T. C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA ÇİMENTO FABRİKASI KİREÇTAŞI OCAĞINDAKİ PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

H. Levent YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konya, 2008

T. C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA ÇİMENTO FABRİKASI KİREÇTAŞI OCAĞINDAKİ PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

H. LEVENT YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 03.01.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri:

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY **Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL**

Yrd. Doç. Dr. Abdülhadi Erdal ÖZDENİZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA ÇİMENTO FABRİKASI KİREÇTAŞI OCAĞINDAKİ PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

H. Levent YÜCEL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL

2008, 145 Sayfa

Jüri:

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL
Yrd. Doç. Dr. Abdülhadi Erdal ÖZDENİZ

Madencilik faaliyetleri, genel olarak çalışma ortamı ve çevresel etkiler bakımından oldukça çaba sarf edilmesi gereken iş alanlarının başında gelmektedir. Madencilikte, çevresel etki bakımından en önemli durum, patlatmalı kazı olmaktadır.

Özellikle günümüzde, nüfusun artışı, yeni yerleşim yerlerinin kurulması vb. gibi sebeplerle orantılı olarak hammadde talepleri de artmıştır. Bütün bu nedenlerden dolayı, verimli madencilik yapacak alanlar daralmış ve madencilik faaliyetleri neredeyse şehirlerle iç içe geçmiş durumdadır. Sonuç olarak, şehirleşme alanlarına yakın ya da şehirleşmenin içinde kalmış madencilik alanlarında özellikle patlatma tasarımının en iyi bir biçimde yapılması gerekir.

Bu tezde, şehirleşme içerisinde yer alan ve patlatmalı kazı ile hammadde üretimi yapılan Konya Çimento Kireçtaşı ocağındaki, patlatma sonucu oluşan yer sarsıntılarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme yapılırken öncelikle konuyla ilgili ve benzer çalışmalar incelenmiştir. Sonraki aşama olarak, Konya Çimento Kireçtaşı ocağı yer bulduru bilgilerline, ocağın tanıtımına ve jeolojik özelliklerine yer verilmiş ve ocakta farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip iki katmanın ayrıntılı tanımlamasına gidilmiştir. Daha sonra ocakta kullanılan delme-patlatma tasarımı (delme yöntemi ve kullanılan patlayıcı maddeler ve özelliklerine), kullanılan patlayıcı madde ve miktarlarına, ölçüm yöntemleri ve ölçüm aletlerine yer verilmiştir. Takip eden bölümde ise, iki katmanda da yapılan patlatmalardan elde edilen veriler tüm yönleriyle incelenmiş ve parçacık hızı, ölçekli mesafe, gecikme başına düşen şarj miktarları gibi parametreler grafiksel olarak yorumlanmış ve bu verilerin ışığında karşılaştırmalı bir değerlendirmeye gidilmiştir. Son bölümde ise, bütün bu yapılan çalışmalardan yararlanılarak patlatmaların çevreye verdiği sarsıntı değerleri T. C. Çevre Ve Orman Bakanlığınca çıkarılan “Titreşim Yönetmeliği”’ ne göre yorumlanmış ve çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Taş ocağı, patlayıcı maddeler, patlatma, sismograf, yer sarsıntısı, GPS, parçacık hızı, ölçekli mesafe, hasar.

ABSTRACT

MSc Thesis

VALUATION OF KONYA CEMENT FACTORY LİMESTONE QARRY GROUND VIBRATIONS FROM BLASTING

H. Levent YÜCEL

Selcuk University

Graduate School Of Natural And Applied Sciences

Department Of Mining Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Murat ÜNAL

2008, 145 Pages

Jury:

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Yrd. Doç. Dr. Murat ÖNAL
Yrd. Doç. Dr. Abdülhadi ÖZDENİZ

This thesis

TEŞEKKÜR

Teşekkür etmek aslında bir yerde mutlu olmaktır. İlk olarak bu çalışmamda, ilk günden beri desteğini esirgemeyen ve özellikle sona yaklaşırken birçok özveride bulunan, tezimde katkısı yadsınamaz olan sayın danışmanım Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL hocama en kalbi duygularımla teşekkür ediyorum.

Bununla birlikte bana hem lisans hem de yüksek lisans döneminde yardımlarını hiç eksik etmeyen, dolaylı veya doğrudan çeşitli destekler veren "S. Ü. Maden Mühendisliği Bölümü" Öğretim üyeleri Prof: Dr. M. Kemal GÖKAY, Prof. Dr. Veysel ZEDEF, Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN, Yrd. Doç. Dr. Salih AYDOĞAN, Arş. Gör. Bilgehan KEKEÇ hocalarıma teşekkür ve saygılarımı sunuyorum. Bölüm laboratuar sorumlumuz sayın İbrahim KÜÇÜK' e hem yardımı hem de güzel sohbeti için teşekkür ediyorum. Ayrıca haritalama işlemlerinde yoğun iş temposunda, bana vakit ayıran ve yardım eden, Hart. Müh. Faruk TURHAN ağabeymede sonsuz teşekkürler.

Tüm bunlara ek olarak, bu çalışmamı yapabilmem de bana imkan tanıyan işyeri şefim Ahmet KOLSUZ, her türlü yardımı dokunan mesai arkadaşım Metin KESER ağabeyime ve "OZAL İnşaat Madencilik" sahipleri ve çalışanlarına, her zaman yanımda olan dostum H. Tahsin BAYRAMA ve son olarak bu günlere gelmemde çaba sarf etmiş babam Hasan YÜCEL, annem Nuran YÜCEL'e şükran ve hürmetlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER	xiv
BÖLÜM I, GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	1
1.3. Çalışmanın İçeriği	2
BÖLÜM II, KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Delme Ve Patlatma	4
2.1.1. Kayaçlarda delik delme	4
2.1.1.1. Delme çeşitleri	5
2.1.1.2. Delme sistemlerinin karşılaştırılması	6
2.1.1.3. Delik delme hızı	6
2.1.1.4. Delik düzeni geometrisi	7
2.1.1.5. Kayaçların delinebilme özellikleri	8
2.1.2. Kayaçlarda patlatma	9
2.1.2.1. Patlayıcı maddeler	9
2.1.2.2. Patlayıcı maddelerin özellikleri	10
2.1.2.3. Patlayıcı Maddelerin sınıflandırılması	13
2.1.2.4. Patlatmayı etkileyen parametreler	14
2.1.2.5. Patlatmada kaya kütle davranışı	20
2.2. Patlatmanın Çevreye Etkileri	25
2.2.1. Fırlayan kaya parçaları	26
2.2.2. Toz emisyonu	28
2.2.3. Hava şoku	28
2.2.4. Yer sarsıntısı	30
2.3. Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı Ve Etkileri	31

2.3.1. Yer sarsıntılarının özellikleri 31
2.3.2. Yer sarsıntılarının özelliklerini etkileyen değişkenler 33
2.3.3. Yer sarsıntısı etkilerinin ve etki alanlarının belirlenmesi 35
2.3.4. Frekansın etkisi 36
2.3.5. Hasar kriterleri 36
2.4. Yer Sarsıntılarının Etkilerini Belirlemeye Yönelik Uygulamalı Çalışmalar 39
2.4.1. Petrol boru hatları yakınında yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları 39
2.4.2. Yerleşim yerlerinde bulunan taş ocaklarında yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları 42
2.4.3. Açık işletmelerde yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları 50
BÖLÜM III, ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI 56
3.1 Çalışma Sahasının Yer Bulduru Bilgileri 56
3.2. Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi ve Tektonik Yapısı 58
3.2.1. Etüt sahasının jeolojisi 60
3.2.2. Taş ocağının tanıtımı 63
BÖLÜM IV, ÇALIŞMADA KULLANILAN DELME-PATLATMA VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ 69
4.1. Çalışmada Kullanılan Delme ve Patlatma Tasarımı 69
4.1.1. Delik tasarımı 70
4.1.2. Patlatma tasarımı 71
4.1.2.1. Patlayıcı maddelerin özellikleri 73
4.2. Arazide Sarsıntı Ölçüm Yöntemleri Ve Ölçüm Aletleri 74
4.2.1. Yer sarsıntısı ölçüm yöntemleri 74
4.2.1.1. Ölçekli mesafe 75
4.2.1.2. Parçacık hızı 75
4.2.2. Arazi ölçüm aletleri 76
4.3. Arazi ve Laboratuar Çalışmalarında Kullanılan Yöntemleri 80
4.3.1. Laboratuar çalışmalarında kullanılan yöntemler 80
4.3.1.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler 81
4.3.1.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler 84
4.3.2. Arazi çalışmalarında kullanılan yöntemler 89
4.3.2.1. Kaya kütle sınıflama sistemi 89
BÖLÜM V, YAPILAN ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRMELER 94

5.1. Konya Çimento Kireçtaşı Ocağında Yapılan Patlatma Ve Ölçüm Alınan Noktaların Haritadaki Yerleşimi 94
5.2. Laboratuar Çalışmaları 97
5.2.1. Patlatılan kayaçların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi 98
5.2.2. Patlatılan kayaçların mekanik özelliklerinin belirlenmesi 101
5.2.2.1. Tek eksenli basınç dayanım deneyi 102
5.2.2.2. Dolaylı çekme deneyi sonuçları 103
5.2.2.3. Nokta yükleme dayanım indeks deneyi 104
5.2.2.4 Ultrasonik ölçüm deneyi 106
5.2.3.Patlatılan kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi 108
5.3 Arazi Çalışmaları 110
5.3.1. Çalışma alanının kaya kütle özelliklerinin belirlenmesi 110
5.3.2. Konya Çimento Fabrikası ocağına ait sismograf ölçüm kayıtları 113
5.4 Sismograf Ölçüm Kayıtlarının Değerlendirilmesi 117
BÖLÜM VI, SONUÇLAR 131
KAYNAKLAR 135
EKLER xvi

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kayaçlarda sınıflandırma. 5
Çizelge 2.2 Delik sistemlerinin karşılaştırılması. 8
Çizelge 2.3 Patlayıcı ve ateşleme sistemlerinin gelişimi. 22
Çizelge 2.4 USBM hasar kriterleri. 36
Çizelge 2.5 T. C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Titreşim yönetmeliği. 36
Çizelge 2.6 Alman DIN 4150 standardı. 37
Çizelge 2.7 Yapılan patlatmalar sonucu BTC hattına verilen titreşim değerleri. 38
Çizelge 2.8 Atımlara ait ölçüm kayıtları. 39
Çizelge 2.9 Alınan ölçüm kayıtları. 41
Çizelge 2.10 Patlatma ve ölçüm verileri. 44
Çizelge 2.11 Ölçekli mesafe ve mesafeye göre kullanılacak patlayıcı miktarları. 45
Çizelge 2.12 Atım yönüne göre parçacık hızı sınırlandırması. 46
Çizelge 2.13 Ölçekli mesafe ve frekansa bağlı parçacık hız değerleri. 47
Çizelge 2.14 Patlatma tasarımı ve ölçüm kayıtları. 47
Çizelge 2.15 Ocakta yapılan patlatmaların ölçüm kayıtları. 50
Çizelge 2.16 En yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe grafiği. 50
Çizelge 2.17 İkizköy ocağına ait parçacık hızı-ölçekli mesafe grafiği. 53
Çizelge 3.1 Üst katman ait sondaj verileri. 65
Çizelge 3.2 Alt katmana ait sondaj verileri. 66
Çizelge 4.1 RMR Kaya Kütle Sınıflama Sistemi. 92
Çizelge 4.2 RMR Sınıflama sistemi parametrelerinin grafiksel olarak belirlenmesi. 93
Çizelge 4.3 RMR Sınıflama Sistemi. 93
Çizelge 5.1 Üst ve alt katmana ait RMR. 98
Çizelge 5.2 Üst katmana ait fiziksel deney sonuçları. 102
Çizelge 5.3 Alt katmana ait fiziksel deney sonuçları. 103
Çizelge 5.4 Üst ve alt katmana ait tek eksenli basınç dayanım değerleri. 105
Çizelge 5.5 Üst ve alt katman dolaylı çekme dayanım değerleri. 106
Çizelge 5.6 Nokta dayanım deneyinin üst ve alt katman için sonuçları. 108
Çizelge 5.7 Sonik hız ölçüm deneyi verileri. 110
Çizelge 5.8 Üst katmana ait, delikte gecikme başına 20,5 kg patlayıcı madde kullanılan patlatma ayrıntıları. 112

Çizelge 5.9 Üst katmana ait, delikte gecikme başına sırasıyla, 40,5, 38,0 ve 25,5 kg patlayıcı madde kullanılan patlatma ayrıntıları. 113
Çizelge 5.10 Alt katmana ait sabit şarjda yapılan patlatma ayrıntıları 114
Çizelge 5.11 Üst ve alt katman için sarsıntı(k) ve sönümleme katsayıları (β). 125
Çizelge 5.12 Üst ve alt katman için, 2 mm/s parçacık hızı baz alınarak, farklı patlayıcı madde miktarlarına göre belirlenen güvenli patlatma mesafesi çizelgesi. 126

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Açık ocaklarda uygulanan delik düzenleri. 9
Şekil 2.2 Gül diyagramı. 12
Şekil 2.3 Çalışmaları olumsuz etkileyen süreksizliklere bir örnek. 13
Şekil 2.4 Arazide gerilim dağılımları. 14
Şekil 2.5 Basamaklarda gerileme maruz kalan bölgeler. 15
Şekil 2.6 Patlatma sırasında kayada meydana gelen değişimler. 16
Şekil.2.7 Patlatmada basınç-hacim grafiği. 17
Şekil 2.8 Patlatma sırasında çatlakların içine gaz dolması. 19
Şekil 2.9 Kaya yapılarında dalgaların çeşitleri ve yansımaları. 20
Şekil 2.10 Kayaçlarda yansıma nedeniyle dalgalarının dönüşmesi. 20
Şekil 2.11 Normalden daha az yük mesafesi olan basamak. 27
Şekil 2.12 Gövde dalgaları olan P ve S dalgaları 31
Şekil 2.13 Rayleigh ve Love dalgaları. 32
Şekil 3.1 Konya Çimento taş ocağının yer bulduru haritası. 54
Şekil 3.2 a) Konya Çimento fabrikası ve b) yakınındaki taş ocağı işletmesinden görünümler. 55
Şekil 3.3 Çalışma sahasının stratigrafik jeolojisi. 58
Şekil 3.4 Etüd sahasının jeolojik haritası. 60
Şekil 3.5 Etüd sahasının stratigrafik jeolojisi ve litolojisi. 61
Şekil 3.6 Çalışma sahasının temsili kesit görünüşü. 63
Şekil 3.7 İşletme sahasında basamakların sınıflandırılması. 64
Şekil 3.8 Üst katmana ait bir fotoğraf. 65
Şekil 3.9 Alt katmana ait bir fotoğraf. 67
Şekil 4.1 Patlatma deliklerini delmede kullanılan Furukowa HCR 12 marka vagon drill makinesi. 69
Şekil 4.2. Ocakta basamaklarda kullanılan delik tasarımı. 69
Şekil 4.3 Ocakta kullanılan tek hat üzerinden yapılan patlatma tasarımı 70
Şekil 4.4 Patlatma işleminde kullanılan patlayıcı maddelerden ANFO, emülsiyon dinamit ve elektriksiz kapsüllerden bir görünüm. 71
Şekil 4.5. Deliklere patlayıcı madde şarjı ve sıkılama. 72
Şekil 4.6 Magellan GPS. 77

Şekil 4.7 Parçacık hızı ölçümlerinde kullanılan White II sismograf. 79
Şekil 4.8 Yoğunluk belirleme deneyinde kullanılan numuneler. 81
Şekil 4.9 Schmidt çekici 82
Şekil 4.10 Tek eksenli basma deneyi ve kullanılan pres. 85
Şekil 4.11 Endirekt çekme deneyi görüntüsü. 86
Şekil 4.12 Çapsal olarak yapılan nokta yükleme deneyi. 87
Şekil 4.13 Sonik hız ölçüm aleti ve ölçüm şekli. 88
Şekil 4.14 Temel RMR bulunmasına yönelik parametre şeması 91
Şekil 5.1 Üst katmanda gecikme başına 20,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi. 95
Şekil 5.2 Üst katmanda gecikme başına 40,5, 38,0 ve 25,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi 96
Şekil 5.3 Alt katmanda gecikme başına 50,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi. 97
Şekil 5.4 Üst katman kademesinde yapılan patlatmadan sonraki görünüm. 100
Şekil 5.5 Alt katman kademesinde yapılan patlatmadan sonraki görünüm. 100
Şekil 5.6 Deney sonucu kırılan numunelerden görünümü. 105
Şekil 5.7 Dolaylı çekme deneyi ve kırılan numunelerin görüntüsü. 107
Şekil 5.8 Yapılan nokta yükleme indeks deneyinde numunelerin kırılma şekillerinin görümümü. 108
Şekil 5.9 Üst katman, gecikme başı 20,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe, mesafe, ve PPV grafikleri. 115
Şekil 5.10 Üst katman, gecikme başına 20,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri. 116
Şekil 5.11 Üst katman, gecikme başına 40,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe, mesafe ve PPV grafikleri. 117
Şekil 5.12 Üst katman, gecikme başına 40,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri. 118
Şekil 5.13 Üst katman, gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe, mesafe ve PPV grafikleri. 119
Şekil 5.14 Üst katman, gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri. 120
Şekil 5.15 Üst katman, gecikme başına 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe, mesafe ve PPV grafikleri. 121

Şekil 5.16 Üst katman, gecikme başına 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri. 122
Şekil 5.17 Alt katman, gecikme başına 50,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe, mesafe ve PPV grafikleri. 123
Şekil 5.18 Alt katman, gecikme başına 50,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri. 124

SİMGELER

AWS: Patlayıcının ağırlıkça kuvveti.

ABS: Patlayıcının hacimce kuvveti.

S: Patlatma tasarımında delik aralığı (m).

B: Patlatma tasarımında delik yükü (m).

L: Patlatma tasarımında delik boyu (m).

K: Patlatma tasarımında basamakların boyu (m).

u : Patlatma tasarımında dip delgi (m).

P: Birincil sismik gövde dalgası.

S: İkincil sismik gövde dalgası.

R: Rayleigh sismik yüzey dalgası.

L: Love sismik yüzey dalgası.

R: Patlatma ile sismograf ölçüm noktası arasındaki uzaklık (m).

Q: Gecikme başına bir defada patlayan, patlayıcı madde miktarı (kg).

SD: Ölçekli mesafe (m).

PPV: En yüksek parçacık hızı (mm/s).

k: Arazi sarsıntı katsayısı.

β: Arazi sönümleme katsayısı.

R: Yanal sismik parçacık hızı (mm/s).

V: Düşey sismik parçacık hızı (mm/s).

T: Değişim sismik parçacık hızı (mm/s).

RQD: Kaya kalite belirteci.

RMR: Bieniawski (1989) kaya kütle sınıflama sistemi.

V: Numune hacmi (cm^3).

δ : Numunenin yoğunluğu (g/cm^3).

W_{sat}: Numunenin suya doygun ağırlığı (g).

W_{dry}: Numunenin kuru ağırlığı (g).

A_w: Ağırlıkça su emme (%).

D: Numune çapı (mm).

L: Numune boyu (mm).

V_v: Numunedeki boşlukların hacmi (cm^3).

n : Numunenin porozitesi (%).

e : Numunedeki boşluk oranı.

r : Numune yarı çapı (mm).

t : Numune kalınlığı (mm).

F: Yenileme anındaki yük (kN).

F_{sat}: Suya duygun numunenin yenilme anındaki yükü (kN).

A: Silindirik numunenin kesit alanı (m^2).

D_e: Eş değer karot çapı (mm).

σ_c: Tek eksenli basınç dayanımı (MPa).

$\sigma_{t:}$ Çekme gerilmesi (MPa).

I_{s50}: Düzeltilmiş nokta yükleme dayanım indeksi (MPa).

V_p: Sismik P dalga hızı (m/s).

V_s: Sismik S dalga hızı (m/s).

L : Sismik dalganın geçtiği örneğin kalınlığı (m).

t : Dalganın örnekten geçiş zamanı (s).

g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2).

E : Elastisite modülü (GPa).

BÖLÜM I

GİRİŞ

Madencilik faaliyetlerinin en önemli unsurlarından olan kazı işlemini, verimli ve ekonomik kılan yöntemlerden bir tanesi de "Delme-Patlatma" yöntemi ile yapılan kazıdır. Günümüze bakıldığında, yürütülen madencilik faaliyetleri, gelişen şehirleşmenin bir sonucu olarak, yerleşim merkezleri ile iç içe geçmiş bir hal almıştır. Dolayısıyla bu gibi yerlerde yapılan patlatmalı kazı çalışmaları çevresel bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bundan dolayı patlatma çalışmalarını kontrollü yapmak, kontrollü patlatma tasarımı yapmak için ise, patlatmalı kazının çevresel etkileri olan, hava şoku, fırlayan kaya parçaları ve en önemlisi olan yer sarsıntısı gibi konuların üzerinde hassasiyetle durulması gerekmektedir. Verimli ve uzun ömürlü bir çalışma ortamının oluşturabilmesi için, bu çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında öncelikli amaç; Konya Çimento fabrikası taş ocağında yapılan patlamalı kazı çalışmalarının, taş ocağı çevresinde bulunan sanayi ve yerleşim birimlerine verdiği yer sarsıntısı etkilerinin araştırılması, sarsıntı etki derecelerinin standart hasar kriterleri çerçevesinde değerlendirilmesi ve yer sarsıntısı etkilerinin azaltmak için yapılması gerekenleri belirlemektir. Ayrıca bu çalışma kapsamında, farklı kaya kütle özelliklerine sahip katmanlarda gerçekleştirilen patlatmaların, yer sarsıntısı üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Kaya kütleleri oldukça heterojen yapılardır. Özellikle patlatma gibi ciddi önem arz eden, riskli çalışmalarda bu heterojenlik asla göz ardı edilmemesi gereken bir konudur. Bundan dolayı çalışmanın kapsamında, öncelikle patlatmalı kazıda kaya

davranışının nasıl olduğu, patlatmanın çevresel etkilerinin sebepleri ve nasıl belirleneceği, etkilerin nasıl azaltılacağına, kontrollü patlatma uygulamalarına dair bir fikir edinebilmek için konu ile ilgili, benzer çalışmalar araştırılmıştır. Bu araştırmalar çerçevesinde tez çalışmasının kapsamı belirlenmiştir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Çalışma sahasının yer bulduru bilgisi, jeolojik ve kaya kütle özellikleri bakımından tanıtılması,
- Ocakta kullanılan delme-patlatma tasarımı (delme yöntemi ve kullanılan patlayıcı maddeler ve özellikleri), kullanılan patlayıcı madde ve miktarları, ölçüm yöntemleri ve ölçüm aletlerinin anlatılması,
- Çalışma sahasında yapılan patlatmalardan elde edilen veriler tüm yönleriyle incelenmiş ve parçacık hızı, ölçekli mesafe, gecikme başına düşen şarj miktarları gibi parametreler grafiksel olarak yorumlanmış ve bu verilerin ışığında da karşılaştırmalı olarak değerlendirmelerin aktarılması,
- Çalışma kapsamında son olarak, elde edilen bütün veriler hasar kriterleri göz önünde bulundurarak değerlendirilip ve yorumlanarak patlatmanın çevresel etkilerini azaltmaya yönelik sonuçlara yer verilmiştir.

1.3. Çalışmanın İçeriği

Bu tezde yapılan çalışmalar altı bölüm olarak sunulmuştur. Bunlar; giriş, kaynak araştırması, çalışma sahasının tanıtımı, çalışmada kullanılan tasarım ve ölçüm yöntemleri, çalışmada kullanılan ölçümlerin sunulduğu bölüm, değerlendirme ve sonuç bölümüdür.

Giriş bölümünde, çalışmanın konusuyla ilgili olarak günümüzdeki mevcut durumlara ve yapılan çalışmaların nasıl olması gerektiğine kısaca değinilmiştir. Bununla beraber, çalışmanın amacı, kapsamı ve içeriğine yer verilmiştir. Kaynak araştırması bölümünde, delme-patlatma bilgileri, patlatmalı kazıda kaya kütle davranışı ve patlayıcı madde ve özellikleri, patlatmanın çevresel etkileri ve bu etkilerin nasıl belirleneceği özetlenmiş ve konuyla ilgili olarak, önceden yapılmış

çalışmalar kısaca anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, çalışma sahasının yer bulduru bilgileri, sahanın jeolojik özellikleri ve üst-alt katman tanımlamaları gibi saha tanıtım bilgileri verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, çalışma sahasında kullanılan delme-patlatma tasarımı, yer sarsıntısı ölçüm yöntemleri ve aletleri, yapılan laboratuar deneyleri ve kaya sınıflama yöntemi anlatılmıştır. Beşinci bölümde, dördüncü bölümde anlatılan ölçüm yöntemlerinin, kaya kütle tanımlamasının, laboratuar deneylerinin değerlendirilmesine, son olarak altıncı bölümde ise kullanılan yöntemler ve yapılan çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilerek, sonuçlar ve yorumlar maddeler halinde özetlenerek sunulmuştur.

BÖLÜM II

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, delme ve patlatma işlemleri ile genel bilgilerin yanı sıra, patlatma teorisi, patlayıcı maddeler, patlatmanın çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bilgiler anlatılmış, ayrıca önceden yapılmış, patlatmanın çevresel etkilerini inceleyen çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Delme Ve Patlatma

Kazı ve yükleme işlemlerini kolaylaştırmak, maliyetleri düşürmek için, delme ve patlatma işlemleri ile malzeme gevşetilmektedir. Kayaçların parçalanması için mekanize kazı, hidrojeolojik kazı gibi alternatifler olmasına rağmen, delme-patlatma uygulaması günümüzde en yaygın kullanılan, düşük maliyetli, teknoloji olarak basit ve nispeten kolay bir yöntemdir.

2.1.1. Kayaçlarda delik delme

Çoğu açık ocakta ilk temel işlem delmedir. Delmenin amacı, kaya kütlesinin içine patlayıcı maddelerin yerleştirilmesi için gerekli olan boşluğun açılmasıdır (Ataman 1988). Kayaçlarda delik delmeye etki eden bazı faktörler vardır. Bu faktörler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Kayaçların jeolojik ve mineralojik özellikleri (klivaj, oluşumlarındaki tane boyutu vb.),
- Kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri (sertlik vb.),
- Kayaçların kimyasal özellikleri.

2.1.1.1. Delme çeşitleri

Delme, kaya kütlesinde delik açmada mekanik gücün kullanıldığı sistem olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, kayaçlar mekanik gücün dışında termal enerji, sıvı ve kimyasal maddeler kullanılarak da kesilebilmekte ve delinebilmektedir. Mekanik olarak kayaçların delinmesini sağlayan üç çeşit sistem vardır. Bunlar;

a) Darbeli delme*:* Çarpmalı ve dövmeli (üstten darbeli ve delik içinde darbeli) olmak üzere iki darbeli delme sistemi vardır. Çarpmalı sistem daha eskidir. Teknolojik gelişmelerle birlikte günümüzde dövmeli sistem daha çok kullanılmaktadır. Çarpmalı sistemde delme işlemi, delme ekipmanları tamamen kaldırılarak, yer çekimi veya başka bir mekanik kuvvetin etkisiyle delinecek yüzeye çarpması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Dövmeli sistemde ise bir piston yada çekiç, matkabın bağlı olduğu aksamı döverek delmeyi sağlamaktadır. Her türlü martoperfarötörler bu gruba girmektedir.

b) Döner delme: Döner sistemde, dönen tijlerin ve baskı kuvvetinin matkaba sağladığı enerji ile delme işlemi sağlanmaktadır. Kayaçlar matkap tarafından sürtme, sıyırma ve kesme ile parçalanmakta ve delinmektedir. Döner sistemler treyler, kamyon ve paletli taşıyıcılar üzerine monte edilebilmektedirler. Ağır ve orta boylu sistemler genellikle paletli taşıyıcılar üzerinde monte edilmektedirler.

c) Darbeli-döner delme: İki sistemin birleştirilmesi ile ortaya çıkan sistemdir. Günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Herhangi bir delme sisteminde üç ana fonksiyonel parça bulunmaktadır. Bunlar;

1.Güç (Kaynak) : Delme işleminin yapılabilmesi için gerekli enerjiyi sağlar, sisteme hareket verir.

2.Tij (Ulaştırıcı) : Enerjiyi kaynaktan alarak, formasyonu parçalayan ve delmeyi sağlayan matkaba iletilmesini sağlar.

3.Matkap (Uygulayıcı) : Temas halinde olduğu formasyona tijden aldığı mekanik enerjiyi uygular ve parçalayarak ilerlemeyi sağlar.

Delme işleminde formasyonun delerek ilerlemenin sağlanması için, bütün haldeki malzemenin parçalanması ve parçalanmış malzemenin delikten dışarı atılması gerekmektedir. Parçalanmış malzeme delikten dışarı atılması sıvı yada hava sirkülasyonu kullanarak gerçekleştirilmektedir.

2.1.1.2. Delme sistemlerinin karşılaştırılması

Delik delme sistemleri aşağıda Çizelge 2.1'de kayaç sertliği, delik çapı ve uygulama alanına bağlı olarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.1 Delik sistemlerinin karşılaştırılması (Ceylanoğlu 1991).

Sert Kayaç	Üstten Darbeli									
						Delik İçindeDarbeli				
								Döner Kırmalı (Makaralı Matkap)		
Yumuşak Kayaç	Döner Kesmeli (Kanatlı Matkap)									
Delik Çapı inch	1	1,5	2	3	3,5	5	6	9	12	15
Delik Çapı mm	22	38	51	64	89	127	152	230	300	381
Taşıyıcı Eleman	Elde taşınır		Vagon delici			Kuleli delme makineleri				
Uygulama Alanı	Küçük Basamak					Büyük Basamak				

Çizelge 2.1'de verilen bilgilere göre; örneğin orta sert bir kayaç olan kireçtaşında 10m olan basamaklarda, 89 mm çapında delik açmak istiyorsak vagon delici makinelerin daha uygun olduğu sonucuna karar verilebilmektedir.

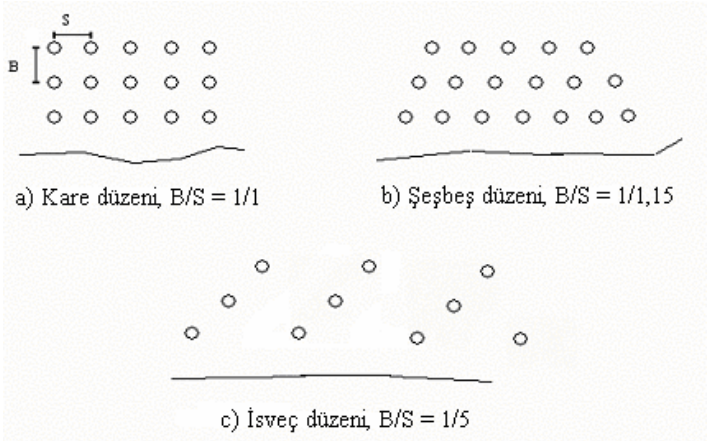
2.1.1.3. Delik delme hızı

Önceden de belirtildiği gibi delik delme hızı dakikada ilerlenen mesafe (cm) olarak ifade edilmektedir. Delik delme hızı aşağıdaki parametrelere bağlı olarak değişebilmektedir;

- Kaya kütlesinin jeolojik yapısı,
- Delik delme makinesinin tipi,
- Matkap ucu çeliğinin tipi,
- Matkap ucu çapı,
- Matkap ucu malzemesi ve şekli,
- Delik delme makinesindeki basınçlı havanın manometrik basıncı,
- Makineye verilen suyun basıncı,
- Makineyi iten kuvvet; şeklinde olmaktadır.

2.1.1.4. Delik düzeni geometrisi

Açık ocaklarda delik düzenleri kare, şeşbeş, ve İsveç düzeninde seçilebilmektedir. Kare düzeninde dilim kalınlığı (B) ve delikler arası mesafeler (S) eşittir. İsveç (Dikdörtgen) delik düzenlerinde dilim kalınlığı, delikler arasındaki mesafeden azdır (Yıldız ve Köse 2003). Bu düzende aynı sıradaki deliklerin birbirleriyle yardımlaşması daha az olacağından bu düzen daha çok masif, homojen ve sert yapıdaki kayalar için uygundur. Şeşbeş delik düzeninde ise dilim kalınlığı ile delikler arasındaki mesafe eşit olabilir. Şeşbeş delik düzenindeki tek fark arka sıradaki deliklerin, ön sıra deliklerinin ortasına delinmesidir. Kare ve dikdörtgen delik düzenlerinin araziye uygulanmaları daha kolaydır. Fakat şeşbeş delik düzeni, patlatma açısından daha etkin ve faydalı olması nedeniyle daha geniş kullanım alanı bulmuştur. Yaygın olarak kullanılan delik düzenleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Açık ocaklarda yaygın olarak uygulanan delik düzenleri (Ceylanoğlu 1991).

2.1.1.5. Kayaçların delinebilme özellikleri

Yer kabuğunu oluşturan kayaçların delinebilme özellikleri birbirinden farklıdır. Bir kaya kütlesinde, standart koşullarda standart bir lağım makinesi ile lağım deliği delinirken elde edilen ortalama delik hızı (dakikada santimetre) olarak ifade edilen sayı, o kayanın delinebilme yeteneğini göstermektedir. Kaya kütlerinin delinebilme özellikleri; onların sertlik derecelerine, klivaj durumlarına, onları oluşumundaki minerallerin irilik derecelerine ve bazen yapılarının (kimyasal bileşimleri aynı olsa da) farklı oluşlarına bağlı olarak değişmektedir.

Kayaçların delinebilirliklerini belirleyebilmek için birçok farklı kayaçlarda delik delme deneyleri yapılmış ve sertlik derecelerine bağlı olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 Kayaçların sınıflandırması (Ataman 1988).

Kayaç Sertlik Derecesi	Karşılaştırmalı Delinebilirlik Katsayısı	Kayaç Grubu İçeriği	Yorum
Çok Sert Kayaçlar	< 0,5	İnce taneli gri manyetit,primer zımpara taşı,Sudan cevheri, Kimberley çakmaktaşı ve taconitler.	Doğada ender rastlanır.
Sert Kayaçlar	0,6 – 1	Granit,ince taneli volkanik kayaçlar,kuvarsitler ve gnayslar.	Kuvarsitlerin delinebilirliklerini, tanelerini birleştiren çimentonun sağlamlık derecesi etkiler.
Orta Sert Kayaçlar	1 – 1,5	Kalkerler, dolomitler, mikaşistler ve porfirler.	En çok karşılaşılan kayaçlardır.Bazı kalkerler sert kayaçlar gibi delinebilirlik özelliği gösterir.
Yumuşak Kayaçlar	> 1,5	Şist, marn, bazı greler ve kalkerlerdir.	Bu tip kayaçlarda delinebilirlik kolay olmaktadır. Fakat delik içerisindeki tozların uzaklaştırılması zordur.

Cevhersiz granit, bu sınıflandırmada (Çizelge 2.2) referans örnek olarak kullanılmıştır. Granitin delinebilirliğini tayin eden sertliği 1 kabul edilmiştir. Diğer kayaçlara buna göre sertlik değerleri verilmiştir.

2.1.2. Kayaçlarda patlatma

Patlatma ile yapılan kazıların önemli bir ayağını, kaya kütleleri ortamlarında yapılan patlatmalar oluşturmaktadır. Teorik olarak patlatma, yüksek sıcaklıkta açığa çıkan enerjinin gaza dönüşmesi ve bunun sonuncunda oluşan basınç ile birlikte kayacın kırılarak ötelenmesidir. Bu tanımın yanı sıra biraz genel bir tanım olarak kaya hareketi de denebilmektedir (Alpaydın 2007).

Günümüzde çeşitli hammadde firmaları için agrega, tahkimat ve yol çalışmalarında dolgu, cevher üzerini açma ve cevher çıkarmak için, demiryollarında balast malzemesi elde edebilmek için ve çeşitli malzemeleri gevşetme amacıyla patlatma yapılmaktadır.

2.1.2.1. Patlayıcı maddeler

Patlayıcı maddeler; çevreden herhangi bir maddenin katkısı olmadan, fiziksel bir unsur sonucunda, çoğunlukla gaz ürünler ve ısıveren, ses üstü hızda kimyasal reaksiyona girebilen, organik veya inorganik kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır.

Patlayıcı maddelerin parlayıcı maddeler ile karıştırılmaması gerekir. Parlayıcı maddeler genelde alevlenerek yanar, reaksiyon hızları düşük, reaksiyon ısıları yüksek olan maddelerdir. Parlayıcı maddelere mazot örnek olarak verilebilir.

Patlayıcı maddelerin keşfedilmesi ve ticari olarak kullanılmaya başlanması yaklaşık 300–350 yıl öncesine dayanmaktadır. Patlayıcı maddeleri bulunduğundan bugüne kadar ateşleme sistemleri ile birlikte sürekli gelişim içerisinde olmuştur. Bu gelişmeler Çizelge 2.3'de kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 2.3 Patlayıcı sistemlerinin gelişimi (Özkazanç 2006'dan derlenmiştir)

Patlayıcı Maddeler	Ateşleyici Sistemler
-1242 yılında Friar Roger Bacon karabarut formülünü geliştirdi.	-1745 yılında Dr. Watson karabarutu elektrik kıvılcımı ile patlatmayı başardı.
-1627 yılında karabarut ilk defa Macaristan madenlerinde kullanıldı.	-1830 yılında Moses Shaw karabarutun elektrikle ateşlenmesi yöntemini patentini aldı. Bu yöntemle gümüş fulminat elektrikli kıvılcımı uygulanarak patlatılmaktaydı.
-1659 yılında J. R. Glauber ilk olarak amonyum nitratı bulduğunu açıkladı.	-1831 yılında William Bickford emniyetli fitili buldu ve ilk emniyetli fitil fabrikasını İngiltere' de kurdu.
-1866 yılında Alfred Nobel nitrogliserin ile kiselgürü karıştırdı ve dinamiti keşfetti.	-1830–1831 yılları arasında Dr. Robert Hare elektrikli patlatma işlemlerinde "bridge eire" tel köprü yöntemini kullandı.
-1867 yılında Hohan Norbin ve Johan V. Ohlsson amonyum nitratı çeşitli hassaslaştırıcılar ve nitrogliserin ile karıştırarak kullandı ve bu karışımın patentini aldı	-1864–1867 yılları arasında Alfred Nobel nitrogliserini cıva fulminat ve emniyetli fitil kullanarak ateşlenmesi metodunu geliştirdi.
-1875 yılında Alfred Nobel nitrogliserini nitroselüloz içine emdirerek gelatin dinamiti keşfetti.	-1870 yılında H. Julius Smith tel köprülü ateşlemeli elektrikli patlatma kapsüllerini geliştirdi ve bir manyeto kullanarak bu kapsülleri patlattı.
-1950 yılında amonyum nitrat çeşitli yakıtlarla karıştırarak nitrogliserinli dinamit yerine bol miktarda kullanılmaya başlandı.	-1895 yılında gecikmeli Ensing Bicford kapsülleri, J. Julius Smith tarafınfan tanıtıldı.
-1957 yılında Melvin Cook tarafından Water Gel patlayıcılar keşfedildi.	-1913 yılında Cordeau infilaklı fitiller ABD' de tanıtıldı.
-1964 yılında Emülsiyon patlayıcılar keşfedildi.	-1930 yılında kapsüllerde ateşlemede primer şarj olarak kullanılan cıva fulminat daha stabil olan patlayıcılarla değiştirildi.
-1980 yılında Emülsiyon patlayıcılar nitrogliserin bazlı patlayıcılar yerine bol olarak kullanıldı.	-1937 yılında PETN içeren infilaklı fitiller geliştirilerek, Cordeau infilaklı fitillerin yerini aldı.
	-1946 yılında kısa aralıklı Ensing Bickford kapsülleri tanıtıldı, 1969 yılında düşük enerjili infilaklı fitiller kullanıldı. 1976 da elektriksiz kapsüller geliştirildi.

2.1.2.2. Patlayıcı maddelerin özellikleri

Geçmişten günümüze kadar birçok gelişim göstermiş olan patlayıcı maddelerin ele alınması gereken bir takım özellikleri vardır. Özellikle, maden işletmesine veya yapılan işin niteliğine (tünel, baraj, kana vb.) yönelik uygun patlayıcı maddeler vardır. Burada önemli olan çalışılan alana göre en uygun

özellikteki patlayıcı maddeyi seçebilmektir. Aşağıda patlayıcı maddelerin seçiminde etkili olan özellikleri maddeler halinde sıralanmıştır.

a) Detonasyon hızı: Detonasyon hızı, fiziksel anlamda patlatma sonucu oluşan dalgaların birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanmaktadır. Birimi m/s veya cm/s'dir. Bir patlayıcının detonasyon hızı;

- Delik çapına,
- Patlayıcı madde yoğunluğuna,
- Patlayıcı madde partiküllerinin boyutuna,
- Sıkıştırma etkisine bağlı olarak değişmektedir.

Patlayıcı maddenin detonasyon hızı, delik çapı ile doğru orantılıdır. Patlayıcı maddenin yoğunluğunun artması da detanasyon hızını artırmaktadır. Parçacık boyutu, patlayıcı maddeyi üreten firmalar tarafından, patlayıcı maddeye uygun olarak seçilmiştir. Sıkıştırma etkisi, yani patlayıcı maddenin patlatma deliği içerisinde kaya tarafından sarılma etkisi detonasyon hızını artırıcı bir etki göstermektedir. Mümkün oldukça delik çapına yakın patlayıcı seçilmesi bu yüzden tavsiye edilmektedir. Yüksek detonasyon hızlı patlayıcıların kırma, parçalama özelliği daha fazladır, detonasyon hızı düşük olan patlayıcıların ise öteleme ve yığma özellikleri daha fazladır (Meyer 1977).

b) Yoğunluk: Patlayıcı maddenin birim ağırlığının hacmine, patlayıcı maddenin yoğunluğu denilmektedir. Detonasyon sırasında birim zamanda reaksiyona giren patlayıcı madde ağırlığını gösterdiğinden önemlidir. Detanasyon hızının artan yoğunlukla arttığı doğrudur. Fakat bir noktadan sonra reaksiyonun ilerlemesi için gerekli olan ve hot spot denilen noktalar da oluşan hava hacmi azalır. Yoğunluk artırılmaya devam edilirse kritik bir yoğunluk değerinden sonra hot spot denilen noktalar hiç oluşmayacak ve detonasyon olayı hiç gerçekleşmeyecektir (Meyer 1977).

c) Parça boyutu: Patlayıcı madde özelliklerine parçacık boyutunun etkisi direkt olarak yüzey alanının artırılması ve azaltılması şeklinde meydana gelmektedir. Patlayıcı maddenin parçacık boyutu azalırsa, yüzey alanı artacak dolayısıyla yoğunluğu artacak ve bu durumda da detonasyon hızı artacaktır. Parçacık boyutunun artması ise tam tersi bir etki yapacaktır.

d) Sıkılama: Bu etki patlayıcı maddelerin değişik ortamlar içerisinde (cam, plastik boru, çelik boru, değişik çaplarda patlatma delikleri vs.) patlatılır ve detonasyon hızı ölçülür. Sıkıştırma etkisi yaratılarak elde edilen detonasyon hızı, sıkıştırma etkisi yaratılmadan ölçülen detonasyon hızında daha yüksektir.

e) Detonasyon basıncı: Detonasyon basıncı önemli bir parametredir. Patlayıcı maddenin ateşlenmesi ile birlikte, patlayıcının kimyasal bileşimine bağlı olarak meydana gelen reaksiyonlar sonucunda, sıcaklığın hızla yükselmesi ve gaz hacminin artması ile patlatma basıncı oluşmaktadır (Ak 2006). Deneysel olarak ölçülmesi çok zordur. Bunun önemli nedenlerinden bir tanesi, doğru ölçüm yapabilmek için, içinde patlatma yapılan tüpün patlama sırasında hiçbir plastik deformasyona uğramamasıdır. En ufak bir plastik deformasyon hacim değişikliğine, dolayısı ile doğru basınç karşılaştırmasının bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca detonasyon basıncı, delik çapının şarj çapına oranı arttıkça azalmaktadır. Detonasyon basıncı, detonasyon hızının karesi ile orantılı olarak artmaktadır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

$$P_d = \frac{\gamma \cdot V_d^2}{400} \qquad (2.1)$$

P_d: Patlama basıncı (kg/cm^2

γ: Patlayıcı maddenin yoğunluğu (g/cm^3).

V_d: Patlama hızı (m/s).

f) Patlayıcı maddelerin gücü: Belirli ağırlıktaki patlayıcı maddenin taşıdığı enerji patlayıcının gücünü ifade etmektedir. Birimi kcal/kg veya cal/g olmaktadır. Bir patlayıcı maddenin gücü iki şekilde verilmektedir (Meyer 1977). Bunlar;

Ağırlık Kuvveti (AWS): Her bir gram patlayıcının mevcut enerji miktarıdır.
Hacim Kuvveti (ABS): Her bir cm^3 patlayıcının mevcut enerji miktarıdır.

Bir patlayıcının gücü deneysel yöntemlerden hesaplanmaktadır. Deneyleri; kurşun blok deneyi, balistik havan testi, kabarcık enerji testi gibi deneyler oluşturmaktadır.

2.1.2.3. Patlayıcı Maddelerin sınıflandırılması

Patlayıcı maddeler "yüksek patlayıcılar" ve "patlayabilir karışımlar" olarak ikiye ayrılmaktadır.

a) Yüksek patlayıcılar: Yüksek patlayıcıların önemli özelliklerinden birisi de, birim zamanda yüksek miktarda enerji üretmesidir. Yüksek detonasyon hızı (VOD), yüksek basınçlı şok dalgası, yüksek yoğunluk ve kapsül ile ateşlenebilme hassasiyeti şeklinde karakterize edilmektedir. Yüksek patlayıcılar üç başlık altında sınıflanmıştır. Bunlar;

- Nitrogliserin ile hassaslaştırılmış patlayıcılar (Dinamitler),
- TNT, Methylamin, Nitrate (MAN) ve diğer patlayıcı komponentlerle hassaslaştırılmış Watergels patlayıcılar,
- Mikrobalonlar ve plastik patlayıcılar ile hassalaştırılmış Emülsiyon patlayıcılardır.

b) Patlayabilir karışımlar: Bu tip patlayıcılar Amonyum Nitrat bazlı olup, birtakım katkı maddeleri ile (fuel ve oksijen verici maddeler gibi) emülsiyon haline getirildikten sonra hassaslaştırılarak patlayıcı özelliği verilen patlayıcılardır. Bu tür patlayıcılara da katkı maddelerinin karışımdaki yüzdeleri değiştirilerek daha yüksek hassasiyetli patlayıcıların elde edilmesi mümkündür. Karışımı oluşturan maddelerin hiç biri tek başına patlayıcı özellik göstermezler. Patlayabilir karışımların, patlayabilmesi için yüksek patlayıcılara ihtiyaç vardır. ANFO bu gruba verilebilecek en iyi örnektir.

