

## AAÇIK İŞLETMELERDE DELME VE PATLATMA İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

### A COMPUTER PROGRAM DEVELOPED FOR DRILLING AND BLASTING IN OPEN PITS

S. KAHRAMAN

Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliđi Bölümü, Niğde

**ÖZET:** Excel ortamında Visual Basic dilinde geliştirilen bilgisayar programı başlıca üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm delme olup burada sırayla yükleyici seçimi, basamak yüksekliği seçimi, delik çapı seçimi, delik düzeni seçimi, delici makine ve matkap seçimi ve delici sayısı hesabı yapılır. Patlatmadan oluşan ikinci bölümde patlayıcı seçimi yapılır, yıllık patlayıcı madde miktarı hesaplanır ve ateşleme sistemi seçilir. Üçüncü bölümde ise delme ve patlatma maliyetleri hesaplanır

**ABSTRACT:** The computer program developed by using Visual Basic programming language in Excel mainly consists of three parts. The first part is about drilling. In this part, the selection of loading equipment, bench height, hole diameter, drilling pattern, type and the number of drill rig and rock bit is done. In part two, type of explosive is selected and explosive quantity per annual calculated. Then, firing system is determined. In the last part, drilling and blasting costs are calculated.

#### 1. GİRİŐ

Zamanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Büyük yatırımlar isteyen madencilikte ise zaman çok daha fazla öneme sahiptir. Yüz milyonlarca liralık iş makinelerinin çeşitli kararları verme sürecinde beklentilmesi büyük mali kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca, madencilik dinamik bir meslek olduğundan her gün değişik bir problemle karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu problemlerin çok hızlı bir şekilde çözülerek kararların çabucak verilmesi büyük maddi kayıpları önlemektedir. İşte burada problemlerin hızlı bir şekilde çözülmesinde bilgisayar gündeme gelmektedir.

#### 2. MODELİN TANITIMI

Model delme, patlatma ve maliyet analizi olmak üzere başlıca üç bölümden meydana gelmektedir. Her bölüm aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Modelin akım şeması Şekil 1 ' de görülmektedir.

##### 2.1. Delme

Delme bölümünde yapılan işlemler aşağıda anlatılmıştır. Burada patlatma tasarımı ile ilgili çeşitli parametrelerin (delik çapı, dilim kalınlığı vs.) hesaplanmasında literatürdeki (Gustafsson, 1973; Anon, 1987; Naapuri, 1990; Arıoğlu, 1990; Kennedy, 1990; Konya ve Walter, 1990; Rustan,

1992; Eskikaya vd., 1994) basit bağıntılardan yararlanılmıştır.

##### 2.1. Yükleyici ve Basamak Yüksekliği Seçimi

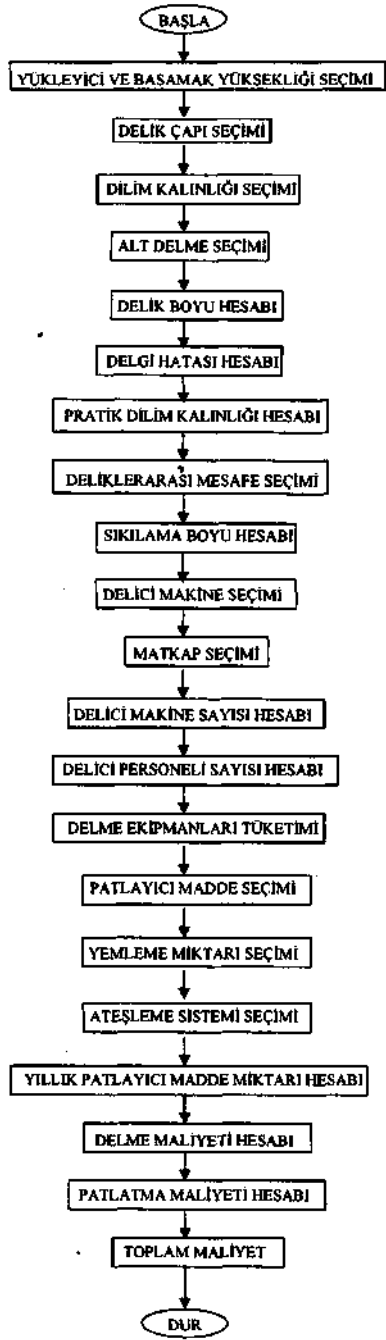
Yükleyici ve basamak yüksekliği birbiriyle sıkı ilişkilidir. Basamak yüksekliği yükleyicinin keçe erişebilme yüksekliğini geçmemelidir. Ayrıca, keçe boyutu ile basamak yüksekliği arasında Tablo 1 ' de verilen ilişki mevcuttur (Bilgin vd., 1988). Eğer basamak yüksekliği veya keçe boyutundan biri belli ise diğeri bu ilişki yardımıyla kolayca bulunabilir. Her iki parametre de belli değilse basamak yüksekliği belirlenmeli ve girilmelidir

Tablo 1. Keçe Boyutu ile Basamak Yüksekliği ilişkisi (Bilgin vd., 1988).

