



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR TAŞ OCAĞINDA PATLATMADAN
KAYNAKLANAN TİTREŞİMLER İLE PARÇA
BOYUT DAĞILIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Maden Müh. Mahir AKYOL
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden Mühendisliği Programı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ümit ÖZER
Eylül, 2010**

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR TAŞ OCAĞINDA PATLATMADAN
KAYNAKLANAN TİTREŞİMLER İLE PARÇA
BOYUT DAĞILIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Maden Müh. Mahir AKYOL
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden Mühendisliği Programı**

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ümit ÖZER
Eylül, 2010**

İSTANBUL

Bu çalışma 15/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Maden Mühendisliğı Anabilim Dalı Maden Mühendisliğı programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Yrd. Doç. Dr. Ümit ÖZER (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr.Şafak Gökhan ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr.Süleyman DALGIÇ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr.Ataç BAŞÇETİN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Yrd.Doç.Dr.Abdulkadir KARADOĞAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı başta tez danışmanım **Yrd. Doç. Dr. Ümit ÖZER**'e, **Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir KARADOĞAN** ve **Araş. Gör. Deniz ADIGÜZEL**'e sonsuz teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasındaki desteklerinden dolayı, **Maden Müh. Ertuğrul KAYA**'ya teşekkür ederim.

Maden mühendisi arkadaşlarım değerli meslektaşlarım **Ahu ÜNSAL**, **Teoman TELİK**, **M. Tunç TUNALI** ve **Tolga PEHLİVAN**' a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her anında yanımda olan ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama teşekkürü borç bilirim.

Eylül, 2010

Mahir AKYOL
2601070073

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xviii
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. DELME PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.1. Delme ve Patlatmanın Önemi	4
2.1.2. Delme Patlatmanın İşletme Ekonomisine Etkileri.....	6
2.1.3. Basamak Patlatması	8
2.2. BASAMAK PATLATMASI TASARIM PAREMETRELERİ.....	10
2.2.1. Kaya Birimlerinin Malzeme Ve Kütle Özellikleri	11
2.2.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri Ve Dağılımı.....	11
2.2.3. Patlatma Geometrisi	11
2.2.3.1. Özgül Şarjın Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler	12
2.2.3.2. Dilim Kalınlığının Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar.....	16
2.2.3.3. Delik Çapı Tahmini	19
2.2.3.4. Delik Eğiminin Belirlenmesi	20
2.2.3.5. Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi	21
2.2.3.6. Delik Taban Payının Belirlenmesi	22
2.2.3.7. Sıkılama Boyunun Belirlenmesi	22
2.2.3.8. Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi.....	24
2.2.3.9. Gecikme Zamanının Belirlenmesi	24

2.2.3.10. Dip Şarj ve Kolon Şarj Boylarıyla Miktarlarının Belirlenmesi	25
2.2.3.11. Delik Hata Payının Belirlenmesi	27
2.3. PATLATMA VE PARÇALANMA MEKANİZMASI	27
2.3.1. Detonasyon	28
2.3.2. Şok ve Basınç Dalgalarının Yayılması	30
2.3.3. Gaz Basıncının Yayılması	31
2.3.4. Kaya Kütesinin Hareketi	32
2.4. PATLATMA PERFORMANS VE PARÇA BOYUT KONTROLÜ	37
2.4.1. Patlatma Performans Kontrolü	37
2.4.2. Parça Boyutunun Tanımı ve Önemi.....	38
2.4.3. Parça Boyutunu Etkileyen Faktörler	40
2.4.3.1. Kayacın Nitelikleri	40
2.4.3.2. Delikler Arası Mesafe	40
2.4.3.3. Dilim Kalınlığı	40
2.4.3.4. Basamak Arınının Durumu	40
2.4.3.5. Basamak Yüksekliği.....	41
2.4.3.6. Sıkılamanın Etkisi	41
2.4.3.7. Basamaktaki Delik Düzeni	41
2.4.3.8. Delik Çapı	41
2.4.3.9. Patlayıcı Madde Miktarı	41
2.4.3.10. Patlayıcı Madde Nevi.....	41
2.4.3.11. Ateşleme Sırası	41
2.5. PATLATMADA PARÇALANMA MODELLERİ	42
2.5.1. Kuz-Ram Modeli.....	42
2.5.2. Bond–Ram Modelleri	44
2.5.2.1. BRM	45
2.5.3. EBT Model.....	45
2.5.4. KCO Model	46
2.5.4.1. İri Blok (Duvartaşı) ve Agregaları Patlatmayı Etkileyen Faktörler	47
2.5.4.2. Fragmantasyon İşlemleri	48
2.5.4.3. İri Blok ve Agregata Üretiminde Patlatma Dizaynlarının Karşılaştırılması	48

2.5.4.4. İri Blok Patlatmasında Elde Edilen Sonuçları Geliştirmek İçin Tavsiyeler.....	48
2.5.5. JKMRC Modeli.....	50
2.5.5.1. Çift Elemanlı Model-TCM.....	50
2.5.5.2. Kırılma Bölgesi Modeli-CZM	52
2.6. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTUNU BELİRLEME YÖNTEMLERİ	54
2.6.1. Görsel – Gözlemsel Yöntemler	55
2.6.2. Fotoğraflama Tekniği.....	55
2.6.3. Geleneksel ve Yüksek Hızlı Fotogrametri	55
2.6.4. Patar Sayımı Yöntemi	55
2.6.5. İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi.....	56
2.6.6. Ekskavatörün Yükleme Performansı	56
2.6.7. Primer Kırıcı Performansı.....	56
2.6.8. Elek Analizleri.....	56
2.6.9. Üç-Nokta Metodu.....	57
2.6.10. Parça-Numune Metodu	57
2.6.11. Görüntü İşleme Metodu	57
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	58
3.1. YER SARSINTISI VE HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ	58
3.1.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikleri	60
3.2. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PARÇA BOYUT ANALİZİ	62
3.2.1. Tarihi ve Gelişimi.....	63
3.2.2. Kaydedilen İlerlemeler	63
3.2.3. Dijital Görüntü İşleme Yönteminin Adımları.....	64
3.2.3.1. Görüntüyü Yeniden Yapılandırma	64
3.2.3.2. Görüntü Analizi.....	64
3.2.3.3. Görüntü Oluşumu (Bilgisayar Tarafından Oluşturulan Görüntü)	65
3.2.3.4. Görüntü Sıkıştırma ve Şifreleme	65
3.2.4. Uygulama Alanları.....	65

3.2.5. Dijital Görüntüler	65
3.2.5.1. Görüntü Parametreleri	66
3.2.5.2. Görüntü Uzaysal Çözünürlüğü	66
3.2.6. Yöntemin Sınırları	67
3.2.7. Sistemin Tatbiki İçin Muhtelif Konfigürasyonlar	67
3.2.8. Ölçümlemenin Geçerliliği.....	68
3.2.9. Dijital Görüntü İşleme Programlarından “Split-Desktop Sistemi”	68
3.3. KUZ - RAM	73
4.BULGULAR	75
4.1. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ.....	75
4.2. ÇALIŞMA SAHASI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	75
4.2.1. Cebeci Bölgesi Genel Jeolojisi.....	77
4.2.2. Cebeci Bölgesi Taşocaklarının Üretimine Genel Bakış	77
4.2.3. Düzenlenen Atım Paternleri	78
4.3. SAHA ÇALIŞMALARI	80
4.4. YAPILAN ANALİZLER	80
4.4.1. Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Analizi.....	80
4.4.1.1. Titreşimi Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi	83
4.4.2. Split Programı ve Kuz-Ram Parça Boyut Analizleri	84
4.4.2.1. 23.02.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakırlar Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	84
4.4.2.2. 10.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi.....	88
4.4.2.3. 10.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi.....	91
4.4.2.4. 15.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi.....	94
4.4.2.5. 15.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi.....	97
4.4.2.6. 17.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Erler Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	100

4.4.2.7. 19.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	103
4.4.2.8. 12.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi.....	106
4.4.2.9. 12.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi.....	109
4.4.2.10. 13.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	112
4.4.2.11. 14.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi.....	115
4.4.2.12. 14.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi.....	118
4.4.2.13. 15.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi.....	121
4.4.2.14. 15.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi.....	124
4.4.2.15. 16.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	127
4.4.2.16. 19.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi.....	130
4.4.2.17. 19.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi.....	133
4.4.2.18. 26.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	136
4.4.2.19. 28.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	139
4.4.2.20. 29.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi.....	142
4.4.2.21. 30.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi.....	145
4.4.2.22. 30.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi.....	148

4.4.3.SPSS Programı İle Yapılan Çoklu Regresyon Analizleri	151
4.4.3.1. <i>Deniz ve Çakırlar Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS’de İncelenmesi</i>	152
4.4.3.2. <i>Özyurt ve Erler Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS’de İncelenmesi ..</i>	154
4.4.3.3. <i>Dalbay Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS’de İncelenmesi</i>	156
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	159
KAYNAKLAR.....	161
ÖZGEÇMİŞ.....	166

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Delme patlatmayı esas alan kazı işleminin genel planlaması.....	4
Şekil 2.2	: Kaya parçalanmasında patlatma maliyeti ve ardışık işlem maliyeti ilişkisi.....	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	: Basamak patlatmasında kullanılan terimler	9
Şekil 2.6	: Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi	13
Şekil 2.7	: Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi.....	13
Şekil 2.8	: Chapmant ve Jouget tarafından önerilen detonasyon zon ve elemanları	28
Şekil 2.9	: Detonasyon sırasında oluşan radyal kayıplar	29
Şekil 2.10	: Kayaç içerisinde basınç yayılma şekli	30
Şekil 2.11	: Parçalanma mekanizması.....	31
Şekil 2.12	: Sonsuz kaya ortamı içindeki bir patlatma deliği çevresinde parçalanma olayı...	33
Şekil 2.13	: Gaz basıncının yarattığı etki.....	34
Şekil 2.14	: Gaz basıncı ile çatlak oluşumu.....	35
Şekil 2.15	: Patlama ile birlikte dalga yayılımı	36
Şekil 2.16	: Yansıyan ve tansiyonal karaktere dönüşen şok dalgası	37
Şekil 2.17	: Patlatma geometrisi ve terminolojisi.....	49
Şekil 3.1	: Bir titreşim ölçer cihazının jeofon yapısı	59
Şekil 3.2	: Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemi.....	60
Şekil 3.3	: Instantel Mini Mate Plus model titreşim ölçüm cihazı.....	61
Şekil 3.4	: Instantel Mini Mate Plus cihazının USBM normuna göre düzenlenmiş tipik çıktısı	62
Şekil 3.5	: Dijital görüntü örneği.....	66
Şekil 3.6	: Resmin programa ilk aktarılışı	70
Şekil 3.7	: Görüntünün ölçeklendirilmesi.....	71
Şekil 3.8	: Parçacıkların program tarafından tespit edilmesi.....	71
Şekil 3.9	: Program sınırları belirlendikten sonra oluşan görüntü.....	72
Şekil 3.10	: İşlenmiş Resim.....	72
Şekil 3.11	: Parça boyut dağılım analiz sonucunun alınması	73
Şekil 3.12	: Kuz –Ram parça boyut tahmin grafiği	74
Şekil 3.13	: Split verilerin Kuz- Ram sonuçları ile karşılaştırıldığı grafik	74

Şekil 4.1	: Cebeci Taş Ocakları uydu görüntüsü	76
Şekil 4.2	: Cebeci Taş Ocaklarından bir görüntü	76
Şekil 4.3	: Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi	84
Şekil 4.4	: 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	86
Şekil 4.5	: 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	86
Şekil 4.6	: 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması..	87
Şekil 4.7	: 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	88
Şekil 4.8	: 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	89
Şekil 4.9	: 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	90
Şekil 4.10	: 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	91
Şekil 4.11	: 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	92
Şekil 4.12	: 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	93
Şekil 4.13	: 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	94
Şekil 4.14	: 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	95
Şekil 4.15	: 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	96
Şekil 4.16	: 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	97
Şekil 4.17	: 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	98
Şekil 4.18	: 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	99
Şekil 4.19	: 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	100
Şekil 4.20	: 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	101
Şekil 4.21	: 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	102
Şekil 4.22	: 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	103
Şekil 4.23	: 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	104
Şekil 4.24	: 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	105

Şekil 4.25	: 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	106
Şekil 4.26	: 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	107
Şekil 4.27	: 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	108
Şekil 4.28	: 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	109
Şekil 4.29	: 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	110
Şekil 4.30	: 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	111
Şekil 4.31	: 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	112
Şekil 4.32	: 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	113
Şekil 4.33	: 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	114
Şekil 4.34	: 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	115
Şekil 4.35	: 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	116
Şekil 4.36	: 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	117
Şekil 4.37	: 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	118
Şekil 4.38	: 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	119
Şekil 4.39	: 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	120
Şekil 4.40	: 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	121
Şekil 4.41	: 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	122
Şekil 4.42	: 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	123
Şekil 4.43	: 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	124
Şekil 4.44	: 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	125
Şekil 4.45	: 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	126
Şekil 4.46	: 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	127

Şekil 4.47	: 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	128
Şekil 4.48	: 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	129
Şekil 4.49	: 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	130
Şekil 4.50	: 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	131
Şekil 4.51	: 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	132
Şekil 4.52	: 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	133
Şekil 4.53	: 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	134
Şekil 4.54	: 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	135
Şekil 4.55	: 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	136
Şekil 4.56	: 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	137
Şekil 4.57	: 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	138
Şekil 4.58	: 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	139
Şekil 4.59	: 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	140
Şekil 4.60	: 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	141
Şekil 4.61	: 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri.....	142
Şekil 4.62	: 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu.....	143
Şekil 4.63	: 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	144
Şekil 4.64	: 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	145
Şekil 4.65	: 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	146
Şekil 4.66	: 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	147
Şekil 4.67	: 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri	148
Şekil 4.68	: 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu	149
Şekil 4.69	: 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması	150

Şekil 4.70	: Deniz ve çakırlar maden sahalarına ait verilerin ppv-sd ilişkisi	152
Şekil 4.71	: Deniz ve çakırlar maden sahalarına ait verilerin spss'deki görüntüsü	153
Şekil 4.72	: Özyurt ve erler maden sahalarına ait verilerin ppv-sd ilişkisi.....	154
Şekil 4.73	: Özyurt ve erler maden sahalarına ait verilerin SPSS'deki görüntüsü	155
Şekil 4.74	: Dalbay Maden Sahasına ait verilerin ppv-sd ilişkisi.....	156
Şekil 4.75	: Dalbay Maden Sahasına ait verilerin SPSS'deki görüntüsü	157

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Bazı patlayıcı maddelerin detonasyon basınçları (Anon, 1986).....	28
Tablo 2.2	: Patlatma parametrelerinin “n” üzerindeki etkisi (Cunningham,1983)	44
Tablo 4.1	: Titreşim ölçümü yapılan test atımlarının patlatma geometrisi.....	79
Tablo 4.2	: Atımların yeri ve koordinatları.....	80
Tablo 4.3	: İstasyon noktalarının koordinatları ve kurulan cihazlar	81
Tablo 4.4	: Atımlar sonucunda ölçülen titreşimlerin veri kaydı	82
Tablo 4.5	: 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait kayaç ve patlayıcı özellikleri.....	85
Tablo 4.6	: 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği .	87
Tablo 4.7	: 10.03.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	90
Tablo 4.8	: 10.03.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	93
Tablo 4.9	: 15.03.2010 tarihli 1: patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	96
Tablo 4.10	: 15.03.2010 tarihli 2: patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	99
Tablo 4.11	: 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	102
Tablo 4.12	: 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	105
Tablo 4.13	: 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	108
Tablo 4.14	: 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	111
Tablo 4.15	: 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	114
Tablo 4.16	: 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	117
Tablo 4.17	: 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	120
Tablo 4.18	: 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	123
Tablo 4.19	: 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	126

Tablo 4.20 : 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	129
Tablo 4.21 : 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	132
Tablo 4.22 : 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	135
Tablo 4.23 : 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	138
Tablo 4.24 : 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	141
Tablo 4.25 : 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	144
Tablo 4.26 : 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	147
Tablo 4.27 : 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği	150
Tablo 4.28 : Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler.....	153
Tablo 4.29 : Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler.....	155
Tablo 4.30 : Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler.....	157

SEMBOL LİSTESİ

α	: Süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı
$\phi+I$	: Etkin içsel sürtünme açısı
μ	: Kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran
A	: Kaya faktörü
B	: Dilim kalınlığı
b	: Sıralar arası gecikme zamanı
BCL	: Taban şarj boyu
Bmax	: Maksimum dilim kalınlığı
c	: Kohezyon
CCL	: Kolon şarj boyu
C_o	: Kaya patlatma katsayısı
d	: Delik çapı
DD	: Darbe dayanımı
d_e	: Patlayıcı maddenin çapı
d_r	: Kayanın yoğunluğu
E	: Patlayıcı maddenin gücü
E	: Delik hata payı
E_d	: Dinamik elastik modülü
f	: Delik eğim faktörü
H	: Delik uzunluğu
I	: Empedans
K	: Basamak yüksekliği
K_r	: Kaya faktörü
K_{tp}	: Teknik şarj faktörü
L	: Toplam şarj uzunluğu
l_b	: Şarj yoğunluğu
n	: Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı oranı
P	: Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu
PC	: Ateşlenecek kolon boyu
P_d	: Detonasyon basıncı
P_p	: Delikteki patlama basıncı
PPV	: Maksimum parçacık hızı
Q	: Şarj miktarı
q	: Özgül şarj
Q_b	: Dip şarj miktarı
Q_e	: Patlayıcı ısı enerjisi
Q_{er}	: Referans patlayıcı maddenin ısı enerjisi
Q_p	: Kolon şarj miktarı
R	: Mesafe
R₁	: Delik eğimi düzeltme faktörü
R₂	: Kaya düzeltme faktörü
R_f	: Kaya faktörü

RQI	: Kaya kalite indeksi,
S	: Delikler arası mesafe
s	: Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
SD	: Ölçekli mesafe
SG_e	: Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı
SG_r	: Kayanın özgül ağırlığı
S_{tv}	: Patlayıcı maddenin hacimce kudreti
S_{tw}	: Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
T_H	: Delikten deliğe gecikme sabiti
T_R	: Delik sıraları arasında gecikme sabiti
U	: Delik taban payı
V₀	: Patlatılmış kayanın hacmi
V_e	: Patlama hızı
V_p	: Sismik (P-dalgı) hız
W	: Delme hassasiyetindeki standart sapma
W_e	: Sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı
Z	: Kaya fırlaması ile ilgili bir faktör
η	: Enerji iletim verimi
θ	: Kırılma açısı
σ_b	: Kayanın tek eksenli basma dayanımı
σ_{ç,d}	: Kayanın dinamik çekme dayanımı
σ_{ç max}	: Maksimum çekme gerilmesi
σ_{ç min}	: Minimum çekme gerilmesi
σ_ç	: Kayanın çekme dayanımı
φ	: Kayanın içsel sürtünme açısı

ÖZET

BİR TAŞ OCAĞINDA PATLATMADAN KAYNAKLANAN TİTREŞİMLER İLE PARÇA BOYUT DAĞILIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu - tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde; optimize bir patlatma tasarımının yapılabilmesi için birçok parametrenin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin en önemlileri kaya özellikleri, üretim miktarı ve çevresel etkilerdir. Başarılı bir patlatmadan beklenebilecek en önemli sonuçlar; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemlerinin elimine edilmesi, maliyetin en uygun değerlere indirilmesi, üretimin istenen miktarlarda yapılabilmesi ve iş güvenliği açısından tehlike yaratabilecek durumların ortadan kaldırılması olarak sıralanabilir. Günümüz klasik patlatma tasarımı çalışmalarında çoğunlukla işletme üretim miktarları ön planda tutulduğundan diğer parametreler göz ardı edilmektedir. Bu da optimum patlatma tasarımı açısından yetersiz kalmakta, patlatma maliyeti, patlatma kaynaklı çevresel sorunlar, yükleme, taşıma ve primer kırma maliyetlerinin yükselmesi gibi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Patlatmalı kazı oldukça fazla değişkeni içinde barındırmakla beraber, mühendislik gereği hem verimli hem de güvenli olmalıdır. Bu iki öğeyi birlikte sağlamak için patlatmadan kaynaklanan titreşimler ile parça boyut dağılımlarının dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Özetle patlatma, mühendislik gereği hem güvenli hem de verimli olmalıdır.

Bu çalışmada, Cebeci Taş Ocaklarındaki basamak patlatması sonucu oluşan yersarsıntısı ölçüm sonuçları ve yığın parça boyut dağılımları sunulmaktadır. Her atımın ölçekli mesafe unsurları dikkatlice kaydedilirken, white mini seis ve instantel minimize plus model titreşim cihazları ile yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Ayrıca Kuz-Ram, Bond-Ram, KCO, EBT ve JKMRC parçalanma tahmin modelleri gerekli parametreleri ve bağıntıları verilerek anlatılırken en yaygın olarak kullanılan Kuz-Ram parçalanma tahmin modeli ve dijital görüntü işleme yöntemi (split engineering) karşılaştırılıp elde edilen gerçek parça boyut dağılımı ile karşılaştırılarak modelin olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konulmuştur. Son olarak SPSS programında çoklu regresyon analizi yapılarak çalışılan saha için ppv'nin d20, d50, d80 ve dmax türünden ilişkisi saptanmış olup dmax ile ppv arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF RELATIONSHIP BETWEEN VIBRATION INDUCED BY BLASTING AND PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AT A QUARRY

Quarrying, mining, the excavation of infrastructure, the construction of tunnels, pipelines and dams are the sectors where excavation with blasting is inevitable. Because of the necessity of excavation with blasting in these sectors, blasting designs should be optimized by taking many parameters such as rock properties, the amount of product and environmental impacts of blasting into consideration. The most important results that can be anticipated from a successful blasting can be sorted as eliminating the environmental problems developed in the form of seismic movements and air shock, reducing the costs of production, realizing the planned amounts of production and preventing the hazardous conditions in terms of work safety. In classical blasting design operations, the production amount is the only parameter is taken into consideration, where other parameters are being disregarded. This implementation causes some problems such as arising cost of blasting, environmental problems induced by blasting, arising cost of loading, carrying, hauling and primary crushing due to the fact that this method is inadequate in terms of blasting design optimization. In summary, blasting should be both securely and efficiently. To provide these two elements together, the vibrations due to blasting and particle size distributions should be carefully considered.

This study presents the results of ground vibration measurements induced by bench blasting carried out in the Cebeci quarry. The parameters of scaled distance were recorded carefully and the ground vibration components were measured for all blast at this quarry by using White Mini-Seis and Instantel Minimate Plus model vibration monitors. Also Kuz-Ram, Bond-Ram, KCO, EBT and JKMRC fragmentation prediction models are defined with their necessary parameters and equations, the most widely used model Kuz-Ram fragmentation prediction models and digital image processing technique (split engineering) compare the obtained actual particle size distribution compared with the positive and negative aspects of the model was introduced.

Finally, multiple regression analysis was performed using SPSS program, worked in the field of PPV for the d20, d50, d80, and the ppv dmax dmax were established, the relationship between the type of relationship is revealed.

1.GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu - tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri sıkça karşılaşılmakta ve tartışılmaktadır. Bu nedenle, patlatma tasarımında yalnızca parçalanma derecesi, eř dağılımlılık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin elimine edilmesi de dikkate alınmalıdır.

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 sahaya 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 kontrol edemediğimiz değişken ise sahanın jeolojisidir.

Bu çalışmada Cebeci Taş Ocaklarındaki basamak patlatması sonucu oluşan yersarsıntısı ölçüm sonuçları ve yığın parça boyut dağılımları sunulmaktadır. Her atımın ölçekli mesafe unsurları dikkatlice kaydedilirken, White Mini Seis ve Instanetl Minimate Plus model titreşim cihazları ile yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Ayrıca Kuz-Ram, Bond-Ram, KCO, EBT ve JKMRC parçalanma tahmin modelleri gerekli parametreleri ve

bağıntıları verilerek anlatılırken en yaygın olarak kullanılan Kuz-Ram parçalanma tahmin modeli ve dijital görüntü işleme yöntemi (split engineering) karşılaştırılıp elde edilen gerçek parça boyut dağılımı ile karşılaştırılarak modelin olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konulmuştur. Son olarak SPSS programında çoklu regresyon analizi yapıp çalışılan saha için ppv'nin d_{20} , d_{50} , d_{80} ve d_{max} türünden ilişkisi saptanmış olup d_{max} ile ppv arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DELME PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

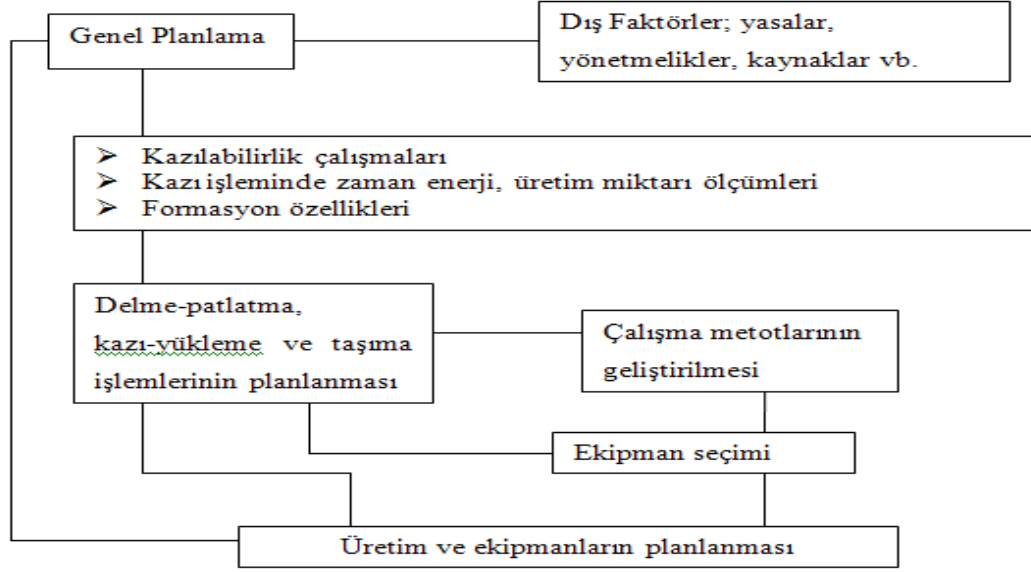
Maden mühendisliğinin temel amaçlarından biri, konforlu bir yaşam için gerekli alt yapı kazılarıyla birlikte; insanoğlunun gereksinim duyduğu endüstri hammaddesinin içinde bulunduğu ana kütleden faydalanabilir bir büyüklükte, ekonomik olarak, minimum bir zaman diliminde ve emniyetli bir biçimde ayırmak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



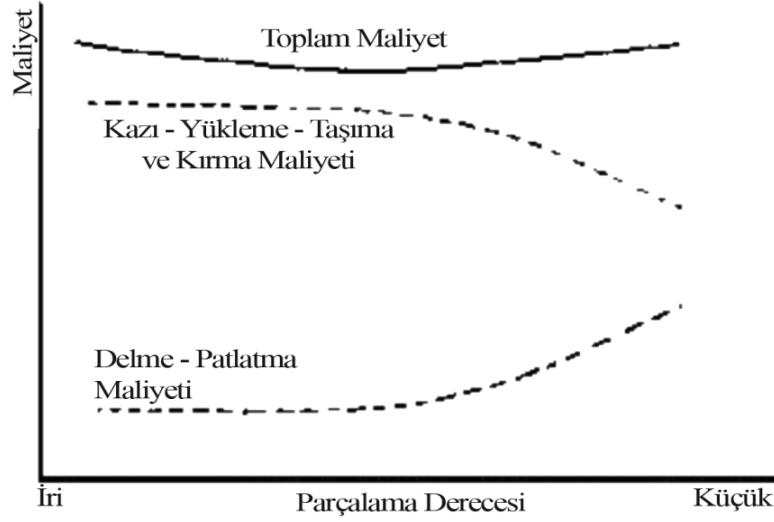
Şekil 2.1. Delme patlatmayı esas alan kazı işleminin genel planlaması (Ceylanoğlu ve diğ., 1993)

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 (Kahrıman, 2003).



Şekil 2.2. Kaya parçalanmasında patlatma maliyeti ve ardışık işlem maliyeti ilişkisi (Kahrıman, 2003)

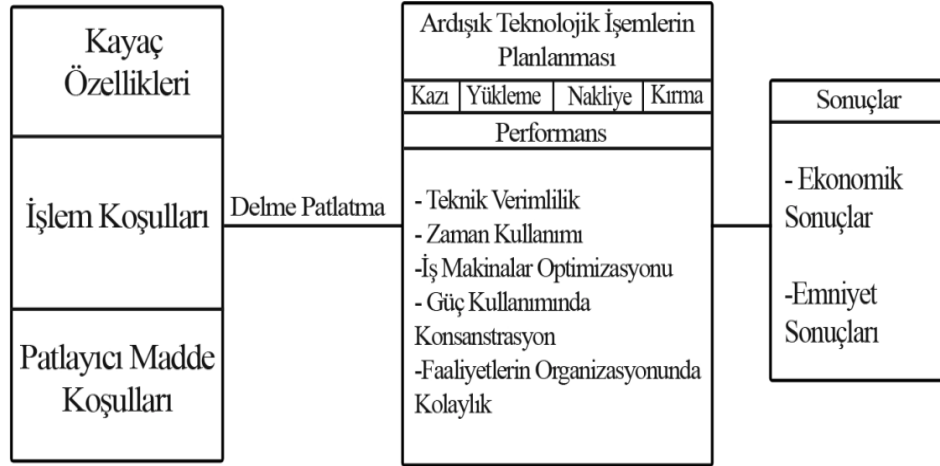
Şekil 2.2.'de ifade edildiği gibi, patlatma sonrası işlemlerin maliyeti, genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur.

Toplam maliyetin değerlendirilmesi her haliyle, söz konusu unsurlara yönelik sonuçların göz önüne alınmasıyla mümkün olabilecektir. Bu vesileyle, en uygun sonucun ne olacağına 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 arttırılması
- Zaman kullanımında etkinlik
- İş makineleri performanslarında iyileştirme
- Kapasite artışı
- Ardışık faaliyetlerin organizasyonunda kolaylık
- Uygun niteliklerde malzeme temini
- Güç kullanımında konsantrasyon
- Ekipman seçiminde optimizasyon

Bu hususları özetle Şekil 2.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Delme ve patlatmanın üretim sürecindeki yeri ve önemi (Kahriman,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 her şeyi 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

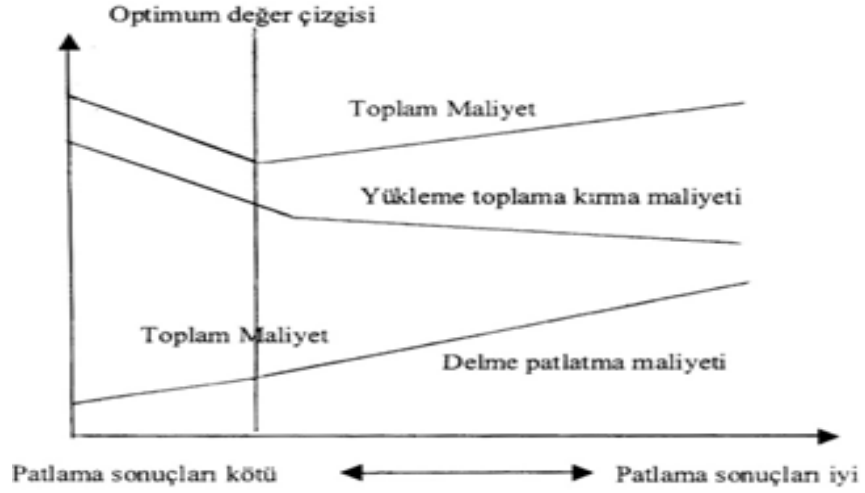
çalışınca kapasiteleri düşer, arıza oranları yükselir. İkinci patlatma nedeniyle, fazladan maliyetin yanı sıra vardiyadaki iş kayıpları artar. Makinelerin yürüyüş sistemleri zarar görür. Patar oranının yüksek olması yükleme, taşıma emniyetinin azalmasına, kırıcıların kapasitelerinin düşmesine ve ton basınç kırma maliyetinin artmasına neden olur (Bilgin ve diğ., 1994).

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 arttırırsak arttırılım patlatma sonrası maliyetleri fazla etkilemeyeceği için gereksiz bir maliyet fazlalığı oluşturur.



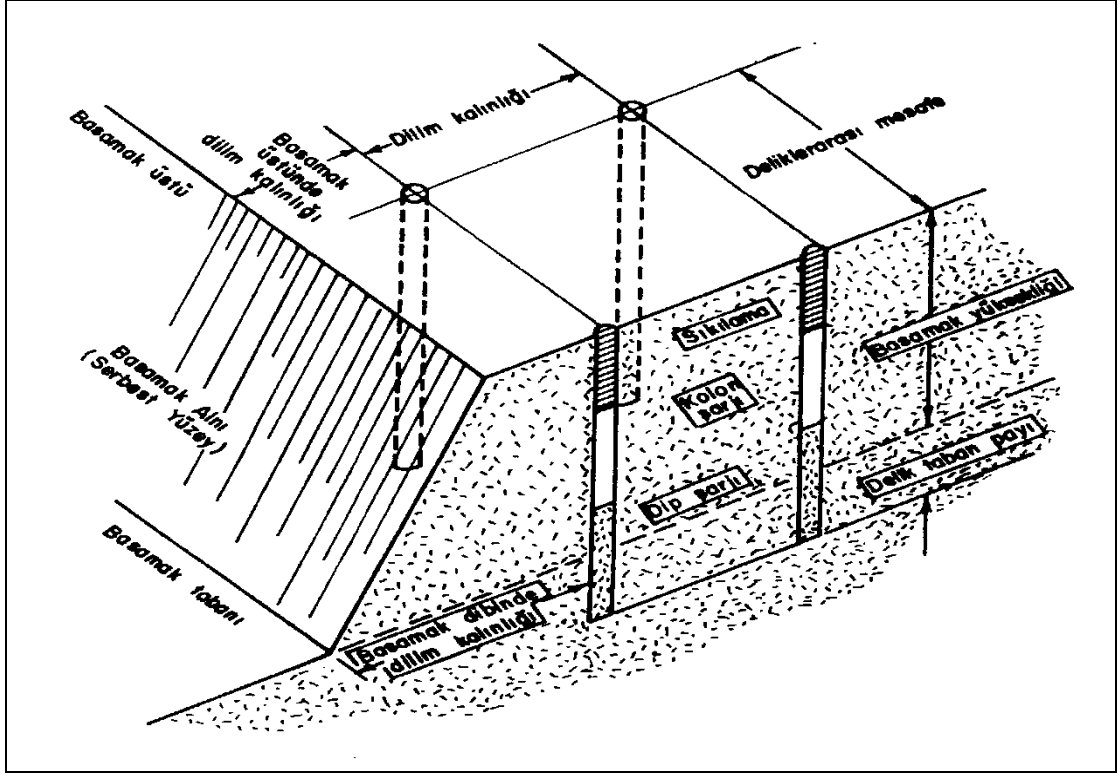
Şekil 2.4. Toplam maliyet ve optimum nokta

Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi toplam maliyetin en düşük olduğu A noktasındaki delme patlatma harcama değerlerinin artırılması 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.

2.1.3. Basamak Patlatması

Açık maden işletmelerinde kazı sırasında oluşturulan ayrı kotlardaki her kademeye basamak, burada yapılan atımlara da basamak patlatması denilmektedir. Her basamağın bir üst bir de alt kotu olup, bunların farkı basamak yüksekliğini belirlemektedir. Basamak alını kayanın sağlamlığına ve yapısına (Fay, eklem, tabakalanma vb.) ve delik eğimine bağlı olarak dik veya 90° den az meyilli şev oluşturur. Bu şev, basamağı oluşturan kayanın parçalanmasını özendirir ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkan veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).



Şekil 2.5. Basamak patlatmasında kullanılan terimler (Kahrıman, 1995)

Serbest yüzey ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arası uzaklıklara dilim kalınlığı adı verilmektedir. Bir atımın basamak patlatması olarak adlandırılabilmesi için dilim kalınlığı (B) en fazla basamak yüksekliği (K) nın yarısına ($B \leq K/2$) eşit olmalıdır.

Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları ise delikler arası mesafe olarak bilinmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak için basamak yüksekliğinden biraz fazla delinir ve bu fazla kısım delik taban payı olarak adlandırılmaktadır. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı, bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Genellikle basamak tabanına yakın kısımlarda kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarjına göre miktarca ve kudretçe fazla olacak şekilde seçilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden (çakıl, kum, kırma taş, delme makinası kırıntıları) oluşan tıkaca ise sıkılama denilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999; Adıgüzel, 2006).

2.2. BASAMAK PATLATMASI TASARIM PAREMETRELERİ

Açık ocak işletmeciliğinde, birbirini izleyen delme-patlatma, kazı-yükleme, nakliye, kırma (özellikle primer kırma) ve/veya tumba gibi faaliyetlerin tümünü birden dikkate almak kaydıyla, ekonomik ve emniyetli bir patlatmanın gerçekleşmesi, ancak güvenilir bir patlatma tasarımı ile mümkün olabilmektedir. İyi ve güvenilir bir patlatma tasarımından kastedilen; yükleyici ekipmanın verimliliği ve/veya müteakip kullanım açısından arzu edilen parçalanma derecesinde, yeterince kabarmış, kısmen ötelenmiş, gevşek bir yığının elde edilmesine izin veren ve yersarsıntısı, hava şoku, fırlayan kaya gibi çevresel sorunları olmayan yada en aza çekilmiş bir patlatmanın sonuçlarını önceden tahmin etmektir. Öte yandan doğrudan veya ripperleme ile yapılabilecek kaya kazısının, ancak belirli değerlere kadar olan dayanımlarda mümkün olabildiği bilinmektedir. Bu nedenle delme ve patlatma, çoğu işletmede, üretim sürecinin ilk işlemini oluşturmaktadır. Genel olarak daha fazla delik delmek ve/veya daha fazla patlayıcı madde kullanmak, delme ve patlatmanın maliyetini arttırırken, daha homojen ve daha küçük parça boyutunda bir yığın oluşturulması ihtimalini arttıracaktır. Ancak bu şekilde elde edilen bir yığınla ilgili olarak, müteakip işlemlerin maliyetlerinde belirgin bir azalma sözkonusu olabilecektir. Bununla birlikte, yalnızca kullanılan patlayıcı maddenin enerjisi arttırılabilirse, delik delme ve patlatma işleminde ek bir maliyete gerek kalmaksızın istenen parçalanma elde edilebilecektir. Bu çerçevede, patlatma tasarımında; iki temel soruna yanıt aranmaktadır. Bunlardan birincisi, her bir deliğe konacak optimum patlayıcı madde miktarının ne olacağı, ikincisi ise, istenen parçalanma derecesinde ve arzu edilen konumda bir yığını oluşturmak için delik paterninin nasıl olacağıdır. Başka bir deyişle, herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatması için yanıt aranacak iki temel parametre: özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Bu iki unsurun belirlenmesi durumunda diğer parametreler, bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir.

Maden üretim sürecinde patlatmanın önemi bilindiğinden, konuyla ilgili değişik çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından uzun süreden beri yoğun bir biçimde sürdürülmektedir. Ancak konunun karmaşıklığı ve koşulların zorluğu nedeniyle hala yanıtlanması gereken pek çok husus mevcuttur. Teknik, ekonomik ve emniyet açısından iyi ve güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz-

konusudur. Bu parametreleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999; Adıgüzel, 2006).

2.2.1. Kaya Birimlerinin Malzeme Ve Kütle zellikleri

- Yoğunluk
- Basınç, ekme, darbe dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans
- Süreksizlik durumu ve kütlesel olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik modülü
- Poisson oranı
- Değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi ve izotropiklik)
- Sertlik

2.2.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, zellikleri Ve Dağılımı

- Yoğunluk
- Patlama hızı
- Kudret (g)
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz zellikleri
- Patlama ısısı ve özgül gaz hacmi
- Depolama şekli ve süresi

2.2.3. Patlatma Geometrisi

- Delik apı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, ykseklıği, eğimi
- Sıkılama payı

- Delik taban payı
- Şarj şekli, delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

Konu ile ilgili olarak, çeşitli araştırmacıların geliştirdiği belirli ampirik ilişkilerden yararlanarak ve kaya koşullarını dikkate alarak, bir başlangıç dilim kalınlığı ve özgül şarj değeri belirlenmekte ve ön tasarım yapılabilmektedir. Uygulama sonunda; gerekli gözlemler, verimlilik ve maliyet analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilmektedir. En uygun değerlere ulaşmak için iterasyonlar yapılmakta ve işletme koşullarını da dikkate alan bu çalışmalar sonucu bulunan değerler, uygun değer olarak kabul edildiğinde; tasarım kesinleştirilebilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999; Adıgüzel, 2006).

2.2.3.1. 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 itibarla 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.

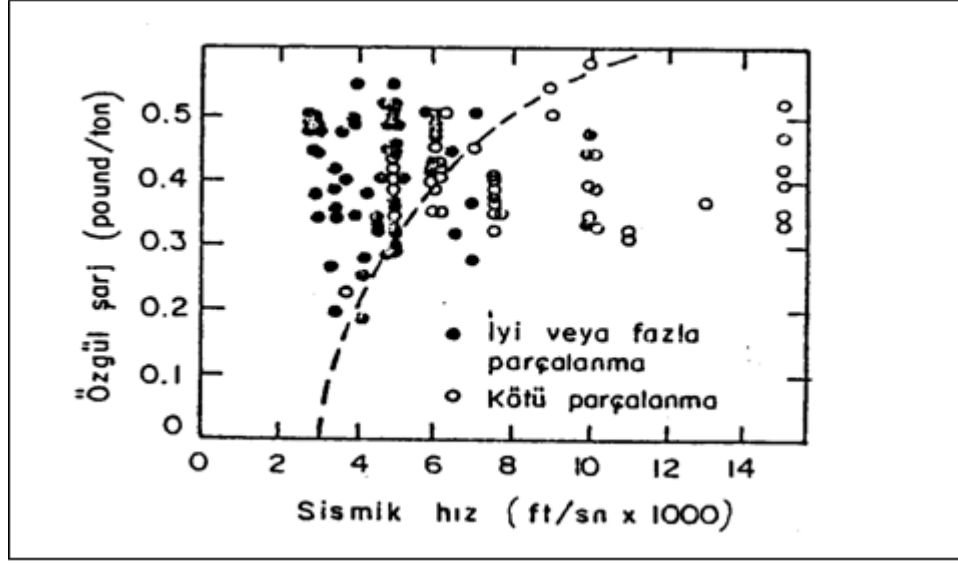
Konuyla ilgili ilk çalışmalar, Frankel 1954 ve Langefors ve Kihlstrom (1973) tarafından yapılmıştır. Patlatma geometrisi ve kaya patlatma sabiti önem arzeden Langefors formülü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

$$q = [(1.4x C_o B^3 + 0.4 C_o x B^2 x (K-2B)] / (n x K x B^2), (kg/m^3) \quad (2.1)$$

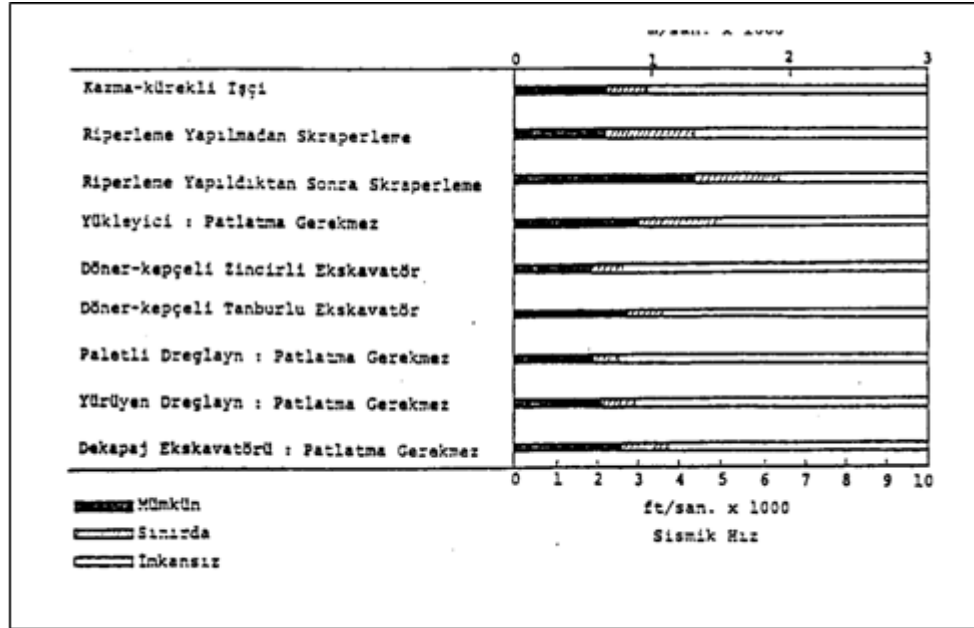
Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir . Atkinson (1971) yaptığı araştırmalar sonucu, kayaların sismik dalga iletim hızı ile kazılabilirlik düzeyleri arasındaki ilişkileri Şekil 2.6'deki gibi bir grafikte ifade etmiştir.

