



BİR MANYEZİT AÇIK İŞLETMESİNDE
PATLATMA MALİYET ANALİZİ

Elif Gökçe UÇKAÇ

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan – 2018

BİR MANYEZİT AÇIK İŞLETMESİNDE
PATLATMA MALİYET ANALİZİ

Elif Gökçe UÇKAÇ

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Nisan – 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Elif Gökçe UÇKAÇ'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı Bir Manyezit Açık İşletmesinde Patlatma Maliyet Analizi başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

05/04/2018

Prof. Dr. Önder UYSAL

Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ahmet AYDIN

Bölüm Başkanı, Maden Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Danışman, Maden Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Yaşar KASAP

Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Seyhan ÖNDER

Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının **%17** çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

İmzası

Elif Gökçe UÇKAÇ

İmzası

BİR MANYEZİT AÇIK İŞLETMESİNDE PATLATMA MALİYET ANALİZİ

Elif Gökçe UÇKAÇ

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2018

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

ÖZET

Bu çalışmada, bir açık ocak madenindeki delme ve patlatma işlemlerinin birim maliyet analizinin yapılması amaçlanmıştır.

Öncelikle işletmedeki delme ve patlatma uygulamaları gözlemlenmiştir. Bir aylık delme ve patlatma programı ele alınarak hesaplamalar için gerekli bilgiler edinilmiştir. Daha sonra delme ve patlatma maliyet unsurları ayrı ayrı dikkate alınarak toplam maliyet ve birim maliyet analizi üzerinde çalışılmıştır.

Bir işletmenin maliyet analizi hesaplamasında, maliyet unsurları 3 ayrı gruba ayrılmıştır. Bunlar; ilk madde ve malzeme giderleri, işçilik giderleri ve genel üretim giderleridir. İlk madde ve malzeme giderleri olarak delme işleminde mazot, patlatma işleminde ANFO, kapsül, dinamit ve elektrikli kapsül kullanıldığı tespit edilmiştir. İşçilik giderleri, çalışan işçilerin ücretlerinden oluşmaktadır. Delme işleminde çalışan operatör, patlatma işleminde çalışan işçiler ve ateşleyicinin ücretlerinin toplamı işçilik giderleridir. Genel üretim giderleri ise üretim maliyeti ile ilgili olan diğer giderlerdir. Endirekt malzeme ve işçilik, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler ile amortismanlar genel üretim giderleri olarak dikkate alınmaktadır. Böylece bir aylık delme ve patlatma işlemlerinin maliyet analizleri yapılmıştır. Elde edilen toplam maliyet üzerinden birim maliyete ulaşılmıştır.

Sonuç olarak bir açık ocak madeninde yapılan delme ve patlatma işlemlerinin birim maliyetleri dikkate alınarak ekonomikliğinin değerlendirilmesi ve verimliliğinin incelenmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açık ocak, birim maliyet, delme, maliyet analizi, patlatma

BLASTING COST ANALYSIS OF A MAGNESITE OPEN-PIT MINE

Elif Gökçe UÇKAÇ

Mining Engineering, M. Sc. Thesis, 2018,

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

SUMMARY

The aim of this study is to carry out a unit cost analysis of drilling and blasting operations in an open pit mine.

At first, drilling and blasting operations were observed in the field. Necessary information for calculations was obtained from drilling and blasting operations during a period of one month. Then, total and unit cost analysis were performed by taking the cost of drilling and blasting operations into consideration in a separate base.

The main purpose of cost analysis for enterprises is to determine feasibility of the activities carried out and to take efficient decisions as well as making necessary controls and planning accordingly.

In total cost analysis calculations, cost elements were divided into 3 separate categories. These are; raw material and supplies expenses, labour costs and general production costs. It was seen that diesel fuel for drilling process, ANFO, fuses, dynamite and electric fuses for blasting process were also used as direct raw material and supplies expenses. Labour costs were the sum of labour wages. The labour costs were the sum of charges of the operator who is working in the drilling process, the workers who are working in the blasting process and the igniter. General production overheads are the other expenses related to the production costs. Therefore, a one-month cost analysis of drilling and blasting operations was carried out. Finally, the unit cost was calculated by using total cost study.

As a result of the present study, the necessity of economy and efficiency calculation of drilling and blasting operations in an open pit mine by using unit cost analysis has been demonstrated.

Keywords: Blasting, cost analysis, drilling, open pit, unit cost

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT'e teşekkür ederim. Tezim için gerekli olan verileri elde etmemi sağlayan maden işletmesindeki patlatmadan sorumlu Maden Mühendisine ve muhasebede çalışana teşekkür ederim. Tez konusunda danışıp yardım aldığım Maden Yüksek Mühendisi Gökhan MERTLER'e ayrıca teşekkür ederim.

Hocalarım Doç. Dr. Yaşar KASAP ve Doç. Dr. Seyhan ÖNDER'e de yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. PATLATMA TEORİSİ.....	2
2.1. Patlatma Elemanları	4
3. PATLAYICI MADDELER	23
3.1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması	23
3.1.1. Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler	23
3.1.2. Amonyumnitrat esaslı patlayıcı maddeler	24
3.1.3. Diğer patlayıcılar	29
3.2. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri	29
3.3. Ateşleme Sistemleri	39
3.3.1. Emniyetli fitil ve adi kapsül birlikteliği	40
3.3.2. Elektrikli kapsüller.....	40
3.3.3. İnfilaklı fitil.....	43
3.3.4. Elektriksiz kapsül sistemleri	44
3.4. Patlatma İşleminde Delik Düzenlerinin Tasarlanması	46
3.4.1. Kare delik düzeni	47
3.4.2. Şeşbeş delik düzeni	47
3.5. Patlatma Türleri	48
3.5.1. Basamak patlatmaları.....	49
3.5.2. Kontrollü patlatma	49
4. DELME VE PATLAMA MALİYETLERİ	51
4.1. İşletme Faaliyet Sonuçları.....	51

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2. Gider ve Maliyet Kavramları	52
4.2.1. Gider kavramı	52
4.2.2. Maliyet kavramı.....	52
4.3. Maliyet Analizi	53
4.3.1. Maliyet analizi kavramı	53
4.3.2. Maliyet analizinin amacı.....	53
4.3.3. Maliyet birimi	54
4.3.4. Maliyet unsurları.....	55
5. MADEN OCAĞINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	60
5.1. İşletmenin Bölge Jeolojisi.....	62
5.2. İşletmenin Saha Jeolojisi.....	62
5.3. İşletmede Uygulanan Delme İşlemi	64
5.4. İşletmede Uygulanan Patlatma İşlemi.....	66
5.5. Delme ve Patlatma Maliyetleri	71
5.5.1. Temel parametreler	71
5.5.2. Delme maliyetleri	73
5.5.3. Patlatma maliyetleri	76
5.5.4. Toplam ve ortalama birim maliyetler	79
5.6. Delme ve Patlatma Maliyetlerinin Analizi.....	82
5.6.1. Delme maliyetleri açısından	82
5.6.2. Patlama maliyetleri açısından	83
5.6.3. Delme ve patlama maliyetlerinin toplamaları açısından	85
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	86
KAYNAKLAR DİZİNİ	88
EKLER	
1. Patlatma Raporu Örneği	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Parçalanma derecesi ve maliyet ilişkisi.....	1
2.1. Delik çevresinin parçalanarak genişlemesi (ilk aşama)	2
2.2. Basınç dalgaları (ikinci aşama)	3
2.3. Gazın çatlaklarda yayılması (üçüncü aşama).....	3
2.4. Patlatma deliğinin zamana bağlı olarak genişlemesi.....	4
2.5. Patlatma tasarımında kullanılan patlatma elemanları.....	5
2.6. Eğimli deliklerin taban zorluğunun yenmesi	7
2.7. Eğimli ve dik deliklerle yapılan patlatma sonrası oluşan pasa geometrisi	8
2.8. Taban payı (U)	9
2.9. Sıkılama boyu	10
2.10. Kare delik düzeninde delik çevresindeki etki alanları.....	11
2.11. Gecikme paterninin patlatma üzerindeki etkisi	12
2.12. Örnek bir gecikmeli nonel kapsül kullanılan delik	13
2.13. Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki.....	19
2.14. Dip şarj ve kolon şarjın yerleşmesi	20
2.15. Basamak yüksekliğinin, dilim kalınlığının patlatma sahasının eninin ve boyunun birbirleri ile durumu.....	22
3.1. Düzlemsel şok dalgasının oluşumu	30
3.2. Detonasyon zonları	32
3.3. ANFO'nun çapa göre performansı.....	35
3.4. Mazot yüzdesine göre ANFO reaksiyonunun özgül enerjisi.....	37
3.5. Emniyetli fitil ve adi kapsül birlikteliği	40
3.6. Elektriksiz kapsül kullanarak gecikmenin verilmesi.....	45
3.7. Elektriksiz kapsüller ve gecikme elemanları ile değişik patern uygulamaları	46
3.8. Kare delik düzeni	47
3.9. Şeşbeş delik düzeni	47
3.10. Açık ocak patlatmalarından kullanılan farklı delik düzenleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Yer bulduru haritası	60
5.2. İşletmenin jeolojik haritası.....	63
5.3. T-4 delik delme makinası.....	64
5.4. Patlatma işlemlerinde kullanılan kapsül, ANFO ve dinamit.....	69
5.5. Patlatma deliklerinin sıkılama işlemi yapılması.....	69
5.6. Patlatma yapılacak saha	70
5.7. Patlatma sonrası oluşan yığın.....	70
5.8. Delme maliyetleri.....	82
5.9. Delme işlemlerinin ortalama birim maliyeti	83
5.10. Patlatma maliyetleri	84
5.11. Patlatma işlemlerinin ortalama birim maliyetleri.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Dingin ve şok cephesindeki ortamlarda basınç, sıcaklık ve hız ilişkisi	31
3.2. Bazı patlayıcıların suya dayanıklılığı.....	38
4.1. Delme ve patlatma işlemlerinde kullanılan ilk madde ve malzemeler.....	57
4.2. Delme ve patlatma işlemlerindeki işçilik maliyeti.....	57
4.3. Delme ve patlatma işlemlerindeki genel üretim giderleri	59
5.1. Delik delme makinasının verilerinin sonuçları	66
5.2. Patlatma tasarımı parametreleri.....	67
5.3. Tüm atımlarda elde edilen patlayıcı madde verilerinin sonuçları	68
5.4. Delme ve patlatma işlemlerinin atım no.larına göre takvimi	71
5.5. Kasım 2016 ayı mazot fiyatları	72
5.6. İşçilik maliyetleri	72
5.7. Üretim giderlerine ilişkin veriler.....	73
5.8. Delme maliyetleri.....	74
5.9. Sabit delme maliyetleri	74
5.10. Toplam ve birim delme maliyeti	75
5.11. Patlatma maliyetleri	77
5.12. Sabit patlatma maliyetleri	78
5.13. Toplam ve birim patlatma maliyetleri.....	80
5.14. Delme ve patlatma maliyetlerinin toplam ve birim maliyeti.....	81
5.15. Delme ve patlatma maliyetlerinin ağırlık cinsinden toplam ve birim maliyeti	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
B	Özgül enerji
cm	Santimetre
C _o	Kaya patlama katsayısı
°C	Santigrat
d _e	Patlayıcı maddenin çapı
D	Detonasyon hızı
DH	Delik hata payı
E	Enerji yoğunluğu
E _d	Dinamik elastisite modülü
f	Atım güçlük katsayısı
gr	Gram
h ₀	Sıkılama boyu
h _b	Dip şarj uzunluğu
h _p	Kolon şarj uzunluğu
H	Basamak yüksekliği
I	Patlayıcı maddenin enerji verme oranı
I _b	Dip şarj yoğunluğu
I _p	Kolon şarj yoğunluğu
kal	kalori
kg	kilogram
K	Delik uzunluğu
K _r	Kaya faktörü
K _{tp}	Teknik şarj faktörü
°K	Kelvin
lt	litre
m	metre
mm	milimetre
ms	milisaniye
n	Enerji iletim verimi
N	Reaksiyon ürünlerinin özgül hacmi
P	Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
P_d	Detonasyon basıncı
P_p	Delikteki patlatma basıncı
PC	Ateşlenecek kolon boyu
q	Özgöl şarj
Q	Delik çapı
Q_b	Dip şarj miktarı
Q_e	Patlayıcı ısı enerjisi
Q_{er}	Referans patlayıcının ısı enerjisi
Q_i	Delik çapı, inç
Q_p	Kolon şarj miktarı
Q_{Top}	Toplam şarj
R	Gaz katsayısı
R_1	Delik eğimi düzeltme faktörü
R_2	Kaya düzeltme faktörü
sn	saniye
s	Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu
S	Deliklerarası mesafe
S_{tv}	Patlayıcı maddenin hacimce gücü
SG_R	Kayacın özgül ağırlığı
SG_e	Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı
T	Reaksiyon sıcaklığı
t_h	Delikler arası gecikme zamanı
t_r	Gecikme sabiti
U	Taban payı
V	Dilim kalınlığı
V_e	Patlatma hızı
V_{max}	Maksimum dilim kalınlığı
W	Gaz ürünlerinin hızı
ρ	Yoğunluk
θ	Kırılma açısı (derece)
σ_b	Kayanın tek eksenli basma dayanımı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**Simgeler****Açıklamalar** σ_{φ}

Kayanın çekme dayanımı

 μ

Kırılma enerjisi ile maksimum basınç defomasyon enerjisi arasındaki oran

Kısaltmalar**Açıklamalar**

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

ANFO

Amonyum Nitrat – Fuel Oil

Dİ

Direkt İşçilik

GÜG

Genel Üretim Giderleri

SGK

Sosyal Güvenlik Kurumu

TAN

Teknik Amonyum Nitrat

TNT

Trinitrotoluen

TL

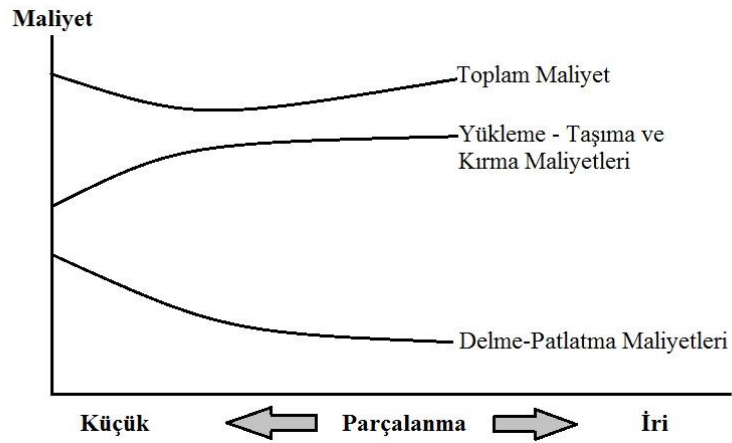
Türk lirası

1. GİRİŞ

Açık ocak işletmeciliğinin, bilinen en eski madencilik yöntemi olduğu tahmin edilmektedir. İşletilmesi ekonomik olarak uygun olan maden yataklarından, mostra verenlerin doğrudan kazılarak üretilmesi ya da üzerini kaplayan örtü tabakasının alınarak açılması ve cevherin üretilmesi şeklinde yapılan madencilik yöntemi, açık ocak işletmeciliği olarak tanımlanmaktadır.

Örtü tabakasının yapısına bağlı olarak patlayıcı madde kullanımıyla veya kullanılmadan gevşetme ve kazı yapılır, sonrasında sıra ile yükleme, taşıma ve kırma işlemleri gerçekleştirilerek üretim tamamlanmaktadır. Yapılan delme, patlatma, yükleme, taşıma ve kırma operasyonlarının maliyet analizleri, işletmenin toplam maliyetinin hesaplanması için önemlidir. Özellikle üretimin ilk aşaması olan delme ve patlatma işlemleri, yapılacak olan diğer işlemlerin hem verimliliğini hem de maliyetlerini etkileyeceğinden dolayı büyük bir önem taşımaktadır. Hatalı veya yanlış seçim yapılan uygulamalarda, işletme ve üretim sürecinin uzamasına, maliyet artışlarına yani kısacası delme ve patlatmanın doğru bir şekilde yapılamaması sonucunda verimsiz işletme şartlarıyla karşı karşıya kalınmasına neden olunur. Eğer delme ve patlatma işlemi doğru bir şekilde yapılır ise; verimlilik ve kapasite artışı, iş makinelerindeki performansın artışı, zaman kaybının olmaması, uygun nitelikte malzeme ve ekonomik sonuçlar elde edilmiş olur.

Sadece delme ve patlatma işlemlerinde hedeflenecek olan minimum maliyet, birbirini izleyen diğer işlemlerin maliyetindeki önemli artışların olmasını görmezden gelinmesine neden olacaktır. Patlatma işlemlerinin maliyetinin genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonu olduğu ifade edilmektedir (Şekil 1.1) (Hoek ve Bray, 1991).



Şekil 1.1. Parçalanma derecesi ve maliyet ilişkisi (Hoek ve Bray, 1991).

2. PATLATMA TEORİSİ

Patlayıcı kullanılarak yapılan kazı, kontrollü bir biçimde ana kaya kütesinden ayrılması prensibine dayanan bir kazı ve üretim yöntemidir. Patlatmanın temel amacı, minimum delme, patlatma ve yükleme maliyeti ile güvenli bir şekilde, istenilen şartlarda maksimum malzemenin elde edilmesidir.

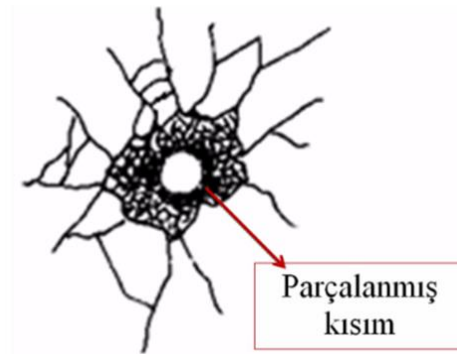
Patlatmada en iyi sonuçları elde etmenin; kayacın özelliklerine, patlayıcı madde özelliklerine ve patlatma düzenine bağlı olduğu bilinmektedir.

a) Kayacın Özellikleri: Kayacın yapısında bulunan zayıf düzlemler ve süreksizlikler, emniyet açısından olduğu kadar patlatma yönünden de önemlidir. Kaya kütlelerinde bulunan süreksizlikler; tabaka düzlemleri, faylar ve eklemler şeklinde görülmektedir. Bu yüzey yapıları, deliklerde patlatma faaliyetleri sırasında delik iç basıncının düşmesine, deformasyon dalgalarının sönümlenmesine, delik çevresinde gaz kaçaklarının oluşmasına ve enerjinin istenmeyen yönlere yayılmasına neden olabilmekte, patlayıcının etki koşullarını değiştirerek açığa çıkan enerjinin azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, kaya kütleleri daha az kırılacağından büyük boyutlarda parçalar oluşacaktır.

b) Patlayıcı Madde Özellikleri: Her patlayıcı için patlatmanın yapıldığı kayacın özelliğine göre verdiği enerji değişiklik gösterir. Sert kayalarda şok enerjisi, yumuşak ve orta sertlikteki kayalarda ise öteleme enerjisinin fazla olması gerektiğinden dolayı, patlayıcı madde seçiminde bunlara dikkat edilmelidir.

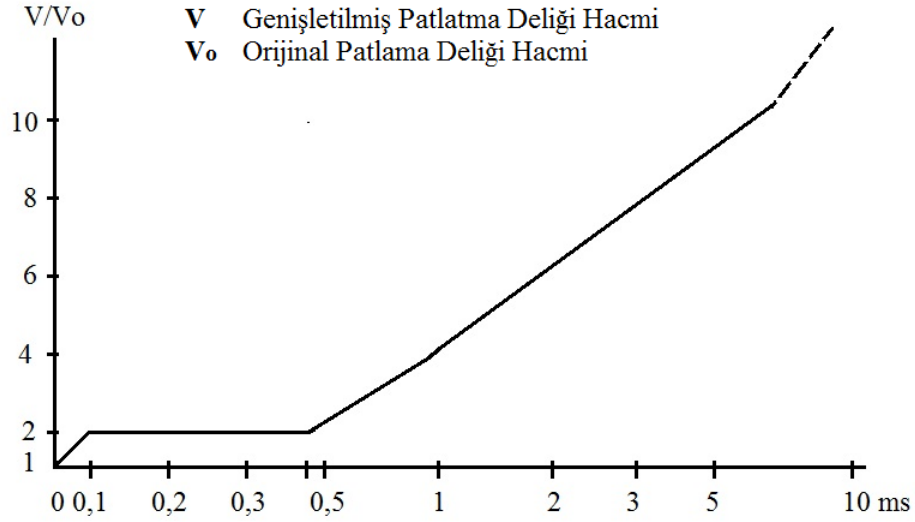
Patlayıcının kayadaki parçalanma olayına etkisi üç aşamada ifade edilebilir;

1. İlk aşamada, ateşlemenin başlaması ile birlikte delik çevresi kırılarak genişlemeye başlar. Bu durum, patlamadan kaynaklanan yüksek basıncın etkisiyle oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Delik çevresinin parçalanarak genişlemesi (ilk aşama) (Olofsson, 1988).

Delik içerisinde gelişen patlayıcı reaksiyonu çok hızlıdır. Patlatma deliğinin hacmi, yaklaşık 5 milisaniye gibi kısa bir süre içerisinde bulunduğu hacmin 10 katına çıkar. Patlatma deliğinin zamana bağlı olarak genişlemesi Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Patlatma deliğinin zamana bağlı olarak genişlemesi (Olofsson,1988).

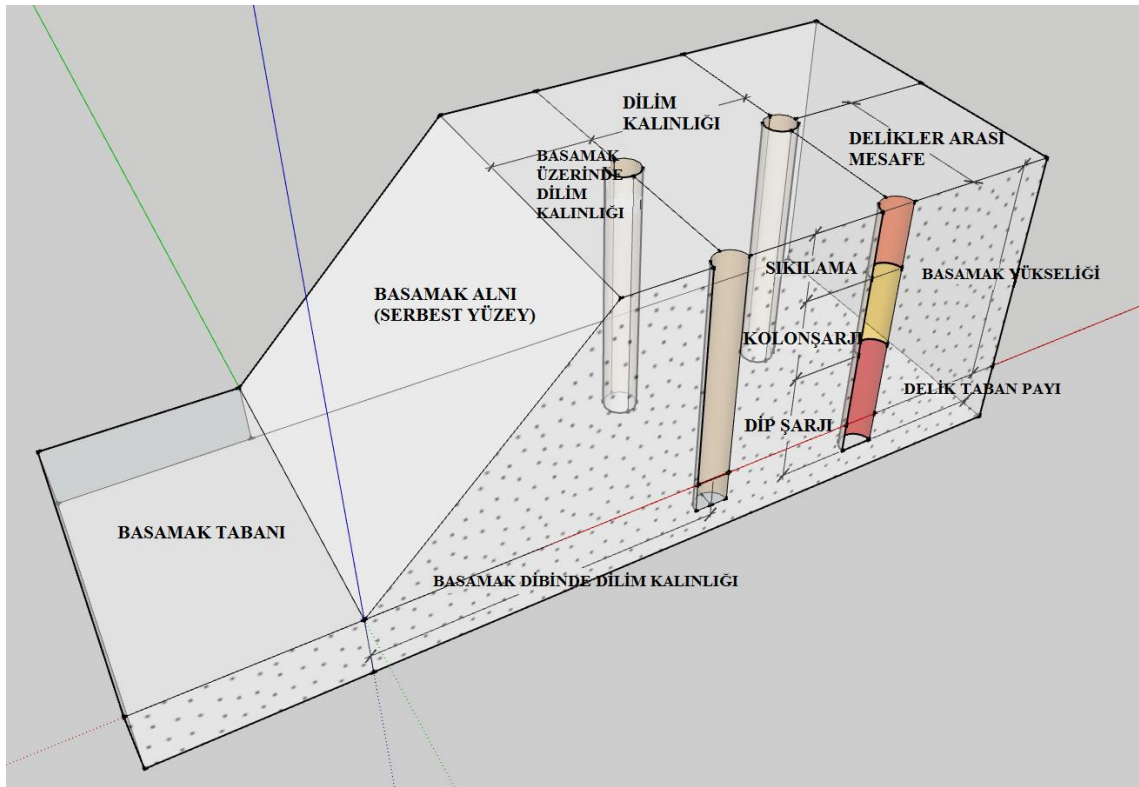
c) *Patlatma Düzeni:* Delme ve patlatma işlemi, maliyetin optimize edilmesi açısından çok önemlidir. Optimum dizayn, gerekli olan tane boyutu, yumuşak kolay kazılabilirlik ve düzgün pasa geometrisi, düzgün taban ve şev, taş fırlaması ve titreşim kontrolünün sağlanması açısından değerlendirilir. Hatalı tasarlanmış olan delme-patlatma düzeni, delme ve patlayıcı maliyetinin yanında yükleme, nakliye ve hatta kırma maliyetlerinin artmasına, ayrıca iş gücü kaybına da neden olmaktadır. Delme-patlatma tasarımları ile ilgili çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan önce, patlatma elemanlarının bilinmesi gerekmektedir.

2.1. Patlatma Elemanları

a) Basamak Yüksekliği

Basamak yüksekliği delme, patlatma ve yükleyici makineler açısından önemlidir. Genellikle delici makinelerin tij boyları basamak yüksekliğine göre belirlenir. Maksimum basamak yüksekliği belirlenirken delik makinesinin boyutu ve yükleyici makinenin kepçe (yükleme) hacmi dikkate alınır. Çalışma güvenliği açısından bakıldığında ise ayna yüzeyinden

taş düşmesi durumunda minimum olumsuz etki meydana getirecek bir yükseklik dikkate alınmalıdır. Genellikle küçük çaplı deliklerde, düşük basamak yüksekliği tercih edilir. Basamak yüksekliğinin delik çapına oranı, optimum seviyenin altına düşerse kaya fırlama olasılığı artmaktadır. Bu durumda, sıkılama payı artırılıp kaya fırlama riski azaltılabilir. Eğer basamak yüksekliği delik çapına göre optimum değerinden fazla seçilir ise, delme işleminde sert tijler kullanılsa bile delik sapması görülebilir. Artan basamak yüksekliklerin de basınç dağılımları etkileri de artmaktadır. Normal koşullardaki patlatmalarda, kural olarak basamak yüksekliği, dilim kalınlığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru bir seçim olarak görülmektedir (Toprak, 2012: 28).



Şekil 2.5. Patlatma tasarımında kullanılan patlatma elemanları.

Basamak yüksekliğini etkileyen faktörler;

1. Kayaç özellikleri,
2. Yükleyici makinaların türü ve boyutu,
3. Delici makinelerin verimli çalışabildikleri mesafe,
4. Şev kontrolünün gerekliliği ve
5. Maksimum maliyet kontrolüdür.

Kesin bir formül olmamakla birlikte bazı kaynaklara göre basamak yüksekliği ile delik çapı arasındaki olması gereken minimum oran (Akkoyun, 2010);

$$H = 40 \dots 90 \times Q \quad [2.1]$$

H: Basamak Yüksekliği (m)

Q: Delik Çapı (mm)

b) Serbest Yüzey (Basamak Aynası)

Patlatılan kayacın ileriye doğru ötelenmesi, önünde serbest bir yüzey olduğu zaman mümkündür. İç öğütmenin sağlanabilmesi için genelde ileri doğru hareket tercih edilen bir durumdur. Ancak cevher patlatmalarında bu durum istenmeyebilir. Bazen aynanın önünü boşaltmadan da atım yapılması mümkündür. Burada amaç hareketin azaltılmasıyla cevherin ufalanmasını azaltmaktır. Kayaçlar patlatıldığı zaman, hacimleri malzeme cinsine bağlı olarak yaklaşık %50 oranında artar. Bu nedenle, basamak genişlikleri de uygun olarak hesaplanmalıdır (<http://www.orica-nitro.com.tr/>).

c) Delik Çapı

Delik çapı belirlenirken dikkat edilecek etkenler;

- Kayacın özellikleri,
- İstenen parçalanma derecesi,
- Üretim kapasitesi,
- Çevre koşulları,
- Basamak yüksekliği,
- Kullanılacak patlayıcı maddenin gücü ve
- Çapın artmasına bağlı olarak birim delme maliyetinde olabilecek azalmalardır.

Bu verilen parametreler, delik çapının belirlenmesinde etkili olsa bile genelde delik çapı basamak yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, delik çapı basamak yüksekliğinin %0,5 ile %1'i arasında olmalıdır.

Patlayıcı, kayacın içerisinde ne kadar iyi dağılırsa verimlilik o kadar artar. Bu durumda küçük delik çapı ve dar geometri, her zaman için daha çok verim sağlamaktadır. Delik çapı arttırıldığı zaman, içerisine konulacak patlayıcı miktarı da artacağından delik geometrisinin genişlemesine sebep olacaktır. Böylece, delik geometrisinin genişlemesi de patlayıcının kayacı daha geniş açı ile etkilemesine ve oluşan pasada tane boyutunun büyük olmasına neden olacaktır.

ç) Delik Eğimi

Patlatmalarda deliklerin çoğunluğu açılı delik delmenin güçlüğünden dolayı dik delinmektedir. Ancak dik delikler, eğimli basamaklara uygulandığında, tabanda yük mesafesi oldukça artmaktadır. Bu durum da tabanda sıkışmaya ve tırnak kalmasına, üst bölümde ise taş savrulmasına neden olur. Bu sebeple, eğimi delik boyuna eşit olacak şekilde dağıtılabilmesi yönünden önemlidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014) (Şekil 2.6).

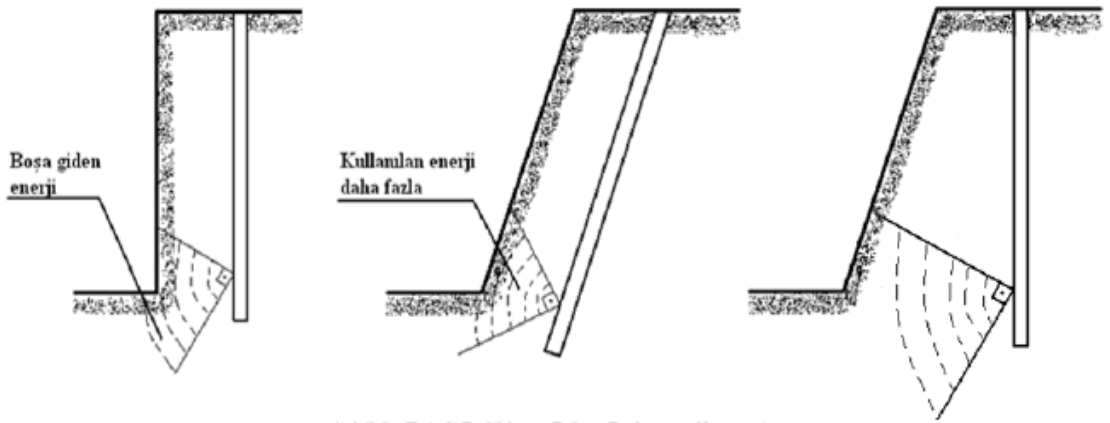
Delik eğimi, eğimli deliklerde çok iyi bir şekilde ayarlanmalıdır. Delik boyunca yük mesafesi bazı yerlerde çok, bazı yerlerde az olmamalıdır. Yoksa bu durum kaya fırlamasına sebep olabilir.

