

S.L.İ.'DE YAPAY SÜREKSİZLİKLERİN
PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Akif ÇEBİ
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Ocak- 2007

S.L.İ.'DE YAPAY SÜREKSİZLİKLERİN
PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Akif ÇEBİ

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Doç. Dr. Kaan ERASLAN
Ortak Danışman: Yrd.Doç.Dr. Önder UYSAL

Ocak – 2007

KABUL ve ONAY SAYFASI

Mehmet Akif ÇEBİ'nin YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı . “S.L.İ.’de Yapay Süreksizliklerin Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntularına Etkisinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

25/01/2007

(Sınav tarihi)

Üye :Prof.Dr.Birol ELEVLI

Üye :Doç.Dr.Hürriyet AKTAŞ

Üye : Doç.Dr. Kaan ERASLAN

Üye :Yrd.Doç.Dr.Önder UYSAL

Üye : Yrd.Doç.Dr.Hamdi AKÇAKOCA

Fen Bilimleri Enstitüsünün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve
sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.M.Sabri ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

S.L.İ.'DE YAPAY SÜREKSİZLİKLERİN PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Akif Çebi

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2007

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Kaan Eraslan

ÖZET

Bu çalışmada, Seyitömer Linyit İşletmesi (SLİ) açık ocaklarında patlatmadan kaynaklanan yersarsıntılarının, yapay süreksizliklerin ardındaki değişimi incelenmiştir. 25m kalınlığında bir dragline panosunda gerçekleştirilen deneylerde yapay olarak oluşturulan iki farklı süreksizlik yapısı ele alınmıştır. Birinci yapay süreksizlik, sıralar halinde ardı ardına açılmış bariyer delikleriyle oluşturulmuştur. Patlatma bölgesi ve ölçüm istasyonu arasında 1m aralıklı, her sırada 25m derinlikte 10 adet olmak üzere 3 sıra halinde toplam 30 adet delik delinmiştir. Bu yolla deliklerden oluşan bir bariyer meydana getirilerek, bir yapay süreksizlik bölgesi oluşturulmuştur. Delik sıraları panoyu ikiye bölerek, iki zıt yönde ve ayrı bölgede ölçümler yapılmıştır. Deneylerde, deliklerin bazıları boş bırakılmış, bazıları ise su ile doldurulmuştur. Yersarsıntılarının ölçülmesinde iki adet titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bariyer deliklerin önünde, boş deliklerin arkasında ve su dolu deliklerin arkasında olmak üzere toplam 119 adet ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin değerlendirilmesi neticesinde, deliklerin arkasındaki maksimum parçacık hızı (PPV) değerlerinin %14.30 ile %18.54 oranında azaldığı görülmüştür. Sulu deliklerin arkasında ölçülen değerlerde ise boş deliklere göre önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. İkinci yapay süreksizlik ise patlatma bölgesi ile ölçüm noktası arasında 8 m derinliğinde bir hendek açılarak oluşturulmuştur. Çalışma süresince 77 adet patlatmaya ait toplam 149 adet yersarsıntısı ölçümü yapılmıştır. Her patlatma için hendek önünde ve hendek arkasında olmak üzere iki noktadan ölçüm alınmıştır. Bu sayede, yersarsıntısının hendek arkasındaki değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, ölçüm yapılan mesafe aralıklarında (38-299 m) PPV değerlerinde %27.76 ile %58.12 oranında bir azalma kaydedilmiştir. Düşüş oranı, patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe azaldıkça artmaktadır. Bu çalışmayla, patlatmanın çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılması konusunda uygulamalı bilimsel bir veri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açık İşletmelerde Patlatma, Yersarsıntısı, Bariyer Delikleri, Yapay Süreksizlik.

INVESTIGATION OF THE VARIATION OF BLAST INDUCED VIBRATIONS BEHIND ARTIFICIAL DISCONTINUITIES IN SLI COAL MINE

Mehmet Akif Çebi

Mine Engineering, M.S.Thesis, 2007

Thesis Supervisor: Assoc.Prof. Kaan Eraslan

SUMMARY

In this study, variation of blast induced vibrations behind artificial discontinuities was investigated in Seyitömer Coal Enterprise. Experiments were implemented in 25m thick dragline panel and two types of discontinuities formed in the field. First type artificial discontinuity was generated by successive barrier drill holes. 25m deep 30 drill holes were drilled through 1m spaced 3 parallel lines, each of which include 1m spaced 10 holes. By this way, an artificial discontinuity namely barrier holes were formed by drill holes. Lines of the holes divided the panel into two parts to enable measurements in two opposite directions and sides. Half of the holes were left empty and the other half were filled with water. Peak particle velocity (PPV) was measured by two blast mate devices. Totally 119 measurements were taken in front of, behind the empty and water-filled holes. As a result of analysis of PPV values, 14.30% to 18.54% decrease has been observed. Second artificial discontinuity was realized by digging 8m deep, 4m wide and 12m long trench. 149 measurements at 77 explosions were performed in trench experiments. One measurement in front of and one measurement behind the trench were taken simultaneously at each explosion. By this way, influence of trench on PPV could be observed. Measurement distances ranged from 38m to 299m and PPV values decreased 27.76% to 58.12%. PPV decline was found to be inversely proportional with the distance between the explosion point and measurement station. The study provides an applied scientific data in the subject of environmental effect of blasting and elimination of it.

Key words: Artificial Discontinuity, Barrier Holes, Open Pit Blasting, Vibration, ..

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana her konuda yardımcı olan tez danışmanım Sayın Doç.Dr.Kaan ERASLAN'a ve ortak danışmanım Sayın Yrd.Doç.DR. Önder UYSAL'a öncelikle teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında gösterdikleri ilgi ve destek nedeniyle SLİ Müessese Müdürü Sayın Yüksel KOCA'ya , Müessese Müdür Yardımcısı Sayın Yunus AKMAN'a , Etüt-Proje Şube Müdürü Sayın Lütfü ERKMEN'e , Hazırlık İşleri Baş Mühendisi Sayın Erçin AÇIKEL'e ve emeği geçen herkese teşekkür ederim..

Deneylerde yararlandığımız yer sarsıntı ölçme cihazlarından birini kullanımımıza sunan Prof.Dr.Adnan KONUK'a ve Osman Gazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne teşekkür ederim.

Değerli katkılarından dolayı tez jürisi üyelerine de teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmam boyunca gösterdikleri sabırdan dolayı, değerli eşime ve kızıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1.Delme Patlatma Tasarımının Önemi.....	3
2.2. Patlatma ile Parçalanma Mekanizması.....	4
2.2.1. Detonasyon.....	4
2.2.2.Şok ya da birim detonasyon dalgalarının yayılması	5
2.2.3. Gaz basıncının yayılımı	6
2.2.4. Kütle taşınması	7
2.3. Patlatmadan Kaynaklanan Çevresel Etkiler	9
2.3.1. Genel.....	9
2.3.2. Taş savrulması.....	10
2.3.3. Toz yayılımı (Emisyonu)	11
2.3.4. Yer sarsıntısı.....	11
2.3.5. Hava şoku ve gürültü	21
2.3.6. Patlatma hasar kriterleri	23
2.3.7. Yer sarsıntısı ve hava şoku etkilerini azaltma yöntemleri.....	32
2.3.8. İnsanların patlatma kaynaklı yer sarsıntılarına tepkileri.....	34
2.3.9.Önceki bazı deneysel çalışmalar	35

İÇİNDEKİLER DİZİNİ(Devam)

	<u>Sayfa</u>
3. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITIMI VE UYGULAMA	37
3.1.Yeri ve Ulaşımı	37
3.2.Rezerv Miktarı ve Kimyasal Bileşimler	38
3.3.Sahanın Jeolojisi	38
3.3.1.Kumtaşı – konglomera üyesi	40
3.3.2.Çamurtaşı – kil taşı üyesi (kaide killi)	40
3.3.3.Laminali şeyl üyesi(yancı marn).....	40
3.3.4.Silisli kireç taşı üyesi	41
3.3.5.Tüfit seviyeli killi kireç taşı	41
3.4. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemleri.....	41
3.4.1. Mini Seis II ölçüm cihazının tanıtımı.....	42
3.4.2. Instantel Mini Mate Plus ölçüm cihazının tanıtımı.....	43
3.4.3.Sarsıntı ölçer cihazların kurulumu	45
4.ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	47
4.1.Giriş	47
4.2. Bariyer Delikleri İle Yer Sarsıntısının Engellenmesi.....	51
4.2.1. Ölçüm sonuçları.....	52
4.3.Hendek Yöntemi İle Yer Sarsıntısının Engellenmesi	62
4.3.1. Hendek ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi	70
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR DİZİNİ	75
EKLER	
1. Atımların USBM Hasar Kriterine Göre Değerlendirilmesi (Blast Mate Titreşim Ölçer Cihazının Örnek Çıktıları)	
2. SLİ Arslanlı A-16 Pano Dragline Diliminin Topoğrafik Haritası	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Parçalanma derecesi ve maliyet ilişkisi	3
2.2. Detonasyonun ardından birim deformasyon dalgalarının yayılması	5
2.3. Gaz basıncı ile çatlak oluşumu	6
2.4. Parçalanma mekanizması	7
2.5. Kütle taşınmaları	8
2.6. Patlatmanın çevresel etki alanları.....	10
2.7. Kaya yapısı içindeki elastik deformasyonun elemanları	13
2.8. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu	14
2.9. Dalga tiplerine bağlı olarak parçacık hareketlerinin değişimi	15
2.10. İki izleme noktasında patlatma titreşimlerinin izlenmesi	16
2.11. Tipik bir kömür patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi	16
2.12. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri.....	22
2.13. USBM'nin alternatif kriter analizi.....	28
2.14. OSM'nin alternatif kriter analizi.....	30
2.15. Sarsıntı süresine göre insanların algıladıkları parçacık hızı değerleri.....	34
2.16. Sarsıntı süresi ve frekansına göre insanların algıladıkları sarsıntı düzeyleri	35
3.1. S.L.İ. yer bulduru haritası.....	37
3.2. Mini Seis II model ölçüm cihazının görünümü.....	42
3.3. Instantel Mini Mate Plus cihazının görünümü.....	44
4.1. SLİ. A-16 Pano Dragline Dilimi ve yerleşim yerlerinin uydu görünümü.....	48
4.2. Çalışmanın yapıldığı dragline panosu.....	49
4.3. Seyitömer Linyit İşletmesi A-16 Dragline panosunu karakteristik kesiti.....	50
4.4. Patlatma delik şarjı.....	50
4.5. Bariyer delikleri ve ölçüm istasyonları	51
4.6. Bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümler (I. Bölge).....	56
4.7. Bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge).....	61
4.8. Patlatma bölgesi ile ölçüm noktası arasına açılan hendek.....	62
4.9. Ölçüm istasyonları ve hendek.....	63
4.10. Hendek önü ve arkasından yapılan ölçümler için ölçekli mesafe-PPV grafikleri.....	70
4.11. Tüm değerlerin birlikte değerlendirilmesiyle çizilen PPV-Ölçekli mesafe grafiği....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Patlayıcı madde yoğunluk ve detonasyon ilişkisi.....	5
2.2. Titreşim Parametrelerinin aralığı.....	17
2.3. Cihazın frekans bandına uygun olarak izin verilen en yüksek gürültü düzeyleri	23
2.4. Crandell'in enerji oranına bağlı hasar kriteri.....	25
2.5. Langefors ve arkadaşlarının parçacık hızını esas alan hasar kriteri.....	25
2.6. Edwards ve Northwood'un parçacık hızını esas alan yaklaşımı.....	25
2.7. USBM'nin yaklaşımı.....	26
2.8. Bauer ve Calder'in hasar kriteri.....	26
2.9. Uzaklığa bağlı müsaade edilen ölçekli mesafe faktörleri.....	29
2.10. Uzaklığa bağlı müsaade edilen maksimum parçacık hızları.....	29
2.11. Alman standartlarına göre (DIN 4150) yapı tipi, hız-frekans ilişkisi	31
2.12. Ülkemizde patlama nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapının dışında yaratacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri	32
2.13. Yer sarsıntısı ve hava şoku düzeylerini azaltmak için dikkate alınması gereken parametreler... ..	33
3.1. Sli.Kömür damarının kimyasal özellikleri	38
3.2. SLİ.2005 ve 2006 Yılı rezerv durumu.....	38
3.3. White MiniSeis II model sismografin teknik özellikleri.....	43
3.4. InstanTEL Mini Mate Blaster cihazının teknik özellikleri.....	45
4. 1. Çalışılan formasyonun bazı mekanik özellikleri.....	47
4.2. Bariyer deliklerinin önünden yapılan ölçümler (I. Bölge).....	53
4.3. Bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (I. Bölge)	55
4.4. Bariyer deliklerinin önünden yapılan ölçümler (II. Bölge).....	57
4.5. Bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge).....	58
4.6. Su dolu bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge).....	60
4.7. Hendek önünden yapılan ölçümler.....	64
4.8. Hendek arkasından yapılan ölçümler.....	67

1.GİRİŞ

Mühendislerin temel amacı bir işi güvenli, verimli ve ekonomik olarak yapmaktır. Bu amaçların önde geleni olan güvenlik, konu insan sağlığı ve hayatı olunca diğer amaçlara nazaran özel bir önem arz etmektedir. Zengin maden yataklarının eskisi kadar çok bulunmaması ve teknolojik gelişmeler madencilik faaliyetlerinin yerleşim yerlerine daha da yaklaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca modern hayatın bir sonucu olarak şehir içlerinde büyük inşaat projelerinin yapılması ihtiyacı kaçınılmaz olmaktadır. Bütün bu gerçekler insan yaşam alanlarına yaklaşan hatta iç içe yürütülen bu faaliyetlerde çevresel etkilerin titizlikle değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Patlatma işlemi; madencilik, inşaat işleri, taş ocağı işletmeciliği, baraj ve tünel inşaatı gibi bir çok mühendislik çalışmasında vazgeçilmez bir gerekliliktir. Bu gerekliliğin yanında, patlatma işlemi ile birlikte, yersarsıntısı, hava şoku, fırlayan kaya ve toz gibi olumsuzluklar gündeme gelmektedir.