Keçe Boyutu (m <sup>3</sup> )	Basamak Yüksekliği (m)
<5.0	9
5.1-8.0	12
8.1-20.0	14
20.1-30.0	16
>30.0	18

##### 2.2. Delik Çapı Seçimi

Delik çapı seçimini formasyonun mekanik ve yapısal özellikleri, istenilen parça boyutu, çevre emniyeti ve basamak yüksekliği etkiler. Kayaç sert



Şekil 1. Modelin Akım Şeması.

ve homojense, iri parça isteniyorsa ve yerleşim yerlerinden uzakta çalışılıyorsa büyük çaplı delik seçilir. Program literatürdeki ifadelerin her biri için delik çapı veya delik çapı aralığını hesaplar ve kullanıcıya yardımcı bilgiler vererek delik çapı seçmesini ister.

### 2.3. Dilim Kalınlığı Seçimi

Dilim kalınlığı formasyonun mekanik ve yapısal özellikleri, istenilen parça boyutu, delik çapı ve basamak yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Formasyon sert ve homojen ise ve iri parça isteniliyor ise dilim kalınlığı büyük seçilir. Program literatürdeki basit bağıntılara göre ortalama dilim kalınlığı veya dilim kalınlığı aralığını hesaplar ve kullanıcıya yardımcı bilgiler vererek dilim kalınlığını seçmesini ister.

### 2.4. Alt Delme Seçimi

Alt delme boyu literatürde dilim kalınlığına bağlı olarak verilmiştir. Program bu bağıntılara göre alt delme ve alt delme aralıklarını hesaplayarak kullanıcıdan alt delme boyu seçmesini ister.

### 2.5. Delik Boyu Hesabı

Delğin eğim faktörü de gözönünde bulundurularak basamak yüksekliği ve alt delmenin toplanmasıyla delik boyu bulunur.

### 2.6. Delgi Hatası Hesabı

Literatürdeki çeşitli bağıntılara göre delgi hataları hesaplanır ve kullanıcı seçim yapar.

### 2.7. Pratik Dilim Kalınlığı Hesabı

Daha önce seçilen dilim kalınlığından delgi hatasının çıkarılmasıyla pratik dilim kalınlığı hesaplanır.

### 2.8. Deliklerarası Mesafe Seçimi

Program literatürdeki çeşitli bağıntılara göre delikler arası mesafeyi hesaplar ve kullanıcıdan seçim yapmasını ister.

### 2.9. Sıkılama Boyu Hesabı

Program çeşitli bağıntılara göre sıkılama boyunu hesaplar ve kullanıcıdan seçim yapmasını ister.

## 2.10. Delici Seçimi

Önce paletli ve lastik tekerlekli delici arasında seçim yapılır. Zemin düzgün ve delici uzak mesafelere gitmek zorunda ise lastik tekerlekli, aksi durumda paletli delici seçilir.

Döner delicilerin çapları 76-559 mm arasında değişmesine karşılık, çoğunlukla 250-340 mm çap aralığı kullanılmaktadır. Geniş çaplı deliklerin kullanılma nedeni delme-patlatma maliyetinin düşmesidir (Martin vd., 1982). Delik çapı 251 mm' nin üstüne çıktığında kayaç sertliğine bakılmaksızın konili matkaph döner delici kullanılır. Yerüstünden darbeli delicilerde delik çapı 22-254 mm arasında değişmektedir. Dipten darbeli delicilerle ise 65-200 mm (en yaygın 89-165 mm) çaplı delikler delinebilmektedir. Bu tür delmede basamak yüksekliği genellikle 15-30 m olup, 50 m' ye kadar çıkabilmektedir (Naapuri, 1990; Anon, 1986).

Delik çapının 251 mm' nin altında olduğu durumda kayacın basınç dayanımına ( $a_c$ ) bakılır.  $a_c > 100$  MPa ise darbeli delme seçilir.  $a_c < 100$  MPa olması durumunda delik çapı 127 mm' den büyük ise konili matkaph döner delici, delik çapı 127 mm' den küçük ise darbeli delici seçilir (Praillet, 1990; Naapuri, 1990; Baker Hughes Tool Company).

Yerüstünden darbeli delicilerle 30 m' ye kadar delik delinebilir, fakat deliğin 12. metresinde ilk metreler nazaran % 50 bir delme hızı düşüşü gözlenir. Buna karşılık, dipten darbeli delicilerde tıjlerde enerji kaybı olmadığı için delik uzunluğunun artması ile hızda düşme görülmez (Bilgin, 1991). Bu nedenle basamak yüksekliğinin 15 m' den fazla olduğu durumlarda eğer delik çapı 89-165 mm ise dipten darbeli delici seçilir.