Eğimli deliğin, dik deliğe göre avantajları şunlardır;

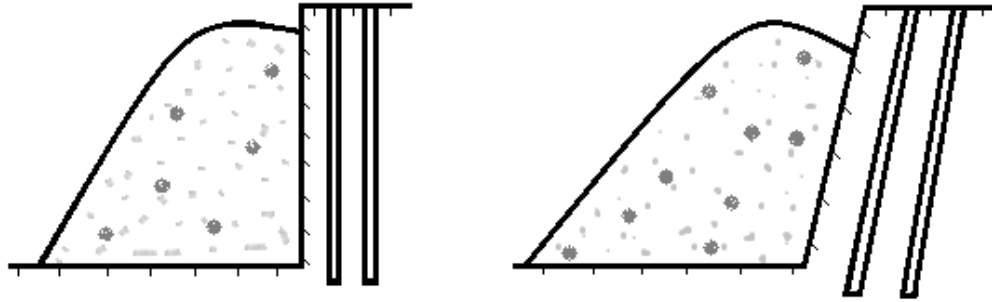
- Dilim kalınlığının artmasına bağlı olarak delik delme ve patlayıcı maliyetinin düşmesi,
- Yükleme uygun kayaç yığınının oluşması (kayaç yığını yüksekliği düşük olacağından, daha geniş alana yayılacak ve yükleme daha kolay yapılacaktır) (Şekil 2.7),
- Basamak köşelerinin duraylı olması,
- Daha az geriye çatlatma ve tırnak problemi ve
- Deliğin her metre başına üretimi, eğimli deliklerde dik deliklere oranla daha fazla olmaktadır.

Eğimli deliklerle yapılan üretimin dezavantajları ise şunlardır;

- Delik yerleri belirlenirken yapılan hata oranı artmakta ve
- Delik delme işlemi yoğun bir şekilde kontrol altında tutulamamaktadır.



Şekil 2.6. Eğimli deliklerin taban zorluğunu yenmesi (Erkoç, 1990).



Şekil 2.7. Dik ve eğimli deliklerle yapılan patlatma sonrası oluşan pasa geometrisi (Köse vd., 2001).

d) Taban Payı (Dip Delgi)

Pasanın verimli şekilde kaldırılmasında ve yükleyici makinaların verimli çalışabilmesi için taban durumu çok önemlidir. Delikler tam basamak yüksekliğinde delindiğinde tabanda tırnak adı verilen sert bir kısım kalır. Bu da yükleyici ve kazıcı makineler açısından önemli sorunlara sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, delikler aynayı tam tabanından kesecek şekilde biraz daha derin delinir. Bu fazlalığa da “taban payı veya tırnak payı” denir (Şekil 2.8). Genellikle uygulamalarda taban payı, basamak yüksekliğinin %10’u kadar alınır. Araştırmacıların çoğunluğu, taban payını (U), dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bunlardan bazıları;

$$U (m) = (0,1 - 0,5) * V \quad (\text{Dick ve Arkadaşları, 1983}) \quad [2.2]$$

$$U (m) = 0,3 * V \quad (\text{Konya ve Walter, 1990; Tamrock, 1984}) \quad [2.3]$$

$$U (m) = 8,0 * Q \quad (\text{Hagan’ın önerisi, Bilgin, 1986}) \quad [2.4]$$

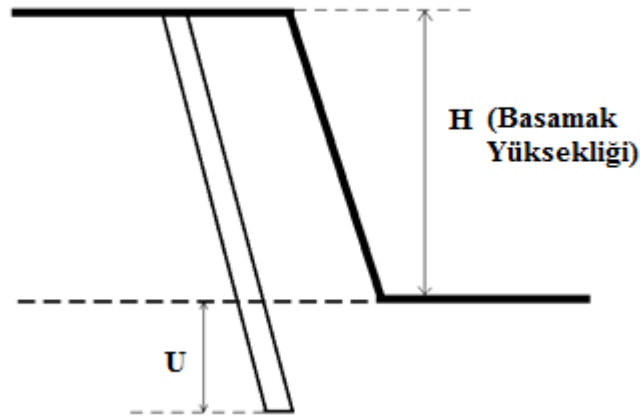
$$U (m) = (0,2 - 0,5) * V \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987}) \quad [2.5]$$

$$U (m) = (0,2 - 0,3) * V \quad (\text{Hoek ve Bray, 1991}) \quad [2.6]$$

$$U (m) = 0,3 * V \max \quad (\text{Olofsson, 2002}) \quad [2.7]$$

Q: Delik çapı (m)

V: dilim kalınlığı (m)



Şekil 2.8. Taban payı (U).

e) Sıkılama Boyu

Delğin en üst kısmına patlayıcı maddeyi kapamak üzere ve delği tamamen dolduracak şekilde patlayıcı olmayan bir madde (kum, çakıl, talaş, delme makinesi kırıntıları vb.) konulmaktadır. Bu maddeye “sıkılama” denilmektedir. Sıkılama, patlatma sonrası oluşan yüksek basınçlı gazları hapsederek, gazın serbest yüzeye doğru yönelmesini ve malzemenin ötelenmesini sağlar. Sıkılama boyu, yük mesafesi, delik çapı, sıkılama malzemeleri ve kayaca bağlı olarak belirlenir. Sıkılama boyu iyi belirlenmediğinde, hava şoku, kaya fırlaması ve gaz kaçağı meydana gelmektedir. Sıkılama; enerjinin havaya kaçmasını engelleyerek oluşan enerjiyi kayaya yöneltir ve böylece iyi bir parçalanma, yığın şekli ve gevsemeye olumlu etkide bulunur. İyi yapılan sıkılama, delikteki yüksek gaz basıncını uzun süre muhafaza ederek patlatmanın verimini artırır. Bu patlama sonrasında yapılan işlerin (yükleme, taşıma v.b) toplam maliyetini arttırmadığı gibi delme ve patlatma maliyetini de azaltır. Dilim kalınlığı, sıkılama boyu ve kullanılan sıkılama malzemesine bağlı olarak uygun şekilde artırılabilir (Toprak, 2012).

Uygun parçalanma derecesinde yığın boyut dağılımının optimum olması, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevre etkenlerin en az seviyede olması için sıkılama boyu ve sıkılama malzemesinin türü önemlidir. Bir çok araştırmacı yaptıkları çalışmalar sonucunda, sıkılama boyunu dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak kabul etmiş ve aşağıda verilen yaklaşımlarda bulunmuşlardır;

$$h_0 \text{ (m)} = V \quad (\text{Langfors ve Kihlstrom, 1978; Gustafsson, 1973; Olofsson, 2002}) \quad [2.8]$$

$$h_0 \text{ (m)} = (0,70 - 1) * V \quad (\text{Tamrock, 1984}) \quad [2.9]$$

$$h_0 \text{ (m)} = (20 - 60) * Q \quad Q: \text{ Delik } \text{çapı (m)} \quad (\text{Bilgin, 1986}) \quad [2.10]$$

$$h_0 \text{ (feet)} = 0,7 * Q \quad Q: \text{ Delik } \text{çapı (feet)} \quad (\text{Konya ve Walter, 1990}) \quad [2.11]$$

$$h_0 \text{ (m)} = (0,67 - 2) * V \quad (\text{Hoek ve Bray, 1991}) \quad [2.12]$$

Konya (1990), yukarıdaki yaklaşımına ek olarak patlayıcı madde gücü ve kayaç yoğunluğunu da dikkate alarak şu formülü önermektedir;

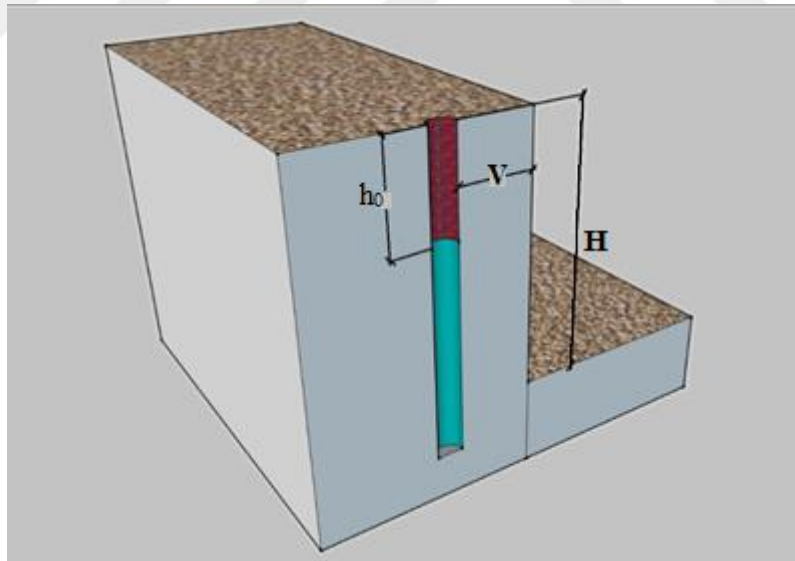
$$h_0 \text{ (feet)} = 0,45 * Q_e * (S_{tv} / SG_r)^{0,33} \quad [2.13]$$

Q_e : Delik çapı (inç)

S_{tv} : Patlayıcı maddenin hacimce gücü

SG_r : Kayanın özgül ağırlığı (gr/cm^3)

Normal koşullarda sıkılama boyu, dilim kalınlığına eşit olarak alındığı zaman oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca sıkılama boyu, delik boyunun %30'u seçilebilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Sıkılama boyu.

f) Delik Hata Payı

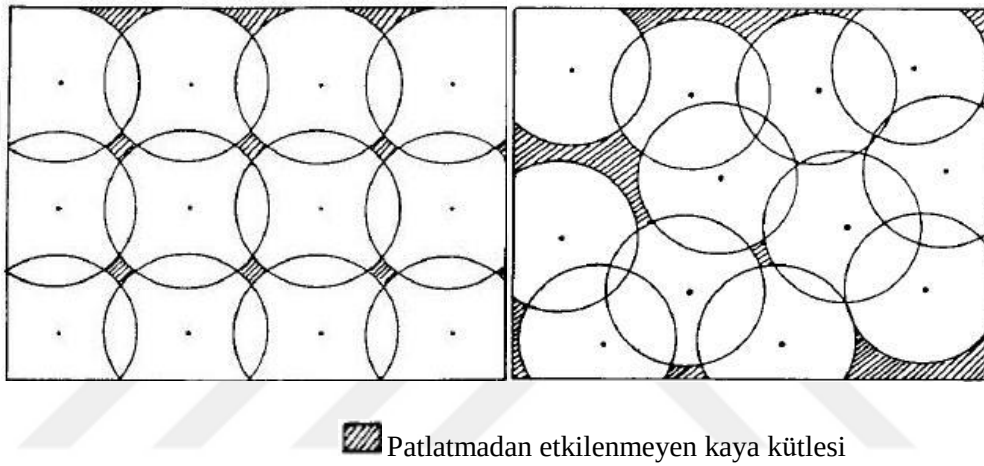
Basamak delinmesinde deliğin düzgünlüğünü etkileyen parametreler;

- Kayacın yapısal özellikleri,
- Delik yerinin saptanmasındaki hatalar ve

- Deliğin kayaç içinde sapmasıdır.

Kayacın yapısında bulunan şistozite, açık boşluklar ve çatlaklar ile bu çatlakları dolduran yumuşak malzemeler deliğin düzgün olmasını engellediğinden dolayı deliklerin de planlanan yönden sapmasına neden olmaktadır.

Delici makine tijlerinin uygun sertlikte olmaması veya matkap çapının tij çapından daha fazla olması delik sapması olasılığını arttırmaktadır. Şekil 2.10 Kare delik düzeninde delik çevresindeki etki alanlarını göstermektedir.



Şekil 2.10. Kare delik düzeninde delik çevresindeki etki alanları; a) Sapma olmadan delinen delikler, b) Dilim kalınlığında %30 sapma ile delinen delikler (Lownds,1976).

İstenilen yığın büyüklüğüne ulaşabilmesi için dikkat edilmesi gereken önemli etkenlerden birisi de deliklerin planlanan büyüklüklerde delinmesidir. Fakat delik delme işlemine ne kadar dikkat edilse de delme işlemi sırasında bazı sapmalar görülebilir. Önemli olan da bu sapma miktarlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmasıdır. Bazı araştırmacıların delik hata payı için buldukları tolerans değerler şunlardır;

$$DH = 0,05 + 0,03 * H \quad (\text{Langerfors ve Kihlstrom, 1973; Gustafsson, 1973}) \quad [2.14]$$

$$DH = 0,05 + 0,03 * K \quad (\text{Tamrock, 1984}) \quad [2.15]$$

$$DH = (Q/1000) + 0,03 * K \quad (\text{Olofsson, 2002}) \quad [2.16]$$

DH: Delik hata payı (m)

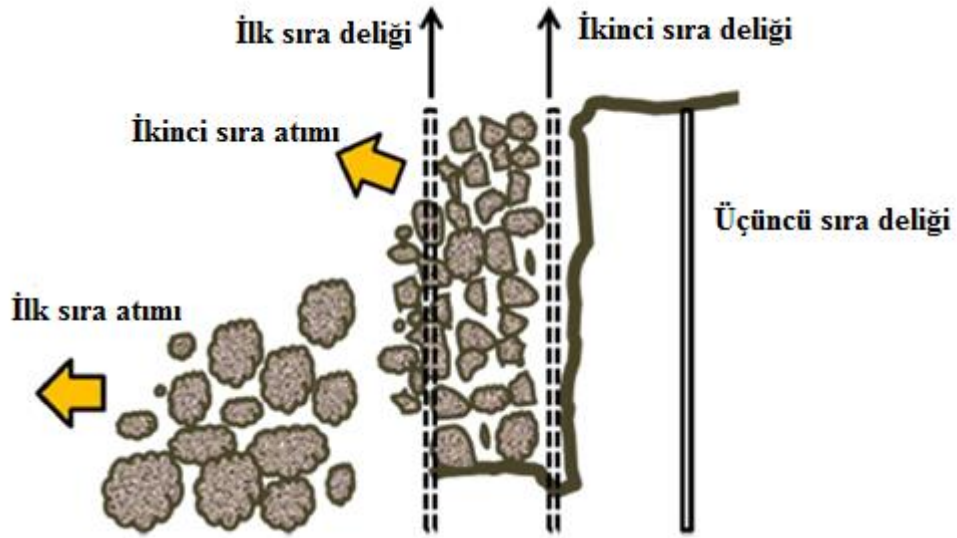
H: Basamak yüksekliği (m)

K: Delik uzunluğu (m)

Q: Delik çapı (m)

g) Gecikme Zamanının Belirlenmesi

Emniyetli ve istenilen boyutlardaki parçalanmayı oluşturacak bir atımın gerçekleştirilmesi için gerek aynı sıradaki delikler, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme paterni belirlenmelidir. Çok sıralı atımlarda tırnak kalması, parça boyutu denetlenmesi, yersarsıntısı, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevresel etkilerinin olmaması için bir gecikme süresi belirlemek zorunludur. Gecikme aralığı belirlenirken, ön sıra patlatıldıktan sonra bir arkadaki sıra için yeterli hacmin ortaya çıkmasına yetecek kadar hareket etmesini sağlayacak şekilde bir seçim yapılmalıdır. Böylelikle sıralar birbirini uygun aralıklarla takip edecek ve taban sıkışması da olmayacaktır (Şekil 2.11). Şekil 2.12’de de örnek bir gecikmeli nonel kapsül kullanılan delikler gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Gecikme paterninin patlatma üzerindeki etkisi.

Araştırmacılardan bir çoğu, gecikme zamanını dilim kalınlığı ile ilişkilendirmiş ve şu şekilde ifade etmişlerdir;

Deliklerarası gecikme zamanı (t_h);

$$t_h \text{ (ms)} = t_r * S \quad (\text{Konya ve Walter, 1990}) \quad [2.17]$$

$$t_h = 5 * V \quad (\text{Larsson ve Ark., 1985'in önerisi; Kahrman 1999}) \quad [2.18]$$

$$t_h = (V/305) + PC/V_e + V/23 \quad (\text{Ashby, 1990'ın önerisi; Kahrman 1999}) \quad [2.19]$$

Burada;

t_r : Delikten deliğe gecikme sabiti (ms)

V : Dilim kalınlığı (m)

PC : Ateşlenecek kolon boyu (m)

V_e : Patlatma hızı (m/s)

S : Delikler arası mesafe (m)

Sıralar arası gecikme zamanı;

$$t_r = (3 - 5) * V \quad (\text{Langefors, 1978}) \quad [2.20]$$

$$t_r = T_R * V \quad (\text{Konya ve Walter, 1990}) \quad [2.21]$$

$$t_r = (333 * 3^{2,17}) / (H * I_b^{0,39}) \quad (\text{Larsson, 1985'in önerisi; Kahriman 1999}) \quad [2.22]$$

$$t_r = 12 * V \quad (\text{Olofsson, 2002}) \quad [2.23]$$

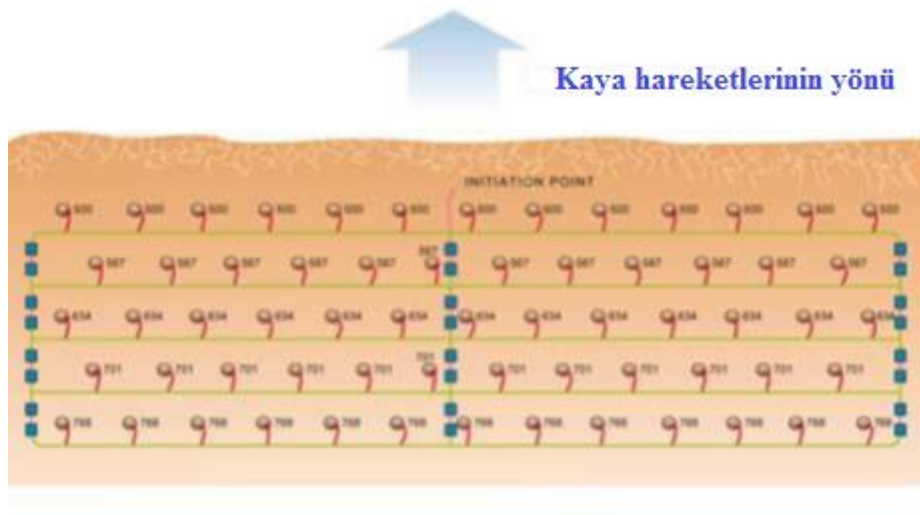
Burada;

T_R : Delik sıraları arasındaki gecikme sabiti

V : Dilim kalınlığı (m)

H : Basamak yüksekliği (m)

I_b : Şarj yoğunluğu (kg/m^3)



Şekil 2.12. Örnek bir gecikmeli nonel kapsül kullanılan delikler (Toprak, 2012).

h) Dilim Kalınlığı

Patlatma geometrisi tasarımında, diğer tüm parametreleri de etkilediğinden dolayı dilim kalınlığı seçimine dikkat edilmelidir.

Şev ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arasındaki uzaklığa “dilim kalınlığı” denilmektedir. Bir atımın basamak patlatması olarak ifade edilebilmesi için dilim kalınlığının, basamak yüksekliği en fazla olan basamağa göre yarısı kadar olmalıdır.

Çok sert ve masif veya bloklu kayaç yapılarında iyi bir parçalanma elde edebilmek için dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe küçük olmalıdır. Bunun yanı sıra iyi parçalanma aranmıyorsa veya çok çatlaklı tabakalarda başarılı delik delmek için büyük çaplı delik ve büyük dilim kalınlığı seçilebilir. Kayacın özellikleri de göz önüne alınarak, uygun parçalanma ve tırnak oluşmasını önlemek için optimum dilim kalınlığı hesaplanmalıdır (Toprak, 2012);

$$V = (25-40) * Q \quad [2.24]$$

V : dilim kalınlığı (m)

Q : delik çapı (mm)

Dilim kalınlığı optimum değer in altında olduğunda gerilim dalgaları, patlayıcı deliğ in önündeki kayacı çok hızlı bir şekilde parçalar ve atma enerjisi de gürültü ve hava şoku şeklinde atmosfere dağılır. Ayrıca, kaya fırlaması ve yığının etrafa saçılması kontrol altına alınamaz. Dilim kalınlığı optimum değer in üstünde ise gerilim dalgaları kayacı parçalayamaz ve atma enerjisi de kayacı yığın haline getirmekte yetersiz kalır. Seçilen dilim kalınlığı ayna yüzeyinin çökme etkisini azaltmalı, etkili kazı ve yükleme işlemi için kayacın iyi kırılmasını, kayaç yığınının ötelenmesini sağlamalı, yığın şekli yüklemeye elverişli olmalı ayrıca bu işlemlerinde maliyeti en az olmalıdır. Dilim kalınlığı hesaplanırken sadece yukarıdaki formüle bağlı kalmadan delik sapması, teorik delik yerinin uygulamada tutturulamaması ve patlayıcı delik arasındaki sapmalar da hesaba katılmalıdır. Bir başka deyişle, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, delik taban payı, gecikme aralığı, dip şarj boyu, kolon şarjı boyu gibi diğer tüm tasarım parametreleri dilim kalınlığının bir fonksiyonudur. Bu durumda, patlatma tasarımı yapılırken dilim kalınlığı kritik bir parametre olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise, delme patlatmanın ekonomikliğinde, kaya fırlamalarında, yer sarsıntılarında, emniyetin sağlanmasında önem taşımasıdır.

Araştırmacıların büyük bir kısmı işletme şartlarına uygun olan dilim kalınlığını belirlemek için çalışmalar yapmış ve çeşitli yaklaşımlarda bulunmuştur. Bu yaklaşımların dışında yapılan deneme yanılma yöntemiyle dilim kalınlığı belirleme günümüzde hala devam etmektedir.

Çeşitli araştırmacıların dilim kalınlığı için önerdikleri bağıntılardan bir kısmı sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler geliştirmiştir. Diğer bağıntılar ise bu büyüklüklerin yanı sıra kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate almışlardır. Bu yaklaşımlar;

$$V_{\max} = 0,045 * Q \quad (\text{Gustaffson, 1973}) \quad [2.25]$$

$$V_{\max} = (Q/33) * (P * s) / [C_0 * f * (S/B)]^{0.5} \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978}) \quad [2.26]$$

$$V = (25-35) - 12 * Q_i \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987}) \quad [2.27]$$

$$V = 0,024 * Q + 0,85 \quad (\text{Arıoğlu, 1990}) \quad [2.28]$$

$$(V = V_{\max} - DH)$$

$$V = 3,15 * Q_i * (SG_e / SG_r)^{0,33} \text{ (feet)} \quad (\text{Konya & Walter, 1990}) \quad [2.29]$$

$$V = 10-3 * K_r * Q * (P_p / \sigma_{\phi})^{0,5} \quad (\text{Pearse formülü, Arıoğlu, 1988'in önerisi; Kahrıman 1999}) \quad [2.30]$$

$$V = [(Q_b + Q_p)] / [(S/B) * H * K_{tp}] \quad (\text{Zeigler, 1991'in önerisi; Kahrıman 1999}) \quad [2.31]$$

$$V_{\max} = 1,36 * (I_b)^{0,5} * R_1 * R_2 \quad (\text{Olofsson, 2002}) \quad [2.32]$$

$$V = [(K_o / (\mu * n * \tan(\theta/2))]^{0,5} * Q * [(SG_e * Q_e / Q_{er}) / (\sigma_b^2 / (2E_d * n * Q_{er}))]^{0,5} \quad (\text{Kou ve Rustan, 1992}) \quad [2.33]$$

Burada kullanılan semboller:

$V_{\max}$: Maksimum dilim kalınlığı (m)

Q : Delik çapı (mm)

I_b : Şarj yoğunluğu (kg/m)

R_1 : Delik eğimi düzeltme faktörü

R_2 : Kaya düzeltme faktörü

Q_i : Patlayıcı maddenin çapı (inç)

SG_e : Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı (kg/m³)

SG_r : Kayanın özgül ağırlığı (kg/m³)

P : Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu (kg/m³)

C_0 :	Kaya patlatma katsayısı
f :	Atım güçlük katsayısı
s :	Patlayıcı maddenin ağırlıkça gücü
S :	Deliklerarası mesafe (m)
DH :	Delik hata payı (m)
Q_b :	Dip şarj miktarı (kg)
Q_p :	Kolon şarj miktarı (kg)
H :	Basamak yüksekliği (m)
K_{tp} :	Teknik şarj faktörü
K_r :	Kaya faktörü
P_p :	Delikteki patlama basıncı (Mpa)
σ_{ϵ} :	Kayanın çekme dayanımı (Mpa)
P_d :	Detonasyon basıncı (Mpa)
n :	Enerji iletim verimi
μ :	Kırılma enerjisi ile maksimum basınç defomasyon enerjisi arasındaki oran
Q_e :	Patlayıcı ısı enerjisi (kJ/kg)
Q_{er} :	Referans patlayıcının ısı enerjisi (kJ/kg)
θ :	Kırılma açısı (derece)
E_d :	Dinamik elastisite modülü (GPa)
σ_b :	Kayanın tek eksenli basma dayanımı (MPa)

Bu formüllerin dışında en uygun dilim kalınlığının belirlenmesinde Rustan (1992), Bilgin (1986), Paşamehmetoğlu vd. (1993) her bir işletmede, tek delik düzeninin uygulanmasının daha olumlu sonuçlar vereceğini ifade etmektedirler.

Patlatma geometrisi parametreleriyle birlikte çalışılan kayaçların madde ve kütle özelliklerini belirli ölçülerde kullanmanın yanında, kullanılan patlayıcı madde özelliklerini de

dikkate alan yaklaşımlardan uygulama sonucunda daha olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Bu yaklaşımları özetlemek gerekirse;

Konya (1990) yaklaşımında; kayanın sadece yoğunluğunun hesaba katılması sebebiyle kullanımının sınırlı olacağı düşünülmeye rağmen zayıf formasyonlarda bu yaklaşım iyi sonuçlar vermiştir. Pearse (1988) yaklaşımı; kayanın çekme dayanımını esas aldığından ön tasarımlarda olumlu sonuçlar vermektedir. Bu yaklaşımın süreksizlik yönelimini de göz önüne alması olumlu sonuçlar elde etmesinde bir yarar sağlamaktadır. Bu yaklaşım özellikle kalkerli formasyonlarda başarı göstermektedir. Kayanın diğer özelliklerini göz önüne almaması kullanım alanını sınırlandırmıştır. Arıoğlu (1990) yaklaşımı ise; özgül şarj, patlatma geometrisi büyüklükleri ve patlayıcı madde özelliklerini de hesaba kattığından dolayı daha doğru sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu yaklaşım kullanırken, birim patlayıcı madde tüketimi ve kayacın özellikleri göz önünde tutularak yapılan hesaplamalarda başarı oranını artacaktır.

Rustan (1992) yaklaşımında; tek sıra delik düzeni ile dilim kalınlığı belirlemenin, zor olduğu ve maliyet artışı dikkate alınmadığında oldukça iyi sonuçlar elde edildiği belirlenmiştir. Kou ve Rustan (1992) yaklaşımında; kayaların dinamik elastisite modülü, basma dayanımı, patlayıcı madde özellikleri, delik çapı ve diğer geometrik büyüklükleri hesaba katmasıyla olumlu sonuçlar vereceği düşünülmeye rağmen süreksizlik ve yönelimleri hesaba katmaması sonucu yapılacak tahminlerde yanlışların olabileceği belirtilmiştir.

Langefors ve Kihlstrom'un (1978) yaklaşımında; (özellikle sağlam kayaçlarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı), delik çapı ile diğer geometrik parametreleri ve patlayıcı özelliklerini dikkate aldığı için uygulamalarda çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Fakat bu yaklaşım da kaya patlatma katsayısının çok dikkatli bir şekilde hesaplanması gerekmektedir, hatta test atımlarının da yapılması gerekli olabilir.

1) Delikler Arası Mesafe

Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıklarına “delikler arası mesafe” denir. Delikler arası mesafe (S); dilim kalınlığı, delik çapı, basamak yüksekliği, kayaç özellikleri ve parçalanma ile yığın dağılımına bağlıdır. Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı arasındaki en uygun oranın 1,1 ile 1,4 arasında olduğu yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür. Genelde dilim kalınlığının bir fonksiyonu gibi ifade edilse de delikler arası mesafenin belirlenmesinde birçok faktör etkilidir. Kayaç kazılarında;

$$S = 1,25 * V$$

(Olofsson, 2002)

[2.34]

S = delikler arası mesafe (m)

V = dilim kalınlığı (m)

Sabit özgül delik ve özgül şarj ile şeşbeş delik düzeni kullanıldığı zaman S/V oranı 4'e çıksa bile kayaç parçalanması iyi olur. Delikler büyük çaplı kullanıldığında ise bu oran 1'e kadar inmektedir. Diğer araştırmacıların bu konuya yaklaşımları ise şu şekildedir;

$$S = 1,8 * V \quad (\text{Tek sıra delik için}) \quad (\text{Hempfill,1981}) \quad [2.35]$$

$$S = [V * (h_b + h_p)]^{0,5} \quad (\text{Çok sıralı ve gecikmesiz}) \quad \text{eğer } (h_b + h_p) \leq 4 \text{ ise } (\text{Hempfill, 1981})$$

$$S = 2 * V \quad \text{eğer } (h_b + h_p) \geq 4 \text{ ise} \quad (\text{Hempfill, 1981}) \quad [2.36]$$

Burada;

h_p : Kolon şarj boyu, (m)

h_b : Dip şarj boyu, (m)

$$S = (1,15 - 1,25) * V \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978}) \quad [2.37]$$

$$S = 2 * V \quad (\text{Dick vd, 1983}) \quad [2.38]$$

$$S = (1 - 1,8) * V \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987}) \quad [2.39]$$

Tüm bu araştırmacıların aynı fikirde olduğu konu ise, delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1' in altında olursa sıkılama malzemesinin erken boşalması ile delikler arasında erken çatlaklar oluşacaktır. Bundan dolayı gaz kaçışı hızlanacak, hava şoku, gürültü ve iri parça oluşumu meydana gelecektir. Eğer bu oran 1'in üstünde olursa; parçalanma istenmeyen şekilde olacak veya hiç olmayacaktır ve bunun sonucunda iri bloklar meydana gelecektir.

i) Özgül Şarj

1 m³ kayayı patlatmak için kullanılan patlayıcı madde miktarına “özgül şarj” denir. İstenen parçalanma derecesini sağlamak için patlatma deliğine konulacak patlayıcı miktarı, kayacın özelliklerine göre belirlenir. Bu miktarın bulunmasına ilişkin teorik yaklaşımlar olmasına rağmen, kullanılacak olan özgül şarj miktarı, kayacın birçok özelliğinin birlikte etkili olmasından dolayı deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Bu nedenle kaya kütle özellikleri ile optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirilmesi ile bu parçalanma derecelerine daha rahat ulaşılabilir.