Patlatmadan kaynaklanan çevre problemlerinin bir çoğu yapısal hasarlar üzerine yoğunlaşmakla birlikte hayvancılıkla uğraşılan bölgelerde hayvanların verimlerinin düşmesi ve hatta insanların performanslarının etkilenmesi gibi şikayetlerde gündeme getirilmektedir. Gündeme gelen bu haklı veya haksız şikayetler, teknik elemanların uğraşması gereken en önemli problemlerinden biri haline gelmiştir[1]. Bu sorunlardan dolayı zaman zaman üretim faaliyetleri aksamakta, hatta işletmeler tazminat ödemek gibi problemlerle karşı karşıya kalmaktadır.

Patlatma kaynaklı çevresel sorunlar, patlayıcı madde enerjisinin tamamının parçalanma ve ötelenme işinde kullanılmadığını göstermektedir. Çevresel etkilerden arındırılmış yada en aza indirilmiş bir patlatma tasarımı aynı zamanda patlayıcı enerjisinin de en verimli şekilde kullanılması anlamına gelecektir. Verimsiz yada kötü bir patlatma sonucunda kısaca şu sorunlar yaşanabilir:

- Yetersiz parçalanma,
- Patlatılan kaya kütesinin gerisinde oluşan çatlaklar,
- Tırnak oluşumu,
- Patarların çıkması,
- Fırlayan kaya parçaları ve toz,

- Aşırı düzeyde yer sarsıntısı ve hava şoku,

Açık işletmelerin bir çoğunda delme ve patlatmanın üretim maliyeti içindeki payı %30-35'lere kadar çıkabilmektedir. Ancak uygun patlatma tasarımlarının uygulanması sonucunda bu oran %10 'lara kadar çekilebilmektedir[2]. Ekonomik ve emniyetli bir patlatma sonucunda arzu edilen yığın özellikleri elde edilebilmekte ve çevresel sorunlarda yok edilebilmekte yada en aza indirilebilmektedir. Buda ancak kontrollü patlatma ile mümkün olmaktadır.

Yerleşim birimlerinin patlatma sonucu oluşan yer sarsıntısından etkilenmesinde, kullanılan patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktası ile yerleşim birimi arasındaki uzaklığın yanı sıra topoğrafya, jeolojik yapı, kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri gibi arazi faktörleri de önemli rol oynamaktadır.

Patlatma sonucu oluşan yer sarsıntısı etkilerinin azaltılmasına yönelik pek çok çalışma yapılmış ve bu yöndeki çalışmalar halen devam etmektedir. Yer sarsıntısını azaltmak için akla gelen ilk önlem, gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarını azaltmaktır. Ancak bu önlem zaman zaman planlanan üretim miktarlarının elde edilmesine engel olmaktadır. Bunun dışındaki çalışmalardan bazıları ön kesme, perde delikleri, hendek yöntemleridir[3,4,5]. Bu araştırmacıların bazıları yukarıdaki yöntemler ile yer sarsıntısının önemli derecede azaldığını iddia ederken, bazıları ise bu yöntemlerin yersarsıntısının azaltılmasında etkili olmadığını savunmuşlardır. Sonuç olarak bu yöntemlerin etkisi konusunda araştırmacılar arasında bir fikir birliği bulunmamaktadır.

Uygulama çalışması Kütahya ilinde bulunan Seyitömer Linyit İşletmesinde yapılmıştır. İşletmesi ruhsat sahası içinde ve yakınında çok sayıda köy bulunmaktadır. Üretim panolara gün geçtikçe köylere doğru yaklaşmaktadır. Bu köyler, patlatmalardan etkilenmekte ve sık sık köylüler ile işletme arasında problemler yaşanmaktadır.

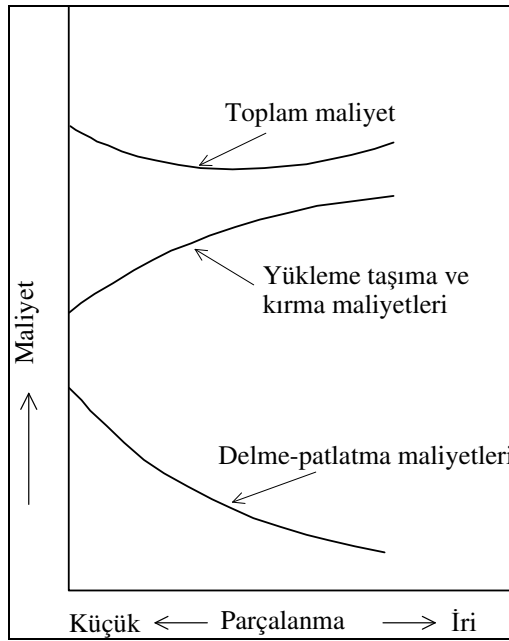
Çalışmanın başlıca amacı; İşletmenin Aslanlı bölümünde bulunan dragline panosunda yapılan patlatmalarda, patlatma bölgesi ile ölçüm yapılan nokta arasına yapay bir süreksizlik oluşturarak patlatmaların çevresel etkilerinin azaltılmasıdır. Bu kapsamda yapay süreksizlik oluşturulması için bariyer delikleri ve hendek açma gibi iki farklı metot uygulanmıştır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1.Delme Patlatma Tasarımının Önemi

Delme ve patlatma faaliyetleri gerek madencilik, ve inşaat sektörlerinde, gerekse kazı gerektiren diğer altyapı çalışmalarında kaçınılmaz olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bunun yanında delme patlatmanın, üretim maliyeti içindeki payı da küçümsenmeyecek düzeydedir. Bu nedenle patlatma sonuçlarının istenilen düzeyde gerçekleştirilebilmesi için kaya özelliklerini, patlayıcı madde özelliklerini ve patlatma geometrisi konfigürasyonlarını uygun bir modelde değerlendiren tasarımlara gerek vardır.

Sadece delme-patlatma işlemlerinde hedeflenecek minimum maliyet düşüncesi, birbirini izleyen teknolojik işlemlerin maliyetinde önemli artışlar olmasını görmezlikten gelecektir. Patlatma işlemlerinin maliyeti genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1 Parçalanma derecesi ve maliyet ilişkisi [6]

Ekonomik bir patlatma tasarımıyla birlikte çevresel emniyet de ihmal edilmemelidir. Yapılacak patlatmalarda parçacık hızı ve frekans ölçümleri yapılmalı ve bunları kontrol edilebilir sınırlarda tutarak tasarımlar gerçekleştirmek suretiyle çevresel hassasiyet de göz önünde bulundurulmalıdır[6].

Patlatma yapılacak formasyonda özgül şarj ve uygun dilim kalınlığını önceden belirleme olanağı çok zorsa da, kesin tasarıma ulaşabilmek için deneme yanılmayı esas alan ön tasarımlar ile gerçeğe çok yakın bir değerle başlamak işin maliyeti açısından önem taşımaktadır.

2.2. Patlatma ile Parçalanma Mekanizması

Patlayıcı madde ateşlendiğinde saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede oluşan hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi, çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde ortaya çıkmakta böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın kırılıp parçalanmasına yol açmaktadır[7].

Deliğe konulan ve sıkılması yapılan patlayıcı maddenin parçalanma ve ötelenmeye kadar geçen zaman 4 aşamaya ayrılabilir;

1. Detonasyon
2. Şok ya da birim deformasyon dalgalarının yayılması
3. Gaz basıncının yayılımı
4. Kütle taşınması

2.2.1. Detonasyon

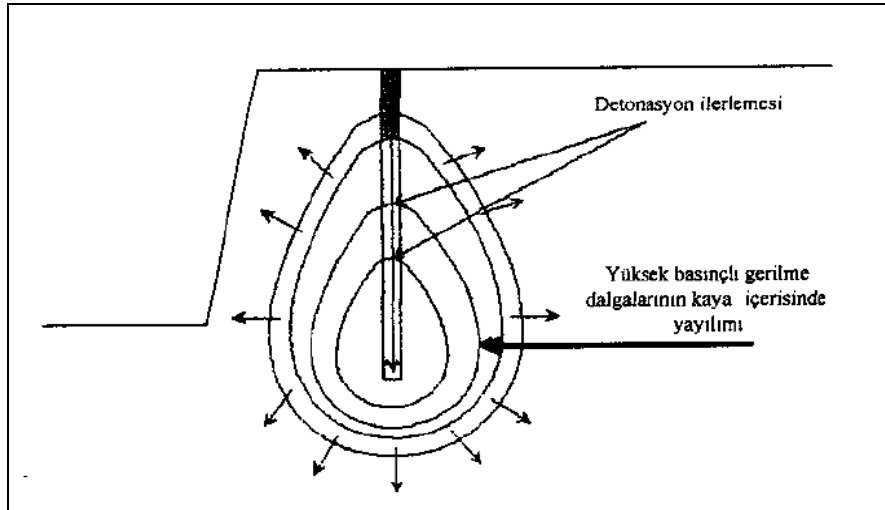
Detonasyon patlayıcı maddelerin yanma hızıdır. Kırılma işlemi detonasyonla başlar Delik içerisindeki patlayıcı karışım, detonasyondan hemen sonra yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazlara dönüşmektedir. Detonasyondaki sıcaklık aralığı yaklaşık olarak 1650-3875°C ve basınçlar ise 9 – 275 kbar arasındadır. Çizelge 2.1' de bazı patlayıcıların detonasyon basınçları verilmiştir[6].

Çizelge 2.1 Patlayıcı madde yoğunluk ve detonasyon ilişkisi[6]

Patlayıcı Madde	Yoğunluk (gr/cm ³)	Detonasyon Hızı (m/s)	Detonasyon Basıncı	
			(kbar)	(psi)
ANFO	0,81	3657,6	27	3.969.000
Powermax 420	1,19	5791,2	100	1.470.000
Hi-Prime	1,40	6096	130	1.911.000
“G” Booster	1,60	7924,8	251	3.689.700

2.2.2.Şok ya da birim detonasyon dalgalarının yayılması

Detonasyonun hemen ardından şok yada birim deformasyon dalgaları kaya kütlesi içerisinde yayılır. Ortaya çıkan yüksek basınçlı gazlar delik cidarına çarparak basınç dalgalarının oluşmasına neden olur. Bu durum Şekil 2.2.’de gösterilmiştir.

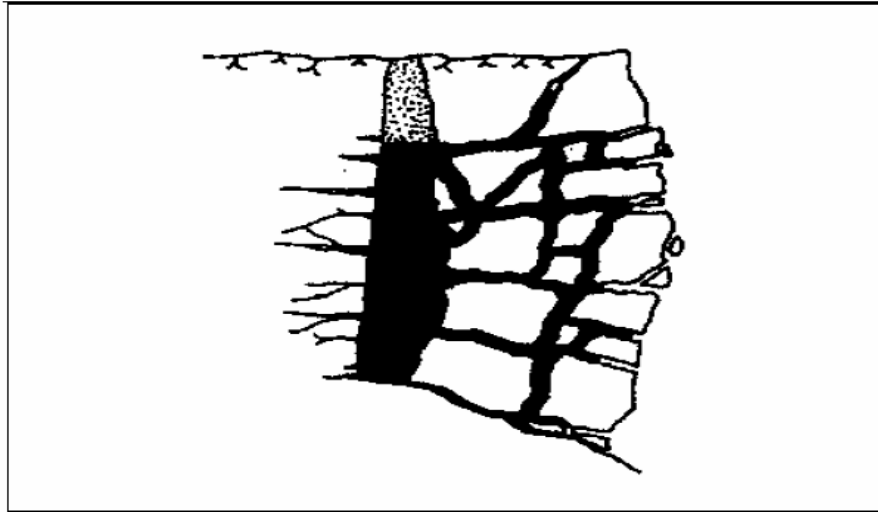


Şekil 2.2 Detonasyonun ardından birim deformasyon dalgalarının yayılması [6]

Patlayıcı madde ateşlendikten sonra delik cidarındaki basınç anlık olarak tepe değerine ulaşacak ve daha sonra exponansiyel olarak bozulacaktır. Bu hızlı bozulma sonucu delik genişleyecek ve gaz soğuyacaktır. Delik cidarının genişlemesi malzemede çatlaklar ve/veya malzemenin yer değiştirmesine neden olmaktadır [6].

2.2.3 Gaz basıncının yayılımı

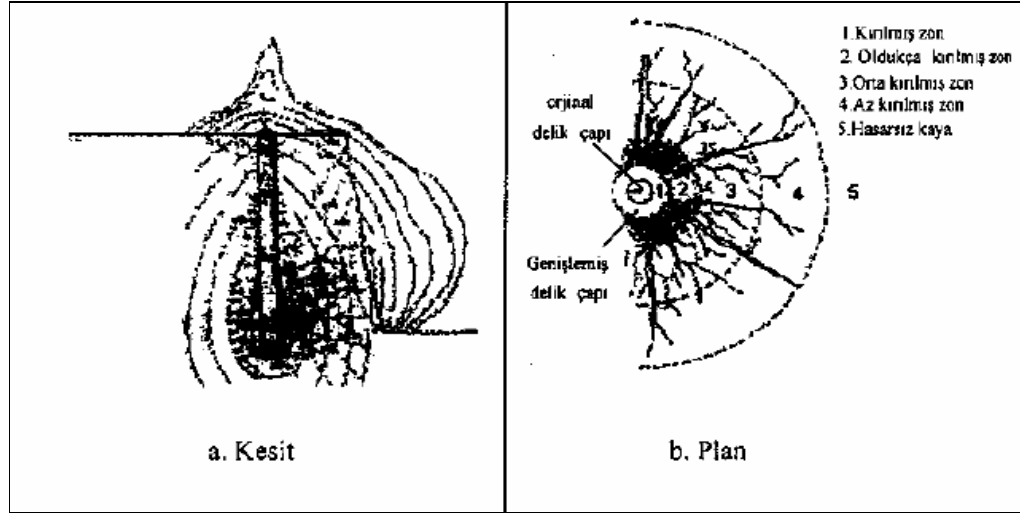
Arazi gerilmeleri haline dönüşen yüksek sıcaklıktaki gazların basıncı süreksizlikler içerisine girerek radyal çatlakların ilerlemesine ve orijinal deliğin bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum Şekil 2.3' te verilmiştir [6].



