut küçültme olayının mekanizması ile patlatma yolu ile kaya kazısı arasında bir benzerlik olduğu düşünüldüğünde, boyut küçültme teorisinden yararlanarak özgül şarj tahminine gidilebileceği düşüncesi, özgül enerji ve tane boyutu arasındaki ilişkilere dayandırılabilir. Patlatma işleminin de son tahlilde, bir boyut küçültme olduğu varsayıldığında; kırma-öğütme yoluyla boyut küçültme için geçerli olan kural ve yaklaşımların patlatma işlemi için de geçerli olması olasılığını artırmaktadır. Bu düşünceden hareketle özgül şarjın; sadece kaya malzeme ve kütle özelliklerinden elde edilecek yaklaşımlarla belirlenmesinin yeterli olamayacağı, bu nedenle bu yaklaşımlara ek olarak boyut küçültme teorisinden (özellikle Bond teorisini ve iş indeksi kavramı) yararlanılması gündeme getirilmiştir.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Katı bir malzemenin iç bağlantı kuvvetlerini yenecek bir dış kuvvetin uygulanması sonucu cisim daha küçük parçalara bölünmekte ve böylece parçalanma, kırma ve öğütme olayları gerçekleşmektedir. Hukki (1961), boyut küçültmeyi; kayaların patlatmayla parçalanması, kırma ve öğütme olarak üç aşamalı bir işlem olarak tariflemiş ise de; genel olarak kırma ve öğütme esasına dayalı bir işlem olarak algılanmıştır. Bu nedenle araştırmacılar konuyu bu kapsamda ele almış, incelemiş ve bazı ampirik ilişkiler elde etmişlerdir. Ufalama olarak da ifade edilen boyut küçültme olayını açıklamak üzere 19. yüzyılın sonundan beri geliştirilen tüm bu yaklaşım ve eşitlikler; tane boyut dağılımı ve enerji girişi esasına dayandırılmıştır. Bu sürecin başlangıcında, Rittinger (1867) ve Kick (1885) soruna çözüm üretmek amacıyla yoğun çaba gösteren ve yaklaşımları günümüzde de kabul gören en önemli araştırmacılar olmuşlardır. Rittinger, katı bir malzemeyi parçalamak için harcanacak enerjinin; boyut küçültme sonucu ortaya çıkan yeni yüzeylerin alanıyla orantılı olduğunu öne sürmüştür. Kick ise, olayı, kırılmış tane hacminin küçülmesi yönünden ele almış ve hacim küçülmesi ile orantılı bir enerji harcaması gerektiğine dayalı teorisini ortaya atmıştır. Bond (1952), bu yaklaşımları dikkate alarak; değirmen tasarımı için üçüncü ufalama teorisini geliştirmiştir. Kendi adıyla da anılan bu teoride Bond; boyut küçültme için gerekli enerji ihtiyacını, iş indeksi ile beslenen ve çıkan ürünün boyut dağılımının fonksiyonu olarak aşağıdaki formülle ifade etmiştir:

$$W = 10 * W_i * [(1 / P^{1/2}) - (1 / F^{1/2})]$$

Burada: W birim ağırlığı kırmak için gerekli enerjiyi (Kwh/ton), W_i iş indeksini (Kwh/ton), F ve P sırasıyla kırılacak (beslenen) ve kırılmış malzemenin (ürün) %80'nin geçtiği elek açıklıklarının(mikron) ifade etmektedir. Hukki (1961), Bond'a benzer şekilde ufalamanın belli bir aşamasında gerekli enerji ihtiyacını, nihai ince ürün boyutunun fonksiyonu olarak aşağıda verilen diferansiyel denklemle açıklamıştır:

$$dE = - C * dx / (x^n)$$

Burada: E birim ağırlık için gerekli enerji ihtiyacı, x ince ürün boyutu, n ufalama işlem aşamasını belirten bir sayı ve C de kaya yada cevher tipine bağlı bir sabittir. Yukarıda açıklanan önemli yaklaşımların analizinden de anlaşılacağı gibi, boyut küçültme teorisi daha çok kırma ve öğütme kapsamında ele alındığından geliştirilen eşitlikler hep bu çerçevede kalmıştır. Bununla birlikte patlatma ile parçalamada gerekli enerji ihtiyacının, benzer yaklaşımlarla tahmini konusunda önemli araştırmalardan biri de yine Bond (1959) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çok az sayıdaki atım sonucuna dayanmasına rağmen bu araştırmada; Bond, patlatmayla parçalama için gerekli enerji ile parça boyutu arasında bir korelasyonun varlığına işaret etmiş ve iş indeksi kavramının kırma ve öğütmede olduğu gibi, bir kaya özelliği olarak, patlat-

mada da kullanılabilmesine değinmiştir. Benzer şekilde boyut küçültme işlemleri, çeşitli araştırmacılar tarafından (Hukki, 1961) tariflenirken, patlatmanın da esas olarak ufalama işleminin başlangıç aşaması olduğu kabul edilmekte ve bu işlemdeki besleme ve ürün boyutları; sırasıyla sonsuz ve 1 m olarak dikkate alınmaktadır. Bu yönüyle de patlatma olayını bir kırıcı gibi mütala etmek mümkün olabilmektedir. Bu değerlendirmeler ışığı altında, eğer belli bir kaya yada cevher birimi için, iş indeksi, blok ve parça boyutları sağlıklı yöntemlerle belirlenebilirse; Bond formülünün özgül şarjın tahmininde kullanılabilirliği, mantuksal açıdan doğru bir yaklaşım olacaktır. Sağlam, homojen ve izotrop özellikler gösteren bir kaya ortamında yapılacak patlatma çalışmasında; blok boyutu sonsuz kabul edilebilir. Bu durumda; Bond eşitliği, özgül şarjın tahmininde kullanılacak basit bir formül olarak aşağıdaki gibi olacaktır:

$$W = 10 * W_i * (1/P^{1/2})$$

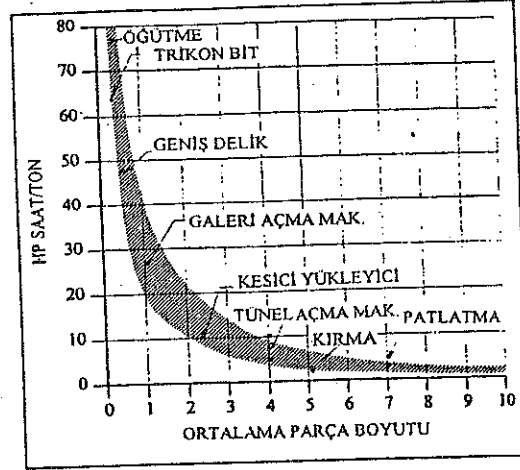
Görüldüğü gibi, formülün başarısı için belli bir kaya birimine ait iş indeksinin laboratuvar testleriyle sağlıklı bir şekilde saptanması ve arzu edilen yığın parça boyutunun çok iyi belirlenmesi gerekecektir. Öte yandan, blok boyutunun ayrıntılı jecoteknik etüdlerle, parça boyutunun da geçerli yöntemlerden biriyle ölçülmesi her zaman mümkün olduğuna göre; Bond yaklaşımının patlatma tasarımlarında kullanılabilirliği anlam taşımaktadır. Bu nedenle Kahrıman (1995) ve Sül (1996) tarafından Barit Maden Türk A.Ş' ne ait Sivas Ulaş Sölestit açık ocağındaki 7 farklı kaya birimi için gerçekleştirilen patlatma optimizasyon çalışmalarının sonuçları kullanılarak Bond eşitliğinin özgül şarj tahmininde kullanılabilirliği irdelenmeye çalışılmıştır. Söz konusu araştırma sonuçlarının başka bir yazıda detaylı olarak verilmesi planlanmıştır. Bu araştırma kapsamında ise bazı kaya özellikleri ile birlikte iş indeksinin özgül şarjın tahmininde bir değişken olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