Uygulamalarda kullanılan genel eşitlik;

$$q = Q_{top} / (S * V * H) \text{ tır.} \quad [2.40]$$

Burada;

q : Özgöl şarj (kg/m^3)

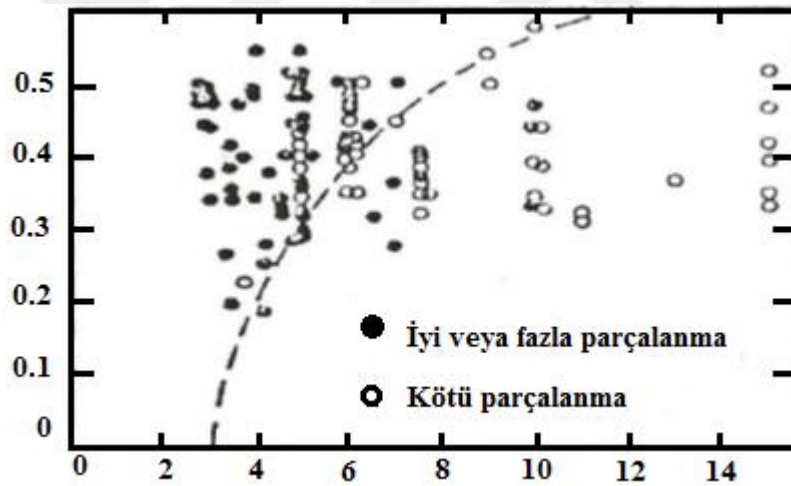
Q_{top} : Toplam şarj (kg) (Genellikle; $Q_{top} = \text{Kolon şarjı} + \text{Dip şarj}$ alınmaktadır.)

S : Deliklerarası mesafe (m)

V : Dilim kalınlığı (m)

H : Basamak yüksekliği (m)

Özgöl şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.13 bu iki parametre arasındaki bağıntıyı göstermektedir.



Şekil 2.13. Özgöl şarj ve sismik hız arasındaki ilişki (Broadbent, 1974).

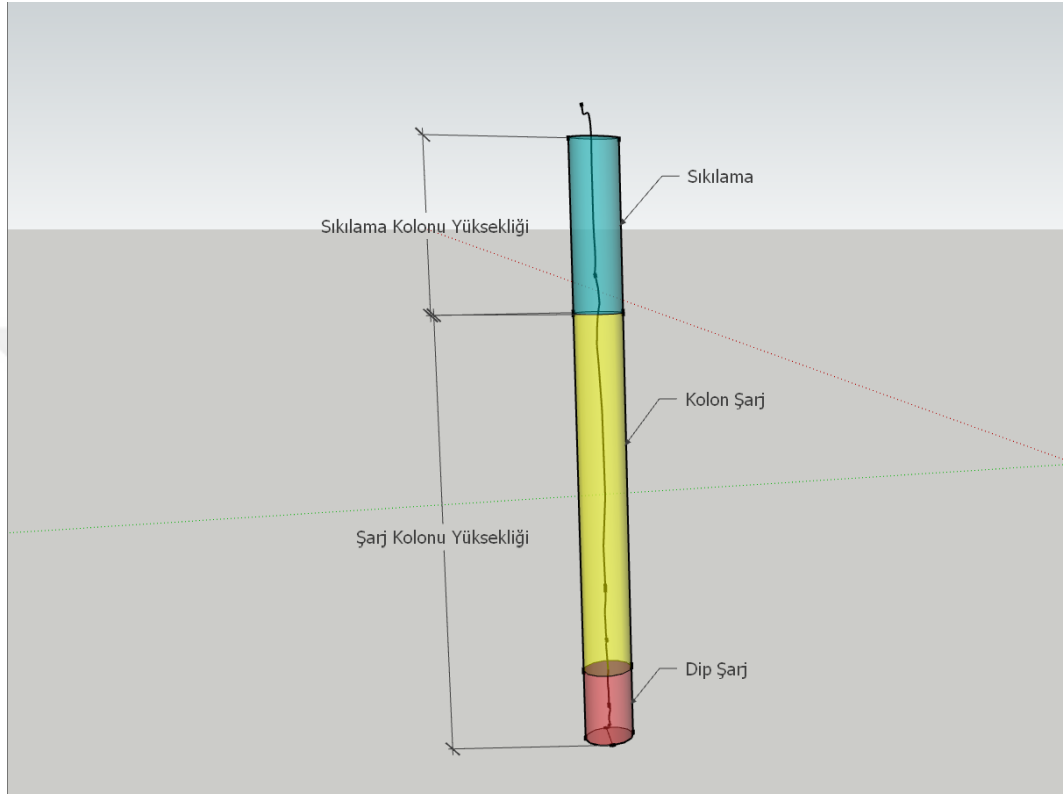
Diğer bir yaklaşım ise Ashby (1981) tarafından kaya kütlelerinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı göz önüne alınarak şu şekilde verilmiştir;

$$q = [1,4 * \tan (\phi + i)] / (\text{çatlak sayısı / metre})^{1/3} \quad (\text{kg/m}^3) \quad [2.41]$$

j) Dip Şarj ve Kolon Şarj

Delik planlanan koşullara uygun delindikten sonra patlatma işlemi için deliğe patlayıcı şarjı yapılır. Patlayıcı deliğinde deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye “dip şarj”, dip şarjın üzerine yerleştirilen de “kolon şarj” denir (Şekil 2.14). Genellikle basamak tabanına yakın

yerlerde kayanın parçalanmasının zor olduğu yerde dip şarj, kolon şarjına göre miktar ve patlayıcı gücü bakımından daha fazla olmalıdır. Kolon şarjı için gereken enerji, dip şarjın enerjisinin 0,4 ile 0,6 kadar olması yeterlidir (Toprak, 2012).



Şekil 2.14. Dip şarj ve kolon şarjın yerleşmesi.

Dip şarjda kullanılan kartuşlar kalın, kolon şarjında kullanılan kartuşlar ise incedir. Ayrıca patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması, ayna boyunca patlayıcı maddenin daha iyi dağılımını sağlar. Bununla ilgili bazı çalışmalar yapılmış ve şarj boyları dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilmiştir;

Dip şarj uzunluğu (h_b):

$$h_b = (0,3 - 0,6) * (V + U) \quad (\text{Dick vd., 1983}) \quad [2.42]$$

$$h_b \text{ (m)} = V + U = 1,3 * V \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978; Tamrock, 1984}) \quad [2.43]$$

$$h_b = (0,3 - 0,5) * V + U \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987}) \quad [2.44]$$

V : Dilim kalınlığı (m)

U : Taban payı (m)

Dip şarj miktarı (Q_b):

$$I_b = Q^2 * T / 100 \quad (\text{Gustafsson, 1973}) \quad [2.45]$$

$$I_b = (f/s) * (S/V) * 0,8 * C_o * V^2 \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978}) \quad [2.46]$$

$$I_b \text{ (kg/m)} = C_o * V^2 \quad (\text{Tamrock, 1984}) \quad [2.47]$$

I_b = Dip şarj yoğunluğu

$$Q_b \text{ (kg)} = I_b * h_b$$

f : Atım güçlük katsayısı

s : Patlayıcı maddenin ağırlıkça gücü

S : Delikler arası mesafe (m)

C_o : Kaya patlatma katsayısı

Q : Delik çapı (mm)

t_r : Gecikme sabiti

Kolon şarjı uzunluğu (h_p):

$$h_p \text{ (m)} = H - 2,3 * V \quad (\text{Olofsson, 2002; Tamrock, 1984}) \quad [2.48]$$

$$h_p = K - h_b - h_o \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987}) \quad [2.49]$$

h_o : Sıkılama boyu (m)

H : Delik boyu (m)

Kolon şarjı miktarı (Q_p):

$$I_p \text{ (kg/m)} = 0,4 * I_b \quad (\text{Tamrock, 1984})$$

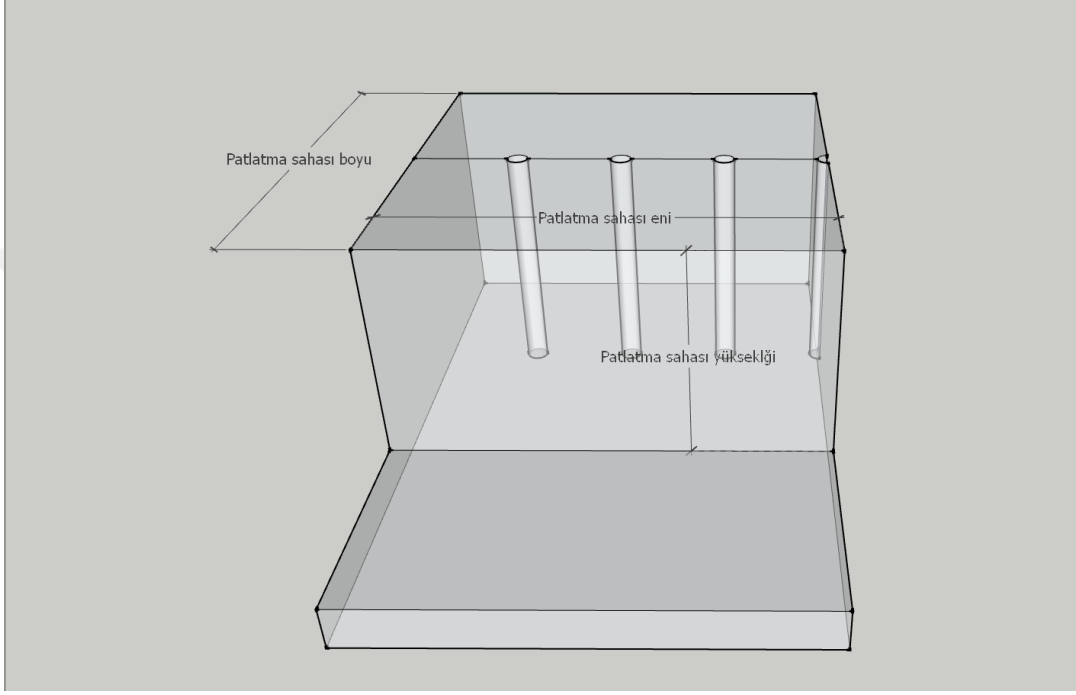
$$I_p = (0,4 - 0,5) * I_b \quad (\text{Langefors, 1978 ; Gustafsson, 1973}) \quad [2.50]$$

$$Q_p \text{ (kg)} = I_p * h_p$$

I_p : Kolon şarj konsantrasyonu

k) Patlatma Sahasının Eni ve Boyu

Patlatmanın yapılacağı sahanın eni ve boyunun bilinmesi, sahasının üç boyutlu şeklinin çıkarılması, patlatılacak toplam kayaç miktarının metreküp cinsinden belirlenmesi, deliklerin yerleşme düzeni gibi verilerin hesaplanması için gereklidir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Basamak yüksekliğinin, dilim kalınlığının, patlatma sahasının eninin ve boyunun durumu.

3. PATLAYICI MADDELER

Patlayıcı maddeler; ısı, darbe veya sürtünme sonucu çok hızlı olarak kimyevi değişikliğe uğrayan ve yüksek derecede sıcaklık, çok miktarda gaz ürünler meydana getiren organik veya inorganik bileşimlerdir (<http://www.nitromak.com>).

Patlayıcı maddeler, reaksiyon hızlarına göre belirlenir. Reaksiyon hızı, ses hızından düşük olursa parlayıcı madde, ses hızından yüksek olursa patlayıcı madde olarak tanımlanır. Patlayıcı maddelerin bu hızının etkisinden yararlanılarak kayaçların kırılması sağlanır.

Patlayıcı maddeler, çalışma ortamlarına ve kullanım amaçlarına bağlı olarak farklı özelliklerde üretilmektedirler. Patlayıcı maddeler askeri ve ticari amaçlı olmak üzere iki şekilde kullanılırlar.

3.1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

3.1.1. Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler

Temel patlayıcı madde olarak Alfred Nobel' in bulduğu nitrogliserin esaslı patlayıcılar, günümüzde hala kullanılmaktadır.

Nitrogliserin esaslı patlayıcılara, başlangıçta duyarlılığını kontrol altına almak için diatomit toprağı, daha sonrada donmasını engellemek için jelatinleştirici madde ilave edilmiştir. Patlayıcı maddelerin, gerekenden kuvvetli olmasını ve maliyetinin de artmasını engellemek için Amonyum Nitrat içerenleri üretilmiştir.

Patlatma konusunda çalışanlar, özellikle kullanacakları patlayıcı ile düz dinamiti karşılaştırırlar. Uluslararası kaynaklar da genellikle, farklı patlayıcıların kuvvetleri de buna göre değerlendirilmiştir. Düz dinamit, %92-94 nitrogliserin içeren ve %8-6 nitroselüloz ile jelatinleştirilmiş bir karışımdır. Kuvveti “100” veya “1” olarak kabul edilir (<http://www.nitromak.com>).

Nitrogliserin esaslı dinamitlerin depolama koşullarına çok dikkat edilmelidir. Depolama koşulları uygun olmayan veya tarihi geçmiş ürünlerde, nitrogliserin kusması meydana gelmektedir. Bu şekilde açığa çıkan nitrogliserin en küçük bir darbeden etkileneceğinden dolayı tehlikeli bir durum yaratabilir. Bu tür patlayıcı madde kullananlar, düzenli aralıklarla depoları ve patlayıcı maddeleri kontrol etmelidirler. Eğer patlayıcı maddelerde bir kuma meydana gelmiş ise yetkili firmaya haber verilerek kusmanın nitrogliserin kusması olduğu tespit edilmelidir. Bazı zamanlar nitroglikol ve dinitrotoluen maddeleride kuma yapabilir. Nitrogliserin olduğu kesin

olarak tespit edildiğinde, bu maddeler yetkili kişiler ile birlikte açıkta yakılarak ortadan kaldırılmalı ve depoda temizlenmelidir.

Nitrogliserin buharlaştığı zaman kişilerde baş ağrısı meydana getirmesi, nitrogliserin esaslı dinamitlerin dezavantajlarından birisidir.

Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddelerin zararlı etkileri göz önüne alınarak yerine harç patlayıcılar ve emülsiyon patlayıcılar kullanılmaktadır.

3.1.2. Amonyumnitrat esaslı patlayıcı maddeler

3.1.2.1. ANFO

ANFO, ağırlıkça %94,3 amonyum nitrat ile ağırlıkça %5,7 fuel-oil'in (mazot) homojen bir şekilde karıştırılması ile elde edilen patlayıcı maddedir. Bu karışımın ana maddesi olan amonyum nitrat, amonyak ile nitrik asidin reaksiyonundan elde edilen bir organik tuzdur. Bu tuz ilk başlarda sadece gübre olarak kullanılmıştır. 1947 yılında meydana gelen bir patlama sonucunda patlatma özelliğinin olduğu ortaya çıkmıştır (<http://www.orica-nitro.com.tr>).

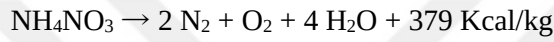
Az maliyetli ve güvenli bir patlayıcı madde arayışında olan madencilik sektöründe, ANFO'yu kullanmaya başlamışlardır. Sonraları araştırmacıların ve üniversitelerin konuya ilgi göstermeleri ile günümüzdeki kullanım tekniklerine gelinmiştir.

Teknik amonyum nitrat (TAN) için teknik bilgiler şunlardır;

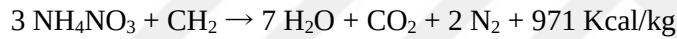
- Görünüş: Renksiz kristaller
- Molekül ağırlığı: 80 gr/mol
- Formasyon enerjisi: - 1051 Kcal/kg
- Oksijen balansı: + 20
- Nitrojen yüzdesi: 34,98
- Detonasyon gaz hacmi: 980 lt/kg
- Patlama ısısı: 385 Kcal/kg
- Kristal yoğunluğu: 1,72 gr/cm³
- Erime sıcaklığı: 169,6°C
- Detonasyon hızı: 2700 m/s
- Çözünme sıcaklığı: Erime sıcaklığında çözünme başlamaktadır.
- Darbeye duyarlılık: 5 Kp/m'e kadar reaksiyon yok
- Sürtünmeye duyarlılık: 35 Kp yüke kadar reaksiyon yok

Saf haldeki TAN, açık havada ısıtıldığında sadece kristal yapısı değişir. 170°C'ye kadar ısıtıldığında, erime ve çözünme aynı anda gerçekleşir. Çözünme esnasında N₂O ve H₂O oluşur ve ortama 110 Kcal/kg kadar ısı verdiğinden dolayı ekzotermik bir reaksiyon meydana gelir. Aynı zamanda, amonyak ve nitrik asitin oluştuğu ve ortamdan 553 Kcal/kg kadar ısı aldığı için endotermik olan reaksiyon meydana gelir. Açık havada ısıtma devam ettiği müddetçe reaksiyon da devam eder.

Gaz ürünlerinin rahatça uçmadığı koşullarda, basınç ile birlikte reaksiyon, karakterini değiştirir. Yapılan deneylergöre 68 atm değerine ulaşan basınç, patlamayla sonuçlanan bir ekzotermik reaksiyonu başlatır. Reaksiyonun denklemi (Sayınbatur, 2011);



şeklinde dir. Bu reaksiyon denkleminde, bir mol oksijen açığa çıkar. Amonyum nitrata katılan yakıt türü maddeler, açığa çıkan bu oksijeni tüketerek enerji elde ederler. Amonyum nitrata mazot katıldığındaki denklem;



olmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda enerjinin iki buçuk kat arttığı görülmüştür. Bunun yanısıra, özellikle kritik çapı düşürerek, patlama şartlarını tamamen değiştirir.

Patlatma deliğinin çapına göre ANFO' nun detenasyon hızı değişmektedir. 250 mm çaplı deliklerde, en yüksek detenasyon hızına ulaşır. 25 mm'den daha küçük çaplı deliklerde de patlama görülmemektedir. ANFO'dan en iyi verim, orta ve geniş çaplı deliklerde (75-250 mm) ve kuru ortamlarda alınmaktadır.

ANFO'dan verim elde edilebilmesi için gerekli olan özellikler şunlardır;

- Homojen bir mazot karışımı,
- Optimum detonasyon hızını verecek bir yoğunluk ve
- Akıcı granüllerden oluşan görünümüdür.

Bazı üreticiler, amonyum nitrati patlatma amacıyla kullanmak için gerekli kimyasal maddeler ile kaplayarak poroz granüller halinde üretmişlerdir. Kaplamada kullanılan maddelerin iki türü ve amacı vardır;

1. İnorganik Maddeler: Mikronize mineral tozlardır. Granüllerin etrafını sararak hem dayanıklılık sağlar hem de birbirleri ile teması keserek keseklenmeye engel olurlar. Üreticiye bağlı olarak %0,2 - 2 arasında kullanılmaktadırlar.

2. *Organik Maddeler*: Genelde yüzey aktif maddelerdir. Suyu seven ve mazotu iten bir madde olan amonyum nitrata, mazotu kimyasal olarak bağlayabilmek için kullanılırlar.

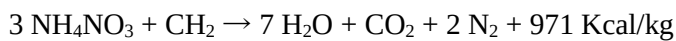
İnorganik ve organik maddeler ile kaplamanın diğer bir önemli fonksiyonu da prilleri çevre sıcaklığından korumaktır. Amonyumnitrat değişik sıcaklıklarda değişik kristal yapılar dönüşür. Ürünün sıcaklığı -18°C ve $+32^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında kristal yapısı değişir. Eğer ürün priller halinde ise bu değişikliklerle beraber ufalanma da başlar.

Ülkemizde özellikle 32°C değeri önem göstermektedir. Priller halinde üretilen amonyumnitratın depolanma sırasında sıcaklığı 32°C 'den yukarı ve aşağı bir veya iki kere 24 salındığında, prillerin ufalanması ve buna bağlı olarak keseklenmenin başlaması önlenemez olur. Ülkemizde üretilen ürünlerde buna hiç dikkat edilmez iken batı ülkelerinde özellikle sıcak ülkeler için üretilen “tropik kalite” amonyumnitrat, 32°C limitinde en az elli kere salındığında bile prill formunu koruyabilmektedir.

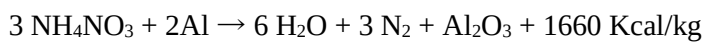
Özet olarak kullanım amacına uygun üretilen ;

- Amonyumnitrat mazot ile karıştırıldığında hem depolama sırasında hem de delik içinde homojen bir dağılım sağlar.
- Amonyumnitratın yoğunluğu sabit kalır. Böylece karışımın duyarlılığını olumlu yönde etkiler.
- Amonyumnitrat devamlı olarak akışkan granüller halinde olduğundan mekanizasyona olanak sağlar.

Ülkemizde yaygın olmayan bir uygulama da karışıma alüminyum tozu katılmasıdır. Alüminyum, oksijene karşı zayıf olduğu bilinen bir elementtir. Her koşulda oksijen ile birleşerek Al_2O_3 oluşturur ve ortama önemli miktarda ısı verir. Alüminyumun bu özelliğinden faydalanmak isteyen araştırmacılar, alüminyum tozu kullanarak ANFO'nun gücünü arttırmışlardır. Normalde mazot ile karışan amonyumnitrat (Sayınbatur, 2011);



enerji verirken, bu reaksiyon alüminyum ile yapıldığında;



enerji vermektedir. Bu durumda ortaya çıkan enerji ilk reaksiyonun 1,71 katıdır. Ayrıca detonasyon hızı ve patlama sıcaklığında da artışlar gözlenmiştir. Ancak alüminyum tozunun

maliyetinin fazla olması ve yapılan deneylerde %5'in üzerinde teorik enerji seviyelerine ulaşılamadığı için alüminyum tozunun kullanılması tercih edilmemektedir.

Alüminyum tozu kullanırken dikkat edilecek hususlar;

- Boya endüstrisi için kullanılan çok ince pul alüminyum tozu, infilak kazalarına neden olduğu için alüminyum tozunun granül tip olması,
- Havada askıda kaldığında tehlikeli bir patlayıcı karışım haline geldiğinden alüminyum granüllerinin tozumaması gerekir,
- Alüminyum granülleri, tozumaya ve havadaki oksijene karşı kaplanmalıdırlar,
- Alüminyum su ile ekzotermik bir reaksiyona girerek yangına neden olduğu için depolanırken kesinlikle su ile temas ettirilmemelidir.

3.1.2.2. Harç (slurry) patlayıcılar

ANFO verimli ve güvenli bir patlayıcı olmasına rağmen suya karşı dayanıksızdır. Çok sık karşılaşılan sulu delikler içinde suya dayanıklı fakat maliyeti fazla olan patlayıcılar kullanılmaktadır.

Gereksinimler sonucunda, ana maddesi amonyum nitrat olan harç patlayıcılar ortaya çıkmıştır. Amonyum nitrat suya karşı zayıf olduğundan dolayı içerisine bazı bitkisel yapıştırıcıların eklenmesiyle suda erimeye karşı dirençli karışımlar elde edilmiştir.

Bu karışımın içinde mazotun yerine kullanılacak yakıtlar aranmış, ABD'de savaş artığı TNT (trinitrotoluen) kullanılmaya başlanmış stoklarının azalmasıyla alüminyum tozu kullanılmıştır (Sayınbatur, 2011).

Önemli noktalar;

- Uygun oksijen dengesi veren karışımlar yaklaşık $1,5 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta olmasına rağmen detonasyona girmemektedirler. Karışımların duyarlı hale gelebilmesi için özel kimyasal maddelere ihtiyaç duyulmuş veya TNT ve alüminyum granüllerinin fiziksel özelliklerinde ayarlama gerekmiştir. Son gelişmelerde karışımın içine içi boş mikro cam baloncuklar eklenmiş veya hava kabarcıkları oluşturulmuştur. Harç patlayıcılar sadece kapsül ile patlayacak şekilde duyarlı üretilmiş ise (cap-sensitive) harç patlayıcı olarak tanımlanmakta ve aynen dinamit gibi ele alınmaktadır. Eğer detonasyonları ancak güçlü bir yemleme patlayıcısı ile sağlanıyorsa harç patlama maddesi olarak tanımlanmakta ve ANFO gibi ele alınmaktadır.

- Karışımlarda farklı kimyasal maddelerin kullanılması, zamanla maddelerin birbirleriyle etkileşmesine ve karışımın bozulmasına sebep olur. Özellikle alüminyum tozunun kullanıldığı karışımlarda, su ile reaksiyonundan hidrojen gazı açığa çıkmakta ve geride alüminyum hidroksit kalmaktadır. Bundan dolayı alüminyum tozunun su ile temasını engellemek için özel olarak kaplanmıştır. Karışımın pH'ını ayarlamak için eklenen nitrik asit, özellikle kireçtaşı gibi çevre kayaçlarıyla reaksiyona girerek sorunlar meydana getirmiştir.
- Harç patlayıcıların direkt olarak deliğe dökülebilmesi önemli özelliklerindendir. Patlayıcı deliği tam olarak dolduracağından, aktarma oranı ve delik içerisinde optimum yoğunluğun elde edilmesi açısından faydalıdır. Fakat uygulamalar sırasında, karışım deliğe pompalanırken, delik içerisindeki çatlaklara sızması gibi problemlerle karşılaşmıştır. Harç patlayıcıların katılaşması ve karışım içerisindeki hava kabarcıklarının oluşması sonrası patlayabilir hale gelmesiyle bu problem çözülebilmektedir.

3.1.2.3. Emülsiyon patlayıcılar

Emülsiyon patlayıcılar, suya dayanıklı amonyum nitrat esaslı patlayıcı üretirken ortaya çıkmıştır.

Genellikle mineral veya organik yağların büyük çoğunluğu su içinde çözünmemelerine rağmen özel katkı maddeleri sayesinde emülsiyon haline gelebilirler. Emülsiyonlar iki çeşittir. Birincisi su ortamı içinde bulunan yağ tanecikleri (su içinde yağ emülsiyonu), ikincisi yağ ortamı içerisinde bulunan su taneciklerinden oluşanlardır (yağ içinde su emülsiyonu).

İkinci çeşit emülsiyon haline getirilen yüksek konsantrasyondaki amonyum nitrat ile yakıt olarak kullanılan yağ (veya mazot) suya dayanıklı bir karışım haline gelirler. Bu karışımın emülsiyonun kıvamı, yağ ve emülsiyon ajanının oranıyla ayarlanır. Emülsiyon ajanının yüzdesi düşük ise akıcı, pompalanabilir bir kıvamda olmaktadır. Ancak emülsiyon ajanının yüzdesi yüksek ise pompalanamayan kartuşlar haline getirilen katı bir kıvam da olmaktadır.

Emülsiyon patlayıcıların duyarlılığının arttırılmasında içi boş mikro cam balonlar kullanılmaktadır. Bu yapılmadığında detonasyona girmezler. Emülsiyon patlayıcılarının enerjilerinin arttırılması için yüzdesine göre alüminyum tozu da ilave edilebilir.

Çapa bağlı olan infilak hızı 4500-6200 m/s, yoğunluğu 1.10-1.35 g/cm³ arasında değişmekte ve suya dayanıklılığı ile çok iyi bir özellik sergilemektedir. Çok uzun zaman depolandığında bile özelliğini muhafaza etmekte ve patlayıcı özelliğini yitirmeden deliklere şarj

edilebilmektedir. Bu özelliği sayesinde üretim planlamasında büyük yarar sağlamaktadır. İyi kaya kırma ve yüksek patlama hızı özelliklerine sahip olmasıyla patlatma deliklerinde ANFO'nun altına dip şarj olarak tercih edilmektedir.

Emülsiyon türü patlayıcılar delikleri tam olarak doldurduklarından patlatma anında şok dalgası ile kayacın tam temas halinde olduğu için kırılmanın çok verimli olmasını sağlar. Özellikle orta sertlikteki ve sert kayalar için uygun bir patlayıcı türüdür.

Emülsiyon patlayıcılar;

- Doğrudan deliğe pompalanabilir
- Kartuş halinde kullanılabilir
- Kapsüle duyarlı (explosive)
- Yemleme ile patlayabilen (blasting agent)

özelliklerde üretilmektedir.

3.1.3. Diğer patlayıcılar

Patlatmalarda TNT, Hexojen, PETN gibi maddeler özellikle batı ülkelerinde kullanılmıştır. Çok kuvvetli olan bu patlayıcılar, fazla maliyetli olduğundan sınırlı miktarda tüketilmiştir.

TNT, ikinci dünya savaşının sonunda çok miktarda stok olması ve maliyetinin az olmasından dolayı harç patlayıcılarda granüller halinde kullanılmıştır. Ancak günümüzde yerine alüminyum tozu kullanılmaktadır.

Kapsüle duyarsız patlayıcılar, ANFO ve harç patlayıcılar gibi mutlaka bir yemleme şarjına ihtiyaç duyarlar. Bu şarjlar dinamit kartuşlarından olabileceği gibi kalıp halindeki TNT, Hexojen veya diğer maddelerin karışımlarından da elde edilmektedir. İngilizce “booster” olarak ifade edilen bu yemleme şarjları pahalı olmasına rağmen, yüksek detonasyon basıncına sahip olduğundan ve nitrogliserin içermediğinden dolayı önemli avantajları vardır.

3.2. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri

Patlayıcı maddelerin seçiminin doğru olarak yapılabilmesi için bazı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

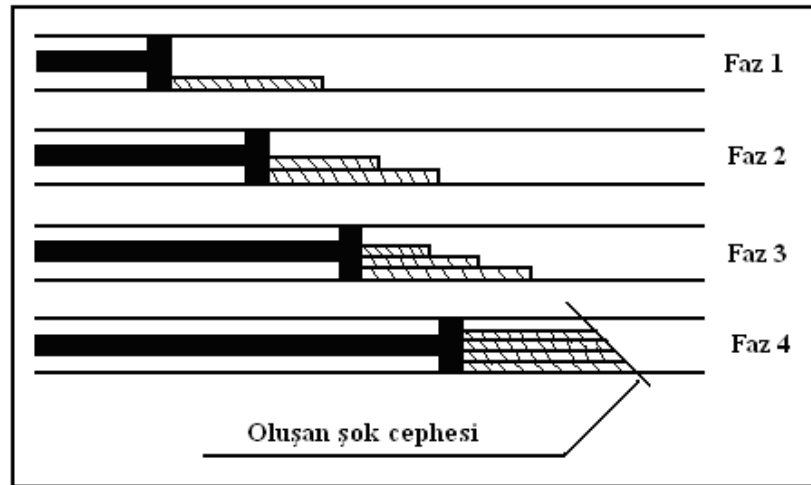
Geçmiş yıllarda nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler daha çok kullanıldığından dolayı özellikleri de buna göre belirlenmiştir. Patlayıcının kuvvetini ölçmek için kurşun blok testi yapılmış, ayrıca detonasyon hızı ve duman karakteri özellikleri incelenmiştir. Daha sonraki

yıllarda ANFO, slurry ve emülsiyon patlayıcıların kullanılmasıyla birlikte üzerinde durulması gereken özellikler artmıştır (Abdullahoğlu, 1993).

a) Detonasyon

Detonasyon, reaksiyonun hızını ifade etmektedir. Detonasyon hızı Dautriche Method ile hesaplanır veya elektronik cihazlarla ölçülür. Sıkıştırılmış (confined) yani çelik tüp içerisinde veya sıkıştırılmamış (unconfined) yani çelik tüp içerisinde olmayan patlayıcı maddelerin detonasyon hızı farklı değerlere sahiptir (<http://www.orica-nitro.com.tr/>).

