

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖRSELENME FAKTÖRÜNÜN
SÜREKSİZLİKLERİN SEÇİLMİŞ BAZI
JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE OLAN
ETKİLERİ**

Mustafa Emre YETKİN

Haziran, 2012

İZMİR

**ÖRSELENME FAKTÖRÜNÜN
SÜREKSİZLİKLERİN SEÇİLMİŞ BAZI
JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE OLAN
ETKİLERİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı**

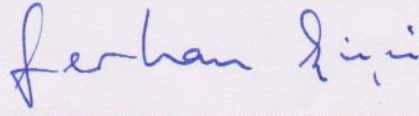
Mustafa Emre YETKİN

Haziran, 2012

İZMİR

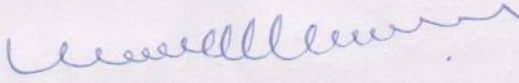
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MUSTAFA EMRE YETKİN, tarafından **PROF. DR. FERHAN ŞİMŞİR** yönetiminde hazırlanan “**ÖRSELENME FAKTÖRÜNÜN SÜREKSİZLİKLERİN SEÇİLMİŞ BAZI JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



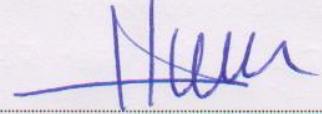
Prof. Dr. Ferhan ŞİMŞİR

Yönetici



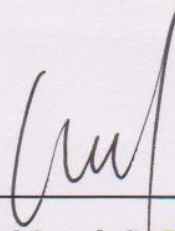
Prof. Dr. M. Yakın Koca

Juri Üyesi



Doç. Dr. Hayati Yeri'ce

Juri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve bu bilimsel çalışmayı yöneten, danışmanım Sayın Prof. Dr. Ferhan ŞİMŞİR'e öncelikle teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca, çalışmalarımı yönlendiren ve katkı koyan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Hamdi DELİORMANLI , Doç. Dr. Hayati YENİCE ve Yrd. Doç. Dr. Doğan KARAKUŞ' a ...

Ayrıca arazi çalışmalarının değerlendirilmesinde bana destek olan, bilgi ve tecrübesini paylaşan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Kemal ÖZFIRAT 'a ...

Arazi çalışmalarım boyunca yardımcı olan ve gerekli imkanları sağlayan Dere Madencilik çalışanları ve saha mühendisi Kemal SÖYLEMEZ'e, ayrıca Çimentaş A.Ş'ye ve Gerçek İnşaat saha mühendisi Kerem DURAN'a ...

Başta Araş. Gör. Mehmet Volkan ÖZDOĞAN olmak üzere birlikte çalışmalarımızı yürüttüğümüz, fikir alışverişinde bulunduğumuz mesai arkadaşlarım ve hocalarıma ...

Bütün eğitim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve hep yanımda olan babam Serhat YETKİN ve annem Ayşe YETKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Emre YETKİN

ÖRSELENME FAKTÖRÜNÜN SÜREKSİZLİKLERİN SEÇİLMİŞ BAZI JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİLERİ

ÖZ

Günümüz açık ocak madenciliğinde ocak üretim maliyetinin yaklaşık yüzde otuzu patlatma işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca patlatma işleminde ve patlatma verimindeki en önemli parametrelerden biri de süreksizliklerdir. Süreksizliklerin devamlılığı ve açıklığı, patlatma verimine doğrudan etki eden unsurlardır. Açık ocaklarda yapılan patlatma işlemlerinden kaya kütlesi içindeki süreksizlikler etkilenmekte ve açıklıkları artmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda gerçekleştirilen bu çalışmada iki farklı işletmede arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve arazilerde yapılan patlatma işlemleri sonrasında kaya kütlelerinde meydana gelen örselenmenin, süreksizliklerin açıklığına olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, her patlatmaya ait özgül şarj miktarları hesaplanmış ve özgül şarj miktarları ile patlatma işlemi sonrasında süreksizliklerde meydana gelen değişimler arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır.

Ayrıca, patlatma yapılan aynalardaki süreksizlik aralıkları ve patlatma parametreleri dikkate alınarak patlatmadan sonraki tane yığın boyut dağılımları görüntü analizi yöntemi yardımıyla tanımlanmıştır.

Anahtar sözcükler : Süreksizlik, süreksizlik açıklığı, patlatma

DISTURBANCE FACTOR EFFECTS ON THE SELECTED GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE DISCONTINUITIES

ABSTRACT

The cost of blasting operations is about thirty percentage of all production expenses for open pit mine operations. Discontinuities are one of the most important parameters for blasting operations. The persistency and the aperture of discontinuities are directly affected from the blasting efficiency. Blasting operations in open pit mines affect the discontinuities into the rock mass and change its properties.

In this study, the field studies were computed for two different quarries and the effect of disturbance on discontinuities into the rock mass after blasting operations were studied.

The specific charge for blasting were calculated for every blasting operation and the relationships between specific charge and change of the discontinuity aperture after the blasting operations were studied.

Also particle size distribution were tried to be determined by considering spacing of discontinuities and the blasting parameters by using the image analyzing method.

Keywords: Discontinuities, aperture of discontinuities, blasting

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v

BÖLÜM BİR – GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
---------------------------------------	---

BÖLÜM İKİ – KAYA KÜTLELERİNİN TANIMLANMASI VE SÜREKSİZLİKLERİN ÖNEMİ

2.1 Kaya Kütlelerinin Tanımlanması	5
2.2 Kaya Kütleleri Türleri	8
2.3 Kaya Kütlelerinin Özellikleri	10
2.4 Süreksizliklerin Mühendislik İşlerine Etkisi	13
2.4.1 Mikrofissürler ve Fissürler	13
2.4.2 Çatlaklar.....	14
2.4.2.1 Çatlakların Mühendislik İşlerine Etkisi	16
2.4.3 Faylar	18
2.4.3.1 Fayların Mühendislik İşlerine Etkisi.....	18
2.4.4 Kıvrımlar ve Mühendislik İşlerine Etkisi	19

BÖLÜM ÜÇ – SÜREKSİZLİKLERİN ÖZELLİKLERİ

3.1 Süreksizliklerin Genel Özellikleri	21
3.1.1 Süreksizliklerin Oluşumu	23

3.2 Süreksizlik Türleri	23
3.3 Süreksizlik Aralığı.....	27
3.4 Süreksizliklerin Devamlılığı.....	32
3.5 Süreksizlik Yüzeyinin Pürüzlülüğü ve Dalgallığı	34
3.6 Süreksizlik Yüzeyinin Açıklığı	36
3.7 Dolgu Malzemesinin Özellikleri	38
3.8 Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı	39
3.9 Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu	41
3.10 Süreksizliklerin Yönelimi ve Süreksizlik Takımı Kavramı	42
3.11 Blok Boyutu	44

BÖLÜM DÖRT – SÜREKSİZLİK ÖZELLİKLERİNİN KAYA YÜZEYİNDE TAYİN EDİLMESİ VE KULLANILAN YÖNTEMLER..... ..46

4.1 Süreksizlik Özelliklerinin Yüzeyde Tayini	46
4.2 Hat Etüdü Yöntemi.....	47
4.3 Pencere Haritası Yöntemi.....	48
4.4 Süreksizlik Özelliklerinin Sondaj Karotlarından Belirlenmesi	49
4.5 Görüntü Analizi İle Süreksizliklerin Tespit Edilmesi	49
4.6 Görüntü Analizi İle Boyut Dağılımının Tespit Edilmesi ve Çalışmada Kullanılan Görüntü Analizi Programı “WIPFRAG GRANULOMETRY ANALYSIS SOFTWARE” in Tanıtılması	52
4.6.1 Elde Edilen Görüntülerin Hazırlanması.....	55
4.6.2 Görüntünün Analiz Edilmesi	56

BÖLÜM BEŞ – YAPILAN ARAZİ ÇALIŞMALARI..... ..58

5.1 Giriş	58
5.2 Dere Madencilik A.Ş’ye Ait Sahada Yapılan Arazi Çalışmaları	58
5.2.1 1.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	59
5.2.2 2.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	64
5.2.3 3.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	69

5.2.4 4.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	74
5.2.5 5.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	79
5.2.6 6.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	84
5.2.7 7.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	89
5.3 Çimentoş A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Arazi Çalışmaları	94
5.3.1 1.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	95
5.3.2 2.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	99
5.3.3 3.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	104
5.3.4 4.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	109
5.3.5 5.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	113
5.3.6 6.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	117
5.3.7 7.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	121
5.3.8 8.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	126
5.3.9 9.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	130
5.3.10 10.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	134
5.3.11 11.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	138
5.3.12 12.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	142
5.3.13 13.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	147
5.3.14 14.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar.....	152
BÖLÜM ALTI –VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	158
6.1 Dere Madencilik A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi	158
6.2 Çimentoş A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi	165
BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR	175
KAYNAKLAR	178

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Açık maden işletmelerinde basamaklar şeklinde üretim, emniyetli ve ekonomik bir yöntem olarak başarı ile uygulanmaktadır. Geçmişten günümüze basamaklı yapıların kazısında ve üretimin gerçekleştirilmesinde delme-patlatma operasyonları en ekonomik ve etkili yöntem olarak kullanılmaktadır. Kaya kütlelerinden cevher zenginleştirme öncesi ince boyutlu malzeme üretimine kadar boyut küçültme göz önüne alındığında, basamak patlatmaları boyut küçültmenin ilk aşaması olarak diğer işlemlerin verimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle basamak patlatmalarında boyut dağılımının denetlenebilmesi ardışık işlemlerin verimliliğini belirlemektedir (Maerz ve Palangio, 2004).

Basamak patlatmalarından boyut dağılımının belirlenmesi hem kontrol edilen değişkenler (patlatma tasarım parametreleri; dilim kalınlığı, özgül şarj, patlayıcı miktarı, basamak yüksekliği vb.), hem de kontrol edilemeyen değişkenler (kaya kütleleri özellikleri; süreksizlikler, kayanın mekanik ve fiziksel özellikleri, yer altı suyu) fazlalığı nedeniyle oldukça güçtür.

Patlatma, teknolojik olarak ele alındığında, patlayıcı maddenin çok kısa bir sürede hacminin yaklaşık 600 katı hacimde basınçlı gaz ürünler haline gelerek, tepkime süresine bağlı olarak şok dalgaları oluşturmasıdır. Kaya kütleleri bu süreçte oluşan basınçlı gaz ürünleri ile parçalanmaktadır. Patlatma verim açısından değerlendirildiğinde ise, kayaç parçalanmasında kullanılması istenilen bu basınçlı gaz ürünleri, kaya kütle özelliklerinde var olan süreksizliklerden kaçarak etkisini yitirmekte ve patlatma verimini olumsuz etkilemektedir. Süreksizlik, kaya kütlelerinde çekme dayanımına sahip olmayan veya çok düşük çekme dayanımına sahip tabakalanma düzlemi, eklem, fay, makaslama zonu, dilinim, şistozite gibi jeolojik anlamda zayıflık düzlemlerinin tümünü içeren genel bir kavramdır. Süreksizliklerin özellikleri, konumları ve yönelimleri, kaya kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik gibi özelliklerini, dolayısıyla kaya mühendisliği uygulamalarını önemli derecede etkiler. Süreksizliklerin üç boyutlu karmaşık yapısı, süreksizlik aralığı veya kaya yapısı olarak adlandırılır (Ulusay ve Sönmez, 2007). Bu

yapının ortaya konması ve mühendislik projelerinde kullanımı bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüz madenciliğinde kaya mekaniği alanında yapılan çalışmalar sonucunda, açık ocaklarda yapılan patlatma işlemi öncesinde ve sonrasında kaya kütlesi içerisinde bulunan süreksizliklerin, patlatmanın verimi üzerinde önemli rol oynadıkları görülmüştür.

Açık ocaklarda boyut küçültme işleminin ilk aşaması patlatma işlemidir. Açık maden işletmelerinde boyut küçültmenin ilk aşaması olan delme-patlatma operasyonlarında bu küçültmenin derecesi ve denetlenmesi, devam eden işlemlerin verimi üzerine doğrudan etkilidir. Örneğin iyi denetlenmemiş bir patlatma sonucu oluşan yığın boyutu, kazı ve yükleme yapan ekskavatör gibi makinelerin kepçesiyle efektif olarak kazılamamakta ve dolayısıyla bu makinelerin hedef kapasitelerini düşürebilmektedir. Ayrıca, patlatma sonucu oluşan kayacın boyutu, bir sonraki işlem olan kırma safhasında fazla enerji tüketimine neden olabileceği gibi ilaveten öğütme işlerinin verimini de doğrudan etkilemektedir.

Günümüz açık ocak madenciliğinde ocak üretim maliyetinin yaklaşık % 30'u patlatma operasyonlarından gelmektedir. Ayrıca patlatma işleminde ve patlatma verimindeki en önemli parametrelerden biri de süreksizliklerdir. Süreksizliklerin devamlılığı ve açıklığı, patlatma verimine doğrudan etki eden unsurlardır. Açık ocaklarda yapılan patlatma işlemleri sonucunda kaya kütlesi içindeki süreksizlikler etkilenmekte ve yapıları değişmektedir.

Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen bu çalışmada, açık ocaklarda üretim aşamasında büyük önem taşıyan patlatma işlemi sonrasında kaya kütlelerinde meydana gelen örselenmenin, süreksizliklerin açıklığına olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, patlatma yapılan aynalardaki süreksizlik aralıkları ve patlatma parametreleri

dikkate alınarak patlatmadan sonraki tane yığın boyut dağılımları görüntü analizi yöntemi yardımıyla tanımlanmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM İKİ

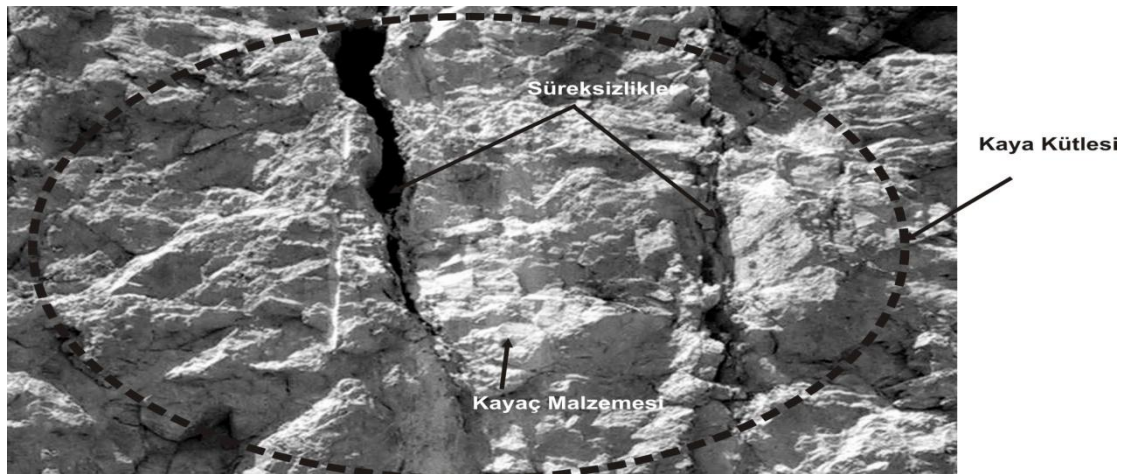
KAYA KÜTLELERİNİN TANIMLANMASI VE SÜREKSİZLİKLERİN ÖNEMİ

Kayaçların yapısal ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, kaya yapıları kullanılarak yapılan uygulamalar açısından hayati önem taşımaktadır. Mühendislik işlerine ve kayaçların mühendislik özelliklerine etki yapan en önemli faktör litoloji (kaya türü) ve jeolojik yapıdır. Her türlü yapının emniyeti ve maliyeti, bu iki özelliğin iyi bilinmesine bağlıdır. Kayaçlar üzerinde yapılan uygulamalar, yer altı, yer üstü ve madencilik faaliyetleri olarak sınıflandırılabilir. Bu yapılar farklı amaçlar için inşa edilse de, birbirleriyle ortak olan yönü kayaçlarla etkileşim halinde olmalarıdır ve yapılış amaçlarına göre bu etkileşimin süresi değişebilir (Karakuş, 2007).

Gerilmelerin etkisi altında kaya kütlelerinin davranışı, kaya kütlelerinin litolojisine, bulunduğu ortamın koşullarına ve süreksizliklerin sıklığına bağlıdır. Bu nedenle herhangi bir mühendislik yapısında litoloji ile birlikte süreksizlikler ve ortam koşulları, yapının büyüklüğü oranında etkili olmaktadır (Erguvanlı, 1995). Mühendislik çalışmalarında kaya kütleleri, kendisini oluşturan minerallerin yanında düzlemsel veya düzleme yakın yüzeyler veren farklı yönlerde farklı özellikler gösteren süreksizlikler ile birlikte düşünülmelidir. Kaya kütlelerinin laboratuvar çapta deneylerinin yapılması ve fiziksel özelliklerinin modellenmesi mümkün olmadığı için, araştırma ve sınıflandırmalar kantitatif olarak yapılmaktadır. Bu sınıflandırma yöntemlerinde de kayaç malzemesine yapılan testler ile birlikte ayrıca detaylı saha çalışmaları yapılmakta, özellikle süreksizliklerin oluşu ve oluş mekanizmaları, ölçümleri, sınıflandırılmaları, karakteristikleri, süreksizlik yüzeyleri, süreksizlik dolgu maddeleri, boşluk suyu ve basıncı ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılmaktadır.

2.1 Kaya Kütlelerinin Tanımlanması

Kaya kütlesi, süreksizlikler ile kayaç malzemesinin birlikte oluşturdukları kütle veya sistemdir (Şekil 2.1). Kayaç kütlelerinde süreksizlikler ile sınırlanan kayaç malzemesi blokları değişik özellikler sergileyebilir. Kaya kütlelerinin belirli bir gerilim altındaki davranışı, genellikle kayaç malzemesine ait bloklar ile süreksizlikler arasındaki etkileşim tarafından belirlenir. Örneğin herhangi bir süreksizlik içermeyen kaya bloğunda açılan küçük kesitli bir boşlukta belirleyici olan, kaya malzemesinin mühendislik özellikleridir. Buna karşılık süreksizlikler ile sınırlanmış kayaç bloklarında, açılan bir boşluğu denetleyen faktör tek başına kayaç malzemesi veya süreksizlik değil, bu her iki elemanı da içeren kaya külesidir (Ulusay ve Sönmez, 2007).



Şekil 2.1 Kayaç malzemesi, süreksizlikler ve kaya külesinin bir şev aynasında görünümü



Şekil 2.2 Kaya külesi üzerindeki süreksizliklerin görünümü

Kayaç malzemesi, kaya kütlelerinde eklem, tabakalanma, şistozite fay vb. gibi doğal süreksizliklerin arasında kalan ve malzemenin çekme dayanımının azalmasına neden olabilecek herhangi bir kırık içermeyen değişik boyutlardaki kayaç parçalarıdır. Kayaç malzemesinde bazen mikro kırıklar bulunmakla birlikte, bunlar süreksizlik veya kırık olarak dikkate alınmazlar ve kayaç malzemesinin elastik ve izotrop olarak davrandıkları kabul edilir (Ulusay ve Sönmez, 2007) (Şekil 2.1).

Süreksizlik, kaya kütlelerinde çekme dayanımı olmayan veya çok düşük çekme dayanımına sahip tabakalanma düzlemi, eklem, fay, makaslama zonu, dilinim, şistozite vb. gibi zayıflık düzlemlerinin tümünü içeren temel bir kavramdır (Şekil 2.1). Bu kavram; süreksizliğin yaşı, geometrisi ve kökeni gibi hususları içermez. Bununla birlikte, bazı durumlarda jeolojik kökenli doğal süreksizlikler ile sondaj, patlatma ve kazı gibi işlemler sırasında oluşan yapay süreksizliklerin ayırt edilmesi önem taşır. Süreksizliklerin özellikleri, konumları ve yönelimleri, kaya kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik vb. gibi özelliklerini önemli derecede etkiler. Süreksizliklerin üç boyutlu karmaşık yapısı, süreksizlik ağı veya kaya yapısı olarak adlandırılır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Ulusay ve Sönmez'e (2007) göre, kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri kolaylıkla belirlenememekte, dolayısıyla oldukça karışık teorik çözümleri ve deneysel güçlükleri beraberinde getirmektedir. Bu güçlükler nedeniyle, uygulamada çoğu kez kaya kütlesi yerine, kaya kütlelerinin oranla daha yüksek mühendislik parametrelerine sahip olan kaya malzemesi esas alınarak tasarım yapılmaktadır.

Açık maden işletmelerinde kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri, kazılabilirlik, patlatma ve şev duraylılığı açısından önem kazanmaktadır. Bu özelliklerin tespitinin kısa sürede ve ekonomik olarak yapılması, açık ocağın emniyeti ve ekonomikliği açısından önemlidir. Bu durum geniş bir alana yayılmış açık ocaklarda kaya kütlesi mühendislik çalışmalarını zorlaştırabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Geniş bir alana yayılmış açık ocaklarda kaya kütlesi görünümü

Kaya kütlelerinin süreksizlik analiz tekniklerinin arazi uygulamalarında bir takım zorluklar ve sakıncalar olabilir. Bunlar;

a) Bu yöntemlerin arazi uygulamalarında fazla miktarda bilgi toplamak, depolamak ve analiz etmek gerekebilir. Bu işlemlerin elle yapılması hata oranını arttırabilir.

b) Süreksizlik analizlerinde kaya kütleleri (şev, mostra, tünel aynası vb.) ile fiziksel temasta bulunulması gerekmektedir. Bu durum her zaman mümkün olmamakta, bazı durumlarda da tehlikeli olmaktadır.

c) Süreksizliklerin tespitinde kullanılan mekanik cihazların kalibrasyonlarından, teknik kapasitesinden veya kullanıcıdan kaynaklanan hatalar olabilir.

d) Süreksizlik analizlerinin arazide yapılması zaman alan çalışmalardır. Özellikle analizlerin hızlı yapılmasında ve bu analiz sonuçlarından dizayna gitmede bazen konvansiyonel metotlar yetersiz kalmaktadır. Örneğin bir tünel aynası veya yer altı maden işletmesinde süreksizlik analizine göre kaya kütlelerinin özelliklerinin

belirlenmesi ve tahkimat dizaynı çalışmasında, bu analizlerin hızlı bir şekilde yapılması gerekmektedir.

e) Bu çalışmalarda bilgi toplanması ve bunların analiz edilmesi maliyeti fazla olan işlemlerdir.

2.2 Kaya Kütlesi Türleri

Kaya kütleleri, yapısal ve mekanik özellikleri açısından başlıca dokuz ana gruba ayrılır (Goodman, 1995). Her kaya kütlesi grubunun genel özellikleri aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

Eklemsiz (masif) kaya kütleleri: Bu tür kaya kütleleri, bozunma zonunun altında bulunurlar ve örneğin masif kumtaşları ve granitik kayalar ile foliasyon içermeyen temel kaya kütleleri bu grupta yer alırlar (Şekil 2.4a). Masif kaya kütleleri, sürekli, homojen, izotop ve doğrusal elastik davranış gösteren kayalar olarak kabul edilirler.

Kısmen eklemli kaya kütleleri: Bunlar üçten az sayıda, devamlılığı fazla eklem setlerini içeren ve kazıldıkları zaman münferit blokların elde edilemediği kaya kütleleridir (Şekil 2.4b). Bu tür kaya kütleleriyle ilgili mühendislik hesaplamalarında, özellikle kaya mekaniğinin esaslarından yararlanır.

Kısmen bloklu kaya kütleleri: Bu tür kaya kütleleri açık veya yumuşak malzeme tarafından doldurulmuş, sayısı üçten az olan eklem setlerinin yanı sıra, kapalı ikincil süreksizlikleri de içerirler (Şekil 2.4c). Söz konusu kapalı eklem setlerinden birinin deformasyona bağlı olarak açılması halinde, kaya kütlelerinde gerçek anlamda bir bloklaşma gelişebilir. Süreksizliklerin yeniden açılması konusunda bazen sayısal modelleme veya matematiksel analiz yöntemleri kullanılarak çalışılabilir.

Bloklu kaya kütleleri: İyi gelişmiş, açık veya yumuşak dolgu içeren, devamlılığı yüksek, üçten fazla sayıda süreksizlik takımı içeren kaya kütleleri bloklu kaya

kütelleri olarak tanımlanır (Şekil 2.4d). Bu tür kaya kütelleri çok sayıda süreksizlik tarafından bölünmüş olduğu için, kazı sırasında blok elde edilmesi kolaydır.

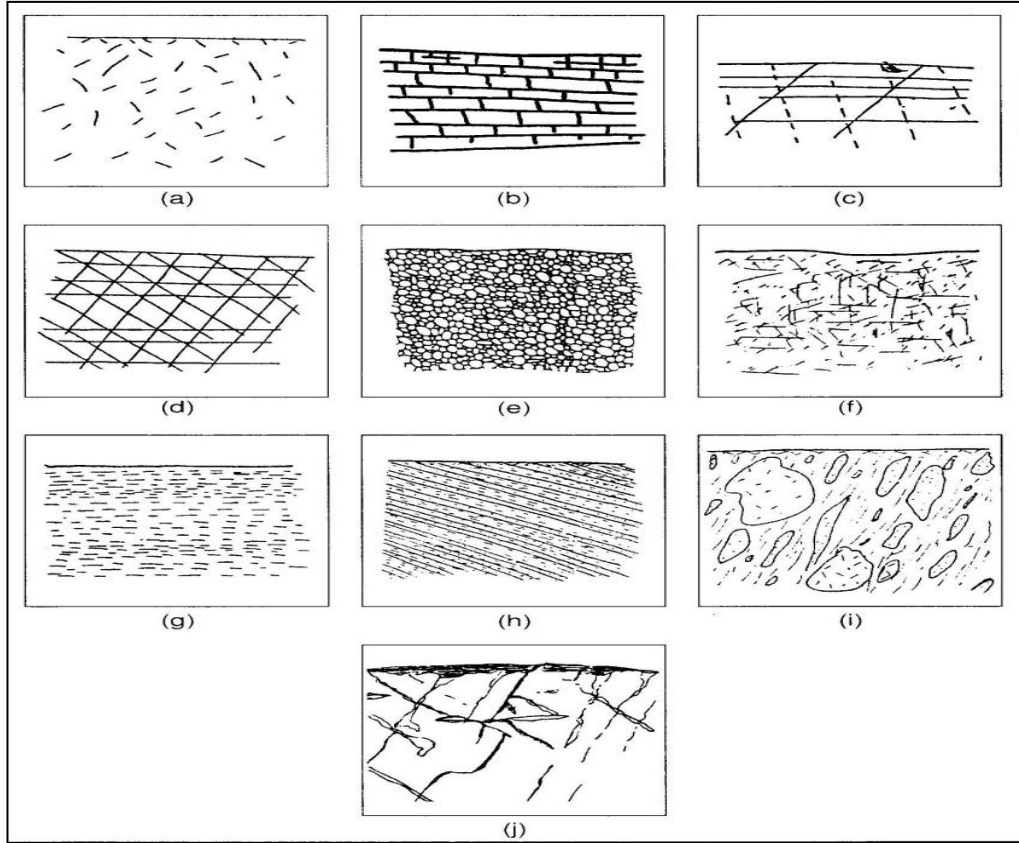
Çok gözenekli kaya kütelleri: Bu tür kaya kütellerinde önemli miktardaki gözenek, poro-elastisite, akışkan içeriği, akışkanın hareketi ve gerilme altında gözeneklerin tahrip olması gibi nedenlerle kayanın mekanik davranışını etkilerler (Şekil 2.4e). Çok gözenekli kaya kütellerinde sürekli cisimler mekaniğinin ilkeleri uygulanabilir.

İleri derecede fisürlü kaya kütelleri: Fisürlü kayalar, önemli ölçüde kırılganlığa ve anizotropiye, ayrıca tüm mekanik özellikleri açısından sapsmalara neden olan, sık aralıklı küçük süreksizlikler içerirler (Şekil 2.4f). Bu tür kaya kütellerinden örnek alımı ve deney yapılması oldukça güç olup, bunlar mekanik davranışları açısından sıkı-fisürlü killerle benzerlik gösterirler.

Sıkışan ve şişen kaya kütelleri: Bu tür kaya kütelleri, suyla temas ettiklerinde aniden veya gecikmeli olarak çatlayarak hacim değişimine uğrarlar ve aktif kil minerallerini içerirler. (Şekil 2.4g). Ayrıca yüzeyde atmosferik koşullar altında bozunmaya uğrayan bu tür kaya kütellerine zemin mekaniğinin temel ilkeleri ve yöntemleri uygulanır.

Aykırı kayaların karışımı: Bu grupta yer alan kaya kütelleri, düzenli bir ardalanmaya sahip litolojik birliktelikleri (örneğin, ritmik tabakalı kumtaşı ve şeyl; Şekil 2.4h), izotop ve gelişigüzel karışımları (örneğin, saprolit) ve foliasyonlu gelişigüzel karışımları (örneğin, serpantin ve melanj; Şekil 2.4i) içerebilir. Günümüzde bu tür kayaların mekanik anlamda değerlendirilmesi için geliştirilmiş ayrıntılı yöntemler ve sınıflama sistemleri mevcut olmamakla birlikte, eşdeğer malzeme modellerinin (fiziksel modeller) kullanıldığı özel yöntemler önerilmiştir.

Boşluklu kaya kütelleri: Bu grupta çözünebilir bir çimento ile tutturulmuş, kırıntılı sedimanter kayalar yer almaktadır (Şekil 2.4j) (Ulusay ve Sönmez, 2007).



Şekil 2.4 Kaya kütlesi türleri: (a) masif kaya, (b) kısmen eklemli kaya kütlesi, (c) kısmen bloklu kaya kütlesi, (d) bloklu kaya kütlesi, (e) çok gözenekli kaya kütlesi, (f) ileri derecede fisürlü kaya, (g) sıkışan ve şişen kaya, (h) düzenli karışımlar, (i) düzensiz karışımlar (melanj) ve (j) boşluklu kayalar (Ulusay ve Sönmez, 2007)

2.3 Kaya Kütlelerinin Özellikleri

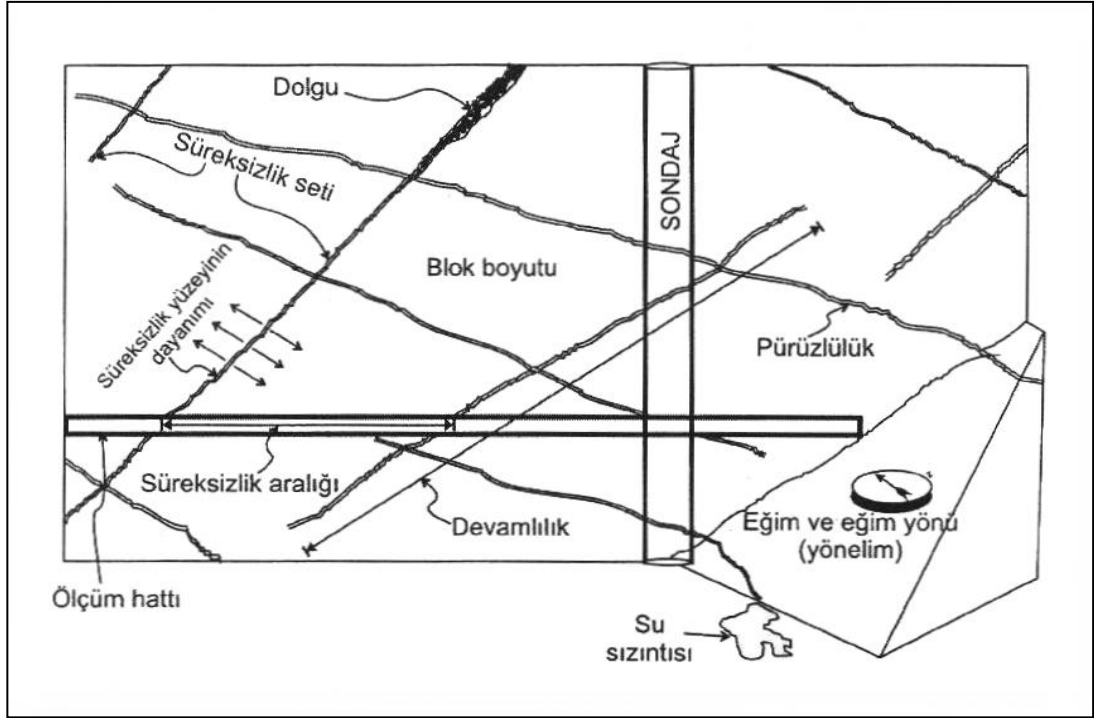
Kaya kütleleri, sürekli, homojen ve izotrop malzemelerden olmayıp, çeşitli süreksizlikler tarafından kesilirler. Ayrıca farklı derecede bozunmaya uğramış kayaç türlerini de içerirler. Bu nedenle, dış yüklere maruz kalabilen söz konusu kütlelerin davranışı, içerdikleri süreksizliklerin özellikleri dikkate alınmadan gerçeğe yakın şekilde analiz veya önceden tahmin edilemez. Bu durum, kaya kütlelerinin özelliklerinin sağlıklı bir şekilde tanımlanmasına ve kaya mühendisliği uygulamalarında önem kazanmasına neden olur. Kaya kütlelerinin tanımlanması, mühendislik yapısının duraylılığını denetleyecek jeolojik unsurların ve bunların fiziksel özelliklerinin tanımlanmasıyla ilgili verilerin toplanması ve kaya kütlelerini temsil edecek bir modelin oluşturulması işlemidir. Bu işlemde en önemli aşama,

süreksizliklere ait özelliklerin tanımlanmasıdır. Süreksizliklerin özellikleri aşağıda belirtilen amaçlara yönelik olarak tayin edilir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

- a) Jeolojik yapının ortaya konulması
- b) Kaya kütlelerinin mühendislik sınıflaması ve
- c) Kaya kütlelerinin duraylılığı (örneğin, şev duraylılığı veya yer altı açıklıklarının tavanlarında oluşan blokların duraylılığı vb.), deformasyonu, sıvı iletimi, patlama ve destek tasarımı gibi uygulamalarda kullanılan kinematik, analitik, sayısal veya görgül yöntemler için veri sağlanması.

Süreksizliklerin özellikleri değişik ölçüm teknikleri kullanılarak, kaya yüzeyinden veya sondajlardan tespit edilerek ortaya konulur. ISRM 1981'de (Brown, 1981) verilen kaya kütlesi süreksizliklerinin ölçülebilen fiziksel parametreleri Şekil 2.5'de verilmiştir. Buna göre süreksizliklerin tanımlanması için aşağıda verilen özelliklerin belirlenmesi gerekir.

- a) Süreksizliğin türü
- b) Süreksizlik aralığı
- c) Süreksizliğin devamlılığı
- d) Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı
- e) Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
- f) Dolgu malzemesinin özellikleri
- g) Süreksizlik yüzeyinin dayanımı ve bozunmanın derecesi
- h) Süreksizlik yüzeyindeki su durumu
- i) Süreksizliğin yönelimi ve süreksizlik seti (takımı) sayısı
- j) Blok boyutu



Şekil 2.5 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Hudson,1989)



Şekil 2.6 Ayna üzerindeki farklı yönlerdeki süreksizliklerin görünümü

2.4 Süreksizliklerin Mühendislik İşlerine Etkisi

Kayaların mühendislik özelliklerine ve kayalar içerisinde veya üzerinde yapılan teknik girişimlere etki eden en önemli faktörler, litoloji (kaya türü) ve jeolojik yapıdır. Her türlü yapının emniyeti ve maliyeti, bu iki özelliğin iyi bilinmesine bağlıdır.

Jeolojik yapı, kayaların oluşumları sırasında ve sonradan kazandıkları bazı yapısal özellikler olarak tanımlanabilir. Ayrıca mühendislik işlerine etki eden jeolojik yapılar "süreksizlik"ler olarak tanımlanmaktadır.

Bu süreksizlikler, mikrofissürler, fissürler, çatlaklar, kırıklar, faylar, tabaka yüzleri ve foliasyon yüzleridir. Bunlar kesiklik yüzeleridir. Bu düzlemler boyunca yer altı ve yer üstü suları ile atmosferin yıkıcı-bozucu etkileri kayaya etki etmektedir. Bundan dolayı kayanın ayrışmasına, farklı yönlerde farklı özellikler oluşmasına (anizotropi) neden olmaktadır.

Bir kaya kütesinin dengesi, kayanın gerilme durumu ile birlikte kayanın cinsine, süreksizliklerin sıklığına, çeşidine ve bunların içerisinde bulunan dolgu maddelerinin her türlü özelliğine bağlıdır. Bundan dolayı, bir tünel açılmasında, sondaj yapılmasında, açık ocak işletmesinin veya bir karayolu yarmasının şevlendirilmesinde, bir baraj temelinde, emniyet ve maliyete, litoloji ile birlikte, süreksizlikler ve ortam koşulları, yapının büyüklüğü oranında etkili olmaktadır (Köse ve Kahraman, 1999).

Jeolojik yapının, yani, süreksizliklerin tanımları ve mühendislik işlerine etkileri aşağıda anlatılmıştır.

2.4.1 Mikrofissürler ve Fissürler

Gözle görülüp görülemeyecek kadar küçük, kıl gibi ince olan çatlaklara "Fissür", bunlardan daha küçük olan ve ancak mikroskopla görülebilenlere de "Mikrofissür"

adı verilmektedir. Fissür ve mikrofissürler, boş, su ile ya da kil, jips, kalsit, silis, demir oksit vb. gibi maddelerle dolu olabilirler.

Boş oldukları zaman, borulanma ve boşluk suyu basıncını meydana getirirler. Bundan dolayı kayanın permeabilitesine ve taşıma gücüne etki ederler. Kazı ve inşaatlarda, yamaç ve kanal şevlerinde sızma yaparak stabilitenin bozulmasına neden olurlar (Güleç, 1979).

Kil, jips vb. gibi suya karşı hassas olan maddelerle dolu olduklarında daha da tehlikeli olabilirler. Bunlar su ile karşılaştıklarında ya şişerler, böylece hacim deformasyonları ve şişme basıncı oluştururlar, ya da fazla su etkisi ile yıkanır giderler. Bu yıkanmanın etkisi, boşluk oluşması ya da başka boşlukların doldurulması şeklinde olabilir. Dolayısıyla zeminde boşluk basıncı veya şişme basıncı doğar. Her iki durumda da oluşan basınçlar büyümeye ve kaya kitlesinin dengesinin bozulmasına neden olurlar.

Fissürlü kayalar üzerine inşa edilmiş bulunan yapılarda çatlama, kırılma, dökülme, farklı oturmalar meydana gelmektedir.

Fissürler çeşitli yöntemlerle incelenmekte ve bunların tesbit edilmesi ile kayanın geçirgenlikleri, farklı gerilmeler karşısındaki davranışları ve fizikomekanik özellikleri arasında bağıntılar kurulmaktadır.

2.4.2 Çatlaklar

Yatay, düşey ya da vevine (çapraz) çok az (min.) hareket etmiş veya hiç hareket etmemiş kırıklara "çatlak" ismi verilmektedir. Burada ayrılma az ve yüzeylere dik yöndedir. Eğer kırılan parçalarda hiç hareket yoksa ve birbirine yapışık ve sıkı ise buna "kırık" ismi verilmektedir

Çatlaklar, basınç, çekme, kayma gerilmeleri ile ya da killerde kuruma ve bazaltlarda soğuma ile oluşmaktadır. Çatlaklar, çoğu kez birbirine paralel gruplar

halinde bulunurlar. Birbirine az çok paralel olarak gelişen çatlaklara sistematik çatlaklar adı verilir. Bu şekilde birbirine paralel olarak bulunan çatlak gruplarına çatlak takımı, birbirini kesen iki çatlak grubuna da çatlak sistemi denmektedir (Erguvanlı, 1973).

Çatlak sistemlerinden bir tanesi, genellikle en büyük gerilme yönüne paralel olanı, çok belirgindir. Bunlara esas çatlak adı verilmektedir. Çatlaklar çok zaman suların getirdiği maddelerle ya da madenlerle doldurulur. Bu takdirde "damar" ismini alır; kalsit damarı, kuvars damarı, andezit damarı gibi. Çatlaklar bazen de, kendilerini oluşturan kuvvetlere göre, basınç çatlakları, çekme çatlakları, kesme çatlakları, yük kalkması çatlakları gibi isimler almaktadır.

Deere ve Deere (1988), sondajlardan elde edilen karotların boylarına bakarak formasyonun jeomekanik özellikleri hakkında fikir edinilmesinin mümkün olabileceğini ileri sürmüş ve bazı önerilerde bulunmuştur. Tortul kütlelerde ayrılmaların tabakalaşma yüzeyleri boyunca da oluşabileceğinden, çatlak aralıkları bazen de tabaka kalınlığını gösterebilecektir. Deere (1988) çatlakları ve tabaka kalınlıklarını çatlak aralıklarının uzunluğuna göre Tablo 2.1'deki gibi sınıflamıştır.

Tablo 2. 1. Ayrılma mesafelerine göre çatlakların ve tabakaların isimlendirilmesi

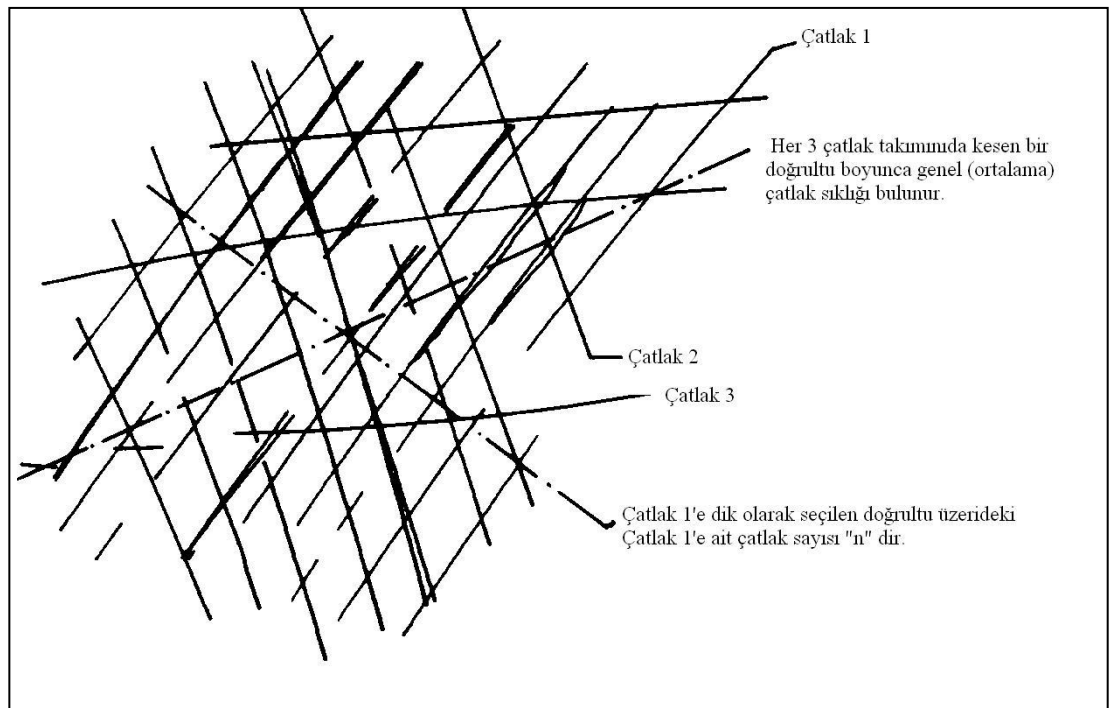
Çatlak Aralığı (cm)	Çatlak Özelliği	Tabaka Niteliği
5 >	Çok sık	Çok ince
5- 30	Sık	İnce
30-100	Oldukça sık	Orta
100-300	Seyrek	Kalın
300 <	Çok seyrek	Çok kalın

Diğer taraftan Coates (1966), gerilme ve deformasyon özellikleri ile birlikte süreksizliklere göre de bir sınıflandırma yapmıştır.

Tablo 2. 2. Süreksizliklerine göre kayaların sınıflandırılması

Sınıf	Çatlak Aralığı (cm)
Masif	> 180
Bloklu	180 - 30
Kırılmış	30 - 7.5
Çok kırılmış	< 7.5

Yukarıda görüldüğü gibi sınıflandırmalarda genellikle çatlak aralığı ve çatlak sıklığı deyimleri kullanılmaktadır.