Yerüstünden darbeli deliciler için hidrolik ve pnömatik olmak üzere iki seçenek vardır. Fakat, programda ilerde kullanılacak olan ve daha önce geliştirilen delme hızı bağıntıları (Kahraman, 1997) içinde pnömatik deliciler için bir bağıntı bulunmamaktadır. Bu nedenle hidrolik ve pnömatik delici seçeneği programa eklenmemiştir. Yerüstünden darbeli deliciler için sadece hidrolik delici seçeneği bulunmaktadır.

## 2.11. Matkap Seçimi

Konili matkaph döner delici seçildiğinde matkap türü seçimi basınç dayanımına ( $o_c$ ) göre yapılır (Baker Hughes Tool Company);

- $a_c < 40$  MPa ise çelik dişli matkap
- $40$  MPa  $< a_c < 80$  MPa ise keski şekilli TC dişli matkap

- $80 < a_c < 170$  MPa ise uzun konik TC dişli matkap
- $170 < o_c < 320$  MPa ise yuvarlak TC dişli matkap
- $a_c > 320$  MPa ise küresel TC dişli matkap

Darbeli delicilerde ise basınç dayanımı 80 MPa' nin altında ise veya aşındırıcı mineral oranı % 50' nin üzerinde ise kabarıkl matkap, aksi durumda çapraz uçlu matkap seçilir.

## 2.12. Delici Makine Sayısı Hesabı

Program kullanıcıya çeşitli delici makineler ve bunlarla ilgili bazı bilgiler veren bir tablo (Tablo 2) sunar ve bu tablodan daha önce belirlenen delik çapı ve delici türüne uygun bir delici seçmesini ister. Eğer daha önce belirlenen delici türü dipten darbeli delici ise program sunduğu ikinci bir tablodan (Tablo 3) bir delik dibi tabancası seçilmesini ister ve işletme basıncını sorar.

Tablo 2. Çeşitli Delici Makinelere Ait Bazı Bilgiler.

Delici Türü	Delici Kodu	Model	Çap (mm)	Fiat (\$)
Döner Deliciler	1	Ing.-Rand DM30	130-171	400000
	2	Ing.-Rand DM45	130-200	480000
	3	Ing.-Rand DM50	200-251	510000
	4			
	5	Reeddrill SK35	152-200	350000
	6	Reeddrill SK40	127-178	375000
	7	Reeddrill SK45	152-200	400000
	8	Reeddrill SK50	178-250	425000
	9	Reeddrill SK60	198-270	500000
	10			
Yerüstünden Darbeli Deliciler	11	BöhlerDTC 122H	64-127	250000
	12	Böhler DTC 122H/D	64-127	260000
	13	BöhlerTC118	64-127	240000
	14	Frukawa HCR9	65-90	152000
	15	FrukawaHCR12	65-90	184000
	16			
	17	A.Copco ROC 542 HC	35-76	200000
	18	A.Copco ROC 642 HC	48-76	230000
	19	A.Copco ROC 742 HC	48-102	265000
	20	A.Copco ROC 848 HC	64-127	350000
	21	Tamrock 500	51-89	180000
	22	Tamrock CHA660	64-102	210000
	23	Tamrock CHA1100	76-152	260000
	24			
Dipten Darbeli Deliciler	30	Gemsa HPV 22	60-80	17000
	31	Gemsa HPV 32	85-100	
	32	Gemsa HPV 42	105-127	60000
	33	Gemrock P 32	85-100	
	34	Gemrock P 42	105-127	
35	Gemrock P52	127-152		

Tablo 3. Bullroc Tabancalarının Teknik Özellikleri.

Tabanca Kodu	Modeli	Piston Çapı (cm)	Piston Stroku (cm)	Piston Ağırlığı (kg)
1	BR1	3.6	7.6	1.0
2	BR2	4.3	10.1	1.8
3	BR3	5.1	10.1	2.5
4	BR33	5.7	10.1	3.0
5	BR4	6.8	15.2	4.8

Delici makine sayısı hesabındaki adımlar şunlardır:

a) Delme hızı hesabı:

Program delme hızı hesabında aşağıdaki bağıntıları kullanmaktadır (Kahraman, 1997):

Döner delici için:

$$PR = 1.05 \frac{W^{0.824} RPM^{1.690}}{D^{2.321} \sigma_c^{0.610}} \quad (1)$$

Burada, PR = Delme hızı (m/dk)  
 W = Baskı (kg)  
 RPM = Dönme hızı (dev/dk)  
 D = Matkap çapı (cm)  
 $\sigma_c$  = Tek eksenli basınç direnci (MPa)

