



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BASAMAK AYNA PROFİLİNİN PATLATMA  
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Maden Müh. Pelin YILMAZ  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden Mühendisliği Programı**

**Danışman  
Yrd. Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN**

**Şubat, 2010**

**İSTANBUL**



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BASAMAK AYNA PROFİLİNİN PATLATMA  
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Maden Müh. Pelin YILMAZ  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden Mühendisliği Programı**

**Danışman  
Yrd. Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN**

**Şubat, 2010**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 25/02/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Maden Mühendisliğı Anabilim Dalı Maden Mühendisliğı programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi



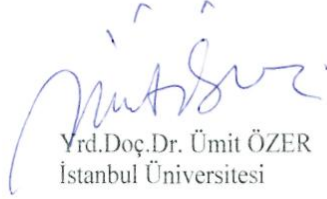
Prof.Dr. Şafak Gökhan ÖZKAN  
İstanbul Üniversitesi



Doç.Dr. Ataç B. ŞÇETİN  
İstanbul Üniversitesi



Prof.Dr. Süleyman DALGIÇ  
İstanbul Üniversitesi



Yrd.Doç.Dr. Ümit ÖZER  
İstanbul Üniversitesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T-3997 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek yardım ve katkılarından dolayı tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir KARADOĞAN, Doç. Dr. Ataç BAŞÇETİN, Araş.Gör. Dr. Kağan ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasındaki ilgi ve desteklerinden dolayı, Haktaş Madencilik ve Koç Hafriyat yetkililerine teşekkür ederim.

Hiç bir zaman desteğini esirgemeyen Melih FİDAN'a, Zeki ÖZDEMİR'e, Mert ÖZ'e ve Özge Begüm YILMAZ'a çok teşekkür ederim. Bu çalışma boyunca anlayışlarından dolayı çalıştığım firmanın yetkililerine teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde yanımda olan benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Anneme, Babama, Ananeme, Dayıma ve yanımdan hiçbir zaman ayrılmayan dedem Sami İNAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

**Şubat, 2010**

**Pelin YILMAZ**  
**2601060080**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ .....	x
SEMBOL LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xiv
SUMMARY .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. DELME PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Delme ve Patlatmanın Önemi .....	4
2.1.2. Delme Patlatmanın İşletme Ekonomisine Etkileri .....	7
<b>2.2. PATLATMA VE PARÇALANMA MEKANİZMASI .....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Detonasyon .....	9
2.2.2. Şok ve Basınç Dalgalarının Yayılması .....	11
2.2.3. Gaz Basıncının Yayılması.....	13
2.2.4. Kaya Kütesinin Hareketi.....	13
<b>2.3. PATLATMA SONUÇLARINI ETKİLEYEN VE TASARIMINDA GÖZ     ÖNÜNE ALINMASI GEREKEN ETKENLER .....</b>	<b>19</b>
2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri .....	19
2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı .....	21
2.3.3. Patlatma Geometrisi .....	22
2.3.4. Özgül Şarjın Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler .....	23
2.3.5. Dilim Kalınlığının Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar .....	26
2.3.6. Diğer Patlatma Tasarım Büyüklükleri .....	30
2.3.6.1. Delik Çapı Tahmini.....	30
2.3.6.2. Delik Eğiminin Belirlenmesi .....	31
2.3.6.3. Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi .....	33
2.3.6.4. Delik Taban Payının Belirlenmesi .....	34
2.3.6.5. Sıkılama Boyunun Belirlenmesi .....	35

2.3.6.6. Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi.....	36
2.3.6.7. Gecikme Zamanının Belirlenmesi .....	36
2.3.6.8. Dip Şarj ve Kolon Şarj Boylarıyla Mktarlarının Belirlenmesi .....	37
2.3.6.9. Delik Hata Payının Belirlenmesi .....	39
<b>2.4. PATLAYICI MADDELER, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM</b>	
<b>ŞEKİLLERİ.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.1. Patlayıcı Maddelerin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.2. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri.....</b>	<b>42</b>
2.4.2.1. Detonasyon Hızı .....	42
2.4.2.2. Patlayıcı Maddenin Gücü veya Kuvveti.....	45
2.4.2.3. Yoğunluk.....	46
2.4.2.4. Detonasyon Basıncı.....	47
2.4.2.5. Detonasyon Stabilitesi.....	48
2.4.2.6. Oksijen Balansı .....	49
2.4.2.7. Enerji Aktarma Oranı .....	49
2.4.2.8. Patlayıcı Madde Duyarlılığı .....	50
2.4.2.9. Patlayıcı Maddelerin Suya Dayanıklılığı.....	50
2.4.2.10. Patlayıcı Maddelerin Depolama Ömrü.....	51
2.4.2.11. Duman ve Gaz Karakteri .....	52
2.4.2.12. Çevre Sıcaklığına Tolerans .....	53
2.4.2.13. Raf Ömrü.....	53
2.4.2.14. Su Basıncına Dayanım .....	53
2.4.2.15. Ambalaj ve Kullanma Kolaylığı.....	54
2.4.2.16. Emniyet.....	54
<b>2.4.3. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması .....</b>	<b>54</b>
2.4.3.1. Ateşli Patlayıcılar .....	54
2.4.3.2. Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar .....	55
2.4.3.3. Patlayabilir Karışımlar .....	56
<b>2.4.4. Ateşleme Sistemleri .....</b>	<b>59</b>
2.4.4.1. Emniyetli Fital-Adi Kapsül .....	60
2.4.4.2. İnfilaklı Fital ve Gecikme Röleleri.....	61
2.4.4.3. Elektriksiz Kapsüller(Patlayıcı Sıvanmış Şok Tüpü-NONEL) .....	61
2.4.4.4. Gaz Patlatmalı Şok Tüpü(HERCUDET).....	62

2.4.4.5. Elektrikli Ateşleme Sistemleri .....	63
<b>2.5. PATLATMA PERFORMANS VE PARÇA BOYUTU KONTROLÜ .....</b>	<b>64</b>
<b>2.5.1. Patlatma Performans Kontrolü .....</b>	<b>64</b>
<b>2.5.2. Parça Boyutunun Tanımı ve Önemi.....</b>	<b>66</b>
<b>2.5.3. Parça Boyutunu Etkileyen Faktörler .....</b>	<b>68</b>
2.5.3.1. Kayacın Nitelikleri .....	68
2.5.3.2. Delikler Arası Mesafe .....	68
2.5.3.3. Dilim Kalınlığı .....	68
2.5.3.4. Basamak Arınının Durumu .....	68
2.5.3.5. Basamak Yüksekliği.....	69
2.5.3.6. Sıkılamanın Etkisi.....	69
2.5.3.7. Basamaktaki Delik Düzeni .....	69
2.5.3.8. Delik Çapı .....	69
2.5.3.9. Patlayıcı Madde Miktarı .....	69
2.5.3.10. Patlayıcı Madde Nevi.....	69
2.5.3.11. Ateşleme Sırası.....	69
<b>2.6. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTU TAHMİN MODELİ</b>	
<b>KUZ-RAM .....</b>	<b>70</b>
<b>2.7. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTU TAYİN METODLARI .....</b>	<b>72</b>
<b>2.7.1. Görsel-Gözlemsel Analizler.....</b>	<b>72</b>
<b>2.7.2. Fotoğraflama Tekniği .....</b>	<b>73</b>
<b>2.7.3. Geleneksel ve Yüksek Hızlı Fotogrametri .....</b>	<b>73</b>
<b>2.7.4. Patar Sayımı Yöntemi.....</b>	<b>73</b>
<b>2.7.5. İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi .....</b>	<b>73</b>
<b>2.7.6. Ekskavatörün Yükleme Performansı.....</b>	<b>74</b>
<b>2.7.7. Primer Kırıcı Performansı .....</b>	<b>74</b>
<b>2.7.8. Elek Analizleri.....</b>	<b>74</b>
<b>2.7.9. Üç Nokta Metodu .....</b>	<b>75</b>
<b>2.7.10. Parça Numune Metodu.....</b>	<b>75</b>
<b>2.7.11. Görüntü İşleme Metodu .....</b>	<b>75</b>
<b>2.8. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PARÇA BOYUT</b>	
<b>ANALİZİ.....</b>	<b>75</b>
<b>2.8.1. Tarihi ve Gelişimi.....</b>	<b>76</b>



2.8.2. Kaydedilen İlerlemeler .....	76
2.8.3. Dijital Görüntü İşleme Yönteminin Adımları .....	77
2.8.4. Uygulama Alanları .....	78
2.8.5. Dijital Görüntüler .....	79
2.8.5.1. Görüntü Parametreleri .....	79
2.8.5.2. Görüntü Uzaysal Çözünürlüğü .....	79
2.8.6. Yöntemin Sınırları .....	80
2.8.7. Sistemin Tatbiki için Muhtelif Konfigürasyonlar .....	81
2.8.8. Ölçümlemenin Geçerliliği .....	82
2.9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	82
2.9.1. Khaled ve Arkadaşlarının Çalışması .....	82
2.9.2. Kecojevic ve Arkadaşlarının Çalışması .....	83
2.9.3. Rehak ve Arkadaşlarının Çalışması .....	84
2.9.4. Stachura ve Arkadaşlarının Çalışması .....	85
2.9.5. Morin ve Arkadaşlarının Çalışması .....	86
2.9.6. Mortazavi ve Arkadaşlarının Çalışması .....	89
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>93</b>
<b>3.1. LAZER PROFİL TARAMA(MDL Quarryman) .....</b>	<b>93</b>
3.1.1. Lazer Profil Çıkarma Cihazı (MDL Quarryman) .....	94
3.1.2. Lazer Profil Çıkarma Programı (MDL 3D Face) .....	98
3.1.2.1. Veri Yolları .....	100
3.1.2.2. İstasyon Modülü ve İstasyon Hesaplama .....	101
3.1.2.3. Rezeksiyon .....	103
3.1.2.4. Ham Verilerden İstasyon Modül Hesaplamaları .....	103
3.1.2.5. Modelleme .....	107
3.1.2.6. Profil Modülü .....	110
<b>3.2. SPLIT DESKTOP DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME SİSTEMİ .....</b>	<b>113</b>
3.2.1. Görüntü Elde Etme ve Ölçeklendirme .....	115
3.2.2. Kaya Sınırlarının Çizilmesi .....	116
3.2.3. Sınırları Çizilmiş Görüntü Üzerinde Düzenleme Yapılması .....	118
3.2.4. Boyut Dağılımının Hesaplanması ve Sonuçlarının Sunumu .....	119
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>121</b>

<b>4.1. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ .....</b>	<b>121</b>
<b>4.2. ÇALIŞMA SAHALARI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>121</b>
<b>4.2.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Çalışma Sahası İle İlgili Genel Bilgiler .....</b>	<b>121</b>
4.2.1.1. Bölgenin Jeolojik ve Petrografik Yapısı.....	122
4.2.1.2. Kaya Mekaniği Deneyleri .....	123
4.2.1.3. Sahada Uygulanan Kazı Yöntemi .....	124
<b>4.2.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Çalışma Sahası İle İlgili Genel Bilgiler..</b>	<b>124</b>
4.2.2.1. Bölgenin Jeolojik ve Petrografik Yapısı.....	125
4.2.2.2. Kaya Mekaniği Deneyleri .....	126
4.2.2.3. Sahada Uygulanan Kazı Yöntemi .....	127
<b>4.3. SAHA ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>127</b>
<b>4.3.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağındaki Saha Çalışmaları.....</b>	<b>127</b>
<b>4.3.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağındaki Saha Çalışmaları.....</b>	<b>130</b>
<b>4.4. YAPILAN ANALİZLER.....</b>	<b>131</b>
<b>4.4.1. Lazer 3D Face Yazılımı Kullanılarak Dilim Kalınlığı Tespiti .....</b>	<b>131</b>
4.4.1.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağı Dilim Kalınlığı Tespiti.....	132
4.4.1.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağı Dilim Kalınlığı Tespiti.....	141
<b>4.4.2. Split Desktop Programı Kullanılarak Parça Boyut Analizi.....</b>	<b>147</b>
4.4.2.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağı Parça Boyut Analizi.....	147
4.4.2.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağı Parça Boyut Analizi.....	153
<b>4.4.3. Yapılan Patlatmalara Ait Kuz-Ram Sonuçları .....</b>	<b>155</b>
<b>4.5. ANALİZ SONUÇLARI .....</b>	<b>156</b>
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>160</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>164</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>168</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Delme patlatmayı esas alan kazı işleminin genel planlaması .....	4
Şekil 2.2	: Kaya parçalanmasında patlatma maliyeti ve ardışık işlem maliyetleri arasındaki ilişki.....	5
Şekil 2.3	: Delme ve patlatmanın üretim sürecindeki yeri ve önemi .....	6
Şekil 2.4	: Toplam maliyet ve optimum nokta.....	8
Şekil 2.5	: Chapmant ve Jouget tarafından önerilen detonasyon zon ve elemanları.....	10
Şekil 2.6	: Detonasyon sırasında oluşan radyal kayıplar .....	10
Şekil 2.7	: Kayaç içerisinde basınç yayılma şekli .....	12
Şekil 2.8	: Parçalanma mekanizması.....	12
Şekil 2.9	: Sonsuz kaya ortamı içindeki bir patlatma deliği çevresinde parçalanma olayı.....	14
Şekil 2.10	: Gaz basıncının yarattığı etki .....	16
Şekil 2.11	: Gaz basıncı ile çatlak oluşumu .....	17
Şekil 2.12	: Patlatma ile birlikte dalga yayılımı.....	17
Şekil 2.13	: Yansıyan ve tansiyonel karaktere dönüşen şok dalgası.....	18
Şekil 2.14	: Basamak patlatması terimleri .....	23
Şekil 2.15	: Eğimli deliklerin taban zorluğunu yenmesi.....	31
Şekil 2.16	: Eğimli deliklerde eğim açısının büyük seçilmesi halinde gürültü, hava patlaması ve kaya fırlamaları oluşumu.....	32
Şekil 2.17	: Adi kapsül ve fitil bağlantısı.....	61
Şekil 2.18	: Dijital görüntü örneği .....	79
Şekil 3.1	: Lazer profil çıkarma cihazı (MDL Quarryman) .....	94
Şekil 3.2	: Lazer profil çıkarma cihazı ile arazide ayna tarama yöntemi.....	95
Şekil 3.3	: Lazer profil çıkarma cihazı ile ayna yüzeyinin farklı noktalardan taranması .....	97
Şekil 3.4	: Aynanın 3D Face ile yapılmış grafik modeli.....	98
Şekil 3.5	: Delik kesit planı ve ayna kesit planı .....	99
Şekil 3.6	: Şarj edilmiş bir deliğin kesiti.....	99
Şekil 3.7	: Yazılıma cihazın tanıtılması .....	100
Şekil 3.8	: Kayıtlı verinin çağırılması modülü.....	100
Şekil 3.9	: İstasyon veri modülü .....	101
Şekil 3.10	: İstasyon oluşturulması veya düzenlenmesi.....	101
Şekil 3.11	: İstasyon modülü hesaplama menüsü .....	102
Şekil 3.12	: Açık ve mesafe ile istasyon belirleme menüsü.....	102
Şekil 3.13	: Ham veri menüsü .....	102
Şekil 3.14	: Yeni istasyon hesaplama menüsü.....	103
Şekil 3.15	: Yeni istasyonun grafik görüntüsü.....	103
Şekil 3.16	: Ham veri seçme menüsü.....	104
Şekil 3.17	: Ölçüm bilgileri işlem menüsü.....	104
Şekil 3.18	: Ham verinin seçiminde kullanılan menü .....	105
Şekil 3.19	: Ham verilerin işlenmesi.....	106
Şekil 3.20	: İşlenmiş ham verilerin tamamlandığını gösteren menü.....	106
Şekil 3.21	: Ham veri dosyasından alınan XYZ veri dosyası .....	107
Şekil 3.22	: Modelleme menüsü .....	107
Şekil 3.23	: Modelleme için ölçüm verilerinin seçilmesi.....	108

<b>Şekil 3.24</b>	: Patlatma delik bilgilerinin seçilmesi.....	108
<b>Şekil 3.25</b>	: Model veri dosyasının kaydedilmesi .....	109
<b>Şekil 3.26</b>	: Modelin grafik olarak görünümü .....	109
<b>Şekil 3.27</b>	: Model üzerinde yapılacak değişiklik menüleri .....	110
<b>Şekil 3.28</b>	: Profil parametreleri ve parametre menüleri.....	110
<b>Şekil 3.29</b>	: Dilim kalınlığı ayarları menüsü .....	111
<b>Şekil 3.30</b>	: Grafikselsel profil görüntüsü.....	111
<b>Şekil 3.31</b>	: Dilim kalınlığının nümerik grafiği .....	112
<b>Şekil 3.32</b>	: 3D görünümünün grafikselsel görünümü .....	113
<b>Şekil 3.33</b>	: Resmin programa ilk aktarılışı.....	116
<b>Şekil 3.34</b>	: Görüntünün ölçeklendirilmesi .....	116
<b>Şekil 3.35</b>	: Parçacıkların program tarafından tespit edilmesi .....	117
<b>Şekil 3.36</b>	: Program sınırları belirlendikten sonra oluşan görüntü .....	117
<b>Şekil 3.37</b>	: Sahadan alınan bir fotoğrafın işlenmiş hali .....	118
<b>Şekil 3.38</b>	: Parça boyut dağılım analiz sonucunun alınması.....	119
<b>Şekil 4.1</b>	: Ömerli (Koç Hafriyat) taşocağının uydu görüntüsü .....	122
<b>Şekil 4.2</b>	: Cebeci (Haktaş Madencilik) taşocağının uydu görüntüsü .....	125
<b>Şekil 4.3</b>	: MDL profil tarama cihazının taşocağındaki görünümü.....	128
<b>Şekil 4.4</b>	: Çalışma sahasından alınan istasyon noktaları.....	128
<b>Şekil 4.5</b>	: Ömerli taşocağında ölçümlerin alındığı aynanın görünümü .....	129
<b>Şekil 4.6</b>	: Ölçüm için deliklerin yerlerinin belirlenmesi .....	130
<b>Şekil 4.7</b>	: Cebeci taşocağında ölçümlerin alındığı aynanın görünümü.....	131
<b>Şekil 4.8</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü(aynanın sol kısmı 1.delik).....	133
<b>Şekil 4.9</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü(aynanın sol kısmı 2.delik).....	133
<b>Şekil 4.10</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü(aynanın sol kısmı 3.delik).....	134
<b>Şekil 4.11</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 4.delik).....	135
<b>Şekil 4.12</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 5.delik).....	135
<b>Şekil 4.13</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 6.delik).....	136
<b>Şekil 4.14</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 7.delik).....	136
<b>Şekil 4.15</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 8.delik).....	138
<b>Şekil 4.16</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 9.delik).....	138
<b>Şekil 4.17</b>	: Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 10.delik).....	139
<b>Şekil 4.18</b>	: Ömerli sahası ayna ve deliklerin grafikselsel olarak 3 boyutlu görünümü.....	141
<b>Şekil 4.19</b>	: Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sol kısmı 1.delik).....	142
<b>Şekil 4.20</b>	: Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 5.delik).....	143
<b>Şekil 4.21</b>	: Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 6.delik).....	143
<b>Şekil 4.22</b>	: Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 8.delik).....	145

<b>Şekil 4.23</b>	: Cebeci sahası ayna ve deliklerin grafiksel olarak 3 boyutlu görünümü.....	147
<b>Şekil 4.24</b>	: Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sol kısmı).....	148
<b>Şekil 4.25</b>	: Ömerli sahası yığının gray scale görünümü (aynanın sol kısmı) .....	148
<b>Şekil 4.26</b>	: Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sol kısmı) .....	149
<b>Şekil 4.27</b>	: Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın orta kısmı) .....	149
<b>Şekil 4.28</b>	: Ömerli sahası yığının gray scale görünümü (aynanın orta kısmı) .....	150
<b>Şekil 4.29</b>	: Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın orta kısmı).....	150
<b>Şekil 4.30</b>	: Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sağ kısmı) .....	151
<b>Şekil 4.31</b>	: Ömerli sahası yığının gray scale görünümü (aynanın sağ kısmı) .....	151
<b>Şekil 4.32</b>	: Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sağ kısmı) .....	152
<b>Şekil 4.33</b>	: Ömerli sahası kümülatif parça boyut dağılımı (aynanın sağ kısmı) .....	152
<b>Şekil 4.34</b>	: Cebeci sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sağ kısmı) .....	153
<b>Şekil 4.35</b>	: Cebeci sahası yığının gray scale görünümü (aynanın sağ kısmı) .....	154
<b>Şekil 4.36</b>	: Cebeci sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sağ kısmı).....	154
<b>Şekil 4.37</b>	: Cebeci sahası kümülatif parça boyut dağılımı.....	155

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	: Bazı patlayıcı maddelerin detonasyon basınçları .....	9
<b>Tablo 2.2</b>	: Delik eğimine göre taban zorluğu .....	32
<b>Tablo 2.3</b>	: Detonasyon hızının çapa bağlı değişimi .....	43
<b>Tablo 2.4</b>	: Bazı patlayıcı maddelerin kritik çapları .....	48
<b>Tablo 2.5</b>	: Bazı patlayıcıların suya dayanıklılığı .....	51
<b>Tablo 2.6</b>	: Gaz miktarına göre duman sınıflaması .....	53
<b>Tablo 2.7</b>	: Başlıca ateşleyici patlayıcılar .....	55
<b>Tablo 2.8</b>	: ANFO'nun delik çapına bağlı olarak patlatma hızı ve metre başına şarj miktarı .....	57
<b>Tablo 2.9</b>	: Sulu patlayıcı karışım katkı maddeleri .....	59
<b>Tablo 2.10</b>	: Patlatma parametrelerinin n üzerindeki etkisi .....	72
<b>Tablo 4.1</b>	: Ömerli sahası yoğunluk deneyi sonuçları .....	123
<b>Tablo 4.2</b>	: Ömerli sahası nokta yükleme deney sonuçları .....	123
<b>Tablo 4.3</b>	: Ömerli sahası endirekt çekme dayanımı deney sonuçları .....	124
<b>Tablo 4.4</b>	: Cebeci sahası tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları .....	126
<b>Tablo 4.5</b>	: Cebeci sahası nokta yükleme dayanımı deneyi sonuçları .....	126
<b>Tablo 4.6</b>	: Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sol kısmı) .....	134
<b>Tablo 4.7</b>	: Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın orta kısmı) .....	137
<b>Tablo 4.8</b>	: Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sağ kısmı) .....	139
<b>Tablo 4.9</b>	: Ömerli patlatmasına ait deliklerin ayna boyunca dilim kalınlıkları .....	140
<b>Tablo 4.10</b>	: Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sol kısmı) .....	142
<b>Tablo 4.11</b>	: Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın orta kısmı) .....	144
<b>Tablo 4.12</b>	: Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sağ kısmı) .....	145
<b>Tablo 4.13</b>	: Cebeci patlatmasına ait deliklerin ayna boyunca dilim kalınlıkları .....	146
<b>Tablo 4.14</b>	: Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı .....	156
<b>Tablo 4.15</b>	: Ömerli taşocağı dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları .....	157
<b>Tablo 4.16</b>	: Cebeci taşocağı dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları .....	157
<b>Tablo 4.17</b>	: Patlatmalardaki dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları .....	158
<b>Tablo 4.18</b>	: Patlatmalardaki ortalama ve tasarımda kullanılan dilim kalınlıklarına göre parça boyut dağılımları .....	158
<b>Tablo 4.19</b>	: Ömerli patlatmasına ait deliklerin dilim kalınlığı değerlerinin oransal ağırlığı .....	159
<b>Tablo 4.20</b>	: Cebeci patlatmasına ait deliklerin dilim kalınlığı değerlerinin oransal ağırlığı .....	15

## SEMBOL LİSTESİ

<b>ANFO</b>	: amonyum nitrat + fueloil karışımı patlayıcı madde
<b>BBD</b>	: birim deformasyon dalgası
<b>ÇDD</b>	: çekme deformasyon dalgası
<b>VOD</b>	: patlayıcının detonasyon hızı
<b>PETN</b>	: pentaeritritol tetranitrat
<b>AN</b>	: amonyum nitrat
<b>TNT</b>	: trinitrotoluen
<b>TAN</b>	: teknik amonyum nitrat
<b>DDA</b>	: süreksiz deformasyon analizi
<b>q</b>	: özgül şarj
<b>C<sub>o</sub></b>	: kaya patlatma katsayısı
<b>K</b>	: basamak yüksekliği
<b>n</b>	: delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı oranı
<b>B</b>	: dilim kalınlığı
<b>f</b>	: delik eğim faktörü
<b>Φ+i</b>	: etkin içsel sürtünme açısı
<b>σ<sub>b</sub></b>	: kayanın tek eksenli basma dayanımı
<b>σ<sub>ç</sub></b>	: kayanın endirekt çekme dayanımı
<b>φ</b>	: kayanın içsel sürtünme açısı
<b>c</b>	: kohezyon
<b>DD</b>	: darbe dayanımı
<b>d<sub>r</sub></b>	: kayanın yoğunluğu
<b>I</b>	: empedans
<b>V<sub>p</sub></b>	: sismik (P-dalga) hız
<b>RQI</b>	: kaya kalite indeksi
<b>E<sub>d</sub></b>	: dinamik elastisite modülü
<b>Q<sub>er</sub></b>	: referans patlayıcı maddenin ısı enerjisi
<b>B<sub>max</sub></b>	: maksimum dilim kalınlığı
<b>d</b>	: delik çapı
<b>lb</b>	: şarj yoğunluğu
<b>R<sub>1</sub></b>	: delik eğimi düzeltme faktörü
<b>R<sub>2</sub></b>	: kaya düzeltme faktörü
<b>d<sub>e</sub></b>	: patlayıcı maddenin çapı
<b>SG<sub>e</sub></b>	: patlayıcı maddenin özgül ağırlığı
<b>SG<sub>r</sub></b>	: kayanın özgül ağırlığı
<b>P</b>	: patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu
<b>s</b>	: patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
<b>C<sub>o</sub></b>	: kaya patlatma katsayısı
<b>f</b>	: atım güçlük katsayısı
<b>S</b>	: delikler arası mesafe
<b>E</b>	: delik hata payı

$Q_b$	: dip şarj miktarı
$Q_p$	: kolon şarj miktarı
$K$	: basamak yüksekliği
$K_{tp}$	: teknik şarj faktörü
$K_r$	: kaya faktörü
$P_p$	: delikteki patlama basıncı
$P_d$	: detonasyon basıncı
$\sigma_{\text{ç min}}$	: minimum çekme gerilmesi
$\sigma_{\text{ç max}}$	: maksimum çekme gerilmesi
$\alpha$	: süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı
$\eta$	: enerji iletim verimi
$\mu$	: kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran
$Q_e$	: patlayıcı ısı enerjisi
$\theta$	: kırılma açısı
$h_p$	: kolon şarj boyu
$h_b$	: dip şarj boyu
$d$	: delik çapı
$h_o$	: sıkılama boyu
$S_{tv}$	: patlayıcı maddenin hacimce kudreti
$Z$	: kaya fırlaması ile ilgili bir faktör
$R_f$	: kaya faktörü
$W_e$	: sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı
$S_{tw}$	: patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
$V_e$	: patlama hızı
$PC$	: ateşlenecek kolon boyu
$B$	: dilim kalınlığı
$U$	: delik taban payı
$T_H$	: delikten deliğe gecikme sabiti
$b$	: sıralar arası gecikme zamanı
$T_R$	: delik sıraları arasında gecikme sabiti
$H$	: delik uzunluğu
$I_p$	: kolon şarj konsantrasyonu
$\delta_o$	: patlayıcı yoğunluğu.
$D$	: detonasyon hızı.
$W$	: detonasyon cephesi arkasındaki gazların hızı.
$V_0$	: patlatılmış kayanın hacmi
$Q$	: şarj miktarı
$E$	: patlayıcı maddenin gücü (% ANFO)
$A$	: kaya faktörü
$RMD$	: kaya kütesinin cinsi
$JF$	: eklem Faktörü
$JPS$	: eklem düzlem aralıkları
$JPA$	: eklem düzlem açısı
$RDI$	: kaya yoğunluğu etkisi
$HF$	: sertlik Faktörü
$P(x)$	: X büyüklüğünden daha az boyutlu malzeme yüzdesi
$N$	: üniformite indeksi
$X$	: malzeme boyutu



<b>X50</b>	: ortalama parça boyutu
<b>W</b>	: delme hassasiyetindeki standart sapma
<b>BCL</b>	: taban şarj boyu
<b>CCL</b>	: kolon şarj boyu
<b>L</b>	: toplam şarj uzunluğu

## ÖZET

### **BASAMAK AYNA PROFİLİNİN PATLATMA PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Kayanın fiziksel özelliklerine bağlı olarak patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu madencilik çalışmalarında patlatma sonuçlarının tüm madencilik işlemlerine önemli etkileri bulunmaktadır.

Kayanın ve maden sahasının jeolojik yapısı gereği mekanik kazının yapılamadığı yerlerde patlatmalı kazı yöntemi uygulanmaktadır. Patlatmalı kazı yöntemi madencilik faaliyetlerinde daha sonraki üretim işlemlerini etkilemektedir. Bundan dolayı patlatma yönteminin ve parametrelerinin maden sahasının jeolojik yapısına göre dizayn edilmesi gerekmektedir.

Verimli bir patlatmadan beklenen; arzu edilen parça boyut dağılımına sahip, homojen ve iyi ötelenmiş bir yığın elde edilmesi, kaya fırlaması ve titreşim gibi çevresel etkilerin zarar verebilecek seviyelerin altında olmasıdır. Patlatma sonrası hedeflenen sonuçlara ulaşabilmek için çalışılan maden sahasına uygun patlatma tasarımlarının yapılması ve bu tasarımların düzgün bir şekilde uygulanması çok önemlidir. Patlatma performansı, patlatma öncesi ve sonrası birtakım gözlem ve ölçüm çalışmaları sonucu saptanır. Teknolojinin gelişimiyle, bu alanda kullanılan ekipmanlar ve uygulanan metotlar da artmıştır. Özellikle lazer ve dijital görüntü işleme alanındaki gelişmeler patlatma çalışmalarının başarısına son yıllarda büyük katkılar sağlamıştır. Lazer tarama cihazları ile patlatma yapılacak basamak aynası taranabilmekte ve sayısal olarak bilgisayarda modeli oluşturulabilmekte, dijital görüntü işleme tekniği ile patlatma sonrası oluşan yığının parça boyut dağılımı tespit edilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında basamak patlatma tasarımında, patlatma sonuçlarını verimlilik ve çevresel anlamda önemli şekilde etkileyen dilim kalınlığı parametresi incelenmiş ve dilim kalınlığının ayna boyunca gösterebildiği değişikliklerin patlatma sonuçlarına olan etkileri araştırılmıştır. Lazer profil çıkarma cihazı ve dijital görüntü işleme yazılımı bu tez kapsamında kullanılmış, farklı atımlardan elde edilen veriler analiz edilmiştir. Lazerli tarama sonucu elde edilen ayna boyunca değişiklik gösteren dilim kalınlıklarına bağlı olarak Kuz-Ram tahmin modelinde elde edilen tahmini parçalanma ile patlatma sonucu oluşan gerçek parça boyut dağılımı arasındaki farklılıklar ortaya koyulmuş ve basamak ayna profiline bağlı olarak değişen dilim kalınlıkları ile yığının parça boyut dağılımı arasındaki ilişki incelenmiştir.

## **SUMMARY**

### **INVESTIGATION OF BENCH FACE PROFILE EFFECTS TO BLASTING PERFORMANCE**

Depending on the physical properties of the rock, results of blasting have important effects on all mining operations that blasting is inevitable.

Due to the geological structure of rock and mine, where mechanical excavation method should not apply in this case blasting should apply. Blasting has a great influence on the efficiency of all the mining operations after the blast. Because of this, method and parameters of the blasting should be designed according to the geological structure of the mining area.

The expected result from efficient blasting; desirable distribution of particle size, obtaining a mass is homogeneous and well beyond, environmental impact such as rock throwing and vibration may be below damaging levels. It is important to do the blasting design for working mine and implementation of this design to getting targeted results after the blasting. Blasting performance is determined as a result of observation and measurement before and after blasting. With the development of technology, used equipment and applicable method have increased in this area. Especially developments of laser and digital image processing have contributed to the success of the blasting in recent years. With laser scanning device can scan bench face, in the computer model can be created digitally and distribution of particle size of the mass can be determined with digital image processing techniques after blasting.

Within the scope of this study in the design of bench blasting, the results of blasting efficiency and environmental sense as an important parameter affecting the burden was analyzed and the effects of the blasting results that burden can change along the face was to investigate the effect. Laser scanning device and digital image processing software was used in this scope, the data obtained from different blast was analyzed. Obtained as a result of the analysis empirical approaches was developed variable in different parts of the face burden between the blasting results. The differences was realized that between actual size distribution as a result of blasting with the Kuz-Ram model has the resulting estimate of fragmentation that depending on the burden has differences from Laser scanning results that obtained along the face. Between the burden has differences depending on the face profile with size distribution that relationship were investigated.

## 1. GİRİŞ

Açık ocak madenciliği ve taş ocakçılığında kayanın kütle ve madde özelliklerine bağlı olarak, delme patlatma işlemi ile kaya kazısı uzun zamandır uygulanmakta olan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir taşocağının verimini ve ekonomisini etkileyen en güçlü ve etkili işlem patlatma ile kaya parçalanmasıdır. Patlatma işleminin temel bir işlem olması nedeni ile, patlatma ekonomisini etkileyen her parametre aynı zamanda bütün madencilik maliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı patlatma yönteminin ve parametrelerinin maden sahasının jeolojik yapısına göre dizayn edilmesi gerekmektedir.

Verimli bir patlatmadan beklenen; arzu edilen parça boyut dağılımına sahip, homojen ve iyi ötelenmiş bir yığın elde edilmesi, kaya fırlaması ve titreşim gibi çevresel etkilerin zarar verebilecek seviyelerin altında olmasıdır. Patlatma sonrası hedeflenen sonuçlara ulaşabilmek için çalışılan maden sahasına uygun patlatma tasarımlarının yapılması ve bu tasarımların düzgün bir şekilde uygulanması çok önemlidir.

Patlatma sonuçlarının arzu edilen ölçülerde olabilmesi için belli başlı parametrelerin patlatma üzerindeki etkisi tartışılmazdır. Optimum bir patlatma tasarımı yapabilmek için öncelikle patlatma olayında etkili olan parametreleri iyi bilmek gerekmektedir. Patlatma olayında etkili olan parametreleri, kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen parametreler olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Maden sahanın jeolojisi, patlayıcı madde özellikleri ve patlatma geometrisinin uygun bir modelde tasarlanması gerekmektedir. Patlatma, kaya parçalanmasında en önemli etken olup denetleyemediğimiz değişken ise sahanın jeolojisidir. Patlatma tasarımı ve patlayıcı madde kullanım özelliklerinin değiştirilmesi ile uygun bir patlatma sonucu elde edilebilir. Patlatma tasarımında özgül şarj ve dilim kalınlığı parametrelerinin saha yapısına ve istenilen patlatma sonuçlarına uygun olarak dizayn edilmesi verimli bir patlatma sonucuna ulaşmamızı sağlar.

Bu tez kapsamında, basamak patlatma tasarımı, patlatma sonuçlarını verimlilik ve çevresel anlamda önemli şekilde etkileyen dilim kalınlığı parametresi incelenmiştir ve dilim kalınlığının ayna boyunca gösterebildiği değişikliklerin patlatma sonuçlarına olan etkileri araştırılmıştır. Lazer profil çıkarma cihazı ve dijital görüntü işleme yazılımı bu kapsamda kullanılmış, farklı ocaklarda yapılmış atımlardan elde edilen veriler analiz edilmiştir. Patlatma öncesinde lazer profil çıkarma cihazı ile ayna taranmış, patlatma sonrasında oluşan yığın üzerinden alınan dijital görüntüler Split Desktop yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Taşocaklarında yapılan patlatmalara ait verilerin Kuz-Ram parçalanma tahmin modeline girilmesi ile parça boyut dağılımı tespit edilmiştir. Elde edilen analizler sonucu aynanın farklı bölümlerinde değişiklik gösterebilen dilim kalınlığının Kuz-Ram modelinden elde edilen parçalanma ile patlatma sırasında oluşan gerçek parça boyut dağılımı arasındaki farklılıklar ortaya koyulmuş ve dilim kalınlığının patlama sonrası oluşan yığının parça boyut dağılımına etkileri araştırılmıştır.

## **2. GENEL KISIMLAR**

Konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalar, literatür araştırılmış ve alt başlıklar halinde bu bölümde sunulmuştur.

### **2.1. DELME PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER**

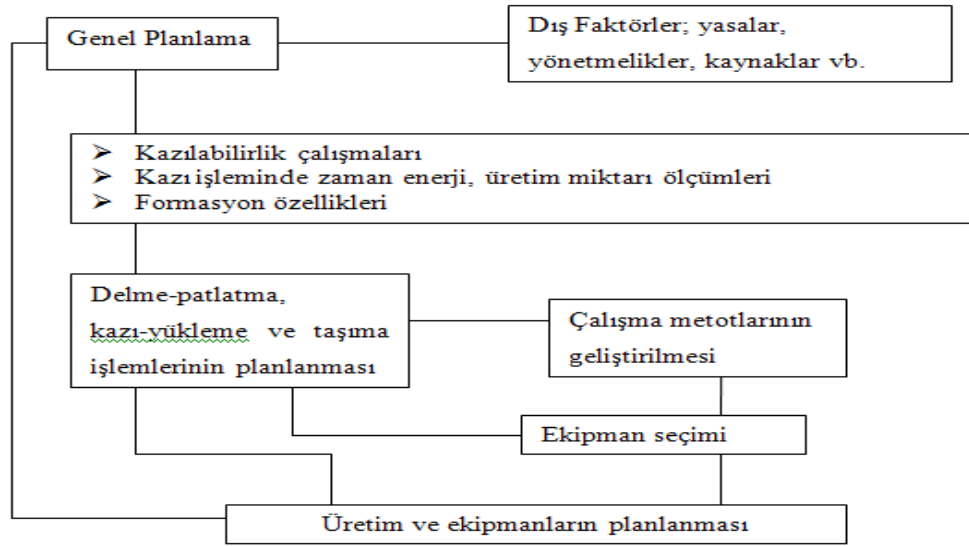
Maden mühendisliğinin temel amaçlarından biri, konforlu bir yaşam için gerekli alt yapı kazılarıyla birlikte; insanoğlunun gereksinim duyduğu endüstri hammaddesinin içinde bulunduğu ana kütlede faydalanabilir bir büyüklükte, ekonomik olarak, minimum bir zaman diliminde ve emniyetli bir biçimde ayırmak için genel olarak aşağıdaki metotlar uygulanmaktadır.

- İnsan gücü
- Mekanik makineler
- Gazlaştırma kimyası
- Çözelti kimyası
- Hidrolik teknolojisi
- Delme-patlatma teknolojisi

Bu seçeneklerden delme patlatma teknolojisi, özellikle, diğer proseslerin uygulanmaması veya uygulandığında ekonomik sonuç vermemesi durumlarında yaygın bir kullanım bulmaktadır. İlerleyen teknoloji ile kaya delme ekipmanlarındaki gelişme ve ucuz patlayıcı maddelerin devreye girmesi, delme ve patlatmanın büyük hacimlerde uygulanmasını sağlamıştır. Bu teknolojinin kullanıldığı faaliyetlerde, gerek planlama gerekse uygulama işlemleri, diğer kazı işlemlerine göre farklı bir boyut almaktadır. Bu planlara yönelik uygulama faaliyetleri ise aşağıda belirtilen teknolojileri içermektedir.

- Deliklerin delinmesi
- Şarj ve patlatma
- Yükleme
- Taşıma
- Kırma-öğütme

Bu faaliyetlere paralel olarak yürütülen diğer tüm işlemler ise, yardımcı prosesler olarak genel planlama kapsamında yer almaktadır.

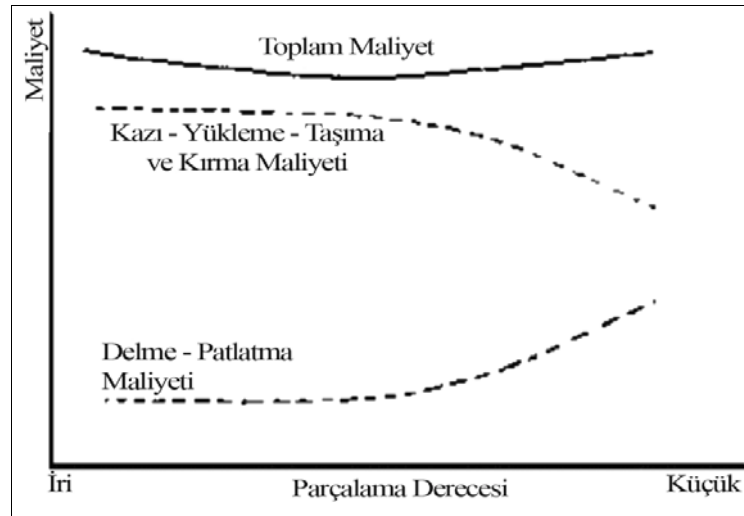


Şekil 2.1. Delme patlatmayı esas alan kazı işleminin genel planlaması (Ceylanoğlu ve diğ., 1993)

### 2.1.1. Delme ve Patlatmanın Önemi

Maden ve taş ocağı faaliyetlerinde temel ve en önemli prosesi oluşturan kazı işlemlerinin, makine ve yukarıda değinilen diğer yöntemlerle gerçekleştirilmesi, kayaçların madde/kütle özellikleriyle ve kullanılmakta olan teknoloji ile sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu sınırı aşan delme ve patlatma teknolojisi doğrudan kazı veya gevşetme kazısı olarak büyük bir önem arz etmekte ve ekonomik ölçüleri içinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ceylanoğlu ve diğ.,1993).

Bu kullanım önemini, bir yandan işletme faaliyetlerinin göstergesini oluşturan maliyet analizlerinde, öte yandan söz konusu faaliyetlerin hızlı bir şekilde yapılabilmesinde görmek mümkündür. Ancak işletmelerdeki maliyet analizlerinde, delme ve patlatma maliyetlerinin tek başına değerlendirilmesi; elde edilen başarının açık bir şekilde gösterilmesine yetmemektedir. Faaliyetler ardışık olarak gerçekleştiğinden; delme ve patlatma etkisinin diğer işlemlerde de analiz edilmesi zorunludur. Bu husus ise; ancak her teknolojik işlemde görev alan makine ve ekipmanlara ait performansların ayrı ayrı değişik durumlar için analiz edilmesiyle mümkün olmaktadır. Sadece delme ve patlatma faaliyetlerinde hedeflenecek maliyet minimizasyonu düşüncesi, birbirini izleyen teknolojik işlemlerin maliyetinde önemli artışların olmasını görmemezlikten gelecektir. Bu hususu Şekil 2.2.'de açık bir şekilde izlemek mümkündür (Kahriman, 2003).



Şekil 2.2. Kaya parçalanmasında patlatma maliyeti ve ardışık işlem maliyetleri arasındaki ilişki (Kahriman, 2003)

Şekil 2.2.'de ifade edildiği gibi, patlatma sonrası işlemlerin maliyeti, genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur.

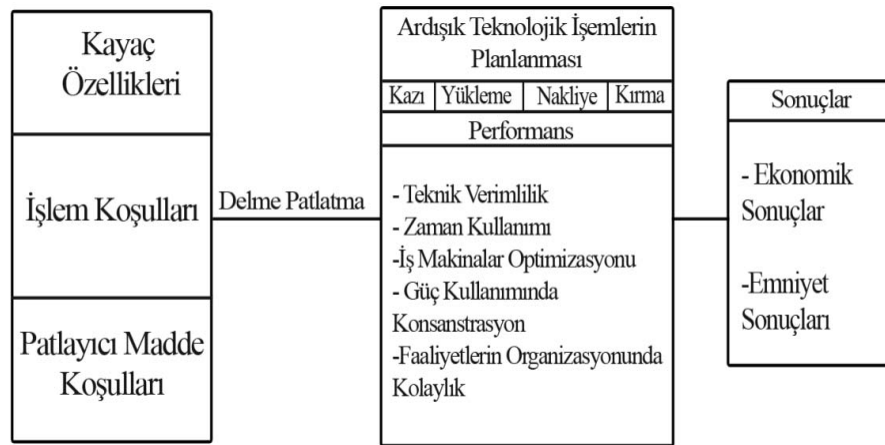
Toplam maliyetin değerlendirilmesi her haliyle, söz konusu unsurlara yönelik sonuçların göz önüne alınmasıyla mümkün olabilecektir. Bu vesileyle, en uygun sonucun ne olacağının belirlenmesi, hem patlatma ve hem de ardışık işlemlerin birlikte ele alınmasıyla mümkündür. Delme ve patlatma faaliyetleri optimal koşullarda



gerçekleştiğinde; yükleme, taşıma, kırma-öğütme ve hatta reklamasyon işlemlerinde maliyetlerin azalmasına, dolayısıyla işletmenin toplam sonucunun pozitif bir gelişim göstermesine neden olmaktadır.

Bir yandan delme teknolojisiyle ilgili yeni araştırmalar yaparak çözülememiş sorunlara yanıt aramaya ve tüm operasyonlar için uygun makine tip ve kapasite optimizasyonuna gereksinim vardır. Burada özellikle primer kırıcıların devreden kaldırılmasını ve kütle ötelenmesini hedefleyebilmek mühendisler için nihai bir ideal olmalıdır. Yukarıda değinilen hususların ışığında, delme ve patlatmanın önemi aşağıdaki detaylarla ortaya çıkmaktadır (Kahrıman, 2003).

- Ekonomik sonuçların sağlanması
- Teknik verimliliğin artırılması
- Zaman kullanımında etkinlik
- İş makineleri performanslarında iyileştirme
- Kapasite artışı
- Ardışık faaliyetlerin organizasyonunda kolaylık
- Uygun niteliklerde malzeme temini
- Güç kullanımında konsantrasyon
- Ekipman seçiminde optimizasyon



Şekil 2.3. Delme ve patlatmanın üretim sürecindeki yeri ve önemi (Kahrıman,2003)

### 2.1.2. Delme Patlatmanın İşletme Ekonomisine Etkileri

Bilindiği gibi delme-patlatma kolay kazılabilir olmayan kaya kütlelerini kontrollü bir şekilde tahrip ederek ana kaya kütesinden ayırma işlemidir. Bu işlem sırasında belirlenmiş büyük kapasiteler için iyi patlatılmış kaya kütleleri elde edilirken, arka şevde kalan kayaya en az zarar verilmelidir. Bu iki zıt isteğin şartlarını yerine getirmesi gereken delme-patlatma üretim kapasitesinden, son ürünün maliyetinden patlatma sonrası işlemlerin randımanından emniyetli bir çalışma ortamına kadar herşeyi doğrudan etkileyen üretimin ilk ve en önemli aşamasıdır.

Örneğin kötü bir patlatma sonucunda yükleyici makineler zor koşullarda çalışır ikinci delme patlatma ihtiyacı doğar ve patar oranı artar. Yükleyici makineler zor koşullarda çalışınca kapasiteleri düşer, arıza oranları yükselir. İkinci patlatma nedeniyle, fazladan maliyetin yanı sıra vardiyadaki iş kayıpları artar. Makinelerin yürüyüş sistemleri zarar görür. Patar oranının yüksek olması yükleme, taşıma emniyetinin azalmasına, kırıcıların kapasitelerinin düşmesine ve ton basınç kırma maliyetinin artmasına neden olur (Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1986).

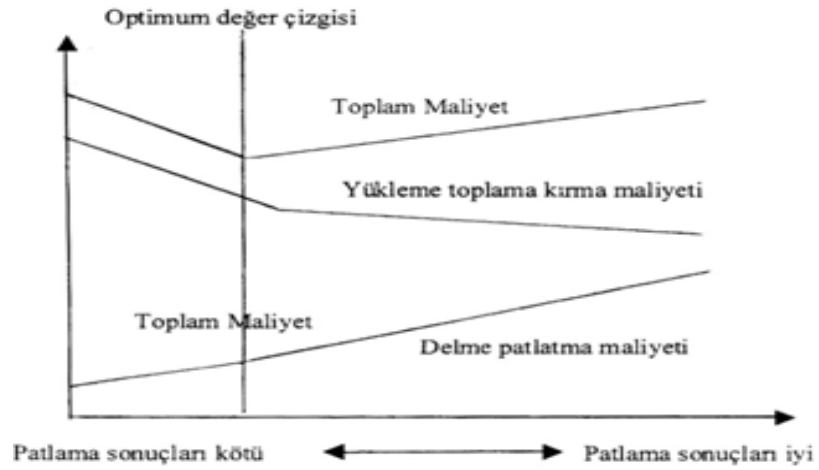
İyi bir patlatma sonrası ise, tüm olumsuzluklar ortadan kalkacaktır. İyi bir patlatma için basamak yüksekliklerine göre amaca uygun delik çapı ve delme düzeninin, patlayıcının ve ateşleme sisteminin seçilerek sadece gerektiği kadar doğru biçimde kullanılması gereklidir.

Daha önce belirttiğimiz gibi sadece delme patlatma sonrası işlemlerin maliyetini ayrı ele almak gerçekçi olmaz. Bunun için delme patlatma maliyeti, yükleme, taşıma ve kırma maliyetleriyle birlikte kırma sonrası stok maliyetinin bir unsuru veya toplam dekapaj maliyetinin bir unsuru olarak ele alınmalıdır.

Tek başına delme-patlatma maliyeti, daha az patlayıcı kullanılarak düşünülebilir. Fakat yükleme taşıma ve kırma maliyetleri yükseleceğinden işletme ekonomisine olumsuz yansır. Buna karşın Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi genelde tercih edilen seçenek delme-patlatma maliyetini yüksek tutarak toplam kırma sonrası stok maliyetini düşürmektir.

Fakat bunu yaparken dikkat edilmesi gereken önemli nokta toplam kırma sonrası stok maliyetinin en düşük olduğu seçeneğin tercih edilmesidir.

Delme patlatma maliyetlerini belirli bir noktadan sonra ne kadar arttırsak arttıralım patlatma sonrası maliyetleri fazla etkilemeyeceği için gereksiz bir maliyet fazlalığı oluşturur.



Şekil 2.4. Toplam maliyet ve optimum nokta

Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi toplam maliyetin en düşük olduğu A noktasındaki delme patlatma harcama değerlerinin arttırılması da azaltılması da sonuçta toplam maliyetin yükselmesine neden olacaktır.

Sonuç olarak diyebiliriz ki; patlatmanın performansının patlatma sonrası işlemlerin maliyetlerini, kapasitelerini, randımanlarını ve emniyetini belirleyen en önemli unsur olduğunun bilinerek delme patlatmaya bu açıdan bakılması işletme ekonomilerinin daha sağlıklı değerlendirilmesini sağlayacaktır.

## 2.2. PATLATMA VE PARÇALANMA MEKANİZMASI

Kayaları gevşetmek ve/veya parçalamak amacıyla kullanılan patlayıcı maddelerin istenen sonucu yaratması onların kayanın belirli bir bölümüne aniden ve çok büyük miktarda enerji verebilme kabiliyetlerinde yatmaktadır. Delikteki patlayıcı madde

ateşlendiğinde bir saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede olan hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi, çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu enerji deliği çevreleyen kaya üzerinde varyoz darbese şeklinde etki yapmakta, böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın kırılıp parçalanmasına yol açmaktadır (Bilgin, 1986).

Delğe konulup sıkılması yapıldıktan sonra patlayıcı maddenin parçalanma ve ötelenmeye kadar geçen olayları dört temel aşamada incelenmektedir.

- i. Detonasyon
- ii. Şok ve basınç dalgalarının yayılması
- iii. Gaz basıncının yayılması
- iv. Kaya kütlelerinin hareket etmesi

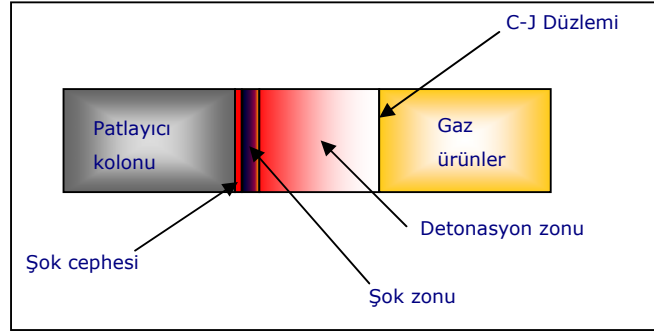
### 2.2.1. Detonasyon

Detonasyon, patlatma olayının başlangıcıdır. Bu aşamada patlayıcı maddenin bileşenleri çok hızlı bir şekilde yüksek basınç ve sıcaklıkta gaza dönüşerek delik duvarını parçalayarak delik çapını bir miktar genişletebilir. Detonasyonun başlangıcında basınç 9-275 kbar, sıcaklık ise 3000-7000 °F (1650-3870°C) değerlerine ulaşır.

Tablo 2.1. Bazı patlayıcı maddelerin detonasyon basınçları (Anon, 1986)

Patlayıcı Madde	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Detonasyon Hızı (m/sn)	Detonasyon Basıncı	
			(psi)	(kbar)
ANFO	0.81	3657.6	27	396900
Powermax 420	1.19	5791.2	100	1470000
Hi-Prime	1.40	6096.0	130	1911000
“G” Booster	1.60	7924.8	251	3689700

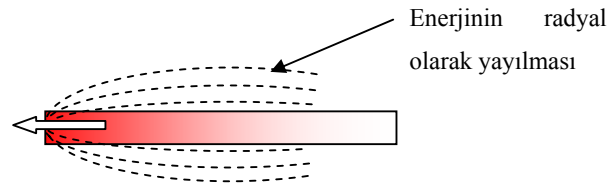
Detonasyon sırasında oluşan basınç genelde detonasyon hızı ve patlayıcı yoğunluğuna bağlı olarak verilir. Detonasyon hızı ise genelde tek değer olarak alınmasına karşın yemleme şarjları ve sıkılama zonlarının bulunduğu yerlerde farklılık gösterir.