BOYUT KÜÇÜLTME KAPSAMINDA PATLATMANIN YERİ

Ufalama teorisi ilkeleri kapsamında kırma ve öğütme işlemi için gerekli olan ufalama enerjisi ile tane boyu arasında hiperbolik bir ilişki sözkonusudur. Genel bir yaklaşımla, hedeflenen tane boyutu büyüdükçe özgül enerji gereksinimi azalmaktadır. Şekil 1' de grafiksel olarak verilmiş olan enerji ve tane boyutu ilişkisi Bond formülü ile de ifade edilmektedir. Konuya daha genel bir bazda yaklaşıldığında, bu formülün çok genel bir ifadesi, kendisini tüm kazı-kırma-öğütme faaliyetlerinde yansıtmaktadır. Bu ifade şeklini $W = A / (fx)$ gibi bir modelle tanımlamak mümkün gözükmemektedir. Burada: W özgül enerji, A katsayı ve f tane boyu dağılımını kontrol eden değerdir. Nitekim konuyla ilgili olarak Rostami vd.(1994) tarafından geliştirilen Şekil 1' deki grafiğe patlatmalı kazı değerleri de yerleştirildiğinde; yukarıda bahis konusu olan genel yaklaşım daha da belirgin olarak desteklenmektedir. Bu grafikte de kazı faa-

yetini yürüten araç cinsi ile parçayı belirli bir büyüklükten istenen tane boyutuna indirmek için gerekli enerji arasındaki ilişki global bir yaklaşım olarak algılanabilmektedir.

mıştır. En iyi delme-patlatma şartlarının ortaya konulmasında, yükleyici ve/veya kırıcının verimliliği, birim maliyet, yığınla ilgili gözlem ve ölçümler gözönünde tutulmuştur. İş indeksini belirlemek amacıyla araziden nu-



Şekil 1. Ortalama parça boyutu ve özgül kesme enerjisi ilişkisi.

Figure 1. Relationship between average fragment size and specific energy.

Yukarıda sözkonusu olan genellemeler ışığında, boyut küçültmenin temelini oluşturan hiperbolik ilişki ve parçalanmaya etki eden diğer faktörler (çatlak sayısı, tabakalaşma, vs.) nazarı dikkate alındığında; öğütme için esas alınan Bond iş indeksinden hareketle, diğer boyut küçültme işlemleri için gerekli enerjiyi tesbit etmek mümkün gözükmemektedir. Bu yaklaşım, kaya özelliklerinin yanında iş indeksinden faydalanarak özgül patlayıcı madde gereksiniminin belirlenip belirlenemeyeceğini ortaya koymaktadır. Bu tür bir araştırma sonucu özgül şarjı belirleme mümkün olduğu ve sonuçlar kullanılabilir bir özellik arzettiği taktirde, en azından deneme-yapılma yoluyla özgül şarj ve dilim kalınlığı optimizasyonunda belirgin bir maliyet azalması söz konusu olacaktır. Bu vesile ile sözkonusu araştırmanın yapılmasında fayda mülhaza edilmiştir.