2.1.2.4. Patlatmayı etkileyen parametreler

Kaya kütleleri, karmaşık yapılarından dolayı zaman zaman bizim tahmin edeceğimiz şekilden farklı davranabilmektedir. Özellikle konu patlatmalı kaya kazısı olunca ister istemez patlatmayı etkileyen birçok parametre ortaya çıkmaktadır. Patlatmayı etkileyen parametreleri sıralarsak; patlayıcı madde ile ilgili özellikler detonasyon hızı, detonasyon basıncı, yoğunluk, patlayıcı maddenin özdirenci olurken, delik boyutları, şarj ve sıkılama boyları, ateşleme türü gibi patlatma geometrisi parametreleri ve dayanım özellikleri, dalga yayılma hızı, yapısal süreksizlikler, elastiklik özelliği ve fiziksel özellikler gibi kayaç parametreleri şeklinde sıralanmaktadır. Başarılı ve verimli bir patlatma için bu parametreleri çok iyi analiz etmek gerekmektedir. Ayrıca farklı bir şekilde patlamayı etkileyen parametreler aşağıda özetlenerek açıklanmıştır.

a) Elementer özellikler; Kaya yapılarının elementer özellikleri deyince akla ilk gelenler;

- Baskıya dayanım,
- Çekmeye dayanım,
- Young (Elastisite) modülü,
- Poisson oranı,
- Yoğunluk vb. şeklinde sıralanmaktadır.

Basınca ve çekmeye dayanım, kaya yapılarının direnebileceği yük miktarını göstermektedir. Burada üzerinde durulması gereken nokta, yüklemenin hızıdır. Çünkü kaya yapıları statik yüklerde yüksek dayanım değerleri verirken, dinamik yüklerde dayanımları düşmektedir. Diğer önemli bir özellikte, kaya yapılarının çekme dayanımının, basınca dayanımının yaklaşık 1/10 değerinde olmasıdır. Bu nedenledir ki geçmişe dönük gerekli incelemelere bakıldığında tarihi taş yapılarda, taş blokların sürekli olarak basınç yönünde yük alacak şekilde kullanıldığı görülmüştür (Esen 1996). İlerde de bahsedileceği gibi, bir serbest yüzden yansıyan

ve çekme gerilmesi karakterine dönüşen şok dalgalarının önemli boyutlarda kırma yaptığı anlaşılmıştır.

Young modülü ve Poisson oranı, kaya yapılarının elastisite özellikleri açısından, şekil olarak direnebilecekleri deformasyonları göstermektedir. Yoğunluk ise, öncelikle patlatma sırasında harekete geçen kütleyi işaret etmektedir. Yoğunluğun başka önemli fonksiyonları da vardır. Bunlardan ilki, patlatma ile yaratılan şok dalgalarının dinamiğini etkilemesidir. Şok dalgaları yoğun ortamlarda daha iyi yayılma olanağı bulmakta, az yoğun ortamlarda ise dalga yayılma koşulları pek iyi olamamaktadır. İkinci olarak, "patlayıcı-kayaç" uyuşması konusunda rol almasıdır. 1970'li yıllarda araştırmacılar tarafından ortaya konulan "Empedans" kavramına göre, patlayıcıdan en yüksek verimi alabilmek için; "Patlayıcının empedansı ile kayacın empedansının birbirine yakın veya uyumlu olması gerekir" denilmiştir (Esen 1996). Patlayıcı ve kayaç özellikleri arasındaki ilişkiyi belirleyen eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\textit{Patlayıcı empedansı} = \mathbf{C} \times \S_p \qquad (2.2)$$

$$\textit{Kayaç empedansı} = \mathbf{D} \times \S_k \qquad (2.3)$$

C= Kayaç içerisinde ses yayılma hızı,
D= Patlayıcı detonasyon hızı,
$\S_p$= Patlayıcının yoğunluğu,
$\S_k$= Kayacın yoğunluğu.

Görüldüğü gibi gerek patlayıcı ve gerekse kayaç yoğunluğunun önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Bununla beraber, günümüzde detonasyon olayının daha iyi anlaşılması ve P (basınç)-V (hacim) diyagramlarının daha iyi analiz edilmeleri sonucu "empedans" kavramı önemini yitirmiş gözükmektedir (Esen 1996).

b) Süreksizlikler: Jeolojik olarak "süreksizlikler" terimi fay hatlarını, tektonik çatlakları, soğuma çatlaklarını ve bunun gibi benzer çatlakları kapsamaktadır. Patlatmalı kaya kazısı ile uğraşanların çoğunlukla şikâyet ettikleri konu, çalışılmakta

olan kayanın çok çatlaklı oluşudur. Kaya yapılarının tümünde, makro boyutta olsun, mikro boyutta olsun süreksizlikler mevcut olmaktadır.

Süreksizliklerin sıklığı, patlatma sonrası kayacın parçalanmasında önemli rol oynar. Süreksizlikler azaldıkça kayacın patlamaya karşı direnci artmaktadır. Kayaç kütlesinin dayanımı ise süreksizliklerin artması ile azalmaktadır. Zayıf dolgulu, bünyesinde sık süreksizlik bulunduran kayaçlarda, kayaç kütlesini harekete geçirmek patlatma için yeterli olmaktadır. Genel olarak, süreksizliklerin düşey yönlü olduğu üretim bölgelerinde, bu süreksizliklere dik yönlü patlatma yapmak, süreksizliklerin tabakalaşma şeklinde olduğu üretim bölgelerinde ise bu tabakalaşmaya paralele yönde patlatma yapmak tavsiye edilmektedir.

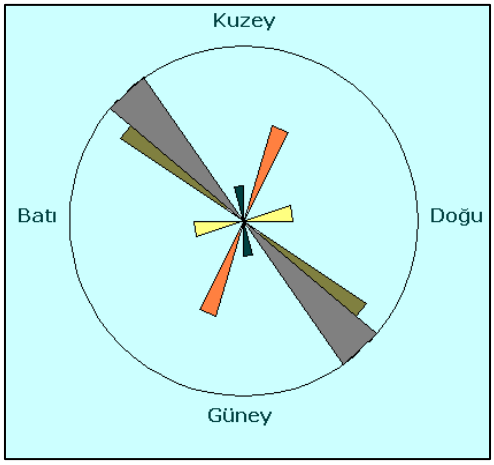
Süreksizlikler başlangıçta kayaçların oluşumunda minerallerin yönelimi ile başlamaktadırlar. Mineral kristalleri yerçekimi ve benzeri kuvvetlerin etkisi ile bir yerleşim düzeni gösterir, bu yerleşim düzeni bazen zayıflık düzlemleri olarak ortaya çıkmaktadır. Eski taş ustaları buna "taşın suyu" derler. Taşın suyuna paralel darbeler kolay kırılma sağlarken, suyuna dik darbelerde kırılma pek kolay olmamaktadır.

Süreksizliklerin oluşmasında rol alan diğer bir unsur da soğumadır. Volkanik kayaçlar için geçerli olan bu olay, soğuma sırasında oluşan hacim küçülmesi veya büzülmeye bağlıdır. Soğuma çatlaklarının da bir sistematiği vardır. Rasgele bir dağılım göstermezler. Bunun en belirgin örneğini bazalt yapılarda görülen altıgen kolonlardır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

Volkanik kayaçların durumu bazen değişik olaylara neden olmaktadır. Örneğin bir bölgedeki volkanik kayaçların oluşumu değişik fazlarda meydana gelebilmektedir. Daha önce oluşan kaya yapıları, arkadan gelen ikinci lav akıntısında parçalanır, yuvarlanır ve tekrardan soğuma sonucunda ortaya enteresan görüntüler çıkar. Bu tür yapılar doğaldır ki patlatma sonucunda oluşan tane boyu dağılımını etkileyecektir.

Süreksizlik oluşumundaki etkenler arasında sedimantasyonda yer almaktadır. Sedimantasyonun jeolojik süreçler içerisinde değişik koşullarda olması, aynı kaya yapısı içerisinde değişik özelliklerde katmanlar oluşmasına yol açmaktadır. Bu da zamanla değişik katmanların karşımıza tabakalar şeklinde çıkmasına sebep olmaktadır. Sedimanter katmanlar bazen patlatma sonrası elde edilen tane boyu dağılımı konusunda sorunlar yaratabilmektedir. Örneğin bazen iri tane boyu dağılımı istenebilmektedir. Eğer sedimanter katman kalınlıkları ince ise bu mümkün olamamaktadır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

Süreksizlik sistematiğini yakalayabilmek için "gül diyagramı" çalışmasından faydalanılmaktadır (Şekil 2.2). Bu tür çalışmalarda süreksizliklerin coğrafik yönleri saptanarak, büyüklük ve etkinliklerine göre yorumlamaya gidilmektedir.



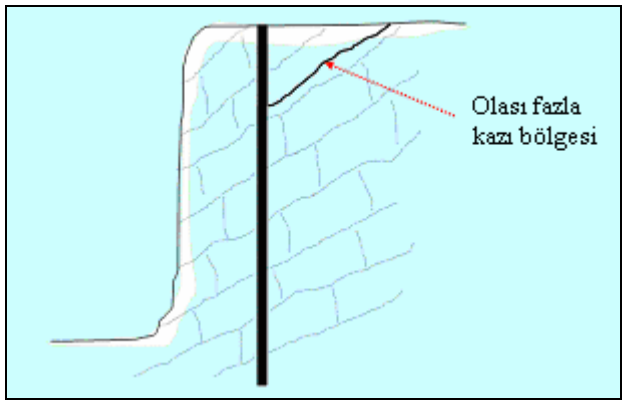
Şekil 2.2 Gül diyagramı.

Bu diyagrama göre süreksizliklerin hâkim yönü saptanmış olur. Eğer süreksizliklerin etkisi araştırılmak isteniyor ise, öncelikle gül diyagramı çalışması yapılmalıdır. Ayrıca süreksizliklerin sistematiği üzerine "sismik yöntemler" ile de çalışmalar yapılmaktadır.

Patlatma sonucu oluşan şok dalgaları kaya yapıları içerisinde yayılırken sönümlenmektedirler. Sistematik çatlak sistemine dik yönde yol alan sismik dalgalar daha çabuk sönümlenecek, paralel yol alanlar ise daha geç sönümlenecektir. O zaman coğrafik yönlere uygun "sönümlenme katsayısı" etüdü yapıldığında,

sönümlenme katsayılarının büyüklüğüne göre süreksizlik sistematiğinin yönü üzerinde de bir yargıda bulunulabilir. Doğaldır ki sönümlenme katsayılarını etkileyebilecek başka elemanlar da olacaktır. O nedenle en doğru yöntem gül diyagramını klasik jeolojik yöntemler ile saptamaktır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

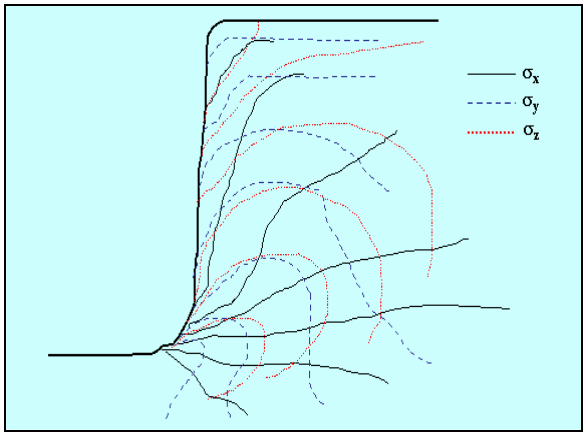
İkinci olarak süreksizlik yönünün patlatma tekniğinde tane boyu dağılımını etkileyen bir parametre olduğu anlaşılmıştır. Deneyimler, süreksizlik yönüne dik aynalarda kırılmanın daha çok süreksizlik karakterine bağlı olarak gerçekleştiği ve daha az kontrol edilebilir tane boyu dağılımı verdiğini göstermiştir. Tersine, süreksizlik yönüne paralel aynalarda yapılan patlatmalarda tane boyu dağılımı daha iyi kontrol edilebilmiştir (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007). Süreksizlik yönü Şekil 2.3'de gösterildiği gibi ise, sıkılama bölgesinin arka tarafında beklenmedik kopup gelmeler oluşmaktadır. Böylelikle kazı sınırı da bozulmuş olup, bu bölgeden iri blok düşmesi de meydana gelebilmektedir.



Şekil 2.3 Çalışmaları olumsuz etkileyen süreksizlik örneği (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

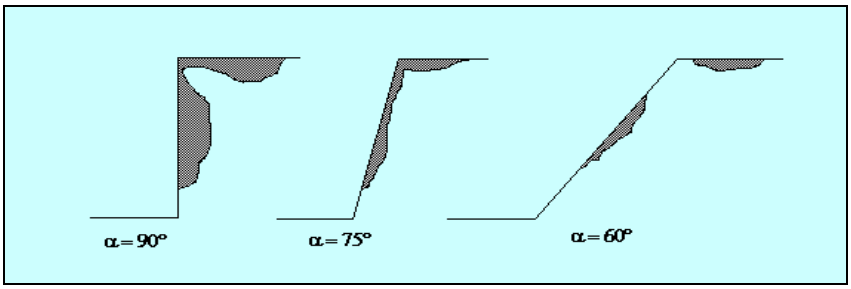
c) Yerinde basınç dağılımları: Patlatmalı kaya kazısında önemli rol alan parametrelerden bir tanesi de yerinde basınç dağılımıdır. Doğada insan eli değmemişken kaya yapılarının yerinde basınç dağılımları denge halinde bulunmaktadır. Dengeleri bozulduğunda ise heyelan ve toprak kaymaları görülür. Herhangi bir amaç ile kazı yapılmaya başlandığında ise denge bozulmaktadır.

Normal koşullarda, bir kazı yapıldığında, kaya yapısı içerisindeki **x**, **y**, ve **z** yönündeki gerilim dağılımları Şekil 2.4'de görüldüğü gibidir. Burada üç yöndeki gerilimlerin bileşkesi olarak, kazı aynasında basınç ve çekme gerilmesine maruz kalan bölgeler oluşmaktadır.



Şekil 2.4 Arazide gerilim dağılımları (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

Gerilme oluşan bölgeler bazı şev açılarına göre Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Gerilmeye maruz kalan bölgeleri ilk olarak kazı aynalarının yüksekliği etkilemektedir. İkinci olarak gerilme bölgeleri şev yatımı ile de etkinlik alanlarını büyültüp, küçültmektedir. Netice de diyebiliriz ki, gerilme bölgeleri, aynalar yükseldikçe ve dikleştikçe daha etkin hale gelmekte ve ayna yükseklikleri azalıp, şev açıları azaldıkça etki alanlarını küçülmektedir.



Şekil 2.5 Basamaklarda gerilime maruz kalan bölgeler (Pat. Kaya Kaz. Erkoç 2007).

Kazı aynalarında gerilme bölgeleri bir takım avantaj ve dezavantaj getirebilmektedir. Eğer şev stabilitesi göz önünde tutulursa bu bölgelerin küçük olmasında yarar bulunmaktadır. Öte yandan, gerilme bölgeleri kullanılarak

uygulanan patlatma tekniklerinde bir taraftan patlayıcı tasarrufu sağlanırken, öte yandan daha iyi bir pasa profili ve tane boyu dağılımı elde edilebilmektedir.

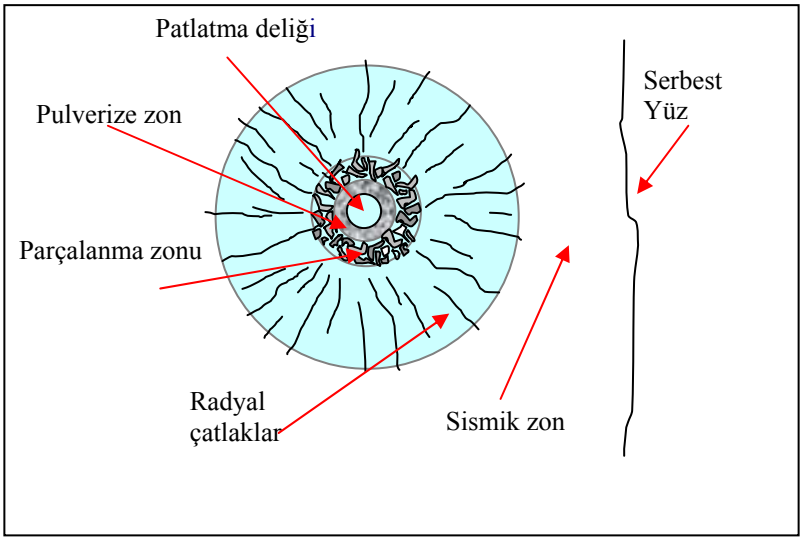
2.1.2.5. Patlatmada kaya kütle davranışı

Patlayıcı maddelerin etkisi ile kaya yapılarının kırılma mekaniği üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Burada amaçlanan, kayanın nasıl kırıldığını anlamak, buna uygun patlayıcı ve ateşleme ürünleri üretmek ve bunları doğru miktarda ve şekilde kullanmaktır. Bianevski'nin de çok doğru olarak saptadığı gibi "kaya yapıları kırıkken bile yük taşıma yeteneği bulunan" malzemelerdir (Esen 1996). Bizim üzerinde durmak istediğimiz asıl konu, kaya yapılarının kazıya uygun kırılması ve bunun mekaniği olmaktadır. Temel olarak patlayıcılar ile kayanın kırılmasında şu dört parametre etken olarak kabul edilmektedir;

- Detonasyon şoku,
- Gaz basıncı,
- Sismik dalgalar (sismik enerji),
- Kaya yapılarının basma ve çekme dayanım farklılığı.

Patlama deliğine yerleştirilen patlayıcılarının ateşlenmesi sonucunda, kayaçtaki parçalanma olayı üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak, ateşleme anından başlayarak, patlatma deliği, delik duvarlarının kırılmasıyla birlikte genişler. Bu durumun sebebi, patlatmadan kaynaklanan yüksek basınç olmaktadır. İkinci olarak sıkıştırma etkisi yapan basınç dalgaları, ses dalgalarına eşit bir hızda delikten bütün yönlere doğru yayılım gösterir. Bu basınç dalgaları bir serbest yüzeyden yansıdığında, serbest yüzey ve patlama deliği arasında çekme gerilmeleri oluşturur. Son olarak ise, serbest kalan gaz hacmi yüksek basınçta kırılmış kayaç kütlesi içine girerek kırıkları genişletir. Eğer serbest yüzey ve patlama deliği arasındaki mesafe uygun olarak ayarlanmışsa, serbest yüzey ve patlama deliği arasındaki kaya kütlesi genişleyip hareket edecektir (Ak 2006).

Kaya yapılarının patlatma ile kırılma mekaniğini en iyi şekilde gösteren resim Clark (1968) tarafından tasvir edilmiştir (Şekil 2.6).



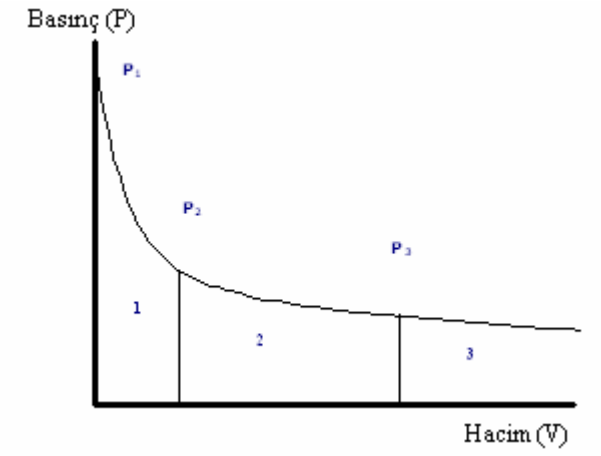
Şekil 2.6 Patlatma sırasında kayada meydana gelen değişimler (Clark 1968).

Şekil 2.6'dan da anlaşılacağı üzere patlatma deliği boşluğunda bulunan patlayıcı madde, aktif olduğunda ani hacim genleşmesi ve sıcaklık yükselmesinin katkısı ile çok yüksek bir kuvvet oluşturmaktadır. Patlatma deliğinin hemen çevresindeki parçalanmış kısımda, patlayıcı madde, basınçları harekete geçirir ve gerilmeler, kayacın dinamik basınç kuvvetinin 40-400 katı üzerine çıkmaktadır (Ak 2006). Bu kuvvet mikro saniyeler ile ifade edilen süre içerisinde kaya yapısına aktarılır ve patlatma deliğinin hemen çeperinde, kaya yapısının akışkan gibi davrandığı bir kırılma zonu oluşturur. Buna "Pulverize zon" ismi verilmektedir (Esen 1996). Buradaki kırılma "visko-plastik" kırılma olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede oluşan kırılma mikronize boyuttadır.

Bu aşamadan sonra patlamanın enerjisi delik duvarından kaya yapısının içine doğru ilerlemeye başlar ve enerjinin çok yüksek olduğu zonlarda kırılma ufak taneli, enerji düşük olduğu zonlarda ise iri taneli olmak üzere devam etmektedir. Burada oluşan zonlar sırasıyla "Parçalanma zonu" ve "Radyal çatlaklar zonu" olarak adlandırılmaktadır. Dikkat edilmesi gereken konu buraya kadar olan aşamaların hepsinde patlatma enerjisi kayanın basınç dayanımını yenerek kırılma sağladığıdır. Clark (1968), patlatma deliği çeperi ile radyal çatlak zonun sınırı arasında kalan

bölgenin, herhangi bir serbest yüz olmadığı koşullarda, şarj çapının 12 katı kadar olabildiğini öne sürmektedir (Esen 1996).

Kırma yeteneği iyice azalan patlatma enerjisi, kaya yapısı içerisinde sismik enerji olarak yayılmaya devam etmektedir. Sismik enerjinin yayıldığı zona, "Sismik zon" denmektedir. Artık bu zon içerisinde yol alan patlatma enerjisi gittikçe sönümlenecek ve mesafe ile birlikte sıfırlanacaktır (Clark 1968).



Şekil.2.7 Patlatmada basınç-hacim grafiği (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

Son yıllarda detonasyon kuramı ile ilgilenen araştırmacılar patlatma ile kayanın kırılma mekaniğini Şekil 2.7'de "Basınç(P)–Hacım(V)" grafiği ile açıklamaya başlamışlardır. Oldukça karmaşık bir olay olan detonasyon ve kaya ilişkisinin kolay anlaşılabilmesi için çok basit bir şekilde ele alınacaktır.

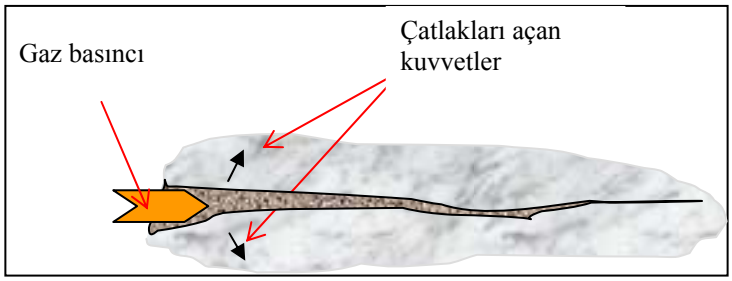
Şekilde 2.7'de görülen P_1 noktası, patlayıcı maddenin delik içerisinde patladığı zaman oluşan basınç değerini göstermektedir. Oluşan bu yüksek basınç karşısında kaya yapısı, kendi fiziksel özelliklerine bağlı olarak elastik deformasyona uğramakta ve delik hacimsel olarak genişlemeye başlamaktadır. P_2 noktası, kaya yapısının baskıya dayanımının yenildiği noktadır. Diğer bir deyişle elastik deformasyonun yerine plastik deformasyonların başladığı noktadır. P_3 noktası ise radyal çatlakların serbest yüzeye ulaştığı noktadır. Bu noktadan sonra detonasyon ürünü gazlar atmosfere büyük bir hızla boşalmakta ve boşalırken hem kırılan kaya yapılarını öteleyip savurmakta hem de ek kırılmaları beraberinde getirmektedir. P_3

noktasından sonra patlama enerjisinin önemli bir kısmı ses enerjisi olarak kaybolmaktadır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

P-V diyagramının altında kalan alan *enerji* veya *iş* olarak belirtilmektedir. Şeklimizdeki "1" numaralı alan patlayıcı maddenin *şok enerjisi* veya *çatlatma enerjisi* olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji kaya yapısının önce elastik deformasyon ile genişlemesine, daha sonra çok küçük derecede kırılmasına neden olmaktadır. "2" numaralı alan *kırma* ve *yığma enerjisi* olarak tanımlanmaktadır. Bu alana geçen patlatma enerjisi kaya yapılarında önce parçalanma ve sonra radyal çatlaklar oluşmasına neden olmaktadır. Enerji serbest yüzeye ulaşabilirse "3" numaralı alandaki, taş savurma, öteleme, ses, gibi iş türlerini gerçekleştirir. Serbest yüzeye ulaşamaz ise sismik enerji olarak kaya yapısı içinde ilerlemektedir (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

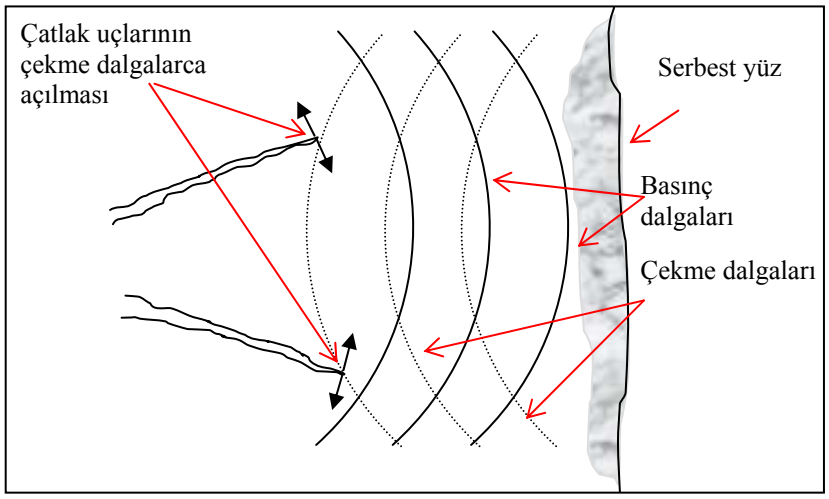
Her iki açıklama türü de aslında birbirlerini desteklemektedir. Her iki açıklamada da üstünde durulması gereken nokta, radyal çatlakların bir serbest yüzeye ulaşması ve detonasyon ile oluşan gaz ürünlerinin boşalmasıdır. Radyal çatlakların nasıl oluşup ilerlediklerini incelemeye çalışan Clark, önerdiği kırılma mekanizmasında, detonasyon sonucunda, delik çeperinin hemen yakınındaki kırılmalardan sonra radyal çatlakların oluştuğunu belirtmiştir. Clark'a göre buraya kadar olan, radyal çatlaklar dahil, bütün kırılmalar patlama enerjisinin kaya yapısının basınca dayanımını yenmesi sonucu oluşmaktadır (Esen 1996). Ayrıca patlama enerjisinin, kaya yapısının basınca dayanımını yenemediği noktada iki ayrı olay radyal çatlakların daha da ilerlemeye devam etmesini sağlamaktadır.

Bunlardan birincisi, gaz basıncıdır. Detonasyon ürünü gazlar patlama sıcaklığı olan 2.500-3.000 ^{o}C'lere kadar çıkabilmektedir. Bu sıcaklıklarda doğal olarak hacimleri ve yarattıkları basınç çok yüksek boyutlardadır. Bu gaz basıncı oluşum aşamasında radyal çatlakların içine dolmakta ve aynı bir ağaç kütüğüne çakılan kama gibi çatlağın açılarak daha ileri mesafelere ulaşmasına yol açmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Patlatma sırasında çatlakların içine gaz dolması (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

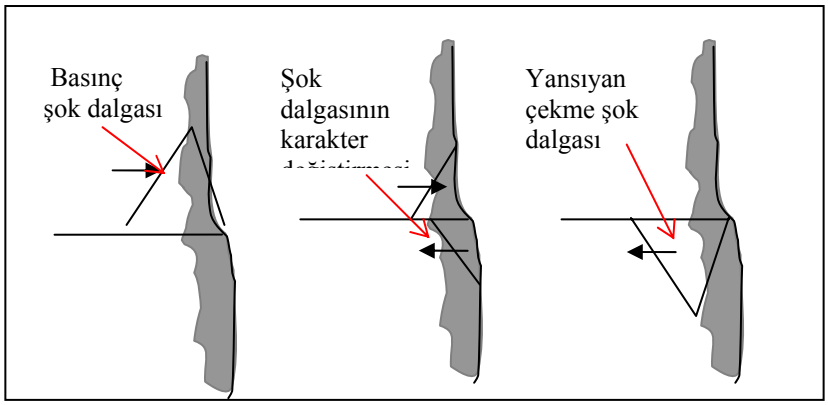
Çatlakların daha uzak mesafelere gitmesine yardım eden diğer bir olay da, serbest yüzeyden yansıyan şok dalgalarıdır (Şekil 2.9). Patlatma sırasında, kayanın basınca dayanımını yenerek ilerleyen ve bir noktadan sonra kayanın baskıya dayanımını yenemeyen patlama enerjisi, sismik enerji olarak yayılmaya devam etmektedir. Bir serbest yüzeye ulaştığı zaman geri yansıyan bu enerji, yansımadan önce basınç gerilmesi tipinde, yansıdıktan sonra ise çekme gerilmesi tipine dönüşmektedir (Şekil 2.9). Çekme gerilmesi özelliklerine sahip olan sismik dalgalar, çatlak uçlarına etki ederek daha da açılmalarına sebep olabilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Kaya yapılarında dalgaların çeşitleri ve yansımaları (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007)

Çatlakların serbest yüzeye ulaşmasına katkıda bulunan diğer bir olay da, bu kez serbest yüzeyin çatlaklara doğru yanaşmasıdır. Buna sebep olan olay, yine çekme karakterine dönüşen sismik dalgalardır (Şekil 2.10). Kaya yapılarının çok bilinen ama pek üzerinde durulmayan bir özellikleri; basınç dayanımlarının, çekme

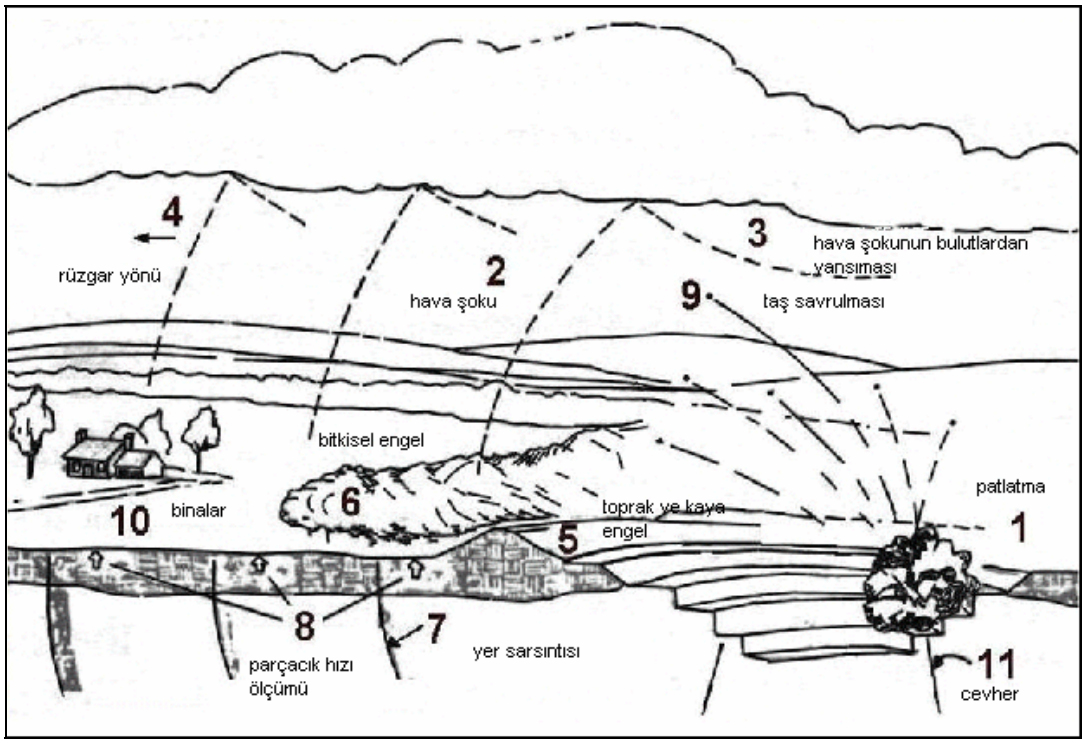
dayanımlarının 10 katı kadar olmasıdır. Bu nedenle insanlık medeniyetinin başlangıcından beri taş yapılarda taş elemanları basınç yükünü taşıyacak şekilde kullanılmışlardır. Kemer yapılarda olduğu gibi, işte bu özellik nedeni ile serbest yüzeyden yansıyan çekme sismik dalgaları serbest yüzeyden kapakçıklar, madenci dili ve kavlaklar koparmaya başlarlar. Doğal olarak bu olay, delik-serbest yüz mesafesini azaltacak, çatlakların serbest yüze ulaşmasını kolaylaştıracaktır.



Şekil 2.10 Kayaçlarda yansıma nedeniyle dalgalarının dönüşmesi (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007)

2.2. Patlatmanın Çevreye Etkileri

Patlatma çalışmaları sonucu bir takım çevresel etkiler meydana gelmektedir. Bu etkiler fırlayan kaya parçaları, hava şoku, toz emisyonu ve yer sarsıntısı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Genel olarak madencilik, baraj, otoyol ve tünel inşaatları sırasında patlatma sonucu oluşan temel rahatsızlıklar, titreşim, hava şoku ve kaya fırlamasıdır (Şekil 2.11). Bütün bu problemler, yakın çevredeki yapılar ve endüstriyel tesisler üzerinde bazı hasarlara sebep vermektedirler. Bu gibi olumsuz sonuçları azaltabilmek için bir takım kontrollü patlatma çalışmaları geliştirilmiştir. Yapılar yanındaki kontrollü patlatmalarda, yer titreşimleri, uygun tasarlanmış delik düzeni, gecikme düzeni ve kabul edilebilir gecikme başına şarj miktarı, oluşacak hasarları önleme bakımından önemlidir (Kahriman 2002). Aşağıda, fırlayan kaya parçaları, toz emisyonu, hava şoku ve yer sarsıntısı konuları kısaca özetlenerek sunulmuştur.



Şekil 2.11 Patlatmalarda çevresel etkiler (Nitromak Eğitim Yayınları 2004).

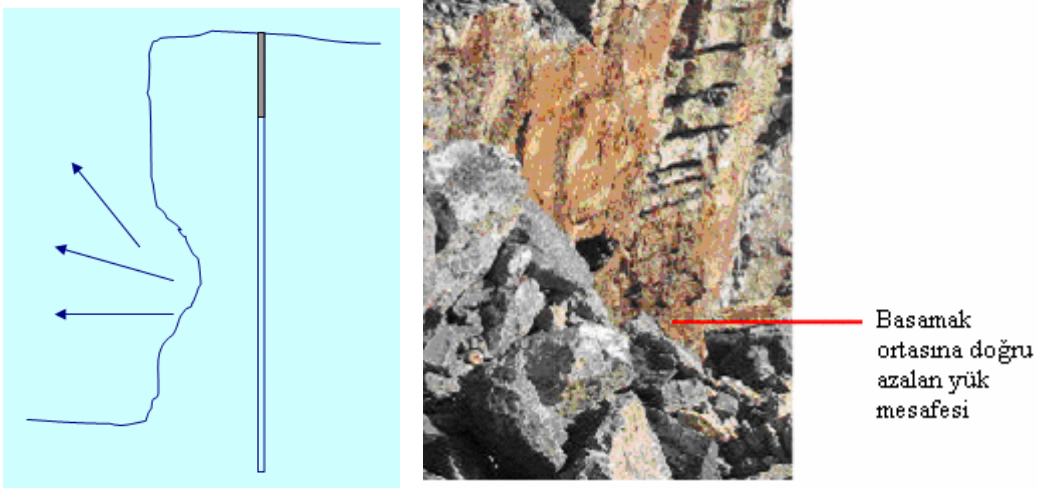
2.2.1. Fırlayan kaya parçaları

Patlatmalı kaya kazısında sıklıkla karşılaşılan olumsuzluklardan bir tanesi de taş savrulmasıdır. Taş savrulması başta çevre yerleşim yerleri olmak üzere, diğer komşu çalışma alanlarına ve iş yerinin kendi diğer alanlarına olumsuzluklar veren bir olgudur. Öncelikle insanlara, evcil veya yabani diğer canlılara, alet ve iş makinelerine zarar verebilmektedir. Bu sebeple kontrol altında tutulması gerekmektedir. Hatta kimi zaman da hiç taş savrulması olmayacak şekilde (yerleşim, fabrika vb.) önlemlerin alınması gerekebilmektedir. Taş savrulmasına sebep olan faktörler aşağıda özetlenerek sıralanmıştır.

- Gecikme aralığı tasarımının yanlış seçilmesi veya yanlış uygulanması taş savrulmalarına yol açmaktadır. Bu olayın temelinde, patlatma sırasında oluşan gaz basıncının, aynen elektrik akımında olduğu gibi kolay yollardan boşalmaya çalışması prensibi yatmaktadır.

- Daha az etkin olmasına karşın, serbest yüze ulaşan şok dalgaları da taş savrulmasından sorumlu olabilecek diğer bir olay olarak gösterilmektedir. Serbest yüze ulaşan şok dalgaları, serbest yüzeyi aynı bir davul zarı gibi titreşime sokabilmekte ve bunun sonucu olarak belirli bir kinetik enerjiye ulaşan serbest yüzey, belirli miktarda taş savrulmalarına neden olabilmektedir. Buna rağmen, şok dalgalarının taş savrulmasında çok etkili olduğu düşünülmemektedir.

- Gereğinden az yük aralığı da taş savrulmasında önemli bir etken olmaktadır. Hemen hemen bütün patlatma planlamalarında bir yük aralığı hesap edilmekte ve uygulanmaktadır. Bu aralık bir anlamda patlayıcı madde enerjisi önüne konan bir dirençtir. Aşağıda, Şekil 2.12'de açıklandığı gibi basamaklarda azalan yük mesafeleri taş savrulmasında önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 2.12 Normalden daha az yük mesafesi olan basamak (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007)

- Sıkılama boyu ve kalitesi patlatma tekniğinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Patlatma tekniğine uygun yapılmış ağız sıkılaması, patlatma enerjisinde daha

fazla yararlanılması, atmosfere kaçan hava şokunun azalması ve en önemlisi daha az taş savrulması gibi avantajlar sağlamaktadır.

2.2.2. Toz emisyonu

Patlatma ile kazı yapılan açık maden ocaklarında, patlatma sonrası havaya bir miktar toz salınımı olmaktadır. Fakat patlatma sonucu oluşan toz miktarı, ocak içerisindeki araç trafiğinin veya çevresel etmenlerin (rüzgar, vs.) oluşturduğu tozlardan daha azdır. Dolayısıyla üzerinde titizlikle durulması gereken bir konu olmamaktadır. Genelde açık ocaklarda tozu azaltmak için patlatma bölgesinin sulanması haricinde bir işlem yapılmamaktadır.

2.2.3. Hava şoku

Patlatmadan kaynaklanan ve değerlendirilmesi gereken diğer bir etkide hava şokudur. Hava şoku ilk bakışta yüksek bir ses gibi gözükse de, bazı durumlarda aynen sarsıntı dalgaları gibi binalara hasar verebilmektedir. Hava şoku ile gürültü arasında ki ayırımın iyi yapılması gerekir (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007). Hava şoku'nun sebepleri kısaca şöyle sıralanmaktadır;

***a) Hava basınç dalgası*;** Patlatma sırasında aniden ve hızlı bir şekilde harekete geçen kaya kütlesinin, havada yarattığı basınç etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. Patlayıcı madde kaya içerisinde ne kadar iyi hapsedilmiş ise hava şokunun bileşeni de o kadar düşüktür.

b) Kaya basınç dalgası; İnfilak sonrası zeminde yayılan dalgaların havaya uyguladığı basınç dalgaları olmaktadır. Diğer etkilerle kıyaslandığında önemsenmeyecek kadar düşük etkidedir.

c) Yüksek basınçlı gaz şoku; İnfilak sonrası delikte oluşan yüksek basınçlı gazların, parçalanan kaya kütlesinin arasındaki boşluklardan ya da zayıf bölgelerden aniden havaya kaçması ve havada yüksek basınç farklı bir dalga yaratmasından

kaynaklanmaktadır. Ayrıca son olarak yetersiz sıkılama yapılan deliklerde görülen gaz boşalması da bu örneğe benzerlik göstermektedir.

Diğer bir taraftan bütün bu etkilerin yarattığı basınç dalgaları frekanslarına göre ikiye ayrılmaktadır. 20 Hz ve altındaki frekansa sahip dalgalar hava şoku olarak adlandırılır ve temel olarak insan kulağı tarafından duyulmazlar. Fakat binalarda asıl hasara sebebiyet veren dalgalardır. 20-20.000 Hz frekans aralığındaki değere sahip dalgalara ise gürültü denilmektedir. Bu dalgalar binalarda hasara neden olmamakla birlikte, patlatma kaynaklı insan şikâyetlerinin önemli bir sebebini oluşturmaktadır.

Hava şoku ve gürültünün, şiddeti ve etki mesafesinin hava koşulları ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. Havanın kapalı ve bulutlu olduğu günlerde atmosferden yansıyan hava şoku ve gürültü dalgaları etkilerini devam ettirebilmektedir. Basıncın yüksek olması da aynı etkileri göstermesine yol açmaktadır. Hava şokunun binalara etkisiyle, binalar üzerinde ani basınç değişimleri olabilir. Bu değişimlerde ise binalara hasar görebilmektedir.

Havada oluşan gürültünün ölçülmesinde üç farklı ölçüm yöntemi (cetveli) kullanılmaktadır. Bunlar A cetveli, C cetveli ve L cetvelidir. İnsan kulağı genelde yüksek frekanslara sahip olan sesleri algılayabilmektedir. İnsan kulağının frekansa bağlı olarak, sese olan duyarlılığını belirlemede en yaygın olarak A cetveli kullanılır. C cetveli ise darbe kaynaklı ve nispeten yüksek frekanslı seslerin ölçümünde kullanılmaktadır. Patlatmalarda oluşan ses dalgaları genelde düşük frekanslı olmaktadır. Düşük frekanslı ses dalgalarını insanlarının duyabilmesi mümkün olmamaktadır. Fakat binalar en çok, düşük frekanslı dalgalara ve yüksek hava şoklarına duyarlı olduklarından, patlatma kaynaklı gürültü ölçümlerinde A cetvelinin uygulanması mümkün bulunmamakta ve yanlış sonuçlar doğurabilmektedir (Dowding 1992). Düşük frekanslara en az duyarlı olan C cetvelinin kullanımı da uygun düşmemektedir. Bu nedenle ölçümlerde L cetvelinin kullanılması en uygun yöntem olacaktır.

Hava şoku etkilerini azaltmak ve önlemek için, patlayıcı maddenin deliklere mümkün olduğunca homojen dağıtılması, sıkılamanın dikkatli yapılması, gecikmeli ateşleme sistemlerinin kullanılması gibi kontrollü patlatma teknikleri konularında bir takım çalışmaların yapılması gerekmektedir.

2.2.4. Yer sarsıntısı

Patlamadan kaynaklanan çevresel etkilerinin en önemlisi yer sarsıntılarıdır. Bir kayaç ortamı içerisinden sismik dalganın geçişi, yer sarsıntısı denilen parçacık hareketleri olarak adlandırılmaktadır (Ak 2006). Bunun sebebi yer sarsıntısının, diğer çevresel etkilerden olan kaya fırlaması ve hava şokundan daha uzak mesafelere kadar etkili olabilmesidir. Ayrıca patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının, deprem dalgaları benzeri yapıları nedeniyle binalarda hasar yaratma riskleri yüksektir. Bununla beraber patlatmadan dolayı yerleşim yerinde oturan insanlarından da şikâyetler gelmektedir. Binalarda oluşabilecek hasarlar incelenirken American Insurance Services Group Inc. tarafından yayınlanan "*Blasting Damage and Other Structural Cracking*" isimli kitapçıkta belirtildiğine göre şu hususlar göz önünde bulundurmalıdır (Patlatmalı Kaya Kazısı Erkoç 2007).

- Genel anlamda yapıların sıva ve örme duvarlarında gözlenen çatlakların 40 ayrı nedeni olabilmektedir,
- Su ve su sızıntısına bağlı olarak 25 ayrı nedenle çatlaklar oluşabilmektedir,
- Yeteri kadar derin olmayan temellere bağlı olarak çatlaklar gözlenebilmektedir,
- Temel oturmasına bağlı olarak çatlaklar oluşabilmektedir,
- Betondan mamul duvarda örme malzemesinin çekmesinden dolayı çatlaklar oluşabilmektedir,
- Dekoratif kaplama malzemeleri ayrı çalışmaya bağlı olarak çatlamalara neden verebilmektedir,
- Tavan yapısının esnemesinden kaynaklanan çatlaklar görülebilmektedir,
- Hazır sıvalar çatlamalara neden olabilmektedir,

- Yanlış hatıl uygulaması çatlaklara yol açabilmektedir,
- Ahşap hatıl kullanımı çatlamalara neden olabilmektedir,
- Abartılı mimari şekiller çatlaklara neden olabilmektedir,

2.3. Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı Ve Etkileri

Patlatmanın en önemli etkilerinden olan yer sarsıntısı bir çok şikayete neden olabilmektedir. En önemli etkisi olan binalara hasar vermenin yanında, insanların üzerinde oluşturduğu psikolojik etkiler sebebiyle günümüzde bir çok işletmenin verimli çalışmasını etkilemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, hasara neden olan hareketlerin, kaya yapısı içerisinde yol alan elastik deformasyon ile değil, binaların bu deformasyonlara gösterdiği reaksiyon ile ortaya çıkıyor olmasıdır. Bu yüzden patlatma tasarımları çok dikkatli yapılmalı ve çevresel etkileri asgari düzeye indirgenmelidir.