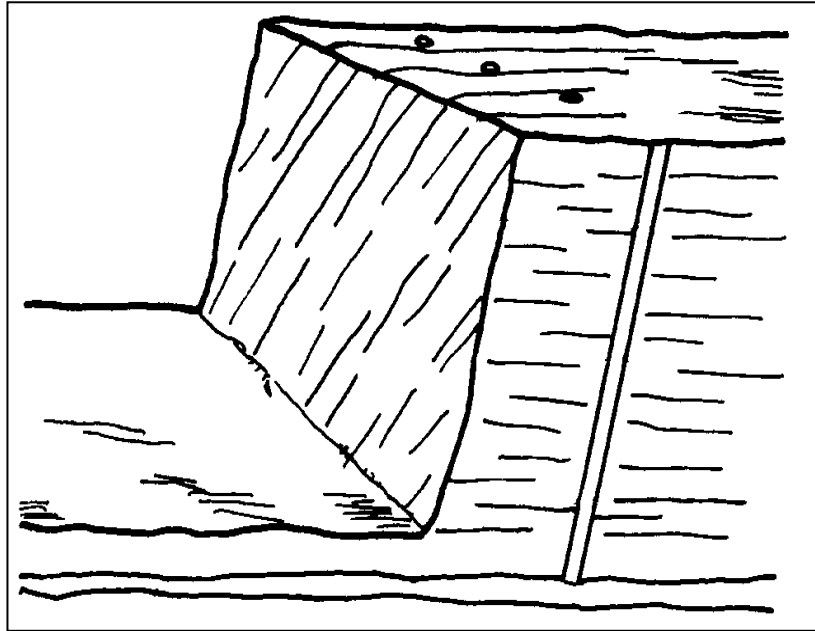
Şekil 2.7 Çatlak sıklığının saptanması (Köse ve Kahraman, 1999).

2.4.2.1 Çatlakların Mühendislik İşlerine Etkisi

Çatlaklar çok önemli süreksizlik yüzeyleridir ve çeşitli mühendislik işlerine çeşitli yönlerden az ya da çok etki yaparlar. Pratikte zeminlerin çatlaklı olduklarının önceden bilinmemesi istenilmeyen bir çok olayın ortaya çıkmasının nedenidir. Aşağıda çatlakların etki yaptığı mühendislik işleri kısaca açıklanacaktır (Köse ve Kahraman, 1999).

1- Mermer işletmelerinde mümkün olduğu kadar büyük boyutlu taşların alınması istenmektedir. Büyük boyutlu blokların çıkarılması, çatlak aralığının büyüklüğüne bağlıdır. Bu yüzden bir mermer ocağı işletilirken veya projelendirme ve pazarlama etüdleri yapılırken, hangi boyutlu malzemedan ne kadar taş çıkarılacağına hesaplanması gerekmektedir. Bu da çatlakların hesaplanması ile mümkündür.

2- Kazılarda, büyük hacimli ve boyutlu taş çıkarılması istenen ocaklarda, iş veriminin artması, kullanılacak patlayıcı maddelerin etkisi ve elde edilecek verim, çatlakların az ya da çok olmasıyla ilgilidir. Bu yüzden delme patlatma planları yapılırken çatlak sistemleri dikkate alınmalıdır



Şekil 2.8 Patlatma deliklerinin çatlak eğimine göre durumu

3- Çatlaklar, kazılarda ve dik şevli yamaçlarda kaymaları oluşturur. Çatlaklar boyunca sızan suların meydana getirdiği boşluk suyu basınçları kaymaları hızlandırır. Boşlukların içerisinde bulunan dolgu maddelerinin kil ve jips gibi suya hassas mineraller olması deformasyonu ve kayanın içsel gerilmelerini artırır.

Çatlaklar boyunca sızan sular, magmatik ve metamorfik kütlelerde çatlak yüzeylerinin ayrışmasına, kalkerli kütlelerde de erime boşluklarının gelişmesine sebep olur. Çatlak yüzeylerinin ayrışması kaymaları çoğaltır. Bundan dolayı baraj,

tünel ve yol kazılarında bu hususa dikkat edilmeli, çatlak sistemleri önceden araştırılıp saptanmalı ve tehlikeli bölgelerin desteklenmesi gerekmektedir.

4- Çatlakların, kil, kuvars, kalsit, çeşitli maden vb. ile doldurulmuş olması yer altında geçirimsiz bir perdenin oluşmasına ve dolayısıyla bu perdenin iki tarafında farklı su seviyeli (hidrostatik basınçlı) bölgenin meydana gelmesine neden olur. Eğer böyle bir konuma sahip bir yer altı işletmesinde bu durum bilinmez ve birden bire yer altı su seviyesi yüksek kısma geçilirse, ani bir su basması oluşarak galeriyi su basabilir.

Diğer taraftan çatlak sistemleri tesbit edilirse, maden damarlarının çatlaklar içerisinde hangi tarafa yayıldığıının muhtemel olduğu tesbit edilerek, ocak gelişimi planları hazırlanır (Köse ve Kahraman, 1999).

2.4.3 Faylar

Yer değiştirmiş kırık ve çatlaklara fay denilmektedir. Yeryüzünde iki kaya kütlesi birbirine göre az veya çok hareket etmiş olabilir. Yer değiştirme genellikle bir kırık yüzeyi boyunca meydana gelmektedir. Hareketin olduğu düzleme "Fay Düzlemi" denir. Çoğu kez birden fazla düzlem bulunmaktadır. Fay düzlemlerinin içinde bulunduğu şeride (kuşağa) "Fay Bölgesi" denir.

Fayların bir kısmı hareketli aktif olup, bir kısmı ise hareketlerini tamamlamışlardır. Faylar çeşitli kuvvetlerin etkisi altında meydana gelmekte ve buna göre de, çekim fayı, eğim atımlı fay, normal fay, ters fay v.b. gibi isimler almaktadırlar (Köse ve Kahraman, 1999).

2.4.3.1 Fayların Mühendislik İşlerine Etkisi

Faylı bölgelerde ve fay düzlemlerinde killi breşli geçirimsiz kısımlar oluşmaktadır. Bunlar kaya içerisinde geçirimsiz bir bölge oluşturmaktadırlar. Geçirimsizlik perdesi yer altı sularını depolamada faydalı olduğu gibi, kayanın

geçirgenliğini azaltması ve drenaja imkan vermemesi açısından da zararlı etkiler meydana getirir (Erguvanlı, 1973).

Faylar yer altı sularının ve sıcak kaynakların yeryüzüne çıkmasına sebep olan süreksizlik düzlemleridir. Sıcak suların çıkması ayrışmaya ve bilhassa magmatik kayalarda kaolenleşmeye sebep olmaktadır. Bu durum ise kayaların taşıma gücüne etki etmektedir. Bazı hallerde sıcak yer altı suları içerisinde erimiş sülfürler bulunabilir. Bunlar açığa çıktıklarında oksidasyona uğrayarak sülfatlara dönüşür. Bu ise ocak içindeki makina ve teçhizata ve hatta betona etki yapar ve yapının zayıflamasına sebep olur (Güleç, 1979).

Ayrıca, magma içinde kolaylıkla uçucu hale gelebilen ve basınç altında bulunan H_2O , H_2S_2 , $FeCl_3$, CO_2 gibi gazlar, fay ve çatlaklardan sızarak ocak içine dolabilir. Böylece ocak havasında, insan sağlığı açısından sakıncalı olan gaz konsantrasyonu artabilir.

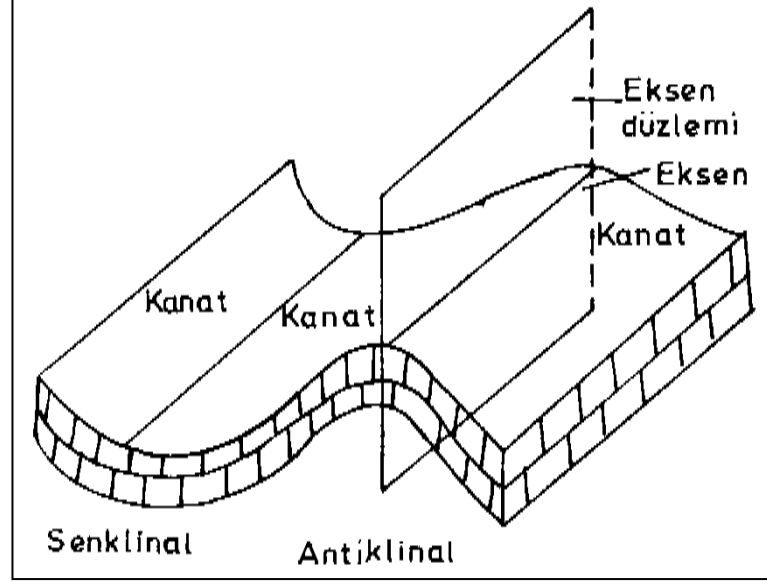
2.4.4 Kıvrımlar ve Mühendislik İşlerine Etkisi

Tabakalı kayaçların dalga şeklindeki deformasyonlarına kıvrım ismi verilir. Kıvrımlar doğada değişik büyüklükte (bir kaç milimetre ila bir kaç kilometre) görülür.

Kıvrım şekilleri mühendislik işlerine birçok yönden direkt etki yapar. Antiklinal ve senklinaller (Şekil 2.9) tünel eksenine ve kemerine farklı basınç gerilmesine, yer altı sularının birikmesine veya kaçmasına etki yapar.

Örneğin antiklinallerin tepelerinde gerilme çatlakları bulunur. Bu çatlakların etkisiyle kemerlenme zayıflar. Antiklinallerde kaplamalar üzerine gelecek basınçlar azdır ve yer altı su seviyesi aşağıdadır. Buna karşıt, senklinallerde kemerlere ve kaplamalara gelen basınç fazla, yer altı su seviyesi yüksek olur. Bundan dolayı tünellerin, antiklinal ve senklinal eksenleri yerine kanatlarda yapılması tavsiye edilir. Antiklinallerde tünel açılması halinde giriş ve çıkışa basıncın fazla geleceği, buna rağmen senklinallerde orta kısımda basıncın iki tarafa nazaran daha fazla olacağı

düşünülmektedir. Bu basınç değişimi tünelde yapılacak kaplama dolayısıyla maliyet açısından önemlidir (Köse ve Kahraman, 1999).



Şekil 2.9 Senklinal ve antiklinal (Köse ve Kahraman, 1999).

BÖLÜM ÜÇ

SÜREKSİZLİKLERİN ÖZELLİKLERİ

3.1 Süreksizliklerin Genel Özellikleri

Kaya mekaniğini başlı başına bir konu yapan, bir kaya kütesindeki süreksizliklerin varlığıdır. Süreksizlik kelimesi, sürekli kayada çekme dayanımı etkin bir şekilde sıfır olan herhangi bir ayrılma anlamına gelir ve herhangi bir ek anlam vermeksizin kullanılır (bir karşılaştırma olarak, çatlak ve fay kelimeleri farklı şekilde biçimlenmiş süreksizlikleri tanımlar) (Hudson ve Harrison, 1997).

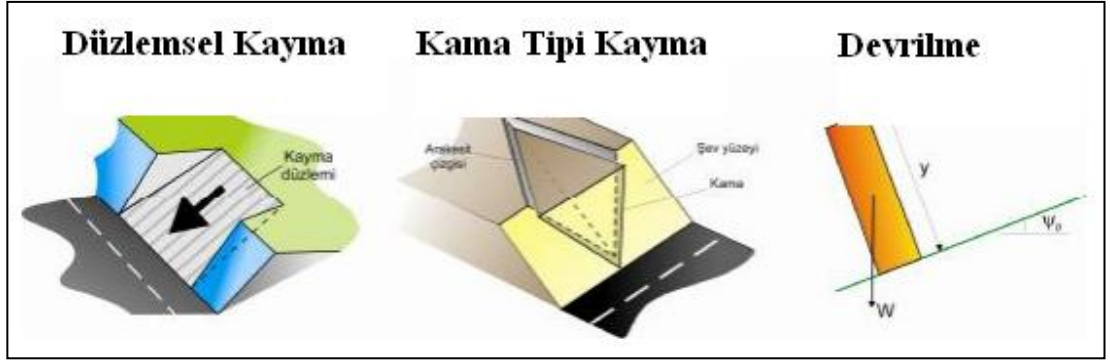
Taze kayadan oluşan malzeme doğaldır ve birçok durumda milyonlarca yıl mekanik, termal ve kimyasal etkilere maruz kalmıştır. Bu süreçler boyunca süreksizlikler farklı zamanlarda ve sonuç olarak farklı gerilme durumlarında jeolojik olaylarla kaya içinde ortaya çıkmıştır. Çok sık olarak, oluşturulan bir süreksizlikle (örneğin çekilerek açılan çatlak veya kayan bir fay) gelişen süreç, mekanik ve geometrik özelliklerde karışıklıklara sahip olabilir ve böylece yapısal jeoloji prensiplerini kullanılarak süreksizliklerin oluşumu hakkında bir bilgiye sahip olmak daima önemlidir (Hudson ve Harrison, 1997).

Burada mühendislik bağlamında süreksizliklerin, kaya kütesinin şekil değiştirebilirliğini, dayanımını ve geçirgenliğini kontrol eden en önemli faktör olduğu söylenebilir. Bundan başka, büyük ve devamlı bir süreksizlik herhangi bir yüzey veya yer altı kazısının duraylılığına kritik olarak etki edebilir. Bu sebeplerden dolayı, süreksizliklerin geometrik, mekanik ve hidrojeolojik özellikleri ve bunların kaya mekaniği ve buradan kaya mühendisliğine etki yolları için tam bir anlayışın geliştirilmesi gereklidir (Hudson ve Harrison, 1997).

Kayalar, malzeme ve kütle anlamında iki ayrı sınıfta değerlendirilmektedir. Kaya, içerisindeki mevcut süreksizlik düzlemleri nedeniyle diğer malzemelere göre ayrı bir bakış açısıyla değerlendirilmelidir. Kayaların farklı yükler altında göstermiş olduğu davranışlar, kaya malzemesi ile kaya kütesinin doğru değerlendirilmesi ile

yorumlanabilmektedir. Kaya malzemesini, kaya kütlesinin süreksizlikleri arasında kalan kısım olarak tanımlayabiliriz. Kaya kütlesi ise, süreksizlik düzlemlerinin oluşturduğu blok şeklindeki kaya malzemesi ile bunların içerisinde geçen ve malzemeyi, eklemler, tabaka düzlemleri, faylar, çatlaklar ve kırık gibi düzlemsel yapılarla ayıran unsurlardan oluşmaktadır. Kayanın yapısı, dışarıdan gelen etkiler ve kaya kütlesi içerisinde oluşan kazılar ile değişmektedir. Bu değişimler özellikle yer altı ve yer üstü kazı çalışmalarında tasarımın oluşturulması için ortaya net olarak konmalıdır. Özellikle şev ve tünel gibi tasarımlarda kütle içerisinde oluşması muhtemel hareketlerin belirlenmesi ve hareketi oluşturan unsurların mekaniksel çözümlerinin yapılması gerekmektedir. Kaya kütlesi bu anlamda doğru şekilde tanımlanmalı ve muhtemel sonuçlar ve dayanım parametreleri ortaya konmalıdır (Özvan, 2010). Süreksizliklerin belli özelliklerinin ortaya konması amacıyla tünelcilik çalışmalarında Barton vd (1974) Q kaya kütlesi tanımlama sistemini, Bieniawski (1989) ise RMR sistemini geliştirmişlerdir.

Arazide farklı kaya türlerinden oluşan kaya kütleleri içerisinde kütleleri bölen birçok süreksizlik düzlemi bulunabilmektedir. Bu düzlemler, kayayı farklı boylarda bloklara ayırmaktadır. Bu süreksizlik düzlemleri, tansiyon gerilme etkisi, bükülme etkisi, kuruma ve soğuma etkisi, kesme gerilmesi etkisi, sedimentasyon ile oluşan yük etkisi ve deprem etkisi ile oluşmaktadır (Ketin ve Canitez, 1979). Bu etkiler sonucu oluşan süreksizlik düzlemlerindeki en büyük problem ise stabilitedir. Şev tasarımlarında, yer altı kazılarında, açık ocak işletmeciliğinde stabilite problemlerinin giderilmesi amacıyla ilk olarak ortamdaki kaya kütlesinin doğru tanımlanması gerekmektedir. Özellikle süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak gelişen düzlemsel, kama tipi ve devrilme tipi yenilmeler kaya şevlerinde karşılaşılan en önemli stabilite problemleridir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kaya kütlelerinde gözlenen yenilme türleri (Hoek ve Bray, 1977)

3.1.1 Süreksizliklerin Oluşumu

Gerçekte, bütün kaya kütleleri çatlaklanır ve kaya mühendisliği projesi boyutlarından fark edilebilir derecede daha büyük olan süreksizlikler arası mesafelerin olması çok nadir bir durumdur.

Dikkate alınması gereken ve süreksizlik incelemelerinin gelişmesini etkileyen diğer faktör, bunlardan alınacak numunelerin alınışı ile ilgilidir. Açıktaki bir kaya kütlesi üzerindeki alan ölçümlerinden elde edilebilen bilgi daha nettir. Fakat, bu bilgiler bile üç boyutlu kaya kütlesi boyunca başlıca iki boyutlu bir örnek dilinimi verir. Pratikte, farklı yönelimlerdeki yüzeylerin en azından iki tane olması, kaya kütle yapısını üç boyutlu olarak tahmin edebilmemize olanak sağlar (Hudson ve Harrison, 1997).

Kullanılan yöntemlerin en geniş çaplı olanı sondaj karotu çalışmasıdır. Fakat karot numunesi, kaya kütesinden alınan ve bariz kısıtlamaların söz konusu olduğu, aslında tek boyutlu bir numunedir (Hudson ve Harrison, 1997).

3.2 Süreksizlik Türleri

Süreksizliklerin özellikleri tanımlanırken, öncelikle süreksizliğin türü belirlenir. Başlıca yapısal süreksizlik (zayıflık düzlemi) türlerinin tanımları aşağıda verilmiştir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Dokanak; iki farklı litolojik birim arasındaki sınır olup, bu sınır uyumlu ya da uyumsuz veya geçişli olabilen süreksizlik yüzeyidir.

Tabaka düzlemi; sedimanter kayaların oluşumu sırasında tane boyu ve yönelimi, mineralojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı olarak gelişen bir yüzeydir. Tabakalanma, her zaman ayırık bir süreksizlik yüzeyi olmayabilir ve bazı durumlarda kaya malzemesi içinde hafif bir renk değişimi şeklinde de gözlenebilir. Tabaka düzlemleri arasındaki uzaklık, birkaç milimetreden (laminsasyon) metre boyutuna (çok kalın tabaka) kadar değişebilir. Sedimanların mineralojisindeki değişimler, tabakalanma yüzeyleri arasında ince kil seviyelerinin oluşumuna veya sıvama şeklindeki yüzey kaplamalarına neden olabilir. Bu durum, kil dolgulu fay ve eklem yüzeylerindeki benzer mühendislik sorunlarının gelişmesine yol açabilir.

Fay ve makaslama zonu; yüzeyi boyunca birkaç santimetreden kilometrelerce uzunluğa kadar göreceli bir yer değiştirmenin meydana geldiği makaslama yenilmesine maruz kalmış yüzeylerdir. Fay, tektonik hareketler sırasında gelişen makaslama gerilmesinin kaya kütlelerindeki bir düzlemin makaslama dayanımını aşması sonucu meydana gelen bir kırık şeklinde de tanımlanmaktadır. Fay kırığının yüzeyleri arasında, parçalanmış kaya parçalarının oluşturduğu fay breşi, çok ince taneli malzemeyle temsil edilen fay dolgusu, kil vb. zayıf malzemeler de yer alabilir. Faylar, çoğu kez tek bir düzlem olmaktan çok, birbirine paralel veya yarı paralel konumlu gruplar halinde gelişebilirler ve bunlar fay zonu veya makaslama zonu şeklinde adlandırılırlar.

Eklem; yüzeyi boyunca herhangi bir yer değiştirmenin meydana gelmediği doğal kırıktır. Kırık yüzeyleri, örtü yükünün kalkması (gerilmenin boşalması), patlama vb. nedenlerle birbirlerinden bir miktar uzaklaşmış olmakla birlikte, aralarında gözle görülür göreceli bir hareket söz konusu değildir. Yer kabuğunda 1 km derinliğe kadar kaya kütlelerinde gözlenebilen eklem, birkaç milimetreden metrelerce uzunlukta, açık, dolgulu veya kapalı (sıkı) olabilirler. Eklem, genellikle düzlemsel yüzeyli, yarı paralel gruplar veya takımlar halinde gelişirler ve bu eklemelere sistematik

eklemler adı verilir. Düzensiz bir geometriye sahip ve birbirine paralel olmayan eklemler ise, sistematik olmayan eklemler şeklinde tanımlanır.

Dilinim (Klivaj); ince taneli kayalarda, sıkıştırıcı kuvvete dik yönde oluşmuş, sık aralıklı ve birbirine paralel yönde gelişmiş zayıflık düzlemleridir. Mekanik anlamda, makaslama yüzeylerini oluşturan bu yüzeyler boyunca kayma söz konusu olabilir. Diğer bir dilinim türü ise, akma dilinimi olup, yeniden kristallenme ve mika gibi yapraksı minerallerin birbirlerine paralel şekilde yönelmelerine bağlı olarak, bir foliasyon yapısının oluşumuyla gelişmektedir. Bu tür dilinim, genel olarak, ince taneli kayaların yüksek sıcaklık ve/veya yüksek basınç altında başkalaşıma (metamorfizmaya) uğramış olmalarıyla yakından ilgilidir. Dilinim özellikle sleyt, fillit ve şist gibi kayalarda gözlenmekle birlikte, dilinim düzlemlerinin çoğu önemli derecede çekme dayanımına sahip oldukları için süreksizlik ağı kapsamında değerlendirilmezler. Bununla birlikte dilinim, bu tür kayaların deformabilite ve dayanım özelliklerinde önemli düzeyde bir değişkenliğe neden olmaktadır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Fisür; Fookes ve Denness (1969) tarafından “sürekli bir malzemeyi ufak birimlere ayırmadan bölen süreksizlik” olarak tanımlanırken, Fourmaintraux (1975) ve Priest (1993) tarafından ise, ”iki yönde gözlenebilen, ancak üçüncü yönde sınırlanan düzlemsel süreksizlik” şeklinde tanımlanmaktadır.

Foliasyon (Yapraklanma); yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklık altında farklılaşma veya minerallerin tercihli yönelimi nedeniyle ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık yüzeyleridir. Şistozite bir tür foliasyon olup, yassı ve elipsoidal tanelerin birbirlerine en büyük gerilmeye dik yönde dizilmesiyle oluşur. Şistozite yüzeyleri genellikle kaygandır.

Damar; çevre kayasından farklı özellikteki bir malzeme tarafından doldurulmuş kırıktır. Damar kavramı, genel olarak, ince dolgulu düzlemler için kullanılır ve yüzeyleri ayırık olmadığı için zayıf bir süreksizlik olarak değerlendirilmez (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Süreksizlik türleri; süreksizlik formlarına veya jeoteknik sondaj loglarına kaydedilirler ve Tablo 3.1’de verilen ve uluslar arası literatürde kabul görmüş simgeler kullanılarak tanımlanırlar.



Şekil 3.2 Kaya kütlesi içindeki süreksizliklerin görüntüsü

Tablo 3.1.Süreksizlik türleri için veri formlarında ve jeoteknik loglarda tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan simgeler (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Süreksizlik türü	Simge
Dokanak	Co
Tabakalanma	B
Fay	F
Fay zonu	FZ
Makaslama zonu	SZ
Ekleme	J
Foliasyon (yapraklanma)	Fo
Dilinim (klivaj)	C
Damar	V
Şistozite	S
Fisür	F

3.3 Süreksizlik Aralığı

Süreksizlik aralığı, kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklıktır. Süreksizlik veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı, ya da eklem sıklığı parametresi; süreksizlik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kaya malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması nedeniyle de kaya kütlelerinin en önemli özelliklerinden biridir. Bu parametre, kaya kütlelerinin dayanımı ve davranışı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu için, yer üstü kazılarının veya açıklıklarının duyarlılıklarını da doğrudan olarak etkilemektedir. Süreksizlik aralığının düşük olması, özellikle yer altı açıklıklarının duraylılığının sağlanmasını güçleştiren bir faktör olarak bilinir. Bu nedenle, süreksizlik aralığı parametresinin ölçülüp tanımlanması kaya mühendisliği uygulamalarında önem taşır.

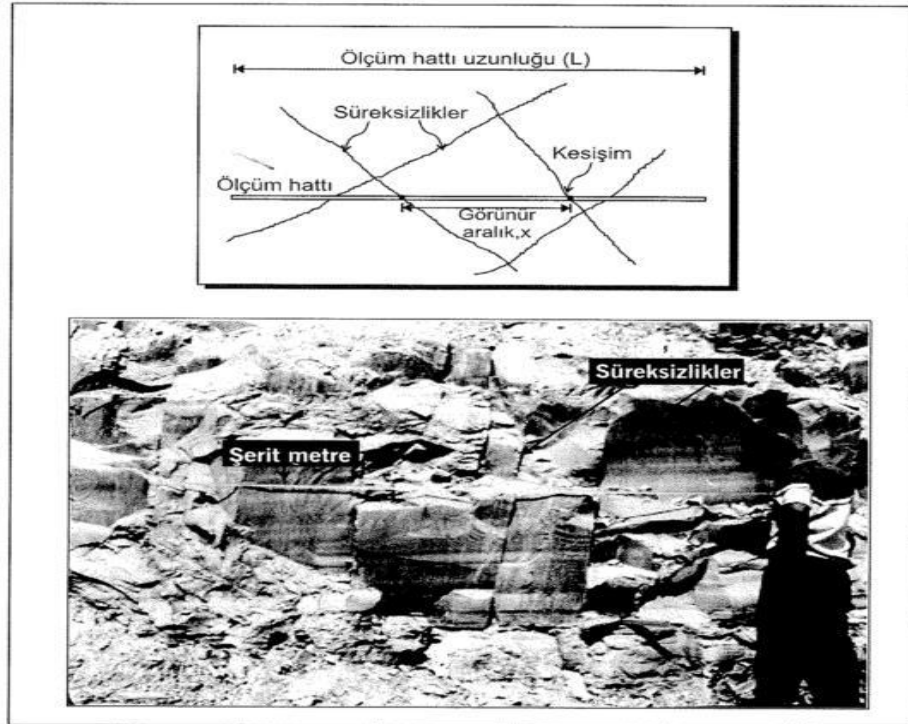
Kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinden olan ve görüntü işleme yöntemlerinin uygulanabilirliğinin en fazla araştırıldığı özelliklerinden birisi de süreksizlik aralığıdır. Kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik setindeki iki süreksizliğin arasındaki dik mesafe olarak tarif edilir. Süreksizlik aralığı veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı, kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kaya malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması açısından da önemlidir.

Süreksizlik aralığı, mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde serilen şerit metre boyunca şerit metreyi kesen süreksizliklerden ölçülebileceği gibi (Şekil 3.3), sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Ancak uygulamada şerit metrenin her zaman süreksizlik setlerine dik yönde serilmesi mümkün olmadığından, iki tür açıklık ölçülebilmektedir.

- a) Görünür aralık (şerit metre veya sondaj eksenini boyunca karşılaşılan süreksizlikler arasındaki uzaklık; Şekil 3.4a'da "a" mesafesi)

b) Gerçek aralık (birbirine paralel yönde gelişmiş süreksizliklerin oluşturduğu bir süreksizlik takımına ait iki süreksizlik düzlemi arasındaki dik mesafe; Şekil 3.4b’de S mesafesi)

Bir süreksizlik takımını oluşturan süreksizliklerin birbirlerine tam paralel olması çok ender olarak görüldüğü için, gerçek aralık parametresi ölçüm hattının yöneliminden veya ölçümün yapıldığı yüzleğin, ya da kazı aynasının konumundan etkilenmektedir. Bu nedenle, süreksizlik sıklığının değerlendirilmesinde görünür aralık değerinin ölçülmesi uygulamada daha yaygın şekilde tercih edilmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2007).



Şekil 3.3 Ölçüm hattı boyunca süreksizlik aralığının tayini ve bir hat ölçümünden görünüm (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Arazide alınan ölçümler sonucunda ortalama süreksizlik aralığı (x) ve süreksizlik sıklığı (bir metredeki süreksizlik sayısı, λ) (Şekil 3.3) aşağıdaki ifadelerden belirlenir.

$$x=L/N \quad (3.1)$$

$$\lambda = N/L \quad (3.2)$$

Burada L ölçüm hattının uzunluğu, N ise ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır. Eşitlik 3.1 ve 3.2'den hesaplanan x ve λ parametreleri istatistiksel analiz sonucunda belirlenmedikleri için, genel bir değerlendirmeye hizmet ederler. Priest ve Hudson (1976), homojen kaya kütlelerinde süreksizlik aralığının, genellikle, istatistiksel dağılım modellerinden negatif eksponansiyel dağılıma iyi uyduğunu belirlemişlerdir. Buna göre, süreksizlik aralığı değerlerinin dağılımının tayini için aşağıda verilen negatif eksponansiyel dağılım eşitliği kullanılmaktadır.

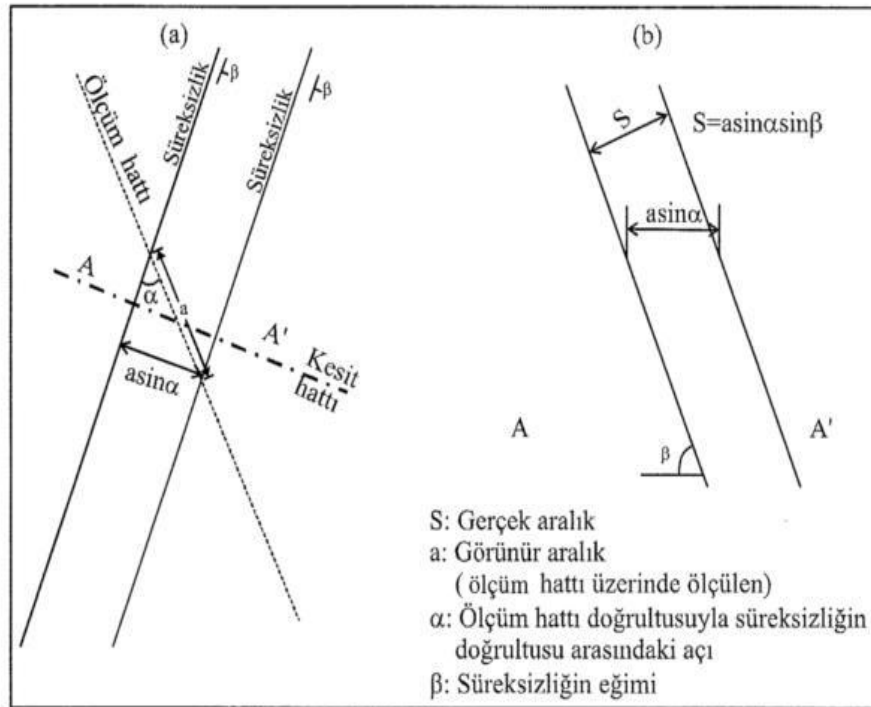
$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

Burada,

$f(x)$: olasılık

λ : ortalama süreksizlik sıklığı

x : aralık



Şekil 3.4. Görünür (a) ve gerçek aralık (b) parametreleri arasındaki ilişki (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Kaya kütleleri için süreksizlik aralığı parametresinin tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilen ve Tablo 3.2’de verilen tanımlama ölçütleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Priest ve Hudson (1976), karotlar üzerinde veya arazide yapılan gözlemlerden elde edilen süreksizlik aralığı ölçümlerinden bir kaya sınıflama sistemi olan RQD’nin elde edilebileceğini göstermişlerdir. (Eşitlik 3.3)

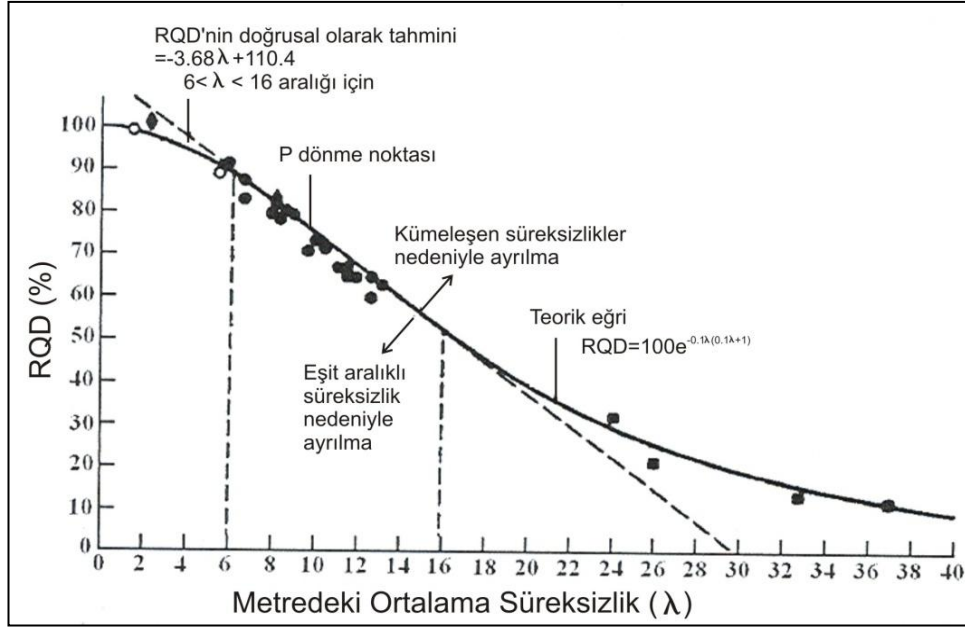
$$\%RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte λ , bir metredeki ortalama süreksizlik sayısını göstermektedir. Kaya kütlesi sınıflamalarında kullanılan ve Deere D.U. ve Deere D.W. (1988) tarafından ortaya atılan RQD (Rock Quality Designation - Kaya Kütlesi Belirteci) indeks değeri, aşağıdaki eşitlikte gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.

$$\%RQD = \frac{100 \sum x_i}{L} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte x_i sondajlardan bir manevrada elde edilen 0.1 m’den büyük karot uzunluğu, L ise manevranın toplam uzunluğudur. λ sayısının metrede 6-16 adet olması durumunda Eşitlik 3.5’de verilen bağıntının RQD değerine çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür (Priest ve Hudson, 1976). Şekil 3.5’te yukarıdaki eşitliklerde verilen bağıntılar grafik olarak gösterilmektedir.

$$\%RQD = -3.68\lambda + 110.4 \quad (3.5)$$



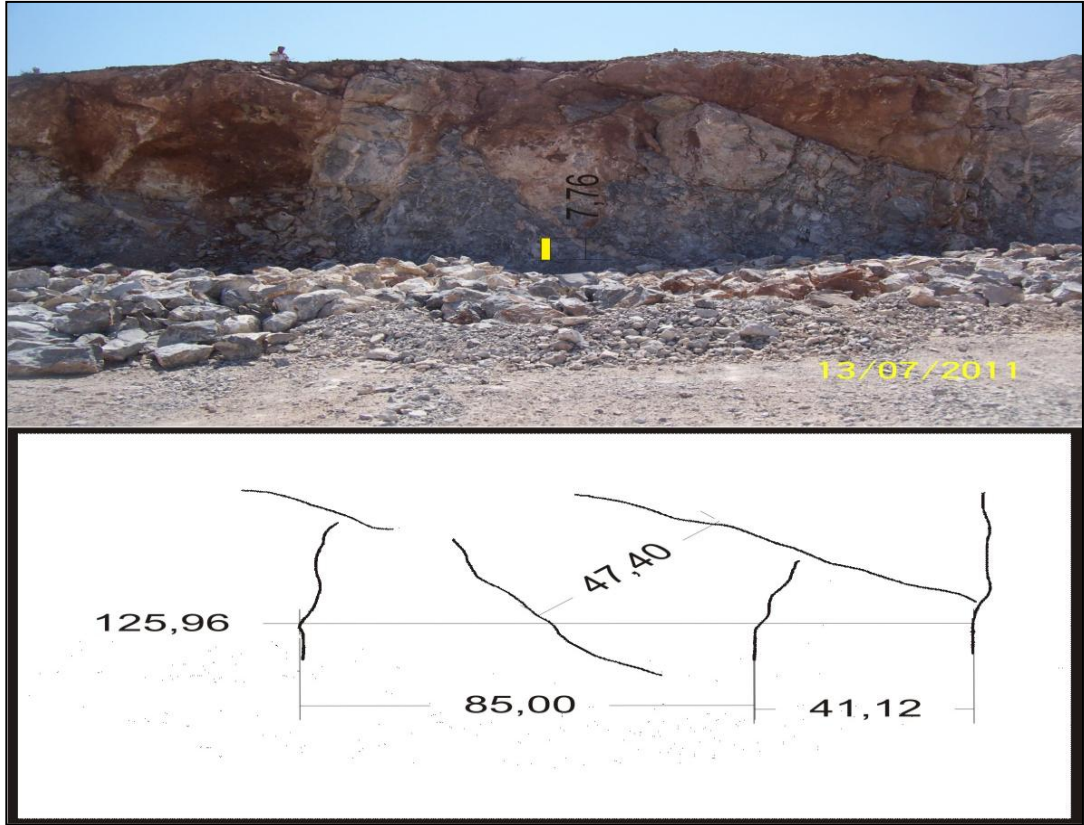
Şekil 3.5 RQD ve ortalama süreksizlik sıklığı arasındaki ilişki (Priest ve Hudson, 1976)

Tablo 3.2. Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)

Aralık (mm)	Tanımlama
< 20	Çok dar aralıklı
20 - 60	Dar aralıklı
60 - 200	Yakın aralıklı
200 - 600	Orta derecede aralıklı
600 - 2000	Geniş aralıklı
2000 - 6000	Çok geniş aralıklı
> 6000	İleri derecede geniş aralıklı

Tablo 3.3. Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları (Golder Associates, 1979a)

Sınıflama	Ortalama süreksizlik aralığı, x, (m)	Ortalama süreksizlik sıklığı, λ, (1/m)
Masif	$x > 1$	< 1
Az çatlaklı-kırıklı	$0,3 < x < 1$	1 - 3
Kırıklı-çatlaklı	$0,1 < x < 0,3$	3 - 10
Çok çatlaklı-kırıklı	$0,02 < x < 0,1$	10 - 50
Parçalanmış	$x < 0,02$	> 50



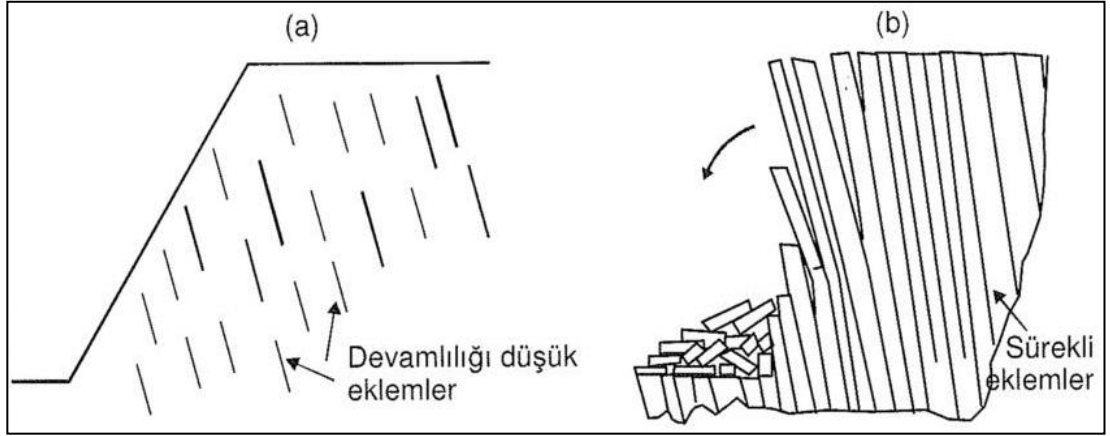
Şekil 3.6 Ayna üzerindeki süreksizlikler arası mesafelerin bulunması.

3.4 Süreksizliklerin Devamlılığı

Süreksizliklerin devamlılığı, kaya kütlelerinin duraylılığı üzerinde önemli derecede etkilidir. İdeal olarak kaya kütleleri kavramı, süreksizlik düzlemleri tarafından bloklara ayrılmış bir sistemi ifade eder. Ancak süreksizlik düzlemleri de üç boyutlu uzayda sonlanırlar. En yüksek devamlılığa sahip süreksizlik türü olan tabakalanma düzlemleri bile havza kenarında sonlanır.

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi veya boyutları olup, duraylılığı etkileyen önemli bir parametredir. Devamlılığın artması, kazı duraylılığı üzerinde daha olumsuz etki yapmaktadır. Örneğin, eğimi bir şev aynasının tersi yönde olan ancak devamlılığı az olan eklemler şevlerde devrilme duraysızlığı açısından çok daha az kritik iken (Şekil 3.7a), aynı yönetime sahip olmakla birlikte, devamlılığı yüksek olan ve bu nedenle kaya

kütlesinde kolonsal veya levhalı bir yapı oluşturan süreksizlik sistemleri, devrilme duraysızlığı açısından şevi daha kritik bir konuma getirebilmektedir (Şekil 3.7b) (Ulusay ve Sönmez, 2007).



Şekil 3.7 Süreksizlik duraylılığının şevlerde duraysızlık modelinin gelişimi üzerindeki etkisine bir örnek (Ulusay ve Sönmez, 2007)

Devamlılığın sınıflandırılması ve tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilen ve Tablo 3.4'te verilen ölçütler kullanılmaktadır.

Tablo 3.4. Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)

Tanımlama	Süreksizlik izinin uzunluğu (m)
Çok düşük devamlılık	< 1
Düşük derecede devamlılık	1 - 3
Orta derecede devamlılık	3 - 10
Yüksek derecede devamlılık	10 - 20
Çok düşük devamlılık	> 20



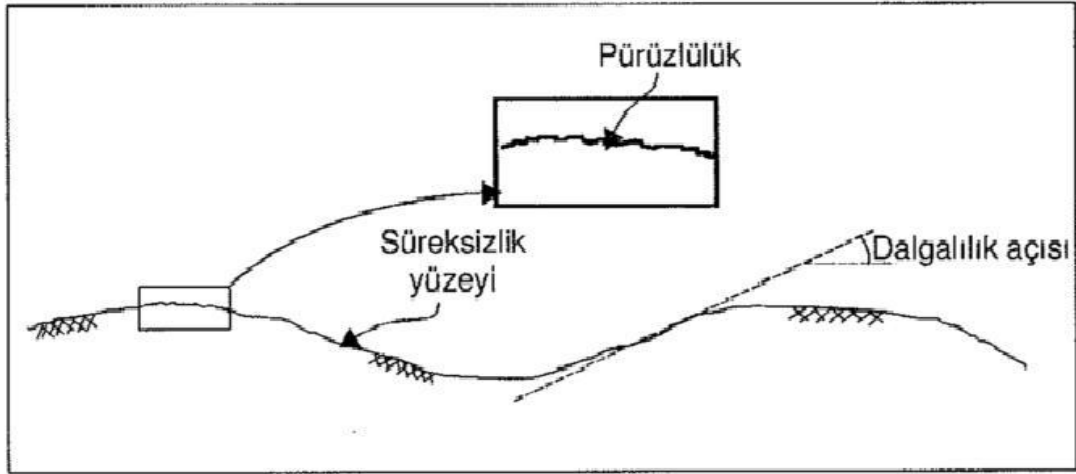
Şekil 3.8 Kaya kütlesi üzerinde gözlenen süreksizliklerin devamlılığı.