Şekil 2.3 Gaz basıncı ile çatlak oluşumu[6]

Bu yüksek gaz basınçları sayesinde parçalanmış malzeme yer değiştirmektedir. Gazlar, direncin en düşük olduğu yöne doğru (çatlaklar, eklemler, faylar, süreksizlikler, düşük kohezyonlu tabakalar) hareket edeceklerdir [7].

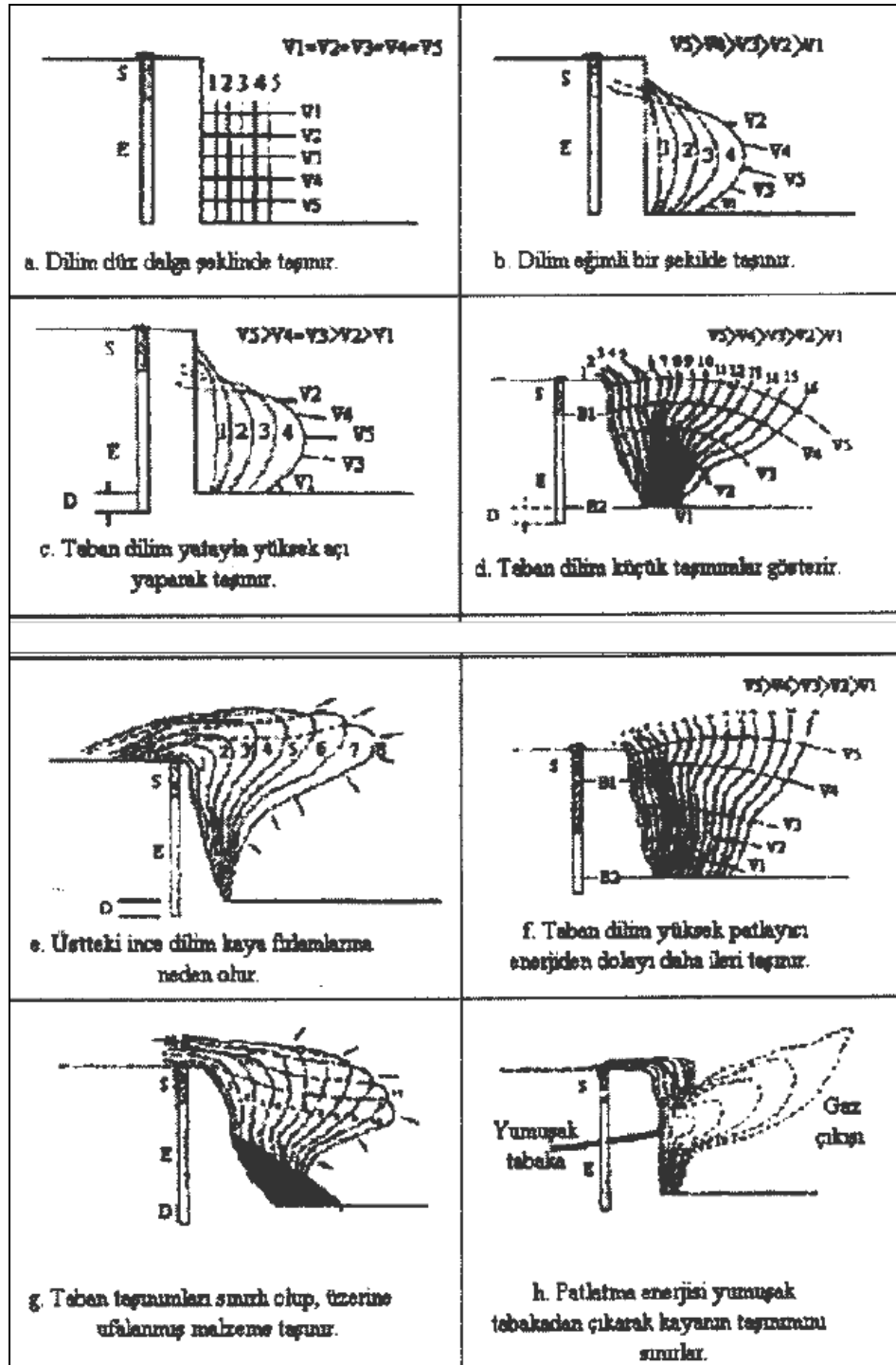
Eğer bu süreksizlikler yüzeye kadar devam ediyorsa gaz basıncı atmosfere çıkacak, basınç düşecek, malzemenin parçalanması ve kırılmış malzemenin yer değiştirmesi azalacaktır [6]. Delik doldurulup ateşlendikten sonra basamak ve kaya ortamında oluşan parçalanma olayları kesit ve plan görünüş olarak Şekil 2.4.'de görülmektedir.



Şekil 2.4 Parçalanma mekanizması [6]

2.2.4. Kütle Taşınması

Malzemenin hareketi parçalanma işlemindeki son aşamadır. Temel parçalanma gaz basıncı ya da basınç ve çekme dalgaları sonucu oluşmaktadır. Parçalanmış malzeme etki hızına bağlı olarak basamak tabanına düşmektedir. Kütle taşınmasındaki en önemli faktör delik yükü, delik boyu ve delik önündeki malzeme miktarı olmaktadır. Değişik durumlara göre malzeme taşınmaları Şekil 2.5’de gösterilmiştir [6].



Şekil 2.5 Kütle taşınmaları (S: Sıkılama, E: Patlayıcı, D: Delik taban payı) [8]

2.3. Patlatmadan Kaynaklanan Çevresel Etkiler

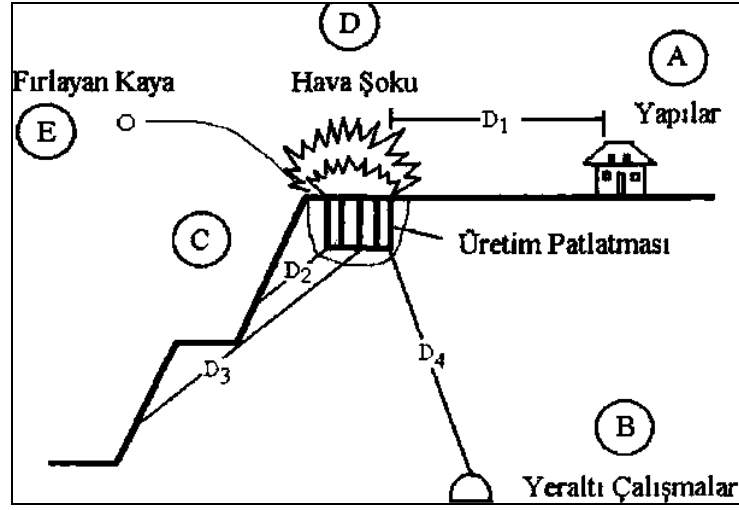
2.3.1. Genel

Bilindiği gibi patlayıcı madde kullanımı barutun icadıyla başlamış olup günümüzde de gelişen teknolojiye bağlı olarak giderek artan bir oranda devam etmektedir. İnsanlar ilk bulunuşundan beri patlayıcı maddenin korkunç gücünü kontrol altına almaya çabalamıştır. Son bir kaç yüzyıldan beri de patlayıcı maddeler ağırlıklı olarak askeri amaçların dışında maden ve inşaat sektörlerinde verimli ve ekonomik olarak hammadde sağlamada kullanılmaya başlanmıştır. Ekonomik ve teknik yönden uygun patlatma tasarımları yapılırken çevreye verilmesi muhtemel olumsuz etkiler de göz ardı edilmemelidir [9].

Kaya yapılarını kırma amacı ile kullanılan patlayıcı maddelerin çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk bulunmaktadır. Bunlar ;

- Taş savrulması
- Toz emisyonu
- Yer sarsıntısı
- Hava şoku'dur

Patlatmanın çevresel etki alanları Şekil 2,6'da gösterilmektedir. Patlatmayla ilgili problemler gelişmiş ülkelerde, ülkemize göre çok daha önceleri yaşandığından, patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilerin tanımlanması, oluşabilecek hasarların önceden tahmini ve çözümüne yönelik standart ve kriterlerin oluşturulması çalışmaları çok öncelerden beri sürdürülmektedir [2].



Şekil 2.6 Patlatmanın çevresel etki alanları [10]

2.3.2. Taş Savrulması

Patlayıcı maddeler kaya yapılarını kırmak amacı ile kullanıldığında temel olarak öncelikle, ses üstü hızda gelişen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok enerjisi etkin olur. İkinci olarak da reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerinin çok büyük basınçlar ile çatlaklara doluşması parçalama işlemini tamamlar ve parçalanmış kütleleri gevşeterek öteler.

Delik içinde patlayıcı maddenin iyi bir şekilde sıkılanmadığı durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere boşalırlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı nedeniyle kaya kütlelerinde bir kısım yırtılmalar olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar.

Taş savrulmasını denetleyebilmek için şu önlemler alınır [11];

1) Yüksek miktarlarda patlayıcı kullanılan ve kaya yapısının kontrol edilemediği "galeri patlatması" uygulanmaz

2) Patlayıcı madde uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince dengeli (homojen) dağıtılır ve hapsedilir.

3) Patlatma delikleri kullanıldığında uygun delik geometrisi hesaplanarak bulunur, böylelikle deliklere uygun yükler verilmiş olur.

4) En az, delik-ayna (yük) mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak ağız sıkılması yapılır.

5) Gecikmeli kapsüller kullanılır.

2.3.3. Toz Yayılımı (Emisyonu)

Patlatma sonucu, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmekte ve bu hareket sırasında da bir kısım iç öğütme meydana gelmektedir. Bu nedenler ile belirli bir miktar tozun çevreye yayılması kaçınılmazdır. Ancak patlatma ile çevreye verilen toz, diğer madencilik faaliyetlerinde açığa çıkan tozlara kıyasla ihmal edilebilecek kadar az miktarlarda ve kısa süreli olmaktadır. Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek teknik bir önlem bulunmamakla beraber patlatma sahasının, atımdan önce sulanması bir miktar faydalı olabilmektedir.

2.3.4. Yer sarsıntısı

Yer sarsıntısı patlatma ile çevreye verilen rahatsızlıkların en önemlisidir. Taş savrulması ve hava şoku genellikle patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken, yer sarsıntısı daha uzak mesafelerde (örneğin 2-5 km) hissedilebilmekte ve insanların tepkisine veya binalarda hasara yol açabilmektedir.

Genel olarak sarsıntı nedeni ile yapılan şikayetler üç ana grupta toplanmaktadır;

- 1) Gerçek hasara bağlı şikayetler
- 2) Endişe, korku ve bilgisizlikten kaynaklanan şikayetler
- 3) Çıkar sağlamaya yönelik kötü niyetli şikayetler.

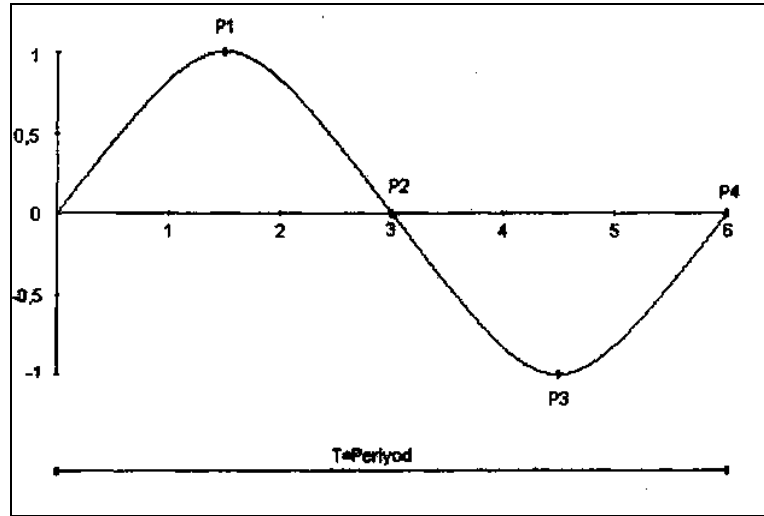
2.3.4.1. Yer sarsıntılarının genel karakteristikleri

Patlatma ile oluşan sarsıntılar taşıdıkları enerji düzeyinde hasara neden olmakla beraber, binaların yapım tekniği, boyutları ve üzerine oturdukları zemin özellikleri de hasar oluşumunda etkili olmaktadır [12]. Bu nedenlerle sarsıntıya bağlı hasar etütlerinde çok kapsamlı çalışmak gerekmektedir.

Bir kaya yapısı içerisinde patlatma yapıldığı zaman, patlatma noktasının hemen yanı başındaki bölgede kırılma ve kalıcı deformasyonlar oluşur. Patlatma şoku çevreye yayıldıkça enerjisini kaybeder ve kaya yapısı içerisinde sadece elastik deformasyonlara neden olabilir. Söz konusu elastik deformasyonlarda kaya yapısının fiziksel özelliklerine bağlı olarak sönümlenerek yol alır. Deformasyon genlikleri patlatma noktasına yakın olan bölgelerde yüksek, uzak olan bölgelerde ise düşük olmaktadır[13].

Deformasyon genliklerinin yeterli değerde olduğu mesafelerde bulunan bir binada hasar meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır. Elastik deformasyonun basit bir sinüsoidal dalga olduğu kabul edilirse, Şekil 2.7.'deki gibi çizilebilir. Kaya yapısının herhangi bir noktasının;

- 0 (sıfır) noktasından PI noktasına gelmesi yer değiştirme olarak tanımlanır, mm ile ölçülür.
- PI noktasına geliş hızı, parçacık hızı olarak tanımlanır, mm/s ile ölçülür.
- PI noktasına geliş ivmesi, kütle ivmesi olarak tanımlanır, mm/s^2 ile ölçülür.
- 0 noktası ile P4 noktası arasındaki uzaklık, zaman göstergesinde devir olarak tanımlanır, s ile ölçülür.
- 1/devir, frekans olarak tanımlanır, Hertz ile ölçülür.
- 0 noktası ile P4 noktası arasındaki mesafe, uzaklık gösterge çizelgesinde dalga boyu olarak tanımlanır, m ile ölçülür.