Başka bir ampirik yaklaşım ise kaya kütesinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı dikkate alınmak suretiyle Ashby (Hoek&Bray, 1991) tarafından aşağıdaki şekilde verilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

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



Şekil 2.6. Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi (Kahrıman, 1995)



Şekil 2.7. Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi (Kahrıman, 1995)

Ülkemizdeki bazı demir ve linyit işletmelerinde araştırmalarda bulunan Paşamehmetoglu ve Arkadaşları özgül şarj ile basma dayanımı, çekme dayanımı, yoğunluk, empadans, darbe dayanımı, sismik dalga hızı (P dalga hızı) gibi bazı kaya özellikleri arasında oldukça yüksek korelasyon katsayılı çeşitli ilişkiler geliştirmişlerdir. Söz konusu araştırmacılarca geliştirilen bu ilişkiler aşağıdaki gibidir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

Basma dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

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

Çekme dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.369 + 0.0224 \times \sigma_\checkmark, (r=0.82) \quad (2.4)$$

İçsel sürtünme açısı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.2349 \times (\tan\phi)0.5570, (r=0.68) \quad (2.5)$$

Kohezyon ve darbe dayanımı ilişkisi:

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

Darbe dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

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

Yoğunluk ve özgül şarj ilişkisi:

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

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.

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

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

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

Kou ve Rustan, özgül şarj kavramına yakın bir kavram olarak kabul edilen patlayabilirlik faktörünün (C_0), kayanın tek eksenli basma dayanımını, dinamik elastisite modülünü ve referans patlayıcı maddenin ısı enerjisini dikkate alan aşağıdaki formülle tahmin edilebileceğini belirtmektedir.

$$C_0 = (\sigma_b)^2 / (2 \times E_d \times Q_{er}) \quad (2.13)$$

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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

Burada kullanılan semboller:

- q : Özgül şarj, (kg/m^3)
- C_0 : 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)
- σ_b : Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)
- σ_c : Kayanın endirekt çekme dayanımı, (MPa)
- ϕ : Kayanın içsel sürtünme açısı, (derece)
- c : Kohezyon, (MPa)

- DD : Darbe dayanımı, ($\text{kg.m/m}^3 \cdot 10^{-5}$)
 d_r : Kayanın yoğunluğu, (kN/m^3)
 I : Empedans, ($(\text{MN-m})/(\text{m}^3 \cdot \text{sn})$)
 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)

2.2.3.2. 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.

Dilim kalınlığı, kritik bir tasarım unsuru özelliğindedir. Bu kritiklik hem delme patlatmanın ekonomisi yönünden, hemde fırlayan kaya, yersarsıntısı 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

$$B = 0.024 * d + 0.85 \quad (2.14)$$

$$B = (25-35) - 12 * d_e \quad (2.15)$$

$$B_{\max} = 0.045 * d \quad (2.16)$$

$$B_{\max} = 1.36 \times (I_b)^{0.5} \times R_1 \times R_2 \quad (2.17)$$

$$B_{\max} = (d/33) \times (P \times s) / [C_0 \times f \times (S/B)]^{0.5}, (B = B_{\max} - E) \quad (2.18)$$

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

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

$$B = 10^{-3} \times K_r \times d \times (P_p / \sigma_{\varphi})^{0.5} \quad (2.21)$$

$$B = f(q,d,K,\tau_p,\alpha) \quad (2.22)$$

$$B = [(K_o / (\mu \times n \times \tan(\theta/2)))^{0.5} \times d \times [(SG_e \times Q_e / Q_{er}) / (\sigma_b^2 / (2E_d \times n \times Q_{er}))]^{0.5}] \quad (2.23)$$

Burada kullanılan semboller:

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

d : Delik çapı, (mm)

I_b : 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/dm³)

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)

σ_{φ} : 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)
 α : Süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı, (derece)
 η : Enerji iletim verimi
 μ : Kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran
 Q_e : Patlayıcı ısı enerjisi, (kJ/kg)
 Q_{er} : Referans patlayıcının ısı enerjisi, (kJ/kg)
 θ : Kırılma açısı, (derece)
 E_d : Dinamik elastik modülü, (GPa)
 σ_b : Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)

Bu förmüllerin 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 kalınlığı, 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 gözönünde 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 formülünün kayaların çekme dayanımını esas alması dolayısıyla ön tasarımlarda olumlu sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir. Bu yaklaşımın, özellikle kalker formasyonu için başarılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Ancak diğer kaya özelliklerini dikkate almaması, uygulama şansını sınırlamaktadır. Keza Arıoğlu'nun (1988) özgül şarj, patlatma geometrisi büyüklüklerini ve patlayıcı

madde özelliklerini kapsar şekilde önerdiği bağıntı ile belirli sonuçlar alınabilmesi sözkonusu 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999; Adıgüzel, 2006).

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. 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.

Langefors ve Kihlstrom tarafından verilen formülün; (özellikle sağlam kayalarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı şeklinde), delik çapı ile diğer delikgeometrisi 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

2.2.3.3. Delik Çapı Tahmini

Delik çapının seçiminde etkin olan başlıca unsurlar; kaya özellikleri, istenen parçalanma derecesi, üretim kapasitesi kıstasları, 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 çapını (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.

Bazı araştırmacılar da açık işletmelerde seçilebilecek delik çapları (d) için pratik olarak aşağıdaki verilen aralıkları önermektedirler.

$$d = 51\text{mm}-425\text{mm}$$

$$d = 30\text{mm}-400\text{mm}$$

$$d(m) = K / (100-200) \quad (2.24)$$

Hagan ve bazı diğer araştırmacılar ise delik çapının, basamak yüksekliğinin 40 ta biri ile 80 de biri arasında değiştiğini, yaptıkları çalışmalar sırasında gözlemlemişlerdir. 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

2.2.3.4. Delik Eğiminin Belirlenmesi

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°dir.

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.

Delik eğimine etki eden diğer bir unsur ise basamak yüksekliği ve delik uzunluğuna bağlı olarak değişen delik hata payıdır (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

2.2.3.5. Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi

Delikler arası mesafe patlatma tasarımında önemli bir unsurdur. Bazı araştırmacılar delikler arası mesafeyi, basit bir şekilde yanyana iki delik (aynı sırada) arası mesafe olarak kabul ederken, bazıları delikler arasındaki (bitişik delikler) gecikme aralığı olarak tanımlamaktadırlar.

Deliklerarası mesafenin belirlenmesinde başka birçok faktör etkin olmakla birlikte, yaygın bir kabul ile, daha çok dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

Formüllerde daha çok deliklerarası mesafe dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Çeşitli araştırmacıların konuya yaklaşımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

$$S(m) = 1.25 \times B(m) \quad (2.25)$$

$$S = 1.8 \times B, \text{ (Tek sıra delik için)} \quad (2.26)$$

$$S = [B \times (hb + hp)]^{0.5}, \text{ (çok sıralı ve geçikmesiz) eğer } (hb + hp) \leq 4 \text{ ise} \quad (2.27)$$

$$S = 2 \times B \text{ eğer } (hb + hp) \geq 4 \text{ ise} \quad (2.28)$$

Burada:

hp : Kolon şarj boyu, (m)

hb : Dip şarj boyu, (m)

$$S = (1.15-1.25) \times B \quad (2.29)$$

$$S = (1-1.8) \times B \quad (2.30)$$

$$S = 2 \times B \quad (2.31)$$

Genel bir değerlendirme olarak, araştırmacıların bir çoğunun, basamak patlatması için önerdikleri deliklerarası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 ile arasında değişmektedir.

Öte yandan araştırmacıların hemfikir olduğu başlıca konular aşağıda ifade edilmiştir. Eğer deliklerarası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 den küçük olursa; sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeniyle delikler arasında çok erken çatlaklar

oluşacaktır. Bunun sonucu, gaz kaçışının 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

2.2.3.6. 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.

Araştırmacıların çok büyük bölümü, taban payını (U) dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bu önerilerin bazıları aşağıda verilmiştir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

$$U(m) = (0.2-0.3) \times B \quad (2.32)$$

$$U(m) = (0.1-0.5) \times B \quad (2.33)$$

$$U(m) = (0.2-0.5) \times B \quad (2.34)$$

$$U(m) = 0.3 \times B \quad (2.35)$$

$$U(m) = 0.3 \times B_{max} \quad (2.36)$$

$$U(m) = 8 \times d \quad (2.37)$$

d: Delik çapı, (m)

2.2.3.7. Sıkılama Boyunun Belirlenmesi

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.

$$h_o(m) = (0.7-1) * B \quad (2.38)$$

$$h_o(m) = (0.67-2) x B \quad (2.39)$$

$$h_o(m) = B, \quad (2.40)$$

$$h_o(m) = (20-60) x d \quad (2.41)$$

d: Delik apı, (m)

$$h_o (\text{feet}) = 0.7 x d \quad (2.42)$$

d: Delik apı (feet)

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

$$ho(\text{feet}) = 0.45x de x (Stv / SGr)0.33 \quad (2.43)$$

Burada:

d_e : Delik apı, (in)

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 :

$$ho = Z x (12/Rf) x (We x Stw/100)0.33 \quad (2.44)$$

Burada:

Z : Kaya fırlaması ile ilgili bir faktör

R_f : Kaya faktörü

W_e : Sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı, (kg)

S_{tw} : Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti

Normal koşullarda; sıkılama boyunun dilim kalınlığına eşit alınmasının oldukça iyi sonuçlar verdiği hemen tüm araştırmacılarca kabul görmüş bir yaklaşımdır (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

2.2.3.8. Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi

Delğe 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 ayısının belirlenmesi amacıyla bazı ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Konya'nın (1990) yemlemenin ateşleyebileceği kolon uzunluğunu, dilim kalınlığına, delik taban payına, patlayıcı maddenin patlama hızına ve kayanın sismik dalga hızına bağlı bir fonksiyon olarak ifade eden yaklaşımı aşağıdaki şekildedir.

Burada:

V_e : Patlama hızı, (feet/sn)

PC : Ateşlenecek kolon boyu, (feet)

B : Dilim kalınlığı, (feet)

V_p : Sismik hız, (feet/sn)

U : Delik taban payı, (feet)

Öte yandan, iyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2 ila 4 katı arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1999).

2.2.3.9. 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 (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

Delikler arası gecikme zamanı(t_h)

$$t_h(\text{ms}) = T_H \times S \quad (2.45)$$

$$t_h = 5 \times B \quad (2.46)$$

$$t_h = (B/305) + PC/ve + B/23 \quad (2.47)$$

Burada:

T_H : Delikten deliğe gecikme sabiti

b. Sıralar arası gecikme zamanı (t_r)

$$t_r = T_R \times B \quad (2.48)$$

$$t_r = 12 \times B \quad (2.49)$$

$$t_r = (333 \times 32.17)/(K \times lb0.39) \quad (2.50)$$

$$t_r = (3-5) \times B \quad (2.51)$$

Burada:

T_R : Delik sıraları arasında gecikme sabiti

2.2.3.10. 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.

- i. Dip şarjı
- ii. 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

a. Dip şarj uzunluğu

$$hb(m) = B + U = 1.3 \times B \quad (2.52)$$

$$hb = (0.3-0.5) \times B + U \quad (2.53)$$

$$hb = (0.3-0.6) \times (B+U) \quad (2.54)$$

b. Dip şarj miktarı(Q_b)

$$lb(kg/m) = C_o \times B^2 \quad (2.55)$$

$$lb = (f/s) \times (S/B) \times 0.8 \times C_o \times B^2 \quad (2.56)$$

$$lb = d^2 T / 1000 \quad (2.57)$$

l_b : Dip şarj konsantrasyonu

Q_b : $l_b \times hb$, (kg)

c. Kolon şarjı uzunluğu(h_p)

$$h_p(m) = H - 2.3 \times B \quad (2.58)$$

$$h_p = H - hb - h_o \quad (2.59)$$

H : Delik uzunluğu, (m)

d. Kolon şarjı miktarı(Q_p)

$$l_p(kg/m) = 0.4 \times l_b \quad (2.60)$$

$$l_p = (0.4-0.5) \times l_b \quad (2.61)$$

$$Q_p : l_p * h_p, (kg)$$

l_p : Kolon şarj konsantrasyonu

2.2.3.11. 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 (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

$$E = 0.05 + 0.03 \times K \quad (2.62)$$

$$E = 0.05 + 0.03 \times H \quad (2.63)$$

$$E = (d/1000) + 0.03 \times H \quad (2.64)$$

Burada:

E : Delik hata payı, (m)

d : Delik çapı, (mm)

K : Basamak yüksekliği, (m)

H: Delik uzunluğu, (m)

2.3. 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 darbesi şeklinde etki yapmakta, böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın kırılıp parçalanmasına yol açmaktadır (Bilgin ve diğ., 1986).

Deliğe 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

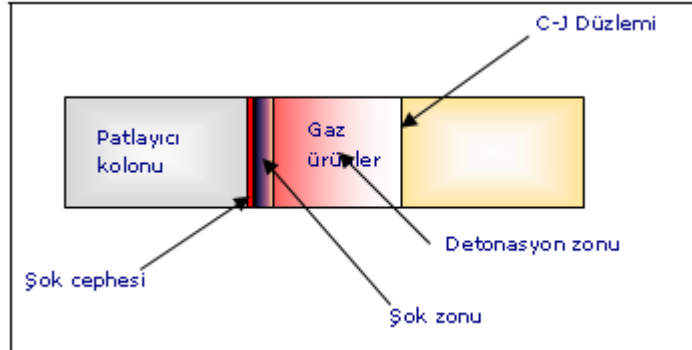
2.3.1. Detonasyon

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 ³)	Detonasyon Hızı (m/sn)	Detonasyon Basıncı (psi)	Detonasyon Basıncı (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

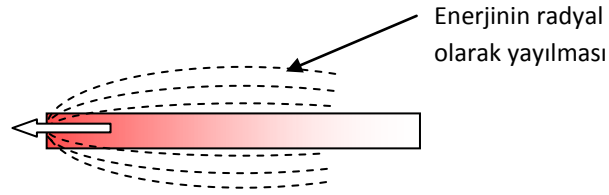
Detonasyon sırasında oluşan basınç genelde detonasyon hızı ve patlayıcı yoğunluğuna bağlı olarak verilir. Detonasyon hızı ise genelde tek değer olarak alınmasına karşın yemleme şarjları ve sıkılama zonlarının bulunduğu yerlerde farklılık gösterir.



Şekil 2.8. 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 2.9. 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.

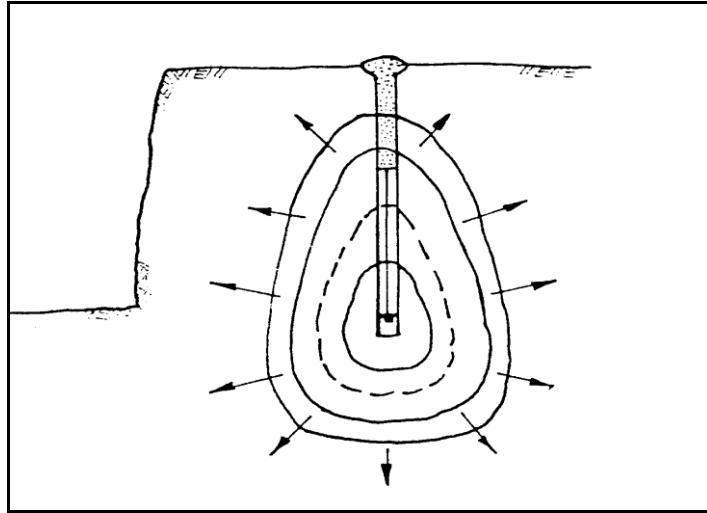
Detonasyon hızı ile patlayıcıların yoğunluğu arasında bir ilişki bulunmaktadır. Kimyasal yapısını korumakla beraber değişen yoğunlukları ile beraber patlayıcıların detonasyon hızları da değişmektedir. Hatta çok yoğun olmaları durumunda detonasyona girmeme olasılığı da bulunmaktadır. Örneğin TAN, kristal yapısı itibarı ile yoğunluğu

1,7 g/cm³ 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 g/cm³ civarında olmakta ve detone edilebilmesi çok zorlaşmaktadır. Önce granül haline getirilip sonradan preslendiği zaman yoğunluğu azalmakta ve daha kolay detone olabilir hale gelmektedir.

2.3.2. 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 2.10.'de görülmektedir.

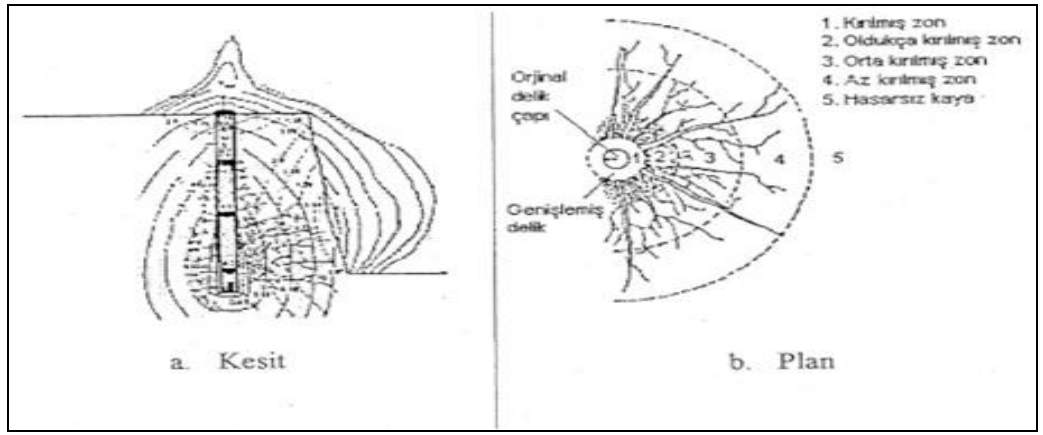


Şekil 2.10. Kayaç içerisinde basınç yayılma şekli (Anon, 1986)

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 2.11).

Kayaç içerisinde hareket eden basınç dalgası bir süreksizliğe veya ara yüzeye rastlandığında 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 2.11. Parçalanma mekanizması (Anon, 1986)

2.3.3. 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.

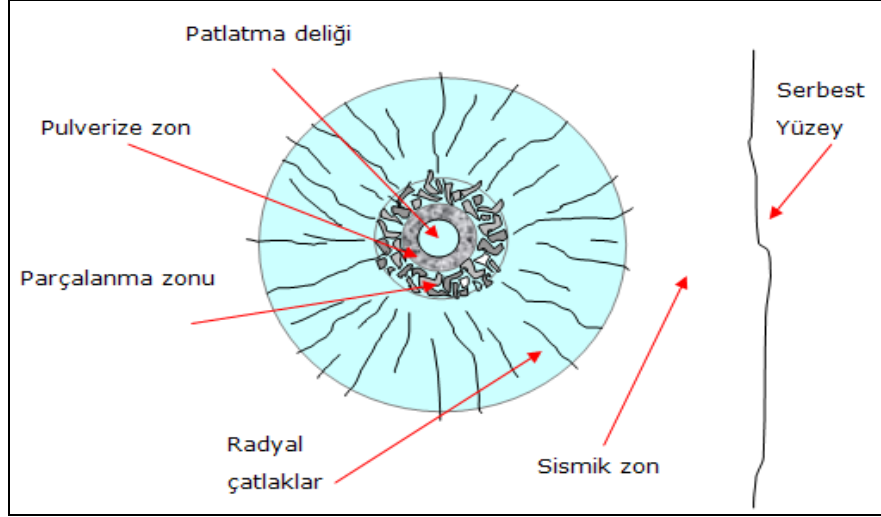
Gazın kaya kütlesi içinde izlediği yol kesin olarak belli olmamakla birlikte dayanımın en düşük olduğu yolu izlediği düşünölmektedir. Yani gaz öncelikle kaya yapısında mevcut kırıklar, çatlaklar ve süreksizliklere doğru yayılır. Eğer patlatma deliğimiz yumuşak bir damar veya çatlaklı bir zondan geçiyorsa 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).

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

Patlatma deliği boşluğunda bulunan patlayıcı madde detone olduğunda ani hacim genişmesi ve sıcaklık yükselmesinin katkısı ile çok yüksek bir kuvvet oluşur. 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 oluşur. Buna “Pulverize zon” ismi verilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Sonsuz kaya ortamı içindeki bir patlatma deliği çevresinde parçalanma olayı (Paşamehmetoğlu, 1986; Olofsson, 1988)

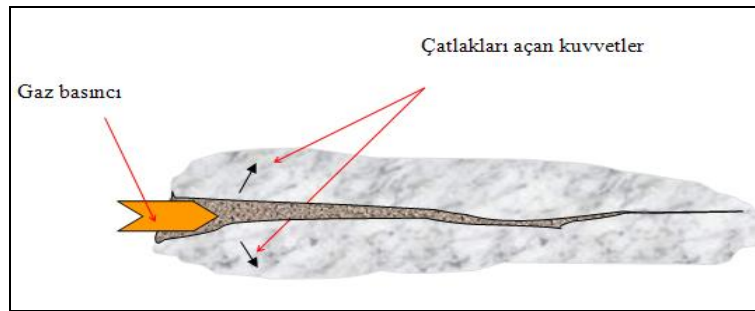
Pulverize zondaki kırılma “visko-plastik” kırılma olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede oluşan kırılma neredeyse mikronize boyutundadır. Plastik deformasyon bölgesi (pulverize zon) genellikle kaya özelliklerine göre bir veya birkaç milimetre genişliğindedir. Kil gibi plastik formasyonlarda kırılma olmaksızın deliğin genişlemesi şeklinde görülen bir deformasyon deliğin 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 2.13).

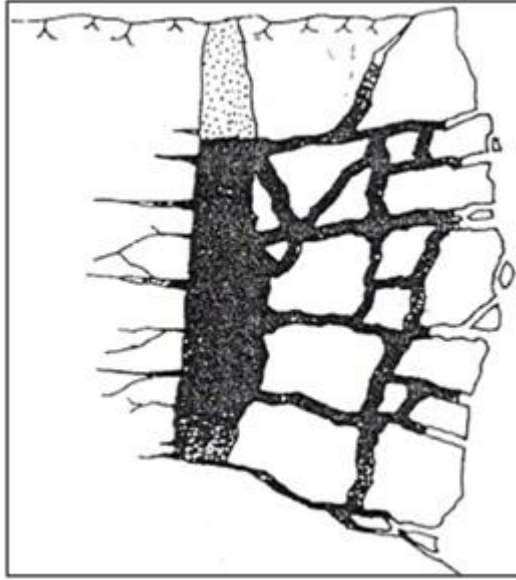


Şekil 2.13. Gaz basıncının yarattığı etki

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 2.14).

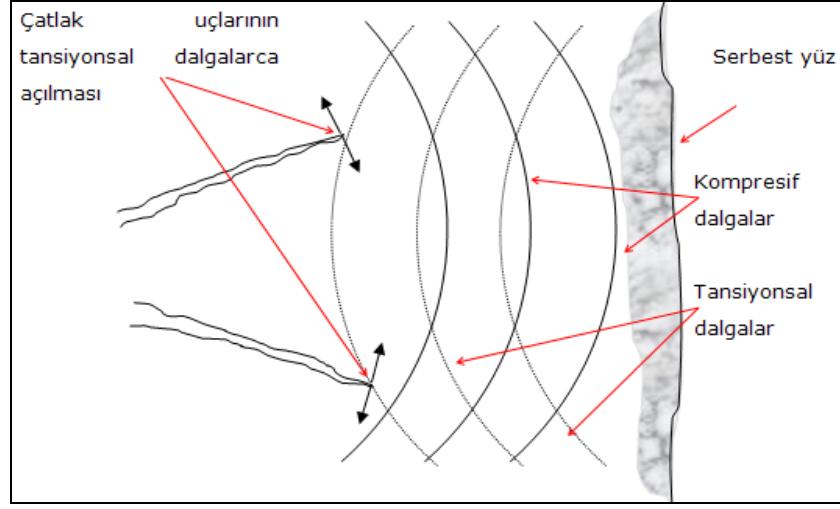
Sıkıştırılmış bir yayın aniden serbest bırakılması sonucu geri uzamasına benzer bir yolla basamağın arka kısımlarında paralel çatlakların oluşumu yük boşalmasıyla çatlama olarak adlandırılır. Böylece ikincil parçalanma mekanizmaları da sona erer. Basamaklarda açılan deliklerin şarjı silindirik olduğundan,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



Şekil 2.14. Gaz basıncı ile çatlak oluşumu (Paşamehmetoğlu 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,

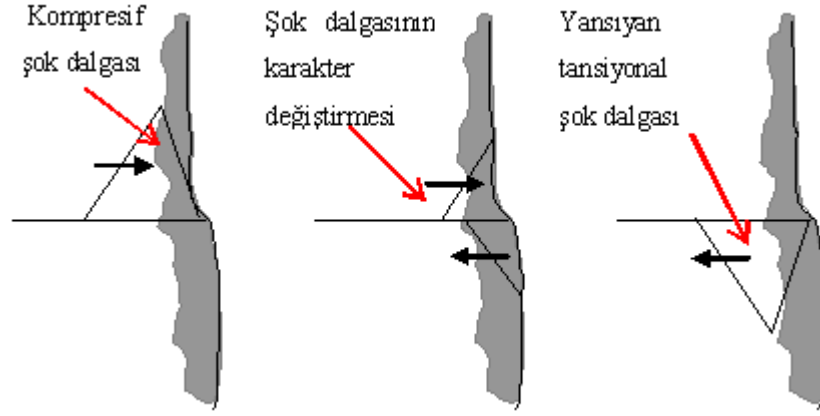
yansıdıktan sonra ise tansiyonsal karakterdedirler. Tansiyonsal karakterde olan sismik dalgalar çatlak uçlarına etki ederek daha da açılmalarına çalışırlar (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Patlama ile birlikte dalga yayılımı

Çatlakların serbest yüzeye ulaşmasına katkıda bulunan diğer bir olay da, bu kez serbest yüzeyin çatlaklara doğru yanaşmasıdır. 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. Bu oluşum Şekil 2.16.'da gösterilmiştir.

Patlatma deliğinin çevresinde ve civarında kaya yapılarının baskıya dayanımını yenerek kırılmaları neden olan enerji daha sonra sismik enerji olarak yoluna devam etmektedir. Bu şok dalgaları kompresif karakterdedir. Yansıma meydana geldiğinde tansiyonsal karaktere dönüşmektedirler. (Şekil 2.16.)



Şekil 2.16. Yansıyan ve tansiyonal 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 sönümleninceye kadar yol alır.

2.4. PATLATMA PERFORMANS VE PARÇA BOYUT KONTROLÜ

2.4.1. Patlatma Performans Kontrolü

Açık işletme veya taş ocağından elde olunacak kayacın parça büyüklüğü her şeyden evvel kayacın özelliklerine bağlıdır. Gerek patlatma esnasında ve gerekse yuvarlanma sırasında meydana gelen kuvvetlere karşı taşın kohezyonu (iç bağlantısı) karşı gelmektedir. Bu bağlantı ne kadar zayıf olursa ufalanma o kadar fazla olacaktır.

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 bahis konusu enerji yekünü arasında bir bağlantı bulunmaktadır. İhtiyaçtan fazla patlayıcı madde kullanılması genellikle daha ufak parçaların elde olunmasına sebep olur. Yığın içindeki tane büyüklükleri işletmenin başarısı bakımından önem taşıyor. Elde olunan 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. (Yılmaz, 2010)

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 (Kemeny, 1994).

2.4.2. 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. (Yılmaz, 2010)

2.4.3. 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;

2.4.3.1. 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 fazlalaştıkça da kırılabilme özelliği de azalmaktadır. Bu bakımdan kayacın bütün diğer özelliklerinin iyi bir şekilde incelenmesi, örneklerin önceden laboratuvarlarda incelenerek uygun seçim yoluna gidilmelidir.

2.4.3.2. Delikler Arası Mesafe

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

2.4.3.3. Dilim Kalınlığı

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

2.4.3.4. 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.

2.4.3.5. 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.

2.4.3.6. 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)

2.4.3.7. Basamaktaki Delik Düzeni

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

2.4.3.8. 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.

2.4.3.9. Patlayıcı Madde Miktarı

Patlayıcı madde miktarı arttıkça ufalanma fazlalaşmaktadır.

2.4.3.10. 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.

2.4.3.11. Ateşleme Sırası

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

2.5. PATLATMADA PARÇALANMA MODELLERİ

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.

Bu modelleri daha ayrıntılı biçimde inceleyecek olursak ;

- Kuz-Ram Modeli
- Bond-Ram Modeli
- EBT Modeli
- Kuznetsov–Cunningham–Ouchterlony (KCO) Modeli
- JKMRC tarafından bulunan ve geliştirilen CZM ve TCM modelleri

2.5.1. Kuz-Ram Modeli

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, X₅₀'ye dayanır.

$$X_{50} = A \times \left(\frac{V_0}{Q} \right)^{0.8} \times Q^{\frac{1}{6}} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-\frac{19}{30}} \quad (2.65)$$

- V₀ : Patlatılmış kayanın hacmi (m³),
 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 (2.66) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$A = 0.06 \times (RMD + JF + RDI + HF) \quad (2.66)$$

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, $S_j < 0.1m$ ise), 20 (eğer $S_j < \text{boyut üstü}$) veya 50 (eğer $S_j > \text{boyut üstü}$)

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

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

HF = Sertlik Faktörü = Elastisite modülü³ (eğer elastisite modülü $< 50(GPa)$) veya $\sigma_c(MPa)/5$ (eğer elastisite modülü $> 50(GPa)$)

Parçalanmış kayanın parça boyut dağılımı bağıntı 2.67 kullanılarak hesaplanır.

$$P(x) = 100 \left(1 - \exp \left(- \ln 2 \left(\frac{X}{X_{50}} \right)^n \right) \right) \quad (2.67)$$

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

N : Üniformite indeksi

X : Malzeme boyutu (m)

X50 : Ortalama parça boyutu(m)

Üniformite indeksi olan n, 2.68 bağıntısı kullanılarak hesaplanır;

$$n = \left(2.2 - 14 \times \left(\frac{B}{D} \right) \right) \times \left(1 - \left(\frac{W}{B} \right) \right) \times \sqrt{\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}} \times \left(0.1 + \text{abs} \left(\frac{BCL - CCL}{L} \right) \right)^{0.1} \times \left(\frac{L}{H} \right) \quad (2.68)$$

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 ; 0,8-2,2 arasında bir değerdir (Cunningham, 1983). Patlatma parametrelerinin üniformite indeksine olan etkileri Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2. 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

2.5.2. Bond–Ram Modelleri

De gama(1983) cevher hazırlama işlemlerinde sıkça kullanılan Bond teorisini, patlatma sonrasında elekten %80 oranında geçen parça boyutunu daha kesin ve net bir hale getirmek için Bond bağıntısı, Rosin-Rammler bağıntısı ve Cuninghman üniformite indekslerinin bir kombinasyonu haline getirip buna Bond-Ram modelleri adını vermiştir. Çalışmada bu modelin ilk adına BRM(A) denmiştir. Daha sonra Chung ve Katsabanis tarafından geliştirilen haline ise BRM(B) adı verilmiştir (Özer, ve diğ., 2006).

2.5.2.1. BRM

Bond Bağıntısı: Bond'un 3. Teorisine dayanan ve elekten geçen %80 parça boyutunu patlatma enerjisi q_{ei} ve metal özelliği W_i ile kullanarak bir bağıntı elde etmiştir. Bağıntı 2.69'a bakacak olursak

$$q_{ei} = 10 \cdot w_i \cdot \left[\left(\frac{1}{\sqrt{D_{b80}}} \right) - \left(\frac{1}{\sqrt{D_{i80}}} \right) \right] \quad (2.69)$$

D_{b80} ve D_{i80} değerleri yerinde patlatmadan sonra %80 geçen madde miktarıdır. q_{ei} parçalanma için gerekli enerji olup (E, V, Q, ρ_r) değerlerinin bir fonksiyonudur. Bağıntı 2.70 yolu ile hesaplanabilir.

$$q_{ei} = 0.00365 \cdot E \cdot (Q/V) / \rho_r \quad (2.70)$$

Burada;

E = ANFO nunkine eşdeğer patlayıcı gücü ve q_r = kayanın özgül ağırlığı (t/m^3)
 W_i (kW h/t) değeri Bond İş İndeksinde öğütmeye göre verilen bir değerdir fakat burada patlatma için yeniden düzenlenmiştir. Bakacak olursak;

$$W_i = 15.42 + 27.35(D_{i50}/B) \quad (2.71)$$

Burada;

B : Dilim kalınlığı (m)
 D_{i50} : 50% geçen yerinde blok boyutu (m)
 W_i : Bond iş indeksinde öğütme değeri (kW h/t)

2.5.3. EBT Model

Lu and Latham (1998) yaptıkları çalışmada Bloklar Arası Enerji Transferi yöntemine değinmiştir. IBDS ve BBDS eğrilerinin arasında kalan bölgenin büyük boklardaki enerjiiyi küçük bloklara aktarmada kullanıldığını bulunmuştur . İlk olarak IBDS eğrisi blok boyunu belirlemek için Latham'ın metodları kullanılır. Enerji giriş değeri olan q_{ei} ve B_i değerleri birlikte hesaplanır. q_{ei} hesaplamak için gerekli olan bağıntı daha önceki bağıntılarda verilmiştir. B_i için ise $BD=10/B_i$ bağıntısı kullanılarak hesaplanabilir. BD patlatma tayinidir. Gerçek blok boyutu kab EBT modeli bağıntısından hesaplanabilir. Bağıntı 2.72'ye bakacak olursak ;

$$q_{ei} = \frac{k_{ai} - k_{ab}}{B_i \left(\frac{k_{ai} + k_{ab}}{2} \right)^{0,5}} \quad (2.72)$$

2.5.4. KCO Model

Ros-Ram gibi bağıntıların ince taneleri tanımlamakta yetersiz olduğu görülüp 4 hatta 5 eğrili daha kompleks ve hassas bağıntılar geliştirilmiştir. Bu eğriler patlatma deliğinin hemen etrafında oluşan ve Rosin-Rammler bağıntısında önemsenmeyen tane boyutlarını hesaba katacak şekilde geliştirilmiştir. Bağıntı 2.73'e bakacak olursak ;

$$y = \frac{1}{\left[1 + \frac{\left[\ln \left(\frac{D_{b\max}}{D_y} \right) \right]^b}{\left[\ln \left(\frac{D_{b\max}}{D_{b50}} \right) \right]^b} \right]} \quad (2.73)$$

Burada D_{b50} bağıntı 1 de verilmiştir. b değeri eğri altı değerini ifade etmektedir. $D_{b\max}$ için Ouchterlony, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin D_{i100} değerinden küçük olduğu durumlarda en iri parça boyutu olarak yerinde ölçülen en iri parça boyutunun alınmasını tavsiye etmiştir. Ouchterlony b değerinin bulunması için 2 metod geliştirmiştir. İlkini Cunningham'ın n_{RRD} bağıntısını kullanarak gerçekleştirmiştir. Bağıntı 2.74'a bakacak olursak;

$$b = n_{RRD} \cdot 2 \cdot \ln 2 \cdot \ln \left(\frac{D_{b\max}}{D_{b50}} \right) \quad (2.74)$$

İkincisi ise D_{b50} değerinin tam ölçekli patlatmalarda alınan elenmiş parça boylarına dayanmaktadır. D_{b50} değeri mm cinsinden ifade edilmiştir. Bağıntı 2.75'a bakacak olursak;

$$b = \frac{1}{2} \cdot D_{b50}^{0,25} \cdot \ln \left(\frac{D_{b\max}}{D_{b50}} \right) \quad (2.75)$$

Ouchterlony (2005) çalışması bize bulduğu bağıntının çok geniş bir kaya çeşidi için ve patlatmaya uygun koşullarda BBDS elek sonuçlarının Kuz-Ram modeline tam uyduğunu ve Dbmax hesaplanırken kullanılacak iyi bir Di100 değerinin çok daha net bir şekilde ince taneleri belirlediğini göstermiştir. Ouchterlony e göre Dbmax değeri en verimli olarak minimum delikler arası mesafe, maksimum dilim kalınlığına göre alınabilir. KCO modeli basamak patlatmasında Kuz-Ram modelinin gelişiminde ve daha hassas sonuç almakta çok önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda iri blok patlatmalarında da oldukça uygun bir methodtur. Fakat iri blok patlatmalarında uygulanırken diğer tüm modellerde olduğu gibi çok dikkatli kullanılması gereklidir. İri blok patlatmaları için kullanılan daha verimli başka modellerde bulunmaktadır. KCO modelinin asıl verimli olduğu nokta iri blok patlatmaları yerine yüksek parçalanma derecesine sahip patlatmalardır (Özdemir, 2009).

2.5.4.1. İri Blok (Duvartaşı) ve Agregaları Patlatmayı Etkileyen Faktörler

İri kaya patlatma işlemlerinde diğer üretim çeşitlerine göre daha büyük kaya kütleleri ile ilgilenilir. Her patlatmanın amacı ocağın yapısına uygun tane boyutu oluşumunu sağlayarak kırma ve öğütme işlemlerinde kaybedilen zamanı ve maliyeti azaltmaktır. Patlatma dizaynı ve geometrisi optimum verimliliğe ulaşma için çok önemli bir parametredir. Latham (1999) tarafından bulunan faktörler patlatma verimi için büyük önem taşımaktadır. Bunlardan bazıları patlatma mühendisinin elinde olmayan faktörlerdir.

Kontrol edilemeyen faktörler:

- Jeolojik karakteristikler ve kaya kütlelerinin yağmur ve su ile olan etkileşimi
- Kayaç içerisindeki yapısal bozukluklar(kırıklar,çatlaklar,faylar)
- Kayacın jeolojik yapısı ve hava koşulları
- Porozite,özgül ağırlık
- Patlatma deliği içindeki su miktarı,çatlaklar

Kontrol edilebilen Faktörler:

- Kullanılan patlayıcının özellikleri
- Patlatma dizaynı

Başarılı patlatma mühendisleri patlatma dizaynı, delik geometrisi, patlatma sonrası parça boyut gibi parametrelerle çok yakından ilgilenirler. Farklı patlayıcı ve detonasyon

tekniklerini kaya parçalanma ve patlatma özellikleri ile birleştirerek optimum patlatma verimi sağlamaya çalışırlar (Latham, Meulen ve Dupray, 1999).

2.5.4.2. *Fragmantasyon İşlemleri*

Patlatma ve parçalanmada çalışmalarında araştırılan ana parametrelere bakacak olursak: Patlatma sonucunda açığa çıkan şok dalgası ve bunun patlatma deliği çevresindeki yayılımı, delik içerisindeki parçalanma ve kırılma, serbest yüzeylerdeki kırık ve çatlaklar olarak sıralanabilir. Patlatmada parçalanma patlayıcı gazın kütlenin içerisindeki çatlaklara girerek bunları ileri taşınması şeklinde gerçekleşir. Yer çekiminin etkisi ile patlatılan kütle ana kütlede ayrılır.

2.5.4.3. *İri Blok ve Agregada Üretiminde Patlatma Dizaynlarının Karşılaştırılması*

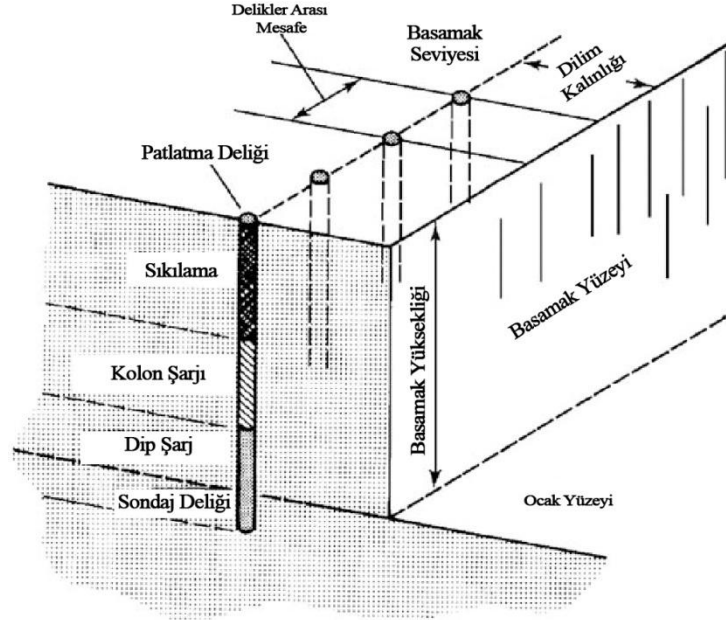
Agrega üretiminde yapılan patlatma dizaynında primer ve sekonder kırma işlemlerindeki maliyetleri azaltmak için mümkün olduğunca iri blokların az olması ve maliyetlerin düşük olması esas alınır. Mümkün olan en ideal tane boyutunu elde etmek için ANFO ile yapılan patlatmalarda 0.4-0.7 kg/m³ olarak alınır ve patlatma işlemi gecikmeli kapsul kullanılarak 3 sıra delik patlatılarak yapılır. İri blok patlatması için gerekli özgül şarj miktarına 0.2 kg/m³ veya daha düşük değerler kullanılarak ulaşılmaktadır (Latham, Meulen ve Dupray, 1999).

2.5.4.4. *İri Blok Patlatmasında Elde Edilen Sonuçları Geliştirmek İçin Tavsiyeler*

Genel olarak iri blok hacmini arttırmak için; Daha yüksek çekme dayanımı, daha yüksek young modulu tercih edilir. Agregada veya cevher patlatmalarında ise yüksek parçalanma miktarına ulaşmak için çalışılır. Büyük boyutta parçalar istenmez. Fakat iri blok patlatmalarında bloklar bütün olarak çatlak veya kırıklar olmadan elde edilmelidir. Buna ulaşmak için Wang Et al(1991) bazı çalışmalar yapmıştır bunları inceleyecek olursak;

- i. Düşük özgül şarj miktarı. Genellikle özgül şarj miktarı düşük değer olarak 0.11 ile 0.25 kg/m³ arası kullanılır. Eğer mümkünse daha düşük infilak hızına sahip patlatıcı cinsi tercih edilmelidir. Düşük özgül şarj kullanımında delicinin delik delme isabetinin ve becerisinin daha yüksek olması gereklidir.
- ii. Dilim kalınlığının delikler arası mesafeye oranının 1 değeri veya daha iyi sonuç almak için daha düşük değerler olarak tercih edilmesi gereklidir. 0.5 olarak alınacak oran iri blok patlatmasında alınacak olan en uygun değerdir.

- iii. Basamak yüksekliğinin olması gerekenden daha yüksek veya daha alçak olması iri blok üretimini olumsuz etkiler. İdeal basamak yüksekliği dilim kalınlığının 2 yada 3 katı şeklinde alınmalıdır.
- iv. Sıkılama boyunun delikler arası mesafeden daha kalın olması genellikle tercih edilir.
- v. Çapı 100mm değerinin altında olan delikler tavsiye edilmektedir.
- vi. Tek sıra delik çok sıra delikten daha iyi sonuç verecektir. Eğer uygun durum varsa delikler gecikmeli kapsul yerine tek seferde patlatılmalıdır. Fakat normalin üzerinde bir titreşim değerleri dikkate alınmalıdır.
- vii. Dip şarj sonucunda tabandaki kırılmanın iyi verimde gerçekleşmesi için açığa çıkacak olan enerjinin büyük olması gereklidir. Bu koşullara uygun olacak şekilde dip şarjı yapılmalıdır.
- viii. Kolon şarjı için kullanılacak olan kartuşlar ANFO paketlerinden hazır olarak çıkar fakat 300-3000 kg patlayıcının kullanıldığı değerler için elverişlidirler. Daha farklı değerler için kolon şarjı için farklı miktarda kartuşlar kullanılmalıdır.



Şekil 2.17. Patlatma geometrisi ve terminolojisi

İri kaya patlatmasında asıl amaç BBSD (patlatılmış blok boyu dağılımı) değerini iri bloklar elde etmek için alabildiğimiz kadar yüksek yüzdeli değer olarak almaktır. Kullanılması gereken en ideal BBDS eğrisi İBDS eğrisine oldukça yakın ve hemen eğrinin üst tarafında yer almalıdır. Delikler arası mesafe, patlatma geometrisi ve dizaynı gibi parametreler şekil 2.17 üzerinde gösterilmiştir. Bu parametreler yeterli parçalanmayı sağlayacak şekilde olmalı ve maksimum taşınabilecek 20 tonluk bloklar elde etmeye göre belirlenmelidir (Latham, Meulen ve Dupray, 1999).

2.5.5. JKMRC Modeli

Kanchibotla ve arkadaşları (1999) ve Grundstorm ve arkadaşları (2001), Kuz-Ram modelinin parça boyut dağılımında ince parçaları tahmin edemediğini göstermiştir. Patlatılan kayanın parçalanması birden daha fazla mekanizma ile gerçekleştiğinden dolayı, parça boyut dağılımı tek bir dağılım ile modellenemez (Djordevic, 1999).