2.3.1. Yer sarsıntılarının özellikleri

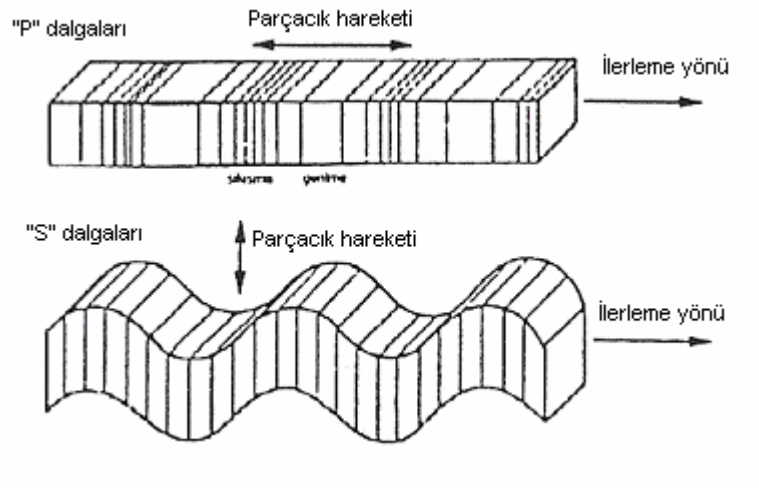
Yer sarsıntıları, sahip oldukları enerji düzeylerinden dolayı yapılara hasar verebilmektedir. Bu enerji düzeyleri ise birkaç parametreye bağlı olarak ölçülebilmektedir. Zemin yer değiştirmesi (mm), sarsıntı hızı (m/s), sarsıntı ivmesi (m/s^2) ve dalga frekansı (Hz) ölçümde faydalanılan parametrelerdir (Bilgin ve Çakmak 2006).

Ocak patlatmalarından kaynaklanan yer hareketleri, kısa süreli (gelip-geçici) ve düzensiz yer hareketleridir. Zemindeki parçacığın hareket hızına sarsıntı (titreşim) hızı denilmektedir. Titreşim hızı sıfırdan başlar, giderek en yüksek değerine ulaşır ve sönümlenir. Ayrıca patlatma yapılan kaya kütlesinde formasyon özellikleri ve yapısal özellikler de sarsıntı üzerinde etkili olmaktadır.

Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarını incelerken dikkat edilmesi gereken bir konuda zeminde ilerleyen dalgaların türleridir. Çünkü farklı dalga türleri binalar üzerine farklı kuvvetlerde etkide bulunmaktadır. Temel olarak patlatmadan

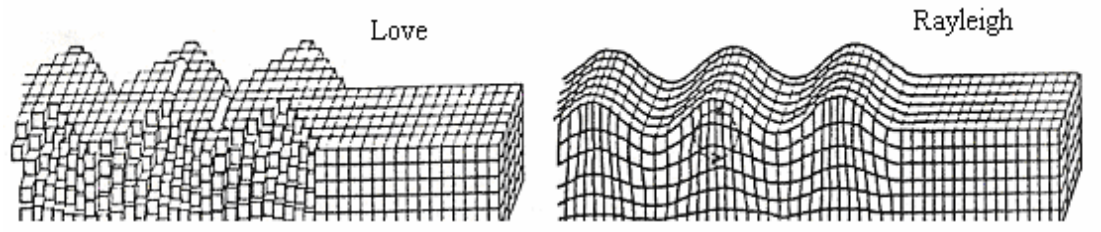
kaynaklanan, dört farklı türde sarsıntı dalgası ortaya çıkmaktadır. Bunlar gövde dalgaları ve yüzey dalgaları olarak ikiye ayrılmaktadır.

Gövde dalgaları, P-dalgaları (birincil) ve S-dalgaları (ikincil) olmak üzere ikiye ayrılırlar. P dalgaları sarsıntının ilerleme yönünde basınç ve gerilme dalgaları yönünde hareket ederler ve bu dalgalar en çok yayılan dalgalardır. S-dalgaları ise sarsıntının ilerleme yönüne dik ve makaslama şeklinde bir gerilim göstermektedirler (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Gövde dalgaları olan P ve S dalgaları (Nitromak Eğitim Yayınları 2004).

Yüzey dalgaları, gövde dalgalarından daha sonra etkili olmalarına karşın yarattıkları hareketin yüzeyde yoğunlaşması ve ilerlemesi, binalarında yüzeyde olmalarından dolayı hasar yaratma riski bulunan dalgalardır. En önemlileri Rayleigh ve Love olarak bilinmektedir (Şekil 2.14). Bu dalgaları tanımlamak gerekirse, Rayleigh (R) dalgaları en bilinen ve etkin olan bir dalga formudur. boyuna ve düşey eksende elemanları olan, ters dönüşlü eliptik hareketlere neden olan bir dalga formudur. Love (L) dalgaları ise boyuna ve kesme eksenlerde elemanları bulunan dalga formudur (Siskind vd. 1989).



Şekil 2.14 Rayleigh ve Love dalgaları (Nitromak Eğitim Yayınları 2004).

Yapılan birçok araştırmaya göre Rayleigh dalgaları toplam sarsıntı enerjisinin % 70-80'ni teşkil etmektedirler. Dolayısıyla hasar yaratma riski en yüksek olan dalga bileşenin Rayleigh olduğu belirlenmiştir (Ak 2006).

2.3.2. Yer sarsıntılarının özelliklerini etkileyen değişkenler

Sarsıntı özelliklerini etkileyen faktörler, kontrol edilemeyen ve kontrol edebilen değişkenler olarak ikiye ayrılmaktadır (Nitromak Eğitim Yayınları 2004).

a) Kontrol edilemeyen değişkenler: Jeolojik özellikler ve kaya kütlesinin kaya mekaniği özelliklerinin patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntıları üzerinde etkisi büyüktür. Homojen ve masif kaya kütlelerinde sarsıntı dalgaları her yöne eşit dağılım gösterirken, karmaşık yapıya sahip ve yüksek tektonizma gösteren bölgelerde sarsıntı dalgaları farklı yönlerde farklı değerler almaktadır.

Sarsıntının yayılması konusunda ise, kayaç yapısı ne kadar sağlam ve yoğun ise sarsıntı dalgaları o kadar hızlı yayılmakta, sönümlenme az olmaktadır. Böylesine kaya yapıları iyi elastik özellik taşıdığı için sarsıntı frekansları yüksek olup, uzaklıkla beraber frekans sönümlemeleri azdır. Aksine kayaç yapısının zayıf, yoğunluğunun düşük olduğu durumlarda, sarsıntı dalgaları yavaş yayılmakta, daha çabuk sönümlenmekte, buna karşın frekans düşük olmakta ve frekans sönümlenmesi daha fazla olmaktadır. Sarsıntının denetimi noktasında sağlam kayaçlar avantaj sağlarken, zayıf kayaçlar özellikle düşük ve çabuk sönümlenen frekansları nedeniyle engel oluşturmaktadırlar (Ak 2006).

Patlatma noktasına yakın bölgelerde patlatma tasarımı ve geometrisi daha etkili olurken, uzak bölgelerde kaya yapısı ve kayanın sarsıntıyı iletme ve sönümlendirme katsayıları daha etkilidir. Yine patlatma tasarım çalışmalarında da bu değişkenleri hesaba katarak planlanma yapılmalıdır.

b) Kontrol edilebilir değişkenler: Kontrol edilebilir değişkenler aşağıda dört madde halinde özetlenmiştir.

1. Gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarı: Patlatmalarda kaynaklanan sarsıntı oluşumunda en önemli etken gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarıdır. Gecikmeli ateşleme sistemi kullanılan birçok uygulamada, sarsıntıyı azalmak için deliklere uygulanan şarj miktarı düşürülmektedir. Bu durumda ise patlayıcı madde gereken itkiyi kayaya verememekte ve yer sarsıntısı yükselebilmektedir. Gerçekte oluşan sarsıntı değerlendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken husus, gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarıdır.

2. Patlatma noktasına olan uzaklık: Patlatma noktasına olan uzaklık, oluşan sarsıntının hissedilmesine doğrudan etkili diğer bir faktördür. Patlatma noktasından uzaklaştıkça oluşan sarsıntı dalgaları sönümlenmektedir. Fakat kaya kütlesi yüksek frekanslı dalgalar için bir filtre görevi gördüğü için, patlatma noktasından uzaklaştıkça sarsıntı dalgalarının düşük frekanslı bileşenlerinin enerji oranı artmaktadır.

3. Şarj yoğunluğu: Sarsıntılar üzerinde ilginç bir etkiye sahip olan bir diğer faktör de şarj yoğunluğudur. Şarjın oluşturduğu sarsıntılar konusunda, sarsıntıyı azaltmak için yapılan yanlış bir uygulama, şarj yoğunluğunun düşürme şeklinde yapılmaktadır. Bu yöntem sanılanın aksine, oluşan sarsıntıları azaltmaktan çok artmasına sebep olmaktadır. Şarj yoğunluğundaki % 20'lik bir azalmanın 2–3 kat sarsıntı artışına neden olduğu durumlarla bile karşılaşılmaktadır. Çünkü azaltılmış şarj durumunda, patlayıcı madde kayayı parçalayıp ötelemekten çok kaya kütlesinin arkasına sarsıntı vermektedir.

4. Gecikme zamanı: Gecikme zamanı, ardışık patlayan delikler arasındaki zaman farkı ile ölçülür ve kullanılan kapsüllerin numaraları veya gecikme zamanları ile ilgilidir. Gecikme aralığı uygun olursa dalgaların birbirilerine yakalayarak sönümlenmesi mümkün olmaktadır. Fakat gecikme aralıkları uygun olmaz ise, bu sefer dalgaların üst üste binerek büyümesi (süperpoze) ve genliklerin artması durumunun dikkatten kaçırılmaması gerekmektedir.

2.3.3. Yer sarsıntısı etkilerinin ve etki alanlarının belirlenmesi

Önceden de belirtildiği gibi, sarsıntıların etkisini belirleyen en önemli husus bir defada patlayan, patlayıcı madde miktarıdır. Gerçekleştirilen sarsıntı ölçümleri ile elde edilen parçacık hızları, bir defada patlayan patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktasına olan mesafe arasındaki ilişkinin bulunabilmesi için öncelikli olarak ölçekli mesafelerin hesaplanması gerekmektedir. Ölçekli mesafe (SD), aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (Dowding 1985).

$$SD = \frac{R}{\sqrt{Q}} \tag{2.4}$$

SD: Ölçekli mesafe,

Q: Bir defada patlayan patlayıcı miktarı,

R: Ölçüm ile patlatma arasındaki uzaklık.

Ölçekli mesafeler hesaplandıktan ve sarsıntı sonuçları incelenip en yüksek parçacık hızı da belirlendikten sonra, aşağıda verilen bağıntı ile ölçekli mesafe ve en yüksek parçacık hızları arasındaki ilişkiler belirlenebilmektedir (Dowding 1985).

$$PPV = k \times \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta} \tag{2.5}$$

PPV: En yüksek parçacık hızı

k: Ölçüm yapılan kayanın sarsıntı iletme katsayısı

β: Kayanın sönümleme katsayısı.

Kaya özelliklerini de hesaba katan bu yöntem, sonraki patlatmalarda belirli bir miktar patlayıcı madde kullanıldığında, patlatmanın ne kadar mesafede ne kadar büyüklükte bir sarsıntı vereceğini tahmin etmekte kullanılabilmektedir.

2.3.4. Frekansın etkisi

Patlatma sonucu ortaya çıkan yer sarsıntılarını değerlendirmede dikkat edilen başka bir konu ise frekanstır. Frekansın değerlendirilmesinin iki önemli sebebi vardır. Bunlar; insan tepkileri ve bina tepkileridir. Yer titreşiminim frekans özellikleri başlıca iki unsurda etkilenirler. Bunlar jeoloji ve gecikmeli ateşlemelerde ateşleme aralığıdır (Dowding 1985).

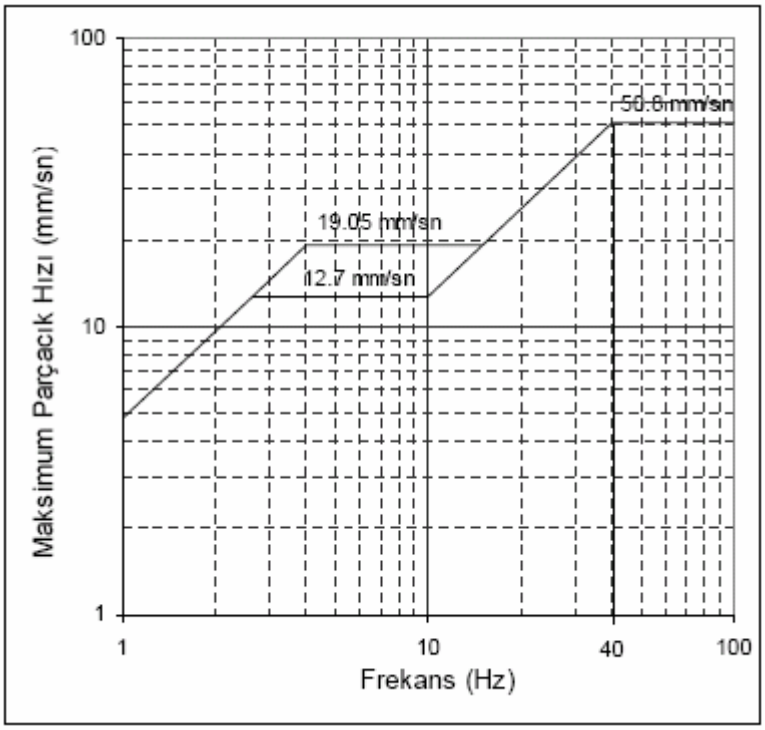
Frekans seviyelerine bakıldığında, genelde 10'dan küçük frekansları insanların üzerinde hissedilebilir etkisinin yanı sıra zeminde de büyük yer değişimlerine neden olduğundan dolayı hasar verme olasılıkları yüksektir (Siskind vd. 1980).

Binaların doğal frekansları ile sarsıntı dalgalarının frekanslarının örtüşmesi durumunda binalar rezonansa girerek maruz kaldıkları sarsıntı dalgalarını büyütmekte ve zeminde ölçülen sarsıntı değerinden daha büyük bir değerde ve daha uzun süre sarsılmaktadırlar. Bu durum en çok, sarsıntı frekanslarının, binaların doğal frekans aralığı olan 5–10 Hz değerlerinde olduğu zaman görülür. Bu nedenle zeminde oluşan sarsıntı değerleri limitlerde bile olsa bina rezonansa girerek sarsıntıyı birkaç kat artırabilmektedir. Binaların bu şekilde sarsıntıyı artırmalarına " Büyütme Faktörü " denilmektedir (Bilgin ve Çakmak 2006).

2.3.5. Hasar kriterleri

Patlatma kaynaklı titreşimleri ve titreşimlerin yapılar üzerindeki etkilerine dair incelemelerden ilkini E. H. Rockwell yapmıştır (Ak 2006). Yayınlarında patlatma kaynaklı titreşimlerin ölçülmesi gerektiğini bildirmiştir. Patlatma kaynaklı çevresel etkilerinin belirlenmesinde bir takım sınıflamalar kullanılmaktadır. Bu

sınıflandırmalardan kimi en yüksek parçacık hızını göz önüne alırken kimi de frekansın etkisini de hesaba katan kriterler sunmaktadır. Hasar konusunda bazıları konutları mesnet alırken bazı sınıflamalar ise tarihi yapıları temel almaktadırlar. Bunlardan ilki ABD Madencilik Dairesinin (USBM) en riskli olan kömür madenleri dikkate alınarak geliştirmiş olduğu sınıflamadır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 USBM hasar kriteri.

Bu sınıflamaya göre binalarda hasar oluşturmayacak değerlere *"eşik hasar"*, binalarda sıva dökülmesine ve oluşan çatlakların 3 mm çıkmasına sebep olan değerlere *"hafif hasar"* ve duvarlarda geniş çatlaklar ve taşıyıcı elemanlarda kalıcı deformasyonlar oluşmasına sebebiyet veren değerlere de *"esaslı hasar"* denilmektedir (Bilgin ve Çakmak 2006). Bu sınıflamaya ait değerler Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 USBM hasar kriterleri.

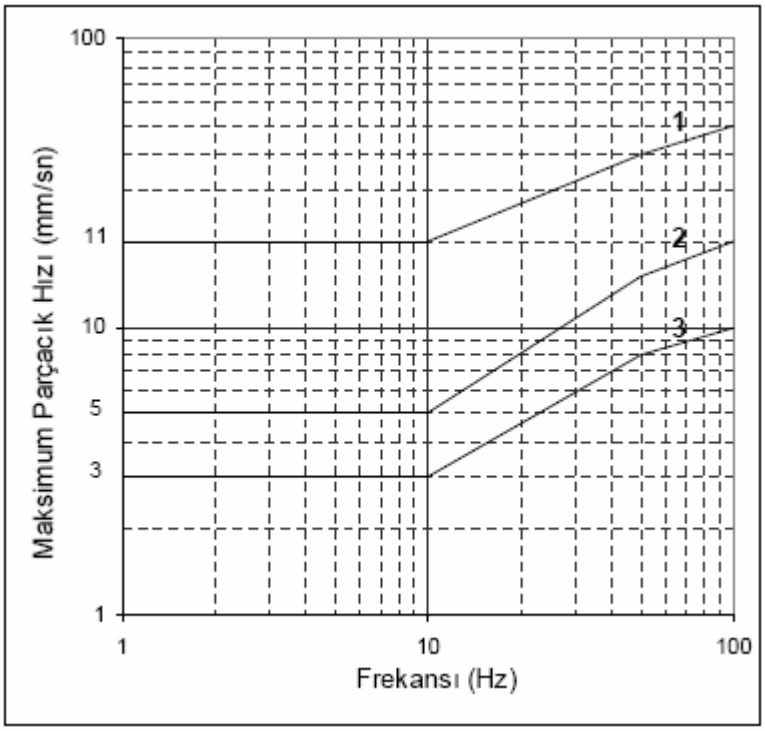
	En yüksek titreşim hızı (mm/s) değeri	
Yapı Türü	Düşük frekans <40 Hz	Yüksek frekans >40 Hz
Modern Evler	19,0	50,8
Eski Yapılar	12,7	50,8

Ülkemizde ise geçmiş yıllarda bu konuda herhangi bir değerlendirilmeye gidilmemiştir. Fakat 2005 yılında, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığınca en yüksek parçacık hızı esas alınarak 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yürürlüğe girmiş olan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği" adı altında, maden ve taş ocaklarında yapılan patlatmaların en yakın yapıya vereceği sarsıntı değerlerine yer verilmiştir. Yönetmelikte geçen frekansa bağlı hız değerleri Çizelgede 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı Titreşim yönetmeliği hasar kriterleri.

Frekans (Hz)	En Yüksek Parçacık Hızı (mm/s)
1-4	5
4-10	19
10-30	50

2002/49/EC sayılı AB direktifi yürürlüğe girmeden önce Almanya'da yürürlükte bulunan DIN 4150 sayılı Alman Standardı titreşim sınırlaması konusunda dünyaca bilinen en tutucu standarttır.



Şekil 2.16 Alman DIN 4150 hasar kriteri.

Bu standart hasar oluşmamasını değil, hasar oluşumundan çok daha düşük titreşim değerlerinde meydana gelen, insanların titreşimi algılamalarını en aza indirmeyi ve şikâyetleri tamamen bitmesini amaçlamaktadır (Siskind 2000). Bu standarda ait değerler, aşağıda Çizelge 2.6'da verilmiştir;

Çizelge 2.6 Alman DIN 4150 standardı.

Bina Çeşitleri	En yüksek vektörel parçacık hız bileşkesi	
	mm/saniye	inç/saniye
Özel koruma altındaki harabe, antik ve tarihi yapılar	2	0,08
Taş duvar veya temelde görünür çatlak olan yapılar	4	0,16
İyi durumdaki, sıvasında muhtemel çatlak olan yapılar	8	0,32
Sıvasız endüstriyel beton yapılar	10–40	0,39–1,57

Çalışmamızın sonunda, patlatma sonucu ortaya çıkan yer sarsıntıların hasar risklerinin değerlendirilmesinde, Türk Standartlarının yönetmeliğine dayanılarak açıklanmaya gayret edilecektir.

2.4. Yer Sarsıntılarının Etkilerini Belirlemeye Yönelik Uygulamalı Çalışmalar

Bu bölümde, farklı alanlarda yapılmış patlatma çalışmaları sonucu oluşan, yer sarsıntısı etkileri ile ilgili uygulamalara değinilmiştir.Bu farklı alanlara örnek olarak petrol boru hatları yakınında, yerleşim yeri içerisinde bulunan taş ocakları ve açık işletmeler gibi alanlarda yapılan patlatma çalışmalarının özetlerine yer verilmiştir.

2.4.1. Petrol boru hatları yakınında yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları

İlk olarak, Azerbaycan'ın Bakü şehri yakınlarındaki Sangachal terminalinden başlayıp Türkiye'deki Ceyhan deniz terminaline günlük bir milyon, yıllık 50 milyon ton petrol sağlayacak bir proje olarak başlanan BTC boru hattı incelenmiştir. Bakü-Tiflis-Ceyhan ve South Caucasus Pipeline boru hatlarında en ekonomik patlatma metotlarının tespiti amaçlanan projede bu hatta ek olarak, yetkililer SCP hattı

patlatılırken gömülü olan BTC boru hattına zarar vermemek için parçacık hızının, BTC hattının gömülü olduğu toprağa vereceği titreşim sınırını 50 mm/sn olarak belirlemişlerdir (SCP boru hattı da yine Azerbaycan'ın Bakü şehri yakınlarındaki Sangachal terminalinden başlayıp, Gürcistan-Türkiye sınırına kadar 7,3 milyar m^3 doğal gaz sağlamak üzere inşa edilmiş olup devam etmekte olan bir çalışma olmaktadır). Titreşim ölçümlerinde ABEM UVS 1504 titreşim ölçüm cihazı kullanılan patlatmalarda delik boyları 3 m, değişken yük miktarı ve delik aralıkları 1,5 m olarak alınmıştır. Kullanılan patlayıcı malzeme Nitromak firmasının Emulite T, Anfo, E-8000 ve Nonel kapsüller kullanılan projede deliklerde şarj miktarı 1,2-2 m arasında sıkılama ise1,8-2 m arasında olmuştur (Salgır vd. 2006). Bu ölçümlere ait bazı değerler Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7 Yapılan patlatmalar sonucu BTC hattında ölçülen titreşim değerleri (Salgır vd. 2006).

Patlatma Yeri	Vibrasyon Cihazının Bulunduğu Yer	Mesafe (m)	Gecikme Başına Düşen Max. Pat. Mik. (Kg/Gecik.)	Kayaç Yapısı	PPV mm/s	Frekans Hızı
SCP	Ev	80	7,7	Basalt	11,3	28
SCP	Ham Petr. B.Hattı	20	3,7	Basalt	33,1	51
SCP	Ham Petr. B.Hattı	15	4,23	Basalt	19,2	31

Bu çalışmada sonuç olarak BTC ve SCP boru hatlarında 100 km' in üzerinde kanal patlatması yapılmış ve her türlü zorlu koşula rağmen BTC ve SCP boru hatları zamanında ve sıfır kaza ile tamamlanılmıştır.

Bir başka petrol boru hattı yakınında patlatma sonucu oluşan titreşimlerin ölçülmesine yönelik yapılan çalışmada ise, petrol boru hattı yakınından geçen otoyol inşaatının bir bölümünde, başarılı bir patlatma tekniği için patlatma tasarımı ve saha parametreleri detaylı olarak planlanmıştır. Çalışma alanı Adana iline 181 km mesafedeki Yumurtalık bölgesi olmuştur. Patlatma parametreleri, maksimum tanecik hızı (PPV) 51 mm/s'yi geçmeyecek şekilde dizayn edilen çalışmada, patlanmanın

petrol boru hattına yakın olunması sebebiyle amaç; kayacı tamamen kırmak yerine yerinde gevşetmek olmuştur. Bu amaçla, patlatma çalışmasında patlayıcı olarak ANFO, yemleyici olarak jelatin dinamit ve gecikmeli kapsül kullanılması kararlaştırılmıştır (Özer ve Dağ 2004). Diğer patlatma parametreleri ise aşağıdaki gibi belirlenmiştir,

- Dilim kalınlığı : 1.5 – 2 m
- Delikler arası mesafe : 1.5 – 2 m
- Delik çapı : 76 mm
- Delik boyu : 1.5 – 3.5 m
- Delik eğimi : Düşey
- Gecikme aralığı : 17 ms

Titreşim ölçümleri Instantel MiniMate Plus model titreşim ölçer ile yapılan patlatmada, patlatmadan kaynaklanan tanecik hızlarını ölçmek amacı ile boru hattı güzergâhı üzerinde uygun noktalar, ölçüm istasyonu olarak seçilmiştir. 30 adet atım gözlenmiş ve bu patlatmalara ait veriler kaydedilmiştir. Bu veriler Çizelge 2.8'de aktarılmaktadır.

Çizelge 2.8 Atımlara ait ölçüm kayıtları (Özer ve Dağ 2004).

Atım No	**Enine Titr. Hızı**	**Düşey Titr. Hızı**	**Boyuna Titr. Hızı.**	**Bileşke Hız**	**Max Hız**	**Max. Hıza Gelen Frekans**	**Mesafe**	**Gecikme Başına Patlayıcı**	**Ölçekli mesafe**
							(m)	**(Kg)**	**(m/kg0.5)**
1	4,78	2,86	2,95	6,30	4,78	14.00	90.00	13,10	24.87
2	3,70	6,20	3,20	7,90	6,20	26,30	137,00	17,23	33,00
3	2,05	4,70	3,40	6,15	4,70	30,10	135,00	10,05	42,57

USBM ve OSMRE' ye göre analiz edilen ve standartlar içerisinde kaldığı görülen patlatma atımlarına ait frekanslar yapılan uygulamaları doğrular nitelikte olmuştur. Sonuç olarak, patlatma sonucu oluşan çevresel sorunları azaltmak için, 450 m mesafeden daha yakın mesafelerde bina, yapı, endüstriyel tesisin bulunduğu ortamlarda patlatma yapılması kaçınılmaz ise bina veya yapının durumu da göz önüne alınarak, delik düzeni, gecikme aralığı, uygun gecikme başına şarj miktarlarının kullanılması ve kontrollü patlatma yapılması önerilmektedir.

2.4.2. Yerleşim yerlerinde bulunan taş ocaklarında yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları

Taşönü Köyü kalker hammadde sahası, Trabzon'un 40 km doğusunda, deniz seviyesinden 190 m yükseklikte, Araklı İlçesi'nin yaklaşık 5 km güney batısında, Yanbolu deresi içi, Kaymaz Mahallesinin 1500 m kuzeydoğusunda bulunmaktadır.

Araklı-Taşönü kalker ocağında üretim sırasında patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin, çevredeki okul, cami, tarihi eser ve evlere olan yapısal etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, halen uygulanan basamaklı düşey delik patlatma kazı modeli incelenmiş ve gerçekleştirilen basamaklı atımlara eşlik edilerek yersarsıntısı değerleri ölçülmüştür. Yapılan patlatmalarda; parçacık hızı (mm/s), parçacık deplasmanı (mm), parçacık ivmesi (mm/s²) ve frekansı (Hz) ölçülmüş ve elde edilen veriler uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır (Erçıkdı vd. 2004).

Yer sarsıntısının özelliklerini ve niteliğini, patlatma yerine yakın kesimlerde, patlatma tasarımı, delik düzeni, bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve belli bir ölçüde de ateşleme yönünden etkilendiği belirtilmektedir. Bu parametrelere bağlı olarak oluşan parçacık hızının önemli bir hasar göstergesi olduğu söylenmiştir. Ancak patlatma kaynağından uzaklaştıkça, sarsıntısının özelliklerini ve niteliğini, daha çok yer sarsıntısı dalgasının iletildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilendiği de belirtilmiştir.

Açık işletme metodu ile üretim yapılmakta olan ocakta, kayaçların kazısı delme-patlatma ile gerçekleştirilmektedir. Basamaklar yaklaşık 14 m, sıkılama boyu olarak da genelde 2,5 m, yapılara yakın yerlerde ise taş fırlama riskine karşı daha fazla bırakılan ocakta, yapılara yakın bölgelerde toplam 150-300 kg, uzak yerlerde 550-600 kg patlayıcı madde şarj edilmektedir. Patlayıcı madde olarak; Emulite-100 ile, ve geriye kalan kısım ise ANFO ile şarj edilmektedir. Ocakta manyeto ile gecikmeli ve gecikmesiz elektrikli ateşleme yapılmaktadır. Yapılara yakın olan basamaklarda ateşlemeler gecikme aralığı 30 ms olan elektrikli gecikmeli kapsüllerle, uzak mevkilerde ise elektrikli gecikmesiz kapsüllerle yapılmaktadır.

Gecikmeli ateşlemelerde dip numarası 5, 7, 9, 11, 13, 15 ve 17 olan kapsüller kullanılmakta, gecikmesiz ateşlemelerde ise 0 numara kapsüller kullanılmıştır.

Yer titreşimlerin ölçümünün alınması için 31 adet ölçüm yapılmış, patlatma tasarımlarında değişiklikler yapılarak titreşim seviyeleri çevredeki yapılara zarar vermeyecek şekilde düşürülmeye çalışılmıştır. Patlatmadan kaynaklanan titreşimler, Instantel Minimate Plus Model titreşim ölçer cihazı ve ekipmanı ile maksimum parçacık hızı ve yapılarda hasar limiti ölçülmüş, yer sarsıntısı ölçümleri bilgisayar ortamına aktarılmış ve Instantel firmasına ait paket program kullanılarak her bir atım için USBM R18507 ve DIN 4150 analizi yapılmıştır. Bu analizlere ait örnekler aşağıda Çizelge 2.9'da verilmiştir;

Çizelge 2.9 Alınan ölçüm kayıtları (Erçıkdı vd. 2004).

Atım No	Delik Say.	Enine Hız	Düşey Hız	Boyuna Hız	Max. Fre. (Hz)	Max. Hava Şk. (dB)	Gec. Baş. Şarj (Kg)	Uzaklık (m)	Ölçüm Yeri
1	5	7,49	4,44	14,1	16	110,2	51,4	118	İst. 1
2	5	6,6	7,87	9,78	11	115,7	54	110	İst. 4
3	5	12,4	5,71	12,3	18	125,1	52,6	99	İst. 3

Bu ölçümler sonucunda yapılan değerlendirmeler şöyledir; Hava şokları kayıtları en yüksek 132,4 dB en düşük 107 dB değerlerinde olmuştur. Bu değerler standartlardaki gürültüden rahatsız olma seviyesi olan 140 dB değerinden düşüktür. Dolayısı ile kayda değer bir rahatsızlık yaratmayacağı anlaşılmıştır. Her basamağın ayrı ayrı değerlendirilmesi neticesinde elde edilen kararlılık katsayılarının yüksek olması, çalışma ekibine, basamak atımlarının kendi içinde değerlendirilmesinin daha sağlıklı ve tutarlı sonuçlar vereceğini göstermiştir. 31 adet ölçüm sonuçları sonrasında, 17 atımın yer değiştirme değerinin, aşılmaması gereken değerden (0,1 mm) yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek yer değiştirme, parçacık hızının da en yüksek olduğu (48.8 mm/s) 10. atımda (0.558 mm) elde edilmiştir. Sonuç olarak hasar riskini azaltmak için çalışma sahasında kontrollü patlatma işlemlerinin gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Erçıkdı vd. 2004).

Başka bir çalışma olan, Eskişehir-Süpren yöresinde bir taş ocağında ise köy halkının da şikayetleri doğrultusunda, patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının kontrol altına alınabilmesi için, patlatmaların ölçümü ve analizine gerek duyulmasından dolayı açığa çıkmıştır (Ak ve Konuk 2003).

White Seis II marka bir sismograf ile hem Süpren Köyü yönünde hem de şantiyeye ait binaların bulunduğu yönde ölçümler yapılmış, istatistiksel olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, ölçekli mesafeler ve maksimum parçacık hızları arasında iyi korelasyonlu bir ilişki elde edilerek, tasarımlara dikkat edilmiş ve atımlar kontrol altına alınmıştır. Patlatmada ölçüm kriteri olarak; ABD Madencilik Bürosu'nun (USBM) Patlatma Hasar Kriteri, ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu (OSM) Patlatma Hasar ve Kriteri, Alman DIN 4150 Hasar Kriteri kullanılmıştır. Bu sahada, köy halkının şikâyetlerinin gerçeği yansıtıp yansıtmadığını anlamak için, köy yönünde ve atım yerine çok daha yakın işletmeye ait şantiye binaları civarında 11 patlatma olayının yer sarsıntısı unsurları ölçülmüş patlatma deliklerinde, patlayıcı madde olarak ANFO ve jelatin dinamit kullanılmıştır. Her atım sırasında ölçekli mesafe parametreleri olan mesafe (D) ve gecikme başına kullanılan maksimum şarj miktarı (W) (gecikmeli atımlarda, aynı numaralı kapsüllerin kullanıldığı deliklerdeki maksim patlayıcı miktarı) dikkatli bir şekilde kaydedilmiştir. Ölçüm istasyonları ile atım yeri arasındaki uzaklık topoğrafik bir alet (GPS) ile ölçülmüş daha sonra da her atımın yer sarsıntısı unsurları White Seis II marka bir sismograf ile kaydedilmiştir (Ak ve Konuk 2003).

Ölçüm kayıtları alındıktan sonra değerlendirmeler şöyle olmuştur. Söz konusu sahada, köy halkının şikâyetlerinin fazlalığı nedeniyle yapılan ölçümler sonunda atımların kontrol altına alınması için bu sahaya ait bir regresyon eşitliği elde edilmiş bu eşitlik sayesinde, belirli bir mesafede, izin verilebilecek gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarının tahmin edilmesi belirli ölçüde mümkün olmuştur. Söz konusu sahada yapılan atımların ölçülen parçacık hızı ve frekans değerleri, en yaygın kullanıma sahip hasar kriterleri kullanılarak değerlendirilmiştir.. Atım sahasının köydeki en yakın binaya 600 m mesafede bulunurken, gecikme başına 500 kg patlayıcının kullanıldığı, atım sahasına 580 metre uzaklıkta en yakın

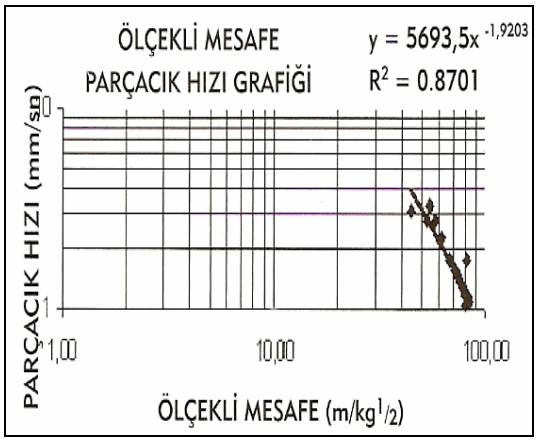
köy binasının hemen yanında ölçümü yapılan 3 no'lu atımda hiçbir titreşim ve gürültü kaydı alınamamıştır. Bu iki değerin, saha için elde edilen eşitlikte yerine konulmuş ve gecikme başına izin verilen maksimum patlayıcı miktarının W yaklaşık 1212 kg olacağı tespit edilmiştir. Buna göre, gecikme başına kullanılacak maksimum patlayıcı miktarı 1212 kg'ı geçerse köye ait binalar için hasar riski söz konusu olabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Gürültü değerleri arasında herhangi bir ilişki elde edilmemesine rağmen, bazı atımların USBM'nin maksimum sınır olarak koymuş olduğu 140 dB değerinin üzerine çıktığı görülmektedir. Ancak bu değerler de, ölçüm istasyonları, köye ait binalara göre çok daha yakın olduğundan gerçek gürültü seviyelerini yansıtmamaktadır. Bu değerlendirme sonunda, atım noktasına, köye ait binalardan çok daha yakın seçilen istasyonlarda ölçüm yapılmış ve sonuç olarak bu limitlerin köy için herhangi bir risk yaratmayacağı anlaşılmıştır (Ak ve Konuk 2003).

Yapılan diğer bir çalışmada Çimentaş çimento fabrikası Işıkkent kalker ocağı patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının tespiti ve önlenmesine yönelik olmuştur. Çalışmanın devamında yer sarsıntılarının önemi, frekansın etkisi, diğer ülkelerdeki baz alınan hasar kriterleri ve çalışmada kullanılan parçacık hızı-ölçekli mesafe yöntemi yer almaktadır. Daha önceki makalelerde bu konular ayrıntılı olarak açıklandığından, burada ayrıntıya girmeye gerek görülmemiştir. Bunun yerine uygulamadaki farklılıklar aşağıda Çizelge 2.10'da anlatılmıştır.

Çizelge 2.10 Patlatma ve ölçüm verileri (Bargan 2004).

Ölç. No	Ölç. Tar.	Del. Ad.	Del. Boyu	Gecikme (ms)	Gecikme Başına Pat. Mad.(Kg)	Ölç.-Pat. Mesf.(m)	Parçacık Hızı (m/s)			Ölçekli Mesf.	Bileşke Parçacık (mm/s)	Frekans (Hz)
							T	V	R			
1	09.Şub	10	16,5	30	120,625	675	0	0,1	1,3	61,46	1,3	7,68
2	24.Şub	10	13	30	50,625	750	0			0	0	0
3	24.Şub	10	13	60	110,625	650	0,1	0,1	0,05	61,8	1,32	8,6
4	24.Şub	9	7	30	25	750	0		0	0	0	0
5	25.Şub	7	13	30	57,625	630	0,05	0,15	1	82,99	1	8,9
6	25.Şub	9	13	60	55,625	620	0,05	0,1	1,15	83,13	1,08	15,6
7	25.Şub	8	14	30	56,625	690	0,1	0,1	1,35	91,69	1,05	8,7
8	25.Şub	10	16	30	55,625	680	0,05	0,1	0,75	91,17	1,75	10,2
9	25.Şub	9	11	30	39,625	650	0,05	0,1	0,85	103,26	0,85	12,5
10	09.Mar	7	16	60	65,625	670	0,1	0,1	0,9	82,71	0,9	7,1
11	10.Mar	7	13	60	50,625	635	0,05	0,1	0,5	89,25	0,9	7,9
12	12.Mar	7	13	60	50,625	610	0,1	0,15	0,5	85,73	0,7	6,5
13	12.Mar	7	13	60	50,625	585	0,05	1,1	0,4	82,22	1,1	18,7
14	16.Mar	7	15	30	70,625	720	0,15	0,15	0,7	85,67	1,1	8,6
15	17.Mar	7	13	30	50,625	680	1,1	5	14,2	95,57	1,86	22,9
16	21.Haz	7	13	30	70,928	375	1,5	0,55	0,75	44,22	1,64	3,33
17	21.Haz	9	11	30	44,94	325	2,75	0,9	0,5	48,48	1,98	8,62
18	22.Haz	8	14	30	63	420	2,8	1	0,6	52,92	1,77	25
19	22.Haz	8	14	30	63	450	1,4	0,65	0,5	56,69	1,42	4,24
20	22.Haz	9	13	30	56	410	2,2	0,25	1,1	54,79	1,85	6,41
21	22.Haz	8	14	30	60	710	Yok	Yok	0	0	0	0
22	22.Haz	8	14	30	60	740	Yok	Yok	0	0	0	0
23	22.Haz	9	13	30	55	730	Yok	Yok	0	0	0	0

Üretim faaliyetlerinin yapıldığı saha, kristalize kalkerlerden oluşmuş olup, ölçümler, İsveç Nitro Consult firması yapımı, dört kanallı UVS 1500 Vibration Monitor sarsıntı ölçer cihazı kullanılarak, Alman DIN4150 standartlarına göre yapılmıştır. Yukarıdaki Çizelge 2.10'da verilen değerlerin de gösterdiği gibi ölçümü yapılan 23 patlatmadan 18'nin kaydı alınmıştır. Bu 18 ölçüm verisinden en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe grafiği çizilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi korelasyon katsayısı 0,8701, ayrıca arazinin iletim ve sönümleme katsayıları sırasıyla 5693,5 ve 1,9203 değerinde olmuştur. Aşağıda, ölçekli mesafe ve güvenle patlatılabilecek patlayıcı miktarlarına ait bilgiler Şekil 2.17'de verilmiştir.



Mesafe	Bileşke Parçacık (Kg)	Patlayıcı Madde (Kg)
300	2	22
400	2	40,4
500	2	63
600	2	90,9
700	2	123,7
800	2	161,6
900	2	204,5
1000	2	252,5

Şekil 2.17 Ölçekli mesafe ve mesafeye göre kullanılacak patlayıcı miktarları (Bargan 2004).

Sonuç olarak alınan ölçüm kayıtları Alman DIN4150 standartlarına göre değerlendirilmiş ve alınan ölçümlere frekans açısından bakıldığında, genelde binaların doğal frekansları olan 10 Hz'in altında olduğu görülmüştür. Patlatma uygulamalarında mutlaka mesafeye göre konulacak patlayıcı miktarını veren çizelge kullanılması önerilmiş ve çok katı olan Alman DIN4150 standartları kullanılmasının, patlatmanın dolayı çevreye verilecek herhangi bir hasarı minimum düzeyde tutacağı öngörülmüştür (Bargan 2004).

Taş ocaklarında yapılan uygulamalardan son olarak AKÇANSA firmasına ait, Büyükçekmece gölü batısı alanda işletilen taş ocaklarındaki üretim atımlarından kaynaklanan sarsıntıların incelenmesine yer verilmiştir.

Patlatma kaynaklı sarsıntıların hasar oluşturma riskinin incelenmesinde takip edilebilecek olan alternatif yollar aşağıdaki bölümde "ölçekli mesafe" başlığı altında sunulmaktadır. Ölçekli mesafe yaklaşımı; patlayıcı madde ile yapılan çalışmalarda, atımların çevre üzerine olan etkisini, patlayıcı madde miktarı ve uzaklık açısından güvenli sınırlar içinde tutmaya yarayan bir yaklaşımdır ve madencilikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada patlatma kaynaklı sarsıntılarını sorgulanmasını sağlayan 3 farklı uygulama şekli üzerinde durulacaktır (Kuzu vd. 2003). Bunlar sırasıyla şöyledir;

I. yol olan, parçacık hızının sınırlandırılmasına göre; Her bir sarsıntı sismograf tarafından kayıt edilmekte ve patlatma kaynaklı sarsıntının, tabloda belirtilen parçacık hızı sınırlarının altında kalması halinde, atımın çevre etkileri bakımından başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu yolla, oldukça katı sayılabilecek olan ölçekli mesafe sınırlandırmasının yerine daha esnek bir denetleme şekli amaçlanmaktadır. Ancak burada, aşağıda tabloda belirtilen *"mesafe - parçacık hızı"* sınırlarının aşımı gibi istenmeyen sonuçlar doğabilmektedir. Çizelge 2.11'de bu sınırlamalara ait değerlere yer verilmiştir.

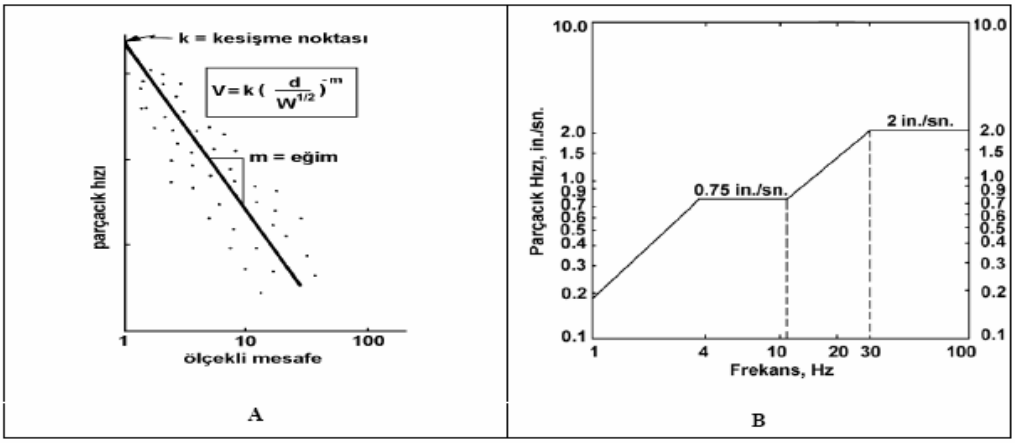
Çizelge 2.11 Atım yönüne göre parçacık hızı sınırlandırması (Kuzu vd. 2003).

Atım Yapılan Yere Uzaklık		İzin verilebilen maksimum parçacık hızı	Ölçekli Mesafe Katsayısı
ft	m	in./sn.	$lb/ft^{1/2}$
0-300	0-90	1.25	50
301-5000	91-1500	1.00	55
≥ 5001	>1500	0.75	65

II. yol, ölçekli mesafe katsayısı'nın doğrudan kullanımı veya ölçekli mesafe-parçacık hızı ilişkisinin kullanılmasıdır. Yukarıda da değinilen ölçekli mesafe kavramı üzerine kurulan bu yol, *"mesafe - ölçekli mesafe"* ilişkisi çerçevesinde, her hangi bir izleme işlemine gerek kalmaksızın yapılabilecek atıma ait mesafe ve patlayıcı madde miktarının tespiti esasına dayanmaktadır. Çok katı sayılabilecek olan bu sınırlama, yerel şartlara ve aynı zamanda da uygulamaya özgü modifikasyonlara izin verebilecek şekilde de dönüştürülebilmektedir. Bunun için, yeteri miktarda olmak üzere çeşitli ölçekli mesafeler için kayıt edilmiş parçacık hızı değerlerinin elde edilmesi, böylece hazırlanacak olan Şekil 2.18 a'daki gibi bir grafiksel gösterimdeki limit değerlerin aşılmayacağı atımlar yapılması gerekmektedir. Buradaki *"modifiye edilmiş ölçekli mesafe"*, sadece elde edilmiş olduğu yer için geçerli, yani sahaya özgün olmakta ve ilerleyen işletme konumuna paralel olarak güncellenebilir bir durumdadır.