Dipten darbeli delici için:

$$PR = 3.24 \frac{(Pd)^{0.826}}{R_n^{1.900}} \quad (2)$$

Burada, PR = Delme hızı (m/dk)  
 P = İşletme basıncı (bar)  
 d = Piston Çapı (mm)  
 R<sub>n</sub> = Schmidt değeri (N-tipi)

Yerüstünden darbeli hidrolik delici için:

$$PR = 0.47 \frac{b_{pm}^{0.375}}{\sigma_c^{0.534} q^{0.093}} \quad (3)$$

Burada, PR = Delme hızı (m/dk)  
 b<sub>pm</sub> = Darbe frekansı (darbe/dk)  
 $\sigma_c$  = Tek eksenli basınç direnci (MPa)  
 q = Kuvars içeriği (%)

Delici türü dipten darbeli delici ise program Schmidt değerinin girilmesini ister. Döner delici olması durumunda ise matkap yükü ve dönme hızı gereklidir. Matkap yükü aşağıdaki formülden hesaplanır (Praillet, 1991).

$$W_d = \frac{\sigma_c D}{20} \quad (4)$$

Burada, W<sub>d</sub> = İdeal Matkap Yükü (kg)  
 $\sigma_c$  = Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)  
 D = Matkap Çapı (mm)

Döner delmede yumuşak formasyonlarda 70-140 dv/dk, orta sert formasyonlarda 60-120 dv/dk ve çok sert formasyonlarda 30-40 dv/dk'lık dönme hızları uygulanır (Bilgin, 1991). Programda delme hızı hesabında  $\sigma_c < 80$  MPa için 120 dv/dk,  $80 < \sigma_c < 200$  MPa için 80 dv/dk ve  $\sigma_c > 200$  MPa için 35 dv/dk dönme hızı değerleri kullanılır.

b) Özgül delme hesabı:

$$b_0 = \frac{H}{BSK} \quad (5)$$

Burada, b<sub>0</sub> = Özgül Delme (m/m)  
 H = Delik Uzunluğu (m)  
 B = Dilim Kalınlığı (m)  
 S = Deliklerarası Mesafe (m)  
 K = Basamak yüksekliği (m)

c) Yıllık delinecek delik miktarı hesabı:

$$H_T = b_0 M \quad (6)$$

Burada, H<sub>T</sub> = Yıllık delik miktarı (m/yıl)  
 b<sub>0</sub> = Özgül delme (m/m<sup>3</sup>)  
 M = Yıllık Üretim (m<sup>3</sup>/yıl)

d) Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı hesabı:

$$H_{TD} = VSxVSAxÇGxDHxMFOxT] \quad (7)$$

Burada, H<sub>TD</sub> = Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı (m/yıl)  
 VS = Vardiya süresi (h)  
 VSA = Vardiya sayısı  
 ÇG = Yılda Çalışılacak gün sayısı  
 DH = Delme hızı (m/h)  
 MFO = Makineden faydalanma oranı (%)  
 T] = Randıman (%)

Makineden faydalanma oranı % 50-60 civarında (Cummins, 1973) olup, programda % 50 değeri kullanılmaktadır. Programda randıman % 60 alınmaktadır.

e) Delici sayısı hesabı:

$$DS = \frac{H_r}{H_{TD}} \quad (8)$$

Burada, DS = Delici sayısı  
 $H_r$  = Yıllık delik miktarı (m/yıl)  
 $H_{TD}$  = Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı (m/yıl)

Programda her üç delici için bir de yedek delici hesaba katılmaktadır.

### 2.13. Delici Ekibi Sayısının Hesabı

Delici sayısı 5 ve 5' in altında ise 1 formen, 5-10 arasında ise 2 formen, 10' dan fazla ise 3 formen kabul edilir. Operatör ve operatör yardımcısı sayısı ise delici sayısına eşittir.

### 2.14. Delme Ekipmanları Tüketimi

Matkap, tij, shank ve coupling tüketimi aşağıdaki şekilde hesaplanır (Naapuri, 1990).

Matkap Tüketimi:

$$N_m = \frac{M}{M\ddot{O} \frac{l}{b_0}} \quad (9)$$

Tij Tüketimi:

$$N_t = \frac{M}{T\ddot{O} \frac{l}{b_0}} \quad (10)$$

Shank Tüketimi:

$$N_s = \frac{M}{S\ddot{O} \frac{l}{b_0}} \quad (11)$$

Coupling Tüketimi:

$$N_c = \frac{M}{C\ddot{O} \frac{l}{b_0}} \quad (12)$$

Tüm Bağıntılarda, M = Yıllık Üretim (m<sup>3</sup>)  
 $b_0$  = Özgül delme (m/m<sup>3</sup>)  
 $M\ddot{O}$  = Matkap ömrü (m)

$N_m$  = Matkap tüketimi (Adet/yıl)  
 $T\ddot{O}$  = Tij ömrü (m)  
 $N_t$  = Tij tüketimi (Adet/yıl)  
 $S\ddot{O}$  = Shank ömrü (m)  
 $N_s$  = Shank tüketimi (Adet/yıl)  
 $C\ddot{O}$  = Coupling ömrü (m)  
 $N_c$  = Coupling tüketimi (Adet/yıl)

## 3. PATLATMA

Patlatma bölümünde yapılan işlemler sırayla şöyledir:

### 3.1. Patlayıcı Madde Seçimi

51 mm'den daha büyük çaplı kuru deliklerde anfo ucuz ve performansı iyi bir patlayıcıdır (Naapuri, 1990). Sulu ortamda ise emülsiyon türü patlayıcılar tercih edilir.