3.5 Süreksizlik Yüzeyinin Pürüzlülüğü ve Dalgalılığı

Pürüzsüzlük ve dalgalılık, sırasıyla, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüdür. Dalgalılık, düzlemsellikten büyük ölçekteki bir sapmayı karakterize ederken, küçük ölçekteki sapmalar ise pürüzlülük olarak tanımlanır (Şekil 3.9). Her iki özellik de süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar. Ancak süreksizlik açıklığının, ya da dolgu malzemesinin kalınlığının artmasıyla, pürüzlülüğün süreksizliğin makaslama dayanımı üzerindeki etkisi de azalmaktadır. Uygulamada dalgalılık, süreksizlik düzleminin konumuna göre makaslama yer değiştirmesinin yönünü etkilerken, pürüzlülük laboratuvar ölçeğindeki küçük veya arazi deneylerine uygun boyutlardaki orta ölçekli süreksizlik örneklerinin makaslama dayanımını etkiler (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Süreksizlik düzlemlerinde stabilite açısından pürüzlü bir yüzeyin en önemli bileşeni sürtünme açısıdır. Pürüzlü bir düzlemin sürtünme açısı iki bileşen içerir. Bunlar kaya malzemesinin sürtünme açısı (ϕ) ve yüzeyin düzensizliklerinin ortaya çıkardığı kenetlenmedir (i) (Wyllie and Mah, 2004).

Süreksizlikleri oluşturan düzlemlerin yüzey şekilleri doğal ortamın etkisiyle rastgele dağılım gösteren pürüzlü şekillerden oluşur. Birçok araştırmacı bu düzlemleri oluşturan etkiler ve düzlemlerin pürüzlü yapısı ve kesme (makaslama) dayanımı ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir (Patton, 1966; Barton, 1976; Barton ve Choubey, 1977; Maerz vd., 1990). Bu araştırmacılar zaman içerisinde yüzey pürüzlülüğü ve kesme dayanımı arasındaki ilişkileri belirleyerek yüzey pürüzlülüğünün önemli bir kesme bileşeni olmakla birlikte, diğer kesme bileşenleri üzerinde de etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Pürüzlülüğün kesme dayanımı üzerindeki etkisi kaya kütlelerinin çok karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle günümüze kadar tam olarak açıklanamamıştır (Ünal, 2000).

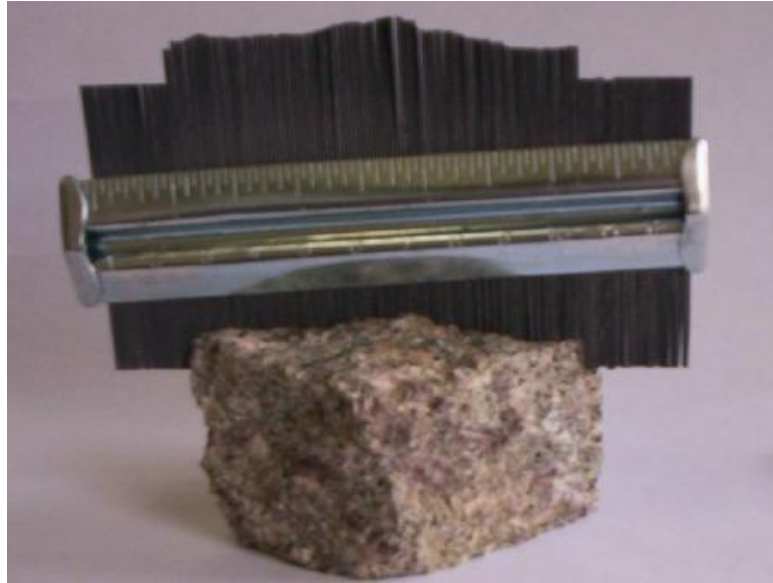


Şekil 3.9 Süreksizlik yüzeylerinin dalgalılığı ve pürüzlülüğü (Ulusay ve Sönmez, 2007)

Pürüzlülüğün belirlenmesindeki başlıca amaç; kaya kütlesi sınıflaması için gerekli bir girdi parametresini elde etmek, süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımını değerlendirmek ve potansiyel kayma yönünü belirlemektir. Süreksizliklerin pürüzlülüklerinin belirlenmesine yönelik bu yöntemler aşağıda verilmiştir.

- 1- Doğrusal profil alma yöntemi
- 2- Pusula ve disk şeklindeki açı ölçerle pürüzlülük ve dalgalılığın ölçümü
- 3- Mekanik profilometreler
- 4- Kalitatif pürüzlülük tanımlamaları
- 5- Dalgalılığın ölçülmesi

Pürüzlülüğün ölçümünde kullanılan en basit yöntemler Barton tip tel profilometre ile yapılan ölçümlerdir (Şekil 3.10).



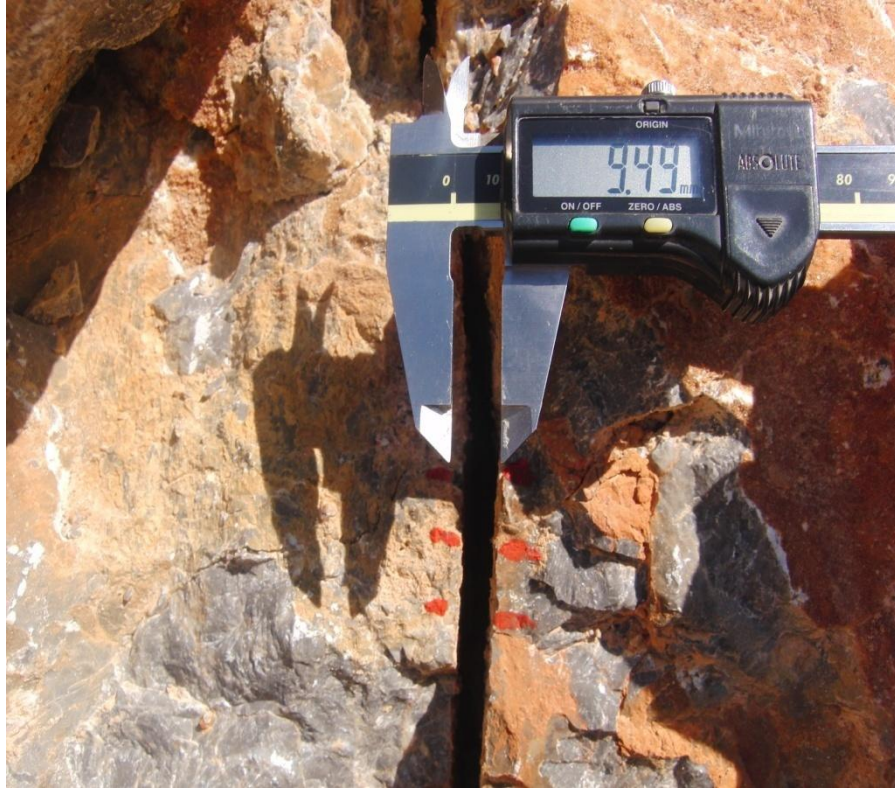
Şekil 3.10 Barton tip tel profilometreye ait görüntü

3.6 Süreksizlik Yüzeyinin Açıklığı

Süreksizlik özelliklerinde tanımlanan bir başka parametre süreksizlik yüzeylerinin açıklığıdır. Eğer süreksizlik yüzeyi temiz ve kapalı (sıkı) ise, diğer süreksizlik parametreleri jeoteknik tanımlama açısından yeterli olabilmektedir. Ancak süreksizlik yüzeyi açık ise, bu açıklığın ölçülmesi gerekmektedir. Açıklık, bir

süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi, su veya herhangi bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş da olabilir. Açıklığın ölçülmesi en basit ve pratik şekilde milimetre bölmeli şerit metre veya kumpas ile yapılmaktadır (Şekil 3.11). Bu amaçla süreksizlik üzerindeki kirli yüzeyler temizlenir ve geniş açıklıklar kumpas ile ölçülür.

Yüzeysel bozunma veya kazı yönteminden dolayı kaya mostralarında gözlenen açıklıklar genellikle örselenmiş açıklıklardır. Bu nedenle, yüzeyde ölçülen açıklıkların kaya kütlelerinde yüzeyden içe doğru ölçülen açıklıklara göre biraz daha geniş olacağı dikkate alınmalıdır. Süreksizlik açıklıklarının tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilmiş ölçütler Tablo 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Süreksizlik açıklığının milimetrik kumpas ile ölçülmesi

Tablo 3.5 Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler (ISRM, 1981)

Açıklık	Tanımlama	
	< 0,1 mm	Çok sıkı
0,1 – 0,25 mm	Sıkı	
0,25 – 0,5 mm	Kısmen açık	
0,5 – 2,5 mm	Açık	"Boşluklu" yapılar
2,5 – 10 mm	Orta derecede geniş	
> 10 mm	Geniş	
1 - 10 cm	Çok geniş	
10 - 100 cm	Aşırı geniş	
> 100 cm	Boşluklu	"Açık" yapılar

3.7 Dolgu Malzemesinin Özellikleri

Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kaya malzemesinden daha zayıf olan malzemedir. Kum, silt, kil, breş ve milonit, tipik dolgu malzemeleridir. Dolgulu bir süreksizlikte süreksizliğin iki yüzeyi arasındaki uzaklık dolgunun kalınlığı olarak tanımlanır. Kalsit, kuvars ve pirit gibi yüksek dayanıma sahip mineraller hariç tutulursa, dolgu içeren süreksizlikler dolgusuz veya pürüzlü yüzeylere oranla daha düşük makaslama dayanımına sahiptirler ve bu nedenle kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde daha etkin bir rol oynamaları beklenir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Dolgu malzemesinin pek çok özelliği arasında aşağıda verilenler en önemli özelliklerdir (ISRM,1981).

- a) Mineraloji
- b) Tane boyu dağılımı
- c) Aşırı konsolidasyon oranı
- d) Su içeriği ve geçirgenlik
- e) Dolgunun daha önce maruz kaldığı makaslama yer değiştirmesi
- f) Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü

- g) Dolgunun kalınlığı
h) Süreksizlik yüzeyini oluşturan kayanın kırılma veya parçalanma özelliği

Süreksizliklerin fiziksel davranışını etkileyen dolgu özellikleri şunlardır;

- Mineraloji
- Tane boyu
- Nem içeriği ve geçirgenlik
- Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü
- Genişlik
- Süreksizlik yüzeyindeki parçalanma ve ufalanmalar
- Daha önce meydana gelmiş makaslama yer değiştirmesi
- Aşırı pekiştirme oranı (dolgu malzemesi kil ve kalın ise)



Şekil 3.12 Dolgulu süreksizliğin görüntüsü

3.8 Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı

Süreksizlik yüzeyleri çevresindeki kayanın dayanımı, özellikle süreksizlik yüzeylerinin dolgusuz ve birbirleriyle temas halinde olması koşulunda, makaslama dayanımı ve deformabilite açısından son derece önemlidir. Kaya kütleleri yüzeye

yakın kesimlerde genellikle bozunmuş veya biraz daha derinde hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın civardaki kaya malzemesinin bozunma derecesiyle yakından ilgilidir. Bozunmanın derecesine bağlı olarak, süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, kaya malzemesinin dayanımından daha düşük olabilir. Dolayısıyla hem kaya malzemesinin, hem de kaya kütlelerinin bozunma durumunun tanımlanması, süreksizlik yüzeylerinin dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Bu amaçla önerilmiş ve arazi çalışmaları sırasında pratik olarak kullanılacak bozunma sınıflaması ölçütleri, kaya malzemesi ve kaya kütlesi için sırasıyla Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de verilmiştir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Tablo 3.6 Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM,1981)

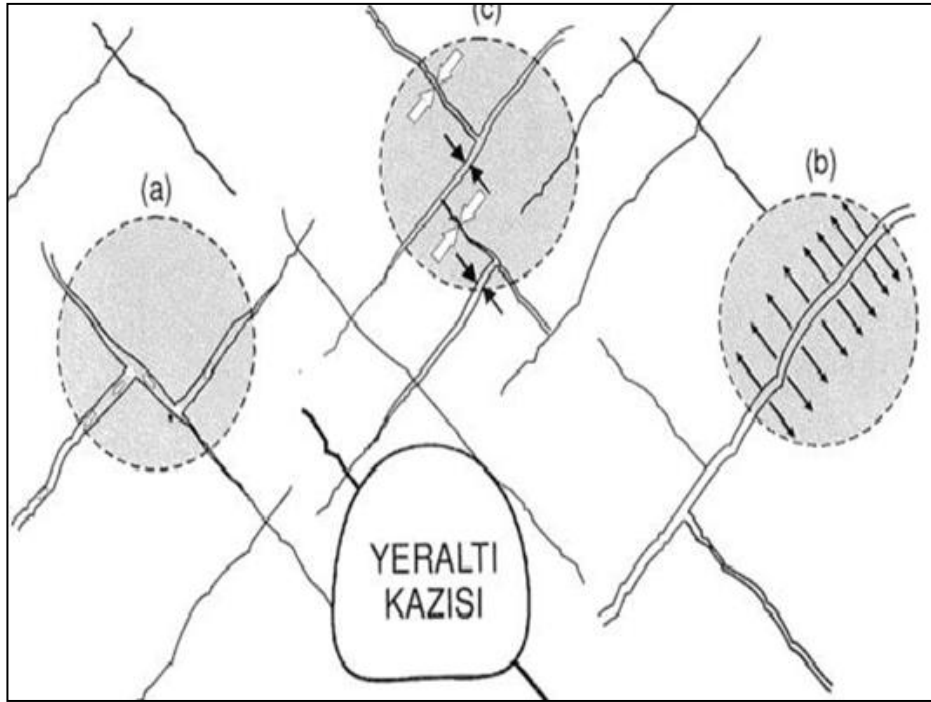
Tanım	Tanımlama ölçütü
Taze(bozunmamış)	Kaya malzemesinin bozunduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yok.
Rengi değişmiş	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte toprak zemine dönüşmüştür. Minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozulmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozunarak toprak zemine dönüşmüş olup kırılığandır.

Tablo 3.7 Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM,1981)

Tanım	Tanımlama ölçütü	Bozunma derecesi
Bozunmamış	Kayanın bozunduğuna ilişkin gözle görülür bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	W1
Az bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W2
Orta derecede bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya, taze ya da renk değişimine uğramış olup, süreli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W3
Tamamen bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya kütlesi yapısını korur.	W4
Artık zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W5

3.9 Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu

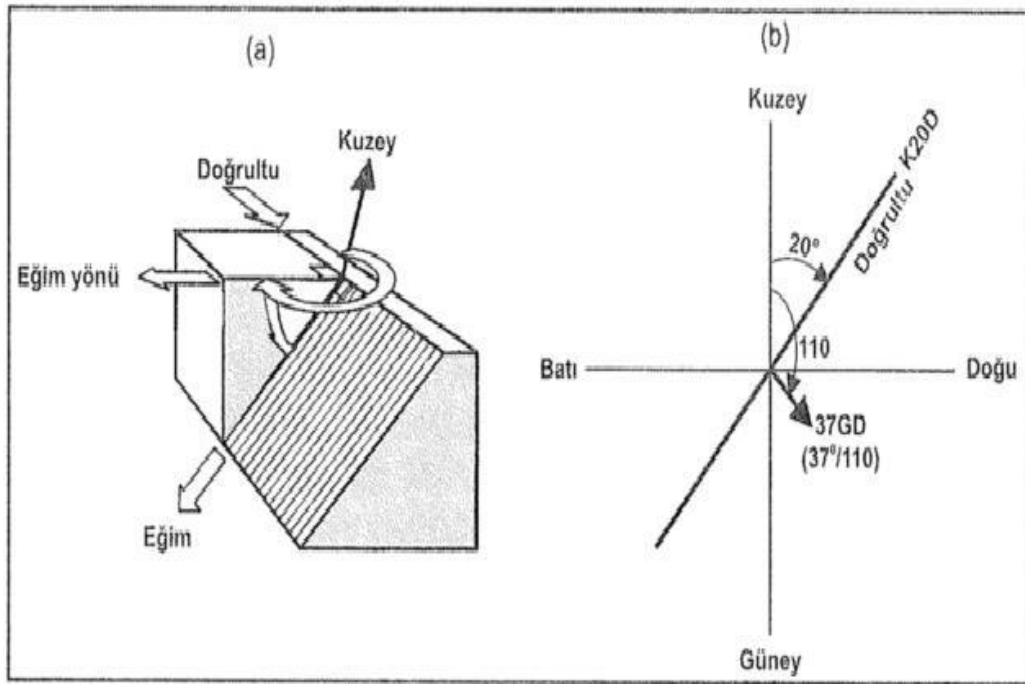
Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbirleriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca (ikincil geçirgenlik) meydana gelen akışla gerçekleşir. Sızma hızı, kabaca yerel hidrolik eğime ve yönsel geçirgenliğe bağlıdır. Açık süreksizlikler boyunca yüksek hızdaki akış, türbülansın dolayısıyla artan basınç kayıplarına neden olur. Yer altı su tablasının konumunun ve su basınçlarının belirlenmesi, duraysızlıkla ilgili bir uyarıcı olabileceği gibi, inşaat sırasında sudan kaynaklanabilecek güçlüklerin önceden kestirilebilmesi açısından da önem taşır. Özellikle süreksizlikler boyunca sürekli bir su akışının varlığı halinde, kaya kütlelerinin ve süreksizliklerin mekanik ve hidrojeolojik özellikleri değişebilir (Şekil 3.13a). Süreksizlik yüzeyleri arasındaki su basıncı normal gerilmeyi, dolayısıyla makaslama dayanımını azaltır (Şekil 3.13b) veya yüksek normal gerilmeler altında süreksizliklerin hidrolik iletkenliği azalır (Şekil 3.13c) (Ulusay ve Sönmez, 2007).



Şekil 3.13 Kaya kütlelerinde süreksizlikler boyunca su akışı ve olası etkileri (Ulusay ve Sönmez, 2007).

3.10 Süreksizliklerin Yönelimi ve Süreksizlik Takımı Kavramı

Süreksizliklerin uzaydaki konumları, eğim ve doğrultularıyla tanımlanır. Özellikle genel jeoloji çalışmalarında esas alınan bu iki parametre, jeolog pusulası ile ölçülmektedir. Buna karşın daha hızlı ölçüm alınmasını sağlaması ve veri işlemeyi kolaylaştırması nedeniyle, jeoteknik uygulamalarda doğrultu yerine eğim yönünün ölçülmesi tercih edilmektedir. Eğim, bir süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açıdır. Kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen ve kuzey yönü ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü arasındaki açı ise, eğim yönü olarak tanımlanır (Şekil 3.14a). Doğrultu ile eğim yönü arasında 90° 'lik bir fark vardır. "Doğrultu/eğim" değerleri K20D/37GD olan bir süreksizlik düzleminin "eğim/eğim yönü" değerleri $37^{\circ}/110'$ 'dur (Şekil 3.14b).



Şekil 3.14 (a) Doğrultu, eğim ve eğim yönü kavramlarını gösteren blok diyagram ve (b) doğrultu ve eğim yönü arasındaki ilişkiye bir örnek (Ulusay ve Sönmez, 2007).

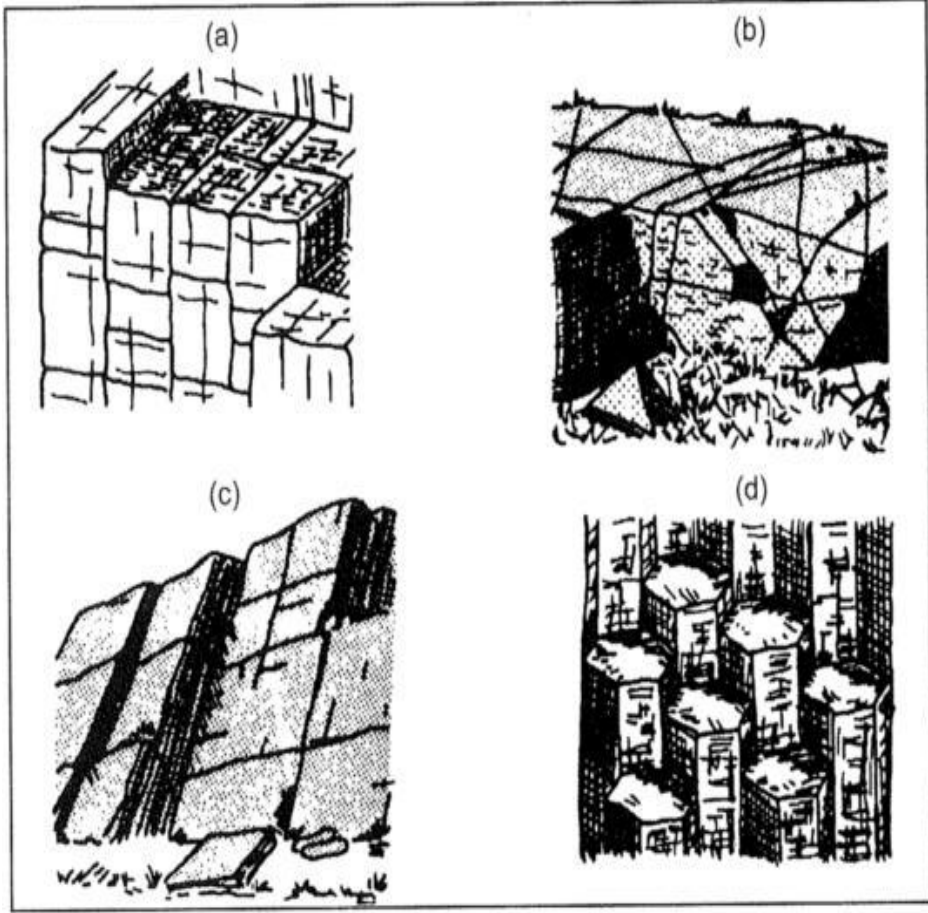


Şekil 3.15 Kaya kütleindeki süreksizlik takımlarının görünümü

3.11 Blok Boyutu

Blok boyutu kaya kütlelerinin davranışının önemli bir göstergesi olup, süreksizlik aralığı, takım sayısı ve yönelimi gibi faktörler oluşan blokların şeklini tayin eder. Blok büyüklüğüne ve şekline göre ISRM (1981) tarafından kaya kütleleri için önerilen gruplandırma ve tanımlamalar aşağıda, bu tanımlamalara esas olan kaya kütlelerinin arazideki görünümleri ise Şekil 3.16’de verilmiştir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

- (a) Masif: Birkaç süreksizlik veya çok geniş aralıklı süreksizlikler içeren kaya kütleleri,
- (b) Bloklı: Yaklaşık eş boyutlu bloklardan oluşan kaya kütleleri,
- (c) Yassı/plaka: Bir boyutu diğerlerine göre daha küçük olan blokları içeren kaya kütleleri,
- (d) Kolonsal: Bir boyutu diğer iki boyutundan daha küçük bloklardan oluşan kaya kütleleri,
- (e) Düzensiz: Blok boyutunda ve şeklinde belirgin farklılıklar gözlenen kaya kütleleri,
- (f) Parçalanmış: Çok sık eklemli (şeker küpü şeklinde) kaya kütleleri.



Şekil 3.16 (a) Bloklu, (b) düzensiz, (c) yassı/plaka ve (d) kolonsal yapıya sahip kaya kütleleri (ISRM,1981)

BÖLÜM DÖRT

SÜREKSİZLİK ÖZELLİKLERİN KAYA YÜZEYİNDE TAYİN EDİLMESİ VE KULLANILAN YÖNTEMLER

4.1 Süreksizlik Özelliklerinin Yüzeyde Tayini

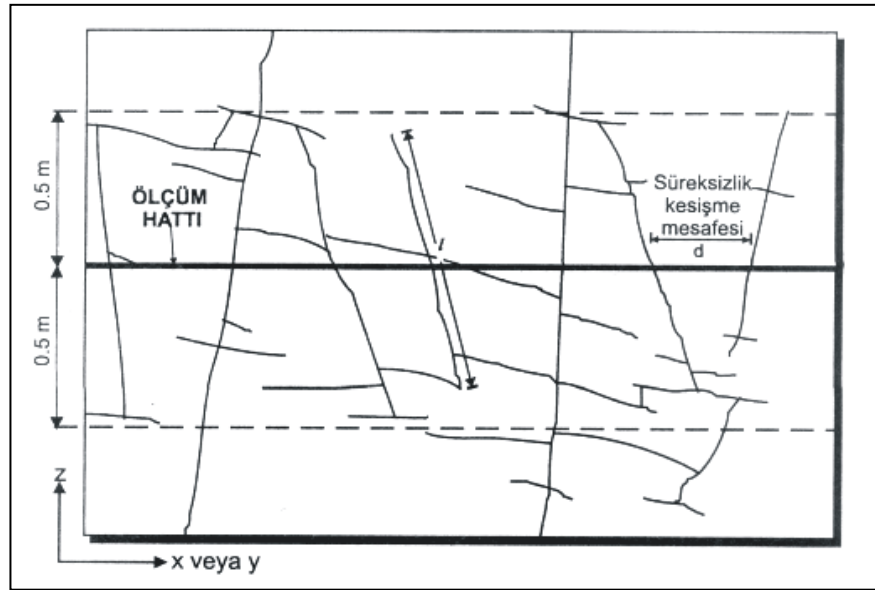
Süreksizliklerin yönelimlerinin ve dağılımlarının kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemedeki önemi nedeniyle süreksizlik özelliklerinin tayini amacıyla çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları arasında hat etüdü, sondaj karotlarının jeoteknik amaçlarla loglanması gibi teknikler olmasının yanında, son yıllarda hızlı gelişme kaydeden diğer bir yöntem de görüntü analizidir.

Süreksizlik özellikleri yüzeyde doğrudan ölçülebileceği gibi, farklı süreksizlik setleri arasındaki ilişkiler de gözlenebilir. Süreksizlik verilerinin yüzeyde toplanması sırasında bazı hatalar yapılabilmektedir. Bu hatalar, örnek seçimi ve ölçümler sırasındaki doğrudan veya dolaylı hatalardır. Örnekleme sırasındaki hatalar çeşitli olup, genellikle küçük süreksizliklerin ihmal edilmesi yönünde bir eğilim vardır. Ayrıca geniş yüzeylerin bir kaç kez ölçülmesi, tabakalanmaya paralel veya yarı paralel süreksizliklerin gözden kaçırılması ve örnekleme (ölçüm) yönü için tercihli ölçüm alınması gibi hatalar da bu grupta yer almaktadır. Doğrudan yapılan tipik ölçüm hataları ise, pusulanın yakınında manyetik bir cisim olması, düşük eğime sahip süreksizlik düzlemlerinin eğim yönlerinin hatalı ölçülmesi ve manyetik kuzeyden gerçek kuzeye hatalı dönüştürme yapılması şeklinde sıralanabilir. Benzer şekilde, doğrultuyla ilgili ölçümlerde süreksizlik düzleminin eğimi yataya yaklaştıkça hata da artmaktadır (Ulusay ve Sönmez, 2007). Bu tür hataların en aza indirilmesi amacıyla araştırma yapılacak alandan görüntü alınması ve bu görüntü üzerinde görüntü işleme metotları kullanılarak daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabilir. En çok kullanılan yüzey ölçüm teknikleri hat etüdü ve pencere haritasıdır.

4.2 Hat Etüdü Yöntemi

Kaya kütlesi ve içerdiği süreksizlik düzlemlerine ait özellikler kaya yüzleğinden yapılan ölçümlerle belirlenir. Yüzlekte yapılan çalışmalar geniş bir alanda kaya kütlesinin incelenmesi, doğrudan ölçüm alınması ve çeşitli süreksizlik takımları arasındaki ilişkilerin gözlenebilmesi açısından oldukça yararlıdır. Veri toplamak ve süreksizlikler arası mesafenin bulunması amacıyla “hat etüdü” yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Hat etüdü yönteminde;

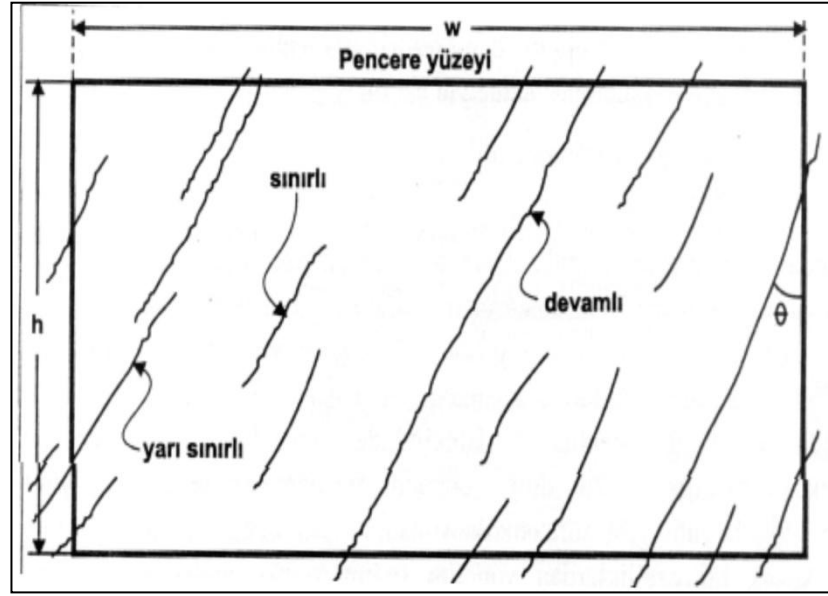
- 1- Mümkünse 150-200 arasında süreksizlikten ölçüm alınır ve bu süreksizliklerin yaklaşık % 50'sinin bir ucunun gözlenmesinde yarar vardır.
- 2- Hat etüdü uzunluğu, kaya yüzeyinin döküntü veya bitki ile kaplı olmasına bağlı olarak değişim sunabilir.
- 3- Şerit metre aynanın doğrultusuna veya eğimin en yüksek olduğu yöne paralel şekilde serilir.
- 4- Ek hat etüdü için şerit metre birinci hattı dik kesecek şekilde serilir. Böylelikle hatalı örneklemenin en aza indirilmesi sağlanır.



Şekil 4.1 Bir mostrada süreksizlik hat etüdü ve ölçüm hattını kesen süreksizlikler (Ulusay ve Sönmez, 2007)

4.3 Pencere Haritası Yöntemi

Pencere haritası yönteminin esası mostra yüzeyinde belirlenen bir alan içinde kalan süreksizliklerin özelliklerinin tayin edilmesidir (Şekil 4.2). Esas olarak hat etüdüne çok benzeyen bu yöntemin hat etüdünden tek farkı, sadece belirli bir ölçüm hattını kesen süreksizliklerin değil, belirlenen alan içinde kalan tüm süreksizliklerin dikkate alınmasıdır. Doğrusal hat boyunca alınan ölçümler sonucu yönelim ve boyut parametreleriyle ilgili olarak yapılan hatalar bu yöntemde azalmakla birlikte, ölçüm alanının sınırlanmış olması, özellikle süreksizliklerin devamlılığının belirlenmesinde tanımlama veya ölçüm güçlüklerine neden olmaktadır. Yöntemde yerel koşullara ve mostraya ulaşabilme olanaklarına bağlı olarak değişmekle birlikte, pencere genişliğinin 15-20 m olması önerilmektedir



Şekil 4.2 Pencere haritası tekniği ve pencerenin sınırları içinde gözlenen süreksizlikler (Ulusay ve Sönmez, 2002)

4.4 Süreksizlik Özelliklerinin Sondaj Karotlarından Belirlenmesi

Sondaj karotları, kaya kütesinden alınmış çizgisel örnekleri temsil ederler ve jeoteknik amaçlı loglamada ilk önce tayin edilecek parametreler toplam karot verimi, sağlam karot verimi, kaya kalite göstergesi (% RQD) ve eklem sıklığıdır.

Bununla birlikte, bu parametreler tasarım açısından tek başlarına yeterli bilgi sağlayamazlar. Dolayısıyla loglamada aralık, devamlılık, pürüzlülük, açıklık, dolgu, bozunma derecesi, takım sayısı vs. gibi süreksizlikleri tanımlayan özelliklerin de tayin edilmesi gerekir.

Ancak bu özelliklerden aralık ve takım sayısı gibi özelliklerin tek bir sondajdan tayin edilmesi mümkün değildir. Takım sayısının tespit edilmesi için birbirine paralel olmayan en az 3 sondajın yapılması gerekir.

Bu yöntemde süreksizliklerin aralıkları tespit edilirken süreksizlikler tarafından ayrılmış karot parçaları, süreksizlik yüzeyleri birbirleriyle çakıştırılarak bir araya getirilir. Aralık, karot eksenine boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen L uzaklığına ve α açısına bağlı olup;

$$S = L \cdot \sin \alpha \text{ olarak ifade edilir.}$$

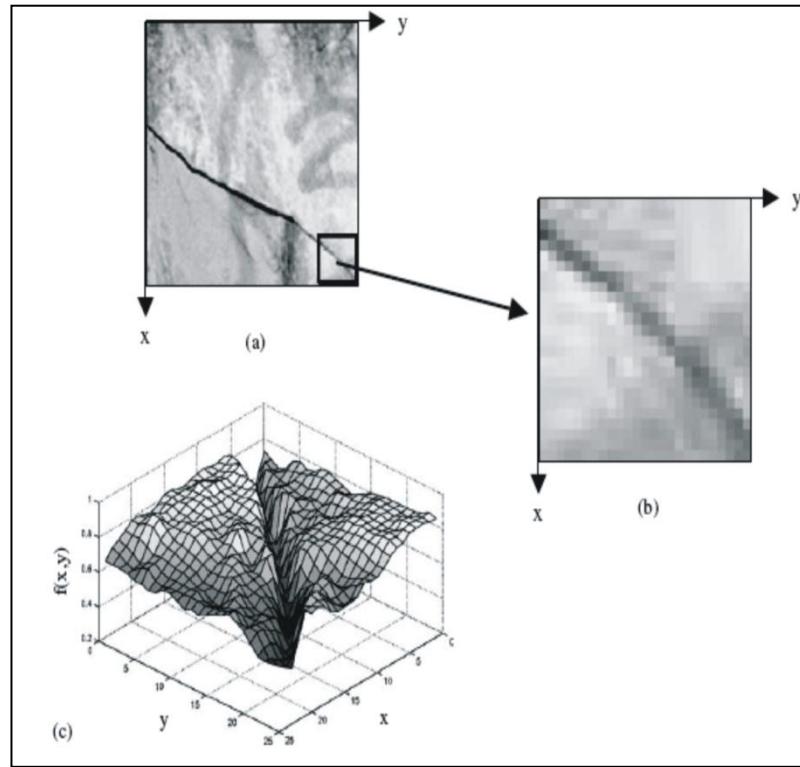
Eğer süreksizlikler karot eksenine dik ise, aralık doğrudan süreksizlikler arasındaki mesafeye eşittir.

4.5 Görüntü Analizi İle Süreksizliklerin Tespit Edilmesi

1976 yılında McCarter (1976) fotoğraf kullanarak açık ocaktaki şevlerden ana jeolojik yapıları tespit etmiştir. Bu yaklaşım madencilik endüstrisinde sürekli olarak topoğrafyanın, jeolojik yapının değişmesi ve bilgilerin hızlı güncellenmesi gerekliliği nedeniyle hemen kendine kullanım alanı bulmuştur.

Görüntü analizi ile kaya kütlelerinin analizi çalışmaları, stereoskopik ve monoskopik olarak sınıflandırılır. Monoskopik sistemde kaya kütesinden alınan bir görüntü üzerinde çalışmalar yapılmış ve süreksizlik izleri tanımlanması araştırılmış, stereoskopik yaklaşımda ise aynı kaya kütesinin farklı açılardan görüntüleri alınarak daha çok kaya kütesinin geometrik özellikleri ve konumu ile ilgili özellikler belirlenmeye çalışılmıştır (Karakuş, 2007).

Bir kaya kütesindeki süreksizlik sayısal görüntü olarak Şekil 4.3’de verildiği gibi gösterilebilir. Şekil 4.3 a’da orjinal görüntü, Şekil 4.3 b’de orjinal görüntünün bir bölümünün büyütülmüş durumu Şekil 4.3 c’de büyütülmüş görüntünün koordinat sisteminde gri seviye değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi süreksizlikler gri seviyeli görüntülerde kolaylıkla tespit edilebilmektedir.



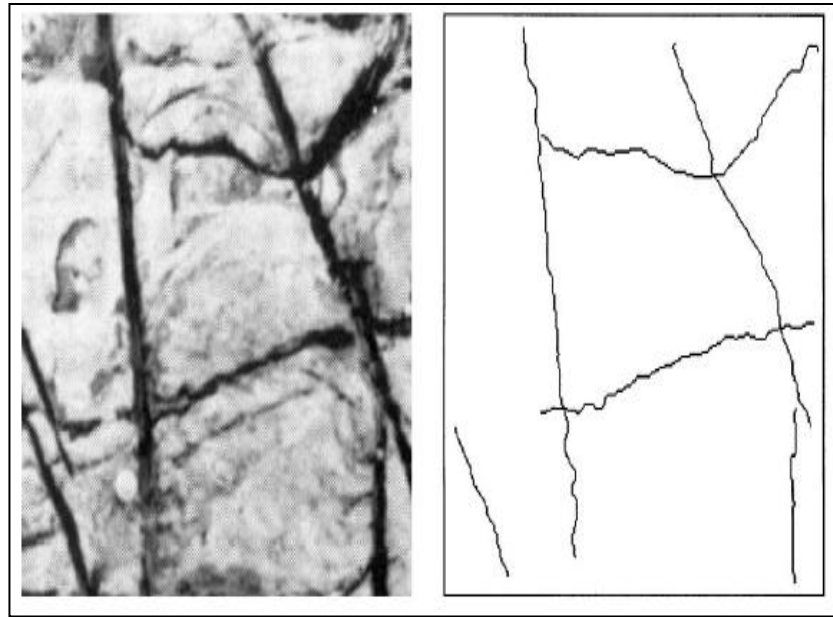
Şekil 4.3 Süreksizliğin görüntüsü (Lemy ve Hadjigeorgiou, 2003)

Şekil 4.3’de verilen yaklaşımla monoskopik sayısal görüntülerden süreksizliklerin manuel olarak tanımlanmasıyla ilgili olarak Tsoutrelis vd. (1990) ve Crosta (1997)

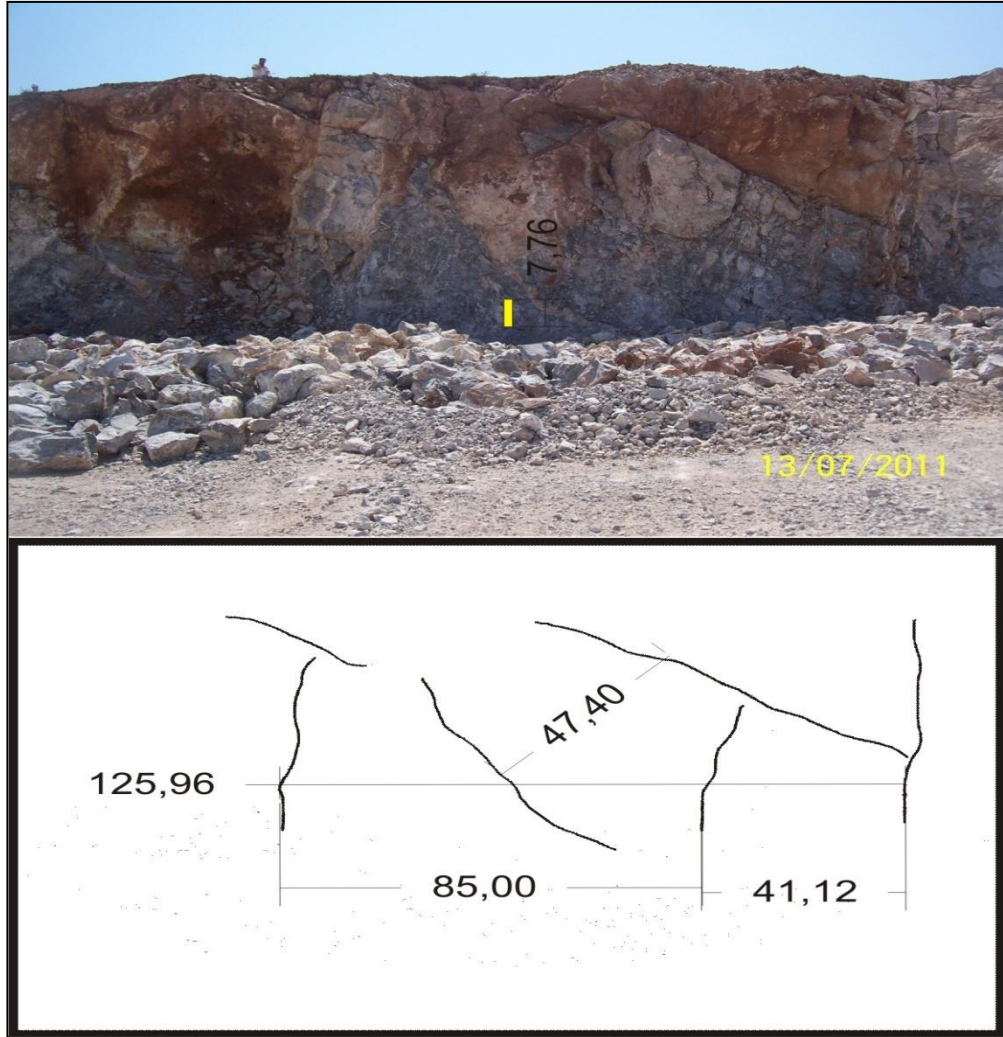
öncü çalışmalar yapmışlardır. Manuel olarak süreksizliklerin tanımlanması zaman alan ve uygulaması sınırlı olan bir yöntemdir.

İlerleyen araştırmalarda Maerz (1990) ve Reid ve Harrison (2000) sayısal görüntü üzerindeki iki boyutlu yüzeyi bir koordinat sistemi olarak tanımlamış ve grinin tonlarını $f(x,y)$ fonksiyonunun bir değeri olarak kullanan, süreksizliklerin otomatik/yarı otomatik, matematiksel olarak tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Maerz (1990) sayısal görüntüde bulunan çizgileri tespit etmek amacıyla zenginleştirilmiş görüntünün birinci dereceden türevini kullanmış ve basit jeometrik özellikleri tespit edebilmiştir.