III. yol ise, Parçacık hızı - frekans ilişkisi olarak kabul edilmektedir. Bu yol ile her atım için parçacık hızı değerleri ve frekans analizi gerekmektedir. Yani, hâkim frekans ve bununla ilişkili parçacık hızının tespiti çalışması yapılmaktadır.

Sonuçta, Şekil 2.18 b'deki diyagram ile belirtilen frekansa bağlı hız değerlerinin, atımlardan elde edilen değerlerle karşılaştırılması yapılarak sonuca ulaşılmaktadır. Burada Şekil 2.18 a'deki görülen diyagram esas olarak USBM (US Bureau of Mines) tarafından RI 8507 [5] kapsamında hazırlanmış bulunan diyagramın modifikasyonu ile gerçekleştirilmiştir (Kuzu vd. 2003).



Şekil 2.18 Ölçekli mesafe ve frekansa bağlı parçacık hız değerleri (Kuzu vd. 2003).

Söz konusu parçacık hızı ölçümlerinde, Instantel MiniMate Plus marka titreşim izleme cihazı kullanılmıştır. Patlatma tasarımı ile ilgili bilgiler ve ölçüm kayıtları Çizelge 2.12'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.12 Patlatma tasarımı ve ölçüm kayıtları (Kuzu vd. 2003).

Özellikler	**1. Atım**	**2. Atım**	**3. Atım**	**4. Atım**
Patlayıcı ve yemleme cinsi	ANFO/dinamit			
Ateşleme sistemi	NONEL	Elektrikli kapsül		NONEL
Toplam patlayıcı (kg)	900/5	450/5	150/5	1650/5
Gecikme başına azami patlayıcı (kg),	81/0,450	133 (=7x19)/ 1,46 (=7x0,21)	40 (=4x10)/ 1,65 (4x0,35)	50/0,15
Delik boyu (m), çapı (mm) ve eğimi (°)	12/105/80	6/85/80	4,5-5/85/yatay delik	11,5/105/70
Delik taban payı ve sıkılama (m)	1/3,5-4	0,5-1/2	Yatay delik/2,5-3	0,5-1/4,5
Delikler arası, sıralar arası mesafe (m)	5,6/2,8	3,5/3	2,5/3	5,6/tek sıra
Dilim kalınlığı (m)	3	2,5	Yatay delik	3-3,5
Bileşke parçacık hızı (mm/sn.)	16,5	1,16	11,6	7
Boyuna parçacık hızı (mm/sn.),frekans (Hz)	10,2/28	0,889/32	**11,6/43**	**6,35/18**
Enine parçacık hızı (mm/sn.), frekans (Hz)	**15,5/22**	0,635/23	6,98/32	3,94/20
Dikey parçacık hızı (mm/sn.), frekans (Hz)	6,35/16	**1,02/43**	6,10/19	3,56/17
Gürültü (dB)	125L/7	119L/11	121L/11	125L/3,5
Titreşim ölçümü yapılan mesafe (m)	126,5	73	73	217

Sonuç olarak, burada verilen limitler de kozmetik hasarlar, yani basit sıva çatlakları mertebesinde olmakta ve bu bakımdan da izlenen tipteki patlatma

çalışmalarının ve kullanılan patlayıcı miktarlarının çevre yapılar üzerinde bir hasar oluşturması söz konusu olmamaktadır (Kuzu vd. 2003).

2.4.3. Açık işletmelerde yapılan patlatma ve yer sarsıntısı ölçüm uygulamaları

Bu uygulamalara verebileceğimiz ilk örnek, TKİ Çan Linyitleri işletmesi (ÇLİ) açık ocağında yapılan dekapaj patlatmalarının, ÇLİ Bölge Müdürlüğü binaları, Cumhuriyet Mahallesi ile Seramik Fabrikası yönlerinde oluşturduğu yer sarsıntılarının binalara etkileri üzerine yapılan bir incelemedir. Her iki yön için yer sarsıntıları değişik tarihlerde hem zeminde hem de binalarda aynı anda kaydedilmiş, alınan kayıtlar incelenmiş ve FFT (Fast Fourier Transform) analizleri yapılmıştır. Binayı uyaran ve zeminden gelen dalgaların etkin frekansları ve göreceli genlikleri belirlenmiş, böylece binaların rezonansa girip girmediği, zemindeki dalganın binaya hangi oranda iletildiği veya dalga şiddetinin ne kadar büyüdüğü araştırılmıştır. Bu araştırma hasar tespitinde kullanılan klasik yaklaşımın tek başına yeterli olmadığını, ölçümlerin hem zeminde hem de binalarda eş zamanlı yapılması ve ayrıntılı analizler ile sonuca gidilmesi gereğini ortaya koymuştur.

Ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntıları kısa süreli (gelip-geçici) ve düzensiz yer hareketleridir (Bilgin vd. 1998). Zemindeki bir parçacığın hareket hızına parçacık hızı (particle velocity) denir. Parçacık hızı sıfırdan başlayıp, en yüksek değerine ulaştıktan sonra giderek sönümlenmektedir. Şu halde yer sarsıntısı incelemelerinde birinci önemli husus en yüksek parçacık hızıdır. Çünkü en yüksek hız değeri ne kadar büyük ise bina da o denli yüksek şiddette sarsılır (Bilgin vd. 1998).

Yer sarsıntılarının özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde daha çok patlatma tasarımı ve delik düzeni, bilhassa bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenmektedir. Ancak patlatma yerinden uzaklarda, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok yer sarsıntısının dalgasının iletildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir (Bilgin vd. 1998). Diğer bir deyişle arazi katsayıları ve yer

sarsıntısının frekansı da hasar oluşumunda veya oluşmamasında önemli ve tayin edici etmenlerdendir. Binalarda hasar olasılığı, zeminde patlatmanın oluşturduğu uyarıcı dalganın frekansı ile söz konusu binanın doğal (özyapısal) frekansının birbirleri ile olan ilişkisine bağlıdır. Patlatmalarda en kritik durum zemindeki uyarıcı dalganın frekansının, bir veya iki katlı binalarda genellikle 5-10 Hz arasında değişen bina özyapısal frekansına eşit veya ondan biraz büyük olduğunda oluşur. Bu durumda bina rezonansa girer ve zemindeki uyarıcı (yer sarsıntısı) dalga geçip gittiği halde bina sarsılmaya devam eder (Bilgin vd. 1998). Bina rezonans halindeyken, parçacık hızı sınır değerlerin oldukça altında ise binada hasar oluşmamakta fakat kişiler rahatsız olmaktadır. Ancak bina rezonans halindeyken parçacık hızı da yeterli büyüklükte (genlikte) ise binada hasar oluşur (Bilgin vd. 1998).

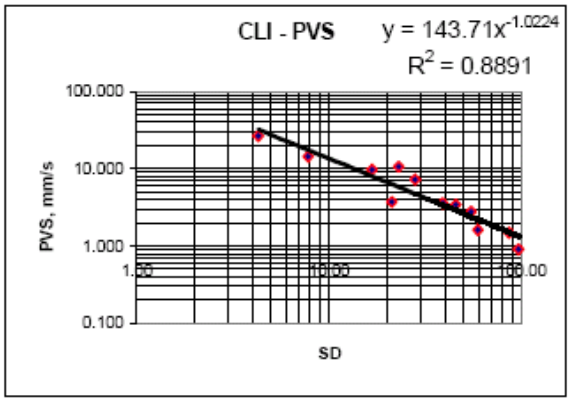
Hasar kriterlerinin belirlenmesi ve ölçümlerin değerlendirilmesinde, ABD Madencilik Dairesinin (USBM) sınıflandırılması kullanılmış, yerinde yapılan sarsıntı ölçümleri için cihazlar hem açık araziye (zemine) hem de bazı binalara yerleştirilerek çalışmalar iki bölümde yürütülmüştür. Sarsıntı kayıtları bir noktaya yerleştirilen algılayıcılar ile her üç koordinat ekseninde kayıt alınarak yapılmıştır.

İlk aşamadaki patlatmalarda, Çan Linyit İşletmesindeki patlatma uygulamalarına müdahale edilmemiş, patlatmalarda Kaleseramik'e yakın Çan-2 panosunda bir seferde 75 kg veya en çok 100 kg patlayıcı infilak ettirilmekte iken, ikinci aşamada bir seferde ateşlenen miktar bilinçli olarak 200 kg'a çıkartılmıştır. Ölçümlerde üç adet 4 kanallı INSTANTEL Minimate, bir adet 8 kanallı INSTANTEL Blastmate III cihazı kullanılmıştır. Ölçülen esas parametre en yüksek parçacık hızı (PPV) olup tablolarda milimetre/saniye (mm/s) cinsinden verilmiştir. Aşağıda Çizelge 2.13'de alınan bazı ölçüm kayıtlarına yer verilmiştir.

Çizelge 2.13 Ocakta yapılan patlatmaların ölçüm kayıtları (Bilgin vd. 1998).

Ölçüm Tarihi	Ölçüm Yeri	Ölçülen Parametre	Yanal Bileşen	Düşey Bileşen	Boyuna Bileşen	En Yüksek Bileşke	Yanal Bileşende Büyütme Faktörü	Düşey Bileşende Büyütme Faktörü	Boyuna Bileşende Büyütme Faktörü	En Yüksek Bileşkede Büyütme Faktörü
16.03.1998	ÇLİ zemin	PPV,mm/s	0.762	1.400	1.140	1.490	1.16	3.26	1.78	3.08
16.03.1998	ÇLİ 2.kat	PPV,mm/s	0.889	4.570	2.030	4.590				
19.03.1998	Cum. Mah. Zemin	PPV,mm/s	1.020	2.670	1.270	2.800	1.37	0.95	1.60	0.92
19.03.1998	Cum. Mah. 2.kat	PPV,mm/s	1.400	2.540	2.030	2.570				
19.03.1998	Cum. Mah. Zemin	PPV,mm/s	1.140	3.170	1.400	3.440	1.23	0.88	1.63	0.81
19.03.1998	Cum. Mah. 2.kat	PPV,mm/s	1.400	2.790	2.290	2.810				

Alınan bu ölçüm kayıtları ile en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki bağıntılardan yaralanılarak, aşağıda verilen, en yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe grafikleri çizilmiş ve mesafelere bağlı olarak güvenle patlatılacak patlayıcı madde miktarları belirlenmiştir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 En yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe grafiği (Bilgin vd. 1998).

Çan Linyit İşletmesinde yapılan patlatmalar bugüne değin hiç bir yapısal hasar meydana getirmemiş, kişilerin tepkilerinin tamamen dalga frekanslarının düşük olmasından ve artçı dalgalardan kaynaklanmakta olduğu kanaatine varılmıştır. Kişiler bu tür dalgaların genliği 3–4 mm/s'ye ulaştığında bunları hissetmeye başlamakta bazen de binaların rezonansa girmesi nedeniyle endişe duymaktadırlar. Oysaki belirlenen, frekans değerlerinde hiç bir ölçümde genlik 12,5 mm/s'ye (0.5 inç/saniye) ulaşmadığından dolayı, binaların boya veya sıvalarında kılcal çatlak dahi

oluşturmasının olanaklı olmadığı ortaya çıkmış bulunmaktadır. Kömür ocaklarında yapılan patlatmalar, formasyonların özellikleri nedeni ile genellikle düşük frekanslı yüzey dalgaları yaratmaktadırlar. Bu tür yerlerde yapılan ölçüm sonuçları mutlaka FFT analizi ve filtreleme yoluyla ayrıntılı olarak incelenmelidir (Bilgin vd. 1998).

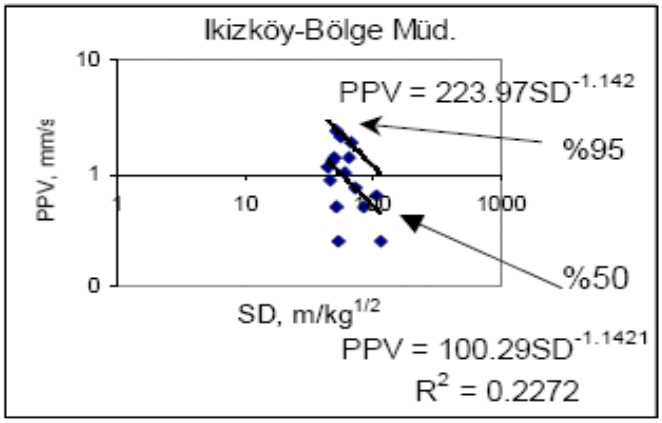
Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının incelenmesi ile ilgili vereceğimiz son çalışma örneği Yeniköy Linyit İşletmesi'nde patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının incelenmesi olacaktır.

TKİ Yeniköy Linyit İşletmesi (YLİ) Bölge Müdürlüğü'ne ait İkizköy açık kömür ocağı'nda yapılan patlatmaların yol açtığı yer sarsıntılarının ölçüm çalışmaları anlatılmış, bina ve insani tepki ölçütleri açıklanmış, ölçüm ve gözlem sonuçları tüm yönleriyle yorumlanmış ve değerlendirilmiştir. Alınan ölçümler doğrultusunda en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkileri %50 ve %95 güvenirlikte belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkileri belirlenerek her hangi bir hataya yer bırakılmamaya çalışılmıştır. Bu ocak için her gecikmede güvenle ateşlenebilecek patlayıcı madde miktarı hesaplanmış ve önerilmiştir.

Patlatmalı kazı çalışmasında daha önce de söylediğimiz gibi, çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi yer sarsıntılarıdır. Binalara verilen hasarda, sarsıntıların taşıdığı enerji düzeyinin yanı sıra, binaların yapım tekniği, boyutları ve üzerine oturdukları zemin özellikleri de etkilidir. Yapılan patlatmaların verilerini, hasar sınıflaması bakımından A.B.D. Madencilik Dairesi'nin geliştirdiği sınıflamada da olduğu gibi "*Eşik Hasar", "Hafif Hasar"* ve *"Esaslı Hasar"* olmak üzere üç hasar sınıfı olarak tanımlanabilmektedir. Boya ve sıvada kılcal çatlakların oluştuğu "eşik hasar" sadece görünüm bozucu niteliktedir. sıva düşmesi, çatlakların 3 mm' ye kadar genişlemesi şeklinde görülen "hafif hasar" göreceli olarak daha fazla rahatsız edici olmasına rağmen yapıların dayanımını ve yapı elemanlarının yük taşıma kabiliyetlerini etkilemez. Duvarlarda geniş çatlaklar, duvar ve bacalardan taş, tuğla düşmesi sonucu yapıda kalıcı deformasyonlar oluşturan ve yapıyı zayıflatan tek hasar türü ise *"esaslı hasar"* sınıfıdır (Bilgin vd. 2000).

Açık kömür işletmelerinde mevcut örtü kayalarının özellikleri sonucu, buralarda yapılan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntısı dalga formlarının tipik karakteri düşük frekanslı ve büyük genlikli olmalarıdır (Erkoç vd. 1998; Bilgin vd. 1998). Patlatma ile oluşan dalga formları incelendiğinde, ölçüm noktasına ilk önce P ve S dalgalarının ulaştığı anlaşılmıştır. P ve S dalgaları genelde kaya yapısının derinliklerine kadar nüfuz etmeleri ile "gövde dalgaları" olarak da tanımlanmaktalar. Bu dalgaların, kaya kütle özellikleri etkisiyle, değişime uğramaları sonucunda "yüzey dalgaları" da denen "Rayleigh" ve "Love" dalgaları oluşmaktadır (Siskind vd. 1989). Burada yapılan patlatmaların ölçümleri USBM RI8507 ve OSMRE, DIN4150 standartlarına göre yorumlanmıştır.

İkizköy ocağında yapılan dekapaj patlatmaları tabakalı yapı gösteren marn kayasında gerçekleştirilmiştir. Atımlar genellikle serbest aynaya karşı değil, önceden patlatılmış ancak henüz alınmamış pasa ile önü engelli şekilde yapılmışlardır. Bu ocakta, İşletmenin delik çapı 9" (229 mm) ve delik düzeni 7x8 m şeklinde olmaktadır. Ölçümlerde, üç adet 4 kanallı Instantel Minimate, bir adet 8 kanallı Instantel Blastmate III cihaz kullanılmış, 16 adedi YLİ Bölge Müdürlüğü yönünde ve 4 adedi Karacaağaç köyü yönünde olmak üzere zeminde toplam 20 kayıt alınmıştır. Alınan bütün kayıtlar değerlendirildiğinde, zeminde kaydedilen sarsıntı değerlerinin A.B.D. USBM ve OSMRE ölçütlerine tümüyle uyduğu gözlenmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler ile en yüksek parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil2.18).



Şekil 2.20 İkizköy ocağına ait parçacık hızı-ölçekli mesafe grafiği (Bilgin vd. 2000).

Sismograflarla kaydedilen kayıtların dalga formları incelendiğinde; sarsıntı dalgalarının genel karakterinin düşük frekanslı ve yüksek genlikli olduğu görülmüştür. İkizköy –Karacaağaç köyü yönünde Love dalgalarının ve İkizköy - Bölge Müdürlüğü yönünde ise büyük oranda Rayleigh dalgalarının etkin olduğu saptanmıştır. Her iki yönde yanal, düşey, boyuna bileşenler ve bunların vektörel bileşkesi en yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkileri belirlenmiştir. Bu ilişkilerin saptanmasında %50 güvenilirlik, %95 güvenilirlik ve filtreleme yöntemleri kullanılmıştır. En sağlıklı yöntemin %95 güvenilirlik olduğu tespit edilmiştir (Bilgin vd. 2000).

Sarsıntının denetlenmesi aşamasında yanal, düşey ve boyuna bileşenler ayrı ayrı değerlendirilmesinin ve bu bileşenlerde hangi tür dalga formlarının hâkim olduğu tespit edilmesinin yararlı olacağı önerilmiştir. Yer sarsıntılarının denetimi için yapılan analize göre, bir arada güvenle ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarı 515 kg'ı üzerinde olmaması gerektiği tespit edilmiş ve bu miktarın belirlenmesinde USBM RI8507 ve OSMRE ölçütü, zeminin ve yapısının etkin frekansları, büyütme faktörü ve insanların sarsıntıya tepkileri göz önüne alınmıştır (Bilgin vd. 2000).

BÖLÜM III

ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI

Bu bölümde çalışma sahasının yer bulduru bilgilerine yer verilmiş ve sahanın jeolojisi ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

3.1 Çalışma Sahasının Yer Bulduru Bilgileri

Çalışma alanımız olan Konya Çimento taş ocağı, Konya Selçuklu ilçesi, Ankara yolu üzeri 8. km' de, Zafer sanayi yakınlarında bulunan şehir içi bir taş ocağıdır. Bu taş ocağı, 1963 yılında üretime başlamış olan Konya Çimento fabrikasına, kurulduğu tarihten bu güne kadar hammadde temininin sağlandığı ocak olmuştur. Çalışma sahasının yer bulduru haritası Şekil 3.1'de görülmektedir. Konya Çimento fabrikası ve yakınındaki taş ocağı işletmesi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.1 Konya Çimento taş ocağının yer bulduru haritası.



a)



b)

Şekil 3.2 a) Konya Çimento fabrikası ve b) yakınındaki taş ocağı işletmesinden görünümler.

3.2. Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi ve Tektonik Yapısı

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi Konya Çimento fabrikası taş ocağı yakınına kurulmuştur. Artan şehirleşmeye bağlı olarak, taş ocağı çevresi günümüzde yerleşim birimleri (sanayi siteleri, meskenler vb.) arasında kalmış bulunmaktadır.

Taş ocağını içine alan etüt sahası, Konya kapalı havzasında yer almaktadır. Bu havza, 1975 yılında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan "Konya-Çumra-Karapınar Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu" kapsamında etüt edilmiştir. Rapordan ve diğer çalışmalardan elde edilen bilgilere göre, bölgenin stratigrafik jeolojisi (Şekil 3.3) ve formasyonların hidrojeolojik özellikleri aşağıda maddeler halinde sıralanarak özetlenmiştir:

- Bölgede Paleozoik'den itibaren bütün jeolojik zamanlar vardır. Paleozoik formasyonları; Permo-Trias kireçtaşlan, Mikaşistler, Kuvarsitler ve çeşitli şistler halinde olup, bölgenin temelini teşkil ederler.

- Bölgenin en yaygın formasyonu ise, Neojen devrinde teşekkül etmiş olan sedimanlardır. Bunlar, Miosen ve Pliosen devirlerinde oluşmuşlardır.

- Miosen (m) birimleri, Taban Konglomeraları, Marn ve Kireçtaşları halindedir. Kireçtaşları, bölgede çok geniş bir saha kaplamaktadır. Güneyde daha çok marnlıdırlar. Marnlar gri ve krem renklidir. Kireçtaşları ise beyaz-krem ve gri renklidirler. Bunlar bazen yumuşak, çoğu yerde sert, bol erime boşluklu, kırıklı ve çatlaklıdır. Aynı zamanda sünger yapılı, yer yer oldukça karstik, yataya yakın ve ince tabakalıdırlar.

- Pliosen yaşlı sedimanlar Miosen (veya Neojen) formasyonları üzerinde konkordan olarak yer almaktadır. Genellikle kil-kum ve çakılın muhtemel nispetlerde karışımından ve kilden müteşekkildir. Tabaka aralarında jips teşekkülleri de mevcuttur. Killer kahve renklidirler.

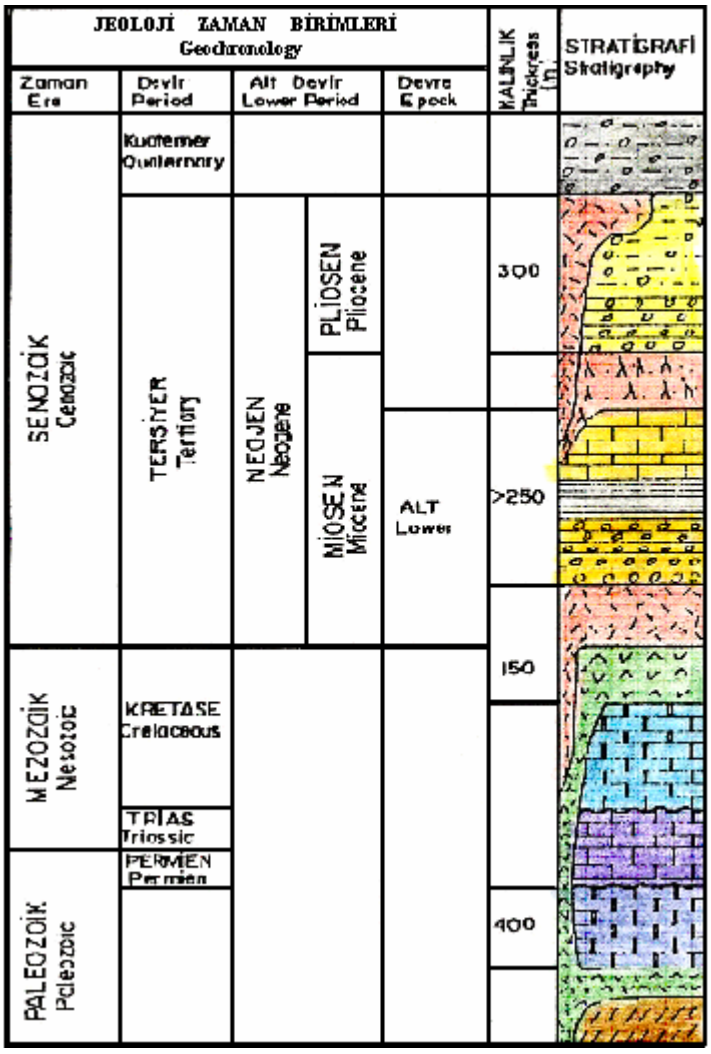
- Bölge, Hersinien orojenezinden etkilenmiş, Alp orojenezi ile bugünkü halini almıştır. Paleozoik şistler ve mermerler, Hersinien orojenezi ile kıvamlanmış, kırıklar teşekkül etmiş ve mermerler tabakalı durumlarını kaybetmişlerdir.

- Alp orojenezi ile bölge bütünüyle tekrar tektonik tesirlere maruz kalmıştır. Tektonik tesirleriyle faylar teşekkül etmiştir. Paleozoik yaşlı Mermerler ile Neojen kireçtaşlarında oluşan kırıklar genel olarak kuzeybatı-güneydoğu yönündedir. Neojen'den sonraki tektonik hareketler öncekilere nazaran daha az etkili olmuştur. Neojen formasyonlarında çok hafif bir ondülasyon mevcuttur.

- Konya ovası, Paleozoik'de bir jeosenklinal olup, daha sonraları bölgesel Metamorfizma ve dislokasyon metamorfizma tesiri ile kırılmış, çatlamış ve faylaşmalar olmuştur.

- Kuzeydeki Sarıcalar ve güneydeki Alakova fayı, ovanın batısı ile doğusunu ayırmıştır. Çimento fabrikası ile taş ocağı sahası fayın batısında, yükselen blok üzerindedir.

Tersier'de muhtemelen üst Miosen devrinde Toroslar su yüzüne çıkmıştır. Bu devrede İç Anadolu'daki göllerin, yükselen Toroslar sebebi ile Mesoje (Akdeniz) denizi ile irtibatı kesilmiş ve Konya kapalı havzasında, denizin eski sulan büyük bir iç deniz (göl) meydana getirmiştir. Neojen kireçtaşları bu göl içinde teşekkül etmiştir. Daha ileri safhada havza tamamen Evaporit bir karakter almış ve Pliosen sedimanları içinde Jips teşekkül etmiştir.



Şekil 3.3 Çalışma sahasının stratigrafik jeolojisi (Konya Çimento A. Ş. arşivi).

3.2.1. Etüt sahasının jeolojisi

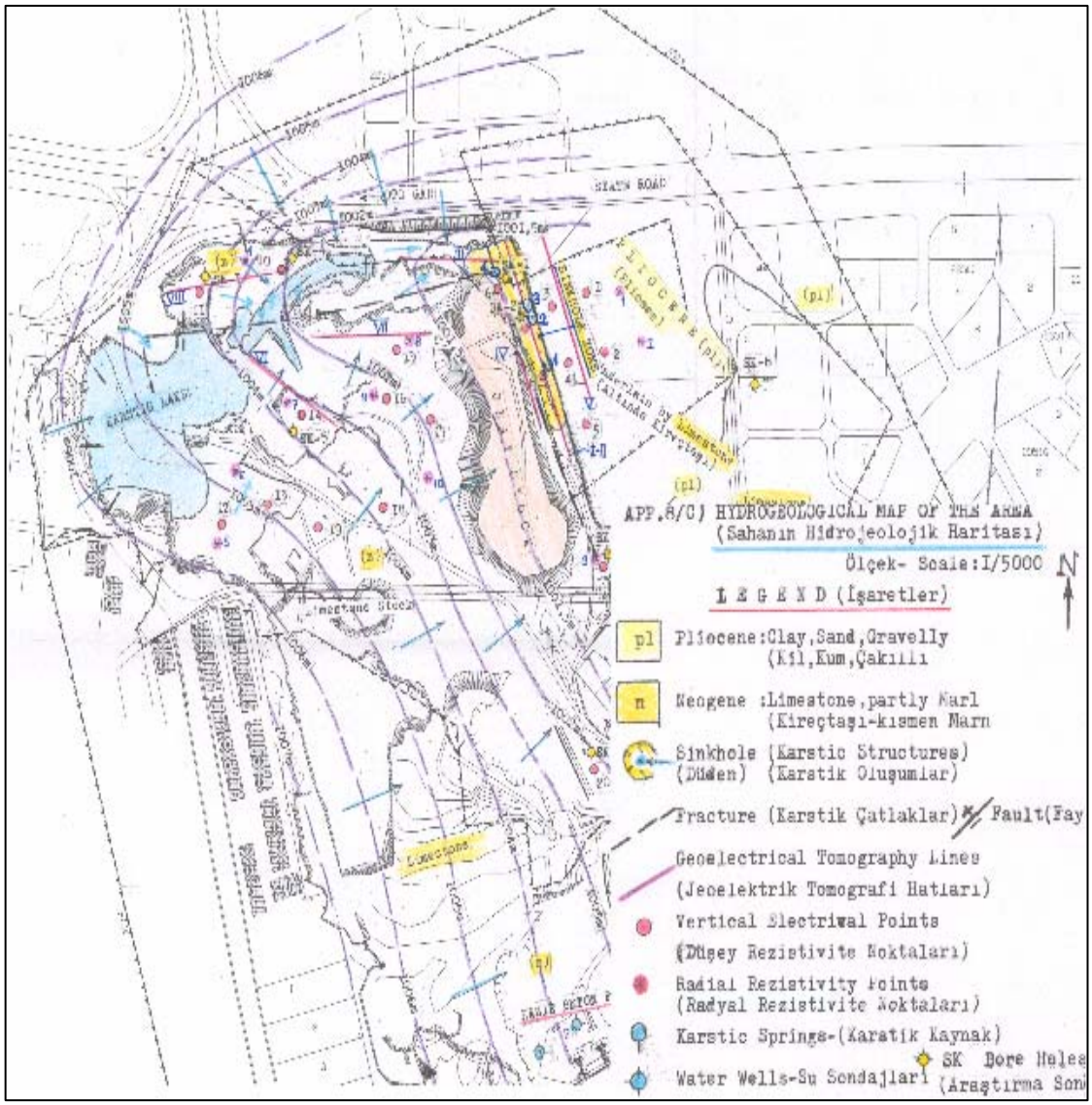
Taş ocağı, Konya kapalı havzasında yer almakta olup, sahada yalnız sedimanter kayaçlar bulunmaktadır. Bunlar Neojen devrinde teşekkül etmiş olup, Pliosen ve Miosen yaşlıdırlar. Bu jeolojik yapılar Şekil 3.4'de harita üzerinde gösterilmiştir. Etüt sahasının stratigrafik jeolojisi ve litolojisi ise Şekil 3.5'de verilmiştir. Bu yapılarla ilgili genel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

a)Pliosen Sedimanlan (pl): Bunlar, kil ve muayyen oranda kil-kum-çakıl karışımından ibaret olan Neojen (Miosen) formasyonlarının üzerinde konkordan olarak bulunurlar. Taş ocağının doğusundan başlayarak doğuya ve kuzeydoğuya

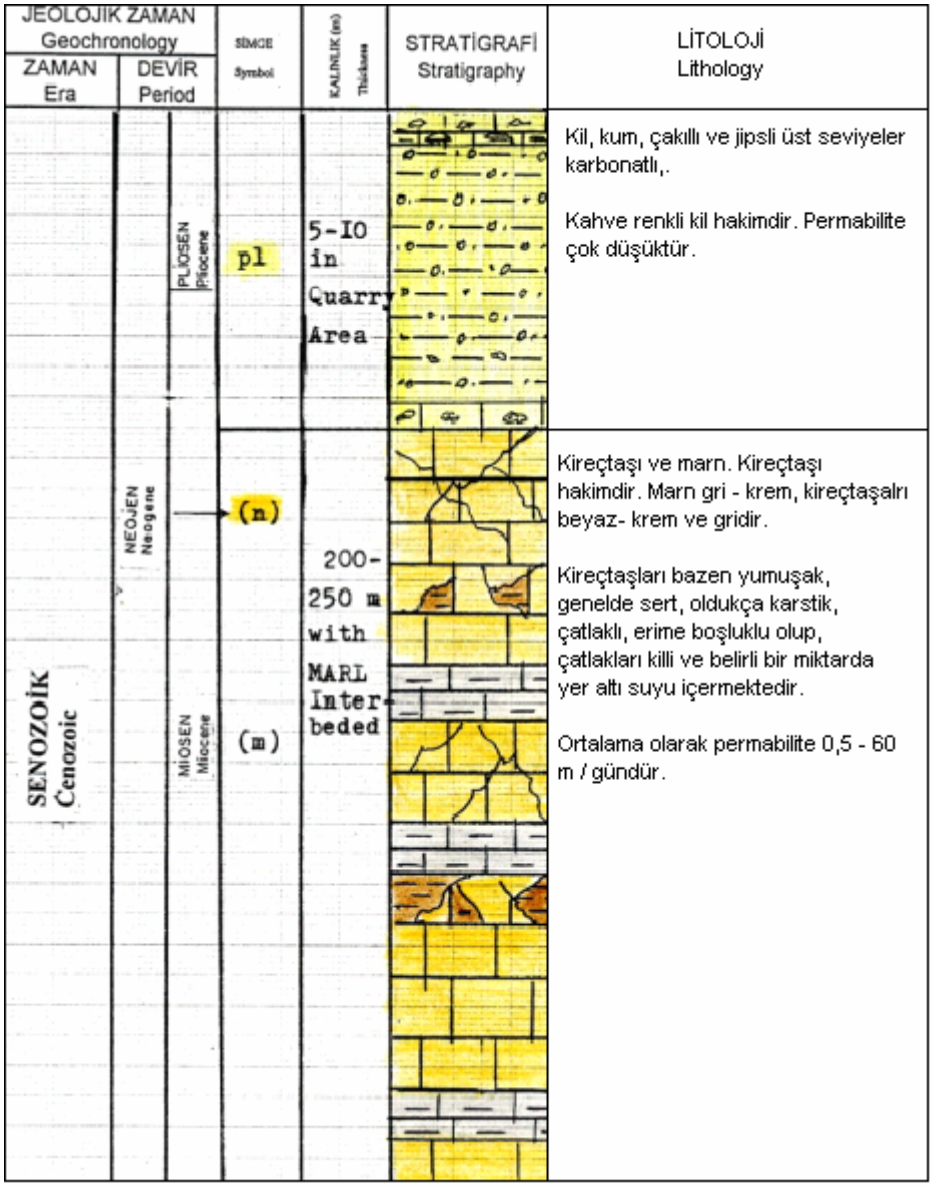
doğru yayılımları vardır. Ayrıca, Konya ovasının doğusunda, güneyinde ve kuzeyinde Kuaterner sedimanlarıyla beraber geniş alanlar kaplarlar. Kil, genelde kahve renkli olup, çimento fabrikasında malzeme olarak kullanılmaktadır. Toros dağları su yüzüne Tersier'de, muhtemelen Miosen'de çıkınca Akdeniz ile İç Anadolu göllerinin ilişkileri kesilmiştir. Konya kapalı havzası içinde oluşan büyük iç denizde Neojen formasyonları teşekkül etmiştir. O sırada havzada Evaporit karakter hakim olduğundan, Pliosen devrinde Jips (CaS(>4, 2H20) tabakalan da teşekkül etmiştir, özellikle Pliosen'in üst seviyeleri Jipslidir. Bundan dolayı, Jipsli sedimanlardan süzülen yeraltı suları sülfat iyonu ihtiva etmektedir. Suların EC (Elektriki İletkenlikleri) değerleri de bu nedenle yüksektir.

b)Neogene (n) Formasyonlan: Bunlar genel olarak marnlı olmakla beraber hakim formasyon kireçtaşıdır. Marn gri-krem; kireçtaşları ise beyaz-krem ve gri renklidir. Kireçtaşları bazı yerlerde yumuşak, genelde sert, boşluklu, çatlaklı, kırıklı, yüzeyde sünger yapılı, ince tabakalı ve yataya yakın (5-6°) eğimlidir. Çatlakların bir kışımı kahve renkli kil dolguludur. Ayrıca taş ocağı içindeki çatlaklar düşeye yakın pozisyonda olup, kuzeybatı-güneydoğu istikametindedir. Neojen kireçtaşları ve Marnlar, Konya kapalı havzasındaki iç deniz içinde teşekkül etmiştir. Marnlar yumuşak olup, yer yer kireçtaşları tabakalarının içinde ve Pliosen malzemelerin altında görülmektedir.

Sahanın güneydoğu kenarında demiryolu boyunca uzanan önemli bir fay vardır. Bu fay kuzeyde Sarıcalardan güneybatıda Alkova'ya kadar uzanmaktadır. Düşey atımlı olan bu fayla sahanın doğusu çökmüş, batı bloğu yükselmiştir. Taş ocağı ise yükselen blok üzerindedir (Şekil 3.4). Ayrıca taş ocağındaki ana kırıklar da bu fayın etkisiyle oluşmuş ve istikametleri kuzeybatı-güneydoğu olup, faya doğrudur.



Şekil 3.4 Etüd sahasının jeolojik haritası (Konya Çimento A. Ş. arşivi).

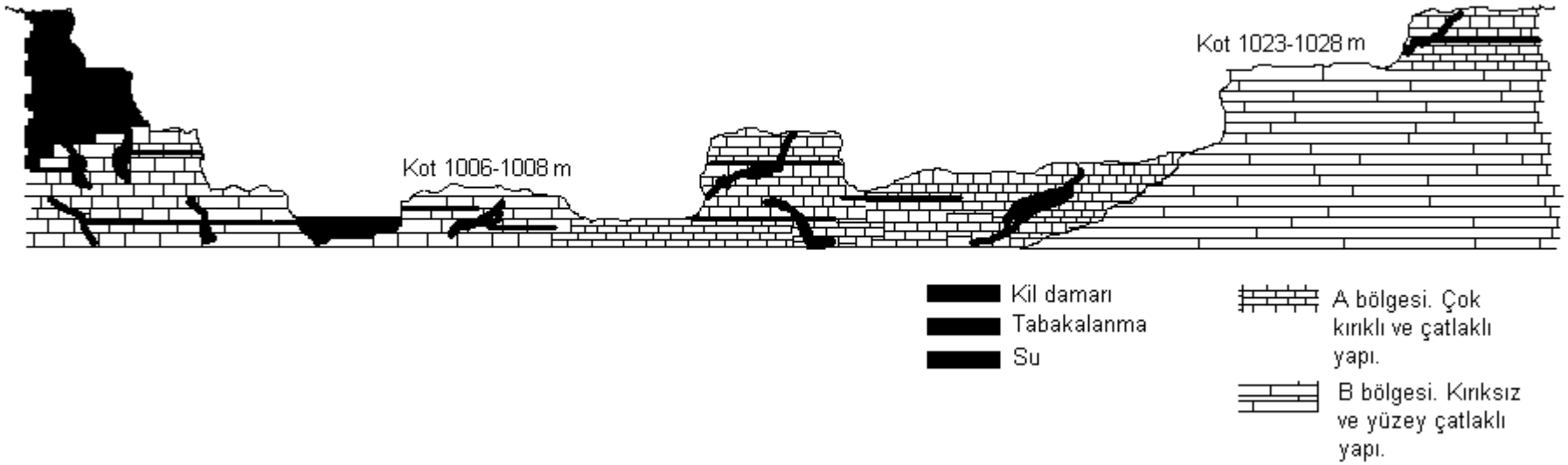


Şekil 3.5 Etüd sahasının stratigrafik jeolojisi ve litolojisi (Konya Çimento A.Ş. arşivi).

3.2.2. Taş ocağının tanıtımı

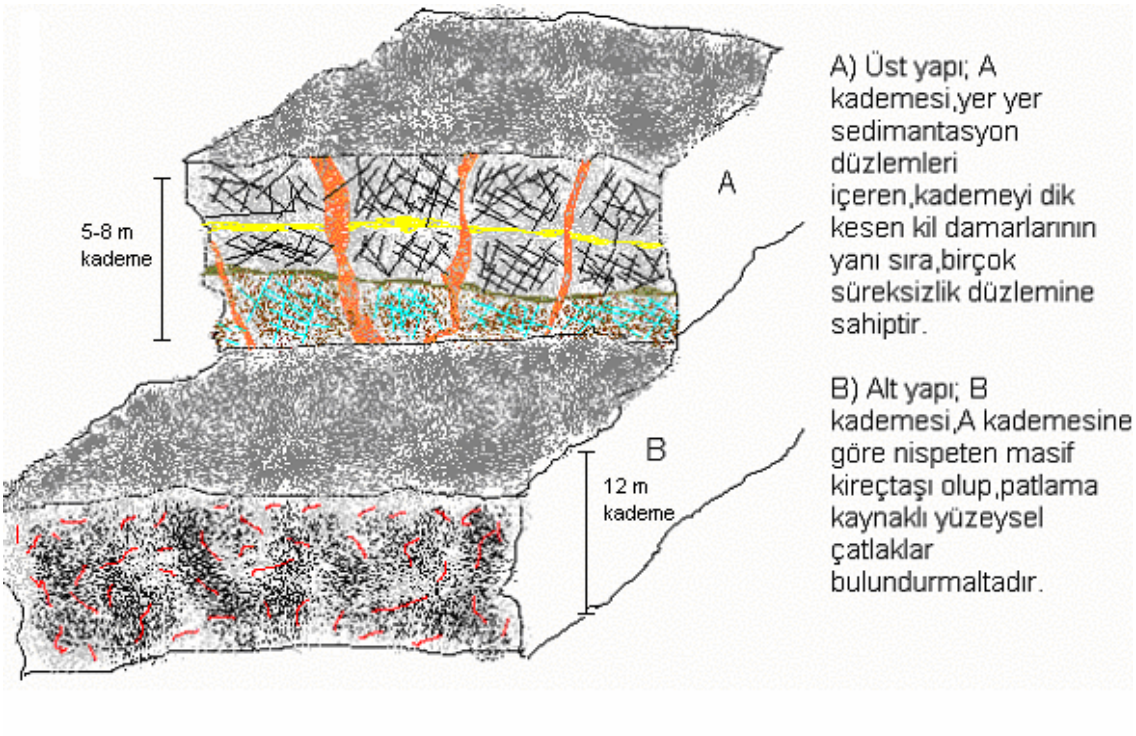
Konya Çimento fabrikası daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, yerleşim yeri içerisinde kalan bir taş ocağıdır. Taş ocağı büyük bir alanı kaplıyor olmakla birlikte, içersinde çimento üretimi için gerekli hammadde (demir cevheri, alçı, kömür vb.) ve klinker stoklarını da bünyesinde barındırmaktadır. Ocağın taban kodu hemen hemen yer altı su seviyesinde olup (yer altı su seviyesi kodu 998 m) ocağın en üst basamak kodu ise çevresinde bulunan karayolları ile aynı (1028 m)

seviyededir. Ayrıca ocakta önceden çalışılmış ve artık çalışılmayacak bir bölümde, yer altı su seviyesi ve mevsimsel yağışlar ile yapay bir göl oluşmuştur. Son olarak, Konya Çimento fabrikası taş ocağında üretimi yapılan kademeler rehabilite edilmekte ve çevresel düzenlemeleri yapılmaktadır. Taş ocağının temsili kesiti Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6 Çalışma sahasının temsili kesit görünümü.

Kazı işlemlerinde patlatma ile yapılmakta ve yükleme nakliye işleminde de "loder-kamyon" yöntemi kullanılmaktadır. Bu sahada üretim iki basamak kullanılarak yapılmaktadır. Basamak yükseklikleri 5–12 m arasında değişmektedir. Üst basamak, yapısında çok fazla düzensiz süreksizlik barındıran formasyondan ve alt basamak, bünyesinde az süreksizlik barındıran formasyondan oluşmaktadır (Şekil 3.7). Bu basamakların özellikleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.7 İşletme sahasında basamakların sınıflandırılması.

a) Üst basamak:

Üst basamak, çok kırıklı olduğundan dolayı, süreksizlikler belirli bir konumda bulunmamaktadır. Fakat yer yer kuzeydoğu istikametinde yönelmektedirler. Bazı sedimantasyon tabakaları görülse de bunlar düzenli olmamaktadır. Kademede süreksizlikler yoğun olduğundan dolayı sistematik bir aralığa sahip olmayıp, aralıkları çok çeşitli olmakta, ve devamlılıklar da tespit edilememektedir. Arazi incelemeleri sonucunda süreksizliklerin pürüzlü olmadığı gözlemlenmiş ve açıklıklarının kil dolgulu olduğu, açıklık boyutlarının ise 2–40 cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Üst basamağa ait bir fotoğraf.

Ayrıca bu basamakta yapılan sondajlardan elde edilen veriler değerlendirilerek, çalışma katmanının ayrışma, süreksizlik ve kaya kalitesi özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Üst basamağa ait sondaj verileri (Çamtaş Ltd. Şti. 2004)

Sondaj	Sondaj Kotu (m)	Derinlik (m)	Kırık/30 cm	Ayrışma	RQD
1	1008,00	10	m	II	35,5
2	1008,00	10	m	II	28,6
3	1008,50	10	m	II	40,4
Ortalama	**1008,17**	**10**	**m**	**II**	**34,8**

Ayrışma / Weathering	*Kırıklar / Fractures*	*Kaya Kalitesi Tan.(RQD)*
I : Taze / Fresh	*< 1 : Seyrek / Wide (w)*	*0-25 % Çok zay./V. Poor*
II : Az ayr. / Slightly W:	*1-2 : Orta / Moderate (m)*	*25-50 % Zayıf / Poor*
III : Orta D. ayr. / Mod. W	*2-10 : Sık / Close (cl)*	*50-75 % Orta / Fair*
IV : Çok ayr. / Highly W.	*10-20 : Çok sık / V clse (vcl)*	*75-90 % İyi / Good*
V : Tam ayr. / Comp. W.	*> 20 : Parçalı / Crushed (cr)*	*90-100 % Çok iyi/Exceln.*

b) Alt basamak:

Alt basamakta ise, nispeten masif kireçtaşı yer alıp, bünyesinde birkaç sedimantasyon tabakası bulundurmaktadır. Sedimantasyonlaşma aralıkları genellikle

1–2,5 m aralıklarında değişmektedir. Bununla birlikte sistematik bir süreksizlik sistemine de rastlanmamıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Alt basamağa ait bir fotoğraf.

Bu bölgeye ait kademelerde yapılan sondaj verileri sayesinde yapılan kaya kütle tanımlamaları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Alt basamağa ait sondaj verileri (Sondaj Makine A. Ş. 2002).