JKMRC 2 tane parçalanma modeli oluşturmuştur, birincisi Ezilmiş Bölge model (CZM) ve İki elemanlı (TCM) modelidir. Bu modeller iki dağılımı birleştirir, bir tanesi ince malzeme dağılımı için, diğeri iri malzeme dağılımı içindir. Her iki model de bazı değişikliklerle beraber Kuz-Ram modeli temeline dayanır (Özer ve diğ., 2006).

2.5.5.1. Çift Elemanlı Model-TCM

Patlama sonrası parçalanmış olan malzemenin iki ayrı kaya parçalarından oluştuğu söylenebilir. Deliğin hemen etrafında oluşan parçalanmada basma dayanımı yenilerek parçalanma meydana gelir ve bu bölgede ince parçalar oluşur. Delikten uzaklaştıkça büyük kütlede kaya parçalanmasında çekme gerilmesi rol alır ve kayaç içi zayıflıklara, çatlak ve eklemlere de bağlı olarak iri parçalar oluşur.

Bu ikili model Rosin-Rammlere fonksiyonlarıyla çözülebilir. Bunlardan bir tanesi ince ve düzgün taneli parçalar diğeri ise kaba ve iri taneli parçaları hesaplamada kullanılır (Djordevic, 1999). Bağntı 2.76'e bakacak olursak

$$P(x) = 100 \left(1 - (1 - F_c) \exp \left(- \ln 2 \left(\frac{x}{a} \right)^b \right) - F_c \exp \left(- \ln 2 \left(\frac{x}{c} \right)^d \right) \right) \quad (2.76)$$

$P(x)$: X büyüklüğünden daha küçük malzeme yüzdesi

- X : Malzeme boyutu (m)
 F_c : Makaslama basıncı ile parçalanana kaya,
 A : Çekme yenilme zonunda ortalama parça boyutu,
 b : Çekme yenilme zonunda üniformite katsayısı,
 c : Basma yenilme zonunda ortalama parça boyutu,
 d : Basma yenilme zonunda üniformite katsayısı.

İnce malzemeye ilgili giriş parametrelerini TCM'e sağlamak için, patlatma daire testleri kullanılmıştır. Bu patlatma daire testleri TCM ye verilecek olan ana parametreleri saptamakta kullanılır. Temsili örnekler patlatma odalarında patlatılır ve sonucu veren parçalar elenir. Crum et al (1990) ince taneli parçaların skaladan bağımsız olduklarını ve patlatma parametreleri olan c ve d nin elendikten sonra Rossin-Rammler bağıntısına uygulanmasıyla bulunabileceğini göstermiştir. a ve b faktörleri Kuz-Ram modelindeki X50 bağıntısı ile aynı olup, JPS ve RDI ile ilgili bazı modifikasyonlar içerirler (Özer ve diğ., 2006).

Makaslama basıncı ile oluşan parçalanma F_c, deliğin etrafındaki ezilen bölgenin alanının hesaplanması ve bu alanın toplam patlatma alanına bölünmesi ile bulunur. Bağıntı 2.77'ye bakacak olursak;

$$F_c = \frac{r_c^2 \times \pi}{B \times S} \quad (2.77)$$

- r_c : Ezilme zonunun çapı(m)
 B : Dilim kalınlığı(m)
 S : Delikler arası mesafe(m)

Ezilme zonunun çapı olan r_c bulmak için 2.78 numaralı bağıntı kullanılır;

$$r_c = \left(\frac{r_b}{\sqrt{\frac{24 \times TS_{insitu}}{P_b}}} \right) - r_b \quad (2.78)$$

- r_b : delik çapı(m)
 TS_{insitu} : Yerinde gerilme kuvveti (Mpa)=

$$\text{Gerilmekuvveti} \left(\frac{0.05}{\text{ortalamablokboyutu}(m)} \right)^{0.18} \quad (2.79)$$

P_b : Delik basıncı (Pa), detonasyon basıncının yarısı olarak kabul edilir. $= \rho_e \times \frac{C_d^2}{8}$

Burada ρ_e = Patlayıcı madde yoğunluğu (kg/m^3) ve C_d =detonasyon hızı (m/s).

2.5.5.2. Kırılma Bölgesi Modeli-CZM

Kırılma Bölgesi modeli çift elemanlı modele benzer olarak toplam parça yayılmasını tarif etmek için 2 tane Rosin-rammler fonksiyonu kullanır. TCM nin aksine bu model ince ve iri taneli 2 farklı yayılmayı aynı anda kullanır. İri parçalanma bağıntısı kaya faktörü, A, ve üniformite indeksindeki birkaç değişiklik dışında Kuz-Ram bağıntısıyla aynıdır. Dağılım bağıntı 2.80'te verilmiştir.

$$P(x) = 100 \left(1 - \exp \left((1 - P(X_e)) \times \left(\frac{X}{X_c} \right)^{n_{coarse}} \right) \right) \quad (2.80)$$

$P(x)$: Elekten geçen malzeme miktarı (%)

$P(x_c)$: Karakteristik boyuttan geçen malzeme miktarı(%)

X : Elek boyu

X_c : Karakteristik boy

n_{coarse} : İri parçalar için kullanılan üniformite indeksi

Thornton(2001) e göre kaba parçalar için olan üniformite indeksi Cunningham(1987) tarafından saptanmıştır. 2.81 bağıntısına bakarsak;

$$n_{coarse} = \left(2.2 - 1.4 \left(\frac{B}{D} \right) \right) \times \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2} \right) \times \left(\frac{L}{H} \right)} \quad (2.81)$$

İnce taneli parçalar çarpışma zonu kaynaklı olup patlatma delikleri içindeki patlayıcının etrafında oluşan bir silindirle tarif edilir. Kırılma zonunun çapı kayanın radyal gerilmesinin basma dayanımını geçtiği yer ile delikler arasındaki mesafe olarak hesaplanır.

Bağıntı 2.82'ye bakacak olursak;

$$\sigma_x = P_d \times \left(\frac{r}{x}\right)^2 \quad (2.82)$$

Burada P_d detonasyon basıncı, r delik çapı ve x de patlatma deliğine olan mesafe olarak tanımlanır. Burada 2.82 bağıntısını σ_x ' in σ_c ' ya eşit olduğunu varsayıp tekrar düzenlersek buradan çarpışma zonu çapı olan R_c şu şekli alır;

$$r_c = r \times \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_c}} \quad (2.83)$$

Detonasyon basıncını 2.84 bağıntısıyla açıklarsak;

$$P_d = \rho_e \times \frac{C_d^2}{4} \quad (2.84)$$

Burada;

ρ_e : Patlayıcı yoğunluğu (kg/m³)

C_d : Patlama hızı(m/s)

İki yayılmanın birleşimi çarpışma alanı sonucunda oluşan ince taneli parçaların oranına bağlı olarak tarif edilir. İnce tanelerin yüzdesi artarsa birleşme noktasında artar (Thornton, 2001). Kuvvetli ve sağlam kayalar için, UCS>50Mpa, x50 karakteristik boyunu kullanmak iyi sonuçlar verirken, zayıf olan kayalar için, UCS <10Mpa, x90 daha iyi sonuçlar verir (Konchibotla, 1999). Parçalanmış metaryalin parçasını veren F_c bağıntısını 2.85 bağıntısıyla hesaplayabiliriz;

$$F_c = \frac{\textit{kurulma derecesi}}{\textit{patlama derecesi}} \quad (2.85)$$

İnce taneli parça boyutunu veren bağıntı 2.86'ya bakacak olursak;

$$P_x = 100 \left(1 - \exp(\ln(1 - p_{xc})) \left(\frac{x}{x_c}\right)^{n_{fine}} \right) \quad (2.86)$$

Burada N_{fine} ince taneli parçaların üniformite indeksi olarak açıklanır ve Rossin-Rammler bağıntısını yeniden düzenleyerek hesaplanabilir. Bağıntı 2.87 e bakarsak;

$$n_{fine} = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - F_c)}{\ln(1 - P(x_c))}\right)}{\ln\left(\frac{1}{x_c}\right)} \quad (2.87)$$

Hassaslık analizi yapılırken, patlama ile parçalanma sonucunu etkileyecek 5 parametreden faydalanılır. Farklı parçalar için UCS, patlayıcı hızı VOD ince tane dağılımında yüksek öneme sahiptir. Basamak yüksekliği, patlayıcı uzunluğu ve yerinde blok boyu kaba parçalar için kritik parametrelerdir.

Patlatma sonrası modellenen parçalanma sonuçlarını etkileyen ilk beş parametreyi saptayabilmek için Thornton tarafından farklı boyut aralıkları için hassas bir analiz yapılmıştır. Buna göre, çok ince parça dağılımı için tek eksenli basama dayanımı, şarj uzunluğu ve detonasyon hızının yüksek etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Daha iri parça boyut dağılımında is etkili kritik parametrelerin yerinde blok boyutu, şarj uzunluğu ve basamak yüksekliği olduğu anlaşılmıştır (Özer ve diğ., 2006).

2.6. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUTUNU BELİRLEME YÖNTEMLERİ

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 uygulana gelmekte olan başlıca parça boyut analizi yaklaşımları aşağıda tartışılmıştır.

2.6.1. Görsel – Gözlemsel Yöntemler

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

2.6.2. Fotoğraflama Tekniği

Bu teknikle değişik analiz metotları kullanılarak yığın boyut dağılımı değerlendirilebilmektedir. Noren ve Porter (1974) patlatılan yığının %15' ini veya daha azının fotoğrafını seçerek bir ızgara ile analiz ettiler. Sonuçları, ortalama parça boyutundan %9,6' lık bir sapma gösterdi. Teknikteki daha ileri aşama; üç boyutlu tahmin amacıyla fotoğraf görüntü alanının içine ölçekli hedefler koymak olmuştur (Özdemir, 2004). Yığının yeniden ortaya çıkan her bir kısmının fotoğraflarını kullanmayı kabul etti. 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 (Kahrıman, 1999).

2.6.3. 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; topoğrafik ölçme ve jeolojik yapı ve süreksizliklerin haritalanmasıdır (Kahrıman, 1999).

2.6.4. Patar Sayımı Yöntemi

Patlatılmış, ekskavatör kepçesine sığmayan malzeme patar (iri blok) denilmektedir. Ekskavatörün yükleyemeyecek kenara bıraktığı patar sayıları belirlenir ve sayılır. Bu iri blokların eni, boyu ve kalınlığı gibi boyutlar ölçülür. Patlatılan yerinde kayanın toptan miktarına göre bir patar indeksi hazırlanabilir. Bu metot, parça boyutlarının üst limitleri değerlendirilirken güvenilir bir özelliktedir. Ancak ortalama ve küçük parça boyutu tahmininde yanıltıcı olabilir (Kahrıman, 1999).

2.6.5. İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi

Ekskavatör yada yükleyicilerle yüklenemeyen iri parçalar (patarlar) ortaya çıktığında bunları parçalamak için ya çamur kaplamalı yüzeyden atım, yada delik delinmek suretiyle ikincil bir atım yapılması kaçınılmazdır. Hidrolik çekiçlerin bu amaçla kullanımı da söz konusu olabilmektedir. Her halikarda patlayıcı ya da enerji tüketimi söz konusudur. Patarlar için kullanılan patlayıcının toplam kaya kütesine oranını ifade eden bir indeks geliştirerek, bir işletmedeki nihai tasarım için, atım grupları arasında yapılacak optimizasyon çalışmalarında mukayese aracı olarak kullanılabilir (Kahrıman, 1999).

2.6.6. 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 kaybedilirken, prostedeki 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 (Kahrıman, 1999).

2.6.7. Primer Kırıcı Performansı

Primer kırıcıların ocakta kullanıldığı durumlarda kırıcıların belirli güç tüketimleri çene, çene astarlarının aşınması, saatlik kırıcı performansı gibi unsurlar, atımlarda elde edilen belirli boyut dağılımına haiz 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 (Kahrıman, 1999).

2.6.8. 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 (Kahrıman, 1999).

2.6.9. Üç-Nokta Metodu

Lulea Teknoloji Üniversitesinde geliştirilen bu metod 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 (Özkahraman, 1994).

2.6.10. Parça-Numune Metodu

Çok sayıda parçalar yığından rastgele alınır. Daha sonra parça boyut dağılımları elek analizleri ile tespit edilen numunelerin sonuçlarının istatistiksel yöntemler kullanmak suretile tüm yığının parça boyut dağılımı tahmin edilir. Bu metod 1940 ların sonlarında İsveç'te kullanılmaktaydı (Özkahraman, 1994).

2.6.11. Görüntü İşleme Metodu

Bu metotta, yığın içindeki parça boyut dağılımı yığın üzerinden ve/veya yığının belli kesitlerinin fotoraflanması 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 (Bobo,2001).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. YER SARSINTISI VE HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında gelen yer sarsıntısı ve hava şokunun hassas bir şekilde ölçülmesi büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla değişik firmalar tarafından geliştirilen birçok izleme sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu izleme sistemleri birbirlerine göre çok farklılık göstermese de kullanımındaki kolaylıkları ve patlatma sonrasında elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullandıkları bilgisayar programları yönünden aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır.

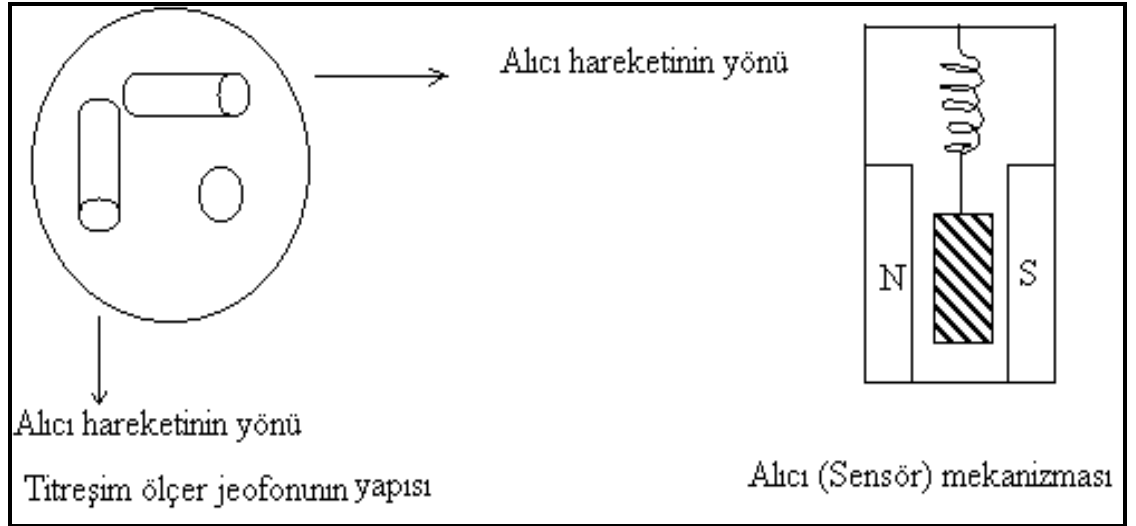
Tez çalışmasının amaçları doğrultusunda arazi çalışmalarında yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümlerinde, iki farklı firmanın ürettiği (Instantel ve White) toplam 5 adet patlatma titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır.

Titreşim ölçerlerin fonksiyonları, ortamın (yeryüzünün) titreşim hareketini ölçmek ve kayıt etmektir. Temel bilimsel terimlerde bu, bir alıcıyı ve kayıt ediciyi kapsayan bir sismograftır. Gerçekte alıcı, birbirine dik açılı konmuş başlıca üç alıcı birimden oluşur. İki alıcı birim birbirlerine dik açılı olarak yatay düzlemde uzanırken öteki alıcı birim düzleme dik olarak yerleştirilmiştir. Her alıcı kendi eksenindeki harekete yanıt verir. Yer hareketi hakkında bütünüyle karar verebilmek için üç alıcı da (sensor) okunması gereklidir.

Alıcının şekli imalatçı firmaya bağlıdır, yuvarlak, kare, dikdörtgen veya üçgen biçiminde olabilir. Alıcı genel olarak yer hareketlerini elektrik enerjisine dönüştüren elektromagnetik bir çeviricidir. Alıcının içinde yapay bir magnetik alan oluşturan asılı bir bobin vardır. Mıknatıs alıcı (sensor) kutusuna bağlıdır ve hareket edemez, fakat magnetik alanda asılı duran bobin bir yay vasıtasıyla serbest olarak hareket etmektedir. Bobinin herhangi bir hareketi magnetik alana bağlı olarak ve bobin hareketinin hızıyla

orantılı olarak bir elektrik voltajı üretir. Eğer bobin yavaş hareket ederse küçük bir voltaj, hızlı hareket ederse yüksek bir voltaj elde edilir. Yer sarsıntısı sırasında alıcı titreşecek fakat asılı bobin içerde hareketsiz kalmaya çalışacaktır, böylece magnetik alanla bobin arasında rölatif bir hareket üretilecek ve sonunda bir elektrik voltajı açığa çıkacaktır. Şekil 3. 1’de alıcı mekanizması şematik olarak gösterilmiştir (Karadoğan, 2008; Adıgüzel, 2006).

Kaydedici, alıcının (sensor) çıktısından voltajı alır onu tekrar harekete (titreşime) çevirir ve yer sarsıntısının görünür (görsel) bir kaydını yapar. Karşılıklı üç ana birimden oluşan alıcı her bir alıcı birim için kayıt üzerinde üç iz bırakır. Bu kayıt analiz ve çözümlenmeye hazır durumdadır.



Şekil 3.1. Bir titreşim ölçer cihazının jeofon yapısı (Karadoğan, 2008)

Kaydedici bir galvanometre vasıtasıyla hareket halindeki alıcının çıkış voltajını değiştirir. Alıcıda bir voltaj üretildiğinde, galvanometre bobinin dönmesine neden olan bir akım, elektrik devresinden geçer. Böylece elektrik enerjisi, hareketi geri çevirir ve bu işlem giderek genişler. Kaydedici belli çizgileri ve ölçülü sinyalleri kayıta gösterir. Sonuç olarak, hareketin kaydı fotoğrafla veya ısı şeklinde alınır.

Şekil 3. 2’de verilen, ideal bir yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemi aşağıdaki 6 temel bileşeni içermektedir.

Jeofon: Parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey) zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için

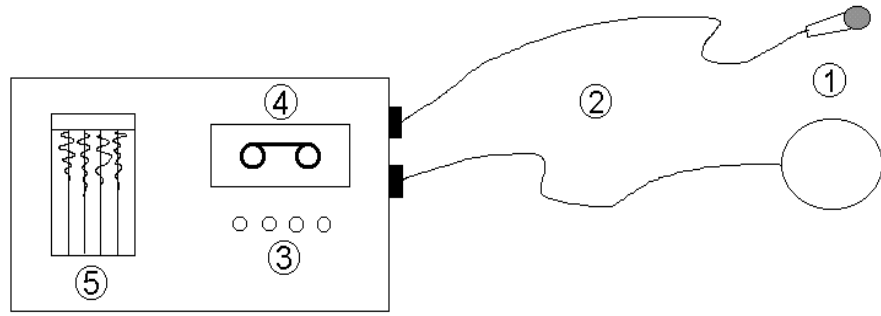
Mikrofon: Hava şoku ve gürültü değerlerini zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için

Bağlantı kabloları: Mikrofon ve jeofon dan gelen elektrik sinyallerini yükselticiye iletmek için

Yükseltici ve sinyal düzenleyici: Mikrofon ve jeofon dan gelen elektrik sinyallerini yükseltmek ve analog verileri sayısal verilere çevirmek için

Disk: Sayısal verileri kaydetmek için (birçok cihazda verileri değerlendirmek üzere programlar verilmektedir)

Yazıcı: Diske kaydedilen verilerin zaman esaslı olarak dökümünü almak için



Şekil 3.2. Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemi (Kahrıman, 1999)

3.1.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikleri

Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemlerinin genelinde aranan teknik özelliklerin daha iyi anlaşılabilmesi için İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne ait InstanTEL firmasının ürettiği Mini Mate Plus titreşim izleme sistemi Şekil 3.3'de görülmektedir. Titreşim ve hava şoku izleme cihazı, üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmaktadır. Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Ayrıca kaydedilen olayların ayrıntılı analizi için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir.

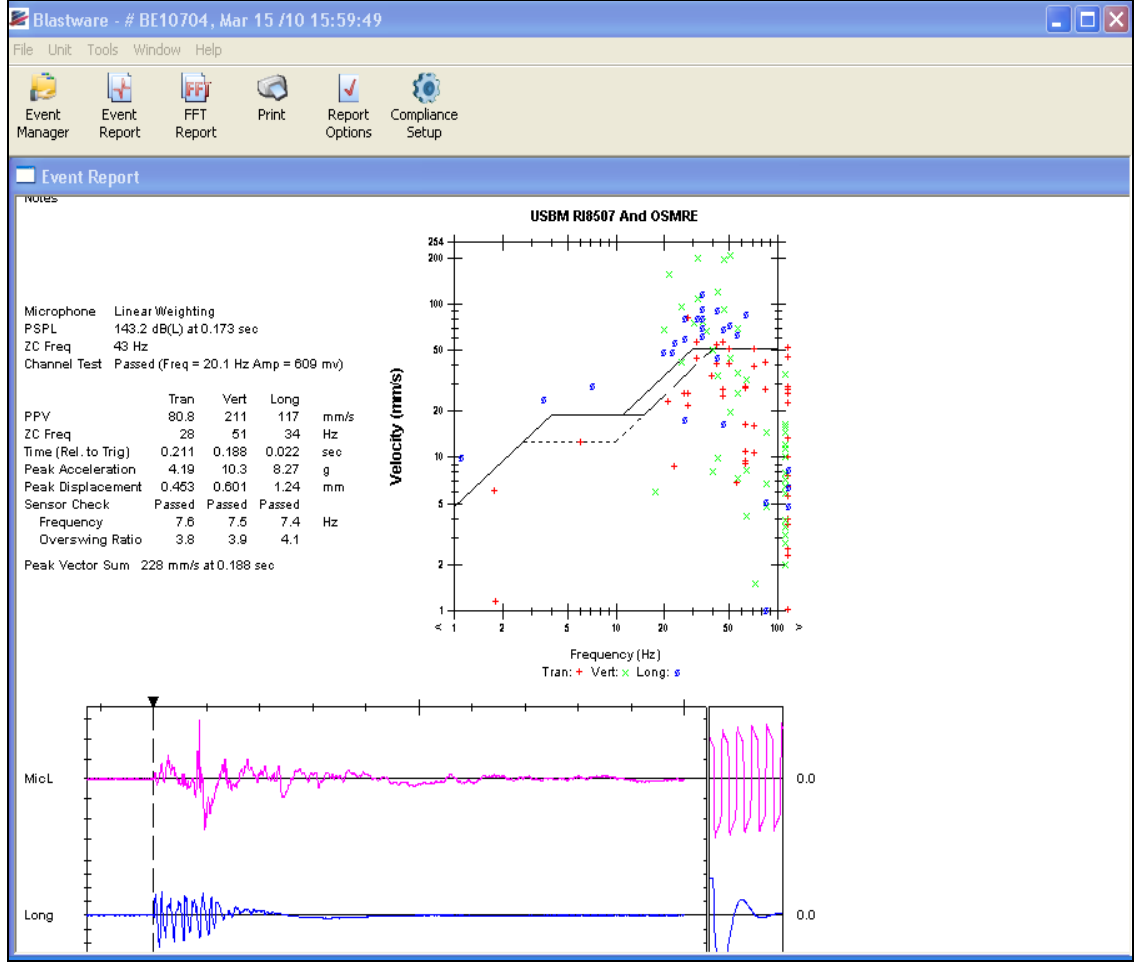
Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapabilmektedir. Her bir olayın süresine (1-10 sn arasında uzaklığa bağlı olarak) bağlı olarak 150-200 arasında olayı geniş yada özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri parçacık hızı için

0.005-9.999 inç/sn ve gürültü için 100-142 desibel aralıkları düzeyindedir. Bu limitler içerisinde istenilen aralıklar ayarlanabilmektedir. Kaydedilecek olay süresi, kayıt biçimi (tek veya sürekli), istenilen birimler, çalışma sahası, kullanıcıya ait bilgiler önceden arzu edilen şekilde programlanabilmektedir. Keza ölçekli mesafe verileri de hafızaya kaydedilebilmektedir. Tüm bu işlemlere uygun modlar cihazın kontrol ve hafıza ünitesinde bulunmaktadır (Karadoğan, 2008; Adıgüzel, 2006).



Şekil 3.3. Instantel Mini Mate Plus model titreşim ölçüm cihazı

Şekil 3.4'de Instantel Mini Mate Plus model titreşim ve hava şoku ölçüm cihazına ait tipik kayıt çıktısı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere cihaz tarafından ölçülen parçacık hızı değerleri cihazın data değerlendirme ünitesine aktarılmakta bünyesinde bulunan değişik normlar içinden, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir norma göre değerlendirme yapılabilmektedir (Karadoğan, 2008).



Şekil 3.4. InstanTEL Mini Mate Plus cihazının USBM normuna göre düzenlenmiş tipik çıktısı

3.2. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PARÇA BOYUT ANALİZİ

20 yıl evvel “Manuel Contour Delineation” denen sistemde yapılan bu iş bugün bilgisayar sisteminde geliştirilerek tam otomatik bir yöntemle yapılmaktadır.

Dijital analiz programlarında tam otomatik algoritma kullanılmakta ve bu da “Partial Contour Delineation And Succesive Openings” denen tekniğe dayanmaktadır. Diğer yöntemler gibi bu yönteminde avantajları ve limitleri vardır. Bu yöntemle vasat bir PC 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 (Girdner ve diğ., 1996).

- Fotoğrafın taranması
- Analog kaynağın kullanılması: Video sinyalinin (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.

3.2.1. 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 kullanıldı. 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 sistemlerini 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 (Girdner ve diğ., 1996).

3.2.2. 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:

1970'lerin ortası: Süper-mini'lerin gelişimi:

“Gardırop 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)

Masa üstü boyutta.

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.

1980'lerin sonu / 90'ların başı: Süper bilgisayar grafik workstation'lar, (Sun 10/40, HP-9000, Dec-Alpha, Silicon-Graphics)

Çok hızlı masaüstü makinalar (şu anda yaygın olan 100 Mips)

Ortak ortam (X-windows)

Ucuz, öğretim için uygun

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

Birçok "büyük" görüntü işleme yazılım paketleri yazılmış veya PC'ye aktarılmıştır. "Dijital fotoğrafçılık da" çok büyük büyüme olmuştur hepsi PC bazlı. PC sistemlerine dijital görüntüleme şu an birçok bilimsel uygulamada "rutin" bir işlemdir (Girdner ve diğ., 1996).

3.2.3. Dijital Görüntü İşleme Yönteminin Adımları

3.2.3.1. Görüntüyü Yeniden Yapılandırma

Sistem veya görüntüleme bozukluklarını ortadan kaldırma

Toplanan verilerden en iyi görüntüyü tekrar yapılandırmayı amaçlar

Tipik olarak görsel inceleme için çıktı görüntüleri

3.2.3.2. Görüntü Analizi

Görüntülerin bilgisayar ile analizi

Belirleyici özellikleri veya bölgeleri çıkarma

Objeleri tanıma

Yüksek seviye patern tanıma

3.2.3.3. Görüntü Oluşumu (Bilgisayar Tarafından Oluşturulan Görüntü)

Bilgisayarlı tomografi (tıbbi/astronomik)

Boşluk sentezi (astronomik)

Aynı zamanda CAD/CAM ve bilgisayar grafikleri

3.2.3.4. Görüntü Sıkıştırma ve Şifreleme

Doküman veya görüntünün saklanması

Görüntü iletimi (video telefon), dijital TV

İnteraktif video.

3.2.4. 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, γ -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: Doküman 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 (Girdner, Kemeny, Srikant ve McGill, 1996).

3.2.5. Dijital Görüntüler

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

Bir analog kanaktan (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 3.5. Dijital görüntü örneği

3.2.5.1. Görüntü Parametreleri

Kirlilik: Film tanelerinin etkisi, elektriksel kirlilik, ışığın kuvantum doğası, veri veri iletim hataları, linear 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 karelağındaki noktaların dağılımı ki bu da görüntü boyutunu verir. Görüntüleme sisteminin band genişliğine bağlıdır.

3.2.5.2. 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 çok 640_480)
- Çok ucuz dijital kameralar
- Hayat kurtarma çalışmalarında vb. kullanılan temel boyut
- Gerçek video görüntüleri optimum 768'e 586 pikselde alınmalıdır

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-renkli'lerin hepsi (kırmızı, yeşil, mavi & siyah)

3.2.6. 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 örneklemeğe 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 metreküp bir araziye kapsayan bir resimde 6 mm' den daha küçük parçaları görmek mümkün değildir (Split-Engineering, 2001).

3.2.7. Sistemin Tatbiki İçin Muhtelif Konfigürasyonlar

Sistemin içine patlamanın 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 patlamadan 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.

1. Yığın yöntemi: Ucuz, esnek fakat kötü netice vermektedir.
2. Kamyon veya bant sistemi: Pahalı fakat iyi netice vermektedir (Split-Engineering, 2001).

3.2.8. 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 (Split-Engineering, 2001).

3.2.9. Dijital Görüntü İşleme Programlarından “Split-Desktop Sistemi”

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 (Kemeny ve diğ., 2001).

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 istatistikî 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

Uygulama çalışmalarında dijital göüntü işleme yazılımlarından biri olan Split Desktop programının aşamaları ve imaj analizi sırasında yapılması gerekenler kısaca şöyledir.

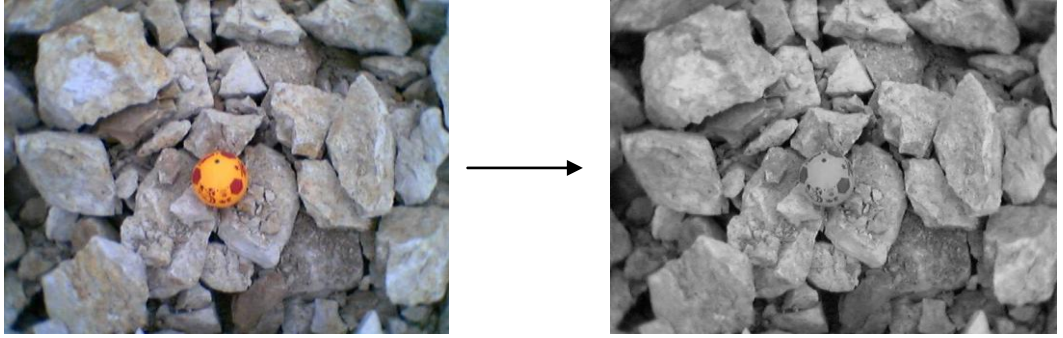
Resimlerin Çekilmesi: Resimler dijital ya da normal fotoğraf makineleriyle çekilebilmektedir. Normal makinelerle çekilen resimleri bilgisayar ortamına aktarmak için tarama işlemi yapılmalıdır. Bu tez kapsamında alınan görüntüler DC 025 Dijital Fotoğraf Makinesi kullanılarak elde edilmiş ve görüntüler doğrudan bilgisayara aktarılmıştır. Görüntü analizi için resmin, kaliteli ve rahat görülebilir olması gerekmektedir bu yüzden resim çekilirken ışık durumu ve netlik iyi ayarlanmalıdır. Makinanın, resmi çekilecek olan yığına 90 derece açıda olması gerekmektedir. Eğer açılı resim çekmek gerekiyorsa, programa analiz aşamasında girilecek veriler doğrultusunda, “yığına olan uzaklık” ve “makinanın yığına göre açısı” parametreleri bilinmelidir (Split-Engineering, 2001).

Yığın üzerinde boyut dağılımını belirleyici olması açısından uzunluğu belli olan bir maddenin yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu maddenin boyu analiz aşamasında programa girilecek ve bu uzunluk sayesinde program yığındaki diğer tanelerin boyutunu hesaplayacaktır. Bu çalışmada yığın içersinde her yönden kolayca

görülebilmesi açısından 20 cm. çapında toplar bu amaçla kullanılmıştır. Program genel resim çözünürlüklerinin hepsini desteklemektedir (640*480, 800*600 vs.). Bu çalışma kapsamında analiz edilen görüntüler 800 X 600 çözünürlüktedir. Uygulama aşamasında hata payını en az seviyeye indirmek için yığın üzerinde birden fazla resim çekmek önemlidir. Bu amaçla saha çalışmalarında patlatma sonrası oluşan yığında, yığını temsil eden 3 ya da 4 ayrı noktayı tespit edip ona göre resimler çekilmiştir.

Böylece çekilen resimleri ilk olarak teker teker sonradan da hepsini bir arada analize sokarak, yığının ortalama tane boyutunu daha az hatayla ortaya çıkarmış olunur.

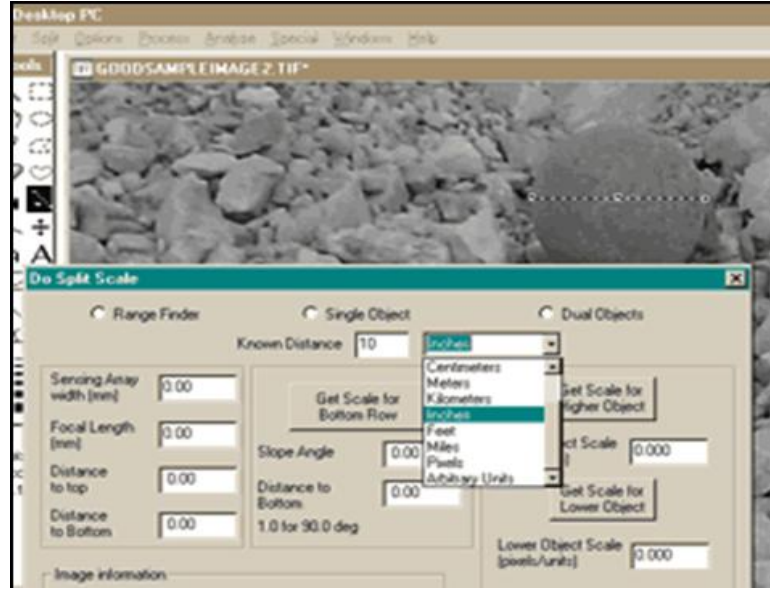
Resimlerin Programa Aktarılması: Program açıldıktan sonra resimler “file” menüsünden çağırılıp programa aktarılırlar.



Şekil 3.6. Resmin programa ilk aktarılışı

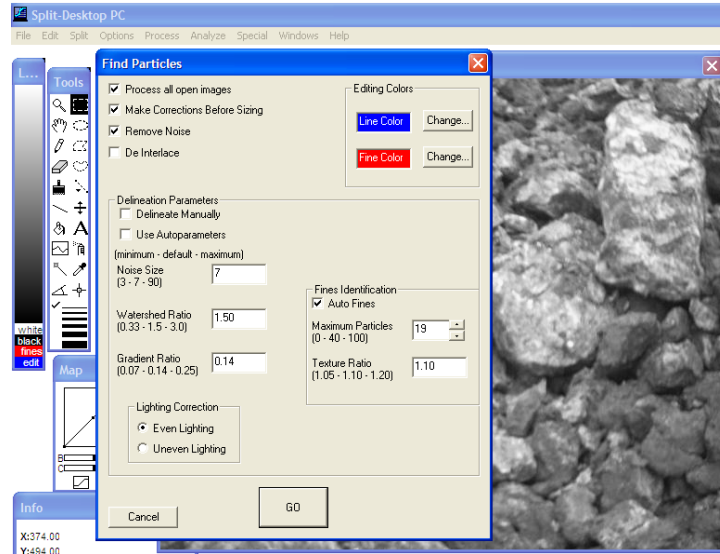
Program Şekil 3.6’ de de görüldüğü gibi orijinal resmi direkt olarak “Gray-Scale” yani siyah beyaz halde açmaktadır.

Resmin Ölçeklendirilmesi: Resim programa aktarıldıktan sonra ölçeklendirme çubuğu yardımıyla boyu belli olan topun ya da başka bir malzemenin boyu programa girilir (Şekil 3.7).



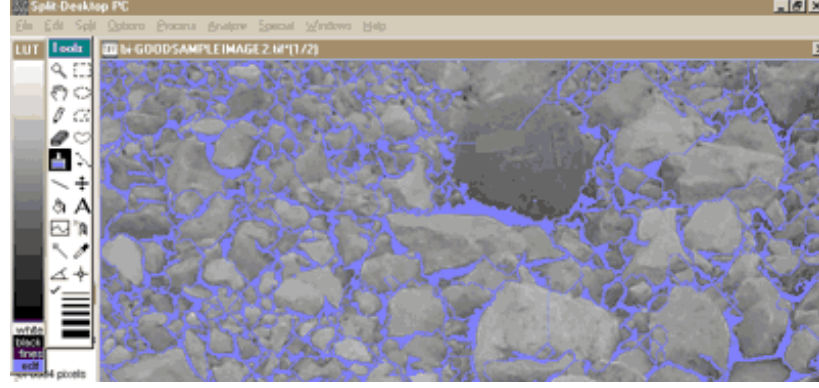
Şekil 3.7. Görüntünün ölçeklendirilmesi

Parçaların Analiz Edilmesi: Çeşitli hassasiyet ayarları girilerek, programın taneleri tek tek ayırması için komut verilir (Şekil 3. 8).



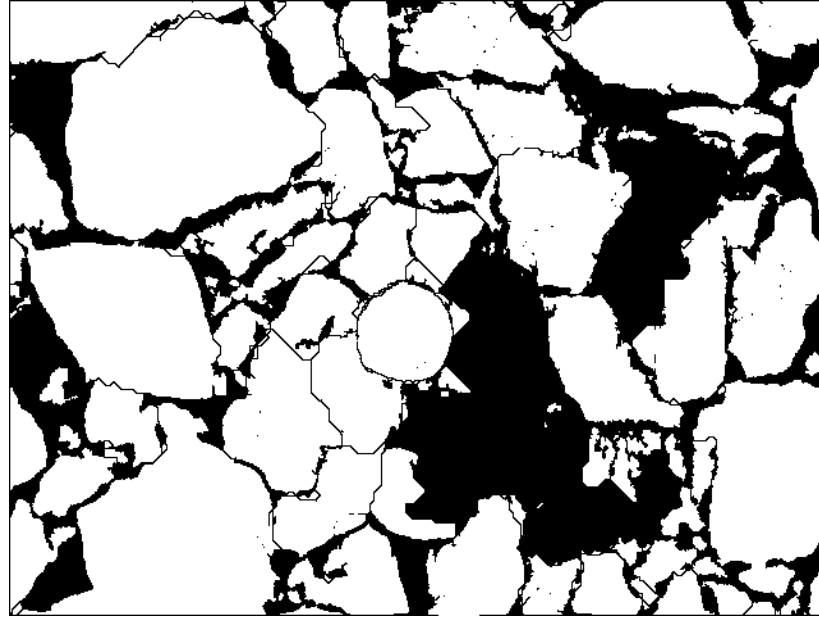
Şekil 3.8. Parçacıkların program tarafından tespit edilmesi

Programın çalışma şekli kaya taneleri arasındaki sınırları belirleyip uzunlukları ölçmesi prensibine dayanır. İşlem yapıldıktan sonra program taneler 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 3.9).



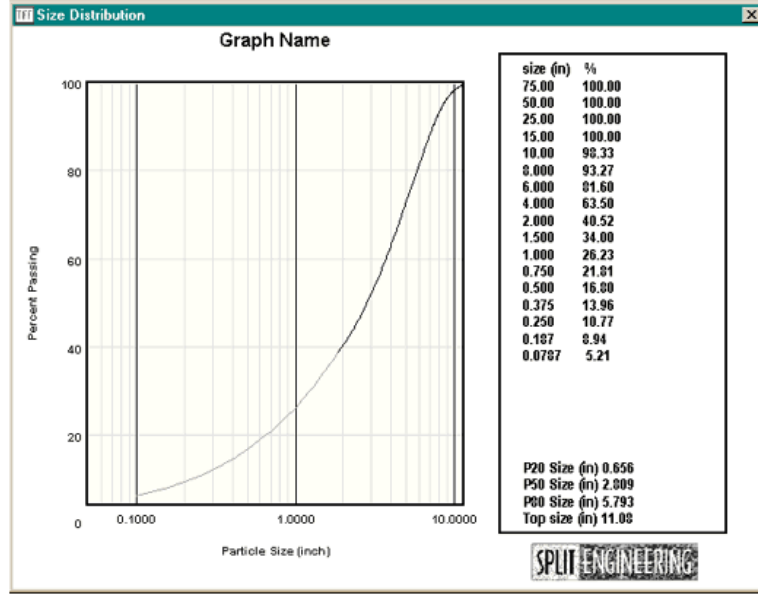
Şekil 3.9. Program sınırları belirledikten sonra oluşan görüntü

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, 10'daki işlenmiş resim elde edilir.



Şekil 3.10. İşlenmiş Resim

Boyutların Oluşturulması ve Sonuçlara Ulaşım: Programın bu aşamasında program, işlenmiş resme göre boyut dağılımını hesaplayarak grafik olarak bize sonuçları verir (Şekil 3.11). Burada sonuçlar alınırken istenen grafik sisteminin “log-log” ya da “lineer-lineer” olması program tarafından kullanıcı tercihine bırakılmıştır.



Şekil 3.11. Parça boyut dağılım analiz sonucunun alınması

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

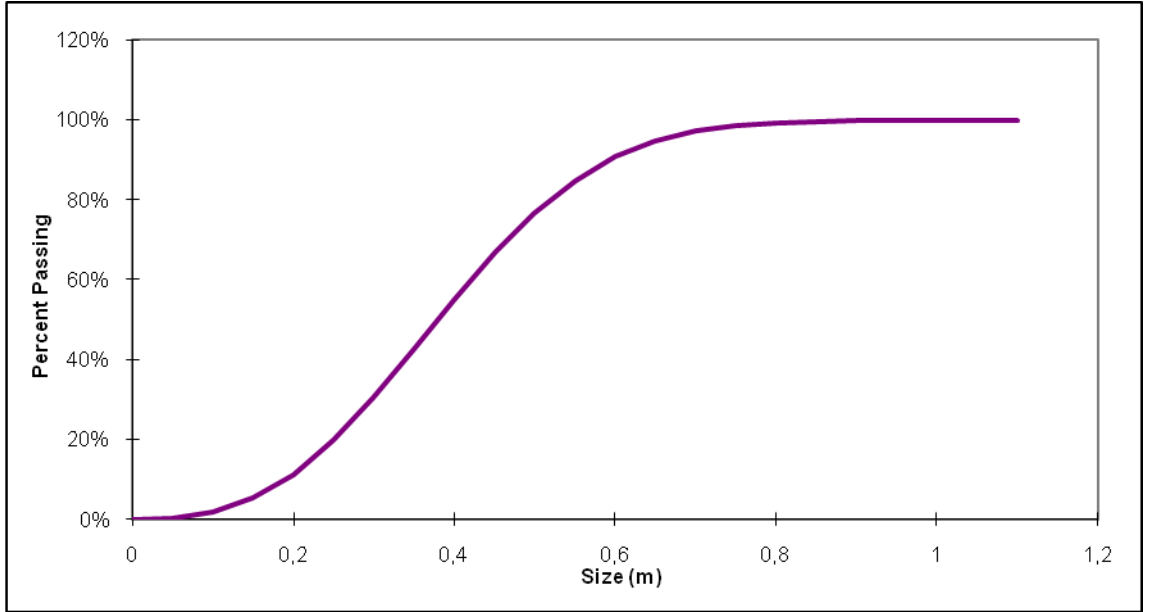
Programın “Split” menüsünde dikkat edilmesi gereken parametreler şu şekilde özetlenebilir:

- *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. Genelde “Linear” kullanılır (Split-Engineering, 2001).