Şekil 2.5. Chapmant ve Jouget tarafından önerilen detonasyon zon ve elemanları

Bu elemanlar oluşmadığı zaman detonasyon olayı gerçekleşmemekte veya çok çabuk sönmektedir. Şok cephesi ve şok zonu hemen hemen her durumda oluşabilmektedir. Buna karşın detonasyon zonu her patlayıcı maddede farklı olmaktadır. Bu nedenle, belirli boyutta olmadıkları zaman bazı patlayıcılar detonasyon oluşturamazlar.

Bazı patlayıcı maddelerin detonasyon zon boyutu çok düşüktür. Dolayısı ile çok küçük çaplarda bile detonasyona girebilirler. Askeri patlayıcıların çoğu böyledir. Örnek olarak PETN verilebilir. Bu patlayıcının kritik çapı o kadar küçüktür ki infilaklı fitil yapımında kullanılmaktadır. Sivil patlayıcıların detonasyon zon boyutu daha büyüktür. O nedenle kritik çapları da büyüktür. Örneğin TAN, yalın halindeyken, herhangi bir yakıtla karıştırılmadığında kritik çapı 500 mm olarak verilmektedir. Uygun oranlarda bir yakıt ile karışım haline getirildiğinde ise kritik çapı 51 mm'nin altına düşmektedir.



Şekil 2.6. Detonasyon sırasında oluşan radyal kayıplar

Bir patlayıcı kolonunda detonasyon ilerlerken, doğal olarak yaratılan enerji hemen her yöne doğru yayılma çabası içinde olacaktır. Detonasyon yönüne dik yayılmaları radyal yayılma olarak tanımlıyoruz. Eğer ortam radyal yayılmalara plastik deformasyonlar ile beraber izin verecek olursa, o zaman radyal kayıplar oluşmaktadır. Bu durumda da

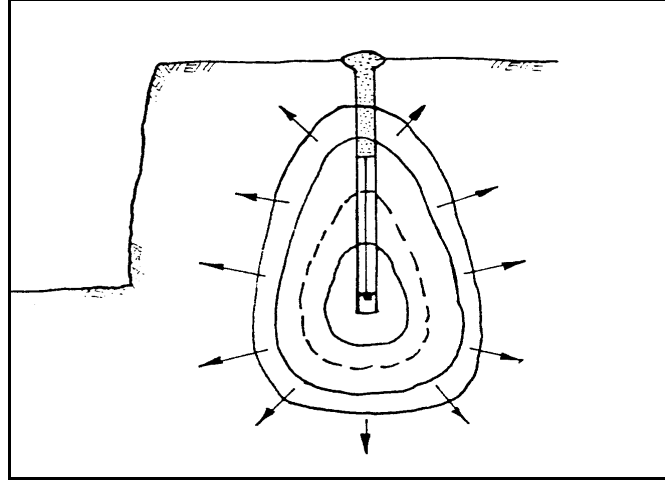
detonasyon zonu oluşmamaktadır. Dolayısı ile detonasyon sönümlenmekte veya düşük hızda gerçekleşmektedir. İşte bu nedenle çoğu sivil patlayıcıların detonasyon hızları hapsedilme derecesi ile değişiklik gösterir. Örneğin ANFO'nun açıktaki hızı, sağlam kayaç içerisindeki hızı ve zayıf kayaçtaki hızı başka başkadır.

Detonasyon hızı ile patlayıcıların yoğunluğu arasında bir ilişki bulunmaktadır. Kimyasal yapısını korumakla beraber değişen yoğunlukları ile beraber patlayıcıların detonasyon hızları da değişmektedir. Hatta çok yoğun olmaları durumunda detonasyona girmeme olasılığı da bulunmaktadır. Örneğin TAN, kristal yapısı itibarı ile yoğunluğu  $1,7 \text{ g/cm}^3$  olan bir kimyasaldır. TAN'ın bu yoğunlukta detone edilebilmesi olası değildir. Ancak granül veya prill haline getirildiği zaman detone olması olanaklı olmaktadır. Granül veya prillerin bile poroz olup olmaması da detonasyon hızını etkilemektedir. Porozitenin artması durumunda detonasyon hızı da artmaktadır.

Benzer bir örnek olarak TNT de verilebilir. Askeri bir patlayıcı olan bu kimyasal eritilerek blok halinde döküm yapıldığında yoğunluğu yine  $1,7 \text{ g/cm}^3$  civarında olmakta ve detone edilebilmesi çok zorlaşmaktadır. Önce granül haline getirilip sonradan preslendiği zaman yoğunluğu azalmakta ve daha kolay detone olabilir hale gelmektedir.

### **2.2.2. Şok ve Basınç Dalgalarının Yayılması**

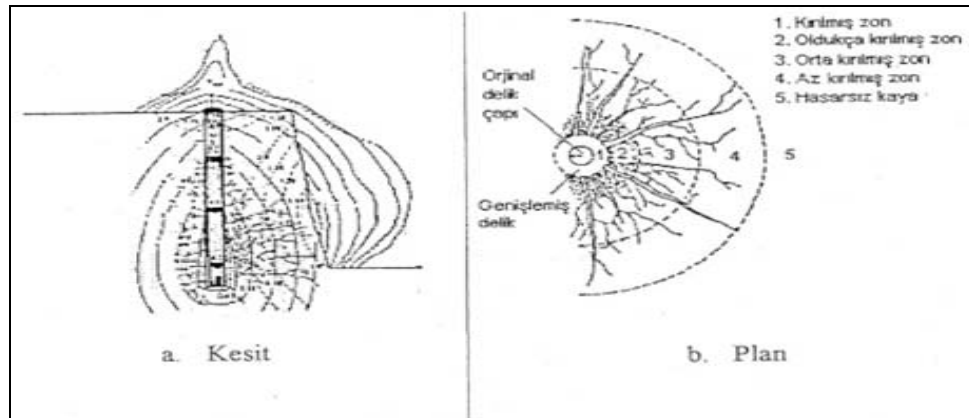
Detonasyonun başlamasından sonra ikinci aşama kaya kütlesi içinde şok ve basınç dalgalarının yayılmasıdır. Patlatma sonucu açığa çıkan gaz hacminin yarattığı basınç kaya kütlesi içinde yayılır. Yayılma şekli, ateşleme noktasının yeri, detonasyon hızı, basınç dalgalarının kaya kütlesi içinde yayılma hızı vb. bazı faktörlere bağlıdır. Örneğin şarj boyu çok kısa ise (şarj boyu, delik çapı oranı 6:1' den az veya eşit) dalgaların yayılma şekli küreseldir. Oran 6:1'den büyük ise silindirik bir yayılma şekli gösterir. Basamak patlatmalarında genelde ateşlemenin delik dibinden başladığı silindirik delikler kullanılır. Bu tip delikte basınç yayılması Şekil 2.7.'de görülmektedir.



Şekil 2.7. Kayaç içerisinde basınç yayılma şekli (Anon, 1986)

Delik çeperine etki eden basınç en yüksek değere doğru çok hızlı bir şekilde yükselir ve daha sonra hızla düşer. Genel olarak en yüksek basınç, kırılma, tozlanma ve dalga enerjisinin en yüksek değerde olduğu delik çeperi çevresinde meydana gelir (Şekil 2.8).

Kayaç içerisinde hareket eden basınç dalgası bir süreksizliğe veya ara yüzeye rastladığında enerjinin bir kısmı süreksizliğe aktarılırken geriye kalanı kaynağa doğru geri döner. Geri dönen enerji miktarı süreksizliğin iki tarafındaki yoğunluk ve ses hızına bağlıdır. Serbest yüzey veya süreksizlikten yansıyan bu basınç dalgası kaya içerisinde bir gerilme kuvveti oluşturur. Bu gerilme kuvveti kayanın gerilme dayanımını aştığında burden bölgesinde çatlaklar meydana gelir.



Şekil 2.8. Parçalanma mekanizması (Anon, 1986)

### 2.2.3. Gaz Basıncının Yayılması

Basınç dalgasının yayılması sırasında ve sonrasında, yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıktaki gaz, delik cidarında basınç nedeniyle meydana gelen çatlaklara ve süreksizliklere hızlı bir şekilde yayılır. Bazı araştırmacılara göre parçalanmanın olduğu aşama bu safhadır.

Gazın kaya kütlesi içinde izlediği yol kesin olarak belli olmamakla birlikte dayanımın en düşük olduğu yolu izlediği düşünülmektedir. Yani gaz öncelikle kaya yapısında mevcut kırıklar, çatlaklar ve süreksizliklere doğru yayılır. Eğer patlatma deliğimiz yumuşak bir damar veya çatlaklı bir zondan geçiyorsa ve bu damar ile çatlak zonu serbest yüzey ile bağlantılı ise gaz bu zayıflık zonundan sızar. Bu durum parçalanmayı ve kayanın yer değiştirmesini önemli derecede etkiler ve iri bloklar ortaya çıkar.

Kaya kütlesi içinde gaz basıncının yayılma süresi patlayıcı madde tip ve miktarına, kaya tipine ve yapısına, sıkılama miktarı ve tipine, dilim kalınlığı büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Bu değer günümüz patlayıcıları için yaklaşık 5 ile 110 ms arasında değişmektedir (Arpaz, 2000).

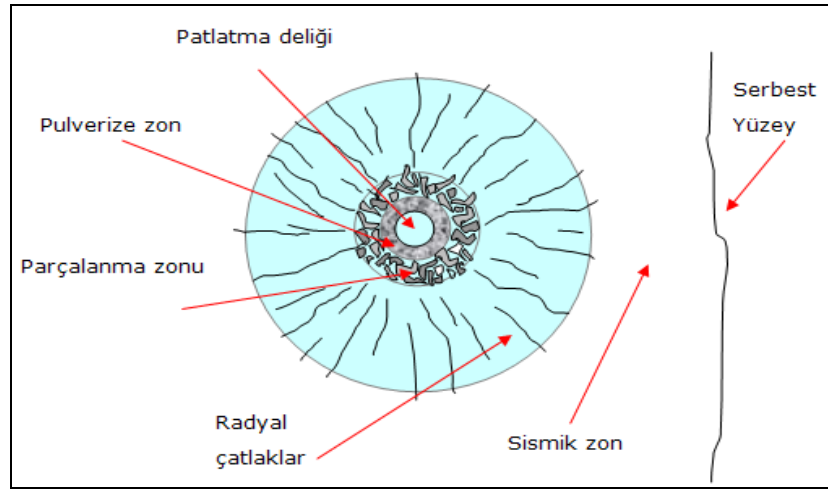
### 2.2.4. Kaya Kütlesinin Hareketi

Parçalanma işleminde son aşama malzemenin hareketidir. Gaz basıncı ya da basınç ve çekme dalgaları sonucu temel parçalanma meydana gelmektedir. Parçalanmış malzeme etki hızına bağlı olarak basamak tabanına düşmektedir. Kütle taşınmasında en önemli parametre delik önündeki malzeme miktarı olmaktadır. Patlama ile parçalanma olayının mekanizmasını başka bir yaklaşımla aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür. Bir deliğe yerleştirilmiş ve yeterince sıkılanmış bir patlayıcı madde ateşlenince ne olur? Patlayıcı maddelerle kayaların kırılmasında rol alan fiziksel olaylar nelerdir? Bu sorulara verilecek yanıtlar patlama olayının oluş tarzı ve parçalanma olayının iyi bir şekilde anlaşılmasına ve böylece daha iyi patlatma tasarımı ve uygulanmasına geçilebilmesine olanak tanıyacaktır. Kayaların parçalanmasında bir araç olarak patlayıcı maddelerin istenen sonucu yaratması, onların kayanın belirli bir bölümüne aniden ve çok büyük miktarda enerji verebilme kabiliyetinde yatar. Delikteki patlayıcı madde ateşlendiğinde bir saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede olan hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde açığa



çıkarm. Delikteki patlayıcı ateşlendiğinde gaz şeklinde ortaya çıkan enerji, deliği çevreleyen kaya üzerinde dev bir varyoz darbesi şeklinde etki yaparm. Böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın kırılıp parçalanmasına yol açarm.

Patlatma deliği boşluğunda bulunan patlayıcı madde detone olduğunda ani hacim genişmesi ve sıcaklık yükselmesinin katkısı ile çok yüksek bir kuvvet oluşurm. Bu kuvvet mikrosaniyeler ile ifade edilen süre içerisinde kaya yapısına aktarılır. Bu nedenle patlatma deliğinin hemen çevresinde neredeyse kaya yapısının bir akışkan gibi davrandığı bir kırılma zonu oluşurm. Buna “Pulverize zon” ismi verilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Sonsuz kaya ortamı içindeki bir patlatma deliği çevresinde parçalanma olayı (Paşamehmetoğlu ve diğ., 1986; Olofsson, 1988)

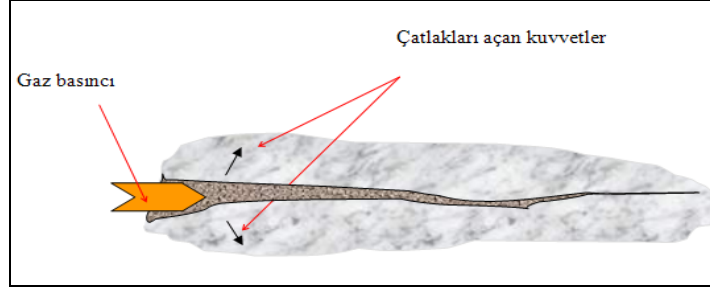
Pulverize zondaki kırılma “visko-plastik” kırılma olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede oluşan kırılma neredeyse mikronize boyutundadır. Plastik deformasyon bölgesi (pulverize zon) genellikle kaya özelliklerine göre bir veya birkaç milimetre genişliğindedir. Kil gibi plastik formasyonlarda kırılma olmaksızın deliğin genişlemesi şeklinde görülen bir deformasyon deliğinin kovan yapması olarak adlandırılır. Bu aşamadan sonra patlamanın enerjisi delik duvarından kaya yapısının içinde ilerlemeye başlar. Enerjinin çok yüksek olduğu zonlarda kırılma ufak taneli, enerji düştükçe iri taneli olmak üzere devam eder. Burada oluşan zonlara sırasıyla “Parçalanma zonu” ve “Radyal çatlaklar zonu” isimleri verilmektedir. Bu bölgedeki parçalanma darbe sonucu

oluşan basınç birim deformasyon dalgasının (BDD) kayanın dinamik basınç birim-deformasyon limitinden fazla olması nedeniyle oluşur. Kırılma bölgesi genişliği genellikle delik çapının iki katından küçüktür. Bazı çok gözenekli kayalarda çok güçlü patlayıcılar kullanıldığında delik çapının 7,5 katına kadar genişlediği görülmüştür. Kırılma olayını yaratan BDD'nin şiddeti gittikçe azalır ve daha fazla kırılma yaratmaz. Ancak yarattığı yoğun ışımsal (yarıçap yönünde) basınç sonucu dalga cephesinde teğet yönde dinamik çekme birim deformasyon dalgaları (ÇDD) oluşur. ÇDD dalgaları da kayanın dinamik çekme birim deformasyon limitini aştığı sürece ışımsal çatlamlar devam eder.

Hem ışımsal (radyal) hem de teğet çatlakların olduğu çatlama bölgesi, ışımsal çatlakların ucu ile sınırlanır. Çatlama bölgesi genişliğinin delik (şarj) çapının on iki katına kadar ulaştığı görülmüştür. Patlamanın yarattığı basınç dalgası parçalanma bölgesindeki kırılma ve çatlama olaylarında enerjisinin bir kısmını harcadığından şiddetinin düşmesi (sönmesi) sonucu ve yakında serbest yüzey bulunmadığından elastik titreşim dalgası olarak sonsuz kaya ortamı içerisinde dağılır gider. Titreşimlerin olduğu bu bölgeye sismik zon adı verilir. Eğer yakında basamak aynası veya açık fay, açık eklem gibi süreksizlikler varsa bunlar birer serbest yüzey olarak etkirler. Sismik bölgede titreşimlere neden olan BDD bu serbest yüzeye geldiğinde, hava boşluğuna geçemeyerek yansır ve ÇDD dönüşür. Bu yansıyan dalga yeterli şiddettedir ve genellikle kayaların çekme dayanımları çok düşük olduğu için kaya yaprak yaprak parçalanmaya başlar. Birbiri peşi sıra gelen BDD'ler ÇDD haline dönüştükçe dilim dilim koparılma olayı da devam eder.

Dilimlenme olayı ikincil parçalanma mekanizmalarının ilkidir. İkincil parçalanma mekanizmalarının ikincisi ise formasyon kontakt ve dokanaklarında görülür. İki ayrı cins kayanın deformasyon modülleri arasındaki fark arttıkça, gelen BDD'nin bu formasyonlarda yarattığı deformasyonlarda farklı olur. Birim deformasyon farklılığının büyüklüğü tabakaların farklı hareketi sonucu makaslama çatlama yaratır. İkincil parçalanma mekanizmalarının üçüncüsü çatlakların gaz basıncıyla açılıp uzamasıdır.

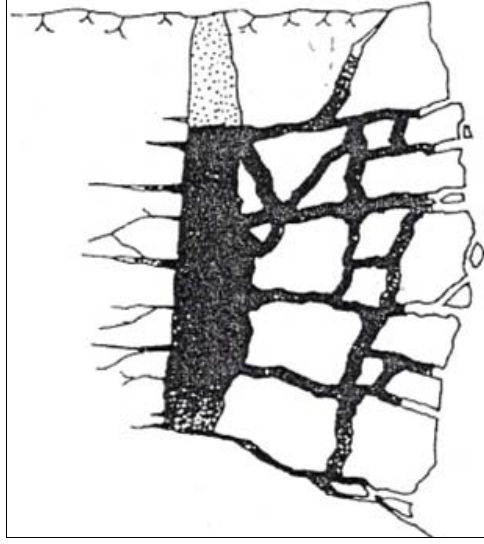
Patlayıcı maddenin meydana getirdiği basınç altındaki gaz hem doğal hem de patlamayla yaratılmış çatlaklara girerek onları yarar ve kama etkisi yaratarak çatlakların uzamasına yol açar (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Gaz basıncının yarattığı etki

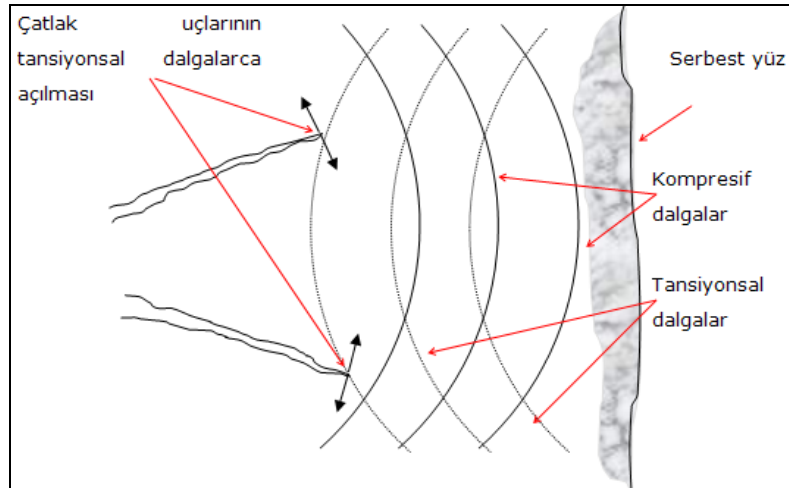
Hem deliği çevreleyen çatlakların uzaması ve hem de serbest yüzeyde deliğe doğru, dilim dilim parçalanma sonucu arada çok dar bir kaya bölümü parçalanmamış olarak kalır. Bu kısım ise deliği çevreleyen çatlakları dolduran fakat henüz yeterli düzeyde olan gaz basıncı ile ileri doğru püskürtülerek parçalanır. İkincil parçalanma mekanizmalarının dördüncüsü olan, gaz basıncının püskürtülmesiyle parçalanma ile delik grubunun yer aldığı basamak bölümü tamamen parçalanmış ve bir miktar kabarak öne (ocak içine) doğru ötelenmiş olur. Böylece patlatılan kısmın parçalanması tamamlanır. Daha sonra son sıra (en gerideki) deliklerin gerisinde bulunan ve patlama sonucu basınç birim deformasyonuna maruz kalmış (sıkışmış olan) basamak bölümü önündeki yükün aniden kalkması sonucu birden ferahlar ve bunun sonucu olarak patlamanın gerisinde kalan basamakta aynaya paralel, dik ve dike yakın çatlaklar oluşur (Şekil 2.11).

Sıkıştırılmış bir yayın aniden serbest bırakılması sonucu geri uzamasına benzer bir yolla basamağın arka kısımlarında paralel çatlakların oluşumu yük boşalmasıyla çatlama olarak adlandırılır. Böylece ikincil parçalanma mekanizmaları da sona erer. Basamaklarda açılan deliklerin şarjı silindirik olduğundan, dalgaların yayılımı şarjın taban kısmında küresel olurken, orta kısmında silindirik bir hal almaktadır (Kahrıman,2003).



Şekil 2.11. Gaz basıncı ile çatlak oluşumu (Paşamehmetoğlu ve diğ., 1986; Olofsson, 1988)

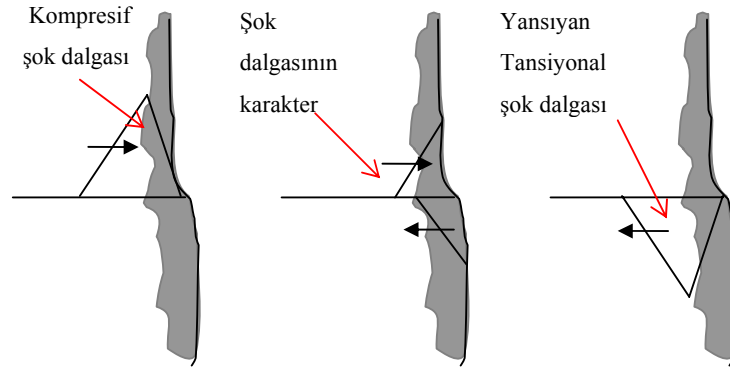
Patlatma ile birlikte, kayanın baskıya dayanımını yenerek ilerleyen patlama enerjisi, bir noktadan sonra kayanın baskıya dayanımını yenemez ve artık sismik enerji olarak yayılmaya devam eder. Bir serbest yüzeye ulaştığı zaman geri yansır. Bu basit bir fizik kuralıdır. Araştırmacılara göre yansımadan önce sismik dalgalar kompresif karakterde, yansıldıktan sonra ise tansiyonsal karakterdedirler. Tansiyonsal karakterde olan sismik dalgalar çatlak uçlarına etki ederek daha da açılmalarına çalışırlar (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Patlama ile birlikte dalga yayılımı

Çatlakların serbest yüzeye ulaşmasına katkıda bulunan diğer bir olay da, bu kez serbest yüzeyin çatlaklara doğru yavaşmasıdır. Buna sebep olan olay, yine tansiyonsal karaktere dönüşen sismik dalgalardır. Kaya yapılarının çok bilinen ama pek üzerinde durulmayan özellikleri; kompresif dayanımlarının, tansiyonsal dayanımlarının 10 katı kadar olmasıdır. Sırf bu nedenle insanlık; medeniyetin başlangıcından beri taş yapılarda, taş elemanları kompresif yük taşıyacak şekilde kullanılmışlardır. İşte bu özellik nedeni ile serbest yüzeyden yansıyan tansiyonsal sismik dalgaları serbest yüzeyden kapakçıklar, madenci dili ile kavlaklar koparmaya başlarlar. Doğal olarak bu olay, delik-serbest yüz mesafesini azaltacak, çatlakların serbest yüze ulaşmasını kolaylaştıracaktır.

Patlatma deliğinin çevresinde ve civarında kaya yapılarının baskıya dayanımını yenerek kırılmalara neden olan enerji daha sonra sismik enerji olarak yoluna devam etmektedir. Bu şok dalgaları kompresif karakterdedir. Yansıma meydana geldiğinde tansiyonsal karaktere dönüşmektedirler.



Şekil 2.13. Yansıyan ve tansiyonsal karaktere dönüşen şok dalgası

Bu şekilde yansıyan ve tansiyonsal karaktere dönüşen şok dalgası, kaya yapısının tansiyonsal dayanımını yenerek kavlaklar oluşturmaya başlar. Artık gücünü iyice kaybettikten sonra gerisin geriye kaya yapısı içinde elastik deformasyonlar yaparak sönmeleninceye kadar yol alır.

## 2.3. PATLATMA SONUÇLARINI ETKİLEYEN VE TASARIMDA GÖZ ÖNÜNE ALINMASI GEREKEN ETKENLER

### 2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri

Maden ve inşaat mühendisliği kazılarının tasarımında, kayaçların kütle ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi en önemli safhalardan biridir. Maden mühendisliğinde, kayaçların mühendislik özellikleri, üretim yöntemi ve kazı ekipmanı seçimi, patlatma geometrisinin tasarımı, şev stabilitesi ve yeraltı açıklıklarının boyutlandırılması çalışmalarında temel tasarım parametreleri olarak kullanılmaktadır.

Bu nedenle çalışma alanında yapılacak ön incelemeler ile kaya birimlerinin;

- Yoğunluk
- Basınç, Çekme ve Darbe Dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans
- Süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik modülü
- Poisson oranı
- Değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi, izotropluk)
- Sertlik

gibi özellikleri belirlenmeli ve bu veriler kullanılarak delme-patlatma dizaynı yapılmalıdır.

Yoğunluk patlatma sırasında harekete geçen kütleliyi işaret etmektedir. Patlatma ile yaratılan şok dalgalarının dinamiğini etkiler. Şok dalgaları yoğun ortamlarda daha iyi yayılma olanağı bulmakta, az yoğun ortamlarda ise dalga yayılma koşulları pek iyi olamamaktadır. Patlayıcı-kayaç uyuşması konusunda rol alır. Empedans kavramına göre patlayıcıdan en yüksek verimi alabilmek için; patlayıcının empedansı ile kayacın empedansının birbirine yakın veya uyumlu olması gerekir.

Basınç, çekme, darbe dayanımları, baskıya ve çekmeye dayanım, kaya yapılarının direnebileceği yük miktarını gösterir. Üzerinde durulması gereken nokta, yüklemenin hızıdır. Kaya yapılarının tansiyonal dayanımı, baskıya dayanımın yaklaşık 1/10 değerindedir. Kayaçların çekme dayanımlarının, basma dayanımlarından çok daha düşük olması nedeniyle patlatma sırasında, patlatılacak malzemenin çekme dayanımını aşacak değerlere ulaşılmalıdır.

Elastisite modülü, Young Elastisite Modülü ve Poisson Oranı, kaya yapılarının elastisite özellikleri açısından, şekil olarak direnebilecekleri deformasyonları gösterir. Kaya mühendisliğinin yeraltı açıklıklarıyla ilgili uygulamalarında, birincil ve ikincil gerilmeler kapsamında, Poisson oranı karşımıza çıkmaktadır.

Su durumu, su kayaçlar içinde depolanmakta, hareket etmekte ve kayaçların özelliklerini fiziksel ve kimyasal yönden etkilemektedir. Su kayacın dayanım özelliklerini düşürmektedir. Çatlaklarda oluşturduğu basınç nedeniyle bazen çatlakların daha fazla açılmasına neden olmaktadır. Suya doymun dayanımın kuru dayanımın yarısına kadar düştüğü görülmüştür. Özellikle bünyesinde kil mineralleri içeren kayaçlar su ile temas ettiklerinde, bütün dayanım özelliklerini kaybedebilmektedir.

Süreksizlikler, jeolojik olarak “süreksizlikler” terimi fay hatlarını, tektonik çatlakları, soğuma çatlaklarını ve bunun gibi diğer çatlakları kapsar. Patlatmalı kaya kazısı ile uğraşanların çoğunlukla şikayet ettikleri konu üzerinde çalıştığı kaya yapısının çok çatlaklı olduğudur. Süreksizliklerin oluşmasında rol alan diğer bir unsur da soğumadır. Volkanik kayaçlar için geçerli olan bu olay, soğuma sırasında oluşan hacim küçülmesi veya büzölmeye bağlıdır. Bir bölgedeki volkanik kayaçların oluşumu değişik fazlarda meydana gelebilir. Daha önce oluşan kaya yapıları, arkadan gelen ikinci lav akıntısında parçalanır, yuvarlanır ve tekrardan soğuma sonucunda ortaya enteresan görüntüler çıkar. Bu tür yapılar doğaldır ki patlatma sonucunda oluşan tane boyu dağılımını etkileyecektir. Sedimantasyonun jeolojik süreçler içerisinde değişik koşullarda olması, aynı kaya yapısı içerisinde değişik özelliklerde katmanlar oluşmasına yol açar. Sedimenter katmanlar bazen patlatma sonrası elde edilen tane boyu dağılımı konusunda sorunlar yaratabilir. Süreksizlik sistematiğini yakalayabilmek için “gül diyagramı” çalışması yapılmalıdır. Bunun için süreksizliklerin coğrafik yönleri saptanır, büyüklük

ve etkinliklerine göre değerlendirilir. Bu diyagrama göre süreksizliklerin hakim yönü saptanmış olur. Süreksizlik yönünün patlatma tekniğinde tane boyu dağılımını etkileyen bir parametre olduğu anlaşılmıştır. Süreksizlik yönüne paralel aynalarda yapılan patlatmalarda tane boyut dağılımı daha iyi kontrol edilebilmiştir.

In-situ basınç dağılımları, doğada insan eli değmemişken kaya yapılarının insitu basınç dağılımları dengededir. O nedenle çok uzun süreler boyunca dengede dururlar. Dengeleri bozulduğunda ise heyelan ve toprak kaymaları görülür. Herhangi bir amaç ile kazı yapılmaya başlandığında ise denge bozulmaktadır. Kazı aynasında kompresif ve tansiyonal bölgeler oluşur. Tansiyonal bölgeler kullanılarak uygulanan patlatma tekniklerinde bir taraftan patlayıcı tasarrufu sağlanırken, öte yandan daha iyi bir pasa profili ve tane boyut dağılımı elde edilebilir.

Patlatma tasarımında iki temel parametre vardır. Bunlar; özgül şarj ve uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kaya birimi için) makul bir yanıt verildiği takdirde; kabul edilebilir yaklaşımlara dayalı olarak diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Özgül şarjı süreksizlik yönelimleri de etkiler ve özgül şarj değerleri; süreksizlik yönelimleri, aynaya paralel olduğunda minimumdur. Dilim kalınlığı için bazı araştırmacılar sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler geliştirmişlerdir. Bazıları ise bu büyüklüklerle birlikte kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate alan yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

### **2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı**

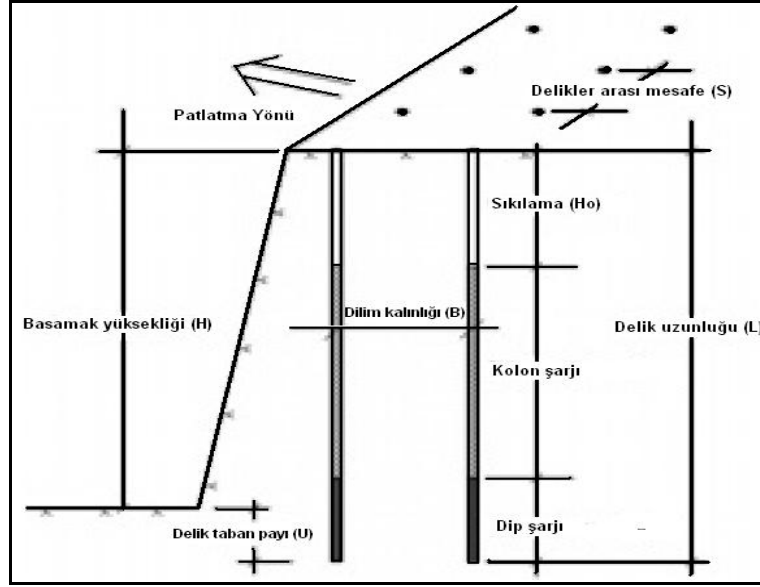
- Yoğunluk
- Patlatma hızı
- Kudret (güç)
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlatma ısı ve özgül gaz hacmi
- Depolanma süresi ve şekli



### 2.3.3. Patlatma Geometrisi

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi
- Sıkılama payı
- Delik taban payı
- Şarj şekli, delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

Yukarıda ayrı ayrı değinilen temel unsurların aralarındaki ilişkilerin ortaya konulması sonucunda tasarım için uygun yaklaşımlarda bulunmak mümkün olabilmektedir. Ancak, birçok araştırmacının kabul ettiği ve yanıt aradığı iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kaya birimi için) makul bir yanıt verildiği takdirde; kabul edilebilir yaklaşımlara dayalı olarak diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Deneme yanılma yoluyla yapılacak dilim kalınlığı ve özgül şarj miktarı belirleme çalışmalarında, maliyeti göz önüne almak gerekmektedir. Bu nedenle, ilk tasarım açısından makul bir değerdeki özgül şarj ve dilim kalınlığı değerlerinden başlamak çok olumlu sonuçlar verebilmektedir. Bu da ancak yukarıda ifade edilen üç ayrı temel parametre arasındaki ilişkilerin yorumlanması ile mümkün olabilmektedir.



Şekil 2.14. Basamak patlatması terimleri

#### 2.3.4. Özgül Şarjın Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler

Herhangi bir kayada istenen parçalanma derecesini elde etmek için bir deliğe konacak patlayıcı madde miktarının (esasen özgül şarjın) büyük oranda kaya özelliklerine bağlı olduğu bilinmekle birlikte, bu kritik ilişki birçok kaya özelliklerinin birlikte etkili olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu konuda belirli teorik yaklaşımlar olmasına rağmen günümüzde kullanılacak özgül şarj; çoğunlukla, her bir kaya birimi için deneme yanılma yöntemi ile belirlenmek durumundadır. Bu yüzden kayanın madde ve kütle özellikleriyle, optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır (Toper, 1988; Paşamehmetoğlu, 1986).

Patlatma geometrisi ve kaya patlatma sabiti önem arz eden Langefors formülü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$q = [(1,4 \times C_0 \times B^3 + 0,4 \times C_0 \times B^2 \times (K - 2B)) / (n \times K \times B^2)], (\text{kg/m}^3) \quad (2.1)$$

Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir.

Başka bir ampirik yaklaşım ise kaya kütlelerinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı dikkate alınmak suretiyle Ashby (Hoek&Bray, 1991) tarafından aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$q = \frac{1.4 \times \tan(\phi + i)}{(\text{Çatlaksayısı} / \text{metre})^{1/3}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2.2)$$

Ülkemizdeki bazı demir ve linyit işletmelerinde araştırmalarda bulunan Paşamehmetoğlu ve arkadaşları özgül şarj ile basma dayanımı, çekme dayanımı, yoğunluk, empedans, darbe dayanımı, sismik dalga hızı (P dalga hızı) gibi bazı kaya özellikleri arasında oldukça yüksek korelasyon katsayılı çeşitli ilişkiler geliştirmişlerdir (Paşamehmetoğlu ve ark., 1986; Bilgin ve Paşamehmetoğlu 1986; Topper, 1988). Söz konusu araştırmacılarca geliştirilen bu ilişkiler aşağıdaki gibidir.

Basma dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.474 + 0.004 \times \sigma_b \quad (r=0.56) \quad (2.3)$$

Çekme dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.369 + 0.0224 \times \sigma_c \quad (r=0.82) \quad (2.4)$$

İçsel sürtünme açısı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.2349 \times (\tan\Phi)^{0.5570}, \quad (r=0.68) \quad (2.5)$$

Kohezyon ve darbe dayanımı ilişkisi:

$$q = 0.1156 + c \times 0.0072, \quad (r=0.95) \quad (2.6)$$

Darbe dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.414 + 9.55 \times 10^{-7} \times DD, \quad (r = 0.99) \quad (2.7)$$

Yoğunluk ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.019 + 2.038 \times 10^{-4} \times d_r, \quad (r=0.99) \quad (2.8)$$

Kaya empedansı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.02 + 3.97 \times 10^{-8} \times I, (r = 0.99) \quad (2.9)$$

Sismik hız ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = -1.9928 + 0.2904 \times \ln V_p, (r = 0.89) \quad (2.10)$$

Özellikle dönmeli delik delme işlemlerinde kayaların patlatılabilirlikleri konusunda, delme performanslarından elde edilen kaya kalite indeksinin (RQI) önemli olduğunu ifade eden Leighton (1982), özgül şarj ve kaya kalite indeksi arasında aşağıdaki ilişkiyi geliştirmiştir.

$$q = (RQI - 24.9) / 7.1, (kg/ton) \quad (2.11)$$

Aynı konuda Paşamehmetoğlu ve ark., Toper ve Dinçer'de Türkiye'de yaptıkları çalışmalarda benzer yaklaşımlarda bulunup bazı ilişkiler geliştirmişlerdir.

$$q = 0.208 + 0.0224 \times RQI, (r = 0.82) \quad (2.12)$$

Kou ve Rustan, özgül şarj kavramına yakın bir kavram olarak kabul edilen patlayabilirlik faktörünün ( $C_o$ ), kayanın tek eksenli basma dayanımını, dinamik elastisite modülünü ve referans patlayıcı maddenin ısı enerjisini dikkate alan aşağıdaki formülle tahmin edilebileceğini belirtmektedir.

$$C_o = (\sigma_b)^2 / (2 \times E_d \times Q_{er}) \quad (2.13)$$

Bilgin ve Arkadaşları (1994), özgül şarj üzerinde, süreksizlik yönelimlerinin de etkili olduğunu ve özgül şarj değerlerinin; süreksizlik yönelimlerinin, aynaya paralel olduğu durumlarda minimum olduğunu ifade etmektedir.

Burada kullanılan semboller;

- q : Özgül şarj, ( $kg/m^3$ )
- $C_o$  : Kaya patlatma katsayısı, ( $kg/m^3$ )
- K : Basamak yüksekliği, (m)
- n : Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı oranı
- B : Dilim kalınlığı, (m)

f	: Delik eğim faktörü
$\Phi+i$	: Etkin içsel sürtünme açısı, (derece)
$\sigma_b$	: Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)
$\sigma_c$	: Kayanın endirekt çekme dayanımı, (MPa)
$\varphi$	: Kayanın içsel sürtünme açısı, (derece)
c	: Kohezyon, (MPa)
DD	: Darbe dayanımı, ( $\text{kg.m} / \text{m}^3 \cdot 10^{-5}$ )
$d_r$	: Kayanın yoğunluğu, ( $\text{kN/m}^3$ )
I	: Empedans, ( $(\text{MN-m}) / (\text{m}^3\text{-sn})$ )
$V_p$	: Sismik (P-dalga) hız, (m/sn)
RQI	: Kaya kalite indeksi, (Mpa-dak/m)
$E_d$	: Dinamik elastisite modülü, (MPa)
$Q_{er}$	: Referans patlayıcı maddenin ısı enerjisi, (kJ/kg)

### 2.3.5. Dilim Kalınlığının Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar

Patlatma geometrisi tasarımı konusunda yapılan araştırmalar göstermiştir ki dilim kalınlığı, diğer tüm tasarım parametreleri üzerinde etkindir. Bir başka ifade ile, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, delik taban payı, gecikme aralığı, dip şarjı boyu, kolon şarjı boyu gibi diğer tasarım büyüklüklerinin, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebildiği ve bu şekilde anlamlı tasarımlar yapılabileceği konusu çoğu araştırmacılarca vurgulanmıştır (Gustafsson, 1973; Pukkila ve Tamrock , 1978; Bilgin ve Ark., 1986; 1994; Arıoğlu, 1988; Olofsson, 1988; Konya, 1990; Zeigler, 1991; Rustan, 1993; Singh, 1993).

Dilim kalınlığı, kritik bir tasarım unsuru özelliğindedir. Bu kritiklik hem delme patlatmanın ekonomisi yönünden, hem de fırlayan kaya, yer sarsıntısı gibi ocak ve çevre emniyetini etkilenmesi bakımından önem arz etmektedir. Araştırmacılar, işletme koşullarına uygun dilim kalınlığını belirlemek amacıyla uzun süreden beri çeşitli çalışmalar yapmışlar ve ampirik yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bununla beraber dilim kalınlığını her işletme ve her kaya birimi için deneme yanılma yoluyla belirleme yaklaşımı, güncelliğini korumaktadır. Çeşitli araştırmacıların dilim kalınlığı için önerdikleri bağıntılar, Arıoğlu (1988) tarafından ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Bunlardan bir kısmı sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler

geliştirmişlerdir. Diğer bir kısmı ise, bu büyüklüklerle birlikte, kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate alan yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bu yaklaşımlara geniş bir şekilde aşağıda yer verilmiştir.

$$B = 0.024 * d + 0.85, \text{ (Arıoğlu, 1988)} \quad (2.14)$$

$$B = (25-35) - 12 \times d_e, \text{ (Atlas Power Company, 1985)} \quad (2.15)$$

$$B_{\max} = 0.045 \times d, \text{ (Gustaffson, 1973)} \quad (2.16)$$

$$B_{\max} = 1.36 \times (lb)^{0.5} \times R_1 \times R_2, \text{ (Oloffson, 1988)} \quad (2.17)$$

$$B_{\max} = (d/33) \times (P \times s) / [C_o \times f \times (S/B)]^{0.5}, \text{ (Langefors ve Kihlstrom, 1978),}$$

$$(B = B_{\max} - E) \quad (2.18)$$

$$B = 3.15 \times d_e \times (SG_e / SG_r)^{0.33}, \text{ (feet), (Konya & Walter, 1990)} \quad (2.19)$$

$$B = [(Q_b + Q_p)] / [(S/B) \times K \times K_{tp}], \text{ (Zeigler, 1991)} \quad (2.20)$$

$$B = 10^{-3} \times K_r \times d \times (P_p / (\sigma_c))^{0.5}, \text{ (Pearse formülü, Arıoğlu, 1988)} \quad (2.21)$$

$$B = f(q, d, K, \tau_p, a), \text{ (Arıoğlu, 1988)} \quad (2.22)$$

$$B = [(K_o / (\mu \times n \times \tan(\theta/2))]^{0.5} \times d \times [(SG_e \times Q_e / Q_{er}) / ((\sigma_b^2 / (2E_d \times n \times Q_{er}))^{0.5}$$

$$\text{(Kou ve Rustan, 1992)} \quad (2.23)$$

Burada kullanılan semboller;

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

$d$  : Delik çapı, (mm)

$lb$  : Şarj yoğunluğu, (kg/m)

$R_1$  : Delik eğimi düzeltme faktörü

$R_2$  : Kaya düzeltme faktörü

$d_e$  : Patlayıcı maddenin çapı, (inç)

$SG_e$  : Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı

$SG_r$  : Kayanın özgül ağırlığı

$P$  : Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu, (kg/dm<sup>3</sup>)

$s$	: Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
$C_o$	: Kaya patlatma katsayısı
$f$	: Atım güçlük katsayısı
$S$	: Delikler arası mesafe, (m)
$E$	: Delik hata payı, (m)
$Q_b$	: Dip şarj miktarı, (kg)
$Q_p$	: Kolon şarj miktarı, (kg)
$K$	: Basamak yüksekliği, (m)
$K_{tp}$	: Teknik şarj faktörü
$K_r$	: Kaya faktörü
$P_p$	: Delikteki patlama basıncı, (MPa)
$\sigma_{\phi}$	: Kayanın çekme dayanımı, (MPa)
$P_d$	: Detonasyon basıncı, (MPa)
$\sigma_{\phi,d}$	: Kayanın dinamik çekme dayanımı, (MPa)
$\sigma_{\phi \min}$	: Minimum çekme gerilmesi, (MPa)
$\sigma_{\phi \max}$	: Maksimum çekme gerilmesi, (MPa)
$\alpha$	: Süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı, ( derece)
$\eta$	: Enerji iletim verimi
$\mu$	: Kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran
$Q_e$	: Patlayıcı ısı enerjisi, (kJ/kg)
$Q_{er}$	: Referans patlayıcının ısı enerjisi, (kJ/kg)
$\theta$	: Kırılma açısı, (derece)
$E_d$	: Dinamik elastik modülü, (GPa)
$\sigma_b$	: Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)

Bu formüllerin dışında; uygun dilim kalınlığının belirlenmesi için Rustan, Bilgin, Paşamehmetoğlu ve arkadaşları her bir işletmede tek delik düzeninin uygulanmasının daha olumlu sonuçlar vereceğini ifade etmektedirler. Tüm bu formüller genel bir değerlendirmeye tabi tutulduğunda; dilim kalınlığını, delik çapının fonksiyonu olarak ifade eden yaklaşımların pratik kolaylıklar sağladığı ve hemen tümünün birbirine oldukça yakın değerler olduğu (minimum ve maksimum aralıkları içinde) görülmektedir. Patlatma geometrisi unsurlarıyla birlikte çalışılan kayaların madde ve kütle özelliklerini belirli ölçüde kullanmanın yanında, kullanılan patlayıcı madde

özelliklerini de göz önünde tutan yaklaşımlardan; pratikte daha olumlu sonuçlar elde edilenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Konya yaklaşımının yoğunluk dışında diğer kaya özelliklerini dikkate almaması nedeniyle; kullanımının sınırlı olacağı çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu yaklaşımın zayıf formasyonlar için iyi sonuçlar verdiği de belirtilmektedir. Pearse formülün kayaların çekme dayanımını esas alması dolayısıyla ön tasarımlarda olumlu sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir (Arioğlu,1988). Bu yaklaşımın, özellikle kalker formasyonu için başarılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Ancak diğer kaya özelliklerini dikkate almaması, uygulama şansını sınırlamaktadır. Keza Arioğlu'nun (1988) özgül şarj, patlatma geometrisi büyüklüklerini ve patlayıcı madde özelliklerini kapsar şekilde önerdiği bağıntı ile belirli sonuçlar alınabilmesi söz konusu olabilir. Bu yaklaşımda; birim patlayıcı tüketimi, kayanın diğer madde ve kütle özelliklerini dikkate alacak şekilde belirlendiğinde, yaklaşımın başarı şansı artabilecektir. Nova ve Zanietti tarafından değiştirilen Pearse yaklaşımının, süreksizlik yönelimini dikkate almış olması nedeniyle oldukça olumlu sonuçlar verdiği Özkahraman (1994) tarafından ifade edilmektedir (Kahriman,1999).

Rustan tarafından önerilen tek delik düzeni ile dilim kalınlığı belirleme yaklaşımının, bir takım deneme zorlukları ve ek maliyet unsurları oluşturma gibi hususlar bir tarafa bırakıldığında, oldukça iyi sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Bilgin, 1994; Özkahraman, 1994). Kou ve Rustan (1992) tarafından önerilen yaklaşımın; kayaların dinamik elastik modülünü, basma dayanımı, patlayıcı madde özelliklerini, delik çapı ve diğer geometrik büyüklükleri dikkate alması nedeniyle olumlu sonuçlar verebileceği, ancak süreksizlikleri ve yönelimlerini dikkate almadığından tahminlerde yanılmalar olabileceği bazı araştırmacılarca belirtilmektedir (Özkahraman, 1994).

Langefors ve Kihlstrom tarafından verilen formülün; (özellikle sağlam kayalarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı şeklinde), delik çapı ile diğer delik geometrisi unsurlarını ve patlayıcı madde özelliklerini (yoğunluk ve kudretini) dikkate alması nedeniyle pratikte çok başarılı sonuçlar verdiği birçok araştırmacı ve uygulamacı tarafından pek çok yayında ifade edilmektedir. Aynı yaklaşımın esas alındığı bu çalışma



kapsamında yapılan tasarımlarla da başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak formülün başarısı için, kaya patlatma katsayısının çok iyi bir şekilde (gerekirse test atımlarıyla) tayin edilmiş olması gerekmektedir.

### 2.3.6. Diğer Patlatma Tasarım Büyüklükleri

Güvenilir bir patlatma tasarımında belirlenmesi gereken diğer parametreler; sırasıyla, delik çapı, delik eğimi, delikler arası mesafe, delik taban payı, sıkılama boyu, gecikme zamanı, taban şarj boyu ve miktarı, kolon şarj boyu ve miktarı, yemlemenin konumu, miktarı ve sayısı ile ateşleme sistemidir. Tasarımda etkili olan bu parametrelerin dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebileceği hemen hemen tüm araştırmacılar tarafından benimsenmiş ve bu yönde yaklaşımlar geliştirilmiştir.

#### 2.3.6.1. Delik Çapı Tahmini

Delik çapının seçiminde etkin olan başlıca unsurlar; kaya özellikleri, istenen parçalanma derecesi, üretim kapasitesi kısıtları, çevre koşulları, basamak yüksekliği, kullanılacak patlayıcı maddelerin kudreti ve çapın artışına bağlı olarak birim delme maliyetinde olabilecek azalmadır. Her ne kadar pek çok işletmede, belirli bir makine parkı varlığı dolayısıyla delik çapı seçimi kısıtlı ise de; yeni oluşturulacak projelerde delik çapının çok iyi tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yukarıda özetlenen tüm etkili parametrelere karşın, araştırmacıların çoğu, delik çapının (d), daha çok basamak yüksekliğinin (K) bir fonksiyonu olarak ifade etmektedirler. Patlayıcı madde üreten kuruluşların bazıları ise iyi bir parçalanma ve tasarım kontrolü için delik çapının basamak yüksekliğinin onda biri kadar olmasını önermektedirler (Zeigler, 1991; Dick ve Ark., 1973). Bazı araştırmacılar da açık işletmelerde seçilebilecek delik çapları (d) için pratik olarak aşağıdaki verilen aralıkları önermektedirler.

$$d = 51\text{mm}-425\text{mm} \text{ (Dick ve Ark, 1973)} \quad (2.24)$$

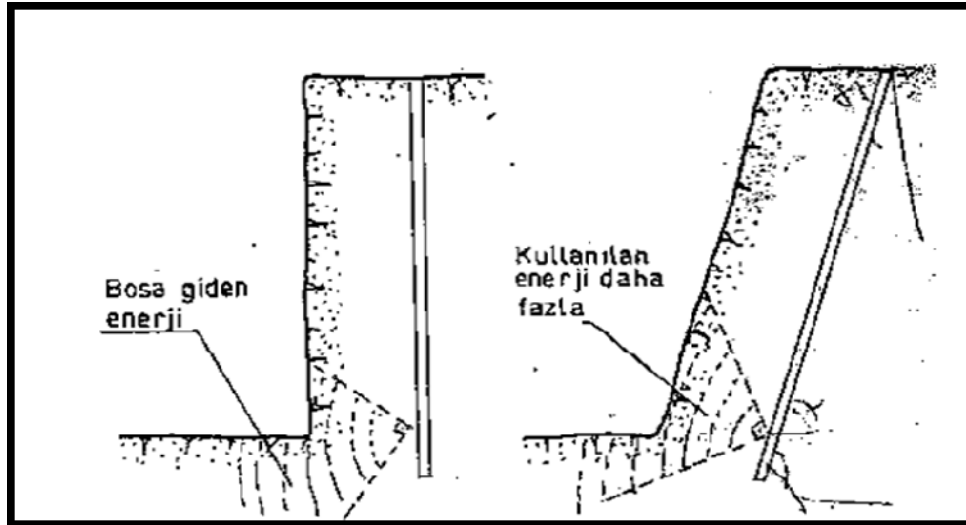
$$d = 30\text{mm}-400\text{mm} \text{ (Olofsson, 1988)} \quad (2.25)$$

$$d \text{ (m)} = K / (100-200) \text{ (Tamrock, 1984)} \quad (2.26)$$

Hagan ve bazı diğer araştırmacılar ise delik çapının, basamak yuksekliğinin 40 ta biri ile 80 de biri arasında değiştiğini, yaptıkları çalışmalar sırasında gözlemlemişlerdir (Paşamehmetoğlu ve Ark, 1986). Tamrock'a (1984) göre; eğer kesme derinliği herhangi bir çaptaki deliğin kullanılmasına izin veriyorsa ve çevresel unsurlara (binalar v.s.) yeterince uzaksa, delik çapını tayin edici nihai faktör olarak ekskavatör kepçe hacmi dikkate alınabilmektedir.

### 2.3.6.2. Delik EĞiminin Belirlenmesi

Açık işletme basamaklarında dik delme, kolay olması ve delik boylarının daha kısa olması nedeniyle genellikle tercih edilen bir yöntemdir. Buna karşılık, açık ocak şevlerinin genellikle eğimli olmaları nedeniyle deliklerin dik delinmesi durumunda, basamağın st kısımlarındaki kayaçlar, istenilen parçalanma meydana gelmeden büyük bir kuvvetle ileri itilirler ve bu nedenle de büyük boyutlu bloklar halinde parçalanırlar. Ayrıca, basamak st kısımlarında delik ile şev yüzeyi arası mesafe daha kk olduğundan, patlama işlemini tam olarak yapamadan atmosfere kaar. Bunun sonucunda da, basamak st kısımlarında gürültü, hava patlaması ve kaya fırlamaları meydana gelebilir (şekil 2.15.). Basamak alt kısımlarında da, delik ile basamak şev yüzeyi arası mesafenin çok büyük olması nedeniyle, basamak alt kısımlarında iyi parçalanmamış ve itilmemiş kısımlar (tırnaklar) kalabilir.