Reid ve Harrison (2000) yarı otomatik olarak süreksizliklerin tespit edilebilirliğini araştırmıştır. Araştırmasında kaya yüzeyinden alınan görüntülerden süreksizliklerin tespiti amacıyla filtreler kullanmış ve bunları gerçek değerleriyle karşılaştırmıştır. Sonuç olarak görüntü işleme filtreleri kullanılarak kaya yüzeyinden alınan görüntülerden süreksizliklerin tespit edilebileceğini rapor etmiştir. Bu çalışmada kullanılan bir kaya yüzeyi ve onun görüntü işleme metotları kullanılarak elde edilen görüntüsü Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Sayısal görüntü işleme ile süreksizlik haritasının bulunması (Reid ve Harrison, 2000)

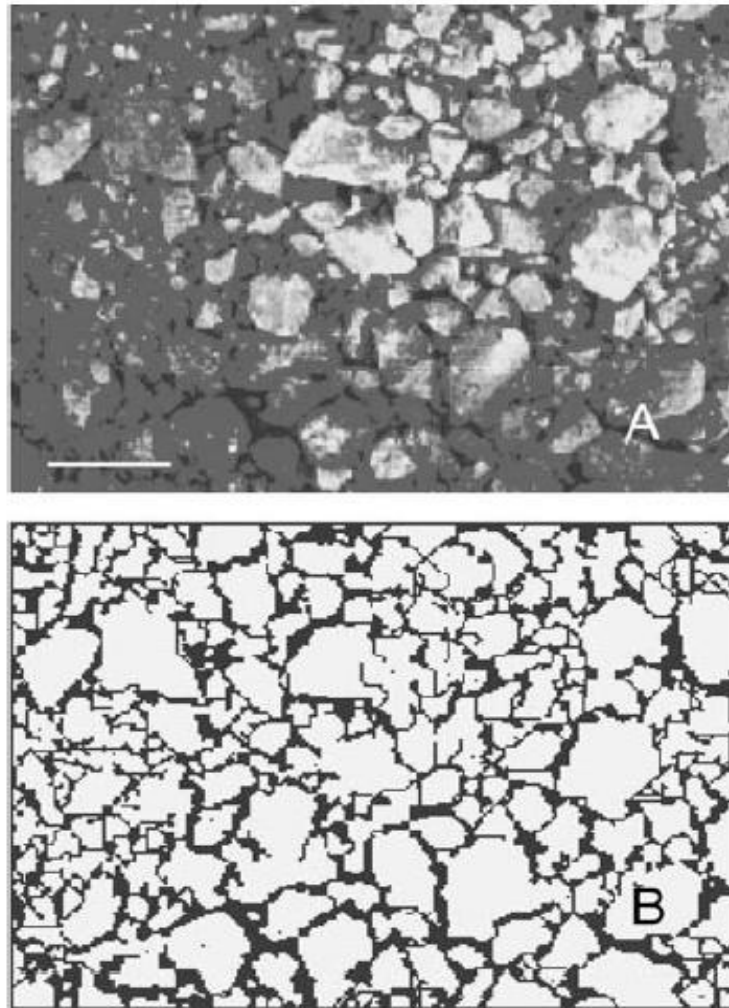


Şekil 4.5 Sayısal görüntü işleme ile süreksizlik haritasının bulunması

4.6 Görüntü Analizi İle Boyut Dağılımın Tespit Edilmesi ve Çalışmada Kullanılan Görüntü Analizi Programı “WIPFRAG GRANULOMETRY ANALYSIS SOFTWARE” in Tanıtılması

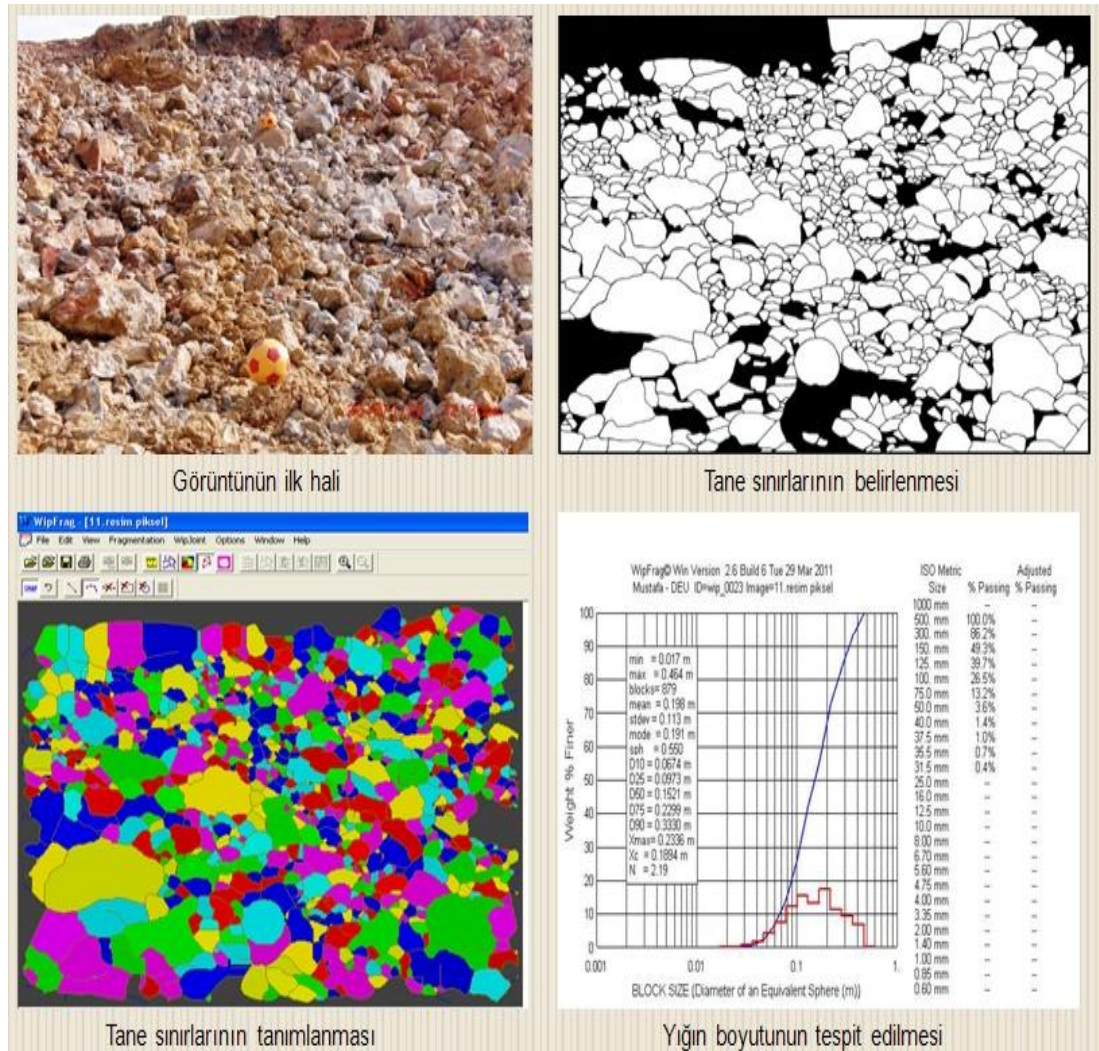
Tane boyut dağılımının belirlenmesi ile ilgili özellikle mikroskop görüntülerinde mineral tanelerinin dağılımı ve boşluk oranı tespiti gibi çalışmalar yapılsa da, madencilik endüstrisinde patlatma veriminin değerlendirilmesinde kendine kullanım alanı bulmuştur. Patlatmalar sonucu oluşan boyut dağılımının manuel olarak ölçülmesi oldukça zor ve maliyetli bir iştir. Bütün yığının elekten geçirilmesi ve sınıflandırılması ancak araştırma bazında yapılabilmekte ve endüstriyel anlamda uygulaması imkansız görünmektedir.

Parça boyut dağılımının görüntü işleme yöntemleri ile belirlenmesinde yapılan çalışmalarda yığından görüntü alınmakta, zenginleştirme ve biçimlendirme işlemlerinden geçirilerek köşeler belirgin hale getirilmektedir. Sadece patlatma yığınları değil, endüstriyel uygulamada kırıcıların veriminin belirlenmesinde de benzer çalışmalar yapılmıştır. Kemeny vd. (2002) yaptıkları araştırmada kireçtaşı ocağında kullanılan birincil kırıcının ürününü görüntü işleme yöntemleri ile incelemiş ve kırılabilirlik analizleri yapmışlardır. Yapılan araştırmada birincil kırıcıdan çıkan kireçtaşının ham görüntüsü ve işlenmiş hali Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Kireçtaşının birincil kırıcı ürünü ve Split yazılımı kullanılarak boyut dağılımının belirlenmesi (Kemeny vd., 2002)

Bu çalışma kapsamında yapılan örnek bir yığın boyut analizi Şekil 4.7 'de verilmiştir.



Şekil 4.7 Örnek bir boyut analizi

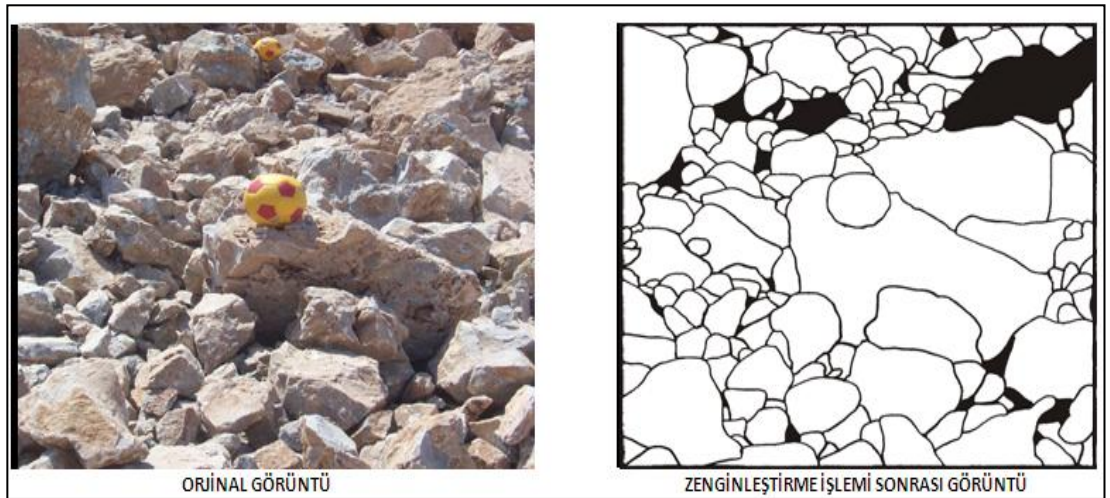
Bu tez çalışması kapsamında arazide yapılan patlatma işlemleri sonunda ortaya çıkan tane boyutunu tanımlamak için WIPRAG-2005 programı kullanılmıştır. Tane boyutunu hesaplamak için arazide patlatma işlemi sonrasında yığının fotoğrafı ölçek kullanılarak çekilmiştir. Ölçek olarak 18 cm çapında 2 adet top kullanılmıştır (Şekil 4.8). Tane boyutunun tam olarak belirlenmesi için yığından birden fazla fotoğraf alınmış ve bu fotoğraflar arasında yığını temsil eden 2 adet fotoğraf kullanılarak tane boyut hesabına gidilmiştir.



Şekil 4.8 Ölçek kullanılarak elde edilen fotoğraf

4.6.1 Elde Edilen Görüntülerin Hazırlanması

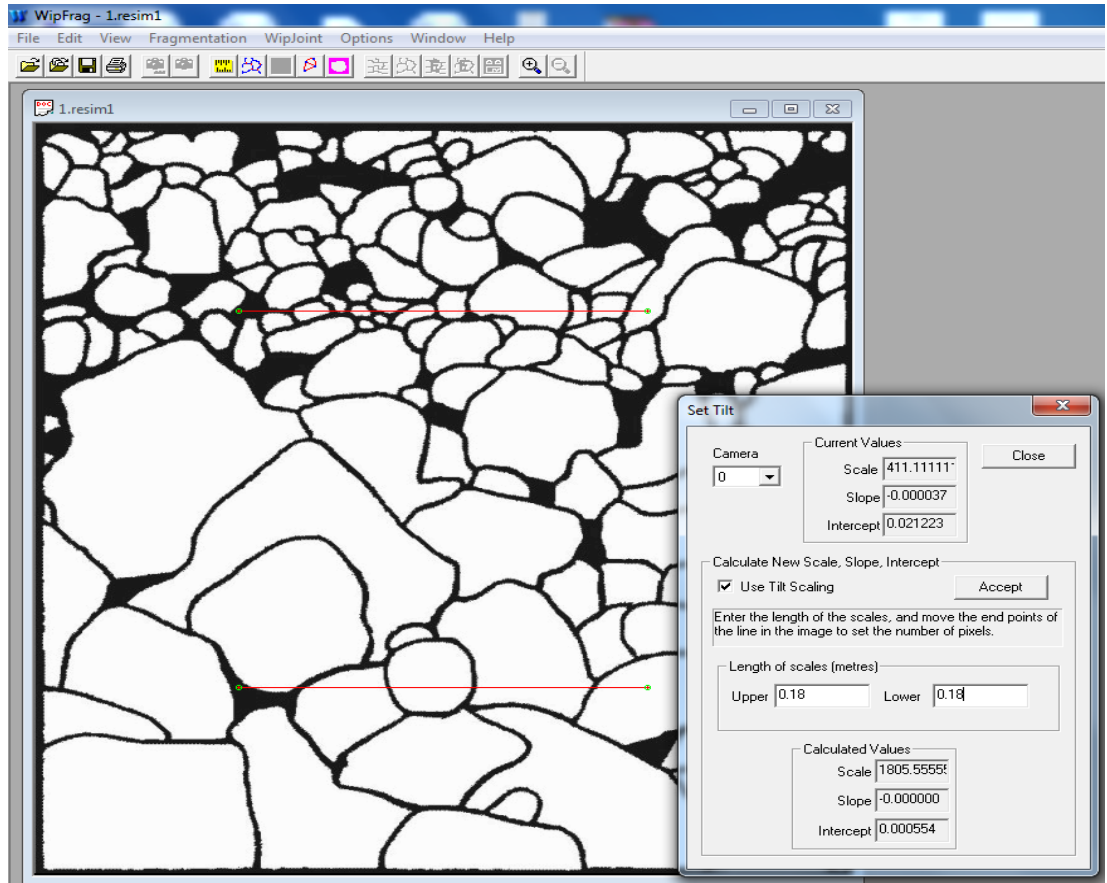
Patlatma sonrasında yığından elde edilen görüntüler öncelikle zenginleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sırasında tanelerin sınırları el ile detaylı olarak taranmış ve daha sonra görüntü analiz için siyah - beyaz hale getirilmiş ve daha sonra JPEG formatında kaydedilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Görüntünün programda kullanıma hazır hale getirilmesi

4.6.2 Görüntünün Analiz Edilmesi

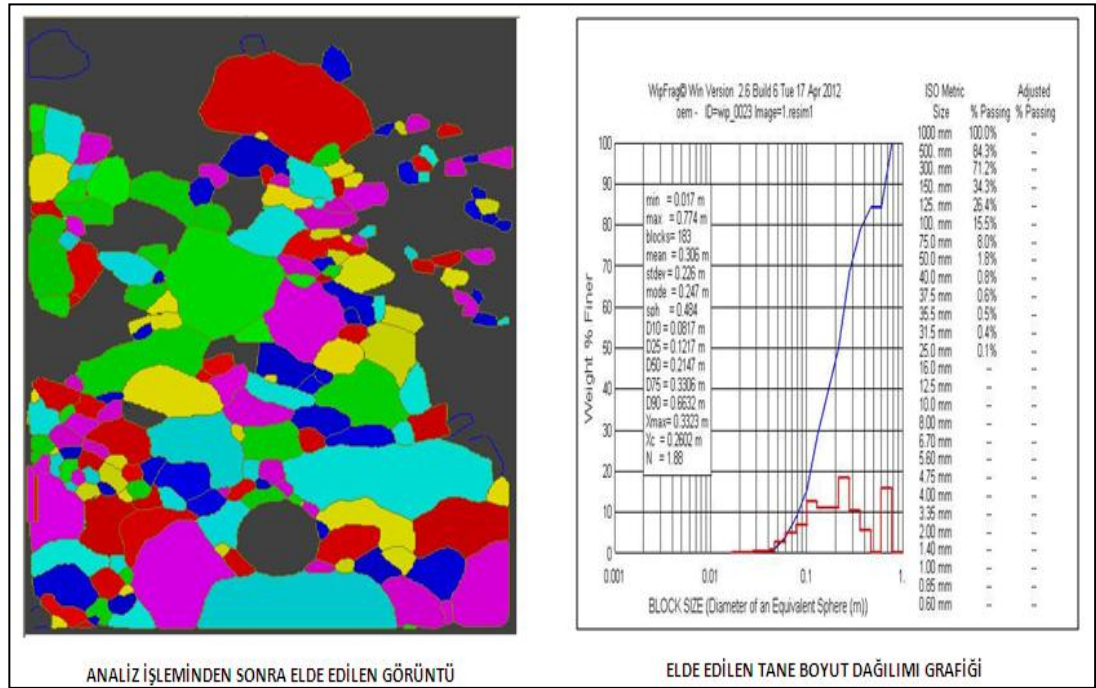
Program için hazır hale getirilen siyah-beyaz görüntü üzerinde öncelikle tane boyutunun hesaplanabilmesi için ölçeklerin programa tanıtılması işlemi yapılır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Ölçeklendirme işlemi

Ölçeklendirme işleminde daha önce görüntülerde kullanılan toprakların çapı olan 18 cm programa el ile girilir. Ölçeklendirme işlemi sonrasında tane sınırlarını belirleme işlemi program tarafından yapılır. Ancak görüntü kalitesine bağlı olarak bazı tanelerin sınırları program tarafından bazen belirlenmemektedir. Bu durumda belirlenemeyen tanenin sınırları görüntü üzerinde kullanıcı tarafından tekrardan çizilebilmektedir.

Ölçeklendirme ve tane sınırlarının belirlenmesi işleminden sonra görüntü üzerinde siyah ile boyalı olan kısımların ve ölçek olarak kullanılan topların tane boyut analizine girmesini engellemek için bu kısımların program tarafından “ignore this block” komutu kullanılarak analiz dışında bırakılması sağlanır. Tüm bu işlemlerin sonunda görüntü analiz için hazır hale gelmiş olur, işlenen görüntü ve hesaplanan tane boyut sonuçları grafik şeklinde gösterilir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Görüntü analizi sonrasında elde edilen görüntü ve sonuçlar.

BÖLÜM BEŞ

YAPILAN ARAZİ ÇALIŞMALARI

5.1 Giriş

Tez çalışmasında yapılan arazi çalışmaları İzmir içinde bulunan Dere Madencilik A.Ş ve Çimentaş A.Ş'ye ait açık ocaklarda yapılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları boyunca Dere Madencilik A.Ş'ye ait açık ocak sahasında 7 adet patlatma, Çimentaş A.Ş 'ye ait açık ocak sahasında ise 14 adet patlatma izlenmiş ve patlatmalardan ölçümler alınmıştır.

İlerleyen bölümlerde 2 farklı sahada yapılan arazi çalışmaları detaylı olarak anlatılmaktadır.

5.2 Dere Madencilik A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Arazi Çalışmaları

Dere madencilik A.Ş'ye ait açık ocak sahasında kış ve yaz aylarında toplam 7 aynada yapılan patlatmalar izlenmiş, patlatma verileri kaydedilmiş, patlatma öncesinde ve sonrasında aynada ve çevresinde bulunan süreksizliklerden ölçüm alınmıştır. Bunlara ilaveten patlatma sonrasında yığından fotoğraflar çekilerek her bir patlatmaya ait tane boyut dağılımları hesaplanmıştır. Yapılan patlatmalara ait parametreler, ayna üzerindeki, çevresindeki süreksizliklerden alınan ölçümler ve tane boyut dağılımları her bir ayna için aşağıda verilmektedir. Aynalar sırasıyla 1 ve 7 arasında numaralandırılmıştır.



Şekil 5.1 Çalışma sahasının genel görünümü

5.2.1 1.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.2) ile patlatma verileri (Tablo 5.1) verilmiştir.



Şekil 5.2 1.aynaya ait görüntü

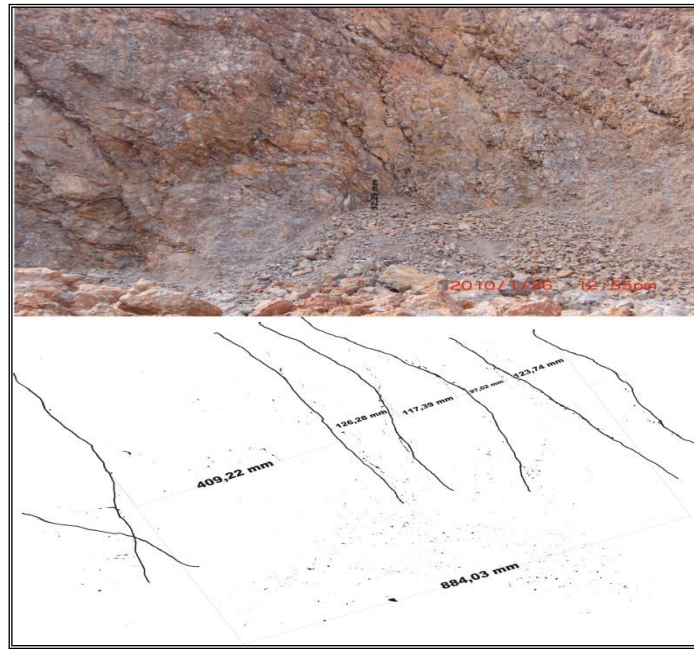
Tablo 5.1 1.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
41	13	89	2	55	3	0,625

Tablo 5.2 1.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
3	81	12,5	2250	3037,50	0,7407

Yapılan ölçümler sonucunda 1.patlatmaya ait özgül şarj 0,7407 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 2,73 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.3). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.3 1.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.3'te, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.4'te verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.4). 1. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.4 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler ve milimetrik kumpas

Tablo 5.3 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

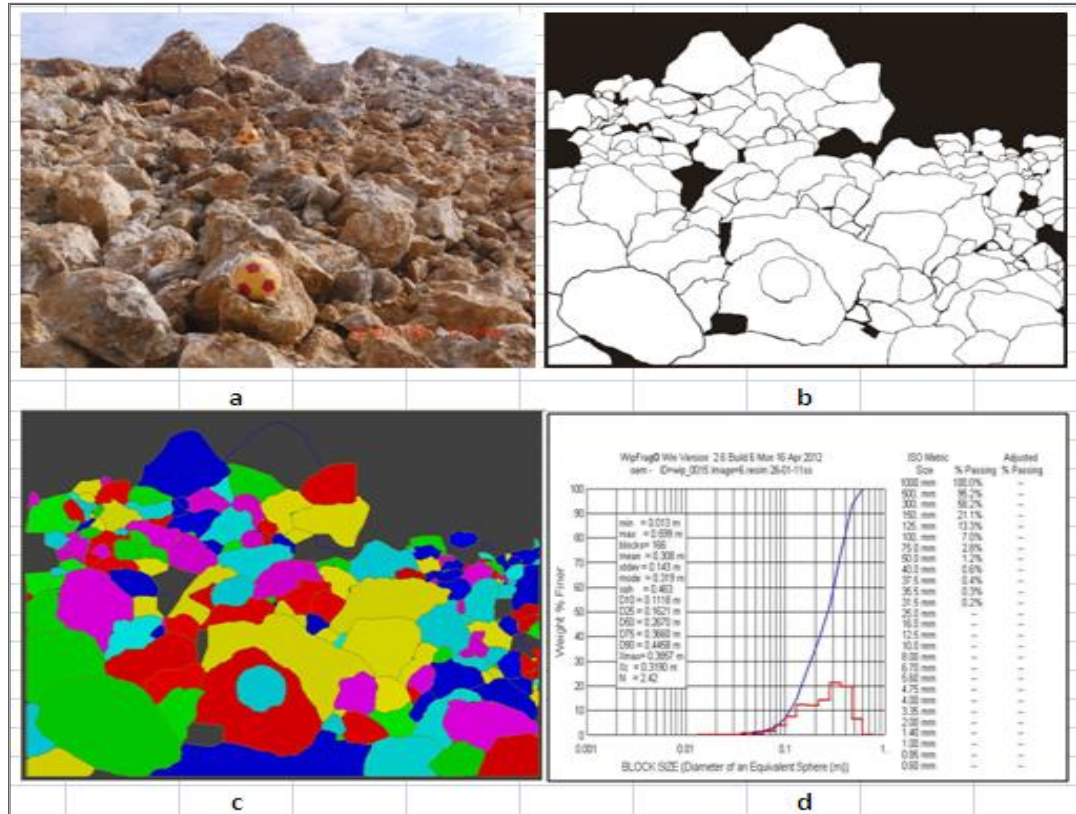
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	23,2366	24,0500	0,8133
2	22,5533	24,1900	1,6366

Tablo 5.4 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4254106	527116	4254026	527108			
1.Süreksizlik				4254007	527077	36,36
2.Süreksizlik				4254161	527186	89,00

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 36,36 metre, ikinci süreksizlik için ise 89,00 metre olarak bulunmuştur.

1.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığımı temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

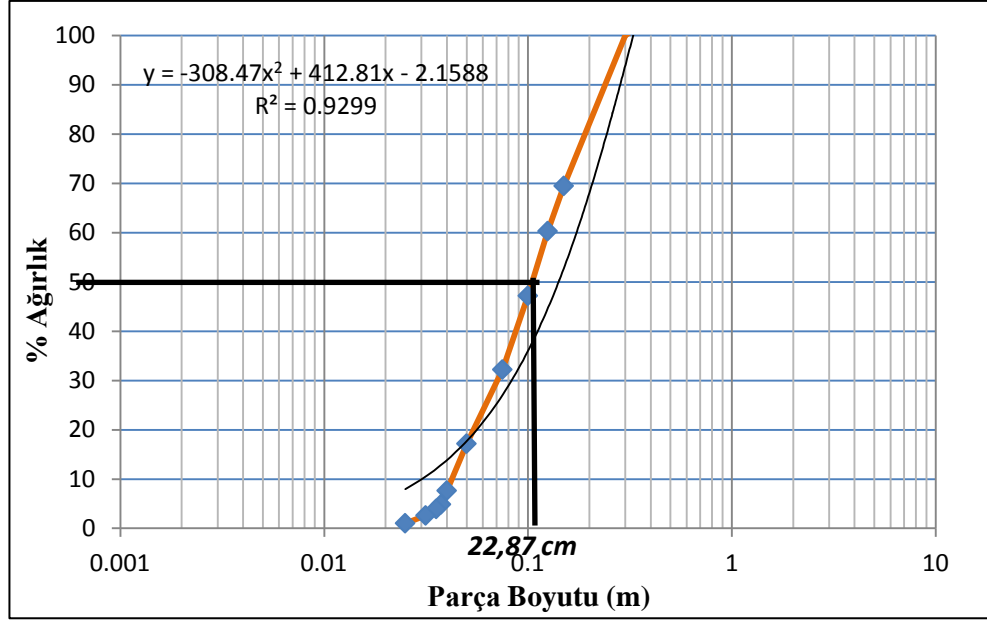


Şekil 5.5 Örnek olarak 1.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 499 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 22,87 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.5 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,599	0,1945	333
Görüntü 2	0,013	0,599	0,2670	166



Şekil 5.6 1.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.2 2.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.7) ile patlatma verileri (Tablo 5.6) verilmiştir.



Şekil 5.7 2. aynaya ait görüntü

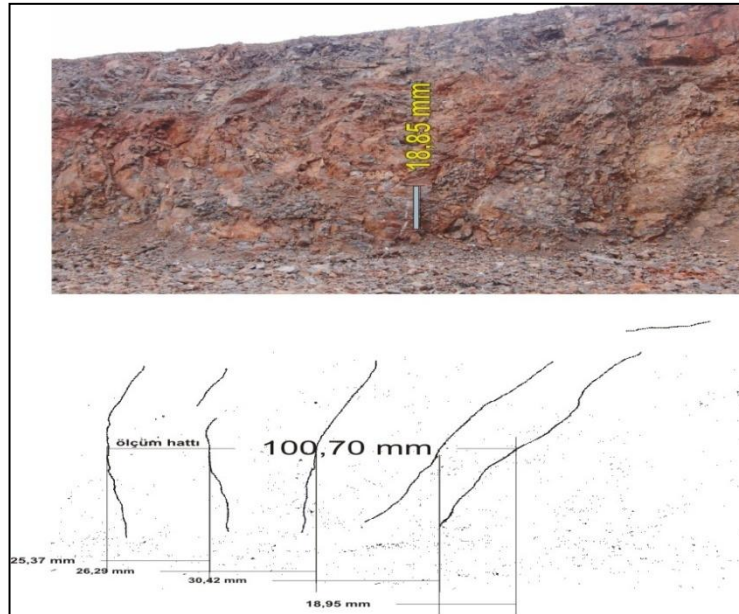
Tablo 5.6 2.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
50	10,50	89	3	43	3	0,625

Tablo 5.7 2.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
10	47	9	2150	4230	0,5083

Yapılan ölçümler sonucunda 2.patlatmaya ait özgül şarj 0,5083 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 1,17 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.8). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.8 2.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.8’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.9’da verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.9). 2. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.9 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler ve milimetrik kumpas

Tablo 5.8 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

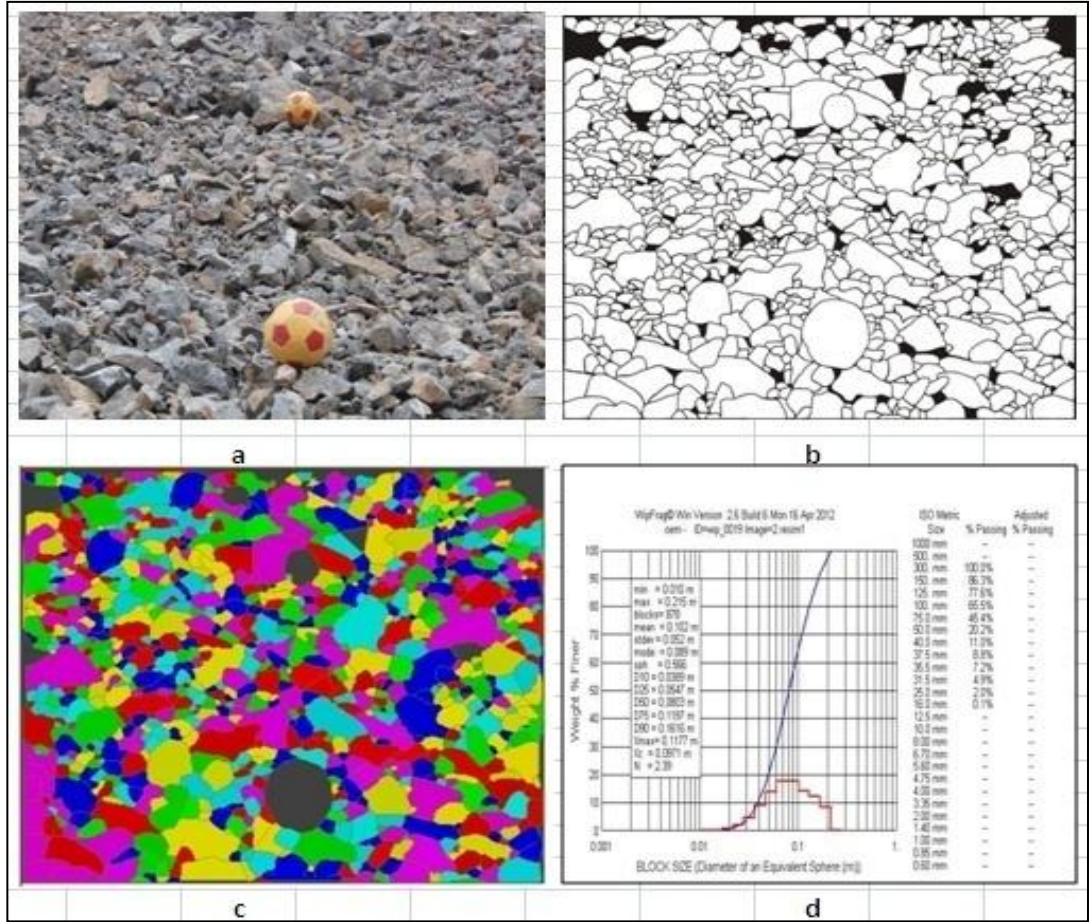
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	13,33	13,57	0,2367
2	3,6533	3,7900	0,1367

Tablo 5.9 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4253966	527300	4253984	527257			
1.Süreksizlik				4253990	527260	6,70
2.Süreksizlik				4253998	527249	16,12

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 6,70 metre, ikinci süreksizlik için ise 16,12 metre olarak bulunmuştur.

2.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığıyı temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

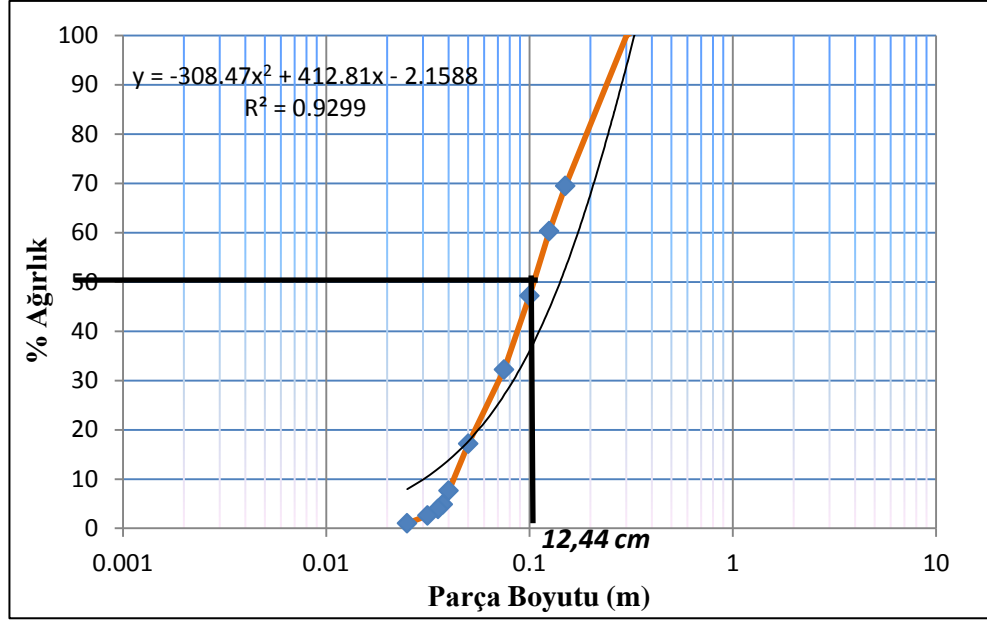


Şekil 5.10 Örnek olarak 2.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 1514 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 12,44 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.10 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,008	0,359	0,0882	636
Görüntü 2	0,010	0,215	0,0803	878



Şekil 5.11 2.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.3 3.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.12) ile patlatma verileri (Tablo 5.11) verilmiştir.



Şekil 5.12 3.aynaya ait görüntü

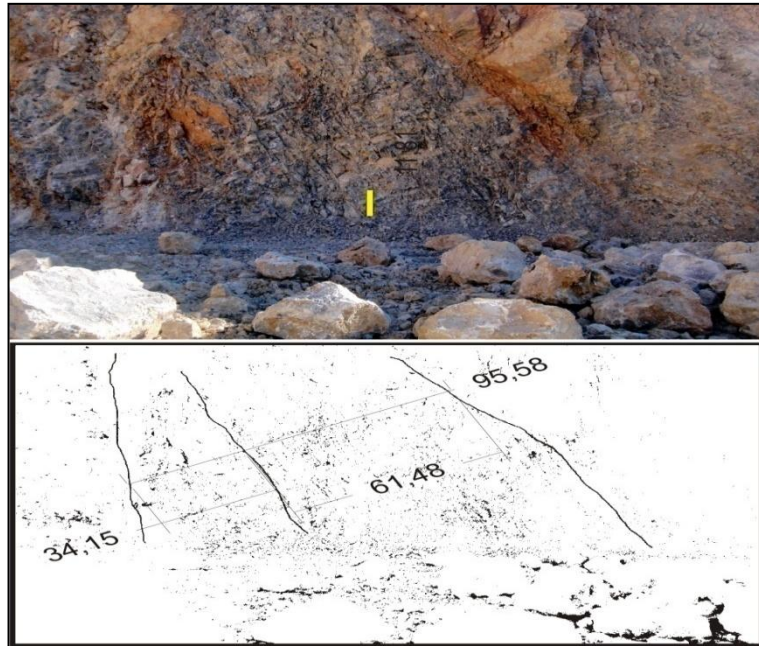
Tablo 5.11 3.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
25	13,50	89	2,5	60	2,50	0,625

Tablo 5.12 3.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
3,5	58	12,50	1500	2537,50	0,5911

Yapılan ölçümler sonucunda 3.patlatmaya ait özgül şarj 0,5911 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 4,05 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.13). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.13 3.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.13’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.14’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.14). 3. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 3 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.14 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler ve milimetrik kumpas

Tablo 5.13 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

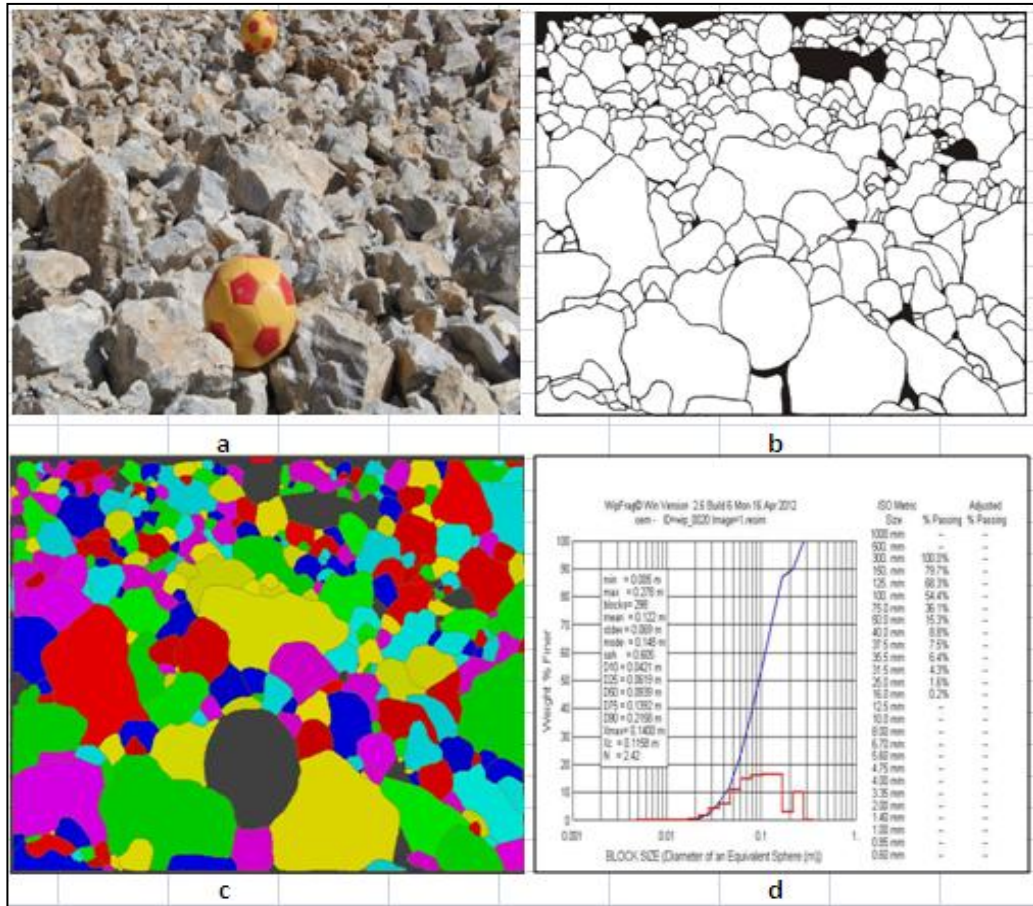
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	10,2666	11,1233	0,8566
2	12,0666	12,5800	0,5133
3	6,8733	7,1100	0,2366

Tablo 5.14 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4254116	527120	4254058	527117			
1.Süreksizlik				4254148	527111	33,24
2.Süreksizlik				4254150	527105	37,16
3.Süreksizlik				4254146	527215	99

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 33,24 metre, ikinci süreksizlik için 37,16 metre ve 3.süreksizlik için ise 99 metre olarak bulunmuştur.

3.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

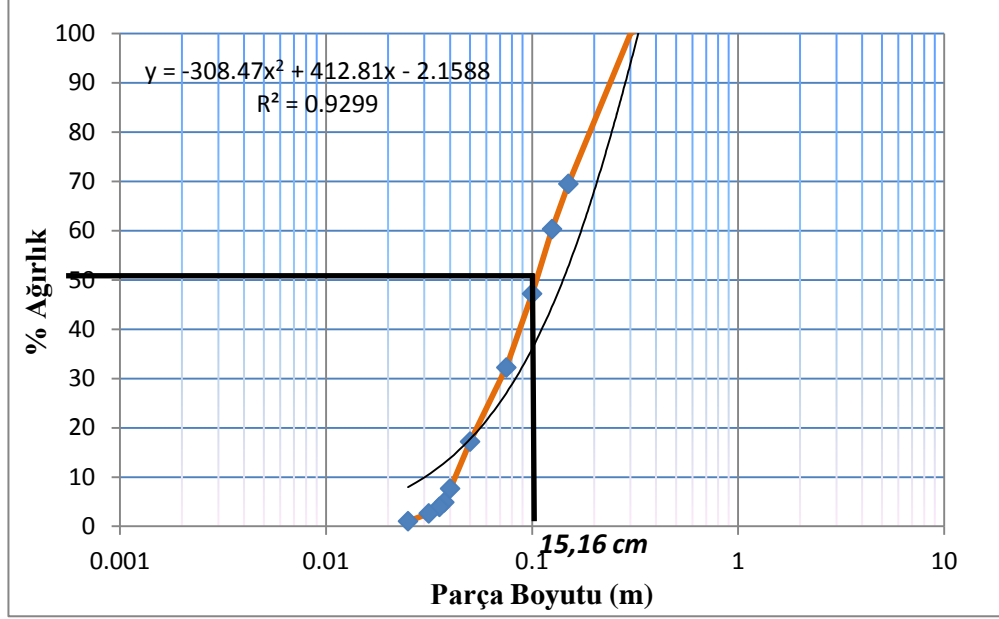


Şekil 5.15 Örnek olarak 3.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 662 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 15,16 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.10 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,005	0,278	0,0939	298
Görüntü 2	0,008	0,278	0,1347	364



Şekil 5.16 3.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.4 4.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait patlatma sonrası görüntü (Şekil 5.17) ile patlatma verileri (Tablo 5.12) verilmiştir.



Şekil 5.17 4.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

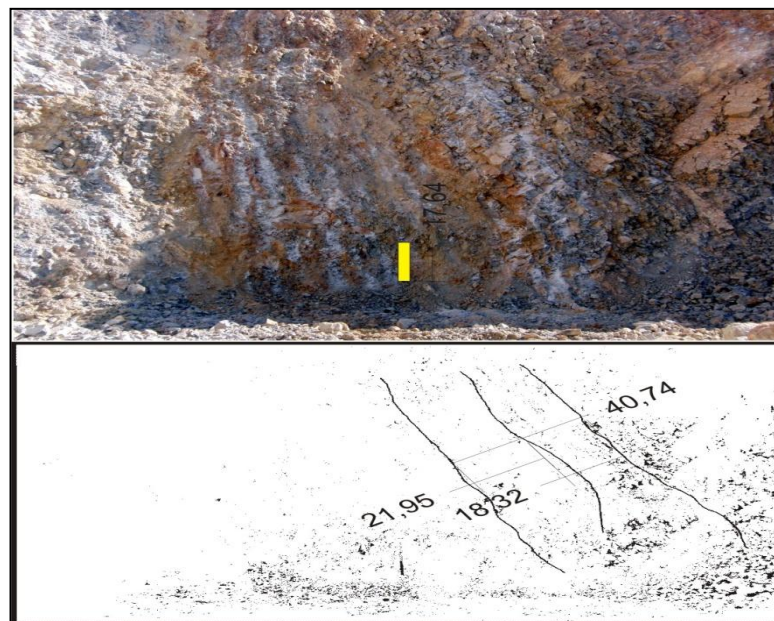
Tablo 5.12 4.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
21	12,50	89	3	60	2,50	0,625

Tablo 5.13 4.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
7	43	11,50	1250	3461,50	0,3611

Yapılan ölçümler sonucunda 4.patlatmaya ait özgül şarj $0,3611 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 1,14 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.18). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.18 4.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.14’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.15’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.19). 4. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.19 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler ve milimetrik kumpas

Tablo 5.14 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

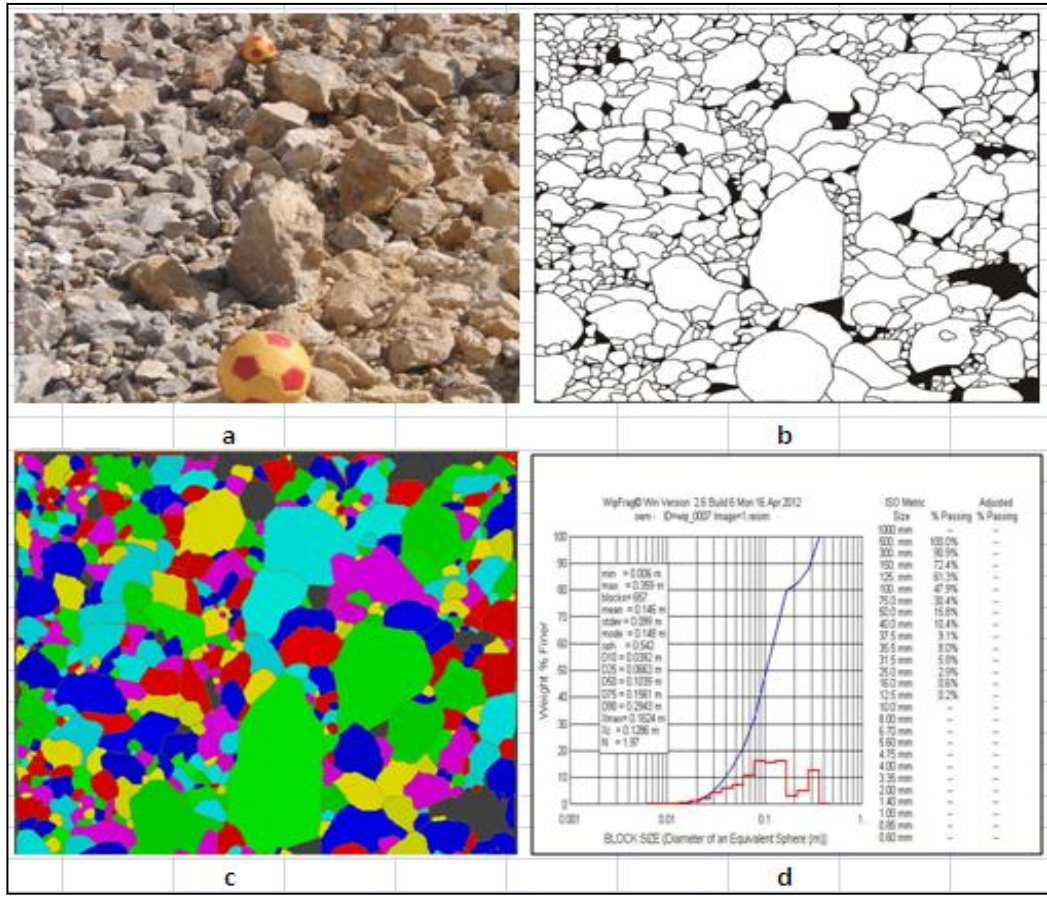
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	10,3466	11,4633	1,1166
2	10,3500	10,7766	0,4266

Tablo 5.15 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4254144	527144	4254102	527156			
1.Süreksizlik				4254143	527108	36,01
2.Süreksizlik				4254150	527105	39,46

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 36,01 metre, ikinci süreksizlik için ise 39,46 metre olarak bulunmuştur.