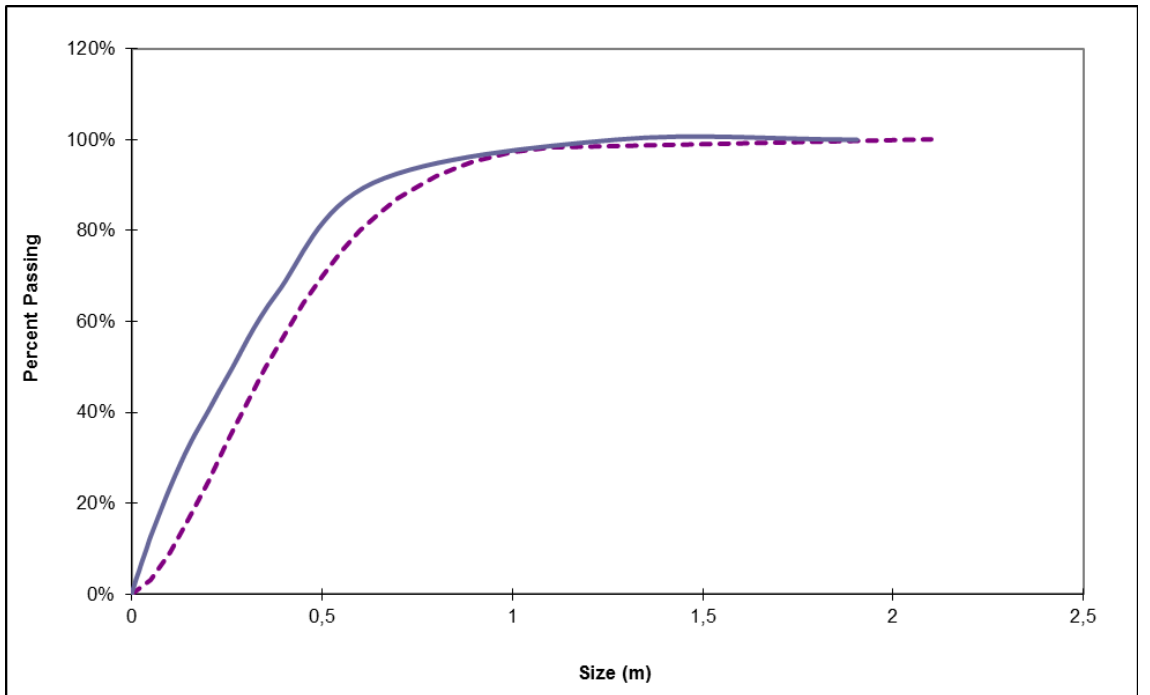
3.3. KUZ - RAM

Bu tez çalışma kapsamında 2. Kısımda anlatılan Kuz - Ram Parça Boyut Tahmin Modeli, excell programına aktarılmış buna göre grafik oluşturulmuştur (Şekil 3.12).

Ayrıca Split yöntemi ile elde edilen veriler bu programa aktarılarak Kuz- Ram ile karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Kuz –Ram parça boyut tahmin grafiği



Şekil 3.13. Split verilerin Kuz- Ram sonuçları ile karşılaştırıldığı grafik

4.BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, arazi çalışmaları ve yapılan analizler olarak iki bölüme ayrılır. Arazi çalışmaları kısmında, Özyurt, Çakırlar, Eler, Deniz ve Dalbay Madencilğe ait taşocaklarında yapılan patlatma çalışmaları incelenmiş, GPS ile patlatma koordinatları, İntanetel Minimate ve White Mini Seis titreşim ölçer cihazları ile titreşimler kayıt altına alınmıştır. Patlatmadan sonra yığınların fotoğrafı çekilmiştir. Yapılan analizler kısmında ise titreşim kayıtlarına istatistiksel analizler uygulanmış ppv-sd ilişkisi saptanmıştır. Yığın fotoğrafları Split programı kullanılarak işlenmiş atım paternleri ile Kuz-Ram tabloları oluşturulup parça boyut dağılımları belirlenmiştir. Son olarak SPSS programı ile çoklu regresyon yapılmış ppv ve parça boyut dağılımları arasında ilişki kurulmuştur.

4.2. ÇALIŞMA SAHASI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Cebeci Taş Ocakları Sultangazi ilçesinde yer almaktadır. Bölgenin Batı'sında Habipler Köyü, Güneyinde Sultançiftliği Mahallesi, güneydoğusunda Gazi Mahallesi, kuzeyinde Yayla ve Pirinçi Köyleri kuzeydoğusunda Cebeci Köyü, doğusunda ise Alibeyköy Barajı yer almaktadır.

İşletmelerin içerisinde Cebeci Deresi ve Malova Deresi geçmektedir ve bu dereler Alibeyköy Baraj Gölü'ne akmaktadır. Söz konusu bölgedeki taş ocakları Şekil 4.1 ve 4.2 'deki fotoğraflardan da görüleceği üzere yaklaşık 1.5x5.5 km alanında bir sahaya yayılmıştır. Faaliyet gösteren işletmelerden 2 tanesi Alibeyköy Baraj Gölü'ne 1-1.5 km mesafede geneli 2-3 km mesafede bazıları da 3-5 km mesafede bulunmaktadır. Ocakların 2 adedi yerleşim alanlarından Cebeci Köyü'ne 500 m mesafede diğer çoğunluğu ise 1-2 km mesafededir.



Şekil 4.1. Cebeci Taş Ocakları uydu görüntüsü



Şekil 4.2. Cebeci Taş Ocaklarından bir görüntü

Yayla ve Gazi Mahallesi ve Sultançiftliği'ne bazı ocaklar 2-3 km mesafede bulunmaktadır. Bölgenin önemi üretim miktarları, taş kalitesi, önemli miktardaki rezervi ve eşdeğer niteliklere sahip başka bir kaynağın İstanbul yakınlarında mevcut olmasından kaynaklanmaktadır. Öyle ki bu son özellik bölge için bir dezavantaj olur hale gelmeye başlamıştır. Kentsel yerleşim alanları havzanın sınırlarına dayanmış olup

bu aşamadan itibaren ise taş ocakçılığında kaynaklanan çevresel etkiler gündemi doldurur hale gelmiş bulunmaktadır.

4.2.1. Cebeci Bölgesi Genel Jeolojisi

Bölgenin genel stratigrafik yapısı üst üste oturmuş iki formasyondan oluşmaktadır. Alttan yukarı doğru kalınlığı tahminen 1700 metreye varan alt karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ve en üstte neojen yaşlı yaklaşık 20 metre 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, çökelme 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 spartit 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 Kuvarterner yaşlı alüvyon, kumul çökelleri ile dolgu malzemeler gelmektedir. (Kaya, 2010)

Bölgedeki kayaların fiziksel ve kimyasal özellikleri şöyledir :

Kayaların özgül ağırlığı	: 2.73
Kuru birim ağırlığı (Yd)	: 26.6 N/ m ³
Su emme özelliği (Wa %)	: 0.42
Efektif Porozite (n)	: 1.10
Tek eksenli basma dayanımı Ob (MPa)	: 130

4.2.2. Cebeci Bölgesi Taşocaklarının Üretimine Genel Bakış

Cebeciköy taşları ekonomik açıdan büyük bir değere sahiptir. Cebeci Bölgesi'ndeki Sultançiftliği Mahallesi, Habibler, Gazi Mahallesi ve Malova Deresi mevki arasında kalan bölge 450 milyon-m³, 675 milyon-ton taş rezervine sahip olup bölgede 16 işletmenin açtığı çok sayıda taş ocağı bulunmaktadır. Bu taş ocakları koyu mavi,

mavimsi siyah renkler gösteren ve yer yer kalsit damarları içeren, karbonifer yaşlı Cebeciköy taşı içinde açılmıştır. Ocaklarda açık işletme yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Taş sökümü delme-patlatma yöntemi ile gerçekleştirilmekte olup elde edilen blokların büyük olanları ocak içerisinde hidrolik kaya kırıcı (kırıcı tabanca) ile kırılmaktadır.

Kırma eleme tesisine beslenen malzeme kırma eleme işlemleri ile çeşitli boyutlara göre ayrılmakta ve böylelikle çeşitli boyda mıcır elde edilmektedir. Cebeciköy taşları işlenmesi kolay, kırılıp elenmesi iyi, mukavemeti yüksek, su emmesi yok denecek kadar az, çimento ile aderansı çok yüksek ve bitümlü yapışması oldukça iyi olduğundan beton ve asfalt yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.2.3. Düzenlenen Atım Paternleri

Çalışma kapsamında söz konusu atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; işletmelerin yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulanagelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara spontane olarak uygulanmıştır. Titreşim ölçümlerine esas olacak söz konusu atımlarında, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. İşletme yetkililerinin atımlarla ilgili uygulanan patern ve protokolleri gerekli verilerin türetilmesinde kullanılmıştır. Bu gözlemlerde, gerekli verilerin elde edilmesi amacıyla atımlarla ilgili uygulanan paternler, atım izleme formlarına işlenmiştir. Sahada yapılan atımlarda toplam 22 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 4.1’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.1. Titreşim ölçümü yapılan test atımlarının patlatma geometrisi

Atım No	Atım Tarihi	Atım Saati	Delik Sayısı	Delik Çapı d (mm)	Delik Eğimi α ($^{\circ}$)	Basamak Yüksekliği K (m)	Sıra Sayısı	Delik Boyu H (m)	Dilim Kalınlığı B (m)	Delikler arası Mesafe S (m)	Sıkılama h_0 (m)	Şarj Şekli	Esas Patlayıcı Madde	Top. Şarj Q (kg)	Gecikme Başına Top. Şarj (kg)	Kapsül Tipi	Top. Kapsül Adedi
1	23.02.2010	12:20:23	33	89	90	17	2	18	2.5	3	3	Kolon	ANFO	2475	75	Nonel	100
2	10.03.2010	12:07:00	14	89	90	17	1	18	3.2	3	3	Kolon	ANFO	1190	85	Nonel	35
3	10.03.2010	14:45:54	12	89	90	17	1	18	3	3	3	Kolon	ANFO	900	75	Elektrikli	25
4	15.03.2010	12:13:08	16	89	90	17	1	18	3	3	3	Kolon	ANFO	1200	75	Nonel	33
5	15.03.2010	15:59:49	15	89	90	13	1	14	3	3	3	Kolon	ANFO	810	54	Nonel	31
6	17.03.2010	12:25:34	10	89	90	5	2	6	2.5	3	3	Kolon	ANFO	160	16	Nonel	21
7	19.03.2010	12:20:59	20	89	90	13	1	14	3	3	3	Kolon	ANFO	1080	54	Nonel	41
8	12.04.2010	11:25:24	14	89	90	14	2	15	2.5	3	3	Kolon	ANFO	924	66	Nonel	43
9	12.04.2010	13:02:18	13	89	90	13	1	14	2	3	3	Kolon	ANFO	710	55	Nonel	40
10	13.04.2010	12:34:25	17	89	90	10	1	11	3	3	3	Kolon	ANFO	765	45	Nonel	35
11	14.04.2010	11:26:00	35	89	90	14	2	15	3	3	2.5	Kolon	ANFO	2205	63	Nonel	106
12	14.04.2010	12:53:12	14	89	90	14	1	15	2.5	3	3	Kolon	ANFO	840	60	Nonel	29
13	15.04.2010	15:00:14	5	89	90	16	1	17	3	3	3	Kolon	ANFO	385	77	Nonel	16
14	15.04.2010	15:00:48	13	89	90	11	1	12	3	3	3	Kolon	ANFO	650	50	Nonel	27
15	16.04.2010	16:10:57	35	89	90	15	2	16	3	3	3	Kolon	ANFO	2100	60	Nonel	106
16	19.04.2010	12:53:34	48	89	90	17	2	18	3.5	3	2.5	Kolon	ANFO	3840	80	Nonel	97
17	19.04.2010	12:57:52	10	89	90	13	1	14	3	3	3	Kolon	ANFO	590	59	Nonel	21
18	26.04.2010	15:04:29	15	89	90	15	1	16	3	2.5	3	Kolon	ANFO	1030	70	Nonel	31
19	28.04.2010	13:03:28	13	89	90	9	1	10	3	3	2	Kolon	ANFO	520	40	Elektrikli	26
20	29.04.2010	13:05:35	10	89	90	9	1	10	3	3	2	Kolon	ANFO	400	40	Elektrikli	20
21	30.04.2010	12:54:37	15	89	90	14	1	15	3	3	3	Kolon	ANFO	900	60	Elektrikli	30
22	30.04.2010	15:37:00	7	89	90	17	1	18	3	3	3	Kolon	ANFO	539	77	Nonel	22

4.3. SAHA ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmaları kısmında, Özyurt, Çakırlar, Erler, Deniz ve Dalbay Madencilige ait taşocaklarında yapılan patlatma çalışmaları incelenmiş, GPS ile patlatma koordinatları, İntantel Minimate ve White Mini Seis titreşim ölçer cihazları ile titreşimler kayıt altına alınmıştır. Patlatmadan sonra yığınların fotoğrafı çekilmiştir.

4.4. YAPILAN ANALİZLER

4.4.1. Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Analizi

23 Şubat 2010 – 30 Nisan 2010 tarihleri arasında gerçekleştirilen, konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, aşağıda detaylı olarak açıklanan toplam 22 atıma ait titreşim ölçümleri, Patlatma Titreşim Ölçer Cihazı (İntantel Minimate Plus ve White Miniseis) ile yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları, söz konusu ocakta yapılan atım noktaları çevresinde muhtelif uzaklıklarda belirlenen ölçüm istasyonlarına yerleştirilmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan atımların ve ölçüm istasyonlarının koordinat değerleri Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Atımların yeri ve koordinatları

Atım No	Koordinat Değerleri			Atım No	Koordinat Değerleri		
	Y	X	Z		Y	X	Z
1	4554008	656939	21	12	4553094	658520	3
2	4553168	658729	58	13	4553944	656974	16
3	4553991	656942	17	14	4554089	656923	-1
4	4553136	658745	58	15	4553963	656747	-18
5	4553323	658522	17	16	4552893	658734	35
6	4553607	657557	21	17	4553079	658554	21
7	4553246	658656	5	18	4554093	656935	3
8	4553960	656983	10	19	4553112	658627	-9
9	4553334	658527	30	20	4553136	658627	-9
10	4554087	656917	-1	21	4553139	658588	1
11	4553703	656932	-18	22	4553934	656950	16

Tablo 4.3. İstasyon noktalarının koordinatları ve kurulan cihazlar

İstasyon No	Titreşim Ölçer Markası ve Seri No	Koordinat Değerleri		
		Y	X	Z
1	Instantel BE10704	4553977	656967	21
2	Instantel BE10709	4553146	658721	58
3	Instantel BE10709	4553949	656967	17
4	Instantel BE10687	4553091	658758	58
5	Instantel BE10709	4553110	658722	63
6	Instantel BE10704	4553130	658690	68
7	Instantel BE10704	4553351	658527	17
8	Instantel BE10709	4553386	658487	71
9	Instantel BE10709	4553569	657543	27
10	Instantel BE10704	4553585	657552	24
11	Instantel BE10704	4553222	658640	5
12	White 1455	4553242	658608	5
13	Instantel BE10709	4553115	658734	18
14	Instantel BE10773	4553928	656901	88
15	Instantel BE10773	4553349	658464	87
16	Instantel BE10773	4554083	656949	-1
17	Instantel BE10773	4553748	656856	88
18	Instantel BE10773	4553075	658431	85
19	Instantel BE10773	4553931	656986	17
19	Instantel BE10773	4553931	656986	17
20	Instantel BE10773	4553981	656712	-16
21	Instantel BE10773	4552837	658694	99
21	Instantel BE10773	4552837	658694	99
22	Instantel BE10773	4554107	656973	2
23	Instantel BE10773	4553219	658535	24
23	Instantel BE10773	4553219	658535	24
23	Instantel BE10773	4553219	658535	24
24	White 1455	4553896	656933	36

Atımlar sonucunda cihazlar tarafından kaydedilen toplam 28 olayın maksimum parçacık hızlarını, frekans değerlerini ve hava şoku değerlerini içeren tablo bilgileri ile istasyon noktaları ve atımlar arasındaki mesafeleri, Tablo 4.4’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.4. Atımlar sonucunda ölçülen titreşimlerin veri kaydı

Atım Kayıt No	Atım Tarihi	Atım Saati	İst . No	Ölçüm Sonuçları					
				En Yüksek Parçacık Hızı PPV (mm/sn)	Frekans F (Hz)	Top . Şarj Q (kg)	Gecikme Başına Top. Şarj W (kg)	Mesafe R (m)	Ölçekli Mes. SD
1	23.02.2010	12:20:23	1	161	32	247	75	42	4,82
2	10.03.2010	12:07:00	2	186	30,1	119	85	23	2,54
3	10.03.2010	14:45:54	3	254	28,4	900	75	49	5,64
4	15.03.2010	12:13:08	4	25,4	19	120	75	47	5,41
			5	78,2	34,1	120	75	35	4,05
			6	79,4	32	120	75	56	6,49
5	15.03.2010	15:59:49	7	211	51,2	810	54	28	3,87
			8	17,8	25,6	810	54	90	12,26
6	17.03.2010	12:25:34	9	18,8	56,9	160	16	41	10,24
			10	77	17,7	160	16	23	5,69
7	19.03.2010	12:20:59	11	71,2	36,6	108	54	29	3,92
			12	65	127	108	54	48	6,56
			13	8,38	39,4	108	54	153	20,82
8	12.04.2010	11:25:24	14	30,9	34,1	924	66	118	14,48
9	12.04.2010	13:02:18	15	42,8	>100	710	55	86	11,63
10	13.04.2010	12:34:25	16	73,5	7,01	765	45	32	4,81
11	14.04.2010	11:26:00	17	53,1	28,4	220	63	138	17,38
12	14.04.2010	12:53:12	18	11,4	26,9	840	60	123	15,81
13	15.04.2010	15:00:14	19	254	>100	385	77	18	2,02
14	15.04.2010	15:00:48	19	4,44	39,4	650	50	171	24,19
15	16.04.2010	16:10:57	20	51,2	64	210	60	39	5,09
16	19.04.2010	12:53:34	21	37,6	34,1	384	80	94	10,51
17	19.04.2010	12:57:52	21	3,3	34,1	590	59	290	37,79
18	26.04.2010	15:04:29	22	57,3	73,1	103	70	41	4,84
19	28.04.2010	13:03:28	23	14,1	28,4	520	40	145	22,91
20	29.04.2010	13:05:35	23	23,5	25,6	400	40	128	20,27
21	30.04.2010	12:54:37	23	79,6	20,5	900	60	99	12,74
22	30.04.2010	15:37:00	24	64,5	4,3	539	77	46	5,26

4.4.1.1. Titreşimi Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

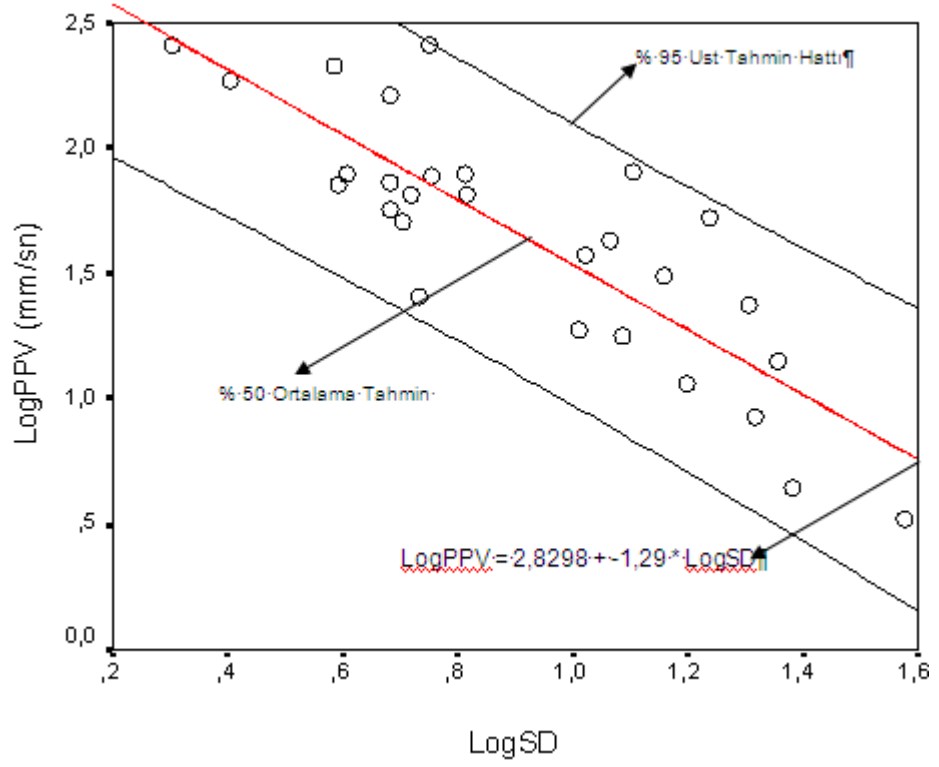
İzlenen 22 adet atıma ait toplam 28 adet olay kaydedilmiş ve parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen maksimum patlayıcı madde miktarı ve atım mesafesi dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı verileri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tablo 4.4'deki verilerden hareketle; ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak SPSS programında yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında %50 ve %95 tahmin hatlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{\% 50 Tahmin Denklemi} & \quad : \text{PPV} = 675,7 \times \text{SD}^{-1,29} & (r = 0,84) \\ \text{\% 95 Üst Tahmin Hattı Denklemi} & : \text{PPV} = 2512 \times \text{SD}^{-1,30} & (r = 1) \end{aligned}$$

İyi bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu formül, bölgede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabuledilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

Literatüre uygun olarak oldukça iyi korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun %50 ve %95 tahmin limitlerinde belirlenen ilişkisinin logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 4.3'de gösterilmiştir (SPSS).



Şekil 4.3. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi

4.4.2. Split Programı ve Kuz-Ram Parça Boyut Analizleri

4.4.2.1. 23.02.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakırlar Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Patlatmanın kayaç ve patlayıcı özellikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Her bir atım için patlatmaya ait kayaç ve patlayıcı özellikleri aynıdır.

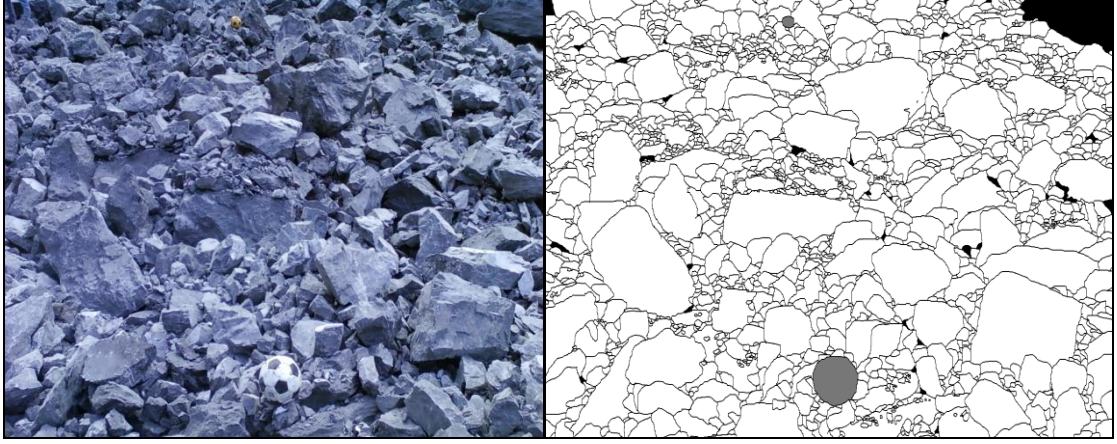
Aynı zamanda her bir Kuz-Ram excel tabloları da bu girdiler kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 4.5. 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait kayaç ve patlayıcı özellikleri

Kaya Özellikleri		
<i>Kaya Faktörü</i>		
Kaya Tipi	Kalker	
Kaya Özgül Ağırlığı	2,6	SG
Elastik Modül	60	GPa
UCS	130	MPa
<i>Eklemler Durumu</i>		
Eklemler Arası Mesafe	0,8	m
Dalım Açısı	45	derece
Dalım Yönü	30	derece
Yerinde Blok Boyutu	1,5	m
<i>Patlayıcı</i>		
Yoğunluk	0,8	SG
RWS	1	(% ANFO)
Nominal VOD	4800	m/s
Efektif VOD	4800	m/s
Patlayıcı Gücü	1	

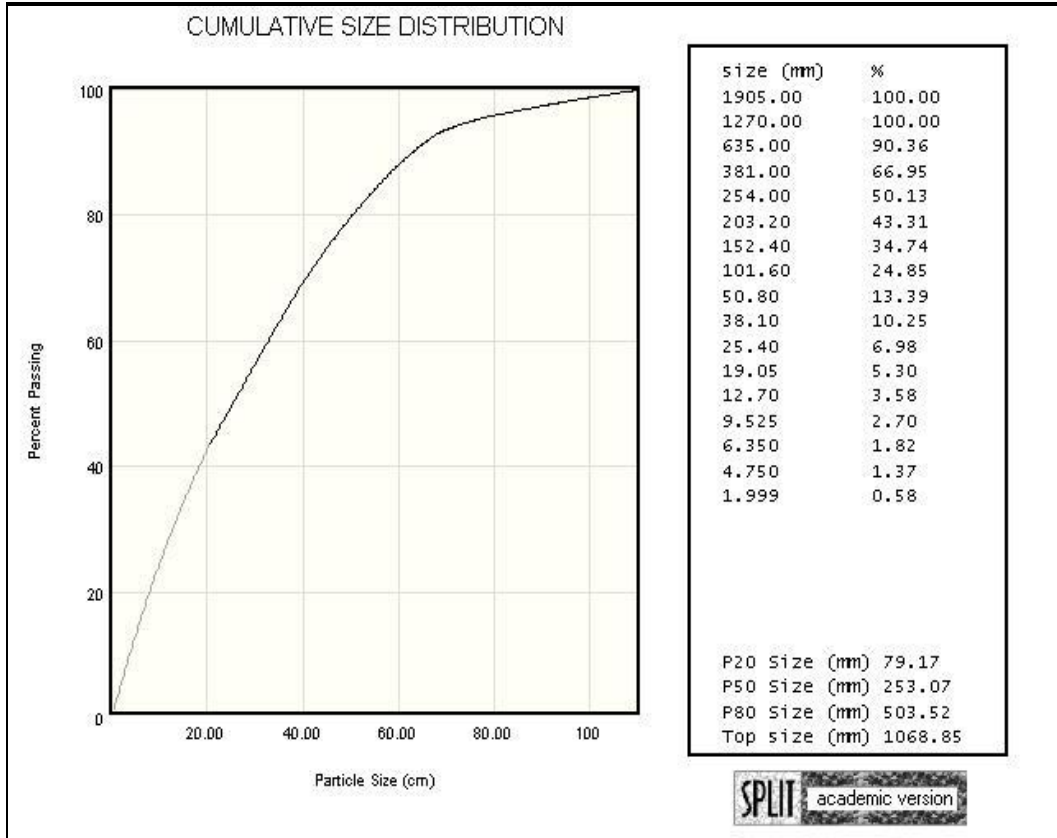
Her bir atıma ait patlatma tasarım parametreleri tablo 4.1’de verilmiştir.

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm’lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.4.). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.4.’deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.4. 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

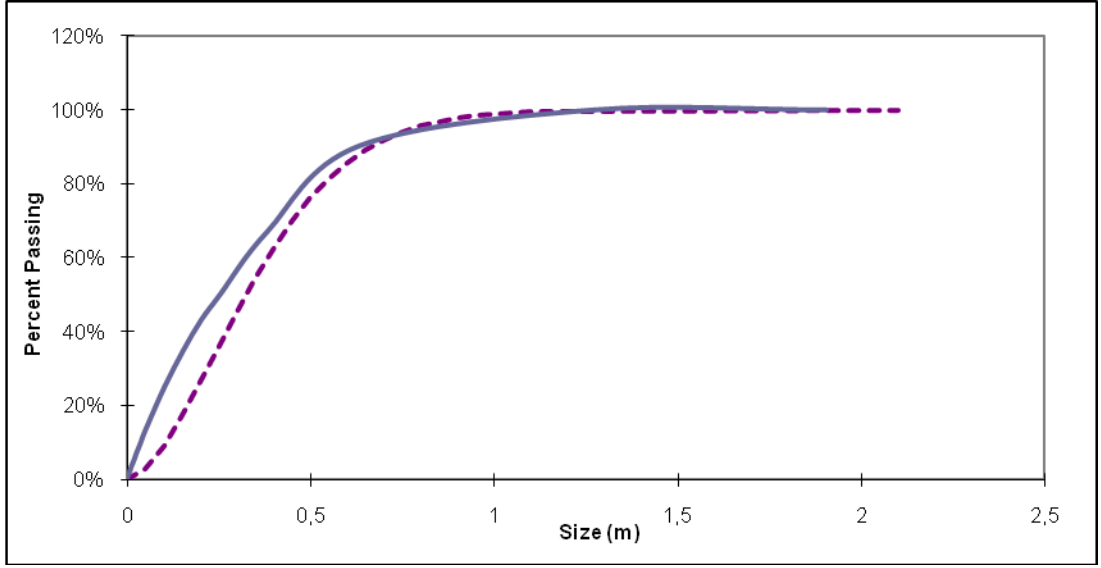
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.5' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.5. 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 79.17 mm, P50 parça boyutu 253.07 mm, P80 503.52 mm maksimum parça boyutu 1068.85 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.6. ve Tablo 4.6. elde edilmiştir.



Şekil 4.6. 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

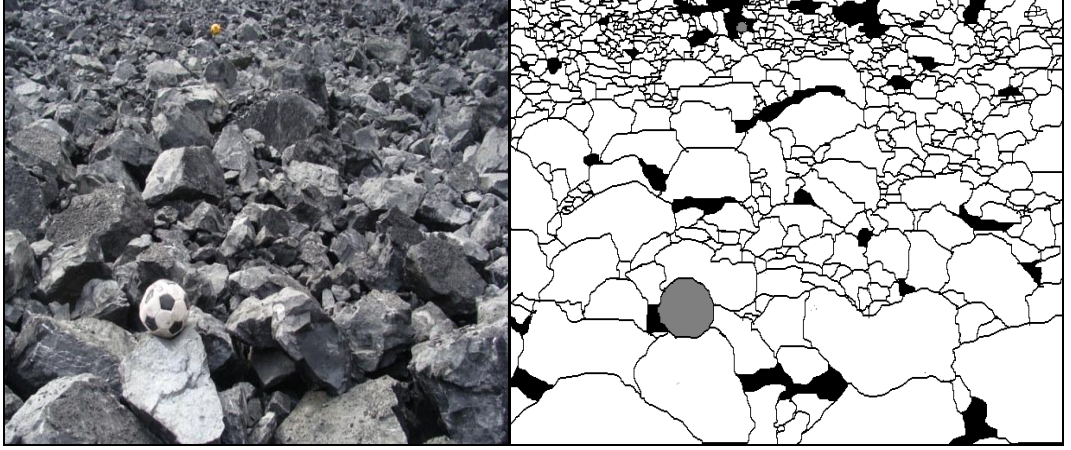
Tablo 4.6. 23.02.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0.0%	0	0.00%	0.000
2.9%	0.05	0.58%	0.001
9.1%	0.10	1.37%	0.004
17.3%	0.15	1.82%	0.006
26.5%	0.20	2.70%	0.009
36.1%	0.25	3.58%	0.012
45.6%	0.30	5.30%	0.019
54.6%	0.35	6.98%	0.025
62.8%	0.40	10.25%	0.038
70.0%	0.45	13.39%	0.050
76.3%	0.50	24.85%	0.101
81.5%	0.55	34.74%	0.152
85.8%	0.60	43.31%	0.203
89.3%	0.65	50.13%	0.254
92.1%	0.70	66.95%	0.381
94.2%	0.75	90.36%	0.635
95.8%	0.80	100.00%	1.270
97.0%	0.85	100.00%	1.905
97.9%	0.90		
98.6%	0.95		
99.0%	1.00		
99.3%	1.05		
99.6%	1.10		
100.0%	2.10		
Kuz-Ram		Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 329 mm olarak saptarken Split yazılımı 253.07 olarak saptamıştır.

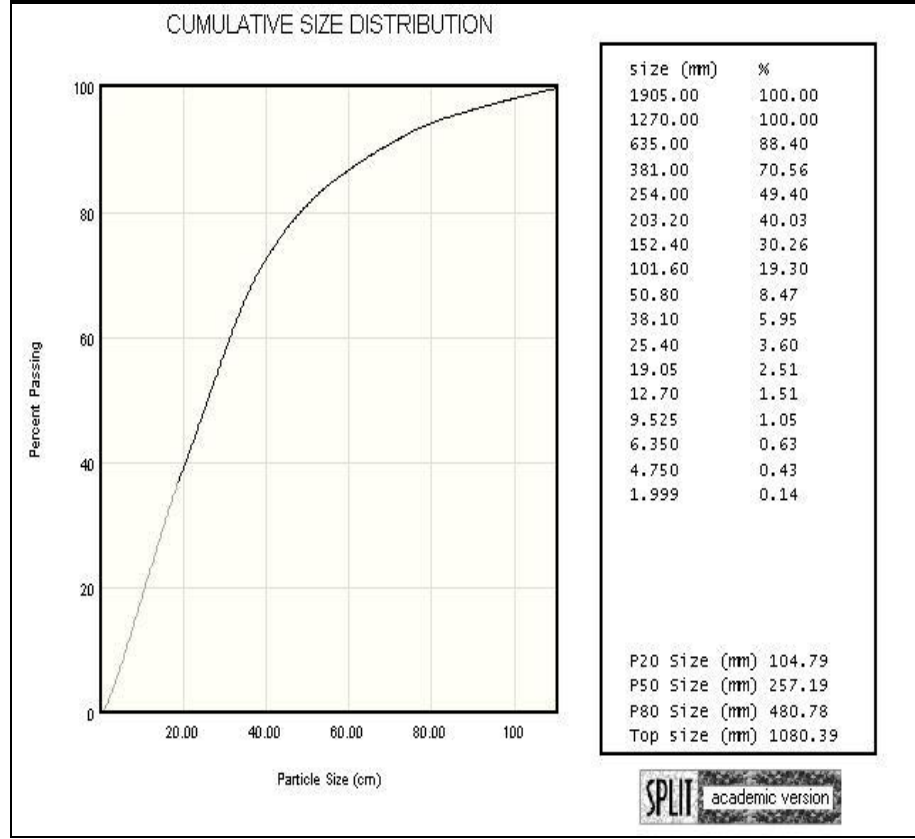
4.4.2.2. 10.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.7). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.7' deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.7. 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

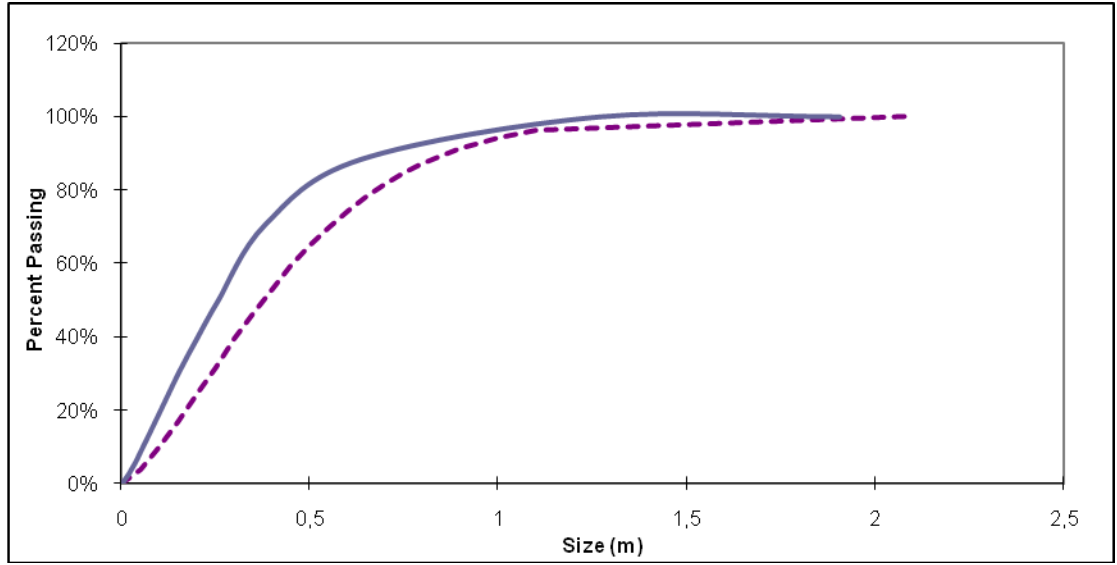
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.8' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.8. 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 104.79 mm, P50 parça boyutu 257.19 mm, P80 480.78 mm maksimum parça boyutu 1080.39 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.9. ve Tablo 4.7. elde edilmiştir.



Şekil 4.9. 10.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

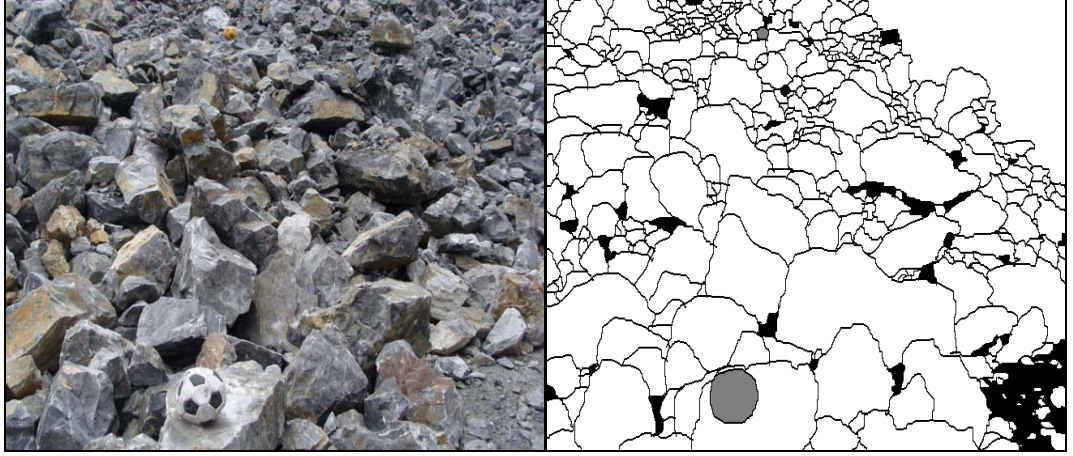
Tablo 4.7. 10.03.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0.0%	0	0.00%	0.000
3.7%	0.05	0.14%	0.001
9.7%	0.10	0.43%	0.004
16.8%	0.15	0.63%	0.006
24.2%	0.20	1.05%	0.009
31.8%	0.25	1.51%	0.012
39.2%	0.30	2.51%	0.019
46.3%	0.35	3.60%	0.025
53.0%	0.40	5.95%	0.038
59.1%	0.45	8.47%	0.050
64.7%	0.50	19.30%	0.101
69.7%	0.55	30.26%	0.152
74.1%	0.60	40.03%	0.203
78.1%	0.65	49.40%	0.254
81.5%	0.70	70.56%	0.381
84.5%	0.75	88.40%	0.635
87.1%	0.80	100.00%	1.270
89.3%	0.85	100.00%	1.905
91.2%	0.90		
92.7%	0.95		
94.1%	1.00		
95.2%	1.05		
96.1%	1.10		
100.0%	2.10		
Kuz-Ram		Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 377 mm olarak saptarken split yazılımı 257.19 mm olarak saptamıştır.

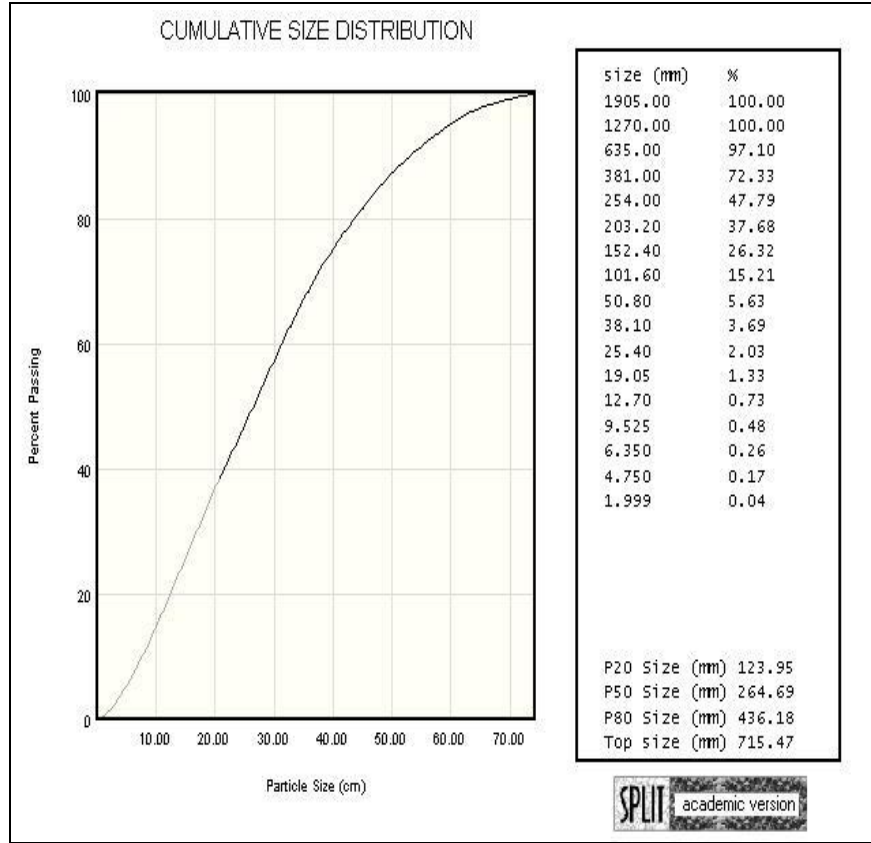
4.4.2.3. 10.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.10). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.10' daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.10. 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

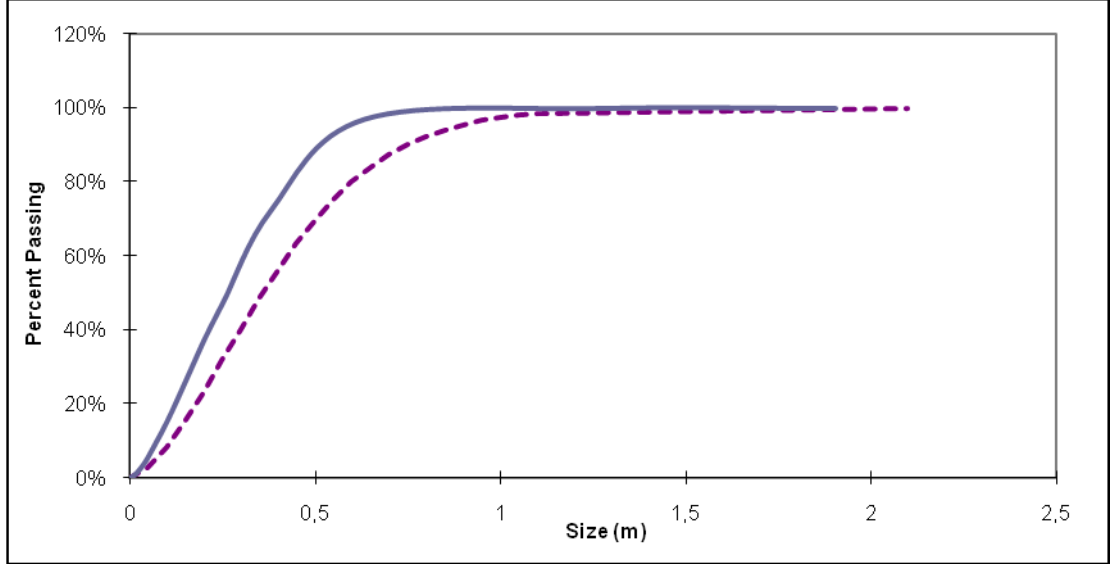
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.11' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.11. 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 123.95 mm, P50 parça boyutu 264.69 mm, P80 436.18 mm maksimum parça boyutu 715.47 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.12. ve Tablo 4.8. elde edilmiştir.



Şekil 4.12. 10.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

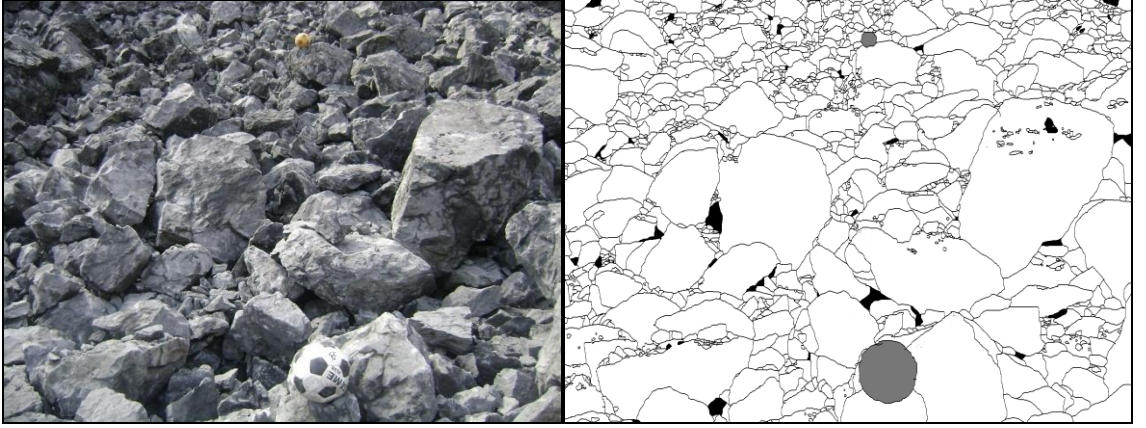
Tablo 4.8. 10.03.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- geçen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Boyut (m)	Geçen Yüzde
0.0%	0	0.000	0.00%
2.7%	0.05	0.001	0.04%
8.2%	0.10	0.004	0.17%
15.4%	0.15	0.006	0.26%
23.4%	0.20	0.009	0.48%
31.9%	0.25	0.012	0.73%
40.4%	0.30	0.019	1.33%
48.7%	0.35	0.025	2.03%
56.4%	0.40	0.038	3.69%
63.5%	0.45	0.050	5.63%
69.8%	0.50	0.101	15.21%
75.3%	0.55	0.152	26.32%
80.1%	0.60	0.203	37.68%
84.1%	0.65	0.254	47.79%
87.4%	0.70	0.381	72.33%
90.2%	0.75	0.635	97.10%
92.4%	0.80	1.270	100.00%
94.2%	0.85	1.905	100.00%
95.6%	0.90		
96.7%	0.95		
97.6%	1.00		
98.2%	1.05		
98.7%	1.10		
100.0%	2.10		
Kuz-Ram		Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 360 mm olarak saptarken split yazılımı 264.69 mm olarak saptamıştır.