Detonasyon şok dalgası anlamında gelmektedir. Basitinden başlayarak patlayıcı olmayan bir ortamdaki şok dalgasının yayılmasının incelemesinde Şekil 3.1'deki gibi, bir pistonun silindir içerisinde ivmeyle hareket ettiği var sayılsın. Pistonun önündeki hava sıkışacak ve belli bir miktar ısınacaktır. Ortam içerisinde, sıkışmanın yayılması sesin yayılma hızına eşit olacaktır. Şekilde, Faz 1'de pistonun önündeki taralı bölge, sıkışma ve ısınmayı göstermektedir. Pistonun ivmelenmesinin devam ettiği düşünüldüğünde daha uzun bir lineer aralık taradığı için birincisine ek olarak daha şiddetli bir sıkışma ve ısınma meydana gelecektir (Erkoç, 1990).



Şekil 3.1. Düzlemsel şok dalgasının oluşumu (Erkoç,1990).

Şekil 3.1'de Faz 2'de gösterilen bu yeni şok dalgası, birinci faza göre daha sıcak ortamda sesin yayılma hızının da artmasıyla beklendiğinden daha hızlıdır. Aynı ortamda yayılan bu iki sıkışmanın süperpoze (birbiri üzerine binmesi) olması da olağandır. Faz 3 ve Faz 4'de, piston ivmesinin devamı ile açıklanmaya çalışıldığı gibi ard arda oluşturulan, ortamın sıcaklığını, yayılma hızını arttıran ve süperpoze olan yeni sıkıştırma olaylarını göstermektedir. Her yeni

eleman diğerinden hızlı olduğu için elemanlar bir noktada birleşerek ve düzlemsel şok dalgasını oluşturacaklardır.

Bazı kaynaklarda, termodinamik esasları kullanarak hava içerisinde sıkıştırma oranının fonksiyonu olarak şok cephesinin hızını (D), cephe gerisindeki gazların hızını (W) ve yaratılan sıcaklığı (T_1) şöyle vermektedir (Sayınbatur, 2011);

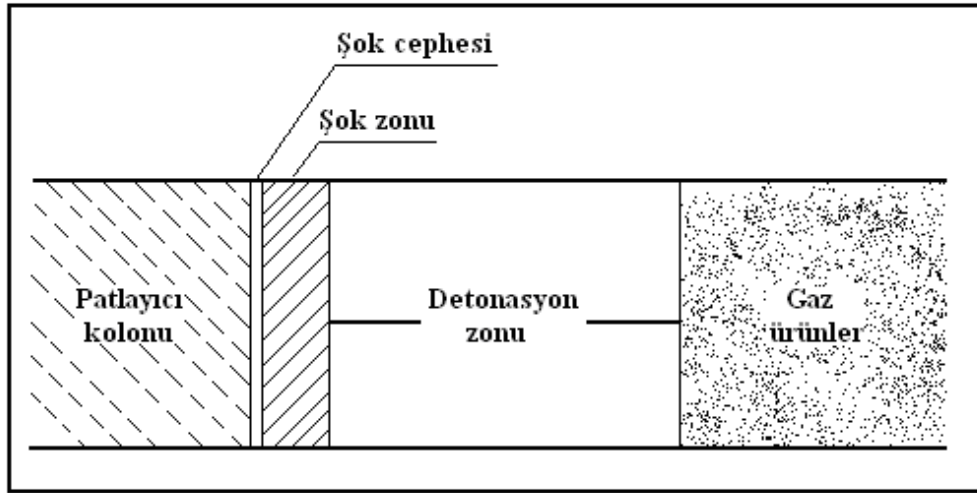
	<u>Dingin ortam</u>	<u>Şok cephesindeki ortam</u>
Basınç	P_0	P_1
Sıcaklık	T_0	P_1

Bunlara göre dingin ve şok cephesindeki ortamlarda basınç, sıcaklık ve hız ilişkisi Çizelge 3.1’ de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Dingin ve şok cephesindeki ortamlarda basınç, sıcaklık ve hız ilişkisi.

P_1/P_0	T_1 (°C)	D (m/s)	W (m/s)
2	63	452	175
5	209	698	452
8	345	875	627
10	432	978	725
20	853	1369	1095

Çizelge 3.1’ de dikkat edilmesi gerekenler, çok düşük sıkıştırma oranlarında bile şok hızının sesin yayılma hızını (330 m/s) aştığı ve büyük sıkıştırma oranlarında sıcaklığın çok yüksek seviyelere ulaşmasıdır. Buradan görülebileceği gibi böylesine bir şok cephesi, patlayıcı madde içeren ortamda reaksiyonu başlatacaktır. Patlayıcı kolonu içerisinde ilerleyen detonasyon cephesi, devamlı şekilde bir miktar patlayıcı maddeyi de reaksiyona soktuğu için gereken enerji oluşmakta ve hareketin durması söz konusu olmamaktadır.



Şekil 3.2. Detonasyon zonları (Erkoç,1990).

Şekil 3.2’de patlayıcı madde kolonu içerisinde oluşan detonasyonun elemanları görülmektedir. Buna göre detonasyon elemanları;

- Şok cephesi,
- Şok zonu,
- Detonasyon zonu ve
- Gaz ürünler zonu

olarak sıralanmaktadır. Patlamanın gerçekleşebilmesi için tüm elemanların oluşması gerekir. Bunlardan şok cephesi ve şok zonu her an oluşabilmektedir. Detonasyon zonunun uzunluğu ve oluşması, şok cephesinin hızına ve reaksiyon zamanına bağlıdır. Her patlayıcı madde farklı detonasyon zonu uzunluğuna sahiptir. Bu parametre patlayıcı maddelerin özelliklerini belirleyen unsurdur.

b) Yoğunluk

Patlayıcı maddelerin birim hacminin ağırlığı yoğunluk olarak tanımlanır. Detonasyon esnasında birim zamanda devreye giren kütleyi ifade ettiği için önemlidir. Aynı zamanda patlayıcının duyarlılığının ve detonasyon basıncının oluşmasında önemlidir. Aşağıda verilen formülde görüldüğü gibi yoğunluğun artmasıyla, detonasyon basıncı ile patlayıcının performansı da artar.

$$P_d = \rho * D * W \quad [3.1]$$

$$P_d = 2,5 * \rho * D^2 * 10^{-6} \quad [3.2]$$

Burada;

P_d : detonasyon basıncı (Kbar)

ρ : yoğunluk (gr/cm³)

W: gaz ürünlerinin hızı (m/s)

D: detonasyon hızı (m/s)

Böylece matematiksel olarak detonasyon hızına paralel patlayıcı madde yoğunluğunun da detonasyon basıncını nasıl etkilediği görülmektedir. Yoğunluğun artması ile detonasyon basıncı ve performansında artma gözlenir. Bundan dolayı bazı patlayıcılar kalıplama ve presleme yöntemleriyle yüksek yoğunluklarda üretilirler. Bu sayede TNT 1,64; Hexogen 1,82; Octagen 1,96 yoğunluğundaki maddeler kalıplar halinde yüksek tahrip güçlü patlayıcılar olarak hazırlanırlar. Fakat son zamanlarda, ANFO ve harç patlayıcılar (slurry explosives) gibi patlayıcılarda yoğunluğun ters etkileri gözlenmiştir (Sayınbatur, 2011).

c) Kuvvet

Belli bir ağırlıktaki patlayıcı maddenin sahip olduğu enerji patlayıcı maddenin kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Birimi ise kcal/kg, cal/gr'dır. Patlayıcı maddenin kuvveti iki türde incelenmektedir. Bunlar (<http://www.orica-nitro.com.tr/>);

1. *Ağırlık kuvveti (AWS, Absolute Weight Strenght)* : Her bir gram patlayıcının sahip olduğu enerji miktarına denir. Birimi Kcal/gr'dır.
2. *Hacim kuvveti (ABS, Absolute Bluk Strenght)* : Her bir cm³ patlayıcının sahip olduğu enerji miktarına denir. Birimi Kcal/cm³'tür.

Patlayıcı maddelerin kuvveti dört farklı yöntemle hesaplanmaktadır. Bunlar;

- Kurşun blok testi,
- Balistik testi,
- Nitrodyn ve
- Balon enerjisi testidir

Her patlayıcı madde farklı özellikler gösterdiğinden birbirlerinin yerini tutmamaktadırlar. Kimyasal reaksiyondan konuya başlanacak olursa, reaksiyon sonucunda elde edilen özgül enerji;

$$B = N \times R \times T \quad (\text{cal/gr}) \quad [3.3]$$

olarak tanımlanmaktadır.

Burada;

B: Özgül enerji

N: Reaksiyon ürünlerin özgül hacmi

R: Gaz katsayısı

T: Reaksiyon sıcaklığı (°K)

olarak alınmaktadır. Patlayıcı maddelerin özgül enerjileri teorik olarak hesaplanırken bir sorun yaşanmamasına rağmen yeterli olmamaktadır. Çünkü delik içerisinde, birim hacimde farklı yoğunluklarda patlayıcı maddeler bulunabilmektedir. Buna göre özgül enerji yoğunluk ile çarpılırsa;

$$E = B \times \rho \quad (\text{cal/cm}^3) \quad [3.4]$$

enerji yoğunluğu tanımını ortaya çıkar. Bu eşitlik ile patlayıcının birim hacimde sahip olduğu enerji hesaplanmaktadır. Son olarak, enerji yoğunluğu ile detonasyon hızı çarpıldığında patlayıcı maddenin enerji verme oranı hesaplanmaktadır.

$$I = E \times D \quad (\text{cal/cm}^2\text{-sn}) \quad [3.5]$$

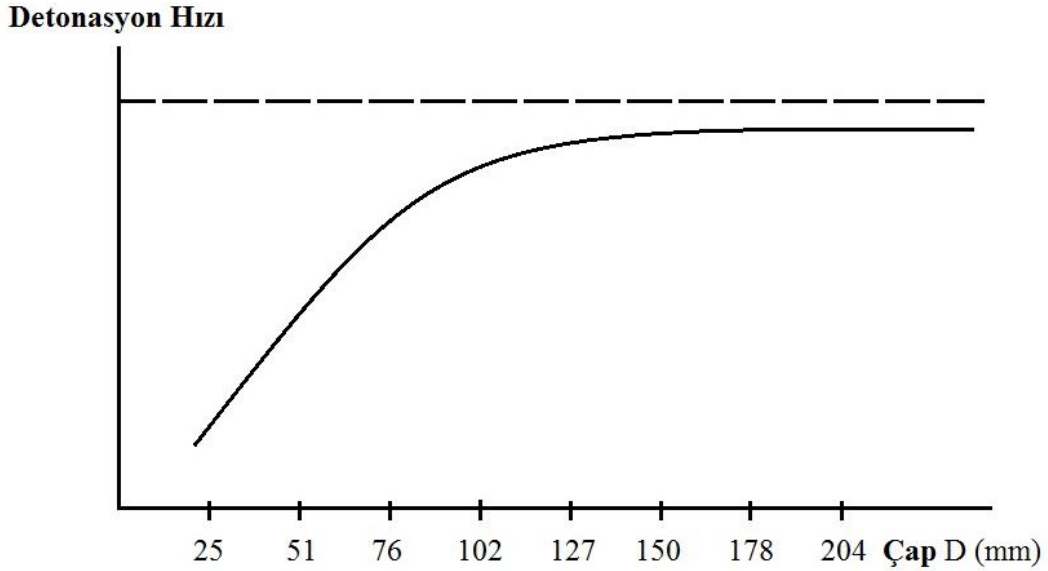
Bu eşitlik ile patlayıcı deliğinin birim kesit alanda, birim zaman içerisindeki enerji miktarını hesaplanmaktadır. Fakat bu eşitlikten yola çıkarak, başka bir patlayıcı madde seçimi yapmak yanıltıcı olabilir. Bu yüzden diğer özellikler de değerlendirilerek seçim yapılmalıdır (Sayınbatur, 2011).

ç) Kritik Çap

Bir noktadan tahrik edilen patlayıcı içinde küresel bir reaksiyon cephesi oluşur ve kısa süre içerisinde patlayıcının kolonu boyunca tek yöne hareket eden detonasyon cephesine dönüşür. Dönüşüm sırasında boyutlar, şok cephesi, şok zonu ve detonasyon zonu elemanlarının oluşmasına uygun olmayabilir. İşte bu çap, patlayıcılar için kritik çap olarak tanımlanmaktadır. Bu çapın altında detonasyona uğramazlar veya reaksiyon başlasa bile çok yavaş olur ve çok çabuk söner.

Bazı patlayıcılar için kritik çap değerleri çok küçük olduğundan sıfır olarak kabul edilmektedir (PETN, Kurşunasit gibi). Bu nedenle bu patlayıcılar fitil veya kapsül yapımı için kolaylıkla kullanılırlar. Saf amonyumnitrat için kritik çap yaklaşık 250 mm'dir. Bu değer mazot, alüminyum gibi maddelerin eklenmesiyle 30 mm'ye kadar düşmektedir. Tüm reaksiyon

kullanılan karışımın kalitesine bağlıdır. Tecrübeli ateşçiler, detonasyonun sürekliliğini sağlamak amacıyla uzun deliklerde birden fazla yemleme noktası kullanırlar.



Şekil 3.3. ANFO'nun çapa göre performansı (Erkoç,1990).

Yapılan deneylerle ANFO'nun ve diğer patlayıcı maddelerin, farklı çaplarda farklı performansa sahip olduğu görülmüştür (Şekil 3.3). Proje planlamalarını yapmaya başlarken, bu hususları dikkate alarak delici makine ve patlayıcı madde seçimi yapılmalıdır.

d) Oksijen Balansı

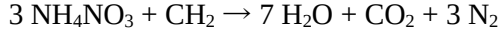
Patlayıcı maddeler, bünyelerinde gerekli olan oksijeni bulundurdıklarından dolayı reaksiyon esnasında dışarıdan oksijen almaya gerek duymazlardır. Patlayıcı maddelerin içerisinde gerekenden fazla oksijen varsa reaksiyon sonunda NO ve NO₂ gazları, gerekenden az oksijen varsa CO gazı oluşur. Reaksiyon sonucunda oluşan CO, NO_x gazları toksik gazlardır. Bunları en aza indirmek için patlayıcı maddelerin oksijen balansı sıfıra yakın olmalıdır.

Nitrogliserin gibi aşırı dengesiz patlayıcılar için oksijen balansı söz konusu değildir. Çünkü yeterli şok ile karşılaştıklarında detone olurlar.

Patlayıcı maddeler üç temel bölümden meydana gelirler. Bunlar;

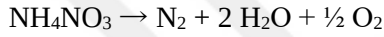
- Oksitleyici
- İndirgeyici
- Duyarlayıcı

ANFO gibi patlayıcı maddeler için oksijen balansı önemlidir. ANFO örneğinde kimyasal reaksiyon;



şeklinde olmaktadır. Reaksiyonda amonyum nitrat oksitleyici, mazot indirgeyicidir. Harç patlayıcılarda karışıma TNT, nitroselüloz gibi patlayıcı özellikte olan, alüminyum, silikon gibi patlayıcı özellikte olmayıp duyarlandırıcı maddeler de katılabilmektedir.

Oksijen balansı, patlayıcı maddelerin CO_2 , H_2O , Al_2O_3 ve N_2 gibi dengeli ürünler oluşturmak için serbest kalacak oksijen miktarının kendi ağırlığı içindeki yüzdesini ifade eder. Saf amonyum nitrat dekompoze olduğunda;

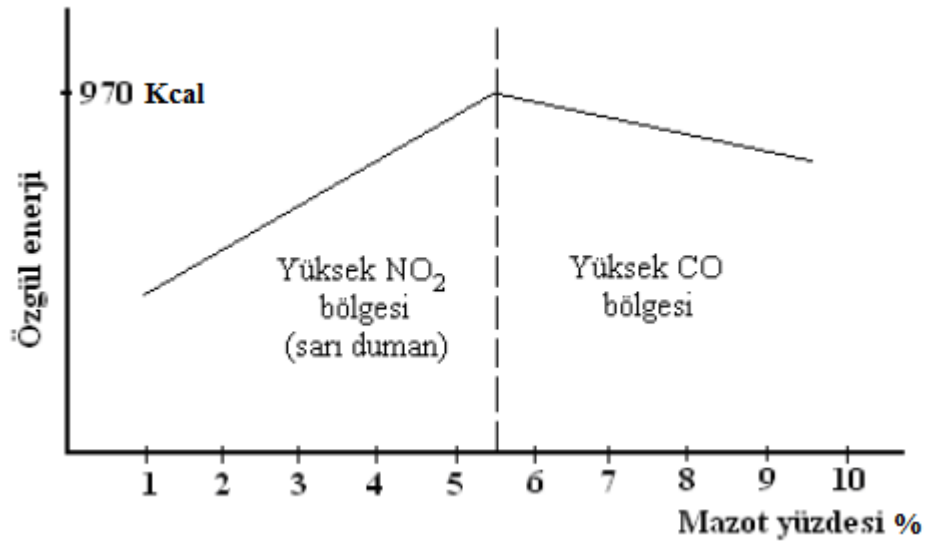


reaksiyon denkleminde bir atom oksijen serbest kalmaktadır. Bir atom oksijen 16 gr/at olduğuna göre 80 gr/at olan amonyumnitrat içerisinde %20'ye denk gelmektedir. Bu durumda amonyumnitratın oksijen balansı +20'dir. Oksijen balans değerinin önünde bulunan (+), pozitif balansı, yani reaksiyonun oksijen verdiğini, (-) ise, negatif balansı, yani reaksiyonun oksijene ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Özellikle amonyumnitrat esaslı patlayıcılarda oksijen balansının negatif olmasına rağmen detonasyon gerçekleşir. Ama reaksiyon, olması gereken özgül enerji düzeyinde gerçekleşmez ve performansının düşük olmasından dolayı maddi zararlara da yol açar.

ANFO'dan bahsedilecek olursa, mazotun gerekenden düşük olması, amonyum nitratın saldıgı oksijenin tümünün karbon tarafından kullanılamamasına, serbest kalan oksijenin de reaksiyon sıcaklığında, azot gazı ile birleşerek, azot oksitlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu olayda kahverenginden sarıya kadar değişik renkler görülmektedir. Bu durumlarda enerji kayıplarının %35 oranında olduğu saptanmaktadır. Aynı zamanda azot oksit gazlarının zehirli olması da başka bir dezavantajdır.

Yine ANFO karışımında mazotun gerekenden fazla olması, karbonun fazla olmasına ve CO_2 yerine yine çok zehirli bir gaz olan CO gazının oluşmasına sebep olmaktadır. Burada da yine enerji kayıpları görülmektedir. Mazot yüzdesine göre ANFO reaksiyonunun özgül enerjisi Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Mazot yüzdesine göre ANFO reaksiyonunun özgül enerjisi (Erkoç,1990).

e) Suya Dayanıklılık

Suya dayanıklılık, sulu deliklerde patlayıcı maddenin kullanılıp kullanılmayacağını belirleyen özelliktir. Sulu deliklerde kullanılan patlayıcı maddeler, bu delik içinde en az 1 gün patlama özellikleri bozulmadan kalabilmelidir.

Patlayıcı maddelerin sudan etkilenmesi iki şekilde gerçekleşir. Bunlar;

- Patlayıcıların içerisinde bulunan organik tuzun suda çözünmesi,
- Su basıncı sebebiyle hava kabarcıklarının miktarı azalır ve boyları kısalır. Bu da hot spotları ortadan kaldırarak maddenin verimliliğini azaltır.

Sulu ortamda yapılan ateşleme sonrasında delikten pas rengi ve sarı renkli bir duman çıkması patlatmanın veriminin düşük olduğunu göstermektedir. Çünkü su ortama oksijen vererek oksijen balansını bozmaktadır.

Patlayıcı maddelerin suya dayanıklılığı mükemmel, güzel, iyi, zayıf gibi farklı şekillerde ifade edilmektedir. Çizelge 3.2'de bazı patlayıcıların suya dayanıklılığının sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bazı patlayıcıların suya dayanıklılık.

Tip	Suya Dayanıklılık
Granül dinamit	Zayıf & güzel
Jelatin dinamit	Güzel & mükemmel
Ambalajlı slurry	Çok güzel
Bulk slurry	Çok güzel
Sıkıştırılmış ANFO	Zayıf
ANFO	Zayıf
Ambalajlı ANFO	Çok güzel
ANFO-Slurry karışımı	Zayıf & çok güzel

f) Duyarlılık

Detonasyona girebilmesi için patlayıcı maddenin ihtiyacı olan fiziksel etkiye (minimum enerji, basınç veya güç) “duyarlılık” adı verilir.

Duyarlılık ikiye ayrılır; kapsüle duyarlı olanlar ve yemleme şarjına duyarlı olanlar. Duyarlılığı yüksek olan kapsüle duyarlı patlayıcıları kapsüller patlatmak mümkündür. Duyarlılığı düşük olan yemleme şarjına duyarlı patlayıcıyı ise yemleyici patlayıcı maddelerle patlatmak mümkündür.

Patlayıcı maddenin duyarlılığını azaltan etkenler ise;

- Uygun olmayan şarj çapı,
- Yüksek sıcaklık değişimleri ve
- Delik dibinde su bulunmasıdır.

g) Duman Karakteri

Patlayıcı maddelerde, patlama sonrası oluşan gazlar, üretime bağlı sapma ve depolama esnasında oluşan bozulmalar ya da uygulamaya bağlı olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Bunlar;

- Toksik gazlar; CO, NO, NO₂, N buharı ve
- Toksik olmayan gazlar; CO₂, N₂, H₂O dır.

Detonasyon sonucunda oluşan bu gazlar, açık işletmelerde herhangi bir soruna neden olmazken, yeraltında belli sınırların üzerine çıktığı zaman çalışanlar için tehlikeli olmaktadır.

Duman karakterlerine göre patlayıcılar üç gruba ayrılırlar;

- Duman sınıfı 1: 25 lt/kg'dan az zehirli gaz
- Duman sınıfı 2: 25-50 lt/kg arası zehirli gaz
- Duman sınıfı 3: 50-100 lt/kg arası zehirli gaz

Bu gruplandırmada, yeraltı ocaklarında 2. ve 3. grup patlayıcıların kullanılması tehliktir (<http://www.nitromak.com/>).

h) Raf Ömrü

Raf ömrü, patlayıcı maddelerin depolanma ömrünü ifade etmektedir. Patlayıcı maddelerin raf ömrü çok önemlidir. Çünkü patlayıcı maddeler depolarda uzun süre kaldıklarında bozulmalara ve yangınlara sebep olmaktadır. Bundan dolayı patlayıcı maddelerin depolanmasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar ortam sıcaklığı ve nemin varlığıdır. Depolama sıcaklığının 32 °C'yi geçmemesi gerekir. Bu sıcaklığı geçmesi halinde patlayıcı maddelerde yumuşamalar veya şişmeler gözlenir, bu da patlayıcının bozulmasına sebep olmaktadır. Patlayıcı maddeler neme karşı hassas olduklarından ortamın nemi de önemlidir. Örneğin; nemli ortamda depolanan dinamitlerde sertleşme, ANFO'larda ise kekleşme meydana geldiği görülmüştür. Bu yüzden üretici firmalar tarafından, patlayıcı maddelerin depolanma şartları ve raf ömürleri belirtilmelidir (<http://www.nitromak.com/>).

3.3. Ateşleme Sistemleri

Patlatma tekniğindeki yenilik ve ilerlemeler ateşleme sisteminin gelişmesine yol açmıştır. Patlatma işleminde, delik geometrisi ve patlayıcı madde seçimi kadar ateşleme sistemi de önemlidir.

Ateşleme sistemleri iki gruba ayrılır. Bunlar ;

1. Elektrikli ateşleme sistemleri:
 - Elektrikli kapsüller
2. Elektriksiz ateşleme sistemleri:
 - Emniyetli fitil - tahrip kapsülü (adi kapsül) birlikteliği
 - İnfilaklı fitil
 - Elektriksiz kapsüller (nonelectric detonators)

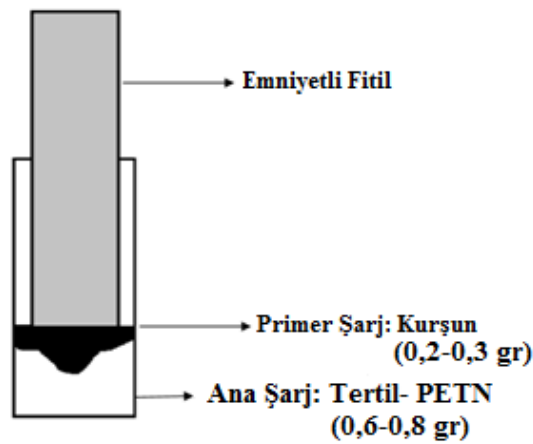
3.3.1. Emniyetli fitil ve adi kapsül birlikteliği

Ateşleme sisteminde eskiden beri kullanılan bir yöntemdir. Kapsülün içinde bulunan birincil şarjın alevle patlatılması ateşlemeyi sağlar. Böyle adi kapsülün kullanılmasında gecikme uygulaması yapılamaz, zira deliklerin düzenli ve sırayla patlatılması mümkün değildir (<http://www.orica-nitro.com.tr/>).

Adi kapsül emniyetli fitile eklenerek patlayıcılar ateşlenir. Adi kapsülün çeşitli patlayıcıların farklı hassasiyet oranlarına göre iki ayrı çeşidi vardır;

- 8 nolu tahrip kapsülü: 1 gr yüksek patlayıcı içerir.
- 6 nolu tahrip kapsülü: 0,8 gr yüksek patlayıcı içerir.

Kapsülün dışındaki kovan, alüminyum veya bakırdan imal edilir. Dış çapı $5\text{mm} \pm 0,1\text{ mm}$ 'dir. Kovanda ana şarj vardır ve ana şarj Tertil, PETN veya benzeri yüksek patlayıcılardan oluşur. Birincil şarj ise kurşundan oluşup, ana şarjın üstünde yer alır. Şekil 3.5'te emniyetli fitil ve adi kapsül birlikteliği görülmektedir.



Şekil 3.5. Emniyetli fitil ve adi kapsül birlikteliği.

3.3.2. Elektrikli kapsüller

Elektrikli kapsüller, adi kapsüller ile aynı çalışma ilkesine dayanır. Fakat adi kapsüllerde zamanlama yapılamadığından dolayı deliklerin gecikmeli olarak belli bir sırayla patlatılması mümkün değildir. Bu yüzden, elektrikli kapsüller geliştirilmiştir. Böylece deliklerdeki patlayıcılar istenilen gecikme zamanları ile sırayla patlatılabilirler.

Elektrikli kapsüllerin farklı dirençlere sahip olan çeşitleri mevcuttur. Farklı serilerden oluşan deliklerin, her bir serisinde ayrı direnç grupları kullanılarak gecikme sağlanabilir ve belirli bir sırayla patlatma yapılabilir.

Ancak elektrikli kapsüllerin kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır;

- Kapsüller statik elektriğe, darbeye ve şoka maruz kalmamalıdır,
- Kablolarda sıyrık, kırık ve düğümlenme olmamalıdır,
- Manyeto ile kapsül arasında kaçak olmamalıdır,
- Manyeto, kablo ve kapsül bağlantıları dikkatle yapılmalıdır. Bağlantılar gevşek olmamalıdır,
- Bağlantı yerlerinden toprağa ve suya temas etmemelidir,
- İnsan vücudundaki statik elektrikten yüklenme durumu olmamalıdır.

Elektrikli kapsüllerde elektriksel direnç önem arz eder. Nedeni ise;

- Ateşleme planlanırken, elektrik devresinde manyeto kapasitesi göz önüne alınmalıdır. Kapasitenin üzerinde kapsül bulundurulması ateşin kesilmesine neden olabilir,
- Atmosferik koşullar (yıldırım vb.) ve çevredeki elektrikli aletler (telsiz vb.) manyetik bir alan oluşturabilir ve olası kaza patlamaları meydana gelebilir.

Elektrikli kapsüllerin iki türü vardır; gecikmeli ve gecikmesiz elektrikli kapsüller.

3.3.2.1. Gecikmesiz elektrikli kapsüller

Gecikmesiz elektrikli kapsüller, adi kapsüllerin gelişmiş bir türüdür. Sistem olarak emniyetli fitil yerine kapsül telleri ve kapsülün içinde direnç teli-kibrit başı bulunmaktadır. Elektrik enerjisi, kapsül tellerinden kapsülün içindeki direnç teline iletilir. Elektrik akımı direnç telini ısıtır ve etrafındaki kibrit başını yakarak kapsüldeki birincil şarj ateşlenmiş olur. Gecikmesiz elektrikli kapsüller, yapılacak atımda gecikmeye gerek yoksa kullanılabilir. Dolayısıyla patar atımlarında tercih edilmektedir (<http://www.orica-nitro.com.tr/>).

Kapsül telleri genelde bakırdan üretilir. Zira direnci düşük olan bakır teller elektrik akımını daha çabuk ve kolayca iletmektedir. Bu tür kapsüllerin kullanımında, kibrit başı direnci ve patlatma için gereken en az akım ve enerji miktarı konusunda bilgi sahibi olmak lazımdır.

3.3.2.2. Gecikmeli elektrikli kapsüller

Gecikme problemleri, gecikmeli kapsüllerin kullanılması ile kalkmıştır. Patlatmada meydana gelen sarsıntıların önüne geçilmesi ve daha geniş hacimli atımların yapılması gecikmeli kapsüller ile sağlanmıştır. Bu kapsüllerde kibrit başı ile birincil şarj arasında bir gecikme elemanı bulunmaktadır. Bu gecikme elemanı, kapsül içerisine sıkışmış durumda yerleştirilmiş ve önceden yanma süresi ayarlanmış piroteknik bir malzemeden oluşmaktadır. Teknik olarak, kibrit başının yanmasıyla birlikte birincil şarj arasındaki gecikme elemanı yanmaya başlar. Böylece birincil şarjda ateşlenmiş olur (<http://www.orica-nitro.com.tr/>).

Gecikmeli elektrikli kapsüllerin faydaları;

1. Gerekli olan gecikme sağlanır.
2. Suyu karşı dirençlidir.
3. Miktar sınırlaması olmamaktadır.
4. Patlatma güvenli bir mesafeden yapılabilir.
5. Devre önceden kontrol edilebilir.