### 3.2. Yemleme Miktarı Seçimi

Delik boyu 10 m' den az ise 4-5 adet dinamit yemleme olarak yeterlidir. Delik boyunun 10 m' den büyük olması durumunda ise 5-8 adet dinamit kullanılır (Evergen, 1995). Programda delik boyunun 10 m'den küçük olduğu durumda kayaç basınç dayanımı 100 MPa'dan küçükse 4 dinamit, basınç dayanımı 100 MPa'dan büyükse 5 dinamit seçilir. Delik boyunun 10 m' den büyük olduğu durumda basınç dayanımı  $a_c < 80$  MPa için 6 dinamit,  $80 < MPa a_c < 200$  MPa için 7 dinamit ve  $a_c > 200$  MPa için 8 dinamit seçilir. Bu seçim kriterleri genellikle gözlemlere dayanmaktadır.

### 3.3. Ateşleme Sistemi Seçimi

Sıralararası gecikme aşağıdaki formülden bulunur (Gustafsson, 1973).

$$t_r = k B \quad (13)$$

Burada,  $t_r$  = Sıralararası gecikme (ms)  
 $B$  = Dilim kalınlığı (m)  
 $k$  = katsayı;  $B > 5m$  ise  $k > 5$   
 $B < 5m$  ise  $k = 3-5$

Eğer çevre sınırlaması yoksa ve fazla parçalanma istenmiyorsa deliklerarası gecikme uygulanmaz. Aksi durumda 10-60 ms arasında deliklerarası gecikme uygulanır (Anon, 1987).

### 3.4. Özgül Şarj ve Yıllık Patlayıcı Miktarı Hesabı

Burada, Bölüm 9' da verilen çeşitli araştırmacıların bağıntıları kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Kayaç basınç dayanımının 200 MPa ve daha büyük olması durumunda dip şarj hesabı da yapılmıştır.

### 3.5. Kapsül Sayısı Hesabı

Yıllık delik miktarının delik uzunluğuna bölünmesiyle yıllık delik sayısı bulunur. Delik uzunluğu 10 m' den küçük ise kapsül sayısı delik sayısına eşit alınır. Delik uzunluğu 10 m' den büyük ise çift yemleme daha uygun olacağı için kapsül sayısı delik sayısının iki katı alınır.

### 3.6. Patlatma Ekibi Sayısı

İş küçük çaplı taş ocağı veya inşaat işi ise ateşçi sayısı 1, ateşçi yardımcısı sayısı 3 alınır. Eğer iş büyük çaplı ise ateşçi sayısı 2, ateşçi yardımcısı sayısı 5 alınır.

## 4. MALİYET HESABI

Delme ve patlatma maliyeti konusunda yapılan işlemler ve kullanılan bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 4.1. Delme Maliyeti Hesabı

#### 4.1.1. Yatırım Maliyeti

Yatırım maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$YM = \frac{AEG \times AN}{\ÇS} \quad (14)$$

$$AEG = DF - (HD + YTF) \quad (14a)$$

$$AN = \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \quad (14b)$$

Burada, YM = Yatırım Maliyeti (\$/h)  
AEG = Amorti edilmesi gereken değer (\$)  
AN = Anüite faktörü  
ÇS = Delicinin yıllık çalışma süresi (h)  
DF = Delici fiyatı (\$)  
HD = Delici hurda değeri (\$)  
YTF = Yürüyüş takımı fiatı (\$)  
i = Faiz oranı (%)  
n = Delicinin ekonomik ömrü (yıl)

Yıllık çalışma süresi ortalama 5000 saat alınır. Delicinin hurda değeri genellikle fiatının % 20' si kadardır. Amortisman hesabında döner ve yerüstünden darbeli delicilerin ekonomik ömrü 5 yıl, dipten darbeli delicilerin ekonomik ömrü 7 yıl alınır. Faiz oranı % 8 olarak alınır.