UYGULANAN YÖNTEM VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu araştırma kapsamında, Sölesti Ocağı'ndaki yedi kaya birimi için en iyi delme-patlatma koşullarının belirlenmesi amacı ile, işletmenin önceki yıllardaki uygulamaları da gözönünde tutulmak suretiyle değişik sayıda atımlar gerçekleştirilmiştir. Delme ve patlatma tasarımlarında Langefors metodu kullanılmıştır. Atımlarda dilim kalınlığı, delik düzeni, delik eğimi, sıkılama boyu, delik taban payı, yemleme miktarı ve konumu, ateşleme düzeni ile basamak aynalarının yüksekliği dikkate alın-

muneleri alınan kaya birimlerinde gerçekleştirilen atımlarda; en uygun patlatma koşullarının sağlanmasına özen gösterilmiştir. Kaya birimlerinin iş indeksleri; laboratuvarında yeterli sayıda örnekler üzerinde standart Bond testi yapılarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışılan kaya birimlerine ait temsili numuneler üzerinde arazide ve kaya mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilen bir dizi deney sonucunda kaya birimlerinin bazı malzeme ve kütle özellikleri de belirlenmiştir. Yukarıda özetlenen yöntem çerçevesinde gerçekleştirilen çalışma sonuçları toplu halde Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1'de verilen arazi ve laboratuvar çalışma sonuçlarından yararlanılarak çalışılan kaya birimlerinin uygulamadaki özgül şarj değerleri ile iş indeksi arasındaki ilişki araştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla regresyon analizine gidilmiştir. Excel ve Statgraph paket programları kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, özgül şarjın, Bond yaklaşımından hareketle tahminine yönelik, aşağıda verilen polinom şeklindeki ilişki elde edilmiştir.

$$q = 0.0011 W_1^2 - 0.0837 W_1 + 1.9703, (r = 0.81)$$

Korelasyon katsayısı makul değerde olan bu eşitlik, iş indeksinin, bir kaya özelliği olarak (malzeme ve kütle özelliğine benzer şekilde) alınabileceğini ve özgül şarjın tahmininde belirli ölçülerde kullanılabileceğini ifade etmektedir. Öte yandan, sadece iş indeksinden hareketle yapılacak özgül şarj tahmininin yanıltıcı sonuçlar verebileceği düşüncesi ile, kaya malzeme ve kütle özelliklerle-

riyle birlikte ele alınarak iş indeksi ile desteklenmiş bir eşitliğin elde edilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen çoklu regresyon analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çoklu regresyon analizi sonucu elde edilmiş bulunan Çizelge 2'deki 1 ve 2 nolu eşitliklerden anlaşılacağı üzere; yoğunluk, iş indeksi ve darbe dayanımındaki artışa paralel olarak beklentiye uygun biçimde özgül şarjın artışı da sözkonusudur. Ancak çekme ve basma dayanımındaki artışa karşın bilinenin aksine (eşitlikteki etkisi çok az olmakla birlikte) bir ilişki görülmektedir. Bu durum, jipsin laminalı yapısı ile sölestit cevherinin eklemli ve klivajlı yapısı dolayısıyla ikincil parçalanma meka-

nizmalarının (gaz basıncı ile püskürme) etkisiz kalmasıyla açıklanabilmektedir. Bunun sonucunda kayanın çekme ve basma dayanımı düşük olduğu halde daha fazla patlayıcı madde kullanımı sözkonusu olabilmektedir. Benzer durum söz konusu kaya birimleri üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışma kapsamında, sismik hız için de görülmüştür. Anhidrit daha sağlam ve homojen bir yapı arzettiğinden sismik hız, çekme ve basma dayanımı diğer kaya birimlerine göre oldukça yüksek olmasına karşın, özgül şarjı jips düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu nedenle basma ve çekme dayanımının dikkate alınmadığı 3. eşitlik daha genel bir yaklaşımı ifade eder niteliktedir.

Çizelge 1. Arazi ve Laboratuvar Sonuçları (Kahrıman ve Ceylanoğlu 1996; Sül, 1996).

Table 1. The Results of the Field and Laboratory Studies.