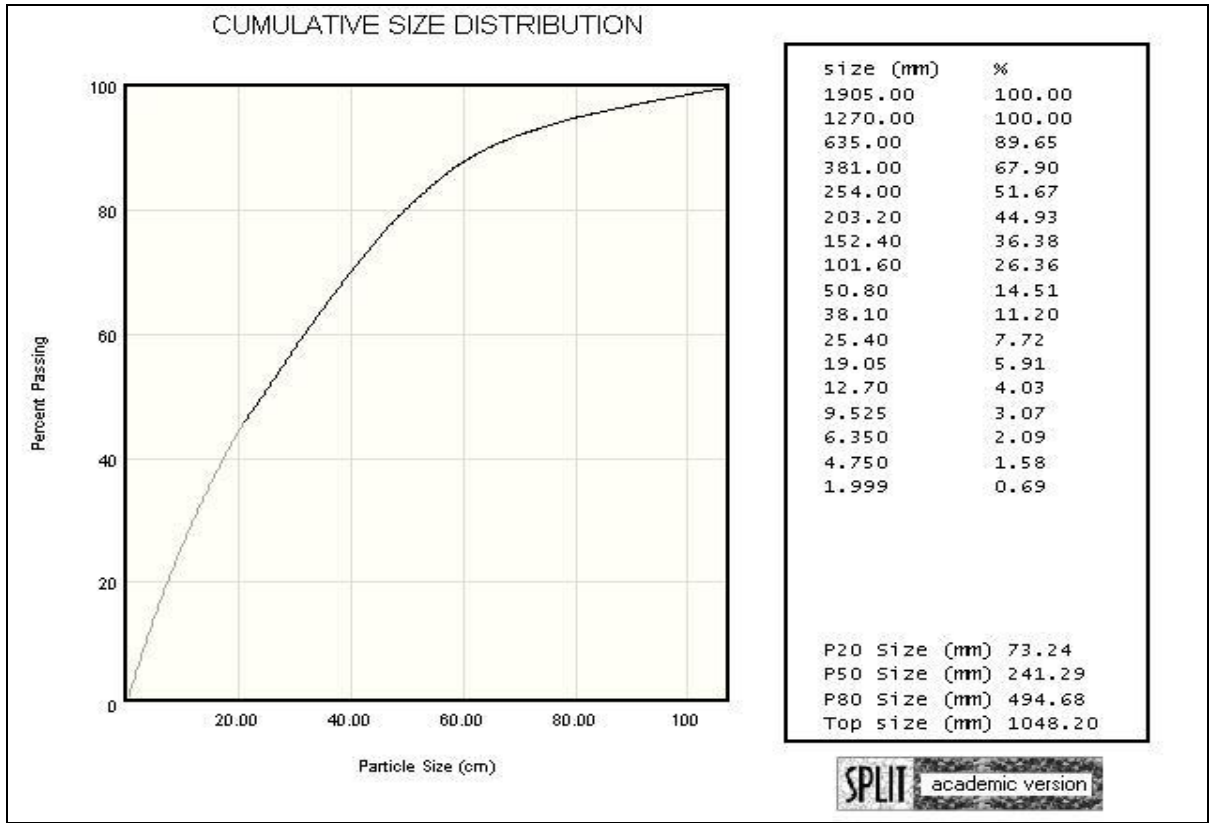
4.4.2.4. 15.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.13). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.13' deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.13. 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

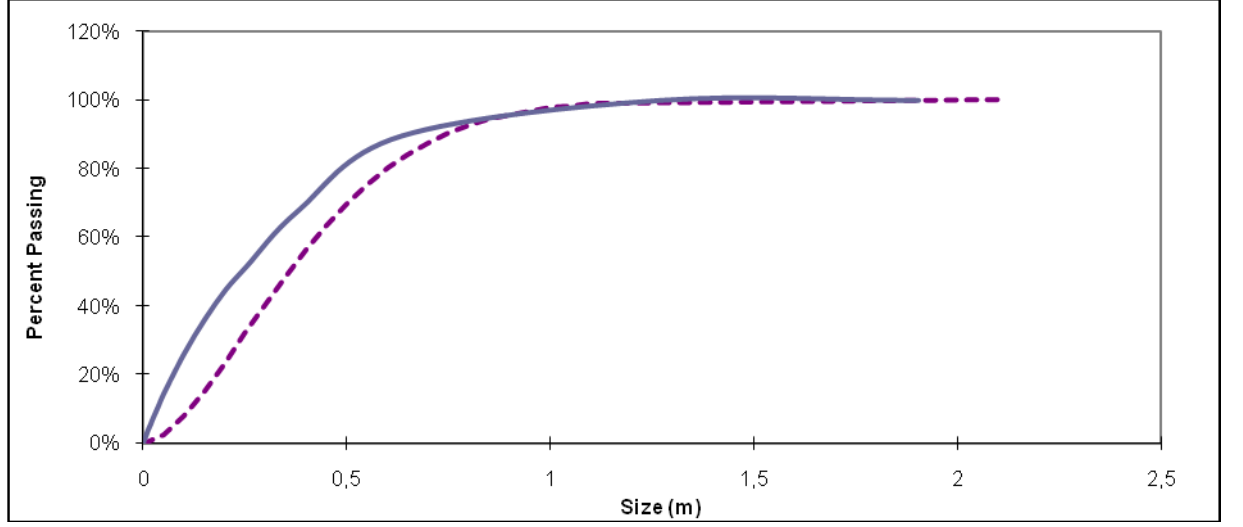
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.14' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.14. 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 73.24 mm, P50 parça boyutu 241.29 mm, P80 494.68 mm maksimum parça boyutu 1048.20 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.15. ve Tablo 4.9 elde edilmiştir.



Şekil 4.15. 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması

(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.9. 15.03.2010 tarihli 1. patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- geçen % grafiği

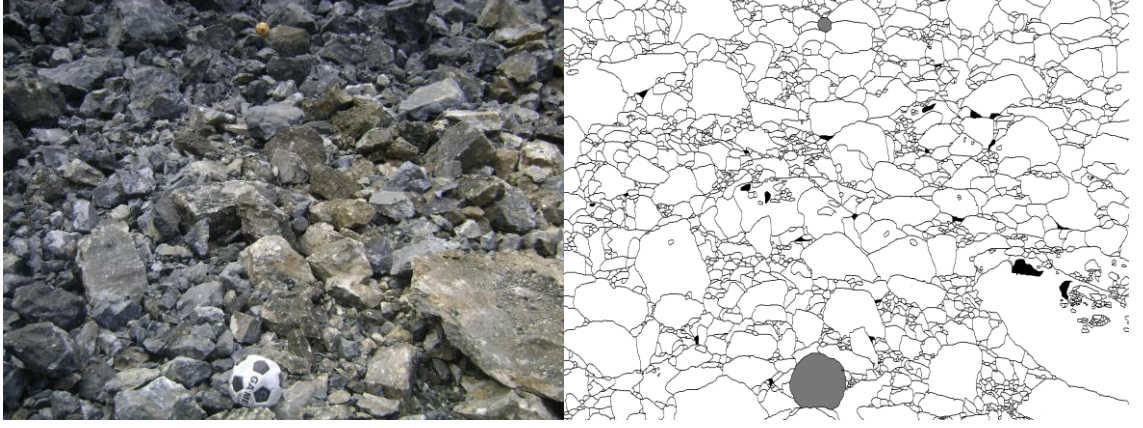
Geçen Yüzde	Boyut (m)
0.0%	0
2.7%	0.05
8.2%	0.10
15.4%	0.15
23.4%	0.20
31.9%	0.25
40.4%	0.30
48.7%	0.35
56.4%	0.40
63.5%	0.45
69.8%	0.50
75.3%	0.55
80.1%	0.60
84.1%	0.65
87.4%	0.70
90.2%	0.75
92.4%	0.80
94.2%	0.85
95.6%	0.90
96.7%	0.95
97.6%	1.00
98.2%	1.05
98.7%	1.10
100.0%	2.10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (m)
0.00%	0.000
0.69%	0.001
1.58%	0.004
2.09%	0.006
3.07%	0.009
4.03%	0.012
5.91%	0.019
7.72%	0.025
11.20%	0.038
14.51%	0.050
26.36%	0.101
36.38%	0.152
44.93%	0.203
51.67%	0.254
67.90%	0.381
89.65%	0.635
100.00%	1.270
100.00%	1.905
Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 359 mm olarak saptarken Split yazılımı 241.29 mm olarak saptamıştır.

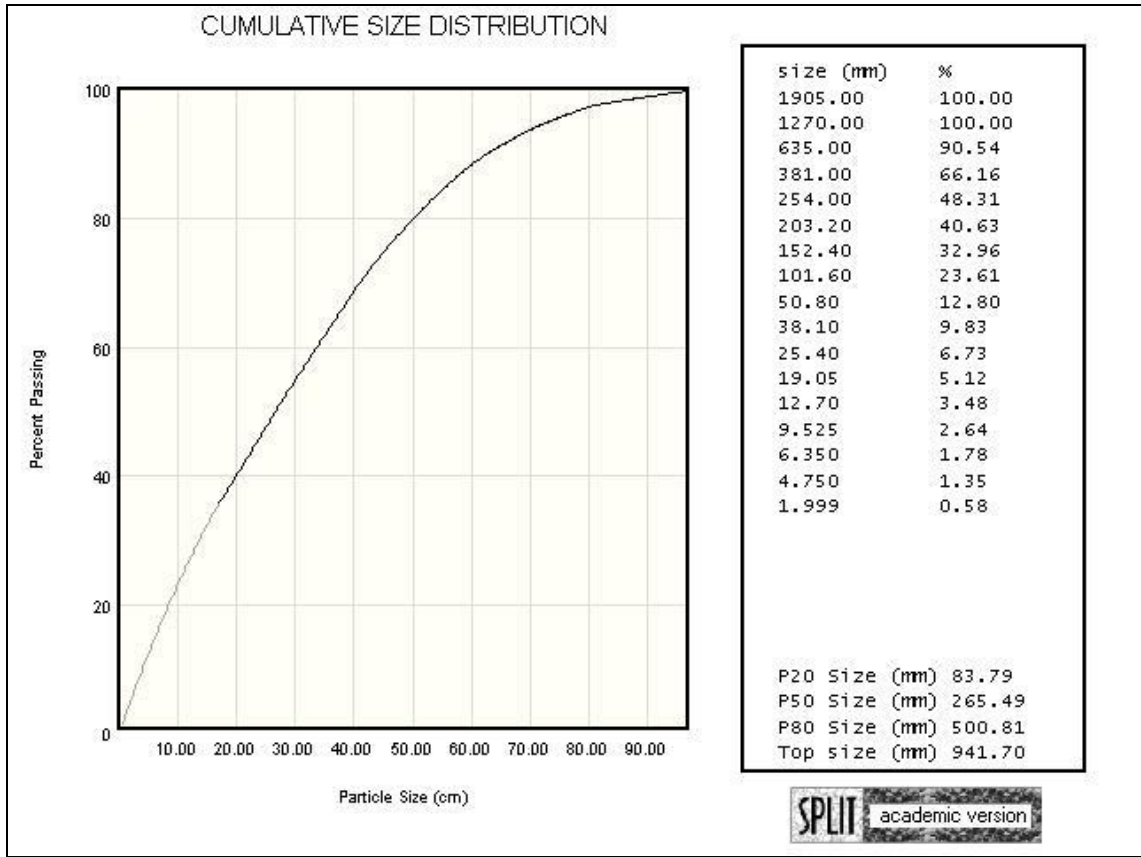
4.4.2.5. 15.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.16). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.16'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.16. 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

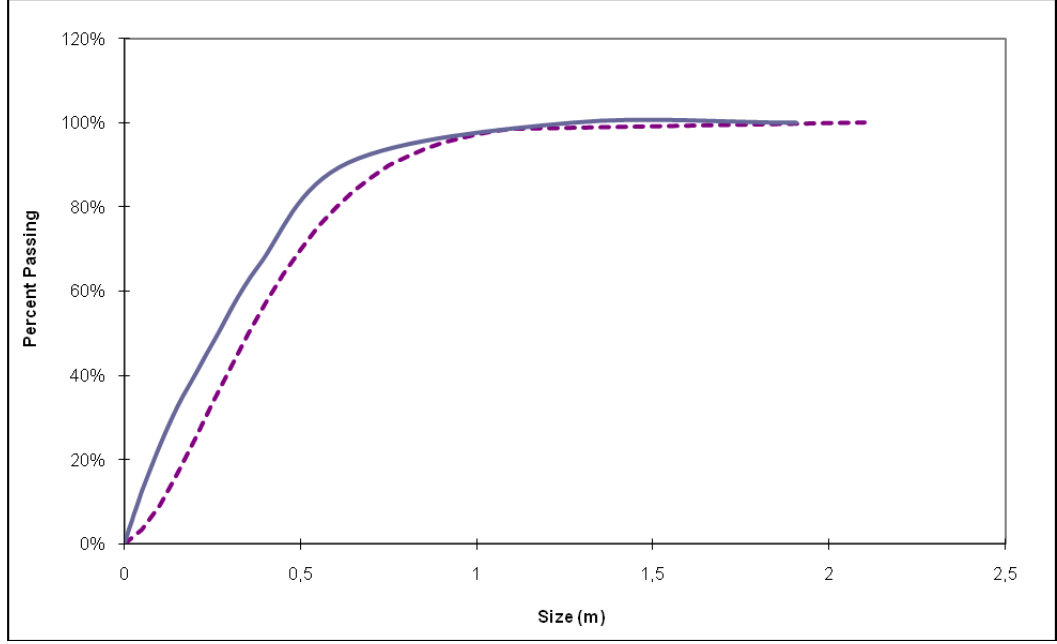
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.17' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.17. 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 83.79 mm, P50 parça boyutu 265.49 mm, P80 500.81 mm maksimum parça boyutu 941.70 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.18. ve Tablo 4.10 elde edilmiştir.



Şekil 4.18. 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.10. 15.03.2010 tarihli 2. patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

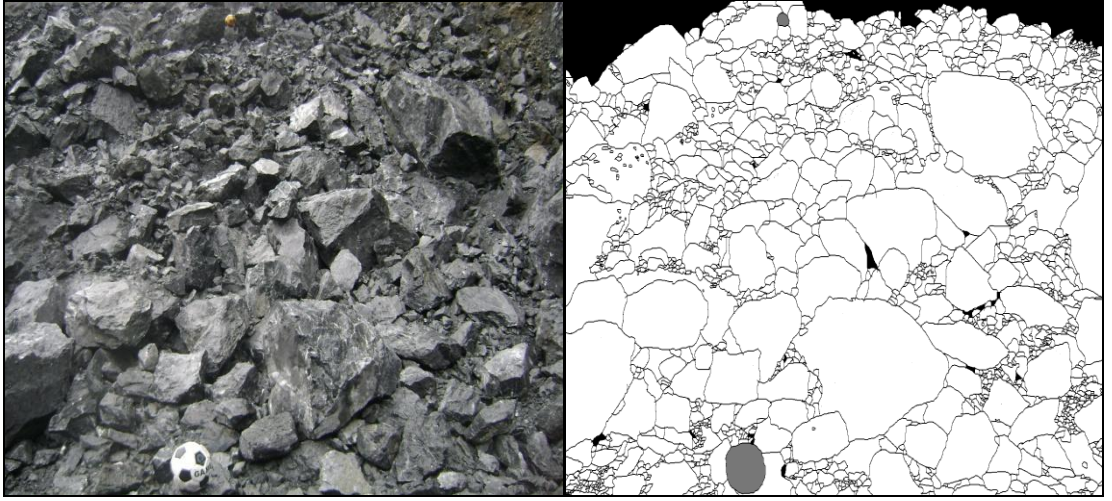
Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
3,2%	0,05
9,2%	0,10
16,6%	0,15
24,8%	0,20
33,3%	0,25
41,7%	0,30
49,7%	0,35
57,2%	0,40
63,9%	0,45
70,0%	0,50
75,3%	0,55
79,9%	0,60
83,7%	0,65
87,0%	0,70
89,7%	0,75
91,9%	0,80
93,7%	0,85
95,2%	0,90
96,3%	0,95
97,2%	1,00
97,9%	1,05
98,4%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
0,58%	0,001
1,35%	0,004
1,78%	0,006
2,64%	0,009
3,48%	0,012
5,12%	0,019
6,73%	0,025
9,83%	0,038
12,80%	0,050
23,61%	0,101
32,96%	0,152
40,63%	0,203
48,31%	0,254
66,16%	0,381
90,54%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 352 mm olarak saptarken Split yazılımı 218.07 mm olarak saptamıştır.

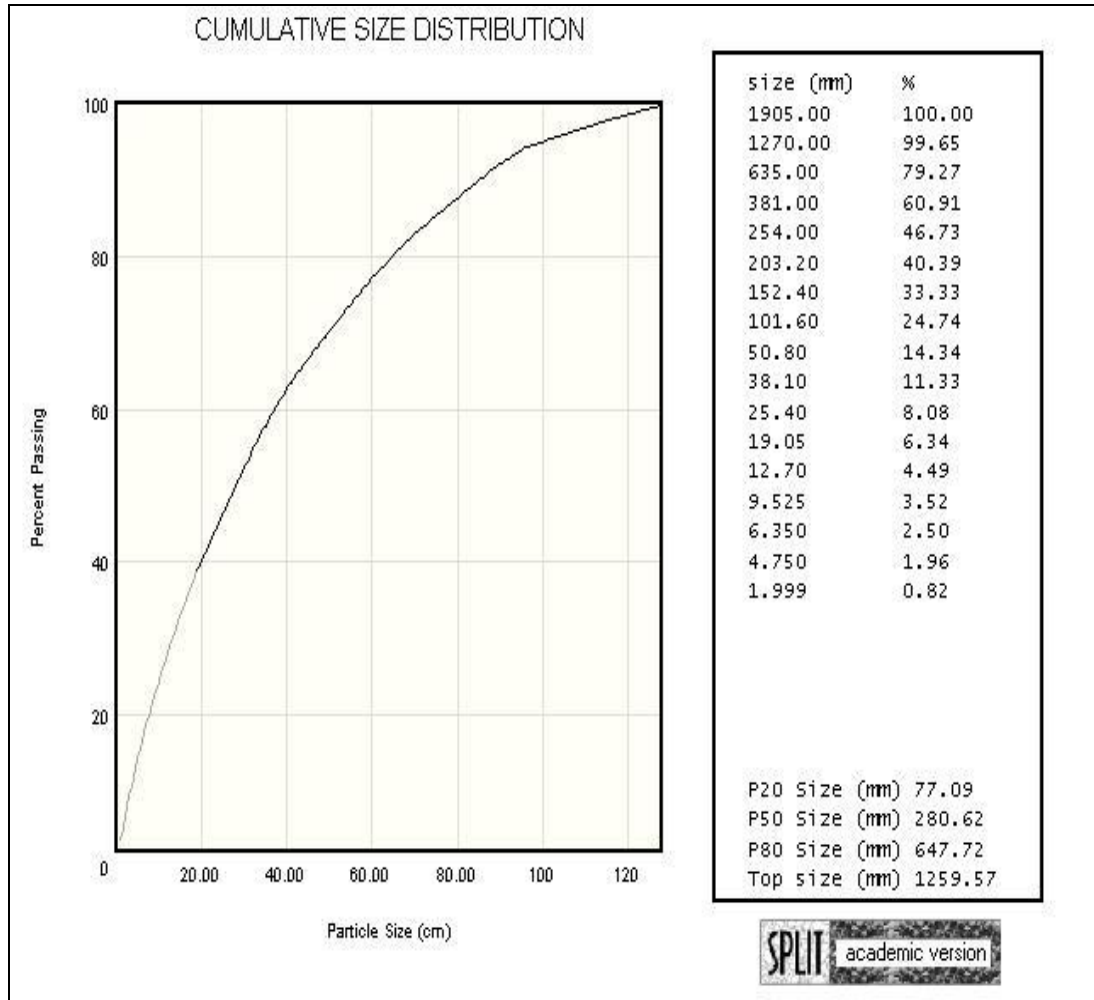
4.4.2.6. 17.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Erler Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.19). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.19' daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.19. 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

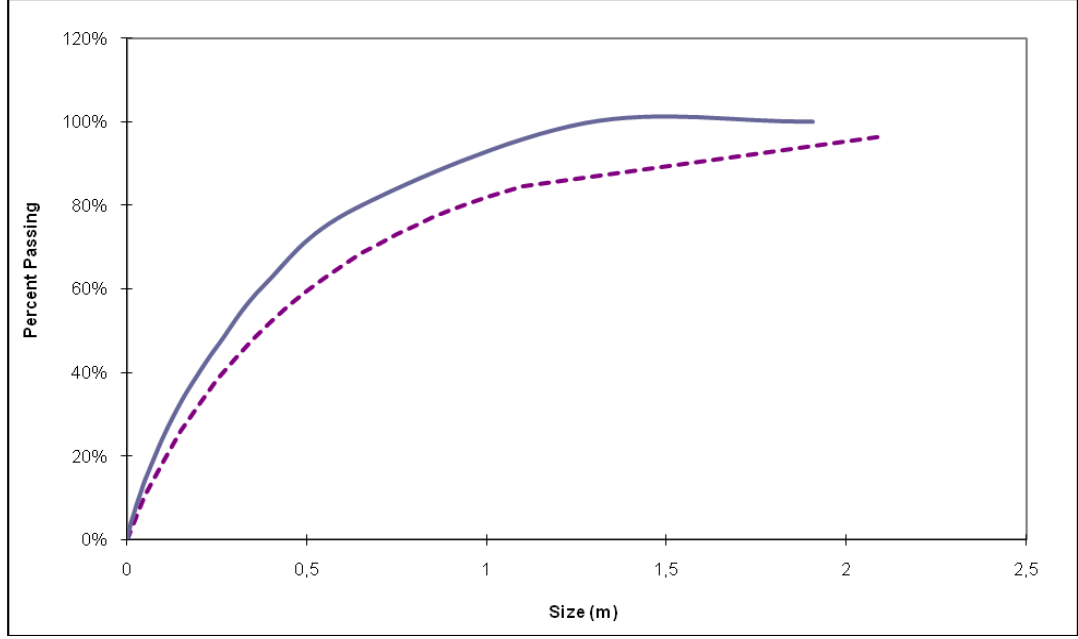
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.20' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.20. 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 77.09 mm, P50 parça boyutu 280.62 mm, P80 647.72 mm maksimum parça boyutu 1259.57 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.21. ve Tablo 4.11. elde edilmiştir.



Şekil 4.21. 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

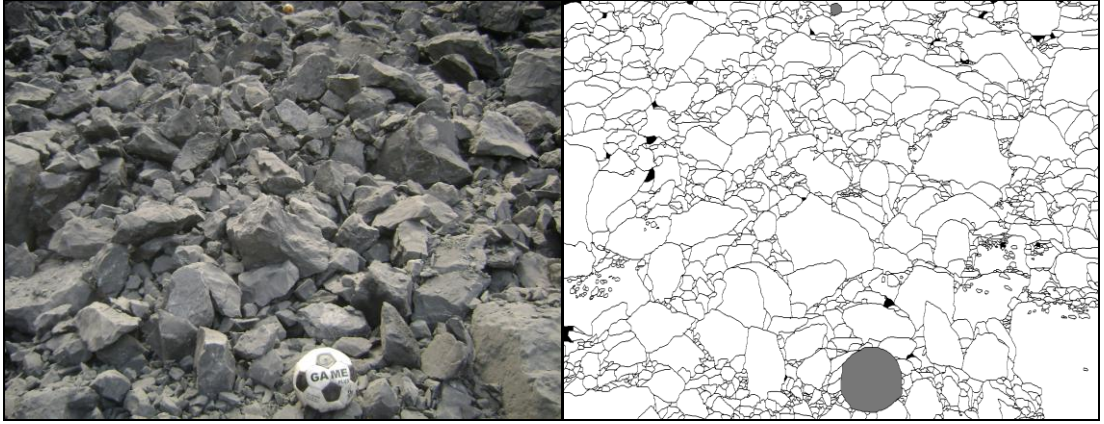
Tablo 4.11. 17.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)	Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0	0,00%	0,000
10,4%	0,05	0,82%	0,001
18,7%	0,10	1,96%	0,004
25,9%	0,15	2,50%	0,006
32,4%	0,20	3,52%	0,009
38,1%	0,25	4,49%	0,012
43,3%	0,30	6,34%	0,019
48,0%	0,35	8,08%	0,025
52,2%	0,40	11,33%	0,038
56,1%	0,45	14,34%	0,050
59,6%	0,50	24,74%	0,101
62,8%	0,55	33,33%	0,152
65,8%	0,60	40,39%	0,203
68,5%	0,65	46,73%	0,254
70,9%	0,70	60,91%	0,381
73,2%	0,75	79,27%	0,635
75,3%	0,80	99,65%	1,270
77,2%	0,85	100,00%	1,905
78,9%	0,90		
80,5%	0,95		
82,0%	1,00		
83,3%	1,05		
84,6%	1,10		
96,6%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 364 mm olarak saptarken Split yazılımı 280.62 mm olarak saptamıştır.

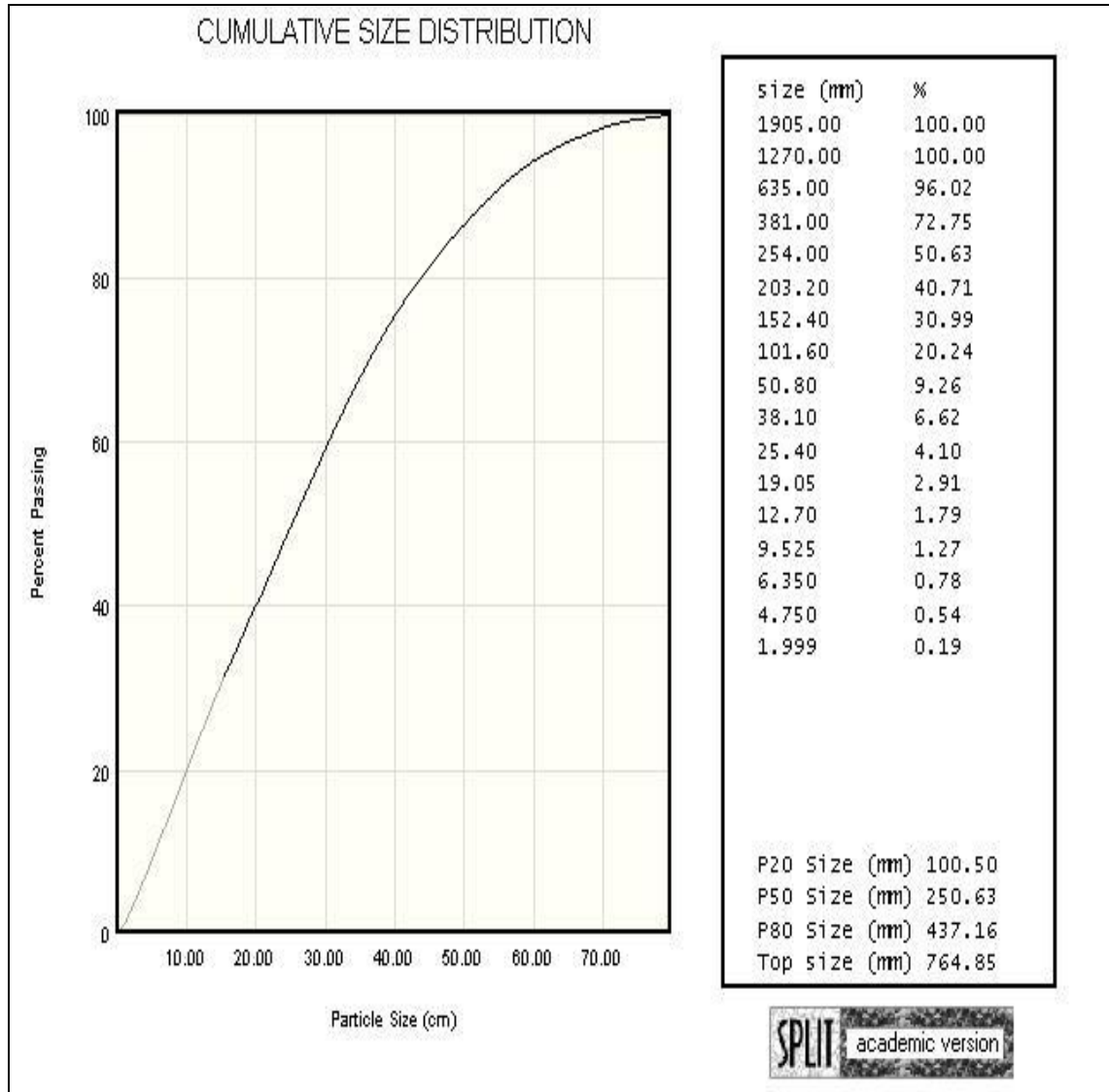
4.4.2.7. 19.03.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.22). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.22' deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.22. 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

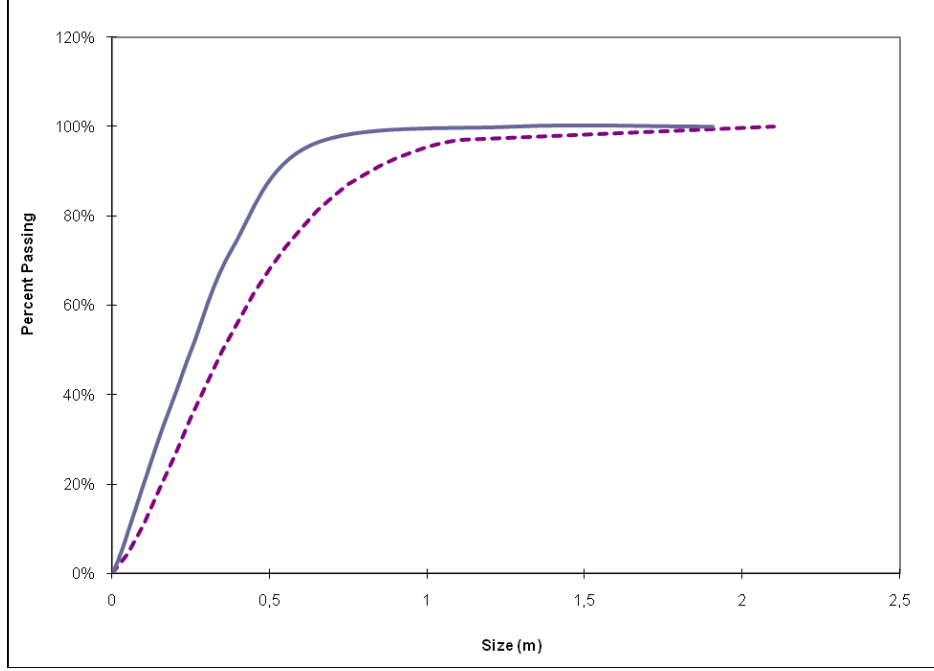
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.23' de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.23. 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 100.50 mm, P50 parça boyutu 250.63 mm, P80 437.16 mm maksimum parça boyutu 764.85 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.24. ve Tablo 4.12. elde edilmiştir.



Şekil 4.24. 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.12. 19.03.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- geçen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,000	0,00%
4,2%	0,05	0,001	0,19%
10,9%	0,10	0,004	0,54%
18,6%	0,15	0,006	0,78%
26,6%	0,20	0,009	1,27%
34,7%	0,25	0,012	1,79%
42,4%	0,30	0,019	2,91%
49,7%	0,35	0,025	4,10%
56,5%	0,40	0,038	6,62%
62,6%	0,45	0,050	9,26%
68,2%	0,50	0,101	20,24%
73,1%	0,55	0,152	30,99%
77,3%	0,60	0,203	40,71%
81,1%	0,65	0,254	50,60%
84,3%	0,70	0,381	72,75%
87,0%	0,75	0,635	96,02%
89,3%	0,80	1,270	100,00%
91,3%	0,85	1,905	100,00%
92,9%	0,90		
94,3%	0,95		
95,4%	1,00		
96,3%	1,05		
97,1%	1,10		
100,0%	2,10		
Kuz-Ram		Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 352 mm olarak saptarken Split yazılımı 250.63 mm olarak saptamıştır.

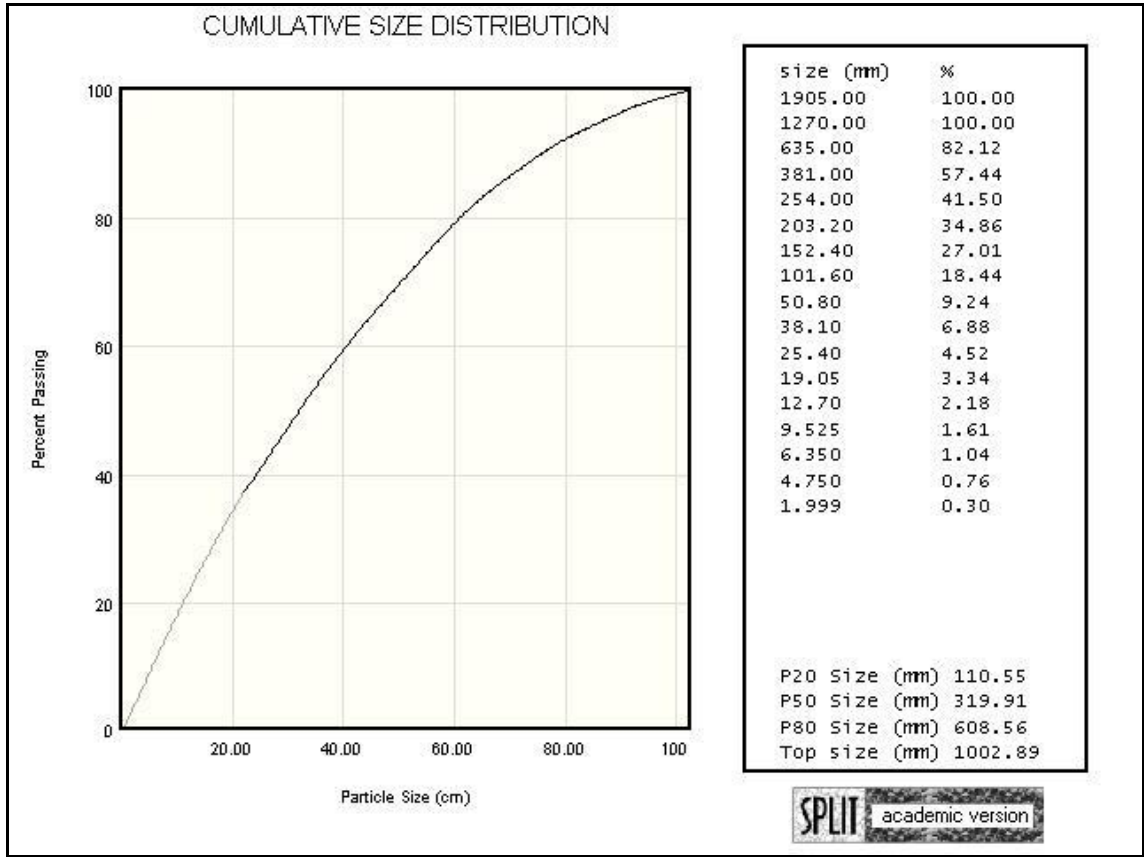
4.4.2.8. 12.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen 1. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.25). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.25' deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.25. 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri

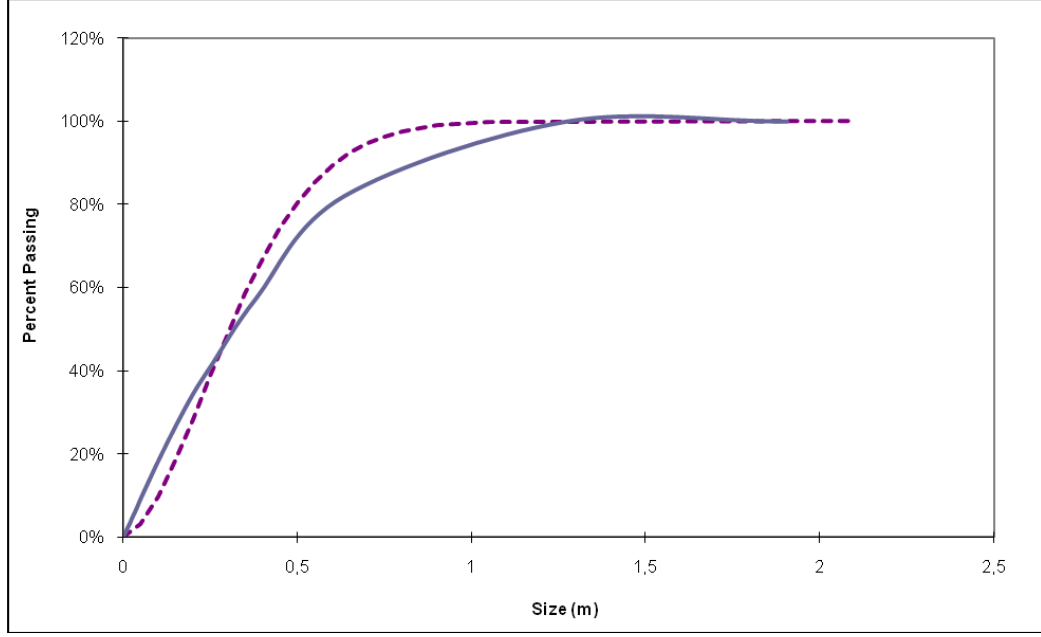
Elde edilen görüntülerden Şekil 4.26' da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.26. 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 110.55 mm, P50 parça boyutu 319.91 mm, P80 608.56 mm maksimum parça boyutu 1002.89 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.27. ve Tablo 4.13. elde edilmiştir.



Şekil 4.27. 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.13. 12.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
3,0%	0,05
9,5%	0,10
18,3%	0,15
28,3%	0,20
38,8%	0,25
48,9%	0,30
58,4%	0,35
66,9%	0,40
74,2%	0,45
80,4%	0,50
85,3%	0,55
89,3%	0,60
92,3%	0,65
94,6%	0,70
96,3%	0,75
97,5%	0,80
98,3%	0,85
98,9%	0,90
99,3%	0,95
99,6%	1,00
99,7%	1,05
99,8%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
0,30%	0,001
0,76%	0,004
1,04%	0,006
1,61%	0,009
2,18%	0,012
3,34%	0,019
4,52%	0,025
6,88%	0,038
9,24%	0,050
18,44%	0,101
27,01%	0,152
34,86%	0,203
41,50%	0,254
57,44%	0,381
82,12%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

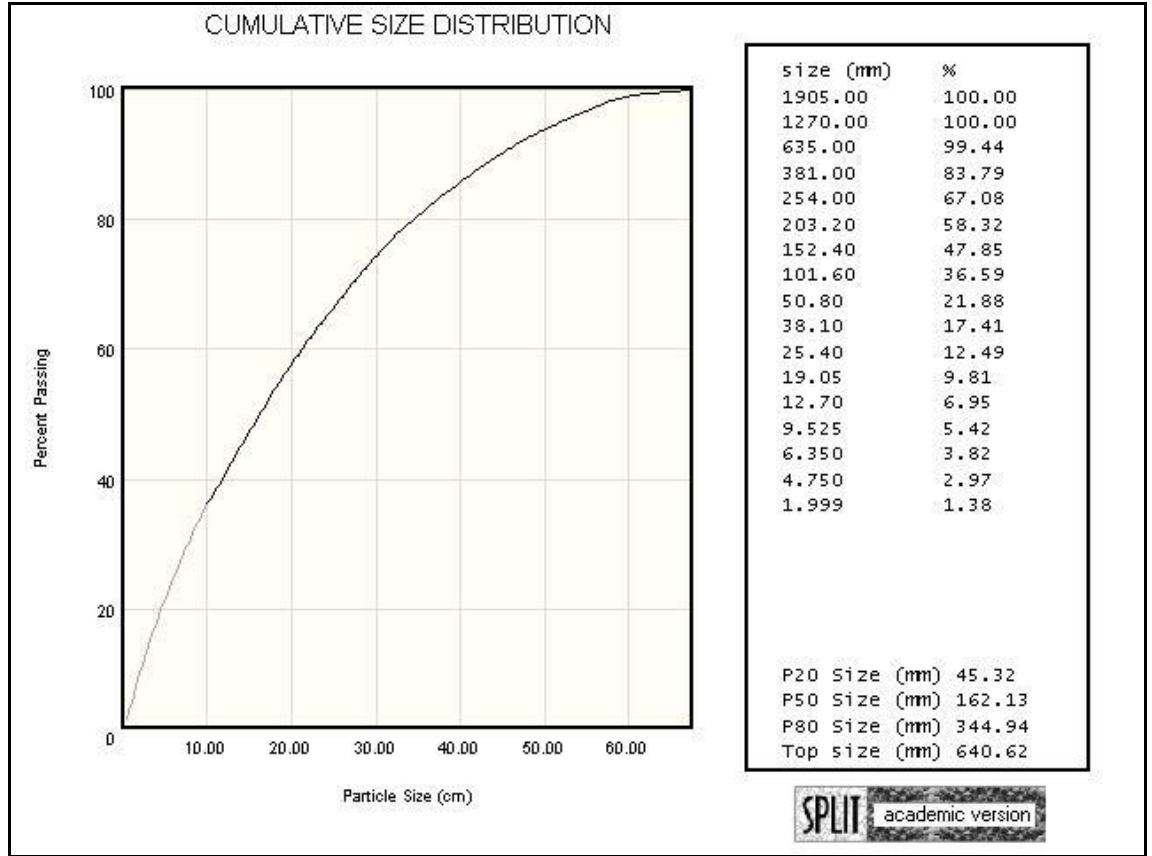
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 310 mm olarak saptarken Split yazılımı 319.91 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.9. 12.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2. Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.28). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.28' deki görüntü elde edilmiştir.



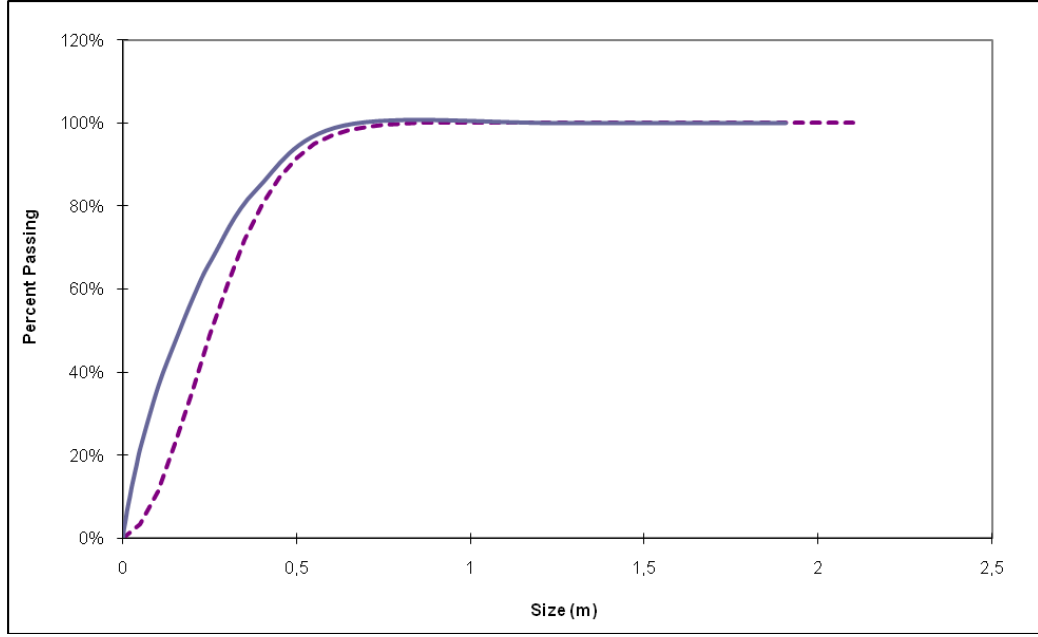
Şekil 4.28. 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.29. 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 45.32 mm, P50 parça boyutu 162.13 mm, P80 344.94 mm maksimum parça boyutu 640.62 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.30. ve Tablo 4.14. elde edilmiştir.