Şekil 2.7 Kaya yapısı içindeki elastik deformasyonun elemanları [14].

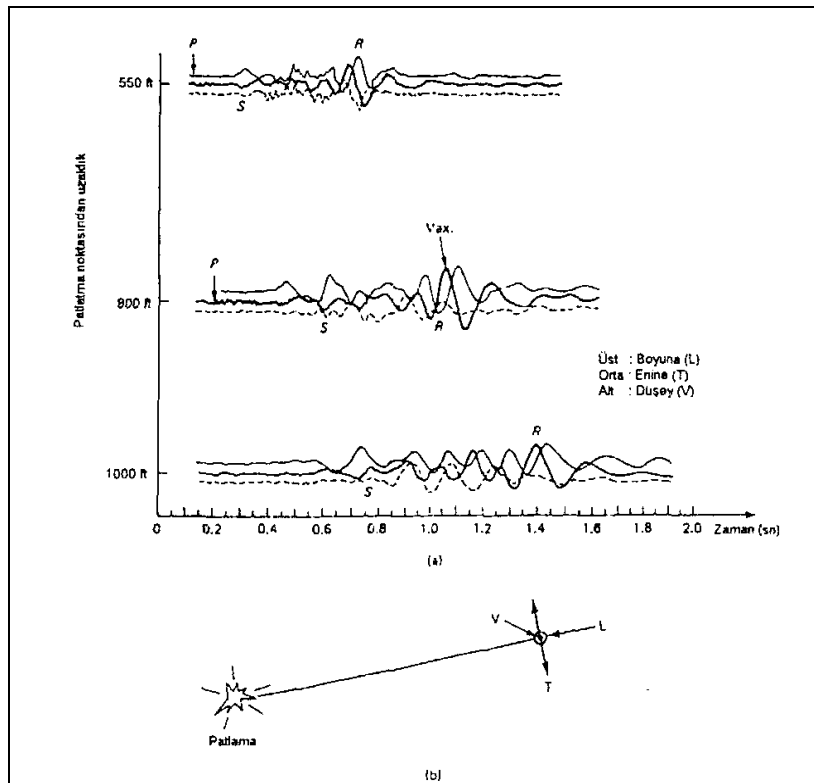
Yer sarsıntısının özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde daha çok patlatma parametreleri, özellikle gecikme başına patlayıcı miktarı, gecikme süresi ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenir [12]. Diğer bir deyişle bu etmenlere bağlı olarak oluşan parçacık hızı önemli bir hasar göstergesidir. Ancak patlatma noktasından uzak mesafelerde, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok sarsıntı dalgasının iletiildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir [11,12].

Patlatma sonucu oluşan yer sarsıntısı dalgaları Şekil 2.8.'de gösterildiği gibi, basınç, makaslama ve yüzey olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadır. Hareket tam olarak üç bileşeni (boyuna(L), enine(T) ve düşey(V)) ile tanımlanmaktadır (Şekil 2.8.b). Boyuna bileşen (L) genellikle patlatmanın yatay iletimi boyunca ilerlerken diğer iki dik bileşen radyal yönde enine (T) ve düşey (V) yönde hareket etmektedir.

Bu üç temel kategori kendi arasında yüzey dalgaları ve gövde dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gövde dalgaları, kaya yada toprağın içerisinde hareket ederken, yüzey dalgaları yüzey boyunca hareket etmektedir [2]. Yüzey dalgaları da kendi arasında Rayleigh ve Love olarak ikiye ayrılır. Şekil 2.9.'da R ile gösterilen Rayleigh dalgası en bilinen ve etkin olan bir dalga formudur. Tanımlanması gerekirse; boyuna ve düşey ekseninde elemanları olan, ters dönüşlü eliptik hareketlere neden olan bir dalga formudur. Love (L) dalgaları ise boyuna ve yanal ekseninde elemanları bulunan dalga formudur[15,16]. Yüzey dalga formlarının temel benzerlikleri, kaya yapısında bulunan yüzeylerde polarizasyon ile oluşmaları, düşük frekanslı olmaları, düşük yayılma hızı nedeni ile ölçüm noktalarına P ve S dalgalarından sonra

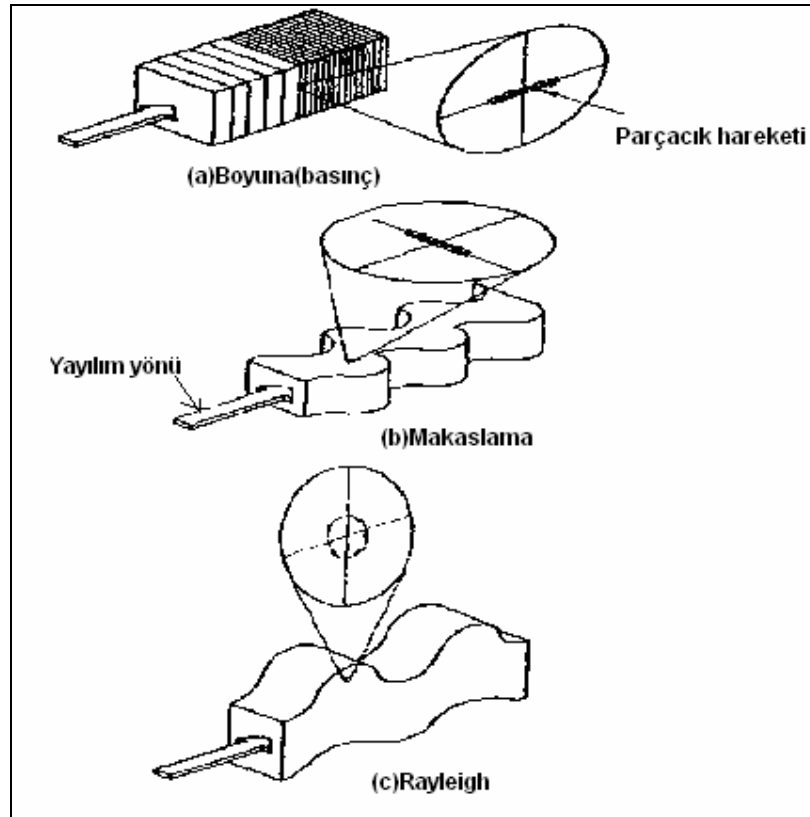
ulaşmalarına reğmen genlikleri büyük olduğundan ve yavaş snmlendiklerinden hasar riskini artırmalarıdır. Gövde dalgaları ise yine kendi arasında basınç (ekme ve basma) dalgası (P) ve bükülme veya makaslama dalgası (S) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Patlayıcılar kısa mesafelerde öncelikli olarak gövde dalgalarını oluşturmaktadır. Gövde dalgaları küresel hareketlerle başka bir kaya tabakası, toprak veya yüzey tabakasına rastlayıncaya kadar ilerlemektedir. Bu keşişmede ise makaslama ve yüzey dalgaları oluşmaktadır [2].

Kısa mesafelere bu  dalga tipide aynı anda gelmekte ve dalga tanımlaması zorlaşmaktadır. Uzun mesafelerde ise makaslama ve yüzey dalgaları daha yavaş olduklarından, basınç dalgalarından rahatlıkla ayırt edilebilmektedir. Fakat birçok patlatma farklı ilerleme yönlerinde ve milisaniyelerle geciktirilmif kk patlatmaların bir serisi Şeklinde olması nedeniyle dalgalar üst üste binmekte ve bu ayırım zor olmaktadır.



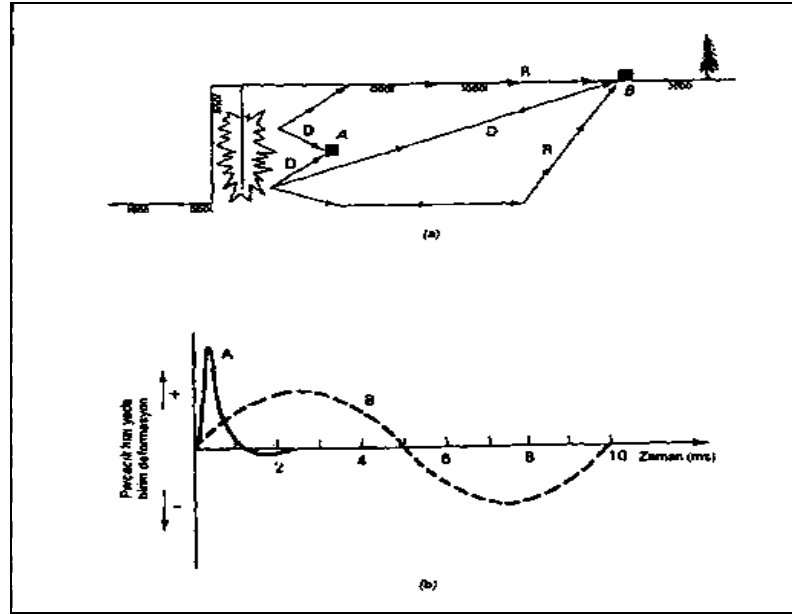
Şekil 2.8 Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu [16]

Bu üç dalga tipi içinden geçtikleri formasyona göre değişik özellikler gösterdikleri için, yüzeydeki yapılar yada kaya her dalga tipine göre farklı bir şekilde deforme olmaktadır. Her asal dalga tipi için değişik parçacık hareketlerinin yapılar üzerinde yarattığı deformasyon Şekil 2.9.'da verilmektedir. Boyuna dalgalar, yayıldıkları doğrultuyla aynı yönde parçacık hareketi meydana getirirken makaslama dalgaları yayılım yönüne dik yönde hareket oluşturmaktadır. En karmaşık yapıyı gösteren Rayleigh dalgaları ise yayılma yönüne boyuna ve düşey yönde hareketler oluşturmaktadır.



Şekil 2.9 Dalga tiplerine bağlı olarak parçacık hareketlerinin değişimi [16].

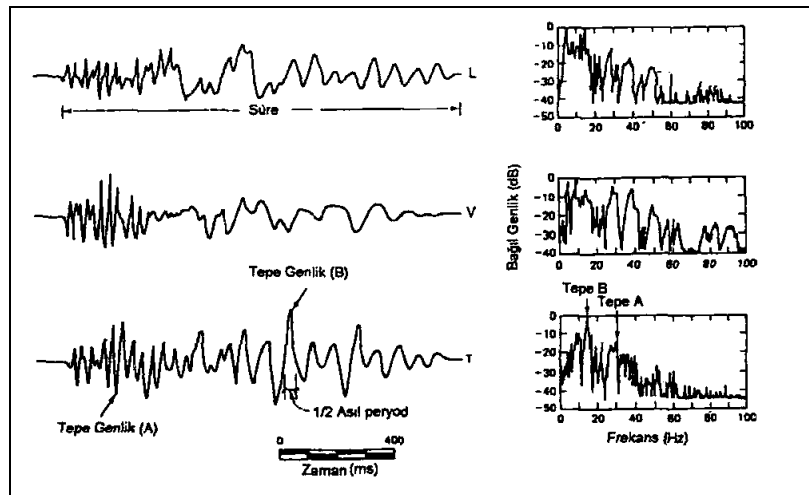
Örnek bir patlatmada iki izleme noktasına dalgaların erişimi ve bu dalgalara ait parçacık hızı-zaman grafikleri Şekil 2.10.'da verilmiştir. Burada A noktasına dalgalar direkt gelirken, B noktasına dalgalar direkt ve yansımış olarak ulaşmaktadır.



Şekil 2.10 İki izleme noktasında patlatma titreşimlerinin izlenmesi [16]

2.3.4.2. Patlatma titreşim kayıtları

Bir kömür açık işletmesinde yapılan patlatmaya ait zamana bağlı tipik parçacı hızı grafiği Şekil 2.11 de verilmiştir. Patlatmalarda zaman gelişimini tanımlamakta en önemli parametreler; asal frekans, tepe genlik ve titreşimin durumudur. Bu parametreler, ortamın geçirirliliği ve patlatma ardışıklığı ile ilişkilidir.



Şekil 2.11 Tipik bir kömür patlatmasında parçacı hızlarının zamana bağlı değişimi [16]

Tünel, açık işletme ve inşaat gibi normal patlatma işlemlerinde, bu parametrelerin değişim aralığı Çizelge 2.2'de verilmektedir[2].

Çizelge 2.2 Titreşim parametrelerinin aralığı [16]

Parametre	Değişim aralığı
Yer değiştirme	10^{-4} -10mm
Parçacık hızı	10^{-4} - 10^3 mm/s
Parçacık ivmesi	10 - 10^5 mm/s ²
Atım sürekliliği	0.5-2 s
Dalga boyu	30-1500 m
Frekans	0.5-200Hz
Birim deformasyon	3.0-5000 μ (inç/inç)

2.3.4.3. Frekansın önemi, rezonans ve büyütme faktörü

Yer sarsıntılarında, jeoloji (kaya türleri) ve gecikmeli ateşlemelerde gecikme aralığı frekans özelliklerini etkileyen başlıca iki unsurdur[16]. Yer sarsıntılarıyla ilgili yapılan bir çalışmada şikayetlerin çoğunda, parçacık hızı 12.7 mm/s değerinin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Hiçbir hasarın meydana gelmediği durumlarda dahi ciddi titreşim hissedildiği yönündeki his ve endişeler tamamen düşük frekans özelliklerinden kaynaklanmaktadır[11]. Çünkü düşük frekanslı dalgalar insanlar tarafından kolayca hissedebilirler, yüksek frekansların algılanması çok zordur ve bu nedenle insanlar fazla endişeye kapılmazlar. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yer değişimleri ve yüksek düzeyli birim deformasyonlar yarattığı için hasar olasılığını da artırır [15].

Binalarda hasar olasılığı, zeminde patlatmanın oluşturduğu uyarıcı dalganın frekansı ile sözkonusu 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 buna yakın değerde olduğunda oluşur. Bu durumda bina rezonansa girer ve zemindeki uyarıcı dalga geçtiği halde bina sarsılmaya devam eder. Bina rezonans halindeyken, parçacık hızı, sınır değerlerin oldukça altında ise binada hasar oluşmaz ama kişiler rahatsız olur. Fakat bina rezonans halindeyken parçacık hızı da yeterli büyüklükte (genlikte) ise binada hasar oluşur. Bir başka durumda ise zemindeki uyarıcı dalganın genliği tam yeterli düzeyde olmasa bile rezonans halindeki binanın bu genliği birkaç kat artırması sonucu bina yine de hasar görebilir. Zemindeki uyarıcı dalganın binaya iletilmesi sonucu binada ölçülen genlikte, zemindeki genliğe göre artış olmasına büyütme, binadaki genliğin zemindeki genliğe oranına da büyütme faktörü denir [9].