4.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığıyı temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

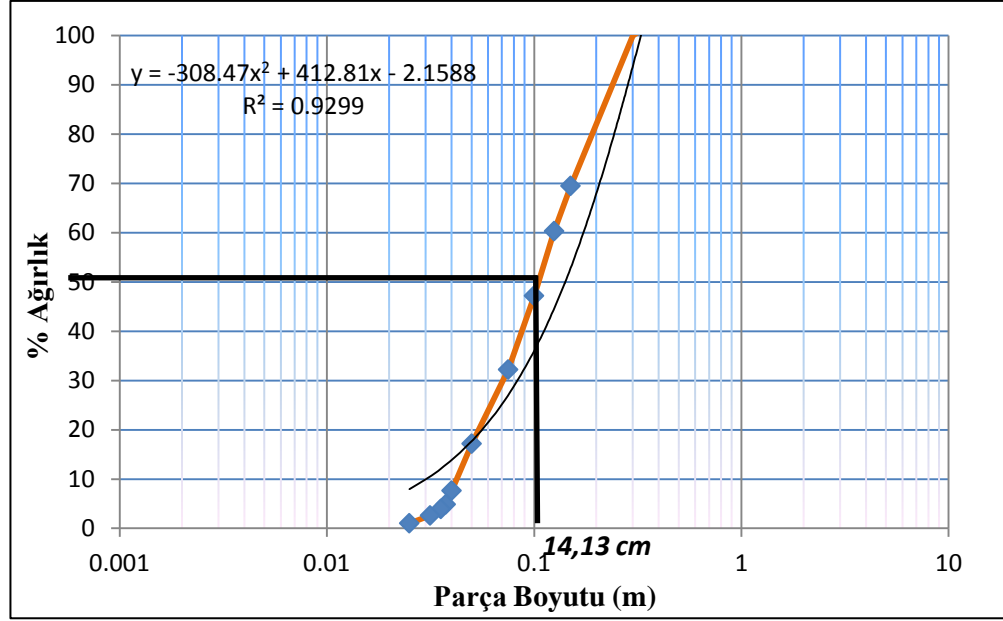


Şekil 5.20 Örnek olarak 4.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 927 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 14,13 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.16 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	MİN. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,006	0,359	0,1039	657
Görüntü 2	0,006	0,359	0,1283	270



Şekil 5.21 4.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.5 5.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.22) ile patlatma verileri (Tablo 5.17) verilmiştir.



Şekil 5.22 5.aynaya ait görüntü

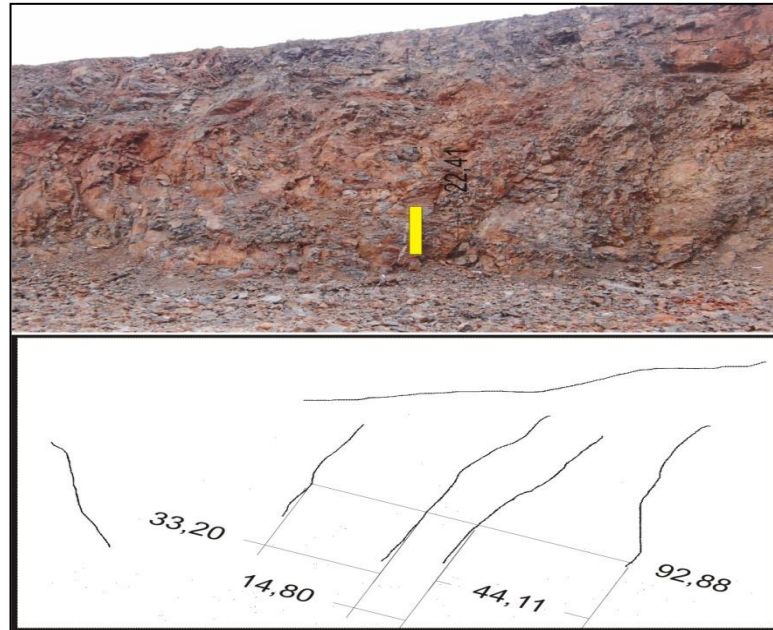
Tablo 5.17 5.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
32	12,50	89	3	60,15	2,50	0,625

Tablo 5.18 5.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
10	30	11,50	1925	3450	0,5580

Yapılan ölçümler sonucunda 5.patlatmaya ait özgül şarj 0,5580 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 1,37 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.23). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.23 5.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.19’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.20’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 5. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.19 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

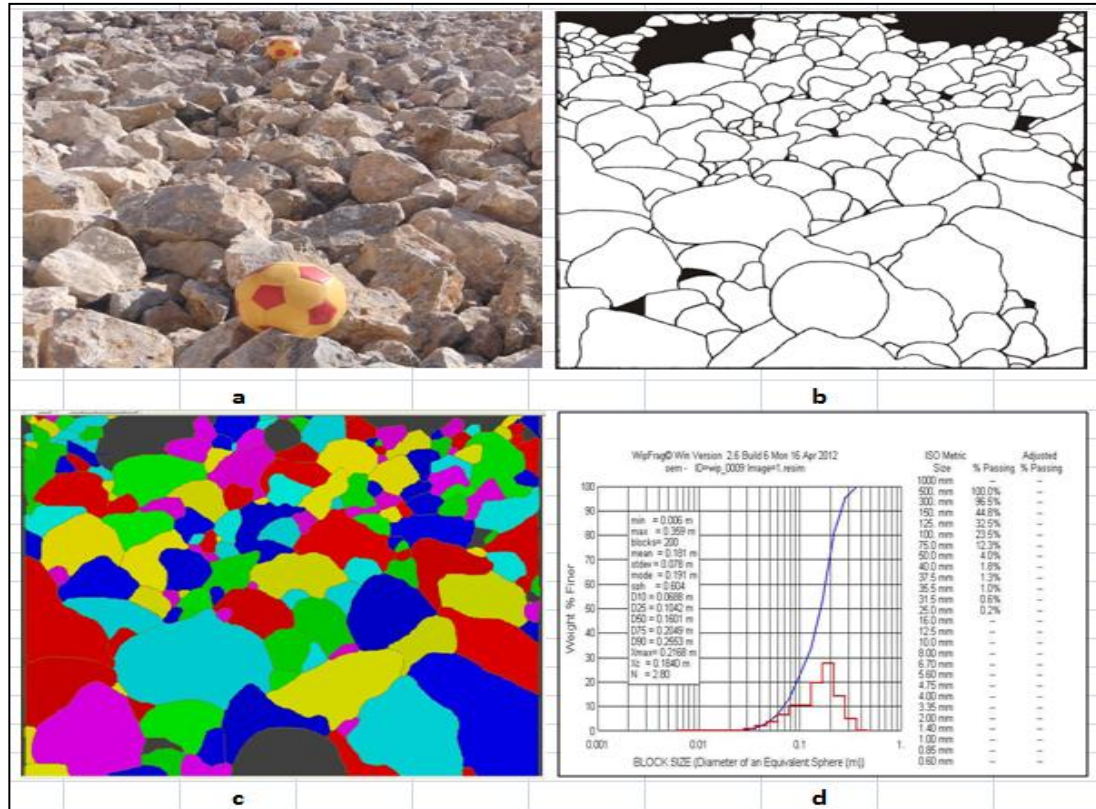
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	12,5366	12,9700	0,4333
2	4,8400	5,0166	0,1766

Tablo 5.20 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4254092	527151	4254062	527148			
1.Süreksizlik				4254124	527126	40,60
2.Süreksizlik				4254127	527127	42,44

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 40,60 metre, ikinci süreksizlik için ise 42,44 metre olarak bulunmuştur.

5.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

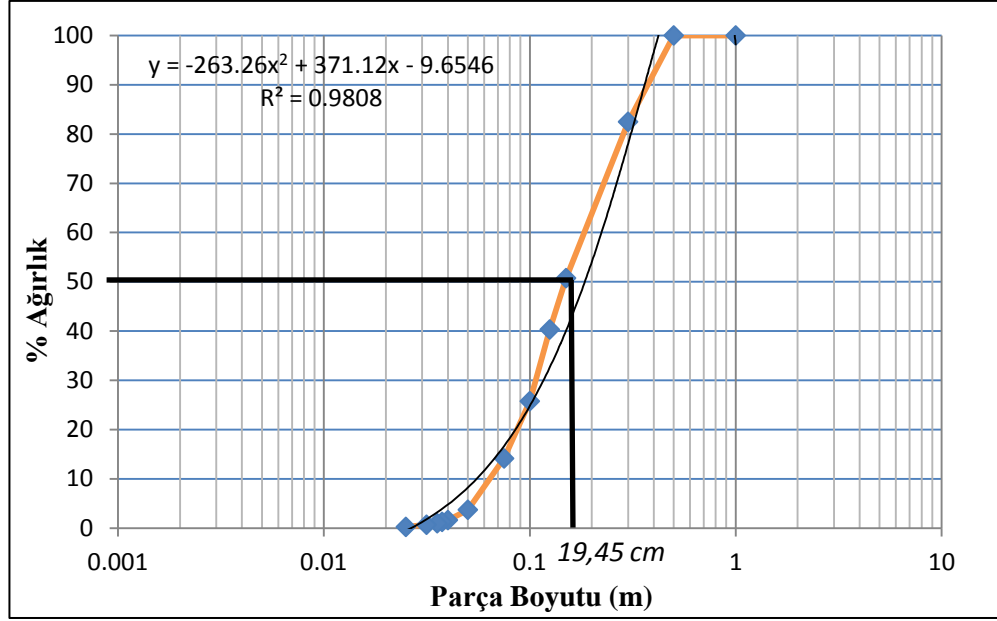


Şekil 5.24 Örnek olarak 5.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d)
Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 333 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 19,45 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.21 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,006	0,359	0,1601	200
Görüntü 2	0,005	0,464	0,2407	133



Şekil 5.25 5.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.6 6.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.26) ile patlatma verileri (Tablo 5.22) verilmiştir.



Şekil 5.26 6.aynaya ait görüntü

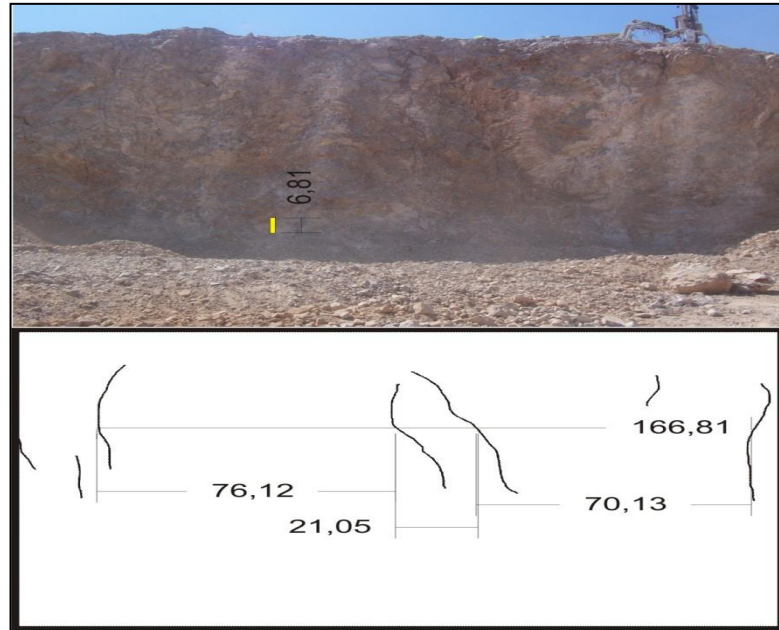
Tablo 5.22 6.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
25	18	89	3	75	4	0,625

Tablo 5.23 6.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
10	28	17	1875	4760	0,3939

Yapılan ölçümler sonucunda 6.patlatmaya ait özgül şarj $0,3939 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 8,19 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.27). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.27 6.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.24’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.25’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 6. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.24 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

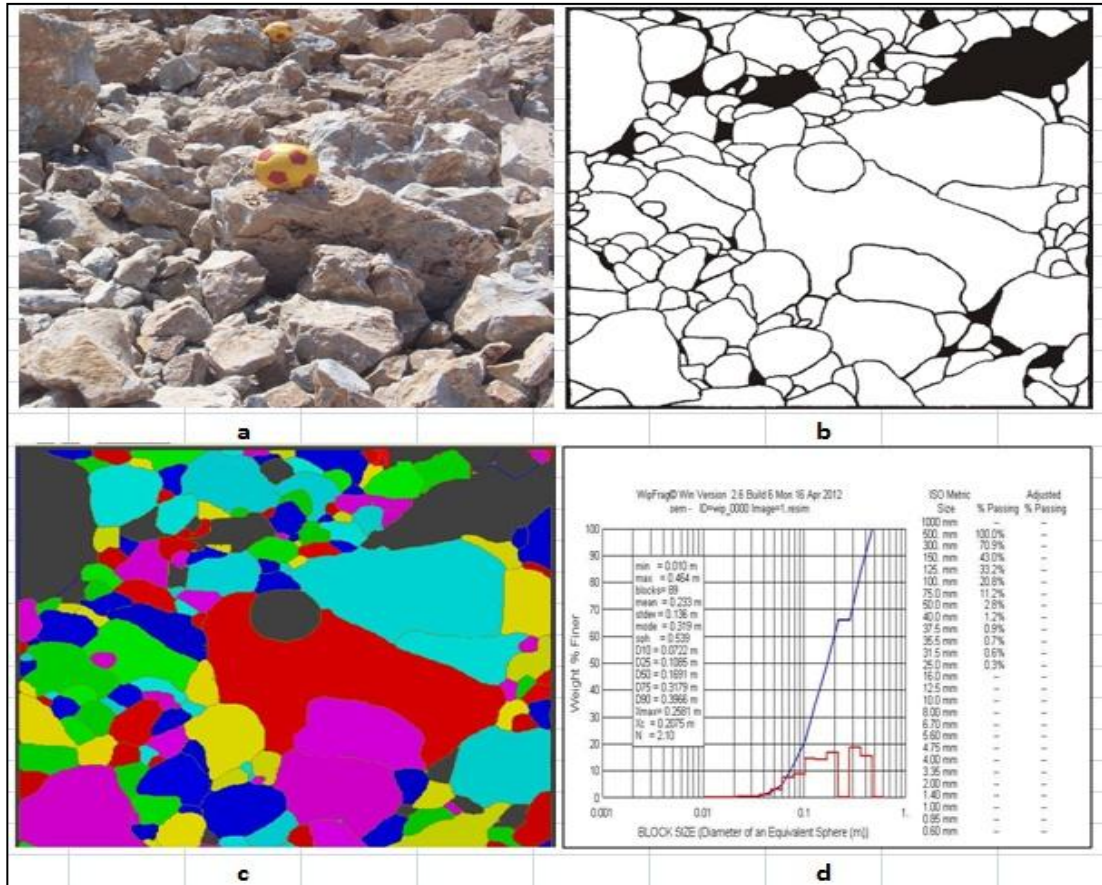
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	9,2933	9,8633	0,5700
2	11,0266	11,5033	0,4766

Tablo 5.25 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4253365	527222	4253358	527195			
1.Süreksizlik				4253407	527137	76
2.Süreksizlik				4253352	527162	34

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 76 metre, ikinci süreksizlik için ise 34 metre olarak bulunmuştur.

6.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

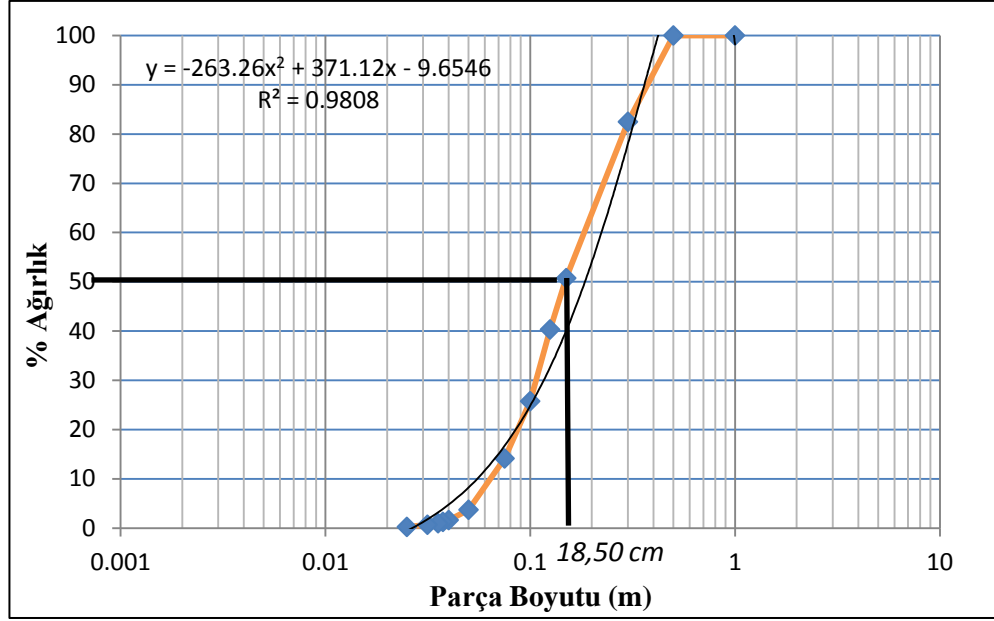


Şekil 5.28 Örnek olarak 6.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 294 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 18,50 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.26 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,010	0,464	0,1691	89
Görüntü 2	0,008	0,464	0,1394	205



Şekil 5.29 6.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.2.7.7. Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.30) ile patlatma verileri (Tablo 5.27) verilmiştir.



Şekil 5.30 7.aynaya ait görüntü

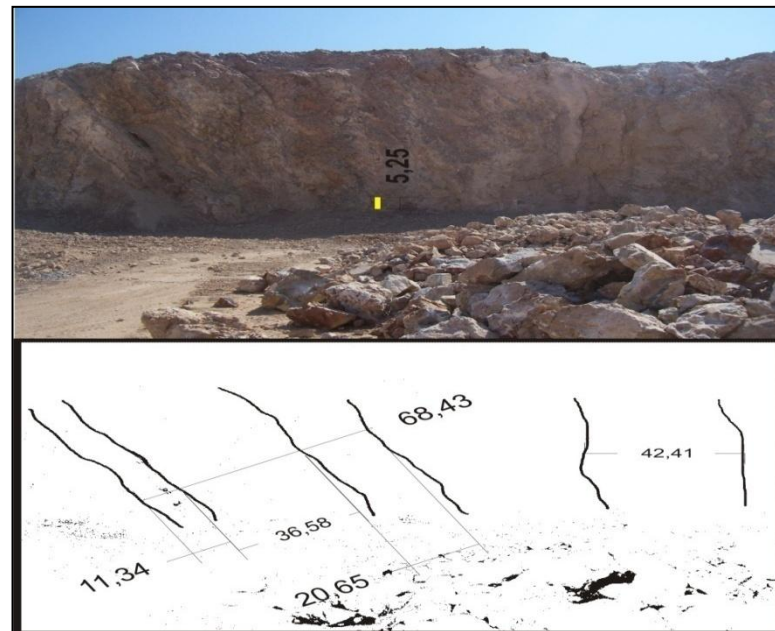
Tablo 5.27 7.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
46	18	89	3	75	3	0,625

Tablo 5.28 7.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
10	42	17	3450	7140	0,4832

Yapılan ölçümler sonucunda 7.patlatmaya ait özgül şarj 0,4832 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 5,28 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.31). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.31 7.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.29’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.30’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 7. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.29 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

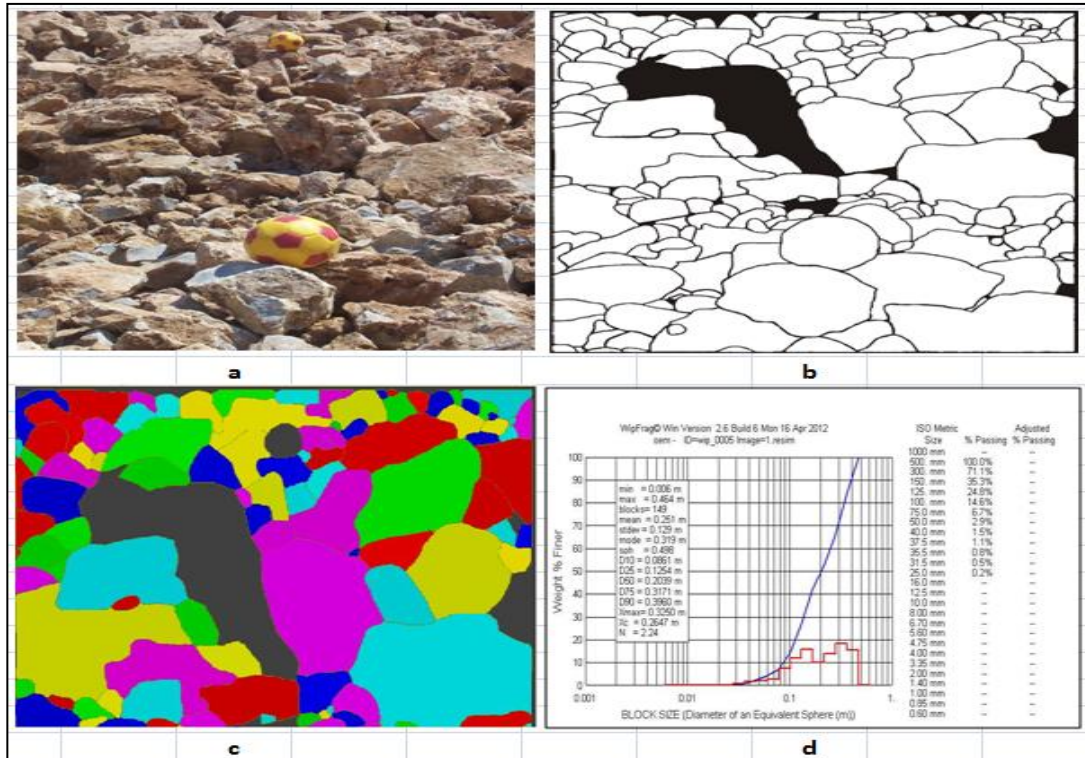
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	7,6300	8,6200	0,9900
2	4,5733	5,2633	0,6900

Tablo 5.30 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4253425	527255	4253384	527265			
1.Süreksizlik				4253358	527219	53
2.Süreksizlik				4253355	527204	67,50

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 53 metre, ikinci süreksizlik için ise 67,50 metre olarak bulunmuştur.

7.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

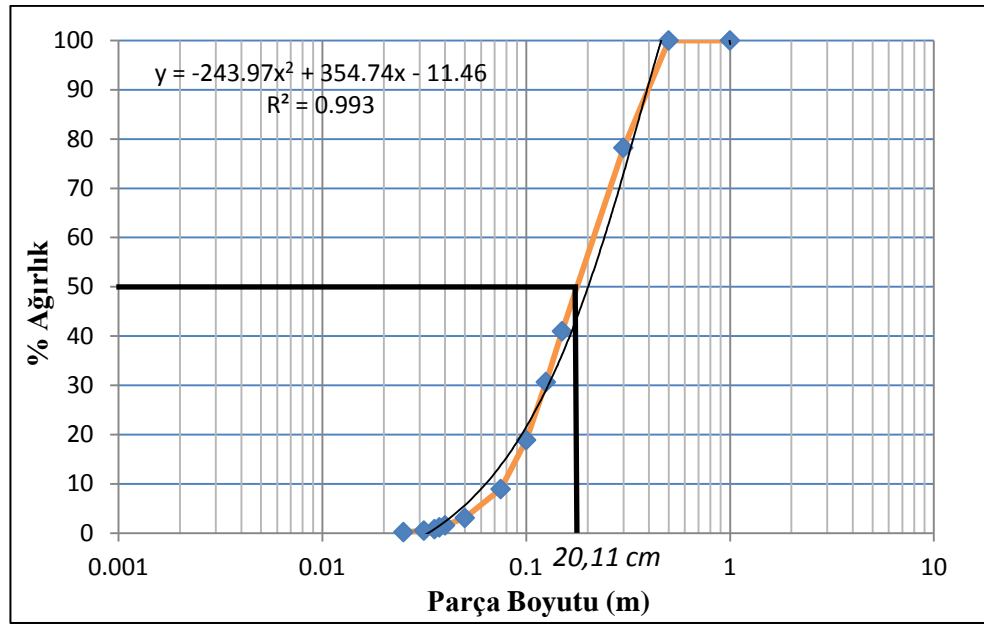


Şekil 5.32 Örnek olarak 7.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 376 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 20,11 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.31 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	MİN. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,006	0,464	0,2039	149
Görüntü 2	0,006	0,464	0,1639	227



Şekil 5.33 7.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3 Çimentoş A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Arazi Çalışmaları

Çimentoş A.Ş'ye ait açık ocak sahasında yaz aylarında toplam 14 aynada yapılan patlatmalar izlenmiş, patlatma verileri kaydedilmiş, patlatma öncesinde ve sonrasında aynada ve çevresinde bulunan süreksizliklerden ölçüm alınmıştır. Bunlara ilaveten patlatma sonrasında yığından fotoğraflar çekilerek her bir patlatmaya ait tane boyut dağılımları hesaplanmıştır. Yapılan patlatmalara ait parametreler, ayna üzerindeki, çevresindeki süreksizliklerden alınan ölçümler ve tane boyut dağılımları her bir ayna için aşağıda verilmektedir. Aynalar sırasıyla 1 ve 14 arasında numaralandırılmıştır.



Şekil 5.34 Çalışma sahasının genel görünümü

5.3.1 1.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.35) ile patlatma verileri (Tablo 5.32) verilmiştir.



Şekil 5.35 1. aynaya ait görüntü

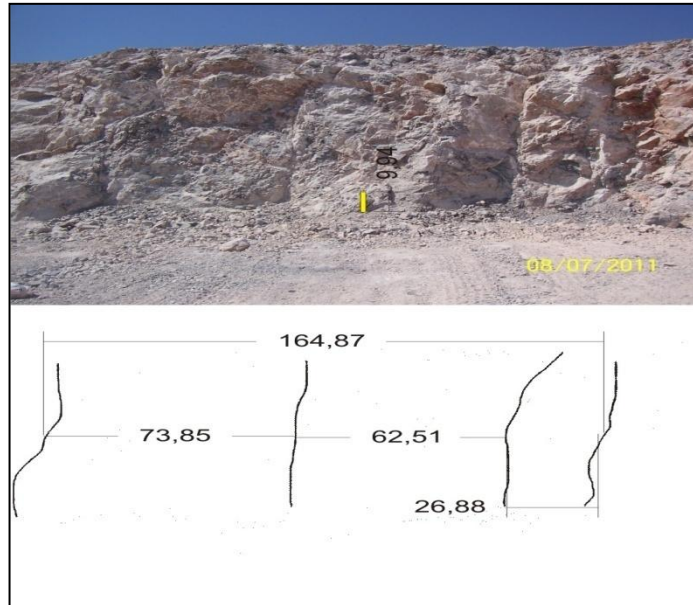
Tablo 5.32 1.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
31	12	89	2,5	38	2,5	0,625

Tablo 5.33 1.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
6	43	11	1175	2838	0,4140

Yapılan ölçümler sonucunda 1.patlatmaya ait özgül şarj 0,4140 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 5,47 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.36). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.36 1.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.34'te, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.35'te verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 1. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.34 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

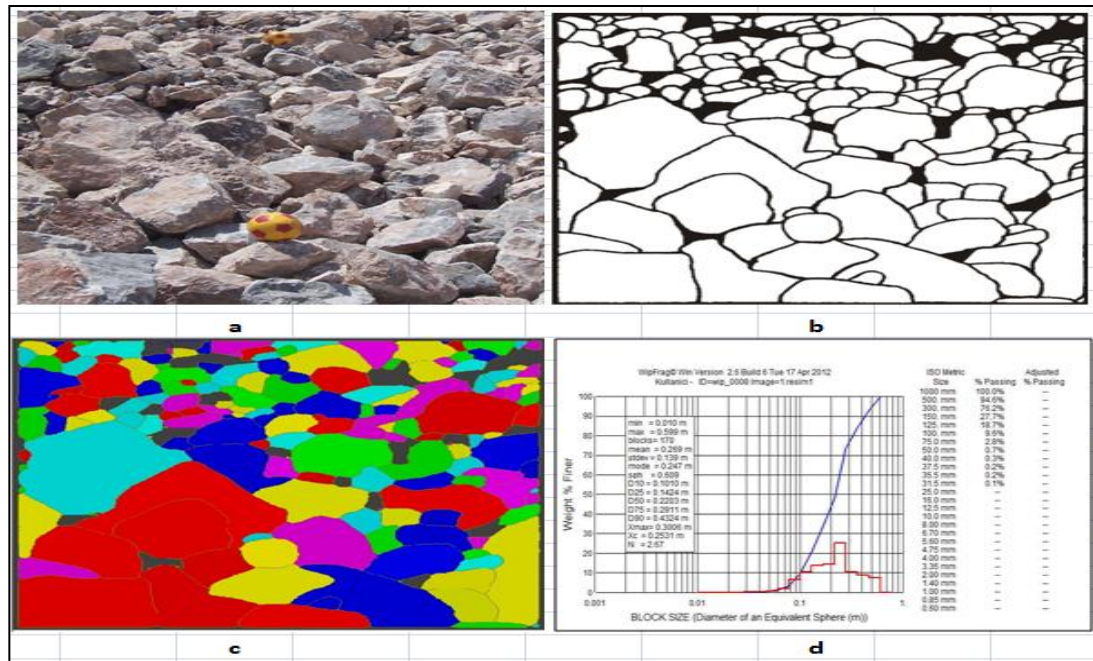
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	26,3333	26,7666	0,4333
2	13,00	14,3333	1,3333

Tablo 5.35 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251918	518660	4251942	518624			
1.Süreksizlik				4251838	518735	126
2.Süreksizlik				4251841	518548	152

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 126 metre, ikinci süreksizlik için ise 152 metre olarak bulunmuştur.

1.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

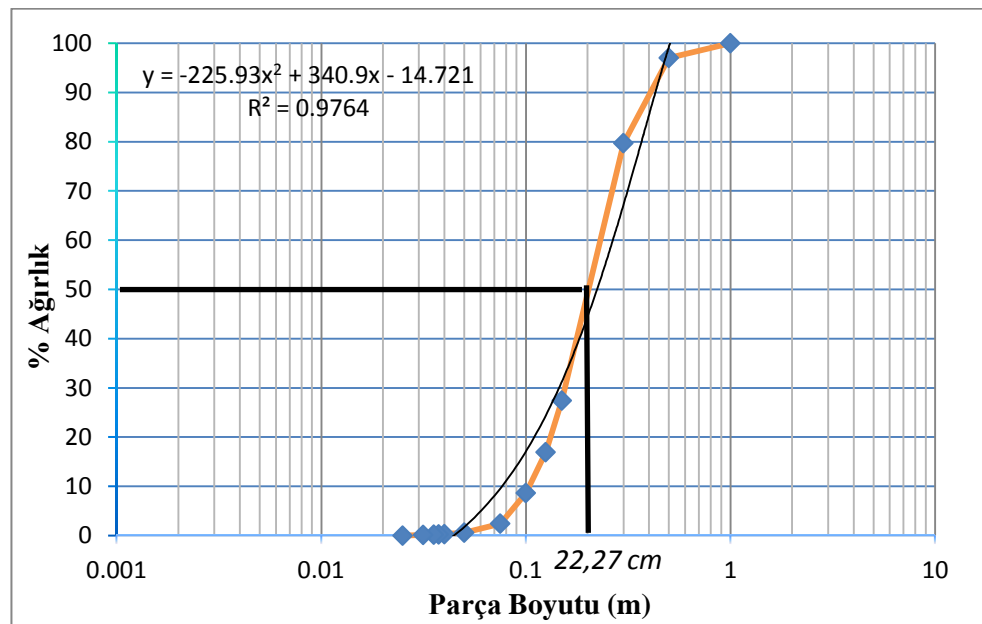


Şekil 5.37 Örnek olarak 1.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d)Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 309 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 22,27 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.36 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,010	0,599	0,2203	170
Görüntü 2	0,010	0,359	0,1983	139



Şekil 5.38 1.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.2 2.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve patlatma sonrası aynaya ait görüntü (Şekil 5.39) ile patlatma verileri (Tablo 5.37) verilmiştir.



Şekil 5.39 2.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

Tablo 5.37 2.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
64	11	89	2	25	2,5	0,625

Tablo 5.38 2.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
11	32	10	1600	3520	0,4545

Yapılan ölçümler sonucunda 2.patlatmaya ait özgül şarj 0,4545 kg/m³ olarak bulunmuştur

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve

patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.39’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.40’da verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.40). 2. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.40 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler

Tablo 5.39 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

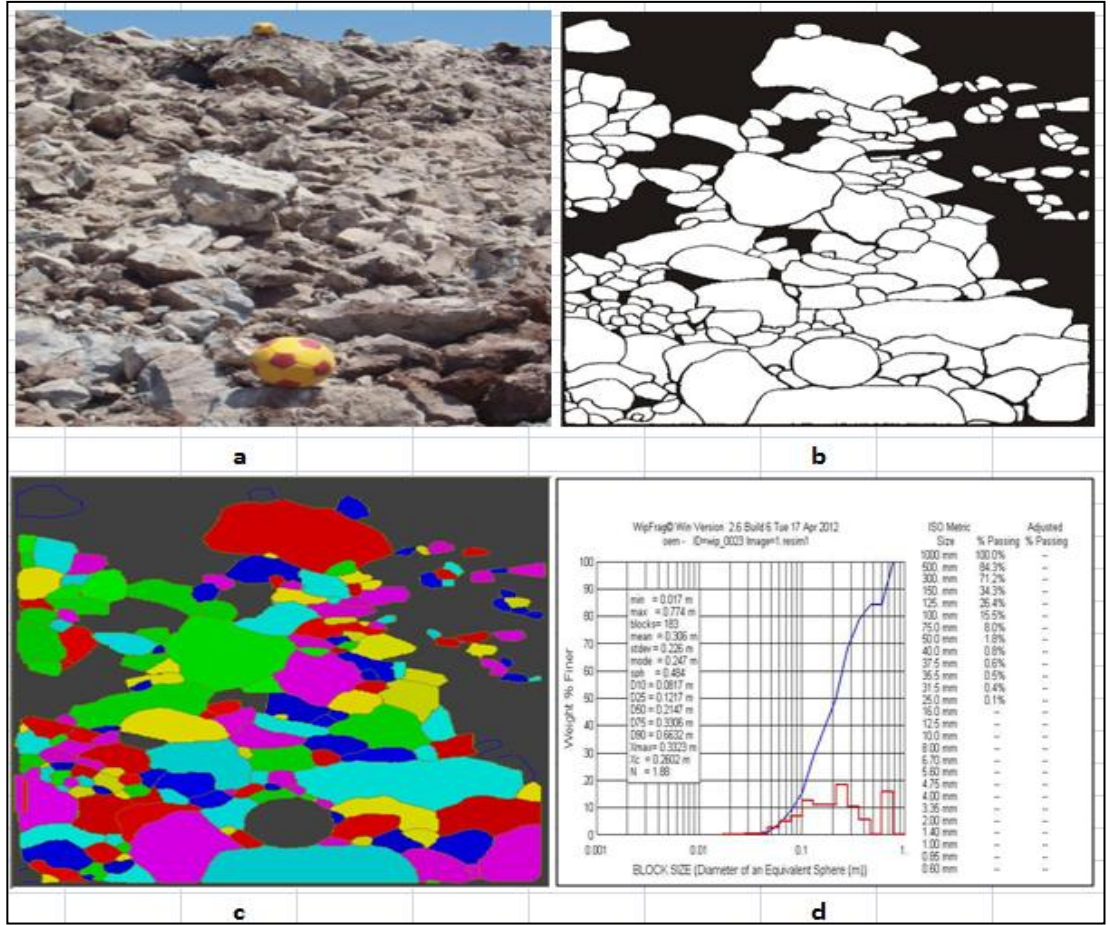
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	8,6666	12,3333	3,6666

Tablo 5.40 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAG		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251742	519047	4251732	51907			
1.Süreksizlik				4251719	519074	13,34

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 13,34 metre olarak bulunmuştur.

2.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

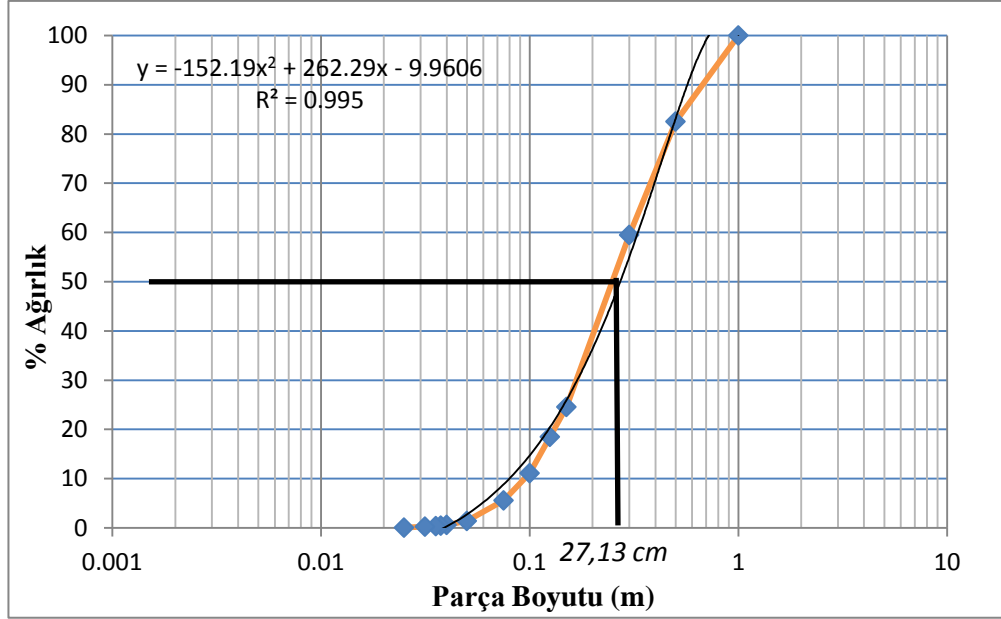


Şekil 5.41 Örnek olarak 2.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 362 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 27,13 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.41 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,774	0,2147	183
Görüntü 2	0,017	0,774	0,3104	179



Şekil 5.42 2.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.3 3.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.43) ile patlatma verileri (Tablo 5.42) verilmiştir.



Şekil 5.43 3.aynaya ait görüntü

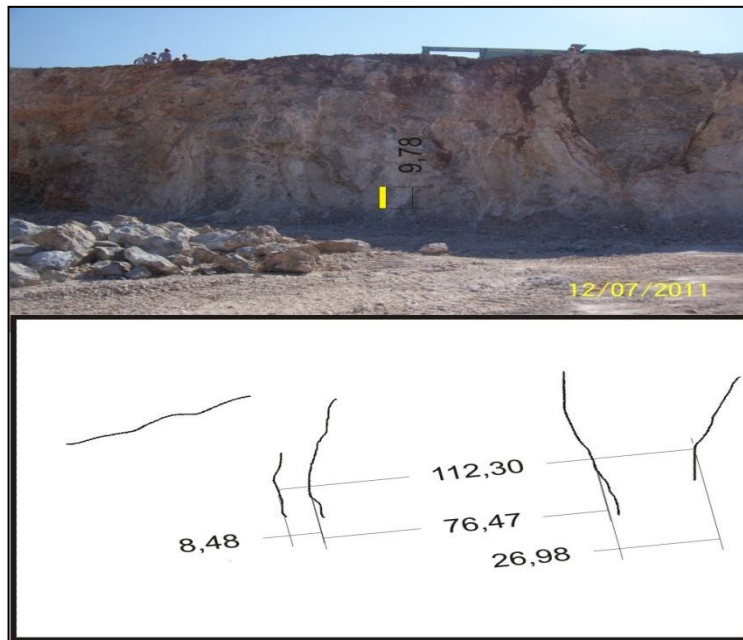
Tablo 5.42 3.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
31	13	89	2	30	4	0,625

Tablo 5.43 3.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
6	32	12	925	2304	0,4015

Yapılan ölçümler sonucunda 3.patlatmaya ait özgül şarj 0,4015 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 3,81 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.44). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.44 3.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.44’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.45’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.45). 3. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.45 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler

Tablo 5.44 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

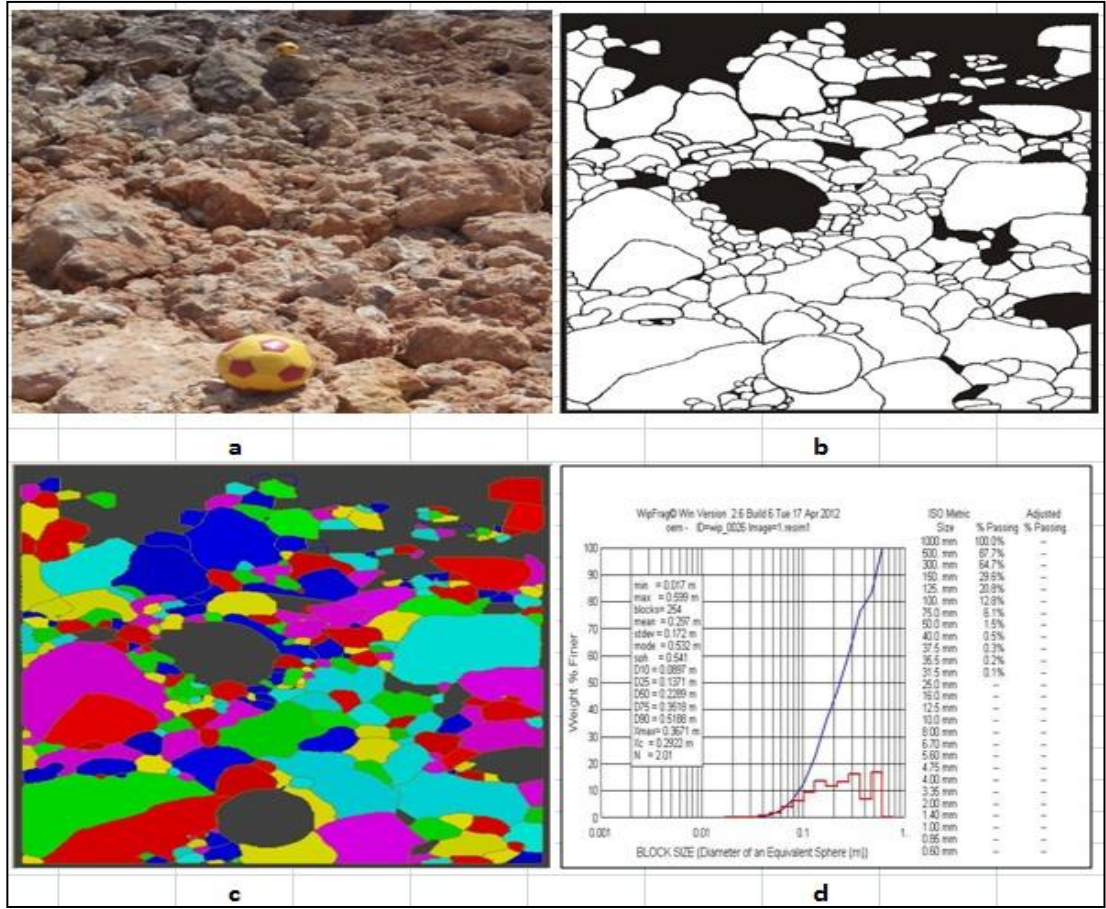
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	13,3333	15,3333	2,00
2	7,6666	10,6666	3,00

Tablo 5.45 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251681	519079	4251651	519091			
1.Süreksizlik				4251635	519093	16,12
2.Süreksizlik				4251641	519090	10,05

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 16,12 metre, ikinci süreksizlik için 10,05 metre olarak bulunmuştur.