Şekil 4.30. 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.14. 12.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
3,2%	0,05
11,3%	0,10
22,6%	0,15
35,7%	0,20
48,9%	0,25
61,2%	0,30
71,7%	0,35
80,3%	0,40
86,8%	0,45
91,6%	0,50
94,8%	0,55
96,9%	0,60
98,3%	0,65
99,1%	0,70
99,5%	0,75
99,7%	0,80
99,9%	0,85
99,9%	0,90
100,0%	0,95
100,0%	1,00
100,0%	1,05
100,0%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
1,38%	0,001
2,97%	0,004
3,82%	0,006
5,42%	0,009
6,95%	0,012
9,81%	0,019
12,49%	0,025
17,41%	0,038
21,88%	0,050
36,59%	0,101
47,85%	0,152
58,32%	0,203
67,08%	0,254
83,79%	0,381
99,44%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

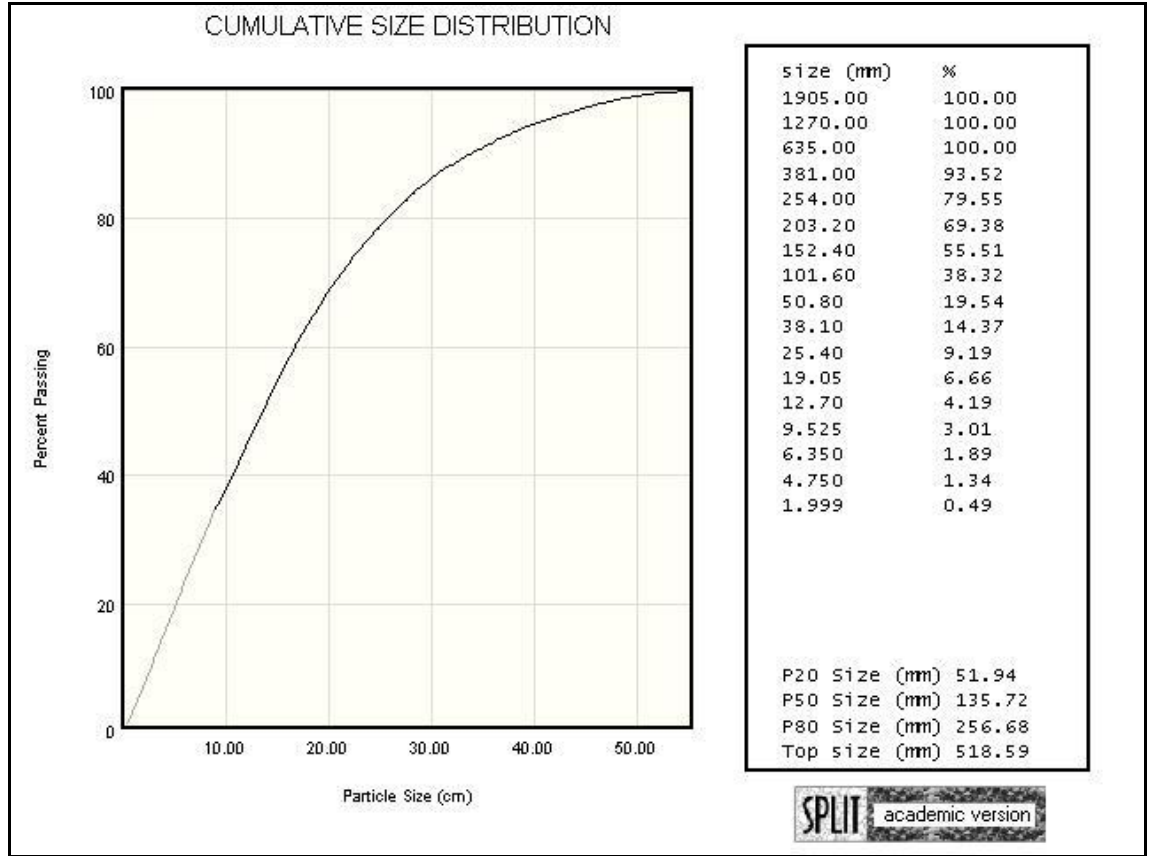
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 256 mm olarak saptarken Split yazılımı 162.13 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.10. 13.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.31). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.31' deki görüntü elde edilmiştir.



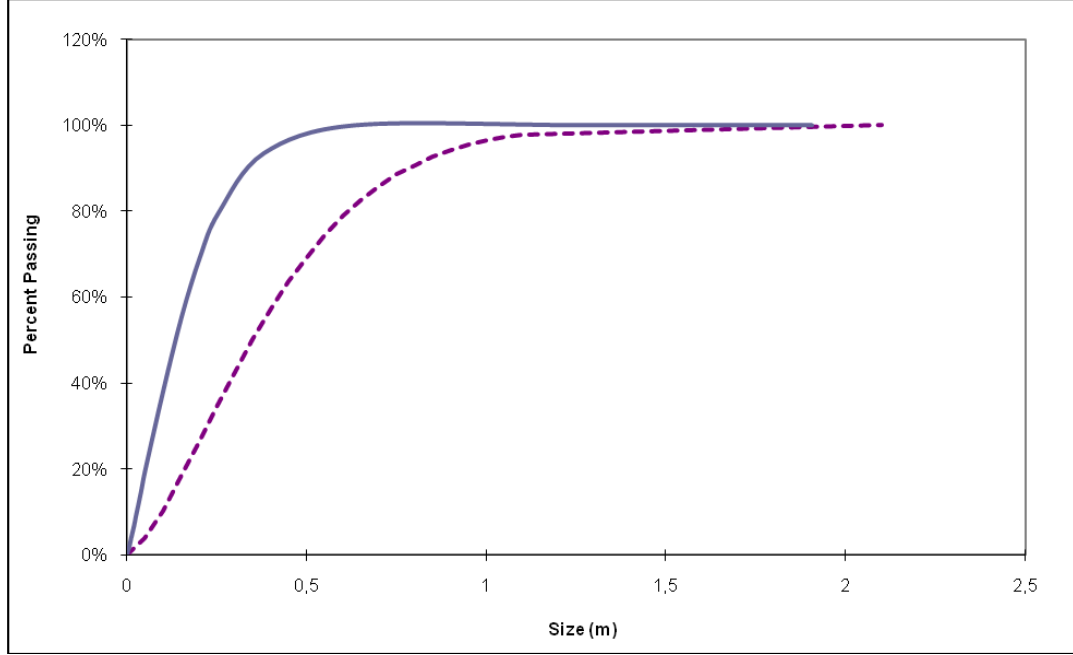
Şekil 4.31. 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.32. 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 51.94 mm, P50 parça boyutu 135.72 mm, P80 256.68 mm maksimum parça boyutu 518.59 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.33. ve Tablo 4.15. elde edilmiştir.



Şekil 4.33. 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.15. 13.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

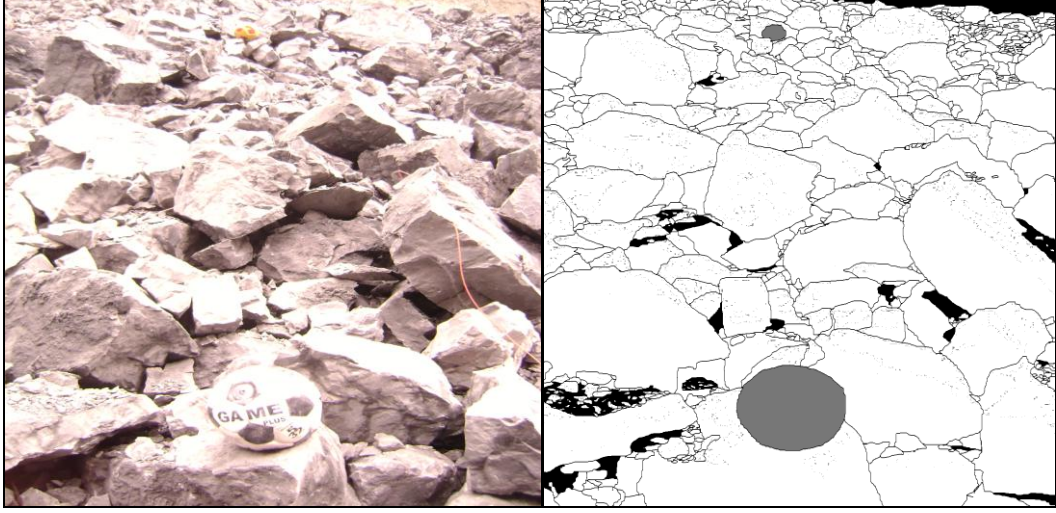
Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
3,8%	0,05
10,3%	0,10
18,0%	0,15
26,2%	0,20
34,5%	0,25
42,5%	0,30
50,2%	0,35
57,2%	0,40
63,6%	0,45
69,3%	0,50
74,4%	0,55
78,8%	0,60
82,5%	0,65
85,7%	0,70
88,4%	0,75
90,7%	0,80
92,6%	0,85
94,1%	0,90
95,3%	0,95
96,3%	1,00
97,1%	1,05
97,8%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
0,49%	0,001
1,34%	0,004
1,89%	0,006
3,01%	0,009
4,19%	0,012
6,66%	0,019
9,19%	0,025
14,37%	0,038
19,54%	0,050
38,32%	0,101
55,51%	0,152
69,38%	0,203
79,55%	0,254
93,52%	0,381
100,00%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

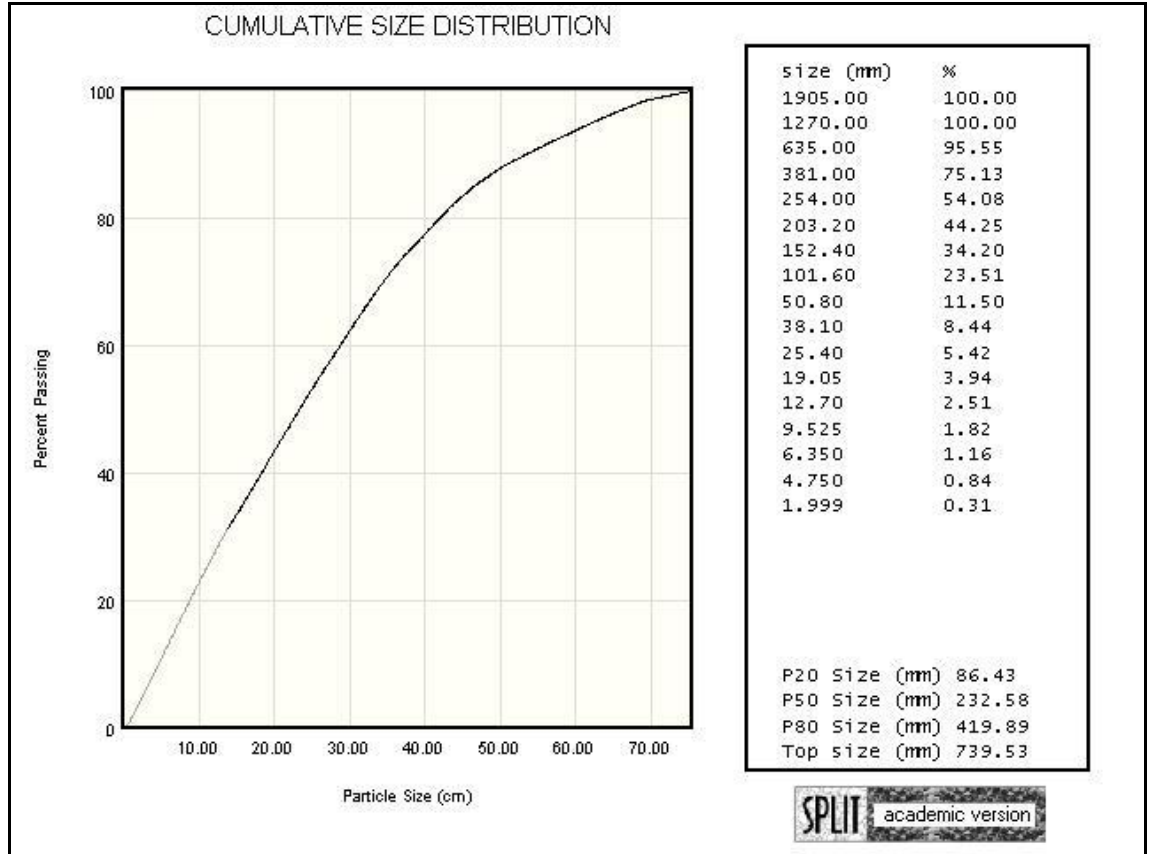
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 349 mm olarak saptarken Split yazılımı 135.72 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.11. 14.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toparlar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.34). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.34' deki görüntü elde edilmiştir.



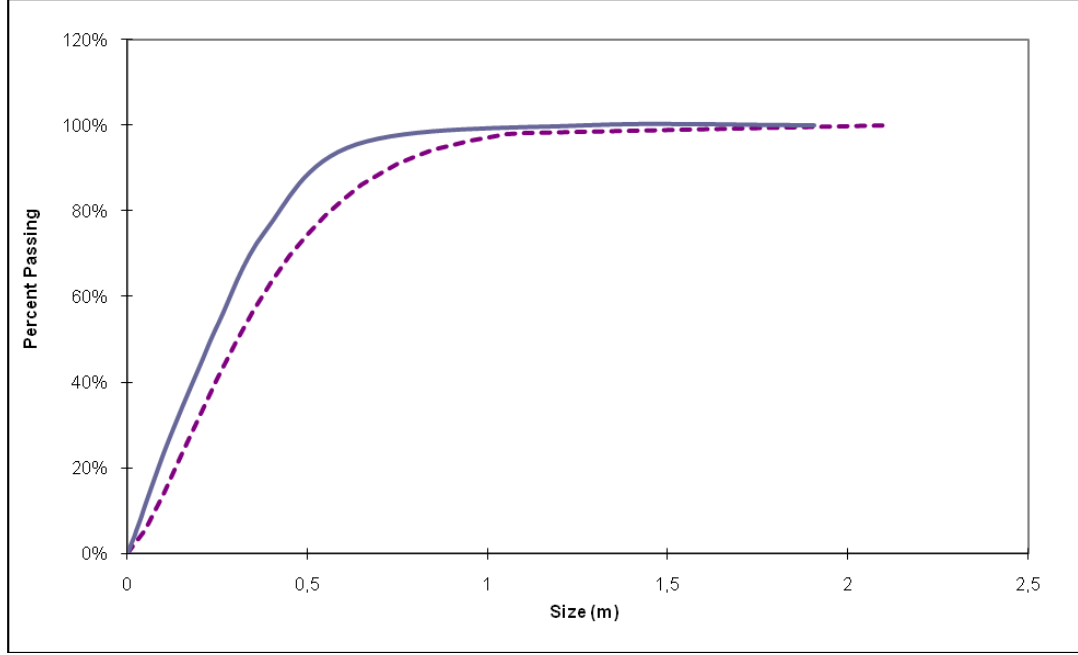
Şekil 4.34. 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.35. 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 86.43 mm, P50 parça boyutu 232.58 mm, P80 419.89 mm maksimum parça boyutu 739.53 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.36. ve Tablo 4.16. elde edilmiştir.



Şekil 4.36. 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

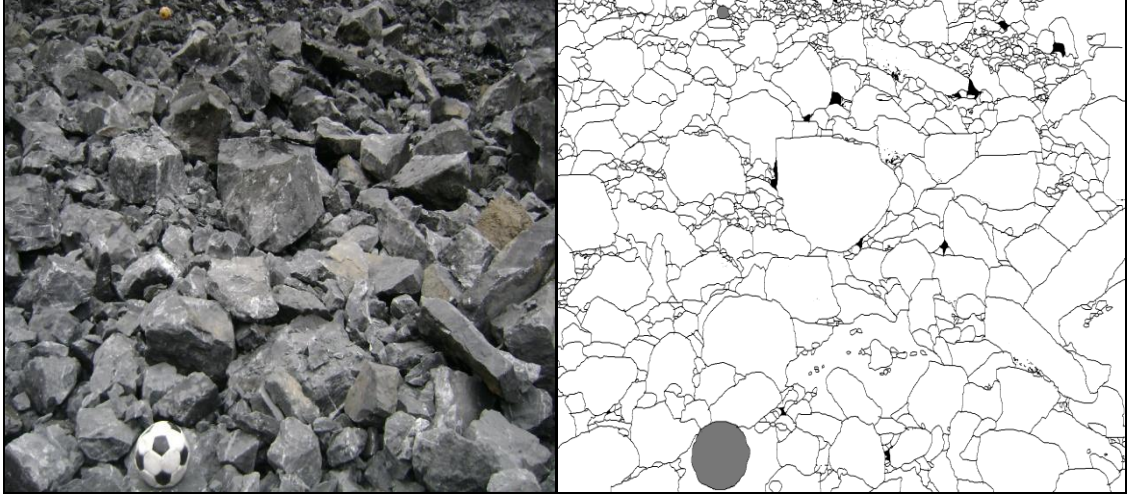
Tablo 4.16. 14.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,00%	0,000
5,5%	0,05	0,31%	0,001
13,7%	0,10	0,84%	0,004
22,8%	0,15	1,16%	0,006
32,0%	0,20	1,82%	0,009
40,9%	0,25	2,51%	0,012
49,2%	0,30	3,94%	0,019
56,7%	0,35	5,42%	0,025
63,5%	0,40	8,44%	0,038
69,4%	0,45	11,50%	0,050
74,6%	0,50	23,51%	0,101
79,1%	0,55	34,20%	0,152
82,9%	0,60	44,25%	0,203
86,1%	0,65	54,08%	0,254
88,8%	0,70	75,13%	0,381
91,0%	0,75	95,55%	0,635
92,8%	0,80	100,00%	1,270
94,3%	0,85	100,00%	1,905
95,5%	0,90		
96,4%	0,95		
97,2%	1,00		
97,8%	1,05		
98,3%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

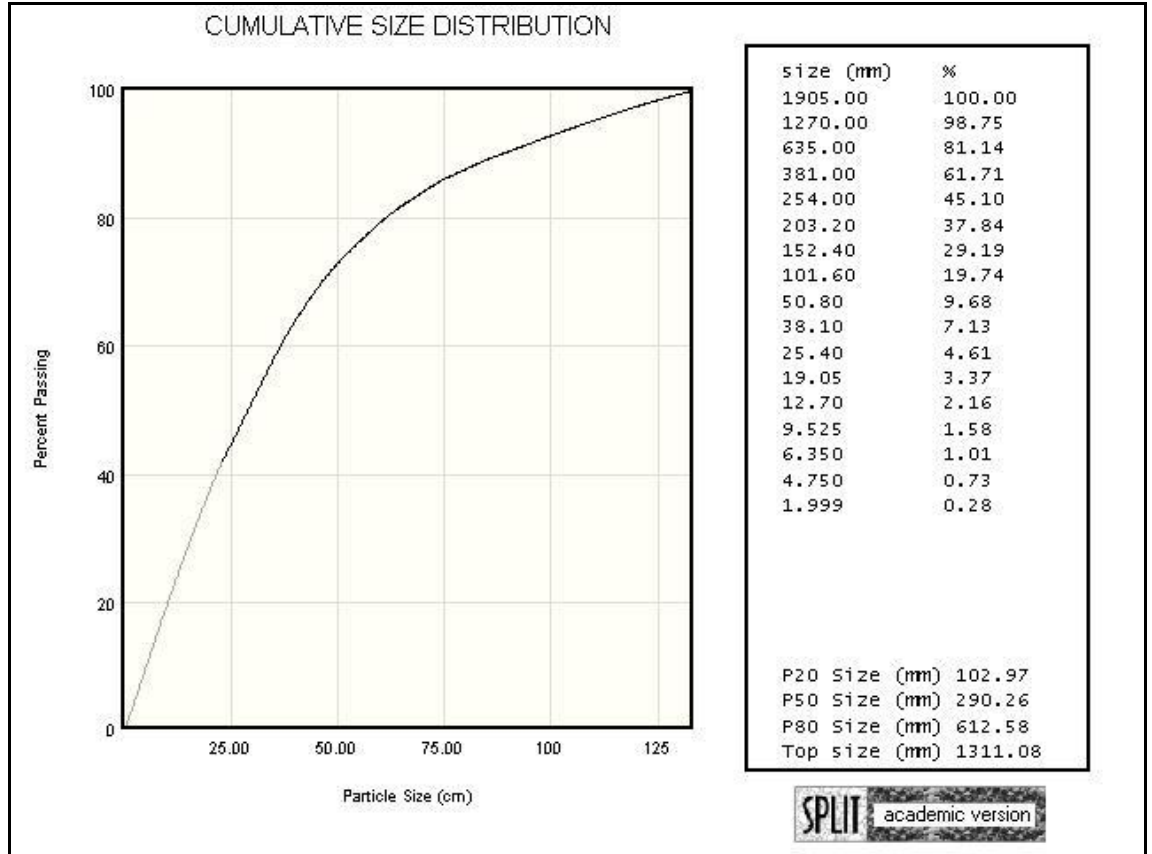
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 305 mm olarak saptarken Split yazılımı 232.58 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.12. 14.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.37). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.37' deki görüntü elde edilmiştir.



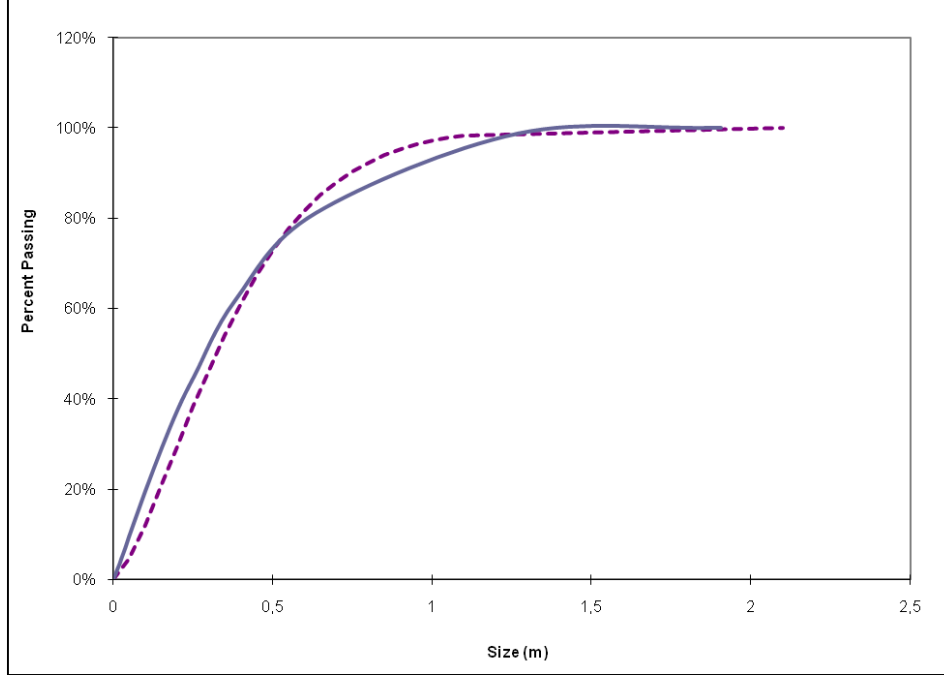
Şekil 4.37. 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.38. 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 102.97 mm, P50 parça boyutu 290.26 mm, P80 612.58 mm maksimum parça boyutu 1311.08 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.39. ve Tablo 4.17. elde edilmiştir.



Şekil 4.39. 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

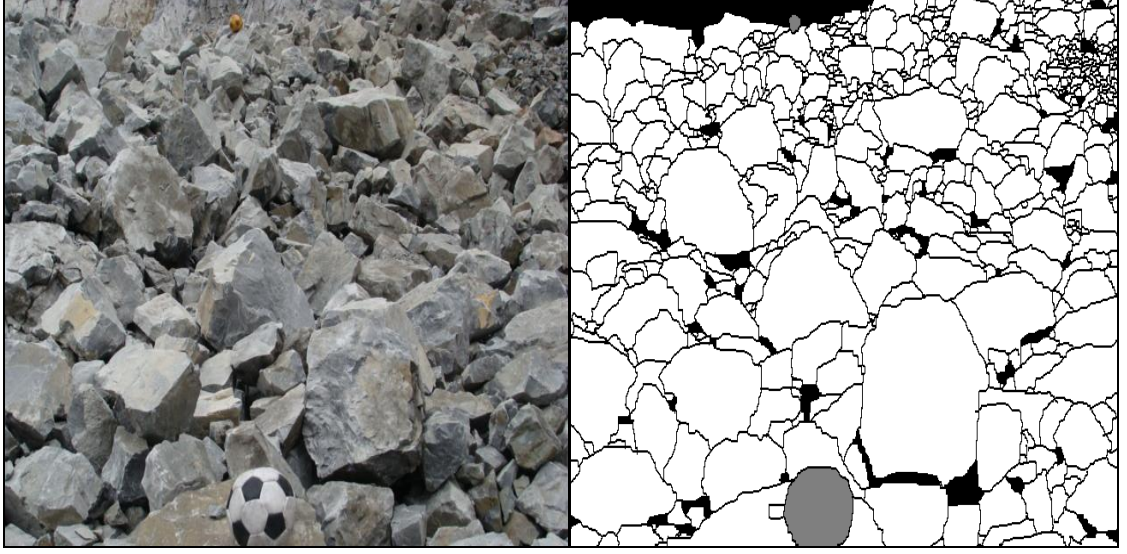
Tablo 4.17. 14.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,00%	0,000
4,6%	0,05	0,28%	0,001
12,0%	0,10	0,73%	0,004
20,5%	0,15	1,01%	0,006
29,4%	0,20	1,58%	0,009
38,1%	0,25	2,16%	0,012
46,4%	0,30	3,37%	0,019
54,1%	0,35	4,61%	0,025
61,1%	0,40	7,13%	0,038
67,4%	0,45	9,68%	0,050
72,9%	0,50	19,74%	0,101
77,6%	0,55	29,19%	0,152
81,7%	0,60	37,84%	0,203
85,1%	0,65	45,10%	0,254
88,0%	0,70	61,71%	0,381
90,4%	0,75	81,14%	0,635
92,3%	0,80	98,75%	1,270
93,9%	0,85	100,00%	1,905
95,2%	0,90		
96,3%	0,95		
97,1%	1,00		
97,8%	1,05		
98,3%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

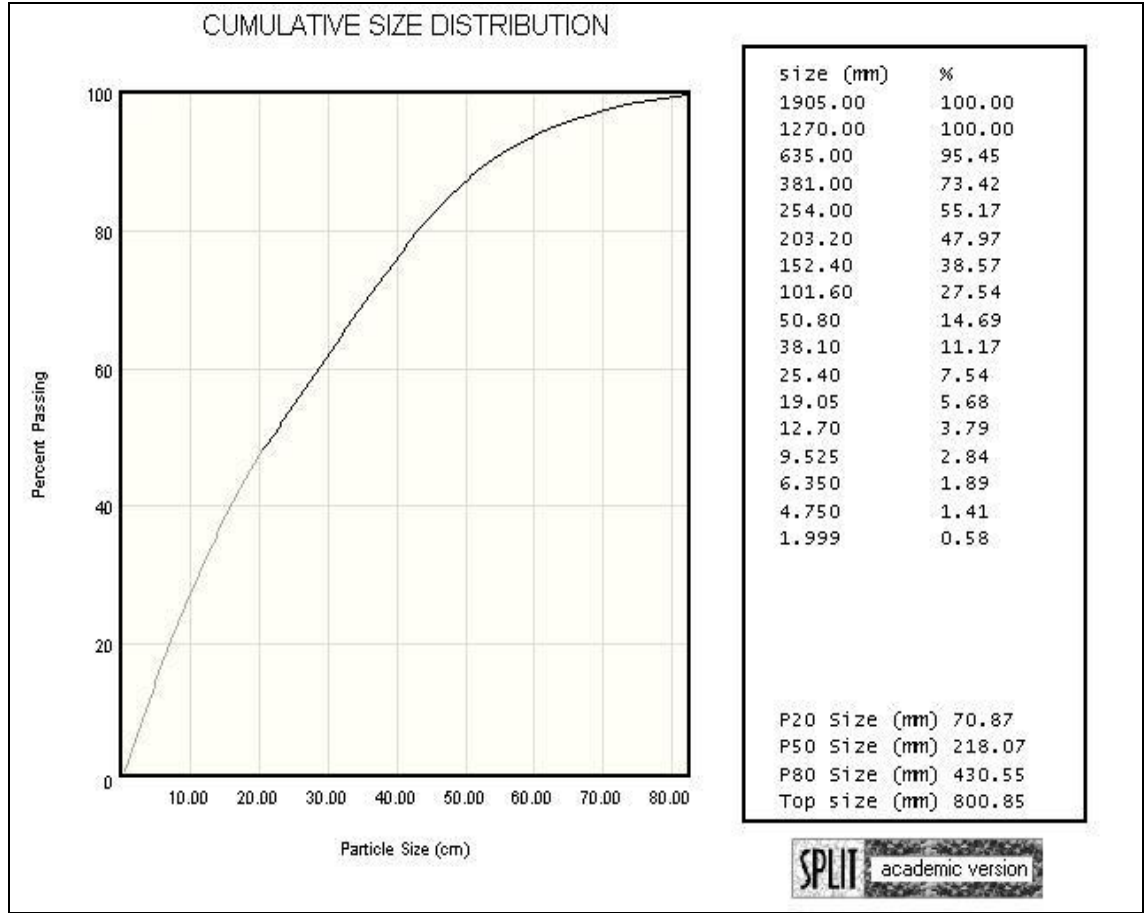
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 323 mm olarak saptarken Split yazılımı 290.26 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.13. 15.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (şekil 4.40). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek şekil 4.40' taki görüntü elde edilmiştir.



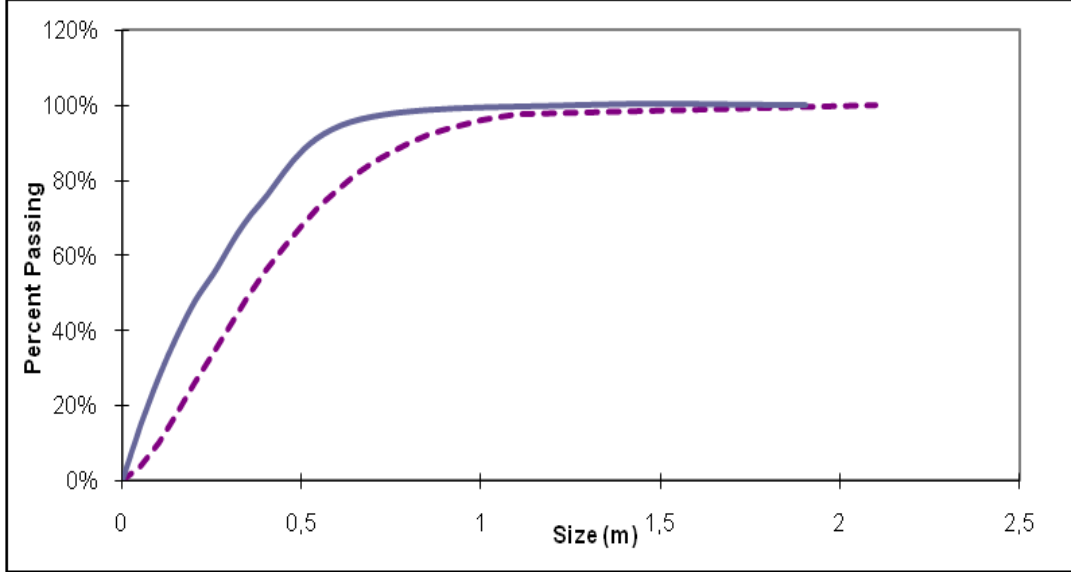
şekil 4.40. 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.41. 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 70.87 mm, P50 parça boyutu 218.07 mm, P80 430.55 mm maksimum parça boyutu 800.85 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.42. ve Tablo 4.18. elde edilmiştir.



Şekil 4.42. 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

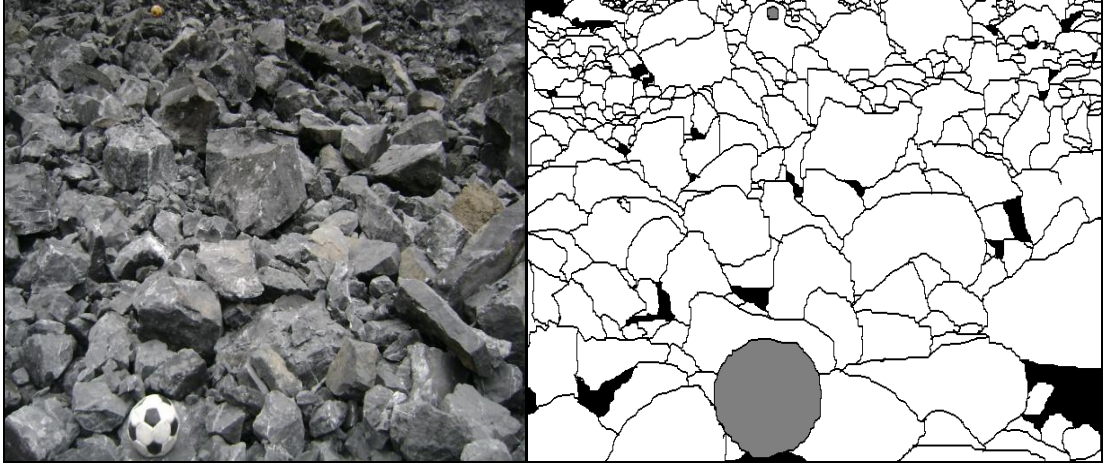
Tablo 4.18. 15.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)	Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0	0,00%	0,000
3,7%	0,05	0,58%	0,001
10,1%	0,10	1,41%	0,004
17,6%	0,15	1,89%	0,006
25,6%	0,20	2,84%	0,009
33,7%	0,25	3,79%	0,012
41,6%	0,30	5,68%	0,019
49,1%	0,35	7,54%	0,025
56,0%	0,40	11,17%	0,038
62,4%	0,45	14,69%	0,050
68,1%	0,50	27,54%	0,101
73,1%	0,55	38,57%	0,152
77,6%	0,60	47,97%	0,203
81,4%	0,65	55,17%	0,254
84,7%	0,70	73,42%	0,381
87,5%	0,75	95,45%	0,635
89,8%	0,80	100,00%	1,270
91,8%	0,85	100,00%	1,905
93,4%	0,90		
94,7%	0,95		
95,8%	1,00		
96,7%	1,05		
97,4%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

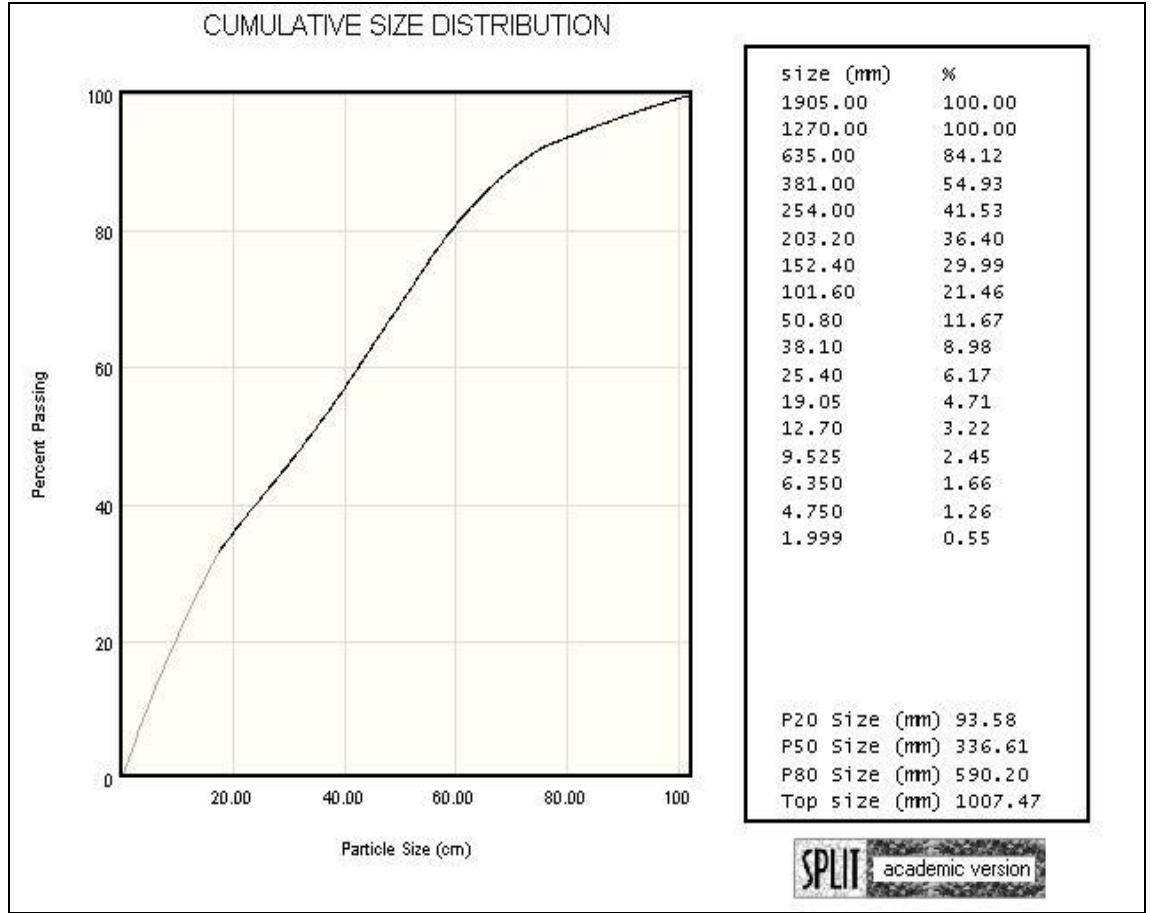
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 356 mm olarak saptarken Split yazılımı 218.07 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.14. 15.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.43). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.43' deki görüntü elde edilmiştir.



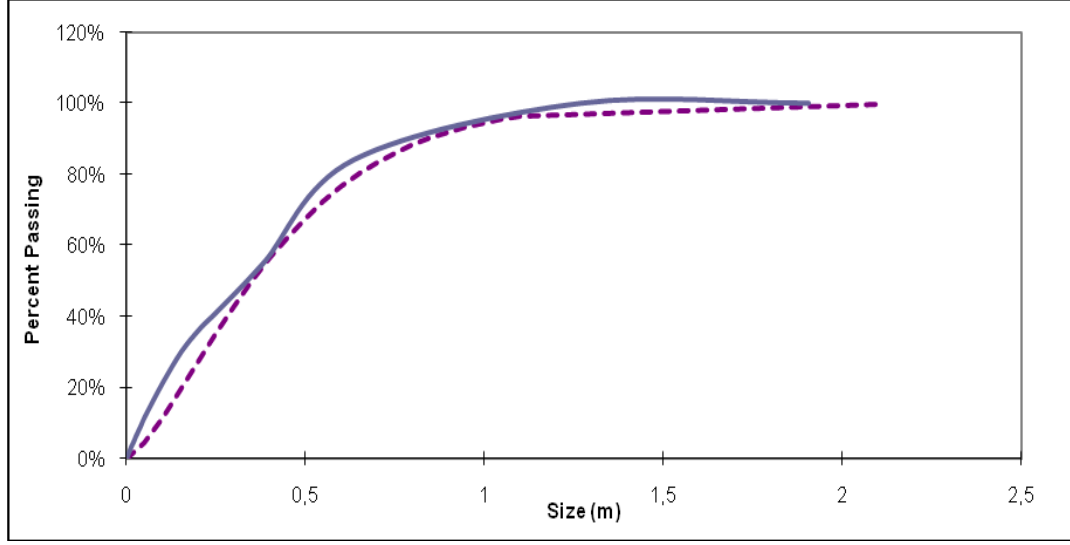
Şekil 4.43. 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.44. 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 93.58 mm, P50 parça boyutu 336.61 mm, P80 590.20 mm maksimum parça boyutu 1007.47 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.45. ve Tablo 4.19. elde edilmiştir.



Şekil 4.45. 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

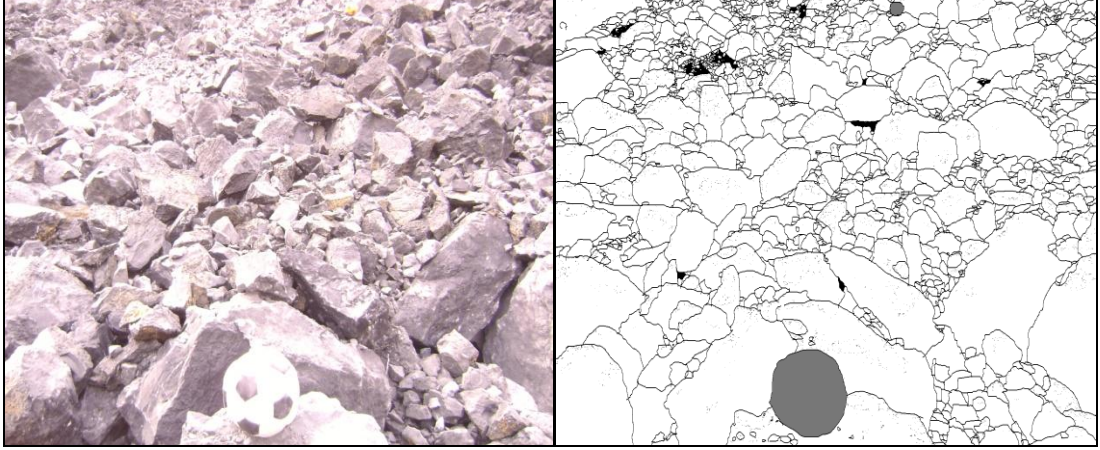
Tablo 4.19. 15.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)	Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0	0,53%	0,002
4,6%	0,05	1,26%	0,004
11,6%	0,10	1,66%	0,006
19,4%	0,15	2,45%	0,009
27,4%	0,20	3,22%	0,012
35,4%	0,25	4,71%	0,019
43,0%	0,30	6,17%	0,025
50,1%	0,35	8,98%	0,038
56,6%	0,40	11,67%	0,050
62,6%	0,45	21,46%	0,101
67,9%	0,50	29,99%	0,152
72,6%	0,55	36,40%	0,203
76,8%	0,60	41,53%	0,254
80,4%	0,65	54,93%	0,381
83,6%	0,70	84,12%	0,635
86,3%	0,75	100,00%	1,270
88,6%	0,80	100,00%	1,905
90,6%	0,85		
92,2%	0,90		
93,6%	0,95		
94,8%	1,00		
95,8%	1,05		
96,6%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

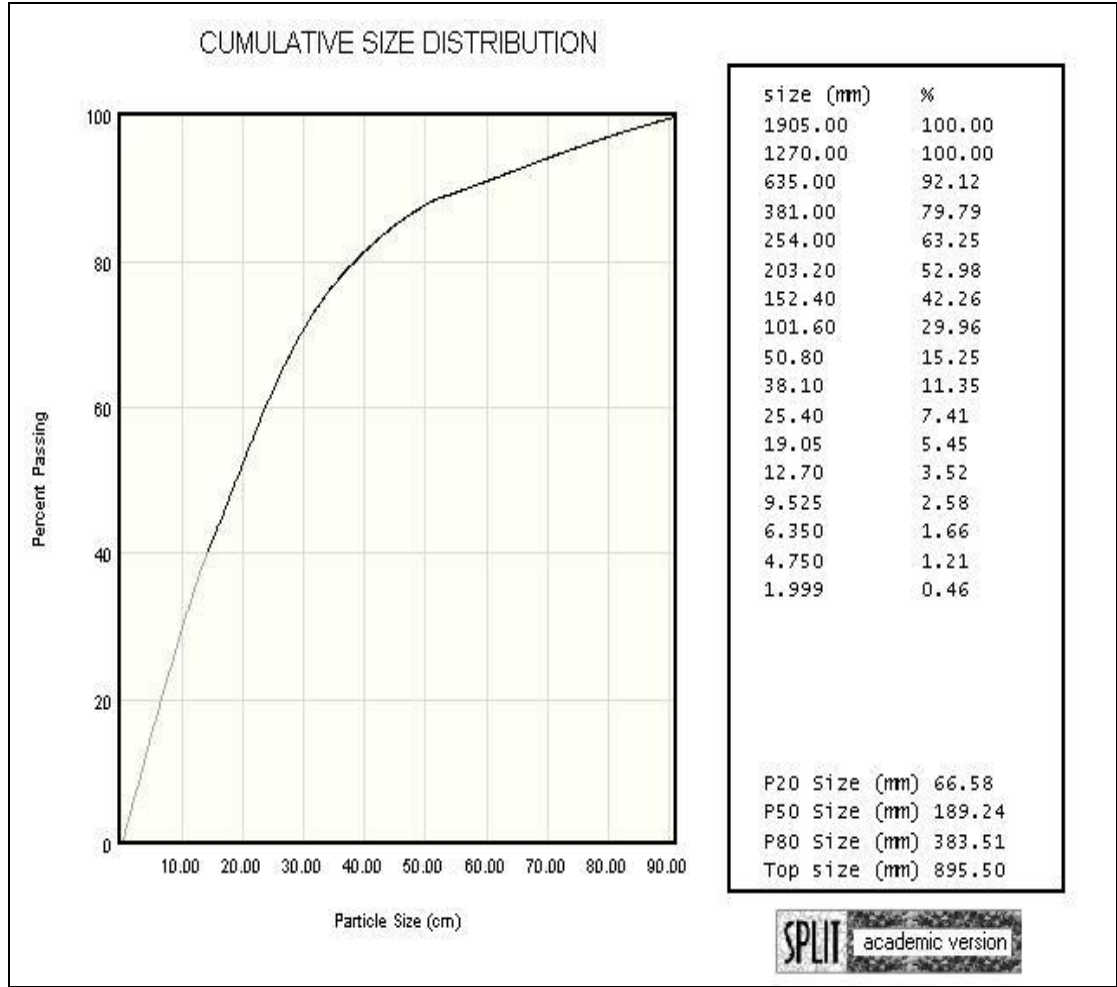
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 350 mm olarak saptarken Split yazılımı 336.61 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.15. 16.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Çakır Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.46). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.46' daki görüntü elde edilmiştir.