Gecikmeli elektrikli kapsüllerin sakıncaları;

1. Çevredeki elektrik kaynaklarından kolaylı etkilenir (havada bulunan elektrikten, statik elektrikten ve iş makinelerinden vb.).
2. Manyetik alanlardan etkilenir (cep telefonu ve telsiz gibi).
3. Bağlantıyı yapmak zaman alır ve kolay değildir.
4. Genellikle direnç hesapları yapılırken dikkat edilmeli ve kullanılan manyetonun kapasitesi aşılmamalıdır.
5. Akımın toprağa sızması da önemli sakıncalarındandır. Bunu önlemek için kabloların izole edilmiş olması ve eklenti yerlerinin düzgün bağlanması gerekmektedir.
6. Kablolarda kırık ve sıyrıklarda görülebilir.
7. Hataların bulunması kolay değildir ve zaman almaktadır.

Sistemdeki toplam direnç, manyeto kapasitesinin %80'ini geçmeyecek şekilde hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalarda bağlantı noktasındaki kayıplar da dikkate alınmalıdır. Manyetonun kapasitesinden fazla kapsül olduğu durumlarda paralel bağlantı kullanılabilir. Paralel bağlantının kullanılmasıyla devrenin direnci düşürülmüş olur. Ayrıca bu bağlantılar da yüksek amperli manyetoların kullanımı önerilmektedir. Fakat seri bağlantıların uygulanması daha kolay olduğundan dolayı bu yöntem daha yaygındır.

3.3.3. İnfilaklı fitil

İnfilaklı fitil emniyetli fitile benzer. Ancak emniyetli fitilin çekirdeğinde kara barut bulunurken, infilaklı fitilin çekirdeğinde PETN adı verilen yüksek detonasyon hızlı patlayıcı bulunur. PETN'in detonasyon hızı 6000-7500 m/sn arasında değişir. PETN bulunan çekirdeği, tekstil örgü çevreler ve onu korur. Ayrıca çekme dayanımını artırır, esneklik kazandırır. Tekstil örgünün dayanımı içinde en dışta PVC kaplama bulunmaktadır. PVC kaplama dışsal etkileri absorbe eder, yağ ve su gibi sıvılara dayanıklılık sağlar.

İnfilaklı fitillerin sınıflaması, her metresinde bulunan patlayıcı miktarına göre yapılır. Daha çok 5 gr/m ve 10 gr/m sınıfında imal edilmektedir. Ancak özel kullanımlar için 0,2 gr/m kadar küçük gramajlı olanları ile ön kesme ya da son kesme için 20 gr/m, 50 gr/m, 100 gr/m kadar büyük gramajlıları da imal edilmektedir. 5 gr/m'den fazla olan infilaklı fitiller, kendisine temas eden herhangi bir kapsüle duyarlı maddeyi patlatabilir. Daha düşük gramajlı infilaklı fitiller için de özel kapsüller kullanılır (Sayınbatur, 2011).

Bir delik içerisinde çok noktada yemleme yapıyor ise 5 gr/m'den büyük olan infilaklı fitil kullanımı, kapsül kullanımına göre daha avantajlıdır. Atımların çok büyük hacimlerde yapıldığı sahalarda;

- Deliklerin şarjı esnasında sahanın güvenliğini sağlamak,
- Delik içindeki patlayıcı maddenin çok noktadan yemlenmek ve
- İstenilen sayıda gecikme aralığı verebilmek

için infilaklı fitiller kullanılmaktadır.

İnfilaklı fitillerin sağladığı en büyük fayda ise istenilen sayıda gecikme aralığının verilebilmesidir. Elektrikli kapsüllerde, gecikme aralıkları en fazla 20 numaraya kadar yapılabilmektedir. Çünkü daha çok sayıda gecikme aralığı verildiğinde problemler yaratmaktadır. Özellikle çevrede daha az sarsıntının oluşması bakımından daha fazla gecikme aralığına ihtiyaç vardır. Bu da infilaklı fitiller ile sağlanmaktadır. Elektrikli kapsüllerin hem depolanması hem de homojen bir şekilde kullanılması dezavantajları arasındadır.

İnfilaklı fitil gecikme elemanları da farklı milisaniye aralıklarında imal edilmektedir. Çoğunlukla 20 ms, 40 ms, 50 ms'lik gecikme aralıklarında imal edilmektedir. İnfilaklı fitil kullanımı ile bir işletmede 20 ms gecikme aralığı tercih edilse bile, daha uzun aralıklar lazım olduğunda seri bağlantılar ile aralıklar uzatılabilir.

Ancak sulu deliklerde infilaklı fitil kullanılırken, patlamanın başlayacağı yerin kuru olması gerekir. Yani sulu deliklere salınan fitilin üst bağlantı yerleri kuru olmalıdır. Kuru noktadan başlayan patlatma, deliklerin sulu yerlerinde bile verimli bir şekilde devam eder.

İnfilaklı fitillerde dikkat edilmesi gereken başka hususlar;

- Elektrik, ateş ve düşük düzeydeki darbelere (tabanca mermisi patlatabilir) karşı duyarsızdır.
- Tehlikeli değildir, ancak tehlike gecikme elemanları ve kapsül bağlantısı yapıldıktan sonra başlar. Buradaki gecikme elemanları kapsül özelliklerine benzemektedir.
- Bağlantılarının düzgün olması gereklidir. Her bağlantı arasında 30 cm mesafe olmalıdır.
- Bağlantı düğümlerinin uçları kıvrılıp ana hattın üzerine düşmemesi gerekir. Ana hatlar birbirlerinin üzerinden atlatılmamalıdır.

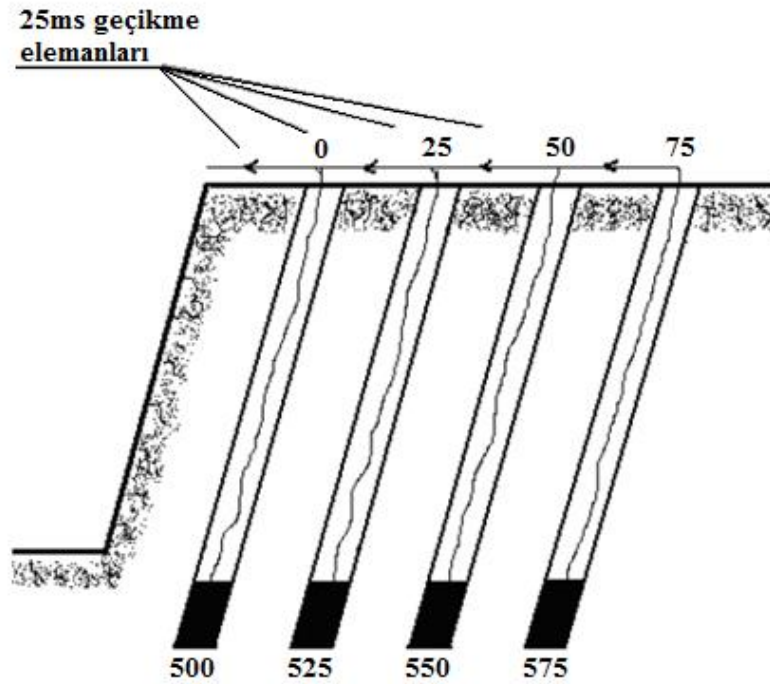
3.3.4. Elektriksiz kapsül sistemleri

Elektrikli kapsüllerin meydana getirdiği sorunlardan dolayı elektriksiz kapsüller imal edilmiştir. Bu sayede patlatma işlemlerinde daha güvenli ve verimli atım sonuçları sağlanmıştır.

Elektriksiz kapsüllerde, teller ve kibrit başı yerine şok tüpler kullanılır. Şok tüpler, yüzeyi reaktif patlayıcı ile sıvanmış plastik bir tüpten oluşurlar. Bu reaktif patlayıcı şok dalgaların stabil olarak devamlılığını sağlamaktadır. Şok dalgaları tüpte 2000 m/sn hızla ilerlerken, ortaya çıkan enerji şok tüpün ucundaki elektriksiz kapsülü ateşler. Şok tüp, darbe ya da sürtünme sonucu detonasyona uğramaz.

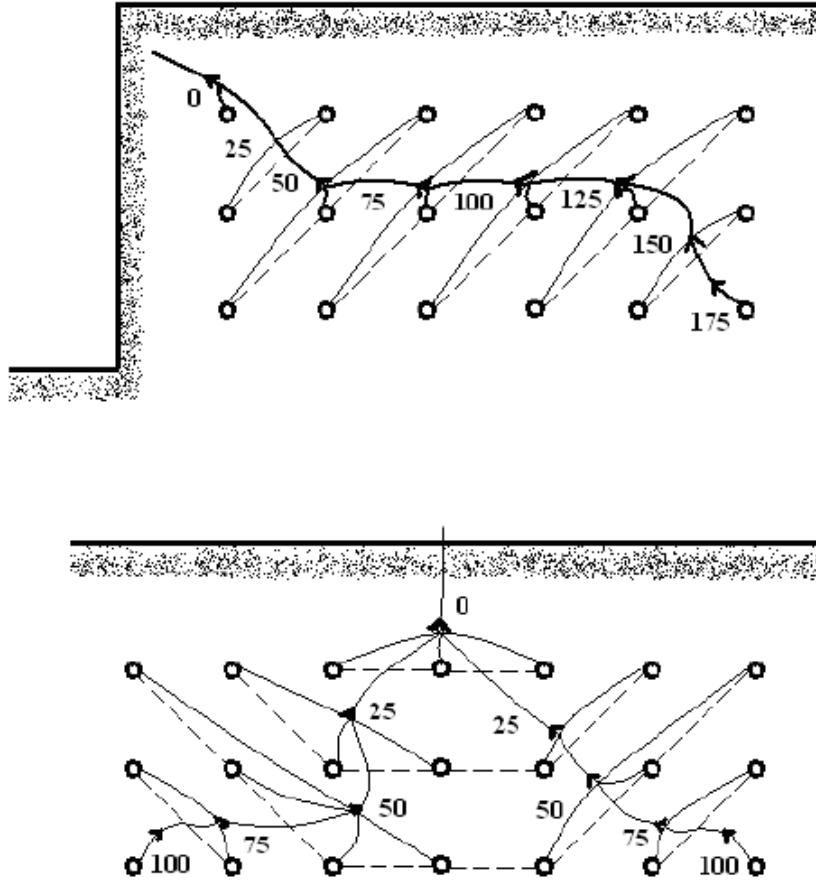
Patlatma tekniklerinin gelişmesiyle, açık ocaklarda gecikme paterni yüzeyde yapılarak bir hata olduğunda her zaman düzeltilebilmektedir. Elektrikli kapsüllerde, kapsül deliğe konulup patlayıcı madde dolumu yapıldığında geri dönüş olmamakta ve patlatma o şekilde yapılmak zorunda kalmaktadır. Elektriksiz kapsüllerde ise delikler hep aynı kapsüller ile doldurulur ve gecikme paterni yüzeyde gecikme elemanlarının kullanılmasıyla yapılır.

Elektriksiz kapsüllerin gecikme elemanları çeşitli gecikme aralıklarında imal edilmektedir. Çoğunlukla 0, 9, 17, 25, 40 milisaniye aralıklarında gecikme elemanları mevcuttur. Bir patlatma planlamasında tercih yapılırken 0 numara blok her koşulda alınmalıdır.



Şekil 3.6. Elektriksiz kapsüllerde ek gecikme ile patlatma (Erkoç,1990).

Plastik tüpteki patlayıcı maddenin detonasyon hızı 2000 m/sn'dir. Gerekli planlama yapılmaz ise, 0 numaradaki delik patlayınca savrulacak malzeme, daha büyük numaralarda sırasını bekleyen diğer gecikme elemanını bozabilir. Bunu önlemek için deliklerin içine 500 ms gecikmeli kapsüller konulur. Bu olay Şekil 3.6'de anlatılmıştır. İlk delik yüzeyi patlatıldıktan sonra, sırasıyla ve 25 ms aralıklarla diğer delikler de yüzeyi patlatacaktır. Ancak delik içindeki patlamalar, son delik yüzeyinin patlamasından 425 ms sonra başlayacaktır. Böylece ilk ve önde patlayan deliğin yüzeydeki gecikme paternini bozmaması sağlanmış olacaktır. Ancak yüzeydeki toplam gecikme aralığı 500 ms'yi aşmamalıdır (Sayınbatur, 2011).



Şekil 3.7. Elektriksiz kapsüller ve gecikme elemanları ile değişik patern uygulamaları (Erkoç,1990).

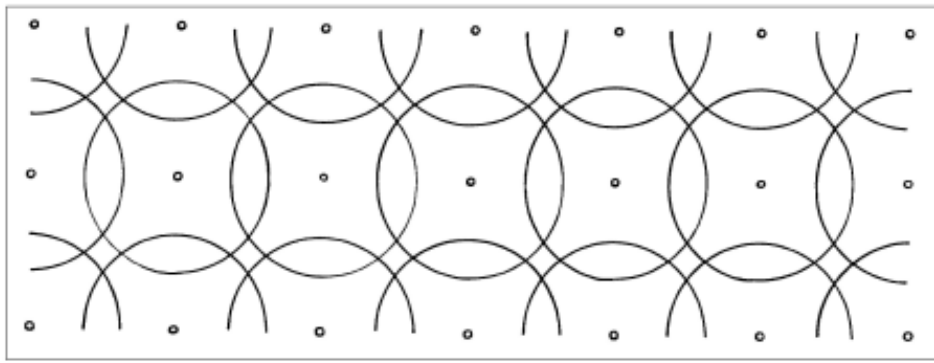
Şekil 3.7’de elektriksiz kapsüller kullanılarak yapılan farklı patlatma uygulamaları verilmiştir. Elektriksiz kapsüllerde patlatmanın başlaması için elektrikli kapsüller kullanılır. Elektrikli kapsüllerin yerine adi kapsül veya emniyetli fitil de kullanılabilir.

3.4. Patlatma İşleminde Delik Düzenlerinin Tasarlanması

Açık ocak maden işletmelerinde basamak patlatmalarının delik düzenleri; kare, eşbeş, dikdörtgen ve isveç olarak yapılmaktadır. Yapılacak olan patlatmada delik çapı, kayaç özellikleri, basamak yüksekliği ve patlayıcı madde özelliği gibi parametreler delik düzenini belirlemeye yardımcı olur.

3.4.1. Kare delik düzeni

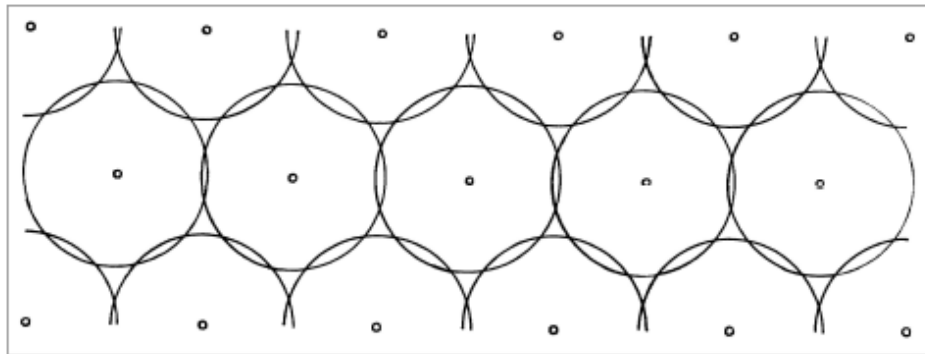
Kare delik düzeninde, dilim kalınlığı ile delikler arası mesafe birbirine eşit olup delikler bir karenin dört köşesini oluşturacak şekilde delinir (Şekil 3.8). Deliklerin birbirinin arkasına gelmesi, dilim kalınlıklarının delikler arası mesafeye eşit olması nedeniyle basamak içerisindeki, patlayıcı maddenin yetersiz dağılmasına ve iri boyutlarda malzeme ile tırnak oluşumunun artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı kare düzen, dekapaj işlemleri ve düşük dirençli kayalar patlatma işlemlerinde tercih edilmektedir.



Şekil 3.8. Kare delik düzeni (Akkoyun ve Ayhan, 2000).

3.4.2. Şeşbeş delik düzeni

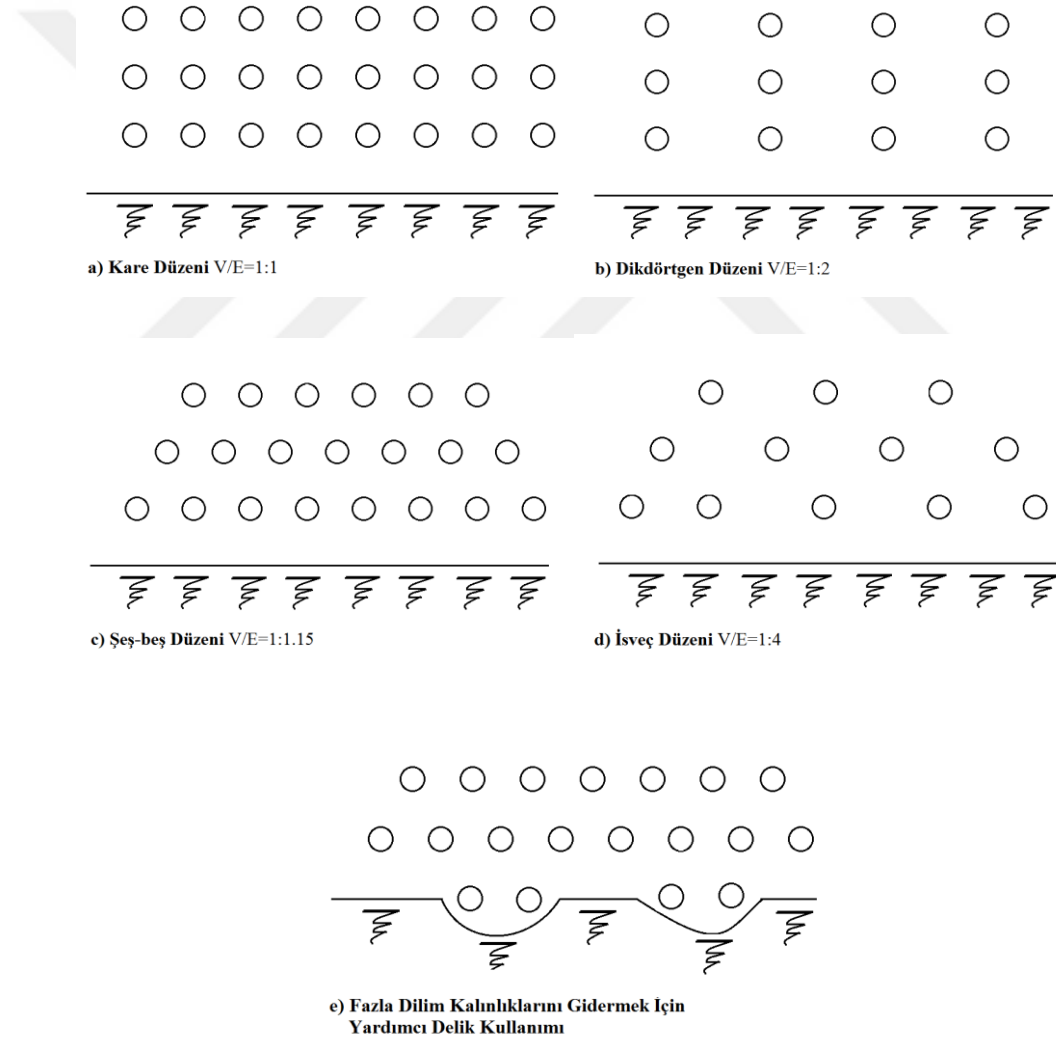
Şeşbeş delik düzeninde, delikler bir eşkenar üçgenin köşelerini oluşturacak şekilde delinirler (Şekil 3.9). Bu düzende delikler arası mesafe, dilim kalınlığının yaklaşık %115'i ($S=1.15B$) değerinde olduğundan patlayıcı madde basamak içerisinde daha dengeli dağılmaktadır. Bu düzende delikler arası etkileşimin daha iyi olması nedeniyle patlatma sonrası oluşan yığındaki parça boyut dağılımı kare düzene göre yaklaşık %10 daha düzgün olduğu görülmüştür.



Şekil 3.9. Şeşbeş delik düzeni (Akkoyun ve Ayhan, 2000).

Uygulamalarda şeşbeş düzeninin daha verimli olmasına rağmen delicinin delme noktalarına ulaşması daha zor ve zaman alıcı olması sebebiyle kare düzen daha çok kullanılmaktadır. Çünkü kare düzende, deliklerin delinmesi sırasında delme makinesi aynı yönde ileri geri hareket yapması nedeniyle manevra işlemi azalmakta ve bu durum da operatöre büyük kolaylık sağlamaktadır. Şeşbeş düzende ise karedeki gibi delikler aynı hat üzerinde olmadığından dolayı manevra yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Açık ocak patlatmalarında kullanılan farklı delik düzenleri aşağıda Şekil 3. 10'da görülmektedir.



Şekil 3.10. Açık ocak patlatmalarında kullanılan farklı delik düzenleri:

- a) kare düzen, b) dikdörtgen düzen, c) şeşbeş düzen, d) İsveç düzeni, e) fazla dilim kalınlıklarını gidermek için yardımcı delik kullanımı.

3.5. Patlatma Türleri

3.5.1. Basamak patlatmaları

Açık ocak maden işletmelerinde kazı esnasında oluşturulan farklı kotlarda bulunan her kademe “basamak”, burada yapılan atımlar da “basamak patlatması” olarak ifade edilmektedir. Basamak patlatması, açık ocak maden işletmelerinin en önemli uygulama adımlarından birisidir.

Galeri patlatmasının zararlarının ortaya çıkmasıyla yaygın bir kullanım alanı bulan basamak patlatmaları, açık ocak madenciliğinin temel işlemleri arasında yerini almıştır. Açık ocak maden işletmelerinde uygulanan diğer işlemlerde kazı, yükleme, taşıma, boşaltma ve boyut küçültmedir. Basamak patlatması, açık ocak maden işletmelerinde uygulanan diğer işlem adımlarından etkilendiğinden dolayı önemlidir. Bir basamak patlatmasının hatalı yapılması durumunda, sonraki işlemler de etkileneceğinden dolayı verimin düşmesine ve işin yavaşlamasına hatta durmasına sebep olacaktır. Bu yüzden basamak patlatmasının tasarlanması ve hesaplamaların dikkatli bir şekilde doğru yapılması ile birlikte uygulamada takip edilerek meydana gelmesi olası değişikliklere zamanında ve doğru şekilde müdahale etmek çok önemlidir.

3.5.2. Kontrollü patlatma

Kontrollü patlatma, normal yöntemler ile yapılan basamak, yol şevi, tünel ve kanal patlatmalarının istenmeyen sonuç ve etkilerinden kurtulmak için geliştirilmiş özel yöntemlerin genel adıdır. Madencilik, yol yapımı, baraj inşaatı, tünel yapımı gibi faaliyetlerde çoğunlukla kontrollü patlatma yöntemi tercih edilmektedir.

Tünellerde, planlanandan fazla bir kazı kesit alanı oluşturmamak; yol ve baraj şevlerinde sağlam ve düz bir yüzey elde etmek; madencilikte cevheri sismik şok, kaya savrulması ve titreşim oluşturmada istenilen tane boyutunda üretmek; kanal kazılarında, fazla hacim oluşturmada, istenilen kesitte kanal kazmak gibi çeşitli amaçlar için kontrollü patlatma teknikleri kullanılmaktadır.

Ayrıca kullanılamaz hale gelmiş ağır hasarlı binaların yıkımı içinde kontrollü patlatma yöntemi uygulanabilir.

Kontrollü patlatma tekniklerinin çeşitli yöntemleri vardır. Bunlar (Akkoyun, 2004);

- Hat delme,
- Son kesme,
- Yastıklamalı son kesme,

- Bina yıkımı,
- Ön kesme ve
- Birleşik yöntemlerdir.

Hat delme yöntemi; bir kazı hattı oluşturacak şekilde tek sıra halinde delinen küçük çaplı deliklerin patlayıcı şarjı yapılmaksızın, patlatılması sonucunda zayıf bir düzlem elde edilmesidir. Böylece aşırı kazı önlenmiş olur.

Son kesme yöntemi; son kesme patlatma delikleri, ana patlatma delikleriyle bağlantılı olacak şekilde delinirler ve gecikme süreleri daha yüksek olarak ateşlenirler. Bu yöntemden başarı sağlanması için delikler çok hassas delinerek sapmalar en az olmalıdır.

Yastıklamalı son-kesme yöntemi; ana patlatma sonucunda ortaya çıkan malzeme kazıldıktan sonra deliklerin sıkılması yapılarak ateşlenir. Bu sıkılama, kayaçtaki kırık ve çatlakları en aza indirebilmek için patlatma şoku hızının kesilmesi amacıyla yapılır.

Bina yıkımı; son yıllarda bina yıkımları için özel kontrollü patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde taşıyıcı kolonlara yerleştirilen patlayıcılar sayesinde binanın kendi ağırlığıyla yıkılması esasına dayanır.

Ön-kesme patlatması; ana patlatmanın çevresine tek sıra halinde delinen delikler ile yapay bir düzlem oluşturması sonucunda kalan kaya formasyonunun patlatma bölgesinden ayrılmasıdır.

Birleşik yöntemler; kontrollü patlatma yöntemlerinden bir kaçının birarada kullanılması ile ortaya çıkmıştır. Örneğin, hat delme yöntemi ile beraber son kesme veya ön kesme yöntemlerinin kullanılmasıyla homojen formasyonlarda daha verimli sonuçlar elde edilmiştir.

4. DELME VE PATLAMA MALİYETLERİ

4.1. İşletme Faaliyet Sonuçları

Ekonomik sistemler içinde yer alan işletmeler, çeşitli sektör ve alanlarda faaliyet göstererek, sonuç itibarıyla ortaya çıkardıkları değerlerle toplumsal ihtiyaçları mal ve hizmetleri ile karşılamaktadırlar. İşletmeler her zaman çeşitli üretim faktörlerini (input) birleştirerek, bunlardan toplum gereksinimlerini karşılamaya yarayacak biçim, nitelik ve miktarda ürünler (output) meydana getirirler (Bursal ve Ercan, 1992).

Her şeyden önce maden ocaklarını, faaliyetleri sonucu, ekonomik sistemde ihtiyaçları karşılayan cevherleri elde etmesi bakımından bir işletme olarak değerlendirmek gerekir. Dolayısıyla elde etme olgusu, ekonomik sistemde üretim olarak adlandırılmaktadır. Bu anlamda, işletme tanımına uygun olarak maden ocakları;

- Maden yatağının bulunduğu arazi veya bu arazi üzerindeki haklar,
- Kullanılan tesis, makine ve ekipmanlar,
- Üretimde kullanılan ilk madde ve malzemeler,
- Üretimde çalışan işçiler

gibi üretim faktörlerini (input) kullanarak, cevher elde etmekte, yani ürün (output) olarak cevher üretmektedirler.

Mal ve hizmet üretmek, katma değer yaratmak ve kâr elde etmek amacıyla kurulan ekonomik ve teknik bir birime “işletme” denilmektedir (Örten, 2000). Görüldüğü üzere, işletmelerin amacı, sadece mal ve hizmet üreterek değer yaratmak değil, aynı zamanda “kâr” elde etmektir. Yani bir işletme faaliyetleri sonucunda kâr elde etmeyi amaçlamaktadır. Faaliyet sonucu genellikle şu formülle ifade edilebilir;

$$\text{Gelirler} - \text{Giderler} = \text{Kâr ya da Zarar} \quad (\text{Bursal ve Ercan, 1992}) \quad [4.1]$$

Formüldeki gelirler, maden ocağı açısından üretmiş olduğu cevherlerin satışından elde edilmektedir. Giderler ise bu cevherler için kullanılan tesis, makine ve ekipmanların harcamalarından, ilk madde ve malzeme bedellerinden, işçilik için ödenen ücret ve eklentilerinden ve amortismanlardan oluşmaktadır.

Eşitlik 4.1’e göre eğer gelirler, giderlerden büyükse kâr vardır. Eğer giderler büyükse bu defa zarar söz konusudur. Öyleyse bir işletme kâr elde etmek istiyorsa, gelirleri giderlerinden büyük olmalıdır. Yani işletme giderleri belirli bir büyüklüğü aşmadan faaliyet gösterebiliyorsa

kârlı olacak ve amacına ulaşacaktır. Bu durumda gider kavramının işletme açısından ne ifade ettiğinin bilinmesi gerekir.

4.2. Gider ve Maliyet Kavramları

4.2.1. Gider kavramı

Gider, işletmenin faaliyetini ve varlığını sürdürebilmesi ve bir gelir elde etmesi için belirli bir dönemde kullandığı ve tükettiği girdilerin, yani mal ve hizmetlerin parasal tutarıdır (Çetiner, 2000).

Dolayısıyla gider kavramı, işletmenin belli bir döneminin gelirin uygulanan “tüketilmiş girdiler” olarak tarif edilebilir. Yani maliyetlerin faydası, belirli bir dönemde tüketilmiş ise “gider” olarak adlandırılmaktadır. Faydası tüketilmemişler ise tüketilmeyi yani gider olmayı beklemektedir. Buna göre tüketilmiş maliyetler “gider” olarak eşitlik 4.1’de yerini almaktadır. Öyleyse işletme daha geniş bir kavram olarak öncelikle “maliyet” kavramı ile karşı karşıyadır.

4.2.2. Maliyet kavramı

Geniş anlamda, bir şeyi elde etmek için katlanılan her türlü fedakârlıklar toplamına “maliyet” denmektedir. Dar anlamda “maliyet” kavramı ise, daha çok üretim sürecinde katlanılan değer kullanımlarını ifade etmektedir (Savcı, 2013).

Tanım dikkate alındığında, çalışma konumuz açısından dar anlamda maliyet kavramı kullanmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bir başka deyişle maden ocaklarında katlanılan değer kullanımlarını incelediğimize göre “maliyet” kavramını ele almak gerekecektir.

Tüm bu anlatımlara göre, bir işletme, faaliyetleri sonucu kâr elde edip etmediğini belirlemek için gelir ve giderlerini parasal olarak bilmek ve ölçmek durumundadır. Gelirleri mal ve hizmet satışlarından elde edilirken, giderleri ise katlandığı maliyetlerden oluşmaktadır.

Bir maden işletmesinin, çeşitli üretim faktörlerini kullanarak cevher çıkardığı dikkate alınacak olursa, çıkardığı cevher için doğrudan veya dolaylı bir şekilde yaptığı tüm değer kullanımları, yukarıdaki açıklamalara göre, maliyet olarak adlandırılabilir. Öyleyse ilgili değer kullanımlarının;

- Cevher elde etme ile ilgili olması,
- Parasal ifade edilmesi ve
- Kullanılan üretim faktörlerinin parasal açıdan belirlenebilir olması

halinde maliyet kavramından söz edilebilecektir. Ekonomik değeri olan her şeyin bir maliyeti vardır. Dolayısıyla maden ocakları da bir işletme olarak maliyet kavramı ile karşı karşıyadır. Maden ocaklarının, faaliyet amaçlarından, yönetim ve organizasyonuna, kar elde etmesine kadar bir işletme olduğu düşünülürse araştırma ve hazırlık aşamasından, madenin ortaya çıkarılması, cevher elde edilmesi ve satışa kadar göstermiş olduğu tüm faaliyetlerinde maliyetlerin bilinmesi gerekir.