Kaya Tipi	Yoğunluk d (t/m ³)	Dolaylı Çekme Dayanımı σ_c , (MPa)	Tek eksenli Basma Dayanımı δ_b , (MPa)	Darbe Dayanımı DD (kg- cm/cm ³)	İş İndeksi (kwh/m ³)	Özgül Şarj q (kg/m ³)
Jips II	2.31	2.56±0.36	19.97	7.62	40.38	0.292
Jips III	2.31	2.42±0.45	15.61	11.23	34.00	0.335
Anhidrit	2.79	8.68±0.82	64.55	3.92	42.00	0.313
Sölestit IV	3.61	1.54±0.42	18.84	5.71	37.43	0.372
Sölestit V1	3.24	0.87±0.20	4.23	-	38.91	0.388
Sölestit V2	2.42	1.74±0.76	15.02	9.34	48.25	0.418
Sölestit V3	3.21	1.40±0.62	13.93	4.59	49.97	0.469

Çizelge 2. Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları.

Table 2. Multiple Regression Analysis Results.

Değişkenler	Katsayılar (a_i)
İş indeksi, W _i , (kwh / m ³)	a ₁ = 0.0094
Darbe dayanımı, DD, (kg-cm/cm ³)	a ₂ = 0.0165
Yoğunluk, d, (kg / m ³)	a ₃ = 0.1062
Basma dayanımı, σ_b , (MPa)	a ₄ = 0.0003
Sabit	c = 0.4311
Eşitlik 1: $q = a_1 W_i + a_2 DD + a_3 d - a_4 \delta_b - c$; (r = 0.91)	
Değişkenler	Katsayılar (a_i)
İş indeksi, W _i , (kwh / m ³)	a ₁ = 0.0097
Darbe dayanımı, DD, (kg-cm/cm ³)	a ₂ = 0.0188
Yoğunluk, d, (kg / m ³)	a ₃ = 0.1153
Çekme dayanımı, σ_c , (MPa)	a ₄ = 0.0002
Sabit	c = 0.4311
Eşitlik 2: $q = a_1 W_i + a_2 DD + a_3 d - a_4 (\delta_c - c)$; (r = 0.95)	
Değişkenler	Katsayılar (a_i)
İş indeksi, W _i , (kwh / m ³)	a ₁ = 0.0098
Darbe dayanımı, DD, (kg-cm/cm ³)	a ₂ = 0.0190
Yoğunluk, d, (kg / m ³)	a ₃ = 0.1162
Sabit	c = 0.4975
Eşitlik 3: $q = a_1 W_i + a_2 DD + a_3 d - c$; (r = 0.94)	

SONUÇ

Özgül şarjın, kaya (malzeme ve kütle olarak) ve patlayıcı madde özellikleri ile patlatma geometrisinden hareketle tahminini esas alan önceki araştırma ve yakla-

şımları desteklemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, patlatma işleminin esas itibarıyla bir boyut küçültme işlemi olduğu varsayımından hareketle, ufalama için geçerli olan iş indeksi kavramının patlatma işleminde de

bir parametre olarak geçerli olabileceği düşüncesinin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu çerçevede, özgül şarjın; kaya birimine ait iş indeksi (W_i) ve diğer kaya malzeme ve kütle özelliklerini esas alan bir ilişki ile tahmin edilebileceği anlaşılmaktadır. Ancak bu yaklaşımdan hareketle özgül şarjın, sağlıklı bir şekilde tahmini için, yedi farklı kaya birimi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen bu eşitliklerin; daha fazla kaya birimlerini içerecek şekilde yapılacak çalışmalarla desteklenmesi yararlı olacaktır.

SUMMARY

Since direct digging and/or ripping are restricted by material and mass properties of rock units, drilling and blasting generally are the first and most important step for many open pit mines. In mine where blasting is unavoidable the efficiency of subsequent operations such as loading, hauling and primary crushing is of great importance. Therefore total production cost varies depending on the success of blasting. In order to increase the efficiency of blasting, a reliable design should be made considering rock mass and material properties together with the other parameters such as explosives type and blast layout. On the other hand, burden and other blast layout parameters can be determined as a function of specific charge. Prediction of the specific charge by reliable approaches for a given rock type, will decrease the cost of trial and error method of the blasting application. Because of the specific charge importance, many authors concentrated on developing some relationships between specific charge and rock properties in the past. However, both difficulty and nature of the blasting has not allowed to be found yet for any final formula. So additional studies must be realized considering different concept.