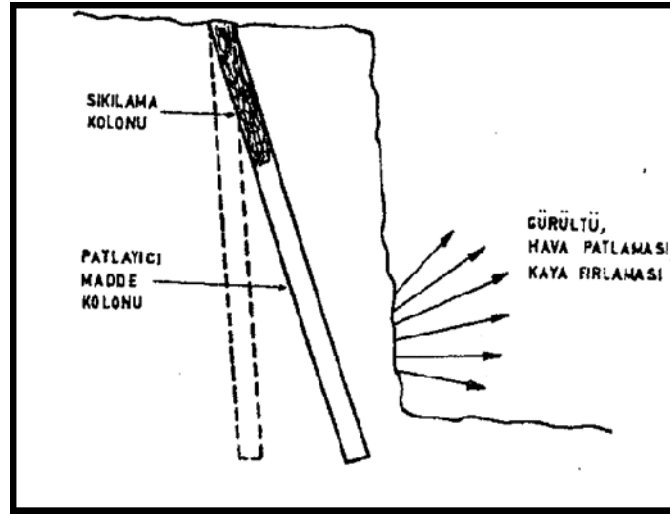
şekil 2.15. EĞimli deliklerin taban zorluğunu yenmesi (Erkoç, 1990)

Tablo 2.2. Delik eğimine göre taban zorluğu (Langefors, 1973)

Eğim	90-83	82-75	74-67	64-59	58-50
Taban Zorluğu	1,11	1,075	1,00	0,95	0,83

Tablo 2.2.'de görüldüğü gibi artan eğimle birlikte taban zorluğu da artmaktadır. Bununla beraber delinen deliğin boyu fazlalaşmaktadır. Diğer bir değişle bir metreküp kaya kırmak için delik metrajı artmaktadır (özgül delik). Özellikle aşındırıcı kaya yapılarında önemli bir olaydır. Avantaj ve dezavantajlarının iyi analiz edilmesi gerekir (Erkoç, 1990).

Genel olarak, eğimli delik kullanımının, geri çatlak, kaya fırlaması ve yer sarsıntısı gibi olumsuzlukları azaltmanın yanında, patlatmanın verimliliğini artırdığı pek çok araştırmacı tarafından gözlenmiştir. Öte yandan çok sağlam kayalar için dik deliklerin olumlu sonuçlar verebileceği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir. Şarj zorluğu nedeniyle çeşitli araştırmacılar arasında delik eğiminin genel kabul görmüş minimum değeri  $45^\circ$ 'dir.



Şekil 2.16. Eğimli deliklerde, eğim açısının büyük seçilmesi halinde gürültü, hava patlaması ve kaya fırlamaları oluşumu (Konak A., Göktan M., Patır O., 1991)

Başarılı bir atım için, genel olarak seçilmesi gereken ortalama eğim açısını Olofsson (1988) 71° olarak önerirken, Rosenberg (1970) 65°-75° ve Gregory (1984), 60°-65° olarak önermektedirler (Zeigler, 1991 ). Delik eğimine etki eden diğer bir unsur ise basamak yüksekliği ve delik uzunluğuna bağlı olarak değişen delik hata payıdır.

### 2.3.6.3. Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi

Delikler arası mesafe patlatma tasarımında önemli bir unsurdur. Bazı araştırmacılar delikler arası mesafeyi, basit bir şekilde yan yana iki delik (aynı sırada) arası mesafe olarak kabul ederken, bazıları delikler arasındaki (bitişik delikler) gecikme aralığı olarak tanımlamaktadırlar. Delikler arası mesafenin belirlenmesinde başka birçok faktör etkin olmakla birlikte, yaygın bir kabul ile, daha çok dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Formüllerde daha çok delikler arası mesafe dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Çeşitli araştırmacıların konuya yaklaşımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

$$S(m) = 1.25 \times B(m), \text{ (Olofsson, 1988)} \quad (2.27)$$

$$S = 1.8 \times B, \text{ (Tek sıra delik için) (Hemphill,1981)} \quad (2.28)$$

$$S = [B \times (h_b + h_p)]^{0.5}, \text{ (çok sıralı ve gecikmesiz) eğer } (h_b + h_p) \leq 4 \text{ ise} \\ \text{(Hemphill,1981)}$$

$$S = 2 \times B \text{ eğer } (h_b + h_p) \geq 4 \text{ ise, (Hemphill, 1981)} \quad (2.29)$$

Burada;

$h_p$  : Kolon şarj boyu, (m)

$h_b$  : Dip şarj boyu, (m)

$$S = (1.15-1.25) \times B, \text{ (Langefors ve Kihlstrom, 1978)} \quad (2.30)$$

$$S = (1-1.8) \times B, \text{ (Atlas Powder Comp., 1987)} \quad (2.31)$$

$$S = 2 \times B, \text{ (Dick ve Ark, 1983)} \quad (2.32)$$

Genel bir değerlendirme olarak, araştırmacıların birçoğunun, basamak patlatması için önerdikleri delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1-1,8 arasında değişmektedir. Öte yandan araştırmacıların hemfikir olduğu başlıca konular aşağıda

ifade edilmiştir. Eğer delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1'den küçük olursa; sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeniyle delikler arasında çok erken çatlaklar oluşacaktır. Bunun sonucu, gaz kaçıışının hızlanması, hava şoku, gürültü ve iri blok oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Tersine bu oran çok büyük olursa, uygun olmayan parçalanma ve/veya hiç parçalanmama nedeniyle iri bloklar ortaya çıkacaktır.

Yukarıda verilen yaklaşımlar dikkate alınarak ön tasarımlar geliştirmek ve işletme koşullarına en uygun değerleri elde etmek, izlenmesi gereken en uygun yol olacaktır.

#### 2.3.6.4. Delik Taban Payının Belirlenmesi

Güvenilir bir patlatma açısından, sağlıklı olarak belirlenmesi gereken unsurlardan biri de delik taban payıdır. Basamak tabanında arzu edilen düzgünlükte bir yüzey ve iyi kesilmiş bir ayna elde etmekte taban payı önemli olmaktadır. Delik taban payının gereğinden fazla veya az olmasının getirdiği problemlere, hemen hemen tüm araştırmalarda geniş yer verilmiştir. Eğer delik taban payı küçükse kaya zemin seviyesinde tamamen kesilip ayrılmaz, bu ise tırnak kalmasına ve yükleme masraflarının artmasına neden olur. Delik taban payı aşırı ise; delik delme ve patlatma maliyetlerinde artış, vibrasyonda artış meydana gelir.

Araştırmacıların çok büyük bölümü, taban payını (u) dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bu önerilerin bazıları aşağıda verilmiştir.

$$U(m) = (0.2-0.3) \times B, \text{ (Hoek ve Bray, 1991)} \quad (2.33)$$

$$U(m) = (0.1-0.5) \times B, \text{ (Dick ve Ark., 1983)} \quad (2.34)$$

$$U(m) = (0.2-0.5) \times B, \text{ (Atlas Powder Comp., 1987)} \quad (2.35)$$

$$U(m) = 0.3 \times B, \text{ (Konya, 1990; Tamrock, 1984;)} \quad (2.36)$$

$$U(m) = 0.3 \times B_{\max}, \text{ (Olofsson, 1988; Langefors ve Gustaffson, 1973)} \quad (2.37)$$

$$U(m) = 8 \times d, \text{ (Hagan'ın önerisi, Bilgin ve Ark, 1986)} \quad (2.38)$$

d : Delik çapı, (m)

### 2.3.6.5. Sıkılama Boyunun Belirlenmesi

Sıkılama, patlama sonrası açığa çıkan enerjinin havaya kaçmasını önleyerek, patlama verimliliğini arttırmakta ve gürültülü hava şokunu önlemektedir. Eğer sıkılama yetersiz ise gazların atmosfere vaktinden önce kaçması ile hava akımı ve kaya parçalarının uçması tehlikesi meydana gelecektir. Diğer taraftan, eğer sıkılama aşırı ise basamağın üst kısmından gelen büyük bir miktar molozun gelmesi ve artan bir titreşim meydana gelecektir.

Uygun parçalanma derecesinde bir yığın elde etmenin yanında, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevre etkenlerinin en aza indirilmesi bakımından önemli unsurlardan biri, sıkılama boyu ve sıkılama malzemesinin cinsidir. Sıkılama boyu ve etkileri konusunda yapılan araştırmalarda; araştırmacıların çoğu sıkılama boyunun, dilim kalınlığının bir fonksiyonu olduğunu kabul ederek aşağıdaki yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

$$h_o (m) = (0.7-1) \times B, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad (2.39)$$

$$h_o (m) = (0.67-2) \times B, \text{ (Hoek ve Bray, 1991)} \quad (2.40)$$

$$h_o (m) = B, \text{ (Langefors, 1978; Gustaffson, 1973; Olofsson, 1988)} \quad (2.41)$$

$$h_o (m) = (20-60) \times d, \text{ ( Bilgin ve Ark, 1986)} \quad (2.42)$$

d : Delik çapı, (m)

$$h_o(\text{feet}) = 0.7 \times d, \text{ (Konya,1990)} \quad (2.43)$$

Konya (1990), pratik yaklaşımına ek olarak, sıkılama boyunun hesabında, patlayıcı madde kudretini ve kayanın yoğunluğunu dikkate alan aşağıdaki formülü önermektedir.

$$h_o (\text{feet}) = 0.45 \times d_e \times (S_{tv} / SG_r)^{0.33}, \text{ (Konya, 1990)} \quad (2.44)$$

Burada;

$d_e$  : Delik çapı, (inç)

$S_{tv}$  : Patlayıcı maddenin hacimce kudreti

$SG_r$  : Kayanın özgül ağırlığı

Bazı araştırmacılar sıkılama boyunu, hava şokunu ve kaya fırlamasını en aza indirecek bir fonksiyon şeklinde ifade etmektedirler (Zeigler, 1991).

$$h_o = Z \times (12/R_f) \times (W_e \times S_{tw} / 100)^{0,33} \quad (2.45)$$

Burada;

Z : Kaya fırlaması ile ilgili bir faktör

R<sub>f</sub> : Kaya faktörü

W<sub>e</sub> : Sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı, (kg)

S<sub>tw</sub> : Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti

Normal koşullarda; sıkılama boyunun dilim kalınlığına eşit alınmasının oldukça iyi sonuçlar verdiği hemen tüm araştırmacılarca kabul görmüş bir yaklaşımdır.

#### 2.3.6.6. Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi

Deliğe şarj edilen patlayıcı madde kolonunun zamanında ve güvenilir bir şekilde ateşlenmesinde, yem sayısı ve konumu önem taşımaktadır. Gereğinden uzun şarj kolonunda, yem detonasyonun sönümlenmesi nedeniyle yeterli olmayabilir. Tabana konan bir yemlemenin uygun nitelikte ateşleyebileceği şarj kolonu uzunluğunun tahmin edilmesi, dolayısıyla delikteki yem sayısının belirlenmesi amacıyla bazı ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir (Kahriman, 2003).

Öte yandan, iyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2-4 katı arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir (Bauer,1990; Zeigler, 1991; Olofsson,1988).

#### 2.3.6.7. Gecikme Zamanının Belirlenmesi

Güvenilir ve istenilen parçalanmaya cevap veren bir atımın gerçekleştirilmesi bakımından gerek aynı sıradaki delikler arasında, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, yersarsıntısı, hava şoku ve fırlayan kaya gibi çevresel etkileri de en aza indirmek bakımından zorunludur. Konuyla ilgili çalışma yapan araştırmacılar gecikme zamanını dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Delikler arası gecikme zamanı(  $t_h$ )

$$t_h \text{ (ms)} = T_H \times S, \text{ (Konya, 1990)} \quad (2.46)$$

$$t_h = 5 \times B, \text{ (Larsson ve Ark., 1985)} \quad (2.47)$$

$$t_h = (B/305) + PC / V_e + B/23 \quad (2.48)$$

Burada;

$T_H$  : Delikten deliğe gecikme sabiti

$b$  : Sıralar arası gecikme zamanı ( $t_r$ )

$$t_r = T_R \times B, \text{ (Konya, 1990)} \quad (2.49)$$

$$t_r = 12 \times B, \text{ (Olofsson, 1988; Gustaffson, 1973)} \quad (2.50)$$

$$t_r = (333 \times 3^{2,17}) / (K \times I_b^{0,39}), \text{ (Larsson, 1985)} \quad (2.51)$$

$$t_r = (3-5) \times B, \text{ (Langefors, 1978)} \quad (2.52)$$

$T_R$  : Delik sıraları arasında gecikme sabiti

#### 2.3.6.8. Dip Şarj ve Kolon Şarj Boylarıyla Miktarlarının Belirlenmesi

Genel olarak, basamak patlatma delikleri iki farklı şekilde şarj edilmektedir. Bunlar, sürekli ve kısmi şarjdır. Kısmi şarj özel durumlar için geçerlidir. Buna karşılık sürekli şarj kapsamında ifade bulan kolon şarjı ise en genel uygulama biçimidir. Sürekli şarj durumunda; delikteki şarj boyu; kaya özellikleri ve patlayıcı madde cinsi dikkate alınarak ikiye ayrılmıştır.

- Dip şarjı
- Kolon şarjı

Delik taban kısmında daha fazla enerji ihtiyacı nedeniyle; genellikle delik tabanına konacak patlayıcı madde gücünün daha fazla olması gerekir. Ayrıca patlayıcı maddenin ayna boyunca iyi dağılımını sağlamak için patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması hususu; patlama teorisi açısından gereklidir. Konuyla ilgili olarak



çalışmalar yapan bazı araştırmacılar, dip ve kolon şarjının boylarını dilim kalınlığının fonksiyonu olarak aşağıda verildiği gibi ifade etmişlerdir.

Dip şarj uzunluğu;

$$h_b (m) = B + U = 1.3 \times B, \text{ (Langefors ve Ark, 1978; Tamrock, 1984)} \quad (2.53)$$

$$h_b = (0.3-0.5) \times B + U, \text{ (Atlas Powder, 1985)} \quad (2.54)$$

$$h_b = (0.3-0.6) \times (B+U), \text{ (Dick ve Ark., 1983)} \quad (2.55)$$

Dip şarj miktarı( $Q_b$ );

$$l_b (\text{kg/m}) = C_o \times B^2, \text{ (Tamrock,1984)} \quad (2.56)$$

$$l_b = (f/s) \times (S/B) \times 0.8 \times C_o \times B^2, \text{ (Langefors,1978)} \quad (2.57)$$

$$l_b = d^{2\Delta T/1000}, \text{ (Gustafsson, 1973)} \quad (2.58)$$

$l_b$  : Dip şarj konsantrasyonu

$$Q_b : l_b \times h_b, \text{ (kg)} \quad (2.59)$$

Kolon şarjı uzunluğu ( $h_p$ );

$$h_p(m) = H - 2.3 \times B, \quad (2.60)$$

(Langefors ve Kihlstrom,1978; Olofson,1988; Tamrock, 1984)

$$h_p = H - h_b - h_o, \text{ (Atlas Powder, 1985)} \quad (2.61)$$

Kolon şarjı miktarı ( $Q_p$ );

$$l_p (\text{kg/m}) = 0.4 \times l_b, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad (2.62)$$

$$l_p = (0.4-0.5) \times l_b, \text{ (Langefors, 1978; Gustafsson,1973)} \quad (2.63)$$

$$Q_p = l_p \times h_p, \text{ (kg)} \quad (2.64)$$

$l_p$  : Kolon şarj konsantrasyonu

### 2.3.6.9. Delik Hata Payının Belirlenmesi

Arzu edilen parçalanma derecesinde bir yığının elde edilmesinde önemli unsurlardan bir diğeri; deliklerin planlanan geometrik büyüklüklerde delinmesidir. Bu konuda ne kadar ihtimam gösterilirse gösterilsin yine bazı sapmalar olmaktadır. Önemli olan bu sapma miktarlarının, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasıdır. Bazı araştırmacıların delik hata payı için önerdikleri tolerans değerleri aşağıdaki şekildedir.

$$E = 0.05 + 0.03 \times K, \text{ (Langefors ve Kihlstrom,1973; Gustafsson,1973)} \quad (2.65)$$

$$E = 0.05 + 0.03 \times H, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad (2.66)$$

$$E = (d/1000) + 0.03 \times H, \text{ (Olofson, 1988)} \quad (2.67)$$

Burada;

- E : Delik hata payı, (m)  
d : Delik çapı, (mm)  
K : Basamak yüksekliği, (m)  
H : Delik Uzunluğu, (m)

## 2.4. PATLAYICI MADDELER, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ŞEKİLLERİ

### 2.4.1. Patlayıcı Maddelerin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Patlayıcı maddeler, ısı, darbe veya sürtünme sonucu çevreden herhangi bir elemanın, kimyasal katkısı olmadan çok hızlı reaksiyona giren, genellikle gaz ürünler ve ısı vererek ortam basıncında ani ve yüksek değişimlere neden olan (patlama), ses üstü hızda kimyasal reaksiyona girebilen, organik veya inorganik bileşimlerdir.

Bu tanıma göre;

1. Patlayıcı maddeler öncelikle organik veya inorganik kimyasal maddelerdir.
2. Bu kimyasal maddeler patlayıcı madde tanımına girebilmeleri için ses üstü bir hızla kimyasal reaksiyona girebilmelidirler. Bu reaksiyona “Detonasyon” denir. Detonasyona giremeyen kimyasallar patlayıcı değildir.

3. Detonasyonu başlatan olgu bir fiziksel dürtü olmalıdır. Sivil patlayıcılarda bu yeteri şiddette bir şok darbesidir. Zannedilenin aksine ateş, alev ve sıcaklık; sivil patlayıcıları detonasyona sokamaz. Bu unsurlar ancak dolaylı yoldan detonasyona etki edebilirler.
4. Patlayıcı maddelerin detonasyona girebilmeleri için çevreden herhangi bir desteğe gereksinim duymazlar. Oksidan ve indirgen kimyasallar bünyelerinde balans edilmiş bir şekilde bulunur.
5. Detonasyon sonuç olarak ekzotermik bir reaksiyondur. Diğer bir deyişle ortama ısı verirler. Zannedilenin aksine detonasyon reaksiyon ısısı çok yüksek değildir. Örneğin ANFO'nun reaksiyon ısısı 970 kcal/kg düzeylerindedir. Örneğin ANFO'nun reaksiyon ısısı 970 kcal/kg düzeylerindedir. Örneğin ANFO'nun reaksiyon ısısı 970 kcal/kg düzeylerindedir. Örneğin ANFO'nun reaksiyon ısısı 970 kcal/kg düzeylerindedir. Farkı yaratan reaksiyon hızıdır. Ses üstü hızla gerçekleşen detonasyonda elde edilen güç teorik olarak milyonlar mertebesinde beygir gücü ile hesap edilmektedir. Bu arada reaksiyon sıcaklığı ile reaksiyon ısını birbirine karıştırmamak gerekir. Sivil patlayıcıların detonasyon sıcaklıkları 2.500 – 3.000 °C arasında olabilmektedir.
6. Patlayıcı maddelerin detonasyon sonrası yarattıkları ürünler ideal koşullarda, su buharı, nitrojen ve karbondioksit gibi gazlardır. Bazen üretildikleri maddelere bağlı olarak alüminyum oksit gibi katı maddelerde üretebilirler. Gaz ürünler yukarıda açıkladığımız detonasyon sıcaklığında genişlemeye çalışarak çok büyük boyutlarda basınç yaratırlar. Buna detonasyon basıncı denilmektedir. Detonasyon basınçları o kadar büyüktürler ki doğru olarak ölçülebilmeleri olası değildir. Ancak bazı yaklaşımlar ile tahmin edilebilmektedirler. İşte patlayıcı maddelerin yıkıcı olabilen güçleri mikro saniyeler düzeyinde bir zaman dilimi içerisinde yaratılan bu detonasyon basıncıdır.

Sahip oldukları yüksek gaz hacmi, enerji miktarı, patlatma sonucu oluşturdukları yüksek ısı ve basınç nedeniyle günümüzde kaya parçalamada kullanılan en yaygın yöntem olmuştur. Madencilikte kazı amacıyla patlayıcı madde kullanımı 17. yüzyıl başlarında Kara Barut ile başlar. Bundan önce kullanılan ateş yakarak kayayı ısıtma ve daha sonra su ile soğutarak çatlatma yöntemi oldukça ağır ve pahalı bir yöntemdi. Özellikle maden çevresinde ağaçların bitmesi veya hiç olmaması durumunda tamamen ekonomikliğini yitiriyordu.

Kara Barut madencilik sektörüne girdikten sonra oldukça yaygın bir kullanım alanı buldu. Fakat ateşleme sistemi oldukça tehlikeliydi ve birçok kaza meydana geliyordu. Bu tehlike 1831 yılında William Bickford'un emniyetli fitili bulması ile ortadan kaldırılmış oldu.

Patlayıcı maddelerin gücünü gördükten sonra madencilerde daha kuvvetli patlayıcılara yönelik bir talep meydana geldi. Bunun neticesinde 1846 yılında Ascanio Sabrero Nitrogliserini buldu. Nitrogliserin kuvvetli bir patlayıcıydı fakat üretim ve kullanımı çok tehlikeliydi. Bu yüzden yaygın bir kullanım alanı bulamadı. Alfred NOBEL ve kardeşleri nitrogliserinin güvenli üretimini ve emniyetli kullanım şekli olan DİNAMİT (1866) ile civa fulminatlı kapsülü (1867) geliştirdi. Bu tarihten sonra madencilik sektöründe dinamitin egemenliği başladı. 1950'li yılların başında bir kaza sonucu Amonyum Nitrat'ın patlama özelliğinin keşfedilmesi madencilik ve patlayıcı madde kullanımı açısından yeni bir dönüm noktası oldu.

Amonyum Nitrat ile yapılan araştırmalar sonucunda, Robert W. Akre, 1955 yılında Amonyum Nitrat ile Karbon karışımından oluşan ve kolayca hazırlanabilen 'Akremite' adlı patlayıcıyı buldu. Bir yıl sonra ise Amonyum Nitrat Fuel Oil karışımından oluşan ve ANFO olarak isimlendirilen patlayıcı madde Amerika'da piyasaya sürüldü. Ucuzluğu, kolay üretilmesi ve güvenli oluşu ANFO'yu kısa bir sürede madencilik sektörünün en yaygın olarak kullandığı patlayıcı madde haline getirdi.

Tüm yararlarına karşın ANFO'nun iki önemli dezavantajı vardır. Birincisi düşük yoğunluğudur ki delme maliyeti yüksek kayaçlarda maliyeti yükseltmektedir. İkincisi ise suya karşı dayanıksızlığıdır. Bu dezavantajlar araştırmacıları yeni ürünler bulmaya yöneltmiştir.

Bunun sonucu olarak 1960'lı yıllarda Slurry olarak isimlendirilen karışımlar ortaya çıkmıştır. Temelde ana patlayıcı madde amonyum nitrattır. Fakat bu patlayıcılarda yüksek konsantrasyonlu amonyum nitrat ve diğer nitrat tuzları çözeltisi, kimyasal koloidal maddeler kullanılarak kıvamlı bulamaç haline getirilmektedir. Kullanılan koloidal maddeler karışımın içine su girmesini ve yavaşlatmakta böylece karışım sulu deliklerin içerisinde belli bir süre bozulmadan kalabilmektedir. Slurry karışımlarının

içerisine patlayıcının gücünü arttırmak amacıyla TNT, MAN, alüminyum tozu gibi enerji veren maddeler katılmaktadır. Slurry patlayıcıların ANFO'ya göre en önemli avantajlarından biri de yoğunluklarının yüksek oluşudur.

Slurry patlayıcılardan sonra yeni nesil patlayıcı olarak emülsiyonlar piyasaya sürülmüştür. Köken olarak yine yüksek konsantrasyonlu amonyum nitrat tuzları çözeltisi kullanılmıştır. Bu sefer koloidal maddeler yerine emülsifiyerler kullanılarak suya dirençli bir emülsiyon oluşturulmuştur. Amonyum nitrat ve nitrat tuzları çözeltileri yığın içindeki su türünde bir emülsiyon haline getirildiğinde, suya dirençli, margarin kıvamında bir karışım elde edilmektedir. Bu karışım içine duyarlılığı arttırmak amacıyla mikro cam baloncuklar bazen de yüksek enerji vermek amacıyla alüminyum tozu katılmaktadır. Son zamanlarda ANFO ile emülsiyon karışımları da yapılmaktadır. Böylece ucuzluğun yanı sıra ANFO'nun katkısı ile güç faktörü de artmaktadır.

ANFO'nun en önemli eksikliği suya dayanıksızlığıdır. Bu zaafı ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalar neticesinde 1985 yılında suya dayanıklı bir ANFO türü geliştirilmiş ve AKNAVOL adıyla piyasaya sürülmüştür.

#### **2.4.2. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri**

Patlayıcı madde kullanan bir kurumun kullanacağı patlayıcı maddeyi doğru olarak seçebilmesi için bilmesi gereken bazı özellikler vardır. Bu özelliklerin çok iyi bir şekilde incelenmesi yaşamsal açıdan çok önemlidir. Çünkü patlayıcı madde kullanımında bir kez hata yapma imkanı vardır ikinci bir şans bulunmamaktadır.

Patlayıcı maddeler önceleri daha çok Nitrogliserin esaslı oldukları için özellikleri buna bağlı olarak ele alınmıştır. Başlangıçta kurşun blok testi, detonasyon hızı, duman karakteri gibi özellikler üzerinde durulurken yeni nesil patlayıcılar ile birlikte birçok değişik özellik ortaya çıkmıştır. Bunların belli başlıları, sırasıyla incelenecektir.

##### *2.4.2.1. Detonasyon Hızı*

Detonasyon reaksiyonun patlayıcı kolonu boyunca takip ettiği hızdır. Detonasyon hızının yüksek olması, bünyesindeki enerjiyi o denli çabuk saldırganın göstergesi olduğu için bir anlamda kuvvet göstergesi de olmuştur. Daha sonra tek başına yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Bununla beraber diyebiliriz ki; yüksek detonasyon hızlı patlayıcıların

kırma, parçalama özelliği daha fazladır, detonasyon hızı düşük olan patlayıcıların öteleme, yığılma özellikleri daha fazladır. Ticari patlayıcılarda bu değer 5.000 ile 26.000 ft/sn (1.500-7.900 m/sn) arasında değişmektedir. Tablo 2.3.'de bazı patlayıcıların detonasyon hızının (VOD) patlatma deliğinin çapına göre değişimi görülmektedir.

Tablo 2.3. Detonasyon hızının çapa bağlı değişimi

Tip	Çap		
	1 ¼ inç	3 inç	9 inç
Granül dinamit	7-19.000		
Jelatin dinamit	12-25.000		
Paketlenmiş slurry	13-19.000	14-19.000	
Bulk slurry		14-19.000	12-19.000
Sıkıştırılmış ANFO	7-10.000	12-13.000	14-15.000
ANFO	6-7.000	10-11.000	14-15.000
Paketlenmiş ANFO		10-12.000	14-15.000
ANFO-Slurry karışımı			11-19.000

Patlayıcı maddenin patladığı koşullardaki infilak hızı, patlayıcının performansının ve ideallik derecesinin belirlenmesinde en önemli parametrelerden birisidir. Gerek ülkemizde gerekse dünyada üretilen emülsiyon tip, slurry tip ve nitrogliserin bazlı patlayıcı maddeler ile ANFO gibi ticari patlayıcı maddeler ideallikten uzak bir davranış gösterirler. Bu nedenle, ticari patlayıcı maddeler hiçbir zaman arazideki olağan patlatma koşullarında ideal detonasyon hızında patlamazlar. Uygulamalarda bir çok ticari patlayıcının detonasyon hızı 3.000-5.500 m/sn arasında değişmektedir (Hopler,1998).

Patlatmalarda patlayıcının performansı her zaman detonasyon hızıyla artmaz. Bazı kaya yapılarında düşük detonasyon hızına sahip patlayıcı maddeler daha iyi performans gösterirler. Yüksek detonasyon hızına sahip patlayıcı maddeler genellikle yüksek dayanıma sahip masif kayalarda daha iyi patlatma performansı verir. Düşük detonasyon hızına sahip patlayıcı maddeler düşük dayanıma sahip kayalarda daha iyi performans vermektedir.

Patlayıcı maddelerin detonasyon hızlarını etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında ;

- Kartuş çapı,
- Patlayıcı madde yoğunluğu
- Ortam katılığı (confinement)
- Parçacık boyutu

bulunmaktadır.

Nitrogliserin bazlı patlayıcı maddeler, nitrogliserin gibi yüksek detonasyon hızına sahip bir patlayıcı madde içermektedir. Dolayısı ile bu tip patlayıcıların detonasyon hızları diğer patlayıcı tiplerine göre daha yüksektir. Dinamitin içerisindeki nitrogliserin miktarı direkt olarak detonasyon hızını etkilemektedir. Nitrogliserin miktarının artması detonasyon hızının arttırmasına rağmen dinamitin hassaslığının da artmasına sebep vereceğinden üretim, depolama, taşıma ve kullanım sırasında büyük bir tehlike yaratmaktadır.

Emülsiyon tip patlayıcılar, nitrogliserin bazlı dinamitlerin üretimi ve kullanımı sırasında yaşanan kazalar sonunda daha güvenli üretim ve kullanım sağlamak için sürekli yapılan araştırmalar sonucunda bulunmuş; ülkemiz ve dünyada en çok kullanılan patlayıcı madde olmuştur. Amonyum nitrat bazlı bir patlayıcı olup sıvı ortamda çeşitli yağ ve hassaslaştırıcı maddelerin ilave edilmesiyle üretilen emülsiyon tip patlayıcı maddelerin detonasyon hızlarını nitrogliserin bazlı dinamitlere göre biraz daha düşüktür. Ancak uygulamalarda çok sert kayalar dışında nitrogliserin bazlı dinamitlerle eşdeğer performans sağlamaktadır. Dünyada Nitrogliserin bazlı dinamit tüketimi sürekli olarak azalmaktadır.

Patlayıcı maddenin çapı arttıkça detonasyon hızı da artmaktadır. Kaliteli ANFO'yu ele aldığımızda 89 mm'lik bir delik çapında 76 mm'lik bir delik çapına göre ANFO daha yüksek bir detonasyon hızında patlamaktadır. Değişik tipte patlayıcı maddelerin detonasyon hızları farklı çaplarda ve değişik ortamlarda (açıkta veya delik içerisinde) farklı sonuçlar vermektedir.

Detonasyon hızlarının açıkta, PVC boru içerisinde veya çelik boru içerisinde ölçülmesi ve ölçümün yapıldığı delik çapı çok önemlidir. Her durumda farklı detonasyon hızları ortaya çıkacaktır. İdeal detonasyon hızları verilmiş ise bunun hiçbir önemi yoktur. Patlayıcının detonasyon hızlarının yanında kullanılan kaya yapısının dayanımı ve durumu da çok önemlidir. Eğer düşük dayanımlı bir kaya yapısı var ise ve yüksek detonasyon hızına sahip bir patlayıcı kullanıyorsak, o kaya yapısında o patlayıcı maddenin performansı kesinlikle düşük olacaktır (Olofsson,1990).

Patlayıcı maddenin yoğunluğunun artması detonasyon hızını da arttırmaktadır. Ancak ANFO gibi toz patlayıcılarda yoğunluğun artması detonasyonu sağlayan ve hot spot adı verilen boşlukların yok olmasına neden olacağından negatif etki yaratarak, detonasyon hızının düşmesine yol açmaktadır.

#### *2.4.2.2. Patlayıcı Maddenin Gücü veya Kuvveti*

Patlayıcı maddenin patlaması sonucu ortaya çıkan enerji miktarı olarak tanımlanabilir. Birimi Kcal/kg'dır. Bu özellik patlayıcının iş yapabilme yeteneğini de gösterir. Patlayıcı maddenin kuvveti ağırlık kuvveti ve hacim kuvveti olmak üzere iki değişik şekilde incelenir. Ağırlık kuvveti patlayıcı maddenin birim ağırlığının iş yapabilme yeteneğidir. Hacim kuvveti ise patlayıcının birim hacminin iş yapabilme yeteneğidir. Patlayıcı maddelerin kuvvetlerini ölçmek için birkaç değişik yöntem uygulanır. Bir patlayıcının gücü deneysel yöntemlerle hesaplanabilir. Deneysel yöntemler arasında; kurşun blok testi, sismik test, balistik havan testi, kabarcık enerji testi gibi yöntemler bulunmaktadır.

Kurşun blok yönteminde, 10 g mertebesinde patlayıcı madde belirli boyutta hazırlanmış kurşun blokların içerisinde hazırlanan ve hacmi bilinen deliklerin içinde patlatılmakta, patlayıcı yerleştirilen delikte sağlanan hacim artışı saptanmakta, en fazla hacim artışı sağlayan patlayıcının en kuvvetli olduğu kabul edilmektedir.

Krater yönteminde, belirli miktarda patlayıcı madde, belirli jeolojik ve fiziksel özellikteki kaya yapıları içerisinde aynı koşullarda patlatılmakta, oluşan krater hacimleri karşılaştırılmak da, doğal olarak en büyük krateri yaratan patlayıcı en kuvvetli olanı olarak kabul edilmektedir.



Akvaryum testinde, belirli miktarda patlayıcı madde, tüm parametreleri bilinen havuz içerisinde patlatılmaktadır. Oluşan şok dalga ve cepheleri ölçülerek patlayıcılar kıyaslanmaktadır.

Sismik yöntem, sismik ölçüm cihazlarının ilk çıktığı zamanlar denenmiş bir yöntemdir. Yine belirli jeolojik ve fiziksel özellikleri olan kaya yapıları içerisinde yine belirli miktarda patlayıcı madde aynı koşullarda patlatılmakta ve yarattıkları sismik değerler ölçülmekte, en büyük sismik değeri veren patlayıcı en kuvvetli olarak kabul edilmektedir.

#### 2.4.2.3. Yoğunluk

Patlayıcı maddenin yoğunluğu fiziksel olarak birim hacminin ağırlığı ile ifade edilir. Detonasyon sürecinde birim zamanda devreye giren kütleyi gösterir. Birimi  $\text{gr/cm}^3$  olarak verilebilir. Ticari patlayıcı maddelerin yoğunluğu  $0,5 - 1,7 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. Patlayıcı maddenin yoğunluğu, basit anlamda, birim zaman içerisinde reaksiyona giren patlayıcı miktarını işaret ettiği için, hem detonasyon hızı, hem de detonasyon basıncı üzerinde etkilidir. Patlayıcı maddenin yoğunluğunun artması detonasyon hızını artırır. Nitrogliserin bazlı dinamitlerin yoğunluğu emülsiyon tip patlayıcılardan daha yüksek olduğundan detonasyon hızları da yüksektir. Patlayıcının duyarlılığının ve detonasyon basıncının oluşmasında da önemli rol oynar. Bununla beraber “detonasyon” olayının karakterine bağlı olarak, yoğunluk patlayıcıların duyarlılığını olumsuz etkilemektedir. Patlayıcı maddenin yoğunluğu dizaynda ve patlayıcının kuvvetinin belirlenmesinde kullanılan bir parametredir. Genel olarak yüksek yoğunluk daha fazla enerji üretimini gösterir (Şeran ve Akay, 1999).

Aynı patlayıcılar değişik yoğunluklarda değişik performans göstermektedir. Örneğin,  $0,76-0,8 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki ANFO 89-102 mm deliklerde çok iyi bir patlama karakteri gösterirken,  $0,9-0,95 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki ANFO daha düşük performans ile detone olmaktadır. Bu olay aslında çok komplikedir.

Patlayıcı maddenin yoğunluğunun fazla olması delik içerisinde daha fazla sarfiyatı gerektirmektedir. Özellikle şantiyelerde yasa dışı olarak gübre amaçlı amonyum nitratlardan hazırlanan ANFO'lar yoğunluklarının  $1 \text{ gr/cm}^3$  civarında olması sebebi ile hazır ANFO'lara göre % 20 civarında daha fazla kullanılmaktadır (Özkazanç, 2004).

#### 2.4.2.4. Detonasyon Basıncı

Detonasyon basıncı patlayıcı madde içinde yayılan şok dalgasından kaynaklanan ani bir basınçtır. Bir patlayıcı madde için ilk ateşleyici (yemleme) seçimi açısından çok önemlidir.

Detonasyon basıncı patlayıcının yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Yüksek detonasyon basıncı patlayıcının kırma özelliği açısından gereklidir. Eğer patlatmadan yüksek kırma isteniyor ise, patlayıcının en yüksek yoğunluğuna getirilerek kullanılması gerekir. Eğer dayanımı olmayan kayaçlarda (örneğin kömür) patlatma yapılacaksa, patlayıcıların düşük yoğunluklu formları kullanılmalıdır.

Bu parametre patlayıcıların tanımında çok kullanılanlardan bir tanesidir. Detonasyon basıncının doğru olarak ölçülebilmesi olası değildir. Bunun önemli nedenlerinden bir tanesi, doğru ölçüm yapabilmek için, içinde patlatma yapılan tüpün patlama sırasında hiçbir plastik deformasyona uğramaması gerekir. En ufak bir plastik deformasyon hacim değişikliğine, dolayısı ile doğru basınç karşılaştırmasının bozulmasına neden olur. Bunun yerine termodinamik disiplinin, kütlelin sakınımı, momentin sakınımı gibi prensipleri kullanılarak oluşturulan denklemler ile patlayıcıların detonasyon basıncı kıyaslanabilmektedir.

$$P_1 = \delta_0 \times D \times W \quad (2.68)$$

Bağıntısını vermektedir. Burada;

- $P_1$  : Detonasyon basıncı
- $\delta_0$  : Patlayıcı yoğunluğu
- $D$  : Detonasyon hızı
- $W$  : Detonasyon cephesi arkasındaki gazların hızı

Burada ölçülmesi en zor olan eleman gazların hızıdır. Bu nedenle yukarıdaki bağıntı detonasyon basıncını doğrudan hesaplamak yerine, şu yorumun yapılmasında kullanılmaktadır; Detonasyon basıncı patlayıcının yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Yüksek detonasyon basıncı patlayıcının kırma özelliği açısından gereklidir. Eğer patlatmadan yüksek kırma isteniyor ise, patlayıcının en yüksek yoğunluğuna getirilerek

kullanılması gerekir. Eğer dayanımı olmayan kayalarda (örneğin kömür) patlatma yapılacaksa, patlayıcıların düşük yoğunluklu formları kullanılmalıdır.

#### 2.4.2.5. Detonasyon Stabilitesi

Detonasyonun, patlatma kolonu boyunca sabit bir şekilde devam edebilmesidir. Bu özellik, patlayıcı maddelerin detonasyona kesintiye uğramadan devam edebildiği minimum çaplar ile ifade edilir. Bu minimum çaplar kritik çap olarak adlandırılır. Kritik çapın altındaki boyutlarda detonasyona girmezler. Özetle kritik çap; patlatmanın olduğu en küçük çaptır ve bu çapın altında detonasyon meydana gelmez.

Kritik çap her patlayıcı için değişir. Kritik çap değerleri bazı patlayıcılar için çok çok küçüktür ve pratik olarak sıfır kabul edilirler. (PETN, Kurşunazid gibi) Bu yüzden bu patlayıcılar fitil veya kapsül yapımında kullanılmaktadır. Saf amonyum nitrat için kritik çap 250 mm civarındadır.

Örneğin bazı sıvı patlayıcılar pompalanırken, hortum çapları kritik çapın altında tutulur. Böylelikle pompalama sırasında detonasyonun oluşması önlenmiş olur. Öte yandan da, uygulama sırasında patlatma delikleri kritik çap değerinden büyük tutularak detonasyonun optimum verimde gerçekleşmesi sağlanmış olur. Örneğin, çok kullanılan ANFO ve Emülsiyon tipi patlayıcıların detonasyon hızları çap ile değişmektedir. Günümüzde bunların kritik çapları 51 mm (2 inç) nin altına düşmüştür. Bununla beraber en verimli detonasyon hızlarına 89 mm nin üstünde ulaşmaktadırlar. Birçok üretici ürünlerinin detonasyon hızlarını 102 veya 115 mm çaplarında vermektedirler. Tablo 2.4.'de bazı patlayıcı maddelerin kritik çapları verilmiştir.

Tablo 2.4. Bazı patlayıcı maddelerin kritik çapları

Tip	1 inçten küçük	1-2 inç	2 inçten büyük
Granül dinamit	*		
Jelatin dinamit	*		
Ambalajlı slurry	*	*	*
Bulk slurry		*	*
Sıkıştırılmış ANFO	*		
ANFO		*	
Ambalajlı ANFO		*	*
ANFO-Slurry karışımı			*

#### 2.4.2.6. Oksijen Balansı

Patlayıcı maddelerin özelliklerinden bir tanesi dışardan oksijen alma gereksinimlerinin olmamasıdır. Kimyasal olarak gerekli olan oksijen bünyelerinde vardır.

Patlayıcı maddeler oksitleyici, indirgeyici ve duyarlandırıcı olmak üzere üç temel kısımdan meydana gelir. ANFO'da amonyum nitrat oksitleyici, mazot ise indirgeyicidir. Nitrogliserin gibi patlayıcı maddeler için oksijen dengesi söz konusu değildir. Yeterli şok ile karşılaştıklarında detone olurlar.

Oksijen balansı özellikle yeraltı patlatmaları için oldukça önemlidir. Oksijen fazlalığı azot oksitlerin oluşmasına, oksijen azlığı ise CO oluşmasına sebep olur. Bu gazlar zehirlidir ve ölüme sebebiyet verir. Açık işletmelerde patlatma sonucu açığa çıkan gaz hızla dağıldığı için çok nadir olarak sorun yaratmaktadır.

#### 2.4.2.7. Enerji Aktarma Oranı

Patlayıcı maddeler tüm enerjilerini kaya yapılarına aktarmazlar. Bu bir ölçüde, patlayıcının özellikleri ile kaya yapısının özelliklerinin uyuşmamasından kaynaklanır. Kartuş patlayıcıların kullanımında, zaman zaman kartujlar, kendilerinden büyük çaplı deliklere konmuştur. Bu geometrik uyumsuzluk, patlayıcı enerjisinin tümünün kaya yapısına geçmesini engellemektedir.

ANFO gibi harç patlayıcılar gibi dökümlü patlayıcı maddelerde, geometrik uyumsuzluk ortadan kalkmaktadır. Çünkü patlayıcı deliği tamamen doldurulmaktadır.

Patlayıcı madde empedansı, patlayıcı yoğunluğu ile detonasyon hızının çarpımına eşittir. Kaya yapısının empedansı ise kayanın yoğunluğu ile içinde dalga yayılma hızının çarpımıdır.

$$R_p = \text{Patlayıcı Empedansı} = T_p \times D \quad (2.69)$$

$$R_k = \text{Kayanın Empedansı} = T_k \times V \quad (2.70)$$

$R = R_p/R_k$  empedanslarının oranıdır. Empedans oranı 1'e yakın olursa en ideal enerji aktarımı gerçekleşir. Patlayıcının empedansının küçük olmasının, paydanın küçük olmasına, dolayısıyla ile aktarılabilen enerji oranının yüksek olmasını sağladığı görülür.

Düşük empedanslı patlayıcı maddeler, enerjilerinin daha büyük bir kısmını kaya yapısına verebilmektedir.

#### 2.4.2.8. Patlayıcı Madde Duyarlılığı

Patlayıcı maddenin patlayabilmesi için minimum bir enerji ihtiyacı vardır. Bu enerji miktarı o patlayıcının duyarlılığını verir. Duyarlılık bakımından patlayıcılar ikiye ayrılır;

1-) Kapsüle Duyarlı Patlayıcı Maddeler : Bu patlayıcıların duyarlılığı yüksektir. Bu tür patlayıcıların kapsülle patlatmak mümkündür.

2-) Kapsüle Duyarsız Patlayıcı Maddeler : Bazı patlayıcıların duyarlılığı düşüktür. Bu tür patlayıcı maddelerin patlatılabilmesi için yemleyici patlayıcı maddelere ihtiyaç vardır.

Patlayıcı maddenin duyarlılığını etkileyen bazı faktörler vardır. Örneğin delik dibindeki su, uygun olmayan şarj çapı, aşırı sıcaklık değişimleri gibi faktörler patlayıcı maddenin duyarlılığını azaltır.

#### 2.4.2.9. Patlayıcı Maddelerin Suyu Dayanıklılığı

Patlayıcıların özelliklerini değiştirmeden su içinde kalabilme özelliği suya direnç olarak adlandırılır. Bir patlayıcı özelliğini yitirmeden su altında 24 saat kalabiliyorsa, bu patlayıcı "suya dirençlidir" denir. Patlayıcı maddeler sudan iki şekilde etkilenirler. Bunlar,

- Patlayıcıların bünyesinde bulunan organik tuz suda çözünüp ayrılabilir.
- Su basıncı nedeni ile hava kabarcıklarının miktarı ve boyları azalır. Böylece duyarlılığı temin eden "hot spot"lar ortadan kalkar. Buda patlayıcıların ağırlaşmasına yol açar.

Emülsiyon tipi patlayıcılar suya karşı daha dirençlidir. Bu tip patlayıcılara tuz, yağ, wax gibi maddeler ilave edilmiş olduğundan ve bu maddeler de su ile karışmayıp, bir film tabakası meydana getirdikleri için, patlayıcı içine duyarlılığı amacı ile konan mikro karboncukların oluşturdukları "hot spot"lar ortadan kalkmaz. Suyu karşı dayanıklı

olmayan patlayıcılar, plastik gibi uygun kaplama maddeleri ile kaplanarak, ıslak deliklerde kullanılabilir. Ancak bu da kesin çözüm değildir. Sulu deliklerde suya karşı kesin çözüm yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcıların ANFO yerine kullanılmasıdır.

Su bazlı patlayıcı maddelerin bileşimindeki tuzları çözerek yapısını bozar veya su basıncı nedeniyle hava kabarcıklarının büyüklüğü ve miktarı azalarak patlayıcı maddenin hassasiyeti zayıflar. Bunların neticesinde patlatma verimi düşer. Ateşleme sonrası delikten pas rengi ve sarı renkte bir duman yayılması verimsiz bir patlatmayı gösterir ve genelde bunun sebebi ortamdaki sudur. Su ortama oksijen vererek oksijen balansını bozmakta ve verimi düşürmektedir.

Patlayıcıların suya dayanıklılığı çok değişik şekillerde tarif edilmektedir. Bunlardan biri mükemmel, güzel, iyi, zayıf gibi terimlerle sınıflandırılmasıdır. Tablo 2.5.'de görülmektedir.

Tablo 2.5. Bazı patlayıcıların suya dayanıklılığı

<b>Tip</b>	<b>Suya dayanıklılık</b>
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

#### 2.4.2.10. Patlayıcı Maddelerin Depolama Ömrü

Patlayıcı maddeler genellikle uzun süreler depolarda bekletildikleri için, patlayıcı maddelerin depolama ömrü büyük önem taşımaktadır. Nitrogliserin esaslı patlayıcılar, özellikle uzun süre depolarda bekletildiklerinde bünyelerinde bulunan hava kabarcıkları kısmen veya tamamen ayrılarak patlayıcının ateş alma hassasiyetini ve patlama özelliğini bozar. Ancak bu olay toplam enerjiyi etkilemez. Bu nedenle bu tür patlayıcılar yüksek sıcaklıklarda depolanmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda depolama yapılırsa, patlayıcı yumuşar ve bünyesindeki tuz kartuş kağıdın içerisine nüfuz ederek bozulma meydana gelir. Bu nedenle depolama sıcaklığı 32°C'yi geçmemelidir. Ayrıca 32°C

amonyum nitrat içinde kritik bir sıcaklıktır. Bu sıcaklığın üzerinde patlayıcı içerisinde bulunan amonyum nitrat bozunarak patlayıcının şişmesine, bu da kartuşun bozulmasına neden olur. Ancak bu husus patlama özelliğini etkilemez. Ayrıca depolama sırasında ortam nemi de önemlidir. Özellikle kartuşlanmış toz tipi dinamitler neme karşı hassastır. Nemli ortamda bırakılan bu tip patlayıcıların bünyesinde bulunan tuz tortulaşarak sertleşmeye neden olur. ANFO'da neme karşı son derece hassas olup, nemli ortamlarda depolanması durumunda kekleşme meydana gelir. Kullanıcının stok seviyesini düzenlemesi için, üretici ürettiği patlayıcı maddelerin güvenli raf ömrünü ve depolama koşullarını belirtmelidir.

#### *2.4.2.11. Duman ve Gaz Karakteri*

Gaz ürünler iki ayrı açıdan önem göstermektedir; birincisi gaz ürünlerin hacmi detonasyon sıcaklığında çok büyük boyutlarda genişlemekte ve kayacın kırılması ve ötelenmesi işinde görev almaktadır. Kolaylıkla denebilir ki; gaz hacmi yüksek patlayıcıların kayaçları öteleme karakteri daha fazladır. Gaz ürünlerin önemli olduğu ikinci açı ise, işçi ve çevre güvenliğidir. Detonasyon reaksiyonun ideal koşullarda gerçekleşmesi durumunda gaz ürünlerin; azot, su buharı, karbondioksit gibi gazlardan oluşması gerekmektedir. Bunların hiç biri zehirli değildir. Öte yandan, gerçekte hiçbir zaman ideal koşullar oluşamayacağı için gaz ürünlerin içerisinde, az veya çok, karbon monoksit, nitrojen oksitler gibi çok zehirli elemanlar da oluşur. Bu gazların oluşması bir yandan da detonasyonun ideal olarak oluşmaması nedeni ile enerji kayıpları olduğunu işaret eder. Detonasyon sonucu oluşan bu gazlar genellikle açık işletmelerde herhangi bir problem yaratmamakla birlikte, yeraltındaki patlatma operasyonlarında belli sınırların üzerinde, çalışan kişiler için tehlike meydana getirmektedir.

Patlayıcı maddeler ne kadar oksijen dengesinde üretilirse üretilsin patlatma koşulları zehirli gaz üretimine yol açabilir. Bu koşullar arasında;

- Gereğinden küçük delik çapı,
- Yetersiz yemleme veya ateşleme,
- Su

bulunmaktadır. Bu durumda patlatma anında toksik gaz oluşumu kaçınılmazdır.

Patlayıcıları duman karakterine göre üç sınıfa ayırmak mümkündür (Erkoç,1990).

- 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 sınıflandırma da 2. ve 3. sınıf duman sınıfı patlayıcıların yer altında kullanılması zehirlidir. Yapılan patlatmanın çevre ile uyumu çok önemli olduğu için, patlatma sonucu açığa çıkan gazların miktarı çok önemlidir.

Patlatma sonucu ortaya çıkan ve zehirleyici özelliği olan karbonmonoksit ve azot oksitlerin miktarına göre bir sınıflama yapılır. Tablo 2.6.'da bu sınıflama görülmektedir.

Tablo 2.6. Gaz miktarına göre duman sınıflaması

SINIF	GAZ MİKTARI Ft <sup>3</sup> /gr*200
1	16
2	16-33
3	33-67

#### 2.4.2.12. Çevre Sıcaklığına Tolerans

Patlayıcı karışımları aşırı sıcak ve aşırı soğuk koşullarda depolandığı veya kullanıldığından verimlerinde düşme görülmektedir.

#### 2.4.2.13. Raf Ömrü

Patlayıcı maddenin stoklanabilme ömrüdür. Değişik kimyasal maddelerin bileşimi olan patlayıcı maddeler zamanla bozulmaya başlar ve patlama karakteri değişir. Bunlarla yapılan patlatmalar verimsiz olur. Bozulmuş bu patlayıcıların saklanması ve imhası işletmeler için büyük bir sorun olmaktadır. Bu yüzden raf ömrünün bilinmesi ve stokların ona göre ayarlanması gerekir.

#### 2.4.2.14. Su Basıncına Dayanım

Bu özellik patlayıcı maddenin etkilenmeden kaldığı statik basıncı ifade eder. Bazı patlayıcı maddeler derin deliklerde ortaya çıkan hidrostatik basınçlar altında yoğunlaşır



ve duyarlılığını yitirir. Bu sorun en çok Slurry ve Slurry-ANFO karışımlarında görülmektedir.

#### 2.4.2.15. *Ambalaj ve Kullanma Kolaylığı*

Patlayıcı madde ambalajlanması işletme maliyetinde zaman zaman artmalara, zaman zamanda düşmelere yol açar.

#### 2.4.2.16. *Emniyet*

Patlayıcı madde personel için tehlike oluşturmadan taşınabilmesi ve patlatma deliğine yerleştirilebilmelidir. Bunu belirlemek amacıyla kullanılan bazı testler vardır.

Bu testler aşağıdaki gibidir;

- Çekiç Testi
- Sürtünme Testi
- Hız Testi
- Isı Testi
- Statik Elektrik Testi

### **2.4.3. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması**

Bugün endüstride yaygın olarak kullanılan ve ticari piyasada önemli yeri olan patlayıcılar şunlardır;

- Ateşli Patlayıcılar
- Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar
- Patlayabilir Karışımlar

#### 2.4.3.1. *Ateşli Patlayıcılar*

Bunlar çok hassas ve patlaması çok kolay patlayıcılardır. Adından da anlaşılacağı gibi bunlar diğer patlayıcıların ilk ateşlenmesinde diğer bir deyişle kapsül imalatında (infilaklı fitil) kullanılırlar. Bakır veya alüminyum yüksüklere konurlar ve bunların patlamasıyla meydana gelen çok şiddetli darbe veya şok daha az hassas olan esas patlayıcı maddeyi patlatır. Kapsül imalatında kullanılan başlıca ateşli patlayıcılar Tablo 2.7.'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Başlıca ateşleyici patlayıcılar

Adı	Formül	Kullanışı	Patlama hızı m/sn
Pentaeritrol tetra nitrat	$C_5H_8N_4O_{12}$	Kapsül infilaklı fitil	830°
Kurşun Azit	$Pb(N_3)_2$	Kapsül	-
Cıva Tulmanit	$Hg(ONC)_2$	Kapsül	-
RDX		Kapsül	835°

Kapsül imalatında kullanılan bu patlayıcılar büyük miktarda gaz çıkarmaz ve doğrudan kaya patlatma işlerinde kullanılmaz. Ancak yerel ve çok kuvvetli şok yarattıklarından dinamitleri ateşlemekte kullanılırlar.