Maliyetlerin bilinebilir olması halinde, maden işletmelerinde;

- Satış fiyatının tespit edilmesi,
- İşletme faaliyet sonuçlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile
- Çeşitli işletme kararlarının verilmesi

mümkün olacaktır.

4.3. Maliyet Analizi

4.3.1. Maliyet analizi kavramı

Maliyet analizi, maliyetlerin kendilerini oluşturan faktörler bazında incelenmesi, bu faktörlerin birbiriyle ve bütünüle ilişkilerinin ortaya çıkarılması, böylelikle maliyetlerin en aza indirilmesi için dikkatlerin önemli faktörler üzerinde toplanmasını sağlamaktadır (Orhon, 1979).

Bu tanıma göre maliyet analizi, maliyet oluşumları, maliyet tahminleri ve tahminlerle gerçekleşen maliyetlerin karşılaştırılması ile ilgilidir. Aslında maliyet analizi, işletmecilerin (ve özellikle muhasebecilerin) kullandığı bir fonksiyon olarak düşünülse de üretimin planlanması ve verimliliğin sağlanması gibi alanlarda mühendislerin ilgi alanına da girmektedir. Yani bir işletmede, maliyet analizi, sadece işletmecilerin veya muhasebecilerin değil, mühendislerin de çokça yararlandığı bir tanım olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.3.2. Maliyet analizinin amacı

İşletme faaliyetlerinin ve dolayısıyla (çalışma konumuzla ilgili olarak) bir açık ocak maden işletmesinde delme ve patlama maliyetlerinin tespit edilmesi ve analizinin başlıca amaçları şunlar olarak gösterilebilir;

- Üretim sonucu ortaya çıkan ürünün mal oluş fiyatını hesaplayarak faaliyet sonuçlarını (kâr ya da zarar) belirlemek,
- Maliyetleri bilerek gerekli planlama ve kontrolleri yapmak,
- Başarı değerlemesi yapmak ve

- Karar vermek.

Böylece açık ocak maden işletmelerinde delme ve patlama maliyetlerinin analiz edilerek önceden bilinmesi, yapılacak yatırımın büyüklüğü ve bu yatırıma karşı elde edilecek kârlılığında hesaplanabilmesini sağlayacaktır.

4.3.3. Maliyet birimi

Bir işletmenin ürettiği mallara koyacağı fiyatı belirleyebilmesi için, ürününü kaç ürettiğini bilmesi gerekir (Çetiner, 2000) ki maliyet analizinin de amacı ve işletmeler için gerekliliği buradan kaynaklanır. Bu nedenle bir maliyet birimi tanımlanmalı ve kullanılmalıdır.

Maliyet birimi, mal veya hizmet maliyetlerinin araştırılmasıyla ilgili sayısal bir birim olarak tanımlanır. Ekonomik değeri olan her bir şeyin maliyeti olacağından bunların maliyetlerinin bilinmesi için maliyet birimlerine ihtiyaç vardır (Savcı, 2013). Bu nedenle farklı maliyet birimleri kullanılabilir. Örneğin bir kg ürünün maliyeti için TL/kg, kullanılan elektrik gideri için kW/saat, taşınan malzeme için ton/km gibi birimler maliyet birimi olarak kullanılmaktadır.

Bir maden işletmesinde, madene ulaşmak için yapılan delme ve patlama maliyetlerinin ölçülmesinde ve analiz edilmesinde de maliyet birimleri kullanılacağı açıktır. Aşağıda maden işletmelerinde (delme ve patlama maliyetleri açısından) çeşitli maliyet birimleri örnek verilmiştir;

- Bir deliğin kaç mal olduğunu ifade etmek için; TL/delik
- Bir delik açılması için makinanın kaç saat çalıştığı; saat/delik
- Bir patlatmada açılan deliklerin toplam uzunluğunun birim maliyeti için; TL/m
- Bir patlamanın maliyeti için; TL/atım
- Bir delme ve patlama işlemi sonucunda ortaya çıkan yığının maliyetini göstermek için; TL/m³ veya TL/ton

Bu maliyet birimlerinden özellikle yığın maliyetine ilişkin birim olan TL/m³ (TL/ton), sonuçta cevherin çıkarılacağı yığınların maliyetini ölçmekte, analiz etmekte, verimliliğinin araştırılmasında ve bu konu da karar vermek için önemli bir ölçek olacaktır.

Ayrıca maden işletmesinin gereksinimlerine göre farklı maliyet birimleri de oluşturulabilir ve kullanılabilir.

4.3.4. Maliyet unsurları

İşletmede birim maliyetlerin hesaplanış biçimini etkileyen bir diğer faktör de o işletmedeki üretim koşullarıdır (Akdoğan vd., 2015). Bu koşullar üretim biçimlerini etkilemektedir. Partiler halinde üretim yapan işletmeler ile yığın halde üretim yapan işletmelerde “birim maliyetin” tespitinde farklılıklar görülmektedir. Bu nedenle, işletmelerde maliyetler, üretim biçimine göre sipariş ve safha maliyeti olarak hesaplanır. Sipariş maliyet yöntemi, birbirinden farklı ürünler üreten ve özellikle müşterilerden alınan siparişe göre üretimde bulunan işletmelerde üretilen ürünlerin maliyetlerini bulmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemi, müşteri istekleri doğrultusunda renk, cins, model, kalıp, ölçü gibi farklı ve genelde partiler halinde üretim yapan işletmeler tercih etmektedir.

Safha maliyet yöntemi ise aynı ya da benzer türdeki ürünlerin çok miktarda üretildiği durumlarda kullanılan bir maliyet yöntemidir. Madencilik, çimento, tekstil, kimya, plastik, un, lastik vb. sanayi işletmelerinde bu yöntem uygulanmaktadır.

Bu yöntemde üretimle ilgili olarak kullanılan ilk madde ve malzeme, işçilik ve genel üretim giderleri gibi değerlerin zaman ve yer olarak toplanması gerekir. Dolayısıyla ürün tamamlanıncaya kadar “zaman” ve “yer” adı verilen gider yerlerinde işlem görmesi söz konusudur. Ürünün işlem gördüğü bu gider yerlerinin her biri “safha” olarak kabul edilir. “Safha” üretimi tamamlamak için birbiri ile bağlantılı olarak çalışan faaliyetlerin gerçekleştiği üretim yerleri olarak da tarif edilmektedir. Örneğin bir maden işletmesinde saha hazırlanma, delme, patlatma, kırma, ayıklama gibi işlemlerin her biri bir safhadır. Her safhanın tüm maliyetleri toplanıp o safhadan geçen ürün birimi sayısına bölünerek birim maliyetleri hesaplanır. Dolayısıyla madenin çıkarılması ile ilgili olarak “delme” ve “patlama” işlemleri birer safha olarak değerlendirilmiş ve çalışmamızda “safha maliyet yöntemi” kullanılmıştır.

Bilinmesi gereken başka bir konu ise “üretim maliyeti” kavramıdır.

Üretim maliyeti, bir üretim döneminde üretim faaliyetlerinin tamamlandığı, yani üretimin gerçekleştiği noktada oluşan maliyetlere denir (Akdoğan vd., 2015). Bu açıdan bakıldığında, üretim maliyetlerinin içinde, kullanılan ilk madde ve malzemeler, çalışanlara ödenen ücretler, kullanılan makine ve ekipmanlar, bunlar için harcanan enerji (akaryakıt, elektrik gibi) ve bakım-onarım giderleri, yönetim ve organizasyona ilişkin giderler, kredi kullanılıyorsa ödenen faizler gibi birçok maliyet unsuru bulunmaktadır.

Bir işletme açısından bu maliyetler genel bir sınıflandırmaya tabi tutularak;

- Direkt ilk madde ve malzeme giderleri,
- Direkt işçilik giderleri ve
- Genel üretim giderleri

şeklinde 3 ayrı başlık altında ele alınmaktadır. Üretim maliyetleri, sonuçta cevher çıkaran bir maden işletmesinde çok önem arz etmektedir. Çünkü bu maliyetler, cevher üretimi için harcanan faktörlerin değeridir.

Maliyetlerin bu şekilde sınıflandırılmasında, maliyetleri oluşturan giderlerin de faaliyet hacmiyle olan ilişkisine göre gruplandırılması gerekmektedir. Temel olarak sabit ve değişken giderlerden yola çıkarak, giderlerin kontrol edilebilmesi açısından sabit ve değişken maliyetler olarak iki ayrı grupta ele alınması mümkündür.

Sabit maliyetler, belirli bir dönemde, faaliyet hacmindeki artış ve azalışlardan etkilenmeyen maliyetlerdir. Yani belirli bir dönem ve belirli bir faaliyet hacminde toplam olarak sabittirler, ancak birim başına değişken olacaklardır. Örneğin kira giderleri, bir birim üretim de yapılırsa, yüz birim üretim de yapılırsa sabittir. Ama yüz birim üretim yapıldığında, birim başına düşen maliyet azalacaktır. Dolayısıyla sabit maliyetler üretimden bağımsızdır.

Değişken maliyetler ise faaliyet hacmine göre artan veya azalan giderlerdir. Üretim miktarıyla aynı yönde ve oranda değişime gösterir. Üretim miktarı sıfır olduğunda bu giderler de sıfır olacaktır. Değişken maliyetler toplamda değişirken, birim başına sabittirler. Örneğin bir birim ürünün içindeki ilk madde ve malzeme miktarı hep aynıdır. Ürün birim sayısı arttıkça toplam maliyeti de artacaktır. Bu nedenlerle değişken maliyetler doğrudan üretimle ilişkilidir.

4.3.4.1. Direkt ilk madde ve malzeme gideri

İlk madde ve malzemeler üretim sırasında kullanılmaktadır. Bunlar ürünün bünyesinde görülebileceği gibi hiç görünmeyen bir halde de olabilir. Nitekim bu maddeler fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğrayarak mamullerin temel bünyesinde kullanılmış haldedir.

Yapılan incelemede delme ve patlama işlemleri için kullanılan ilk madde ve malzemeleri şöyle tespit edilmiştir;

Çizelge 4.1. Delme ve patlatma işlemlerinde kullanılan ilk madde ve malzemeler.

	Delme	Patlama
İlk Madde ve Malzeme Giderleri	Mazot (1)	Anfo (2) Nonel Kapsül (3) Dinamit (Yemleme) (4) Elektrikli kapsül (5)

Çizelge 4.1’de gösterilen, delme ve patlama işlemlerinde kullanılan, ilk madde ve malzemeler şöyle açıklanabilir;

- (1) Delme makinasının kullandığı akaryakıt,
- (2) Deliklere doldurulan patlayıcı madde,
- (3) Ateşlemeyi sağlayan nonel kapsül,
- (4) Patlamayı sağlayan patlatıcı madde ve
- (5) Ateşlemeyi sağlayan elektrikli kapsül.

Delme ve patlatma işlemlerinde kullanılan ilk madde ve malzemelerin maliyeti, değişken maliyetler olarak değerlendirilmektedir. Zira üretim miktarına göre azalacak veya artacaktır.

4.3.4.2. Direkt işçilik gideri

Üretimde çalışan işçilere ait ücretlerinin toplamı olarak hesaplanır. Ödenen ücretlerin direkt işçilik gideri olarak dikkate alınabilmesi için, çalışan işçilerin üretimde çalışması ve doğrudan üretimle – ürün arasında bir ilişki olması gerekir. Dolayısıyla direkt işçilik giderleri, hangi ürün için harcandığı belirlenebilen ve işçi başına çalışma süresi ile ölçülebilen giderlerdir.

Çalışmamızda delme ve patlatma işlemlerinde çalışanlara ilişkin ele alınacak direkt işçilik giderleri şöyledir;

Çizelge 4.2. Delme ve patlatma işlemlerindeki işçilik maliyeti kapsamında çalışanlar.

	Delme	Patlatma
Direkt İşçilik Giderleri	Operatör (1)	İşçi (2) Ateşleyici (3)

Çizelge 4.2’de gösterilen, Delme ve patlama işlemlerindeki işçilik maliyeti kapsamındaki çalışanlar şöyle açıklanabilir;

- (1) Delme makinasını kullanan operatör,
- (2) Delikleri dolduran işçi,
- (3) Ateşlemeyi yapan uzman kişiye ait ücretler burada dikkate alınmaktadır.

Delme ve patlatma işlemlerindeki direkt işçilik giderleri ise sabit maliyettir. Çalışma gününde hiç delme ve patlatma işlemi yapılmasa bile işçilik ücretleri ödenmektedir.

4.3.4.3. Genel üretim giderleri

Genel üretim giderleri, üretim maliyeti ile ilgili gider niteliği taşıyan unsurlardan oluşmaktadır. Uygulamada bu giderler doğrudan değil, ancak üretim sonucuna bağlı olarak üretim maliyetine katılmaktadır.

Üretim gider yeri ile ilgili olan, ancak direkt ilk madde ve malzeme giderleri ile direkt işçilik giderlerinin dışında kalan giderlere genel üretim giderleri denilmektedir. Uygulamada bu giderler, üretim maliyeti ile ilgili gider niteliği taşıyan giderlerdir ve doğrudan değil, ancak üretim sonucuna göre üretim maliyetine yansıtılmaktadır.

Genel üretim giderleri işletmeler tarafından şöyle sınıflandırılmaktadır;

- Endirekt malzeme giderleri,
- Endirekt işçi ücret ve giderleri,
- Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler,
- Amortisman giderleri,
- Genel yönetim giderlerinden üretime düşen paylar ve
- Finansman giderlerinden üretime düşen paylar.

Delme ve patlama konusunda yapılan işlemlerde genel üretim giderleri olarak adlandırılan giderler aşağıda sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada maden işletmesinin genel yönetim giderlerinden ve finansman giderlerinden üretime düşen paylar, yıllık olarak hesaplandığı ve muhasebeciler tarafından hazırlanan bir dağıtım formülü ile yapıldığı için dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4.3. Delme ve patlatma işlemlerindeki genel üretim giderleri.

	Delme	Patlama
Endirekt Malzeme	Matkap Ucu (Bit) (1) Tij (2)	
Endirekt İşçilik	Mühendis (3)	Mühendis (6)
Dışarıdan Sağlanan Fayda ve Hizmetler	Bakım Onarım Hizmeti (4)	
Amortisman Gideri	Yıllık yıpranma payı (5)	

Çizelge 4.3'te delme ve patlama işlemlerindeki genel üretim giderlerini oluşturan kalemler şöyle açıklanabilir;

- (1) Delme makinasının delici matkap ucu,
- (2) Tij,
- (3) Delme işlemini planlayan mühendisin ücretinden bu işleme düşen pay,
- (4) Delme makinasının yıllık bakım onarım gideri,
- (5) Delme makinasının yıllık amortisman gideri ve
- (6) Patlatma işlemini kontrol eden mühendisin ücretinden bu işleme düşen pay olarak ifade edilebilir.

Genel üretim giderleri içindeki amortisman, kullanılan makinanın yıllık yıpranma payını ifade etmektedir. Amortisman, bir varlığın öngörülen hizmet süresi boyunca artık değerinden sonraki elde etme maliyetinin dönemlere dağıtılmasıdır (Yalkın, 1998). Bu tanıma göre, bir varlık olarak görülen makinanın maliyetinin bir defa da gider olarak dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Zira bu makine işletmede birçok yıl hizmet vermektedir. Tanıma göre, öncelikle makinanın kaç yıl hizmet göreceği hesaplanacak ve ona göre yıllar itibarıyla gider olarak dikkate alınacaktır. Örneğin makinanın ömrü 10 yıl ve artık (hurda) değeri olmadan maliyeti 120 000 TL ise, eşit tutarlı amortisman yöntemine göre her yıl 12 000 TL gidere yansıtılacaktır. Bu durumda aylık amortisman gideri 1000 TL olacaktır.

Delme ve patlatma işlemlerindeki genel üretim giderleri de sabit maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin bir çalışma gününde hiç üretim yapılmasa da amortisman giderleri gibi genel üretim giderleri sabit kalacaktır. Yine mühendislere ödenen işçilik ücretleri, bakım onarım giderleri de sabit maliyet olarak değerlendirilmektedir. Matkap ucu ve tijler, yıpranma açısından değişken maliyet gibi gözükmemektedir. Ancak çalışma yapılan maden ocağında matkap ucu ve tijler yıllık olarak değiştirilmesi söz konusu olduğundan sabit maliyet olarak değerlendirilmesi uygun olacaktır.

5. MADEN OCAĞINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında, Eskişehir ili sınırları içerisinde bulunan bir manyezit açık ocak maden işletmesindeki delme ve patlatma uygulamaları göz önüne alınmıştır. Yer bulduru haritası Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Yer bulduru haritası.

5.1. İşletmenin Bölge Jeolojisi

Manyezit'den oluşan, teorik olarak % 52,3 CO₂, % 47,7 MgO ve çok az miktarda Fe₂O₃, sertliği 3,4-4,5 arasında, özgül ağırlığı ise 2,9-3,1 olan mineraldir. Manyezit formül ile MgCO₃ olarak gösterilmektedir. Manyezit, saf halde bulunduğu renksiz bir mineral olmasına rağmen diğer hallerde bulunduğu beyaz, sarı, kahverengi, gri ve siyah gibi farklı renklerde görülmektedir.

Paleozoikler genel olarak, Permien yaşındaki mermerler ile albit, serisit ve kuvars minerallerinden meydana gelen metamorfizmlerden oluşmuştur. Metamorfizmlerin içerisinde bazen kalsit ve serisitten oluşan kalkşist merceklerine rastlanır.

Senozoik olarak konglomeralar; serpantinlerin üzerine gelen çakıltaşları genel olarak serpantin, metamorfik şist ve tuf çakıllarından oluşmuştur. Çakıltaşlarını kil, killi kireçtaşı gibi daha derin fasiyesleri temsil eden katmanları örtmüş bir transgresyona kanıt olabilir. Genellikle köşeli ve az yarılanmış yer yer kafa büyüklüğünde serpantin ve hornsteyn çakılları, ince taneli dolomitlenmiş bir hamur içinde görülmektedir. Sekonder olarak kuvars, biyotit, plajyoklaz parçaları ve yer yer şist ve mermer parçalarından meydana gelmektedir. Bu kayalar birçok yerde yumrular halindeki lületaşlarının ana kayaları olarak bulunmaktadır (Magnesit A.Ş. [MAŞ], 2015).

Tüfler ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; dasitik ve andezitikdir. Dasitik tüflerin altında andezitik tüfler bulunmaktadır. Kireçtaşı ve Killer Çakıltaşları üzerine Kepertepe'de killer gelmekte bunu marnlı kireçtaşı-lületaşı marnlı kireçtaşı sırası ile izlemekte ve en üstte Kepertepe'de Kireçtaşları görülmektedir.

Magmatizma-Gabro, Granit; Yer yer küçük mostralarda halinde bulunmaktadır. Gabrolar, Çanakkıran Köyü'nün kuzeybatısındaki alan gediği tepesi ve civarında, aynı zamanda Nemli Köyü'nün kuzeybatısında serpantin ve granitik birimler ile dokanak oluşturmuş şekilde bulunmaktadır. Granite ise sadece Nemli Köyü'nün batısında rastlanmıştır.

Serpantinler; çalışma sahası içerisinde oldukça yaygın olarak bulunmaktadır. Genelde serpantin grubu mineralleri içermektedirler. Serpantinler peridotitlerin değişmesi ile oluşmuşlardır. Olivin parçacıklarının, serpantinleşmeye başlayan kısımları içerisinde örgü dokusu belirgin şekilde görülür. Silis, kalsedon şeklinde bulunmaktadır. Bu kayalar bölgede manyezit damarları ile sık sık kesilmiş halde bulunur. Serpantinleşmiş peridotitler içerisinde manyezit damarları yer almaktadır. Eskişehir-Kütahya yolunun kuzeyinde, serpantinler Morfolojik olarak yükselmiştir. Güneye doğru çakıl taşlarının altından devam ederek, Musaözü

Mollaoğlu hattının güneyinde yeniden mostra vererek Porsuk Barajı'nın civarında Miosen Yaşlı Kireçtaşları altında yok olurlar (MAŞ, 2015).

Filon Tipi Yatak; Serpantin içinde meydana gelmiş irili ufaklı çatlak ve kırıklar içinde dolgu tipi manyezit damarları olarak belirlemektedirler. Bunlar kırık ve çatlaklar boyunca bazen devamlı, genelde de kesintili olarak devam eder.

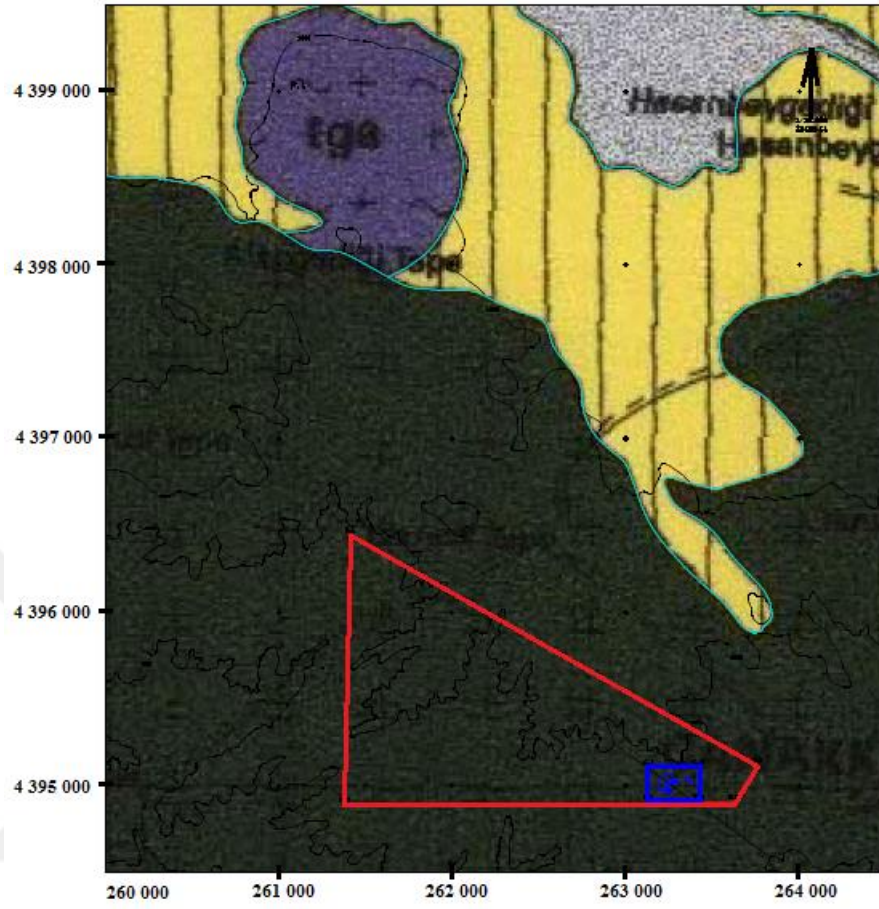
Stokwerk Tipi Yatak; Genellikle yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde ileri derecede serpantinleşme ile ilgili olarak olivince çok zengin olan yan taşların atmosferik sular ile yıkanması sonucunda meydana gelen vadoz eriyiklerin çökmesi ile oluşmuş olan manyezit, yer yer breşik veya yumrulu bir görünümü olan bloklar meydana getirmiştir. Bu manyezit blokları bazen sıkı dokulu, saf ve kar beyaz renkte bazende kırmızımsı olup ince silis damarlı şekildedir.

5.2. İşletmenin Saha Jeolojisi

Saha genel olarak “serpantin” olarak ifade edilen ultrabazik kayaç kütlelerinden oluşmaktadır. Anadolunun büyük bir kısmının blok halinde yükseldiği, Oligosen zamanında meydana gelmiş jeotekniğe bağlı olarak açılma eğilimi göstermiş olan çatlak sistemleri manyezitin oluşmasında önemli bir yer almaktadır. Serpantin kütlelerinin derinlerde, CaO içeren hidrotermal suların etkisi ile ayrışması sonucunda açığa çıkan Mg^{++} iyonları bu sular aracılığıyla serpantin içinde açılma eğilimi göstererek çatlak sistemleri içerisinde yükselmiş ve $MgCO_3$ şeklinde yataklanmıştır. Çatlak sistemine bağlı olarak serpantin kütlesi içerisinde damar tipinde veya kalınlığı birkaç santimetre-desimetre civarında olan Netzwerk (ağsı), mahal olarak da kalınlığı birkaç metre olan Stockwerk (blok) türü oluşumlar meydana gelmiştir. Stockwerk türü süreklilik içermeyen oluşumlar yatay ve dikey yönlerde Netzwerk türüne dönüştükleri görülmektedir (MAŞ, 2015).

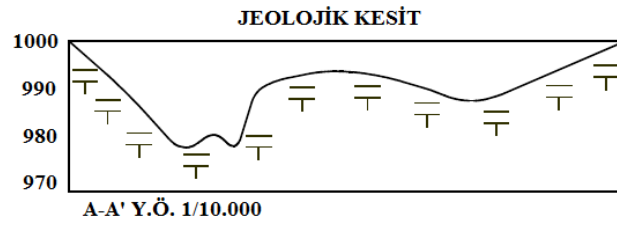
Genelde beyaz, bazı yerler de kırmızımsı renkte bulunan manyezit kriptokristalin halinde ve bileşiminde “İmpürte” olarak SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO içermektedir. SiO_2 “Opal” durumunda ve cevherin çatlaklarında “sekonder” bir oluşum olarak bulunmaktadır. Opalin bulunuşu, manyezit oluşumundan sonra da hidrotermal sıcak su etkilerinin devam ettiği ve tektonik olaylarında devam ederek cevherleşme damarlarının parçalandıklarını ortaya çıkarmasıdır. Sonuç olarak ister yatay isterse dikey yönde farklı karakterde SiO_2 (opal) varlığı gözlenmektedir (MAŞ, 2015).

Faaliyet alanı ve civarı 2. Derece Deprem Bölgesi içinde bulunmaktadır. Faaliyet alanı ve etrafındaki yerlerde sel, kaya düşmesi vb. tehlikelerin olma ihtimali çok düşüktür.



LEJAND

	RUHSAT ALANI
	KIRMA-ELEME-CEHVER HAZIRLAMA TESİSİ
	PERİDOTİT, SERPANTİNİT, TRİYAS, OFİYOLİTİK KAYAÇ
	PLİYÖSEN, ÇAKILTAŞI, KARASAL, ÇÖKEL TAŞI
	TRİYAS, METAGABRO, AMFİBOLİT, METAMORFİK KAYA
	KUVATERNER, ALÜVYON, KARASAL, ÇÖKEL KAYA
	FORMASYON SINIRI



Şekil 5.2. İşletmenin jeolojik haritası (MAŞ, 2015).

5.3. İşletmede Uygulanan Delme İşlemi

Ocakta üretimin ilk kısmını delme ve patlatma işlemleri oluşturmaktadır. Delme işlemi ocak aynasındaki değişimlerine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu işletmede delme işleminde Şekil 5.3’de görülen T-4 delik delme makinası kullanılmakta olup 7,5 m uzunluğundaki tijlerle 16 metreye kadar delik delinebilmektedir.



Şekil 5.3. T-4 Delik delme makinası.

Tez kapsamında yapılan çalışmada, kullanılan makine için elde edilen bazı veriler şöyledir;

- (1) Makine bir operatör tarafından kullanılmaktadır. İşletmenin çalışma süresi günlük 7,5 saattir. Makine ise günde ortalama 3,5 saat çalışmaktadır. Bu süre bazı günlerde 9 saati bulurken (fazla mesai yapılması halinde) bazı günlerde ise 3 saatin altına düşmektedir.
- (2) Makine çalışma sırasında saatte yaklaşık 53 litre mazot tüketmektedir.
- (3) Makine ile 170,1 mm çapında ve ortalama 10 m derinliğinde delikler açılmaktadır.
- (4) Delik eğimi genellikle 90⁰ olmaktadır.
- (5) Delik düzeni genellikle tek sıra olurken, gerekli olursa birden fazla sıra ile şaşbeş düzeninde de delinmektedir.

- (6) Kullanılan bu delici makine, işletmedeki delik delme işlemlerine göre modifiye edilmiş, her geçen yıl bir çok parçası ve aksamı yenilenmiştir.
- (7) Makine 1987 model olup, işletmede 30 yıldır kullanılmaktadır. Vergi Usul Kanunu'nun amortismanlarla ilgili 333 sıra no.lu Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği'ne (28.04.2004 tarih ve 25446 sayılı Resmi Gazete) ve bu tebliğ ekindeki listeye göre makinanın amortisman süresi 10 yıldır. Dolayısıyla makinanın iktisadi ömrü tamamlandığı için artık amortisman ayrılmamaktadır. Ancak teknik ömrü devam etmekte ve bakım onarım ile çalışmaya devam ettirilmektedir. Bakım ve onarım dışarıdan bir firmadan aylık hizmet olarak alınmaktadır. Yapılan incelemede bakım onarım giderinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Nedeni ise makinanın eski model olmasından ve sık sık bir çok parçanın değişime uğramasından kaynaklanmaktadır.

İşletmede delik delmede başka bir ekipmana ihtiyaç duyulmamakta ve tüm delik delme operasyonu bu makine ile tamamlanmaktadır. Bu makinanın bakım ve onarım çalışmalarında kullanılamaması ya da arıza gibi hallerde çalıştırılmak üzere yedek bir delik delme makinası daha bulunmaktadır. Ancak bu makinenin çalışması yavaş ve çok yakıt yakması nedeniyle genelde yedekte bekletildiği görülmüştür.

Tez kapsamında yapılan çalışmada, işletmenin bir aylık süre ile delik delme çalışmaları izlenmiş ve her bir atım için yapılan delik delme operasyonu ayrı ayrı incelenmiştir. Yapılan incelemeye göre söz konusu delme makinasının bir aylık verileri ve sonuçları her atım için ayrı olarak Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Delik delme makinasının verilerinin sonuçları.