Size reduction has been known as comminution that based on crushing and grinding in general. So in the past mineral engineers (especially Rittinger, Kick and Bond) investigated and analyzed this problem naturally. They established some theoretical and empirical equations based on energy input and size distribution. On the other hand Hukki (1961) classified the successive major steps of size reduction on the basis of the feed and product sizes. He concluded that blasting and/or ripping, crushing and grinding are the main sequential operations of the size reduction. He also established a differential equation of the basic laws for comminution similar to Bond's formula.

Within the scope of this study, predictability of specific charge from comminution concept has been investigated in order to support previous investigations carried out on the basis of rock and explosive properties and it has been determined that it will be possible to use work index as a parameter to estimate powder factor. To elaborate on this problem, seven various rock units have been prepared for blasting considerations and the related

bench blasting applications have been performed in the field. At the end of evaluations some relationships were developed and suggested for further use in the mining industry. The applied procedure of this study has been summarized below:

— Determination of some rock material and mass properties concluding geotechnical description at the end of the field and rock mechanic laboratory tests

— Evaluation of the current blast models in the light of literature design models considering determined rock properties

— Preliminary blast design and applications considering current models and rock properties

— Analysing the efficiency of each shot on the basis of performance measurements of subsequent operations (cycle and hourly capacity of loaders, hourly crushing capacity, unit costs etc.) concluding fragment size measurements based on the line intercept method.

— Iterations based on geometrical parameters of blasting such as burden, spacing, drilling pattern, hole inclination, subdrilling, stemming, priming and firing

— Final blast design and determination of the powder factor for each rock type

— Determination of the work index of each rock unit on the basis of the standard Bond test method at the mineral processing laboratory

— Investigations of the relationships between powder factor and work index considering rock properties.

The results of the field studies and laboratory tests were used for searching and establishing reliable formula between specific charge (q) and work index (W_i). At the end of regression analysis a polynomial equation has been obtained with good correlation coefficient as follows:

$$q = 0.0011 W_i^2 - 0.0837 W_i + 1.9703, (r = 0.81)$$

This formula shows that work index should be used as a rock property in order to estimate powder factor. Additionally, interaction between powder factor and work index has been searched considering some rock material properties. Multiple regression analysis has been realized for this purpose. The results of this analysis and establishing equations have been presented in Table 2.

DEĞİNİLEN BELGELER

Bond, F.C., 1959, The Work Index in Blasting, Quarterly of the Colorado School of Mines, Vol.54, No 3, pp 77-82

Hukki, R.T., 1961, Proposal for a Solomonic Settlement Between the Theories of Von Rittinger, Kick, and Bond Trans. AIME/SME, 220: 403-408

Kahriman, A., 1995, Sivas Ulaş Yöresi Sölestit cevheri ve Yan Kayaçları için Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi, Ph.D., C.Ü., SİVAS

Kahriman, A., Ceylanoglu, A., 1996, Design and Optimisation Studies for a Celestite Open Pit Mine in Turkey, Mineral Resources Engineering, v. 5, n. 2, UK

Rostami, J., Özdemir, L., Neil, David, M., 1994, Performance Prediction; A Key Issue In Mechanical Hard Rock Mining. Mining Engineering, November

Sül, Ö.L., 1996, Patlatma Çalışmalarında Özgül Şarj ile Bond İş İndeksi Arasındaki İlişkilerin Araştırılması, Ph.D C.Ü., SİVAS

Makalenin geliş tarihi : 25.4.1997

Makalenin yayına kabul edildiği tarih : 16.6.1997

Received April 25, 1997

Accepted June 16, 1997