#### 2.4.3.2. Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar

Bütün cins dinamitler bu gruba girerler. Bunların patlatma hızı genellikle 2500–7600 m/sn' dir. Patlamaları bir kapsülün verdiği ani ve çok şiddetli patlama sonucu çok miktarda ve yüksek basınç altında gaz çıkarırlar. Böylece kaya şokla parçalanır ve gaz basıncıyla ileri püskürtülür. Bunların çeşitleri şöyledir: Nitrogliserin esaslı dinamitler, Amonyum nitratlı dinamitler, Jelatin dinamitler, Yarı jelatin dinamitler, Antigrizutin dinamitler.

#### 1-)Nitrogliserin Bazlı Patlayıcılar

Alfred Nobel'in insanlığın hizmetine sunduğu nitrogliserin esaslı patlayıcılar, günümüzde bile temel patlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. İlk olarak diatomit toprağı ile karıştırılıp duyarlılığı kontrol altına alınan nitrogliserin esaslı patlayıcılarda, daha sonraları jelatinleştirici, donmayı önleyici katkıları katılmaya başlanmıştır. Zaman zaman gereğinden kuvvetli patlayıcı üretmemek, buna bağlı olarak gereksiz maliyet artışından kaçınmak için, amonyum nitrat katkılı olanları üretilmeye başlanmıştır.

Nitrogliserin esaslı dinamitler taneli bir yapıya sahiptir. Nitrogliserin yanı sıra nitroselüloz, hatta talaş içerirler. Kartuşlar erimiş muma batırıldığından suya dirençleri yeterli düzeydedir. Ama kudretleri içerdikleri nitrogliserin yüzdesi ile ifade edilir.

Amonyum nitratlı dinamitler tane görünümündedir. Bu dinamitlerde nitrogliserin miktarı çok azaltılmıştır. Nitrogliserin hassaslaştırıcı olarak kullanılır. Esas enerji

kaynağı amonyum ve sodyum nitrattır. Bu dinamitler ısı ve şoka daha az hassas, suya daha az dirençlidirler.

Hem nitrogliserin hem de amonyum nitrat esaslı dinamitler genellikle açık ocaklarda dip şarj veya yemleyici olarak kullanılırlar. Bunların kartuşları sudan etkilenmemeleri için deliğe kırılmadan atılmalıdır.

Jelatin veya yarı jelatin dinamitler sudan etkilenmeyecek bir yapıya sahiptirler. Bu dinamitlere ilave edilen nitrokoton nitrogliserin ile birleşerek kıvamlı ve yapışkan bir jel oluşturur. Nitrokoton yüzdesi arttıkça yapışkanlık artar. Nitrokoton ile nitrogliserini çözündürerek elde edilen suya dirençli jel suda erimez ve dinamit katkı maddelerini birbirine yapıştırır.

## 2-) Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcılar

Suya dayanıklı amonyum nitrat esaslı patlayıcı üretebilme çabaları sonucu emülsiyon patlayıcılar gündeme gelmiştir. Genelde organik veya mineral yağların çok büyük bir yüzdesi, su içinde çözünmezler. Ancak özel katkı maddeleri ile emülsiyon haline getirilebilirler. Nitrogliserin, TNT ve diğer patlayıcı hammaddeleri içermediğinden, kullanımı diğer patlayıcılara nazaran çok daha emniyetlidir.

### 2.4.3.3. Patlayabilir Karışımlar

Açık ocaklarda esas delik şarjı olarak kullanılan başlıca iki türlü patlayabilir karışımlar vardır. Bunlar;

- Kuru Patlayıcı Karışımlar (ANFO)
- Sulu Patlayıcı Karışımlar (Slurry, Water gel, Emülsiyon)

Patlayıcı karışımlar adından da anlaşılacağı gibi kendi başlarına patlayabilir özellikte olmayan iki veya daha fazla maddenin karıştırılmasıyla oluşturulur. Bu iki maddeden biri yakıt (fuel) diğeri oksitleyicidir.

Kuru patlayıcı karışımlar, yapımında su kullanılmayan ve 8 nolu kapsülle patlatılmayan her karışım kuru patlayıcı karışım olarak adlandırılacaktır. En bilinen örneği ANFO olarak adlandırılan amonyum nitrat (AN) ve fuel oil (veya mazot) karışımıdır.

Amonyum nitrat, amonyak ile nitrik asitin reaksiyonundan elde edilen organik bir tuzdur ve bünyesine yakıt katıldığı zaman patlayıcı haline gelmektedir. Patlayıcı maddelerin en önemli oksijen taşıyıcı maddesi olmakla birlikte, gübre olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

ANFO en basit ifade ile amonyum nitrat ile fuel oil (mazot) belli ağırlık oranlarında karıştırılması sonucu elde edilen patlayabilir bir karışımdır. Kimyasal bir reaksiyondan değil, fiziksel bir karıştırma ile elde edilmektedir. Üretimi için kompleks bir tesis gerektirmez.

ANFO en basit biçimde ağırlıkça % 94,3 oranında AN ve % 5,7 oranında mazot karıştırılarak yapılır. Yakıt oranı % 5,5 ile % 6 arasında ANFO en yüksek enerji verimine ve patlatma hızına ulaşır. ANFO patlatıldığında açık sarı duman vermesi iyidir. Portakal rengi, açık kahverengi duman ise yetersiz yakıt durumunu gösterir ki bu iyi karıştırılmamaktan veya ANFO bekleyince mazotu süzülerek ayrıldığından veya AN suda çözüldüğünden olabilir. ANFO'dan iyi verim almak için nitrati iyice ezerek topraksız ve toz halinde olmasını sağlamak ve doğru oranda mazot ile iyice karıştırmak gereklidir. ANFO'nun başarılı kullanılması başka bazı faktörlere de bağlıdır. Bunların başında şarj çapı gelir (Tablo 2.8.). ANFO deliklere dökülerek konuyorsa şarj çapı delik çapına eşit olur.

Tablo 2.8. ANFO'nun delik çapına bağlı olarak patlatma hızı ve metre başına şarj miktarı (Şeran ve Akay, 1999).

Delik Çapı		Patlatma Hızı	ANFO Miktarı	
mm	İnç	m/sn	Kg/m	Ib/ft
38	1 1/2	2100-2700	0,9-1	0,6-0,7
51	2	2600-3000	1,6-1,9	1,1-1,3
76	3	3000-3300	3,7-4,5	2,5-3,0
102	4	3300-36000	6,5-7,7	4,4-5,2
127	5	3500-3800	10,3-12,2	6,9-8,2
152	6	3700-3900	19,8-23,5	13,2-15,8
203	8	3800-4000	26,2-31	17,6-20,8
230	9	3900-4100	29,8-39,9	20-26,8

ANFO'nun verimli patlamasında önemli bir diğer husus şarj yoğunluğudur. Delik dışında yoğunluğu 0,8–0,85 gr/cm<sup>3</sup> olan ANFO deliğe basınçlı hava ile püskürtülerek delik içi (şarj) yoğunluğu 1,2 gr/cm<sup>3</sup> kadar arttırılabilir. Bu durumda ANFO en yüksek verimle patlar. ANFO doğrudan 8 nolu kapsülle ateşlenemez. Bu nedenle bir yem kullanmak gereklidir. Yemler her çeşit dinamit olabilir.

ANFO fiyatı nitrogliserin esaslı dinamit fiyatının en az dörtte biri, en çok yarısı kadar olabilmektedir. Bu ucuzluğu ile açık ocak madenciliğinde en çok kullanılan patlayıcı maddedir. ANFO'nun hassasiyeti daha düşük olduğundan taşınması ve kullanılması daha emniyetlidir.

Yukarıda sayılan yararları yanı sıra ANFO'nun sakıncaları da vardır. Bunlar suya dirençsiz oluşu, düşük patlatma hızı, düşük yoğunluğu delik doldurma süresinin uzunluğu, iyi ezilmez ve karıştırılmaz ise verim düşüklüğüdür.

Sıvı Patlayabilir Karışımlar (Slurry, Watergel, Emülsiyon), sulu deliklerde patlamayan çok verimli ve güvenli bir patlayıcı madde olan ANFO'ya bir seçenek olarak geliştirilmişlerdir. Başlıca türleri;

- Çamurumsu Karışımlar (Slurry)
- Yarı-Akışkan Karışımlar (Watergel)
- Krema Tipi Karışımlar (Emülsiyon)

Çamurumsu karışımlarda su oranı %5 ile %40 arasında değişir. Diğer katkı maddeleri de örneğin AN %40-%70, TNT %20-%35 oranlarında konulabilir. Diğer bir deyişle sonsuz çeşitte çamursu patlayıcı karışım yapmak mümkündür.

Sulu patlayabilir karışımların, su direnci jelatin dinamitlerinkine eşit veya daha fazla olup 'çok iyi' olarak tanımlanabilir. Sulu patlayıcıların yoğunlukları suyun yoğunluğundan fazla olduğundan sulu deliklerde kolayca dibe çökerek suyu delikten dışarı atar ve suda erimediği ve su ile karışmadığı için yüksek verimle patlar. Yoğunlukların fazla olmasının bir yararı da belirli çaptaki (hacimdeki) deliğe daha fazla patlayıcı enerjisi yerleştirmeyi mümkün kılmasıdır. Böylece kaya iyi parçalanabilecek

veya aynı deliğe daha fazla enerji yerleştirilebildiği için delikler arası mesafeler büyütülebilecek ve daha randımanlı madencilik yapılabilecektir.

Çamursu patlayıcı karışımların yararları suya dirençli oluşları, delik doldurma işleminin hızlı olması, deliği tamamen doldurması ve sudan ağır olması olarak sayılabilir. Sakıncaları ise ANFO'dan pahalı olması ve çok çatlaklı boşluklu kayalarda formasyona sızarak maliyeti arttırmasıdır (Şeran ve Akay, 1999).

Tablo 2.9. Sulu patlayıcı karışım katkı maddeleri

Oksitleyiciler	Amonyum Nitrat (AN) - Sodyum Nitrat Kalsiyum Nitrat
Yakıt	Madeni Yağlar – Mazot- Alüminyum (Toz)
Hassaslaştırıcılar	a-) Kimyasal Organik Amin Nitrat Tuzları-Alüminyum Alkollerin Nitrat esterleri-TNT b-) Fiziksel Hava Kabarcıkları-Mikro Cam Balonlar
Su	
Jel Yapıcılar (Suya direnç için)	Kimyasal Bağlama Maddeleri, Mum

#### 2.4.4. Ateşleme Sistemleri

Dünya’da ilk kez 1831 yılında William Bickford tarafından bulunan Emniyetli Fitol’den önce Kara Barutu ateşleme işlerinde, çok riskli yöntemler uygulanmaktaydı. 1876 yılında Alfred Nobel’in civa fülminantlı kapsülü bulması ile günümüzde kullanılan kapsüllerin temeli atılmıştır. Patlatma işlemlerinde iyi sonuçlara ancak delikteki patlayıcı maddeyi ateşleyecek gereçler dikkatle seçildiğinde ve kullanıldığında ulaşılabilir. Bugün dünyada kullanılan ateşleme yöntemlerini başka iki gruba ayırmak mümkündür;

##### 1-) Elektriksiz Ateşleme Sistemleri

- a) Emniyetli fitil-adi kapsül
- b) İnfilaklı fitil ve gecikmeli röleleri
- c) Elektriksiz Kapsüller

## 2-) Elektrikli Ateşleme Sistemleri

- a) Gecikmesiz Elektrikli Kapsüller
- b) Gecikmeli Elektrikli Kapsüller

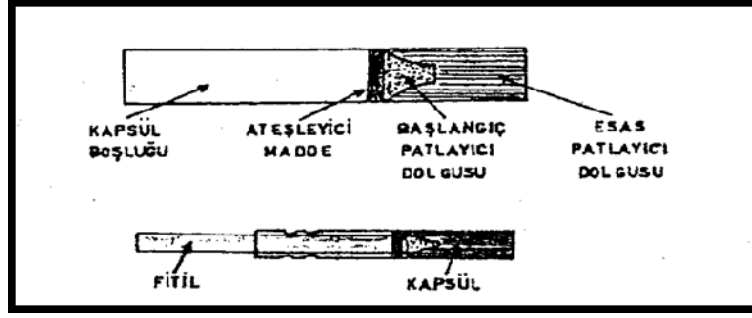
### 2.4.4.1. Emniyetli Fital-Adi Kapsül

Elektriksiz ateşleme yöntemlerinden bilinen en eski yöntem Emniyetli Fital ve Adi kapsüldür. Az sayıda delikten oluşan küçük gruplarda elektrikle ateşlemenin tehlikeli olduğu metal madenlerinde küçük taş ocakları ve madenlerde kullanımı yaygındır (Şeran ve Akay, 1999).

Emniyetli fitil, ortasında kara barut ve onu dış etkenlerden (su, nem) koruyan parafin veya plastiğe bulanmış bir dokumadan oluşur. Kablo görünümlü bir patlatma aracıdır. Kibrit veya benzeri bir açık alevle tutuşturulduğunda, fitilin standart yanma hızı 115 sn/m ( $\pm 15$  m/sn)'dir. Metredeki bu  $\pm 15$  sn'lik sapmalar nedeni ile birden çok ateşlemelerde fitil boylarının da emniyetli seçilmesi şarttır. En kısa ateşlemenin 1 m olması uygundur. Fitillerin boyları, yanma hızları dikkate alınarak, patlatmayı yapan kişinin güvenli bir yere ulaşmasını sağlayacak uzunlukta olmalıdır. Ayrıca, fitiller sabit bir hızla yandığı için, birkaç delikten oluşan grup patlatmalarında fitil boyları farklı kesilerek, bir çeşit gecikmeli patlatma uygulanabilmektedir.

Adi kapsüller, bir tarafı kapalı ve diğer tarafında fitilin girebilmesi için açıklık bulunan alüminyum veya bakırdan yapılmış silindirik tüplerdir. Kapsül içinde biri "başlangıç" diğeri "esas" patlayıcı dolgusu denilen, çok duyarlı ve kolaylıkla patlayabilen dolgular bulunur (Şekil 2.17). Başlangıç patlayıcı dolgusu olarak genellikle kurşun asidi ( $Pb(N_3)_2$ ) veya gümüş asidi ( $AgN_3$ ) kullanılmaktadır. Esas patlayıcı dolgusu olarak ise civa fülminat ( $Hg(CO)_2$ ) veya Pentaeritrol Tetranitrat ( $C_5H_8N_4O_{12} = PETN$ ) gibi çok hassas ve patlama hızları 8.000 m/sn'nin üzerinde olan patlayıcı maddeler kullanılmaktadır.

Emniyetli fitil ile bağlantılı kullanılan adi kapsüllerde (Şekil 2.17), yanan fitil öncelikle başlangıç patlayıcı dolgusunu tutuşturur. Bu başlangıç patlamasından sonra ise esas patlayıcı dolgu patlar. Bu patlamayla birlikte, dinamitin patlaması için gerekli enerji meydana gelmiş olur.



Şekil 2.17. Adi kapsül ve fitil bağlantısı (Konak A., Gökten M., Patır O.)

#### 2.4.4.2. İnfilaklı Fital ve Gecikme Röleleri

İşletmecinin, elektrik tehlikelerinden dolayı delik içerisinde elektrikli ateşleme sistemi kullanımı tercih etmediği durumda infilaklı fitil ile ateşleme sistemi, elektrikli ateşlemeye bir alternatif olarak yıllardan beri kullanılmaktadır. Dünyada yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir.

İnfilaklı fitil, dış kısmı muhtelif tekstil, plastik ve rutubete dayanıklı koruyucu bir tabaka içine yerleştirilmiş ortalama 11 gr/m miktarında yüksek hızlı bir patlayıcı madde bulunan esnek bir plastik tüptür. Yüksek kudretli infilaklı fitiller 40 gr/m patlayıcı madde içerir. Ancak bunlar çok fazla hava şoku yaratırlar.

İnfilaklı fitil delikteki yemi doğrudan ateşler, infilaklı fitilin kendisi ise fitile bağlanmış bir kapsülle ateşlenir. İnfilaklı fitil kullanıldığında gecikmeli patlama dışında kalın gecikme röleleri ile sağlanır. Röleler 5–400 ms arasında değişen sürelerde gecikme sağlayabilir. Gecikme rölesi adeta iki ucu açık bir alüminyum boru içinde dip tarafları birbirine temas edecek şekilde yerleştirilmiş iki kapsülden oluşur. İnfilaklı fitilin tek sakıncası gürültü ve hava şoku yaratılmasıdır (Şeran ve Akay, 1999).

#### 2.4.4.3. Elektriksiz Kapsüller (Patlayıcı Sıvanmış Şok Tüpü -Nonel)

Elektriksiz ateşleme yöntemleri arayışına Nitro Nobel firması tarafından geliştirilen NONEL ateşleme yöntemiyle gelmiştir. Bu sistem patlatma da daha üst seviyede emniyetli ve daha verimli patlatma sonuçlarını elde etmeye yardımcı olmuştur. Yöntem 2 mm iç, 3 mm dış çapında ince, saydam plastik tüp kullanılır. Bu tüpün iç yüzeyine 0,02 gr/mm miktarında hassas bir patlayıcı madde tozu sıvanmıştır. Tüp bir kapsül veya



infilaklı fitille ateşlendiğinden ateşlenen uçtan diğer uca 2.000 m/sn gibi düşük bir hızla giden şok dalgası oluşur.

Bu şok dalgası zayıf olup, tüpe zarar verecek yeterli enerjisi yoktur. O nedenle dinamiti ateşleyemez. Dinamiti ateşlemesi için diğer ucuna söz konusu şokla patlayabilecek hassasiyette bir kapsül koymak gerekir. Bu kapsüllerin içi tıpkı gecikmeli elektrikli kapsüllere benzer. Onlardan tek farkı kapsül ağzından iki tel çıkmayışı ve bunun yerine kapsül ağzına tüp takılmasıdır.

Nonel Yönteminin başlıca yararları;

- a) Kaçak elektrik ve radyo vericileri gibi nedenlerle olabilecek kazaen patlamalara karşı emniyetlidir.
- b) Serbestken veya sıkıştırılmışken ısı ve darbelere duyarlıdır. Patlamaz.
- c) Nitrogliserin dinamiti gibi yüksek hassasiyetli patlayıcıları bile kendiliğinden ateşleyemez. Diğer bir deyişle dinamitlerle birlikte emniyetle taşınır.

#### 2.4.4.4. Gaz Patlamalı Şok Tüpü (HERCUDET)

Bu yöntem içinde bir gaz patlaması sürüp giden bir tüpün, şokla bir kapsülü patlatması sonucu yemin ateşlenmesinden ibarettir. Bu yöntemde yemi (dinamiti) ateşlemede kullanılan gecikmeli kapsüller gecikmeli elektrikli kapsüllerden daha güçlüdür. Hem mili saniye, hem de yarım saniye gecikmeli kapsüllerin gecikmeli elektrikli kapsüllerden tek farkı kapsül ağzından iki adet tel yerine iki adet ince tüp çıkmasıdır. HERCUDET kapsülleri ya delik içinde doğrudan yemi ateşleme veya delik ağzında delik içindeki patlayıcıyı ateşleyecek olan infilaklı fitili ateşleme şeklinde kullanılabilir.

HERCUDET sistemi hava şoku, elektriksel kazalar yaratmaması, şarjın patlamasında kesinti olmaması ve gecikme imkanı vermesi nedenleriyle yararlıdır. Gaz karışımı patlatılınca kadar çok emniyetlidir. Tek sakıncası elektrikli kapsülle ve infilaklı fitille ateşlemeye göre çok farklı olduğundan imalatçıların bir uzmanın yöntemi uygulayacak ekibi eğitmesinin gerekli olmasıdır.

#### 2.4.4.5. Elektrikli Ateşleme Sistemleri

Elektrikli ateşlemenin en büyük yararı yeterli güçte bir enerji kaynağı olmak koşulu ile ve gecikme kullanılarak diğer hiçbir ateşleme yöntemiyle atılamayacak kadar çok sayıda deliğin birlikte patlatılmasına olanak tanınmasıdır. Elektrikli ateşlemede başarı aşağıdaki dört genel koşula bağlıdır;

- Patlatma devresinin doğru şekilde seçimi ve uygulanması
- Patlatma devresinin gerektirdiği kuvvette bir enerji kaynağı
- Elektrikli ateşlemede kaza sebeplerinin bilinmesi ve önlenmesi
- İyi kablo bağlantıları ve devrenin atım öncesi kontrolü

Elektrikli kapsüller, prensipte içine iki iletken kabloya bağlı bir elektrikli kibrit başı yerleştirilmiş özel tahrip kapsülünden oluşmaktadır; yani tahrip kapsülünün gelişmişidir. İletken iki kablonun ucu akım kaynağına bağlanır. Adi tahrip kapsülü ile aynı olan elektrikli kapsüllerde, birinci şarjı patlatmak için fitilin alevi yerine bir kibrit başı vardır. Verilen elektrik akımı kablodan ve kibrit başının direnç telinden geçer. Akım direnç telini kızdırır ve üzerindeki eczayı yakar. Bu yanma kapsül içerisindeki birincil patlayıcıyı daha sonra ana patlayıcıyı patlatır.

Adi kapsüllerde olduğu gibi hem gecikmesiz hem de gecikmeli elektrikli kapsüller 6 no. ve 8 no. olmak üzere iki ayrı kuvvette imal edilirler.

Elektrikli kapsüller başlıca üç çeşittir:

- Gecikmesiz elektrikli kapsüller
- Yarım-saniye gecikmeli elektrikli kapsüller
- Mili-saniye gecikmeli elektrikli kapsüller

Gecikmesiz elektrikli kapsül, adi kapsülün gelişmiş olanıdır. Bu tip kapsüller gecikmenin gerekli olmadığı, deliklerin aynı anda patlatılması gerektiği durumlarda kullanılır. Elektrik akımı verilen kapsüldeki köprü direnç teli kızarak kapsül içerisindeki primer ve sekonder patlayıcıları sıra ile ateşler.

Gecikmeli elektrikli kapsüllerde kibritbaşı ile primer patlayıcı arasında gecikme aralığına göre boyu değişen bir gecikme elemanı vardır. Gecikme elemanları, yanma süreleri belli olan piroteknik maddelerdir.

Mili-saniye kapsüllere kısa süreli gecikmeli kapsüllerde denilmektedir. Yarım-saniye gecikmeli kapsüller genellikle 1–16 numara arasında imal edilirler ve ilk ateşleme anından itibaren 1 no. kapsül 500 ms’de, 1 no. 1 saniyede 3 no. kapsül 1,5 saniyede patlar. Elektrikli kapsüllerle ateşlemede kapsüllerin bir elektrik devresi oluşturulacak şekilde birbirine bağlanması üç türde yapılır. Seri bağlama, paralel-seri bağlama ve paralel bağlamadır. Bağlaması kolay olan seri bağlama en çok kullanılanıdır.

## **2.5. PATLATMA PERFORMANS VE PARÇA BOYUTU KONTROLÜ**

### **2.5.1. Patlatma Performans Kontrolü**

Genel olarak yeni bir patlayıcı maddenin, ateşleme yöntemini veya kazı yöntemlerinin test çalışmalarının başlangıç aşamalarında, işin iyi planlanması, başarı için pek çok gerekli operasyonlardan sadece bir tanesidir. Yöntem üretim ölçeğinde nihai olarak deneneceği vakit, arazi işlemlerinin farklı adımlarının da izlenmesi gerekmektedir. Arazideki uygulama çalışmaları sırasında bazı şeyler kötü çalışırsa ortaya çıkan sonuçlardan doğru değerlendirilmeler yapmak son derece güçtür. Göz önünde tutulması gereken pek çok sayıda parametre söz konusu olması dolayısıyla olmakta ve kötü bir patlatmanın etkilerini gidermek üzere, değiştirilebilecek olan parametreyi tanımlamakta emin olmak zorunluluğu vardır. Bu nedenle, bir deneme çalışmasının başlangıç aşamasında, bir patlatma performans kontrol ögesiyle birleştirilmesi önerilmektedir. Patlatma performans kontrolü aşağıdaki parametreleri kapsamalıdır.

- Patlatma Geometrisi
- Ateşleme Performansı
- Detonasyon Performansı
- Geri Çatlak
- Parçalanma Derecesi Analizi
- Patlatma Hasarı İncelenmesi

Patlatma geometrisi şarjın ve serbest yüzeylerin tam olarak pozisyonlarının bilinmesini içermektedir. Delik içi toglama ile herhangi bir derinlikte, serbest yüzeye göre kaya yapısı ve delik pozisyonları öğrenilebilir. Bu suretle optimum bir kırma işlemi için her bir şarjı pozisyonlama askıdaki ve hesaplama imkanını arttırır. Bu aynı zamanda, cevher seyrelmesini önlemek amacıyla askıdaki zayıf kaya yapısında hasar meydana getirmemek için, bu bölgeye yakın delik şarjının ayarlanması imkanını da verir. Verilerin dikkatlice elde edildiğini ve kaydedildiğini bilen birisi açısından, bu durum aynı zamanda önceki ampirik atım verileriyle gelecekteki atım işlemleri arasında mukayese yapmak açısından daha güvenli olacaktır.

Ateşleme performansı, atım grubu yakınına yerleştirilen uygun araçlarla (ivme ölçer, titreşim ölçer v.s.) yer sarsıntısı veya detonasyon hızı ölçümleriyle kontrol edilebilir. Sonuçlar, eğer her hangi bir deformasyon dalgasının başlaması yakın iki yemleme noktası arasında ortaya çıkmış ise özellikle ateşleme zamanı ve gecikme aralığının belirlenmesine yönelik soruların yanıtlanmasında kullanılabilir. Ateşleme zamanının tam olarak bilinmesiyle patlayıcı ve kaydedici arasında P dalgasının yayılma zamanı da kaydedilecektir.

Detonasyon performansı, detonasyon hızı ölçer veya akselerometre ile ölçülebilir. Titreşim ölçümleri yapıldığı zaman, dalga şekli ve sinyal genliği, tüm patlayıcının uygun bir şekilde işlev görüp görmediğinin analizi konusunda yardımcı olabilir. İki delik arasında oluşan çatlaklardan gaz geçişi veya zemin hareketiyle şarjın sağırlaştırması veya şok dalgasının duyarsızlaşması, komşu şarjları da etkileyebilir. Şarjlarda nem kontrolü ve laboratuvar verileriyle mukayese ANFO tipi patlayıcılar için düşük detonasyon performansını açıklamada yardımcı olabilir. Mikrocam balon hassasiyetli patlayıcılar özellikle delikler arasında herhangi bir çatlak sistemi söz konusu ise, komşu deliklerdeki dinamik yükleme nedeniyle duyarlılıklarını yitirebilirler, su dolu deliklerde basınç ölçümü bu etkiyi yorumlamakta kullanılabilir.

Her atım sonunda, geri çatlak performansı da kontrol edilmelidir. Bu bilgi; kaya yapısının dayanımı ve oryantasyonunun açıklanması, suretiyle detonasyon performans verileri ile birlikte kullanıldığında bir sonraki atımı daha ileri düzeyde optimize etmek için, patlatma tasarımlarında ani değişiklikler yapma olanağı verecektir.

Yığın parçalanma derecesi mümkün olduğunca her atımdan sonra gözlemlenmelidir. Bütün madencilik yöntemleri, hızlı parçalanma derecesi incelenmesine izin vermemektedir. Ancak, iyi bir planlama koordinasyonu, söz konusu faaliyeti gerçekleştirmek olanak dahilinde alınabilir. Boyut dağılımı ve parçalanmış kayanın yığın şekli deneme atımlarının değerlendirilmesinde ilave bilgiler sunacaktır. Parçalanma derecesi etüdü, en doğru ve en iyi olarak elek analizleriyle olabilmektedir. Bununla birlikte bu yöntem çok pahalı ve emek yoğundur. Yığın fotoğrafları veya çerçeve şeklindeki referans ızgaralar kullanılmak suretiyle de parçalanma derecesi hakkında belirgin bilgiler elde etmek söz konusu olabilmektedir. Yığın yükleme zamanı ve iri blok sayımı da diğer yararlı parametrelerdir. Günümüzde geliştirilen gerçek zamanlı görüntüleme teknikleri, bir kamyon üzerindeki veya bir konveyör üzerinde akmakta olan kırılmış kaya malzemesinin parça boyut dağılımının sürekli bir şekilde kaydedilmesine izin vermektedir.

Patlatma hasarı gözlemleri, (özellikle madencilik alanı üzerindeki ve çevresindeki zeminlerde) seçilen lineer şarj konsantrasyonlarının ve patlatma tasarımının optimum ve özel amaçlara uygun olup olmadığının değerlendirilmesinde esastır. Patlatma öncesi ve sonrası karotlu sondajlar, çatlak frekans sayımı, ekstensometre ölçümleri, TV kameraları ile delik içi incelemeler, geçirgenlik deneyleri, delikler arası sismik ölçümler ve maksimum parçacık hızı ölçümleri, kaya kütle sürekliliğinde hasar tespiti konusunda bilinen ve kullanılan tekniklerden bazılarıdır.

### **2.5.2. Parça Boyutunun Tanımı ve Önemi**

Patlatmalı kaya kazısı sırasında yapılan patlatma çalışmalarında mühendislerin en çok merak ettiği konulardan bir tanesi de "parçalanma boyutu", diğer bir deyişle "tane boyut dağılımı" olmuştur. Çünkü parçalanma boyutu;

- En önce yükleyici makineler açısından, bir yandan yükleme kolaylığı, diğer yandan kepçe dolma faktörünü etkilemektedir. Yükleyicinin alamayacağı kadar büyük bloklar ikincil kırma ile küçültülmelidir. Bu işlem hem zaman, hem de para kaybı demektir.
- Nakliye kamyonlarının optimum verimde yüklenebilmesini etkilemektedir.

- Eğer varsa, kırma eleme tesisinin verimini etkilemektedir. İri tane boyu dağılımı kırıcı tesisin saatlik kapasitesinin düşmesine yol açar. Öte yandan, agrega tesislerinde çok ince tane boyu dağılımı yüksek by-pass malzemesi demektir.
- Kömür madenciliğinde iri tane boyu dağılımı arzulanır. İnce tane boyu dağılımı düşük fiyatlı ürün demektir. Eğer kazı kaya dolgu amacı ile yapılıyor ise, dolgu teknik şartnamesinin gerektirdiği tane boyu dağılımını elde etmek gerekmektedir.
- Başta deniz dolgusu olmak üzere, bazı dolgu işlemlerinde iri blok arzu edilmektedir. Bu amaçla iri blok elde etmeye yönelik patlatmalar yapılması gerekebilmektedir.

Taşın kopması ve dağılması için gerekli kuvvetler kısmen patlayıcı maddelerdeki kimyasal enerjiden, kısmen de daha aşağı bir seviyeye yuvarlanma neticesi potansiyel enerjiden karşılanmaktadır. Bu sebeple taş yığnında meydana gelen yüzeylerin tümü ile söz konusu enerji yekünü arasında bir bağlantı bulunmaktadır. İhtiyaçtan fazla patlayıcı madde kullanılması genellikle daha ufak parçaların elde edilmesine sebep olur.

Yığın içindeki tane büyüklükleri işletmenin başarısı bakımından önem taşır. Elde edilen parçalar temizlenme veya konsantrasyon nedeniyle daha sonra ufalanacak veya öğütülecekse, parçaların küçük olması faydalıdır. İstenilen bir boyuttan daha iri oldukları için nakil elemanlarına veya kırıcılara verilmeyen parçaların tali ateşlemeler için ufaltılmaları gerekir ve ayrıca bir masrafa yol açarlar. Bu tür bir işletmede parçaların ufak olması aranır.

Patlatma işlemleri sonucu oluşan kaya parçalanmalarının ölçümü doğru bir patlatma paterni dizaynı için gereklidir. Teknik sonuçların dışında, titreşim ve taş fırlamaları gibi güvenlik ve çevreyle ilgili sonuçlarda amacın ekonomik bir noktası olarak göz önünde tutulmalıdır.

Prensip olarak böyle bir analiz bir veya iki konfigürasyona dönüşecektir. Bu iki kaya parçalanmasında patlatmadan dolayı orta boy ürünler veya kendi içlerinde sonuç ürünleri verirler. Bu ilk durum çok geneldir örneğin kum, çakıl endüstrisinde olduğu gibi, patlatılmış malzeme ilk, ikinci hatta daha fazla ezme işleminden sonra özel işleme

tabi tutulur. Böylece delik delmeden patlatmaya kadar bütün patlatma temelleri ve diğer tüm işlemlerin maliyetleri hesaplanır. Ne yazık ki bu karşılaştırılabilir patlatma maliyetlerinin direk olarak kullanılıp patlatma patern ve dizaynlarının elde edilmesi kolay değildir. Bunun için parçalanmada orta dereceli bir sonuç elde etmek önemlidir. İkinci aşamada, binaların kuvvetlendirilmesinde kullanılan kopmuş, aşınmış iri taşlardır. Bunların parçalanmalarını kontrol etmek mümkündür ve uyulması gereken sınırlamalar piyasadaki ürünün kabulünü sağlar. İki durumda da parçalanmayı tayin etmek patlatmanın kalitesini kontrolde kullanılır. Böylece patlatılmış kayanın parça boyutu hakkında bilgi edinmek önemlidir.

### **2.5.3. Parça Boyutunu Etkileyen Faktörler**

Bir işletme veya taş ocağında parçaların istenilen büyüklükte olması, iyi parçalanmış, kolay yüklenebilir gevşeklik ve yükseklikte bir yığın elde edilmesi pek çok sayıda faktöre bağlıdır. Bu faktörler aşağıda kısaca verilmiştir;

#### *2.5.3.1. Kayacın Nitelikleri*

Kayaç niteliği atımın başarısını önemli ölçüde etkiler. Kil gibi plastik yapıya sahip kayaç ile gevşek ve kırılğan olan kayacın patlama şiddetine karşı davranışı farklı olur. Kayacın bünyesinde su bulunması halinde sudan etkilenmeyecek patlayıcı maddenin seçimi şart olur. Kayaç yoğunluğu arttıkça kazısı zorlandığı gibi elastik modülü fazlaştıkça da kırılabilme özelliği de azalmaktadır. Bu bakımdan kayacın bütün diğer özelliklerinin iyi bir şekilde incelenmesi, örneklerin önceden laboratuarlarda incelenerek uygun seçim yoluna gidilmelidir.

#### *2.5.3.2. Delikler Arası Mesafe*

Deliklerin aralıkları arttıkça elde edilen parçadaki en iri parça boyutu da fazlaştacaktır. Aralık azaltılınca parçalar küçülecektir.

#### *2.5.3.3. Dilim Kalınlığı*

Dilim kalınlığı arttıkça en iri parça boyutları da artacaktır. Dilim kalınlığının azalması halinde ise kayaç fırlamalarına dikkat etmek gerekir.

#### *2.5.3.4. Basamak Arınının Durumu*

Delğin aynaya paralel olması başarılı bir atım için önemli bir kriterdir. Bu bakımdan deliklerin basamak şevine paralel delinmesi gerekir. Düşey delik delinmiş eğimli

basamakta; dilim kalınlığı üstte az, altta fazla olur. Bu husus parça boyutunu etkilemektedir.

#### 2.5.3.5. Basamak Yüksekliği

Aynı delik aralığı için yüksek prizmanın daha ufak parçalar vermesi beklenir. Ancak yüksekliğin delik aralıkları ile birlikte büyümesi iri parça elde edilmesi yolunda etkilidir.

#### 2.5.3.6. Sıkılamanın Etkisi

Patlayıcı maddeden yeterli fayda sağlamak için bu hususa yeterli önemin verilmesi gerekir. Delik içersinde oluşan gaz basıncının havaya kaçmasını önlemek ve basıncın kayaca yönelmesini sağlamak için sıkılama boyu Tamrock'a göre  $I=0,7-1*b$  alınmaktadır. (b : dilim kalınlığı)

#### 2.5.3.7. Basamaktaki Delik Düzeni

Bugün açık işletmelerde uygulanan delik düzenleri kare, dikdörtgen veya üçgen (şşbeş) şekilli olmaktadır. Kare ve dikdörtgen yerine bugünlerde şşbeş düzen daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Bu düzen özellikle gecikmeli kapsülle ateşleme işinde başarılı olmakta ve patlayıcı maddenin iyi dağılımını sağlamaktadır.

#### 2.5.3.8. Delik Çapı

Delik çapı yukarıdaki aralıklarla orantılı olarak büyümektedir. Bu nedenle büyük delik çapı, parçaların da büyümesi yolunda etkilidir. Aralıkların az, delik çapının büyük olması birbiriyle bağdaşmaz.

#### 2.5.3.9. Patlayıcı Madde Miktarı

Patlayıcı madde miktarı arttıkça ufalanma fazlalaşmaktadır.

#### 2.5.3.10. Patlayıcı Madde Nevi

Kırıcı ve ezici olan şiddetli patlayıcı madde toz miktarını arttırmaktadır. Daha yavaş yanan türler ise daha ziyade itici ve koparıcı olarak çalıştığından iri parçaları arttırmaktadır.

#### 2.5.3.11 Ateşleme Sırası

Gecikmeli kapsül kullanılması parçaların daha kolay yüklenebilir hale gelmesini sağlar. Düz elektrikli kapsül kullanılıyorsa önce ön delik sırası ateşlenmelidir.



## 2.6. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTU TAHMİN MODELİ-KUZRAM

Patlatmada kullanılan en yaygın model Cunningham tarafından bulunan ve yayımlanan Kuz-Ram modelidir. Cunningham Kuznetsov'un bağıntısında kullandığı (x) parçacık boyutunu daha kesin sonuç almak için geliştirmiş ve geri kalan parça boyut dağılımını tanımlamak içinde Rosin-Rammler modelini kullanmıştır.

Genel olarak patlatma mühendisleri 250 mm den büyük parça boyları ile ilgilenmektedir. Çünkü bundan daha büyük olan parçalar nakliyeden kırmaya kadar bütün maden işletme ve cevher hazırlama işlemlerini olumsuz etkilemektedir. Patlatma dizaynı parametrelerinde genel olarak bu boyut maksimum olarak alınmaktadır. Fakat demir veya kömür gibi maliyetin yüzdesel skalalar ile belirlendiği ürünlerde ince tanelerde daha keskin sonuçlar elde etmek önemli bir hal almaktadır (Özdemir, 2007).

Parçalanma modellerinin en yaygın şekilde kullanılanlarından biri ampirik Kuz-Ram modelidir. Kuz-Ram modeli, Cunningham (1983) ve (1987), Kuznetsov (1973) eşitliği ve Rosin-Rammler dağılımından türetilmiş ortalama parça boyutu,  $X_{50}$ 'ye dayanır.

$$X_{50} = A \times \left( \frac{V_0}{Q} \right)^{0.8} \times Q^{\frac{1}{6}} \times \left( \frac{E}{115} \right)^{\frac{19}{30}} \quad (2.71)$$

$V_0$  = Patlatılmış kayanın hacmi (m<sup>3</sup>),

$Q$  = Şarj miktarı (kg),

$E$  = Patlayıcı maddenin gücü (% ANFO)

$A$  = Kaya faktörü

Kaya faktörü,  $A$ , kaya tipine ve patlatma yönüne bağlı olarak ortalama parçalanmayı modifiye etmek için kullanılır. Bu faktör Lilly tarafından geliştirilmiş olan (2.72) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$A = 0.06 \times (RMD + JF + RDI + HF) \quad (2.72)$$

RMD= Kaya kütlesinin cinsi = 10 (ufalanabilir ve gevrek ise), 50 (masif ise)

JF = Eklem Faktörü = JPS+JPA = Eklem düzlem aralıkları + Eklem düzlem açısı

JPS = 10 (düşey eklem aralığı,  $S_j < 0.1m$ ), 20 ( $S_j < \text{boyut üstü}$ ) veya 50 ( $S_j > \text{boyut üstü}$ )

JPA = 20 (dalım yüzeye doğru değilse), 30 (uzanım yüzeye dikse), veya 40 (dalım yüzeye doğru ise)

RDI = Kaya yoğunluğu etkisi =  $0.025x \text{ ö.ş. (kg/m}^3) - 50$

HF = Sertlik Faktörü = Elastisite modülü<sup>1/3</sup> (eğer elastisite modülü  $< 50(\text{GPa})$ ) veya  $\sigma_c(\text{MPa})/5$  (eğer elastisite modülü  $> 50 (\text{GPa})$ )

Parçalanmış kayanın parça boyut dağılımı bağıntı 2.73 kullanılarak hesaplanır.

$$P(x) = 100 \left( 1 - \exp \left( - \ln 2 \left( \frac{X}{X_{50}} \right)^n \right) \right) \quad (2.73)$$

$P(x)$  = X büyüklüğünden daha az boyutlu malzeme yüzdesi (%)

N = üniformite indeksi

X = Malzeme boyutu (m)

$X_{50}$  = ortalama parça boyutu(m)

Üniformite indeksi olan n, 2.74 bağıntısı kullanılarak hesaplanır;

$$n = \left( 2.2 - 14 \times \left( \frac{B}{D} \right) \right) \times \left( 1 - \left( \frac{W}{B} \right) \right) \times \sqrt{\left( \frac{1 + \frac{S}{B}}{2} \right)} \times \left( 0.1 + \text{abs} \left( \frac{BCL - CCL}{L} \right) \right)^{0.1} \times \left( \frac{L}{H} \right) \quad (2.74)$$

Eğer şeş beş düzenli bir tasarımsa 1.1 ile çarpılır.

B = dilim kalınlığı(m)

S = delikler arası mesafe(m)

D = delik çapı(mm)

W = delme hassasiyetindeki standart sapma(m)

BCL = taban şarj boyu(m)

CCL = kolon şarj boyu(m)

H = basamak yüksekliği(m)

L = toplam şarj uzunluğu(m)

Üniformite indeksi  $n$ , parçalanma eğrisinin şeklini tayin eder. Yüksek değerde olan  $n$  üniform bir boyutlanma verir, yani çok az miktarda ince taneler ve aşırı büyük parçalar. Genelde  $n$  0,8 ile 2,2 arasında bir değerdir (Cunningham,1983). Patlatma parametrelerinin üniformite indeksine olan etkileri Tablo 2.10.'da verilmiştir.

Tablo 2.10. Patlatma parametrelerinin  $n$  üzerindeki etkisi (Cunningham, 1983)

Parametre	$n$ artar, eğer parametre,
D.kalınlığı/delik çapı	Azalırsa
Delme doğruluğu	Artarsa
Şarj boyu/basamak yüksekliği	Artarsa
Deliklerarası mesafe/D.kalınlığı	Artarsa
Şeşbeş patern	%10 artar

## 2.7. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTU TAYİN METODLARI

Büyük ölçekli çalışmalarda, parçalanmanın, sayısal olarak tahmini oldukça zor bir işlemdir. Tam ve gerçekçi bir parça boyutu tahmin metodu; tüm yığının elek analizine tabi tutulmasıdır.

Üretim ölçeğinde, bu işlem hiç de pratik ve ekonomik olmayan uygulanamayacak bir yöntemdir. Elemeye yakın sonuç verebilecek güvenilir elemenin boyut tespitinin başka bir kantitatif analiz metodu da henüz bilinmemektedir. Herhangi bir nümerik tahminle, malzemenin parça boyut dağılımını tespit etmek patlatma optimizasyonu ve değerlendirilmesi açısından bir ileri aşama sayılmaktadır. Çok yaygın olarak uygulanmakta olan başlıca parça boyut analizi yaklaşımları aşağıda tartışılmıştır.

### 2.7.1. Görsel – Gözlemsel Analizler

Uygulamanın kolaylığı nedeniyle en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde; oluşan yığın, atımın hemen sonrasında uzmanca gözlenmekte ve subjektif bir tahminde bulunmaktadır. Genel olarak yığının üst yüzeyi, çoğu zaman yanıltıcı olabileceğinden bu teknik güvenilir değildir (Kahrıman,1999).

### **2.7.2. Fotoğraflama Tekniği**

Bu teknikle değişik analiz metotları kullanılarak yığın boyut dağılımını değerlendirilebilmektedir. Noren ve Porter (1974) patlatılan yığının %15' ini veya daha azının fotoğrafını seğerek bir ızgara ile analiz ettiler. Sonuçları, ortalama paręa boyutundan % 9,6'lık bir sapma gösterdi (Kahriman,1999).

Bu teknikteki daha ileri aşama; üç boyutlu tahmin amacıyla fotoğraf görüntü alanının içine ölçekli hedefler koymak olmuştur. Tüm bu bahsedilen fotoğraf esaslı yöntemler zaman kaybedici ve parçalanmanın doğasını sayısal olarak ifade etmede başarısız oldular. Yüksek hızlı dijital kamera kullanımıyla, parça boyut dağılımının zamanla değiştiği ortaya konulmuştur. Tekniğin uygulanmasında en önemli kısıtlamalar; gaz çıkışı, toz oluşumu, çatlak oluşumu ve yığın hareketi gibi unsurlardır.

### **2.7.3. Geleneksel ve Yüksek Hızlı Fotogrametri**

Bu yöntem, fotoğraf tekniğinden daha doğru ve güvenilir bir yöntemdir. Üç boyutlu ölçümler sağlar ve bu nedenle belirli münferit parçalar için hacim hesaplanması imkanı verir. Bununla birlikte, bu tekniğin asıl kullanım alanı; topografik lme ve jeolojik yapı ve süreksizliklerin haritalanmasıdır (Kahriman,1999).

### **2.7.4. Patar Sayımı Yöntemi**

Patlatılmış, ekskavatör kepeesine sığmayan büyük malzemelere patar (iri blok) denilmektedir. Ekskavatörün ykleyemediği kenara bıraktığı patar sayıları belirlenir ve sayılır. Bu iri blokların eni, boyu ve kalınlığı gibi boyutlar ölçülür. Patlatılan kayanın toptam miktarına göre bir patar indeksi hazırlanabilir. Bu metot, parça boyutlarının st limitleri değerlendirilirken güvenilir bir özelliktedir. Ancak ortalama ve küçük parça boyutu tahmininde yanılıcı olabilir (Kahriman,1999).

### **2.7.5. İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi**

Ekskavatör ya da ykleyicilerle yüklenemeyen iri parçalar (patarlar) ortaya çıktığında bunları parçalamak için ya çamur kaplamalı yüzeyden atım, yada delik delinmek suretiyle ikincil bir atım yapılması kaçınılmazdır. Hidrolik ekilerin bu amaçla kullanımı da söz konusu olabilmektedir. Her halükarda patlayıcı ya da enerji tüketimi söz konusudur. Patarlar için kullanılan patlayıcının toplam kaya kütlesine oranını ifade

eden bir indeks geliştirerek, bir işletmedeki nihai tasarım için, atım grupları arasında yapılacak optimizasyon çalışmalarında mukayese aracı olarak kullanılabilir (Kahriman,1999) .

#### **2.7.6. Ekskavatörün Yükleme Performansı**

Parça boyut dağılım tahmin yöntemlerinde, iyi parçalanmış bir yığının yükleme performansının daha iyi olacağı varsayılmaktadır. Herhangi bir parçalı ya da yükleme performansını etkileyebilecek yığın, zaman esaslı kronometraj kayıtlarıyla rahatlıkla belirlenebilir. Bu metotta bir yandan kepçe yükleme periyotları kaydedilirken, prosesteki kamyon yokluğu mekanik arızalar, yükleyici çevresinin düzensizliği gibi istenmeyen zaman kayıpları giderilmelidir. Bu yöntem, bir kaya birimi için en uygun patlatma koşullarını oluşturmak amacıyla muhtelif atım gruplarını karşılaştırmada, oldukça hassas çalışmalar yapmak suretiyle rahatlıkla uygulanabilir (Kahriman,1999).

#### **2.7.7. Primer Kırıcı Performansı**

Primer kırıcıların ocakta kullanıldığı durumlarda kırıcıların belirli güç tüketimleri, çene astarlarının aşınması, saatlik kırıcı performansı gibi unsurlar, atımlarda elde edilen belirli boyut dağılımına ait yığınlarla ilişkilendirilerek değerlendirilebilir. Küçük çaplı üretim faaliyetlerinde kullanılabilir. Patlatma optimizasyon çalışmalarında gereğinden iri ya da gereğinden ince parçalarla beslenen kırıcıların performans değerleri düşecektir. Bu nedenle bu teknik de rahatlıkla kullanılabilir (Kahriman,1999).

#### **2.7.8. Elek Analizleri**

Bu yöntem, en doğru ve güvenilir sayısal boyut dağılımı analizi tekniğidir. Tüm yığının komple elenmesini gerektirir. Büyük atımlarda uygulanması teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir değildir. Ancak küçük çaplı çalışmalar için düşünülebilir.

Bu yöntem uygulanırken ilk olarak çeşitli standartlara göre hazırlanmış elekler belirlenir. Yığın eleklerden geçirilir ve yığın üstünde kalan malzemenin miktarı belirlenir. Bu belirlenen miktar tüm malzemeyle karşılaştırılarak elek üzerinde kalan malzemenin yüzdesi çıkarılır. Sonuç olarak elek üstü malzemenin yüzdesi ve tanelerin boyutunu kapsayan bir grafik ortaya çıkarılır (Kahriman,1999).

### **2.7.9. Üç-Nokta Metodu**

Lulea Teknoloji Üniversitesinde geliştirilen bu metot görsel bir metottur. Bu metotta parça boyut dağılım eğrisi görsel olarak tahmin edilen 3 nokta ile taslak olarak çizilir. Bu üç nokta, 10mm'den küçük kırılmış kaya parçalarının ağırlık olarak yüzdesi,  $P_{50}$  ortalama parça boyutu ve en büyük parça boyutudur.

### **2.7.10. Parça-Numune Metodu**

Çok sayıda parçalar yığından rastgele alınır. Daha sonra parça boyut dağılımları elek analizleri ile tespit edilen numunelerin sonuçlarının istatistiksel yöntemler kullanmak sureti ile tüm yığının parça boyut dağılımı tahmin edilir. Bu metot 1940'ların sonlarında İsveç'te kullanılmaktaydı.

### **2.7.11. Görüntü İşleme Metodu**

Bu metotta, yığın içindeki parça boyut dağılımı yığın üzerinden ve/veya yığının belli kesitlerinin fotoğraflanması ile saptanır. Fotoğraflar sıradan bir fotoğraf makinesi veya video kamerası ile çekilebilir. Fotoğrafların dijitalleştirilmesi işlemi manuel veya otomatik olarak yapılabilir.

Manuel olarak değerlendirilmesi durumunda yığın fotoğraflarının dijitalleştirilmesi standart CAD yazılımı ile yapılır. Bu işlem çok zaman alan bir işlemdir, çünkü resimdeki her taşın dış hatları kaya parçalarının boyutunu bulmak için yapılacak olan ileri hesaplamalar için dijitalleştirilmelidir.

Otomatik ölçüm işleminde parçaların hatları bir bilgisayar programı tarafından teşhis edilir. Bunun için standart dijital görüntü işleme algoritmaları görüntü artırma işlemlerinin başlangıcı için kullanılabilir.

## **2.8. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PARÇA BOYUT ANALİZİ**

20 yıl evvel “Manuel Contour Delineation” denen sistemde yapılan parça boyut analizi bugün bilgisayar sisteminde geliştirilerek tam otomatik bir yöntemle yapılmaktadır. Dijital analiz programlarında tam otomatik algoritma kullanılmakta ve bu da “Partial Contour Delineation And Successive Openings” denen tekniğe dayanmaktadır. Diğer

yöntemler gibi bu yönteminde avantajları ve limitleri vardır. Bu yöntemle vasat bir bilgisayar ile 30 saniyeden daha kısa bir sürede resmin neticesini elde etmek mümkündür. Bilgisayarın resim prosesine göre ayarlanması için dijital formatının olması gerekir. Günümüzde bu artık problem olmaktan çıkmıştır, çünkü “Gray-Scale” (renksiz) resmini algoritma için ihtiyacımız kadar elde etmek aşağıdaki yöntemlerle mümkündür (Özdemir, 2004).

- Fotoğrafın taranması
- Analog kaynağın kullanılması: Video sinyali (Ccd, Cam) çeviren bir dijital tablo
- Direkt olarak kullanılan dijital kaynak: Dijital kamera
- Programların neredeyse tümü Jpeg, Tiff, Gif ve Bmp dosya formatlarına uygun resimleri kabul etmektedir.

Dijital görüntü işleme yöntemi ile parça boyut analizine geçmeden önce günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaya başlanan bu sistemin gelişimini ve kuramsal temellerini ortaya koymak konunun daha iyi anlaşılması için faydalı olacaktır.

### **2.8.1. Tarihi ve Gelişimi**

Dijital görüntü analizi (veya dijital görüntü işleme) için ilk fikir ortaya 1920’lerde resimlerin kablo ile transmisyonu konusunda ortaya atılmıştır. İlk bilgisayar ile işleme 1964’de Ranger-7 video görüntülerinde kullanılmıştır. Özellikle uzay araştırma görevleri için geliştirilmiştir. İlk çalışmalar geometrik düzeltmeler ve veri iletim hataları ile ilgiliydi. İşlemler büyük boyutta mainframe bilgisayarlar tarafından yapılmaktaydı. Bu ilk çalışmalar özellikle görüntüleme sistemleri ve bilgisayar sistemlerinin büyük maliyetinden dolayı sadece uzay projeleri ile sınırlıydı. Bilgisayar ile resim işleme yöntemi ile ilgili ilk kitap 1969’da A. Rosenfeld tarafından yazılmış ve Academic Press tarafından yayınlanmıştır (Özdemir, 2004).