Atım No	Çalışma Süresi (motor saati)	Delik Çapı (mm)	Delik Eğimi (°)	Delik Sayısı (adet)	Delik Boyu (m)	Tüketilen Sıvı Yakıt (lt)
1	5,85	170,1	90°	18	10	315
2	3,25	170,1	90°	10	10	175
3	3,12	170,1	90°	8	12	168
4	6,43	170,1	90°	22	9	346,5
5	4,55	170,1	90°	14	10	245
6	2,6	170,1	90°	8	10	140
7	5,85	170,1	90°	20	9	315
8	3,9	170,1	90°	12	10	210
9	4,87	170,1	90°	15	10	262,5
10	3,9	170,1	90°	10	12	210
11	2,27	170,1	90°	7	10	122,5
12	8,77	170,1	90°	30	9	472,5
13	5,2	170,1	90°	16	10	280
14	4,23	170,1	90°	13	10	227,5
15	4,68	170,1	90°	12	12	252
16	7,02	170,1	90°	24	9	378
17	3,25	170,1	90°	10	10	175
18	5,2	170,1	90°	16	10	280
19	9,36	170,1	90°	32	9	504
20	4,3	170,1	90°	11	12	231
21	6,5	170,1	90°	20	10	350
22	7,8	170,1	90°	24	10	420
23	5,46	170,1	90°	14	12	294
24	5,2	170,1	90°	16	10	280
25	8,19	170,1	90°	28	9	441
26	3,25	170,1	90°	10	10	175
Toplam	135			420		7269,5

5.4. İşletmede Uygulanan Patlatma İşlemi

İşletme de patlatma işlemi arazi yapısına bağlı olarak tek sıra ve şerh beş delik düzeni şeklinde yapılmaktadır. Patlatma işleminde yemleme 500 gr'lık dinamit lokumları ile yapılmaktadır. Delik boyuna bağlı olarak da yemleme miktarı değişmektedir. Benzer şekilde delik boyuna bağlı olarak sıkılama boyu da değişmektedir. Sıkılama malzemesi olarak delikten çıkan kırıntılar kullanılmaktadır. Delik diplerinde ise nonel kapsüller kullanılmaktadır. Yüzey bağlantıları nonel yüzey gecikmeleri ile birbirlerine bağlandıktan sonra sistemin ateşlenmesi elektrikli kapsül ile sağlanmaktadır.

Oluşturulan patlatma tasarım parametreleri Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Bu çizelgede ele alınan delik düzeni, delik boyunu belirleyen basamak yüksekliği, açılan delik çapı, delikler arasındaki mesafe, delik boyu, sıkılama boyu, delik sayısı parametreleri dikkate alınarak oluşan yığına ilişkin teorik hacim (m³) hesaplanmıştır. Söz konusu hacim hesabı, üretim miktarını göstermektedir. Bu üretim miktarları incelendiğinde, ele alınan parametrelere göre değişiklik gösterdiği görülmektedir.

Patlatma tasarlanırken, basamak yüksekliği ve arazinin yapısına göre delik boyu, delik çapı ve delik düzeni belirlenmektedir. Delik boyları basamak yüksekliğine göre belirlenirken, delik düzeni basamak genişliğine göre, teksıra veya şeşbeş olarak tasarlanmaktadır.

Çizelge 5.2. Patlatma tasarım parametreleri.

Atım No	Delik Eğimi	Delik Düzeni	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası mesafe(m)	Delik Boyu (m)	Sıkılama Boyu (m)	Delik Sayısı (adet)	Üretim Miktarı (m ³)
1	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	18	6840
2	Dik	Teksıra	10	170,1	3	10	3	10	1980
3	Dik	Teksıra	12	170,1	3	12	3	8	1944
4	Dik	Şeşbeş	8	170,1	3	9	2,5	22	3888
5	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	14	5400
6	Dik	Teksıra	10	170,1	5	10	3	8	2700
7	Dik	Şeşbeş	8	170,1	3	9	2,5	20	3564
8	Dik	Teksıra	10	170,1	5	10	3	12	3900
9	Dik	Teksıra	10	170,1	3	10	3	15	2880
10	Dik	Teksıra	12	170,1	4	12	2,5	10	3168
11	Dik	Teksıra	10	170,1	3	10	3	7	1440
12	Dik	Şeşbeş	8	170,1	3	9	2,5	30	5184
13	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	16	6120
14	Dik	Teksıra	10	170,1	5	10	3	13	4200
15	Dik	Teksıra	12	170,1	3	12	2,5	12	2808
16	Dik	Şeşbeş	8	170,1	4	9	2,5	24	5400
17	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	10	3960
18	Dik	Teksıra	10	170,1	4	10	3	16	4080
19	Dik	Şeşbeş	8	170,1	5	9	2,5	32	7902,5
20	Dik	Teksıra	12	170,1	4	12	3	11	3456
21	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	20	7560
22	Dik	Teksıra	10	170,1	3	10	3	24	4500
23	Dik	Teksıra	12	170,1	5	12	2,5	14	5400
24	Dik	Teksıra	10	170,1	3	10	3	16	3060
25	Dik	Şeşbeş	8	170,1	4	9	2,5	28	5400
26	Dik	Teksıra	10	170,1	6	10	3	10	3960
Toplamlar						264	74	420	110 695

Patlayıcı madde verileri ise her bir atım için ayrı olarak verilerek Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Tüm atımlarda kullanılan patlayıcı madde verileri.

Atım No	Dinamit (kg)	Kapsül (adet)	ANFO (kg)	Elektrikli Kapsül (adet)
1	9	18	2232	1
2	5	10	1240	1
3	8	16	850	1
4	11	22	2532	1
5	7	14	1736	1
6	4	8	992	1
7	10	20	2301	1
8	6	12	1487	1
9	7,5	15	1859	1
10	10	20	1240	1
11	3,5	7	868	1
12	15	30	3452	1
13	8	16	1983	1
14	6,5	13	1612	1
15	12	24	1488	1
16	12	24	2762	1
17	5	10	1240	1
18	8	16	1984	1
19	16	32	3682	1
20	11	22	1168	1
21	10	20	2480	1
22	12	24	2976	1
23	14	28	1735	1
24	8	16	1984	1
25	14	28	3222	1
26	5	10	1240	1
Toplam	237,5	475	50 345	26

Yapılan çalışma sırasında gözlemlenen patlatma işleminde kullanılan kapsül, ANFO ve dinamitler Şekil 5.4’te görülmektedir.

Şekil 5.5’te deliklere yapılan sıkılama işlemi için 2 adet işçi çalışmaktadır. Ateşleme ise sahada çalışan ateşleyici tarafından yapılmaktadır. Her bir atımda açılan delikler önce teknik nezaretçi tarafından görülmekte ve denetlenmekte, onay alındıktan sonra sıkılama yapılmaktadır. Sıkılama işleminden sonra yine sahaya gelen teknik nezaretçi gerekli kontrolleri yapmakta ve mühendis gözetiminde patlatma gerçekleştirilmektedir. Şekil 5.6’da patlatma yapılacak saha ve Şekil 5.7’de patlatma sonrası oluşan yığın görüntülenmiştir.



Şekil 5.4. Patlatma işleminde kullanılan kapsül, ANFO ve dinamit.



Şekil 5.5. Patlatma deliklerinde yapılan sıkılama işlemi.



Şekil 5.6. Patlatma yapılacak saha.



Şekil 5.7. Patlatma sonrası oluşan yığın.

5.5. Delme ve Patlatma Maliyetleri

5.5.1. Temel Parametreler

Delme ve patlatma ile ilgili hesaplamalarda kullanılan girdilerin maliyetlerinin tespiti için öncelikle delme ve patlama takvimini gözden geçirmek gerekecektir. Çünkü ilk madde ve malzeme gideri, direkt işçilik gideri ve genel üretim gideri içinde mazot fiyatlarının değişiklikleri, döviz ANFO gibi malzemelerin fiyatlarının belirlenmesinde takvimin kullanılması doğru bir hesaplama için gerekli olacaktır.

Gözlemlenen delme ve patlama işlemleri Kasım 2016 ayına aittir. Aşağıda her bir delme ve patlama işlemine ait atımların, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'deki atım no.larına göre tarihleri verilmiştir.

Çizelge 5.4. Delme ve patlama işlemlerinin atım no.larına göre takvimi.

Atım No.	Tarih	Gün	Atım No.	Tarih	Gün
1	01.11.2016	Salı	14	16.11.2016	Çarşamba
2	02.11.2016	Çarşamba	15	17.11.2016	Perşembe
3	03.11.2016	Perşembe	16	18.11.2016	Cuma
4	04.11.2016	Cuma	17	19.11.2016	Cumartesi
5	05.11.2016	Cumartesi	18	21.11.2016	Pazartesi
6	07.11.2016	Pazartesi	19	22.11.2016	Salı
7	08.11.2016	Salı	20	23.11.2016	Çarşamba
8	09.11.2016	Çarşamba	21	24.11.2016	Perşembe
9	10.11.2016	Perşembe	22	25.11.2016	Cuma
10	11.11.2016	Cuma	23	26.11.2016	Cumartesi
11	12.11.2016	Cumartesi	24	28.11.2016	Pazartesi
12	14.11.2016	Pazartesi	25	29.11.2016	Salı
13	15.11.2016	Salı	26	30.11.2016	Çarşamba

İşletmede bir akaryakıt deposu bulunmamaktadır. Delme işleminde kullanılan makinaya her gün tanker ile mazot getirilmektedir. Bu nedenle mazot fiyatlarındaki değişiklikler göz önüne alınmıştır. Kasım 2016 ayında mazot fiyatlarına ilişkin değişim ve listesi ise şöyledir.

Çizelge 5.5. Kasım 2016 ayı mazot fiyatları.

Atım No.	Tarih	Fiyat (lt/TL)	Atım No.	Tarih	Fiyat (lt/TL)
1	01.11.2016	4,27	14	16.11.2016	4,13
2	02.11.2016	4,27	15	17.11.2016	4,13
3	03.11.2016	4,17	16	18.11.2016	4,21
4	04.11.2016	4,17	17	19.11.2016	4,21
5	05.11.2016	4,17	18	21.11.2016	4,21
6	07.11.2016	4,17	19	22.11.2016	4,21
7	08.11.2016	4,17	20	23.11.2016	4,32
8	09.11.2016	4,13	21	24.11.2016	4,32
9	10.11.2016	4,13	22	25.11.2016	4,32
10	11.11.2016	4,13	23	26.11.2016	4,32
11	12.11.2016	4,13	24	28.11.2016	4,32
12	14.11.2016	4,13	25	29.11.2016	4,32
13	15.11.2016	4,13	26	30.11.2016	4,32

Kullanılan ANFO döviz cinsinden A.B.D doları (\$) ile alınmaktadır. İşletme çoğu malzemeyi deposundan kullandığı için A.B.D. doları (\$) kuru ortalama olarak alınmıştır. Kasım 2016 ayında A.B.D. doları (\$) kuru ortalama olarak Maliye Bakanlığı'na göre 3,26745 TL'dir. (<http://www.bumko.gov.tr/TR,150/doviz-kurlari.html>)

Delme ve patlama maliyetlerin hesabında dikkate alınacak diğer bir unsur ise direkt ve endirekt işçilik maliyetleri olacaktır. İşçilik maliyetleri işçilere ödenen ücret ve kesintilerin işveren paylarından oluşmaktadır. Delme ve patlatma işlemlerinde çalışanların net ücretleri ile bunların işverene olan maliyetleri aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. İşçilik maliyetleri.

Ücret Türü	Operatör	Mühendis	İşçi	Ateşleyici
Net Ücret	3000 TL	2600 TL	2000 TL	2400 TL
Giydirilmiş Ücret	4894,68 TL	4242,06 TL	2974,38 TL	3860,59 TL
Günlük Ücret	188,26 TL	163,16 TL	114,40 TL	148,48 TL
Saatlik Ücret	25,10 TL	21,75 TL	15,25 TL	19,80 TL

Ücretin işverene maliyeti uygulamada “giydirilmiş ücret” olarak adlandırılmaktadır. (Çalışmada ücretin brüt tutarı dikkate alınmamıştır; zira maliyet hesabında brüt ücret dikkate alınacak olursa kesintilerin işveren payları “SGK ve işsizlik sigortası” ihmal edilmiş olacaktır.)

Diğer yandan maliyetlerin doğru hesaplanması için günlük ücret (26 gün/ay) olarak dikkate alınmıştır. Eğer günlük ücret (30 gün/ay) üzerinden hesaplanacak olursa, işçinin çalışmadan hakettiği Pazar günü ücretleri eksik kalacaktır.

Yine saatlik ücretin hesabı da, haftalık 45 saatlik çalışma süresine göre (45/6) 7,5 saat üzerinden yapılmıştır (İş Kanununa İlişkin Çalışma Süreleri Yönetmeliği, 4. Madde, 06.04.2004 tarih ve 25425 sayılı Resmi Gazete).

İşçilik ücretlerine ilişkin veriler, maden işletmesinin muhasebe biriminden elde edilmiştir. Bu verilerde, çalışanların aldığı vergi iadeleri (asgari geçim indirimi) dikkate alınmamıştır.

Delme ve patlama maliyetlerinin hesabında dikkate alınacak genel üretim giderlerine ilişkin veriler ve birim fiyatlar (maliyetleri) ise Çizelge 5.7’de verilmiştir. Söz konusu fiyatlar, işletmenin muhasebe biriminden elde edilmiştir. Teknik bilgiler ise, yapılan gözlemlerde, kullanılan miktarlara göre belirlenmiştir.

Çizelge 5.7. Üretim giderlerine ilişkin veriler.

Gider Kalemleri	Teknik Açıklama	Birim	Birim Fiyatı (TL)
Matkap ucu	Yılda 1 adet	adet/12	625,00
Tij (boru)	Yılda 1 adet	adet/12	833,33
Anfo		Kg (1 kg = 0,70 \$)	2,29
Kapsül (non-elektrik)	Delik boyuna göre	metre	1,00
Dinamit		(1 adet=500 gr) kg	16,00
Elektrikli Kapsül	Delik başına 1 adet	adet	2,45
Bakım Onarım Gideri	Yıllık hizmet olarak	aylık	4166,67
Amortisman	Defter değeri yok	aylık	0,00

Maliyet analizinde kullanılacak temel parametreler belirlendikten sonra, ayrı ayrı delme ve patlama maliyetleri hesaplanacaktır.

5.5.2. Delme Maliyetleri

Delme maliyetlerinin hesaplanmasında maliyet unsurları ayrı ayrı dikkate alınacaktır. Sonra toplam alınarak toplam maliyet bulunmuş olacaktır. Dolayısıyla delme maliyetleri şu şekilde formüle edilebilir;

$$\text{Delme Maliyeti} = \text{İlk madde ve malzeme gideri} + \text{Direkt işçilik gideri} + \text{Genel üretim gideri}$$

Bu eşitliğe göre delme maliyeti, bir atımda açılan delik sayısı toplamı olarak hesaplanacak, daha sonra bir metre delik maliyeti hesaplanacaktır. Delik başına maliyet, her atımda, farklı delik boyları kullanılması nedeniyle dikkate alınmayacaktır.

Aşağıda 1 no.lu atımda açılan deliklere ilişkin maliyetler şu şekildedir;

Çizelge 5.8. Delme maliyetleri.

Maliyet Unsurları	Maliyet Kalemleri	Delme Maliyetleri	Tutar (TL)
İlk madde ve malzeme	Mazot	315 lt mazot x 4,27 TL	1345,05
Direkt işçilik	Operatör	Günlük 188,26 TL	188,26
Genel üretim giderleri	Matkap ucu	625,00 TL / 26 gün	24,04
	Tij (boru)	833,33 TL / 26 gün	32,05
	Mühendis	Saatlik 21,75 TL	21,75
	Bakım onarım gideri	4166,67 TL / 26 gün	160,26
	Amortisman	0,00 TL / 26 gün	0,00
Toplam			1771,41
1 no.lu atımdaki delik boyu (18 adet x 10 m)			180 m
Birim Maliyet (m/TL)			9,84

Çizelge 5.8 incelendiğinde, 1 no.lu atımda 10 m boyunda 18 adet delik açılmıştır. Toplam maliyeti 1771,41 TL'dir. Bir delik açısından maliyet $1771,41 \text{ TL} / 18 \text{ adet} = 98,41 \text{ TL}$ olup, toplam delik boyuna göre 1 m'lik delik boyunun maliyeti ise 9,84 TL'dir.

Yukarıdaki tabloda ilk madde ve malzeme gideri (mazot) açılan delik sayısına göre değişken olmakta, diğer giderler ise sabit kalmaktadır. Bu durumda bu maliyet kalemlerini sabit gider olarak hesaplayabiliriz (Çizelge 5.9);

Çizelge 5.9. Sabit delme maliyetleri.

Maliyet Unsurları	Maliyet Kalemleri	Delme Maliyetleri	Tutar (TL)
Direkt işçilik	Operatör	Günlük 188,26 TL	188,26
Genel üretim giderleri	Matkap ucu	625,00 TL / 26 gün	24,04
	Tij (boru)	833,33 TL / 26 gün	32,05
	Mühendis	Saatlik 21,75 TL	21,75
	Bakım onarım gideri	4166,67 TL / 26 gün	160,26
	Amortisman	0,00 TL / 26 gün	0,00
Günlük sabit maliyet (TL)			426,36

Dolayısıyla ilk madde ve malzeme gideri olarak mazot giderini değişken, diğer maliyetleri sabit maliyet olarak dikkate alacak olursak, Kasım 2016 ayındaki delme işlemlerinin toplam maliyetlerini ve birim maliyetlerini şu şekilde hesaplamak mümkün olacaktır;

Çizelge 5.10. Toplam ve birim delme maliyetleri.

Atım No.	Sabit Giderler	Değişken Giderler			Toplam Giderler (Sabit + Değişken) (TL)	Toplam Delik Boyu (m)	Birim Maliyet (TL)
	Direk işçilik + Genel üretim giderleri	Tüketilen Sıvı Yakıt (lt)	Mazot Fiyatı (TL)	Toplam Gider (TL)			
1	426,36	315	4,27	1345,05	1771,41	180	9,84
2	426,36	175	4,27	747,25	1173,61	100	11,74
3	426,36	168	4,17	700,56	1126,92	96	11,74
4	426,36	346,5	4,17	1444,91	1871,27	198	9,45
5	426,36	245	4,17	1021,65	1448,01	140	10,34
6	426,36	140	4,17	583,80	1010,16	80	12,63
7	426,36	315	4,17	1313,55	1739,91	180	9,67
8	426,36	210	4,13	867,30	1293,66	120	10,78
9	426,36	262,5	4,13	1084,13	1510,49	150	10,07
10	426,36	210	4,13	867,30	1293,66	120	10,78
11	426,36	122,5	4,13	505,93	932,29	70	13,32
12	426,36	472,5	4,13	1951,43	2377,79	270	8,81
13	426,36	280	4,13	1156,40	1582,76	160	9,89
14	426,36	227,5	4,13	939,58	1365,94	130	10,51
15	426,36	252	4,13	1040,76	1467,12	144	10,19
16	426,36	378	4,21	1591,38	2017,74	216	9,34
17	426,36	175	4,21	736,75	1163,11	100	11,63
18	426,36	280	4,21	1178,80	1605,16	160	10,03
19	426,36	504	4,21	2121,84	2548,20	288	8,85
20	426,36	231	4,32	997,92	1424,28	132	10,79
21	426,36	350	4,32	1512,00	1938,36	200	9,69
22	426,36	420	4,32	1814,40	2240,76	240	9,34
23	426,36	294	4,32	1270,08	1696,44	168	10,10
24	426,36	280	4,32	1209,60	1635,96	160	10,22
25	426,36	441	4,32	1905,12	2331,48	252	9,25
26	426,36	175	4,32	756,00	1182,36	100	11,82
Toplam					41 748,85	4 154	10,05

Çizelge 5.10'a göre Kasım 2016 ayında hesaplanan toplam giderler, açılan delik boyuna bölündüğünde ortalama delme maliyeti bulunacaktır;

Ortalama birim delme maliyeti = Toplam maliyet / Toplam delik boyu

Ortalama birim delme maliyeti = 41 748,85 TL / 4 154 m

Ortalama birim delme maliyeti = 10,05 TL/m

5.5.3. Patlatma Maliyetleri

Patlatma maliyetlerinin hesaplanmasında da maliyet unsurları ayrı ayrı dikkate alınarak toplam maliyet bulunacaktır. Patlatma maliyetleri şu şekilde formüle edilebilir;

Patlama maliyeti = İlk madde ve malzeme gideri + Direkt işçilik gideri + Genel üretim gideri

Bu eşitliğe göre patlatma maliyeti, bir atımda elde edilen yığının m³ büyüklüğünün toplamı olarak hesaplanacak, daha sonra bir m³ yığının patlatma maliyeti hesaplanacaktır. Atım başına maliyet, her atımda, farklı m³ yığın elde edilmesi nedeniyle dikkate alınmayacaktır.

Patlama maliyetlerinde kullanılan ilk madde ve malzemelerin miktarları 1 no.lu atım için şöyle hesaplanmaktadır;

a) *ANFO Miktarının Hesaplanması:* Açılan delik ile ayna arasında genellikle 2 m ile 3 m mesafe bırakılmaktadır. Sıkılama boyu da bu mesafeye göre belirlenmektedir. Örneğin açılan delik ile ayna arasındaki mesafe 3 m ise sıkılama boyu da 3 m olacaktır. Delik boyu 10 m ise, sıkılama öncesi 7 m ANFO ile doldurulmaktadır. Bu nedenle açılan deliğin 1m silindir hacmi bulunmakta ve ANFO'nun yoğunluğu olan 0,78 gr/cm³ katsayısı ile çarpılmaktadır. Böylece 1 m delik için kullanılan ANFO miktarı tespit edilmektedir.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot (17,01 \text{ cm} / 2)^2 \cdot 100 = 22,713 \text{ cm}^3$$

$$d = m / V \quad 0,78 = m / 22,713 \quad m = 17,71 \text{ kg}$$

1 m delik için 17,71 kg ANFO kullanılmaktadır. Dolayısıyla her delik boyunda, sıkılama boyu çıkarılarak, kalan kısmın boyu ile bu miktar çarpıldığında toplam ANFO miktarı bulunacaktır.

1 no.lu atımda 18 delik açılmıştır. Her bir delik boyu 10 m olup, delik ile ayna arasındaki mesafe 3 m'dir. Bu durumda her bir delik için 3 m sıkılama yapılacağından 7 m'lik kısım ANFO ile doldurulacaktır.

$$\text{ANFO miktarı} = 18 \text{ delik} \times (7 \text{ m} \times 17,71 \text{ kg})$$

$$\text{ANFO miktarı} = 18 \text{ delik} \times 124 \text{ kg}$$

$$\text{ANFO miktarı} = 2232 \text{ kg}$$

b) *Kapsül Miktarının Hesaplanması:* Kapsül değişik ebatlarda, delik boyuna göre 6 ile 26 m arasında kullanılmaktadır. Örneğin delik boyu 10 m ve delikler arası mesafe 6 m olduğunda, bir delik için, delik boyu ile delikler arası mesafe göz önüne alınarak 16 m'lik kapsüller kullanılmaktadır.

Kapsül miktarı = 18 delik x 16 m

Kapsül miktarı = 288 m

c) *Dinamit Miktarının Hesaplanması:* 10 m delik boyuna kadar 1 adet 500 gr'lık dinamit lokumu kullanılmaktadır. 10 m'den sonra ara sıkılama yapıldığından dolayı 2 adet 500 gr dinamit lokumu kullanılması gerekmektedir.

Dinamit miktarı = 18 delik x 500 gr

Dinamit miktarı = 9 kg

d) *Elektrikli Kapsül Miktarının Hesaplanması:* Her atımda ateşleme için 1 adet elektrikli kapsül kullanılmaktadır.

Bu hesaplamalara göre 1 no.lu atımda yapılan patlatmaya ilişkin maliyetler Çizelge 5.11'de verilmiştir;

Çizelge 5.11. Patlatma maliyetleri.

Maliyet Unsurları	Maliyet Kalemleri	Patlama Maliyetleri	Tutar (TL)
İlk madde ve malzeme	ANFO	2232 kg x 2,29 TL	5111,28
	Kapsül	288 m x 1,00 TL	288,00
	Dinamit	9 kg x 16,00 TL	144,00
	Elektrikli Kapsül	1 adet x 2,45 TL	2,45
Direkt işçilik	İşçi	Günlük 114,40 TL x 2	228,80
	Ateşleyici	Günlük 148,48 TL	148,48
Genel üretim giderleri	Mühendis	Saatlik 21,75 TL	21,75
Toplam			5944,76
1 no.lu atımdaki elde edilen yığın (m ³)			6840 m ³
Birim Maliyet (TL/m³)			0,87 TL/m³

Çizelge 5.11 incelendiğinde 1 no.lu atımda 6840 m³ yığın elde edildiği görülmüştür. 1 no.lu atımın toplam maliyeti 5944,76 TL'dir. 1 m³ yığın için maliyet 0,87 TL çıkmaktadır.

Yukarıdaki tabloda ilk madde ve malzeme giderleri (ANFO, kapsül, dinamit ve elektrikli kapsül) açılan delik sayısına göre değişken maliyet olarak gerçekleşmektedir. Diğer giderler ise sabit maliyet olarak tanımlanabilir. Diğer giderleri sabit maliyet olarak dikkate alabiliriz;

Çizelge 5.12. Sabit patlatma maliyetleri.

Maliyet Unsurları	Maliyet Kalemleri	Delme Maliyetleri	Tutar (TL)
Direkt işçilik	İşçi	Günlük 114,40 TL x 2	228,80
	Ateşleyici	Günlük 148,48 TL	148,48
Genel üretim giderleri	Mühendis	Saatlik 21,75 TL	21,75
Günlük sabit maliyet (TL)			399,03

Bu durumda Kasım 2016 ayındaki patlatma işlemlerinin toplam maliyetlerini ve birim maliyetlerini şu şekilde hesaplamak mümkün olacaktır;

Çizelge 5.13. Toplam ve birim patlatma maliyetleri.

Atım No.	Sabit Giderler	Değişken Giderler				Toplam Giderler (TL)	Toplam Elde Edilen Yığın (m³)	Birim Maliyet (TL)
	Dİ + GÜG	ANFO	Kapsül	Dinamit	Elektrikli Kapsül			
1	399,03	5111,28	288,00	144,00	2,45	5944,76	6840	0,87
2	399,03	2839,60	130,00	80,00	2,45	3451,08	1980	1,74
3	399,03	1946,50	168,00	128,00	2,45	2643,98	1944	1,36
4	399,03	5798,28	264,00	176,00	2,45	6639,76	3888	1,71
5	399,03	3975,44	224,00	112,00	2,45	4712,92	5400	0,87
6	399,03	2271,68	120,00	64,00	2,45	2857,16	2700	1,06
7	399,03	5269,29	240,00	160,00	2,45	6070,77	3564	1,70
8	399,03	3405,23	180,00	96,00	2,45	4082,71	3900	1,05
9	399,03	4257,11	195,00	120,00	2,45	4973,59	2880	1,73
10	399,03	2839,60	220,00	160,00	2,45	3621,08	3168	1,14
11	399,03	1987,72	91,00	56,00	2,45	2536,20	1440	1,76
12	399,03	7905,08	360,00	240,00	2,45	8906,56	5184	1,72
13	399,03	4541,07	256,00	128,00	2,45	5326,55	6120	0,87
14	399,03	3691,48	195,00	104,00	2,45	4391,96	4200	1,05
15	399,03	3407,52	252,00	192,00	2,45	4253,00	2808	1,51
16	399,03	6324,98	312,00	192,00	2,45	7230,46	5400	1,34
17	399,03	2839,60	160,00	80,00	2,45	3481,08	3960	0,88
18	399,03	4543,36	224,00	128,00	2,45	5296,84	4080	1,30
19	399,03	8431,78	448,00	256,00	2,45	9537,26	7902,5	1,21
20	399,03	2674,72	242,00	176,00	2,45	3494,20	3456	1,01
21	399,03	5679,20	320,00	160,00	2,45	6560,68	7560	0,87
22	399,03	6815,04	312,00	192,00	2,45	7720,52	4500	1,72
23	399,03	3973,15	322,00	224,00	2,45	4920,63	5400	0,91
24	399,03	4543,36	208,00	128,00	2,45	5280,84	3060	1,73
25	399,03	7378,38	364,00	224,00	2,45	8367,86	5400	1,55
26	399,03	2839,60	160,00	80,00	2,45	3481,08	3960	0,88
Toplam						135 783,53	110 694,5	1,23

Çizelge 5.13'e göre Kasım 2016 ayında hesaplanan toplam giderler, elde edilen yığının toplamına bölündüğünde, 1 m³ için patlatma maliyeti ortalama birim üzerinden bulunmuş olacaktır;

Ortalama birim patlatma maliyeti = Toplam maliyet / Toplam hacim

Ortalama birim patlatma maliyeti = 135 783,53 TL / 110 694,5 m³

Ortalama birim patlatma maliyeti = 1,23 TL/m³

5.5.4. Toplam ve ortalama birim maliyetler

Yapılan çalışmada delme maliyetleri, 1 m delik için delme maliyeti 10,05 TL bulunmuştu. Patlatma maliyetleri de, elde edilen yığının hacmine göre, 1 m³ için 1,23 TL hesaplanmıştı. Bu maliyetler delme ve patlatma maliyetlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinde kullanılmakta iken, delme ve patlatma işlemlerinin bir bütün olarak değerlendirilmesinde yeterli olmayacaktır. Toplam delme ve patlatma maliyetleri de genellikle toplam hacim dikkate alınarak hesaplanmaktadır. İşletmeler özellikle, birim maliyetlerin hesaplanmasında, delme ve patlatma maliyetlerini toplam hacime göre değerlendirmektedir.

Çizelge 5.14'te, elde edilen yığın için yapılan delme ve patlatma maliyetleri birlikte ele alınmıştır;

Çizelge 5.14. Delme ve patlama maliyetlerinin toplam ve birim maliyeti.

Atım No.	Delme Maliyetleri (TL)	Patlama Maliyetleri (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Toplam Elde Edilen Yığın (m ³)	Birim Maliyet (TL)
1	1771,41	5944,76	7716,17	6840	1,13
2	1173,61	3451,08	4624,69	1980	2,34
3	1126,92	2643,98	3770,90	1944	1,94
4	1871,27	6639,76	8511,03	3888	2,19
5	1448,01	4712,92	6160,93	5400	1,14
6	1010,16	2857,16	3867,32	2700	1,43
7	1739,91	6070,77	7810,68	3564	2,19
8	1293,66	4082,71	5376,37	3900	1,38
9	1510,49	4973,59	6484,08	2880	2,25
10	1293,66	3621,08	4914,74	3168	1,55
11	932,29	2536,20	3468,49	1440	2,41
12	2377,79	8906,56	11 284,35	5184	2,18
13	1582,76	5326,55	6909,31	6120	1,13
14	1365,94	4391,96	5757,90	4200	1,37
15	1467,12	4253,00	5720,12	2808	2,04
16	2017,74	7230,46	9248,20	5400	1,71
17	1163,11	3481,08	4644,19	3960	1,17
18	1605,16	5296,84	6902,00	4080	1,69
19	2548,20	9537,26	12 085,46	7902,5	1,53
20	1424,28	3494,20	4918,48	3456	1,42
21	1938,36	6560,68	8499,04	7560	1,12
22	2240,76	7720,52	9961,28	4500	2,21
23	1696,44	4920,63	6617,07	5400	1,23
24	1635,96	5280,84	6916,80	3060	2,26
25	2331,48	8367,86	10 699,34	5400	1,98
26	1182,36	3481,08	4663,44	3960	1,18
Toplam	41 748,85	135 783,53	177 532,38	110 694,5	1,60

Çizelge 5.14'e göre Kasım 2016 ayında yapılan delme ve patlatma işlemlerinin toplam maliyeti 177 532,38 TL'dir. Delme ve patlatma işlemlerinde toplam 110 694,5 m³ yığın elde edildiğine göre, bir birim hacim için ortalama birim maliyet şöyle bulunacaktır;

Ortalama birim maliyeti = Toplam maliyet / Toplam hacim

Ortalama birim maliyeti = 177 532,38 TL / 110 694,5 m³

Ortalama birim maliyeti = 1,60 TL/m³

İşletmede elde edilen yığının hesaplanan hacmine göre teknik olarak maliyetler hesaplanırken, satış işlemleri ağırlık birimi üzerinden yapılmaktadır. Bu nedenle işletmenin

muhasabe birimi aylık olarak elde edilen bu yığınları bir ağırlık birimine çevirmektedir ve “ton” hesabı yapmaktadır.