Sondaj	Sondaj Kotu (m)	Derinlik (m)	Kırık/30 cm	Ayrışma	RQD
1	1028,04	10	w	I	90
2	1029,00	10	w	I	100
3	1016,50	10	w	I	90
Ortalama	**1024,51**	**10**	**w**	**I**	**93,3**

Ayrışma / Weathering	*Kırıklar / Fractures*	*Kaya Kalitesi Tan.(RQD)*
I : Taze / Fresh	*< 1 : Seyrek / Wide (w)*	*0-25 % Çok zay./V. Poor*
II : Az ayr. / Slightly W:	*1-2 : Orta / Moderate (m)*	*25-50 % Zayıf / Poor*
III : Orta D. ayr. / Mod. W	*2-10 : Sık / Close (cl)*	*50-75 % Orta / Fair*
IV : Çok ayr. / Highly W.	*10-20 : Çok sık / V clse (vcl)*	*75-90 % İyi / Good*
V : Tam ayr. / Comp. W.	*> 20 : Parçalı / Crushed (cr)*	*90-100 % Çok iyi/Exceln.*

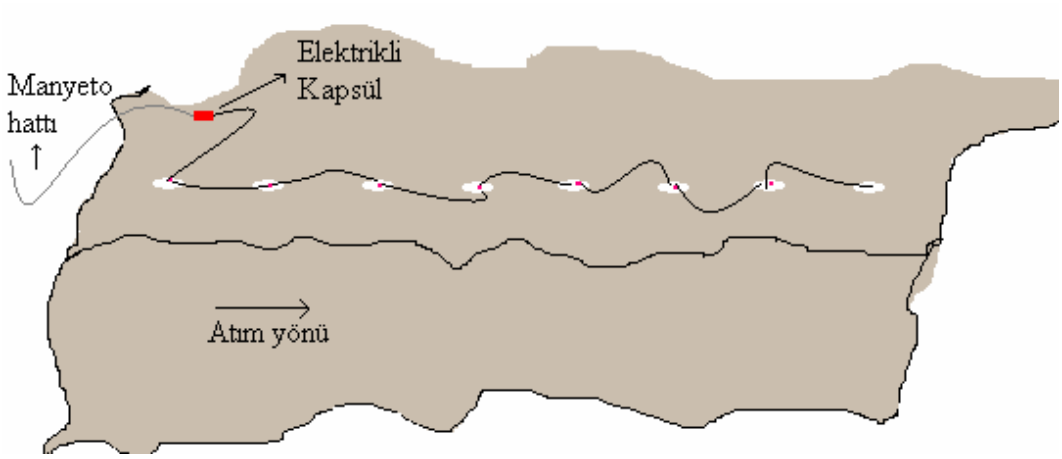
BÖLÜM IV

ÇALIŞMADA KULLANILAN DELME - PATLATMA VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Bu bölümde çalışma alanında uygulanan delme–patlatma tasarımı (delik düzeni, patlayıcı maddeler vb.), ölçüm aletleri, laboratuar çalışmaları ve patlatma değerlendirme yöntemleri kısaca açıklanmıştır.

4.1. Çalışmada Kullanılan Delme ve Patlatma Tasarımı

Konya Çimento fabrikası taş ocağında kazı, delme-patlatma yöntemi ile yapılmaktadır. Yerleşim yeri içerisinde bulunan bir ocak olduğu için, delme-patlatma tasarımı önceki tecrübelere dayanılarak standart bir hal almıştır. Ocakta delikler, genelde tek sıra şeklinde ve 8-10 delik arasında delinmekte ve grup seri bağlanarak tek hat üzerinden patlatılmaktadır (Şekil 4.1). Nadiren de olsa çift sıra olan delikler delinirken iki sırayı geçmeyecek şekilde şeş-beş şeklinde tasarlanmaktadır. Bu delikler tek hat üzerinde ve gecikmeli kapsül (25/500 ms) kullanılarak patlatılmaktadır.



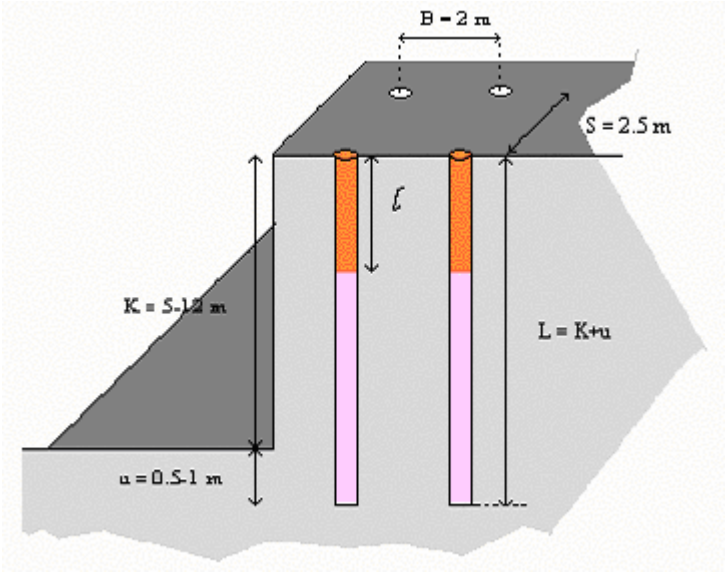
Şekil 4.1 Ocakta kullanılan tek hat üzerinden yapılan patlatma tasarımı.

4.1.1. Delik tasarımı

Çalışma sahasında, kayalar sert özellik arz ettiği için, üretim delme–patlatma yöntemi ile basamaklar oluşturularak yapılmaktadır. Delik tasarımı Türkiye genelinde ki birçok ocağın tasarımlarına benzemektedir. Furukowa HCR 12 marka vagon drill makinesiyle (Şekil 4.2), 89 mm çaplı açılan patlatma delikleri, tırnak çıkmasını engellemek için genelde basamak boyunda bir metre fazla delinmektedir. Basamak aynası ile delik mesafesi 2 m, deliklerin birbirleri arasındaki mesafe ise 2.5 m'dir. Delikler $90^{o'}$lik dik açıyla delinmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2 Patlatma deliklerini delmede kullanılan Furukowa HCR 12 marka vagon drill makinesi.



Şekil 4.3. Ocakta basamaklarda kullanılan delik tasarımı.

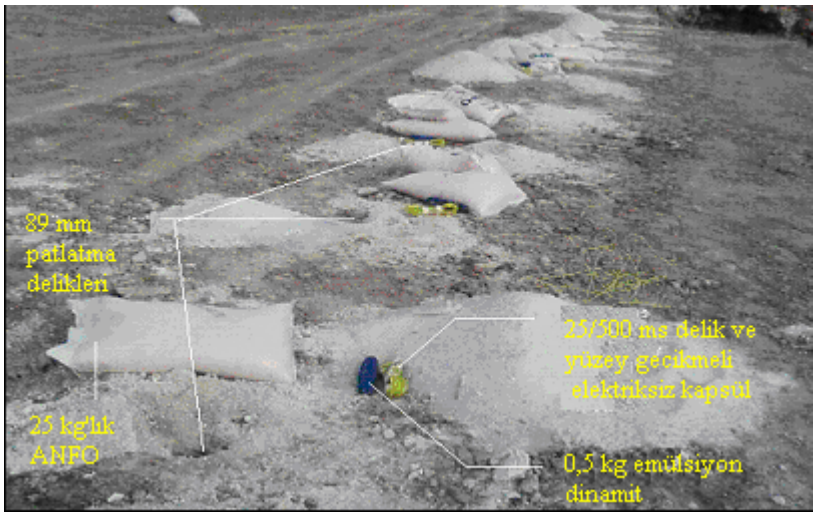
4.1.2. Patlatma tasarımı

Patlatma işlemleri, grup seri bağlanarak tek hat üzerinden gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.1). Önceden de bahsedildiği gibi, ocakta patlatma için açılan üretim deliklerinin çapı 89 mm'dir. Patlatmada kullanılan ana patlayıcı madde ANFO' dur (Şekil 4.4). Kullanılan ANFO'nun yoğunluğu 0,80 gr/cm^3 civarındadır. Delik çapı ve ANFO'nun yoğunluğuna bağlı olarak, delik içerisinde 5 kg ANFO bir metre şarj yüksekliği vermektedir (Bilgin ve Çakmak 2006). Buna göre delik boyuna bağlı olarak, delik başına 15–50 kg arasında ANFO kullanılmaktadır. Yemleme olarak delik başına 0,5 kg ağırlığında bir adet kapsüle duyarlı emülsiyon dinamit kartuşu kullanılmaktadır. Böylelikle delik başına kullanılan patlayıcı miktarı 15,5–50,5 kg arasında değişmektedir. Ateşleme için, ilk enerji elektrikli kapsülle yapılmakta olup, deliklerde 25/500 ms delik ve yüzey gecikmeli, elektriksiz kapsüller kullanılmaktadır (Şekil 4.5).

Özellikle ateşleme sisteminin bu şekilde gecikmeli olması bir takım avantajlar getirmektedir. Bu sistemde kapsüllere patlatma grup sırası içerisinde gecikme verilmekte, birbirini peşi sıra fakat tek tek patlamaktadır. Bu nedenle bir grupta kaç delik olduğunu önemi pek kalmamaktadır. Buda beraberinde yer sarsıntısı açısından birim zamanda ateşlenen patlayıcı miktarını düşürmekte dolayısıyla yer sarsıntısını

düşürmektedir. Ayrıca patlatma hattının yönlendirilebilmesi ve deliklere serbest yüzey oluşturması açısından patlatmanın verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu sistem hakkında söyleyebileceğimiz son şey ise, sistemin iş güvenliği açısından oldukça güvenli ve pratik olmasıdır. Deliklerin şarjı tamamlandıktan sonra kesinlikle üç metre sıkılama yapılmaktadır. Bu da hem iş güvenliği açısında hem de patlatmanın verimi açısından oldukça önemlidir. Kullanılan patlayıcı maddelerin temini Orica–Nitro A.Ş. firmasından sağlanmaktadır.



Şekil 4.4 Patlatma işleminde kullanılan patlayıcı maddelerden ANFO, emülsiyon dinamit ve elektriksiz kapsüllerden bir görünüm.



Şekil 4.5. Deliklere patlayıcı madde şarjı ve sıkılama.

4.1.2.1. Patlayıcı maddelerin özellikleri

Patlatma çalışmalarında iki tür patlayıcı kullanılmaktadır. Bu patlayıcıların özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

a) ANFO: ANFO madencilikte yaygın ve sıklıkla kullanılan, karışım halinde hazırlanan bir patlayıcı türüdür. Normal şartlarda patlayıcı değildir. ANFO, oksitleyici olarak ağırlıkça % 94.3 oranında Amonyum Nitrat (AN) ve yakıt olarak (indirgen) % 5.7 oranında Fuel-Oil'in homojen bir şekilde karıştırılması sonucu elde edilen bir patlayıcıdır. İdeal patlama hızı 4850 m/s, ideal patlama basıncı 48960 atm olmaktadır. Stoklamada en az 6 ay mazotu bünyesinde tutar. Etkin kullanımda dikkat edilmesi gereken hususların başında ANFO'nun etkin bir şekilde ateşlenmesinde yemleyici dinamit hayati öneme sahiptir. ANFO'yu en yüksek potansiyel değerde ateşlemek için hızı yüksek bir yemleyici (emülsiyon veya jelatinit dinamit gibi) kullanılmaktadır. ANFO, sürtünmeye ve darbeye karşı, bünyesinde nitrogliserin veya nitroglikol ihtiva eden patlayıcılara oranla çok daha duyarsız ve güvenlidir. Ayrıca, stoklama veya kullanım sırasında, içeriğinde nitrogliserin bulundurmaması sebebi ile baş ağrısı ve diğer sağlık sorunlarına neden olmaz. ANFO'dan optimum performans elde etmek için yemleyicinin çapının patlatma delik çapına tamamen yakın olması gerekmektedir. ANFO'nun kararlı hal hızına ulaşması için yemleyici dinamit yeterli bir boyda olmalıdır.Yemleyicinin boyu geometrik nedenlerden dolayı daima delik çapına eşit ya da yakın olmalıdır. Suya karşı dayanıklı değildir.

b) Emülsiyon Dinamit : İçeriğinde, Amonyum Nitrat > 70 %, Su < 10 %, Stabilazer 0–5 %, Yağ 0–10 %, Tampon Çözelti 0–1 % gibi bileşenler bulunmaktadır. Normal şartlarda patlayıcı değildir. Kapsüle duyarlı yüksek güçlü emülsiyon patlayıcıdır. İdeal patlama hızı 6345 m/s, ideal patlama basıncı 119350 atm'dir Dinamit ile yapılan patlatmalarda, dinamit yerine birebir olarak kullanılır. Yüksek iş güvenliğine sahiptir. Suya karşı çok dirençlidir. Bileşiminde nitrogliserin veya nitroglikol içermediği için, sürtünme ve patlamaya karşı, dinamite kıyasla çok daha güvenlidir. Nitrogliserin bazlı dinamitler gibi baş ağrısı yapmamaktadır. İnşaat sektörü, tüneller ve madencilik sektöründe kullanım alanı bulunmaktadır.

c) Elektriksiz Kapsül : Taş ocağında kısa gecikme aralığına sahip elektriksiz kapsül kullanılmaktadır. Elektriksiz kapsül, bünyesinde pentaeritritroltetranitrat., kurşun azid, siklo tetrametilen, tetranitramine, kurşun silikon oksitleri ve birde baryum sülfat gibi maddeler bulunmaktadır. Ürünle oynanmamalı, kapsül tüpleri veya şok tüpler herhangi bir şekilde kesilmemeli, kuvvetli şoklara maruz bırakılmaması gerekmektedir. Bu şoklar tüplerde gerilmelere sebebiyet vereceğinden ağır şartlarda istenmeyen bozulmalara ve hatta patlamalara sebebiyet verebilir. Tüp içerisinde düzgün şekilde yayılmış patlayıcı bulunmaktadır. Ateşle temas ettiği takdirde patlayabilme riski çok fazladır. Delik içi kapsül ve yüzey gecikme elemanı bir aradadır. Gecikme süresi tam doğruluktadır. Bağlantısı hızlı ve basittir. Kolaylıkla fark edilebilir görünümdedir. Kopma ve sürtünmeye karşı çok dayanıklıdır. Her türlü sıcak ve soğuk hava koşullarında kullanılır. Kullanım kolaylığı sağlayan 8 sayısı şeklinde sarılmıştır. Stok çeşitliliğini azaltır. Patlatma öncesi tasarım değişiklikleri yapılabilir. Mükemmel atım kontrolü sağlar. Bağlantı kolaylığı verimliliği arttırır. Bağlantı kontrolü hızlıdır. Her türlü hava koşullarında kullanılır. Düğümlenme ve karışıklık meydana gelmez. İşletme maliyetlerini azaltır. Madencilik ve bayındırlık işleri (baraj-yol-kanal-tünel-taşocağı vb) uygulamalarında kapsüle duyarlı patlayıcıları ateşlemek için tasarlanmıştır.

4.2. Arazide Sarsıntı Ölçüm Yöntemleri Ve Ölçüm Aletleri

Bu başlıkta yer sarsıntısını tespitinde kullanılan ölçüm yöntemleri ve ölçüm yapmada kullanılan ölçüm aletleri hakkında ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.

4.2.1. Yer sarsıntısı ölçüm yöntemleri

Her bir sarsıntı sismograf tarafından kayıt edilmektedir. Alınan bu kayıtların parçacık hızları bu güne kadar yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulmuş olan, USBM, Alman DIN150 gibi hasar kriterleri standartlarına bakılarak, patlatmanın çevre etkileri yönünden değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu yapılan değerlendirmeler sonucunda, patlatmalar kontrol edilebilir hal almakta ve çevresel etkileri en aza indirilebilmektedir. Bu değerlendirmeleri yaparken en sık kullanılan

yöntemler parçacık hızı ve ölçekli mesafe yöntemleridir. Bu yöntemler aşağıda genel hatları itibariyle özetlenmiştir.

4.2.1.1. Ölçekli mesafe

Patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki mesafenin, birim zamanda patlayan patlayıcı madde miktarına oranı ölçekli mesafe olarak tanımlanmaktadır. Kaynak bölümünde de belirtildiği gibi, yer sarsıntısını oluşturan en önemli faktör gecikme başına düşen birim patlayıcı olmaktadır. Başka bir deyişle; ölçekli mesafeler bilinirse; mesafeye bağlı olarak güvenle patlatılabilecek madde miktarları yada patlayıcı madde miktarına göre güvenle patlatma için gereken mesafeler hesap edilebilir. Ölçekli mesafenin hesap edilmesinde yaygın olarak, aşağıdaki eşitlikten yararlanılmaktadır (Ak 2006).

$$SD = \left(R \ / \sqrt{Q} \right) \tag{4.1}$$

Burada; *SD,* ölçekli mesafe; *R*, atım yeri ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklık, (m); *Q, g*ecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı miktarıdır (kg).

4.2.1.2. Parçacık hızı

Parçacık hızı, patlatma kaynaklı bir yer sarsıntısı durumunda, bir noktadaki parçacığın, bir saniyede kaç kez titrediğini gösteren bir değer olarak tanımlanmaktadır. Bu yolla, oldukça katı sayılabilecek olan ölçekli mesafe sınırlandırılmasının yerine daha esnek bir denetleme şekli amaçlanmaktadır. Parçacık hızının önceden tahmin edilebilmesi için yaygın olarak, Nicholls ve ark., Duvall ve Fogelson Ve Siskind ve ark. tarafından tasarlanan aşağıdaki eşitlikten yararlanılmaktadır (Ak 2006).

$$PPV = \mathrm{k} \cdot \left(SD \right)^{-\beta} \tag{4.2}$$

Burada; PPV, maksimum parçacık hızı (mm/sn); k, arazi iletim katsayısı (kayacın homojenliğine, fayların ve çatlakların varlığına bağlı sabit); β, arazi sönümlenme katsayısıdır (özel jeolojik sabit).

Başka bir tanımlamayla, sismograflar ölçüm yapılacak yerlere yerleştirilip patlatma yapılan bölgeye yönlendirilerek kayıtlar alındıktan sonra, yanal, düşey, boyuna ve en yüksek vektörel bileşke eksenlerinde en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisinin belirlenmesi gerekir. Bu ilişki aşağıdaki eşitlik ile gösterilmiştir (Dowding 1985).

$$PPV = k\left(\frac{R}{\sqrt{Q}}\right)^{-\beta} \tag{4.3}$$

Burada; PPV en yüksek parçacık hızını (mm/s), R ölçüm noktasının veya söz konusu binanın patlatma yerinden olan uzaklığını (m), Q her gecikmede devreye giren patlayıcı madde miktarını (kg), k ve β sarsıntı iletim ve sönümlenme katsayılarını tanımlamaktadır.

4.2.2. Arazi ölçüm aletleri

Saha çalışmalarında ölçüm alınırken, patlatma çalışmalarına dolaylı (GPS, koordinat vb.) ve doğrudan (şakul, sismograf) yardımcı olan ölçüm aletleri kullanılmıştır. Kullanılan bu aletlere ait kısa bilgilere aşağıda özetlenerek sıralanmıştır.

a) Magellan mobil GPS: Global Positioning System. (Global Yer Belirleme Sistemi) olarak da bilinen GPS'ler, düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır. Uydularla aramızdaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yerimizi tespit etmeye yarayan bir cihazdır. GPS'lerin karada, havada ve denizde bir çok kullanım alanı bulmaktadır. GPS'ler kapalı alanlar ve su altı gibi sinyallerin alınmasının güçleştiği yerler dışında dünya üzerinde her yerde çalışabilmektedir.

Çalışmamızda GPS' ten, patlatma ve ölçüm noktalarının koordinat değerlenin bulunmasında yararlanılmıştır. Kullandığımız GPS Magellan Sportrak Pro modeli olup (Şekil 4.6), 3 boyutlu Türkiye haritasının yanında WAAS-EGNOS desteği de (±3 metre) mevcuttur. Nokta kapasitesi 500 olan GPS, koordinat sistemlerinden UTM, LAT-LONG, MGRS, USER gibi tüm Türk ulusal ve uluslararası koordinat sistemlerini içermektedir.



Şekil 4.6 Magellan GPS.

b) Şakul: Deliklerin şarj işlemi sırasında sıkılama boyunu belirlemek için kullanılan, deliğe girebilecek şekilde ucunda ağırlık bulunan basit bir ekipmandır.

c) White Mini Seis II Sismograf: Genel itibariyle sismograf, yer sarsıntılarının şiddetini, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan cihazdır. Bu çalışmada kullanılan taşınabilir sismograflar aynı zamanda da hava şokunu ölçebilmektedirler. Bu cihazlar kendi içerisinde yeniden şarj edilebilir bir bataryaya sahiptirler. Cihazda, ses şiddetini kayıt edebilmek için harici bir mikrofonun yanında, sismik dalgaları her üç yönde (enine, boyuna ve düşey) bileşenini kayıt etmek için üç ayaklı bir jeofon vardır. Cihazın son kalibrasyon tarihi 30.07.2006'dır. Dahili ve harici yazıcı cihazlarla sismograf verilerinin çıktısı alınabilmektedir. Çalışmada kullandığımız sismografın çıktısı harici yazıcılardan alınabilen çıktılardandır. Ayrıca sismograf firmasının, cihazın yanında verdiği bilgisayar yazılımı sayesinde, sismograf verileri ayrıntılı olarak analiz edilebilmektedir. Günümüzde yerleşim yerlerinde yapılan madencilik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tipik bir sismografın

ölçebileceği en yüksek parçacık hız değeri 254 mm/s ve frekans aralığı da 2-200 Hz'dir (Erkoç ve Esen 1998). White Mini Seis II marka sismografın teknik özellikleri aşağıda Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 White Mini Seis II sismografının teknik özellikleri.

Frekans aralığı	Saniyede 1024 örnek için 2'den 250 Hz'e kadar.
Sismik sensörler	Hız jeofonları ve ivme ölçerler olmak üzere üç bileşen monte edilmiştir.
Mikrofon	En az 160 dB'i ölçebilen seramik elementli.
Hafıza	Bütün özet, kurulum ve kayıt edilmiş veriler saklanabilmekte ve Lityum bir backup aküsü verileri saklamada kullanılabilmektedir.
Saat	Birincil güç kaynağı çalışmasa bile tarih ve zaman çalışabilmektedir.
Zamanlama Modu	Günlük sadece istenen saatlerde aktif olmasına izin veren sistem vardır.
Gösterge	Aletin kurulumunu kolaylaştırmak için yüksek kontrastlı LCD ekran, 40 karaktere sahiptir. Aynı zamanda veri özeti ve çalışma parametrelerini operatörün görmesine izin verebilmektedir.
Pil	6 volt'luk şarj edilebilir özelliktedir.
Çalışma zamanı	Dolu bir pil ile saniyede 1024 örnek alarak 7 günden 10 güne kadar çalışabilmektedir.
Çalışma ısısı	-18 + 54 °C arasıdır.
Boyut	Yaklaşık olarak 7.5 inç x 4.5 inç x 2.5 inç'dir.
Ağırlık	Yaklaşık olarak aksesuarlar olmadan 1.6 kg.
Aksesuarlı ağırlık	2.7 kg.
Kayıtların depo edilmesi	Hafızaya bağlı olarak 20–300 arasında patlatma olayı.
Örnek sayısı	Kanal başına saniyede 512 veya 1024 örnek.
Sismik oranları	0.125 –254 mm/sn arasıdır.
Ses oranları	100 – 142 dB veya 106 – 148 dB
Tetikleme seviyeleri	Sismik: mesafeye bağlı olarak 0.064–116 mm/sn arasıdır. Ses: 106–142 dB veya 112–148 dB arasıdır.
Kayıt süresi	Saniyede 1024 örneği 1 – 9 saniye arasında kayıt edebilmektedir.

Sismografların ön kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı genel kurallar vardır. Bu kurallara uygun olarak çalışılması, ölçümlerin standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesi açısından önemlidir. Bu kurallar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Brochu ve Eltschlager 1999). Bu kurallar şöyle olmaktadır;

- Cihazların kullanım kılavuzu iyi incelenmelidir.
- Sismografların her yıl kalibre edilmesi gerekir.

- Cihazın tetik seviyesi patlatma kaydını almak için yeteri kadar düşük olmalıdır (yer sarsıntısı için 0.5 mm/s ve gürültü için 120 dB yeterlidir).
- Dalga formu kayıt edilmelidir.
- Cihaz ile patlatma yeri arasındaki uzaklık bilinmelidir. Bu iki nokta arasındaki eğim 21,8º'yi geçerse gerçek uzaklık kullanılmalıdır. Arazi katsayılarının (iletim ve sönümlenme) belirlenmesi için yapılan ölçümler belli bir yönde yapılmalıdır.
- Yumuşak ve bozuk zeminlerde cihazın zeminle tam olarak temasını sağlamak için cihazla birlikte sağlanan çiviler kullanılmalıdır. Eğer zemin sağlam ise doğrudan zemine yerleştirmek yeterlidir. Eğer zemin bozuksa, cihaz yüksekliğinin en az üç katı kadar derinlikte çukur açarak cihazın gevşek olmayan zemine saplamak gerekir. Çok sert zeminlerde ise dübel kullanarak veya çuvalla (cihazı örtecek boyutta, 5-10 kilo ağırlığında, kum yada kırma taş malzeme içeren) cihazın üstünü örtmek suretiyle cihazın zeminle sıkı teması sağlanmalıdır.
- Cihazın boyuna ekseni patlatma yönüne bakmalı ve cihaz yatay pozisyonda olmalıdır.

Ölçümlerde kullandığımız "White Mini Seis II" sismograf (Şekil 4.7), iki kanallı (titreşim ve hava şoku), üç noktadan zemine sabitlenen bir jeofon ve hava şokunu ölçmede kullanılan harici bir mikrofondan oluşmaktadır. 340 ölçüm kapasiteli, bilgisayar bağlantısı ile sismograf verilerinin çıktısı alınabilen, yer sarsıntısının yanında hava şokuna ölçebilen bir sismograftır. Ayrıca firmanın geliştirmiş olduğu bilgisayar yazılımı sayesinde, sismograf verileri detaylı incelenebilmektedir.



Şekil 4.7 Parçacık hızı ölçümlerinde kullanılan White II sismograf.

4.3. Arazi ve Laboratuar Çalışmalarında Kullanılan Yöntemleri

Arazi ve laboratuar çalışmaları kaya kütlesinin ve kaya maddesinin özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaca yönelik fiziksel, mekanik deneyler yapılmış ve kaya kütle sınıflaması ile kaya kütle özellikleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar ve yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. Laboratuar çalışmalarında kullanılan yöntemler

Laboratuar çalışmaları fiziksel ve mekanik deneyler olmak üzere iki başlık altında yapılmıştır. Laboratuar çalışmalarında kullanılan numuneler, taş ocağında yapılan patlatmalar sonrası örselenmemiş kaya parçalarından temin edilmiştir. Temin edilen bu numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik olmak üzere toplam sekiz deney yöntemi uygulanmıştır.

4.3.1.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Laboratuar çalışmalarında, fiziksel deneylerden; yoğunluk belirleme, su emme, sertlik belirleme ve porozite ve boşluk belirleme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde, üst basamak ve alt basamaktan alınan belirli sayıda numuneler kullanılmıştır. Bu deneyler aşağıda maddeler halinde kısaca özetlenmiştir.

a) Yoğunluk belirleme deneyi: Yoğunluk kayaçların hacim hesaplarında ve nakliye hesaplamalarında kullanılmaktadır. Deneyde kullanılan numuneler küp veya silindirik olmalıdır. Alınan numunelerinin boyutları birbirine dik yönlerde kompasla 0,1 mm hassasiyetle en az iki defa ölçülür ve bu değerlerin ortalaması alınır. Ölçülmüş bu değerler yardımıyla numunelerinin hacimleri (V) hesaplanır. Numunelerin kuru ağırlıklarını bulabilmek için numuneler, 105 ± 5 ^{o}C'de 24 saat etüvde kaldıktan sonra kuru ağırlıkları (W_d) belirlenir. Etüvden çıkartılan numuneler 30 dakika desikatörde soğutulduktan sonra, hassas terazi ile tartılarak kuru ağırlıkları bulunur (Ulusay vd. 2005).

Deneyde 50,5 mm çapında üst ve alt basamağa ait toplam 20 adet silindirik numune kullanılmıştır (Şekil 4.8). Yoğunluk, deney için alınan numunelerinin toplam ağırlığının, toplam hacme bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Birimi g/cm^3 veya t/m$^{3'}$ dür. Yoğunluğu belirlemede kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$\delta = M_k / V \qquad (g/cm^3) \tag{4.4}$$



Şekil 4.8 Yoğunluk belirleme deneyinde kullanılan numuneler.

b) Su emme deneyi: Kayaçlarda su emme bir çok fiziksel özelliği etkilemektedir. Eğer kayaçta, su emme fazla ise porozite (gözeneklilik) fazla, boşluk ve çatlaklar çok ve ayrışma miktarı yüksek olmaktadır. Buna rağmen, su emmenin az olması, basınç direnci, E modülü gibi mekanik özelliklerin büyük olmasına yol açmaktadır (Köse ve Kahraman 1993).

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin, ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarın tayini amacıyla yapılmaktadır (Ulusay vd. 2005). Kayaçlarda su emme deneyleri, ağırlıkça ve hacimce su emme olmak üzere iki türde yapılmaktadır.

Ağırlıkça su emme kayadaki su ağırlığının, kuru ağırlığa oranı olarak bulunmaktadır. Bu çalışmada ağırlıkça su emme deneyi yapılmıştır. Deneyde yoğunluk deneyinde kullanılan numuneler kullanılmıştır.

Numunelerin önce boyutları birbirlerine dik yönde kompasla 0,1 mm hassasiyetle en az iki defa ölçülür ve bulunan değerlerin ortalaması alınır. Alınan numuneler saf su doldurulmuş beherde 12 saat bekletildikten sonra, beherden çıkartılarak hassas terazide ıslak ağırlıkları (W_s) bulunur. Bu aşamayı takiben örnekler, 105 ± 5 ^{o}C'de etüvde 24 saat kurutulup, kuru ağırlıkları (W_d) hassas terazi yardımıyla belirlenir. Aşağıda bu deney ile ilgili formüle yer verilmiştir. Yoğunluk deneyinde kullanılan numuneler, bu deneyde de kullanılmıştır.

$$A_w = (W_s - W_d / W_d) \; x \; 100 \qquad (4.5)$$

c) Sertlik belirleme deneyi: Schmidt çekici (Şekil 4.9) deneyi ile bulunan değer bir indeks değeridir. Deney kayaçlarda, Schmidt geri sıçrama değerinin tayini ve dolaylı olarak tek eksenli basma dayanımlarının bulunması amacıyla yapılmaktadır.

Çekicin N ve L olmak üzere iki tipi vardır. L tipi 0,74 Nm çarpma enerjisine sahiptir ve yaygın kullanımı olarak kullanımdadır (ISRM 1981). Çekiç düzgün

numuneler üzerinde kullanılmalıdır. Çekiç laboratuar ortamında, numuneler üzerine bastırılır. Çekiçten geri tepme sesi geldiğinde, çekicin gövdesi üzerindeki sabitleme tuşuna basılır ve sertlik değeri okunur. Bu işlem numune üzerinde en az 10 bölgede tekrarlanır. Daha sonra laboratuardan elde edilen Schmidt sertlik değerleri büyükten küçüğe sıralanır ve en küçük % 50'si iptal edilir. Geri kalan değerlerinde aritmetik ortalaması alınır ve standart sapması bu ortalamaya dahil edilerek deney sonucuna ulaşılmaktadır. Deney yapılırken, üst ve alt basamağa ait her iki blok üzerinde de 20 okuma alınmış ve bu verilere göre Schmidt sertliği belirlenmiştir.



Şekil 4.9 Schmidt çekici.

d) Porozite ve boşluk oranı belirleme deneyi: Bu deneyin amacı, şişebilen, ıslanma-kuruma sonunda dağılabilen kayaçların haricindeki, belirli bir geometriye sahip olan kayaçlardaki porozitenin belirlenmesidir.

Deney numunelerinin her birinin, çap (D) ve boy (L) değerleri, kompasla birbirine dik olacak şekilde iki yönde alınır ve deneyde bu değerlerin ortalaması alınarak örneklerin hacimleri (V) hesaplanır. Daha sonra örnekler, 105 ^{o}C'ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almayacak şekilde 30 dakika desikatörde tutularak kuru ağırlıkları (W_d) bulunur. Kuru ağırlığı belirlenen numuneler, su dolu bir beherin içine en az 48 saat kalacak şekilde bırakıldıktan sonra çıkarılarak en az 1 saat süreyle 800 Pa gibi düşük bir vakum altında suya doygun hale getirilir. Daha sonra sudan çıkarılan örnekler, kâğıt havluyla silinir ve suya doygun ağırlıkları (W_s) belirlenerek porozite ve boşluk oranı tayini yapılır. Aşağıda deneyde kullanılacak formüllere yer verilmiştir.

Boşlukların hacmi (cm^3), $V_v = \frac{W_S - W_d}{p_W}$, p_w: suyun yoğunluğu (4.6)

Porozite (%), $n = \frac{V_V}{V} x100$ (4.7)

Boşluk oranı, $e = \frac{n}{100 - n}$ (4.8)

4.3.1.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Bu tez çalışmasında uygulanan mekanik deney yöntemleri, tek eksenli basınç, dolaylı çekme, nokta yükleme dayanımı ve ultrasonik ölçüm deneyleri olmuştur. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi özellikle üst basamak-alt basamak arasındaki farkı koyabilmek adına önemli bir değerdir. Bununla beraber ultrasonik ölçüm deneyi, özellikle basamaklardaki farklılıkların, dalga hızlarına nasıl etki ettiğini görebilmek için seçilmiştir. Üst ve alt basamaktan alınan belirli sayıda numunelerin, hem ıslak hem kuru olacak şekilde deneyleri yapılmıştır. Bu yapılan çalışmalara aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

a) Tek eksenli basınç dayanımı deneyi: Bu deneyin amacı, kayaçların, dayanımlarını bulmada, kaya kütle sınıflamasında ve tasarımlarda yaygın olarak kullanılan tek eksenli basınç dayanımı belirlemektir.

Deneyde silindirik numuneler kullanılmıştır. Deney için, düzgün eksenel kuvvet uygulayabilecek bir hidrolik prese (Şekil 4.10) ihtiyaç vardır. Ayrıca numunelere düzgün bir yük dağılımı vermek için, numune çaplarına uygun iki adet, en az 15 mm kalınlıkta, 0,05 mm duyarlılıkta düzgünlüğe sahip ve en az C30 (Rockwell sertliği) sertliğinde küresel yatağa ihtiyaç olmaktadır. Numunelerin boy/çap oranı 2,5–3 arasında olmalıdır. Numuneler pürüzsüz ve düz bir yüzeye sahip olmalıdırlar. Örneğin alt ve üst yüzeyleri 0,002 mm duyarlılıkta ve birbirine paralel, düşey yüzeyleri ise 0,001 radyan değerinde sapma göstermelidirler. Bu şartlar sağlandıktan sonra, numuneler hidrolik prese yerleştirilir ve düzgün bir yükleme verilerek kayacın yenilmesi sağlanır. Yenilme sağlandığında hidrolik sistem durdurulur ve yenilme kuvvet değeri göstergeden okunur. Göstergeden okunan

kuvvet değeri, numunelerin alanına bölünerek tek eksenli basma dayanımı gerilme değeri belirlenir. Deneyde üst ve alt basamağa ait suya doygun ve kuru olmak üzere toplam 20 adet numune kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan numunelerin çapları 50,5 mm, boyları ise 123 mm ebadındadır. Aşağıda deneyde kullanılacak formüllere yer verilmiştir.

$$\sigma_c = F / A \qquad (4.9)$$

A: Silindirik numunenin kesit alanı ($= \pi(D/2)^2$)

F: Yenileme anındaki yük (kN)

σ_c: Tek eksenli basma dayanımı (MPa)



Şekil 4.10 Tek eksenli basınç dayanımı deneyi ve kullanılan pres.

b) Dolaylı çekme (Brazilian) dayanımı deneyi: Bu deney, disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında, çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayin edilmesi esasına dayanır.

Deney için gereken en önemli parça, numunelerle kontak halinde olan ve hidrolik presin verdiği yükü, numune üzerine aktaran çenelerdir. Kullanılan çenelerin yarıçapı, örneğin yarıçapının 1,5 katı olmalı, genişlikleri ise numune kalınlıklarının 1,1 katı olmalıdır (Şekil 4.11). Numunelerin çapları ve kalınlıkları, birbirine dik iki ayrı yönde 0,1 hassasiyetinde kompasla ölçülür. Numuneler 15–30 saniye arasında yenilmeye uğrayacak şekilde yüklenir ve yükleme hızı olarak genelde 200 N/s bir hız

önerilir. Numunenin yenildiği andaki yük değeri göstergeden okunur ve aşağıda verilen formülde yerine konularak, dolaylı çekme gerilmesi hesaplanır. Deneyde her iki basamağa ait suya doygun ve kuru olmak üzere toplam 24 numune kullanılmış ve kullanılan numunelerin çapları 50,5 mm olmuştur.

$$\sigma_t = \frac{0{,}636 \cdot F}{D \cdot t} \tag{4.10}$$

F: Numunenin yenilmesi anında uygulanan yük (kN)

D: Numune çapı (mm)

t: Numune kalınlığı (mm)

σ_t: Çekme dayanımı (MPa)



Şekil 4.11 Dolaylı çekme deneyi görüntüsü.

c) Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi: Nokta yükleme deneyindeki amaç, kayaçları dayanımlarına göre sınıflamada kullanılan nokta yükünü belirlemektir.

Deney için, başta nokta yükleme aleti ve konik başlıklar, ayrıca 0,1 mm hassasiyetinde kompas gereklidir. Bu deneyde, silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli numuneler de kullanılabilir. Deney çapsal, eksenel ve blok ve düzensiz numunelerle olmak üzere üç şekilde yapılabilmektedir (Ulusay vd. 2005). Bu çalışmada, silindirik numuneler üzerinde çapsal deneyler yapılmıştır (Şekil 4.12). Çapsal deneyde, L/D oranı (karot boy/çap oranı) 1–1,4 arasında, eksenel deneyde ise W/D oranı (genişlik / kalınlık oranı) 0,3–1 olması istenir. Deneyde suya

doygun ve kuru olmak üzere, her iki basamaktan da 42 mm çapında ve 50 mm boyunda toplam 20 adet örnek kullanılmıştır. Nokta yükü dayanımının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır.

$$I_s = P / D_e^2 \qquad (4.11)$$

Formülünden hesaplanır. Burada, I_s nokta yükü dayanımı indeksi (kPa), P yenilme yükü, D_e ise eşdeğer karot çapıdır. Eşdeğer karot çapı çapsal deneyler için, $D_e^2 = D^2$ şeklinde olmaktadır.

$$F = \left(\frac{D}{A}\right)^{0,45} \qquad => \quad I_{s(50)} = F \, x \, I_s \qquad (4.12)$$

F: Büyüklük ve çap düzeltme katsayısı.

A: 50 mm

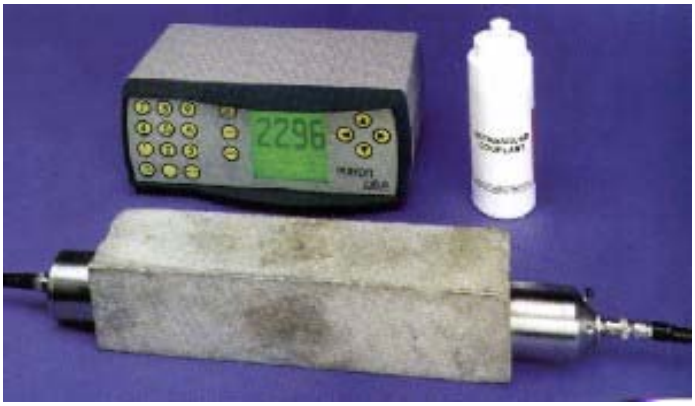
$I_{s(50)}$: Düzeltilmiş nokta yükleme dayanımı indeksi.



Şekil 4.12 Nokta yükleme dayanım indeksi belirleme aleti.

d) Ultrasonik ölçüm deneyi: Bu deneyin yapılmasındaki amaç, kayaç örnekleri içersinden geçirilen P ve S dalgalarıyla, dalga yayılma hızının belirlenmesi ve Elastisite Modülünün bulunmasıdır.

Deneyde gerekli olan araç gereç, bir tane sinyal üreteci, elektronik sinyalleri mekanik sinyale, mekanik sinyali elektronik sinyale dönüştüren bir çevirici ünitesi, sinyalleri doğrudan görebilmek için osiloskop ve numunelerin ebatlarını ölçmek için 0,1 mm hassasiyetinde kompas yer almaktadır. Deneyin temel olarak yapılış karotların yüzeylerine yerleştirilen gönderici ve alıcılarla, P ve S dalgalarının karottan geçiş sürelerini bulmak ve bu sürelerden faydalanarak önce P ve S dalga hızlarını, daha sonrada kayacın elastik modülünü belirlemek olmaktadır. Deneyde alt ve üst basamaklara ait çapları 20,5 boyları 123 mm olan, suya doygun ve kuru olmak üzere toplam 20 adet numune kullanılmıştır. Deneyde Pundit Plus marka ultrasonik hız ölçüm aleti kullanılmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Pundit plus marka ultrasonik hız ölçüm aleti.

Ultrasonik hız hesaplamaları aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$V = \frac{L}{t} \tag{4.13}$$

V: P ve S dalga hızı (m/s)

L: Örnek kalınlığı (m)

t: Dalganın örneği geçme zamanı (s)

Son olarak da elde edilen dalga hızlarından da kayacın elastik modülü bulunabilmektedir. Aşağıda kayaçta elektrik akımıyla oluşan sismik hızlara bağlı olarak elastik modülü veren formüle yer verilmiştir.

$$E_u = \rho V_s^2 \frac{\left(3V_P^2 - 4V_S^2\right)}{\left(V_P^2 - V_S^2\right)}$$, ρ: Kayacın kütle yoğunluğu (kg/m^3) (4.14)

$$\rho = \gamma / g$$, γ: Birim hacim ağırlık (kg/m^3), g: 9,81 m/s^2) (4.15)

4.3.2. Arazi çalışmalarında kullanılan yöntemler

Arazi çalışmaları kapsamında; ilk olarak taş ocağında alt ve üst basamaklar incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, süreksizlik durumları (aralığı, açıklığı vb.), kademe boyları, su durumu vb. yapısal özellikler belirlenmeye çalışılmış ve bu veriler ile kaya kütle özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

4.3.2.1. Kaya kütle sınıflama sistemi

Kayaçlarda yapılan sınıflamalar, kayacın birçok fiziksel ve mekanik verisinin yanı sıra davranışını da bize açıklayabilmektedir. Alt ve üst basamak olarak gruplandırılmış olan çalışma sahasının, kaya kütlesini sınıflandırmak amacıyla, RMR (Rock Mass Rating System, Bieniwaski 1989) kaya kütle sınıflama sistemi kullanılmıştır.

a) RMR (Rock mass rating system) sınıflama sistemi

RMR sınıflama sistemi, ilk kez 1972-1973 yılları arasında Bieniawski tarafından kullanılmıştır. Sistem ilk olarak, Bieniawski'nin sedimanter kayaçlarda açılmış olan tünellerde yaptığı gözlemler sonucu ortaya çıkmıştır. Sistem 1989' da son halini almış fakat son halini alıncaya kadar da birçok değişikliğe uğramıştır. RMR sınıflama sistemi son haline gelenek kadar, tüneller, büyük yer altı açıklıkları, maden işletmeleri, temeller ve şevler gibi birçok yerde kullanım alanı bulmuştur. RMR başlıca kaya kütlesi kalitesini belirlemektedir. Bu sayede, çok iyi kayadan, çok zayıf kayaya kadar tanımlama yapılarak, farklı kalitedeki kayaların belirlenip, bölgelendirme haritalarının veya kesitlerinin hazırlanmasına olanak sağlamaktadır (Ulusay ve Sönmez 2002). Sistem ön tasarıma yön göstermekle birlikte, kaya yükü, desteksiz kalma süresi, desteksiz açıklık boyutu vb. gibi parametrelerin

belirlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, RMR puanı kullanılarak, kaya kütlesinin bazı mühendislik özellikleri de saptanabilmektedir.

RMR sınıflama sistemi ilk önerildiği 1973 yılında ön tasarım amacına yönelik bir kılavuz olmuştur. 1973 yılında önerilen sistemde 8 parametre esas alınmakta (Tek eksenli basma dayanımı, RQD, bozunma derecesi, süreksizlik aralığı, açıklığı, devamlılığı, yer altı suyu akışı ve süreksizlik yönelimi) ve bu parametreler göre puanlamalar yapılmıştır. Sistem, değişik kaya kütlelerinde oluşturulan yer altı açıklıklarının desteksiz durma sürelerinin tahminine de olanak sağlamıştır (Ulusay ve Sönmez 2002).

Bieniawski 1973 yılında önerdiği sistemde, sınıflamada ve uygulamada karşılaşılan bazı güçlükler, ayrıca uygulamada edilen tecrübeler doğrultusunda 1974, 1976, 1979 ve 1989 yıllarında değişikliklere gitmiştir. Sistemdeki ilk değişikli 1974' te Bieniawskinin tasarımda kullanılan parametrelerin sayısını sekizden altıya (bozunma, süreksizlik açıklılığı ve devamlılığı çıkarılıp yerine "süreksizlik durumu" gelmiştir) düşürmesi olmuştur. Diğer yıllarda da yine Bieniawski tarafından sistem üzerinde değişikler yapılmaya devam edilmiştir.

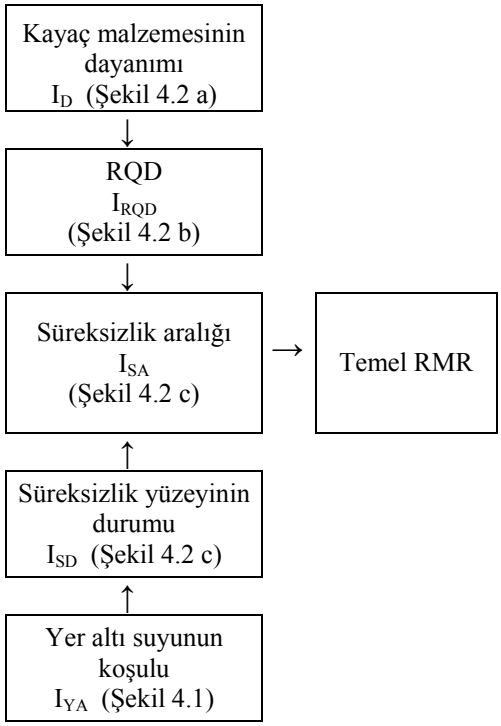
Sisteme ait yapılan son değişiklikler, Bieniawski tarafından 1989 yılında yapılmış ve bu haliyle günümüze kadar ulaşmıştır. Yapılan değişiklikler başlıca şöyle olmuştur;

- Önceki sistemlerde olan sınıflama parametrelerinin puan karşılıklarının yerine, "parametre–puan" grafikleri konmuştur.
- Süreksizliklere ait tanımlamaların (devamlılığı, pürüzlülüğü vb.) ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlamalara göre gruplandırılıp puanlamaları buna göre yapılmıştır.
- Özellikle yer altı maden işletmelerinde, galerilerdeki patlatma, faylara yakınlık ve gerilim dağılımları göz önüne alınarak RMR düzeltilmesine yönelik ek hesaplamalar eklenmiştir. Uzun süreli gözlemler ve ölçümlere esas

alınarak desteksiz durabilme süresi grafiğinin yeniden düzenlenmesine gidilmiştir (Ulusay ve Sönmez 2002).

Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4'de, RMR sınıflama sisteminde kullanılan parametrelere ve bu parametre değerlerine göre aldıkları puan verilerine yer verilmiştir. Bu çalışmada herhangi bir yer altı uygulaması olmadığından, yapılan puanlamalara göre, üst ve alt basamaklara ait temel RMR değeri bulunarak kaya kütle sınıflandırması yapılması yeterli görülmüştür. Temel RMR, Şekil 4.14'de görülen sıralamaya bağlı olarak belirlenmiştir.

- Temel RMR (0-100) = (I_D+I_{RQD}+I_{SA}+I_{SA}+I_{YA})



Şekil 4.14 Temel RMR bulunmasına yönelik parametre şeması.

Çizelge 4.2 RMR Kaya Kütle Sınıflama Sistemi (Bieniawski 1989).

A. Sınıflama parametreleri ve puanları.

Kayaç Malzemesinin Dayanımı	Nokta yükleme dayanımı	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eks. dayn.		
	Tek eksenli sıkışma dayn.	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	< 1 Mpa
Puan		15	12	7	4	2	1	0
Kayaç kalt. göst.(RQD,%)		90-100	75-90	50-75	25-50	< 25		
Puan		20	17	13	8	3		
Süreksizlik aralığı		> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
Puan		20	15	10	8	5		
Süreksizlik durumu		Çok kaba yüzeyler,ayrılma yok,sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler,ayrılma < 1 mm,sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler,ayrılma < 1 mm,yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüz veya fay dolgusu< 5mm veya 1-5 mm açık eklemler,sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu, >5 mm kalınlıkta veya açık eklemler,>5 mm devamlı süreksizlikler		
Puan		30	30	25	20	0		
Yeraltı suyu	Tünelin 10 m'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dak	< 25 lt/dak	25-125 lt/dak	> 125 lt/dak		
	Eklemdeki su basıncı,en büyük asal gerilme oranı	0	0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
	Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
Puan		15	10	7	4	0		

B. Tünellerde süreksizlik eğim ve doğrultusunun etkisi.

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın, eğim 0 - 20 arasında
Eğim yönünde ilerleme		Eğim karşı yönde ilerleme				
Eğim 45 - 90	Eğim 20 - 45	Eğim 45 - 90	Eğim 20 - 45	Eğim 45 - 90	Eğim 20 - 45	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta

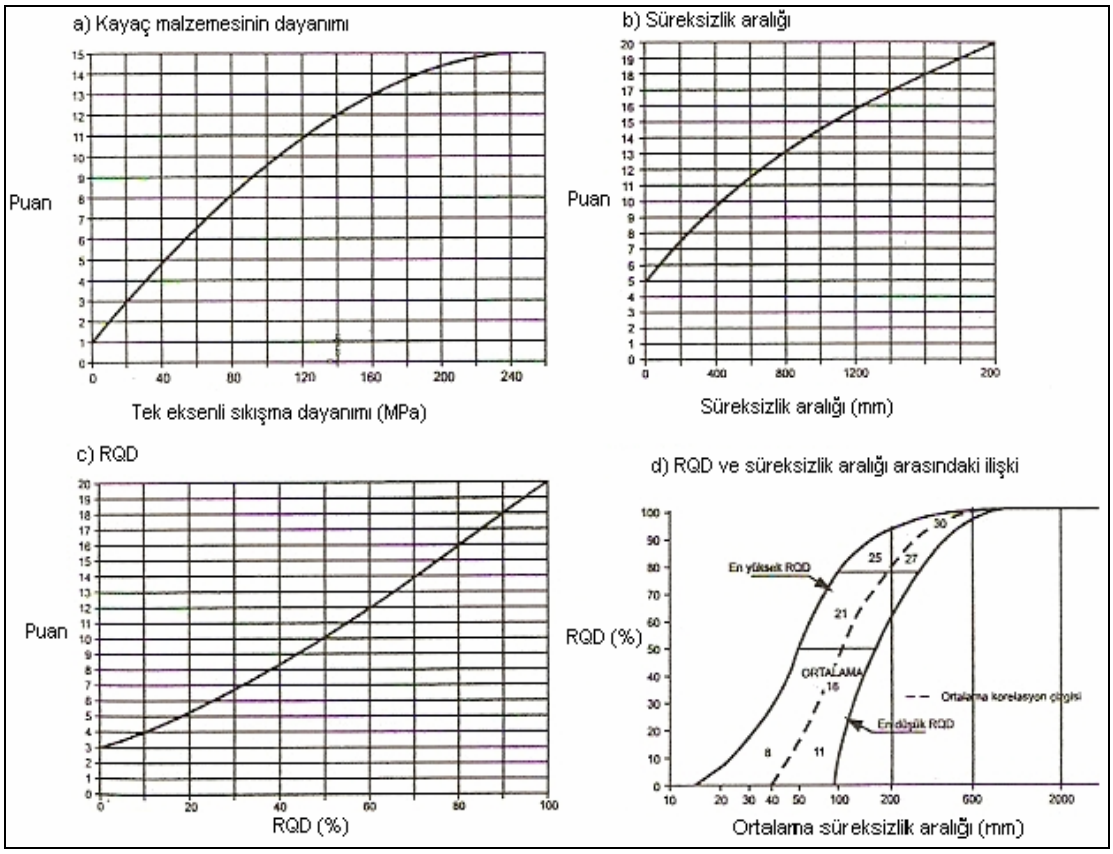
C. Süreksizlik yönelimine göre düzeltme.

Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

D. Süreksizliklerin puanlandırılması.

Parametre	Puanlar				
Süreksizlik uzunluğu	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)
Süreksizlik açıklığı	Yok (6)	< 0,1 mm (5)	0,1-1 mm	1-5 mm (1)	>5 mm (0)
Pürüzlülük	Çok pürüzlü (6)	Pürüzlü (5)	Az pürüzlü (3)	Düz (1)	Kaygan (0)
Dolgu	Yok (6)	Sert dolgu < 5 mm (4)	> 5 mm (2)	Yumuşak dolgu < 5 mm (2)	> 5 mm (0)
Bozunma	Bozubmamış (6)	Az bozunmuş (5)	Orta derecede bozunmuş (3)	Bozunmuş (1)	Çok bozunmuş (0)

Çizelge 4.3 RMR Sınıflama sistemi parametrelerinin grafiksel olarak belirlenmesi (Bieniawski, 1989).



Çizelge 4.4 RMR Sınıflama Sistemi.

Kaya kütlesi sınıfı	I	II	III	IV	V
Kaya kütlesinin tanımı	Çok iyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok zayıf
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0

BÖLÜM V

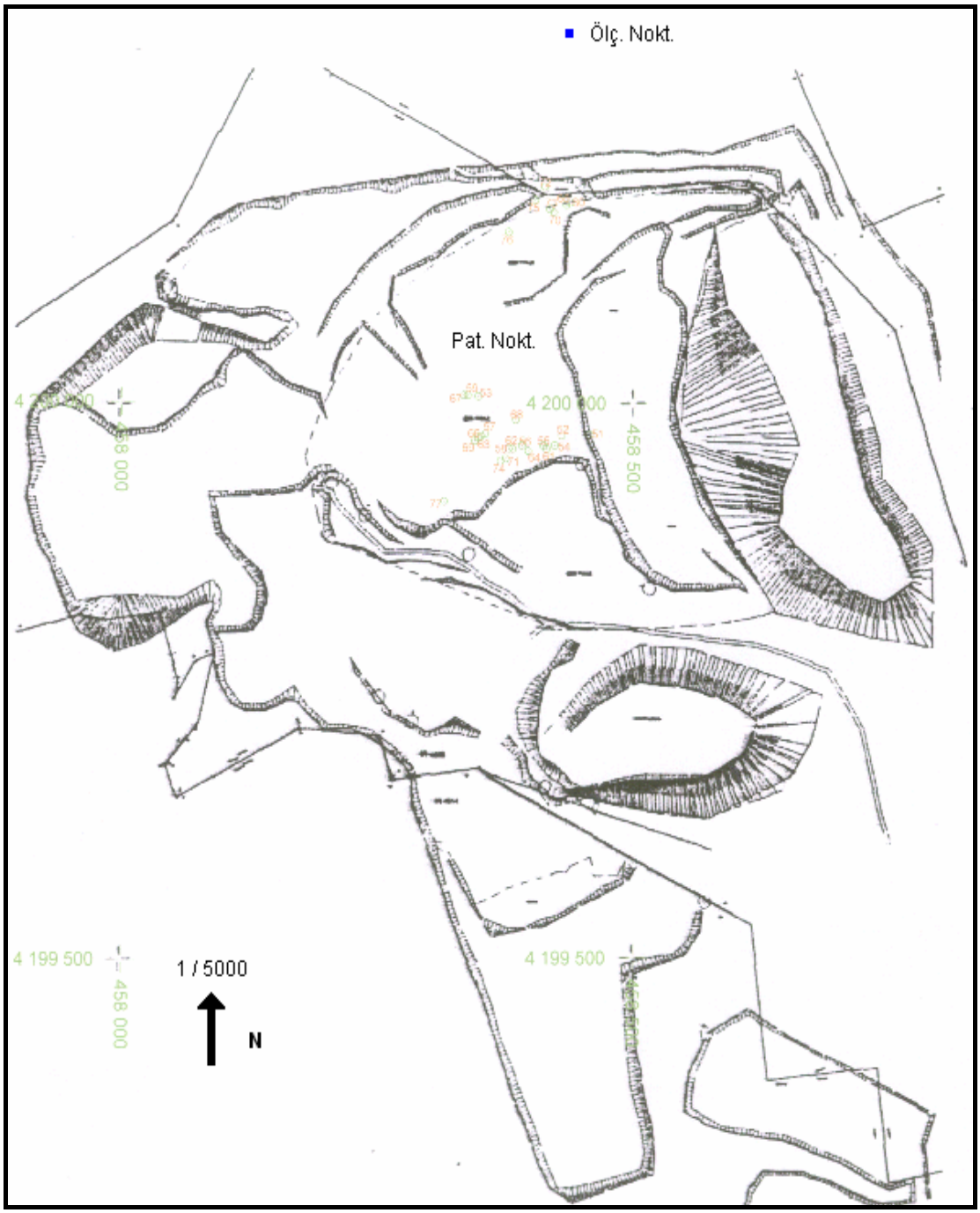
YAPILAN ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde, sahayı daha iyi tanımak ve çözümleyebilmek için, arazi ve laboratuar çalışmalarının değerlendirilmesine ve yorumlara yer verilmiştir. Yapılan çalışmaların başında arazinin jeolojik olarak tanımlanması ve yapılan fiziksel ve mekanik deneylerle kaya kütle sınıflamasının yapılması olmuştur. Daha sonra ise patlatma verilerine göre, yer sarsıntısı ölçümleri ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

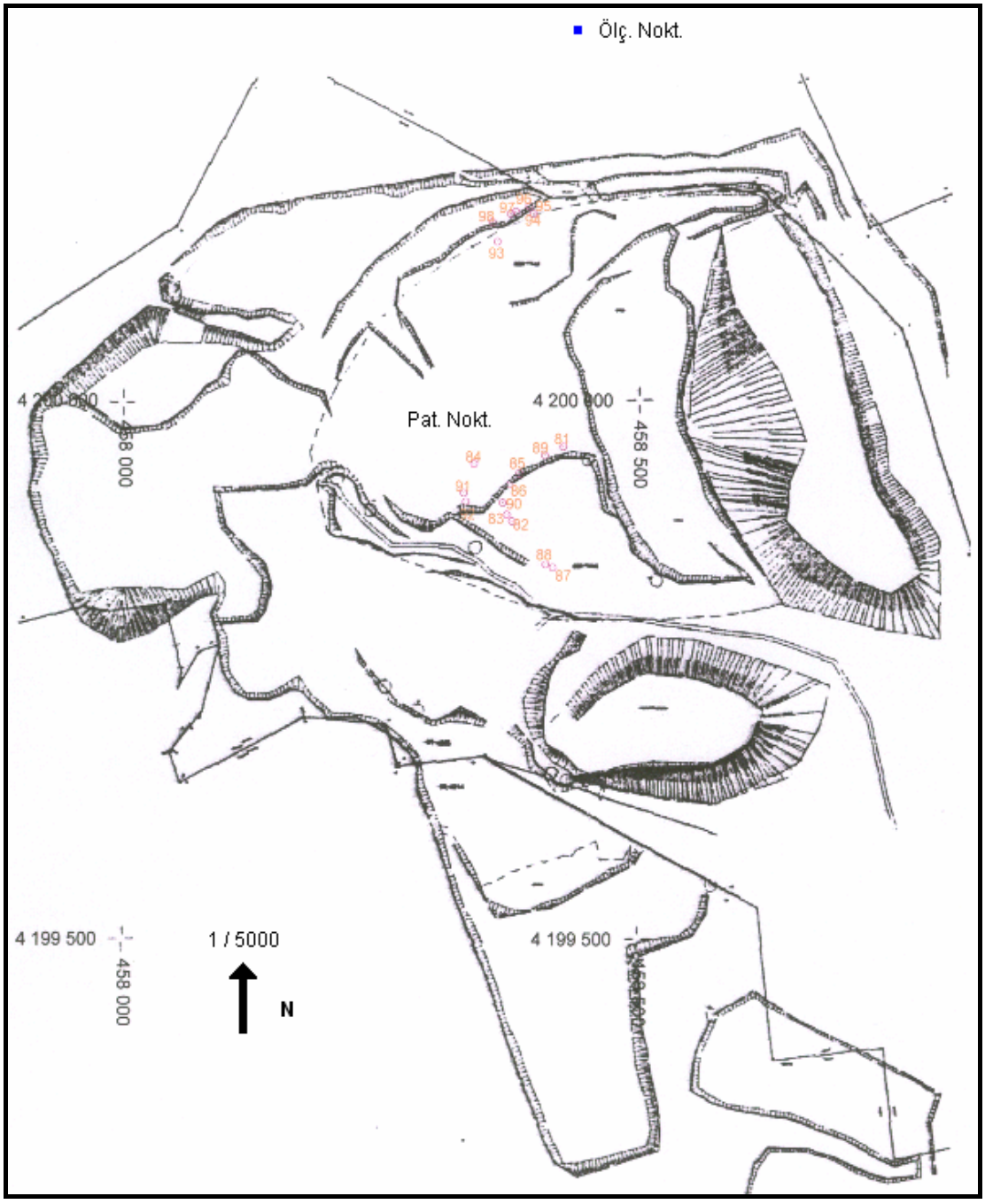
5.1. Konya Çimento Kireçtaşı Ocağında Yapılan Patlatma Ve Ölçüm Alınan Noktaların Haritadaki Yerleşimi

Konya Çimento kireçtaşı ocağında yapılan her patlatmada ve patlatma yapılan yere göre belirlenen ölçüm noktalarında, koordinat kayıtları alınmıştır. Burada koordinat alınmasında ki amaç, hem patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafeyi hesap edebilmek hem de patlatma ve ölçüm noktalarının harita üzerindeki yerleşim yerlerini görerek, görsel açıdan da konuyu desteklemek olmuştur. Sırasıyla Şekil 5.1, 5.2, 5.3'de üst basamağa ve alt basamağa ait kademelerde yapılan patlatmaların haritalarına yer verilmiştir. Bu haritaların ilkinde ve üçüncüsünde basamaklar güney yönlü çalışılmakta, ikinci haritada ise hem güney hem kuzey yönlü çalışılmaktadır. Üst basamağa ait, Şekil 5.1 ve 5.2'deki haritalarda patlatma noktaları ile ölçüm noktası aynı doğrultuda olurken, alt basamakta, ölçüm noktası patlama noktalarına göre daha batı da (ölçüm noktası patlatma noktalarına göre kuzey ile geniş açı yapacak şekilde) yer almıştır. Kullanılan haritalar ocağa ait imalat haritaları olup, 1/5000 ölçeğindedirler. Taş ocağında farklı basamak yükseklikleri olduğu için, deliklerin boyları da farklı olmakta ve dolayısıyla bu deliklerin patlayıcı şarj miktarları da farklı olmaktadır. Şekil 5.1'de üst basamakta 20,5 kg patlayıcı şarjı yapılan patlatma deliklerin haritadaki yerleşimi görülmektedir. Şekil 5.2'de 81-86 numaraları arasında (bu numaralar dahil olmak üzere) 40,5 kg patlayıcı şarjında

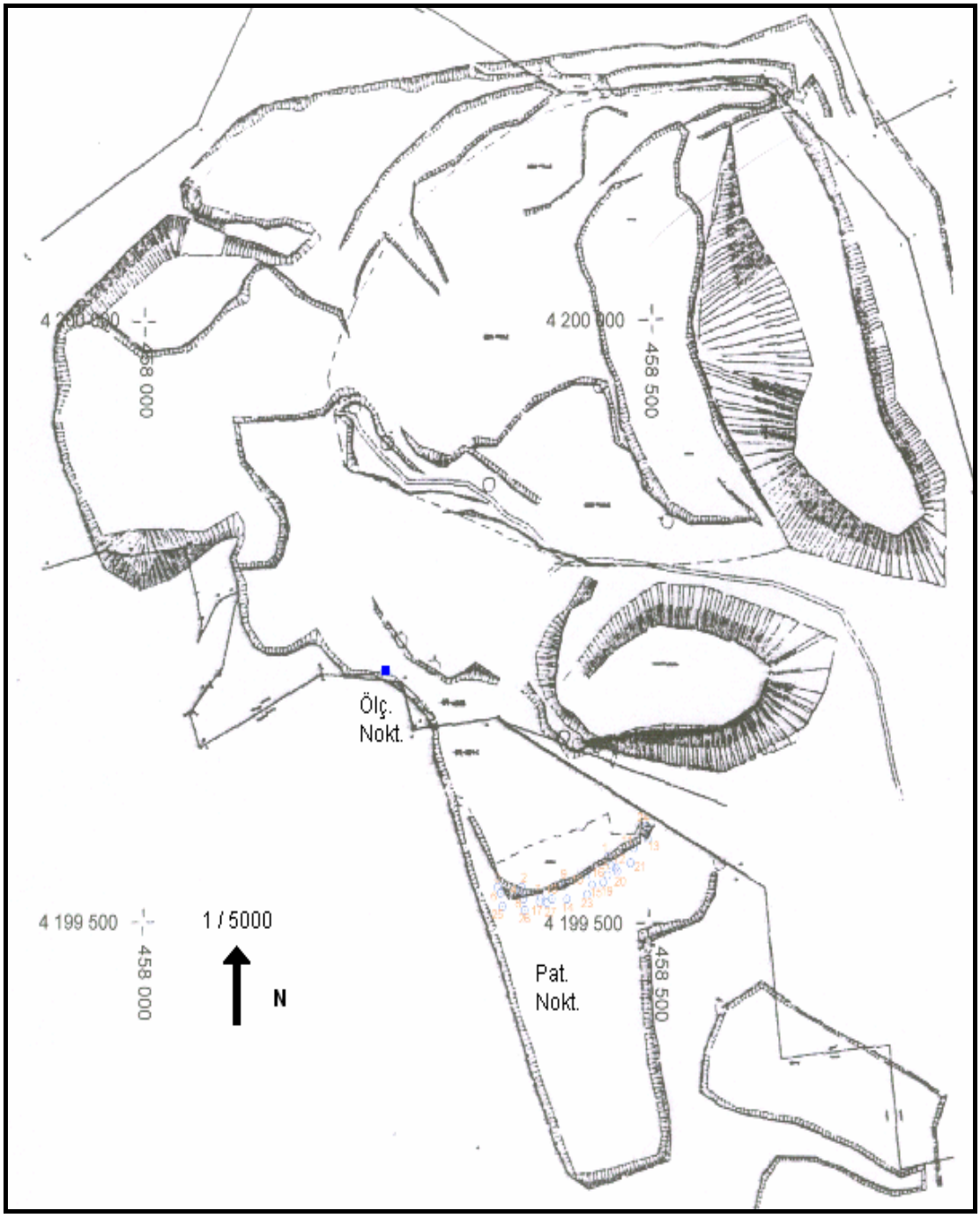
yapılan, 87-92 numaralar arasında (bu numaralar dahil olarak) 38,0 kg patlayıcı şarjında yapılan ve 92-98 numaralar arasında (bu numaralar dahil olmak üzere) 25,5 kg patlayıcı şarjında yapılan patlatma deliklerinin yerleri görülmektedir.



Şekil 5.1 Üst basamakta gecikme başına 20,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi.



Şekil 5.2 Üst basamakta gecikme başına 40,5, 38,0 ve 25,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi.



Şekil 5.3 Alt basamakta gecikme başına 50,5 kg patlayıcı madde kullanılan deliklerin kullanılan deliklerin ve ölçüm alınan noktanın haritadaki yerleşimi.

5.2. Laboratuar Çalışmaları

Laboratuar çalışmaları (numune hazırlama ve deneyler), T. C. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümünde

yapılmıştır. Konya Çimento fabrikası taş ocağından alt ve üst basamakları temsil eden yaklaşık 15x20x30 cm boyutlarında örnek bloklar alınmıştır. Patlatılan kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri bu bloklardan standartlara uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde yapılan deneyler ile belirlenmiştir.

5.2.1. Patlatılan kayaçların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Patlatılan kayacın fiziksel özelliklerini belirleyebilmek için, alt ve üst basamakları temsil eden bloklardan ISRM (1981) standartlarına uygun olarak her birinden onar adet olmak üzere toplam 20 adet numune hazırlanmıştır.

Fiziksel deneyler (sertlik, kuru ve yaş yoğunluk, porozite, su emme ve boşluk oranı gibi) önceden de belirtildiği üzere ISRM (1981) standartlarına uygun olarak yapılmıştır (Bkz. Bölüm IV). Bu deneylerden elde edilen veriler Çizelge 5.1 (alt basamak) ve 5.2'de (üst basamak) verilmiştir.

Üst ve alt basamağı oluşturan kayaçların, sertlik özelliklerini L tipi Schmidt çekici kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler bozunmamış temiz yüzeylere sahip blok örnekler üzerinde yapılmıştır. Her bir basamağı temsil eden 20 adet ölçüm alınmıştır.

Fiziksel deneyler (sertlik, kuru ve yaş yoğunluk, porozite, su emme ve boşluk oranı gibi) önceden de belirtildiği üzere ISRM (1981) standartlarına uygun olarak yapılmıştır (Bkz. Bölüm IV). Bu deneylerden elde edilen veriler Çizelge 5.1 (alt basamak) ve 5.2'de (üst basamak) verilmiştir.

Çizelge 5.1 Alt basamağa ait fiziksel deney sonuçları.

	Numune	Numune Yarı Çapı (r,cm)	Ort. Kalınlık (d,cm)	Hacim (V,cm^3)	Doygun Ağırlık(W_{sat}) (gr)	Kuru Ağırlık (W_{dry}) (gr)	Yaş Yoğ. (g/cm^3)	Kuru Yoğ. (g/cm^3)	Su Emme (Aw,%)	Boşluk Hac. ($Vv,g/cm^3$)	Porozite (n,%)	Boşluk Oranı (e)
ALT BASAMAK	B1	2,525	2,976	59,578	143,970	137,190	2,416	2,303	4,942	6,780	11,380	0,128
	B2	2,525	2,917	58,397	146,190	142,250	2,503	2,436	2,770	3,940	6,747	0,072
	B3	2,525	2,885	57,756	150,130	147,680	2,599	2,557	1,659	2,450	4,242	0,044
	B4	2,525	2,888	57,816	149,270	146,900	2,582	2,541	1,613	2,370	4,099	0,043
	B5	2,525	2,929	58,637	146,400	142,210	2,497	2,425	2,946	4,190	7,146	0,077
	B6	2,525	2,884	57,736	149,020	146,500	2,581	2,537	1,720	2,520	4,365	0,046
	B7	2,525	2,860	57,256	145,920	142,470	2,549	2,488	2,422	3,450	6,026	0,064
	B8	2,525	2,877	57,596	144,410	140,380	2,507	2,437	2,871	4,030	6,997	0,075
	B9	2,525	2,911	58,277	140,610	134,160	2,413	2,302	4,808	6,450	11,068	0,124
	B10	2,525	2,848	57,015	138,030	131,960	2,421	2,314	4,600	6,070	10,646	0,119
TOPLAM				***580,064***	***1453,950***	***1411,700***	***25,068***	***24,341***	***30,351***	***42,250***	***72,716***	***0,792***
ORTALAMA			***2,898***	***58,006***	***145,395***	***141,170***	***2,507***	***2,434***	***3,035***	***4,225***	***7,272***	***0,079***
STD.SAPMA			***0,037***	***0,744***	***3,839***	***5,354***	***0,071***	***0,100***	***1,306***	***1,670***	***2,834***	***0,033***

											Ortalm.	***Std.Sap.***
Schmidt Sert.	52	52	53	52	50	50	50	50	50	49	***50,800***	***1,317***

Çizelge 5.2 Üst basamağa ait fiziksel deney sonuçları.

	Numune	Numune Yarı Çapı (r,cm)	Ort. Kalınlık (d,cm)	Hacim (V,cm^3)	Doygun Ağırlık(W_{sat}) (gr)	Kuru Ağırlık(W_{dry}) (gr)	Yaş Yoğ. (g/cm^3)	Kuru Yoğ. (g/cm^3)	Su Emme (Aw,%)	Boşluk Hac. ($Vv,g/cm^3$)	Porozite (n,%)	Boşluk Oranı (e)
ÜST BASAMAK	A1	2,525	2,829	56,635	137,400	131,620	2,426	2,324	4,391	5,780	10,206	0,114
	A2	2,525	2,829	56,635	141,780	137,090	2,503	2,421	3,421	4,690	8,281	0,090
	A3	2,525	2,853	57,116	138,470	132,240	2,424	2,315	4,711	6,230	10,908	0,122
	A4	2,525	2,861	57,276	139,890	134,220	2,442	2,343	4,224	5,670	9,899	0,110
	A5	2,525	2,841	56,875	139,910	134,200	2,460	2,360	4,255	5,710	10,040	0,112
	A6	2,525	2,838	56,815	137,820	131,430	2,426	2,313	4,862	6,390	11,247	0,127
	A7	2,525	2,848	57,015	138,220	132,630	2,424	2,326	4,215	5,570	9,769	0,108
	A8	2,525	2,866	57,376	138,970	132,980	2,422	2,318	4,504	5,990	10,440	0,117
	A9	2,525	2,869	57,436	140,120	134,010	2,440	2,333	4,559	6,110	10,638	0,119
	A10	2,525	2,832	56,695	137,470	131,350	2,425	2,317	4,659	6,120	10,795	0,121
TOPLAM				***569,874***	***1390,050***	***1331,770***	***24,393***	***23,370***	***43,801***	***58,260***	***102,223***	***1,140***
ORTALAMA			***2,847***	***56,987***	***139,005***	***133,177***	***2,439***	***2,337***	***4,380***	***5,826***	***10,222***	***0,114***
STD.SAPMA			***0,015***	***0,304***	***1,406***	***1,769***	***0,026***	***0,033***	***0,402***	***0,480***	***0,829***	***0,010***

											Ortalm.	***Std.Sap.***
Schmidt Sert.	52	52	54	51	51	51	52	52	54	55	***52,400***	***1,430***

Çizelge 5.1 ve 5.2'de görülen deney verilerinin ortalama sonuçları Çizelge 5.3'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.3 Alt ve üst basamağa ait fiziksel deney sonuçları

Çalışma Alanı	Yaş Yoğ. (d_s,g/cm^3)	Kuru Yoğ. (d_d g/cm^3)	Su Emme (Aw,%)	Boşluk Hacmi (Vv,g/cm^3)	Porozite (n,%)	Boşluk Oranı (e)	Sertlik
Alt Basamak	2,507 ± 0,071	2,434 ± 0,100	3,035 ± 1,306	4,225 ± 1,670	7,272 ± 2,834	0,079 ± 0,033	50,800 ± 1,317
Üst Basamak	2,439 ± 0,026	2,337 ± 0,033	4,380 ± 0,402	5,826 ± 0,480	10,222 ±0,829	0,114 ± 0,010	52,400 ± 1,430

Çizelge 5.3 incelendiğinde, aynı tür kayaç olmalarına rağmen üst basamağa ait kayacın alt basamağa oranla daha sert ve daha gözenekli dolayısıyla su emme kapasitesinin daha yüksek, yoğunluğunun ise daha düşük olduğu görülmektedir. Deney sonuçlarına göre, basamakların poroziteleri değerlendirildiğinde, üst basamağın porozitesi % 10,222, alt basamağın porozitesi ise % 7,272 olarak hesaplanmıştır. Alt basamağın boşluk hacmi 4,225 g/cm^3 olurken, üst basamağın boşluk hacmi 5,826 g/cm^3 olarak belirlenmiş, yine alt basamağın boşluk oranı 0,079 değerini alırken, üst basamağın boşluk oranı 0,114 olmuştur. Ortaya çıkan bu değerlerde porozitenin doğrudan etkisi görülmüştür. Ayrıca sertlik değerinin farklı çıkması, üst basamağın bölgesel olarak farklılık gösterdiği sebebine dayanmaktadır.

5.2.2. Patlatılan kayaçların mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Bilindiği gibi patlatma teorisinde, basamak aynaları yoğun olarak basınç ve çekme gerilmelerine maruz kalmaktadır. Bunun için patlatılan kayacın mekanik özelliklerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Alt ve üst basamaklardan alınan örneklerin tek eksenli basınç, dolaylı çekme ve nokta yükleme dayanımları laboratuarda hazırlanan silindirik karot numuneler üzerinde yapılan deneyler ile belirlenmiştir. Ayrıca ultrasonik hız ölçümleri ile patlatılan kayaçların sismik özellikleri belirlenmiştir.

Patlatma yapılan ocaktan alınan blok örnekleri, T. C. Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuarına getirilerek her iki basamağında temsil

eden silindirik karot numuneleri hazırlanmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan mekanik deneyler, aşağıda değerlendirilerek verilmiştir. Deney çizelgelerinde her bir deneyin, numunelerin yarıçap ve alanları aynı olduğu için, çizelgelere yarısı konulmuş, fakat doygun ve kuru dayanımlar ayrı ayrı hesap edilmiştir.

5.2.2.1. Tek eksenli basınç dayanım deneyi

Alt ve üst basamağı temsil eden kayaçların tek eksenli basınç dayanımları (TEBD), 50,5 mm çapında, 123 mm boyunda toplam 20 adet (10 alt, 10 üst basamak) silindirik numune üzerinde yapılan deneyler ile belirlenmiştir(Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Deney öncesi ve sonrası tek eksenli basınç dayanım deney numuneleri.

TEBD deneyleri patlatma ortamını temsil etmesi açısından kuru ve suya doymuş numuneler üzerinde ISRM (1981) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Presin yükleme hızı 0,7 MPa/s olarak seçilmiştir. TEBD deneylerinden elde edilen veriler Çizelge 5.4'de sunulmuştur

Çizelge 5.4 Alt ve üst basamağa ait tek eksenli basınç dayanım değerleri.

ALT BASAMAK						
Tek eksenli basınç dayanımı (σ_c,MPa)	Yarıçap (r,m)	Alan (m^2)	F_{sat} (MN)	F_{dry} (MN)	$\sigma_{c\ sat}$ (MPa)	$\sigma_{c\ dry}$ (MPa)
	0,025	0,002	0,2146	0,0850	107,30	42,50
	0,025	0,002	0,1074	0,2100	53,70	105,00
	0,025	0,002	0,1786	0,0990	89,30	49,50
	0,025	0,002	0,0932	0,2398	46,60	119,90
	0,025	0,002	0,1146	0,1554	57,30	77,70
ORTALAMA	***0,0250***	***0,0020***	***0,1417***	***0,1578***	***70,84***	***78,92***
STD.SAPMA	***0,0000***	***0,0000***	***0,0523***	***0,0675***	***26,15***	***33,74***

ÜST BASAMAK						
Tek eksenli basınç dayanımı (σ_c,MPa)	Yarıçap (r,m)	Alan (m^2)	F_{sat} (MN)	F_{dry} (MN)	$\sigma_{c\ sat}$ (MPa)	$\sigma_{c\ dry}$ (MPa)
	0,025	0,002	0,1002	0,0720	50,10	36,00
	0,025	0,002	0,0638	0,1090	31,90	54,50
	0,025	0,002	0,0670	0,1300	33,50	65,00
	0,025	0,002	0,0810	0,1318	40,50	65,90
	0,025	0,002	0,0410	0,1582	20,50	79,10
ORTALAMA	***0,0250***	***0,0020***	***0,0706***	***0,1202***	***35,30***	***60,10***
STD.SAPMA	***0,0000***	***0,0000***	***0,0219***	***0,0321***	***10,95***	***16,05***

5.2.2.2. Dolaylı çekme deneyi sonuçları

Bu deneyde, her iki basamaktan alınan bloklardan hazırlanan 50,5 mm çapında, ortalama 28,9 mm kalınlığında, toplam 24 numune kullanılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Dolaylı çekme deneyi ve kırılan numunelerin görüntüsü.

Dolaylı çekme dayanım deneyi, ISRM (1981) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Suya doygun ve kuru olarak yapılan deney sonuçları aşağıda Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Alt ve üst basamağı temsil eden kayacın dolaylı çekme dayanım değerleri.

ALT BASAMAK								
Dolaylı çekme dayanımı (σ_t,MPa)	Çap (D,m)	Kalınlık (t_{sat},m)	Kalınlık (t_{dry},m)	F_{sat} (MN)	F_{dry} (MN)	Formül Sabiti	$\sigma_{t\,sat}$ (MPa)	$\sigma_{t\,dry}$ (MPa)
	0,0505	0,0283	0,0286	0,0048	0,0160	0,6360	2,14	7,05
	0,0505	0,0284	0,0289	0,0086	0,0200	0,6360	3,81	8,72
	0,0505	0,0284	0,0287	0,0065	0,0160	0,6360	2,88	7,02
	0,0505	0,0285	0,0287	0,0130	0,0152	0,6360	5,74	6,67
	0,0505	0,0285	0,0286	0,0110	0,0162	0,6360	4,86	7,13
	0,0505	0,0279	0,0288	0,0130	0,0162	0,6360	5,87	7,08
ORTALAMA	***0,0505***	***0,0283***	***0,0287***	***0,0095***	***0,0166***	***0,6360***	***4,22***	***7,28***
STD.SAPMA	***0,0000***	***0,0002***	***0,0001***	***0,0034***	***0,0017***	***0,0000***	***1,53***	***0,72***

ÜST BASAMAK								
Dolaylı çekme dayanımı (σ_t,MPa)	Çap (D,m)	Kalınlık (t_{sat},m)	Kalınlık (t_{dry},m)	F_{sat} (MN)	F_{dry} (MN)	Formül Sabiti	$\sigma_{t\,sat}$ (MPa)	$\sigma_{t\,dry}$ (MPa)
	0,0505	0,0283	0,0283	0,0150	0,0180	0,6360	6,68	8,01
	0,0505	0,0285	0,0283	0,0120	0,0210	0,6360	5,30	9,35
	0,0505	0,0289	0,0284	0,0159	0,0140	0,6360	6,93	6,21
	0,0505	0,0285	0,0289	0,0148	0,0110	0,6360	6,54	4,79
	0,0505	0,0284	0,0283	0,0151	0,0190	0,6360	6,70	8,46
	0,0505	0,0305	0,0284	0,0103	0,0200	0,6360	4,25	8,87
ORTALAMA	***0,0505***	***0,0289***	***0,0284***	***0,0139***	***0,0172***	***0,6360***	***6,07***	***7,61***
STD.SAPMA	***0,0000***	***0,0008***	***0,0002***	***0,0022***	***0,0039***	***0,0000***	***1,06***	***1,75***

5.2.2.3. Nokta yükleme dayanım indeks deneyi

Nokta yükleme dayanımı deneyinde hem üst hem de alt basamaktan alınan bloklardan hazırlanan, toplam 20 adet 42 mm çapında ve 50 mm uzunluğuna sahip numuneler kullanılmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Nokta yükleme dayanım indeks deneyinde numunelerin kırılma şekillerinin görümümü.

Nokta yükleme dayanım indeks deneyi, ISRM (1981) standartlarına uygun olarak, suya doygun ve kuru numuneler üzerinde, çapsal yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Nokta yükleme dayanım indeks deneyinin alt ve üst basamağa ait sonuçları.

ALT BASAMAK										
Nokta yükleme dayanımı (I_s,MPa)	Çap (D,m)	Eşdeğer Çap (D_{sat},m)	Eşdeğer Çap (D_{dry},m)	P_{sat} (MN)	P_{dry} (MN)	Is $_{sat}$ (MPa)	Is $_{dry}$ (MPa)	Düzeltme Katsayısı	$Is50_{sat}$ (MPa)	$Is50_{dry}$ (MPa)
	0,043	0,042	0,039	0,0070	0,0110	3,97	7,23	0,934	3,71	6,75
	0,043	0,042	0,042	0,0077	0,0110	4,37	6,24	0,934	4,08	5,82
	0,043	0,041	0,042	0,0085	0,0100	5,06	5,67	0,934	4,72	5,29
	0,043	0,042	0,041	0,0075	0,0095	4,25	5,65	0,934	3,97	5,28
	0,043	0,041	0,042	0,0073	0,0110	4,34	6,24	0,934	4,06	5,82
ORTALAMA	***0,043***	***0,0416***	***0,0412***	***0,0076***	***0,0105***	***4,40***	***6,20***	***0,934***	***4,11***	***5,80***
STD.SAPMA	***0,000***	***0,001***	***0,001***	***0,0006***	***0,0007***	***0,40***	***0,64***	***0,000***	***0,37***	***0,60***

ÜST BASAMAK										
Nokta yükleme dayanımı (I_s,MPa)	Çap (D,m)	Eşdeğer Çap (D_{sat},m)	Eşdeğer Çap (D_{dry},m)	P_{sat} (MN)	P_{dry} (MN)	Is $_{sat}$ (MPa)	Is $_{dry}$ (MPa)	Düzeltme Katsayısı	$Is50_{sat}$ (MPa)	$Is50_{dry}$ (MPa)
	0,043	0,041	0,041	0,0080	0,0075	4,76	4,46	0,934	4,44	4,17
	0,043	0,041	0,042	0,0050	0,0073	2,97	4,14	0,934	2,78	3,87
	0,043	0,041	0,042	0,0080	0,0070	4,76	3,97	0,934	4,44	3,71
	0,043	0,041	0,042	0,0055	0,0075	3,27	4,25	0,934	3,06	3,97
	0,043	0,041	0,041	0,0065	0,0075	3,87	4,46	0,934	3,61	4,17
ORTALAMA	***0,043***	***0,041***	***0,0416***	***0,0066***	***0,0074***	***3,93***	***4,26***	***0,934***	***3,67***	***3,98***
STD.SAPMA	***0,000***	***0,000***	***0,001***	***0,0014***	***0,0002***	***0,83***	***0,21***	***0,000***	***0,77***	***0,20***

Patlatma yapılan alt ve üst basamağa ait kayaçların tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı ve nokta yükleme dayanım indeks deneylerinde elde edilen ve Çizelge 5.4, 5.5 ve 5.6'da ayrıntılı olarak sunulan veriler Çizelge 5.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.7. Alt ve üst basamağa ait kayaçların ortalama mekanik özellikleri

Çalışma Alanı	$\sigma_{c\ sat}$ (MPa)	$\sigma_{c\ dry}$ (MPa)	$\sigma_{t\ sat}$ (MPa)	$\sigma_{t\ dry}$ (MPa)	$Is50_{sat}$ (MPa)	$Is50_{dry}$ (MPa)
Alt Basamak	70,84±26,15	78,92±33,74	4,22±1,53	7,28±0,72	4,11±0,37	5,80±0,60
Üst Basamak	35,30±10,95	60,10±16,05	6,07±1,06	7,61±1,75	3,67±0,77	3,98±0,20

Alt basamakla, üst basamağın tek eksenli basınç dayanımının bu kadar farklı çıkmasındaki sebep, üst basamakta porozitenin fazla oluşunun sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

5.2.2.4 Ultrasonik ölçüm deneyi

Ultrasonik ölçüm deneyinde, 50,5 mm çapında ve 123 mm boyunda üst ve alt basamağı temsil eden toplam 20 adet silindirik numune kullanılmıştır. Ölçümlerde önceden de belirtildiği gibi Pundit Plus marka ultrasonik ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Ultrasonik ölçümler ISRM (1981) standartlarına uygun olarak, suya doygun ve kuru numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 1 MHz' lik P ve S transdüserleri kullanılmıştır. Numunelerin sinyal geçiş süreleri ölçülmüş, buna bağlı olarak, numune boyunun sinyal geçiş süresine oranından, sinyal geçiş hızları hesaplanmıştır. Hesaplanan sinyal geçiş hızları kullanılarak alt ve üst basamağa ait numunelerin elastik modülüsleri belirlenmiştir. Elde edilen ölçüm ve hesaplama sonuçları Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Alt ve üst basamağa ait ultrasonik ölçüm deneyi verileri.

ALT BASAMAK													
Ultrasonik ölçüm deneyi ve E Modülü tayini	Dalga Yolu (L,m)	Dalga Süresi (t,µs) (Yaş)		Dalga Süresi (t,µs) (Kuru)		p_{sat} (kg/m^3)	p_{dry} (kg/m^3)	Dalga Hızı (V,m/s) (Yaş)		Dalga Hızı (V,m/s) (Kuru)		E_{sat} (GPa)	Edry (GPa)
		P	S	P	S			Vp	Vs	Vp	Vs		
	0,123	25,10	25,00	25,40	24,90	2507	2434	4900,40	4920,00	4842,52	4939,76	7813,28	1701,74
	0,123	29,20	28,90	24,90	24,40	2507	2434	4212,33	4256,06	4939,76	5040,98	2357,69	1741,28
	0,123	24,10	24,00	25,60	25,50	2507	2434	5103,73	5125,00	4804,69	4823,53	8148,71	7432,78
	0,123	29,90	30,00	24,10	23,90	2507	2434	4113,71	4100,00	5103,73	5146,44	6163,38	4093,70
	0,123	25,10	25,30	24,20	23,40	2507	2434	4900,40	4861,66	5082,64	5256,41	3525,72	1236,02
ORTALAMA	***0,123***	***26,68***	***26,64***	***24,84***	***24,42***	***2507,00***	***2434,00***	***4646,11***	***4652,54***	***4954,67***	***5041,43***	***5601,76***	***3241,11***
STD.SAPMA	***0,000***	***2,66***	***2,64***	***0,68***	***0,82***	***0,00***	***0,00***	***450,10***	***447,49***	***135,92***	***169,60***	***2575,23***	***2595,02***

ÜST BASAMAK													
Ultrasonik ölçüm deneyi ve E Modülü tayini	Dalga Yolu (L,m)	Dalga Süresi (t,µs) (Yaş)		Dalga Süresi (t,µs) (Kuru)		p_{sat} (kg/m^3)	p_{dry} (kg/m^3)	Dalga Hızı (V,m/s) (Yaş)		Dalga Hızı (V,m/s) (Kuru)		E_{sat} (GPa)	E_{dry} (GPa)
		P	S	P	S			Vp	Vs	Vp	Vs		
	0,123	28,70	28,50	28,30	28,40	2439	2337	4285,71	4315,79	4346,29	4330,99	3407,21	6060,36
	0,123	28,50	28,40	28,60	28,20	2439	2337	4315,79	4330,99	4300,70	4361,70	6667,99	1734,02
	0,123	28,00	27,80	28,10	28,00	2439	2337	4392,86	4424,46	4377,22	4392,86	3497,40	6482,79
	0,123	28,70	28,40	28,80	28,20	2439	2337	4285,71	4330,99	4270,83	4361,70	2337,09	1211,66
	0,123	26,90	26,70	28,10	27,90	2439	2337	4572,49	4606,74	4377,22	4408,60	3649,17	3338,51
ORTALAMA	***0,123***	***28,16***	***27,96***	***28,38***	***28,14***	***2439,00***	***2337,00***	***4370,51***	***4401,79***	***4334,45***	***4371,17***	***3911,77***	***3765,47***
STD.SAPMA	***0,000***	***0,76***	***0,76***	***0,31***	***0,19***	***0,00***	***0,00***	***121,11***	***122,41***	***47,40***	***30,27***	***1625,70***	***2422,88***

5.2.3.Patlatılan kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi

Yapılan fiziksel deneyler sonucu, basamakların kendilerine has su emmelerinin özellikle, tek eksenli basınç ve dolaylı çekme dayanımlarını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bununla birlikte su içeriği kayaçlarda enerji emilimini azaltarak ve patlayıcının kayacı parçalaması daha efektif kılmaktadır. Ayrıca eklemli, geçirgen ve su içeriği yüksek olan kayaçlarda, sarsıntının sönümlenmesi de yüksek olmaktadır.

Mekanik deneylerin sonuçlarında da, önceden fiziksel deneylerin sonuçlarında ortaya çıkan farklılıkların, basamaklara özgü şekilde devam ettiği gözlemlenmiştir.

Kayacın tek eksenli basınç dayanımı, kayacın patlayabilirliğine de etki göstermektedir. Bu durum özellikle patlatma sonucu oluşan tane boyunu olumlu olarak etkilemektedir Tek eksenli basınç dayanımının, çekme dayanımına oranı kayacın patlayabilirliği olarak adlandırılmaktadır ve genelde 10-100 gibi bir değer almaktadır. Çizelge 5.4'de görüldüğü gibi alt basamağın suya doygun tek eksenli basınç dayanımı 70,84 MPa olurken, yine alt basamağın kuru tek eksenli basınç dayanımı 78,92 MPa olarak hesaplanmıştır. Burada görüldüğü gibi, kayacın bünyesinde su olması durumunda, su kayaca zayıflık verip basınç dayanımlarını düşürebilmektedir. Yine benzer şekilde üst basamağın suya doygun tek eksenli basınç dayanımının 35,30 MPa ve üst basamağın kuru tek eksenli basınç dayanımı değeri ise 60,10 MPa olarak belirlenmiştir.