### **2.8.2. Kaydedilen İlerlemeler**

Dijital görüntü işleme yönteminde asıl gelişme 1970’lerin ortalarından sonra başlamış ve bilgisayar donanımlarının gelişimini takip etmiştir. Bu gelişim sürecini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz;

**70'lerin ortası:** Süper-mini'lerin gelişimi;

- “Gardrop boyu” makineler ve PC-386'ların gücü.
- Küçük araştırma grupları için ucuz.
- İlk görüntü görüntüleme cihazları (frame stores)

**1980'lerin başı: Grafik workstation'lar** (SUN, Apollo, VaxStation);

- Entegre görüntüleyicili hızlı işlemciler (PC-386) (imaj görüntüleme problemini çözdü)
- Tek bir araştırmacı için yeterince ucuz.
- Masaüstüne “büyük bilgisayar” gücünü getirmiştir.
- Konunun gelişimine sahne olan ana zaman dilimidir. Birçok teori ve uygulama teknikleri bu dönemde ortaya atılmıştır.

**80'lerin sonu / 90'ların başı:** Süper bilgisayar grafik workstation'lar, (Sun 10/40, HP-9000, Dec-Alpha, Silicon-Graphics);

- Çok hızlı masaüstü makineler (şu anda yaygın olan 100 Mips)
- Ortak ortam (X-windows)
- Ucuz, öğretim için uygun

**2000'ler:** PC'ler çağa ulaşır. Modern Pentium makineler süper bilgisayar grafik workstation'ların gücü ve hafızasına sahiptir.

Birçok “büyük” görüntü işleme yazılım paketleri yazılmış veya PC'ye aktarılmıştır. Dijital fotoğrafçılıkta hepsi bilgisayar bazlı çok büyük büyüme olmuştur. PC sistemlerinde dijital görüntüleme şu an birçok bilimsel uygulamada rutin bir işlemdir (Özdemir, 2004).

### **2.8.3. Dijital Görüntü İşleme Yönteminin Adımları**

Görüntüyü yeniden yapılandırma;

- Sistem veya görüntüleme bozukluklarını ortadan kaldırma
- Toplanan verilerden en iyi görüntüyü tekrar yapılandırmayı amaçlar
- Tipik olarak görsel inceleme için çıktı görüntüler



#### Görüntü Analizi;

- Görüntülerin bilgisayar ile analizi
- Belirleyici özellikleri veya bölgeleri çıkarma
- Objeleri tanıma
- Yüksek seviye patern tanıma

#### Görüntü Oluşumu (Bilgisayar tarafından oluşturulan görüntü);

- Bilgisayarlı tomografi (tıbbi/astronomik)
- Boşluk sentezi (astronomik)
- Aynı zamanda CAD/CAM ve bilgisayar grafikleri

#### Görüntü Sıkıştırma ve Şifreleme;

- Doküman veya görüntünün saklanması
- Görüntü iletimi (video telefon), dijital TV
- İnteraktif video.

#### 2.8.4. Uygulama Alanları

- Uzaktan Algılama: dünya kaynakları, hava durumu, deniz yüzeyi için uydu görüntüleri.
- Denetim ve Otomasyon: robotik kontrol, üretim kontrolü, kalite denetimi, güvenlik denetlemesi
- Tıbbi Görüntüleme : X-ışını, bilgisayarlı tomografi, MRI, PET,  $\gamma$ -kamera, termal-IR, numune incelemesi.
- Astronomik Uygulamalar : Ana gözlem aracı, foton kamera, radyo görüntü oluşumu, boşluk sentezi, radyo interferometri.
- Bilimsel : Mikroskop numune analizleri, x-ışını analizleri, yüzey incelemesi, STM, AFM vb.
- Veri Sıkıştırma : Döküman depolama, veri azaltma, JPEG/MPEG, multi-media
- İletişim : Video telefon, multi-media bilgisayar bağlantıları, döküman transferi, güvenli veri bağlantıları.
- Askeri Uygulamalar : Hedef takibi, surveillance, akıllı silahlar, otomatik yol bulma, güvenli veri bağlantıları. (Özdemir, 2004)

### 2.8.5. Dijital Görüntüler

Görüntü bir nesneden ya da manzaradan yansıyan veya yayılan radyasyondur. Görüntü bilgisayarda diziler halinde saklanır, görüntüler aşağıdaki kaynaklardan elde edilebilir;

- Bir analog kaynaktan (fotoğrafik film, video sinyali)
- Doğrudan dijital olarak (CDC kamera, noktadan noktaya ölçümü)

Görüntüler dikdörtgen hatta altıgen şeklinde mümkün olmasına rağmen çoğunlukla muntazam bir karede örneklenir. Aşağıdaki şekilde 128 X 128, 8 bit bir görüntü gösterilmektedir.



Şekil 2.18. Dijital görüntü örneği

#### 2.8.5.1. Görüntü Parametreleri

- Kirlilik: Film tanelerinin etkisi, elektriksel kirlilik, ışığın kuantum doğası, veri iletim hataları, lineer olmayan dedektör sistemleri
- Gri Seviye Örnekleme: Bir görüntü noktasını veya pikseli temsil eden bit sayısıdır. Tipik olarak video kaliteli görüntü için 8-bit, tam renkli için 24-bit'tir.
- Uzaysal örnekleme: Bir örnekleme karelemindeki noktaların dağılımı ki bu da görüntü boyutunu verir. Görüntüleme sisteminin band genişliğine bağlıdır.

#### 2.8.5.2. Görüntü Uzaysal Çözünürlüğü

Uzaysal çözünürlük görüntü boyutunu ve işlenmesi gereken veri sayısını verir.

Düşük Çözünürlük: Tipik olarak 256'ya 256 pixel

- Bilgisayar görüntüsü
- Tıbbi MRI, x-ışını tomografisi
- Kızıl-ötesi tespit

Orta çözünürlük: Tipik olarak 512'ye 512.

- Video kalitesi görüntü.
- www görüntüleri (en çokta 640\_480)
- Çok ucuz dijital kameralar
- Hayat kurtarma çalışmalarında vb. kullanılan temel boyut.
- Gerçek video görüntüleri optimum 768'e 586 pikselde alınmalıdır. UK standardı

Yüksek çözünürlük: 3000'e 3000 kadar çıkabilir

- Uydu uzaktan algılama görüntüleri 3000'e 4000 piksele kadar çıkabilir
- Radar görüntüleri genellikle 3800'e 2800 çözünürlüktedir
- Foto-CD görüntüleri, en uygun dijital kameralarla elde edilmiş görüntüler.
- Bu görüntülerin çoğu 7 bantlı "multi-spectral" görüntülerdir.

Süper Yüksek Çözünürlük: 8000 X 8000'e kadar

- Baskı işi için renk ayırmada
- Sinema filmleri için bilgisayar sentezli görüntüler
- Profesyonel dijital kameralar
- Genellikle 4 renklilerin hepsi (kırmızı, yeşil, mavi & siyah)

### 2.8.6. Yöntemin Sınırları

Bu teknik, tek bir resim üzerinde hatalardan tamamen arınmış bir yöntem değildir. Gerçekte malzemenin elenmesinde istenilen ölçülere tamamen uyması beklenemez. Resimler üzerinde çalışıldığı için, parçaların görüntülerinin temini, parçaların istenilen ölçülerde uygun ölçüm sınıfına göre tespiti tam olmaz. Genelde kullanılan bir elips veya daire şekilli cisimle parça boyutuna ulaşılır. Sadece resim üzerinde görülen parçalar işleme tabi tutulur. Bunların altında kalan görünmeyen parçalar program tarafından hesaba katılmaz. Bu görünüş örneklemeyle bağlıdır. En üstte görünen yüzeydeki parçalar patlatmadan elde edilen kütleyi temsil eder. Bizim amacımız sadece tek bir yüzey ile kütleyi tahmin etmek olmayıp bütün yüzeyleri daha geniş hacimli kütle için tek örnek olarak ele almaktır. Kısmi görünen parçalar diğerleri tarafından tazmin edilen hatalar çıkarır. Bu güne kadar bu problemi program ile düzeltmek gerekli olmamıştır.

Resmin çözünürlüğünü değiştirmek en kısıtlayıcı faktördür. “Fines” adı verilen toz halindeki parçalar resim üzerinde ayırt edilemez. 3 m<sup>3</sup> bir araziye kapsayan bir resimde 6 mm’ den daha küçük parçaları görmek mümkün değildir.

### **2.8.7. Sistemin Tatbiki İçin Muhtelif Konfigürasyonlar**

Sistemin içine patlatmanın neticesinde kaya parçalarının sonuç ölçümünü sağlayan bir yöntemin ilave edilmesi gerekmektedir. Patlatmadan meydana gelen parçaların ayrıntılı olarak ölçme imkanı olmadığı için muhtelif resimler almak parçaların seçimine imkan vermektedir. Algoritmanın her resme tatbiki müstakil ölçme imkanı vermektedir. Aynı patlatmadan gelen resimler için yapılan ölçümlerin tasnifi parçalanma yöntemi için yol gösterir.

3 adet sistem konfigürasyon tatbiki mümkündür:

- Yığın konfigürasyonu : Resim doğrudan yığından çekilir.
- Kamyon konfigürasyonu : Resim kamyon veya yükleyici üzerinden çekilir.
- Bant konfigürasyonu : Resim bant üzerinden çekilir.

Bu yöntemlerden biri konusunda karar vermek esneklik, maliyet ve hassasiyet yönünden yeterli değildir. Aşağıdaki görüşleri de dikkate almak lazımdır;

- Görüntünün toplanması : Manuel veya otomatik
- Numune seçimi : Numunenin fazla olması neticeyi daha kolaylaştırır.
- Ekipman : PC dışında video teşkilatı adapte edilmesi.

Aşağıdaki iki sistemden birini seçme zorunluluğu vardır;

- Yığın yöntemi : Ucuz, esnek fakat kötü netice vermektedir.

Kamyon veya bant sistemi : Pahalı fakat iyi netice vermektedir (Özdemir, 2004).

### **2.8.8. Ölçümlemenin Geçerliliği**

Ölçümlemede belirlenen hedefi tutturmak çok önemlidir. Buradaki asıl amaç bütün parça boyutlarının karşılaştırılmasıdır. Ama bu sadece tek bir resim kullanarak olmaz. Programlar göstermiştir ki, parçalanmadaki en hassas bir değişim ve hatta sonuç gerçek sonuçlardan %10–20 hatalı bile olsa, bu olay, parçalanmanın heterojenliğinden ve özellikle patlatmadan dolayı oluşan ince toz tanelerinden kaynaklanmaktadır.

## **2.9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

### **2.9.1. Khaled M. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Mısır'da çimento fabrikasına kalker vermek için işletilen, çok faylı ve zayıf zonlu bir bölgede kalker ocağında yapılan delme ve patlatma, jeolojik karmaşıklıklar nedeniyle birçok zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Ayrıca, yakın çevrede yaşama alanı olduğu için yer sarsıntısının kontrol altına alınması oldukça önemlidir. Belirtilen koşullar uygun delme verimliliği sağlamak için yazarları bir dizi sistematik prosedürlere götürür. Bu işlemler delici makinenin optimum tipi, basamak aynası boyunca etkin dilim kalınlığının ölçümü ve deliklerin sapması değerlendirilmesinden oluşur. Ayrıca, titreşim (PPV) ve detonasyon hızı (VOD) kaydedilmiş ve patlamaların çoğu uygulanan prosedürlerin denetim için yüksek hızlı dijital video kamera ile çekilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları faylı alan içinde delmenin zorluklarını minimize etmek için kullanılmıştır, patlatma işlerinin güvenlik düzeyi geliştirilmiş ve patlama sonrası işlemler aracılığıyla patlatma sonuçları optimize edilmiştir.

Ocakta karşı karşıya kalınan zorluklar; ocak son derece fazla faylı alanda faaliyet gösterdiği için delme işlemlerindeki zorluklar, patlayıcı şarj işlemi de çok zordur; faylı deliklere daha fazla dikkatle şarj edilmelidir. Önceki patlamaların geri çatlakları bitişik blokların kayması ve tırnak problemi ile ilgili problemler ile sonuçlanmıştır. Patlatma deliklerinde enerji yeterince kalamadığı ve kolaylıkla açık yerlerden kaçtığı için kötü bir parçalanma ve stabil olmayan ayna bırakmaktadır.

Deliklerin pozisyonu, derinliği ve sapması buna ek olarak her deliğin önündeki dilim kalınlığının ölçülmesi ve kontrol edilmesi mümkün değildir. Başlangıçta patlatma deliklerinin derinliği ve pozisyonu toplam istasyonları kullanarak belirlenmiştir. Çünkü geleneksel cihazlar dilim kalınlığı, patlatma deliklerinin pozisyonu ile ilgili herhangi bir bilgi önermez. MDL Lazer-Ace ile dilim kalınlığını bulan cihaz tarama yapabilmek için ayna boyunca birçok noktanın vurulmasına izin vermektedir ve ayna profilinin görüntülenmesini sağlamaktadır. Aynadan sağlanan bütün ölçüm bilgileri etrafında dilim kalınlığını ve onun önündeki kaya hacmine göre patlatma deliklerinin dizaynında kullanılmaktadır. İlk olarak patlatma delikleri dizayn edildiği şekli ile delinir, ikinci değerlendirme aşaması kablolu Boretrak cihazı kullanılarak uygulanmaktadır. Delme performansı kontrol edilir ve sapmaların ve her deliğin azimut açısı ölçülür. Delikler ayrı ayrı veya grup olarak saptanan deliklerin aralıkları için görüntülenebilir. Bu yazılım ile gerçek delinen deliğin 3D'deki şekli, patlatma ayna profilindeki fazla dilim kalınlığı ve dilim kalınlığının altındaki tehlikeli yerleri ile entegre edilmesini sağlamaktadır.

Patlatma deliklerinin dizaynı, patlayıcı madde şarjı ve ateşleme sistemlerinde değeriklikler yapılarak karmaşık jeolojik yapısı olan kireçtaşı ocağında uygulanabilecek asgari gayret harcama ve yüksek güvenlik seviyesinde delme patlatma tekniklerinin sağlanması ve geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu tekniğin iki temel ayrılmaz parçası, ölçüm cihazları ve elde edilen verilerin uygun teşhisidir. Kontrollü delme ile ilgili olarak sapma oranı 0,05 m'den 0,01 m'ye düşmüştür. Parçalanma ve titreşim ile ilgili mükemmel sonuçlar sağlanmıştır. Parçalanmadaki gelişmelere bağlı olarak kırıcı verimliliğinde küçük ama ölçülebilen gelişmeler olmuştur (Khaled, 2008)

### **2.9.2. Kecojevic V. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Bu çalışma yanlış dizayn edilmiş patlamalar sonucunda kaya fırlamaları ile oluşan yaralanmalar ve ölümlere patlatma dizaynında nelerin etkin olduğuna değinmiştir. Yetersiz dilim kalınlığı kaya fırlamasının başlıca nedenlerinden biridir. Çok kısa bir mesafe enerjinin boşa harcanmasına neden olur, çok büyük bir dilim kalınlığı ise kayanın yanlış kırılmasına neden olur, büyük boyutta kayaların oluşmasını sağlar. Düzensiz basamak eğiminden dolayı, patlatma süresince oluşan enerji düzensizlik nedeniyle basamağın en zayıf noktasında kaçararak tehlike oluşturur.

Delme işlemi sırasındaki herhangi bir sapma, yükü artırabilir yada azaltabilir. Eğer delik amaçlanan yönden sapsa kaya fırlaması olabilir. Yakın zamana kadar, sondaj kayıtlarının toplamasının kullanışlı bir anlamı yoktu. Sondaj takımlarındaki kablolu teknolojinin uygulanması bu sorunu çözmek için yardımcı olmuştur. Delici sisteme yüklenen Global konumlandırma sistemi (GPS), delinen patlatma deliklerinin kesin yerlerini (Modüler Madencilik Sistem 2002) sağlayabilir. Delik delinme aşamasında deliklerin sapsaması için geliştirilen sisteme yer verilmiştir (Kecojevic, 2005).

### **2.9.3. Rehak T. R. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Madencilikte özellikle yüzey madenciliğinde fırlayan kayalar ve başarısız patlatmalar sonucunda kritik yaralanma veya ölüme neden olan kazalar meydana gelmektedir. Maden Güvenlik ve Sağlık İdaresi (MSHA)'dan toplanan bilgilere göre patlatma kaynaklı kazaların diğer tip madencilik kazalarına göre 11 kez daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada kaya fırlamalarının birincil nedenleri araştırılmıştır.

ABD Federal Kodu Yönetmeliği'nin (CFR), patlatma alanında, patlatma sonucu oluşan sarsıntı (şok dalgası), kaya fırlamaları ya da gazların insanların yaralanmasına neden olduğu belirtilmiş ve patlatma alanında aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğine dikkat çekilmiştir.

1. Jeoloji veya malzeme,
2. Patlatma dizaynı,
3. Dilim kalınlığı, derinlik, çap ve delik açısı,
4. Patlatma personelinin deneyimi
5. Gecikme sistemleri, toz faktörü,
6. Patlayıcı madde tipi ve miktarı,
7. Sıkılama tipi ve miktarı

Bu çalışmada, dilim kalınlığının etkilerine değinilmiştir. Yetersiz yük mesafesi basamak yüzeyinden kaya fırlamasına neden olan birincil sebeptir. Basamak yüzeyleri düzensizdir ve bu nedenle doldurulan patlatma deliğinin her noktasında düzenli dilim kalınlığı yoktur. Fizik kurallarına göre, yüksek basınçlı gazlar patlatma boyunca meydana gelir ve bundan dolayı basamak yüzeyinin en zayıf yerinden kaçarlar.

Patlatmacıların basamak aynasını görsel olarak yada lazer profil ile incelemesi gerekir ve zayıf zonları, geri çatlakları, çukurlukları, süreksizlikleri ve çıkıntıları araştırmalıdır.

Patlatma delik düzeni patlatma deliği yönündeki herhangi bir sapma dilim kalınlığını azaltabilir veya arttırabilir. Bu derin delikler için önemli bir faktör haline gelir. Basamağa doğru dikeyden hafif sapma büyük ölçüde deliğin altındaki yükünü azaltabilir.

Patlatma alanı içinde sarsıntı (şok dalgası), kaya fırlaması veya gazlar insanların yaralanmasına neden olabilir. Patlatma alanı jeoloji veya patlatılacak malzeme, patlama modeli; dilim kalınlığı; derinliği, çap ve delik açısı; madendeki patlatma deneyimi, gecikme sistemleri, toz faktörü ve gecikme başına düşen patlayıcı miktarı ve türü sıkılama türü ve miktarı gibi faktörler gözönüne alınarak belirlenir (Rehak)

#### **2.9.4. Stachura V.J. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Patlamanın yapıldığı kazılarda patlatma yalnızca parçalanmayı sağlamakla kalmaz ayrıca kayaya da zarar verir. Bundan dolayı basamağın stabilitesi azalır ve kaya düşmelerine neden olur. Kaya düşmeleri hava şartları, saha jeolojisi ve patlatmadan kaynaklanmaktadır, bunlardan sadece patlatma kontrol edilebilir.

Bu çalışma, özel delme sistemi kullanılmadan ve ekstra maliyet yaratmadan geri çatlakları engellemeyi hedeflemektedir. Patlatma dizaynında gecikmede küçük değişiklikler ile dilim kalınlığının hareketinin zamanını değiştirerek yapmışlardır.

Test için yapılan her patlatmada delik içi ve delikler arası gecikmeler değiştirilerek patlatmalar yapılmış ve bu patlatmaların sonucunda patlatma etkilerini analiz etmek için stereo fotoğraflama tekniği kullanılmıştır. Aynanın sağından ve solundan iki adet çekilen fotoğraflarda 4 hedef belirlenir, bu hedefler çekilen her iki fotoğrafta ortaktır. Bu 4 noktanın koordinatları alınır. Ayna dikey kesitli belirli aralıklarla ayna yüzeyindeki noktaların x, y, z kordinatlarını okumak için taranır ve bilgisayara girilir. Basmağın dikey profili çizilir ve her deliğin verimliliği tanımlanır.



Yapılan test patlatmaları sonucunda değiştirilen gecikme aralıklarına göre düzgün ayna ve daha az geri çatlak dilim kalınlığına bağlıdır. Çünkü gecikmede verilen zaman dilimin hareketine izin verir. Yapılan çalışmada 50 ms ve daha uzun gecikmeler veya 50-100 ms gecikmelerin kombinasyonları veya 100 ms ile kullanılmıştır (Stachura).

#### **2.9.5. Morin M.A. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Bu çalışma özellikle Monte Carlo Simülasyonu kullanımı yoluyla, kaya kütlesi özelliklerindeki değişim ve sorununu gidermek için yapılmıştır. Parçalanma sonuçlarının en iyi şekilde değiştirilmesi hedeflenmektedir. Delmede delik sapma mesafesi, dilim kalınlığı ve hizalamasına değişkenlik tanıtılabilir. Bu değişikliklerin sonucu olarak ortaya çıkan parçalanma boyutu Kuz-Ram modeli tarafından tahmin edilmektedir. Monte Carlo simülasyonu Kuz Ram modelini kullanmaktadır.

Monte Carlo yöntemi, deneysel ve istatistiksel problemlerinin çözümüne rastgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir. Bu metodlar olasılık teorisine tabidir. Metodun bir probleme uygulanması, problemin tesadüfi sayıları kullanarak simüle edilip hesap edilmek istenen parametrenin bu simülasyonlarının sonuçlarına bakılarak yaklaşık hesaplanması fikrine dayanır. Simülasyonun amacı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmektir. Monte Carlo tekniği, özel bir denemede ya da bir simülasyon çalışmasında bir ya da daha çok olasılık dağılımından rastgele sayılar seçme tekniğidir. Yöntem daha sonra çoklu integral değerlendirme problemleri gibi oldukça karmaşık olmayan problemlerin çözümüne kolaylıkla adapte edilmiştir.

Monte Carlo tabanlı simülasyon kullanarak Kuz-Ram modeli tüm bu sorunlar ve daha yakından görmemizi sağlayabilmekte ve uygun bir patlatma tasarımı oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Küçük parçalanma yüksek patlayıcı enerjisi, zayıf kaya tipleri ve daha küçük patlatma delikleri ile oluşur. Daha düzenli parçalanma ise kaya içinde düzenli dağılan patlayıcı, daha az dilim kalınlığı ve daha fazla delikler arası mesafe/dilim kalınlığı oranı ile sağlanmaktadır.

Patlatmada en kritik ve en önemli ölçü, dilim kalınlığıdır. B olarak; patlayıcı sütunu ile parçalanmış kaya kütleini temsil etmektedir. Gerçek değeri; kaya özellikleri, kullanılan patlayıcı gibi değişkenlerin bir kombinasyonuna bağlıdır. Uygun bir dilim kalınlığı tahmin etmek için KB oranı kullanılır. (KB yük / çap). Deneyimler göstermektedir ki, ortalama saha şartları için KB 30 (tipik aralığı 20-40) olmaktadır. Bitişik patlatma delikleri arasındaki mesafe, dilim kalınlığına dik olarak ölçülür ve mesafe S olarak tanımlanır. Patlayıcı şarjları arasında ideal enerji dengesi genellikle aralık boyutu neredeyse iki katı dilim kalınlığına eşittir (KS=2) şarj da aynı anda kabul edilerek tanımlanmıştır. Gerekli dip delgi (J) dilim kalınlığının 0,3 katı olmalıdır veya dip delgi dilim kalınlığı oranında olmalıdır. Sıkılama patlayıcının üzeri atıl malzeme ile doldurulan patlama tarafından üretilen gazları hapseden alıkoyan böylece parçalanma prosesini geliştiren patlatma deliğinin bir parçasıdır. Saha deneyimleri gösterir ki, 0.7 KT (sıkılama / dilim kalınlığı oranı) makul bir başlangıç noktasıdır. Parçalanma yerel jeolojik koşullardan önemli ölçüde etkilendiği bulunmuştur. Kayadaki çatlakların ve onların frekanslarının doğrultu ve eğim yönü çok önemlidir, patlayıcı maddelerin patlaması ile oluşacak çatlak yüzeylerindeki yansıma ile stres dalgaları oluşacaktır. Patlatma delik eksenine dik olan kaya kütlei süreksizliklerinin parçalanma üzerinde küçük etkisi vardır. Ancak, bunlar patlatma deliği eksenine paralel ise enerji boşa harcanır. Patlatma deliğine yakın alanlarda kırılma aşırıdır. Patlatma yönündeki yapısal koşullar pratikte çok önemlidir

Monte Carlo simülasyon modeli mümkün değer aralıklarında aşağıdaki 7 parametreyi gerektirir;

- Sağlam kayanın Serbest Basınç Dayanımı
- Sağlam kaya Elastik modülü
- Çatlak eğimi
- Çatlak eğim yönü
- Çatlak mesafesi
- Delik doğruluğu
- Basamak yüzü eğim yönü

Bu simülasyon uygulaması Kuz-Ram modelinin uygulamasına bağlı olan problemlerin cevaplandırılması için tasarlanmıştır.

Belirli ortalama parçalanma boyutunu elde etmek için toz faktörünün hesaplanması istenir. İlk yaklaşım olarak sabit parçalanma ikinci ise sabit toz faktörü adlandırılır. Bu yaklaşımda, parçalanma boyut dağılımı ve patlatma sonrası ortalama parçalanma, sabit ve bilinen toz faktörü kullanarak tahmin edilmektedir. Sabit toz faktör analizi altında simülatör girdi olarak toz faktörünü kullanmaktadır. Simülasyon sonuçları fiziksel doğrulukta ve esas olan simülasyon tahminlerini doğrulamak için sahada gözlenenlerle karşılaştırılır.

Simülatör, ilk patlatma tasarımı başka bir yardımcı araç olarak kullanıcıya yardım etmek için uygun patlatma deliği, dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe önermektedir. Her simülasyonun sonuçları daha sonraki istatistiksel analizler için geçici bir dizi içerisine depolanmaktadır. Çıkan nüfus eğilimi normal olarak dağılması için merkezi limit teoreminin sonucudur.

Simülatör belirli bir parçalanma dağılımı sağlamak için patlatma tasarım için kullanılabilir. Kaya kütlelerinin önceden tanımlanmış verilerini ve patlayıcı özelliklerini hesabın içine alarak, simülatör yürütebilmektedir. Ortalama parçalanma büyüklüğü ve yüzde geçişinin her ikisi de tanımlanmaktadır. Ayrıca patlatma sonrası arzu edilen kümülatif dağılıma bağlı olarak büyük boy ve küçük boy yüzdelere tanımlamak mümkündür. Aslında, iki nokta sabitlenerek, bütün kümülatif dağılımı tanımlamak mümkündür. Bu uygulamada, sürekli ortalama ve küçük boyut belirtilir ve simülatör uygun dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe dahil olmak üzere delme ayarlamaktadır.

Birkaç dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe kombinasyonu gerekli parçalanma dağılım için yeterli olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı patlatma dizaynı ve açık ocak madenciliğinde parçalanmanın makul hesaplamalarının sağlanması için geliştirilen Monte Carlo simülasyon programıdır. İlk iş programının uygulanabilir olduğunu göstermektir. Monte Carlo simülatörü bir değirmen için besleme boyutunun optimize edilmesi veya üretimin

minimize edilmesi için kullanılabilir. Simülatörü kullanarak farklı kaya kütlelerinde uygun parçalanmanın sağlanması için adapte edilebilmekte, farklı kaya kütleleri için tasarımlar yada parçalanmayı optimize etmek ve performansı arttırmak için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Monte Carlo simülatörü, patlatma parçalanması Kuz-Ram parçalanma modeline dayalıdır. Bütün parçalanmayı tahmin etmek için hesaba çatlakların kaya özelliklerini için patlayıcıların özellikleri ve tipi ve delme dizaynı girilir. Simulatör tarafından üretilen sonuçlar patlatma ocağından alınan gerçek parçalanma verileri karşılaştırıldığı zaman oldukça uygundur. Monte Carlo simülasyon kullanımı patlatma ile kaya parçalanması üzerindeki kaya kütlesi ve patlayıcı özelliklerinin etkileri anlayışımızı artırmaktadır. Ek olarak bu deneysel modellere güvenimizi artırmaktadır (Morin, 2006).

#### **2.9.6. Mortazavi A. ve Arkadaşlarının Çalışması**

Bu çalışmanın amacı, dinamik bir patlatma deliği genişleme modelinin geliştirilmesini tanıtmaktır. Gelişmiş modeli patlamanın geometrisinin etkileri (patlatma delik şekil, açısı ve yeri), sağlam kayanın ve mevcut süreksizliklerin fiziksel özelliklerini, dağılımını ve mevcut süreksizliklerin yönlendirilmesini ve delik basıncının dilim kalınlığı kırılmasındaki sürecine, parçalanma atımı ve yığın formasyonu etkilerini dikkate almaktadır. Yeni DDA kodu (DDA BLAST) patlatma hacmi ve zamanın bir fonksiyonu olarak patlatmanın genişlemesini anlatmaktadır. Dolayısıyla, model sadece patlatma işleminin gaz basınç fazını göz önünde bulundurmaktadır. Yeni DDA BLAST kodu; eklemli alandaki ve patlatma işlemlerindeki gaz basıncı fazından oluşan mekanizmaları tipik patlatma problemlerinin ve dilim kalınlığı kırılması işlemlerinde süreksizliklerin etkilerinin simüle edilmesini sağlamaktadır.

Süreksiz Deformasyon Analizi (DDA) blok sistemlerinin mekanik davranışlarını analiz etmek için Shi tarafından tanıtılmış bir metottür. DDA'da bloklar arasındaki etkileşimler sistemin toplam potansiyel enerjisinin minimize edilmesi ile simüle edilmiştir. DDA bilinmeyen uzaklıkların çözülmesi için kesin bir metottür. Orijinal DDA kodu tanımlamak için blok deformasyonlarını tanımlamak için birinci sırada yer değiştirme işlevini kullanır.

Detonasyon ürünlerinin interaktif davranış modellenmesi ve çevresindeki kaya patlatma analizi için ana gereksinimdir. Patlama gazlarının ideal davranmaktadır ve hiçbir ısı kaybı oluşmaz diye varsayılmaktadır. Patlamanın genişmesi üzerindeki detonasyon ürünlerin basıncı ve açılan kırıklar çevresel malzemelerin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, hacmin interaktif modellemesi (Gazların genişmesi) ve gazların basıncı sürecinin simülasyonu için gereklidir. Patlatma sırasında herhangi bir zamanda patlama gazlarının ani basıncı basit enerji yasası eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

Bu, ideal ısı hidrodinamik kodlar veya ideal patlayıcı kullanıldığındaki silindirik genişleme performansı kullanılarak tahmin edilebilmektedir. İdeal olmayan patlayıcılar, alternatif teknikler, detonasyon ürünlerinin tam bir denklemini oluşturmak için kullanılmalıdır. Uygulama üst düzey yer değiştirme fonksiyonlarının uygulaması, deformasyon karmaşık modlarının modellenmesine izin vermektedir (örneğin blok eğilmesi, dalga yayılımı, vb). Bunun yanı sıra bloklar içindeki stres konsantrasyonuna da izin vermektedir. Sonuç olarak, çeşitli kırılma algoritmaları, blok kırılma sürecini modellemek için kullanılabilir. Ayrıca, DDA metodu içinde her blok için farklı deplasman yaklaşımlarının hesaplaması yapılabilir şekilde mümkündür. Buna göre, üst düzey deplasman fonksiyonları kritik araziler için ve düşük deplasman fonksiyonları ise daha az ilgili alanlar için kullanılabilir.

Patlatma geometrisi (delik boyu, dilim kalınlığı, sıkılma) ve blok büyüklüğü, gaz etki alanı yayılımı kullanıcı tarafından modele girilebilir. DDA metodu, blok sistemi içinde maximum deplasman, maximum hız ve maximum ivmeye dayanarak seçilmektedir.

Yapılan çalışmada dilim kalınlığı hariç bütün parametreler için sabit değerler korunmuştur. Dilim kalınlığının kırılması prosesi üzerinde dilim kalınlığı mesafesinin etkisinin daha iyi olması için patlatma deliğinin hacmi ve patlatma deliği basıncı basamak patlatmasında zamana karşı izlenmiştir.

Dilim kalınlığı artmasına bağlı olarak, genişleme oranı düşmektedir ve kaya yığını biraz farklı davranmaktadır. Büyük dilim kalınlıklarının simüle modelleri (3-4 m) patlatma deliğinin genişmesi oranında bariz bir düşüş göstermektedir. Sonuç

olarak, patlatma deliğindeki gaz basıncı daha küçük dilim kalınlıklarına göre uzun süre yüksek kalmaktadır. Örneğin, 3–4 m dilim kalınlığında, dilim kalınlığının sabit direncinden ve çok sayıda blok etkileşiminden ötürü (ki çok miktarda serbest enerji), patlatma deliği daha yavaş bir oranda genişlemiştir.

Dilim kalınlığındaki bireysel bloklar birbirini etkilemekte ve yerel denge durumuna ulaşmaktadır, dilim kalınlığı bütün yığını taşımakta ve patlatma deliğinde daha fazla genişleme ile sonuçlanmaktadır. Dilim kalınlığının büyük olduğu zaman, basınçlı dilim kalınlığındaki yerel dengeye ulaşana kadar daha fazla zaman gerekmektedir.

Kısacası, simüle örnekler patlatma deliğinin genişmesinde dilim kalınlığı etkileri, delik basıncı tarihçesi, dilim kalınlığının kırılma mekanizması ve atımı açıkça göstermektedir. DDA BLAST kodu kullanarak, birinci patlatma deliği basıncı, kaya yığın eklem yapısı, kaya yığını fiziği ve mekanik özellikleri, aralık mesafesi, sıkılama kolonu verilerek, optimum dilim kalınlığı mesafesi birçok senaryo ve gözlemlenen sonuçlar için modelin çalıştırılması ile bulunabilmektedir.

Bu çalışmadaki ilk örneğin amacı, patlatma deliği duvarındaki basınç geçmişinde dilim kalınlığı mesafesinin etkilerini, genişleyen gazların açığa çıkış zamanını, patlatmadaki hacim tarihi ve dilim kalınlığı malzemesinin atımının değerlendirmek olmuştur. Elde edilen sonuçlar patlatma deliği basıncında dilim kalınlığını sabit direnç etkilerini, patlatma deliğindeki genişmeyi ve patlayıcı maddelerin açığa çıkışını açıkça göstermektedir.

İkinci örneğin amacı ise; eklemlerli yüzeylerde patlatma operasyonlarında jeolojik tabakalanmanın yataklanmasının etkilerini incelemek olmuştur. Diğer yazarların gözlemleri ile uyumlu, aşağıdaki sonuçları DDA BLAST koduyla yürütülen simülasyonlar tarafından tespit edilmiştir (Mortazavi, 2001).

Jeolojik katmanlar basamak aynasından uzağa doğru dalımlıysa;

- Basamaktan kaya yığını profili içine daha az hareket,
- Tırnak problemlerinde artış ihtimali gözlendi
- Daha az geri çatlak sağlandı, çünkü katmanlar duvarın içine doğru yataklanmıştır.

Jeolojik katmanları ayna yüzeyine doğru yataklanmışsa;

- Daha fazla geri çatlak oluşmuştur,
- Daha az tırnak olma ihtimali vardı çünkü kaya yığını gevşektir
- Daha geniş dilim kalınlığı atımı oldu ve bir sonucu olarak düz kaya yığını oluştu.

### **3. MALZEME VE YÖNTEM**

Bu tez kapsamında; basamak patlatma tasarımında, patlatma sonuçlarını verimlilik ve çevresel anlamda önemli şekilde etkileyen dilim kalınlığı parametresi incelenmiş ve dilim kalınlığının ayna boyunca gösterebildiği değişikliklerin patlatma sonuçlarına olan etkileri araştırılmıştır. Tez kapsamı boyunca yapılan basamak patlatması öncesi Lazer Profil Çıkarma cihazı ile basamak aynası taranmış ve tarama sonucunda elde edilen ayna profili, 3D-Face yazılımı kullanılarak basamak ayna modeli ve delik profilleri oluşturulmuştur. Patlatma sonrasında oluşan yığın üzerinden dijital fotoğraf makinesi ile ölçekli şekilde görüntüler alınmış ve bu görüntüler dijital görüntü işleme yöntemi kullanılarak yığınlara ait parça boyut dağılımları saptanmıştır. Kullanılan Lazer Profil çıkarma cihazı, 3D Face yazılımı ve dijital görüntüleme yazılımı Split-Desktop hakkında bu bölümde bilgiler verilmiştir.

#### **3.1. LAZER PROFİL TARAMA (MDL QUARRYMAN)**

Lazer mesafe bulucu cihazlar, son yıllarda sanayide etkin bir şekilde kullanılmaktadır. En son kullanılan modelleri 5 cm'den 500 m'lere kadar doğruluk önermektedir. Lazer mesafe bulucuların en büyük avantajı, ulaşılamayan ve tehlikeli yerlerin ölçümünde kullanılmasıdır, örneğin kayalık ve uçurumlu yüzeylerde, dayanıksız şevlerde, yumuşak madde yığınlarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

MDL Quarryman, bütün kaya yüzeyinin otomatik olarak taranmasının uygulanabilirliği ile operatör tarafından sağlanan lazer mesafe ölçme, elektro optik yatay ve dikey açı ölçümlerini ve eğim kontrolünü birleştirir.

Kullanıcının belirlediği aralıklarla tarama, operatör tarafından sağlanır. Belirli bir açıda yada sabit olarak seçilebilir.





Şekil 3.1. Lazer profil çıkarma cihazı (MDL Quarryman)

Otomatik tarama operatörün cihaz referansı alırken yardım etmezken, koordineli noktalar veya ilgili spesifik noktaların hedef alınması sıralanır, cihazın avantajları şu şekilde özetlenebilir;

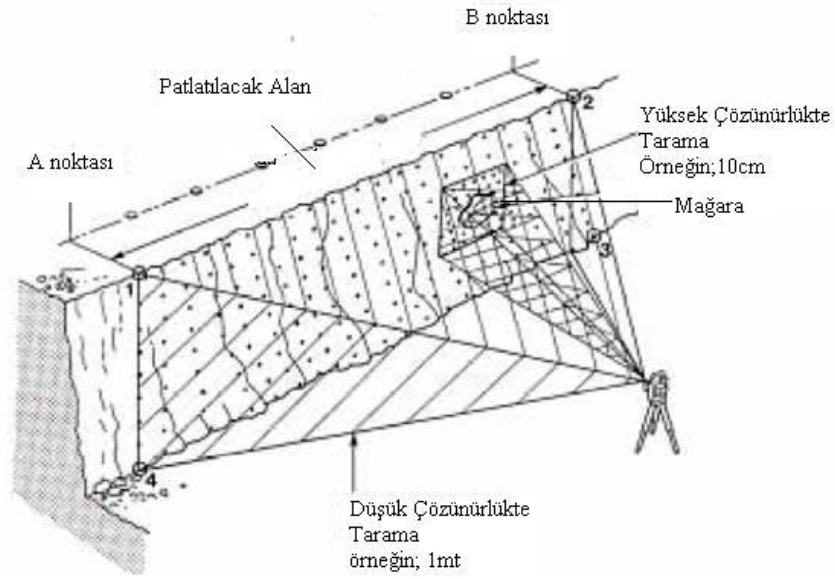
1. Büyük ölçümlerde operatörün işini azaltır.
2. Veri noktaları düzenli aralıklıdır.
3. Tarama işlemi devam ederken operatör diğer görevleri üstlenebilir.
4. Aynı bölgedeki taramalar çok yüksek derecede tekrarlanabilirliği ile uygulanabilmektedir.
5. Taranan alandaki mozaikler büyük ölçümlerde oluşanlar ile birleştirilebilir.
6. Alet sabit kurulduğu yerden kullanılabilir, aletin, telemetre veya kablo ile uzaktan kumanda edilerek başında herhangi bir operatör olmadan ölçümleri tamamlaması da mümkündür (Ball,1996).

### 3.1.1. Lazer Profil Çıkarma Cihazı (MDL Quarryman)

Patlatma mühendisleri kayaları sadece yönetilebilir parçalara ayırmamalıdır. Patlatma, minimum maliyet ve maksimum güvenlik ve mümkün olan en az çevresel etkilerde yapılmalıdır. Eğer çok fazla patlayıcı enerjisi kullanılırsa, kayalar çalışma sahasının dışında yaralanmalara hatta ölümlere neden olur.

Çok az enerji kayaların efektif olarak kırılmamasına neden olmaktadır. Patlatmanın doğruluğu için, kaya miktarı veya patlayıcı ile şarj edilen her deliğin önündeki yük bilinmelidir. Bu bilgi ile mühendisler kayadaki patlayıcı enerji yüzdesini optimize edebilirler.

Bu nedenle ilk aşamada kaya yüzeyinin dikkatli ölçümü yapılmalıdır. Bu kolay bir işlem değildir. Tipik bir kaya yüzeyi 25 m ile 100 m yüksekliğine kadar olabilir. Aynaların üstü genellikle çatlaklı ve emniyetsizdir. Son yıllarda, MDL, bu zor yüzeylerde ölçüm almak, bilgilerin işlenmesi ve kolay anlaşılabilen bir yol için güvenlik ve pratik teknikler geliştirmeye çalışmıştır. Bu teknik endüstride 'Quarryman Tekniği' olarak bilinir ve şu şekilde tarif edilir (Ball,1996).



Şekil 3.2. Lazer profil çıkarma cihazı ile arazide ayna tarama yöntemi

İki referans belirteci (Şekil 3.2.) kaya yüzeyinin üstünde kenara yakın ve aşağıdan görülür şekilde koyulur. Daha sonra, delik düzeni düzenlemeye referans olarak bu belirleyicilerden alınarak başlanılır. Cihaz, eğer mümkünse yaklaşık olarak aynanın merkezinde, ayna tırnağından ve ayna tabanından, ayna yüksekliğinin iki katı mesafede ayarlanır.

Cihaz aynayı ortalayacak şekilde kurulduktan sonra, kurulum pozisyonundan, rezeksiyon istasyonları olarak kullanılmak üzere üç hedef belirlenir. Bu noktaların, yüksek seviyede doğrulukta vurulması gerekir. İdeal olarak, yazılımdaki rezeksiyon hesaplamalarında iyi bir geometri sağlaması için noktaların, aletin etrafında eşit aralıklarda olması gerekir. Seçilen istasyon noktaları isimlendirilmelidir, örneğin; 81, 82, 83 gibi. Belirlenen istasyon noktalarından bir tanesine doğru cihaz çevirilip açılmalıdır. Cihazın yüksekliğinin ölçüldüğünden emin olunmalı, cihaz hazır olduğunda girilmelidir.

Face 01, Kod 01 gibi veri tanımlanmalı, hedef yüksekliği 000 olmalıdır. Sonra herbir referans noktası için aynı işlem tekrarlanmalıdır (Ball,1996).

Operatör; günü, tarihi ve ayna numarası gibi referans bilgilerini ölçüm dosyasına girerek cihazın yazılımını harekete geçirir. Daha fazla talep istemleri için belirteçleri ve spesifik noktaları operatör manuel olarak alır. Operatör, kaya yüzeyinin en üst sağ ve en alt sol noktalarını işaretleyerek tarama modülünü harekete geçirir. Son olarak yazılım, tarama aralığı girilmesini operatörden ister.

Tarama aralığı için kullanılabilir iki seçenek vardır;

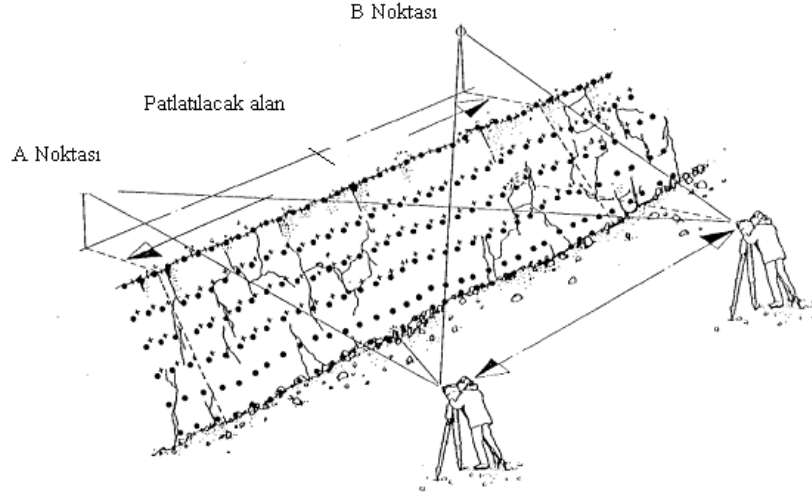
1. Kavisdeki sürekli artış ile taramak (en az artışla  $0,1^{\circ}$ ).
2. Sabit mesafe ile taramak (en az 1 cm)

Operatörün belirlediği aralıklarda tarama yapılır. Her bir tarama için cihaz referans noktalarından birine çevrilip veriler girilerek tarama için hazır hale getirilir. Aynanın genel olarak taranması, ayna üst yüzeyinin (crest) taranması, ayna tabanının (toe) taranması ve deliklerin herbirinin yerlerinin nokta vuruşu ile işaretlenmesi olarak işlemler yapılmalıdır. Her ayrı tarama için girilen veriler tekrarlanır. Aynı ayna için Face No (ayna numarası) değişmezken, Kod No'lar her tarama için ayrı numaralandırılır. Örneğin, Face 01, Kod 01 - Referans Noktaları için Kod 01 olarak alınırken, Face 01, Kod 02- Aynanın genel taraması için Kod 02 olarak alınmaktadır.

Girilen talimatların bitirilmesi üzerine cihaz ayna yüzeyini otomatik olarak tarayarak ilerleyecektir.

Tüm referans ve gözlem verileri 7000 bilgi noktası için yeterli kapasitedeki dahili RAM'de saklanır. 25 x 100 m ölçülerinde bir yüzeyin 1 metre aralıklarla taranması yaklaşık olarak 40 dakika sürer. Quarryman saatte 3.600 nokta gözlemleyebilir.

Tarama işlemi sürerken operatör genellikle diğer ölçümleri tamamlamak için veya patlatma işleri için ayrıldığında, cihaz gözetimsiz kalabilir.



Şekil 3.3. Lazer profil çıkarma cihazı ile ayna yüzeyinin farklı noktalardan taranması

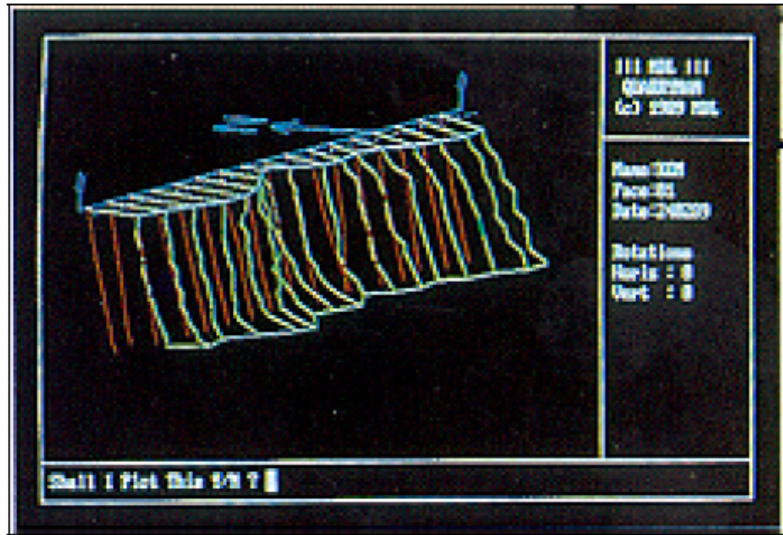
Kaya yüzeyleri karmaşık ve ağır kırıklıdır; iki veya daha fazla tarama, yüzeyin gözlem gölgelerini bertaraf etmek için aynanın iki farklı yerinden alınır. Basit ölçüm kuralları birbiri ile ilişkili olan taramada kullanılır ve bilgi işlem alanında birleştirilir. (Ball,1996)

Quarryman aletini stokların hacimsel ölçümleri için de kullanabiliriz. Tipik bir 250.000 tonluk stok bir insan tarafından yarım günde kolayca ölçülebilir. Konvansiyonel ölçümlerde Quarryman'in kullanımı uygulanabilir.

### 3.1.2. Lazer Profil Çıkarma Programı (MDL 3D Face)

Bu yazılım, lazer ölçüm sistemleri ve delik hata payı ölçme sistemleriyle elde edilen çeşitli verileri toplayarak, ayna ve ayna ile delik arasında ki kaya yüküne bağlı veriler elde etmek üzere tasarlanmış bir sistemdir. Yazılım aynı zamanda kademe bazlı çalışmalar ve basit topografik çalışmalar içinde kullanılabilir. Yazılım esnek bir yapıya sahip olup kullanıcının çeşitli ocak aynası çalışmalarıyla baş etmesinde basitten karmaşığa doğru uzanan bir çeşitlilik ve kolaylık sağlar. Kullanıcının ham verilere ulaşmasına imkan tanıyarak gerçek patlama esnasında oluşabilecek pek çok hatalı veriyi düzeltebilmesine olanak tanıyacak şekilde yazılmıştır. Yazılım günlük veri formatlama, arşivleme ve çevresel konfigürasyonlara bilgileri indirmeden önce izin verir.

Tam bir grafik düzenleme kolaylığı vardır, çeşitli görüntülerde belli hataları düzeltmek için ve patlatma parametrelerini girebilir. Bir dizi yüzey ölçümlerinin içindeki bilgileri sınıflandırdıktan sonra, rastgele sırada gözlemlenebilir ve kaya yüzeyinin grafik modeli yaratılabilir.

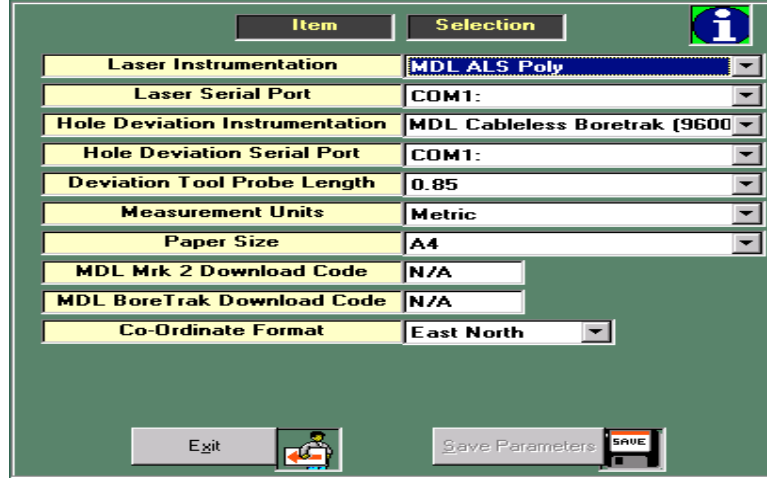


Şekil 3.4. Aynanın 3D Face ile yapılmış grafik modeli



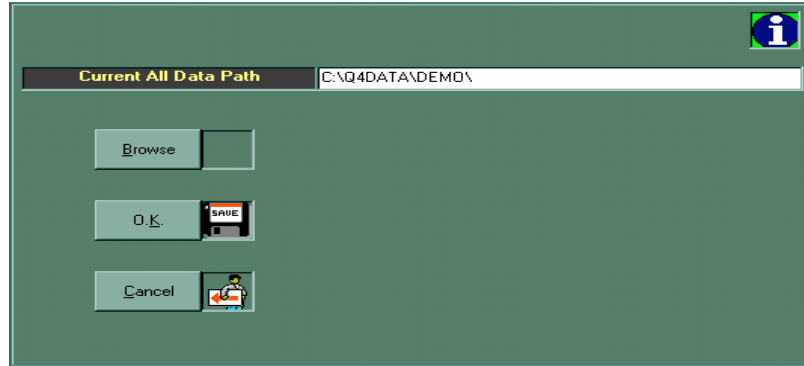
### 3.1.2.1. Veri Yolları

Kullanıcı bir delik hata payı hesaplama cihazı seçtiğinde program kullanıcıya sondaj derinliğini doğru olarak girmesi için bir uyarı mesajı verecektir. Delik derinliği yalnızca kablolama sistemlerine uygulanacak olup herhangi bir BoreTrak veri işlemlerine uygulanmaz. Seçilen ölçüm birimleri, lazer cihazının ölçüm birimleri ile örtüşmelidir.



Şekil 3.7. Yazılıma cihazın tanıtılması

Yazılım ham ve işlenmiş verileri sabit diskte depolamak üzere tasarlanmıştır. Esnekliği sağlamak amacıyla kullanıcı verilerin depolandığı ve geri çağırıldığı veri yolunu kendi seçebilir. Eğer gerekli veri yolu mevcut değilse, o zaman gerekli veri yolunun yaratılmasını içeren opsiyon program tarafından verilecektir.



Şekil 3.8. Kayıtlı verinin çağırılması modülü

### 3.1.2.2. İstasyon Modülü ve İstasyon Hesaplama

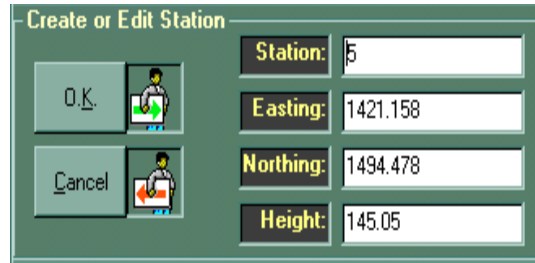
İstasyon modülü kullanıcıya, bilinen tüm istasyonların koordinatlarını içeren bir veri kurmasını sağlamayı amaçlar. Bu oluşturulan veri dosyası daha sonradan da düzenlenebilir. İstasyon veri dosyası, mevcut olarak seçilmiş olan XYZ veri dosyalarının veri yolu üzerinden okunur veya saklanır. Modül aynı zamanda kullanıcının, ileriki istasyon koordinatlarını, açı, rezeksiyon ve mesafe çalışma tekniklerini kullanarak hesaplamasına imkan verir.



Station	East	North	Height
2	1179.98	1373.91	143.36
3	1153.42	1484.61	146.48
4	1414.39	1527.05	145.08
5	1421.16	1494.48	145.05
6	1294.50	1419.51	126.41
1	1425.33	1302.39	141.43
101	1252.12	1485.01	107.43

Şekil 3.9. İstasyon veri modülü

Düzenleme düğmesi ve istasyon ekle düğmesi aşağıdaki pencereyi getirir.