### 4.1.2. İşletme Maliyeti

İşletme maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$TİM = SMG + YTM + TBG \quad (15)$$

$$SMG = AK + YG + FL + DG \quad (16)$$

$$YTM = \frac{YTF}{YTÖ} \quad (17)$$

Burada, TİM = Toplam işletme maliyeti (\$/h)  
SMG = Sarf malzemeleri gideri (\$/h)  
YTM = Yürüyüş takımı maliyeti (\$/h)  
TBG = Tamir-bakım giderleri (\$/h) [SMG + YTM'nin %30'u alınabilir]  
AK = Akaryakıt gideri (\$/h)  
YG = Yağ gideri (\$/h)  
FL = Filtre gideri (\$/h) [AK + YG'nin %3'ü alınabilir]  
DG = Diğer Giderler (\$/h) [AK + YG'nin %2'si alınabilir]  
YTF = Yürüyüş takımı fiatı (\$)  
YTÖ = Yürüyüş takımı ömrü (h)

### 4.1.3. Delme Ekipmanları Maliyeti

Delme ekipmanları maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$TEM = (MG + TG + SG + CG + DG) \times DH \times MFO \times t \quad (18)$$

$$MG = MF / MÖ \quad (18a)$$

$$TG = TF / TÖ \quad (18b)$$

$$SG = SF / SÖ \quad (18c)$$

$$CG = CF / CÖ \quad (18d)$$

Burada, TEM = Toplam delme ekipmanları maliyeti (\$/h)  
MG = Matkap gideri (\$/m)  
TG = Tij gideri (\$/m)  
SG = Shank gideri (\$/m)  
CG = Coupling gideri (\$/m)

DG = Diğer giderler (\$/m)[MG + TG + SG  
+ CG'nin % 25'i alınabilir]  
DH = Net Delme hızı (m/h)  
MFO = Makineden faydalanma oranı  
T) = Randıman  
MF = Matkap fiatı (\$)  
TF = Tij fiatı (\$)  
SF = Shank fiatı (\$)  
CF = Coupling fiatı (\$)  
MÖ = Matkap ömrü (m)  
TÖ = Tij ömrü (m)  
SÖ = Shank ömrü (m)  
CÖ = Coupling ömrü (m)

#### 4.1.4. Delici Personeli Maliyeti

Delici personeli maliyeti aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$DPM = \left( \frac{FÜ}{3} + OÜ + OYÜ \right) \quad (19)$$

Burada, DPM = Delici personeli maliyeti (\$/h)  
FÜ = Formen ücreti (\$/h)  
OÜ = Operatör ücreti (\$/h)  
OYÜ = Operatör yardımcısı ücreti (\$/h)

Her 3 deliciye bir formen düştüğü için formen ücreti 3'e bölünür. Formen ücreti 2 \$/h, operatör ücreti 1.4 \$/h ve operatör yardımcısı ücreti 1 \$/h alınır.

Sonuç olarak delme maliyeti aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$DM = \frac{YM + TIM + TEM + DPM}{DH \times MFO \times r} \times b_0 \quad (20)$$

Burada, DM = Delme maliyeti (\$/m<sup>3</sup>)  
YM = Yatırım maliyeti (\$/h)  
TIM = Toplam işletme maliyeti (\$/h)  
TEM = Toplam delme ekipmanları maliyeti (\$/h)  
DPM = Delici personeli maliyeti (\$/h)  
DH = Net delme hızı (m/h)  
MFO = Makineden faydalanma oranı  
r) = Randıman  
b<sub>0</sub> = Özgül delme (m/m<sup>3</sup>)

#### 4.2. Patlatma Maliyeti

Patlatma maliyeti aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$PM = \frac{KSM + DS + YM + KM + YKM + IM + DG}{M} \quad (21)$$

Burada, PM = Patlatma maliyeti (\$/m<sup>3</sup>)  
KŞM = Kolon şarj miktarı (kg/yıl)xKolon şarj fiatı (\$/kg)  
DŞ = Dip şarj miktarı (kg/yıl)xDip şarj fiatı (\$/kg)  
YM = Yemleme miktarı (kg/yıl)xYemleme fiatı (\$/kg)  
KM = Kapsül sayısı (Adet/yıl)xKapsül fiatı (\$/Adet)  
YKM = Yakıt miktarı (kg/yıl)xYakıt fiatı (\$/kg)  
İM = İşçilik maliyeti (\$/yıl)  
DG = Diğer giderler (\$/yıl)[KŞM+DŞ+KM +YKM+İM'nin %15'i alınabilir]  
M = Yıllık üretim (nrV<sub>yıl</sub>)

İşçilik maliyeti ateşçi ve ateşçi yardımcılarının saat ücretleri toplamının patlatma ekibinin günlük çalışma saati ve yıllık çalışma günü ile çarpılmasıyla bulunur. Ateşçi ücreti 2 \$/h, ateşçi yardımcısı ücreti 1.5 \$/h ve günlük çalışma süresi 5 saat olarak alınır.