Çıkarılan manyezit yoğunluğu 2,5 kg/m³ alındığında, bir m³ yığın için yapılan hesaplama şöyledir;

$$d = m / V \quad 2,5 = m / 1000 \text{ kg} \quad m = 2500 \text{ kg} \quad m=2,5 \text{ ton}$$

Dolayısıyla 1 m³ yığının ağırlığı 2500 kg veya 2,5 ton etmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen yığın açısından değerlendirildiğinde 1 ton için hesaplanan toplam ve ortalama birim maliyet aşağıdaki gibidir;

Çizelge 5.15. Delme ve patlama maliyetlerin ağırlık cinsinden toplam ve birim maliyeti.

Atım No.	Toplam Elde Edilen Yığın (m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Toplam Elde Edilen Yığın (ton)	Toplam Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL)
1	6840	2,5	17 100	7716,17	0,45124
2	1980	2,5	4950	4624,69	0,93428
3	1944	2,5	4860	3770,90	0,77591
4	3888	2,5	9720	8511,03	0,87562
5	5400	2,5	13 500	6160,93	0,45637
6	2700	2,5	6750	3867,32	0,57294
7	3564	2,5	8910	7810,68	0,87662
8	3900	2,5	9750	5376,37	0,55142
9	2880	2,5	7200	6484,08	0,90057
10	3168	2,5	7920	4914,74	0,62055
11	1440	2,5	3600	3468,49	0,96347
12	5184	2,5	12 960	11 284,35	0,87071
13	6120	2,5	15 300	6909,31	0,45159
14	4200	2,5	10 500	5757,90	0,54837
15	2808	2,5	7020	5720,12	0,81483
16	5400	2,5	13 500	9248,20	0,68505
17	3960	2,5	9900	4644,19	0,46911
18	4080	2,5	10 200	6902,00	0,67667
19	7902,5	2,5	19 756,25	12 085,46	0,61173
20	3456	2,5	8 640	4918,48	0,56927
21	7560	2,5	18 900	8499,04	0,44968
22	4500	2,5	11 250	9961,28	0,88545
23	5400	2,5	13 500	6617,07	0,49015
24	3060	2,5	7650	6916,80	0,90416
25	5400	2,5	13 500	10 699,34	0,79254
26	3960	2,5	9900	4663,44	0,47105
Toplam	110 694,5		276 736,25	177 532,38	0,64

Çizelge 5.15'e göre Kasım 2016 ayında yapılan delme ve patlatma işlemlerinde toplam 276 736,25 ton yığın elde edilmiştir. Bu durumda bir ton yığının ortalama maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır;

Ortalama birim maliyeti = Toplam maliyet / Toplam ağırlık

Ortalama birim maliyeti = 177 532,38 TL / 276 736,25 ton

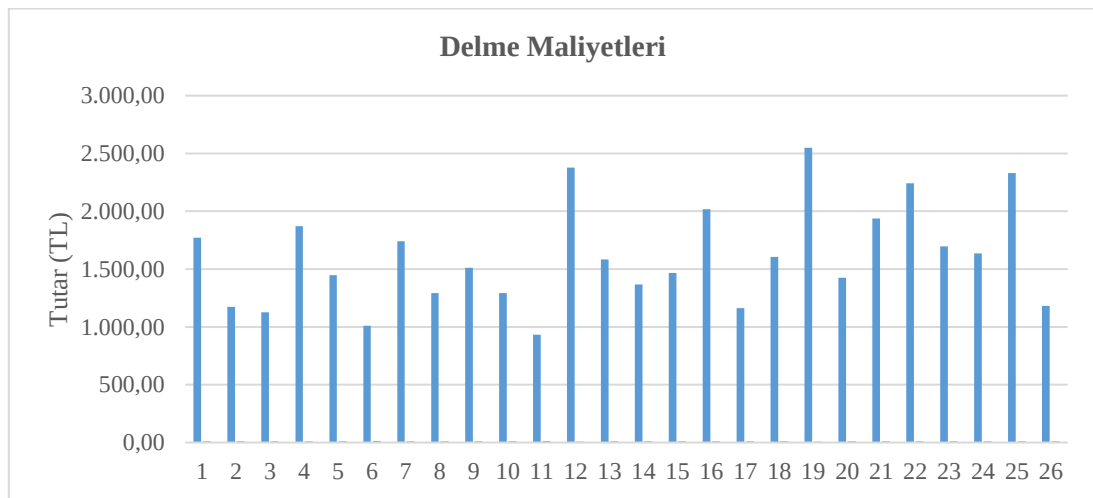
Ortalama birim maliyeti = 0,64 TL/ton

5.6. Delme ve Patlatma Maliyetlerinin Analizi

Çalışma yapılan işletmede, arazi yapısı ve yapılan atımların farklılıklar açısından bir standart maliyet elde edemediği görülmüştür. Bu nedenle fiili maliyetler üzerinden çalışma yapmakta ve aylık olarak maliyetleri tespit etmektedir. Aylık maliyetler çıkarıldıktan sonra, işletmecilerin yaptığı analizlerden farklı olarak, maden mühendisleri, teknik olarak bu maliyet analizlerinden faydalanması gerekmektedir. Ancak yapılan gözlemlerde, yıllardır faaliyet gösterilen işletmede bu maliyet analizleri fazla değerlendirilmemekte ve geçmiş tecrübelerden yararlanıldığı söylenerek gerekli kontroller yapılmamaktadır.

5.6.1. Delme Maliyetleri Açısından

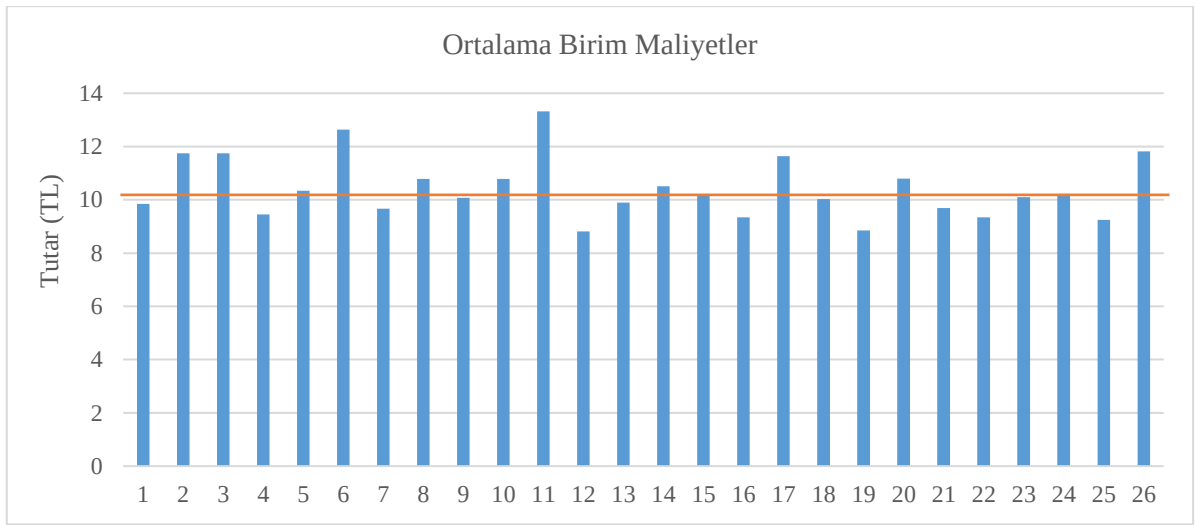
Gözlemlenen Kasım 2016 ayındaki delme maliyetleri öncelikle toplam üzerinden değerlendirilmiştir. Aylık delme maliyetleri grafik olarak gösterilecek olursa, Şekil 5.8'deki gibi bir grafik elde edilecektir;



Şekil 5.8. Delme maliyetleri.

Şekil 5.8 incelendiğinde delme maliyetleri, her atım açısından 1000 TL ile 2500 TL arasında oldukça farklı şekilde oluştuğu gözlemlenmektedir. Maliyetler arasındaki fark ise delikler arasındaki mesafe, delik boyu ve delik sayısından kaynaklanmaktadır. Elbette teknik olarak patlatılacak alanın coğrafi şekli ve jeolojik yapısı da burada önem arz etmektedir. Ancak işletme açısından delik sayısı azaldıkça maliyetlerin azaldığı söylenebilir. Dolayısıyla delikler arası mesafe mümkün olan en yüksek metrajda tutularak delik sayısı artırıldığında delik boyu maliyeti daha az olacaktır.

Ortalama delik boyu maliyetleri açısından elde edilecek grafik ise Şekil 5.9'daki gibidir;

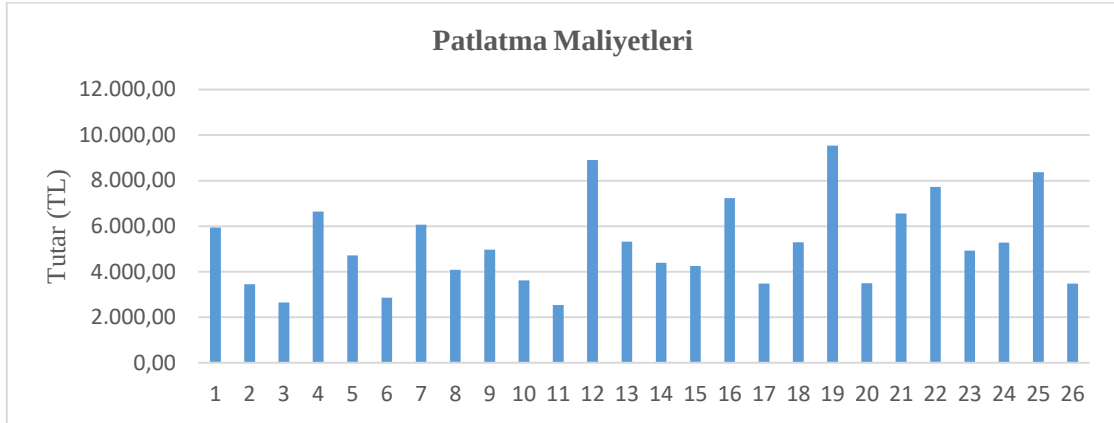


Şekil 5.9. Delme işlemleri ortalama birim maliyetleri.

Şekil 5.9'daki ortalama birim maliyet kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Ortalama birim maliyet incelendiğinde bazı atımlarda delik maliyetinin oldukça üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. İşletme ortalama maliyetin üzerinde gerçekleşen bu atımları incelemeli ve maliyetin neden yüksek olduğu (delikler arası mesafe, delik boyu ve delik sayısı gibi) sorusuna cevap aramalıdır. Eğer delikler arası mesafe, delik boyu ve delik sayısı gibi parametreler arazinin yapısı nedeniyle belirlenmiş ise yapılacak bir şey yoktur. Ama arazi yapısından bağımsız olarak hesaplanmış ise maliyet yüksek olduğu için bu tür hatalar tekrar edilmeyecektir.

5.6.2. Patlama Maliyetleri Açısından

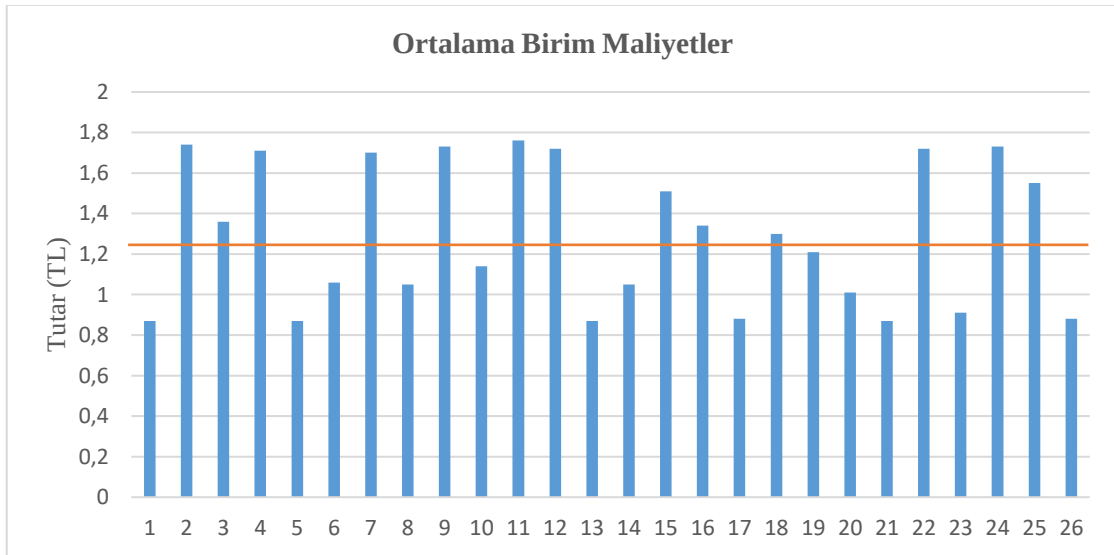
Yine gözlemlenen Kasım 2016 ayındaki patlatma maliyetleri öncelikle toplam üzerinden değerlendirilmiştir. Aylık patlama maliyetleri grafik olarak gösterilecek olursa, Şekil 5.10'daki gibi bir grafik elde edilecektir;



Şekil 5.10. Patlatma maliyetleri.

Şekil 5.10’da incelendiğinde patlatma maliyetleri, her atım açısından 2000 TL’nin üzerinde gerçekleşmekte ve bazı atımların maliyeti 9000 TL’yi geçmektedir. Maliyetler arasındaki fark ise yine delikler arasındaki mesafe, delik boyu ve delik sayısından kaynaklanmaktadır. Ancak elde edilen yığın miktarı fazla ise artan maliyetler daha fazla ürün getireceğinden ortalamaya etkili olamayacaktır. Bu nedenle elde edilen yığın değerlendirilerek, fazla maliyetlerin neden kaynaklandığı konusunda teknik çalışma yapılmalıdır.

Ortalama patlatma maliyetleri açısından elde edilecek Şekil 5.11 ise şöyledir;



Şekil 5.11. Patlatma işlemlerinin ortalama birim maliyetleri.

Şekil 5.11’de ortalama birim maliyetler kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Ortalama birim maliyet incelendiğinde bazı atımlarda patlatma maliyetinin oldukça üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. İşletme, ortalama maliyetin üzerinde gerçekleşen bu atımları incelemelidir.

Maliyetin yüksek olmasının nedenleri araştırılmalıdır. Yine bazı atımlarda ortalama maliyetin altında kalmaktadır. Buradaki avantajın nasıl elde edildiği teknik olarak değerlendirilmelidir.

5.6.3. Delme ve Patlama Maliyetlerinin Toplamları Açısından

Delme ve patlatma işlemlerinin amacı cevhere ulaşmaktır. Teknik olarak düşük maliyetle yüksek verim elde edilmelidir. Ancak minimum maliyetlere ulaşmak için işletme, özellikle çevre ve iş güvenliğini ihmal etmemelidir. Bu nedenle minimum maliyetler yerine optimum bir seviye belirlenmesi yerinde olacaktır. Optimum seviyede bir delme ve patlama maliyeti için gerekli parametrelerin değerlendirilmesinde maliyet analizi sonuçlarından yararlanılmalıdır.

Gözlemlenen işletme, delme ve patlatma raporları ile her bir atım için maliyetleri tespit etmektedir. Ancak maliyet analiz sonuçlarının değerlendirilmesi yerine daha çok maliyetlerin tespit edilmesini yeterli görmektedirler. Çok anormal bir sonuç elde edilmedikten sonra, özellikle tecrübelerine güvenerek delme ve patlatma yapıldığı görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin temel amaçlarından biri kâr elde etmektir. Kâr ise gelirlerden giderlerin düşüldükten sonraki kısımdır. Kârı maksimize etmenin yolu da giderlerin minimize edilmesinden geçmektedir. Bu açıdan bakıldığında gider, katlanılan maliyetlerden oluştuğuna göre, maliyetlerin kontrol edilmesi ve en uygun maliyetle üretim yapılması halinde minimize olacaktır.

İşletmeler bu amaçla maliyet analizi yapmaktadır. Maliyet analizi yapmak muhasebecilerin görevi gibi düşünülebilir. Ancak birçok üretim ve özellikle maden işletmelerindeki üretim oldukça teknik ve karmaşık bir mühendislik bilgisi gerektirmektedir. Dolayısıyla maliyet analizi, üretimin maliyetini optimize etmek amacıyla mühendislerin de sıkça başvurduğu yollardan birisidir.

Açık ocak maden işletmelerinde, arazinin hazırlanmasından sonra, madene ulaşmak için yapılan en önemli proses delme ve patlama işlemleridir. Delme ve patlatma işlemleri ile kazılacak formasyonlar parçalanır, kırılır ve yığın haline getirilir. Böylece elde edilen malzeme en ekonomik bir biçimde yüklenebilir ve taşınabilir. Delme ve patlama işlemleri doğru bir şekilde planlandığı takdirde hem daha fazla işlenecek yığın elde edilecek, hem de gerekli güvenlik gibi unsurlar sağlanmış olacaktır.

Zira delme ve patlama işlemlerinde yapılan yanlışlıkların düzeltilmesi söz konusu değildir. Yanlışlık varsa geriye dönülmesi mümkün değildir. Bu geriye dönülemez olay, işletmeye de ekonomik yük getirecektir.

Bu nedenlerle yapılan delme ve patlama işlemlerinin maliyet analizleri yapılmalı ve en ekonomik sonucu alacak yöntemler geliştirilmelidir. Çalışma yapılan işletmede maliyet analizi yapılabilmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi için “patlatma raporu” düzenlenmektedir. Maden mühendisleri, bu patlama raporundaki veriler ile muhasebeden aldıkları verileri birleştirmekte ve gerekli maliyet analizlerini yapmaktadırlar. Ancak pek çok işletme yıllardır faaliyet gösterdiği için bu alanda tecrübelerine güvenmekte ve maliyet analizlerinin sonuçlarından çok fazla yararlanmamaktadır.

Yapılan maliyet analizlerinde, ocağın jeolojik yapısı ve cevherin durumu dikkate alınarak, daha çok tek sıra delme ve patlatma yapılmaktadır. Diğer delik düzenleri, gerekli olmadıkça tercih edilmemektedir. Zira işletme burada yaptığı maliyet analizleri ile en ekonomik delik düzenin tek sıra olduğunu tespit etmiştir.

Çalışma yapılan işletmede, delme maliyetleri her atım açısından incelendiğinde 1000 TL ile 2500 TL arasında farklı şekillerde olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki maliyetler arasındaki farklılıklar delik boyu ve delik sayısından kaynaklanmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda delik sayısının artması ile harcanan mazot miktarı da arttığından dolayı, fazla delik delinen atımların maliyetlerinin çok yüksek olduğu gözlenmiştir.

İşletmede yapılan patlatma maliyetleri incelendiğinde 2000 TL ile 9000 TL arasında farklı maliyetlerde atımlar gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu atımlar arasındaki farklılar ise delikler arasındaki mesafeden kaynaklanmaktadır. Örnek verilecek olursa 2 no.lu ve 26 no.lu atımlara bakıldığı zaman, iki atımda da delik boyu ve delik sayısı aynı (delik boyu 10 m, delik sayısı 10) olmasına rağmen delikler arasındaki mesafeler (2 no.lu atımda 3 m, 26 no.lu atımda ise 6 m) değiştiğinden maliyetleri arasında farklılık gözlenmiştir. Maliyetlerindeki bu farklılık ise delikler arası mesafeden kaynaklanmaktadır. Delikler arası mesafe arttığında elde edilen yığın miktarının da artmasıyla birlikte maliyet azalmaktadır.

Sonuç olarak, açık ocak madenciliğinin ilk ve en önemli basamağını oluşturan delme ve patlama işlemleri üzerinde diğer aşamalarda da olduğu gibi maliyet analizi yapılmalıdır. Böylece elde edilecek sonuçlar ile bulunacak değerler, işletmede örtü-kazı işlemleri sırasında ne kadar ekonomik çalışıldığı kontrol edilebilecektir. Maliyete direkt olarak yansıyan bu giderlerin ölçülmesi ile toplamda büyük miktarda kazançlar sağlanabilir. Benzer şekilde, delme ve patlamanın verimsizliği ölçülerek meydana çıkan zararlar da hesaplanabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Arıoğlu, E., (1990), Açık İşletmelerde Patlatma tasarımında ‘Dilim Kalınlığının Belirlenmesine İşletme ve Jeomekanik Büyüklükleri Gözeten yarı Analitik Bir Yaklaşım. 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu. Ankara, 55-81.
- Akdoğan, N., Gündüz, H.E., Sevim, A., (2015), *Maliyet Muhasebesi*, (4.Baskı), Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No. 2738, Açıköğretim Fakültesi Yayını No. 1699, 18.
- Akkoyun, Ö., Ayhan, M., (2000), Dağyaka Kalker Ocağında Uygulanan Kare ve Şeşbeş Delik Düzenlerinin Karşılaştırılması, *Geosound Yerbilimleri Dergisi*.
- Akkoyun, Ö., (2004), Bir manyezit açık işletmesinde uygulanan kontrollü patlatma çalışması, VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu. Sivas.
- Akkoyun, Ö., (2010), Basamak Patlatması Temel Hesaplamaları İçin Bilgisayar Yazılımı, Delme Patlatma Sempozyumu, Ankara.
- Atlas Powder Company, (1987), Explosives and Rock Blasting, Dallas, Texas, USA, Filed Technical Operations, Subsidiary of the Tyler Corporation.
- Bilgin, H.A., (1986), *Açık işletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı*, Ankara: TKİ Genel Müdürlüğü Yayını, ODTÜ Maden Müh. Böl. Seminerleri, 2.
- Bilgin, H.A., Paşamehmetoğlu, A.G., ve Özkahraman, H.T., (1993), Optimum Burden Determination and Fragmentation Evaluation By Full Scale Slab Blasting. Proc. 4th Int. Symp. On Rock Fragmentation By Blasting, Vienna, Austria
- Bursal, N., Ercan, Y., (1994), *Maliyet Muhasebesi, İlkeler ve Uygulama*, İstanbul: Der Yayınları, 19.
- Büyükmirza, K., (2016), *Maliyet ve Yönetim Muhasebesi*, (21.Basım), Ankara: Gazi Kitabevi, 921.
- Broadbent, C.D., (1974), Predictable Blasting with In Situ Seismic Surveys, Mining Engineering. SME New York, USA. 37-41.
- Çetiner, E., (2000), *Maliyet Muhasebesi Teori ve Uygulamalar*, (3.baskı), Ankara: Gazi Kitabevi, 10.
- Dick, R.A., Fletcher, L.R., ve D’Andrea, D.V., (1983), Explosives and Blasting Procedures Manual. USBM, Department of the Interior, Bureau of Mines, Minneapolis, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Erkoç, Ö. Y., (1990), *Kaya Patlatma Tekniği*, İstanbul: Çeliker Matbaası.
- Gustafsson, R., (1973), *Swedish Blasting Technique*, Published by SPI, Gothenberg, Sweden.
- İş Kanununa İlişkin Çalışma Süreleri Yönetmeliği, 4. Madde, 06.04.2004 tarih ve 25425 sayılı Resmi Gazete.
- Hemphill, G.B., (1981), "Blasting operations" Mc Graw Hill.
- Hoek, E. , Bray, J. W., (1991), *Rock Slope Engineering*, Elsevier Science Publishing, New York
- Kahriman, A., (1999), *Açık Ocak Ekipman Seçimi Eğitim Semineri*, Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı, İstanbul.
- Karakaya, M., (2011), *Maliyet Muhasebesi*, (4. Baskı), Ankara: Gazi Kitapevi, 826.
- Keser, O. , Konak, G. , Onur, A. H ,ve Alpaslan, Ü., (2003), *Kontrollü Patlatma Teknikleri ve Borçka Barajı Projesindeki Uygulamanın İncelenmesi*, Türkiye 18. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi.
- Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Onargan, T., Konak, G., ve Kızıl, S., (2001), *Açık İşletme Tekniği*, İzmir: D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, 256.
- Konya, J.A., Walter, E.J., (1990), *Surface Blast Design*, New Jersey, Printed by Prenticehall
- Kou, S. Q., Rustan, A., (1992), *Burden Related to Blasthole Diameter in Rock Blasting*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 29 (6), 543-553.
- Langefors, V., Kihlstrom, B., (1973), *Rock Blasting*, New York: John Wiley and Sons.
- Langefors, V., Kihlstrom, B., (1978), *The Modern Technique of Rock Blasting*, Halsted Press, A Division of Wiley.
- Lownds, C. M., Seligmann, C. P., (1976), *Primary Fracture from an Array of Shotholes*, Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 76, 307-310.
- Magnesit A.Ş., (2015), *Şirket Tanıtım Dosyası*, Eskişehir
- Nitro-Mak. Makine Kimya- Nitro Nobel Kimya Sanayi A.Ş. <http://www.nitromak.com/>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Olofsson, S.O., (2002), Applied Explosives Technology For Construction And Mining (Second Edition), Sweden, Applex ISBN 10- 9197011126.

Orica-Nitro. Patlayıcı Maddeler Ticaret ve Sanayi A.Ş. <http://www.orica-nitro.com.tr/>

Orhon, F., (1979), Maliyet Analizi, *Muhasebe Enstitüsü Dergisi* Nr.5. 130-132

Örten, R., (2000), *Genel Muhasebe ve Tekdüzen Muhasebe Sistemi Uygulama Örnekleri*, Ankara, 37

Özçelik, F., (2013), *Yalın Üretim Ortamına Uygun Maliyet Sistemi Seçimi, Yönetim ve Ekonomi*, İİBF – CBÜ, Manisa, 20 (1), 47-58.

Rustan, A., (1992), *Rock Blasting Terms and Symbols*, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden

Savcı, M., (2013), *Maliyet Muhasebesi*, Bursa: Ekin Yayınevi, 13, 15, 212-213.

Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği, 28.04.2004 tarih ve 25446 sayılı Resmi Gazete

Tamrock., (1984), Handbook on Surface Drilling and Blasting, PainoFactirit Filland.

Toprak, T., (2012), Süreksizliklerin Patlatma Verimi Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 15-35.

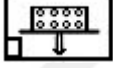
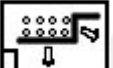
Yalkın, Y. K., (1998), *Genel Muhasebe*, Ankara: Turhan Kitabevi, 238.

Dokumacı, O., (2014), ÇED Kapsamındaki Madencilik Faaliyetlerinde patlatma tasarımı ve değişiklik taleplerinin değerlendirilmesi, Zonguldak.

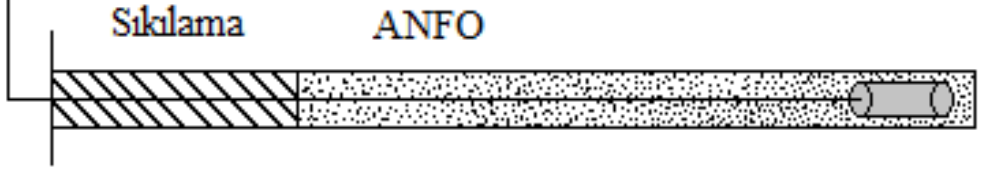
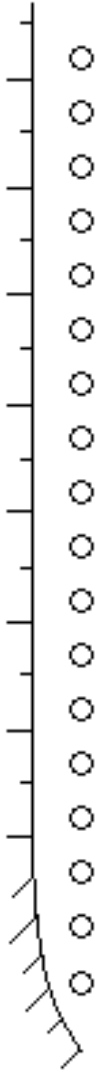
<http://www.bumko.gov.tr/TR,150/doviz-kurlari.html>

EKLER

Ek 1. Patlatma Raporu Örneği

PATLATMA RAPORU	
Patlatma Bilgileri :	
Tarih : 1 Kasım 2016	Patlatma Saati : 12:30
Atım Yeri : -	Kaya Türü : Serpantin – Manyezit
Patlatma Öncesi Yerinde İnceleme :	
Basamak Koşulu : Kırık Kaya	Yüzey Koşulu : Çıkıntılı – Kusursuz Yüzey
Atmosferik Koşullar :	Patlatma Alanı Serbest Yüzey Durumu :
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ Sıcaklık : 16 °C	☒ ☐
Patlatma Verileri :	
Basamak Genişliği : 15 m	Basamak Yüksekliği : 10 m
Delik Çapı : 170,1 mm	Anfo : 2 232 kg
Delik Sayısı : 18	Dinamit : 9 kg
Delik Sıra Sayısı : Tek Sıra	Nonel Kapsül : 18 Adet
Delik Uzunluğu : 10 m	Elektrikli Kapsül : 1 Adet
Delik Eğimi : % 1	Sıkılama Boyu : 3 m
Delikler Arası Mesafe : 6 m	Gecikme süresi : 25 m/sn
Atım ve Güvenlik Değerlendirmesi :	
Patlatma çevresinde yer alan makine ve personel 300 m uzaklığa çekilmiştir. Patlatma alanı içerisinde geniş çevre güvenlik önlemleri alınmaktadır.	
Patlatma Sonrası Oluşan Parça Boyut Dağılımı :	
☐ ☐ ☒	
Parça Boyut Dağılımı Sonucu ve Değerlendirmesi :	
Yapılan patlatma sonucunda parça boyut dağılımı 40 cm ebatlarında parçalar haline gelmiştir.	

Ek 1. Patlatma Raporu Örneği (Devam)

Şarj Şekli	
Delik ve Ateşleme Düzeni	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Elif Gökçe UÇKAÇ
Doğum tarihi ve yeri : 20/11/1991
e-mail : eguckac@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi – İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı-2016
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi – Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi – Maden Mühendisliği - 2014
Lise : Özel Atayurt Anadolu Lisesi - 2009

İş Deneyimi

2017- ROTA Ortak Sağlık Güvenlik Birimi - İş Güvenliği Uzmanı
2018 - SECANT Teknoloji Geliştirme Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi - Proje Mühendisi