2.3.4.4. Ölçekli mesafe kavramı

Tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi yer sarsıntısının tahmin şeklinin, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebileceği, Ladegaard, Pedersen ve Dally tarafından, yapmış oldukları literatür çalışmalarında belirtilmiştir[17]. Öne sürülen çeşitli ampirik ilişkilerden en çok ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara güvenilmektedir. Ölçekli mesafe, yer hareketlerinin değişik uzaklıklardaki patlatma seviyelerinin miktarları ile ilişkilidir. Ölçek, uzaklığa bağlı olarak kullanılan birimsiz bir faktördür[18,10]. Ölçekli mesafe, uzaklık ve sismik dalgaların temelini etkileyen veya hava şoklarındaki enerjiyi yaratan patlayıcı madde miktarı kullanılarak ortaya konulmuş bir kavramdır. Kayada meydana gelen dalga hareketlerini yaratan toplam enerji bir seferde ateşlenen patlayıcı madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Patlatma kaynağından itibaren oluşan dalgalar ileriye doğru yayılırken, basınç dalgası etkisinde kalan kaya hacmi artmaktadır[18]. Ölçekli mesafe, sismik gelişimi ve hava şoku enerjisini etkileyen gecikme başına şarj miktarı ve patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafenin kombinasyonlarından türetilmektedir.

Yer sarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesiyle parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, ortaya atılmıştır. Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formül aşağıda verilmektedir[2].

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}}$$

Burada;

SD : Ölçekli mesafe

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

Açık ocak çalışmalarında kullanılan şarj şeklinin genel olarak silindirik olması nedeniyle (şarj boyu-delik çapı oranı > 6 ise silindirik, < 6 ise küresel şarj olarak kabul edilmektedir), kolon şarjından oluşan dalgalar bu silindirin genişleyen biçimiyle ilerler. Bu basınç silindirinin hacminin, yarıçapının karesiyle değiştiği kabul görmüş bir yaklaşımdır. Buradan hareketle ve yapılan araştırmalar sonucu ölçekli mesafe için; $SD = R / W^{0.5}$ şeklindeki ampirik ilişki geniş bir kabul görmüştür. $SD = R / W^{0.333}$ ilişkisi de yine birçok araştırmacının kullandığı bir formüldür[10,17,19,20,21].

2.3.4.5. Maksimum parçacık hızı tahmini

Yer sarsıntılarının önlenmesinde patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızının tahmininin en iyi olduğu sonucuna varmışlardır[2]. Bu çalışmalar kronolojik olarak aşağıda verilmektedir.

i. Ambraseys ve Hendron (1968)[22]

$$PPV=K \left[\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right]^\beta$$

ii. Nicholls, Johnson ve Duvall(1971)[23]

$$PPV=K \left[\frac{R}{\sqrt{W}} \right]^\beta$$

iii. Langefors ve Kihlström(1973)[24].

$$PPV=K \left[\sqrt{\frac{W}{R^2}} \right]^\beta$$

iv. Davies ve Ark., (1964), Attewel ve Ark., (1965), Shoop ve Daemen(1983) Birch ve Chaffer(1983)[25,26,27,28]

$$PPV=K.R^\alpha \cdot W^\beta$$

v.Ghosh ve Daemen(1983)[29]

$$PPV=K \left[\frac{R}{\sqrt{W}} \right]^{\beta} e^{-\alpha R}$$

Vi. Gupta ve Arkadaşları (1987)[30]

$$PPV=K \left[\sqrt{\frac{W}{R^2}} \right]^{\beta} e^{-\alpha R}$$

vii. CMSR(Roy,1991)[31]

$$PPV=n+K \left[\frac{R}{\sqrt{W}} \right]^{-1}$$

viii.Bilgin ve Arkadaşları(1998)[11]

$$PPV=K \left[\frac{R}{\sqrt{W}} \right]^{\alpha} .B^{\beta}$$

Burada;

PPV : Maksimum parçacık hızı (mm/s)

B : Dilim kalınlığı (m)

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

K, **β** , **α** n : Saha sabitleri

$e^{-\alpha R}$: Inelastik seyrelme faktörü

Çalışma sahasının sabitleri, ölçülen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin (en az 30 nokta yada atım) ilişkilendirilmesi sonucunda belirlenmektedir. Bulunan

bu değerler, kontrollü patlatma tasarım ve uygulamalarında, titreşim ölçüm aletinin olmadığı durumlarda; bazı pratik çizelgelerin hazırlanması suretiyle uygulayıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır[2].

2.3.5. Hava şoku ve gürültü

Gerekli önlemler alınmadığı durumlarda kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar ve bu gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaştığında hava şoku dalgalarına dönüşür. Ayrıca şok dalgalarının oluşmasında diğer bir etkende hızla harekete geçen kaya kütesidir. Harekete geçen kaya kütlesi bir piston görevi görerek şok dalgaları yaratmaktadır[9].

Şok dalgaları ortamın elastisitesi ve kütle özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Gaz molekülleri havada oldukça düzenli bir şekilde dağılmakta ve rasgele hareket halinde bulunmaktadır. Normal atmosferik koşullarda hava 1 atmosfer basınç ve 1,2 kg/m³ yoğunluktadır. Ses dalgalarının yayılım mekanizması, bir molekülden diğer bir moleküle moleküler yer değiştirme sırasında momentum transferi şeklinde açıklanmaktadır. Kötü patlatma uygulamalarında ve değişik hava koşulları altında hava şokları oldukça yüksek mesafelere ulaşabilmektedir[2].

Hava şoku, basınç yada ses ölçerler kullanılarak ölçülebilmektedir. İnsan kulağıyla duyulabilen yaygın aralıklı genlikler ve frekanslardan dolayı akustik mühendisleri sesi desibel terimi ile ifade etmektedir. Ses basıncı aşağıdaki eşitlik kullanılarak desibele çevrilebilmektedir[2].

$$dB=20.Log\left[\frac{P}{P_0}\right]$$

Burada;

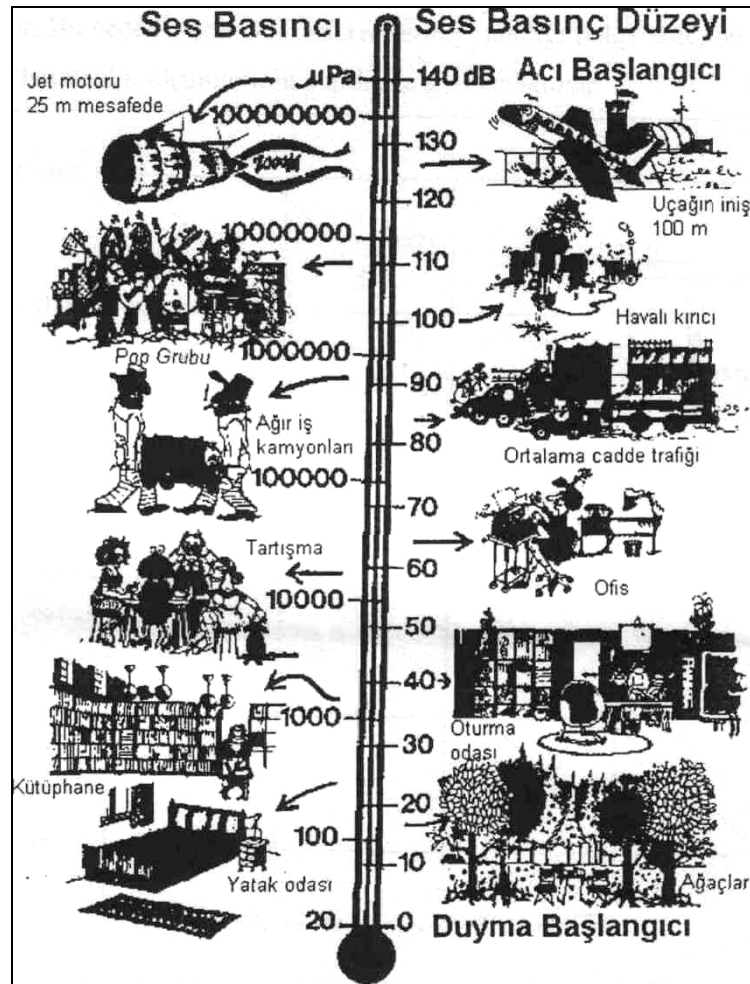
P = Ölçülen tepe ses basıncı

Po= Referans ses basıncı (20x10⁻⁶ Pa veya 2.9x 10⁻⁹ lb/inç²)

Sıcaklık, rüzgar ve yükseklik gibi atmosferik ve topoğrafik koşullar hava şoku dalgasının yayılmasını etkilemektedir. Belirli bir uzaklıktaki bulut kapallılığı bile bazen basınç dalgasının yere yeniden yansımaya neden olur[17].

Normal insan hayatındaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri Şekil 2.25'de verilmiştir. Patlatmaların duyulabilen bölümlerinin şiddeti, havali kırıcılar ile uçağın yere inmesi sırasında çıkardığı gürültü arasında yer almaktadır.

ABD'de (USBM ve OSM kuralları) yapılan yasal düzenlemelerle 140 desibele karşılık gelen hava şoku düzeyi hasar başlangıcı ve gürültü üst sınırı olarak belirlenmiştir[16].



Şekil 2.12 Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri[16].

Şok dalgaları insanlarda yoğunlukla psikolojik rahatsızlıklara neden olmakta, patlamanın kendilerine zarar vereceğinden endişe etmektedirler. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları uzun ve gevşek çerçevelerin titreşimine (şangırdamasına) yol açmakta, insanlarda patlamanın çok şiddetli olduğu ve bu nedenle evlerinin başlarına yıkılacağı kanısını

uyandırmaktadır. Şok dalgaları zaman zaman da şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Bununla beraber cam kırılmalarında, camların iyi tespit edilmemiş olması, çerçeve ve kasaların gevşek olması gibi bina sahiplerinin de kusurları bulunmaktadır. Şok dalgalarının daha yüksek şiddetlerinde ise bacalarda hasar ve duvarlarda sıva çatlakları gözlemlendiği de görülebilmektedir[9].

Hava sokunun iki bileşeni bulunur. Bunlardan birincisi insanların duyma frekansı aralığı içindedir. Diğer bir deyişle bu bileşenin frekansı orta-yüksek sınıfında olduğundan, kişiler bu bileşeni işitebilirler. İkinci bileşen ise düşük frekanslıdır ve insanların duyamayacağı gürültü bileşenini oluşturur, ama bu bileşen yapılarda pencere camlarının kırılması, dış cephede sıva çatlakları oluşması gibi hasarlar yaratabilir[9].

Dowding [16] L (lineer-doğrusal) tip algılayıcı ile ölçüldüğünde, çoğunlukla pencere camlarının kırıldığı gürültü değerlerinin, 136-140 dB aralığında değiştiğinin tespit edildiğini belirtmektedir. A.B.D. Federal Tüzüğünde (30 CFR, Parts 816.67) aşağıdaki Çizelge 2.3.'de verilen azami değerlerin aşılması şartı getirilmiş bulunmaktadır [32].

Çizelge 2.3 Cihazın frekans bandına uygun olarak izin verilen en yüksek gürültü düzeyleri

Ölçüm sisteminin düşük frekans limiti (Hz)	L Cetveli Azami gürültü seviyesi (dB)
2 Hz veya daha düşük	En yüksek 133
6 Hz veya daha düşük	En yüksek 129

2.3.6. Patlatma hasar kriterleri

Yaklaşık 60 yıldan beri, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri değişik başarı dereceleriyle uygulana gelmiştir. Bu kriterler kronolojik olarak aşağıda özetlenmektedir.

i. Rockwell'in Enerji Formülü

1934 yılında Rockwell patlatma sonucu meydana gelen titreşim enerjisinin $f^2.A^2$ ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Burada f: frekans. A: Genliği ifade etmektedir[33].

ii. USBM'nin Formülü

Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM) 1942 yılında, şarj miktarını, zemin karakteristiklerini ve uzaklığın etkilerini birlikte ele alarak aşağıdaki formülü geliştirmiştir[34].

$$A = \frac{C^{\frac{2}{3}}}{100} (0,07e^{-0,0143d} + 0,001)$$

Burada;

A : Yer sarsıntısının genliği (inç)

C : Şarj miktarı (libre)

d: Uzaklık (feet)

Bu formülün kullanılabilmesi için beklenen yer sarsıntısına uygun frekansın ve örtü tabakalarının derinliğine bağlı bir zemin faktörünün tahmin edilmesi gerekmektedir. Genlik formülü yaklaşık bir formül olduğundan, kompleks patlatma tasarımları için uygun görülmemiştir. Buna karşılık, ivme, zamanla yapısal hasar kriteri olarak öne çıkarılmıştır. Bu çalışmaya göre; ölçülen ivmenin 0,1 g'den daha düşük olması binalar için emniyetin söz konusu olduğunu, 0,1-1 g arasında dikkatli olunması gerektiğini ve 1 g'den büyük olan ivmeler de ise binalarda hasar meydana geleceği kabul görmüştür (g : yerçekimi ivmesi)[2].

iii. Crandell'in Enerji Oranı Formülü

1949 yılında Crandell "Enerji Oranı" yaklaşımını geliştirmiştir. Enerji oranına bağlı olarak hasar kriterleri Çizelge 2.4'de verilmiştir[35].

$$ER = a^2 / f^2$$

ER: Enerji oranı

a: İvme

f: Frekans

Çizelge 2.4. Crandell'in enerji oranına bağlı hasar kriteri.

Enerji Oranı	Hasar Tahmini
<3.0	Hasar yok
3.0-6.0	Uyarı
> 6..0	Hasar var

1949 - 1960 yılları arasında hasar kriterleri, deplasman, ivme ve parçacık hızı parametreleriyle ilişkilendirilmeye başlanmıştır.