#### 5. ÖRNEK

Veriler:

- Formasyonun basınç dayanımı : 80 MPa
- Formasyonun kuvars içeriği: % 0
- Yıllık üretim: 5 000 000 m<sup>3</sup>/yıl
- Delikler kuru
- İnce parça isteniyor
- Çalışma zemini bozuk
- Çalışma alanı dağınık

Yukarıdaki verilere göre program çalıştırıldığında, delici olarak Tamrock CHA 1100 seçilirse ve 8' er saatlik 2 vardiya şeklinde yılda 250 gün çalışıldığı kabul edilirse programın çıktıları sırasıyla Tablo 4, 5, 6 ve 7 de görüldüğü gibi olacaktır. Programın çalışması esnasında gerekli olan ekipmanların fiatı ve ömrü, yakıt sarfiyatı gibi bazı bilgiler saha gözlemlerine ve üretici firmaların (Ingersoll-Rand, Reed, Böhler, Frukawa, Atlas Copco, Tamrock, Gemsa, Secoroc) temsilci ve kataloklarına dayanmaktadır.

Tablo 4. Delik Düzeni Çıktısı.

Basamak Yüksekliği(m)	12						
Delik Çapı(mm)	Naapuri (Min.-Max.)		Anon (1987)	Konya (Max.)			
	60	120	99.6	199.2			
Seçilen Delik Çapı(mm)	89						
Dilim Kalınlığı(m)	Naapuri (Min.-Max.)		Anon (1987) (Min.-Max.)		Ash (Min.-Max.)		
	2.225	1	3.56	2.225	3.115	1.246	4.361
	Konya (Min.-Max.)		Hagan (Min.-Max.)		Langefors	Nitro-Nobel	Vut.-Bhanda.
	1.335	3.293	1.78	3.115	4.005	4.005	2.986
	A.Copco	Rus tan	An oğlu	Langf.ve Köhl. (Min.-Max.)		Ash ve Pearse (Min.-Max.)	
2.91	3.42	2.724	1.246	6.764	1.78	3.56	
Seçilen Dilim Kalınlığı(m)	3						
Alt Delme(m)	Naapuri (Min.-Max.)		Anon (1987) (Min.-Max.)		Langefors	Gregory (Min.-Max.)	
	0.9	1.2	0.6	1.5	0.9	0.89	1.335
	Konya	Kennedy					
	0.9	0.9					
Seçilen Alt Delme(m)	1						
Delik Boyu(m)	13						
Delme Hatası(m)	Naapuri	Langefors	Nitro-Nobel				
	0.46	0.44	0.66				
Seçilen Delme Hatası(m)	0.5						
Pratik Dilim Kalınlığı	2.7						
Deliklerarası Mesafe	Naapuri (Min.-Max.)		Anon (1987)(Min.-Max.)		Kennedy (Min.-Max.)		Langefors
	2.97	4.05	2.7	4.86	2.7	4.05	3.38
	Vut.-Bhand.	An oğlu	Konya				
	3.34	2.87	3.78				
Seçilen Darası Mes.(m)	3.5						
Sıkılama Boyu(m)	Langefors	Naapuri (Min.-Max.)		Anon(1987)(Min.-Max.)		Kennedy (Min.-Max.)	
	2.7	1.89	2.7	1.89	3.51	1.35	1.89
	Konya						
	2.7						

Tablo 5. Delici Makine Çıktısı.

<b>Altyapı Türü</b>	<b>Paletli</b>
<b>Delici Türü</b>	<b>Yerüstünden Darbeli Hidrolik</b>
<b>Matkap Çeşidi</b>	<b>Kabaralı Matkap</b>
<b>Delici Sayısı</b>	<b>9</b>
<b>Formen Sayısı</b>	<b>2</b>
<b>Operatör Sayısı</b>	<b>9</b>
<b>Operatör Yardımcısı Sayısı</b>	<b>9</b>
<b>Matkap Tüketimi(Adet/Yıl)</b>	<b>143</b>
<b>Tij Tüketimi(Adet/Yıl)</b>	<b>188</b>
<b>Shank Tüketimi( Adet/Yıl)</b>	<b>92</b>
<b>Coupling Tüketimi(Adet/Yıl)</b>	<b>216</b>
<b>Delme Hızı(m/dk)</b>	<b>0.91</b>

Tablo 7. Maliyet Hesabı Çıktısı.

Yatırım Maliyeti(\$/h)	9.42	
İşletme Maliyeti(\$/h)	25.83	
Ekipman Maliyeti(\$/h)	6.54	
Personel Maliyeti(\$/h)	2.61	
<b>Dejme Maliyeti(\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0.31</b>	
	Naapuri ve Diğer Araştırmacılar	Langefors
Kolon Şarj Maliyeti(\$/yıl)	995980.08	634937.30
Dip Şarj Maliyeti(\$/yıl)	0.00	2083977.38
Yemleme Maliyeti(\$/yıl)	83333.33	83333.33
Kapsül Maliyeti(\$/yıl)	97001.76	97001.76
Yakıt Maliyeti(\$/yıl)	70963.58	45239.28
İşçilik Maliyeti(\$/yıl)	14375.00	14375.00
Diğer Maliyeti(\$/yıl)	189248.0638	443829.6093
<b>Patlatma Maliyeti(\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0.29</b>	<b>0.68</b>
<b>Toplam maliyet(\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0.60</b>	<b>0.99</b>



Tablo 6. Patlayıcı Madde Çıktısı.