3.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığıyı temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

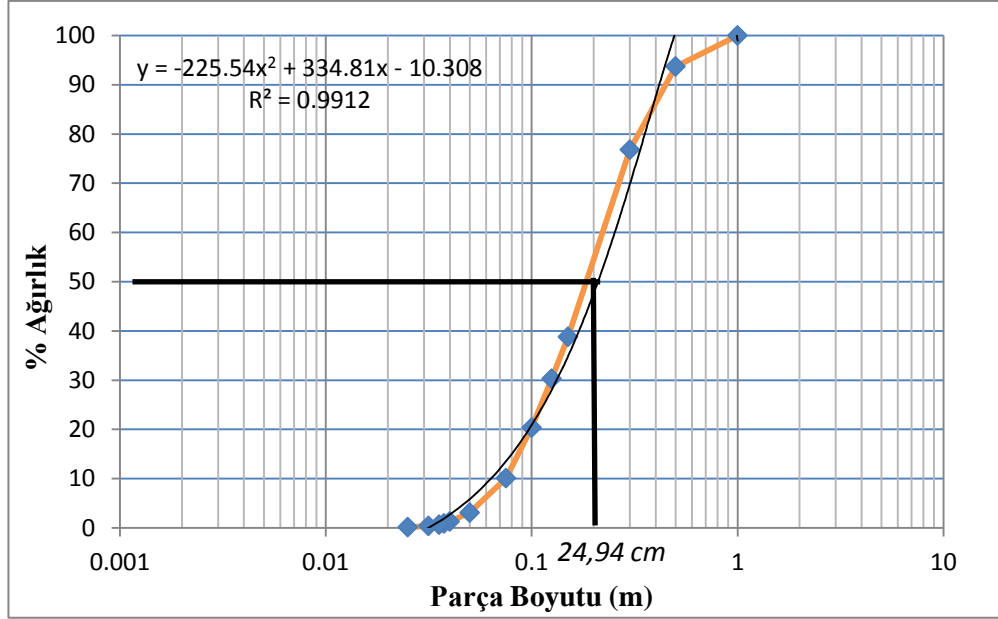


Şekil 5.46 Örnek olarak 3.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 362 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 24,94 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.46 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,599	0,2289	254
Görüntü 2	0,013	0,599	0,2543	108



Şekil 5.47 3.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.4 4.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait patlatma sonrası görüntü (Şekil 5.48) ile patlatma verileri (Tablo 5.47) verilmiştir.



Şekil 5.48 3.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

Tablo 5.47 4.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
73	6	89	2	17	2	0,625

Tablo 5.48 4.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	64	5	1250	1920	0,6510

Yapılan ölçümler sonucunda 4.patlatmaya ait özgül şarj 0,6510 kg/m³ olarak bulunmuştur.

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.49’da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.50’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 4. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan

süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.49 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

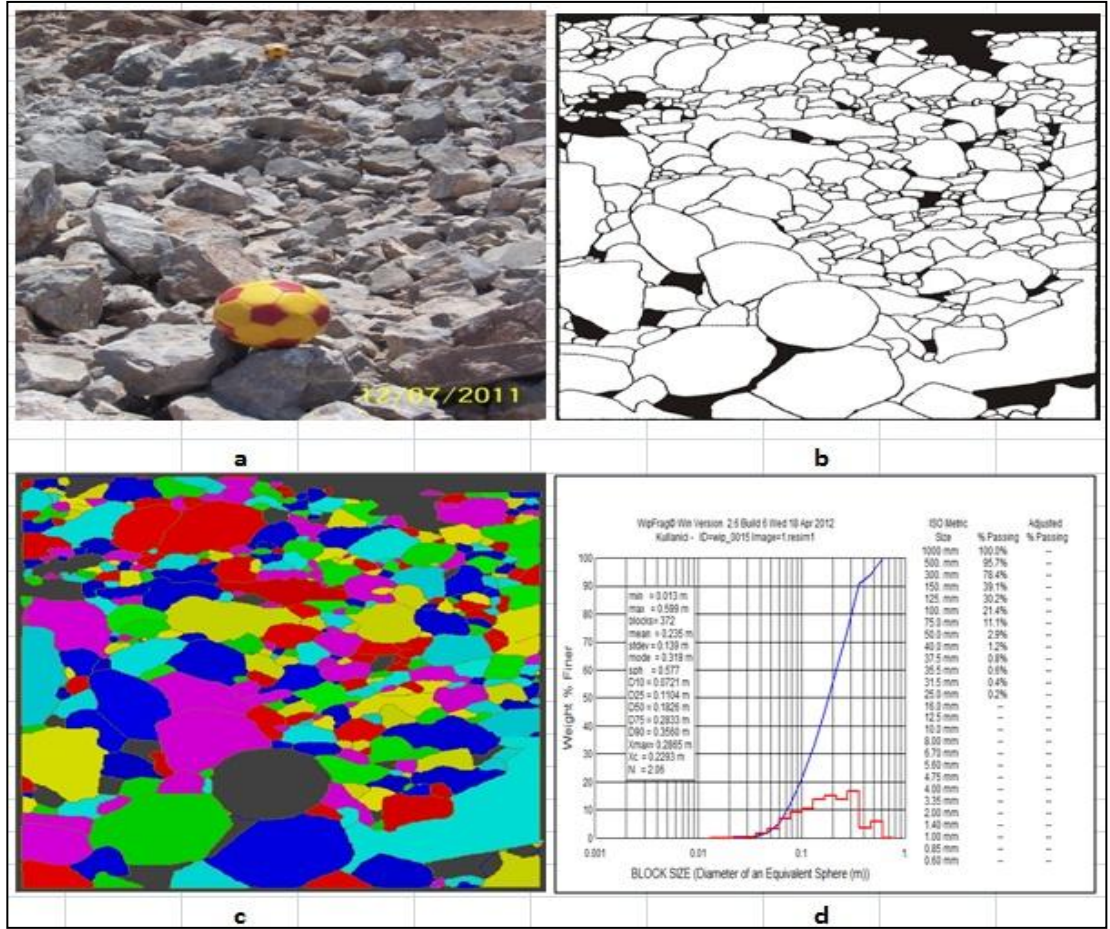
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	9,00	11,33	2,3333
2	5,6666	8,6666	3,00

Tablo 5.50 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251561	519052	4251523	519000			
1.Süreksizlik				4251577	519061	18,35
2.Süreksizlik				4251584	519068	28,02

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 18,35 metre, 2. süreksizlik için ise 28,02 metre olarak bulunmuştur.

4.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

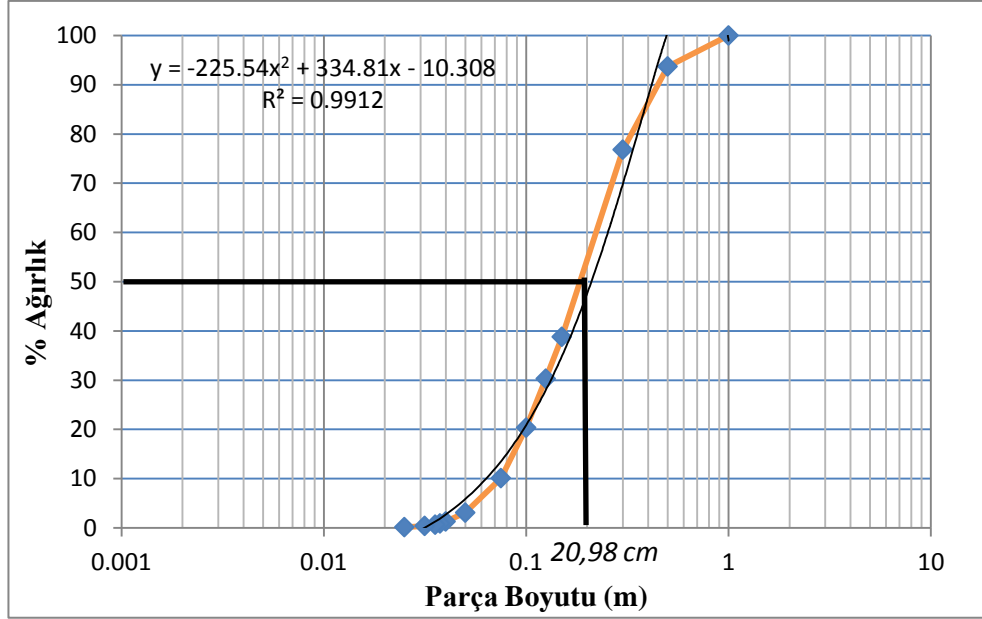


Şekil 5.49 Örnek olarak 4.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 740 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 20,98 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.51 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,599	0,1826	372
Görüntü 2	0,013	0,599	0,1902	368



Şekil 5.50 4.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.5 5.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.51) ile patlatma verileri (Tablo 5.52) verilmiştir.



Şekil 5.51 5. aynaya ait görüntü

Tablo 5.52 5.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
60	5,5	89	2,5	11	2	0,625

Tablo 5.53 5.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
8,5	44	4,5	675	1683	0,4011

Yapılan ölçümler sonucunda 5.patlatmaya ait özgül şarj 0,4011 kg/m³ olarak bulunmuştur

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.54’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.55’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 5. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan

süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.54 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

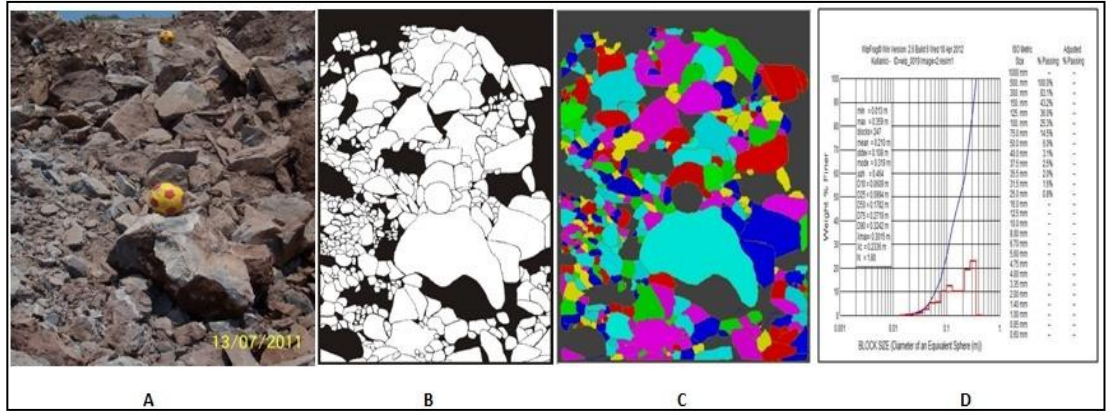
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	6,00	7,6666	1,6666

Tablo 5.55 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251805	519006	4251767	519028			
1.Süreksizlik				4251764	518986	42,10

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 42,10 metre olarak bulunmuştur.

5.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

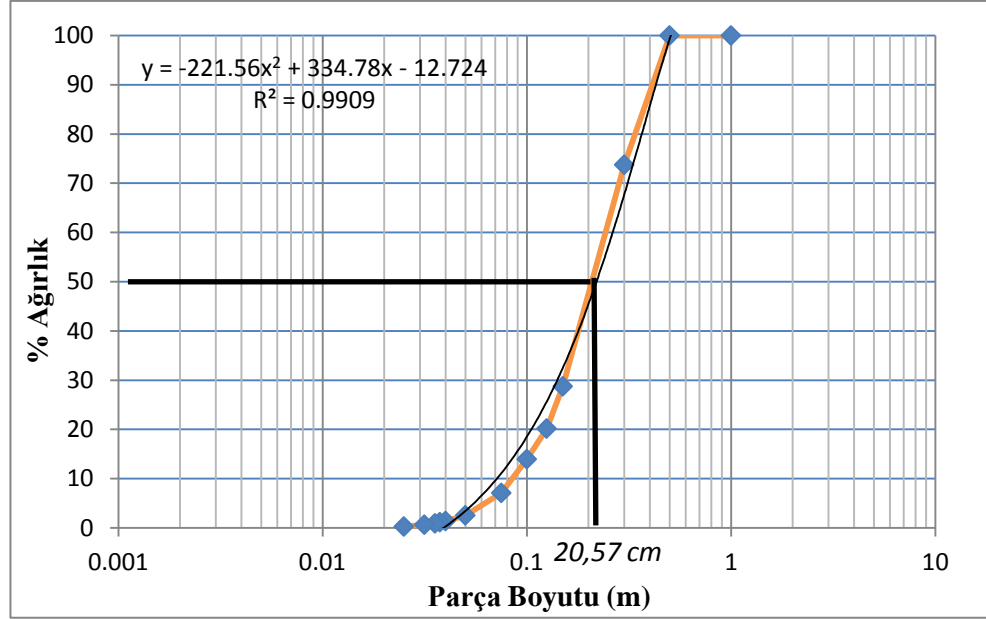


Şekil 5.52 Örnek olarak 5.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 561 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 20,57 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.56 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,464	0,2326	314
Görüntü 2	0,013	0,359	0,1782	247



Şekil 5.53 5.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.6 6.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve patlatmadan sonra aynaya ait görüntü (Şekil 5.54) ile patlatma verileri (Tablo 5.57) verilmiştir.



Şekil 5.54 6.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

Tablo 5.57 6.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
20	10	89	2,5	31	2	0,625

Tablo 5.58 6.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	25	9	1350	625	0,4629

Yapılan ölçümler sonucunda 6.patlatmaya ait özgül şarj $0,4629 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.59'da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.60'da verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 6. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.59 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

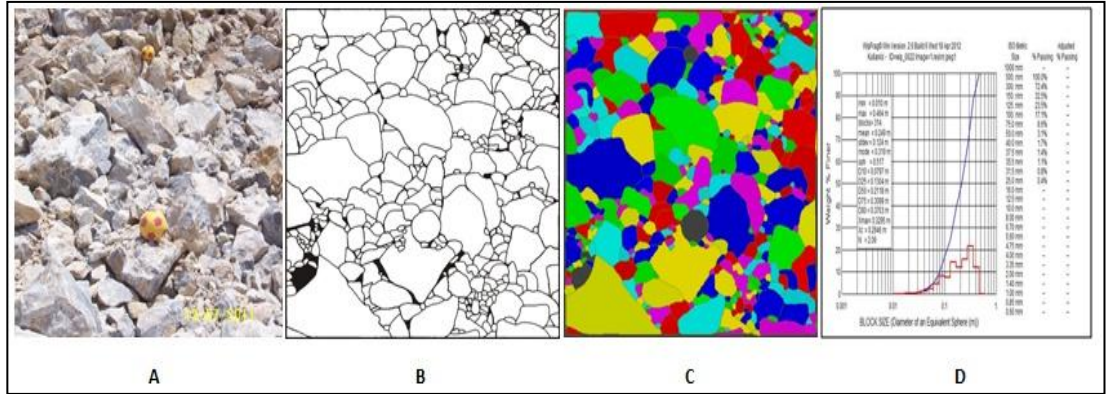
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	12,6666	13,6666	1,00
2	11,00	13,6666	2,6666

Tablo 5.60 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251710	519081	4251685	519079			
1.Süreksizlik				4251646	519015	74,95
2.Süreksizlik				4251653	519016	70,66

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 74,95 metre, 2. süreksizlik için ise 70,66 metre olarak bulunmuştur.

6.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

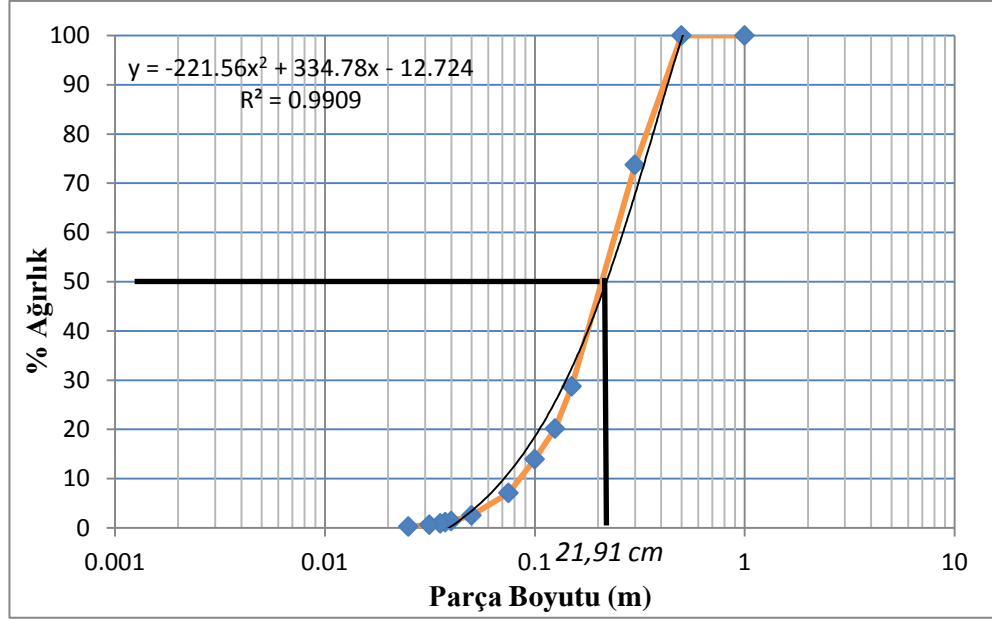


Şekil 5.55 Örnek olarak 6.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 452 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 21,91 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.61 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,010	0,464	0,2118	314
Görüntü 2	0,017	0,464	0,2378	138



Şekil 5.56 6.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.7 7.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.57) ile patlatma verileri (Tablo 5.62) verilmiştir.



Şekil 5.57 7.aynaya ait görüntü

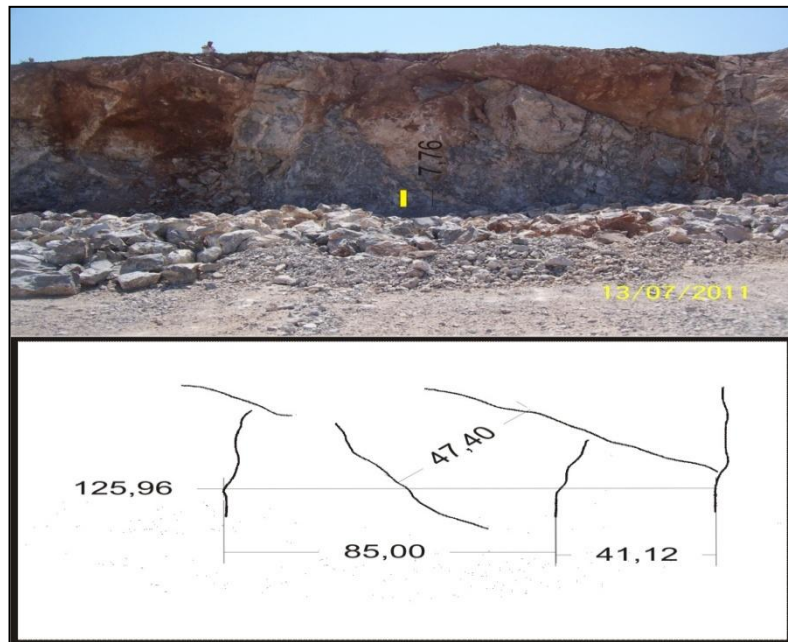
Tablo 5.62 7.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
21	12	89	2,5	30	3	0,625

Tablo 5.63 7.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
6	24	11	625	1584	0,3946

Yapılan ölçümler sonucunda 7.patlatmaya ait özgül şarj $0,3946 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 7,45 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.58). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.58 7.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.64’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.65’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 7. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 3 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.64 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

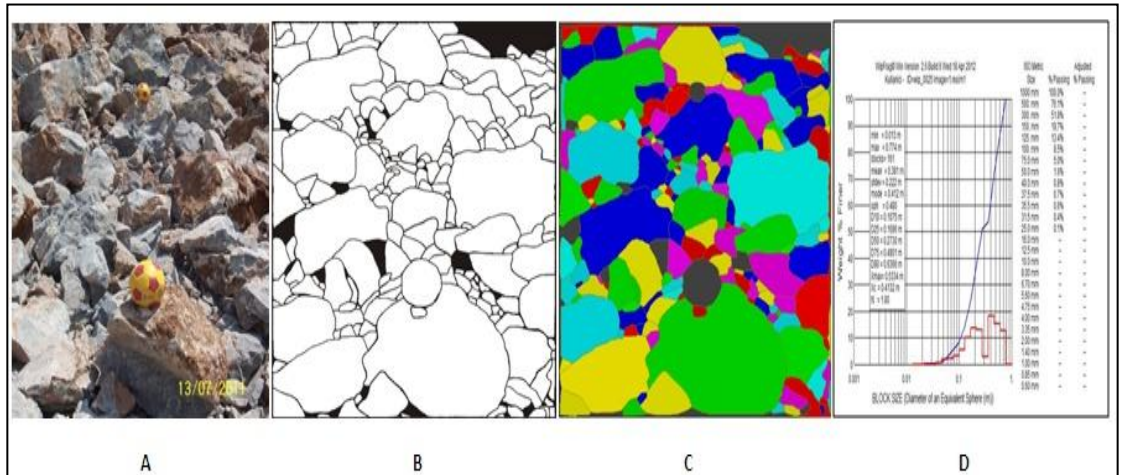
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	11,3333	12,00	0,6666
2	8,6666	9,6666	1,00
3	10,6666	12,6666	2,00

Tablo 5.65 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251622	519094	4251600	519084			
1.Süreksizlik				4251577	519061	32,50
2.Süreksizlik				4251584	519068	22,60
3.Süreksizlik				4251641	519090	17,50

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 32,50 metre, 2. süreksizlik için 22,60 metre ve 3.süreksizlik için ise 17,50 olarak bulunmuştur.

7.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

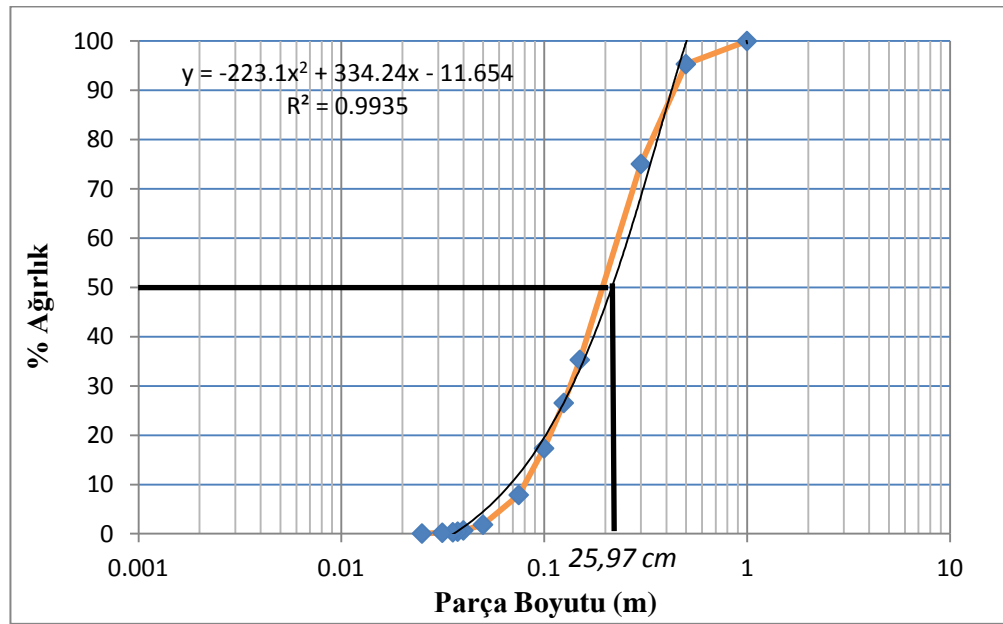


Şekil 5.59 Örnek olarak 7.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki halini, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 429 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 25,97 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.66 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,774	0,2730	161
Görüntü 2	0,013	0,599	0,2514	268



Şekil 5.60 7.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.8 8.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.61) ile patlatma verileri (Tablo 5.67) verilmiştir.



Şekil 5.61 8.aynaya ait görüntü

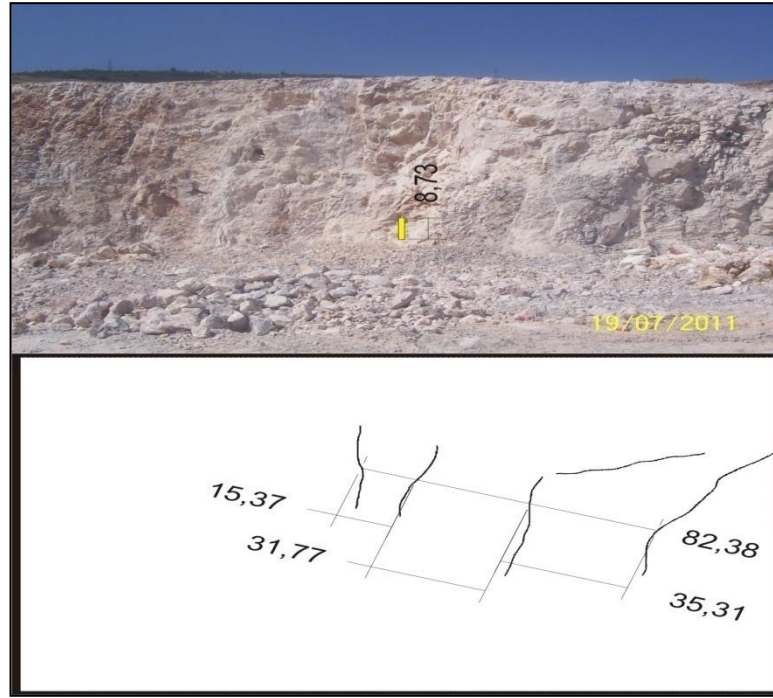
Tablo 5.67 8.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
37	11	89	2,5	30	2,5	0,625

Tablo 5.68 8.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
6	47	10	1100	2820	0,3900

Yapılan ölçümler sonucunda 8.patlatmaya ait özgül şarj $0,3900 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 3,15 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.62). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.62 8.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.69'da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.70'de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 8. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.69 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

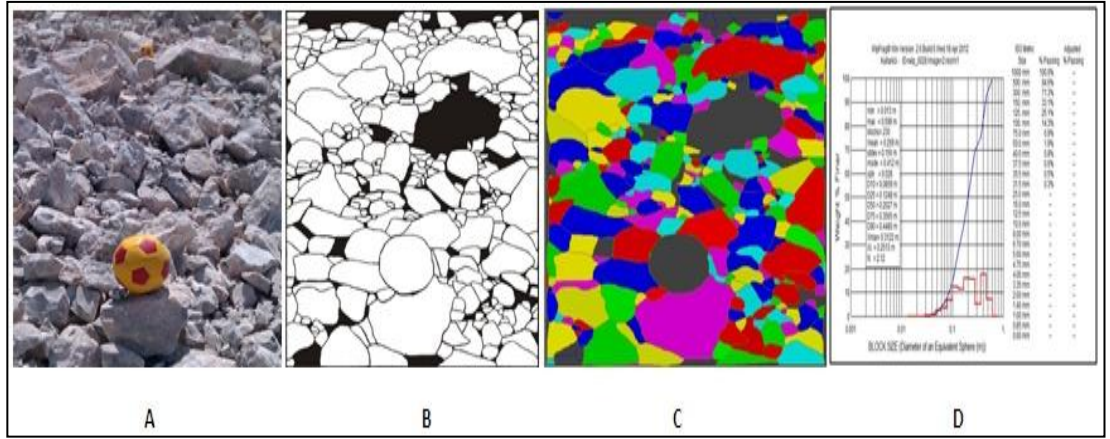
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	11,4933	11,50	0,0066

Tablo 5.70 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251930	518635	4251963	518601			
1.Süreksizlik				4251915	518707	73,50

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 73,50 metre olarak bulunmuştur.

8.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

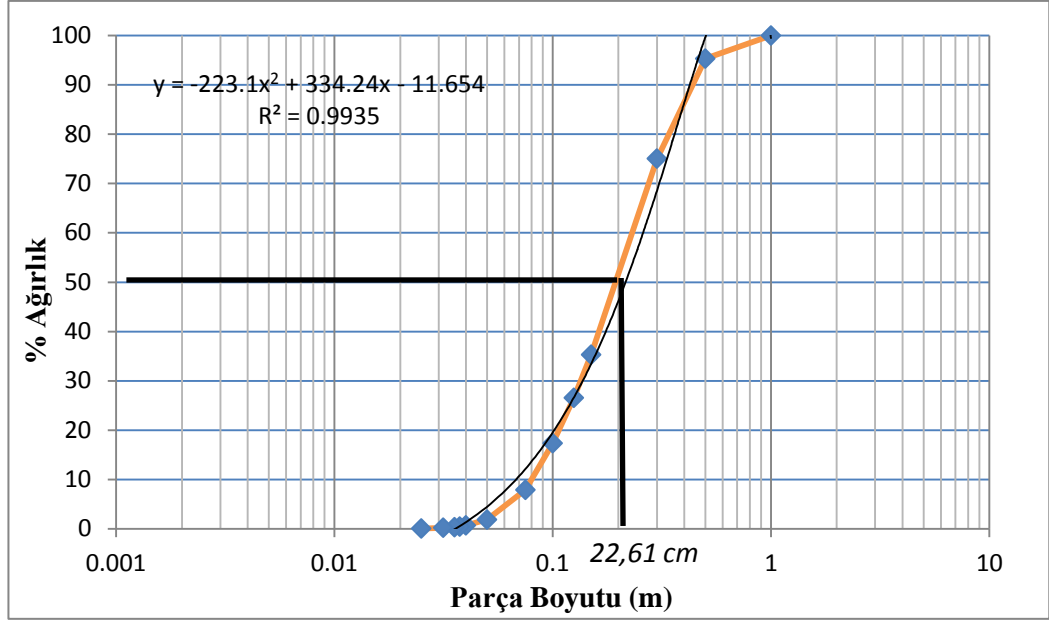


Şekil 5.63 Örnek olarak 8.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d)
Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 521 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 22,61 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.71 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,008	0,599	0,2221	291
Görüntü 2	0,013	0,599	0,2027	230



Şekil 5.64 8.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.9.9.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve patlatma sonrası aynaya ait görüntü (Şekil 5.65) ile patlatma verileri (Tablo 5.72) verilmiştir.



Şekil 5.65 9.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

Tablo 5.72 9.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
13	11	89	2,5	35	2,5	0,625

Tablo 5.73 9.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	14	10	450	840	0,5357

Yapılan ölçümler sonucunda 9.patlatmaya ait özgül şarj 0,5357 kg/m³ olarak bulunmuştur.

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.74’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.75’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 9. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.74 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

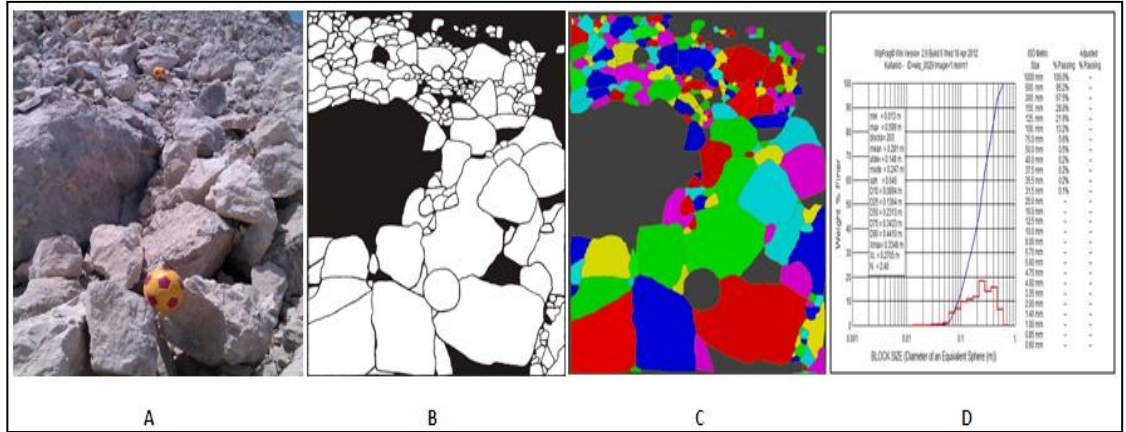
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	7,7933	8,0033	0,2100

Tablo 5.75 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4252018	518558	4252028	518549			
1.Süreksizlik				4252048	518534	25

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 25,00 metre olarak bulunmuştur.

9.aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

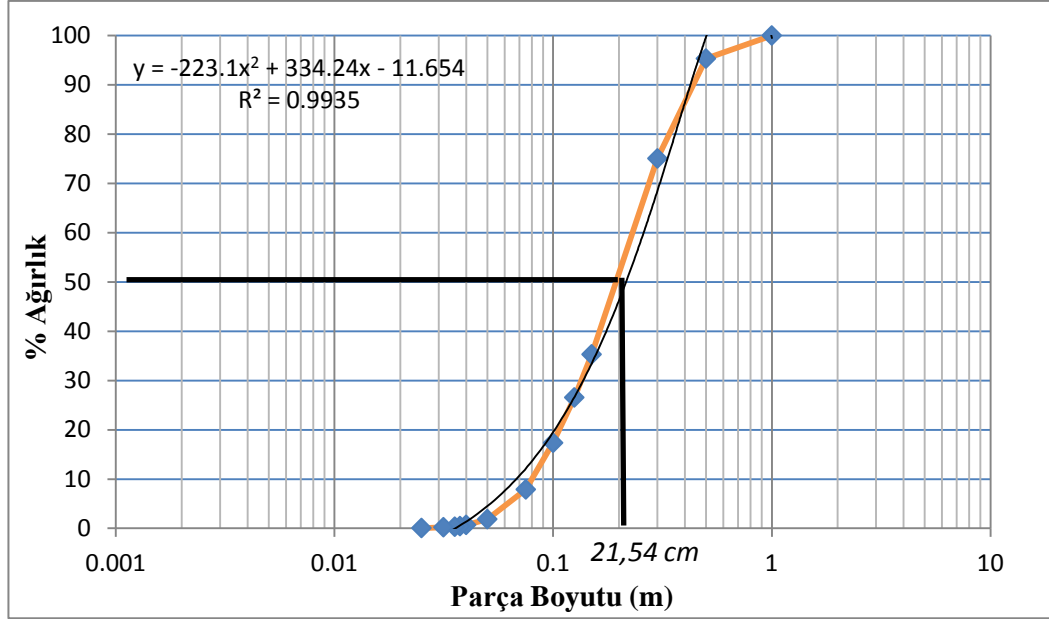


Şekil 5.66 Örnek olarak 9.patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları
a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 533 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 21,54 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.76 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,599	0,2313	203
Görüntü 2	0,013	0,599	0,1775	330



Şekil 5.67 9.patlamaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.10 10.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve patlatma sonrası aynaya ait görüntü (Şekil 5.68) ile patlatma verileri (Tablo 5.77) verilmiştir.



Şekil 5.68 10.aynaya ait patlatma sonrası görüntü

Tablo 5.77 10.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
18	11	89	2,5	29	2,5	0,625

Tablo 5.78 10.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	21	10	525	1260	0,4166

Yapılan ölçümler sonucunda 10.patlatmaya ait özgül şarj $0,4166 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.79'da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.80'de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.69). 10. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 3 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan

süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.69 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler

Tablo 5.79 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

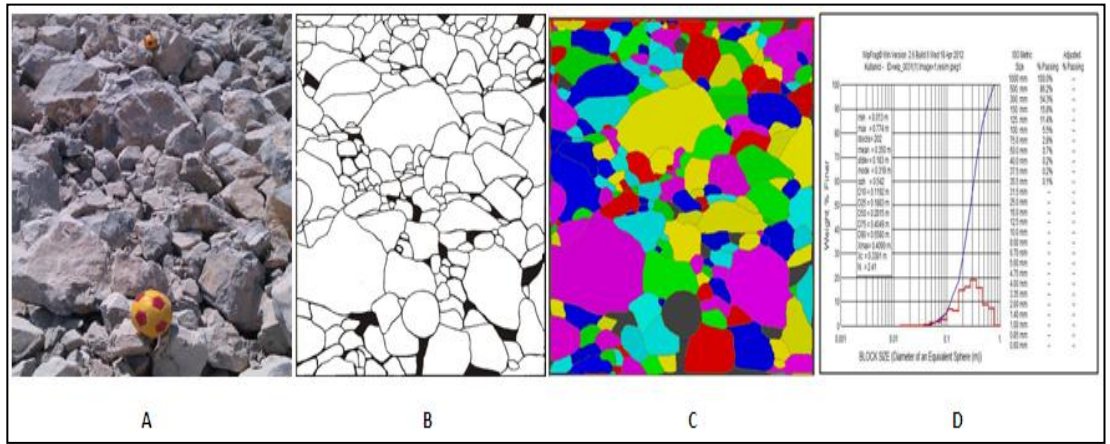
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	9,9433	10,4500	0,5066
2	7,3933	9,2166	1,8233
3	9,1533	9,8733	0,72

Tablo 5.80 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4252087	518473	4252107	518467			
1.Süreksizlik				4252106	518446	33,02
2.Süreksizlik				4252062	518513	47,16
3.Süreksizlik				4252136	518492	38,28

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 33,02 metre, 2. süreksizlik için 47,16 metre ve 3.süreksizlik için ise 38,28 olarak bulunmuştur.

10. aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

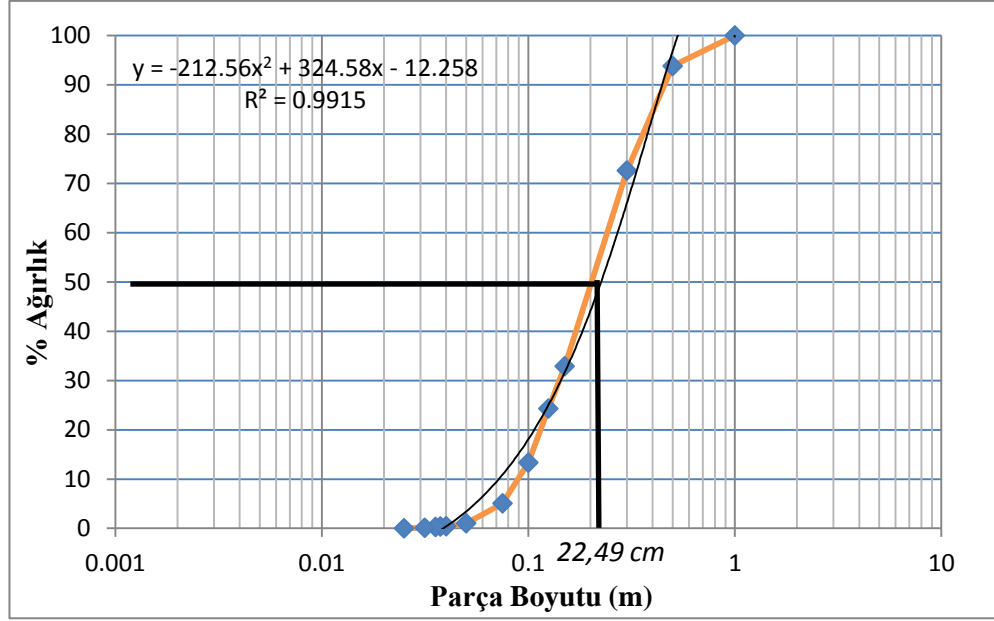


Şekil 5.70 Örnek olarak 10. patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 450 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 22,49 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.81 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,774	0,2815	202
Görüntü 2	0,013	0,359	0,1571	248



Şekil 5.71 10.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.11 11.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.72) ile patlatma verileri (Tablo 5.82) verilmiştir.



Şekil 5.72 11. aynaya ait görüntü

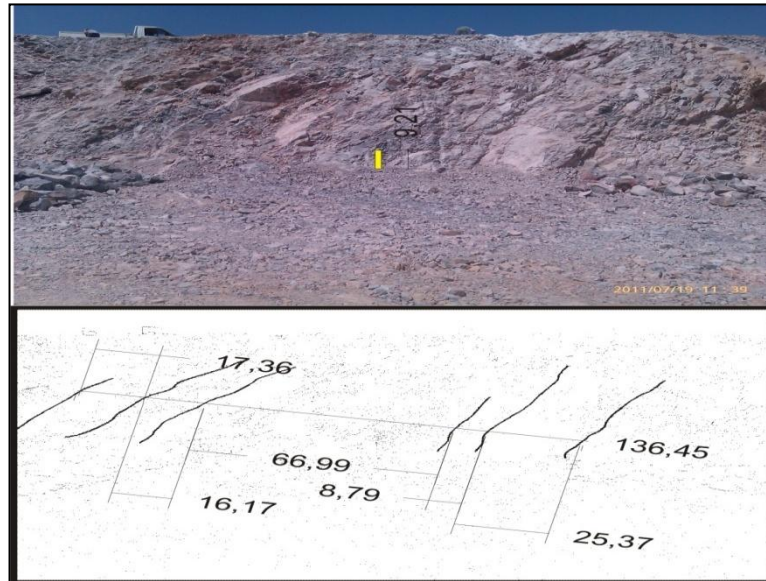
Tablo 5.82 11.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
30	10	89	2,5	29	2,5	0,625

Tablo 5.83 11.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)
6	40	9	875	2160	0,4051

Yapılan ölçümler sonucunda 11.patlatmaya ait özgül şarj 0,4051 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 2,92 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.73). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.73 11.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.84’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.85’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 11. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.84 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

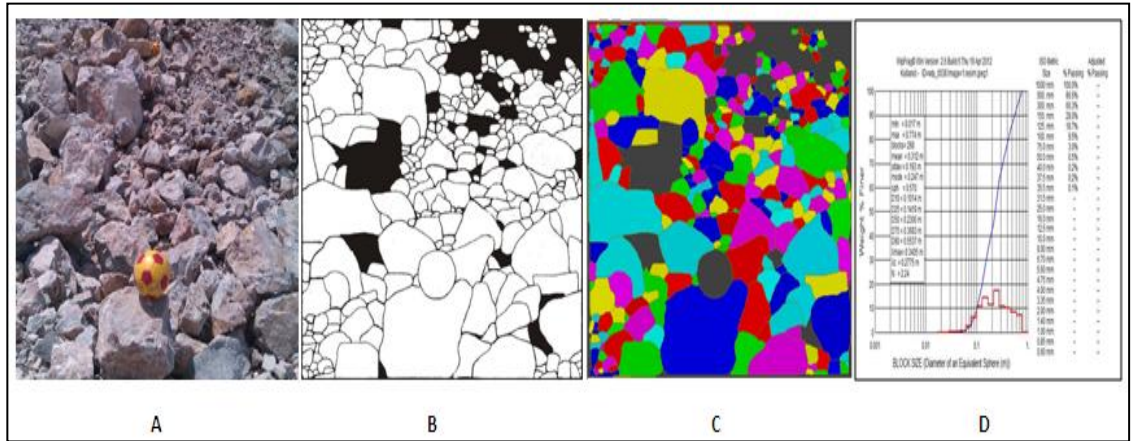
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	11,2666	12,0100	0,7433

Tablo 5.85 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4252126	518650	4252166	518647			
1.Süreksizlik				4252181	518664	22,60

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 22,60 metre olarak bulunmuştur.

11. aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

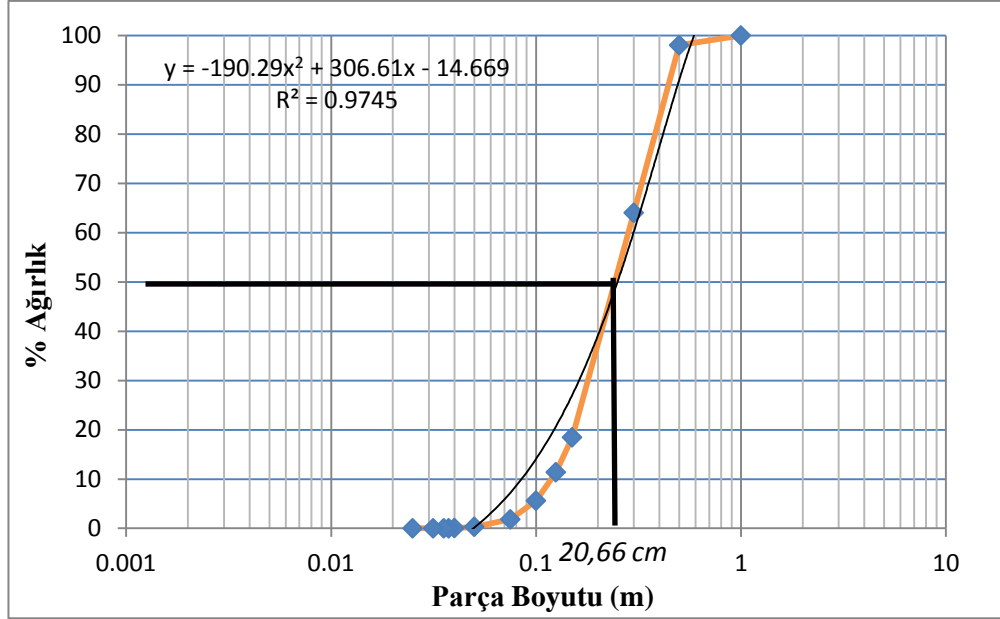


Şekil 5.74 Örnek olarak 11. patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 540 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 20,66 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.86 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,774	0,2300	268
Görüntü 2	0,010	0,464	0,1367	272



Şekil 5.75 11.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.12 12.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.76) ile patlatma verileri (Tablo 5.87) verilmiştir.



Şekil 5.76 12.aynaya ait görüntü

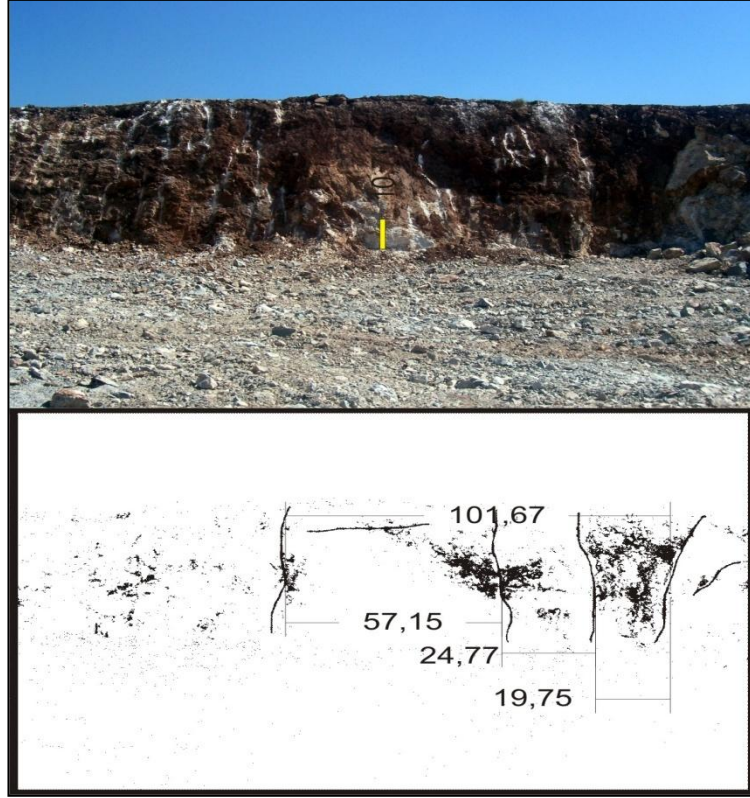
Tablo 5.87 12.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
49	8,5	89	2,5	21	2,5	0,625

Tablo 5.88 12.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
8,5	49	7,5	1000	3123,75	0,3201

Yapılan ölçümler sonucunda 12.patlatmaya ait özgül şarj $0,3201 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 3,16 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.77). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.77 12.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.89’da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.90’da verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir (Şekil 5.78). 12. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 5.78 Süreksizlik üzerinde yapılan işaretlemeler

Tablo 5.89 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

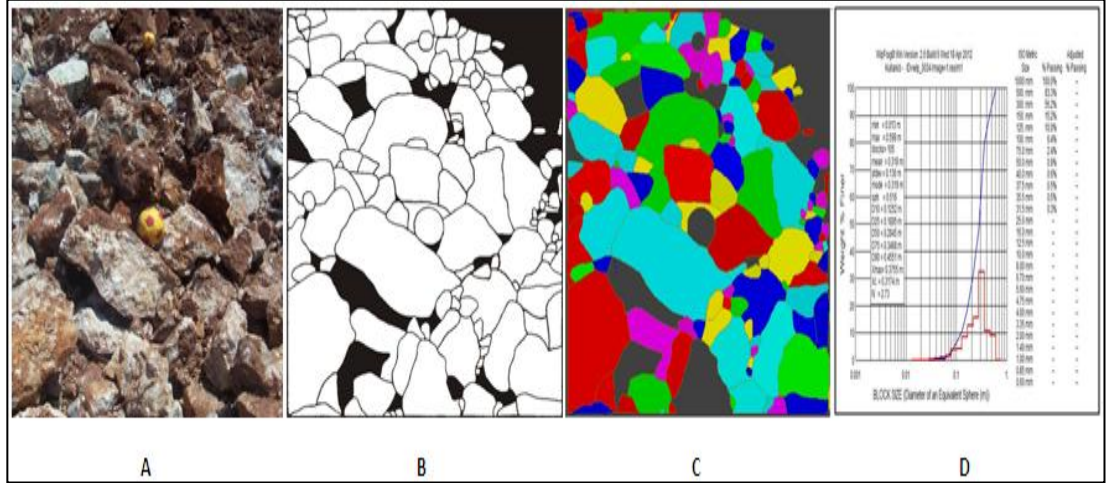
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	6,8500	7,2433	0,3933

Tablo 5.90 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251756	519046	4251721	519080			
1.Süreksizlik				4251704	519082	17,11

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 17,11 metre olarak bulunmuştur.

12. aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığına temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

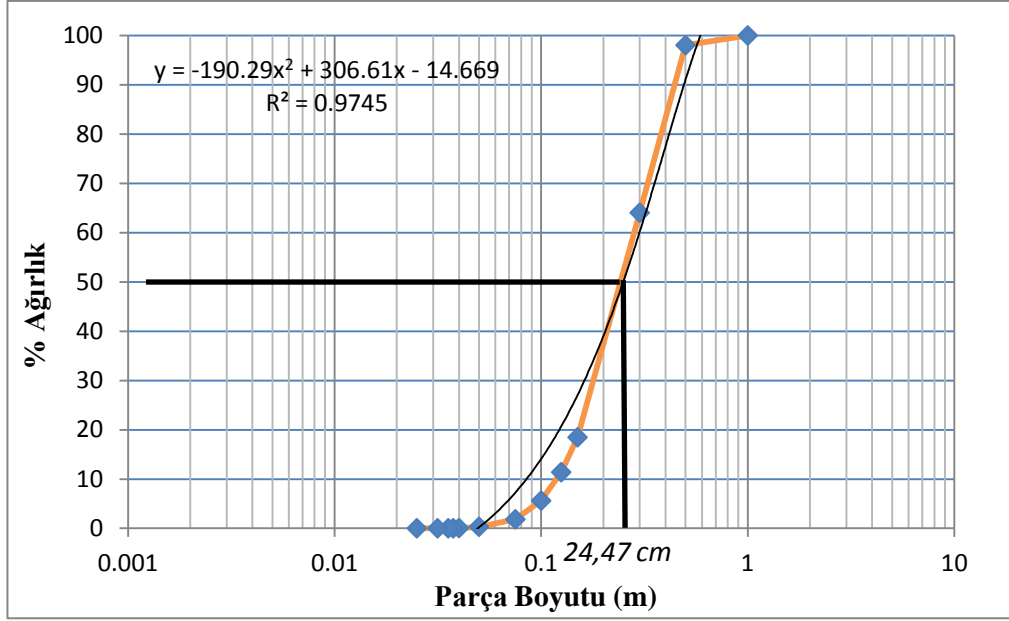


Şekil 5.79 Örnek olarak 12. patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 230 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 24,47 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.91 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	Min. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,599	0,2845	105
Görüntü 2	0,013	0,464	0,1955	125



Şekil 5.78 12.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.13 13.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.80) ile patlatma verileri (Tablo 5.92) verilmiştir.



Şekil 5.80 13.aynaya ait görüntü

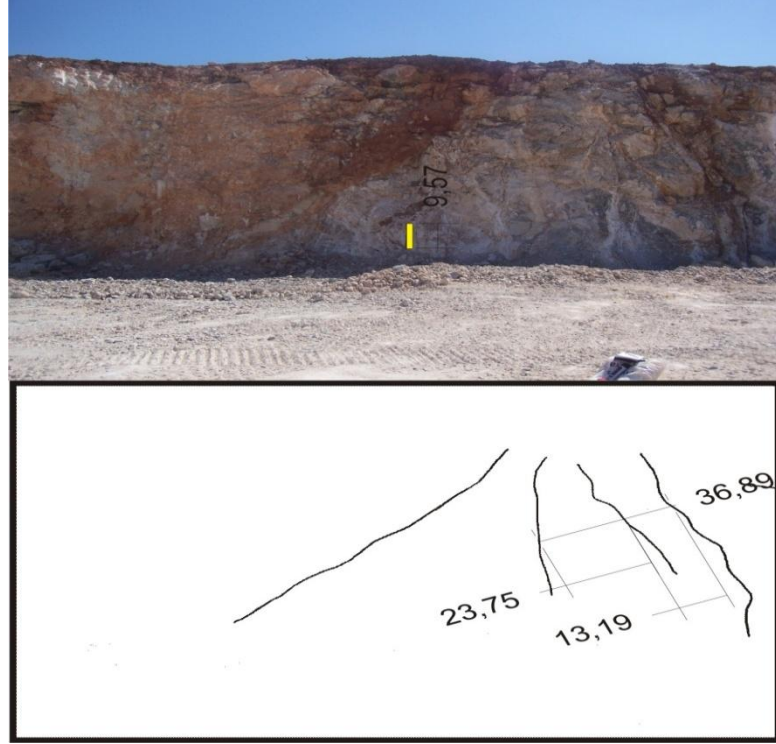
Tablo 5.92 13.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
29	11	89	2,5	30	2,5	0,625

Tablo 5.93 13.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	33	10	875	1980	0,4419

Yapılan ölçümler sonucunda 13.patlatmaya ait özgül şarj 0,4419 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 1,93 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.81). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.81 13. aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.94’de, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.95’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 13. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 2 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.94 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

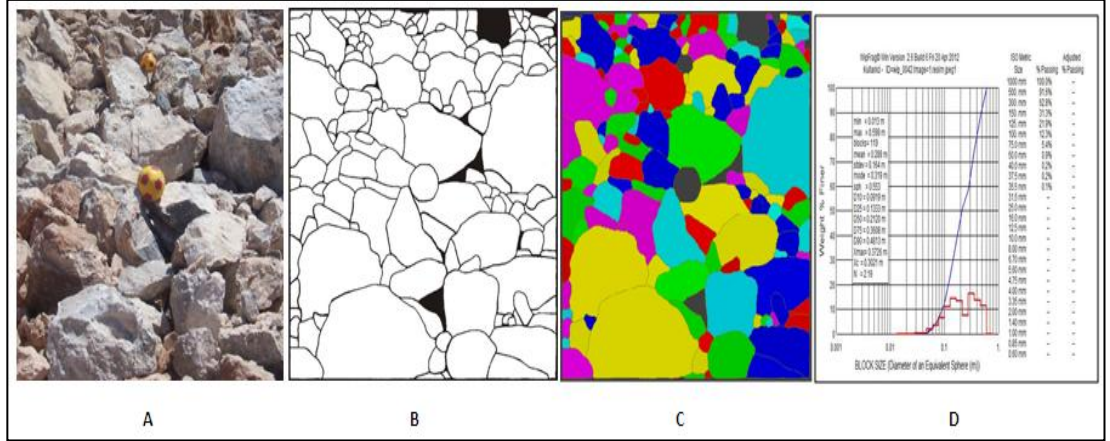
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	15,3333	16,3166	0,9833
2	12,6666	13,3233	0,6566

Tablo 5.95 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251682	519081	4251652	519094			
1.Süreksizlik				4251641	519090	11,70
2.Süreksizlik				4251635	519093	17,02

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 11,70 metre ve 2. süreksizlik için ise 17,02 metre olarak bulunmuştur.

13. aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığıyı temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

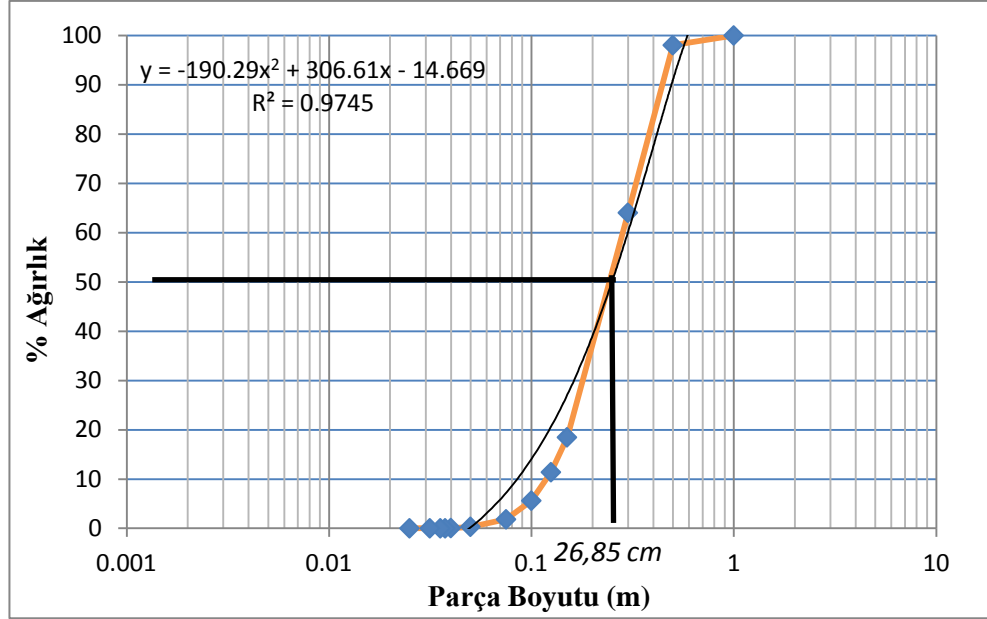


Şekil 5.82 Örnek olarak 13. patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 267 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 26,85 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.96 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	MİN. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,013	0,599	0,2120	119
Görüntü 2	0,010	0,464	0,1927	148



Şekil 5.83 13.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

5.3.14 14.Aynaya Ait Yapılan Çalışmalar

Patlatma yapılan aynaya ait patlatma parametreleri patlatma öncesinde tespit edilmiş ve aynaya ait görüntü (Şekil 5.84) ile patlatma verileri (Tablo 5.97) verilmiştir.



Şekil 5.84 14. aynaya ait görüntü

Tablo 5.97 14.patlatmaya ait parametreler

Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Delik Çapı (mm)	Delikler Arası Mesafe (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg/delik)	Sıkılama (m/delik)	Yemleme (kg/delik)
39	11	89	2,5	30	2,5	0,625

Tablo 5.98 14.aynaya ait ölçümler

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)	Kullanılan Patlayıcı Miktarı (kg)	Patlatılacak Hacim (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)
6	46	10	1150	2760	0,4166

Yapılan ölçümler sonucunda 14.patlatmaya ait özgül şarj $0,4166 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca ayna üzerinde bulunan süreksizliklerin aralıkları görüntü analizi yöntemiyle bulunmuş olup 4,31 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.85). ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı olarak kaya kütlesi tanımlamalarına göre bu patlatmada kaya kütlesi "Masif" sınıfına dahil olmaktadır.



Şekil 5.85 14.aynaya ait örnek hat etüdü

Aynaya ait yapılan ölçümlerin devamında patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarından patlatma öncesi ve sonrasında ölçüm alınmış ve patlatma sonrası süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler Tablo 5.99’da, patlatma yapılan aynaya ait koordinatlar ve ölçüm alınan süreksizliklere ait koordinatlar Tablo 5.100’de verilmiştir. Arazide her bir süreksizliğin açıklığı milimetrik kumpas kullanılarak 3 defa ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Patlatma öncesinde ölçüm alınan süreksizlik açıklıklarından, patlatma sonrasında da sağlıklı bir şekilde ölçüm alınabilmesi için süreksizlik üzerinde ölçüm alınan yerler kırmızı boyayla işaretlenmiştir. 14. aynaya ait patlatmada ayna çevresinden 1 adet süreksizlikten ölçüm alınmıştır.

Arazide patlatma işlemleri dolayısıyla ve çalışan kırıcı makinelerin etkisiyle bir çok yapay kırık ve çatlak meydana gelmektedir. Bundan dolayı ölçüm alınan süreksizliklerin arazide bulunan doğal süreksizliklerden olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 5.99 Ölçüm alınan süreksizliklere ait veriler

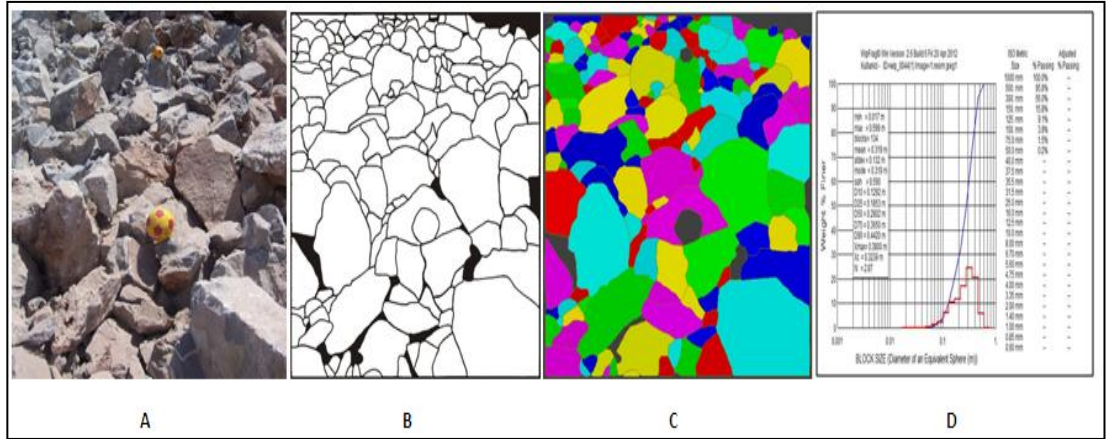
Süreksizlik No	Patlatma Öncesi Süreksizlik Açıklığı (mm)	Patlatma Sonrası Süreksizlik Açıklığı (mm)	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)
1	13,6666	14,0866	0,4200

Tablo 5.100 Aynanın ve ölçüm alınan süreksizliklerin koordinatları

Ayna Koordinatları				Süreksizlik Koordinatları		Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
SAĞ		SOL		X	Y	
X	Y	X	Y			
4251598	519086	4251563	519056			
1.Süreksizlik				4251646	519015	85,70

Ayna üzerinden alınan koordinatlara ve ölçüm alınan süreksizliklerden alınan koordinatlara göre süreksizliklerin aynaya uzaklıkları 1.süreksizlik için 85,70 metre olarak bulunmuştur.

14. aynada yapılan patlatma işlemi sonrasında yığından fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar arasından yığını temsil eden 2 adet fotoğraf seçilerek WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizleri yapılmıştır.

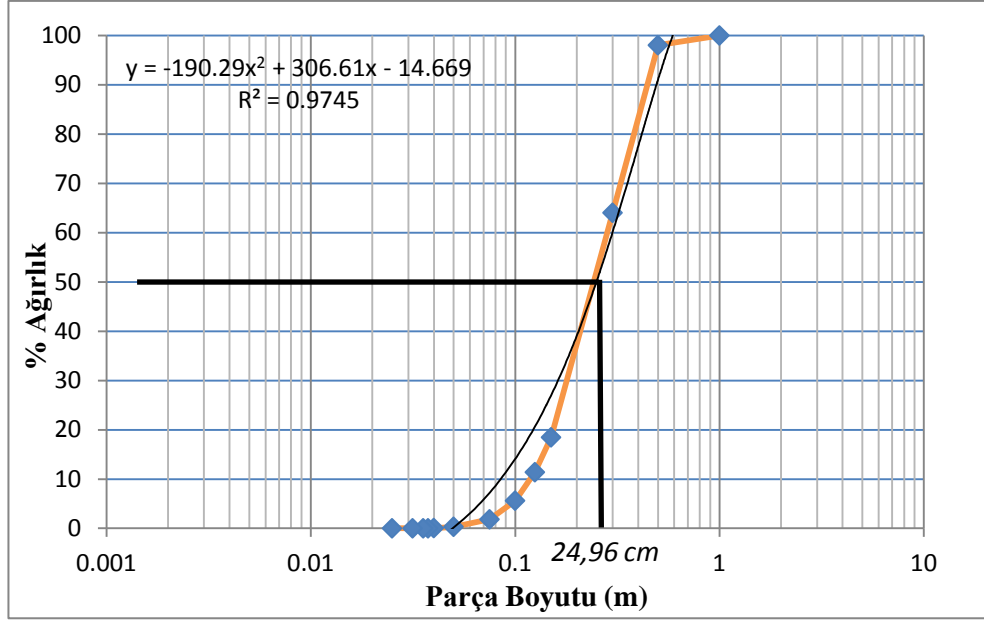


Şekil 5.86 Örnek olarak 10. patlatma sonrası yığından alınan bir fotoğrafın görüntü analizi aşamaları a) Orijinal görüntü, b) Siyah-Beyaz görüntü, c) Görüntünün analiz işleminden sonraki hali, d) Tane boyut dağılımı grafiği

Görüntü analizi yapılan 2 fotoğraf içerisinde toplam 286 adet kaya parçası tane boyut analizine tabi tutulmuştur. 2 görüntüye ait tane boyut dağılım grafikleri ve ortalama tane boyutları bulunmuş, devamında bu iki dağılım grafiği tek bir grafikte birleştirilerek yığına ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu bulunmuştur. Ortalama tane boyutu (D50) 24,96 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 5.101 Tane boyut analizine tabi tutulan görüntülere ait veriler

	Maks. Tane Boyutu (m)	MİN. Tane Boyutu (m)	Ortalama Tane Boyutu (m) (D50)	Taranan Tane Sayısı
Görüntü 1	0,017	0,599	0,2802	134
Görüntü 2	0,013	0,464	0,2289	152



Şekil 5.87 14.patlatmaya ait tane boyut dağılım grafiği ve ortalama tane boyutu

BÖLÜM ALTI

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Dere Madencilik A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Dere madencilik A.Ş'ye ait açık ocak sahasında yapılan patlatmalar sonucunda elde edilen her bir patlatmaya ait özgül şarj değerleri, ortalama tane boyutları, süreksizliklerin açıklıklarındaki değişim ve süreksizliklerin aynaya uzaklık değerleri aşağıdaki tablolarda toplu olarak verilmiştir.

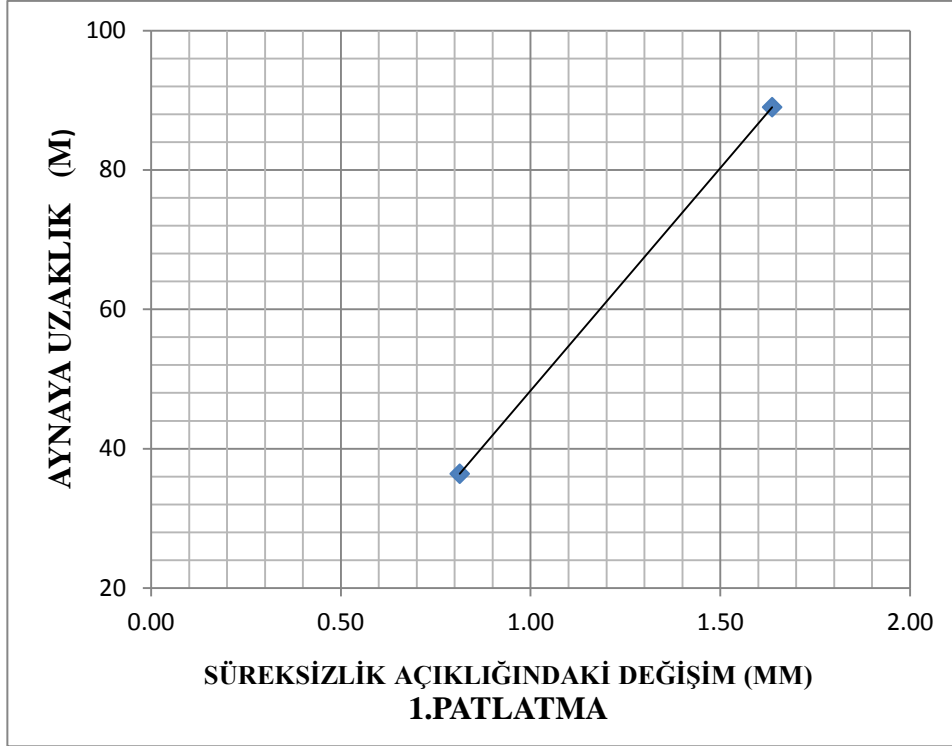
Tablo 6.1 Dere Madencilik sahasında yapılan patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve ortalama tane boyutları

Patlatma No	Özgül şarj Miktarı (kg/m ³)	Ortalama Tane Boyutu (cm)
1	0,7407	22,87
2	0,5083	12,44
3	0,5911	15,16
4	0,3611	14,13
5	0,5580	19,45
6	0,3939	18,50
7	0,4832	20,11

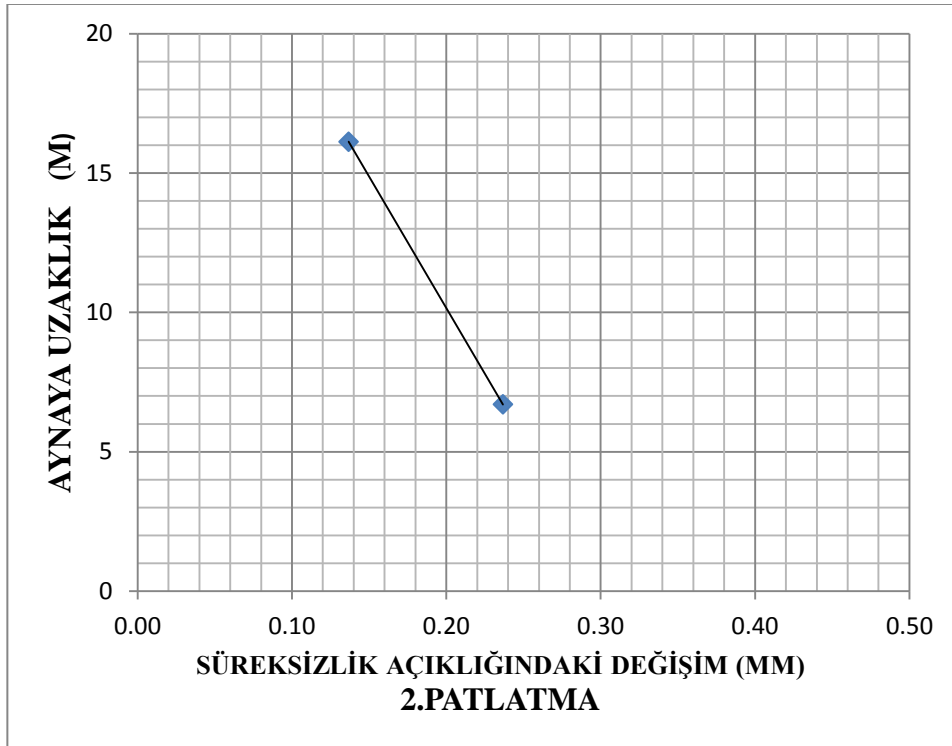
Tablo 6.2 Patlatmalara göre ölçüm alınan süreksizliklerin açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklıkları

Patlatma No	Ölçüm Alınan Süreksizlik Sayısı	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)	Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
1	1	0,8133	36,39
	2	1,6366	89,00
2	1	0,2367	6,70
	2	0,1367	16,12
3	1	0,8566	33,24
	2	0,5133	37,16
	3	0,2366	99,00
4	1	1,1166	36,01
	2	0,4266	39,46
5	1	0,4333	40,60
	2	0,1766	42,44
6	1	0,5700	76,00
	2	0,4766	34,00
7	1	0,9900	53,00
	2	0,6900	67,50

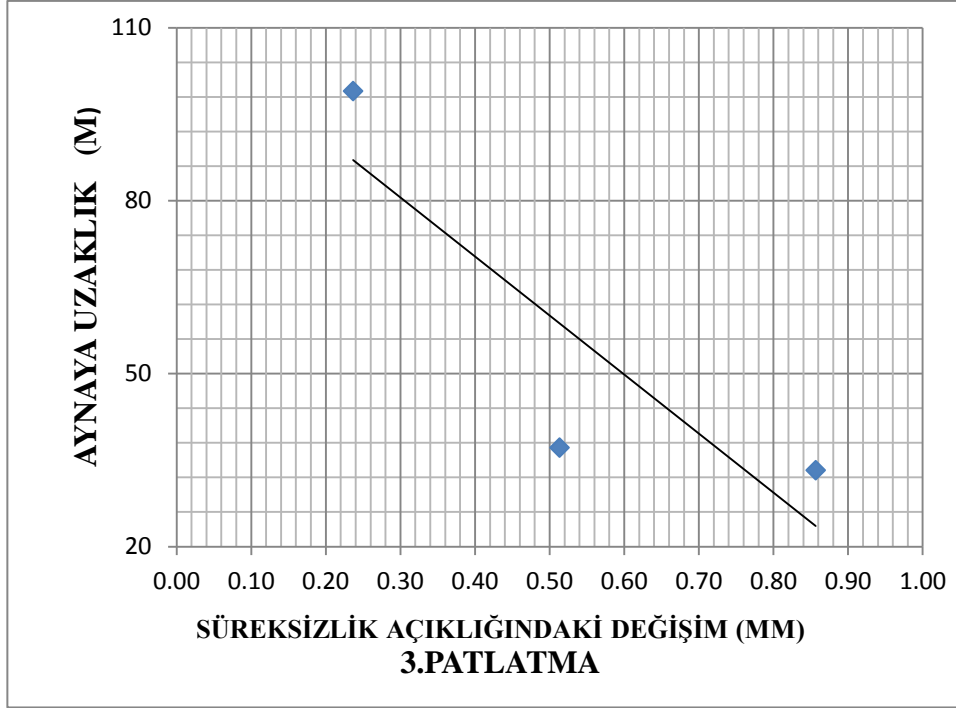
Tablo 6.2’de görüldüğü gibi süreksizlik açıklıklarındaki değişim patlatma yapılan aynadan uzağa gidildikçe azalmaktadır. Ancak süreksizlik açıklıklarındaki değişimler, patlatma yapılan her aynanın ve ayna çevresinin bir sonraki patlatma yapılan ayna ve çevresinden farklı jeolojik özellik göstermesinden dolayı tüm patlatmalarla beraber değerlendirildiği zaman doğrusal bir grafik elde edilememektedir. Bu yüzden daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edebilmek için süreksizliklerin açıklıklarındaki değişim ve aynaya uzaklıklar arasındaki ilişki her bir patlatma için aşağıdaki grafiklerde ayrı ayrı verilmiştir.



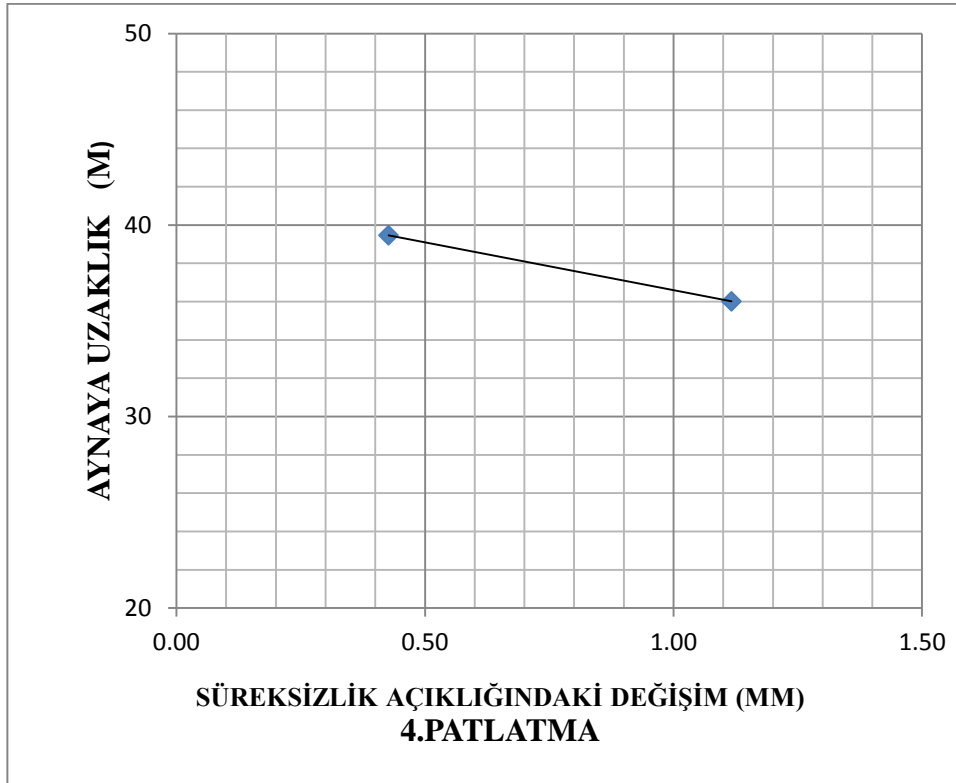
Şekil 6.1 1.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



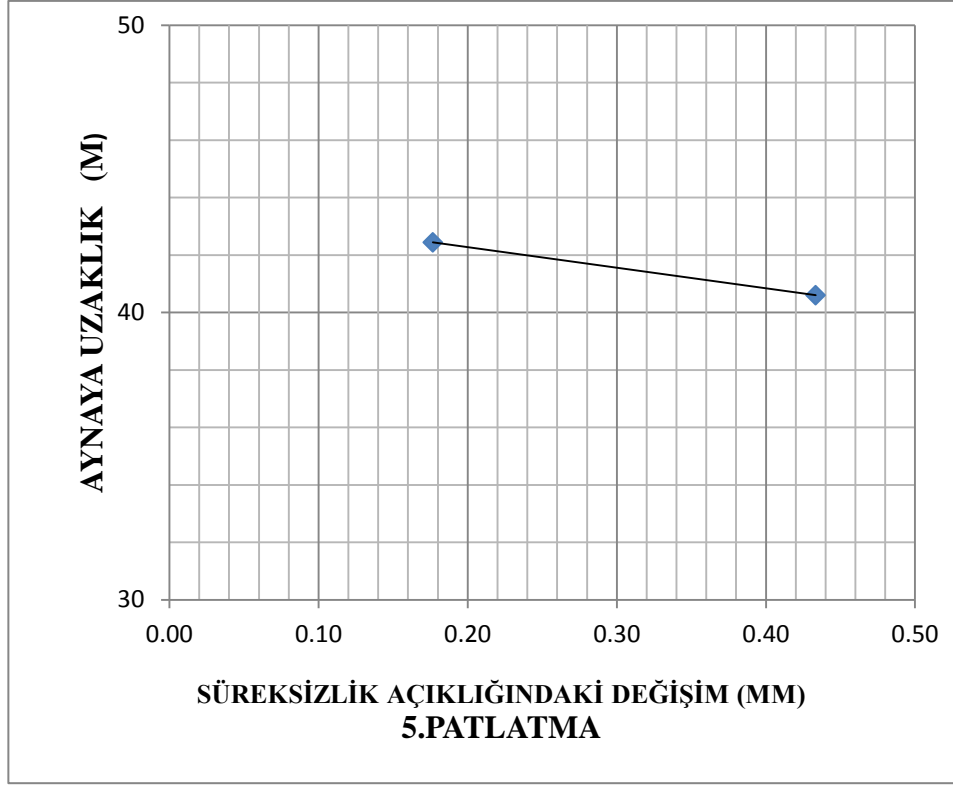
Şekil 6.2 2.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



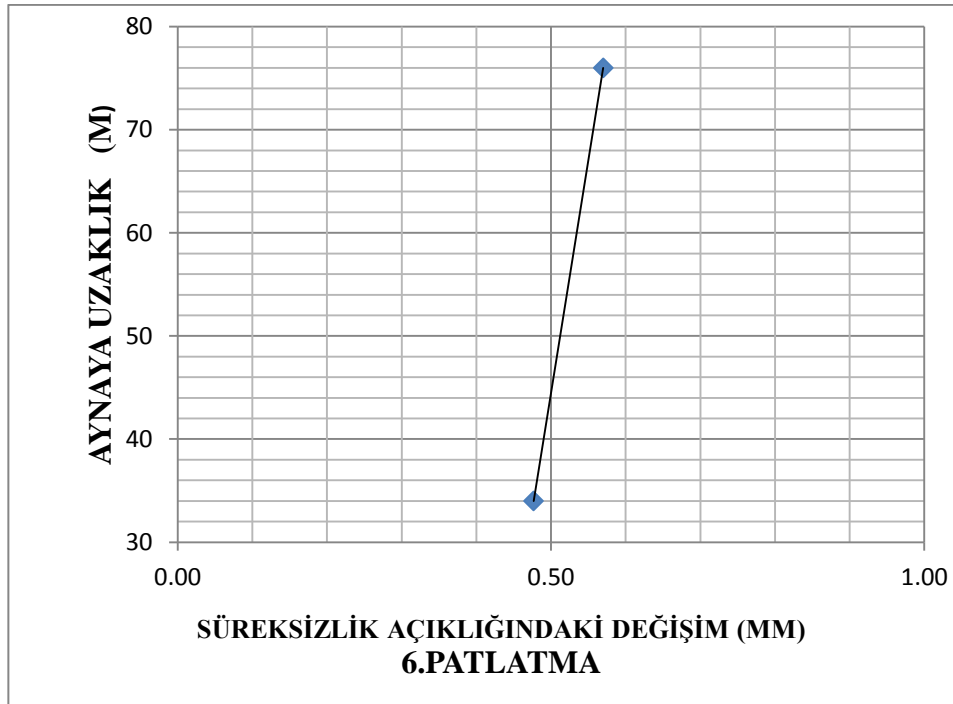
Şekil 6.3 3.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



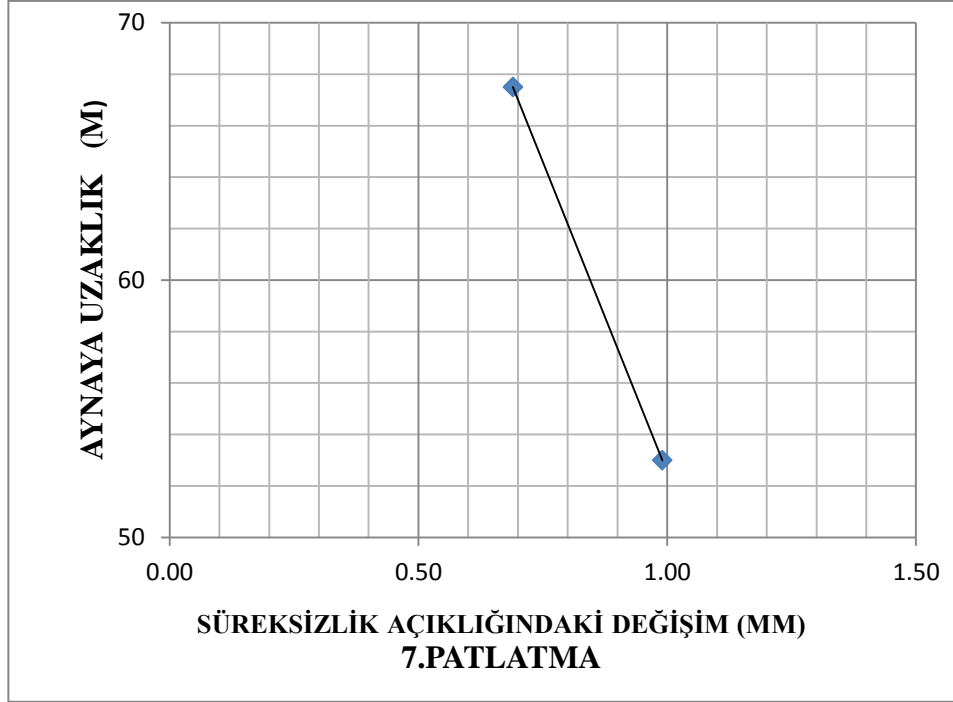
Şekil 6.4 4.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



Şekil 6.5 5.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



Şekil 6.6 6.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

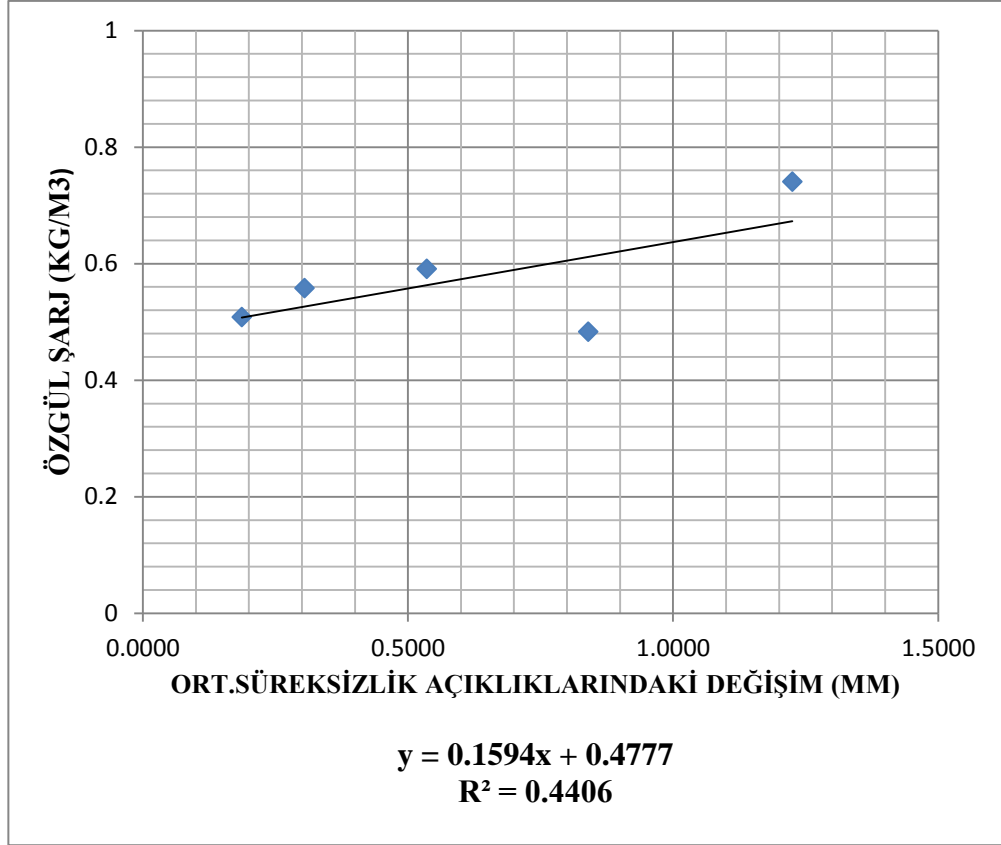


Şekil 6.7 7.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve patlatmalara göre süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen ortalama değişimlerin gösterildiği tablo aşağıda verilmiştir. Ayrıca bu değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik şekil 6.8'de verilmektedir. Grafiğin çizim aşamasında, düşük özgül şarj değerine karşın süreksizlik açıklığındaki değişimin fazla olduğu değerler, regresyon katsayısını arttırmak amacıyla ve düzgün bir istatistiksel değerlendirmenin yapılması için dikkate alınmamıştır.