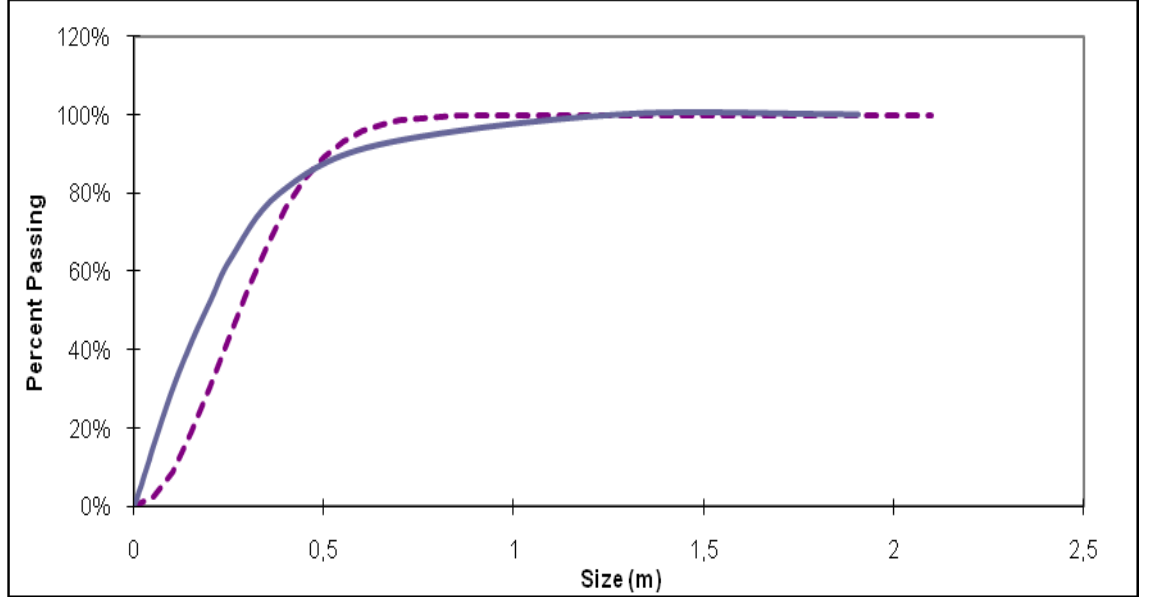
Şekil 4.46. 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.47. 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 66.58 mm, P50 parça boyutu 189.24 mm, P80 383.51 mm maksimum parça boyutu 895.50 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.48. ve Tablo 4.20. elde edilmiştir.



Şekil 4.48. 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması

(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.20. 16.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

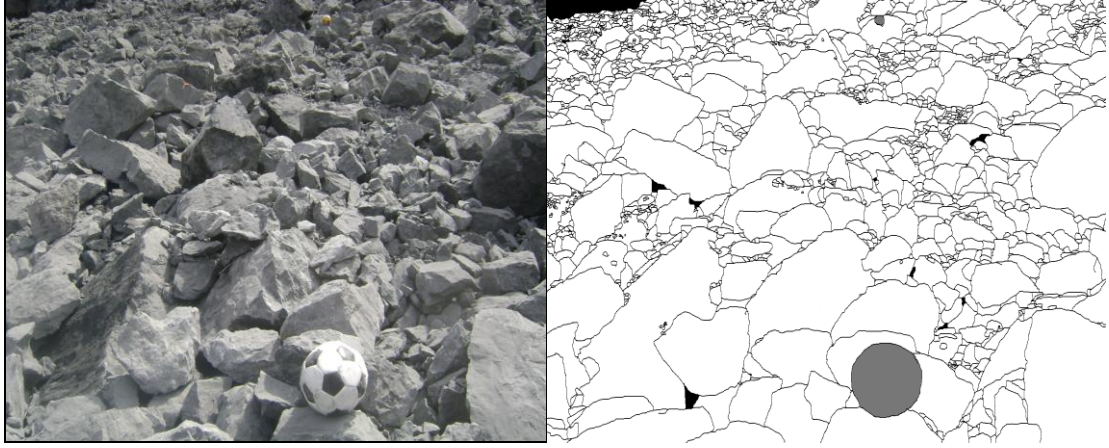
Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0
2,3%	0,05
8,7%	0,10
18,5%	0,15
30,4%	0,20
43,2%	0,25
55,7%	0,30
66,9%	0,35
76,4%	0,40
83,9%	0,45
89,5%	0,50
93,4%	0,55
96,1%	0,60
97,8%	0,65
98,8%	0,70
99,4%	0,75
99,7%	0,80
99,8%	0,85
99,9%	0,90
100,0%	0,95
100,0%	1,00
100,0%	1,05
100,0%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,00%	0,000
0,46%	0,001
1,21%	0,004
1,66%	0,006
2,58%	0,009
3,52%	0,012
5,45%	0,019
7,42%	0,025
11,35%	0,038
15,25%	0,050
29,96%	0,101
42,26%	0,152
52,98%	0,203
63,25%	0,254
79,79%	0,381
92,12%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

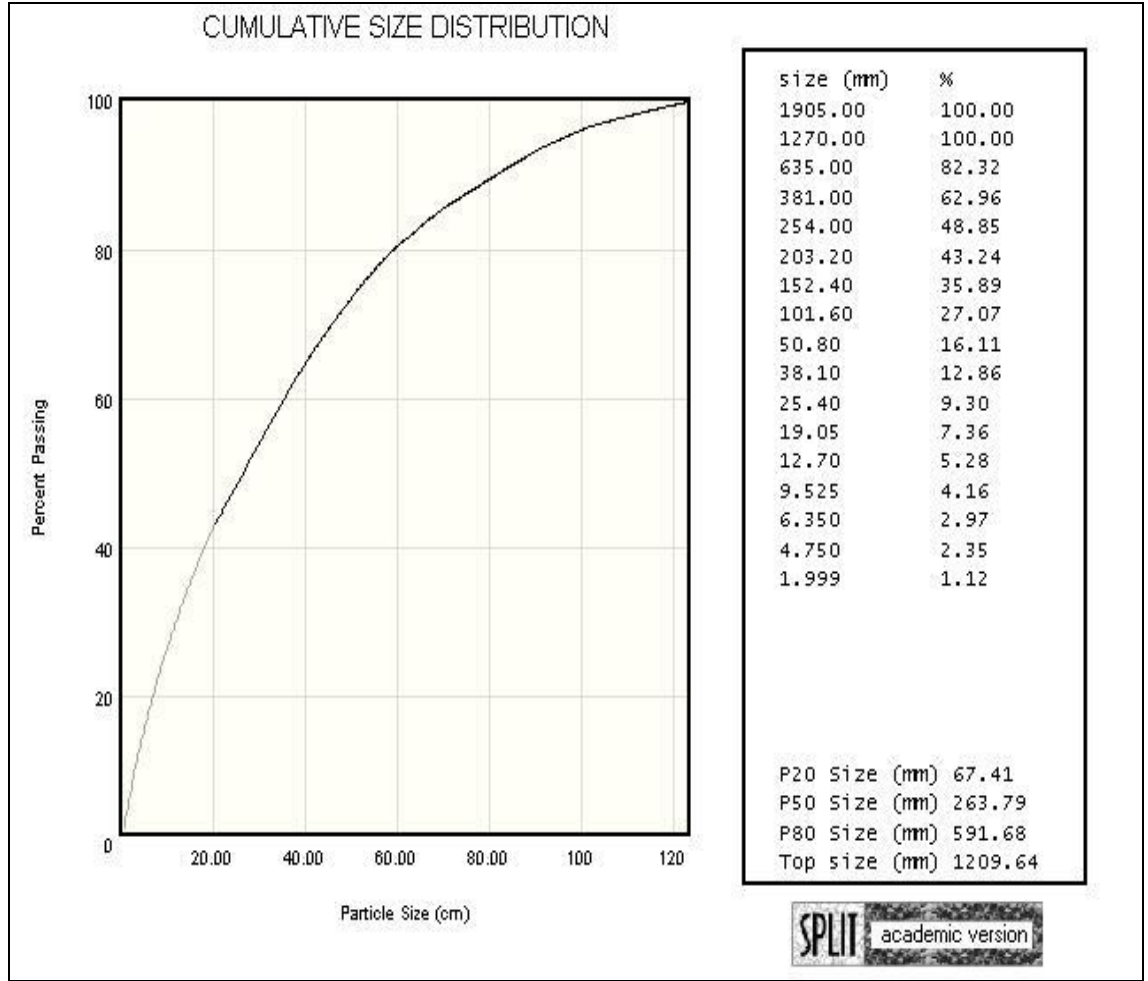
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 269 mm olarak saptarken Split yazılımı 189.24 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.16. 19.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Özyurt Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.49). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.49' daki görüntü elde edilmiştir.



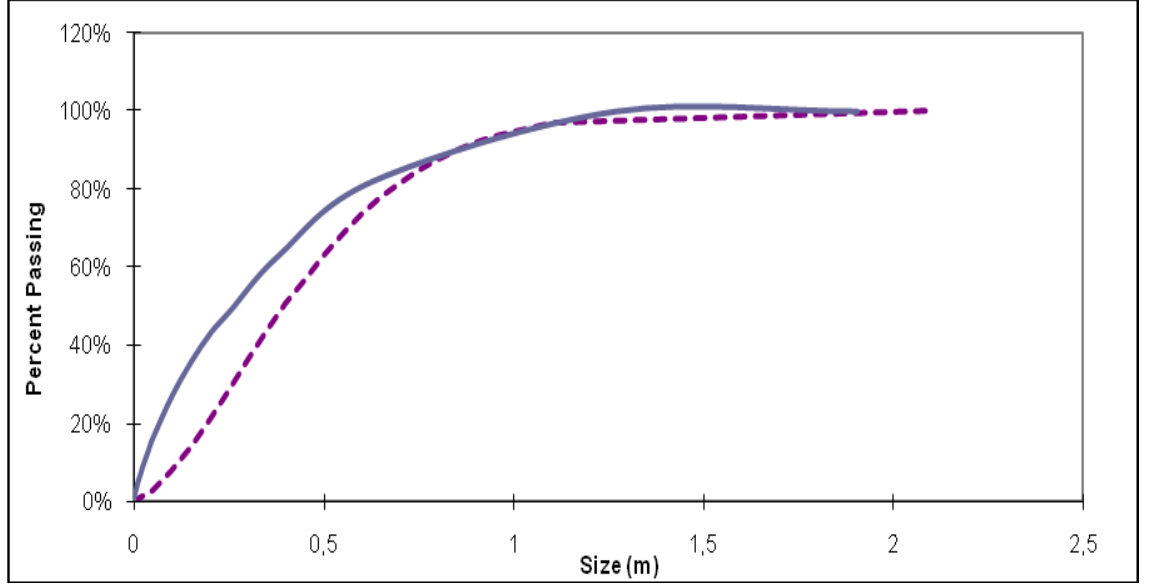
Şekil 4.49. 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.50. 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 67.41 mm, P50 parça boyutu 263.79 mm, P80 591.68 mm maksimum parça boyutu 1209.64 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.51. ve Tablo 4.21. elde edilmiştir.



Şekil 4.51. 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

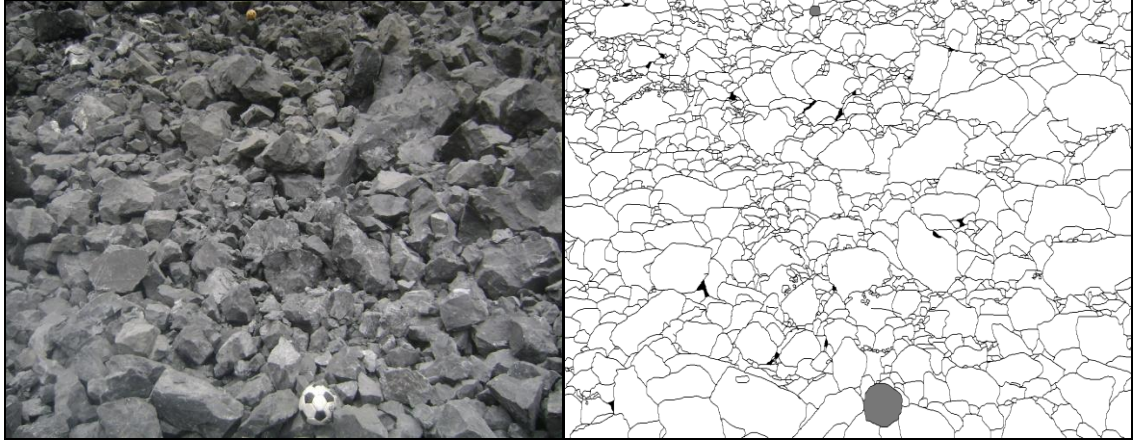
Tablo 4.21. 19.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,000	0,00%
2,7%	0,05	0,001	1,12%
7,7%	0,10	0,004	2,35%
14,0%	0,15	0,006	2,97%
21,1%	0,20	0,009	4,16%
28,6%	0,25	0,012	5,28%
36,1%	0,30	0,019	7,36%
43,4%	0,35	0,025	9,30%
50,4%	0,40	0,038	12,86%
57,0%	0,45	0,050	16,11%
63,0%	0,50	0,101	27,07%
68,5%	0,55	0,152	35,89%
73,3%	0,60	0,203	43,24%
77,7%	0,65	0,254	48,85%
81,4%	0,70	0,381	62,96%
84,6%	0,75	0,635	82,32%
87,4%	0,80	1,270	100,00%
89,8%	0,85	1,905	100,00%
91,7%	0,90		
93,4%	0,95		
94,7%	1,00		
95,8%	1,05		
96,7%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

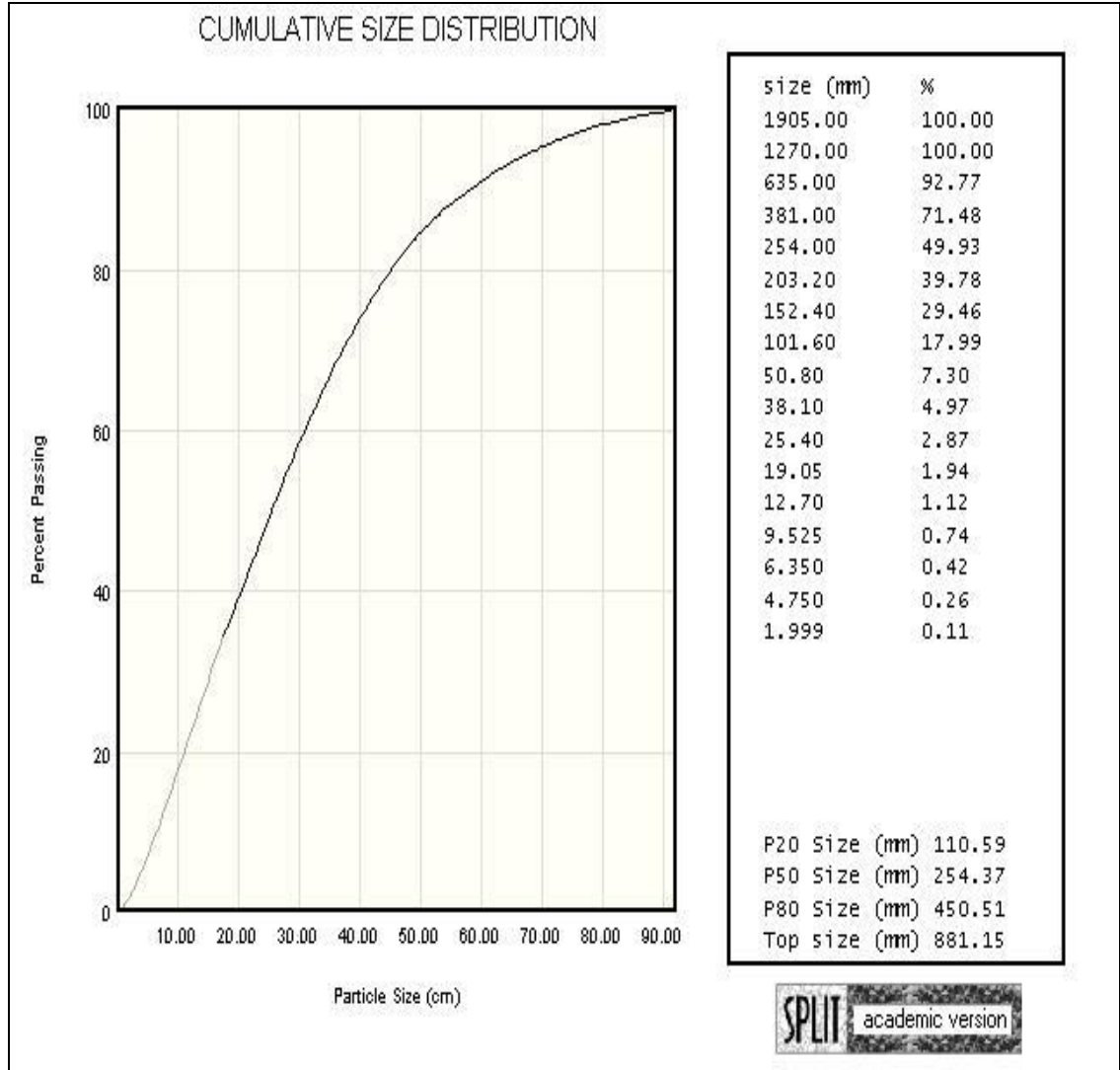
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 397 mm olarak saptarken Split yazılımı 263.79 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.17. 19.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.52). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.52' deki görüntü elde edilmiştir.



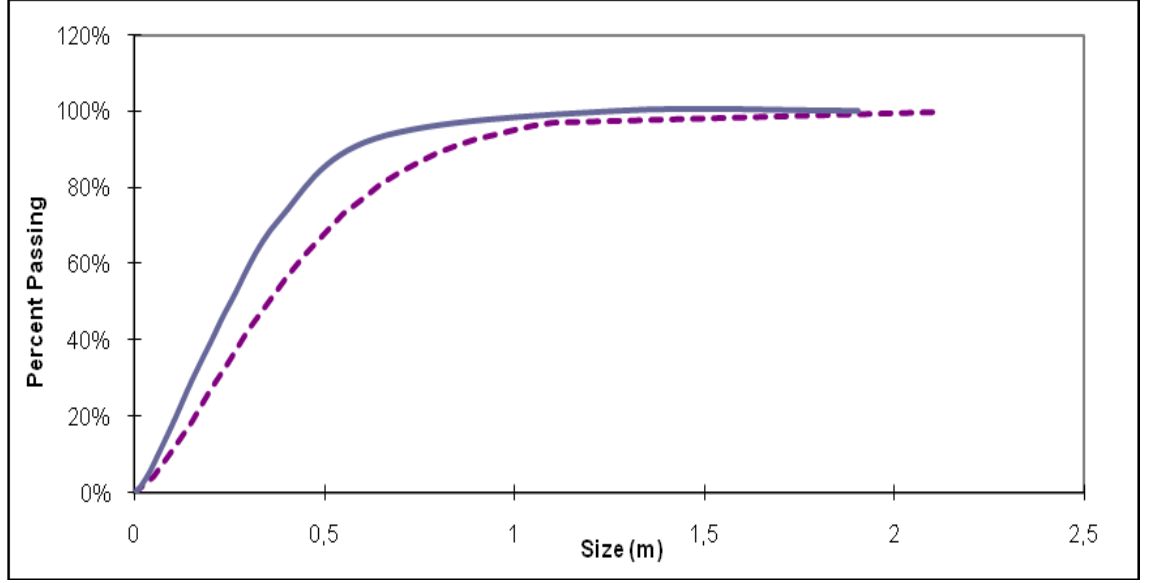
Şekil 4.52. 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.53. 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 110.59 mm, P50 parça boyutu 254.37 mm, P80 450.51 mm maksimum parça boyutu 881.15 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.54. ve Tablo 4.22. elde edilmiştir.



Şekil 4.54. 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

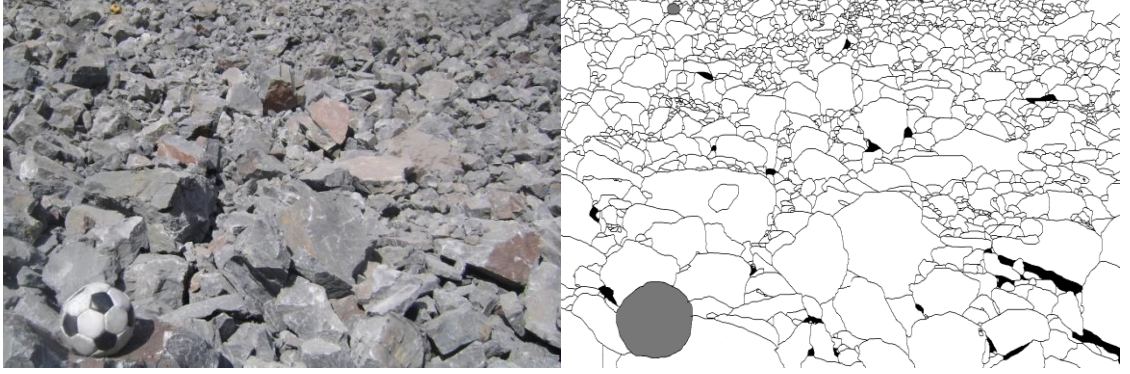
Tablo 4.22. 19.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,00%	0,000
4,2%	0,05	0,11%	0,001
10,9%	0,10	0,26%	0,004
18,6%	0,15	0,42%	0,006
26,6%	0,20	0,74%	0,009
34,7%	0,25	1,12%	0,012
42,4%	0,30	1,94%	0,019
49,7%	0,35	2,87%	0,025
56,5%	0,40	4,97%	0,038
62,6%	0,45	7,30%	0,050
68,2%	0,50	17,99%	0,101
73,1%	0,55	29,46%	0,152
77,3%	0,60	39,78%	0,203
81,1%	0,65	49,93%	0,254
84,3%	0,70	71,48%	0,381
87,0%	0,75	92,77%	0,635
89,3%	0,80	100,00%	1,270
91,3%	0,85	100,00%	1,905
92,9%	0,90		
94,3%	0,95		
95,4%	1,00		
96,3%	1,05		
97,1%	1,10		
100,0%	2,10		
Kuz-Ram		Split	

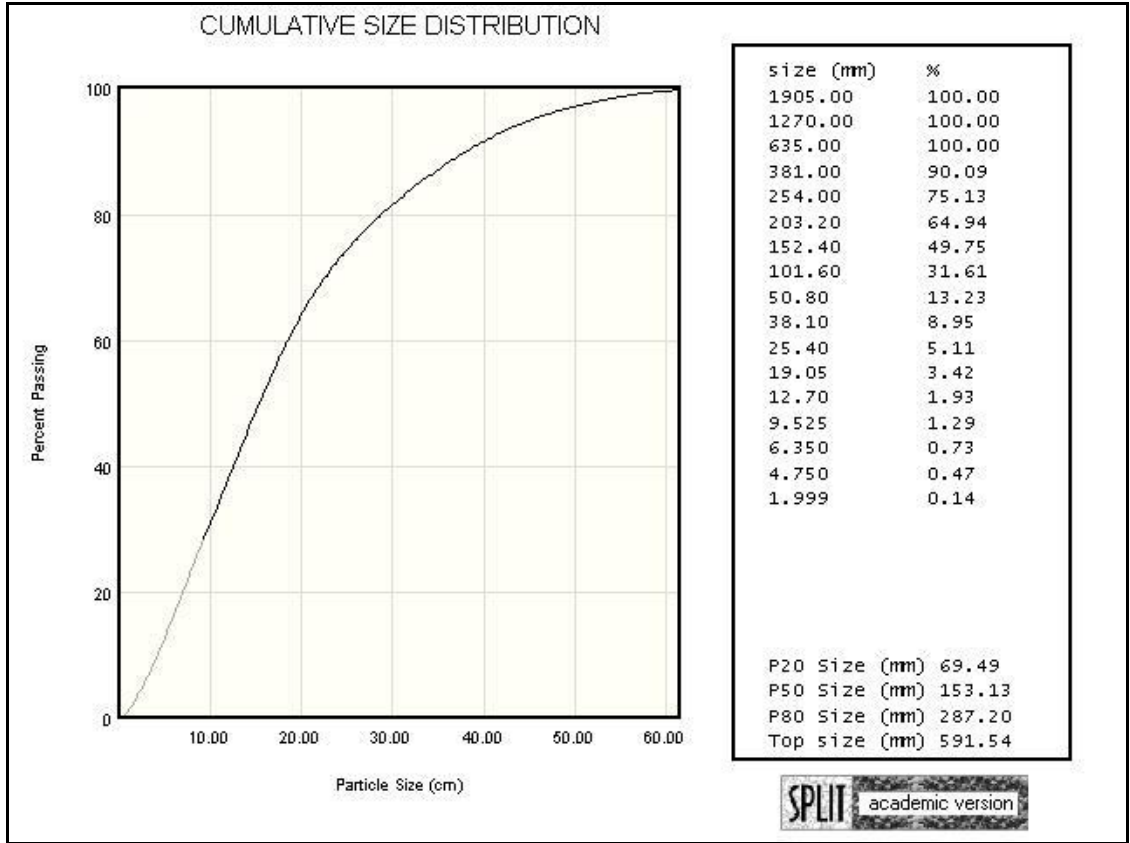
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 352 mm olarak saptarken Split yazılımı 254.37 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.18. 26.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.55). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.55' deki görüntü elde edilmiştir.



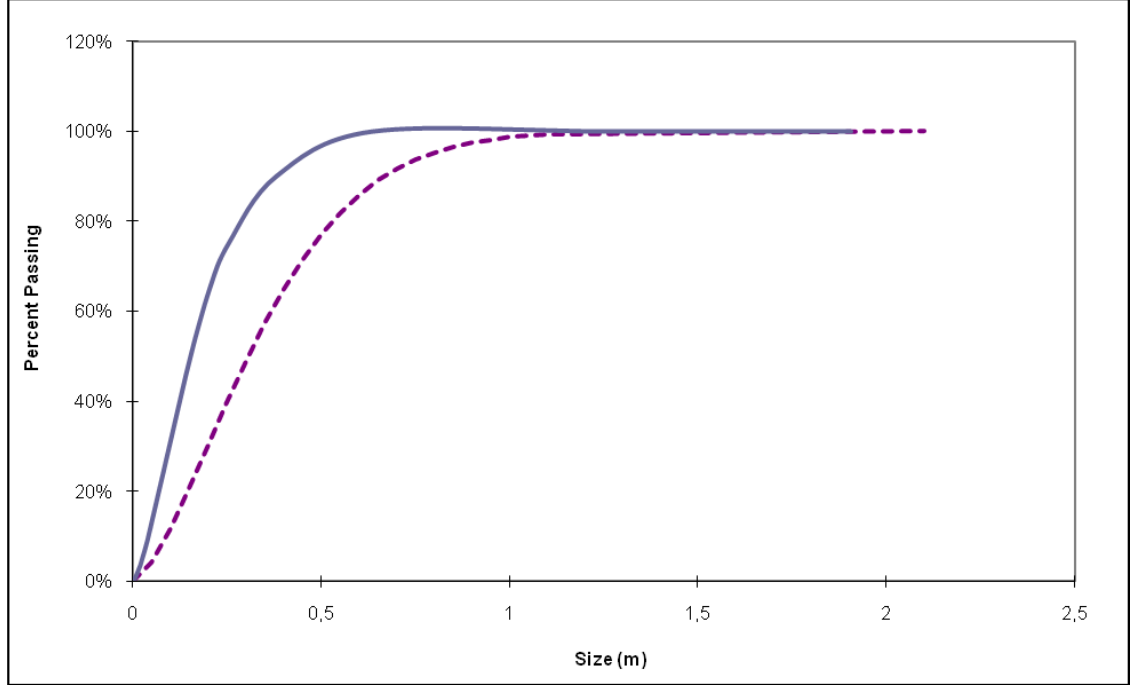
Şekil 4.55. 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.56. 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 69.49 mm, P50 parça boyutu 153.13 mm, P80 287.20 mm maksimum parça boyutu 591.54 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.57. ve Tablo 4.23. elde edilmiştir.



Şekil 4.57. 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.23. 26.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

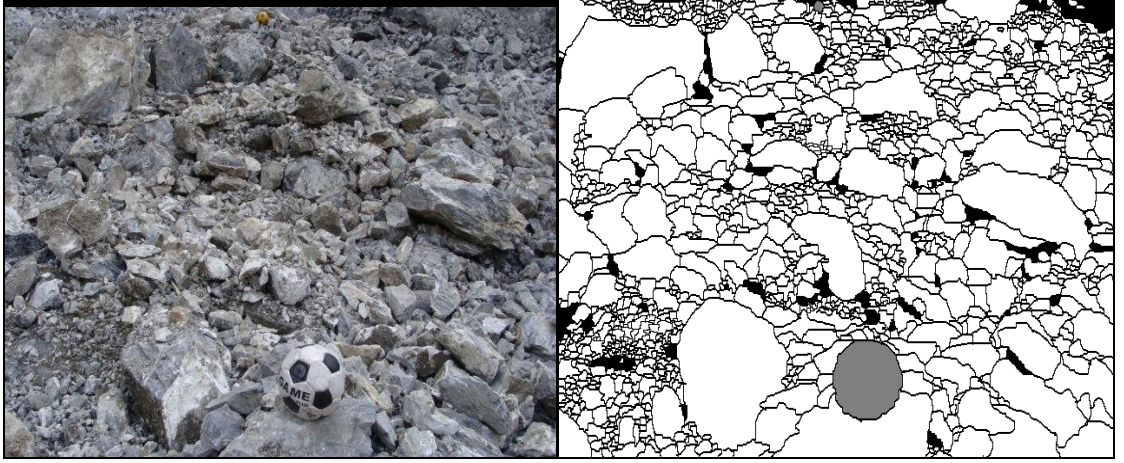
Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
4,2%	0,05
11,6%	0,10
20,6%	0,15
30,2%	0,20
39,7%	0,25
48,8%	0,30
57,2%	0,35
64,8%	0,40
71,4%	0,45
77,0%	0,50
81,8%	0,55
85,7%	0,60
88,9%	0,65
91,5%	0,70
93,6%	0,75
95,2%	0,80
96,4%	0,85
97,4%	0,90
98,1%	0,95
98,6%	1,00
99,0%	1,05
99,3%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
0,14%	0,001
0,47%	0,004
0,73%	0,006
1,29%	0,009
1,93%	0,012
3,42%	0,019
5,11%	0,025
8,95%	0,038
13,23%	0,050
31,61%	0,101
49,75%	0,152
64,94%	0,203
75,13%	0,254
90,09%	0,381
100,00%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

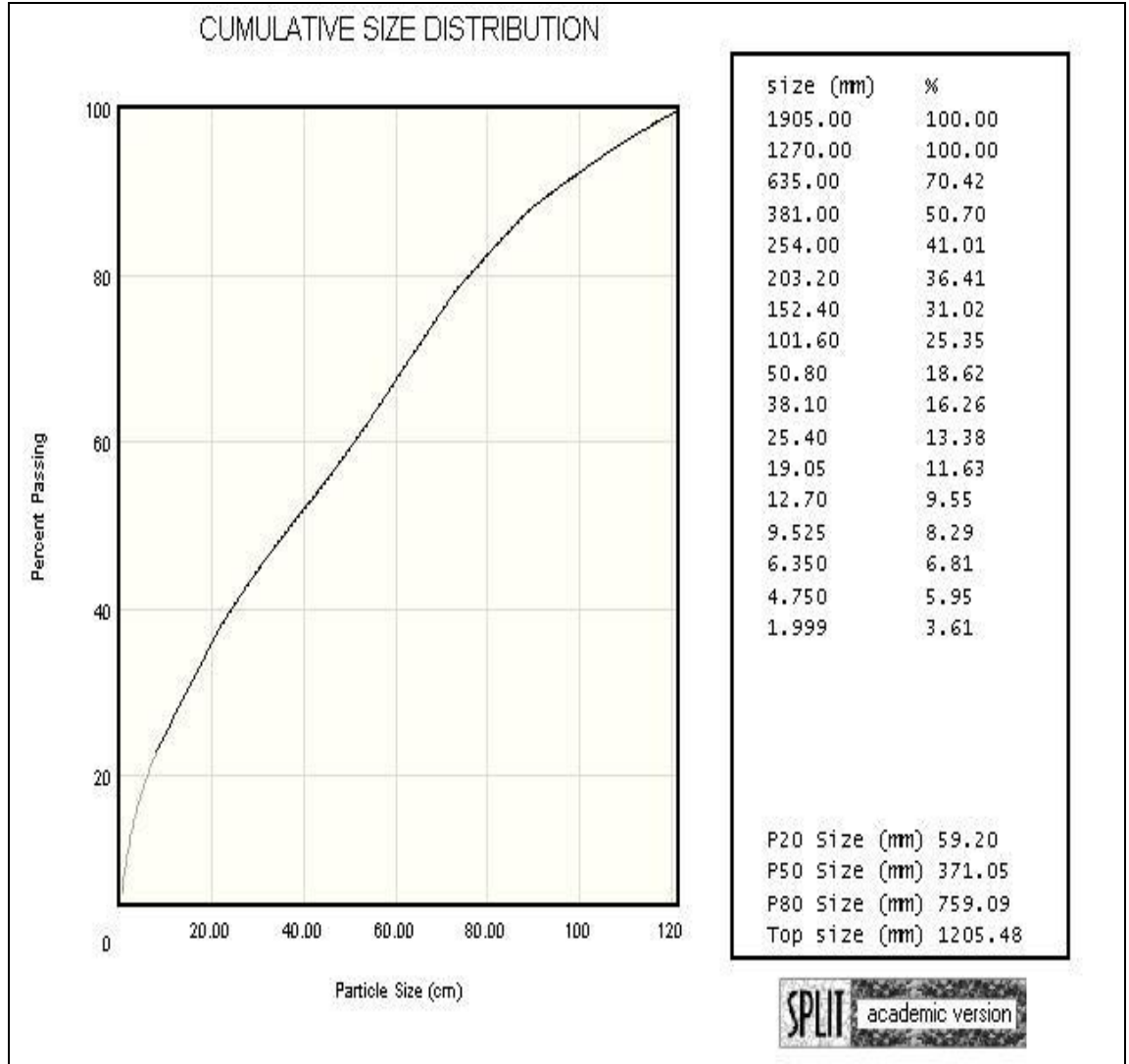
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 307 mm olarak saptarken Split yazılımı 153.13 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.19. 28.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik topolar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.58). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.58' deki görüntü elde edilmiştir.



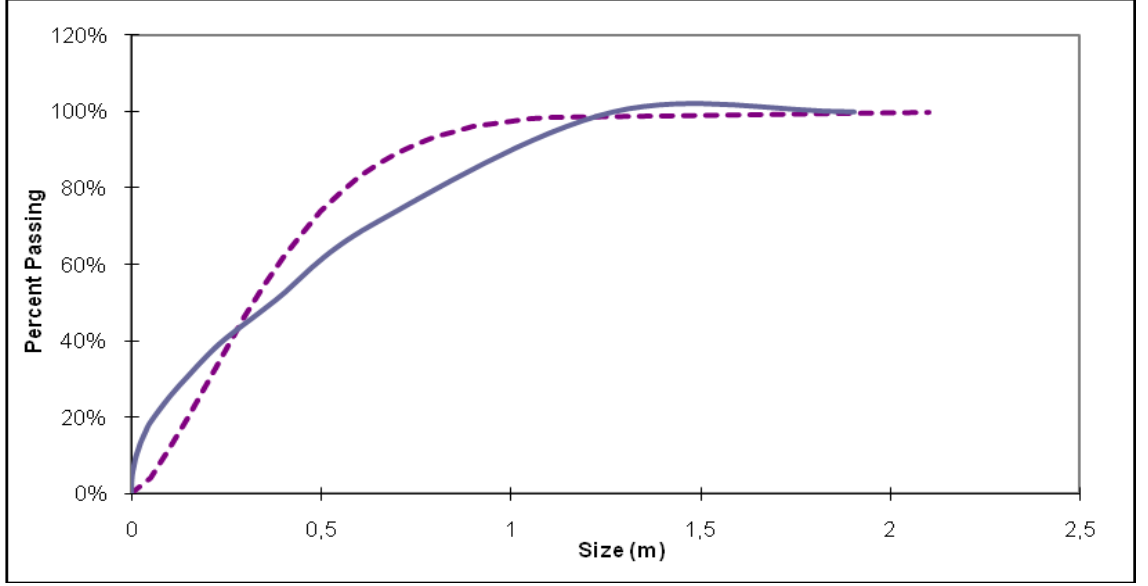
Şekil 4.58. 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.59. 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 59.20 mm, P50 parça boyutu 371.05 mm, P80 759.09 mm maksimum parça boyutu 1205.48 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.60. ve Tablo 4.24. elde edilmiştir.



Şekil 4.60. 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması

(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.24. 28.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

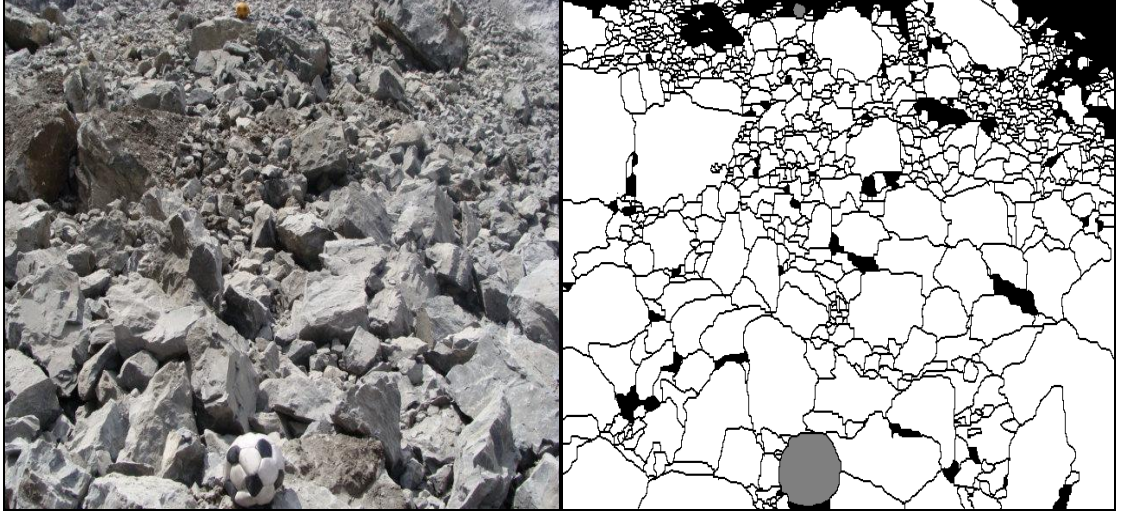
Geçen Yüzde	Boyut(m)
0,0%	0
4,2%	0,05
11,4%	0,10
19,9%	0,15
28,9%	0,20
37,9%	0,25
46,6%	0,30
54,6%	0,35
61,9%	0,40
68,4%	0,45
74,0%	0,50
78,9%	0,55
83,0%	0,60
86,4%	0,65
89,3%	0,70
91,6%	0,75
93,5%	0,80
95,0%	0,85
96,1%	0,90
97,1%	0,95
97,8%	1,00
98,3%	1,05
98,8%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut(m)
0,00%	0,000
3,61%	0,001
5,95%	0,004
6,81%	0,006
8,29%	0,009
9,55%	0,012
11,63%	0,019
13,38%	0,025
16,26%	0,038
18,62%	0,050
25,35%	0,101
31,02%	0,152
36,41%	0,203
41,01%	0,254
50,70%	0,381
70,42%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

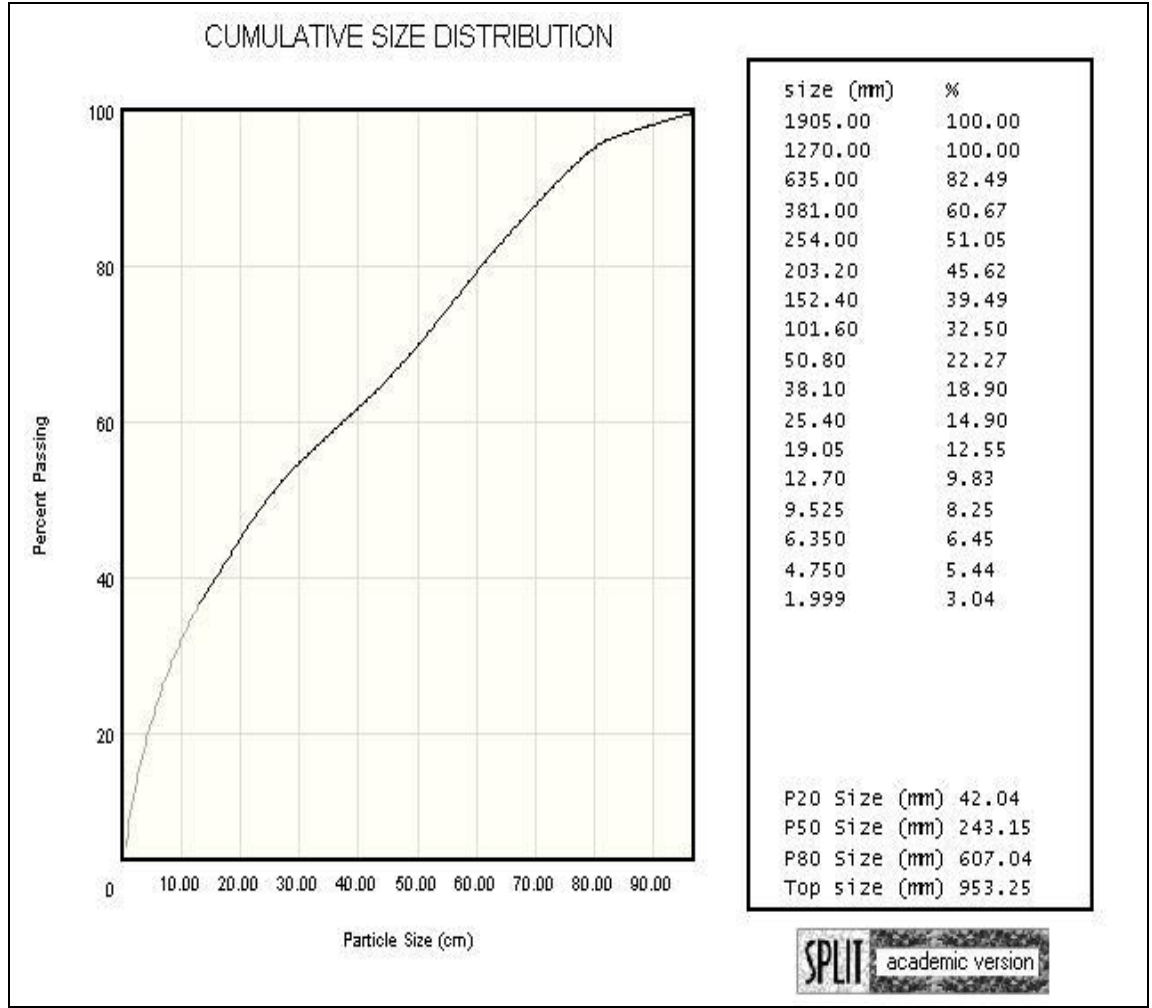
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 322 mm olarak saptarken Split yazılımı 371.05 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.20. 29.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.61). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.61' deki görüntü elde edilmiştir.