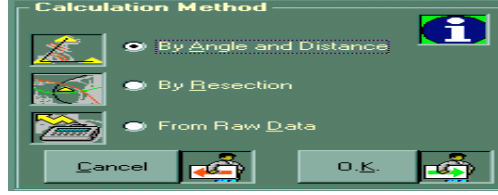


Create or Edit Station	
O.K.	Station: 5
Cancel	Easting: 1421.158
	Northing: 1494.478
	Height: 145.05

Şekil 3.10. İstasyon oluşturulması veya düzenlenmesi



İstasyon Modülü ve Hesaplamalar: Hesaplamalar düğmesini tıkladığımızda aşağıdaki pencere ile karşılaşılır.



Şekil 3.11. İstasyon modülü hesaplama menüsü

Açı ve Mesafe: Yeni istasyonun koordinatlarının, koordinatları bilinen başka bir istasyon yardımı ile hesaplanmasını sağlamayı hedefler. Bu seçeneği kullandığımızda aşağıdaki pencere ile karşılaşılır.



Şekil 3.12. Açı ve mesafe ile istasyon belirleme menüsü

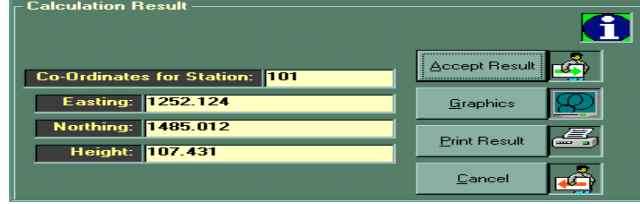
Ham verilerden Face numarası ve Kod numarasına göre istasyon noktaları seçilir ve değerler bir alt menüsünde görünür.



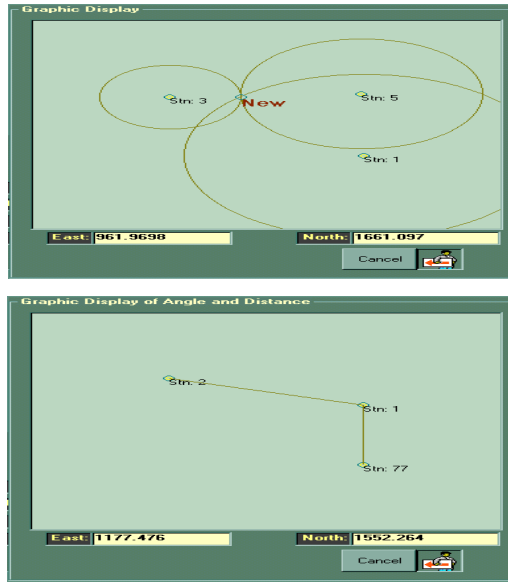
Şekil 3.13. Ham veri menüsü

### 3.1.2.3. Rezeksiyon

Bilinmeyen bir istasyondan bilinen üç istasyona yapılan gözlemleri kullanarak yeni bir istasyonun koordinatlarının hesaplanmasına olanak tanımayı hedefler. Aşağıdaki pencerede görüntülenir.



Şekil 3.14. Yeni istasyon hesaplama menüsü

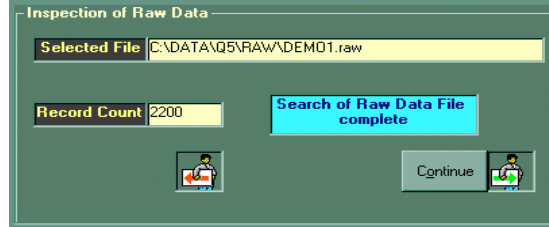


Şekil 3.15. Yeni istasyonun grafik görüntüsü

### 3.1.2.4. Ham Verilerden İstasyon Modül Hesaplamaları

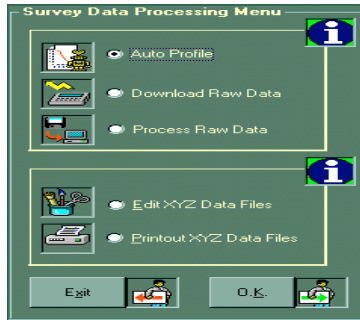
Harici bir cihazla (Husky- fs2 gibi) derlenmiş kaba verilere ulaşmayı ve herhangi bir istasyon için girilmiş gözlemleri özetlemeyi hedefler. Rezeksiyon, açı ve mesafe gibi istasyonlarla ilgili gözlemler girildiğinde, İstasyon modülünün ilgili bölümü devreye girerek gözlemleri ve diğer bilgileri görüntüleyecektir. Bu seçenek dahili bir MDL aygıtıyla girilmiş gözlemlerden oluşturulan kaba veri dosyasını (Raw Data Files) kullanmak üzere tasarlanmamıştır.

Ham veriler düğmesine tıklamak aşağıdaki gibi bir pencere ile sonuçlanacaktır. Bu pencere de kullanıcı hangi ham veri dosyasının istasyonla ilgili gözlemlere sahip olduğunu seçmelidir.



Şekil 3.16. Ham veri seçme menüsü

Lazer tarama cihazının veri girdilerinden elde edilen çalışma verileri için her türlü, işleme, yazdırma, düzenleme eylemini gerçekleştirmeye olanak tanımayı hedefler. Bu modül ham veri dosyaları yaratıp, sonraki aşamalarda bu dosyaları kullanarak, bir veya daha fazla çalışma veri dosyası barındırabilen XYZ veri dosyaları oluşturur. Çalışma veri dosyaları XYZ veri dosyaları altında tutulur ve çalışmanın farklı bölümleriyle ilgili bilgileri barındırır. Ocak aynası ile ilgili bir çalışma için örnek verecek olursak bu farklı bölümler, patlatma deliklerinin boyları, ayna tabanı (toe), aynanın üstü (crest), scan ve diğer eklentilerle ilgili bilgiler olacaktır. Ham ve XYZ veri dosyalarının barındırdığı tüm veriler lazer tarama cihazından elde edilmiş olacak olup, bu yüzden çalışma verileri pek çok farklı istasyondan toparlanabilir ve birden fazla ayna barındırabileceği gibi pek tabi olarak farklı veriler de barındırabilir. XYZ veri dosyasının düzenlenmekte ya da silinmekte olan herhangi bir gözlemlenmiş noktayı göstermek için tasarlandığını not edilmelidir.



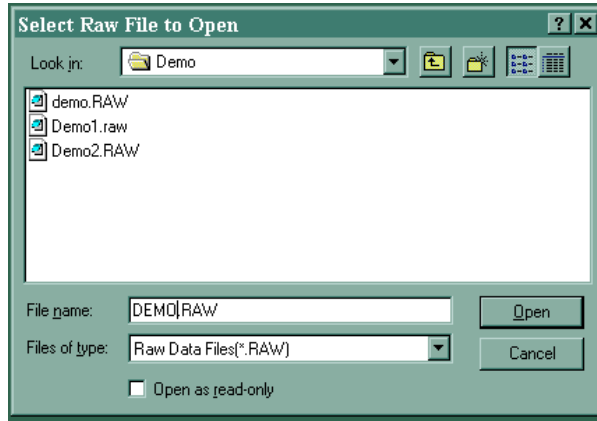
Şekil 3.17. Ölçüm bilgileri işlem menüsü

Tamam düğmesine tıklayarak seçtiğiniz öğeye ulaşabilir, Çıkış düğmesine tıklayarak ise Giriş Modülüne geri dönebilir.

Lazer tarama cihazının girdi verilerini yüklemeye yarar. Bu seçeneği kullanmanın birinci önceliğinin sistem parametreleri modülünden doğru lazer aletini seçmiş olduğuna dikkat edilmelidir ve bu seçimi doğru yapıldığından emin olunmalıdır. Doğru patlatma referansı ve doğru veri yolunun kurulmuş olması tavsiye edilmektedir.

Veri aktarma cihazında ilgili tuşa basarak yükleme işlemini başlatılır. Yükleme işlemi başarı ile gerçekleşmekteyken dikdörtgen bir kutu içinde dönmekte olan bir daire görüntüleniyor olacaktır.

Ham Veri İşleme; yüklenmiş ham verilerin işlenmesini hedefler. Yükleme işleminde olduğu gibi bu bölümde de doğru lazer tarama cihazından seçilmiş olması önemlidir. Açılan diyalog kutusu kullanıcının işleme için gereken ham veri dosyasını seçmesine olanak tanır.



Şekil 3.18. Ham verinin seçiminde kullanılan menü

Seçmiş olduğunuz ham veri dosyasını işleme koyarız. Devam düğmesine tıkladığınızda açılacak pencere ve aşağıdaki gibidir.

<b>Raw Data File to process</b>	<b>Instrument Used</b>
C:\DATA\Bob Wells\Test.RAW	MDL ALS
<b>Progress</b>	<b>Points Processed:</b>
0%	

**Survey Data File Header Information**

<b>Information from MDL Logger</b>	
<b>Code 1 (Face No):</b> 01	<b>Code 2 (Profile No):</b> 01

<b>Field Instrument:</b>	MDL ALS
<b>Date of Survey:</b>	18/08/1998
<b>Instrument at Station:</b>	
<b>Instrument Referenced to Station:</b>	
<b>Height of Instrument:</b>	1.6
<b>Height of Target:</b>	
<b>Survey File Description:</b>	

Common Descriptions  
 Custom Descriptions

**Common Survey File Descriptions**

Cancel O.K.

Şekil 3.19. Ham verilerin işlenmesi

Girilen bilgileri kullanarak verileri işlemek için Tamam tıklayarak, daha kapsamlı veriler Ham Veri dosyasından okunacak olup, yukarıda girilmiş olan kod numaraları v.s gerekli olduğunda kullanılacaktır. Arazide yapmış olduğumuz kayıtlarla beraber Kod numarasına göre ölçüm dosyanın tanımı yapılır.

Harici bir veri giriş cihazı ( husky fs-2 v.b) kullanmakta olan kullanıcılar, tüm alanları tam olarak doldurdıkları halde kod numaraları hala uygulanabilir olamayabilir. Kullanıcı böyle bir durumda bir yukarıda ki görünümde gerekli durumda bilgileri düzenleyebilir.

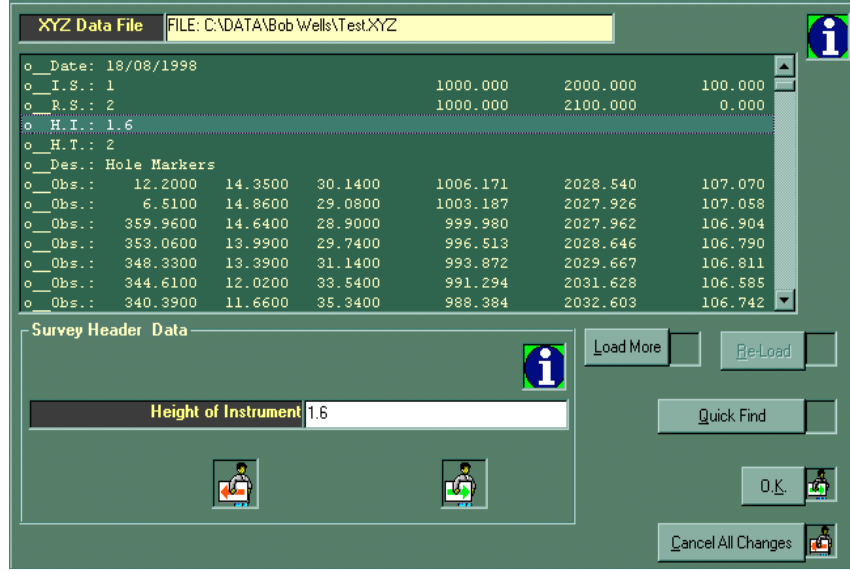
Tüm Ham Veri dosyası işlendiğinde Tamam düğmesine tıklayarak aşağıdaki görünümle karşılaşabilirsiniz.

**Raw Data Processing Completed**

<b>Survey Files Processed</b>	<b>Suggested Path for storing "XYZ" Data File</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resection</li> <li>Hole Markers</li> <li>Crest</li> <li>Toe</li> <li>Scan</li> <li>Feature1</li> <li>Feature2</li> <li>Feature3</li> <li>Feature4</li> <li>Feature5</li> <li>Feature6</li> </ul>	C:\Q4DATA\DEMO\demo.XYZ

Cancel O.K.

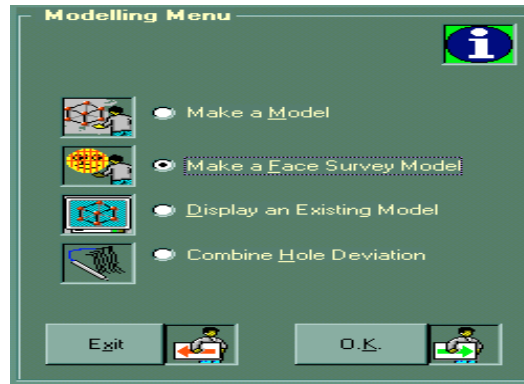
Şekil 3.20. İşlenmiş ham verilerin tamamlandığını gösteren menü



Şekil 3.21. Ham veri dosyasından alınan XYZ veri dosyası

### 3.1.2.5. Modelleme

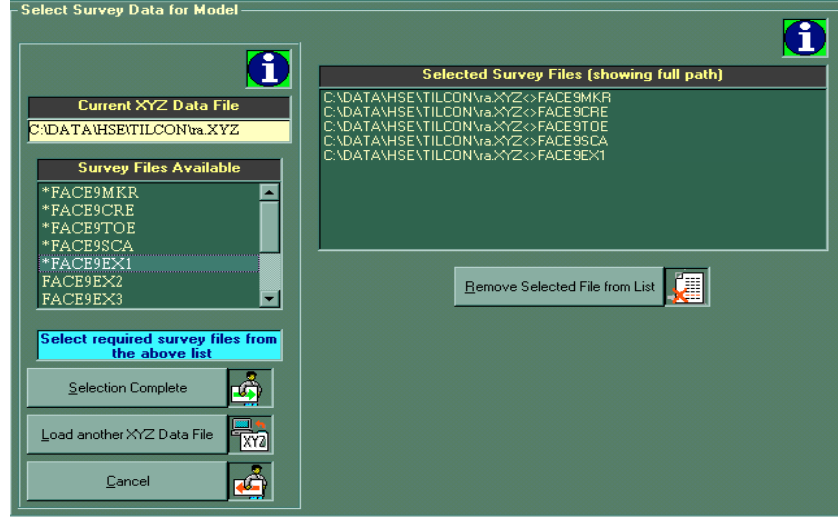
Modelleme modülü ham veriler oluşturulduktan ve XYZ veri dosyası oluşturulduktan sonra kullanılmaktadır. Modellemenin nasıl yapılacağı ile ilgili kısmı ise modelleme menüsündeki seçeneklerden kullanıcı tarafından seçilir (Şekil 3.22.).



Şekil 3.22. Modelleme menüsü

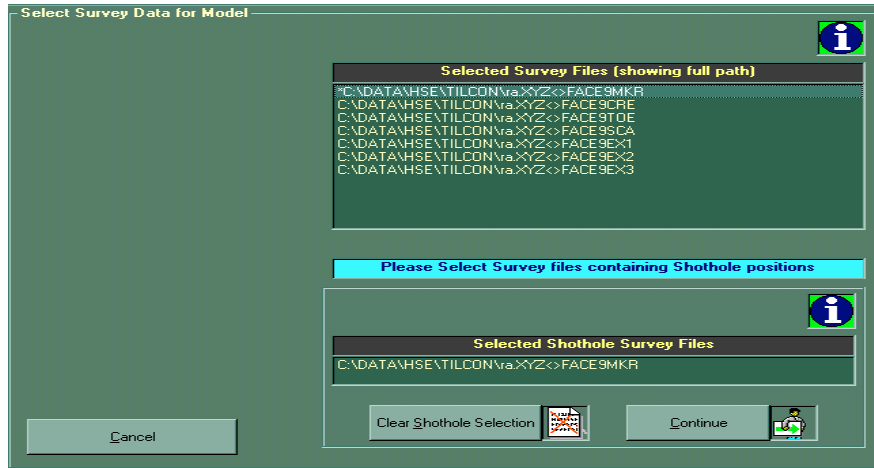
XYZ veri dosyalarının ilgili alanlarına ulaşmak için yüklenen ölçüm veri dosyalarından genel amaçlı model veya belirli ayna ölçüm modeline erişilir. Ayna modeli oluşturmak için patlatma deliklerinin yerleri ile ilgili ölçüm veri dosyalarından elde edilen bilgilerin

bir veya birkaçı önemlidir. Açılan menü kullanıcının istediği model için ölçüm veri dosyalarını içeren XYZ veri dosyalarını seçmesini sağlar.



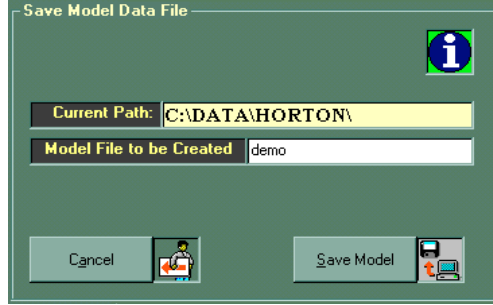
Şekil 3.23. Modelleme için ölçüm verilerinin seçilmesi

Bütün ölçüm veri dosyalarının listesi XYZ veri dosyalarından seçilir. Delik yerleri ile ilgili bilgileri içeren veriler işaretlenir. Seçilen ölçüm veri dosyası seçilmiş delik ölçüm verileri listesine aktarılır (Şekil 3.24.).



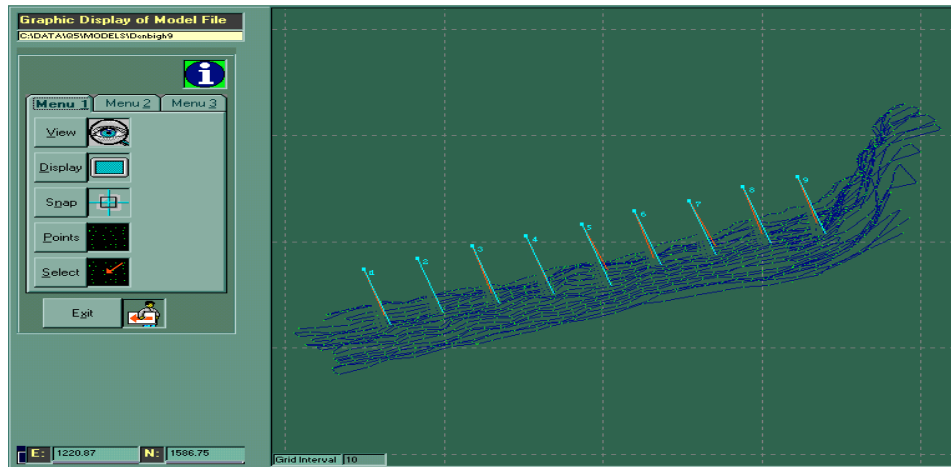
Şekil 3.24. Patlatma delik bilgilerinin seçilmesi.

Delik bilgilerinin aktarılmasından sonra oluşturduğumuz modeli kaydetmemiz için yeni pencere açılır (Şekil 3.25.).



Şekil 3.25. Model veri dosyasının kaydedilmesi

Önceden oluşturulmuş Model veri dosyasına ulaşmak ve sonra grafik olarak görüntülenmesi. Modeller farklı amaçlar için oluşturulur. Ocak aynasının profili, hacmi veya genel amaçlar için. Sonraki bölümdeki birkaç seçenek diğerleri yalnız modellerin belirli tiplerine uygulanırken bütün modellere uygulanacaktır. (modeldeki patlatma deliğinin açısı) Şekil 3.26.'da ocağın ayna ölçümlerini ve deliklerin yerlerini göstermektedir.



Şekil 3.26. Modelin grafik olarak görünümü



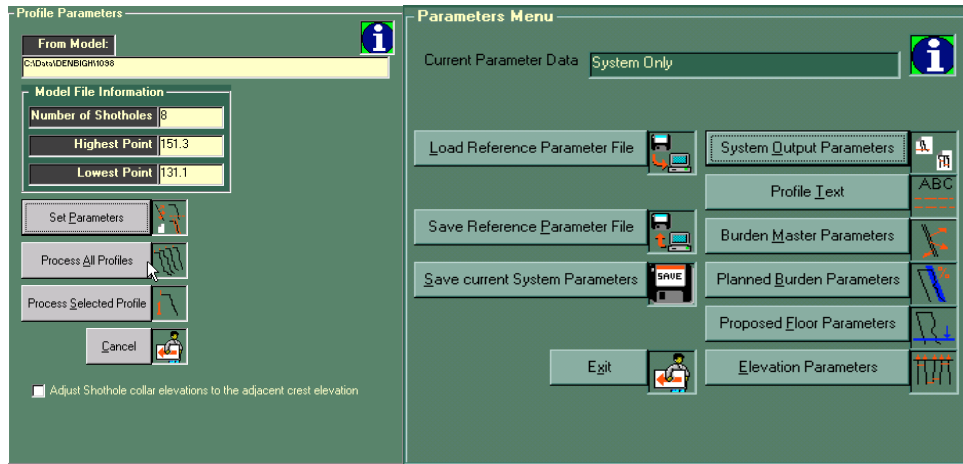
Eğer model değiştirilecekse yada bilgi eklenecekse kullanıcıya model bilgilerinin değiştirilmesi için yazılım, çeşitli menü seçenekleri sunmaktadır (Şekil 3.27). Bu menüler üzerinden model üzerinde birçok değişiklik yapılabilir.



Şekil 3.27. Model üzerinde yapılacak değişiklik menüleri

### 3.1.2.6. Profil Modülü

Belirli yüzey ölçümleri ve profil bilgilerinin özetlerini içeren model veri dosyasına erişilir. Burdan oluşturulan modeller yüklenir. Profilin konumu patlatma deliklerinin konumuna göre ayarlanır. Profil modülü profil özetini ve ayrıca basılacak ve plot olarak raporda verebilmektedir.

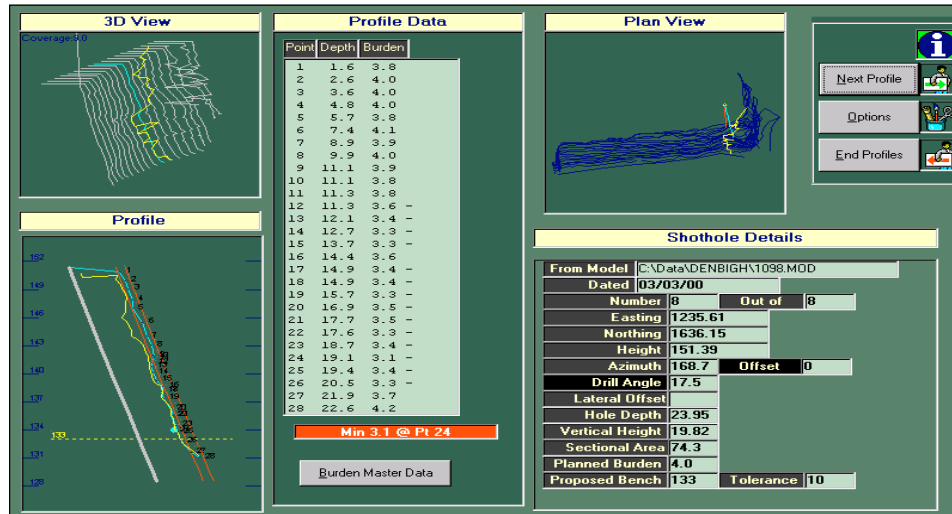


Şekil 3.28. Profil parametreleri ve parametre menüleri

Profil parametreleri menüsü dikkatli kullanılmalıdır. Herbir deliğin konumu, başka yöntemlerle ölçülen bilinen yüksekliğinin dikey hedefi için dizayn edilir. Profil verilerinin çıktısı ve işlenmesi için gereksinimler kurulur. Parametre menüsünden gerekli değişiklikler yapılabilir.

Şekil 3.29. Dilim kalınlığı ayarları menüsü

Bu açılan menüden dilim kalınlığı parametreleri üzerinden değişiklik yapılabilir. Dikey ve yatay kesitlerin mesafeleri planlanan dilim kalınlığı mesafesi bu menülerden giriş yapılır.



Şekil 3.30. Grafiksel profil görüntüsü

Grafiksel profil görüntüsü 6 bölümden oluşmaktadır;

3D Görünümü: Etkin dilim kalınlığını ve dilim kalınlığı ile kaplanmış ayna yüzeyini göstermektedir. Mavi çizgi ayna önündeki profili, yeşil çizgi ise Burden master ile tanımlanan zayıf dilim kalınlığını temsil eder.

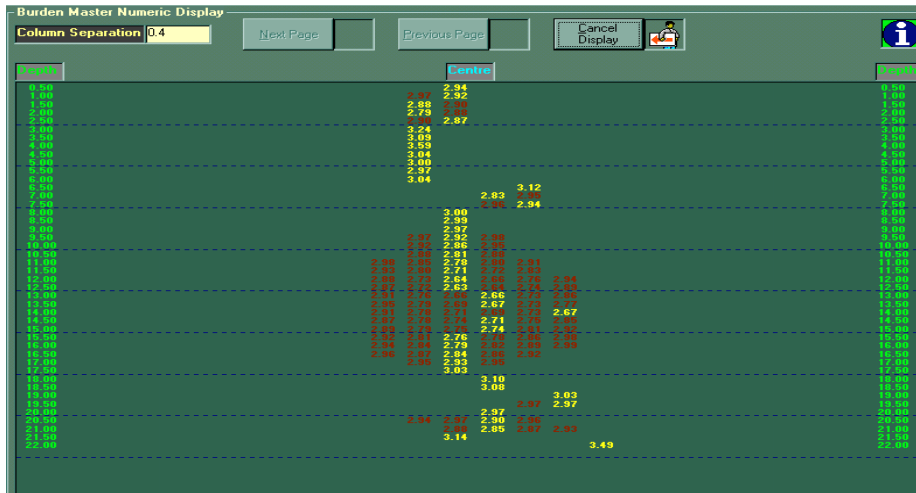
Profil: Mavi profil direk deliğın önününün bulunması için, yeşil olan sadece etkin dilim kalınlığını gösterir ve zayıf dilim kalınlığı profilini temsil eder. Her nokta dikey düzlem ile oluşturulmuştur. Delikler aynı azimutda olur ve kullanıcı tarafından girilir.

Profil/ Dilim Kalınlığı Verileri: Çizilmiş profilin nümerik detaylarıdır. Bu veri delik önündeki direk profilden oluşan veya seçilen seçeneklere bağlı olarak Burden master tarafından oluşturulmuş zayıf dilim kalınlığı profilinden oluşan veridir.

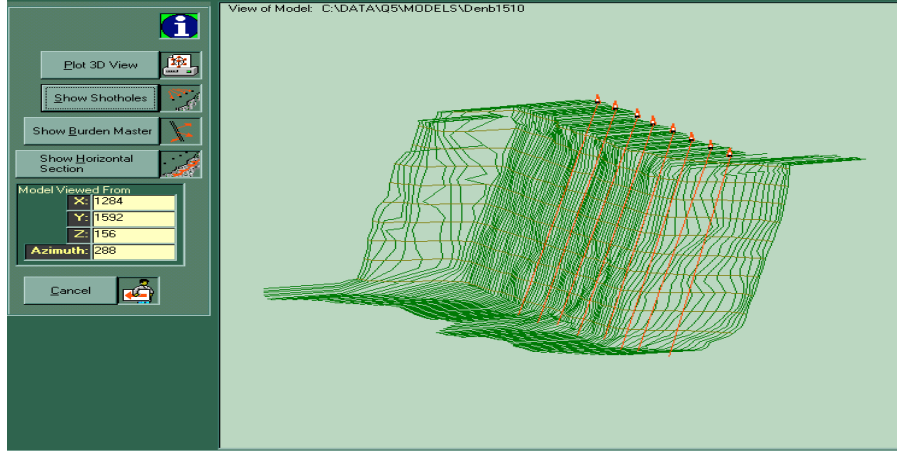
Plan Görünümü: Aynayla ilişkili olarak delik yerlerini gösterir ve mavi ve yeşil çizgi delik önündeki profili göstermektedir.

Menü: Sonraki profile geçiş için, parametre değişiklikleri ve profil modundan ayrılmak için kullanılır.

Delik Detayları: Deliklerin konumuna bağlı olarak genel detayları ve delikleri gösterir. Sarı ile her derinlik için minimum dilim kalınlığını gösterir ve bu zayıf dilim kalınlığını temsil eder.



Şekil 3.31. Dilim kalınlığının nümerik grafiği



Şekil 3.32. 3D görünümünün grafiksel görünümü

### 3.2. SPLIT DESKTOP DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME SİSTEMİ

Günümüzde parçalamanın değerlendirilmesinde etkin metot, kaya kırıntılarının dijital görüntülerinin elde edilmesi ve bu görüntülerin dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmesidir. Büyük miktarlarda görüntüleme uygulanamaz olduğundan, patlatma sonrası parçalama durumunda parçalamanın hesaplanması için tek pratik metot budur. Kırılma sonrası parçalanma halinde görüntüleme rutin olarak kullanılmakta ama dijital görüntü işleme ile parçalamanın sürekli bazda değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Arizona Üniversitesi'nde parçalamanın değerlendirilmesi için görüntü işleme tekniklerinde, 1990' dan 1997' ye kadar gelişmeler gerçekleştirilmiştir. 1997' den sonra ise geliştirme çalışmaları Split Mühendislik, LLC'de sürmüş ve profesyonel Split-Online sistemleri dünya üzerinde 38 yere tesis edilmiştir (Özdemir, 2004).

Split madencilikte çeşitli kaya kırma aşamalarında kaya parçacıklarının boyut dağılımını belirleyen bir görüntü işleme yazılımıdır. Split-Online ve Split-Desktop olmak üzere iki değişik sürümü vardır. Split-Online çalışan konveyör bandı boyunca veya sürekli olarak görüntülenmesi istenilen diğer uygun yerlere kamera yerleştirilerek kaya parçacıklarının sürekli izlenmesi için geliştirilen bir yazılımdır. Split'in bir kişisel bilgisayar sürümü olan Split-Desktop patlatma sonrası yığından alınan görüntülerin kişisel bilgisayarda analiz edilebilmesine olanak sağlayan bir yazılımdır.

Split-Online ve Split-Desktop yazılımları boyut küçültmenin yer aldığı bütün alanlarda boyut dağılımını hesaplayabilir. Bu alanlara basamak patlatmasında parçalanma; birincil, ikincil ve üçüncül kırıcıların besleme ve ürün; bilyalı, çubuklu değirmen besleme dahildir. Split-Online ve Split-Desktop yazılımları görüntülenebilir kaya parçacıklarının boyut dağılımının ve ince malzeme yüzdesinin hassas olarak hesaplanmasını sağlar.

Bu tez çalışmasında da uygulama aşamasında kullandığımız Split yazılımının görüntü işlemede kullandığı temel adımları şu şekildedir;

- Dijital görüntülerin otomatik ya da manuel yolla elde edilmesi
- Görüntülerin ışıklandırma problemlerin düzeltilmesi ve kabul edilemez görüntülerin görüntülenmesi için ön işleme
- Kırıntıların her bir dijital görüntü işleme algoritması içinde betimlenmesi
- Her bir görüntüde üç boyutlu partikül hacimlerinin belirlenmesi için iki boyutlu partikül alanlarına istatistiki algoritmaların uygulanması
- Ortalama dağılım için çeşitli görüntülerin birlikte işlenmesi (değişik ölçülerde çekilen görüntüleri de kapsar)
- Çıktı verilerin ekrana, hard diske ve ağ kontrol sistemlerine aktarılması

Yazılım için gerekli görüntüleri elde etmek için dijital kamera yada tarayıcı ile sayısal görüntü haline getirilebilecek fotoğraf gereklidir. Yüksek çözünürlükte görüntü alabilen dijital kameralar tavsiye edilir. Bilgisayarda dijital görüntüleri kameradan bilgisayara aktarabilecek yazılım da mevcut olmalıdır.

Split-desktop sistemindeki ilk aşama, kullanıcının arazide görüntüleri elde etmesi ve bu görüntüleri bilgisayara aktarmasıdır. Bu görüntülerin kaynağı patlatma sonrası oluşan yığın, yüklü kamyon, stok bölgesi, döküm sahası, konveyör bant ve buna benzer net olarak kaya parçacıklarının görüntülerinin alınabileceği yerler olabilir. Split yazılımı kullanıcıya ilk önce görüntünün doğru bir şekilde ölçeklenmesi konusunda yardımcı olur. Split daha sonra her görüntüdeki kaya parçacıklarını otomatik olarak bölümler ve kaya parçacıklarının boyut dağılımını belirler.

Split Desktop yazılımının beş ana kısmı vardır. Yazılımın ilk kısmı, araziden alınan görüntülerin ölçeklenmesi. İkinci kısmı, işlenen her görüntüdeki kaya parçacıklarının bölütlenmesi ile ilgilidir. Üçüncü kısım, daha iyi sonuçlar elde etmek için bölümlenen görüntüye kullanıcının müdahale etmesini sağlar. Yazılımın dördüncü kısmı, bölümlenmiş parçacıklardan alınan bilgilere dayalı olarak boyut dağılımının hesaplanmasını içerir. Son olarak, beşinci kısım, boyut dağılım sonuçlarının ekranda gösterilmesini oluşturur.

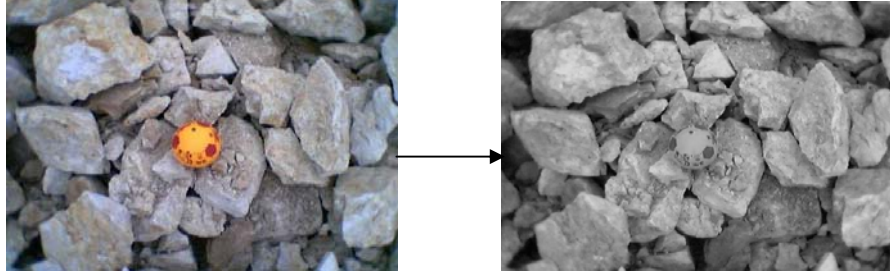
### **3.2.1. Görüntü Elde Etme ve Ölçeklendirme**

Patlatma sonrası oluşan yığından görüntü alınacağı zaman kamera eksenine göre eğim açısının düşünülmesi gerekir. Eğer bu açı dik değilse, eğim tabanından tavanına kadar ölçek değişir. Ölçeği düzeltmek için değişik yöntemler vardır. Split yazılımı bütün değişik görüntü elde etme yöntemlerinde kullanılan ölçeklemeyi yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. En basit yöntem, aynı çaptaki iki topun yığının eğimini gösterecek şekilde birisini görüntünün tabanına diğerini tavanına yerleştirmektir. Bu yöntemle dikey ölçekleme hataları önlenir. Görüntülerde kenardan kenara biçim değiştirmeyi ortadan kaldırmak için görüntüler eğimin taban hattına dik olarak alınmalıdır.

Görüntüler her yığından geniş, orta ve küçük ölçek olmak üzere üç ölçekte alınmalıdır. Geniş ölçek (6x6 m) iri parçaları (>20 cm) ve ince malzemeleri içerir. Orta ölçek (3x3 m) 5 ile 20 cm arası malzemeleri içerir. Eğer ince malzeme dağılımı istenirse küçük ölçekte (<5 cm) görüntüler alınmalıdır. Eğer ince malzeme boyut dağılımı ile ilgilenilmiyorsa küçük ölçekte görüntü almak gerekmez ve bu aralıkta Schuhmann dağılımı kabul edilebilir. Her ölçekte eşit sayıda görüntü alınmalıdır. Her patlatmadan alınan görüntü sayısı patlatmanın büyüklüğüne bağlı olarak 8 ile 20 arasında değişmelidir.

Görüntü alınmada ışıklandırma çok önemlidir. Mümkün olduğunca görüntüde düzgün ışık ve çok az gölge olmalıdır. Görüntü analizi için resmin, kaliteli ve rahat görülebilir olması gerekmektedir bu yüzden resim çekilirken ışık durumu ve netlik iyi ayarlanmalıdır (Özdemir, 2004).

Resimlerin programa aktarılması, program açıldıktan sonra resimler “file” menüsünden çağırılıp programa aktarılırlar.

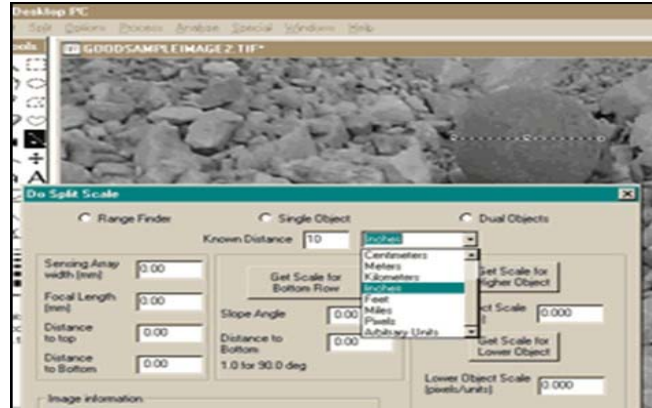


Şekil 3.33. Resmin programa ilk aktarılışı

Program Şekil 3.33.'de görüldüğü gibi orijinal resmi direk olarak “Gray-Scale” yani siyah beyaz halde açmaktadır.

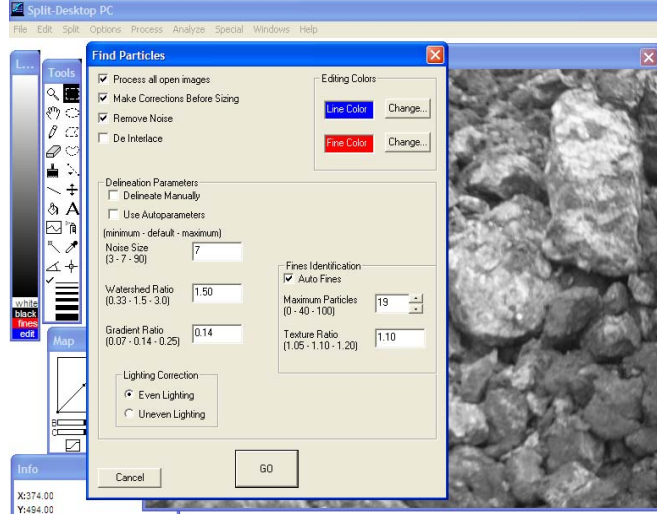
### 3.2.2. Kaya Sınırlarının Çizilmesi

Resim programa aktarıldıktan sonra ölçeklendirme çubuğu yardımıyla boyu belli olan topun ya da başka bir malzemenin boyu programa girilir (Şekil 3.34.).



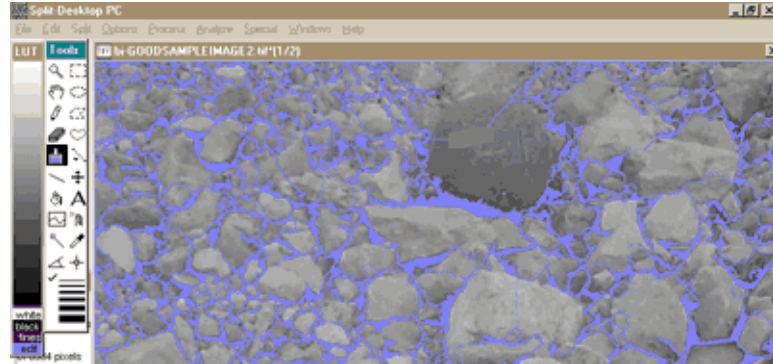
Şekil 3.34. Görüntünün ölçeklendirilmesi

Parçaların analiz edilmesi; çeşitli hassasiyet ayarları girilerek, programın görüntüdeki parçaları tek tek ayırması için komut verilir. (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Parçacıkların program tarafından tespit edilmesi

Programın çalışma şekli kaya parçaları arasındaki sınırları belirleyip uzunlukları ölçmesi prensibine dayanır. İşlem yapıldıktan sonra program parçalar arasındaki bu sınırları 2 boyutlu olarak çizer. Taneler arasındaki sınırlar ve hesaba katılmayacak kadar küçük tozların rengi ise kullanıcı tarafından bu bölümde programa girilir (Şekil 3.36).



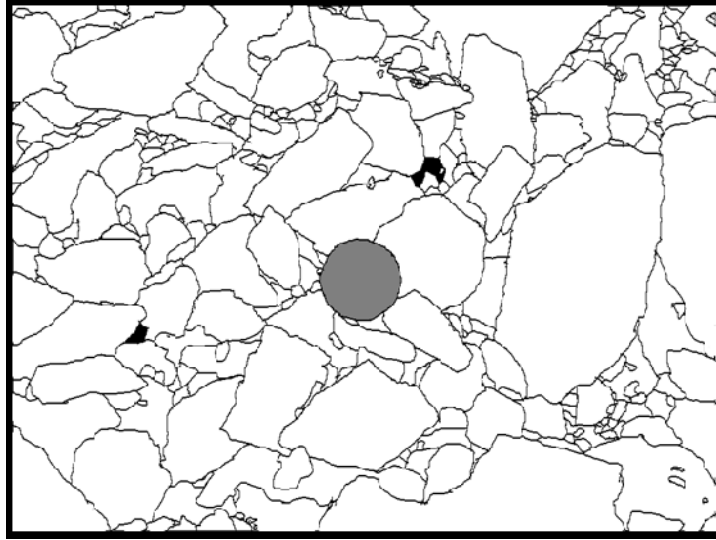
Şekil 3.36. Program sınırları belirlendikten sonra oluşan görüntü

Sınırların kullanıcı tarafından düzeltilmesi; program ayırma işlemini yaptıktan sonra kullanıcıya hatalar ve yanlış sınırları düzeltme konusunda fırsat vermektedir. Bu programın en önemli aşamalarından biridir. Resmin çekildiği ortamın ışığı veya resmin kalitesi her koşulda iyi olmayabilir. İşte bu yüzden program bazı resimlerde tam ayırma



yapamamaktadır. İşlem yapılan her resim dikkatlice incelenmeli, yanlış sınırlar ve hatalar kullanıcı tarafından giderilmelidir. Bu işlem sonunda da aşağıda şekil 3.37.'deki işlenmiş resim elde edilir.

Otomatik sınır çiziminin sonucu iki gri seviyesinden (siyah ve beyaz) oluşan bir görüntüdür. Bölütlemiş görüntünün beyaz kısımları kaya parçacıkları, siyah kısımları ise arka plandır. Siyah alanlara parçacıklar arasındaki boşluğun yanı sıra sınırları çizilemeyecek kadar küçük ince malzeme oluşturur. Bu alan ince malzemenin belirlenmesi açısından önemlidir.



Şekil 3.37. Sahadan alınan bir fotoğrafın işlenmiş hali

### 3.2.3. Sınırları Çizilmiş Görüntü Üzerinde Düzenleme Yapılması

Bazı durumlarda patlatma sonrası yığından, yüklü kamyon dan ya da başka kaynaklardan alınan görüntülerde Split bazı kaya parçacıklarını tam olarak bölütleyemez. Bunun sebepleri kötü görüntü kalitesi, ışık durumunun zayıf oluşu, görüntüde çok fazla ince malzeme olması olabilir. Kullanıcı bu durumda yazılımın düzenleme araçlarını kullanarak bölütleme kalitesini arttırabilir. Düzenleme işleminin gerekli olduğu üç durum vardır. Birincisi, bir kaya parçacığında kaya dokusu, tabakalanma, vb. kaynaklanan çok fazla görüntü varsa yazılım bu parçacığı birden fazla sayıda parçacıklara bölebilir. İkincisi, görüntüde büyük bir toz kümeleşmesi varsa

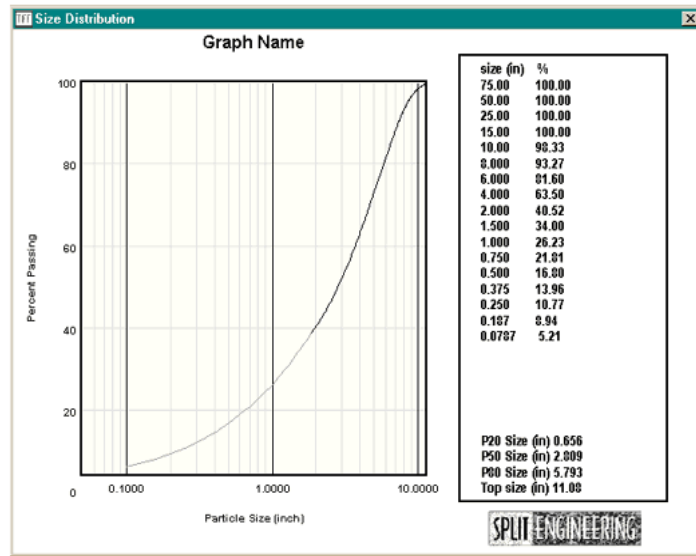
yazılım bunu tek bir kaya parçası olarak alır. Üçüncüsü ise gerçek boyut dağılımını etkilememek için ölçeğin görüntüden çıkarılmasıdır.

Split yazılımının düzenleme araçlarıyla kullanıcı yukarıda belirtilen sebepler yüzünden oluşan sorunları giderebilir. Kullanıcının en çok kullandığı araçlar ince tanelerin boyanması, istenmeyen bölütlenmeleri silmek ve ölçekleri kaldırmaktır. Kullanıcı yeterli tecrübe kazandıktan sonra görüntüyü üç dakikadan daha kısa bir sürede düzenleyebilir.

### 3.2.4. Boyut Dağılımının Hesaplanması ve Sonuçların Sunumu

Görüntüdeki her parça bölütlendikten sonraki aşama kaya parçacıklarına ait karakteristikleri kullanarak boyut dağılımını hesaplamaktır. Bu karakteristikler her parçacığın alanı ve boyutları ile görüntüdeki siyah alandır. İkinci aşama ise ince malzemelerin gerçek dağılımını belirlemektir. Split'in içerisindeki Schuhmann ve Rosin-Rammler dağılımları ile ince malzemelerin dağılımını belirlemek mümkündür.

Programın bu aşamasında program, işlenmiş resme göre boyut dağılımını hesaplayarak grafik olarak bize sonuçları verir (Şekil 3.38.). Burada sonuçlar alınırken istenen grafik sisteminin “log-log” ya da “lineer-lineer” olması program tarafından kullanıcı tercihinine bırakılmıştır.



Şekil 3.38. Parça boyut dağılım analiz sonucunun alınması

Aynı şekilde sonuçlar kısmında verilen elek sistemini belirlemek, hatta istediğimiz boyalarda elekler yerleştirmek, yine bize bırakılmıştır.

Programın “Split” menüsünde dikkat edilmesi gereken parametreler şu şekilde özetlenebilir;

*Noise Size:* Küçük parçaların durumuna göre; çoksa 3, azsa 80-90, ortaysa 25 alınır.

*Watershed Ratio:* 0,33-3 arası olabilir. 3' e doğru gidildikçe daha az ayırma yapılır.

*Gradient Ratio:* Genelde 0,14 alınır. Bu değer arttıkça daha az ayırma yapılır.

*Percent Fine Adjustment:* Yığındaki küçük tanelerle alakalı bölümdür. Bu tanelerin sayısı çoksa yüksek değer, azsa düşük değerler verilir. (0-100 arası)

*Graph Output:* Bu bölümde istenilen grafik tipi seçilir. Bu lineer ve logaritmik gösterimin x ve y eksen konfigürasyonları olarak seçilebilmektedir. (Özdemir,2004)

## **4.BULGULAR**

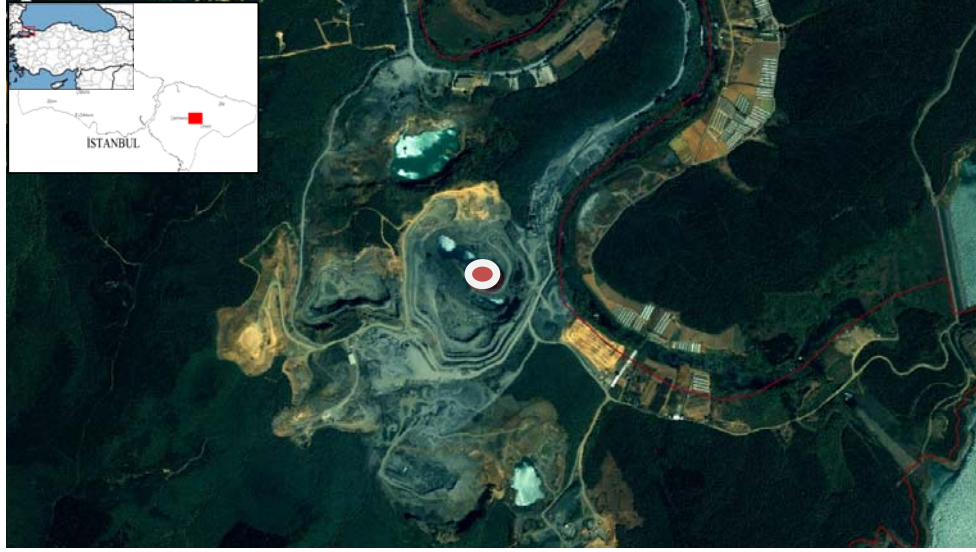
### **4.1. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ**

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, arazi çalışmaları ve yapılan analizler olarak iki bölüme ayrılır. Arazi çalışmaları kısmında, Koç Hafriyat ve Haktaş Madencilğe ait taşocaklarında yapılan patlatma çalışmaları incelenmiş, patlatma basamak aynası Quarryman Lazer Profil çıkarma cihazı ile taranmış, patlatma sonrası oluşan yığın üzerinden aynanın değişik bölümlerini temsil edecek şekilde ölçekli dijital görüntüler alınmıştır. Saha çalışmaları tamamlandıktan sonra elde edilen basamak ayna profil verileri Face 3D yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Aynı şekilde yığından alınan ölçekli görüntüler Split Desktop yazılımı ile işlenmiştir. Face 3D programı ile işlenmiş veriler sayesinde her delik için ayna boyunca değişik yüksekliklere denk gelen pratik dilim kalınlıkları saptanmıştır. Bir dijital görüntü yazılımı olan Split Desktop programı kullanılarak işlenen yığın görüntüleri sayesinde patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı detaylı olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda, patlatmalara ait veriler Kuz-Ram parçalanma tahmin modeline girilmiş verilen parametrelere göre oluşacak yığının parça boyut dağılımı tahmini olarak tespit edilmiştir. Lazerli tarama sonucu elde edilen ayna boyunca değişiklik gösteren dilim kalınlıklarına bağlı olarak Kuz-Ram tahmin modelinde elde edilen tahmini parçalanma ile patlatma sonucu oluşan gerçek parça boyut dağılımı arasındaki farklılıklar ortaya koyulmuş ve basamak ayna profiline bağlı olarak değişen dilim kalınlıkları ile yığının parça boyut dağılımı arasındaki ilişki incelenmiştir.

### **4.2. ÇALIŞMA SAHALARI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER**

#### **4.2.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Çalışma Sahası İle İlgili Genel Bilgiler**

Tez kapsamındaki arazi çalışmaları Koç Hafriyata ait İstanbul ilinin 30 km doğusunda bulunan Çekmeköy ilçesi Ömerli mevkiindeki taş ocağında yapılmıştır.



Şekil 4.1. Ömerli (Koç Hafriyat) taşocağının uydu görüntüsü

#### 4.2.1.1. Bölgenin Jeolojik ve Petrografik Yapısı

Bölgede paleozoik, mesozoik, senozoik yaşlı sedimanter kayalar ve kretase filisinin içinde arakatki olarak bulunan andezit birimleri yer almaktadır. Ömerli bölgesinde triyas yaşlı litoloji Karakiraz formasyonu olup kireçtaşı, dolomitli kireçtaşından oluşur. Kretaseyi ise andezit, ara seviyeli kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve marndan oluşan Bozhane formasyonu temsil eder (Kozacı, 2000).

Triyas yaşlı Karakiraz formasyonu İstanbul'un kuzey-doğusundaki Ömerli-Hüseyinli bölgesinde işletilmektedir. Bu formasyon dolomit ve dolomitik kireçtaşları ile karakterize edilir (Zarif, 2003).

Sarıyer Formasyonu'nun alt birimini oluşturan Bozhane Üyesi, başlıca kumtaşı-şeyl ardışığından oluşur. Kumtaşı, koyu yeşilimsi, ayrıışmış küllengi-açık kahverengi yeryer kızılımsı, orta-kalın ve düzgün katmanlıdır; alt düzeylerde çakıl ve çakılcıklı orta-kaba kum boyu, üst düzeylerde ise ince-orta kum boyu gereç egemendir. Başlıca, yarı yuvarlanmış yuvarlanmış kuvars, mika, feldspat, az mafik mineral, seyrek gloconi ve kuvarsit, çakmaktaşı, kireçtaşı, kumtaşı türünden litoklast kapsar. Yer yer, kömürleşmiş bitki kırıntılıdır. Kumtaşı katmanları değişen kalınlıkta şeyl aralanma gösterir (İBB, 2005).