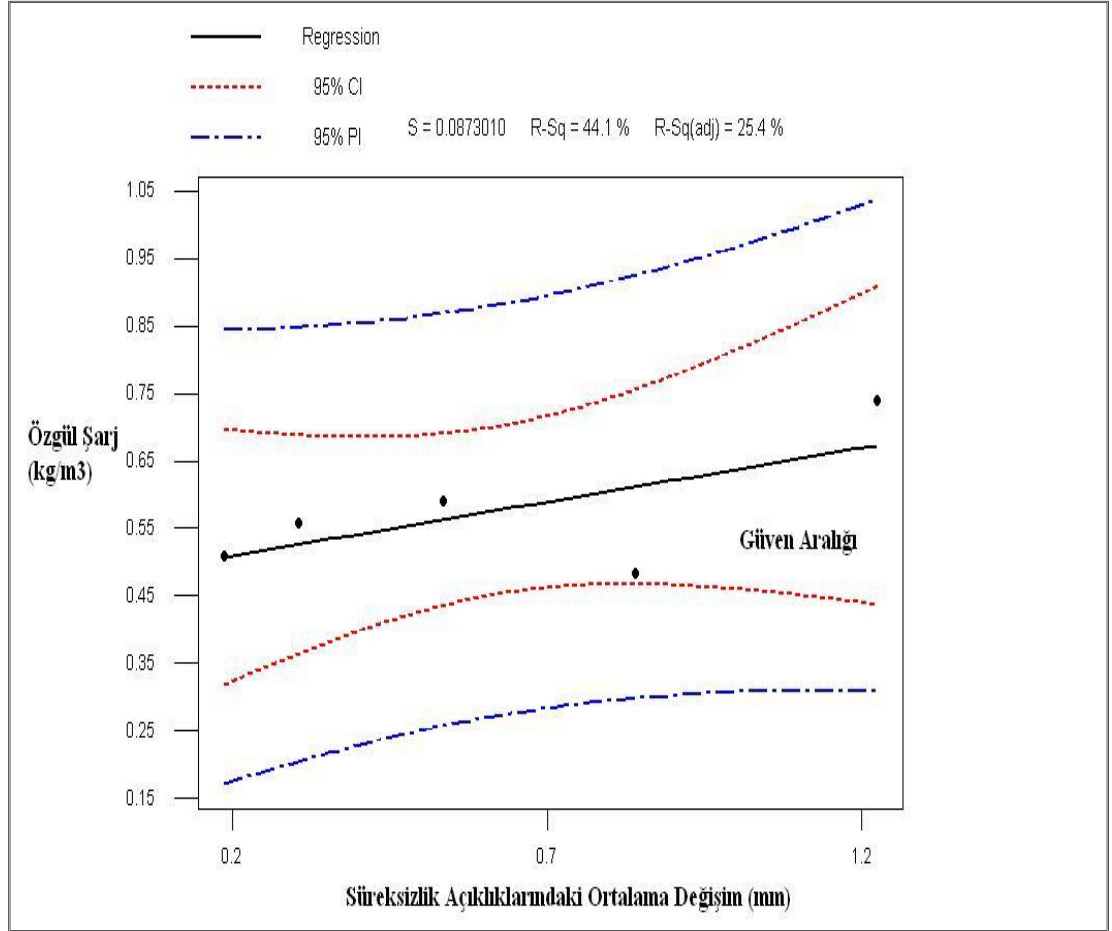
Tablo 6.3 Patlatmalara göre süreksizlik aralıklarındaki ortalama değişimler ve özgül şarj miktarları

Patlatma No	Süreksizlik Açıklığındaki Ort.Değişim (mm)	Özgül şarj Miktarı (kg/m ³)
1	1.2250	0.7407
2	0.1867	0.5083
3	0.5355	0.5911
4	0.7716	0.3611
5	0.3050	0.5580
6	0.5233	0.3939
7	0.8400	0.4832



Şekil 6.8 Özgül şarj ve süreksizlik açıklıklarındaki ortalama değişim arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi 1 m³ kayacı patlatmak için kullanılan patlayıcı miktarı (Özgül Şarj–kg/m³) arttıkça, süreksizlik açıklıklarında meydana gelen değişimlerin de arttığı görülmektedir. Ayrıca özgül şarj ve süreksizlik aralıklarında ortalama değişim değerleri Minitab programında regresyon analizine tabi tutulmuş ve değerlerin güven aralıkları arasında kaldıkları görülmüştür (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Özgül şarj - süreksizlik açıklıklarındaki ortalama değişim arasındaki ilişkiyi ve güven aralıklarını gösteren grafik

6.2 Çimentoş A.Ş'ye Ait Sahada Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Çimentoş A.Ş'ye ait açık ocak sahasında yapılan patlatmalar sonucunda elde edilen her bir patlatmaya ait özgül şarj değerleri, ortalama tane boyutları, süreksizliklerin açıklıklarındaki değişim ve süreksizliklerin aynaya uzaklık değerleri aşağıdaki tablolarda toplu olarak verilmiştir.

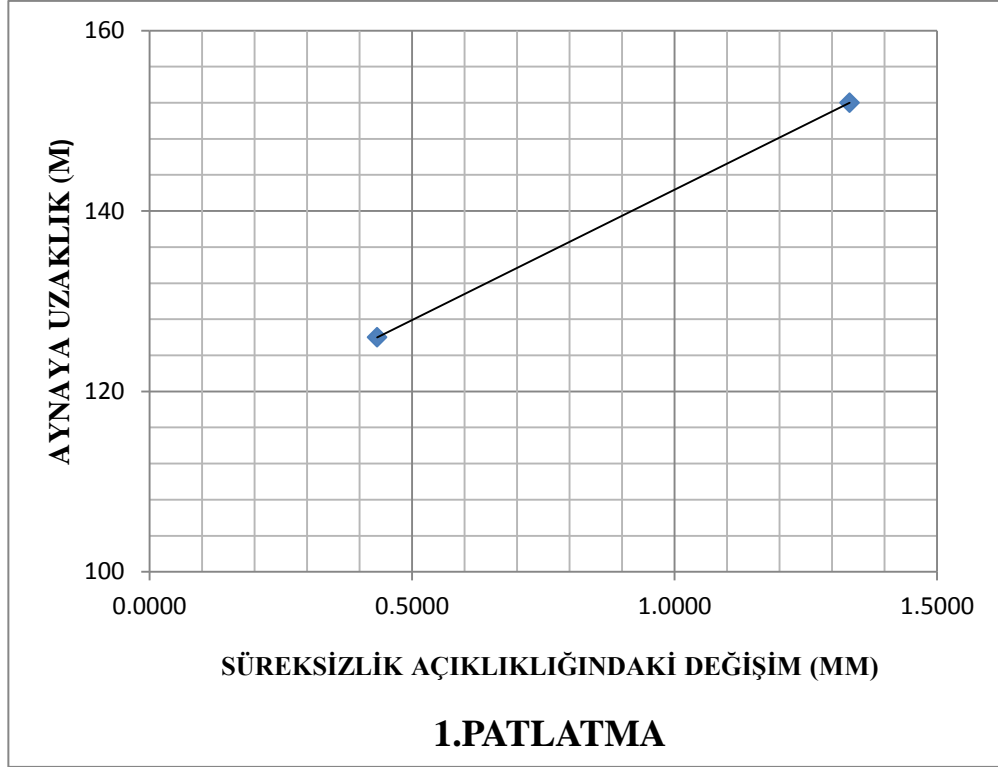
Tablo 6.4 Çimentaş A.Ş sahasında yapılan patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve ortalama tane boyutları

Patlatma No	Özgül şarj Miktarı (kg/m³)	Ortalama Tane Boyutu (cm)
1	0,4140	22,27
2	0,4545	27,13
3	0,4015	24,94
4	0,6510	20,98
5	0,4011	20,57
6	0,4629	21,91
7	0,3946	25,97
8	0,3900	22,61
9	0,5357	21,54
10	0,4166	22,49
11	0,4051	20,66
12	0,3201	24,47
13	0,4419	26,85
14	0,4166	24,96

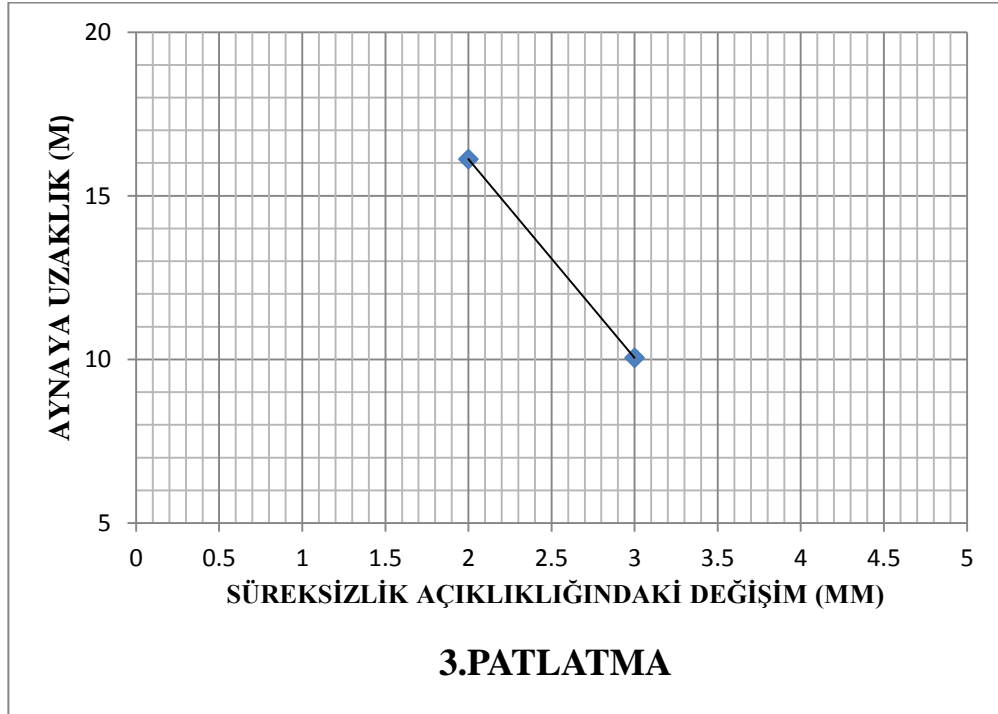
Tablo 6.5 Patlatmalara göre ölçüm alınan süreksizliklerin açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklıkları

Patlatma No	Ölçüm Alınan Süreksizlik Sayısı	Süreksizlik Açıklığındaki Değişim (mm)	Süreksizliğin Aynaya Uzaklığı (m)
1	1	0,4333	126
	2	1,3333	152
2	1	3,6600	13,34
3	1	2,00	16,12
	2	3,00	10,05
4	1	2,3333	18,35
	2	3,00	28,02
5	1	1,6600	42,10
6	1	1,00	74,95
	2	2,6600	70,66
7	1	0,6666	32,50
	2	1,00	22,60
	3	2,00	17,50
8	1	0,0066	73,50
9	1	0,2100	25
10	1	0,5066	33,02
	2	1,8233	47,16
	3	0,7200	38,28
11	1	0,7433	22,60
12	1	0,3933	17,11
13	1	0,9833	11,70
	2	0,6566	17,02
14	1	0,4200	85,70

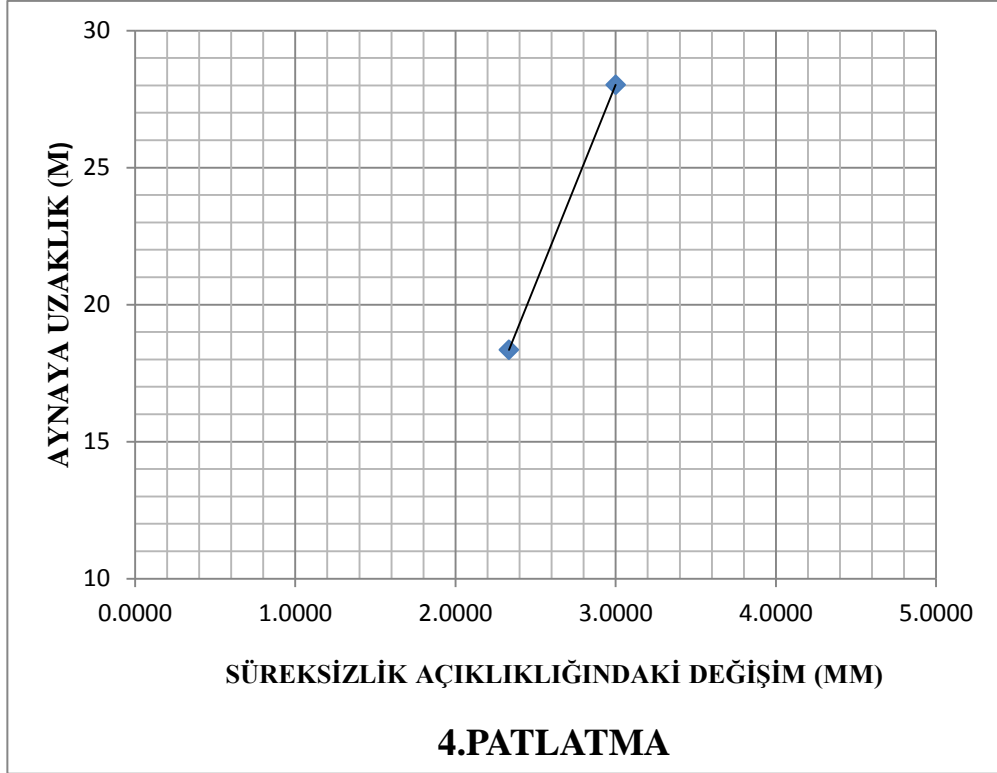
Tablo 6.5’de görüldüğü gibi süreksizlik açıklıklarındaki değişim, patlatma yapılan aynadan uzağa gidildikçe genel olarak azalmaktadır. Ancak süreksizlik açıklıklarındaki değişimler, patlatma yapılan her aynanın ve ayna çevresinin bir sonraki patlatma yapılan ayna ve çevresinden farklı jeolojik özellik göstermesinden dolayı tüm patlatmalarla beraber değerlendirildiği zaman doğrusal bir grafik elde edilememektedir. Bu yüzden daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edebilmek için süreksizliklerin açıklıklarındaki değişim ve aynaya uzaklıklar arasındaki ilişki her bir patlatma için aşağıdaki grafiklerde ayrı ayrı verilmiştir. Bazı aynaların çevrelerinden yapay kırık ve çatlakların çok olmasından dolayı doğal kırık ve çatlakların bulunması güç olduğu için tek ölçüm alınmıştır. Bu nedenle tek süreksizlikten ölçüm alınan patlatmalara ait grafikler aşağıdaki grafikler arasında yer almamaktadır.



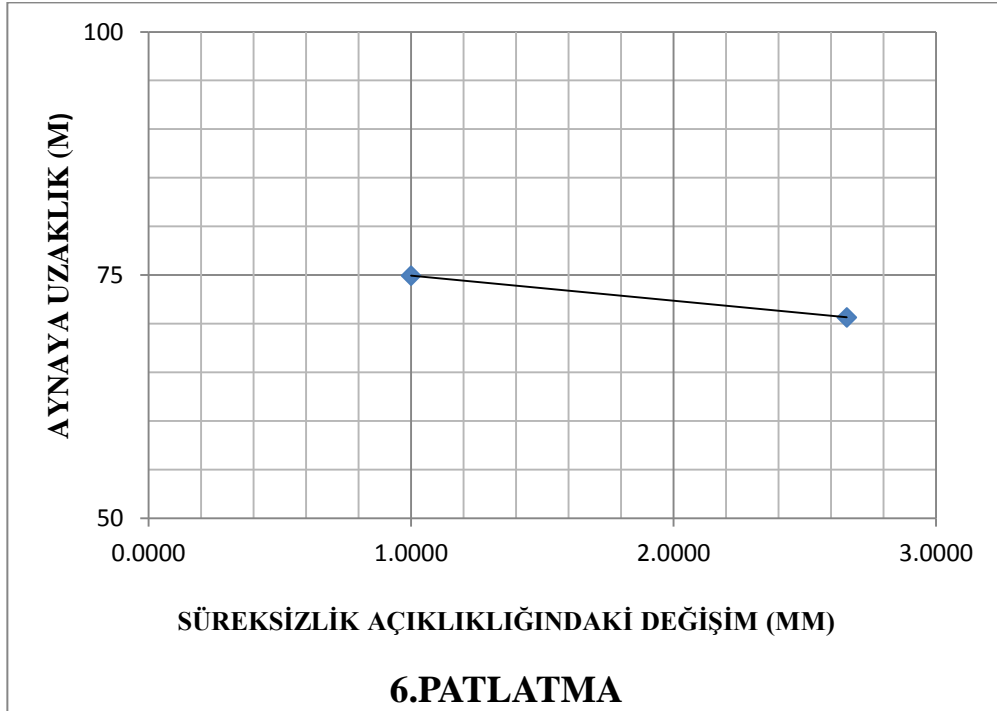
Şekil 6.10 1.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



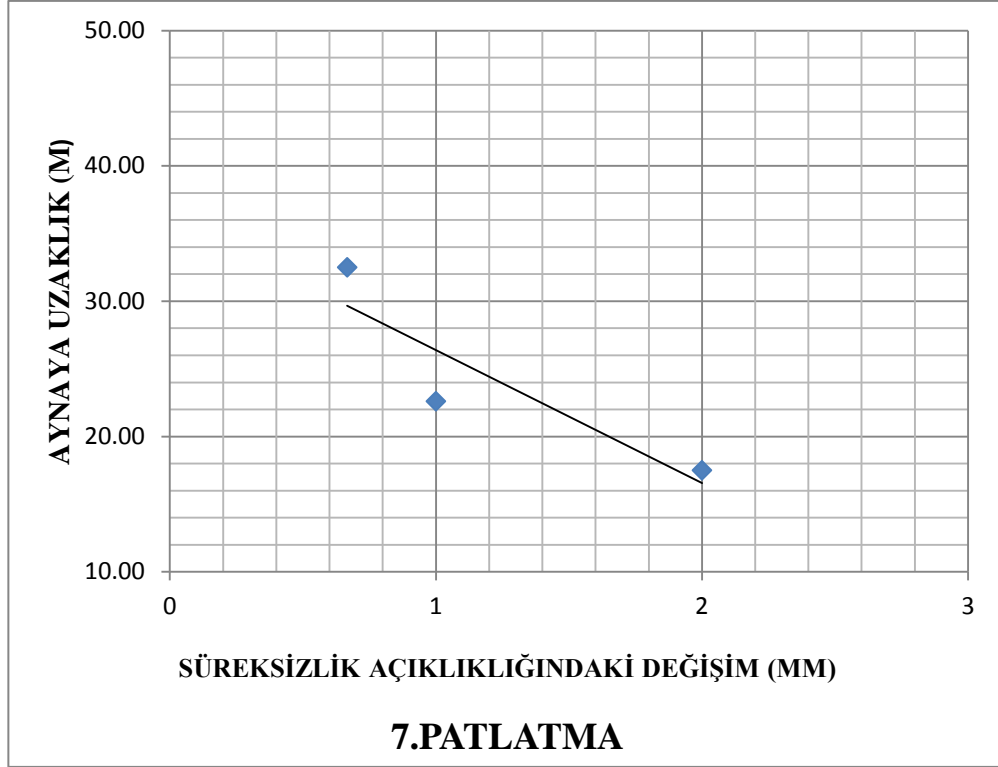
Şekil 6.11 3.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



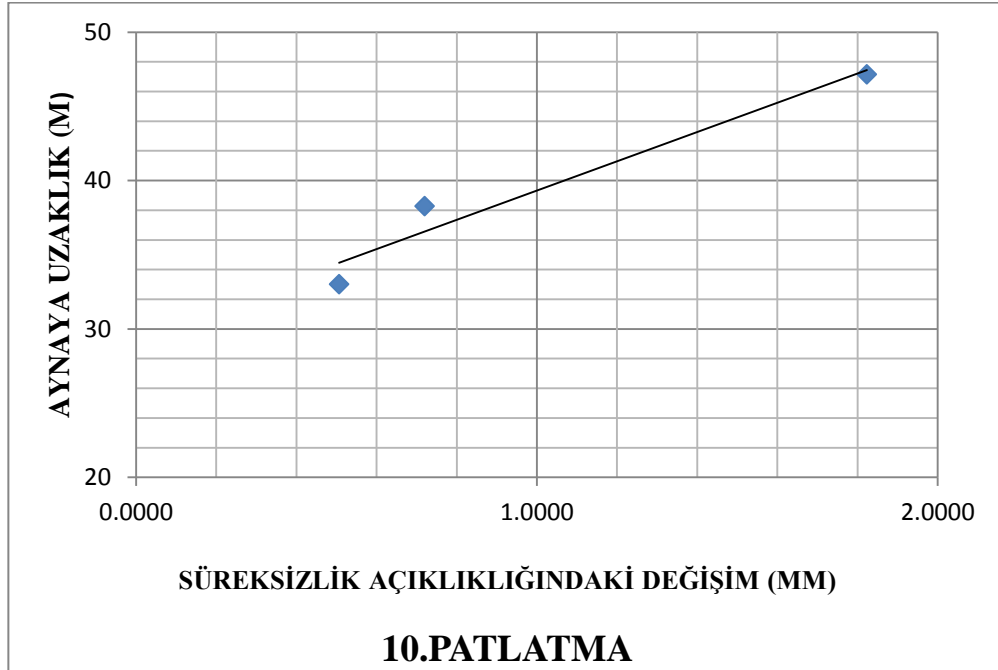
Şekil 6.12 4.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



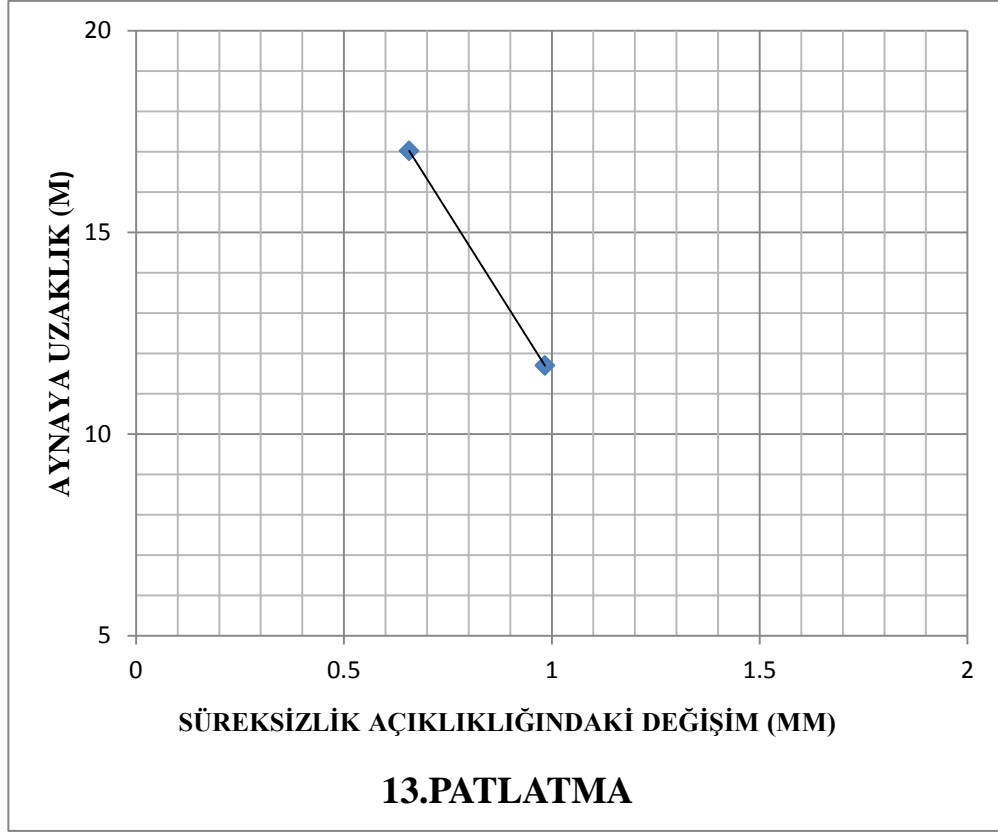
Şekil 6.13 6.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



Şekil 6.14 7.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik



Şekil 6.15 10.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

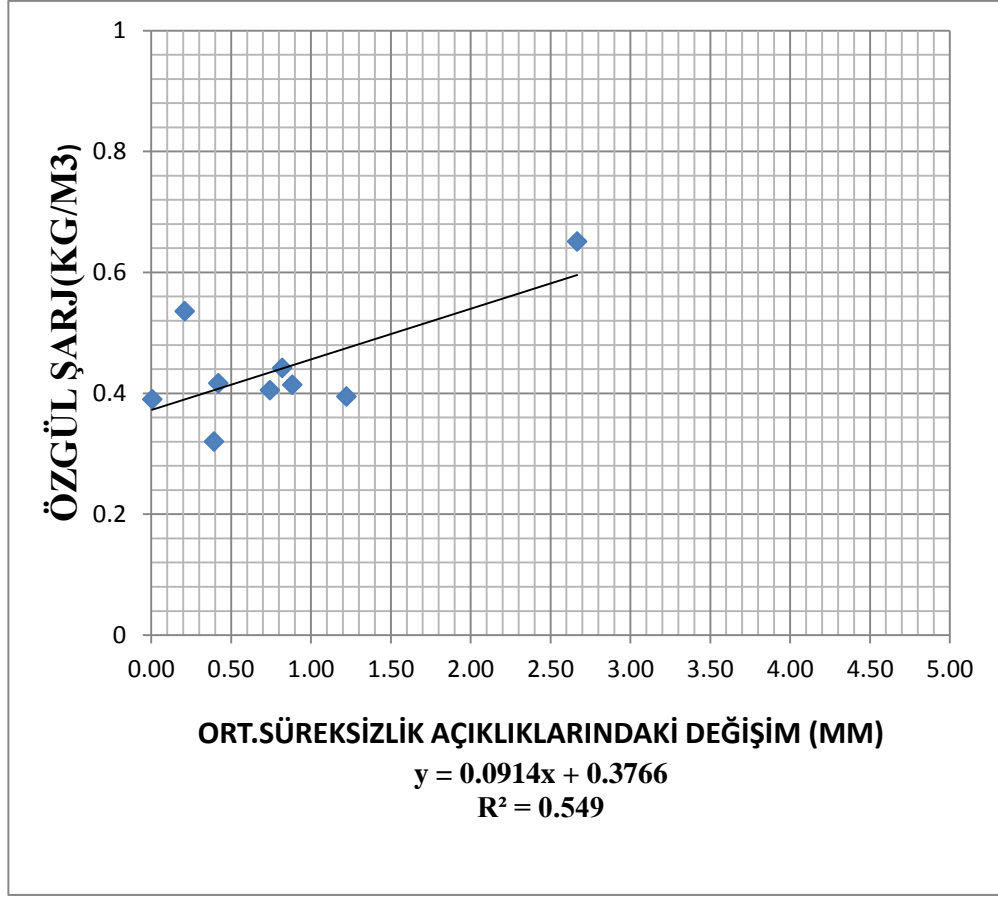


Şekil 6.16 13.patlatmaya ait süreksizlik açıklığındaki değişim ve aynaya uzaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve patlatmalara göre süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen ortalama değişimlerin gösterildiği tablo aşağıda verilmiştir. Ayrıca bu değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik şekil 6.17’de verilmektedir. Grafiğin çizim aşamasında, düşük özgül şarj değerine karşın süreksizlik açıklığındaki değişimin fazla olduğu değerler, regresyon katsayısını arttırmak amacıyla ve düzgün bir istatistiksel değerlendirmenin yapılması için dikkate alınmamıştır.

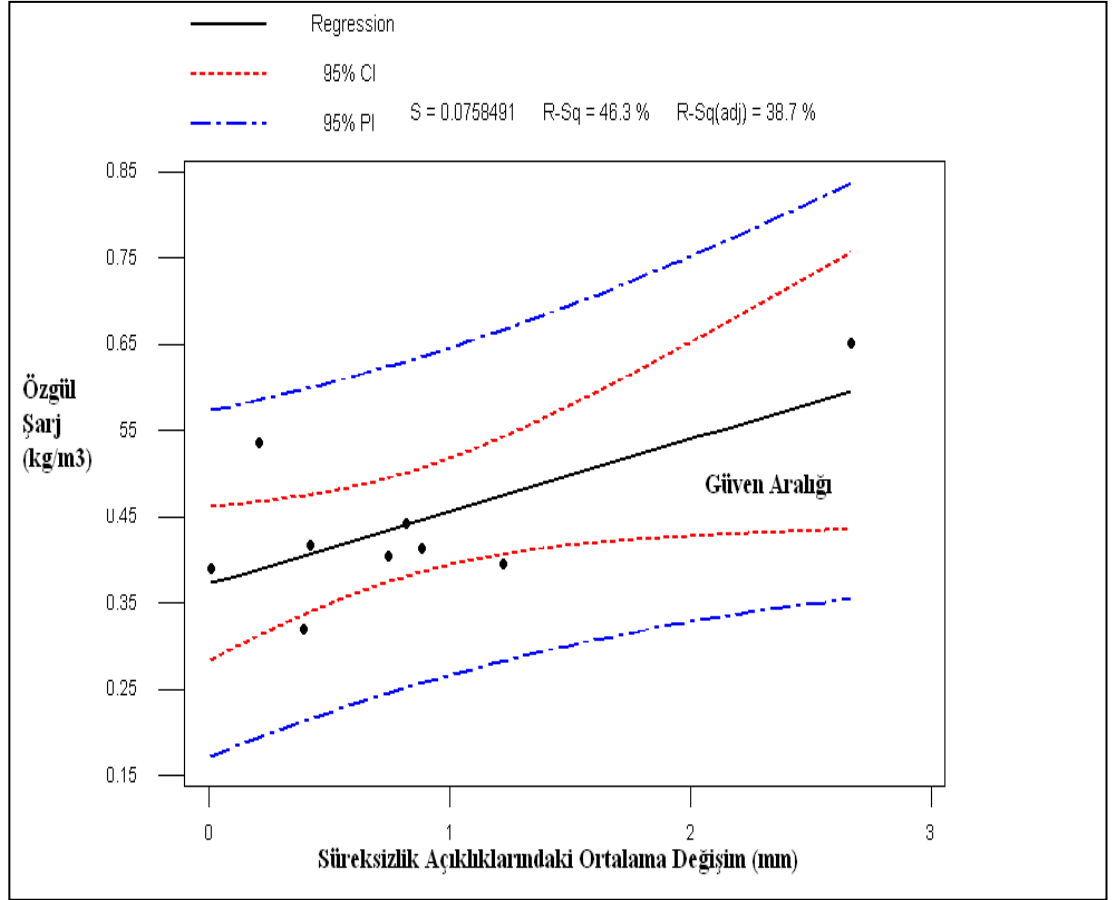
Tablo 6.6 Patlatmalara göre süreksizlik aralıklarındaki ortalama değişimler ve özgül şarj miktarları

Patlatma No	Süreksizlik Açıklığındaki Ort.Değişim (mm)	Özgül Şarj Miktarı (kg/m³)
1	0.8833	0.4140
2	3.6600	0.4545
3	2.5000	0.4015
4	2.6667	0.6510
5	1.6600	0.4011
6	1.8300	0.4629
7	1.2222	0.3946
8	0.0066	0.3900
9	0.2100	0.5357
10	1.0166	0.4166
11	0.7433	0.4051
12	0.3933	0.3201
13	0.8200	0.4419
14	0.4200	0.4166



Şekil 6.17 Özgül şarj ve süreksizlik açıklıklarındaki ortalama değişim arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi 1 m³ kayacı patlatmak için kullanılan patlayıcı miktarı (Özgül Şarj –kg/m³) arttıkça, süreksizlik açıklıklarında meydana gelen değişimlerin de arttığı görülmektedir. Ayrıca özgül şarj ve süreksizlik aralıklarında ortalama değişim değerleri Minitab programında regresyon analizine tabi tutulmuş ve değerlerin genel olarak güven aralıkları arasında kaldıkları görülmüştür (Şekil 6.18).



Şekil 6.18 Özgül şarj - süreksizlik açıklıklarındaki ortalama değişim arasındaki ilişkiyi ve güven aralıklarını gösteren grafik

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

Açık işletmelerde patlatma işlemi üretim, nakliyat ve hammaddenin işlenmesi açısından oldukça önemlidir. Patlatma işleminde dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, delik çapı, özgül şarj ve taban (tırnak) payı gibi delik paternine ait faktörler bulunmaktadır. Patlatmayı ayrıca hammaddenin sahadaki özellikleri de etkilemektedir. Bu özellikler jeolojik ve jeomekanik özellikler olarak sınıflanabilir. Jeolojik özellikler içerisinde yer alan ve tez konusunu da oluşturan jeolojik süreksizliklerin patlatma sonrasındaki değişimleri ve bunların patlatma verimi üzerine etkili olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında İzmir bölgesinde Çimentaş A.Ş ve Dere Madencilik A.Ş'ye ait kireçtaşı ocaklarında 21 adet patlatma gözlenmiştir. Patlatmadan önce ayna üzerindeki jeolojik süreksizliklerin açıklıkları, birbirlerine olan ara uzaklıkları ve patlatma parametreleri belirlenmiştir. Patlatmaların yapıldığı aynalarda görüntü analizi yöntemi kullanılarak hat etüdü yapılmış, patlatmadan sonra süreksizlik açıklıklarının nasıl değiştiği milimetrik kumpas ile ölçülmüş ve oluşan tane boyut dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bir patlatmanın verimliliği aynanın tamamen açılması (tırnak kalmaması) ve parçalanmanın homojen dağılımlı olması ile değerlendirilebilir. Parçalanmanın homojen olması, hammadde nakliyatının verimli olmasını ve hammaddenin cevher hazırlama tesisine homojen beslenmesini sağlar.

Süreksizlik açıklıklarındaki değişimler, patlatma yapılan her aynanın ve ayna çevresinin bir sonraki patlatma yapılan ayna ve çevresinden farklı jeolojik özellik göstermesinden dolayı tüm patlatmalarla beraber değerlendirildiği zaman doğrusal bir grafik elde edilememektedir. Bu nedenle daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edebilmek için süreksizliklerin açıklıklarındaki değişim ve aynaya uzaklıklar arasındaki ilişki her bir patlatma için grafiklerde ayrı ayrı verilmiştir.

Dere Madencilik A.Ş'ye ait sahada yapılan patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve patlatmalara göre süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen ortalama

değişimlerin yazılı olduğu değerler Tablo 6.3’de verilmiştir. Ayrıca, bu değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 6.8’de verilmektedir. Grafiğin çizim aşamasında düşük özgül şarj değerine karşın süreksizlik açıklığındaki değişimin fazla olduğu değerler dikkate alınmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre özgül şarj miktarı arttıkça ortalama olarak süreksizlik açıklıklarındaki değişimler artmaktadır. Aynı şekilde Çimentoş A.Ş.’ye ait sahada yapılan patlatmalara ait özgül şarj miktarları ve patlatmalara göre süreksizliklerin açıklıklarında meydana gelen ortalama değişimlerin yazılı olduğu değerler Tablo 6.6’da verilmiştir. Ayrıca bu değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 6.17’de verilmektedir. Grafiğin çizim aşamasında düşük özgül şarj değerine karşın süreksizlik açıklığındaki değişimin fazla olduğu değerler dikkate alınmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre özgül şarj miktarı arttıkça ortalama olarak süreksizlik açıklıklarındaki değişimler artmaktadır. Burada özgül şarjı arttırmak süreksizlik açıklıklarını da arttıracığından, daha sonraki patlatmalarda özgül şarjın fazla değişimi olmadan parçalanmanın daha büyük ve düzensiz olmasına neden olacaktır. Ayrıca özgül şarjın artması, hem maliyetlerin arttırmasına hem de süreksizlik açıklıklarının artmasına neden olacak ve daha sonraki patlatmalarda gaz kaçıışı nedeni ile patlatma verimini düşürebileceği de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle yapılan patlatmalarda zaman zaman aynadaki süreksizliklerin açıklıkları incelenerek değerlendirme yapılmalıdır.

Her iki saha içinde verilen Şekil 6.8 ve Şekil 6.17’de gösterildiği gibi 1 m^3 kayacı patlatmak için kullanılan patlayıcı miktarı (Özgül Şarj- kg/m^3) arttıkça, süreksizlik açıklıklarında meydana gelen değişimlerin de arttığı görülmektedir. Ayrıca özgül şarj ve süreksizlik açıklıklarındaki ortalama değişim değerleri Minitab programında regresyon analizine tabi tutulmuş ve değerlerin genel olarak güven aralıkları arasında kaldıkları görülmüştür (Şekil 6.9 ve Şekil 6.18).

Kireçtaşı ocaklarında üretim patlatması verimine etki eden en önemli değişkenlerden birisi patlatılacak olan bölgedeki süreksizlikler ve süreksizliklerin durumudur. Süreksizliklerin aralıklarının az ve süreksizlik açıklıklarının çok olduğu bölgelerde patlatma enerjisi çatlak ve kırıklarda sönmünecek, patlatma verimi düşecek ve dolayısıyla tane dağılımı bağdaşık olmayacaktır. Bu nedenle yükleyici ve

kırıcı performansları düşük olacak, bu da üretim maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır.

Kireçtaşı ocaklarında bulunan süreksizlik açıklıklarının değişimine etki eden en önemli etken ocaklarda üretim amacı ile yapılan patlatmalar nedeni ile oluşan sismik hareketlerdir. Süreksizlik açıklıklarındaki değişimin en az şekilde oluşabilmesi kullanılacak patlayıcı miktarının azaltılmasına bağlı olmakla beraber patlayıcı miktarının azaltılması üretim verimini de düşürecektir. Özgül şarj miktarındaki artış süreksizliklerin açıklıklarının artmasına sebep olduğu için bir sonraki patlatma verimi, süreksizliklerin açıklıklarındaki artış sebebiyle düşük olacaktır. Dolayısıyla patlatma verimi düşük olduğunda ortalama tane boyutu artacak, bu da maliyetlere olumsuz etki edecektir. Yapılan bu tez çalışmasında da özgül şarj arttığı zaman süreksizlik açıklıklarının arttığı yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Bu iki değişken arasında ki dengeyi kurmak bir en iyi duruma getirme (optimizasyon) işlemidir ve her ocak için ocağın jeoteknik durumu ortaya konarak uygun özgül şarj oranının belirlenmesi gerekmektedir.

Teorik olarak özgül şarjın artması, parçalanmayı daha etkili hale getirir ve tane boyutunu küçültür ancak pratik olarak değerlendirildiğinde, özgül şarjın artmasıyla patlatma yapılan ayna çevresindeki süreksizliklerin açıklıklarında artışlar olmaktadır. Bir sonraki patlatma işlemi için, süreksizlik açıklıklarındaki artışlar enerji kaybına neden olacağı için özgül şarj artsa bile ortalama tane boyutunda azalma olmayabilir. Bu nedenle patlatma verimi dikkate alınırken, özgül şarjın yanında ayna üzerindeki süreksizliklerin açıklıkları da dikkate alınmalıdır.

Bunlara paralel olarak, yapılan arazi çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlara bakıldığında, birbirlerine yakın özgül şarj değerlerine sahip patlatmalarda, süreksizlik açıklıklarının etkisiyle farklı ortalama tane boyutları bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Barton, N., (1976). *The shear strength of rock and rock joints*, Int. J. Rock Mechanics and Min. Sci., 13, pp. (255-279).
- Barton, N. and Choubey, V., (1977). *The shear strength of rock joints in theory and Practice*, Rock Mechanics, 10, pp. (1-54).
- Barton, N., Lien, R. and Lunde, I., (1974). *Engineering Classification of RockMasses for the design of tunnel supports*. Rock Mechanics, 6(4), (189-239).
- Bieniawski, Z.T., (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley and Sons, 237pp.
- Brown, E.T. (Ed.). (1981) *ISRM Suggested methots: rock characterization, testing and monitoring*. London: Pergamon Press
- Crosta, G. (1997). Evaluating rock mass geometry from photographic images. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 30 (1), 35-58
- Coates, D. (1966). *Rock Mechanics Principles*. Ottawa: Dept. Mines and Technical Surveys.
- Congress of International Society of Rock Mechanics, Lisbon, pp. 509-513.
- Deere, D.U., Deere, D.W. (1988) The rock quality designation (RQD) index in practice. L. Kirkaldie, (Ed), *In rock classification systems for engineering purposes* USA; ASTM Special Technical Publication, 91-101.
- Erguvanlı, K. (1995). *Mühendislik jeolojisi* (4. Baskı). İstanbul: Seç Yayın Dağıtım
- Erguvanlı, K. (1973), *Mühendislik Jeolojisi*, İ.T.Ü. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, Sayı 966, İstanbul.

- Fookes, P. G. & Denness. B. (1969). Observational studies on fissure patterns in Cretaceous sediments of south-east England. *GCotechnique* 19, No. 4, 453-477.
- Fourmaintraux, D. (1975) Quantification of discontinuities in rock from mafic origin. *Rock mechanics*, 7, 83-100
- Gonzales, C.R. ve Woods, E.R., (1993); “*Digital Image Processing*”, Addison-Wesley Publishing.
- Golder Associates, 1979a. Introduction Manual-I: Geotechnical Data Collection. UNDP Training Project, Contract No: 97/78, 56 p
- Güleç, K. (1979), *Kaya Mekaniği ve Mühendislik Jeolojisi*, Sakarya D.M.M Akademisi Yayınları, Yayın No.5, Adapazarı
- Hoek, E. and Bray J. W., (1977). *Rock Slope Engineering*. The Institution of Mining and Metallurgy, 1st edition, London
- Hudson, J. A. (1989). *Rock mechanics principles in rock engineering practice*. England: Butterworth-Heinemann Ltd
- Hudson, J. A. and Harrison, J. P. (1997), *Engineering rock mechanics: an introduction to the principals*”. Elsevier, Oxford
- ISRM, 1981. Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring, E. T. Brown (ed), Pergamon Pres, London, 211pp.
- Karakuş, D. (2007); *Görüntü Analiz Yöntemleri İle Kayaçların Yapısal Özelliklerinin Tanımlanması*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi

- Kemeny, J., Kauda, R., Mofya, E., Lever, P. (2002). Improvements in blast fragmentation models using digital image processing, *Fragblast Journal*, 6 (3-4), 311-320.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., (1979). *Yapısal Jeoloji*, İTÜ yayınları, İstanbul.
- Köse, H., Kahraman, B. (1999). *Kaya Mekaniği*, Genişletilmiş 3.Baskı, D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- Lemy, F., Hadjigeorgiou, J. (2003). Discontinuity trace map construction using photographs of rock exposures. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 40 (6), 903–917.
- Maerz, N. (1990) *Photoanalysis of rock fabric. Ph.D. thesis* Canada: University of Waterloo
- Maerz, N. H., Franklin, J.A. and Bennett, C.P., (1990). Joint roughness measurements using shadow profilometry, *Int. J. Rock Mechanics and Min. Sci.*, 27(5), pp. 329-343.
- Maerz, N. H., and Palangio, T. W., (2004). Post-muckpile, pre-primary crusher, automated blast fragmentation sizing. FRAGBLAST, *The International Journal For Blasting and Fragmentation*, v. 8, no. 2.
- McCarter, M.K. (1976) Application of plane photogrammetry to open pit mapping. W. S. Brown, (Ed.), *17th Symposium on Rock Mechanics* içinde 93-98.
- Özvan, B. (2010); *Süreksizlik Düzlemlerinde Ayırışmanın Pürüzlülük Üzerindeki Etkisi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Patton, F.D., (1966). Multiple modes of shear failure in rock. *Proceedings, 1st Congress of International Society of Rock Mechanics*, Lisbon. pp. 509–513

- Priest, S.D., (1993). *Discontinuity Analysis for RockEngineering*. Chapman & Hall, London, 473pp
- Priest S.D., Hudson J.A. (1976). Discontinuity spacings in rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*,(13), 135-148
- Reid, T. R., Harrison, J. P. (2000) A semi-automated methodology for discontinuity trace detection in digital images of rock mass exposures. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 37, 1073-1089
- Tsoutrelis, C.E., Exadactylos, G.E., Kapenis, A.P. (1990). Study of the rock mass discontinuity system using photoanalysis. H.P. Rossmanith, (Ed.) *Mechanics of jointed and faulted rock* (103-112) Rotterdam;Balkema.
- Ulusay, R ve Sönmez, H., (2007), *Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Ünal, M., (2000). *Süreksizlik Yüzey Pürüzlülüğünün Modellenmesi ve Makaslama Dayanımı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi*. Hacettepe Üniv., Fen Bilimleri Enst. Doktora tezi, s 219 (yayınlanmamış).
- Wipfrag Fragmentation Analysis Software*, (b.t.) 2010, <http://www.wipware.com/wipfrag.php>
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*, 4th ed., Spon Pres.