Ortalama çekme gerilmesi, tek eksenli basınç gerilmesinin yaklaşık onda biri şeklinde ortaya çıkmıştır (Çizelge 5.5). Tek eksenli basınç dayanımında da olduğu gibi bu deneyde de suya doygun numunelerin dayanım değerlerinin düştüğü ve basamakların birbirine göre farklı olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 5.5'den de görüldüğü üzere, alt basamağın dolaylı çekme dayanım değerlerini su doğrudan etkilemiş ve suya doygun ve kuru değerler sırasıyla, 4,22 MPa ve 7,28 MPa olarak hesaplanmıştır. Üst basamakta ise suya doygun numunelerin dolaylı çekme dayanımı

değeri 6,07 MPa ve kuru numunelerin dolaylı çekme dayanım değeri 7,61 MPa olarak belirlenmiştir. Burada da küçük de olsa suyun etkisi ortaya çıkmıştır.

Yapılan ultrsaonik deney sonuçlarında (Bkz. Çizelge 5.8) ise, ultrasonik hızlara bakıldığında, daha az boşluklu ve nispeten masif yapıda olan alt basamakta suya doygun ortalama P dalga hızının, kuru olan ortalama P dalga hızından düşük olduğu görülmüştür. Burada da suyun tıpkı kayaç içerisindeki boşluk ve gözenekler gibi, dalga hızını sönümleyici bir etki yaptığı görülmektedir. Aynı yorum üst basamakta yapılamamaktadır. Üst basamakta suya doygun ortalama P dalga hızı 4370,51 m/s iken, kuru ortalama P dalga hızı 4334,17 m/s olmuştur. Bunun sebebini üst basamağın, çok karmaşık yapıda olan süreksizlik durumlarına ve fiziksel özelliklerinin farklı olması şeklinde açıklanabilmektedir. Alt ve üst basamağın P dalgaları için yapılan değerlendirmelerin aynı S dalgalarında da gözlemlenmiştir. Son olarak nispeten masif ve sağlam bir özelliğe sahip olan alt basamağın P ve S kuru dalga hızları 4954,67 m/s ve 5041,43 m/s olurken, boşluklu ve zayıflık düzlemleri içeren bir yapıya sahip olan üst basamaktaki P ve S kuru dalga hızları 4334,45 ve 4371,17 m/s olmuştur.

Dalga yayılma hızını iki nedenden önemli olmaktadır. Bu nedenlerden ilki patlayıcının ateşlendiğinde kayacın maruz kaldığı gerilme süresi ve dağılımı, diğeri ise basınç dalgasının yayılım hızının kayacın elastikliğinin bir ölçüsü olmasıdır. Bu deneyde özellikle alt ve üst basamak arasındaki yapısal özellik farklılığı dalga hızını nasıl etkiliyorsa, bünyesinde çok süreksizlik bulunduran ve boşluklu olan kaya kütlelerinde de, patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının iletimi o şekilde etkilenmekte ve daha düşük olmaktadır.

Sonuç olarak alt basamağın nispeten daha masif ve sağlam bir özellikte olması, bütün değerlerinin üst basamağa göre yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu durum özellikle patlatma sonucu oluşan tane boyunu olumlu olarak etkilemektedir. Bilhassa üst basamakta çok sayıda bulunan süreksizlikler ve zayıflık düzlemleri deney sonuçlarını etkilediği çizelgelerden (Bkz. Bölüm V) görülmektedir. Özetle

çalışmada ortaya çıkan fiziksel deney sonuçları ile mekanik deney sonuçları paralellik göstermektedir.

5.3 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında ilk olarak sahada alt ve üst basamakta çalışan bölgeler belirlenmiş ve bu bölgelere göre de ölçüm noktaları tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3). Bu tespitler yapıldıktan sonra üst ve alt basamakların kaya kütle özellikleri önceki yapılan çalışmalardan da faydalanılarak belirlenmiştir. Patlatma uygulamalarında ise öncelikli olarak delik tasarımı yapılmış, kullanılan patlayıcı madde çeşitleri tespit edilmiştir (Bkz. Bölüm IV). Patlatmaların ölçümlerinde ise her patlatma öncesi patlatma deliklerinin GPS ile koordinatları alınmış ve haritaya işlenmiştir (Bkz. Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3). Son olarak, patlatmaların sismik etkileri White II marka sismograf kullanılarak ölçülmüş ve cihazla beraber gelen yazılım programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

5.3.1. Çalışma alanının kaya kütle özelliklerinin belirlenmesi

Çalışma alanının kaya kütle özellikleri RMR (Bieniawski 1989) kaya kütle sınıflama sistemi kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm verilerinin yetersizliği ve daha önce yapılmış olan sondaj çalışmalarından elde edilen verilerin yetersizliği nedeniyle sadece Temel RMR sınıflaması yapılmıştır.

Temel RMR sınıflama parametreleri belirlenirken, önceden yapılmış sondaj tanımlamalarından, laboratuar çalışmalarından, arazi gözlem ve ölçümlerinden faydalanılmıştır. Kaya kütle sınıflaması yapılırken, üst ve alt basamak parametreleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve karşılaştırmalı bir çizelge hazırlanmıştır. Bu iki basamağa ait sınıflama parametreleri ve Temel RMR değerleri Çizelge 5.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 5.9 Çalışma sahasının üst ve alt basamağa ait RMR sınıflandırma verileri.

ÜST BASAMAK		
RMR Parametresi	Ortalama Değer	Puan
Kayacın dayanımı(σ_c)	74.88 MPa	7,89
RQD	34,80	7,48
Süreksizlik aralığı	150 mm	6,75
Süreksizlik uzunluğu	1-3 m	4,00
Süreksizlik açıklığı	1-5 mm	1,00
Süreksizlik pürüzlülüğü	Az pürüzlü	5,00
Süreksizlik dolgu durumu	> 5 mm	2,00
Süreksizlik bozunması	Az bozunmuş	5,00
Yer altı suyu	Nemli	10,00
TOPLAM		**49,12**
TEMEL RMR		**49,12**

ALT BASAMAK		
RMR Parametresi	Ortalama Değer	Puan
Kayacın dayanımı(σ_c)	47.70 MPa	5,39
RQD	93,30	18,66
Süreksizlik aralığı	300,00	8,50
Süreksizlik uzunluğu	< 1 m	6,00
Süreksizlik açıklığı	Yok	6,00
Süreksizlik pürüzlülüğü	Az pürüzlü	5,00
Süreksizlik dolgu durumu	> 5 mm	6,00
Süreksizlik bozunması	Yok	6,00
Yer altı suyu	Tamamen kuru	15,00
TOPLAM		**76,55**
TEMEL RMR		**76,55**

Konya Çimento kireçtaşı ocağı, çalışmaya ilk başlanıldığından beri, basamaklar halinde çalışılmıştır. Fabrika sahasında önceden de belirtildiği gibi, farklı jeolojik özellik gösteren katmanlarda patlatma çalışmaları yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bu tez çalışmasında, bu iki farklı katmanlarda olan basamaklarda yapılan patlatmalarının etkilerini ortaya koyacak bir değerlendirmeye gidilmesi amaçlanmıştır. Arazi gözlemleri ve önceki yapılan çalışmalar ve bizim elde ettiğimiz, yukarıdaki Çizelge 5.9'da görülen RMR sınıflama sisteminin değerleri, bölgede iki farklı basamağın olduğunu ortaya koymuştur. Bu farklılığın gözle görünür yönü süreksizliklerin durumu olmakta ve bu da RMR değerini oldukça etkilemektedir. Üst basamakta kolayca gözlemlenen, dolgulu, dolgusuz, geniş açıklıklara sahip ve sistematik olmayan süreksizlikler patlatma verimini oldukça etkilemektedir. Bu nedenle patlatma enerjisi, efektif olarak kayaya yansımamakta ve kayıplara uğrayarak verimsiz patlatmalar oluşturabilmektedir. Tüm bu sebeplerden ötürü yapılan patlatma sonucunda, uygun tane boyutunu yakalamak zor olmakta (patar yada gereğinden fazla küçülmüş malzeme), patlayan bir delik diğer bir deliğin yükünü azaltabilmekte, patlatma bölgesinde fazla geri çatlatma oluşmakta ve yer sarsıntısını kimi zaman artmaktadır. İki basamaktan, üst basamağa göre daha

homojen olan alt basamakta yapılan patlatmalarda daha iyi tane boyu dağılımı, daha az geri çatlama, ideal öteleme yani kısacası daha efektif ve verimli bir patlatma elde edilmektedir. Her iki basamağa ait patlatma sonrası kademe fotoğraflarına Şekil 5.7 ve 5.8'de yer verilmiştir.

Ortaya çıkan RMR değerleri sonucunda, üst basamak RMR sınıflama sistemine göre "Orta sınıf kaya (RMR = 49,12)", alt yapı ise "İyi sınıf kaya (RMR = 76,55)" olarak belirlenmiştir (Bkz. Bölüm IV, RMR Kaya Sınıflama Sistemi).



Şekil 5.7 Üst basamak kademesinde yapılan patlatmadan sonraki görünüm (oyuncak top çapı 300 mm'dir).



Şekil 5.8 Alt basamak kademesinde yapılan patlatmadan sonraki görünüm (oyuncak top çapı 300 mm'dir).

5.3.2. Konya Çimento Fabrikası kireçtaşı ocağına ait sismograf ölçüm kayıtları

Konya Çimento Fabrikası Kireçtaşı ocağında yapılan her patlatma uygulamasında, patlatma yerine göre değişen sabit bazı noktalardan White II marka sismograf ile ölçüm alınmıştır. White II sismograf ile ölçümler otomatik olarak kaydedilmekte cihaz bilgisayara bağlanarak çeşitli formatlarda çıktılar alınabilmektedir. Örnek kayıt ve çıktı formatı Ek.1'de sunulmuştur. Bu ölçümlerin alınma sebebi hem yerleşim merkezi içerisinde kalan ocakta yapılan patlatmaların çevresel etkilerini gözlemleyerek patlatmaların kontrolünü sağlamak hem de patlatma verim ve maliyetini en iyi şekilde belirlemektir.

Üst basamakta yapılan patlatma çalışmalarının belirlenen ölçüm noktalarından (Şekil 5.1 ve 5.2) alınan sismik ölçüm verileri Çizelge 5.10 ve 5.11'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Üst basamakta yapılan patlatma çalışmaları, dört farklı şarj kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunlar gecikme başına 20,5 kg, 25,5 kg, 38,0 kg ve 40,5 kg kullanılan şarjlar şeklinde olmuştur (ANFO 0,80 g/cm^3 olan yoğunluğu nedeniyle, 89 mm çapındaki patlatma deliğinde 5 kg ANFO 1 m şarj yüksekliği verir).

Alt basamakta yapılan patlatma çalışmaları ise tek bir şarj miktarı (basamak boyu sürekli aynı olduğu için 50,5 kg kullanılmıştır) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alt basamakta yapılan patlatma işlemleri sonucu, ortaya çıkan sismik hareketler belirlenen ölçüm noktasından (Şekil 5.3) takip edilerek kaydedilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 5.12'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.10 Üst basamağa ait, delikte gecikme başına 20,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ayrıntılı verileri.

Delik Say. (Ad.)	*Delik Boyu (m)*	*Delik Çapı (mm)*	*Gecikme Aralığı (ms)*	*Del. Şarj Mikt. (kg)*	*Top.Şarj Mikt. (kg)*	*Mesafe (m)*	*Parçacık Hızı (m/s)*			*Frekans (Hz)*	*Ölçekli Mesf. (m)*	*Koordinat*	
							R	*V*	*T*				
12	7	89	25	20,50	246,00	290,00	1,143	0,508	0,762	11,9	64,05	458457	4199972
8	7	89	25	20,50	164,00	302,50	0,889	0,508	0,508	16,5	66,81	458430	4199971
13	7	89	25	20,50	266,50	290,00	2,286	0,762	1,016	10,4	64,05	458348	4200006
11	7	89	25	20,50	225,50	310,00	1,905	0,762	0,889	12,8	68,46	458423	4199962
8	7	89	25	20,50	164,00	310,00	1,397	0,508	0,635	12,1	68,46	458412	4199962
6	7	89	25	20,50	123,00	315,00	1,270	0,635	0,889	14,2	69,57	458391	4199962
7	7	89	25	20,50	143,50	312,50	1,143	0,508	0,635	11,9	69,02	458355	4199972
8	7	89	25	20,50	164,00	327,50	1,270	0,508	0,508	14,2	72,33	458378	4199959
14	7	89	25	20,50	287,00	287,50	1,778	0,862	0,889	14,2	63,49	458338	4200007
6	7	89	25	20,50	123,00	92,50	3,556	1,905	1,778	13,8	20,43	458437	4200181
10	7	89	25	20,50	205,00	315,00	0,889	0,381	0,635	12,1	69,57	458415	4199959
6	7	89	25	20,50	123,00	320,00	0,635	0,381	0,381	14,2	70,67	458382	4199959
8	7	89	25	20,50	164,00	320,00	1,397	0,508	0,635	19,6	70,67	458351	4199970
11	7	89	25	20,50	225,50	320,00	1,524	0,762	0,508	12,8	70,67	458397	4199957
10	7	89	25	20,50	205,00	100,00	2,667	1,778	2,540	16	22,08	458433	4200179
11	7	89	25	20,50	225,50	320,00	2,286	1,016	1,397	10,8	70,67	458348	4199969
9	7	89	25	20,50	184,50	290,00	1,016	0,381	0,508	17	64,05	458334	4200007
9	7	89	25	20,50	184,50	322,50	1,016	0,508	0,762	11,6	71,22	458385	4199985
9	7	89	25	20,50	184,50	325,00	1,143	0,635	0,889	11,6	71,78	458345	4199966
6	7	89	25	20,50	123,00	105,00	2,032	1,016	0,397	13,8	23,19	458421	4200172
11	7	89	25	20,50	225,50	330,00	1,270	0,381	0,762	13,8	72,88	45835	4199950
7	7	89	25	20,50	143,50	87,50	4,318	2,159	2,540	17	19,32	458412	4200195
10	7	89	25	20,50	205,00	102,50	2,540	1,397	1,397	12,1	22,64	458417	4200175
13	7	89	25	20,50	266,50	335,00	1,143	0,508	1,016	14,6	73,98	458370	4199948
6	7	89	25	20,50	123,00	102,50	2,159	1,016	1,397	16	22,64	458403	4200183
7	7	89	25	20,50	143,50	140,00	1,905	1,143	1,143	18,2	30,92	458377	4200154
13	7	89	25	20,50	266,50	387,50	0,762	0,381	0,635	12,8	85,58	458315	4199911

Çizelge 5.11 Üst basamağa ait, delikte gecikme başına sırasıyla 40,5, 38,0, 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmaların ayrıntılı verileri.

Delik Say. (Ad.)	*Delik Boyu (m)*	*Delik Çapı (mm)*	*Gecikme Aralığı (ms)*	*Del. Şarj Mikt. (kg)*	*Top.Şarj Mikt. (kg)*	*Mesafe (m)*	*Parçacık Hızı (m/s)*			*Frekans (Hz)*	*Ölçekli Mesf. (m)*	*Koordinat*	
							R	*V*	*T*				
**** Gecikme başına 40,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ayrıntılı verileri***													
13	11	89	25	40,50	526,50	290,00	1,524	0,762	0,508	13,1	45,57	458425	4199957
17	11	89	25	40,50	688,50	362,50	1,524	0,508	0,762	9,6	56,96	458375	4199888
16	11	89	25	40,50	648,00	382,50	1,270	0,381	0,381	11,3	60,10	458370	4199894
7	11	89	25	40,50	283,50	337,50	1,778	0,762	0,762	12,4	53,03	458338	4199941
7	11	89	25	40,50	283,50	347,50	1,016	0,508	0,635	13,4	54,60	458382	4199932
7	11	89	25	40,50	283,50	362,50	1,524	0,381	0,635	12,1	56,96	458373	4199922
**** Gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ayrıntılı verileri***													
15	10,5	89	25	38,00	570,00	430,00	0,000	0,000	0,000	0	69,76	458415	4199845
12	10,5	89	25	38,00	456,00	315,00	1,778	0,762	0,762	10,4	51,10	458408	4199848
12	10,5	89	25	38,00	456,00	415,00	0,635	0,254	0,254	11,6	67,32	458407	4199905
13	10,5	89	25	38,00	494,00	372,50	1,524	0,508	0,381	8,8	60,43	458366	4199905
4	10,5	89	25	38,00	152,00	380,00	0,508	0,254	0,508	11,3	61,64	458328	4199914
10	10,5	89	25	38,00	380,00	387,50	1,016	0,381	0,635	11,1	62,86	458330	4199906
**** Gecikme başına 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ayrıntılı verileri***													
7	8	89	25	25,50	178,50	205,00	0,889	0,889	0,635	17	40,59	458360	4200147
8	8	89	25	25,50	204,00	115,00	2,159	1,143	1,397	15,5	22,77	458395	4200173
6	8	89	25	25,50	153,00	117,50	3,302	1,905	1,270	19,6	23,27	458391	4200180
8	8	89	25	25,50	204,00	170,00	1,397	1,270	1,397	17	33,67	458378	4200175
8	8	89	25	25,50	204,00	175,00	2,159	1,397	1,397	16,5	34,66	458373	4200173
8	8	89	25	25,50	204,00	195,00	2,286	1,905	0,000	19,6	38,62	458355	4200165

Çizelge 5.12 Alt basamağa ait sabit şarjda yapılan patlatma ayrıntılı verileri.

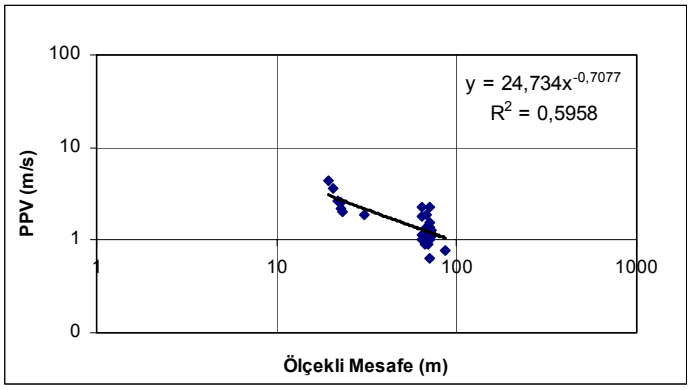
Delik Say. (Ad.)	*Delik Boyu (m)*	*Delik Çapı (mm)*	*Gecikme Aralığı (ms)*	*Del. Şarj Mikt. (kg)*	*Top Şarj Mikt. (kg)*	*Mesafe (m)*	*Parçacık Hızı (m/s)*			*Frekans (Hz)*	*Ölçekli Mesf. (m)*	*Koordinat*	
							R	*V*	*T*				
16	13	89	25	50,50	808,00	227,50	2,794	1,270	1,270	17,6	32,00	458373	4199530
9	13	89	25	50,50	454,50	207,50	2,540	3,048	1,778	36,5	29,20	458349	4199530
10	13	89	25	50,50	505,00	217,50					30,61	458371	4199527
10	13	89	25	50,50	505,00	282,50	1,651	1,143	1,016	13,8	39,76	458462	4199548
11	13	89	25	50,50	555,50	217,50	2,540	2,413	1,778	11,1	30,61	458352	4199525
8	13	89	25	50,50	404,00	247,50	2,413	1,016	0,889	10,4	34,83	458392	4199521
8	13	89	25	50,50	404,00	232,50	2,667	1,397	0,889	7,2	32,72	458375	4199520
9	13	89	25	50,50	454,50	250,00	1,270	0,762	0,635	8,6	35,18	458416	4199532
9	13	89	25	50,50	454,50	262,50	1,143	0,762	0,635	11,1	36,94	458437	4199540
9	13	89	25	50,50	454,50	290,00	1,016	0,889	0,762	12,4	40,81	458484	4199562
10	13	89	25	50,50	505,00	285,00	1,270	0,889	0,762	10,6	40,11	458466	4199546
15	13	89	25	50,50	757,50	382,50	0,381	0,254	0,254	18,2	53,83	458490	4199426
9	13	89	25	50,50	454,50	260,00	1,270	1,016	0,889	12,1	36,59	458418	4199520
9	13	89	25	50,50	454,50	275,00	0,762	0,762	0,635	11,1	36,70	458443	4199532
11	13	89	25	50,50	555,50	280,00	1,143	0,762	0,635	10,6	39,40	458458	4199540
10	13	89	25	50,50	505,00	240,00	2,032	2,413	1,524	36,5	33,77	458391	4199518
5	13	89	25	50,50	252,50	250,00	1,046	0,635	0,508	13,8	35,18	458403	4199520
8	13	89	25	50,50	404,00	282,50	1,143	0,889	0,762	12,4	39,76	458454	4199534
7	13	89	25	50,50	353,50	287,50	1,143	0,635	0,508	10,4	40,46	458468	4199543
7	13	89	25	50,50	353,50	290,00	1,016	0,635	0,381	12,4	40,81	458481	4199551
8	13	89	25	50,50	404,00	262,50	1,524	0,889	0,508	10,2	36,94	458418	4199520
5	13	89	25	50,50	252,50	275,00	1,397	0,762	0,508	7,6	38,70	458438	4199524
9	13	89	25	50,50	454,50	290,00	0,889	1,016	0,635	42,6	40,81	458496	4199580
8	13	89	25	50,50	404,00	230,00	1,905	1,524	1,397	22,2	32,37	458354	4199514
8	13	89	25	50,50	404,00	245,00	2,286	2,032	1,143	10,6	34,48	458376	4199511
5	13	89	25	50,50	252,50	250,00	1,270	0,762	0,508	8,3	35,18	458398	4199517

5.4 Sismograf Ölçüm Kayıtlarının Değerlendirilmesi

Sismograf ölçüm kayıtlarından yararlanılarak ölçekli mesafe, maksimum parçacık hızı, hakim frekanslar ve gecikme başına düşen güvenle patlatılabilecek patlayıcı madde miktarı hesaplanabilmektedir. Alt ve üst basamakta yapılan patlatmalar sonucu ortaya çıkan sismik grafikler yardımıyla aşağıda değerlendirilmiştir. Grafiklerin çiziminde "0" değeri olan patlatmalar dikkate alınmamıştır.

a) Üst basamak

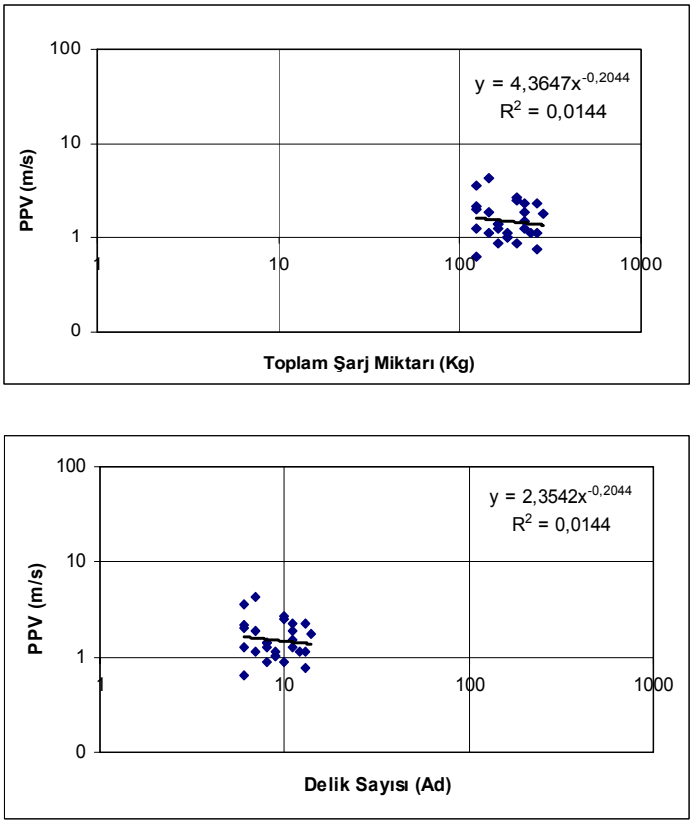
Üst basamakta farklı şarj miktarlarında yapılan patlatmaların, PPV-ölçekli mesafe, toplam şarj miktarı ve delik sayısı grafikleri aşağıda verilmiştir. Bu grafiklerden elde edilecek sarsıntı iletim ve sönümleme katsayıları ile mesafeye göre güvenle patlatılabilecek madde miktarlarının hesap edilmesi patlatmaların kontrollü yapılabilmesi açısından önemli olmaktadır.



Şekil 5.9 Üst basamak, gecikme başı 20,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe ve PPV grafiği.

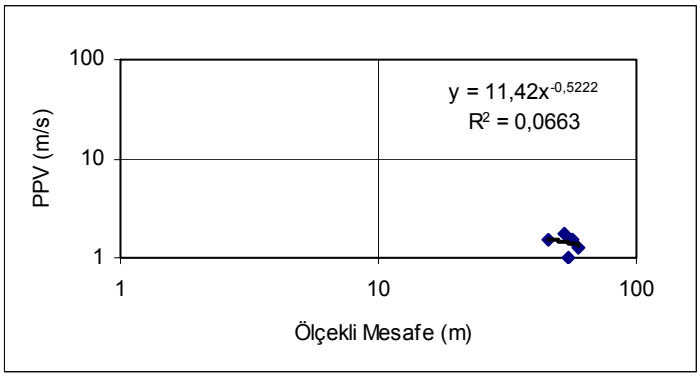
Şekil 5.9'da parçacık hızının mesafeye bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Bu nedenle yerleşim yerlerinde veya bu yerlere yakın olan ocaklarda patlatma yapılan bölgelerin, yerleşim yerine veya hasar vermemesi istenen yerlere olan mesafelerine dikkat etmek gerekmektedir. Şekil 5.9'daki grafikte noktaların iki ayrı yerde yoğunlaşmış olarak gözükmesinin sebebi, ocakta üst basamağın iki ayrı bölgesinde yapılan patlatmalardan kaynaklanmaktadır. Bu grafikteki patlatmalarda,

her ne kadar gecikme başına düşen şarj miktarı aynı olsa da, bazı patlatma noktalarının ölçüm istasyonuna diğer patlatma noktalarına göre yakın olmasından dolayı PPV'lerin bir kısmı yüksek değer almıştır.



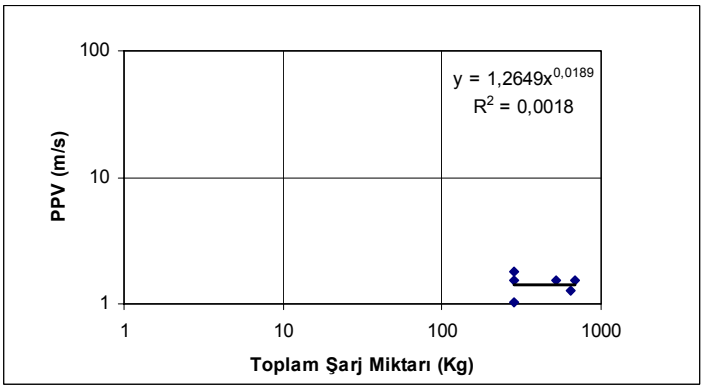
Şekil 5.10 Üst basamak, gecikme başına 20,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri.

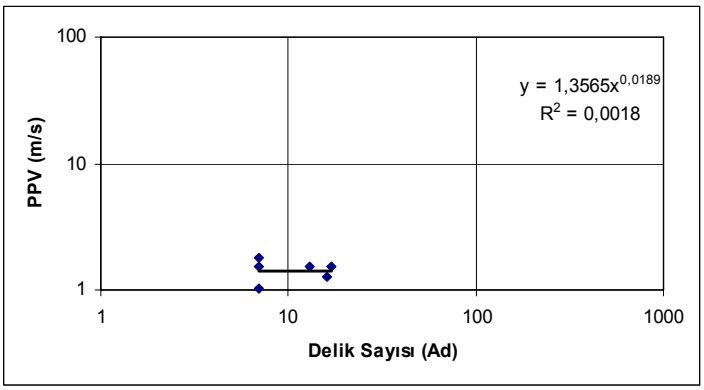
Patlatmalar sonucu oluşan parçacık hızında esas faktör gecikme başına patlayan patlayıcı madde miktarıdır. Şekil 5.10'da verilen grafikler incelendiğinde, artan toplam şarj miktarına ve artan delik sayısına rağmen parçacık hızının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bunun sebebi gecikmeli patlatmalarda her deliğin tek başına ve ayrı birer patlatma gibi davranması olmaktadır.Çünkü tek tek patlayan deliklerin oluşturduğu parçacık hızları, uygun gecikme aralığında birbirlerinin etkilerini sönümlemektedirler. Dolayısıyla gecikmede ne kadar patlayıcı madde kullanılmışsa parçacık hızı da ona göre değişim göstermektedir. Bu da bize patlatma yaparken, tasarımlarımızda uygun gecikme aralığı kullanıldığında delik sayısından bağımsız olarak hareket edebilmemizi sağlamaktadır.



Şekil 5.11 Üst basamak, gecikme başına 40,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe ve PPV grafiği.

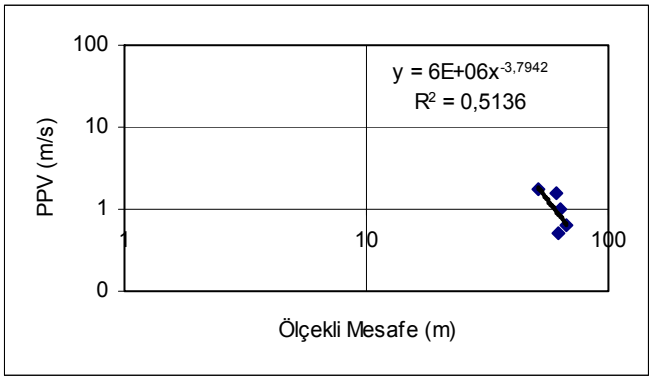
Şekil 5.11'de verilen grafik, Şekil 5.9'da verilen grafikle karşılaştırıldığında, gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarı (40,5 kg), Şekil 5.9'da verilen patlayıcı madde miktarına (20,5 kg) göre daha yüksek olmasına rağmen, parçacık hızının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın ortaya çıkmasındaki temel etken 40,5 kg şarjında yapılan patlatmaların ölçüm noktalarına olan mesafelerinin daha uzak olmasıdır.





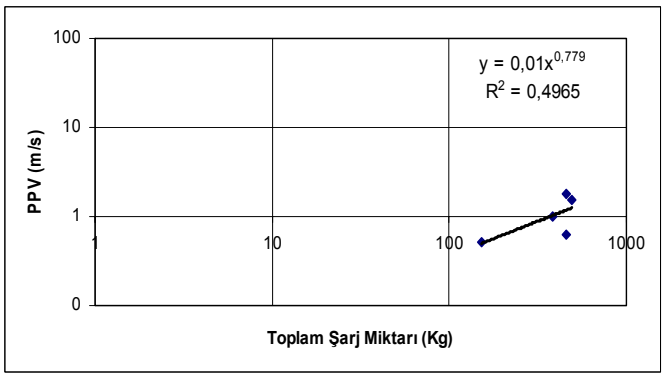
Şekil 5.12 Üst basamak, gecikme başına 40,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri.

Şekil 5.12'de verilen grafiklerde, Şekil 5.10'da verilen grafiklerle benzerlik göstermekte olup, bu grafiklerde de patlatmalar sonucu oluşan parçacık hızının, toplam şarj miktarı ve patlatılan delik sayısından etkilenmediği net bir şekilde gözlemlenmiştir.

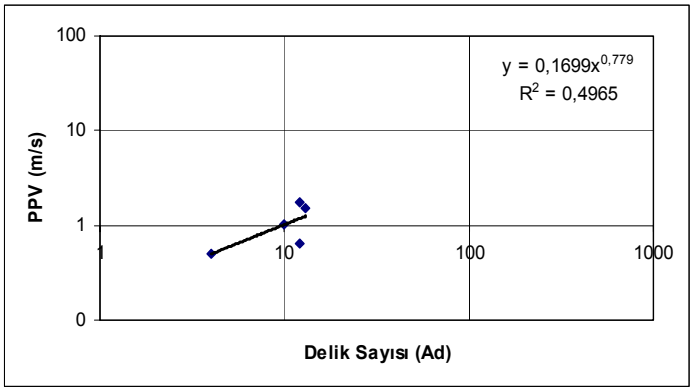


Şekil 5.13 Üst basamak, gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe ve PPV grafiği.

Yukarıda Şekil 5.13'de verilen ölçekli mesafe ve mesafe grafikleri de Şekil 5.9 verilen 20,5 kg şarjında yapılan patlatma grafikleri ile benzer özellik göstermektedir. Şekil 5.11 ile karşılaştırıldığı zaman ise, Şekil 5.11'de kullanılan patlayıcı miktarının fazla olması (40,5 kg), oluşan parçacık hızını genelde "1 m/s" üzerine taşıdığı görülmektedir. Şekil 5.13'de ise, gecikme başına kullanılan 38,0 kg patlayıcı madde, 40,5 kg'lık şarjdan az olduğu için parçacık hızları daha düşük değer almıştır. Dolayısıyla, yine burada da patlatmalar sonucu oluşan parçacık hızının, mesafeye bağlı orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

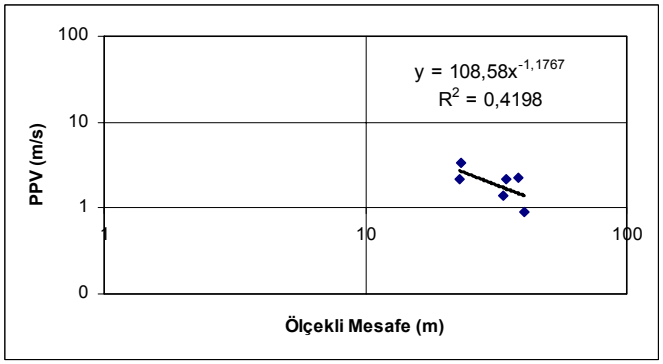


Şekil 5.14 Üst basamak, gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri.



Şekil 5.15 Üst basamak, gecikme başına 38,0 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri(Devamı).

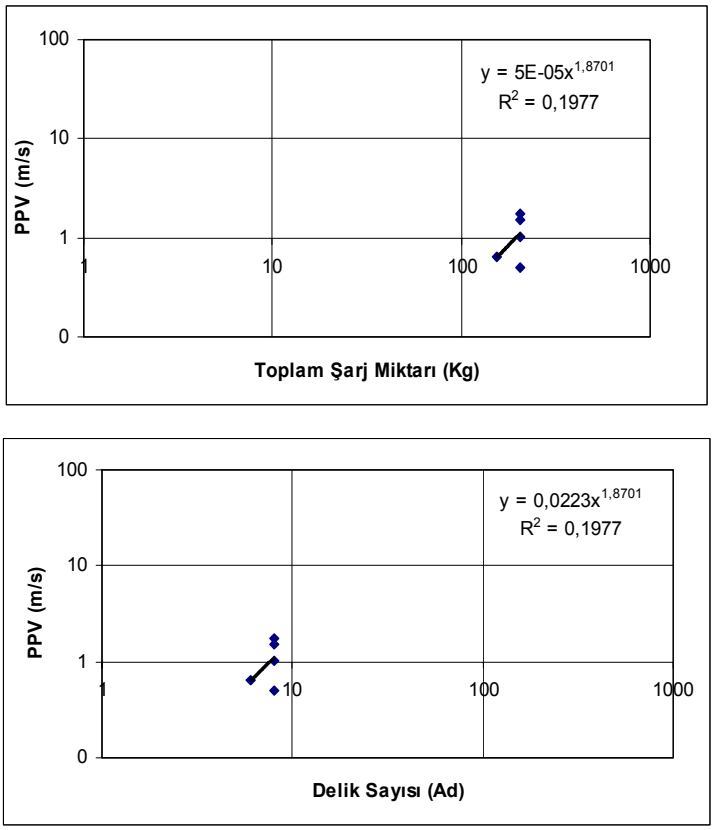
Şekil 5.15'de verilen grafiklerde ise toplam şarj miktarının ve patlatılan delik sayısının artması üzerine, oluşan parçacık hızında doğrusal bir artış gözlemlenmiştir. Oysa Şekil 5.10'da verilen grafiklerde, toplam şarj miktarının ve patlatılan delik sayısının artmasının parçacık hızını çok etkilemediği görülmüştü. Buradaki farklılığın sebebi, patlatma yapılan bölgede ortaya çıkabilen yapısal bir farklılığın arazi sarsıntı ve sönümle katsayılarını etkileyerek parçacık hızının alacağı değerleri değiştirmesi olarak açıklanabilir. Bunu belirlemenin en iyi yolu, bu grafik verilerinden yararlanarak, arazi sarsıntı iletim ve sönümleme katsayılarının belirlenmesi olacaktır.



Şekil 5.16 Üst basamak, gecikme başına 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe ve PPV grafiği.

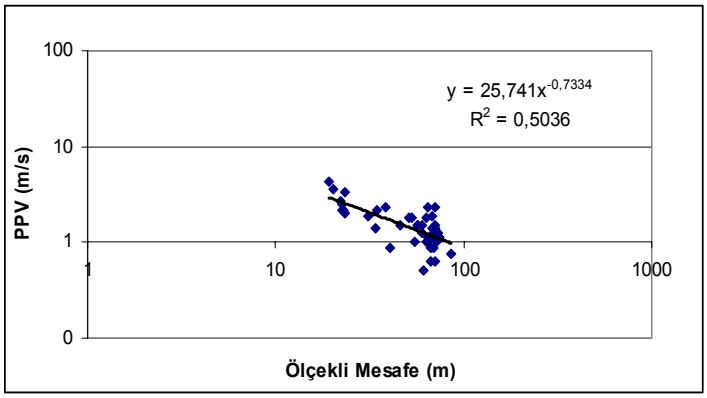
Yukarıda verilen 25,5 kg patlayıcı madde şarjına ait grafik, Şekil 5.9'da verilen grafik ile benzerlik göstermekte olup, noktaların iki ayrı yerde toplanmasının sebebi, Şekil 5.2'den görüldüğü gibi patlatma yapılan noktaların iki ayrı bölge

olmasında kaynaklanmaktadır. Fakat burada da patlatma sonucu oluşan parçacık hızının mesafeye bağlı orantılı olarak azaldığı, hem iki ayrı bölge olarak kendi içlerinde hem de bütün patlatma bölgelerindeki değişim grafiklerde görülmektedir.

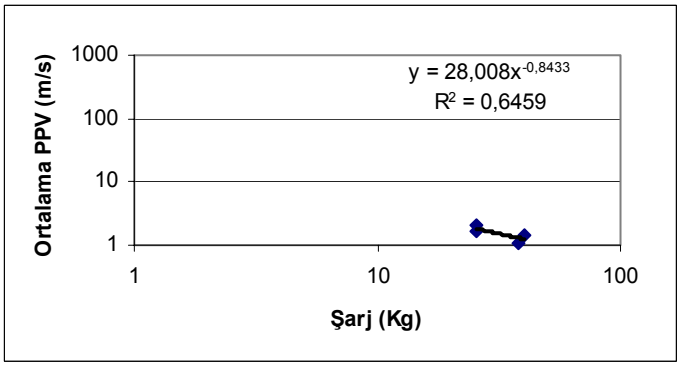


Şekil 5.17 Üst basamak, gecikme başına 25,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri.

Şekil 5.17'da, gecikme başına 25,5 kg patlayıcı madde kullanılan patlatmanın grafiğidir. Bu grafikte de, üst basamağın çok karmaşık olan jeolojik yapısının, patlatmalar sonucu oluşan arazinin sarsıntı iletim ve sönümleme katsayılarına etki ederek, toplam şarj miktarına ve patlatılan delik sayısına göre parçacık hızını artırdığı görülmüştür. Patlatmaların her biri üst basamakta, süreksizliklere ve su seviyesine göre farklı yerlerde olduğu için parçacık hızları farklı ortaya çıkmıştır. Ayrıca grafiklerden ikisi de ayrıntılı olarak incelendiğinde, yaklaşık dört patlatmanın delik sayısı ve toplam şarj miktarı (delik sayısı aynı olduğu için) aynı olmakta fakat oluşan parçacık hızları farklıdır.



Şekil 5.18 Üst basamağın bütün atımlarına ait Ölçekli Mesafe-PPV grafiği.

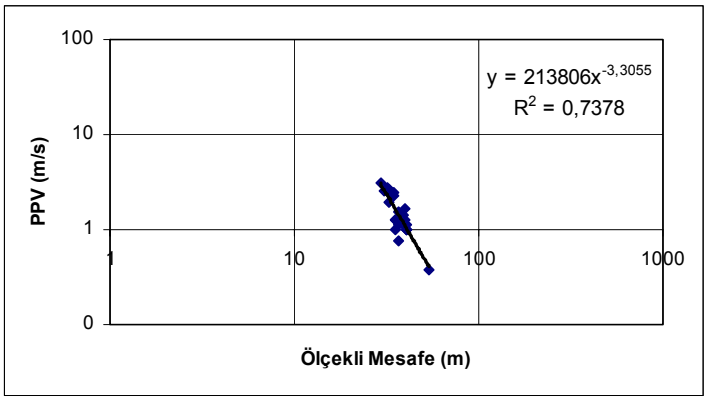


Şekil 5.19 Üst basamakta Ortalama PPV-Şarj grafiği.

Üst basamağa ait vereceğimiz son iki grafik, üst basamakta yapılan bütün atımları içine alan Ölçekli mesafe-PPV ve Ortalama PPV-Şarj (gecikme başına kullanılan) grafiğidir. Grafiklerin korelasyonuna bakıldığında nispeten iyi bir ilişkini ortaya çıktığı söylenebilmektedir.

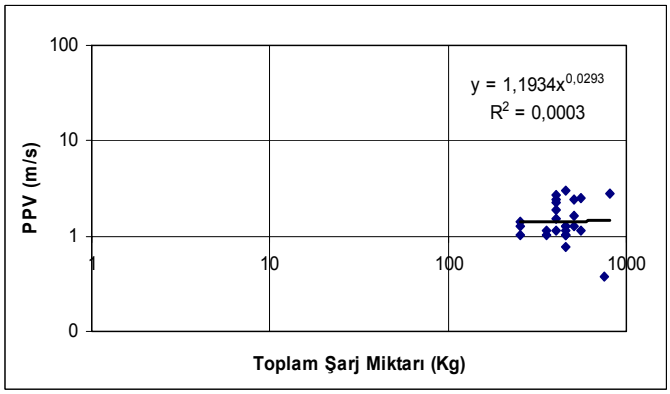
b) Alt basamak

Aşağıda alt basamak sabit şarjda yapılan (50,5 kg) patlatmaların PPV-ölçekli mesafe, toplam şarj ve delik sayısı grafikleri verilmiş ve bu grafiklerden yararlanılarak, alt yapının sarsıntı iletim ve sönümleme katsayıları bulunmuştur.

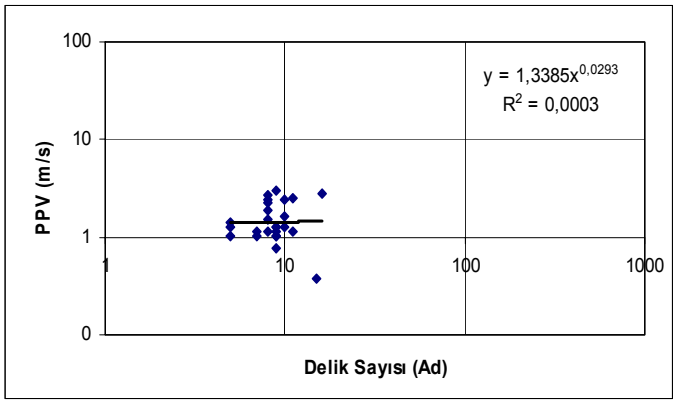


Şekil 5.20 Alt basamak, gecikme başına 50,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın ölçekli mesafe ve PPV grafiği.

Alt basamakta kullanılan patlatma tasarımı ve çalışılmakta olan basamakların boyutlarından sadece 50,5 kg (sabit) patlayıcı madde şarjında olan patlatmaların grafikleri çizilebilmiştir. Alt basamağın, üst basamağa göre daha masif ve çok daha az süreksizlik ve boşluk içermesi nispeten burada alınan ölçümlerden çıkan sonuçların daha iyi anlaşılır olmasını sağlamıştır. Böylelikle yukarıda da görüldüğü gibi mesafe kısaldığında patlatma sonucu oluşan parçacık hızı artmakta ve mesafe arttığında ise parçacık hızı azalmaktadır.



Şekil 5.21 Alt basamak, gecikme başına 50,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri.

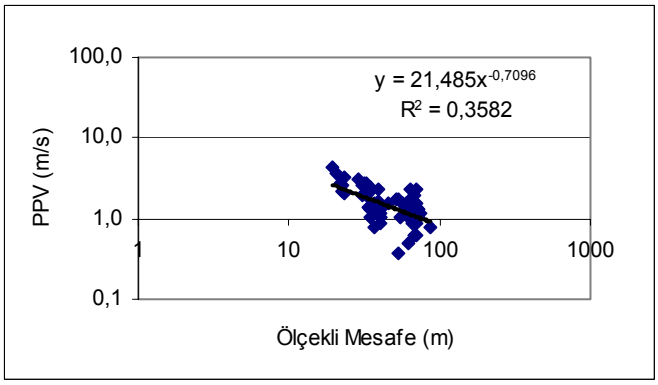


Şekil 5.21 Alt basamak, gecikme başına 50,5 kg patlayıcı kullanılan patlatmanın toplam şarj, delik sayısı ve PPV grafikleri (Devamı).

Şekil 5.21 incelendiğinde özellikle bazı patlatmaların aynı delik sayısına ve aynı toplam şarj miktarına sahip olduğu halde, birbirlerine göre parçacık hızlarının yüksek olduğu görülmektedir. Parçacık hızlarının yüksek olmasının sebebi iki şekilde açıklanabilir; İlk olarak, seçilen gecikme aralığının, patlatma üzerinde yanlış etki göstererek, deliklerin oluşturduğu sarsıntıların üst üste binmesine sebep olabileceği gibi, patlatma yapılan bölgelerdeki yapısal farklılıklar da (süreksizlik, su içeriği, patlatma yönü vb.) bu hususta etkili olabilmektedir.

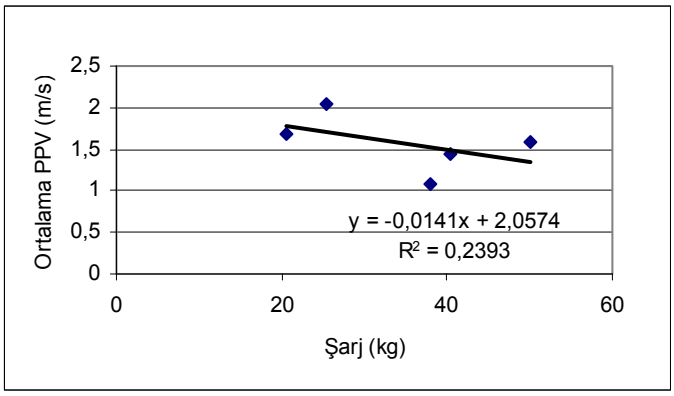
5.4.1. Alt ve üst basamakta yapılan sismik ölçümlerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Bu bölümde patlatmalar sonucu elde edilen veriler yardımıyla, çizilen ölçekli mesafe, parçacık hızı, frekans vb. grafikleri, kendi içlerinde ve karşılaştırmalı olarak bir değerlendirmeye gidilmiştir.