#### 4.2.1.2. Kaya Mekaniği Deneyleri

Kayanın özelliklerini belirlemek için çalışma sahasından alınan temsili örnek numuneler üzerinde kaya mekaniği deneyleri yapılmış ve aşağıdaki tablolardaki sonuçlar bulunmuştur. Elde edilen deney sonuçları dahilinde üretimi yapılan kaya sert ve sağlam yapısından dolayı patlatmalı kazı yönteminin kaçınılmaz olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.1. Ömerli sahası yoğunluk deneyi sonuçları

Numune No	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
1	2,865
2	3,102
3	3,105
4	2,868
5	3,026
6	2,720
7	2,748
8	2,830
9	2,886
10	2,939
<b>Ortalama</b>	<b>2,909</b>

Tablo 4.2. Ömerli sahası nokta yükleme deney sonuçları

Numune No	Çap (mm)	Kırılma Yüğü Bar	kN	Is kPa	F	Is(50) kPa	Mpa	T.E.B.D. Mpa	T.E.Ç.D Mpa
1	30	6,53	7255,56	0,79	5765,52	5,77	126,84	7,21	
2	27	4,46	6117,97	0,76	4636,44	4,64	102,00	5,80	
3	19	4,58	12686,98	0,65		0,00	0,00	0,00	
4	72	5,55	1070,60	1,18		0,00	0,00	0,00	
5	17	2,08	7197,23	0,62	4429,26	4,43	97,44	5,54	
6	30	6,19	6877,78	0,79	5465,33	5,47	120,24	6,83	
7	27	5,63	7722,91	0,76	5852,72	5,85	128,76	7,32	
8	17	3,26	11280,28	0,62	6942,01	6,94	152,72	8,68	
9	20	1,95	4875,00	0,66	3227,76	3,23	71,01	4,03	
10	49	9,14	3806,75	0,99	3772,30	3,77	82,99	4,72	
<b>Ortalama</b>					5011,42	4,01	88,20	5,01	
<b>Standart Sapma</b>					1219,25	2,37	52,16	2,96	

En düşük Is(50) = 3227,763

En Yüksek Is(50)= 6942,011

Tablo 4.3. Ömerli sahası endirekt çekme dayanımı deney sonuçları

ÖRNEK NO	ÇAP D (mm)	ORT. KALINLIK L (mm)	YENİLME YÜKÜ (F Kn)	ÇEKME DAYANIMI (To Mpa)
1	54,1	35,20	34,20	11,43
2	54,2	25,75	19,34	8,82
3	54,1	29,20	16,27	6,56
4	54,4	25,55	10,41	4,77
5	54,3	30,10	20,45	7,97
6	54,2	32,30	23,70	8,62
7	54,4	34,20	25,50	8,73
8	54,1	33,45	20,10	7,07
9	54,3	32,20	20,50	7,46
10	54,2	31,45	20,40	7,62
Ortalama				:7,90
Standart Sapma				:1,74

#### 4.2.1.3. Sahada Uygulanan Kazı Yöntemi

Patlatmalı kazı yönteminin zorunlu olduğu çalışma sahasında tek sıralı basamak patlatması uygulanmaktadır. Basamak patlatma tasarımında, basamak yüksekliği 16 m, delik boyu 18 m, delik çapı 89 mm, delik eğimi 70°, dilim kalınlığı 3 m, deliklerarası mesafe 3 m ve sıkılama boyu 4 m olarak uygulanmaktadır.

Patlatmalarda kolon şarjı olarak ANFO, dip şarj olarak Emülite ve ateşleme sistemi olarak, yüzey gecikmesi 42 ms, delik içi gecikme olarak 450 ms gecikmeli NONEL kapsüller kullanılmaktadır.

#### 4.2.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Çalışma Sahası İle İlgili Genel Bilgiler

Tez kapsamındaki arazi çalışmalarının bir bölümü Cebeci yöresindeki Haktaş Madencilik A.Ş.'ye ait İstanbul ilinin yaklaşık 15 km kadar kuzeybatısında bulunan ve Gaziosmanpaşa ilçesi sınırları içinde kalan Haktaş Madencilik taş ocağında yapılmıştır.



Şekil 4.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) taşocağının uydu görüntüsü

#### 4.2.2.1. Bölgenin Jeolojik ve Petrografik Yapısı

Bölgenin genel stratigrafik yapısı üst üste oturmuş iki formasyondan oluşmaktadır. Alttan yukarı doğru kalınlığı tahminen 1700 m'ye varan alt karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ve en üstte neojen yaşlı yaklaşık 20 m kalınlığında Belgrad Formasyonu ardalanmasıyla sıralanmaktadır. Cebeci Bölgesinin en yaşlı birimi; kumtaşı ve şeyl ardalanmalarından meydana gelen ve az miktarda kalkerli şeyl ve kireçtaşı içeren Trakya Formasyonudur. Bu formasyon, alt-üst ilişkileri, yayılımı, çökme yaşı ve ortamı dikkate alınarak sırasıyla Küçükköy kumtaşı, Çamurluhan şeyli ve Cebeciköy kireçtaşı üyelerine ayrılmıştır. Cebeciköy kireçtaşı, tabanındaki Çamurluhan şeyl üyesi ile geçişlidir. Dokanak yakınlarında killi kireçtaşının yer aldığı görülmesine rağmen kil oranı giderek azalır ve tamamen karbonat miktarı egemen olur. Çok yerde bu dokanak düzleminde süreksizlikler gelişerek ters fay oluşmuştur. Ayrıca sıkı tutturulmamış genç çökeller ile tutturulmuştur. Kireçtaşı; gri koyu renkte, masif kalın tabakalı, yaygın spart damarlı, yer yer dolomitik düzeyli ve oldukça serttir. Az oranda killi kireçtaşı, karbonatlı şeyl ve çörtlerde bulunur. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak, Neojen yaşlı çakıl, kum, silt ve killi Belgrad Formasyonu Kvarterner yaşlı alüvyon, kumul çökelleri ile dolgu malzemeler gelmektedir.



#### 4.2.2.2. Kaya Mekanik Deneyleri

Sahanın kayaç özelliklerini belirlemek için yapılan patlatmalardan sonra kaya mekaniği testleri yapmak için numuneler alınmıştır. Yapılan tek eksenli basma dayanımı sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Cebeci sahası tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları

Numune No	Boy (L) (mm)	Çap (D) (mm)	Alan (A) (cm <sup>2</sup> )	Yükleme Hızı (kg/cm <sup>2</sup> /sn)	Kırılma Açısı (Ø)	Kırılma Yüğü (P) (KN)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (C <sub>0</sub> ) (MPa)	Boy\Çap Oranı
1	110,2	54,1	0,0023	2000	68 <sup>0</sup>	119,5	51,956	2,0369
2	110,3	54	0,0022	2000	70 <sup>0</sup>	225,1	98,296	2,0426
3	110	54	0,0022	2000	83 <sup>0</sup>	177,8	80,82	2,0370

Tablo 4.5. Cebeci sahası nokta yükleme dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Çap (D) (mm)	Kırılma Yüğü (P) (kN)	Düzeltilmemiş Nok. Yüğü Day. (IS) (MPa)	Düzeltilmiş Nok. Yüğü Day. (IS <sub>50</sub> ) (MPa)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
1	39	13	8,547	7,642	168,143
2	42	9,11	5,164	4,774	105,035
3	40	10,78	6,737	6,093	134,053
4	44	12	6,198	5,851	128,733
5	36	20	15,432	13,311	292,849
6	55	11,45	3,785	3,950	86,919
7	49	7	2,915	2,888	63,549
8	50	10,69	4,276	4,276	94,072
9	54	8,62	2,956	3,060	67,323
10	46	12	5,671	5,462	120,167
11	45	7,7	3,802	3,625	79,770

Yapılan nokta yükleme deneyleri sonucu kayaç tek eksenli basma dayanımı 121,88 MPa, nokta yükleme dayanım değeri ise 5,95 MPa olarak tespit edilmiştir. Kaya yoğunluk deneyleri sonucunda ise kayaç yoğunluğu 2,7 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Özdemir, 2009).

#### 4.2.2.3. Sahada Uygulanan Kazı Yöntemi

Patlatmalı kazı yönteminin zorunlu olduğu çalışma sahasında tek sıralı basamak patlatması uygulanmaktadır. Patlatma tasarımı, basamak yüksekliği 9 m, delik boyu 10 m, delik çapı 89 mm, delik eğimi 75°, dilim kalınlığı 3 m, deliklerarası mesafe 3 m ve sıkılama boyu 2 m olarak uygulanmaktadır.

Patlatmalarda kolon şarjı olarak ANFO, dip şarj olarak Emülite ve ateşleme sistemi olarak, gecikmesiz elektrikli kapsüller kullanılmaktadır.

### 4.3. SAHA ÇALIŞMALARI

#### 4.3.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağındaki Saha Çalışmaları

Çalışma sahasında patlatma işlemi yapılmadan önce MDL Quarryman cihazı ile aynanın yüzeyini tarayarak çalışmaya başlanmıştır. Delik boyunun 18 m, basamak yüksekliği 16 m, delik çapının 89 mm, dilim kalınlığının 3 m, deliklerarası mesafenin 3 m olduğu, tek sıra 10 delikli olarak tasarlanmış bir patlatmada yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler bu bölümde anlatılmıştır.

Referans noktası alınabilecek yerler önce gözle tespit edilmiştir. İdeal olarak, yazılımdaki rezeksiyon hesaplamalarında iyi bir geometri sağlaması için 3 hedef nokta belirlenmiş, bu noktaların cihazın etrafında eşit aralıklarda olmasına özen gösterilmiştir.

Cihazın üzerindeki su terazisinden cihazın düzgünlüğü için ayarlamalar yapıldıktan sonra, cihazın yüksekliği ölçülmüştür.



Şekil 4.3. MDL profil tarama cihazının taşocağındaki görünümü

Belirlenen istasyon noktalarından bir tanesine doğru cihaz çevrilip açılmıştır. Cihaz açıldıktan sonra sırası ile cihazın bizden istediği veriler girilmiştir. Önce Face (Ayna) numarası Face No 01 olarak, arkasından seçilen istasyon noktaları için bir kod belirlenip girilmiştir. İstasyon noktaları için Kod 01 olarak, hedef yüksekliği 000, minimum mesafe 0, maksimum mesafe 10.000 ve cihaz yüksekliği ise 131 cm olarak girilmiştir. Her bir istasyon için bu veriler aynıdır, fakat her bir nokta ayrı ayrı birinci istasyon 81, ikinci istasyon 82 ve üçüncü istasyon 83 olarak isimlendirilmiştir. Sonra her bir referans noktası için aynı işlem tekrarlanmıştır.



Şekil 4.4. Çalışma sahasından alınan istasyon noktaları

Bu istasyon noktalarından aynanın sağ tarafında kalan klube referans olarak alınmış ve diğer taramalar için de cihaz 81 nolu istasyona çevrilip başlatılmıştır.

Cihaz, ayna taraması için manuel olarak 81 nolu istasyona çevrilerek açılmıştır. Face 01 ve ayna taraması için Kod 02 (aynanın genel taraması için kod numarası) olarak, cihazın bizden istediği verilerde sırasıyla girilmiştir. İstasyon noktaları belirlenirken girilen hedef yüksekliği 000, minimum mesafe 0, maksimum mesafe 10.000 ve cihaz yüksekliği ise 131 cm olarak girilmiştir. Cihaz aynaya doğru çevrilmiş ve aynada patlatma yapılacak kısımdaki ilk deliğin başladığı yer, aynanın merkezi ve son delik arasında, aynanın üst ve alt taraflarından noktalar vurulmuştur. Cihaz bizden tarama şeklini ve aralığını sorar. Bunun üzerine poligon, 80 cm aralıklarla, yatay ve dikey olarak tarama şekli seçilmiştir. Cihaz ayna yüzeyini otomatik olarak tarayarak ilerlemiştir.



Şekil 4.5. Ömerli taşocağında ölçümlerin alındığı aynanın görünümü

Aynanın genel taraması bittikten sonra cihaz tekrar 1. istasyon noktasına çevrilerek, tekrar delik yerlerini belirlemek için açılmıştır. Patlama deliklerinin tam olarak yerlerinin vurulması için her delikte uzunluğu belli olan bir çubuk tutulmuş ve cihazla her bir delik vurulmuştur. Face 01, Kod 03 (delikler için kod numarası), hedef yüksekliği olarak 447 cm girilmiştir. Her deliğe taşınan çubuk cihaz tarafından nokta vuruğu ile işaretlenmiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Ölçüm için deliklerin yerlerinin belirlenmesi

Delikler de tamamlandıktan sonra, cihaz tekrar 1. istasyon noktasına çevrilerek aynanın üst tarafının taraması için tekrar açılmıştır. Face 01 Kod 04 (ayna üst yüzeyi için kod numarası-crest) tarama aralığı olarak 80 cm girilmiştir ve ayna üst yüzeyinden noktalar vurulur.

Ayna üst yüzey taramasından sonra, ayna alt tarafının taraması için Face 01 Kod 05 (ayna alt tarafının taraması - toe) için cihaz açılmış ve ayna tabanından noktalar vurulmuştur.

Yapılan bütün taramalarda Kod numaraları programda model oluştururken kullanılması için not edilmiştir.

#### **4.3.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağındaki Saha Çalışmaları**

Delik boyunun 10 m, basamak yüksekliği 9 m, delik çapının 89 mm, dilim kalınlığının 3 m, deliklerarası mesafenin 3 m olduğu, tek sıra 8 delikli olarak tasarlanmış bu çalışma sahasında da Ömerli'deki ocakta yapıldığı gibi patlatma yapılmadan önce MDL Quarryman cihazı ile aynanın yüzeyi taranarak çalışmaya başlanmıştır.

Ömerli taşocağında detaylı olarak anlatıldığı gibi referans noktası olarak rezeksiyon hesaplamalarında iyi bir geometri oluşturması için cihazın etrafında 3 nokta seçilmiş ve cihaz tarafından işaretlenmiştir. Gerekli parametreler ve kod numaraları girildikten sonra cihaz belirlenen istasyon noktalarından birine çevrilerek aynanın genel taramasına başlanmıştır, daha sonra patlatma deliklerinin yerleri belirlenmiştir. Delikler de tamamlandıktan sonra, aynanın üst tarafını ve alt tarafını taraması yapılmıştır.

Yapılan bütün taramalarda Kod numaraları programda model oluştururken kullanılması için not edilmiştir.



Şekil 4.7. Cebeci taşocağında ölçümlerin alındığı aynanın görünümü

#### 4.4. YAPILAN ANALİZLER

##### 4.4.1. Lazer 3D Face Programı Kullanılarak Dilim Kalınlığı Tespiti

Arazi çalışmalarından elde edilmiş ham veriler bilgisayara yüklenmiştir. Ham verilerden Face numarası ve Kod numarasına göre istasyon noktaları seçilmiş, bilinmeyen bir istasyondan bilinen üç istasyona yapılan gözlemleri kullanarak yeni bir istasyon yani cihazın kurulduğu yerin koordinatları hesaplanmıştır.

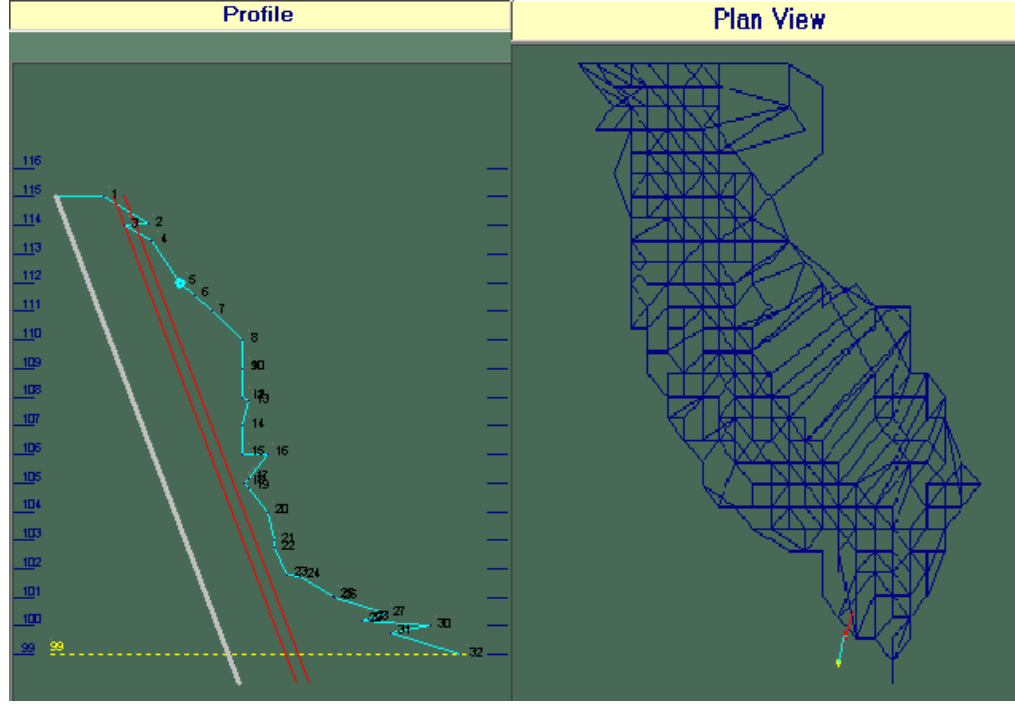
Bilgisayara yüklemiş olduğumuz ham verilerin olduğu dosyadan Face01 için her Kod numarası ne için kullanıldığı ise arazide almış olduğumuz notlardan bakılarak Kod'lar isimlendirilmiştir. Arazide yapılmış yanlış taramalar varsa onlarda yanlış olarak isimlendirilir. Böylece XYZ dosyası oluşturulmuştur. Modelleme yapmak için oluşturmuş olduğumuz XYZ dosyasından kullanacağımız veriler olan ayna genel taraması, ayna üst yüzey taraması, ayna alt taraması ve delikler seçilerek seçilmiş bu verilerden tekrar patlatma deliklerinin yerlerini içeren gözlemler seçilerek grafiksel model görüntüsü elde edilmiştir. Modelleme menüsünden istenmeyen noktalar silinerek, delik açısı, azimuth, delik derinliği gibi parametrelerde düzenlemeler yapıldıktan sonra her bir delik için profiller oluşturulmuştur.

#### *4.4.1.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağı Dilim Kalınlığı Tespiti*

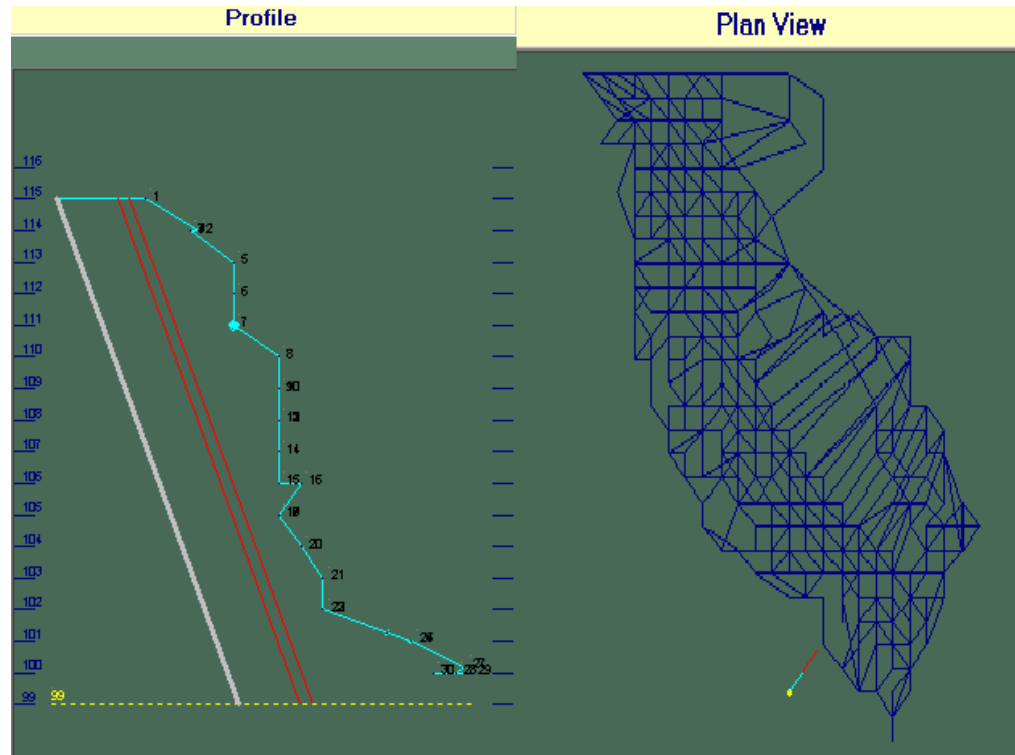
Bu tez kapsamında Ömerli mevkinde Koç Hafriyata ait taşocağında MDL Quarryman ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler bilgisayara işlenmiştir. Her bir deliğin plan görüntüsündeki yeri ve deliğin profili, yapılan 10 delikli atım için hazırlanmıştır. Her bir deliğin tek tek görünümü aşağıdaki şekillerdeki gibidir. Bu profillerden her bir deliğin önündeki yük mesafesi deliğin belli derinliklerine göre analiz edilmiş ve profilleri hazırlanmıştır. Deliklerin basamak boyunca belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları Tablo 4.6., Tablo 4.7. ve Tablo 4.8.'da gösterilmektedir.

Aynadaki dilim kalınlıklarının parçalanmaya etkisinin daha iyi analiz edilmesi için ayna sağ, sol ve orta olmak üzere 3 bölüme ayrılmış deliklerde aynanın bu kısımlarına göre dağıtılmış ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Sol kısım 1., 2. ve 3. delikler, orta kısım 4., 5., 6. ve 7. delikler ve sağ kısım ise 8., 9. ve 10. deliklerden oluşmaktadır.

Bu durumda aynanın sol kısmını oluşturan 1., 2. ve 3. deliklerin profilleri aşağıdaki şekillerdeki gibidir. Bu deliklerin belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları ise Tablo 4.6.'da verilmiştir.

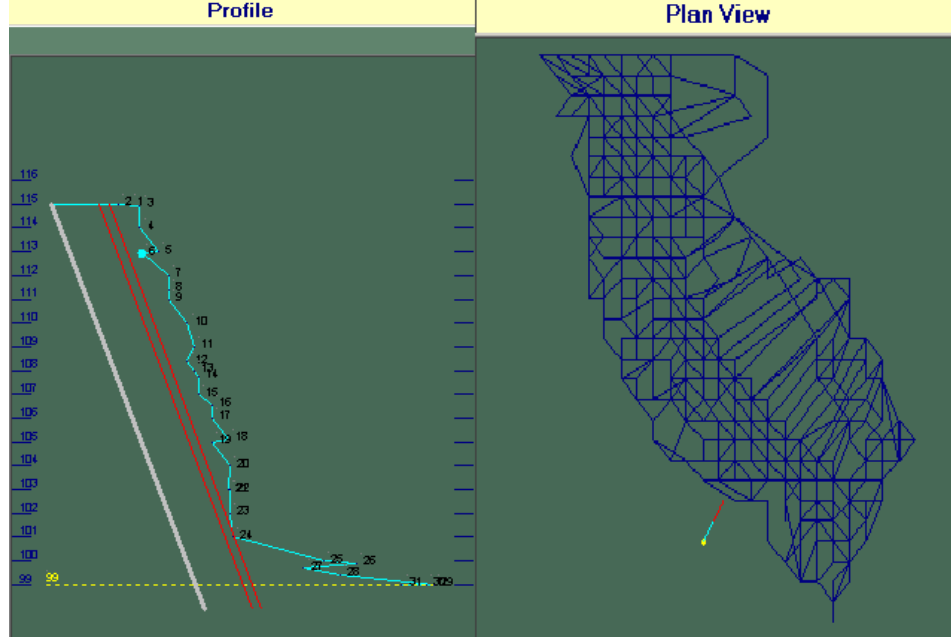


Şekil 4.8. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sol kısmı 1. delik)



Şekil 4.9. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sol kısmı 2. delik)





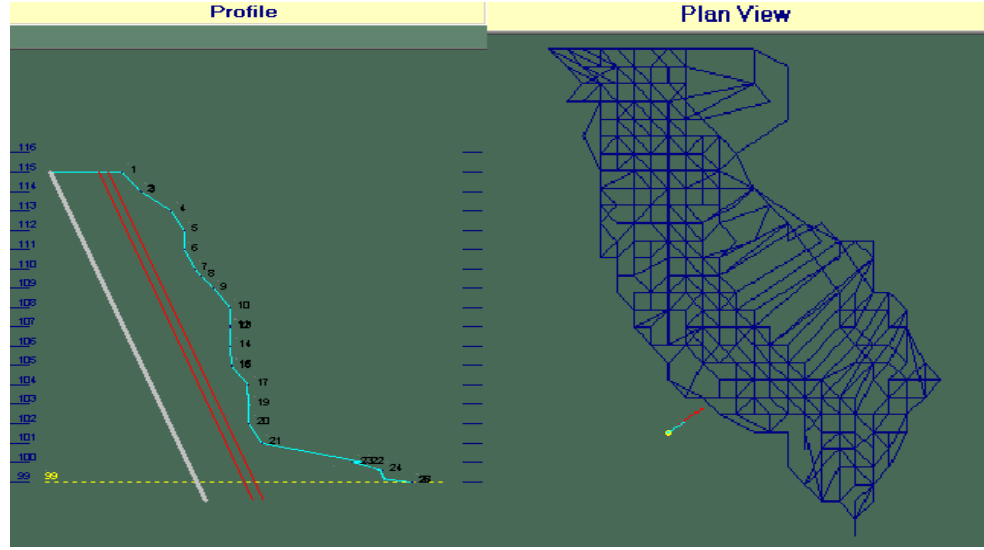
Şekil 4.10. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sol kısmı 3. delik)

Tablo 4.6. Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sol kısmı)

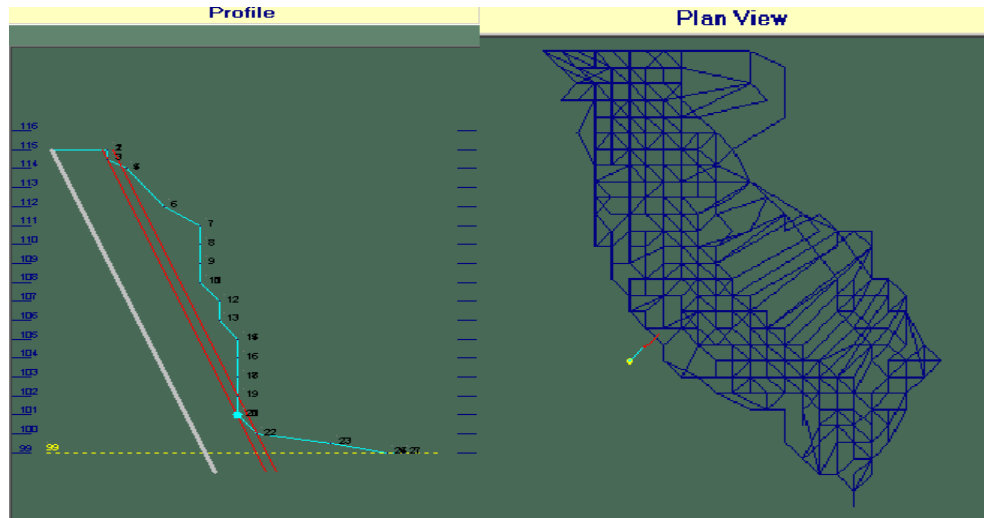
1.Delik		2.Delik		3.Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
0,5	1,5	1	2,7	0,9	2,5
2,00	2,6	2,40	<b>3,9</b>	1,10	<b>3</b>
2,60	2,5	2,50	<b>3,6</b>	1,30	<b>3,3</b>
4,20	2,9	3,80	<b>4,6</b>	2,10	<b>3</b>
4,80	<b>3,2</b>	4,80	<b>4,3</b>	3,20	2,7
5,60	<b>3,6</b>	5,70	<b>3,9</b>	3,40	<b>3,4</b>
6,90	<b>4,2</b>	7,10	<b>4,9</b>	4,40	<b>3,5</b>
7,80	<b>3,9</b>	8,00	<b>4,6</b>	5,00	<b>3,3</b>
8,70	<b>3,5</b>	9,00	<b>4,3</b>	5,40	<b>3,1</b>
8,90	<b>3,6</b>	10,00	<b>3,9</b>	6,60	<b>3,5</b>
9,70	<b>3,2</b>	10,90	<b>3,6</b>	7,60	<b>3,4</b>
10,60	2,9	11,10	<b>4,2</b>	8,10	2,9
10,90	<b>3,6</b>	11,80	<b>3,2</b>	8,60	<b>3</b>
11,50	2,7	13,00	<b>3,5</b>	8,90	<b>3,1</b>
11,60	2,5	14,20	<b>3,9</b>	9,60	2,9
11,80	2,6	15,10	<b>3,5</b>	10,20	<b>3,2</b>
12,80	2,9			11,60	2,7
13,80	2,8			11,70	<b>3</b>
14,10	2,7			12,80	2,6
15,10	2,8			13,80	2,7
16,00	<b>3,2</b>			14,70	2,3
<b>Ortalama</b>	3,01	<b>Ortalama</b>	3,9	<b>Ortalama</b>	2,99
Standart Sapma	0,593	Standart Sapma	1,819	Standart Sapma	0,346

Aynanın sol tarafında bulunan 1., 2. ve 3. deliklerden, 1. delikte 16 m'lik basamak boyunca %60'ı 3 m'den küçük , 2. delikte 15,1 m'lik basamak boyunca %15'i 3 m'den küçük ve 3. delikte 14,7 m'lik basamak boyunca %38'i 3 m'den küçüktür.

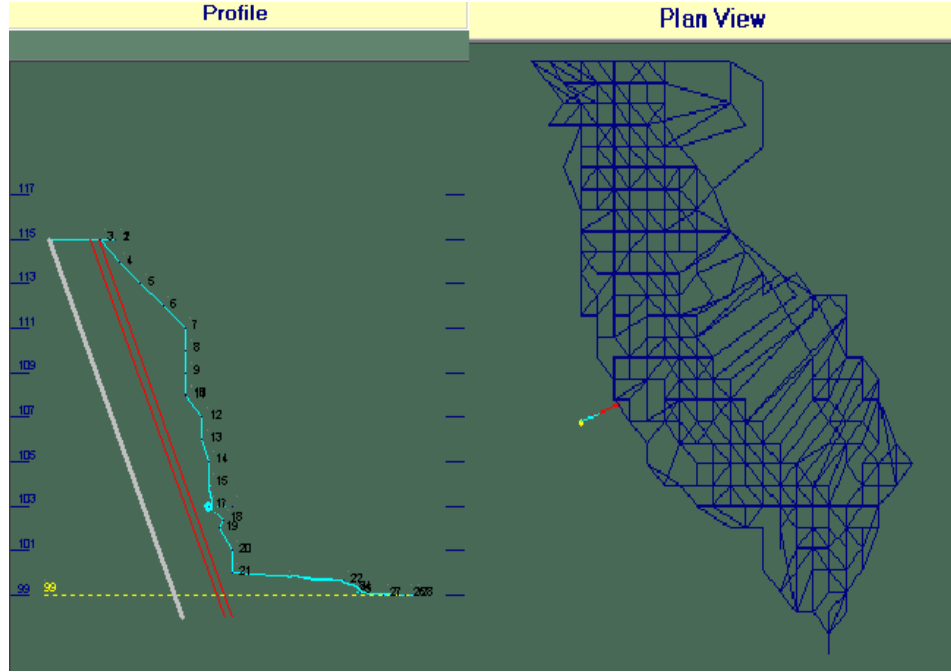
Aynanın orta kısmını oluşturan 4., 5., 6. ve 7. deliklerin profilleri aşağıdaki şekillerdeki gibidir. Bu deliklerin belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları ise Tablo 4.7.'de verilmiştir.



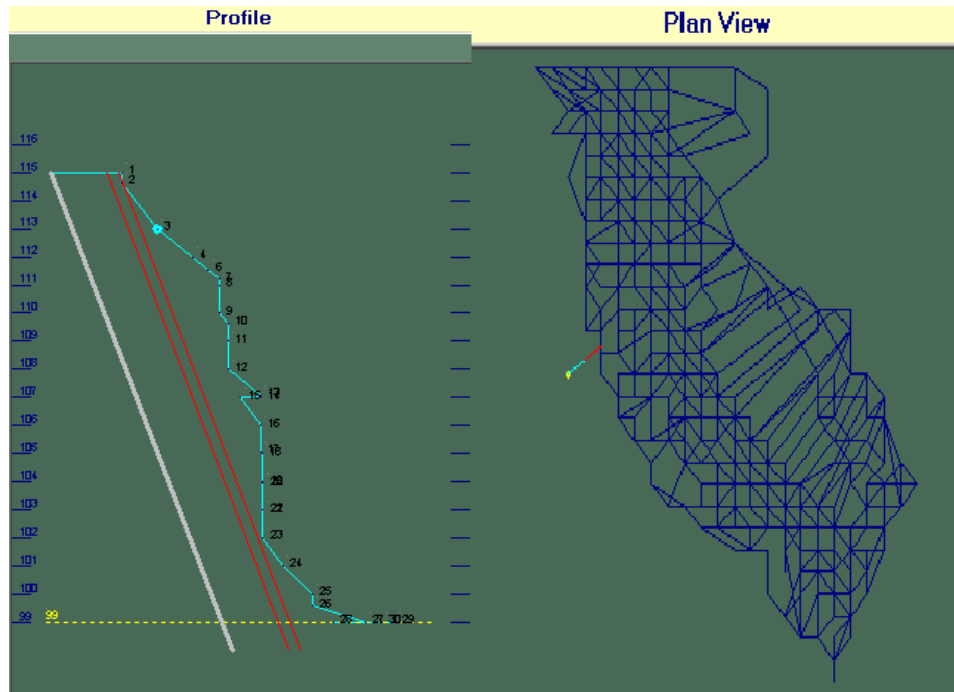
Şekil 4.11. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 4. delik)



Şekil 4.12. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 5. delik)



Şekil 4.13. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 6. delik)



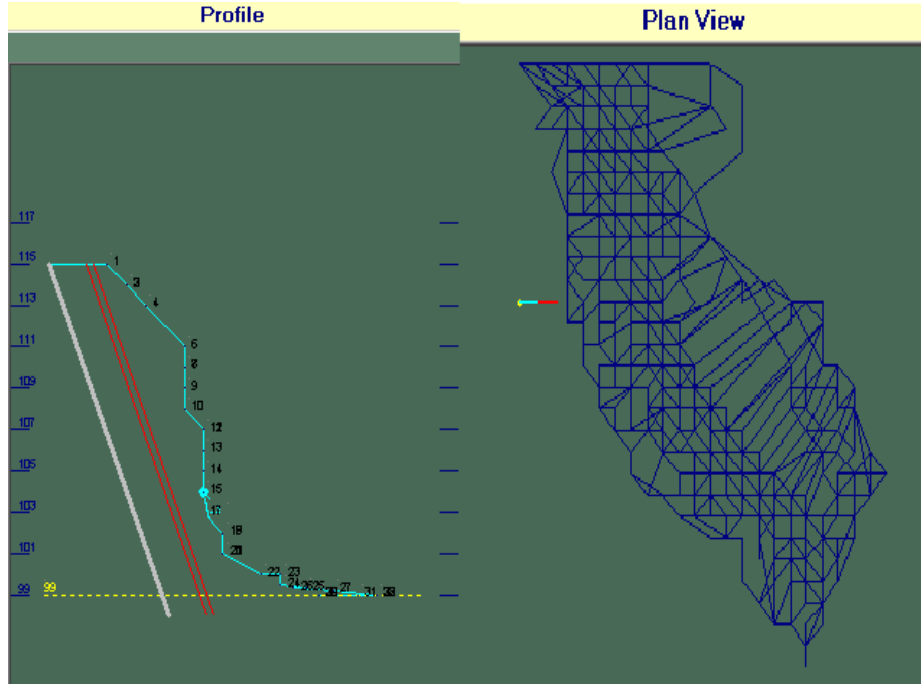
Şekil 4.14. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın orta kısmı 7. delik)

Tablo 4.7. Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları  
(aynanın orta kısmı)

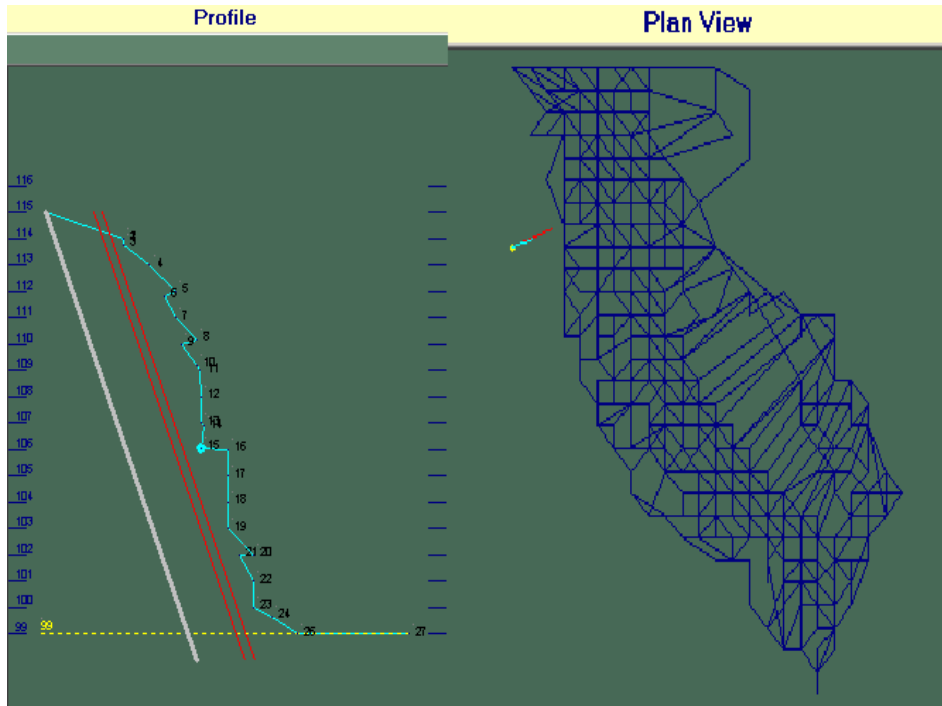
4.Delik		5.Delik		6.Delik		7.Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
1	2,7	0,7	2	0,8	2,2	0,8	2,2
2,10	<b>3</b>	1,20	1,8	1,10	2,9	1,10	2,9
2,20	<b>3,1</b>	1,90	2,3	2,10	2,7	3,10	2,7
3,50	<b>3,8</b>	4,30	<b>3</b>	3,30	<b>3,3</b>	4,50	<b>3,3</b>
4,70	<b>4</b>	5,70	<b>3,9</b>	4,60	<b>3,9</b>	5,10	<b>3,9</b>
5,60	<b>3,7</b>	6,60	<b>3,6</b>	5,90	<b>4,5</b>	5,50	<b>4,5</b>
6,70	<b>3,7</b>	7,60	<b>3,3</b>	6,90	<b>4,3</b>	5,70	<b>4,3</b>
7,10	<b>3,8</b>	8,50	2,9	7,80	<b>3,9</b>	6,70	<b>3,9</b>
7,90	<b>4</b>	9,70	<b>3,2</b>	8,80	<b>3,6</b>	7,10	<b>3,6</b>
9,00	<b>4,3</b>	10,60	2,9	10,00	<b>3,9</b>	7,70	<b>3,9</b>
9,90	<b>4</b>	11,80	<b>3,2</b>	10,90	<b>3,6</b>	8,60	<b>3,6</b>
10,00	<b>4</b>	12,80	2,9	11,90	<b>3,5</b>	9,90	<b>3,5</b>
10,90	<b>3,7</b>	13,70	2,5	12,90	<b>3,2</b>	10,00	<b>3,2</b>
11,90	<b>3,4</b>	14,60	2,2	14,20	<b>3,8</b>	10,90	<b>3,8</b>
13,00	<b>3,7</b>	15,60	1,9	14,60	<b>3,3</b>	11,80	<b>3,3</b>
13,80	2,7	16,80	2,2	14,90	2,9	12,80	2,9
14,00	<b>3,3</b>			16,00	<b>3,2</b>	13,80	<b>3,2</b>
14,90	<b>3</b>					14,70	2,4
16,00	<b>3,1</b>					16,00	2,7
Ortalama	3,52	Ortalama	2,73	Ortalama	3,42	Ortalama	3,39
Standart Sapma	0,476	Standart Sapma	0,628	Standart Sapma	0,583	Standart Sapma	0,602

Aynanın orta kısmını temsil eden deliklerden, 4. delikte 16 m'lik basamak boyunca %20'si 3 m'den küçük, 5. delikte 16,8 m'lik basamak boyunca % 62'si 3 m'den küçük, 6. delikte 16 m'lik basamak boyunca %30'u 3 m'den küçük ve 7.delikte 16 m'lik basamak boyunca %48,75'i 3 m'den küçüktür.

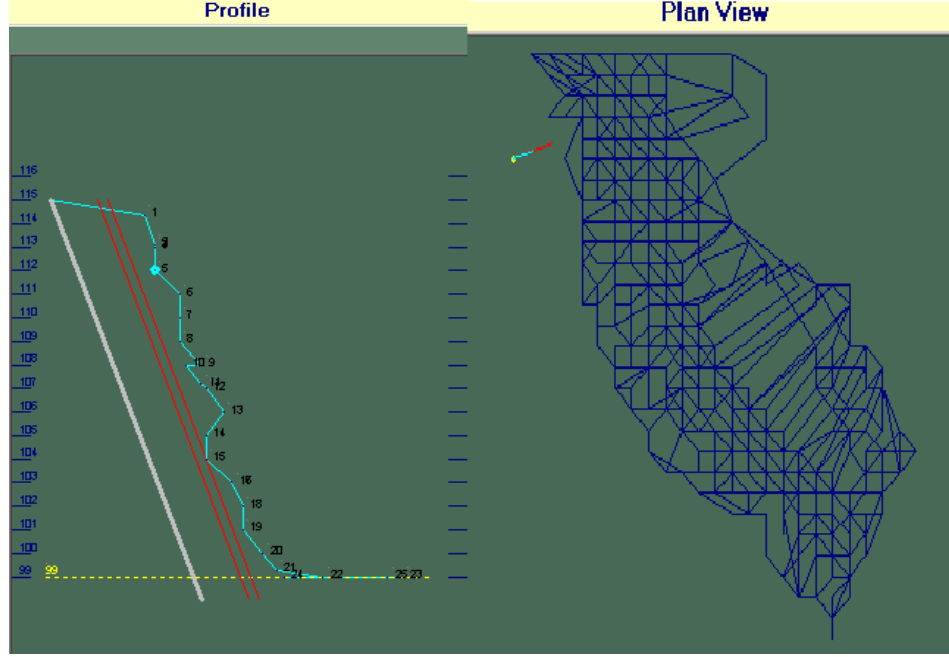
Aynanın sağ kısmını oluşturan 8., 9. ve 10. deliklerin profilleri aşağıdaki şekillerdeki gibidir. Bu deliklerin belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları ise Tablo 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 8. delik)



Şekil 4.16. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 9. delik)



Şekil 4.17. Ömerli sahası delik profili ve plan görünümü (aynaanın sağ kısmı 10. delik)

Tablo 4.8. Ömerli sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynaanın sağ kısmı)

8.Delik		9. Delik		10.Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
1	2,8	2	2,6	1,9	3,4
2,30	3,4	2,20	2,6	3,20	3,3
3,60	4	3,30	3,3	3,30	3,3
6,10	5,2	4,60	3,9	4,30	2,9
7,10	4,9	5,60	3,6	5,60	3,6
8,00	4,5	6,60	4,1	6,50	3,3
9,00	4,2	7,60	3,8	7,40	2,9
10,30	4,8	7,80	3,9	8,70	3,4
11,20	4,4	8,80	3,6	9,40	3,1
12,10	4,1	9,70	3,2	9,70	3,2
13,10	3,8	9,80	3,3	10,90	3,6
14,00	3,4	10,60	2,9	11,60	2,5
14,40	4,4	11,00	3,9	12,50	2,2
15,30	4	11,90	3,5	13,80	2,9
16,20	3,7	12,90	3,2	14,90	2,9
		13,80	2,9	15,90	2,6
		14,90	2,9		
		15,10	3,5		
		16,00	3,2		
Ortalama	4,10	Ortalama	3,36	Ortalama	3
Standart Sapma	0,634	Standart Sapma	0,449	Standart Sapma	0,402

Aynanın sağ kısmını temsil eden deliklerden, 8. delikte 16,2 m'lik basamak boyunca %14'ü 3 m'den küçük, 9. delikte 16 m'lik basamak boyunca % 41,8'i 3 m'den küçük ve 10. delikte 15,9 m'lik basamak boyunca % 49'u 3 m'den küçüktür.

Yığındaki parça boyut dağılımının daha iyi anlaşılması için delikler aynada 3 bölüme ayrılmıştır. Bu üç bölümdeki delikler için yapılan Lazer 3D programı ile çıkarılan delik profillerine göre aynanın sol kısmını temsil eden 1. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,01 m, 2. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,9 ve 3. deliğin dilim kalınlığı 2,99 m'dir.

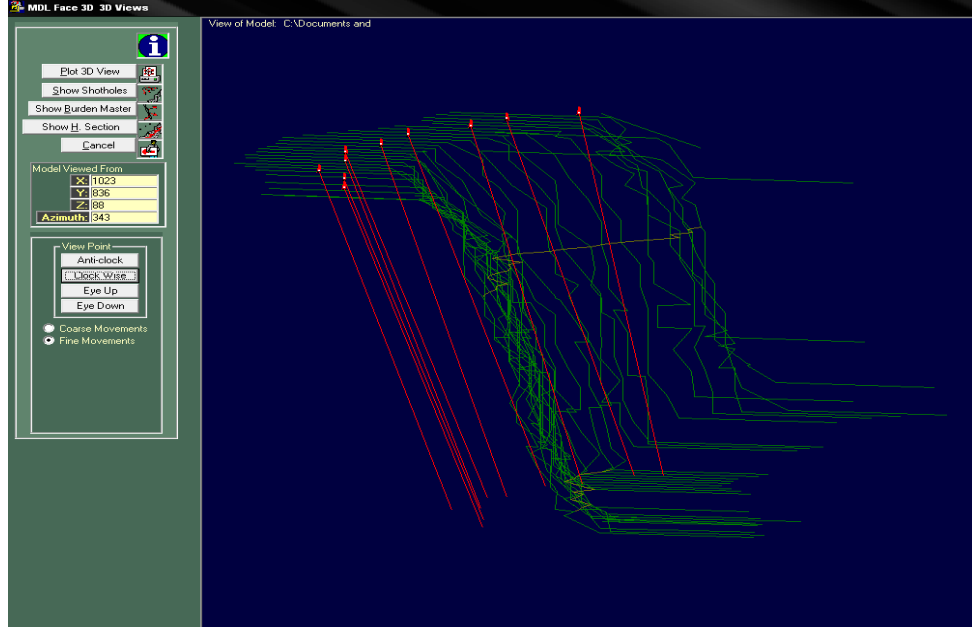
Aynanın orta kısmına denk gelen 4. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,52 m, 5. deliğin 2,73 m, 6. deliğin 3,42 m ve 7. deliğin 3,39 m'dir. Sağ kısımda yer alan 8. deliğin ortalama dilim kalınlığı 4,10 m, 9. deliğin 3,36 m ve 10. deliğin 3,06 m olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Ömerli patlatmasına ait deliklerin ayna boyunca dilim kalınlıkları

Delikler	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
<b>B<sub>min</sub> (m)</b>	1,5	2,7	2,3	2,7	1,8	2,2	2,2	2,8	2,6	2,2
<b>B<sub>max</sub> (m)</b>	4,2	4,9	3,5	4,3	3,9	4,5	4,5	5,2	4,1	3,6
<b>B<sub>ort.</sub> (m)</b>	3,01	3,9	2,99	3,52	2,73	3,42	3,39	4,1	3,36	3

Bu durumda deliklerin %80'i, 3 m olarak uygulanan dilim kalınlığının üzerinde ve 3-4 m arasında değişmektedir.

Bütün deliklerin Lazer 3D programı ile oluşturulmuş 3 boyutlu görünümü Şekil 4.18.de verilmiştir.



Şekil 4.18. Ömerli sahası ayna ve deliklerin grafiksel olarak 3 boyutlu görünümü

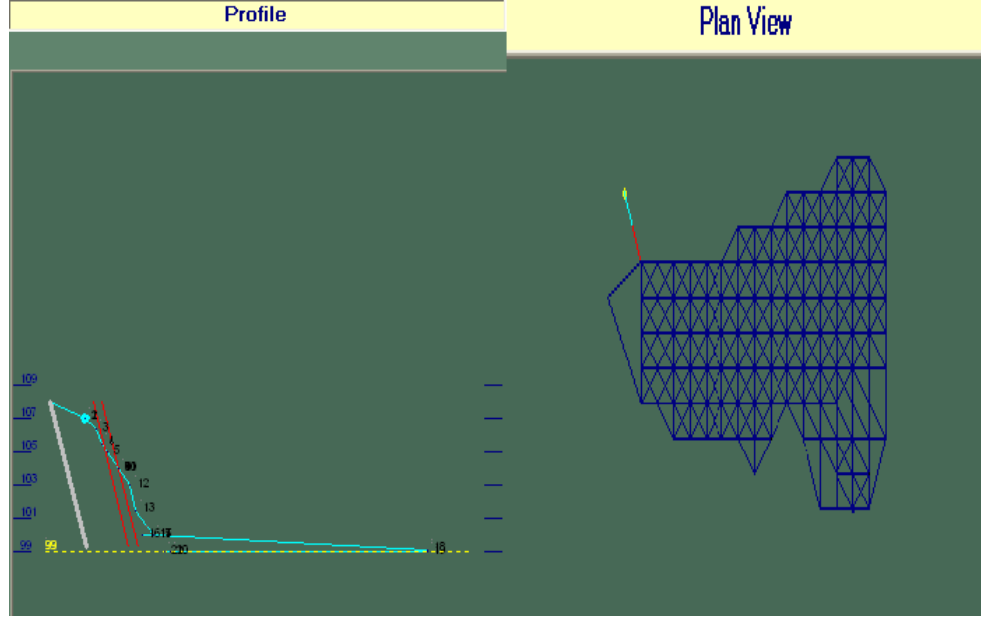
#### 4.4.1.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağı Dilim Kalınlığı Tespiti

Haktaş Madencilige ait taşocağında MDL Quarryman ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler bilgisayara işlendikten sonra her bir deliğin plan görüntüsündeki yeri ve deliğin profili, yapılan 8 delikli atım için hazırlanmıştır. Patlatma deliklerinin dilim kalınlıkları, deliklerin belli derinliklerine göre analiz edilmiş ve profilleri hazırlanmıştır. Basamak boyunca belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları Tablo 4.10., Tablo 4.11. ve Tablo 4.12.'de gösterilmektedir.

Ömerli'deki çalışmada yapıldığı gibi; aynadaki dilim kalınlıklarının parçalanmaya etkisinin daha iyi analiz edilmesi için ayna sol, orta ve sağ olmak üzere 3 bölüme ayrılmış ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Sol kısım 1. ve 2. delikler, orta kısım 3., 4., 5. ve 6. delikler ve sağ kısım ise 7. ve 8. deliklerden oluşmaktadır.

Bu durumda aynanın sol kısmındaki deliklerden örnek olarak 1. deliğin profili Şekil 4.19.'da verilmiştir. Aynanın sol kısmını oluşturan deliklerin belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları ise Tablo 4.10.'da verilmiştir.





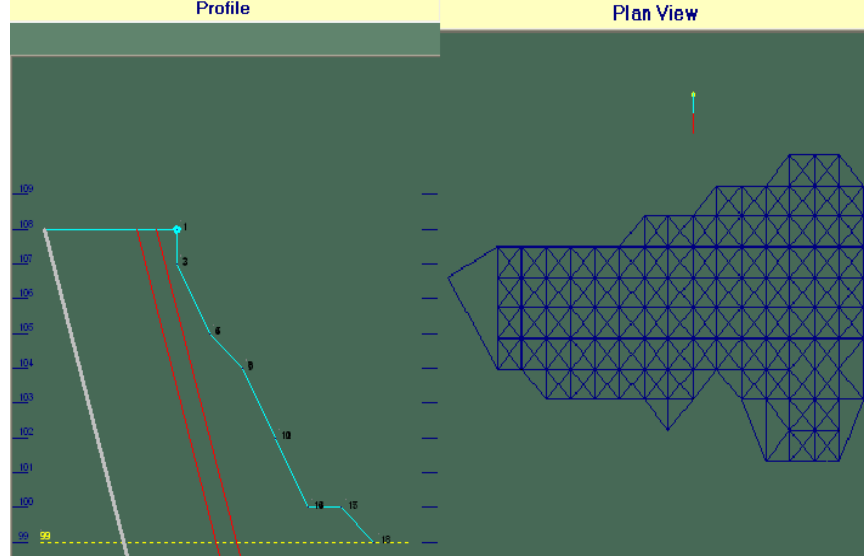
Şekil 4.19. Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sol kısmı 1. delik)

Tablo 4.10. Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları (aynanın sol kısmı)

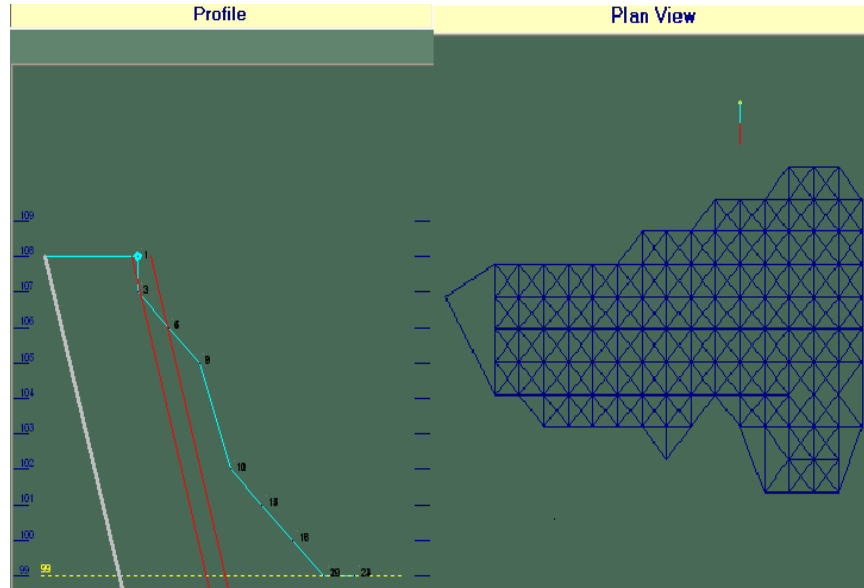
1.Delik		2.Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
1,5	1,9	1,7	2,6
2,4	2,4	1,8	2,6
3,3	2,6	3,9	<b>3,1</b>
3,9	2,8	5,2	<b>3,8</b>
5,00	<b>3,3</b>	6,40	<b>4,5</b>
6,2	<b>3,7</b>	7,10	<b>3,3</b>
7,7	<b>3,7</b>		
<b>Ortalama</b>	2.91	<b>Ortalama</b>	3.32
Standart Sapma	0,682	Standart Sapma	0.735

Aynanın sol tarafında bulunan 1. ve 2. deliklerden, 1. delikte 7,7 m'lik basamak boyunca % 65'i 3 m'den küçük , 2.delikte 7,1 m'lik basamak boyunca %55'i 3 m'den küçüktür.