İV. Langefors, Kihistrom ve Westerberg'in Yaklaşımı

Langefors ve arkadaşlarının (1957) parçacık hızı ve yapı hasar gözlemine dayalı kriteri Çizelge 2.5'de verilmiştir[36].

Çizelge 2.5. Langefors ve arkadaşlarının parçacık hızını esas alan hasar kriteri.

Parçacık Hızı (mm/s)	Hasar Tahmini
<71,12	Hasar yok
109,22	İnce çatlaklar, sıva dökülmesi
160,02	Taş duvarlarda ve sıvalarda çatlamlar
>231,14	Ciddi boyutlu çatlamlar

V. Edwards ve Northwood'un parçacık hızı yaklaşımı

1959 yılının başlarında Edwards ve Northwood'un Kanada'da titreşim incelemelerini anlatan bir makale yayınlamışlardır. Bu makaleye göre parçacık hızına bağlı hasar tahminleri Çizelge 2.6'da verilmiştir[37].

Çizelge 2.6. Edwards ve Northwood'un parçacık hızını esas alan yaklaşımı[13]

Parçacık Hızı (mm/s)	Hasar Tahmini
<50,8	Hasar yok
50,8-101,6	Uyarı düzeyinde
>101,6	Hasar çok

vi. USBM'nin yaklaşımı

1971'de Birleşik Devletler Maden Bürosu'nun yaptığı daha kapsamlı araştırmalar sonucu parçacık hızına bağlı hasar tahmini Çizelge 2.7'de verilmiştir[23].

Çizelge 2.7. USBM'nin yaklaşımı.

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
<2	Hasar yok
2-4	Sıvada çatlaklar
4-7	Hasar başlangıcı
>7	Yapıda aşırı hasarlar

vii. Bauer ve Calder'in Yaklaşımı

Bauer ve Calder'in (1977) çeşitli ekipman ve muhtelif yapı türleri için parçacık hızına bağlı hasar tahmini Çizelge 2.8'de verilmiştir[38].

Çizelge 2.8. Bauer ve Calder'in hasar kriteri.

Yapı Türü	Hasar Tanımı	Hasarın Başladığı Parçacık Hızı (inç/sn)
Evler	Sıvada Çatlaklar	2
Yeni bir binadaki beton bloklar	Blokta Çatlaklar	8
Muhafaza borulu sondaj delikleri	Yatay bükülmeler	15
Mekanik ekipman; pompalar, kompresörler	şaft eğilmeleri	40
Beton temel üzerine inşa edilmiş prefabrik metal binalar	Temel çatlakları, binada bükülme ve çatlaklar	60

ix. USBM'nin son patlatma hasar tahmini

ABD Madencilik Bürosu, açık ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntısının yapılara olan etkisi ve zararlarıyla ilgili 1980'de Siskind ve arkadaşlarına[12] 219 üretim atımının 79 evdeki etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma yaptırarak sonuçlarını yayınlamıştır. Bu çalışmada, sadece parçacık hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu vurgulanmaktadır. USBM RI 8507 olarak adlandırılan raporda belirtilen sonuçlar aşağıda

verilmektedir.

1. Parçacık hızı hala en iyi yer titreşimini tanımlama ve titreşime karşı tepki özellikleri iyi bilinen bir yapı grubu için tahribat potansiyelini açıklayabilecek en pratik kontrol aracıdır.

2. Patlatmacı, bütün atımları titreşim cihazı ile izleme yükümlülüğünü almamak için, muhafazakar bir yaklaşımla, ölçekli uzaklığın kareköklü uygulamasını seçer (R/\sqrt{W}). Bu tip ölçekli uzaklıkta titreşim seviyeleri 2-3.8 mm/s civarında olmaktadır.

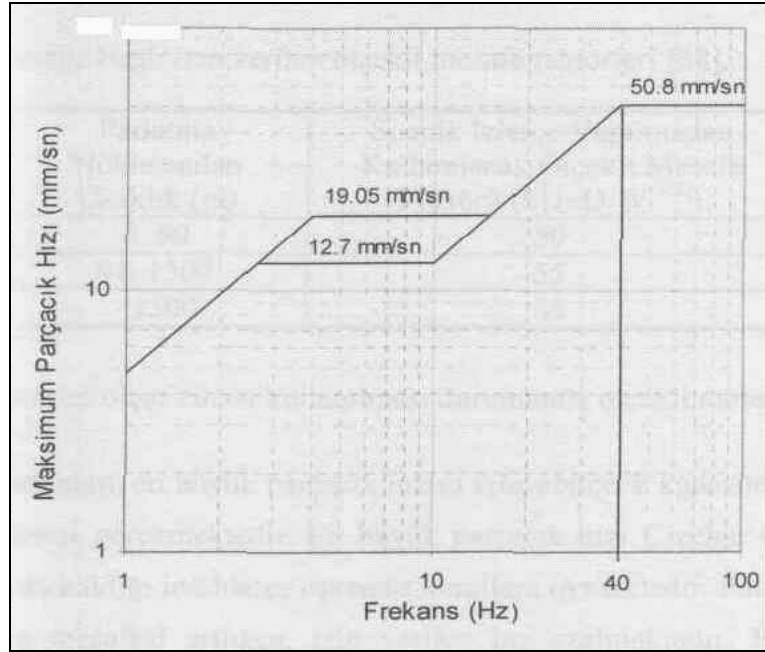
3. Düşük frekanslı (≤ 40 Hz) patlatmalarda hasar verme potansiyeli yüksek frekanslı (≥ 40 Hz) patlatmalardan daha fazladır.

5. Bina inşaat tipleri, minimum beklenen zarar seviyesine etki eden bir faktördür. Alçı panellerden oluşan (kuru duvar) iç duvarlar, eski tahta kalas üzeri sıva kaplamalı duvarlara göre titreşim zararına karşı daha dayanıklıdır.

6. Pratik olarak düşük frekanslı yer titreşimleri yaratan patlatmalar için emniyet sınırı; modern alçı pano duvarlı evler için 19 mm/sn, tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 12.7 mm/s'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 51 mm/s olarak tavsiye edilir.

7. Bütün evlerde; zamanla çeşitli çevresel basınçlardan, havadaki sıcaklık ve nem değişimlerinden, taban yerleşimlerinden doğan oturmalarından, yerdeki nem değişimlerinden, rüzgardan ve hatta ağaç köklerinin su emmesinden dolayı çatlaklar oluşur. Bunların sonucu olarak çatlak meydana geldiği (herhangi bir nedenden dolayı, örneğin kapıyı hızlı çarpmak) durumlarda; mutlak bir minimum titreşim limit değeri olmayabilir[2].

8. RI 8507 raporuna, daha sonradan "Alternatif Patlatma Hasar Kriteri" adı altında ek bir rapor ilave edilmiştir. Bu alternatif patlatma hasar kriteri, frekans oranları üzerine denk gelen yer değiştirme ve hız parametrelerini göz önüne almaktadır [19]. Birden fazla ölçüm yapılması gerekliliği bu raporda önemle belirtilmiştir. Bu hasar kriteri Şekil 2.13'de gösterilmiştir. Şekil 2.13'deki grafik çizgisinin herhangi bir yerinde; altında kalan belirli bir baskın frekansa karşılık gelen herhangi bir parçacık hızı emniyetli kabul edilmektedir. Grafik çizgisinin herhangi bir kesiminin yukarısında kalan değerler, bina tahribatı ve insanlara zarar verme riskini arttırmaktadır. Grafiğin yorumundan da anlaşılacağı gibi, titreşim frekansı arttıkça belirli değerlerdeki bir parçacık hızının hasar riski önemli ölçüde azalmaktadır[13].



Şekil 2.13 USBM'nin alternatif kriter analizi.

x. ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu(OSM) Hasar Tahmini

ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu(OSM), yer sarsıntısı ve hava şokunu kontrol altına almak için patlayıcı maddelerin nasıl kullanılması gerektiği konusundaki en önemli raporunu 8 Mart 1983 tarihinde yayınlamıştır. Bu kurallar patlatma etkinliklerinin kontrolü konusundaki yegane kurallardır ve açık ocak kömür madenciliğinde uygulanmaktadır[39].

OSM kuralları; patlatma sorumlusuna, aşağıdaki üç yöntemden birini kullanmasını tavsiye etmektedir.

Yöntem 1: Patlatmalı kazıda herhangi bir titreşim ölçer cihazının kullanılmadığı durumlarda parçacık hızının sınırlandırılması kriteri:

Patlatma sorumlusu; atımı, Çizelge 2.9'da gösterilen patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa bağlı ölçekli mesafe tasarım faktörlerine uygun düzenlenmelidir. Bu yöntemde, Çizelge 2.9'daki OSM ölçekli mesafe faktörleri uygulandığı sürece, sismik kayıt almaya ihtiyaç duyulmamaktadır[2].

Çizelge 2.9 Uzaklığa bağlı müsaade edilen ölçekli mesafe faktörleri[40]

Patlatma noktasından Uzaklık		Sismik İzleme Yapılmadan Kullanılacak Ölçekli Mesafe Faktörü (SD)
Ft	M	
0-300	0-90	50
301 -5000	91 – 1500	55
>5001	>1500	65

Yöntem 2: Titreşim ölçer cihazının kullanılması durumunda ölçekli mesafe eşitliği kriteri:

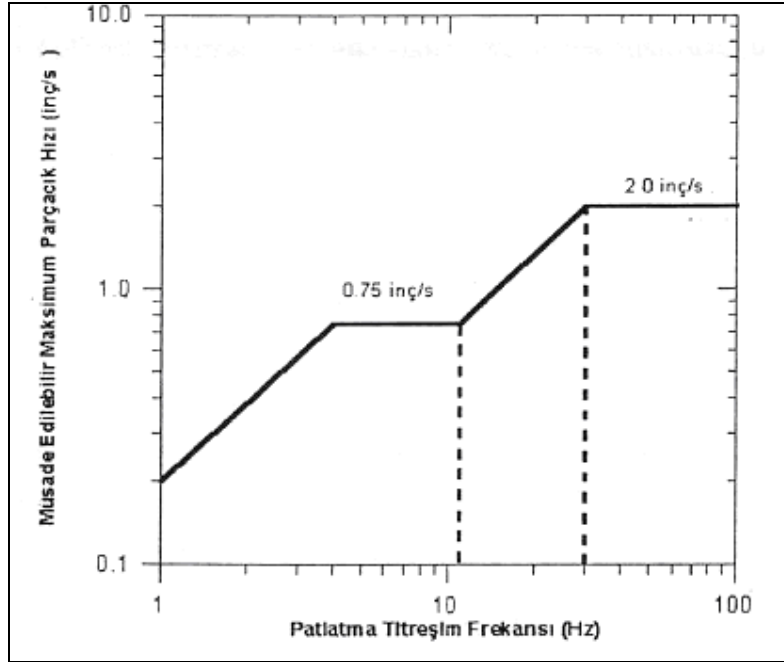
Her patlatmanın, en büyük parçacık hızını izleyebilecek kapasitede bir sismograf tarafından izlenmesi gerekmektedir. En büyük parçacık hızı Çizelge 2.10'da gösterilen seviyelerin altında kaldığı müddetçe operatör kurallara uymaktadır. Patlatma noktasının en yakın yapıya mesafesi arttıkça, izin verilen hız artmaktadır. Bu durum uzak mesafelerde parçacık hızından daha çok baskın olan düşük frekansların zarar verme potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır[13].

Çizelge 2.10 Uzaklığa bağlı müsaade edilen maksimum parçacık hızları[40] .

Uzaklık		Maksimum Parçacık Hızı	
ft	m	İnç/sn	Mm/sn
0-300	0-90	1.25	31.75
301-5000	91-1500	1.00	25.40
>5001	>1500	0.75	19.05

Yöntem 3: Frekans esaslı patlatma seviyesi grafiği kriteri

Patlatma sorumlusunun frekansla birlikte değişen parçacık hızı seviyelerinin (Şekil2.14) kullanmasına izin verilir. Bu metotta, patlatmadan kaynaklanan yer titreşimi dalga frekanslarının analizinin ve her atımın parçacık hızı ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.14 OSM'nin alternatif kriter analizi[40].

Baskın frekansları bulmak için, dalga şekli analiz edilmekte ve bu frekanslara gelen parçacık hızları belirlenmektedir. Bir çok durumda, her bir frekansın şiddetini analiz etmek için elektronik cihazlara ve yetenekli bir sismolog tarafından yapılması gereken sayısal analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntem, patlatmalardan dolayı kaynaklanan binalara ve insanlara yönelik potansiyel zararları değerlendirmede en iyi yöntemi temsil etmektedir.

OSM kurallarındaki bu yöntem, USBM tarafından tavsiye edilen hasar kriterinden farklıdır. USBM hasar kriterinde maksimum izin verilen parçacık hızı 50,8 mm/s'nin başlangıç frekansı 40 Hz olurken(şekil 2.13), OSM hasar kriterinde başlangıç değeri 30Hz'dir[13].

xı. Alman DIN 4150 Hasar Kriteri

Hasar kriterleri içinde parçacık hızı, frekans ve yapı türünü esas alan ve günümüzde yaygın kullanıma sahip olan normlardan biride Alman 4150 DIN Standart'ıdır. Alman standardına göre (DIN 4150) yapı tipi, hız-frekans ilişkisi Çizelge 2.11'de gösterilmiştir[41].

Çizelge 2.11 Alman standartlarına göre (DİN 4150) yapı tipi, hız-frekans ilişkisi[42]

Yapı tipi	Frekansa (f:frekans,Hz) bağlı maksimum parçacık hızı,mm/s		
	f=10	f=10-50	f=50-100
Betonarme , çelik yapı	20	20-40	40-50
Yığılma tuğla veya beton yapı	5	5-15	15-20
Eski veya tarihi yapılar	3	3-8	8-10
100 devir/s büyük frekanslar için, büyük sarsıntı seviyesine izin verilebilir. Birden fazla katlı binalar için, ölçümlerin hem binaların temelinde hem de en üst katın tabanında alınması gerekir			

xii. Ülkemizde Geçerli Olan Yönetmelik

Ülkemizde; patlatma sonucu hasar oluşmaması için zeminde izin verilen titreşim (sarsıntı) hızı sınır değerlerini düzenleyen yönetmelik "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" (ÇGDYY) başlığını taşımakta olup, ülkemizde ilk kez titreşim konusunda bir düzenleme içermektedir. Bu yönetmelik Avrupa Birliği tarafından yayımlanmış bulunan, 25/6/2002 tarih, 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır. 01 Temmuz 2005 tarihinde 25862 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe konulan bu yönetmelik aşağıdaki gibidir[43].

Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri:

Çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar aşağıda belirtilmiştir:

Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunan alanlardaki patlamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Çizelge2.12'de verilen değerleri geçemez. Ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür.

Çizelge 2.12 Patlama nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapının dışında yaratacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri[43].

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

2.3.7. Yer sarsıntısı ve hava şoku etkilerini azaltma yöntemleri

Günümüzde patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilere olan duyarlılığın artması, bu etkileri azaltma yönünde yapılan çalışmaların da artmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmalar yer sarsıntısı ve hava şokunun oluşumunu ve gelişimini bir çok faktörün etkilediğini göstermiştir[44]. Bu nedenle, yer sarsıntısının asgariye indirilebilmesi için özellikle kontrol edilebilir parametrelere bağlı olarak en az sarsıntıyı veren patlatma tasarımının belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Genellikle patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının azaltılması için; gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarını azaltarak parçacık hızının genliğini düşürmek olumlu sonuçlar vermektedir. Ayrıca delik çapının, dilim kalınlığının, delikler arası mesafenin ve basamak yüksekliğinin küçültülmesi, kademeli şarj uygulaması gibi önlemlerde yer sarsıntısının azaltılmasında etkili olmaktadır (Çizelge 2.13)[2].

Hava sokunun önlenmesi için alınması gereken önlemler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir[11];

- 1) Basamak patlatma tekniği kullanılarak, patlayıcı madde kaya yapısı içinde olabildiğince dengeli (homojen) dağıtılır ve hapsedilir.
- 2) Galeri patlatması uygulanmaz.
- 3) Uygun delik geometrisi kullanılır.
- 4) Uygun sıkılama boyu ve malzemesi kullanılır.
- 5) Gecikmeli elektrikli veya şok tüplü ateşleme sistemi kullanılır.
- 6) Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye az patlayıcı madde yerleştirilir.

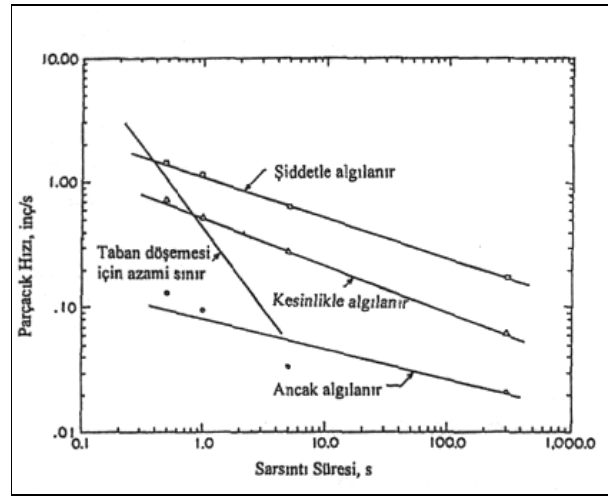
7) Gerek patar gerekse basamak patlatmalarında infilaklı fitil kullanılmaz.

Çizelge 2.13 Yer sarsıntısı ve hava şoku düzeylerini azaltmak için dikkate alınması gereken parametreler[2].

	Parametreler	Yer Sarsıntısı	Hava şoku
Değiştirilebilen	1. Gecikme basma patlayıcı madde miktarı	Etkili	Etkili
	2. Gecikme suresi	Etkili	Etkili
	3. Dilim kalınlığı	Etkili	Orta etkili
	4. Delikler arası mesafe	Orta etkili	Orta etkili
	5. Delik çapı	Orta etkili	Az etkili
	6. Delik taban payı	Orta etkili	Az etkili
	7. Delik boyu	Orta etkili	Orta etkili
	8. Ateşleme yönü	Etkili	Orta etkili
	9. Delik eğimi	Orta etkili	Orta etkili
	10. Sıkılama boyu ve malzemesi	Orta etkili	Etkili
	11. Atım grubu boyutları ve şekli	Etkili	Etkili
	12. Şarj şekli	Orta etkili	Az etkili
	13. Ateşleme yöntemi	Etkili	Etkili
	14. Atımdaki toplam patlayıcı madde miktarı	Az etkili	Az etkili
Değiştirilemeyen	15. Örtü tabakasının özellikleri ve derinliği	Etkili	Orta etkili
	16. Jeolojik faktörler	Etkili	Orta etkili
	17. Yapının konumu	Etkili	Orta etkili
	18. Yeraltı suyu durumu	Etkili	Az etkili
	19. Atmosferik koşullar	Az etkili	Etkili

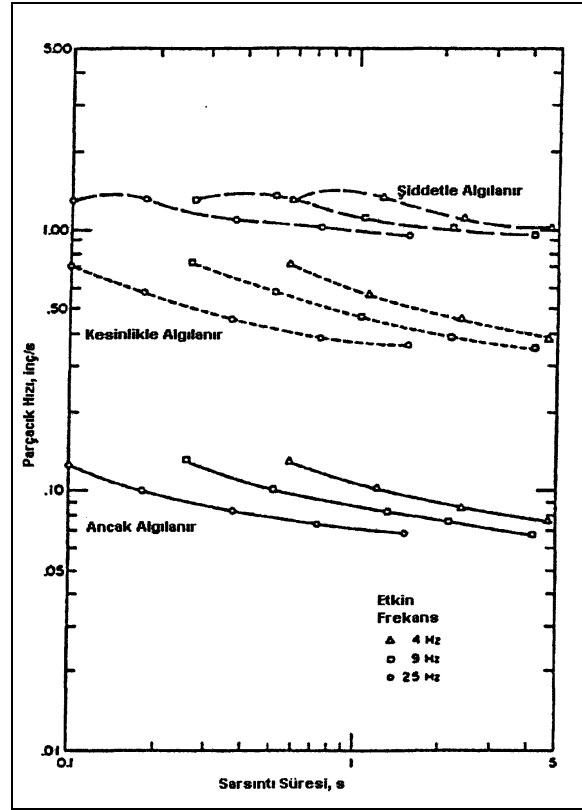
2.3.8. İnsanların patlatma kaynaklı yer sarsıntılarına tepkileri

İnsanların patlatma kaynaklı yer sarsıntılarına olan tepkileri yer sarsıntısının denetlenmesi aşamasında bazen en belirleyici etmen olabilir. İnsanlar yer sarsıntılarına karşı çok duyarlıdır ve duyarlı oldukları sarsıntı değerleri yapılarda eşik hasar yaratmayacak emniyetli sarsıntı düzeylerinin çok altındadır. İnsan tarafından algılanabilen parçacık hızı 1,5 mm/s civarında olup, bazı koşullarda bu değer 0,5 mm/s gibi çok düşük değerler olabilir. İnsanların sarsıntıya tepkisi yer sarsıntısının genliğinin yanı sıra frekansına ve süresine de bağlıdır[45]. Şekil 2.15'de sarsıntı süresine bağlı olarak insanların değişik seviyelerde algıladıkları parçacık hızı değerleri görülmektedir [12].



Şekil 2.15 Sarsıntı süresine göre insanların değişik seviyelerde algıladıkları parçacık hızı değerleri [12].

Şekil 2.16'da ise sarsıntı süresine (0,1-5,0 saniye) ve frekans aralığına (4-25 Hz) bağlı olarak insanların "ancak algıladıkları", "kesinlikle algıladıkları" ve "şiddetle algıladıkları" düzeyler gösterilmiştir



Şekil 2.16. Sarsıntı süresi ve frekansına göre insanların değişik seviyelerde algıladıkları sarsıntı düzeyleri [12].

2.3.9.Önceki bazı deneysel çalışmalar

Patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısının azaltılmasına yönelik olarak akla gelen ilk yöntem, patlayıcı madde miktarının azaltılmasıdır. Ancak bu çözüm pratik olmasına rağmen başka problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Zira patlayıcı madde miktarının azaltılması, istenen parça boyutunun elde edilmesini ve planlanan üretime ulaşılmasını engellemektedir. Bunun dışında, yersarsıntısının azaltılmasına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır ve bu yöndeki çalışmalar halen devam etmektedir. Ancak bu çalışmaların yararları ve uygulanabilirlikleri henüz kanıtlanmış değildir. Sonuçları konusunda, araştırmacılar arasında fikir birliği mevcut değildir.

Devine ve arkadaşları üç farklı bölgede yaptıkları araştırmalarda patlatma bölgesi ile ölçüm noktası arasında oluşturmuş oldukları ön kesmenin sarsıntı seviyelerini düşürmediğini iddia etmişlerdir [3].

Bazı araştırmacılar ise, karayolu, demiryolu ve inşaat içlerinde meydana gelen yersarsıntılarının azaltılmasına yönelik olarak hendek çalışmasını denemiş ve olumlu sonuçlar almışlardır[46,47,48,49]. Bu araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, hendeğin, yersarsıntısını %80'e varan oranlarda azalttığını belirtmişlerdir. Madencilik alanında ise çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Prakash ve arkadaşları[4], yaptıkları çalışmada, nkesme patlatmaları ve değişik derinliklerdeki hendeklerin yersarsıntısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yazarlar, bu çalışma sonucunda, yersarsıntısının, %16.6 ile %65 oranında azaltılabildiğini belirtmişlerdir.

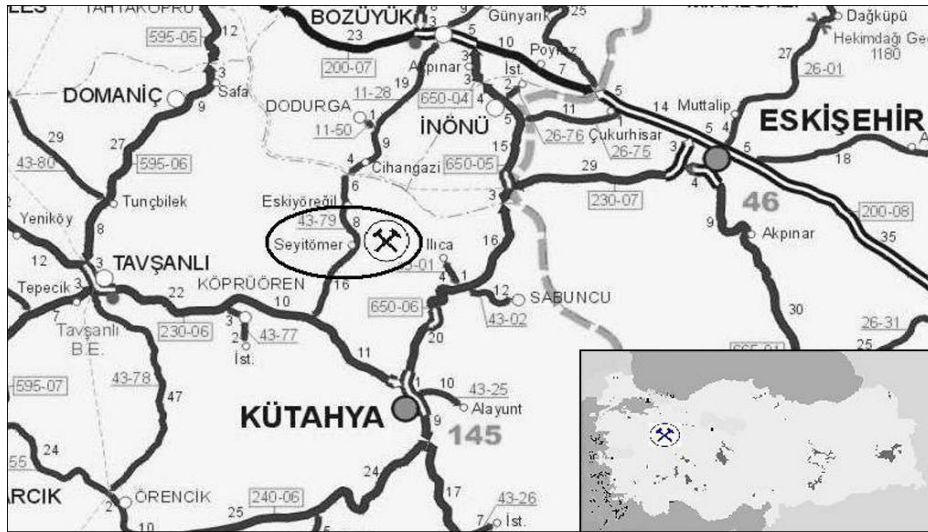
3. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITIMI VE UYGULAMA

Çalışmalar Seyitömer Linyit İşletmesinde yapılmıştır. Seyitömer havzası linyit potansiyeli ülkemizin toplam linyit potansiyeli içinde önemli bir yere sahiptir. Havzada farklı üretim bölgelerinde üretilen linyitler gerek fiziksel, kimyasal özellikler ve gerekse değişik tüketim alanlarında değerlendirilmesi açısından ülkemizin diğer linyit üretim bölgelerine ve bu bölgelerde üretilen linyitlere göre oldukça farklı özelliklere sahiptirler.

İşletme Türkiye Kömür İşletmesi (TKİ) kurumuna bağlı GLİ (Garp Linyitleri İşletmesi) Müessesesi bünyesinde 1 Haziran 1960 tarihinden itibaren Seyitömer Linyitleri Bölge Müdürlüğü olarak faaliyet göstermeye başlamıştır. 01.04.2004 tarihinden sonra da S.L.İ. Müessese Müdürlüğü olarak faaliyetlerine devam etmektedir.

3.1.Yeri ve Ulaşımı

SLİ Müessesesi Kütahya il merkezinin kuzeybatısında olup Kütahya- Tavşanlı karayolunun 17. kilometresinde 11 km uzunluğunda bir yol ile karayoluna bağlanmıştır(Şekil 3.1). Piyasa kamyonlarının kömür nakliyatı, işçive personel ulaşımı bu yoldan yapılmaktadır.



Şekil 3.1.S.L.İ. Yer bulduru haritası

3.2.Rezerv Miktarı ve Kimyasal Bileşimler

Seyitömer Linyit işletmesinde üretilen kömürlerin kimyasal özellikleri Çizelge 3.1.'de görülmektedir. İşletme imtiyaz sahası hudutlarında 8901 hektar dahilinde rezerv aramaları bitmiş olup yapılacak sondaj çalışmalarında önemli derecede rezerv artışı görülmektedir(Çizelge 3.2)

Çizelge 3.1.Sli.Kömür damarının kimyasal özellikleri

	A Damarı	B1 Damarı	B2 Damarı	B3 Damarı
NEM (%)	39,03	36,88	36,60	33,49
Uçucu Madde	44,16	40,73	39,92	44,35
Kül	42,75	29,42	37,38	40,41
Sabit Karbon	12,97	29,92	22,56	14,47
Toplam Kükürt	20,75	1,22	1,54	1,62
Alt Isıl Değeri	1736	2519	2252	2123

Seyitömer kömür havzasında kömürlü saha Aslanlı bölümü, Seyitömer bölümü ve Ayvalı bölümü olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Seyitömer formasyonunda A damarı ve B damarı olmak üzere iki ayrı kömür damarı yer almaktadır[50,51]. 2006 yılı itibarıyla SLİ. Ruhsat sahasında yaklaşık 161 Milyon tonluk rezerv görülmektedir(Çizelge 3,2).