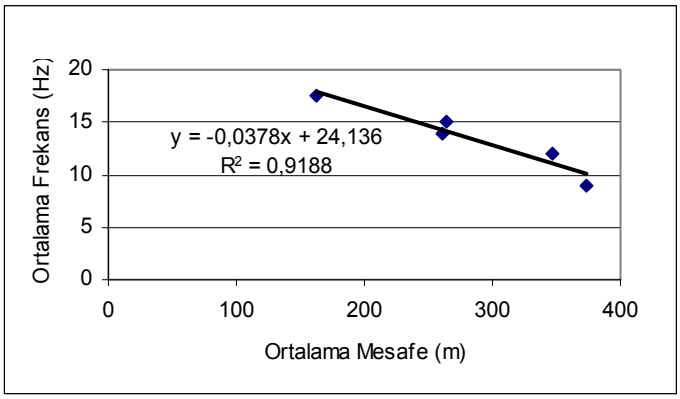
Şekil 5.22 Bütün patlatmalara ait PPV-Ölçekli Mesafe grafiği.

Şekil 5.22'ye bakıldığında, bu tez çalışmasına yer almakta olan bütün patlatmaların ölçekli mesafe ve parçacık hızı grafiği görülmektedir. Ocağın genel karakteristiğini yansıtması açısından bu grafik incelendiğinde, parçacık hızının mesafeye göre azaldığı belirgin olarak görülmektedir. Dolayısıyla daha önce basamakların kendi aralarında yapılan değerlendirmeler ile Şekil 5.22'de verilen grafik benzer özellik göstermektedir.



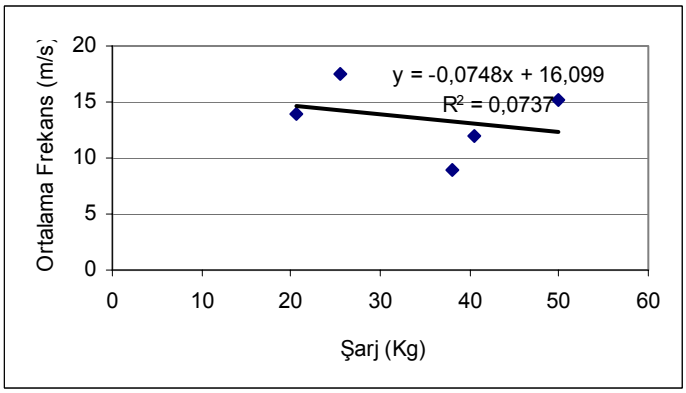
Şekil 5.23 Gecikme başına kullanılan şarj miktarı ve PPV grafiği.

Şekil 5.23'de hem alt basamağın şarj miktarının ortalama PPV'si, hem de üst basamağın farklı şarj miktarları ve onlara ait PPV'lerin ortalaması bir grafik şeklinde gösterilmiştir. Burada çok açık bir şekilde görülüyor ki, gecikme başına kullanılan şarj miktarı artınca parçacık hızı da şarj ile orantılı olarak bir artma eğilimi içerisinde olmaktadır. Bütün bu grafiklerden bir daha görülüyor ki, patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının oluşumunda en önemli etkenlerden birinin, gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarı olduğudur.

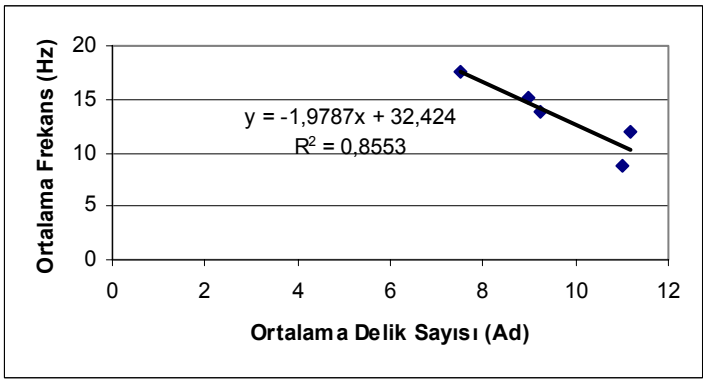


Şekil 5.24 Ortalama frekans-ortalama mesafe grafiği.

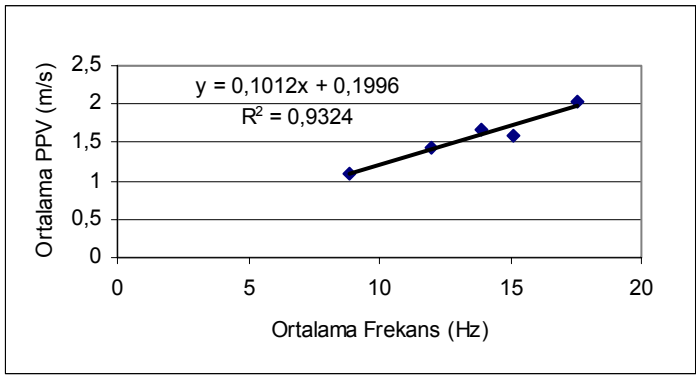
Şekil 5.24 değerlendirildiğinde frekansların, mesafe arttıkça düşük değer aldığı görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi (Bkz. Bölüm II), patlatma sonucu oluşan sarsıntıların, patlatma noktasından uzaklaştıkça düşük frekanslı bileşenlerinin enerji oranının artışı burada da gözlemlenmektedir. Bu sebepten dolayı yapılan patlatma çalışmalarında, patlatmanın yapıldığı yerin çevresi iyi etüt edilmelidir.



Şekil 5.25 Ortalama frekans ve şarj grafiği.



Şekil 5.26 Ortalama frekans-ortalama delik sayısı grafiği.



Şekil 5.27 Ortalama PPV ve ortalama frekans grafiği.

Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'de verilen grafikler birlikte incelendiğinde, ortalama frekans-ortalama delik sayısı grafiğinde, frekansların düştüğü gözlemlenmiştir. Fakat Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'da verilen grafikte aynı frekans değerlerinde parçacık hızında da doğrusal bir artış olduğu görülmektedir. Bu iki durum göz önünde bulundurularak şu şekilde bir yorum yapılabilir;

Bu tez çalışmasında kullanılan patlatma tasarımında, delik sayısı artırıldığında, tek tek patlayan deliklerin oluşturduğu sarsıntı dalgaları, arazi özellikleri (yapısal özellikler, k ve β) ve kullanılan gecikme aralığı sebebi ile üst üste binerek hem daha yüksek parçacık hızına hem de düşük enerjili frekansa sahip sarsıntılar oluşturmaktadır.

Ölçekli mesafe tablolarından yararlanılarak, arazinin sarsıntı (k) ve sönümleme (β) katsayıları bulunabilmektedir. Bulunan bu katsayılar sayesinde de, üst ve alt basamak için gecikme başına mesafeye bağlı olarak güvenle patlatılabilecek, patlayıcı madde miktarları tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 5.13'de, üst basamak için farklı şarjların sarsıntı ve sönümleme katsayılarının ortalaması ve alt basamak için sarsıntı ve sönümleme katsayıları verilmiştir.

Çizelge 5.13 Üst ve alt basamak için sarsıntı(k) ve sönümleme katsayıları (β).

Üst Basamak		
Şarj	**k**	**β**
20,50	24,734	-0,7077
25,50	108,58	-1,1767
38,00	6000000	-3,7942
40,50	11,42	-0,5222

Alt Basamak		
Şarj	**k**	**β**
50,50	213806	-3,3055

Yukarıda Çizelge 5.13'de verilen üst basamağa ait arazi sarsıntı ve sönümleme katsayılarının birbirinden çok farklı gibi görünmesinin sebebi, üst basamağın yapısında bulunan süreksizlik durumlarının çok karışık olması ve patlatma yapılan bölge ile ölçüm bölgelerinin bu farklılıktan etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu konuyu biraz açmak gerekirse, üst basamakta üretim basamakları birçok yönde yapılmaktadır. Dolayısıyla yapılan patlatmalar süreksizliklere dik, paralel vb. yönlerde olabilmektedir. Çizelge 5.13'de görülen k ve β değerleri, birbirinden farklı üretim basamaklarında yapılan patlatmaları temsil etmektedir. Özellikle Şekil 5.14 incelendiğinde sarsıntı bu patlatmaya özgü sarsıntı iletim katsayısının yüksek ve sönümleme katsayısının düşük olması parçacık hızlarının yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Bu farklı patlatma yerleri ve yönlerinden dolayı sismograf verileri de etkilenmektedir. Fakat Çizelge 5.11'de verilen k ve β kullanılarak hesaplanan mesafeye göre kullanılacak patlayıcı miktarları incelendiğinde (Çizelge 5.13), bu katsayıların arazi için doğru olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak bu katsayılar parçacık hızı belirleme de kullanılan formülde yerine konulduğu zaman üst ve alt basamak için, gecikme başına kullanılan, mesafeye bağlı olarak kullanılan güvenle patlayabilecek patlayıcı madde miktarları aşağıda Çizelge 5.14'de verilmiştir.

Çizelge 5.14 Üst ve alt basamak için, 2 mm/s parçacık hızı baz alınarak, farklı patlayıcı madde miktarlarına göre belirlenen güvenli patlatma mesafesi çizelgesi.

Üst Bas. 20,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	24,734	0,7077	***156,28***
	40,00	2,00	24,734	0,7077	***221,02***
	50,00	2,00	24,734	0,7077	***247,11***
Üst Bas. 25,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	108,580	1,1767	***133,27***
	40,00	2,00	108,580	1,1767	***188,48***
	50,00	2,00	108,580	1,1767	***210,72***
Üst Bas. 38,0 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	6000000,000	3,7942	***227,84***
	40,00	2,00	6000000,000	3,7942	***322,21***
	50,00	2,00	6000000,000	3,7942	***360,24***
Üst Bas. 40,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	11,420	0,5222	***125,73***
	40,00	2,00	11,420	0,5222	***177,82***
	50,00	2,00	11,420	0,5222	***198,80***
Alt Bas. 50,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	213806,000	3,3055	***148,56***
	40,00	2,00	213806,000	3,3055	***210,10***
	50,00	2,00	213806,000	3,3055	***234,90***

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi, kullanılan patlayıcı miktarına göre güvenli patlatma mesafeleri belirlenmiştir. Ortaya çıkan mesafe değerleri birbirine yakın olmakla beraber üst basamakta mesafe biraz daha uzayabilmektedir. Örneğin 20 kg şarj yapılan patlatmalarda üst basamak için ortalama güvenle patlatma mesafesi 158,28 m olarak çıkmaktadır. Diğer şarjlarda yapılan karşılaştırmalarda da aynı durum söz konusudur. Aynı şarj miktarında alt basamak için mesafe 148,56 olmaktadır. Bu da bize üst basamağın sarsıntı iletiminin büyük olabileceğine işaret etmektedir. Dolayısıyla formasyon özellikleri patlatmalarda sarsıntı değerlerini doğrudan etkileyebilmektedir.

BÖLÜM VI

SONUÇLAR

Patlatma kaynaklı sismik dalgaların çevre etkilerinin belirlenmesine yönelik parçacık hızı ölçümleri günümüzde büyük önem taşımaktadır. Patlatma sonucu oluşan yer sarsıntısı ve gürültünün çevrede bulunan tesis veya yerleşim yerlerine olan etkilerini kontrol altına alabilmek için, belirli sayıda patlatmanın sismik cihazlarla izlenmesi gerekmektedir. Sismik cihazlar yardımıyla elde edilen parçacık hızı ölçümleri sonucunda, yar sarsıntısı dalga yayılım uygun olarak, çalışma yapılan bölgede ki arazi parametreleri belirlenebilmektedir. Arazi parametreleri kullanılarak çalışma bölgesinin patlatma kaynaklı sismik dalgaların yayılım eşitliği hesaplanabilmektedir. Belirlenen sismik dalga yayılım eşitliği ise patlatma tasarımında yapılacak değişikliklerle parçacık hızının belirli sınırların altında tutulmasında kullanılmaktadır.

Genel olarak arazinin bütün yönlerde benzer özellik gösterdiğini kabul etmek mümkün değildir. Dolayısıyla, arazi yapısındaki süreksizlik parametreleri, tabakalaşma, yer altı su seviyesi gibi jeolojik faktörler patlatma kaynaklı sismik dalga hızlarını artırıcı yada azaltıcı yönde etki etmektedir.

Bu çalışma; laboratuar ve arazi çalışması olarak iki başlık altında yürütülmüştür. Laboratuar çalışmaları T. C. Selçuk Üniversitesi Maden ve Jeoloji Mühendisliği Bölüm laboratuarında, arazi çalışmaları ise Konya Çimento fabrikası taş ocağında yapılmıştır. Laboratuar çalışmalarında kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri, arazi çalışmalarında ise öncelikli olarak sondaj verileri ve süreksizlik ölçümlerinden yararlanılarak çalışma sahasının jeolojik yapısı incelenmiştir. Daha sonra çalışmanın amacına uygun olarak, alt ve üst basamaklarda yapılan patlatmaların, yerleşim yerlerine verdiği etkiler, parçacık ve ölçekli mesafe ölçümleri yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda, elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

1. Laboratuar ve arazi çalışmalarından elde edilen veriler kapsamında, arazinin kaya kütle sınıflaması özellikleri RMR sınıflama sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu sınıflamaya göre alt basamağın RMR değerinin (RMR = 76,55, iyi sınıf kaya), üst basamağın RMR değerinden (RMR = 49,12, orta sınıf kaya) daha yüksek çıktığı görülmüştür (Bkz. Bölüm IV, RMR Kaya Sınıflama Sistemi).
2. Alt ve üst basamakta yapılan patlatmaların sismik ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucu, toplam şarj ve delik sayısının parçacık hızı üzerinde fazla bir etkisinin olmadığı görülmüştür.
3. Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının tanımlanmasında, yaygın olarak üç yöntemin kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışmada Parçacık Hızı-Ölçekli mesafe yöntemi kullanılmıştır. Çünkü her hangi bir izleme işlemine gerek kalmaksızın yapılabilecek atıma ait mesafe ve patlayıcı madde miktarının tespiti yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında alt ve üst basamaklara ait, parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişkiler aşağıda tablolar şeklinde verilmiştir.

   a) Üst basamak;

Şarj	Eşitlik	Korelasyon	Yorum
20,5	$PPV = 24{,}734(SD)^{-0{,}7097}$	r = 0,772	İlişki iyi.
25,5	$PPV = 108{,}58(SD)^{-1{,}1767}$	r = 0,650	İlişki orta.
38,0	$PPV = 6000000(SD)^{-3{,}7942}$	r = 0,720	İlişki iyi.
40,5	$PPV = 11{,}42(SD)^{-0{,}5222}$	r = 0,260	İlişki düşük.
Bütün Şarjların Ort.	$PPV = 25{,}741(SD)^{-0{,}7334}$	r = 0,710	İlişki iyi.

   b) Alt basamak;

Şarj	Eşitlik	Korelasyon	Yorum
50,5	$PPV = 213806(SD)^{-3{,}3055}$	r = 0,860	İlişki iyi.

   c) Üst ve alt basamak;

Bütün Şarjların Ort.	$PPV = 24{,}485(SD)^{-0{,}7096}$	r = 0,600	İlişki orta.

4. Gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarının parçacık hızı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada,

basamaklara ait parçacık hızı ve şarj miktarı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda her iki basamak içinde, gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarının parçacık hızını artırdığı belirlenmiştir.

5. Taş ocağında yapılan patlatmaların sismik frekanslarının genelde 10-20 Hz arasında olduğu belirlenmiştir. Frekanslar değerlendirilmiş ve üst basamak için frekans ortalaması 13, 77Hz , alt basamak için ise 15,13 Hz bulunmuştur. Ocakta yapılan patlatmalar sonucu üst basamak için en düşük frekans değeri 8,80 Hz ve alt basamak için 7,20 Hz şeklinde gerçekleşmiştir. Ortaya çıkan bu frekans değerleri, binaların doğal frekanslarına (5-20 Hz) yakın olduğundan dolayı, ilgili yönetmeliklere bakılarak, en yakın yapıya, yapının türüne göre, frekanslara karşılık izin verilen PPV değerleri tespit edilmiştir.
6. Bu çalışma sahasının alt ve üst basamağına ait sarsıntı ve sönümleme katsayıları belirlenmiştir. Bu katsayılardan yararlanılarak mesafeye bağlı güvenle patlatılabilecek, patlayıcı madde miktarları belirlenmiştir. Belirlenen bu miktarlara aşağıdaki tabloda örnekler verilmiştir.

Üst Bas. 20,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	24,734	0,7077	***156,28***
	40,00	2,00	24,734	0,7077	***221,02***
	50,00	2,00	24,734	0,7077	***247,11***
Üst Bas. 25,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	108,580	1,1767	***133,27***
	40,00	2,00	108,580	1,1767	***188,48***
	50,00	2,00	108,580	1,1767	***210,72***
Üst Bas. 38,0 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	6000000,000	3,7942	***227,84***
	40,00	2,00	6000000,000	3,7942	***322,21***
	50,00	2,00	6000000,000	3,7942	***360,24***
Üst Bas. 40,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	11,420	0,5222	***125,73***
	40,00	2,00	11,420	0,5222	***177,82***
	50,00	2,00	11,420	0,5222	***198,80***
Alt Bas. 50,5 Kg şarjın pat. verileri	Pat. Mikt. (Kg)	PPV (mm/s)	k	B	*R (m)*
	20,00	2,00	213806,000	3,3055	***148,56***
	40,00	2,00	213806,000	3,3055	***210,10***
	50,00	2,00	213806,000	3,3055	***234,90***

7. Şehir içi bir taş ocağı olan, Konya Çimento Fabrikası taş ocağının Kuzey istikametinde meskenler, güney batı istikametinde de motorlu taşıtlar sanayi bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan patlatma verileri, sözü geçen yerlerle aynı doğrultuda yapılmış patlatmalardan elde edilmiştir. Her iki yer için de (mesken ve sanayi) farklı noktalardan sismograf ile ölçümler alınmıştır. Alınan bu ölçümler, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı'nın "Titreşim Yönetmeliği"'ne göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, patlatma kaynaklı olan yer sarsıntılarının, meskenlere ve sanayi birimlerine her hangi bir hasar tehlikesi yaratmayacak boyutta olduğu belirlenmiştir.
8. Sonuç olarak bu tez çalışmasının amacına yönelik bir değerlendirme yapılırsa; bünyesinde bir çok süreksizlik barındıran, yer yer su bulunan üst basamaktaki patlatmaların etkileri, nispeten masif kireçtaşı olan alt basamaktaki daha düşük olmaktadır. Bu etkilerin başında ise parçacık hızı gelmektedir.

KAYNAKLAR

Ak, H., Konuk A. 2003. Eskişehir Süpren Yöresinde Bir Taş Ocağında Patlatmalardan Kaynaklanan Yer Sarsıntılarının Ölçülmesi Ve Analizi, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı: 2, Eskişehir.

Ak, H., 2006. Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının yönsel değişiminin araştırılması, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir. 261 sayfa.

Alpaydın, E, Alpsar, M., Elmacı, E., Halıcılar, G., İnal, H.S., İşcen, H.İ., Patır, O., Özkazanç M.Ö. 2004. Nitromak Eğitim Yayınları, Patlayıcı Maddeler Ve Patlatma Teknikleri, Ankara.

Alpaydın, E. 2007. Patlatma Nedir, Nitromak Sektörel Dergi, Yıl: 3, Sayı:2, Ankara. s 7-10.

Ataman, T. 1988. Kayalarda Delik Delme Ve Patlatma, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 79 sayfa.

Ataman, T. 2000. Kaya Mekaniğine Giriş, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul. 239 sayfa.

Bargan, E. 2004. Çimentaş Çimento Fabrikası Işıkkent Kalker Ocağı Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Tespiti Ve Önlenmesi, Nitromak Sektörel Dergi, Yıl: 2, Sayı: 5, Ankara. s 15-19.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classification, Mc Graw Hill. 237 p.

Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç, M. 1998. TKİ Çan Linyit İşletmesinde Patlatmaların Yol Açtığı Çevre Sorunlarının Giderilmesi İçin Araştırma, Proje kod no: 97-03-05-01-08, ODTÜ, Ankara, 100 sayfa.

Bilgin, H.A., Esen, S., Kilic, M., Patlatma Kaynakli Yer Sarsintilarinin Binalar Uzerindeki Etkisi ve Buyutme Faktorunun Önemi. "Turkiye 16. Madencilik Kongresi", 1, (1999), s.25-32.

Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., Aldaş, G.G.U., Yeniköy Linyit İşletmesinde Patlatma Kaynaklı Yersarsıntılarının İncelenmesi. "4. Delme ve Patlatma Sempozyumu", 1, (2000), s.147-158.

Bilgin, H.A., Çakmak, B.B. 2006. Konya Çimento Hammadde Ocağı Patlatma Çevresel Etki Etüdü Sonuç Raporu, Odtü Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara. 43 sayfa.

Brochu, R.R. And Eltschlager, K.K., 1999, Proposed Draft of the I.S.E.E. Seismograph Performance Specifications and General Guidelines for Seismograph Field Use, Proceedings of the Twenty- Fifth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, Nashville,
Tennessee, USA. Volume I, pp. 279-285.

Ceylanoğlu, A. 1991. Açık İşletme Tekniği Ders Notları, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas. 71 sayfa.

Clark G. B., 1968. Unit Operations Blasting. Surface Mining, Mudd Series.

Çamtaş İnşaat Mad. Dış Tic Ltd. Şti, Nisan, 2004. Konya Çimento San. A.Ş, Sondaj Sonuç Raporu Konya Çimento San. A. Ş. Arşivi, Konya.

Dowding, C.H., 1992, Monitoring and Control of Blast Effects, SME Mining Engineering Handbook. pp. 746-760.

Dowding C.H. 1985. Blast Vibration Monitoring and Control. Prentice-Hall. 297p.

Erçıkdı, B., Kesimal A., Yılmaz E., Araklı-Taşönü Kalker Ocağında Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Değerlendirilmesi. Kayamek′2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, (2004), s 337-347.

Esen, S., 1996. Ideal Detonation Behaviour Of Commercial Explosives, and Development Of an Explosive/Rock Interaction Model. Master Thesis, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Erkoç, Ö. Y., 1990. Kaya Patlatma Tekniği. Çelikler Matbaacılık, İstanbul. 164 sayfa., (www.gempa.com.tr).

Erkoç, Ö. Y., Esen, S., 1998. Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Ölçülmesi ve Sarsıntı Ölçer Cihaz Çıktılarının Değerlendirilmesi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 139-147.

Erkoç, Ö. Y., Patlatmalı Kaya Kazısı, 2007, www.gempa.com.tr.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği, T. C. Çevre Ve Orman Bakanlığı, 2005. Ankara.

ISRM (International Society For Rock Mechanics), 1981. Rock Characterization, Testing And Monitoring, ISRM Suggested Methods. E. T. Brown (ed.), Pengamon Pres, 211 pp.

Kahriman A. 2002. Analysis of ground vibrations caused by bench blasting at Çan Open-pit Lignite Mine in Turkey. Environmental Geology. 41: 653-661.

Konya-Çumra-Karapınar Ovası Hidrojeolojik Eütü Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, 1975. Ankara.

Köse, H., Kahraman, B., 1993. Kaya Mekaniği, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Yayınları, No: 177, 2. baskı, İzmir.

Kuzu, C, Nasuf, E., Örgün, Y., Yalçın, T., Öztürk, A., Büyükçekmece Gölü Batısı Alanda İşletilen Taş Ocakları Üretim Atımlarından Kaynaklanan Sarsıntıların İncelenmesi. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 4. Kuvartener Çalıştayı, 2003, İstanbul.

Meyer, R., 1977. Explosives, Verlag Chemie GmbH, Weinheim.

Nitromak Eğitim Yayınları, Nitromak 2004, Ankara.

Özer, Ü., Dağ, A., Petrol Boru Hattı Yakınında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. Kayamek′2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, (2004), s 349-354.

Özkazanç, M. O., 2006. Patlayıcı Maddelerin Tarihsel Gelişimi, Nitromak Sektörel Dergi, Yıl: 3, Sayı:9, Ankara. s 9-10.

Patır, M. O., Alpaydın, E., 2004. Açık İşletmelerde Patlatma Sonuçlarını Ve Tasarımını Etkileyen Faktörler, Nitromak Sektörel Dergi, Yıl: 2, Sayı: 5, Ankara. s 12-14.

Sondaj Makine San. A. Ş., 2002. Konya Çimento San. A. Ş. Sondaj Sonuç Raporu Konya Çimento San. A. Ş. Arşivi, Konya.

Salgır, H., Öğün, O., Halıcılar, A. G., 2006. Bakü Tiflis Ceyhan Ve South Caucasus Pipeline Boru Hatları Projelerinde En Ekonomik Patlatma Metotlarının Tespiti, Nitromak Sektörel Dergi, Yıl: 3, Sayı: 9, Ankara. s 4-8.

Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H. 1980. Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting. RI 8507. Bureau of Mines. 74 pages.

Siskind, D.E., Crum, S.V., Otterness, R.E., Kopp, J.W. 1989. Comparative Study of Blasting Vibrations From Indiana Surface Coal Mines. RI 9226. Bureau of Mines. 41 pages.

Siskind, D.E., 2000. Vibrations From Blasting, International Society Of Explosives Enginners, USA. 120 p. Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal A., 2005. Kaya Mekaniği Laboratuar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2. baskı, Ankara. 167 sayfa.

Ulusuay, R., Sönmez, H., 2002. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın 60, Ankara. 273 sayfa.

Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A., 2005. Kaya Mekaniği Laboratuar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

Yıldız, R., Köse, H., 2003. Açık İşletmelerde Delik Delme Metotları Ve Delici Makineler, Kütahya. 218 sayfa.

EKLER

Ek.1 White II sismograf ile ölçüm yapılmış patlatmaların çevresel etkilerine ait rapor.

**** Üst basamak 20,5 kg şarjında yapılan patlatma.***

Konya Çimento A.Ş.
Patlatma Raporu

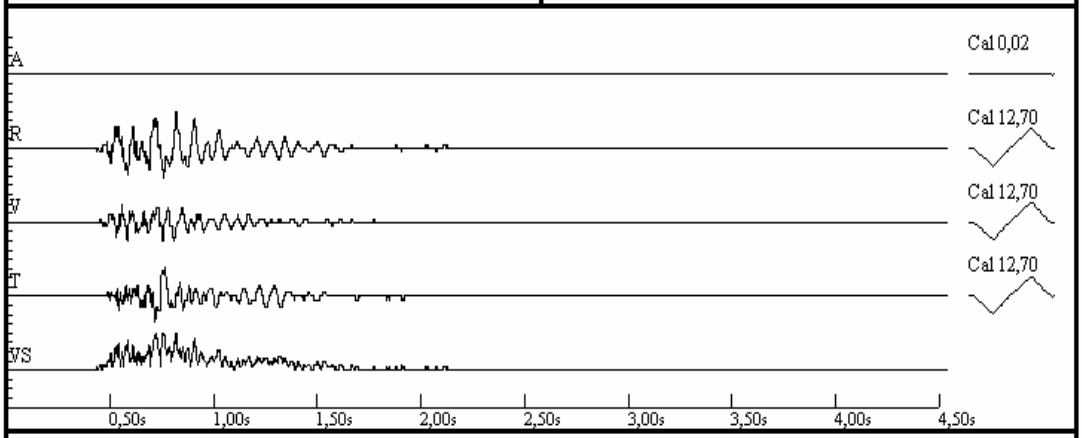
File Name: 360720070329249.DTB
Number: 249
Date: 29.03.2007
Time: 09:41
Serial Number: 3607
Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
Acoustic Trigger: 100 dB
Sample Rate: 1024
Record Duration: 4,0 Seconds
Pre-Trigger: 0,50 Seconds
Sensor Gain: 2x
Battery: 6,3

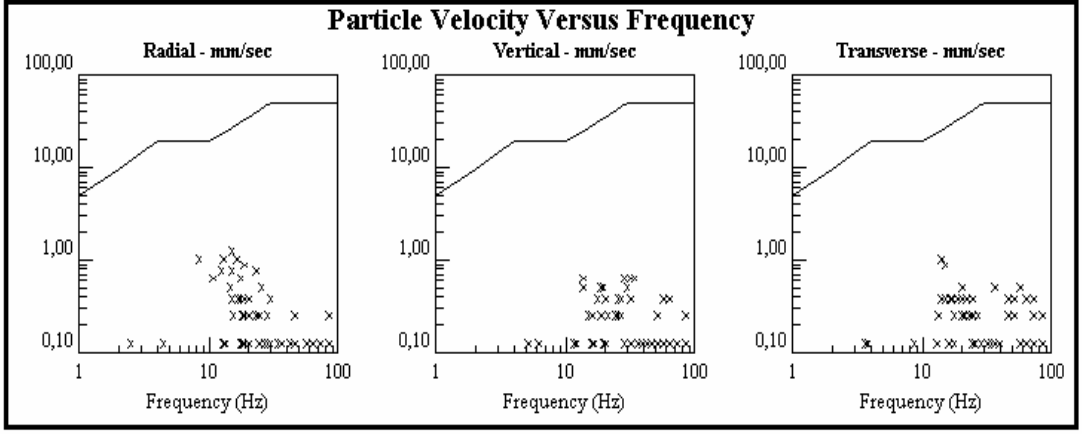
Amplitudes and Frequencies

Acoustic: <100 dB @ 0,0 Hz
***Radial:* 1,270 mm/sec @ 16,0Hz**
Vertical: 0,635 mm/sec @ 30,1Hz
Transverse: 1,016 mm/sec @ 14,2Hz
Vector Sum (VS): 1,397 mm/sec
Displacement: 0,014 mm
Acceleration: 260 mm/sec/sec

Graph Information

Duration: 0,000 s To: 4,500 s
Acoustic Scale: 120 dB
Seismic Scale: 1,27 mm/sec (0,318 mm/sec/div)
Time Line Intervals at: 0,50 s





**** Üst basamak 25,5 kg şarjında yapılan patlatma.***

Konya Çimento A.Ş.
Patlatma Raporu

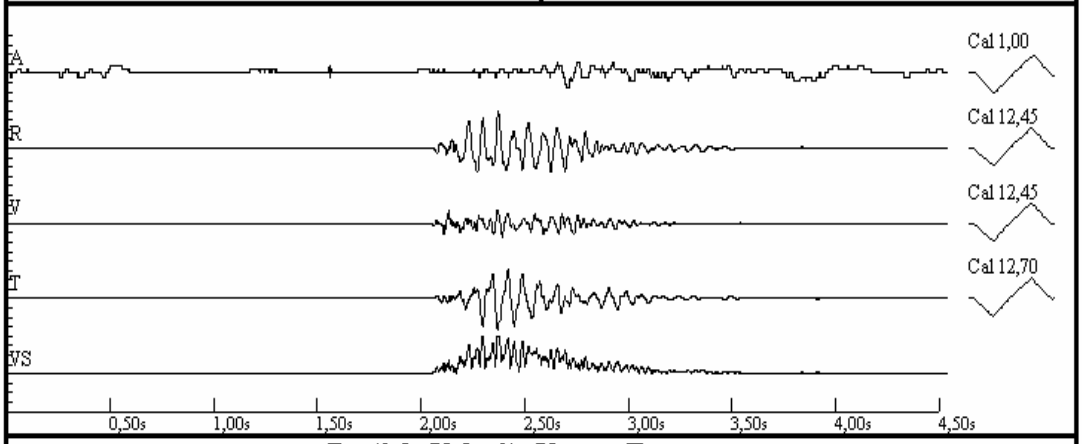
File Name: 360720070121162.DTB
Number: 162
Date: 21.01.2007
Time: 09:50
Serial Number: 3607
Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
Acoustic Trigger: 100 dB
Sample Rate: 1024
Record Duration: 4,0 Seconds
Pre-Trigger: 0,50 Seconds
Sensor Gain: 2x
Battery: 6,3

Amplitudes and Frequencies

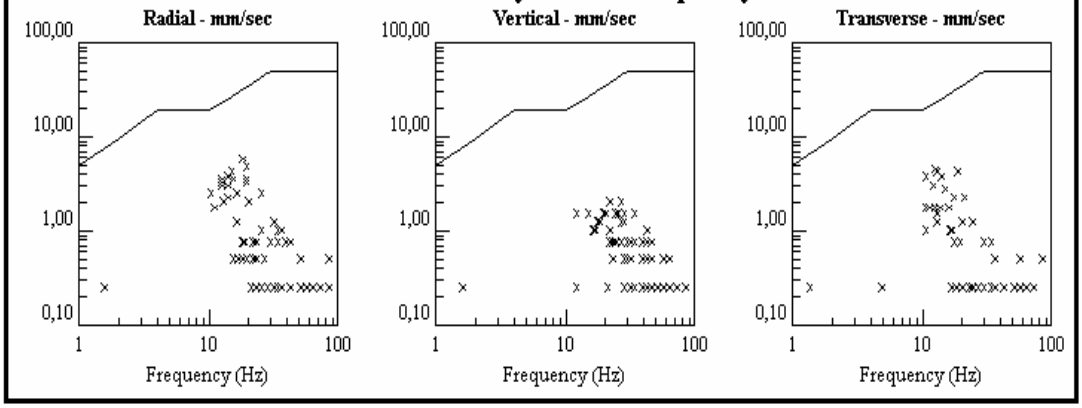
Acoustic: 112 dB @ 10,8 Hz
***Radial:* 5,842 mm/sec @ 18,2Hz**
Vertical: 2,032 mm/sec @ 23,2Hz
Transverse: 4,826 mm/sec @ 15,0Hz
Vector Sum (VS): 7,747 mm/sec
Displacement: 0,052 mm
Acceleration: 780 mm/sec/sec

Graph Information

Duration: 0,000 s To: 4,500 s
Acoustic Scale: 120 dB
Seismic Scale: 5,84 mm/sec (1,460 mm/sec/div)
Time Line Intervals at: 0,50 s



Particle Velocity Versus Frequency



**** Üst basamak 38,0 kg şarjında yapılan patlatma.***

Konya Çimento A.Ş.
Patlatma Raporu

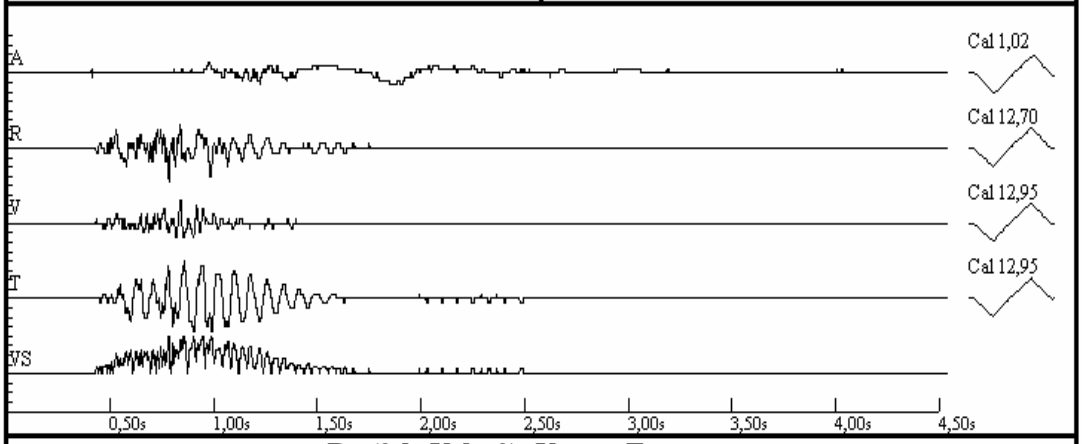
File Name: 360720061225142.DTB
Number: 142
Date: 25.12.2006
Time: 10:29
Serial Number: 3607
Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
Acoustic Trigger: 100 dB
Sample Rate: 1024
Record Duration: 4,0 Seconds
Pre-Trigger: 0,50 Seconds
Sensor Gain: 2x
Battery: 6,4

Amplitudes and Frequencies

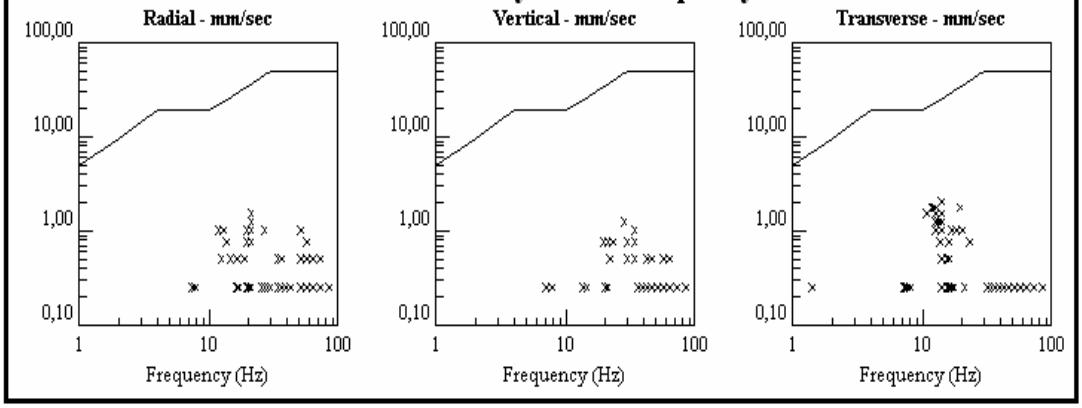
Acoustic: 110 dB @ 14,6 Hz
Radial: 1,778 mm/sec @ 36,5Hz
Vertical: 1,270 mm/sec @ 34,1Hz
***Transverse:* 2,032 mm/sec @ 14,6Hz**
Vector Sum (VS): 2,413 mm/sec
Displacement: 0,025 mm
Acceleration: 390 mm/sec/sec

Graph Information

Duration: 0,000 s To: 4,500 s
Acoustic Scale: 120 dB
Seismic Scale: 2,03 mm/sec (0,508 mm/sec/div)
Time Line Intervals at: 0,50 s



Particle Velocity Versus Frequency



**** Üst basamak 40,5 kg şarjında yapılan patlatma.***

Konya Çimento A.Ş.
Patlatma Raporu

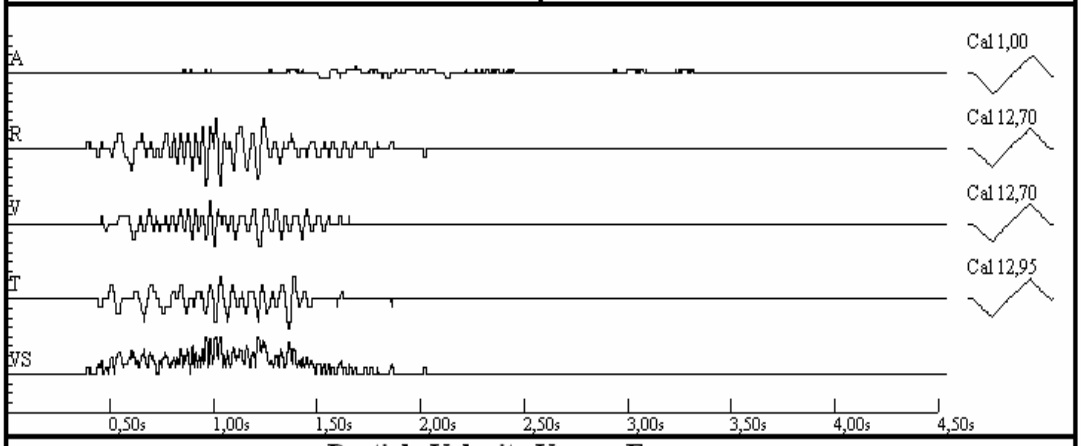
File Name: 360720061122098.DTB
Number: 098
Date: 22.11.2006
Time: 13:30
Serial Number: 3607
Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
Acoustic Trigger: 100 dB
Sample Rate: 1024
Record Duration: 4,0 Seconds
Pre-Trigger: 0,50 Seconds
Sensor Gain: 2x
Battery: 6,4

Amplitudes and Frequencies

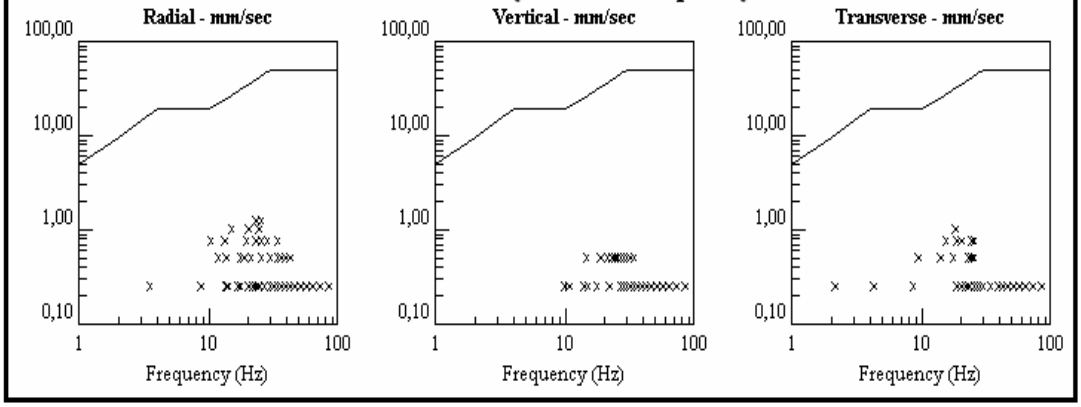
Acoustic: 106 dB @ 0,0 Hz
***Radial:* 1,270 mm/sec @ 26,9Hz**
Vertical: 0,762 mm/sec @ 32,0Hz
Transverse: 1,016 mm/sec @ 20,4Hz
Vector Sum (VS): 1,524 mm/sec
Displacement: 0,014 mm
Acceleration: 260 mm/sec/sec

Graph Information

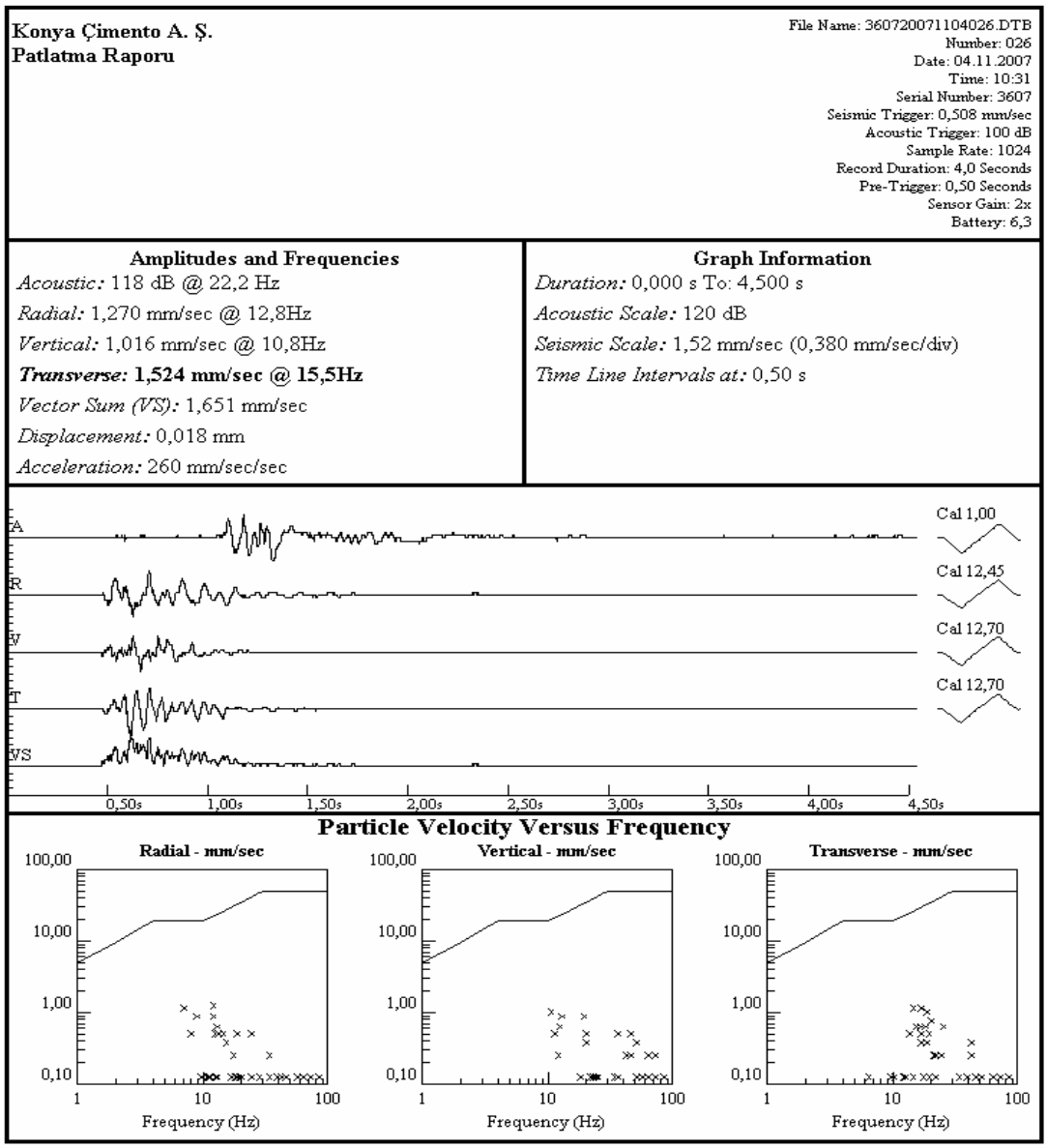
Duration: 0,000 s To: 4,500 s
Acoustic Scale: 120 dB
Seismic Scale: 1,27 mm/sec (0,318 mm/sec/div)
Time Line Intervals at: 0,50 s



Particle Velocity Versus Frequency



**** Alt basamak 50,5 kg şarjında yapılan patlatma.***



Maden ve Taş ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlatma Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değeri.**(Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete).**

Titreşim Frekansı (Hz)	**İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri mm / s)**
1	5
4 – 10	19
30 - 100	50