Aynanın orta kısmını oluşturan 3., 4., 5. ve 6. deliklerin belli derinliklerdeki dilim kalınlıkları Tablo 4.11.'de verilmiştir. Orta kısımdaki deliklere örnek olarak 5. ve 6. deliklerin profilleri Şekil 4.20. ve Şekil 4.21.'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (ayna'nın orta kısmı 5. delik)



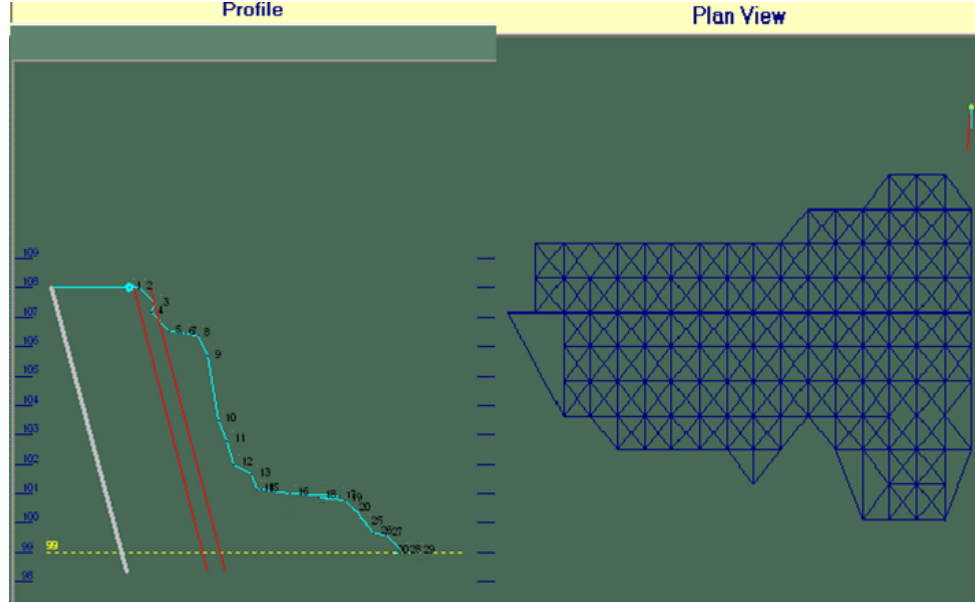
Şekil 4.21. Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (ayna'nın orta kısmı 6. delik)

Tablo 4.11. Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları  
(aynanın orta kısmı)

3.Delik		4.Delik		5.Delik		6.Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
1,8	3,0	0,8	3,1	1,0	3,9	0,8	2,9
3,2	3,3	1,8	2,8	2,0	3,6	1,7	2,6
5,00	3,3	2,0	3,6	4,2	4,1	3,0	3,3
5,5	3,9	2,4	3,7	5,4	4,8	4,2	4,1
6,3	4,1	3,2	4,1	7,6	5,2	7,4	4,2
6,7	4,4	3,6	3,9	9,8	5,7	8,6	4,9
7,5	4,9	4,3	4,3			9,8	5,7
8,5	4,7	4,8	4,4				
		6,5	4,8				
		7,4	4,6				
		8,4	5,1				
		9,0	5,2				
		9,3	5,7				
Ortalama	3,95	Ortalama	4,25	Ortalama	4,55	Ortalama	3,95
Standart		Standart		Standart		Standart	
Sapma	0,700	Sapma	0,836	Sapma	0,816	Sapma	1,109

Aynanın orta kısmını temsil eden deliklerden, 3. delikte 8,5 m'lik basamak boyunca %100'ü 3 m'den büyük, 4. delikte 8,5 m'lik basamak boyunca % 12'si 3 m'den küçük, 5. delikte 9,8 m'lik basamak boyunca %100'ü 3 m'den büyük ve 6.delikte 9,8 m'lik basamak boyunca % 30,6'sı 3 m'den küçüktür.

Aynanın sağ kısmını oluşturan 7. ve 8. deliklerin dilim kalınlıkları ise Tablo 4.12.'de verilmiştir. Aynanın sağ kısımdaki deliklere örnek olarak 8. deliğin profili Şekil 4.22.'deki gibidir.



Şekil 4.22. Cebeci sahası delik profili ve plan görünümü (aynanın sağ kısmı 8. delik)

Tablo 4.12. Cebeci sahasındaki deliklerin basamak derinliklerine göre dilim kalınlıkları  
(aynanın sağ kısmı)

7.Delik		8. Delik	
Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı	Delik Derinliği	Dilim Kalınlığı
0,5	1,9	0,7	2,6
1,7	2,6	0,8	2,9
2,7	2,4	1,5	<b>3,3</b>
3,0	<b>3,3</b>	1,7	<b>3,1</b>
6,10	<b>3,5</b>	2,5	<b>3,5</b>
7,40	<b>4,2</b>	2,7	<b>3,9</b>
9,5	<b>4,3</b>	2,9	<b>4,5</b>
9,8	<b>5,7</b>	3,6	<b>4,6</b>
		5,8	<b>4,4</b>
		6,6	<b>4,5</b>
		7,4	<b>4,5</b>
		7,9	<b>5,0</b>
		8,4	<b>5,1</b>
		8,5	<b>5,2</b>
		8,9	<b>6,1</b>
		9,2	<b>7,1</b>
		9,4	<b>7,7</b>
		9,6	<b>6,7</b>
		9,8	<b>5,9</b>
Ortalama	3,48	Ortalama	4,76
Standart Sapma	1,229	Standart Sapma	1,434

Aynanın sağ kısmını temsil eden deliklerden, 7. delikte 9,8 m'lik basamak boyuca %30,6'sı 3 m'den küçük ve 8. delikte 9,8 m'lik basamak boyunca %15,3'ü 3 m'den küçüktür.

Yığındaki parça boyut dağılımının daha iyi anlaşılması için delikler aynada 3 bölüme ayrılmış ve bu üç bölümdeki delikler için yapılan Lazer 3D programı ile çıkarılan delik profillerine göre aynanın sol kısmını temsil eden 1. deliğin ortalama dilim kalınlığı 2,91 m ve 2. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,46 m olarak tespit edilmiştir.

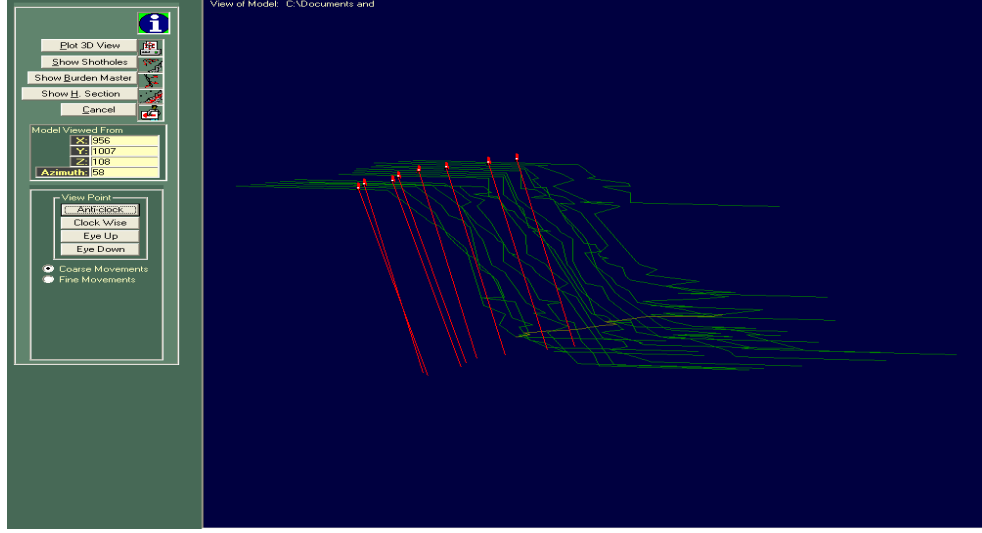
Aynanın orta kısmına denk gelen 3. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,95 m, 4. deliğin 4,25 m, 5. deliğin 4,55 m ve 6. deliğin 3,95 m'dir. Sağ kısımda yer alan 7. deliğin ortalama dilim kalınlığı 3,48 m ve 8. deliğin 4,76 m olarak tespit edilmiştir.

Bu durumda deliklerin %90'ı, 3 m olarak uygulanan dilim kalınlığının üzerinde ve 3,5-4,5 m arasında değişmektedir.

Tablo 4.13. Cebeci patlatmasına ait deliklerin ayna boyunca dilim kalınlıkları

<b>Delikler</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>
<b>B<sub>min</sub> (m)</b>	1,9	2,6	3	2,8	3,6	2,6	1,9	2,6
<b>B<sub>max</sub> (m)</b>	3,7	4,5	4,9	5,7	5,7	5,7	5,7	7,7
<b>B<sub>ort.</sub> (m)</b>	2,91	3,32	3,95	4,25	4,55	3,95	3,48	4,76

Bütün deliklerin Lazer 3D programı ile oluşturulmuş 3 boyutlu görünümü Şekil 4.23.'de verilmiştir.



Şekil 4.23. Cebeci sahası ayna ve deliklerin grafiksel olarak 3 boyutlu görünümü

#### 4.4.2. Split Desktop Programı Kullanılarak Parça Boyut Analizi

##### 4.4.2.1. Ömerli (Koç Hafriyat) Taşocağı Parça Boyut Analizi

Yığının üzerine görüntülerin ölçeklendirilmesi amacı ile 30 cm uzunluğunda 2 ölçek yerleştirilmiştir. Dijital fotoğraf makinesi ile yığından görüntüler alınmıştır. Dijital görüntüler, dijital görüntü işleme programı olan Split-Desktop programına aktarılmıştır. Programa aktarılan görüntü program tarafından otomatik olarak gray-scale haline çevirilir. Yığının üzerine koyulan ölçüsü bilinen ölçekler tanımlanmıştır. Analiz çalışmalarında programın otomatik parça sınırlarını bulma işleminden kaynaklanacak hatalara izin vermemek için görüntü manuel olarak işlenmiştir. Manuel olarak yığındaki parçaların sınırları çizilerek belirlenmiştir.

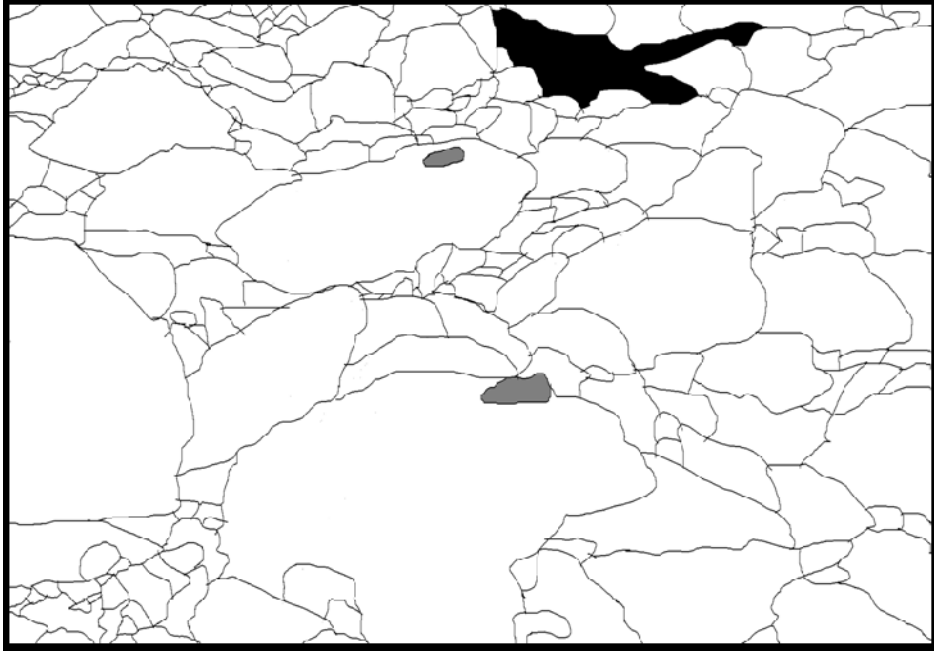
Aynanın sol tarafında yer alan 1., 2. ve 3. deliklerin olduğu kısımda oluşan yığının dijital görüntüsü, gray scale ve sınırları çizilmiş yığın görüntüsü Şekil 4.24., Şekil 4.25. ve Şekil 4.26.'daki gibidir.



Şekil 4.24. Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sol kısmı)



Şekil 4.25. Ömerli sahası yığının gray scale görüntüsü (aynanın sol kısmı)



Şekil 4.26. Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sol kısmı)

Aynanın orta tarafında yer alan 4., 5., 6. ve 7. deliklerin olduğu kısımda oluşan yığının dijital görüntüsü, gray scale ve sınırları çizilmiş yığın görüntüsü Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'daki gibidir.

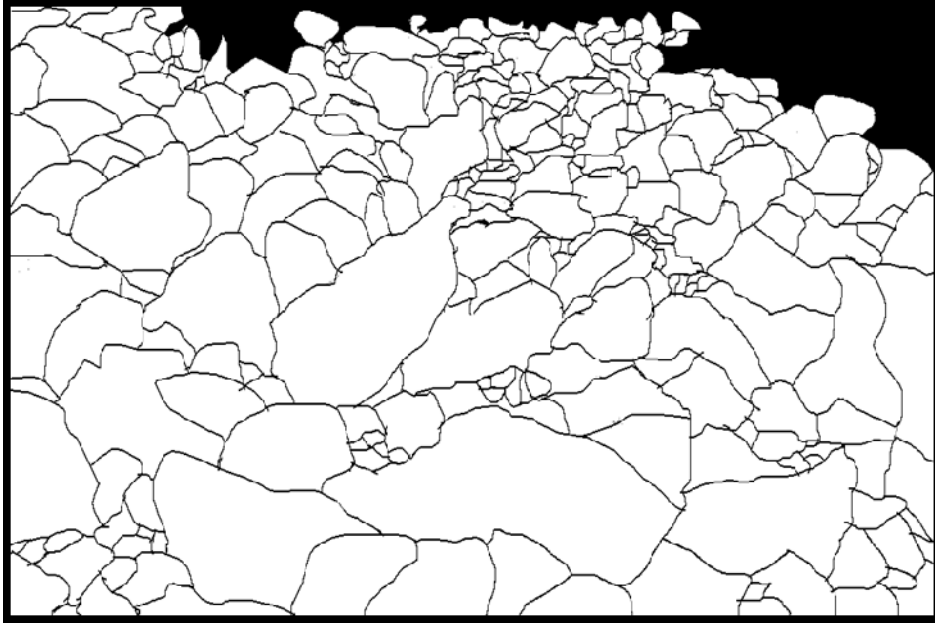


Şekil 4.27. Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın orta kısmı)





Şekil 4.28. Ömerli sahası yığının gray scale görüntümü (aynanın orta kısmı)



Şekil 4.29. Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görüntümü (aynanın orta kısmı)

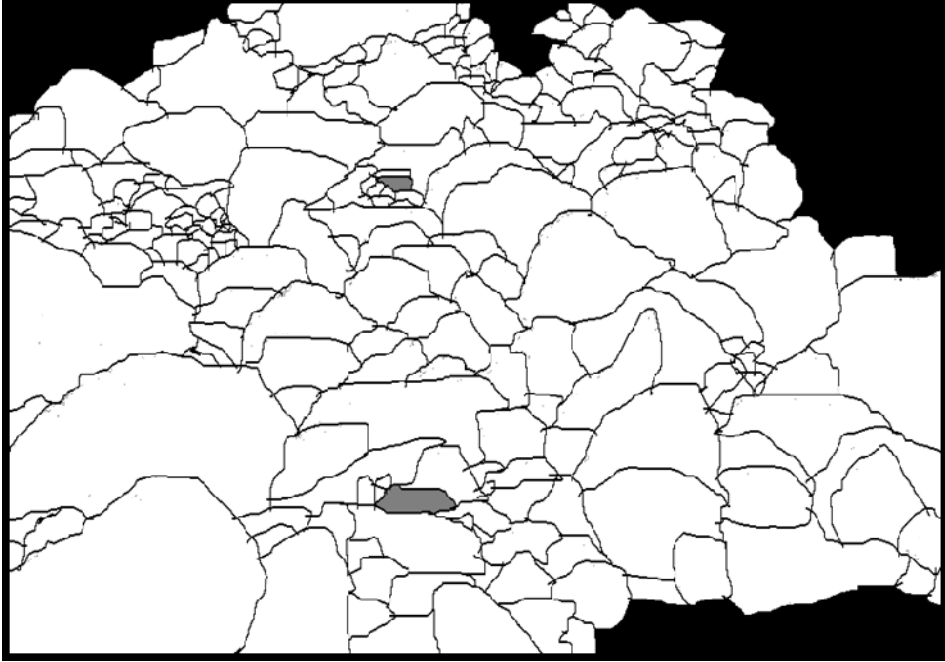
Aynanın sağ tarafında yer alan 8., 9. ve 10. deliklerin olduğu kısımda oluşan yığıının dijital görüntüsü, gray scale ve sınırları çizilmiş yığın görüntüsü Şekil 4.30., Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'deki gibidir.



Şekil 4.30. Ömerli sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sağ kısmı)

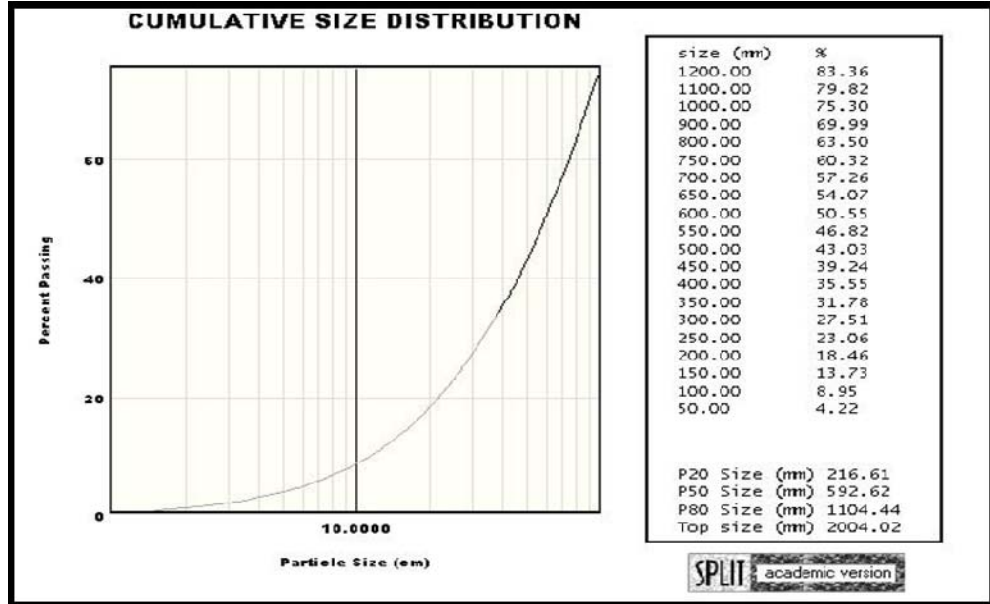


Şekil 4.31. Ömerli sahası yığıının gray scale görünümü (aynanın sağ kısmı)



Şekil 4.32. Ömerli sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sağ kısmı)

Yığının sağ kısmına denk gelen parça boyut dağılımı değerleri Şekil 4.33.'deki gibidir.



Şekil 4.33. Ömerli sahası kümülatif parça boyut dağılımı (aynanın sağ kısmı)

Yığının her üç bölümü içinde ayrı ayrı yapılmış olan parça boyut dağılımı değerleri, daha sonra aynanın 3 ayrı bölümü için ortak olarak Split görüntü işleme programına işlenmiştir ve yığının ortalama parça boyut dağılımı tespit edilmiştir. Bu durumda  $P_{20}$  391 mm,  $P_{50}$  670 mm ve  $P_{80}$  1047 mm olarak tespit edilmiştir. Yığının sol kısmına denk gelen deliklerin ortalama dilim kalınlığı 3,3 m, orta kısmına gelen deliklerin ortalama dilim kalınlığı 3,5 m ve sağ kısmına gelen deliklerin dilim kalınlıklarının ortalaması 3,26 m'dir.

#### 4.4.2.2. Cebeci (Haktaş Madencilik) Taşocağı Parça Boyut Analizi

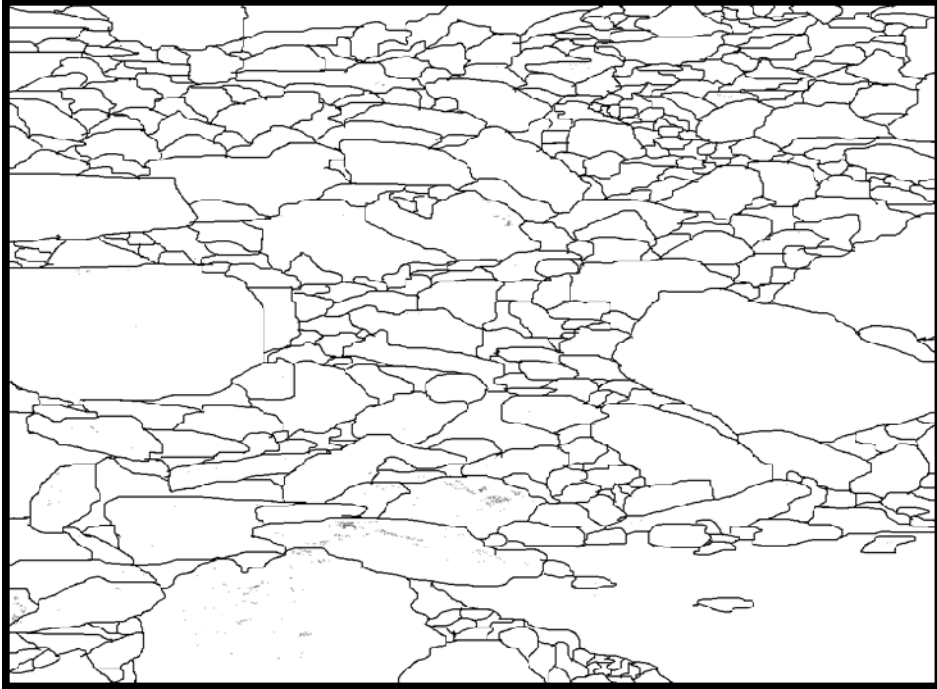
Yığının üzerine görüntülerin ölçeklendirilmesi amacı ile 22 cm uzunluğunda 2 ölçek yerleştirilip yığından çekilen dijital görüntüler Split-Desktop programına aktarılmıştır. Cebeci'deki parça boyut analizi sonuçlarına örnek olarak aynanın sağ tarafında yer alan 7. ve 8. deliklerin olduğu kısımda oluşan yığının dijital, gray scale ve sınırları çizilmiş yığın görüntüsü Şekil 4.34., Şekil 4.35. ve Şekil 4.36.'daki gibidir.



Şekil 4.34. Cebeci sahası dijital yığın görüntüsü (aynanın sağ kısmı)

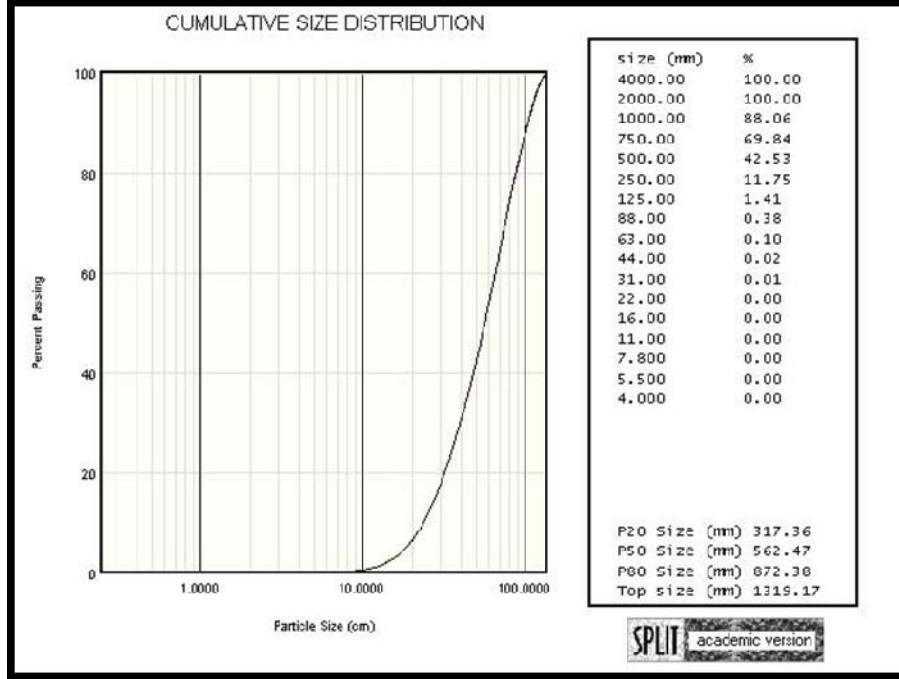


Şekil 4.35. Cebeci sahası yığının gray scale görünümü (aynanın sağ kısmı)



Şekil 4.36. Cebeci sahası yığının split ile işlenmiş görünümü (aynanın sağ kısmı)

Yığının sağ kısmına denk gelen parça boyut dağılımı değerleri Şekil 4.37.'deki gibidir.



Şekil 4.37. Cebeci sahası kümülatif parça boyut dağılımı (aynanın sağ kısmı)

Yığının her üç bölümü içinde ayrı ayrı yapılmış olan parça boyut dağılımı değerleri, daha sonra aynanın 3 ayrı bölümü için ortak olarak Split görüntü işleme programına işlenmiş ve yığının ortalama parça boyut dağılımı tespit edilmiştir. Bu durumda  $P_{20}$  327,16 mm,  $P_{50}$  582,15 mm ve  $P_{80}$  924,66 mm olarak tespit edilmiştir. Yığının sol kısmına denk gelen deliklerin ortalama dilim kalınlığı 3,185 m, orta kısmına gelen dilim kalınlığı 4,175 m ve sağ kısmına gelen deliklerin dilim kalınlıklarının ortalaması 4,12 m'dir.

#### 4.4.3. Yapılan Patlatmalara Ait Kuz-Ram Sonuçları

Her iki taşocağında yapılan basamak patlatmasında uygulanan parametreler ve kayanın özellikleri Kuz-Ram modeline girilerek parça boyut dağılımı tahmini olarak hesaplanmıştır. Kuz-Ram modeli sonucu elde edilen sonuçlarının, patlatma için tasarlanan parametrelerin uygulamada birebir kullanıldığı durumlarda gerçek parçalanma sonuçlarına yakın olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak her iki

taşocağında yapılan patlatma sonucunda elde edilecek parça boyut dağılımının Tablo 4.14.'deki gibi olması beklenebilir.

Tablo 4.14. Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı

<b>% Geçen</b>	<b>P<sub>20</sub> (mm)</b>	<b>P<sub>50</sub> (mm)</b>	<b>P<sub>80</sub> (mm)</b>
Ömerli	170	340	620
Cebeci	140	280	500

#### 4.5. ANALİZ SONUÇLARI

Arazide yapmış olduğumuz tarama sonucunda Lazer 3D programı ile her delik için çıkarılan delik profillerinden, bu bölümlere denk gelen deliklerdeki minimum, maksimum ve ortalama dilim kalınlıkları hesaplanmıştır.

Patlatma sonrasında oluşan yığında, delikler 3 bölüme ayrılmış ve her bölüme denk gelen parça boyut dağılımı Split görüntü işleme yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve taşocağında uygulanan patlatma parametrelerine göre Kuz-Ram modeli kullanılarak parça boyut dağılımı da tespit edilmiştir.

Tablo 4.15.'de aynanın sol, orta ve sağ kısımlarındaki dilim kalınlıkları ile 3 bölüme ayrılmış yığındaki parça boyut dağılımları ve Kuz-Ram parça boyut dağılımları verilmiştir.

Tablo 4.15. Ömerli taşocağı dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları

	Split Sonuçları						Kuz-Ram Sonuçları		
	<b>B<sub>min.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>B<sub>max.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>B<sub>ort.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>P<sub>20</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>50</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>80</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>20</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>50</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>80</sub></b> <b>(mm)</b>
<b>Sol</b>	2.166	4.2	3,3	268,25	581,39	922,743			
<b>Orta</b>	2.225	4.3	3.26	159,247	704,65	1645.17			
<b>Sağ</b>	2.533	4.3	3,5	216,61	592,62	1104,44			
<b>Tüm Yığın</b>				392,28	670,86	1047,94	170	340	620

Her delik için çıkarılan delik profillerinden, bu bölümlere denk gelen deliklerdeki minimum, maksimum ve ortalama dilim kalınlıkları hesaplanmış, patlatma sonrasında oluşan yığında, delikler aynada 3 bölüme ayrılmış ve her bölüme denk gelen parça boyut dağılımı Split görüntü işleme yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve taşocağında uygulanan patlatma parametrelerine göre Kuz-Ram Modeli kullanılarak parça boyut dağılımı da tespit edilmiştir.

Tablo 4.16.'da aynanın sol, orta ve sağ kısımlarındaki dilim kalınlıkları ile 3 bölüme ayrılmış yığındaki parça boyut dağılımları ve Kuz-Ram parça boyut dağılımları verilmiştir.

Tablo 4.16. Cebeci taşocağı dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları

	Split Sonuçları						Kuz-Ram Sonuçları		
	<b>B<sub>min.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>B<sub>max.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>B<sub>ort.</sub></b> <b>(m)</b>	<b>P<sub>20</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>50</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>80</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>20</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>50</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>P<sub>80</sub></b> <b>(mm)</b>
<b>Sol</b>	2,25	4,1	3,185	672,06	1207,32	2098,98			
<b>Orta</b>	3	5,5	4,175	363,72	702,42	1140,33			
<b>Sağ</b>	2,25	6,7	4,12	317,36	562,47	872,38			
<b>Tüm Yığın</b>				327,16	582,15	924,66	140	280	500

Yapılan analizler sonucunda Ömerli taşocağında gerçekleştirilen patlatmada ayna boyunca en düşük dilim kalınlığı 1,5 m en yüksek dilim kalınlığı ise 5,2 m olarak bulunmuştur. Cebeci taşocağında yapılan patlatmada ise ayna boyunca en düşük dilim



kalınlığı 1,9 m en yüksek dilim kalınlığı ise 7,7 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu dilim kalınlığı değerlerine göre de patlatma sonrası elde edilen yığının parça boyut dağılımı beklenenden çok daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.17.'de patlatmalardaki değişen dilim kalınlıkları, beklenen ve elde edilen parça boyut dağılım değerleri verilmiştir.

Tablo 4.17. Patlatmalardaki dilim kalınlıkları ve parça boyut dağılımları

Patlatma	$B_{\text{tasarım}}$ (m)	$B_{\text{min}}$ (m)	$B_{\text{max}}$ (m)	$B_{\text{ort.}}$ (m)	Kuz-Ram			Split		
					$P_{20}$ (mm)	$P_{50}$ (mm)	$P_{80}$ (mm)	$P_{20}$ (mm)	$P_{50}$ (mm)	$P_{80}$ (mm)
Ömerli	3	1,5	5,2	3,348	170	340	620	392,28	670,86	1047,94
Cebeci	3	1,9	7,7	3,89	140	280	500	327,16	582,15	924,66

Her iki sahada yapılan patlatmalardaki, ortalama dilim kalınlıklarına göre Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı, tasarımda uygulanan dilim kalınlığına göre elde edilen Kuz-Ram parça boyut dağılımları ve Split sonuçları Tablo 4.18.'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.18. Patlatmalardaki ortalama ve tasarımda kullanılan dilim kalınlıklarına göre parça boyut dağılımları

Patlatma	Dilim Kalınlığı (m)	Kuz-Ram			Split			
		$P_{20}$ (mm)	$P_{50}$ (mm)	$P_{80}$ (mm)	$P_{20}$ (mm)	$P_{50}$ (mm)	$P_{80}$ (mm)	
Ömerli	$B_{\text{tasarım}}$	3	170	340	620	392,28	670,86	1047,94
	$B_{\text{ort.}}$	3,348	170	360	660			
Cebeci	$B_{\text{tasarım}}$	3	140	280	500	327,16	582,15	924,66
	$B_{\text{ort.}}$	3,89	150	350	660			

Her bir patlatmaya ait deliklerin ayna boyunca değişen dilim kalınlıkları tek tek incelendiğinde her iki atım içinde tasarlanan 3 m'lik dilim kalınlığının yüzdesel olarak hangi miktarda uygulanabildiği, hangi miktarda ise aşıldığı tespit edilmiştir. Yapılan oransal analizde Ömerli taşocağı için 10 deliğin 8'inde büyük oranda 3 m'lik tasarlanan dilim kalınlığının aşıldığı, 2 delik de ise buna yakın ya da daha az bir dilim kalınlığının

bulunduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.19.'da Ömerli taşocağında gerçekleştirilen patlatmadaki deliklerin basamak yüksekliğine göre ne kadarlık kısmının hedeflenen dilim kalınlığına ne kadarının ise daha büyük dilim kalınlığına sahip olduğu oransal olarak verilmiştir.

Tablo 4.19. Ömerli patlatmasına ait deliklerin dilim kalınlığı değerlerinin oransal ağırlığı

Delikler	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Basamak Yüksekliği(m)	16	15,1	14,7	16	16,8	16	16	16,2	16	15,9
≤3 m	<b>%60</b>	%15	%38	%20	<b>%62</b>	%30	%48,75	%14	%42,8	%49
>3 m	%40	<b>%85</b>	<b>%62</b>	<b>%80</b>	%38	<b>%70</b>	<b>%51,25</b>	<b>%86</b>	<b>%58,2</b>	<b>%51</b>

Cebeci taşocağı için 8 deliğin 6'sında büyük oranda 3 m'lik tasarlanan dilim kalınlığının aşıldığı, 2'sinde ise buna yakın yada daha az bir dilim kalınlığının bulunduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.20.'de Cebeci taşocağında gerçekleştirilen patlatmadaki deliklerin basamak yüksekliğine göre ne kadarlık kısmının hedeflenen dilim kalınlığına ne kadarının ise daha büyük dilim kalınlığına sahip olduğu oransal olarak verilmiştir.

Tablo 4.20. Cebeci patlatmasına ait deliklerin dilim kalınlığı değerlerinin oransal ağırlığı

Delikler	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Basamak Yüksekliği(m)	7,7	7,1	8,5	8,5	9,8	9,8	9,8	9,8
≤3 m	<b>%65</b>	<b>%55</b>	%0	%12	%0	%30,6	%30,6	%15,3
>3 m	%35	%45	<b>%100</b>	<b>%88</b>	<b>%100</b>	<b>%69,4</b>	<b>%69,4</b>	<b>%74,7</b>

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Açık ocak madenciliği ve taş ocakçılığında kayanın kütle ve madde özelliklerine bağlı olarak, delme patlatma işlemi ile kaya kazısı uzun yıllardır uygulanmakta olan bir yöntemdir. Patlatma işleminin temel bir işlem olması nedeni ile, patlatma sonrası oluşan yığının parça boyutunun, devam eden ardışık işlemlere etkisi gözardı edilemez.

Verimli bir patlatmadan beklenen, homojen parça boyut dağılımına sahip iyi ötelenmiş bir yığın elde edilmesi ve çevresel etkilerin en aza indirilmesidir. Optimum bir patlatma için patlatmayı etkileyen belli başlı parametreleri iyi bilmek, patlatma tasarımlarını buna göre yapmak ve uygulamak gerekmektedir. Patlatma performansı, patlatma öncesi ve sonrası ölçüm ve gözlemlerle saptanmaktadır.

Bu tez kapsamında, iki ayrı taşocağında iki patlatma çalışması incelenmiş, lazer profil çıkarma cihazı ile ayna taranmış ve deliklerin basamak boyunca belirli derinliklerindeki dilim kalınlıkları tespit edilmiştir. Patlatma sonrasında oluşan yığın üzerinden alınan dijital görüntüler Split Desktop yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Patlatmalara ait verilerle Kuz-Ram modeli ile parça boyut dağılımı tespit edilmiş ve Split Desktop görüntü işleme ile elde edilen parça boyut dağılımı arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Yapılan ölçüm ve analizler sonucunda 3 temel sonuca varılmıştır;

- i. Patlatma öncesi yapılan patlatma tasarımındaki dilim kalınlığının her iki atım için de, ayna profilinin değişimine bağlı olarak tutturulamadığı ve olması gerekenden daha büyük olduğu tespit edilmiştir.
- ii. Elde edilen parça boyut dağılımının uygulamada ölçülen dilim kalınlığındaki değişikliğe paralel olarak, tasarım parametrelerine göre beklenen parça boyut dağılımından daha yüksek çıkmıştır.
- iii. Yapılan saha çalışmaları sonucunda patlatma tasarım parametrelerinin uygulamaya geçirilirken hassas cihazlar yardımıyla basamak ayna yüzeyinin durumu tespit edilip, deliklerin buna göre delinerek patlatmanın

gerçekleştirilmesinin patlatma sonrası istenilen sonuçların elde edilmesinde önemli bir etkisi bulunmaktadır.

Çalışma sahalarından Ömerli'deki Koç Hafriyata ait taşocağında incelenen tek sıra 10 delikli atımda dilim kalınlığı 3 m olarak uygulanmıştır. Patlatma sonrası oluşacak yığının parça boyut dağılımının daha iyi analiz edilmesi için ayna üç bölüme ayrılmıştır. Lazer profil tarama cihazı ile her bir delik için elde edilen profiller değerlendirilmiş ve deliklerin basamak boyunca göstermiş olduğu dilim kalınlıkları tespit edilmiştir.

Aynanın sol tarafında bulunan 1., 2. ve 3. deliklerden, 1. delikte 16 m'lik basamak boyunca %60'ı 3 m'den küçük, 2. delikte 15,1 m'lik basamak boyunca %15'i 3 m'den küçük ve 3. delikte 14,7 m'lik basamak boyunca %38'i 3 m'den küçüktür.

Aynanın orta kısmını temsil eden deliklerden, 4. delikte 16 m'lik basamak boyunca %20'si 3 m'den küçük, 5. delikte 16,8 metrelik basamak boyunca %62'si 3 m'den küçük, 6. delikte 16 m'lik basamak boyunca %30'u 3 m'den küçük ve 7. delikte 16 m'lik basamak boyunca %48,75'i 3 m'den küçüktür.

Aynanın sağ kısmını temsil eden deliklerden, 8. delikte 16,2 m'lik basamak boyunca %14'ü 3 m'den küçük, 9. delikte 16 m'lik basamak boyunca %41,8'i 3 m'den küçük ve 10. delikte 15,9 m'lik basamak boyunca %49'u 3 m'den küçüktür.

Elde edilen bu sonuçlar dahilinde; deliklerin basamak boyunca farklı derinliklerinden alınmış sonuçlar ile elde edilen 10 deliğin ortalama dilim kalınlığının %20'si belirlenmiş dilim kalınlığının altında, %80'lik kısmı ise 3-4 metre aralığındadır.

Bu sahada uygulanan patlama verilerine ve kaya özelliklerine göre yapılmış Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı  $P_{20}$  170 mm,  $P_{50}$  340 mm ve  $P_{80}$  620 mm olarak bulunmuştur. Lazer profil çıkarma cihazı ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu ortalama 3.348 m'lik dilim kalınlığına göre Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı  $P_{20}$  170 mm,  $P_{50}$  360 mm ve  $P_{80}$  660 mm olarak bulunmuştur. Patlatma sonrasında oluşan yığınlardan elde edilen verilerin Split görüntü işleme programı kullanılarak elde edilen gerçek parça boyutu değerleri ise  $P_{20}$  392,28

mm,  $P_{50}$  670,86 mm ve  $P_{80}$  1047,94 mm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çerçevesinde tasarımda kullanılmış 3 m'lik dilim kalınlığına ve ortalama dilim kalınlığına göre yapılmış Kuz-Ram modeli parçalanma değerleri, Split görüntü işleme ile yapılmış parça boyut dağılımına göre farklılık göstermektedir.

Dilim kalınlığının basamak boyunca göstermiş olduğu değişiklikler sonucunda parça boyut dağılımı da değişmiş ve dilim kalınlığı arttıkça parça boyut değerleri de artmıştır. Lazer profil çıkarma ile elde edilen verilerle 3 m'nin üzerine çıkan dilim kalınlığı sonucunda patlatma sonrasında elde edilen yığın üzerinde alınmış dijital görüntülerin işlenmesi ile elde edilen parça boyut dağılımı bize dilim kalınlığının parçalanma üzerindeki etkisini göstermektedir.

Çalışma sahalarından Cebeci'deki taşocağında incelenen tek sıra 8 delikli atımda da dilim kalınlığı 3 m olarak uygulanmıştır. Yığındaki parça boyut dağılımını daha iyi ortaya koymak için bu çalışmada da ayna 3 bölüme ayrılmıştır.

Aynanın sol tarafında bulunan 1. ve 2. deliklerden, 1. delikte 7,7 m'lik basamak boyunca %65'i 3 m'den küçük , 2. delikte 7,1 m'lik basamak boyunca %55'i 3 m'den küçüktür.

Aynanın orta kısmını temsil eden deliklerden, 3. delikte 8,5 m'lik basamak boyunca %100'ü 3 m'den büyük, 4. delikte 8,5 m'lik basamak boyunca % 12'si 3 m'den küçük, 5. delikte 9,8 m'lik basamak boyunca %100'ü 3 m'den büyük ve 6.delikte 9,8 m'lik basamak boyunca %30,6'sı 3 m'den küçüktür.

Aynanın sağ kısmını temsil eden deliklerden, 7. delikte 9,8 m'lik basamak boyuca %30,6'sı 3 m'den küçük ve 8. delikte 9,8 m'lik basamak boyunca %15,3'ü 3 m'den küçüktür.

Lazer profil çıkarma cihazı ile oluşturulan delik profillerinden çıkartılan sonuçlar ile deliklerin farklı derinliklerinden elde edilen 8 deliğin ortalama dilim kalınlığının %75'i, uygulanan dilim kalınlığının üzerinde olup 3,5-4,5 m aralığındadır.

Uygulanan 3 m'lik dilim kalınlığına göre yapılmış Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı  $P_{20}$  140 mm,  $P_{50}$  280 mm ve  $P_{80}$  500 mm olarak bulunmuştur. Lazer profil çıkarma cihazı ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu ortalama 3.89 m'lik dilim kalınlığına göre Kuz-Ram modeli ile elde edilen parça boyut dağılımı  $P_{20}$  150 mm,  $P_{50}$  350 mm ve  $P_{80}$  660 mm olarak bulunmuştur. Patlatma sonrasında oluşan yığınlardan elde edilen verilerin Split görüntü işleme programı kullanılarak elde edilen gerçek parça boyut dağılımı ise  $P_{20}$  327,16 mm,  $P_{50}$  582,15 mm ve  $P_{80}$  924,66 mm olarak tespit edilmiştir.

Patlatma parametreleri ve kaya özelliklerine göre yapılmış Kuz-Ram modeli parçalanma değerleri, Split görüntü işleme programı ile yapılmış parça boyut dağılımına göre daha düşüktür. Bunun sebebi uygulanan dilim kalınlığının gerçekte basamak boyuca varolan dilim kalınlığını yansıtmamasıdır. Dilim kalınlığının delik boyunca artışı parça boyut dağılımı değerlerini de arttırmıştır.

Uygulamada kullanılan dilim kalınlığı deliklerin basamak boyunca her derinliğindeki dilim kalınlığını temsil etmemektedir. Aynanın yüzeyinde 3 metre olarak görülen dilim kalınlığı basamak boyunca aşağılara inildikçe artıp azalabileceği gibi önceki patlatmalardan kalan yığınlar ve tırnaklar bu durumu etkilemektedir.

Bu çalışma ile delik boyunca değişiklik gösteren dilim kalınlıklarının parça boyut dağılımı üzerine etkileri araştırılmış ve dilim kalınlıklarının uygulanan ayna boyunca göstermiş olduğu değişikliğin gözardı edilmemesi gerektiği tespit edilmiştir.

Patlatma sonrası oluşan ortalama parça boyutu, işletme verimini doğrudan etkileyeceği için patlatma tasarımının başlangıcından bitimine kadar doğru tasarlanması ve tasarım parametrelerinin doğru uygulanması gerekmektedir.

Dilim kalınlığı faktörünü göz ardı etmemek için aynanın profili delik delinmeden çıkartılıp deliklerin aynanın profiline göre delinmesi, patlatma parametrelerinin ona göre düzenlenmesi ve bu parametrelerin uygulanması ile uygun parça boyut dağılımı elde edilebilir.

## KAYNAKLAR

ANON, 1986, *Handbook of explosives and rock blasting*, Atlas Powder Company, Dallas, Texas, USA.

ARIOĞLU, E., 1988, *Çözümlü madencilik problemleri*, MMO Yayını, Ankara.

ARPAZ, E., 2000, *Türkiye'deki bazı açık işletmelerde patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

ATLAS POWDER COMPANY, 1987, *Explosives and rock blasting*, Atlas Powder Co., USA.

ATLAS POWDER COMPANY, 1985, *Handbook of explosives and rock blasting*, Dallas, Texas, USA.

BAUER, A., CROSBY, W.A., 1990, *Drilling application*, Surface Mining 2nd. Edition, Editor:KENNDY, B.A., SMME, Colorado, USA.

BALL, S.L., 1996, *Laser terrain profiling*, World Leaders in Measurement Technology, Measurement Devices Limited.

BİLGİN, H.A., PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., ve ÖZKAHRAMAN H.T., 1994. Effect of dominant discontinuity orientation on blasting, *Mine Planning and Equipment Selection*, Third International Symposium, İstanbul.

BİLGİN, H.A. ve PAŞAMEHMETOĞLU, A., 1986, Kayaların delinebilirlikleri ve patlatılabilirlikleri üzerine bir çalışma. *1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Ankara

BİLGİN, H.A., 1986, Açık işletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı, *Odtü Seminer No:2*, Ankara.

BROADBENT, CD., 1974, *Predictable blasting with insitu seismic survey*, Mining Engineering, April, SME, USA

CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., 1993, Delme patlatmanın önemi, kullanıldığı alanlar ve maden mühendisliği ile ilgisi, *1. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, s.127-138, Ankara.

CUNNINGHAM, C., 1983, The Kuz -Ram model for prediction of fragmentation from blasting, *1<sup>st</sup> Int. Symp. Rock Fragmentation by Blasting*, Luleå. Sweden

- DICK, R.A., FLETCHER, L.R., D'ANDREA, D.V., 1983, *Explosives and blasting procedures manual*, USBM, IC 8560, 44 p., USA.
- DICK, R. A., FLETCHER, L.R. ve D'ANDREA, D.V., 1973, A study of fragmentation from bench blasting in limestone at a reduced scale, *U.S. Bureau of Mines, Report of Investigation*.
- ERKOÇ, Ö.Y.,1990, *Kaya patlatma tekniği*.
- GUSTAFSSON, R., 1973, *Swedish blasting technique*, SPI, Gothenburg,Sweden.
- Hemphill, G.B., 1981, *Blasting operations*, Mc Graw Hill.
- HOEK, E., BRAY, J.W., 1991, Kaya şev stabilitesi, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını*, (Çevirenler: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.), Ankara.
- HOPLER, R.B.,1998, *Blasters' handbook*, 17th edition, The Int. Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio.
- İBB, 2005, *İstanbul ili alanının genel jeoloji özellikleri*, Deprem Risk Yönetim ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- KAHRİMAN, A., 2003, *Maden ve taşocaklarında kaya patlatma tekniği semineri*, İstanbul.
- KAHRİMAN, A., 1999, *Açık maden ve taşocaklarında kaya patlatma teknolojisi eğitim semineri*.
- KECOJEVIC, V., RADOMSKY, M., 2005, Flyrock phenomena and area security in blasting-related accidents, *Safety Science* 43, pg.739-750.
- KHALED, M., RAHMAN, K.A., KHATTAB, M., 2008, Facing the drilling and blasting difficulties at Helwan Quarry Egypt, *International Society of Explosives Engineers*, 2008G Volume 1.
- KONAK, A., GÖKTAN, M., PATIR, O., 1991, Açık işletmelerde delme-patlatma. *Anadolu Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Yayınları* No:102. Eskişehir.
- KONYA, J.A., WALTER, E. J., 1990, *Surface blasting design*, USA.
- KOU, S., RUSTAN, A., 1992, Burden related to blasthole diameter in rock blasting, *Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, V.29, pp.543-553.
- KOZACI Ö., 2000, *Ömerli-Hüseyinli köyü civarındaki taşocaklarında üretilen triyas kireçtaşlarının agrega olabilme özellikleri ve optimum delme-patlatma yönteminin araştırılması*, Bitirme Ödevi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.



- KUZNETSOV V.M., 1973, The mean diameter of fragments formed by blasting rock, *Soviet Mining Science*, Vol. 9 No. 2.
- LANGFORS, U., KIHILSTROM, B., 1978, *The modern technique of rock blasting*, 3<sup>rd</sup> Edition, Stockholm, Sweden.
- LANGFORS, U., KIHILSTROM, B., 1973, *Rock blasting*, John Wiley and Sons, New York.
- LARSSON, B., 1985, The role of correct interval times in rock blasting, *Paper, given at the Swedish Rock Blasting Council*, Sweden.
- LEIGHTON, J.C., et al., 1982, *Development of a correlation between rotary drill performance and controlled blasting powder factors*, CIM Bulletin, USA.
- MORIN, M.A., FICARAZZOB, F., 2006, Monte Carlo simulation as a tool to predict blasting fragmentation based on the Kuz–Ram model, *Computers and Geosciences* 32, 352-359.
- MORTAZAVI, A., KATSABANISB, P.D., 2001, Modelling burden size and strata dip effects on the surface blasting process, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 38, pg 481-498 Department of Mining Engineering, Queens University, Canada.
- OLOFSSON, S.O., 1990, *Applied explosives technology for construction and mining*, 2nd edition, Applex, Aria, Sweden, SS 304.
- OLOFSSON, S.O., 1988, *Applied explosives technology, for construction and mining*, Sweden.
- ÖZDEMİR, K., 2009, *Basamak patlatmasında parça boyut dağılımının ardışık işlem faaliyetlerine olan etkilerinin araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZDEMİR, K., KAHRİMAN, A., ÖZER, Ü., 2007, Parçalanma tahmin modelleri ve dijital görüntü işleme yöntemi. 5. *Delme Patlatma Sempozyumu*, Ankara, Sayfa 81-92.
- ÖZDEMİR, K., 2004, *Dijital görüntü işleme tekniği ile patlatma verimlilik analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZKAHRAMAN, H.T., 1994, *Critical evaluation of blast design parameters for discontinuous rocks by blasting*. Ph. D. Thesis METU, Ankara
- ÖZKAZANÇ, M.O., 2004, ANFO'muzda gübre var mı?. *Nitromak Dergisi*, Sayı 4, Ankara
- PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., 1986, Divriği madenleri müessesesi açık ocağında patlatma sorunlarının etüdü, *ODTÜ*, Ankara

- PUKKILA, J., TAMROCK 1978, *Handbook of Surface Drilling and Blasting*, Finland.
- REHAK, T.R., BAJPAYEE, T.S., MOWREY, G.L., INGRAM, D.K., Flyrock issues in blasting.
- RUSTAN, P.A., 1993, Minimum distance between charged boreholes for safe detonation, *4. International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 5-8 July, Vienna, Austria.
- SINGH, S.P., 1993, Prediction and determination of explosive induced damage, *4. International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 5-8 July, Vienna, Austria.
- STACHURA, V.J., FLETCHER L.R., PELTIER, M.A. Delayed blasting tests to improve highwall stability, *Bureau of Mines Report of Investigations 9008*.
- ŞERAN, O., AKAY, T., 1999, *Açık ocaklarda delme patlatma tasarımı ve Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesinin delme patlatma etüdü*, Bitirme Projesi, İ.Ü. Mühendislik fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- TAMROCK, 1984, *Handbook of Surface Drilling and Blasting*, Painofaktorit, Finland.
- TOPER, A.Z., 1988; *Study on blasting parameters in TKI open-pit lignite mines*, M.Sc. Thesis, METU, 68 p., Ankara.
- ZARİF İ.H., TUĞRUL A., DURSUN G., 2003, İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, C16,S.2, SS.61-70, İstanbul.
- ZEIGLER, K., 1991, "The Blast Design Project", Seminer Notları, TDCİ, Divriği, Sivas.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Pelin Yılmaz 1979'da İstanbul'da doğdu. Orta öğrenimini Haydarpaşa Lisesinde tamamladıktan sonra, 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne başlayıp, 2002 yılında Maden Mühendisi olarak mezun oldu. 2006 yılında Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Maden Mühendisliği Programında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Özel sektörde maden mühendisliği görevine devam etmektedir.