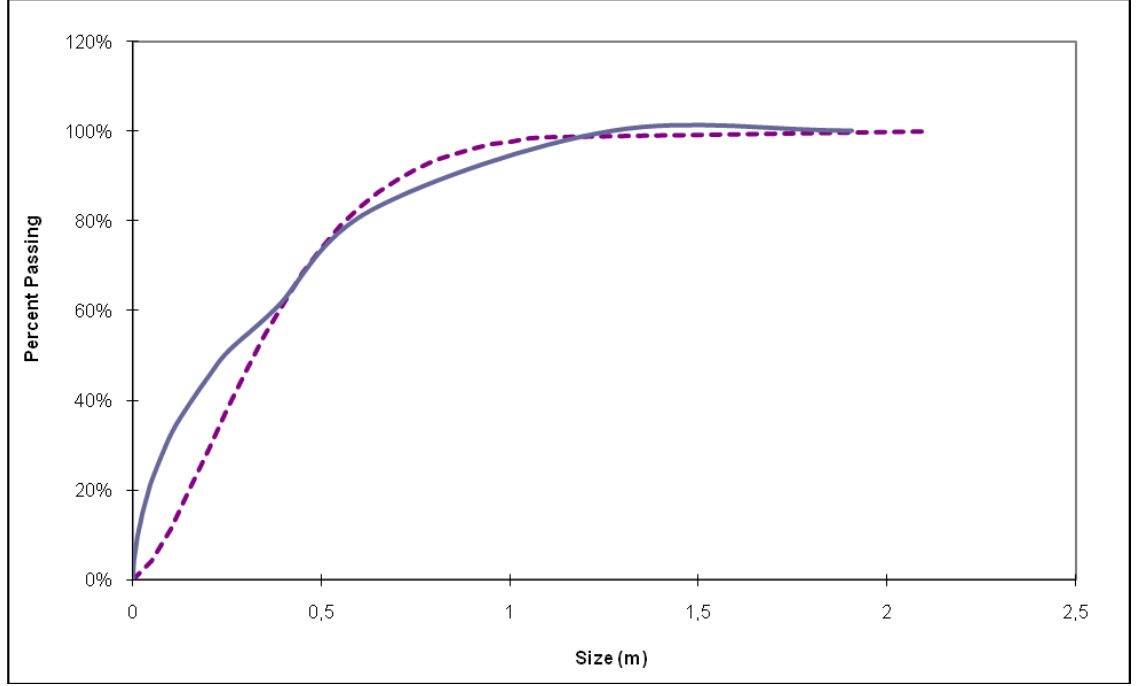
Şekil 4.61. 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.62. 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 42.04 mm, P50 parça boyutu 243.15 mm, P80 607.04 mm maksimum parça boyutu 953.25 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.63. ve Tablo 4.25. elde edilmiştir.



Şekil 4.63. 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

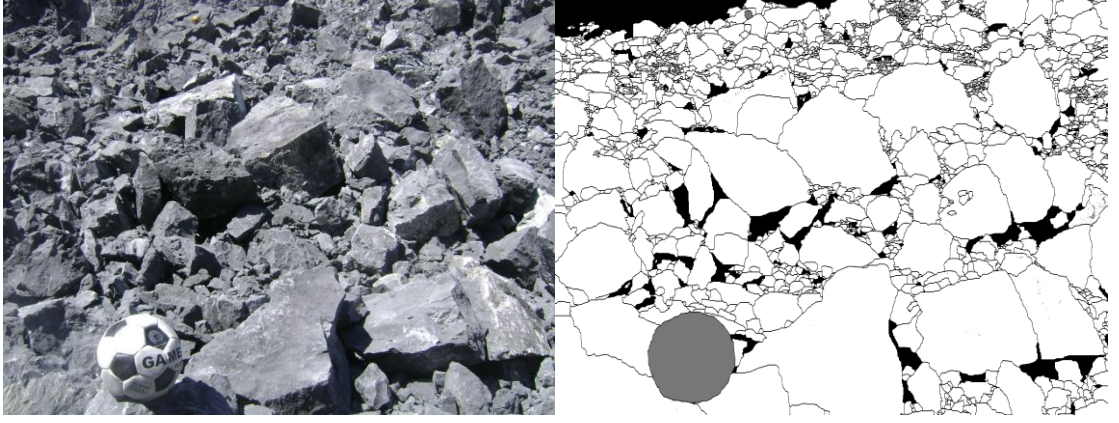
Tablo 4.25. 29.04.2010 tarihli patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (m)	Geçen Yüzde	Boyut (m)
0,0%	0	0,00%	0,000
4,2%	0,05	3,04%	0,001
11,4%	0,10	5,44%	0,004
19,9%	0,15	6,45%	0,006
28,9%	0,20	8,25%	0,009
37,9%	0,25	9,83%	0,012
46,6%	0,30	12,55%	0,019
54,6%	0,35	14,90%	0,025
61,9%	0,40	18,90%	0,038
68,4%	0,45	22,27%	0,050
74,0%	0,50	32,50%	0,101
78,9%	0,55	39,49%	0,152
83,0%	0,60	45,62%	0,203
86,4%	0,65	51,05%	0,254
89,3%	0,70	60,67%	0,381
91,6%	0,75	82,49%	0,635
93,5%	0,80	100,00%	1,270
95,0%	0,85	100,00%	1,905
96,1%	0,90		
97,1%	0,95		
97,8%	1,00		
98,3%	1,05		
98,8%	1,10		
100,0%	2,10		
	Kuz-Ram		Split

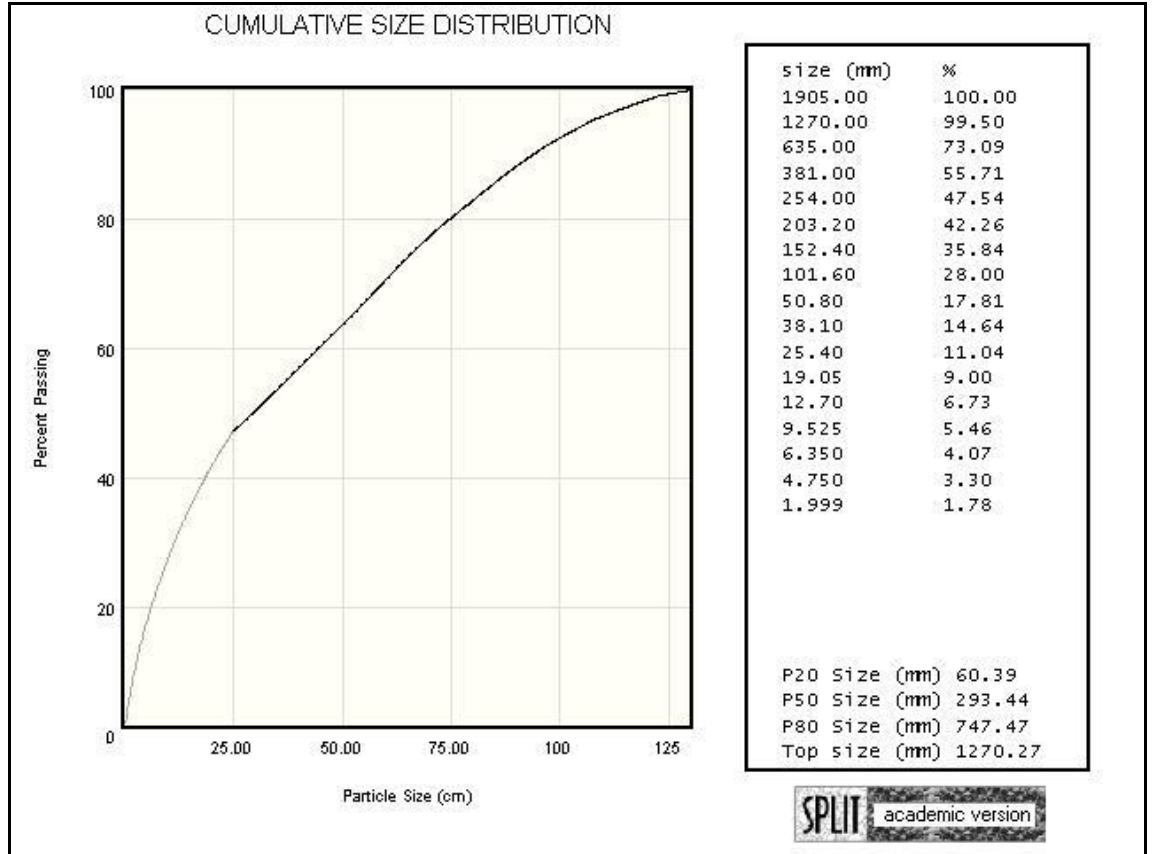
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 322 mm olarak saptarken Split yazılımı 243.15 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.21. 30.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Dalbay Madencilikte Gerçekleştirilen 1.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.64). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.64' teki görüntü elde edilmiştir.



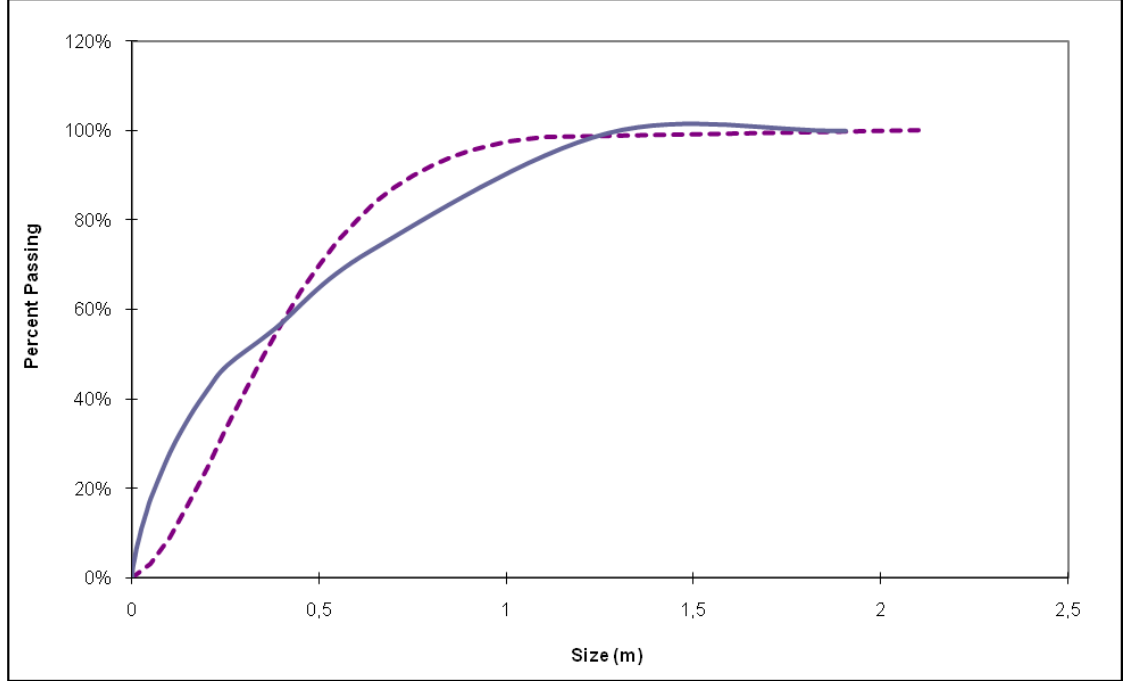
Şekil 4.64. 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.65. 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 60.39 mm, P50 parça boyutu 293.44 mm, P80 747.47 mm maksimum parça boyutu 1270.27 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.66. ve Tablo 4.26. elde edilmiştir.



Şekil 4.66. 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması (Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.26. 30.04.2010 tarihli 1.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

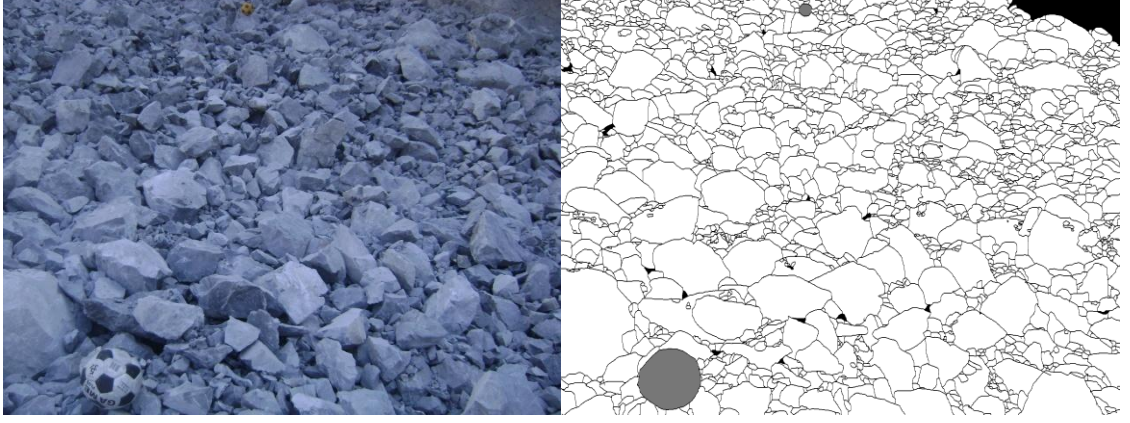
Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
3,0%	0,05
8,9%	0,10
16,3%	0,15
24,5%	0,20
33,0%	0,25
41,4%	0,30
49,5%	0,35
57,0%	0,40
63,9%	0,45
70,0%	0,50
75,4%	0,55
80,0%	0,60
83,9%	0,65
87,2%	0,70
89,9%	0,75
92,1%	0,80
93,9%	0,85
95,3%	0,90
96,5%	0,95
97,3%	1,00
98,0%	1,05
98,5%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
1,78%	0,001
3,30%	0,004
4,07%	0,006
5,46%	0,009
6,73%	0,012
9,00%	0,019
11,04%	0,025
14,64%	0,038
17,81%	0,050
28,00%	0,101
35,84%	0,152
42,26%	0,203
47,54%	0,254
55,71%	0,381
73,09%	0,635
99,50%	1,270
100,00%	1,905
Split	

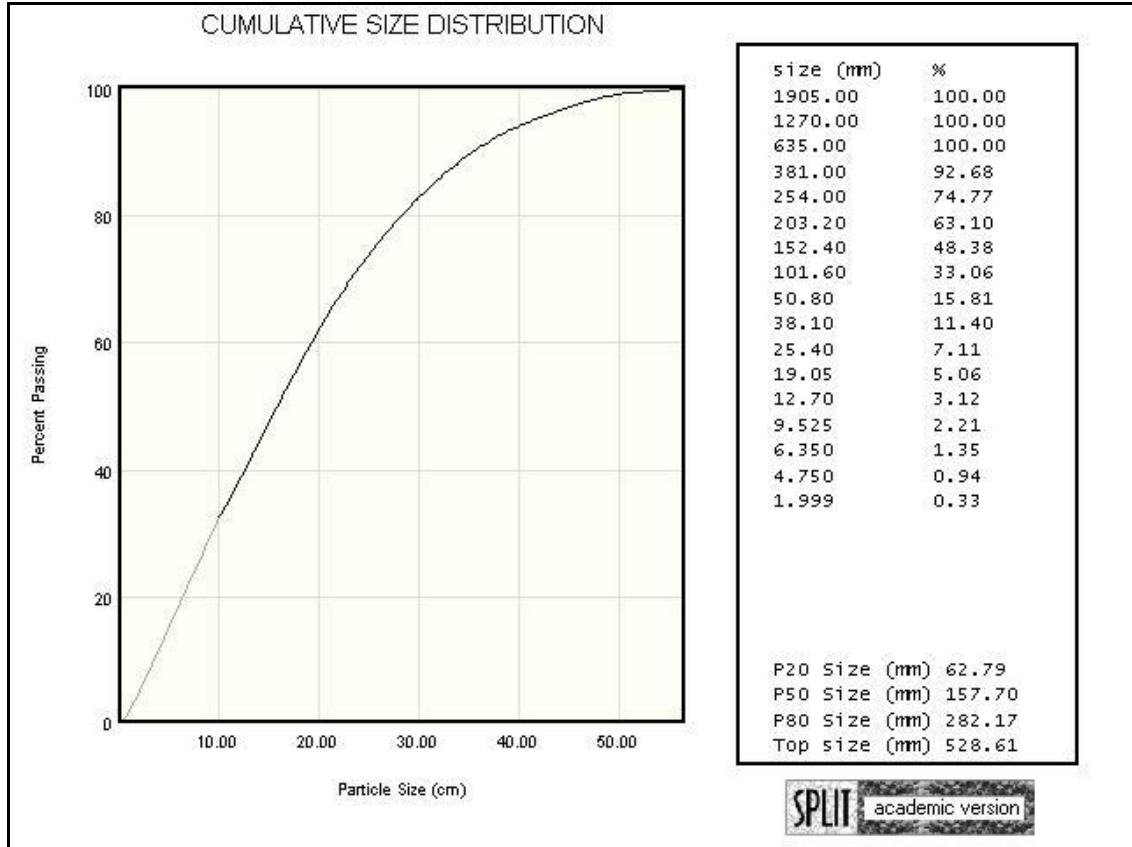
Kuzram modeli P50 parça boyutunu 353 mm olarak saptarken Split yazılımı 293.44 mm olarak saptamıştır.

4.4.2.22. 30.04.2010 Tarihinde Cebeci Bölgesi Deniz Madencilikte Gerçekleştirilen 2.Patlatmanın Analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm'lik toplar yerleştirilerek digital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.67). Bu elde edilen digital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split programında işlenerek Şekil 4.67' deki görüntü elde edilmiştir.



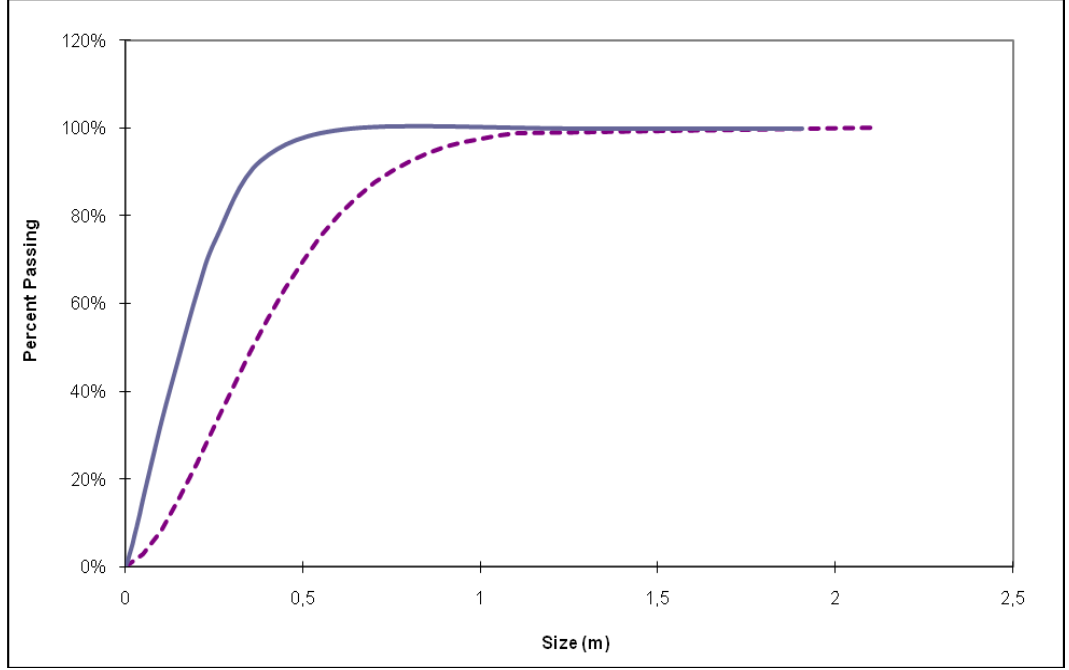
Şekil 4.67. 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait digital ve Split görüntüleri



Şekil 4.68. 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Split programından elde edilen kümülâtif parça boyutu

Split programında P20 parça boyutu 62.79 mm, P50 parça boyutu 157.70 mm, P80 282.17 mm maksimum parça boyutu 528.61 mm bulunmuştur.

Patlatmaya ait veriler ve Split sonuçları Excel programı vasıtasıyla oluşturulan Kuz-ram modeline girilmiş ve aşağıdaki Şekil 4.69. ve Tablo 4.27. elde edilmiştir.



Şekil 4.69. 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split eğrilerinin karşılaştırılması
(Kuzram eğrisi kesikli çizgi ile Split eğrisi düz çizgi ile gösterilmektedir.)

Tablo 4.27. 30.04.2010 tarihli 2.patlatmaya ait Kuzram ve Split tane boyut- gecen % grafiği

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,0%	0
2,7%	0,05
8,2%	0,10
15,4%	0,15
23,4%	0,20
31,9%	0,25
40,4%	0,30
48,7%	0,35
56,4%	0,40
63,5%	0,45
69,8%	0,50
75,3%	0,55
80,1%	0,60
84,1%	0,65
87,4%	0,70
90,2%	0,75
92,4%	0,80
94,2%	0,85
95,6%	0,90
96,7%	0,95
97,6%	1,00
98,2%	1,05
98,7%	1,10
100,0%	2,10
Kuz-Ram	

Geçen Yüzde	Boyut (mt)
0,00%	0,000
0,33%	0,001
0,94%	0,004
1,35%	0,006
2,21%	0,009
3,12%	0,012
5,06%	0,019
7,11%	0,025
11,40%	0,038
15,81%	0,050
33,06%	0,101
48,38%	0,152
63,10%	0,203
74,77%	0,254
92,68%	0,381
100,00%	0,635
100,00%	1,270
100,00%	1,905
Split	

Kuzram modeli P50 parça boyutunu 360 mm olarak saptarken Split yazılımı 157.70 mm olarak saptamıştır.

4.4.3.SPSS Programı İle Yapılan Çoklu Regresyon Analizleri

Bu bölümde $PPV=k.SD^{-\beta}$ ana formülünden yola çıkarak tezin amacına yönelik olarak titreşimler ile parça boyutu arasındaki ilişkinin saptanması amacıyla, SPSS programı kullanılarak titreşimler ve parça boyut analizleri arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi ile araştırılmış ve 4.1. no lu eşitlikle verilen ilişki elde edilmiştir.

$$PPV = k.(SD)^a .d_{20}^b .d_{50}^c .d_{80}^d .d_{max}^e \quad (4.1)$$

k , a, b, c, d, e: Katsayılar

d_{20} : Malzemenin %20'sinin elekten geçtiği boyut

d_{50} : Malzemenin %50'sinin elekten geçtiği boyut

d_{80} : Malzemenin %80'inin elekten geçtiği boyut

d_{max} : Yığının maksimum tane boyutu

PPV : Maksimum parçacık hızı

SD : Ölçekli mesafe $\left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)$

R : Mesafe

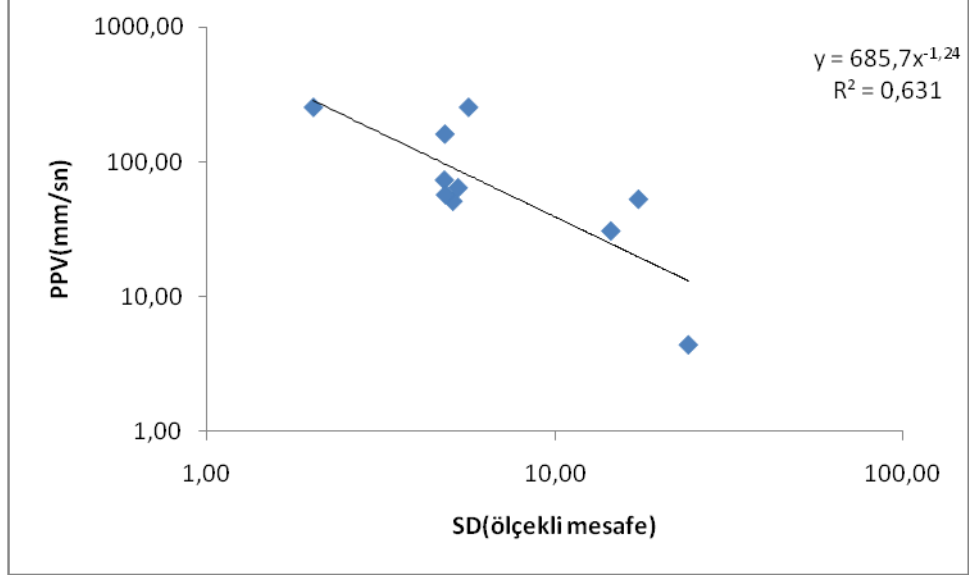
\sqrt{W} : Gecikme başına düşen patlayıcı şarj miktarı

Veriler; sahaların birbirine yakınlığı, formasyon benzerlikleri ve o sahaya ait atım sayılarına göre 3 grupta incelenmiştir.

1. Deniz & Çakırlar maden sahaları ve verileri
2. Özyurt & Erler maden sahaları ve verileri
3. Dalbay maden sahası ve verileri

4.4.3.1. Deniz ve Çakırlar Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS’de İncelenmesi

Deniz ve Çakırlar maden sahaları aynı karakteristik özellikleri taşıdığından birlikte değerlendirilmiştir ve bu sahalara ait verilerin basit regresyon analizi ile elde edilen PPV- SD ilişkisi Şekil 4.70’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.70. Deniz ve çakırlar maden sahalarına ait verilerin ppv-sd ilişkisi

Burada $PPV=k.SD^{-\beta}$ bağıntısının da k, SD, β değerleri yerlerine koyulduğunda; yaygın kullanıma sahip PPV-SD denklemi ($PPV=685,7(SD)^{-1,24}$), $r^2=0,631$ lik bir regresyon değeri ile elde edilmiştir. Bu sahalara ait PPV-SD-Parça Boyut Dağılımı ilişkisi ise çoklu regresyon analizi ile araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler SPSS programı data sayfası şeklinde Şekil 4.71’de verilmiştir.

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.28’de verilmiştir.

	PPV	D50	dmax	SD	D20	D80	VAR00003
1	161	253,17	1068,85	4,82	79,17	503,52	.
2	30,9	319,91	1002,89	14,48	110,55	608,56	.
3	53,1	232,58	739,53	17,38	86,43	419,89	.
4	51,2	189,24	895,50	5,09	66,58	383,51	.
5	254	264,69	715,47	5,64	123,95	436,18	.
6	73,5	135,72	518,59	4,81	51,94	256,68	.
7	254	218,07	800,85	2,02	70,87	430,55	.
8	4,44	336,61	1007,47	24,19	93,58	590,20	.
9	57,3	153,13	591,54	4,84	69,49	287,20	.
10	64,5	157,70	528,61	5,26	62,79	282,17	.
11	.	.	.	.	.	.	.

Şekil 4.71. Deniz ve çakırlar maden sahalarına ait verilerin spss'deki görüntüsü

Tablo 4.28. Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler

Parametreler	Hesaplanan	Std. Sapma
k	0,126	0,637
a	-1,465	0,364
b	0,082	2,100
c	9,841	8,884
d	-10,592	9,622
e	2,924	2,763

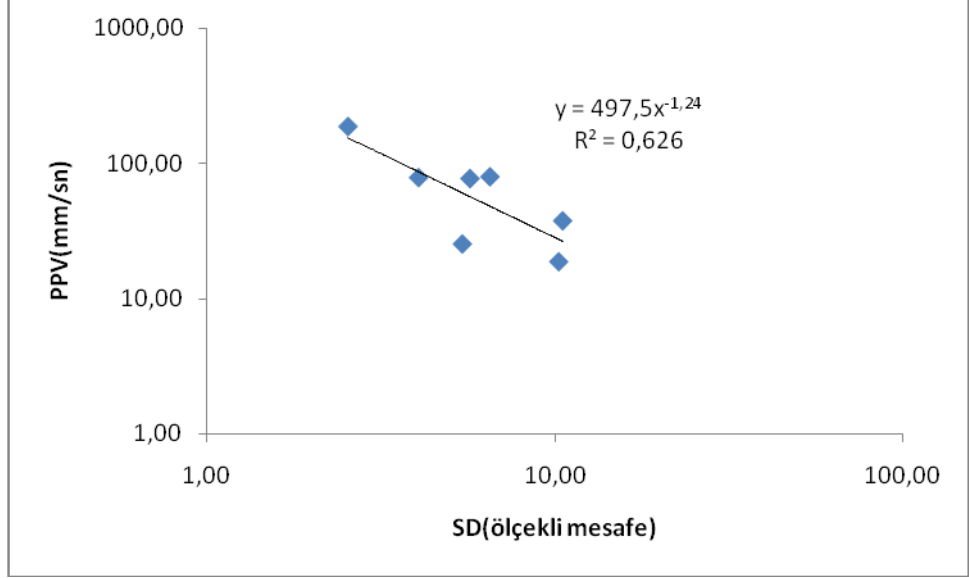
Çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler 4.1. nolu eşitlikteki yerlerine konduğunda 4.2. nolu denklem elde edilmiştir.

$$PPV = 0,126.(SD)^{-1,465} .d_{20}^{0,082} .d_{50}^{9,841} .d_{80}^{-10,592} .d_{max}^{2,924} \quad (4.2)$$

Elde edilen ilişkinin $r^2=0,946$ gibi oldukça kuvvetli bir ilişki verdiği görülmüştür.

4.4.3.2. Özyurt ve Erler Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS'de İncelenmesi

Özyurt ve Erler maden sahaları aynı karakteristik özellikleri taşıdığından birlikte değerlendirilmiştir ve bu sahalara ait verilerin basit regresyon analizi ile elde edilen PPV- SD ilişkisi Şekil 4.72' de gösterilmiştir.



Şekil 4.72. Özyurt ve erler maden sahalarına ait verilerin ppv-sd ilişkisi

Burada $PPV=k.SD^{-\beta}$ bağıntısının da k, SD, β değerleri yerlerine koyulduğunda; yaygın kullanıma sahip PPV-SD denklemi ($PPV=497,5(SD)^{-1,24}$), $r^2=0,626$ lik bir regresyon değeri ile elde edilmiştir. Bu sahalara ait PPV-SD-Parça Boyut Dağılımı ilişkisi ise çoklu regresyon analizi ile araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler SPSS programı data sayfası şeklinde Şekil 4.73'de verilmiştir.

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.29'da verilmiştir.

	PPV	D50	dmax	SD	D20	D80	VAR00003
1	186	257,19	1080,39	2,54	104,79	480,78	.
2	25,4	241,29	1048,20	5,41	73,24	494,68	.
3	78,2	241,29	1048,20	4,05	73,24	494,68	.
4	79,4	241,29	1048,20	6,49	73,24	494,68	.
5	37,6	263,79	1239,64	10,51	67,41	591,68	.
6	18,8	280,62	1259,57	10,24	77,09	647,72	.
7	77,0	280,62	1259,57	5,69	77,09	647,72	.
8	.	.	.	.	.	.	.

Şekil 4.73. Özyurt ve erler maden sahalarına ait verilerin SPSS'deki görüntüsü

Tablo 4.29. Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler

Parametreler	Hesaplanan	Std. Sapma
k	$1,96 \cdot 10^{-7}$	11,493
a	-1,234	2,426
b	0,146	$1,34 \cdot 10^7$
c	0,405	$7,16 \cdot 10^7$
d	-2,367	$2,61 \cdot 10^7$
e	4,797	$1,68 \cdot 10^7$

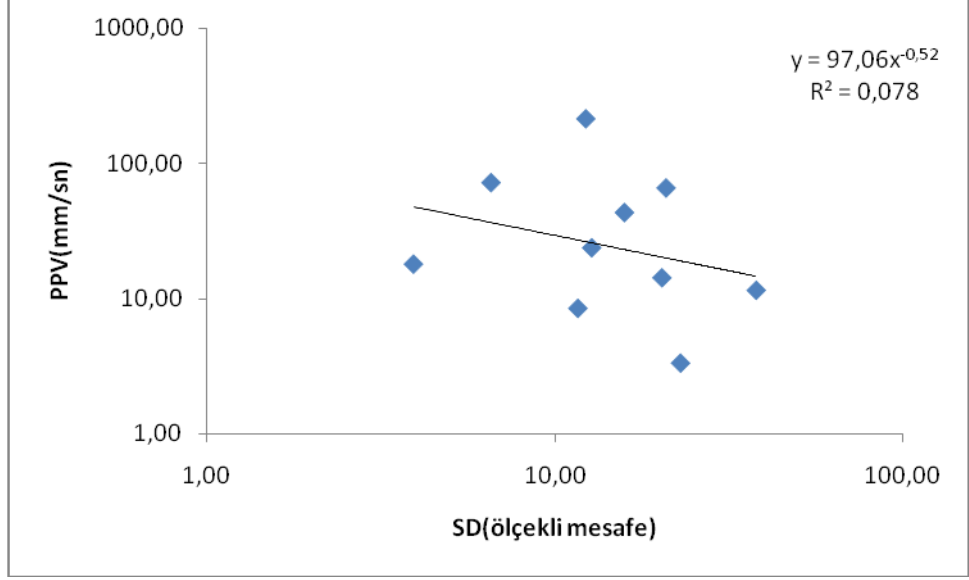
Çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler 4.1. nolu eşitlikteki yerlerine konduğunda 4.3. nolu denklem elde edilmiştir.

$$PPV = 1,96 \cdot 10^{-7} \cdot (SD)^{-1,234} \cdot d_{20}^{0,146} \cdot d_{50}^{0,405} \cdot d_{80}^{-2,367} \cdot d_{\max}^{4,797} \quad (4.3)$$

Elde edilen ilişkinin $r^2=0,875$ gibi oldukça kuvvetli bir ilişki verdiği görülmüştür.

4.4.3.3. Dalbay Maden Sahasına Ait Verilerin SPSS'de İncelenmesi

Dalbay maden sahasına ait verilerin basit regresyon analizi ile elde edilen PPV- SD ilişkisi Şekil 4.74' te gösterilmiştir.



Şekil 4.74. Dalbay Maden Sahasına ait verilerin ppv-sd ilişkisi

Burada $PPV=k.SD^{-\beta}$ bağıntısının da k, SD, β değerleri yerlerine koyulduğunda; yaygın kullanıma sahip PPV-SD denklemi ($PPV=97,06(SD)^{-0,52}$) $r^2=0,078$ lik bir regresyon değeri ile elde edilmiştir ki bu da bir ilişki göstermemektedir. Bu sahalara ait PPV-SD-Parça Boyut Dağılımı ilişkisi ise çoklu regresyon analizi ile araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler SPSS programı data sayfası şeklinde Şekil 4.75'de verilmiştir.

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.30'da verilmiştir.

	PPV	D50	dmax	SD	D20	D80	VAR00003
1	211	265,49	941,70	3,87	83,79	500,81	.
2	17,8	265,49	941,70	12,26	83,79	500,81	.
3	71,2	250,63	764,85	3,92	100,50	437,16	.
4	65,0	250,63	764,85	6,56	100,50	437,16	.
5	8,38	250,63	764,85	20,82	100,50	437,16	.
6	42,8	162,13	640,62	11,63	45,32	344,94	.
7	11,4	290,26	1311,08	15,81	102,97	612,58	.
8	3,30	254,37	881,15	37,79	110,59	450,51	.
9	14,1	371,05	1205,48	22,91	59,20	759,09	.
10	23,5	243,15	953,25	20,27	42,04	607,04	.
11	79,6	293,44	1270,27	12,74	60,39	747,47	.
12	.	.	.	.	.	.	.

Şekil 4.75. Dalbay Maden Sahasına ait verilerin SPSS'deki görüntüsü

Tablo 4.30. Çoklu regresyon sonucu bulunan parametreler

Parametreler	Hesaplanan	Std. Sapma
k	9,776	49,380
a	-1,937	0,353
b	-1,825	1,137
c	-0,946	3,508
d	-0,329	3,253
e	3,080	2,074

Çoklu regresyon analizi sonucu elde edilen parametreler 4.1. nolu eşitlikteki yerlerine konduğunda 4.4. nolu denklem elde edilmiştir.

$$PPV = 9,776.(SD)^{-1,937} .d_{20}^{-1,825} .d_{50}^{-0,946} .d_{80}^{-0,329} .d_{max}^{3,080} \quad (4.4)$$

Elde edilen ilişkinin $r^2=0,956$ gibi oldukça kuvvetli bir ilişki verdiği görülmüştür.

Önerilen Formülün Deneme Atımı İle Geçerlilik Testi:

Çakırlar maden sahasında yaptığımız örnek bir atımda titreşim ve patlatma sonrası oluşan yığının sayısal görüntü işleme tekniği ile parça boyut dağılımı analizinde elde edilen değerler, kaydedilen PPV ve hesaplanan SD değerleri;

$$D_{20} = 99,54 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 378,71 \text{ mm}$$

$$D_{80} = 760,33 \text{ mm}$$

$$D_{\max} = 1370,46 \text{ mm}$$

$$PPV = 0,64 \text{ mm/sn}$$

$$SD = 17,83$$

şeklindedir.

Bu değerleri Çakırlar sahası için önce $PPV = 685,7(SD)^{-1,24}$ bağıntısında daha sonrada

$$PPV = 0,126.(SD)^{-1,465} .d_{20}^{0,082} .d_{50}^{9,841} .d_{80}^{-10,592} .d_{\max}^{2,924}$$

bağıntısında yerlerine koyduğumuzda;

$$PPV = 685,7(SD)^{-1,24} \text{ için } PPV = 19,26 \text{ mm/sn}$$

$$PPV = 0,126.(SD)^{-1,465} .d_{20}^{0,082} .d_{50}^{9,841} .d_{80}^{-10,592} .d_{\max}^{2,924}, \text{ ye göre ise,}$$

$PPV = 0,78 \text{ mm/sn}$ olarak bulunmaktadır.

Sonuç olarak önerilen bağıntı ile tahmin edilen PPV değeri, klasik PPV-SD eşitliğine göre, ölçülen PPV değerine daha yakın sonuç vermiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Cebeci Taş Ocaklarından Erler, Deniz, Çakırlar, Dalbay ve Özyurt maden sahalarında kalker üretimi sırasında yapılan patlatmalar etüd edilmiş ve patlatmalardan kaynaklanan titreşimler ölçülerek analizi yapılmıştır. Yapılan patlatma çalışmaları sırasında, titreşim ölçer cihazı ile alınan titreşim kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gerekli görülen bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Yapılan parça boyut dağılımı analizi sonuçlarına göre, genellikle Split-Desktop programının, Kuz-Ram modeline göre gerçek parçalanma sonuçlarına daha yakın bir tahminde bulunabildiği görülmüştür. Bununla beraber bazı atımlarda Kuz-Ram modelinin de gerçek parçalanma sonucuna çok yakın tahminlerde bulunabildiği görülebilmektedir.

Literatürde yaygın olarak kullanılan $PPV=k.SD^{-b}$ denklemi sorgulanmış ve bu amaçla da patlatmada enerji bölüşüm kademelerinden birisi olan parçalanmaya harcanan enerjinin de dikkate alınması gerektiği düşünülmüştür. Bu düşünceden hareketle parçalanmaya harcanan enerjinin d20, d50, d80 ve dmax olarak parça boyut dağılımı şeklinde formüle ilave edilmiştir. Elde edilen formülün oldukça kuvvetli korelasyonlar verdiği gözlenmiştir.

Patlatma sonucu açığa çıkan enerji yalnızca titreşime harcanmamakta, parçalama, öteleme, ısı ve ışık şeklinde de harcanmaktadır. Buna göre yapılan analizler ve test atımı sonucuna göre 4.1. nolu eşitlik ile önerilen ilişkinin daha yüksek korelasyon'la titreşim tahmininde gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ancak, bahsedildiği gibi titreşim ve parçalamanın dışında da harcanan enerji bölüşümleri mevcuttur. Bundan sonraki çalışmalarda burada hesaba katılmayan diğer

enerji bölüşüm kademelerinin de göz önünde bulundurularak önerilen denklemin geliştirilmesi ve revize edilmesi gerekmektedir.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmaların kısıtlı sayıdaki sahalarda yapılması ve verilerin kısıtlı olması nedeniyle önerilen formülün bütün formasyonlar da ve sahalarda geçerli olabileceğini söylemek mümkün değildir. Bu nedenle bundan sonra yapılacak çalışmalarda, formasyon çeşitliliği ve saha farklılığı da göz önünde bulundurularak çalışmaların revize edilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

ADIGÜZEL D., 2006, *Çatalca Yöresi Akyol Taş Ocağı'nda Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Etiklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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 İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi Ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

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

BROADBENT, CD., 1974, *Predictable blasting with insitu seismic survey*, Mining Engineering, April, SME, USA

BOBO, T, 2001, 'What's New With The Digital Image Analysis Software Split-Desktop?', 2001 High Tech Seminar - Blasting Technology, Instrumentation and Explosive Applications, Nashville', TN USA, July 22-26, 2001, pp. X1-9.

CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., 1993, Delme Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği İle İlgisi, *1. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, s.127-138, Ankara.

CUNNINGHAM, C. 1987, '*Fragmentation Estimations and the Kuzram Model Four Years On, 2nd International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*', Keystone, Colorado, pp 475-487.

CUNNINGHAM, C. 1983, '*The Kuz-Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting*', Trans. 1 st Ind. Symp. Rock Fragmentation by Blasting, Lulea. Sweden.

DJOREDJEVIĆ, N. 1999, '*Two-Component Model of Blast Fragmentation, Proceedings of 6th Symp*'. on Rock Fragmentation by Blasting, pp 213-219. Symposium series S21. SAIMM, Johannesburg

GİRDNER, K, KEMENY, J., SRİKANT, A., and MCGİLL R., 1996. '*The Split System for Analyzing The Size Distribution of Fragmented Rock*', Proceedings of the FRAGBLAST-5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation (Franklin, J. and T. Katsabanis, eds.), Montreal, Quebec, Canada, pp. 101-108.

GRUNDSTROM, C., KANCHIBOTLA, S., JANKOVICH, J., THORNTON, D., 2001, '*Blast Fragmentation for Maximising the SAG Mill Throughput at Porgera Gold Mine*', Proc. In Proc IJEE 27th Ann Conf Expl & Blasting Technology, vol 1. Pp 383-399. IJEE, Cleveland OH.

HOEK, E., BRAY, J.W., 1991, Kaya şev stabilitesi, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını*, (Çevirenler: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.), Ankara

KAHRİMAN, A., 2003, *Maden ve Taşocaklarında Kaya Patlatma Tekniği Semineri*, İstanbul.

KAHRİMAN, A., 1999, *Açık Maden ve Taşocaklarında Kaya Patlatma Teknolojisi Eğitim Semineri*.

KAHRİMAN, A., 1995, *Sivas Ulaş Yöresi Sölestit Cevheri ve Yan Kayaçları İçin Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri İle İlişkilendirilmesi*

KANCHİBOTLA, S., VALERY Jnr W., MORELL, S. 1999, 'Modelling Final in Blast Fragmentation and Its Impact on Crushing and Grinding', Explo'99 Lonference, W.A.

KARADOĞAN, A., (2008) "Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimler İçin Ulusal Yapı Hasar Kriterleri Oluşturulabilirliğinin Araştırılması", İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul

KAYA, E., 2010, *Cebeci Taş Ocakları Üretim Ve Pazarlama Kooperatifi 2010 Yılı Birinci Dönem Faliyet Raporu*

KEMENY, J., 1994, 'A Practical Technique for Determining The Size Distribution of Blasted Benches, Waste Dumps, and Heap-Leach Sites, Mining Engineering', Vol. 46, No. 11, pp. 1281-1284

KEMENY, J., MOFYA, E., KAUNDA, R., PERRY, G., MORİN, B., 2001, 'Improvements in Blast Fragmentation Models Using Digital Image Processing', Proceedings of the 38th Rock Mechanics Symposium, Washington, D.C., USA.

KONYA, J.A., WALTER, E. J., 1990, *Surface Blasting Design, USA..*

KOU, S., RUSTAN, A., 1992, *Burden Related To Blasthole Diameter İn Rock Blasting, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.29, pp.543-553.*

KUZNETSOV V.M., 1973, *The mean diameter of fragments formed by blasting rock, Soviet Mining Science, Vol. 9 No. 2.*

LANGEFORS, U., KIHLLSTROM, B., 1973, *The modern technique of rock blasting, 3rd Edition, Stockholm, Sweden.*

LATHAM, MEULEN, DUPRAY, 1999, 'Developments assesment of insite block size distributions of rock masses' J. Platham. Vol 32. Nol, pp 29-49

LEIGHTON, J.C., et al., 1982, *Development of a correlation between rotary drill performance and controlled blasting powder factors*, CIM Bulletin, USA.

OLOFSSON, S.O., 1988, *Applied Explosives Technology, for Construction and Mining*, Sweden

ÖZDEMİR, K., 2009, *Basamak Patlatmasında Parça Boyut Dağılımının Ardışık İşlem Faaliyetlerine Olan Etkilerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZDEMİR, K., 2004, *Dijital Görüntü İşleme Tekniği İle Patlatma Verimlilik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

ÖZDEMİR, K., KAHRİMAN, A., ÖZER, Ü., 2007, Parçalanma Tahmin Modelleri ve Dijital Görüntü İşleme Yöntemi. 5. *Delme Patlatma Sempozyumu*, Ankara, Sayfa 81-92.

ÖZER, Ü., KAHRİMAN, A., TUNCER, G., KARADOĞAN, A., ÖZDEMİR, K., 2006, 'A Practical Approach for Blasters to Determine The Optimal Bench Blasting Conditions, Proceedings of The Thirtieth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique', 1-4 February, New Orleans, Louisiana, USA., 2004, Volume I, pp. 51-59.

ÖZKAHRAMAN, H.T., 1994, *Critical Evaluation of Blast Design Parameters for Discontinuous Rocks By Blasting*. Ph. D. Thesis METU, Ankara

PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., 1986, Divriği madenleri müessesesi açık ocağında patlatma sorunlarının etüdü, *ODTÜ*, Ankara

SPLIT-ENGINEERING LLC, 2001, '*Split Desktop Version 2.0 User Manual, Split Engineering, Tucson*', Arizona, USA

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

YILMAZ, P., 2010, *Basamak Ayna Profiline Patlatma Performansına Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

ÖZGEÇMİŞ

Mahir Akyol 16 Temmuz 1984 Kütahya Altıntaş doğumludur. Orta okul ve liseyi Aydın Adnan Menderes Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği eğitimine başlamıştır. 2007 yılında Maden Mühendisi olarak mezun olup, aynı yıl içerisinde yine İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.