Patlayıcı Türü	Anfo					
Yemleme Miktan(Adet/delik)	7					
	Langefors	Naapuri	Konya	Anon(1987)	Belidor	Kennedy
Yıllık Kolon Şarj Miktarı (kg)	1587343.25	2489950.20	2476255.48	2488954.22	2492128.91	2493398.78
Yıllık Dip Şarj Miktarı (kg)	1225869.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Yıllık Yemleme Miktarı (kg)	41666.67					
Yıllık Kapsül Sayısı (Adet)	88183					
Sıralararası Gecikme (ms)	11					
Deliklerarası Gecikme (ms)	10-60					
Ateşçi Sayısı	2					
Ateşçi Yardımcısı Sayısı	5					

## 6. SONUÇ

Modelde kullanılan delme hızı bağıntıları ampirik kökenlidir. Döner delici bağıntısı çoğunlukla açık kömür ocaklarındaki çalışmalara dayanmaktadır. Yerüstünden darbeli ve dipten darbeli delici bağıntısı ise genellikle kireçtaşı ve benzeri formasyonlardaki çalışmalar sonucu geliştirilmiştir. Dolayısıyla buradaki bilgisayar modeli bu sınırlamalar içerisinde daha doğruya yakın sonuçlar verecektir.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen sınırlar içerisinde, planlama aşamasında veya üretimin çeşitli kademelerinde delme ve patlatma konusunda gerekli hesaplamaların hızlı bir şekilde yapılarak farklı alternatiflerin denenmesinde modelin pratik bir yol olarak kullanılabilceği söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale doktora tezinden hazırlanmıştır. Yazar tez danışmanı Prof. Dr. Nuh BİLGİN' e sonsuz teşekkürlerini sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Anon, 1986. *Blasthole Drilling (DTH)*. Colliery Guardian, April: 170-171.
- Anon, 1987. *Explosives and Rock Blasting*. Atlas Powder Company, Dallas, 662s.
- Arıoğlu, E. 1990. *Açık İşletmelerde Patlatma Tasarımında Dilim Kalınlığının Belirlenmesinde İşleme ve Jeomekanik Büyüklükleri Gözetim Yarı-Analitik Yaklaşım*. 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 5-7 Kasım, Ankara: 55-78.
- Atlas Copco Firması.
- Baker Hughes Firması.
- Bilgin, A., Çelebi, N., Paşamehmetoğlu, A. G. 1988. *A Model for Drilling Machine Selection*. Mine Plan, and Equip. Selection, Balkema: 383-388.

- Bilgin, N. 1991. *Maden İşletmelerinde Kullanılan Deliciler, Çalışma Şartları ve Ekonomisi*. İTÜ Maden Fak., Maden Müh. Böl., Mayıs: 49s.
- Böhler Firması.
- Cummins, A. B. 1973. *SME Mining Engineering Handbook*, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Eng., New York.
- Eskikaya, Ş., Evergen, T., Bilgin, N. 1994. *A Nonconventional Way of Efficient Blasting Design in ELİ Open Pit Mines*. 16<sup>th</sup> World Mining Congress, 12-16 September, Sofia: 369-378.
- Evergen, T. 1995. *Kişisel Görüşme*.
- Frukawa Firması.
- Gemsa Firması.
- Gustafsson, R. 1973. *Swedish Blasting Technique*, Gothenburg: 323s.
- Ingersoll-Rand Firması.
- Kahraman, S. 1997. *Açık İşletmelerde Uygun Delme-F'atlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Geliştirilmesi*. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü: 328s.
- Kennedy, B. A. 1990. *Surface Mining*. 2<sup>nd</sup> Edition, Littleton, Colorado.
- Konya, J. A., Walter, E. J. 1990. *Surface Blast Design*. New Jersey: 292s.
- Martin, J. W., Martin, T. J., Bennet, T. P., Martin, K. M. 1982. *Surface Mining Equipment*. Colorado.
- Naapuri, J. 1990. *Surface Drilling and Blasting*. Tamrock: 473s.
- Praillat, R. 1990. *Blasthole Drilling, Rotary Drilling and The Four Kingdoms*. WME, September: 20-22.
- Reed Firması.
- Rustan, A. 1992. *Burden, Spacing and Borehole Diameter At Rock Blasting*. Int. J. Surface Min. Reclamation, 3: 107-110.
- Secoroc Firması.
- Tamrock Firması.