Çizelge3.2 SLİ.2005 ve 2006 Yılı rezerv durumu[51]

	2005	2006
Hazır Rezerv (Ton)	5.118.230	3.011.530
Görünür Rezerv (Ton)	161.910.660	157.918.980
Toplam Rezerv (Ton)	167.028.890	160.930.510

3.3.Sahanın Jeolojisi

Seyitömer linyit havzası Neojen yaşlı çökellerden meydana gelmiş bir göl oluşumudur. Havzanın kuzeyinde denizel kalkerler görülmekte ise de, bunlar temel kaya üzerinde yataklanmış ve neojen sedimanlarının aşınmasıyla yüzeyleşmiş oluşumlardır. Paleontolojik bulgulara göre, havzadaki gölsel çökeller Genç Miosen-Erken Pliosen olarak yaşlandırılmıştır[52]. Neojen öncesi temel kayalar Kretase yaşındadır[53,54]. Çalışma alanında yer alan Neojen çökelleri iki ayrı formasyona ayrılmaktadır [55]. Bunlar, altta beş üyeli Seyitömer formasyonu ve bunu uyumsuzlukla örten Kocayatak formasyonudur. Temel kayalarını, ofiolitik karmaşıktan oluşan serpantinler oluşturmaktadır. Serpantinler diorit,

amfibolit ve bilhassa ufak çapta kromit adeseleleri içermektedir[50].

Seyitömer linyit havzası muhtemelen alp orojenezi zamanında tektonik hareketlere maruz kalmıştır.

Linyit yatağı genellikle kuzey-güney istikametinde uzanan ve atımları 10–60 metre arasında değişen faylarla bloklara bölünmüştür. Seyitömer karayoluna paralel uzanan 50–60 metre atımlı faylar B damarı Türkmen tepede mostra vermektedir. Küllüce tepe eteğinden geçen küllüce fayı ile eski Seyitömer köyünden başlayıp Gülbektepe batısından geçen ve Dragline panosuna batıda sınır teşkil eden faylarda sahanın önemli faylarındandır. Bunun haricinde kömür havzasında birbirini kesen atımları 5–15 metre arasında değişen sayısız faylara rastlanmaktadır. Fayların hemen hemen hepsi eğim atımlı normal fay olup, eğimleri 70-80° civarındadır. Kömür havzasında görülen fayların bir kısmı kömür oluşum evresi boyunca, bazılarının ise kömür oluşumundan sonra geliştiği görülmektedir. Seyitömer bölgesinde kıvrımlanmalarda belirgin bir şekilde gözlenmektedir.

Tabakalanmalar ve tabakaların doğrultu eğimleri çalışma alanında neojen yaşlı kayalar gölsel alanla oluştuğundan genelde tabakalanmalı yapılar göstermektedir. Çalışma alanındaki kayaların tabakalarının eğimleri 5-10° güney ve güneydoğuya doğrudur.

Seyitömer formasyonu olarak adlandırılan akarsu ve gölsel tortuları 5 ayrı üyeden oluşmuştur. Bunlar alttan üste doğru[50];

- 1- Kumtaşı – konglomera
- 2- Çamur taşı- kil taşı
- 3- Laminall Şeyl
- 4- Silisli Kireçtaşı
- 5- Killi kireçtaşı üyesidir.

3.3.1.Kumtaşı – konglomera üyesi

İşletme sahasının kuzey ve kuzey batısında yayılım gösteren kumtaşı konglomera üyesi başlıca sertleşmiş kumtaşlarıyla çeşitli çakıl bileşimlerinden oluşan sertleşmiş konglomeralardan oluşmuştur. Kumtaşı genellikle sarımsı yer yer kırmızımsı renkte olup orta sertlikte ve yer yer çok sertleşmiştir. Tabakalanma orta ve kalın bazen laminal boyutlarında olup genellikle düzensizdir. Bileşen tane boyutları genelde ince orta nadiren kaba boyutludur. Taneler genellikle kireçtaşı, kuvars, serpantin ve kırmızı çört kaya parçalarından oluşmuştur. Bağlayıcı çimento olarak kil ve silis içeriklidir. Konglomeralar açık gri, bazen açık kırmızımsı renkte olup orta ve çok sertleşmiştir. Orta kalınlıkta ve düzensiz tabakalıdır.

3.3.2.Çamurtaşı – kil taşı üyesi (kaide killi)

Çamurtaşı, sahanın batı, doğu, kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı kesimlerinde yayılım göstermektedir. Kumtaşı konglomera üyesi taban konglomerası üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Az ve orta derecede sertleşmiş çamurtaşı ve kil taşlarından oluşmaktadır. Bu üyenin tavan bölümünde yer alan kömür-damarı B damarı (alt damar) olarak adlandırılmıştır. Çamurtaşı genel olarak yeşilimsi gri renkli yer yer açık yeşil ayrışma yerlidir. Az ve orta sertlikte, genellikle belirsiz yer yer orta ve kalın tabakalıdır. Üst seviyelere doğru kömürleşmiş bitki kırıntıları, tabana doğru ise ince ve kaba kum çakıllarından oluşan kırıntılı seviyeler içerir.

3.3.3.Laminali şeyl üyesi(yanııcı marn)

Bu çalışmada, patlatma ve ölçüm işlemlerinin gerçekleştirildiği laminali şeyler genel olarak yeşilimsi gri yer yer açık gri renkli, yeşilimsi beyaz ayrışma renklidir. 1200–1300 kaloriye kadar altısı değeri olduğundan laminal şeylere yanııcı marn adı da verilmektedir. B damarının hemen üstünde 0,5- 100 m kalınlıkta baz renkli sileksit ile başlayan laminal şeylerin tabakaları orta ve kalın yer yer masif arası değişen kalınlıktadır. Tabakalanmaya uygun düzlemsel ve düzgün dilinimlidir. Laminal şeyler az oranda sarımsı gri renkli şist taşı ve açık kahverengi silisli kireçtaşı ve ara katmanları içerir. Üyenin tavan kesiminde yer yer silt taşı ve killi kömür ardalanmalı üst kömür damarı yer alır.

Laminal şeyl üyesi ihtiva ettikleri hidrokarbonlu maddelerin havayla teması sonucu kendi kendilerine yanmaları yüzünden üst damar oluşumunun bulunmadığı yerlerde kiremit renginde küçük büyük alanlar halinde yanık marn görülmektedir.

3.3.4.Silisli kireç taşı üyesi

Silisli kireç taşı üyesi çok sertleşmiş silisli kireç taşlarından oluşmuştur. Sarımsı gri renkli beyazımsı gri ve genellikle ince yer yer orta kalınlıkta tabakalardır. Bazı seviyelerde bol miktarda gostropod ve astrakod fosilleri içerir.

3.3.5.Tüfit seviyeli killi kireç taşı

Sahanın hemen hemen her tarafında münferiden görülmekte ve bilhassa imtiyaz sahasının güney ve batısında büyük bir yayılım gösteren üye grimsi beyaz renkli killi kireç taşından ve beyazımsı gri renkli tüfit ara seviyeden oluşmaktadır. Killi kireç taşlarından grimsi beyaz renkli, sarımsı beyaz ayrışma renkli ince taneli orta sertlikte ve genellikle ince tabakalı bölgesel olarak tabakalanmaya bağlı düzgün dilinimlidir. Üye bazı kesimlerde gostrapod fosilleri içerir.

3.4. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemleri

Madencilik, inşaat, taş ocakçılığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerde patlayıcıların değişik nedenlerle gittikçe artan bir şekilde kullanılması önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların belirlenmesi ve çözümü için öncelikle, patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında gelen yer sarsıntısı ve hava sokunun hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir.

İdeal bir yer sarsıntısı ve hava soku izleme sistemi aşağıdaki 5 temel bileşeni içermelidir[16,56].

1. Jeofon : Parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey) zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için
2. Mikrofon : Hava şoku ve gürültü değerlerini zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için
3. Bağlantı kabloları : Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükselticiye iletmek için
4. Yükseltici ve sinyal düzenleyici : Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükseltmek ve analog verileri sayısal verilere çevirmek için
5. Disk : Sayısal verileri kaydetmek için

Arazi çalışmalarında patlatmalardan kaynaklanan sarsıntıların ölçümünde iki adet

yersarsıntısı ve hava şoku izleme cihazı kullanılmıştır.

3.4.1. Mini Seis II ölçüm cihazının tanıtımı

Birinci ölçüm cihazı olarak White marka Mini Seis II model bir mühendislik sismografi kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Mini Seis II model ölçüm cihazının görünümü

Ağırlığı yaklaşık olarak 1,59 kg kadar olan oldukça küçük tasarlanmış bir cihazdır. Cihazla, ses şiddetini kaydetmek için harici bir mikrofonun yanında sismik dalgaların her üç bileşendeki (boyuna, enine, düşey) değerlerini kaydedebilmek için üç ayaklı yer sarsıntısı algılayıcısından oluşmaktadır. Mini Seis II model mühendislik sismografının teknik özellikleri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge3.3 White Marka Mini Seis II Model Sismografin teknik özellikleri [57]

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 160dB'i ölçebilen seramik elementli
Hafıza	Bütün özet, kurulum ve kayıt edilmiş veriler saklanabilmekte ve Lityum bir backup aküsü verileri saklamada kullanılabilir.
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 7-10gün çalışabilmektedir
Çalışma ısısı	-18+54°C arasındadır
Boyut	Yaklaşık olarak 19,05x11,43x6,35 cm'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	Hendek başına saniyede 512 veya 1024 örnek.
Sismik oranları	0.125 -254 mm/s arasındadır.
Ses oranları	100 - 142 dB veya 106 - 148 dB
Tetikleme seviyeleri	Sismik: mesafeye bağlı olarak 0.064-116 mm/s arasındadır. Ses: 106-142 dB veya 112-148 dB arasındadır.
Kayıt süresi	Saniyede 1024 örneği 1 - 9 saniye arasında kayıt edebilmektedir.

3.4.2. Instantel Mini Mate Plus ölçüm cihazının tanıtımı

Instantel Mini Mate Plus yer sarsıntısı ve hava soku izleme cihazı 3 adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmaktadır(Şekil 3.3.).



Şekil 3.3 Instantel Mini Mate Plus cihazının görünümü

Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava soku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapabilmektedir. Her bir olayın süresine (1-10 s arasında uzaklığa bağlı olarak) bağlı olarak 150-200 arasında olayı geniş yada özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri parçacık hızı için 0,127-253,97 mm/s ve gürültü için 100-142 desibel aralıkları düzeyindedir. Bu limitler içerisinde istenilen aralıklar ayarlanabilmektedir. Kaydedilecek olay süresi, kayıt biçimi (tek veya sürekli), istenilen birimler, çalışma sahası, kullanıcıya ait bilgiler önceden arzu edilen şekilde programlanabilmektedir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3,4 de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Titreşim Ölçer InstanTEL Mini Mate Plus cihazının bazı teknik Özellikleri.

Sismik	ölçüm aralığı	0.125 - 254 mm/s
	Hassasiyet	0.0159 mm/s
	Tetik düzeyi	0.1 mm/s
	Tepe ivme	0.01-30g(hesapla)
	Tepe yer değiştirme	0.0001 - 1.5inc(hesapla)
	Frekans analizi	Tepe değerdeki frekansa ek olarak USBM/OSM ve DIN 4150 arazi frekans analizleri
	Doğruluk	15 Hz'lik ivme ölçer baz alındığında % 1
Hava şoku Lineer ve C" Ağırlıklı	Ölçüm aralığı	88-142 dB. 0.03625 psi, 250 Pa (tepe)
	Hassasiyet	0.0000725 psi (0.5 Pa)
	Tetik düzeyi	1 dB. 0.0000725 psi. 0.5 Pa
	Frekans analizleri	Hava soku standardında frekans
"A" Ağırlıklı Ses	Ölçüm aralığı	55-110 dB
	Hassasiyet	0.2 dB
	Tetik düzeyi	0.2 dB
	Frekans tepkisi	0.5-8 kHz
Frekans	Örnekleme hızı	1024-4096 örnek/s
	Frekans tepkisi	Sismik ve lineer hava sokunda 1.5- 250 Hz
Tam Dalga Formu Kayıtları	Kayıt modları	El ile. Tek atım, Sürekli, Otomatik
	Sabit kayıt süresi	1 - 10 s
	Otomatik kayıt süresi	1 - 60 s
Uzun Grafik Kayıtları	Kayıt metodu	Diske
	Aralıklar	5 s, 15 s, 1 dak, 5 dak
	Analizler	Tepe, tepe frekansı, tepe vektör toplamı
	Maksimum kayıt süresi	Hafızaya 5 dakika aralıklarla 110 gün sürekli

3.4.3.Sarsıntı ölçer cihazların kurulumu

Cihazların titreşim algılayıcısı, zemin ile sıkı sıkı temas edecek şekilde tesis edilmelidir. Sismografin algılayıcısının yerleştirildiği yer çok önemlidir. Gevşek olmayan zeminlere yerleştirilmelidir. Gevşek toprak, herhangi yumuşak malzeme ana kütlede bağımsız bir kayaç veya malzeme üzerine yerleştirilmemelidir. Eğer algılayıcı cihaz gevşek toprağa kurulursa, titreşim hareketi ile birlikte algılayıcı zeminden ayrılabilir ve titreşim kayıtları bu durumda doğru yer hareketini temsil etmeyebilir. Algılayıcının yerleştirildiği yer, bağımsız bir kütle değil zeminin tümüyle birlikte hareket edeceği bir yer olmalıdır [58].

Algılayıcıyı zemine gömmek için öncelikle altına üçayaklı parçası bağlanır ve vida ile sıkıca tutturulur. Daha sonra, en az 15 cm derinliğinde bir çukur kazılır. taban mümkün olduğunca düzgün ve pürüzsüz olmalıdır. Algılayıcının ok işaretinin yönü, patlatma yönüne bakacak şekilde deliğin dibine bastırılarak yerleştirilir. Üzeri dikkatlice toprak malzeme ile örtülür ve zemine iyice tutunması için sıkıştırılır. Daha sonra sarsıntı algılayıcının kablosu kayıt cihazına bağlanır ve cihaz aktif hale getirilir.

4.ARAZİ ÇALIŞMALARI

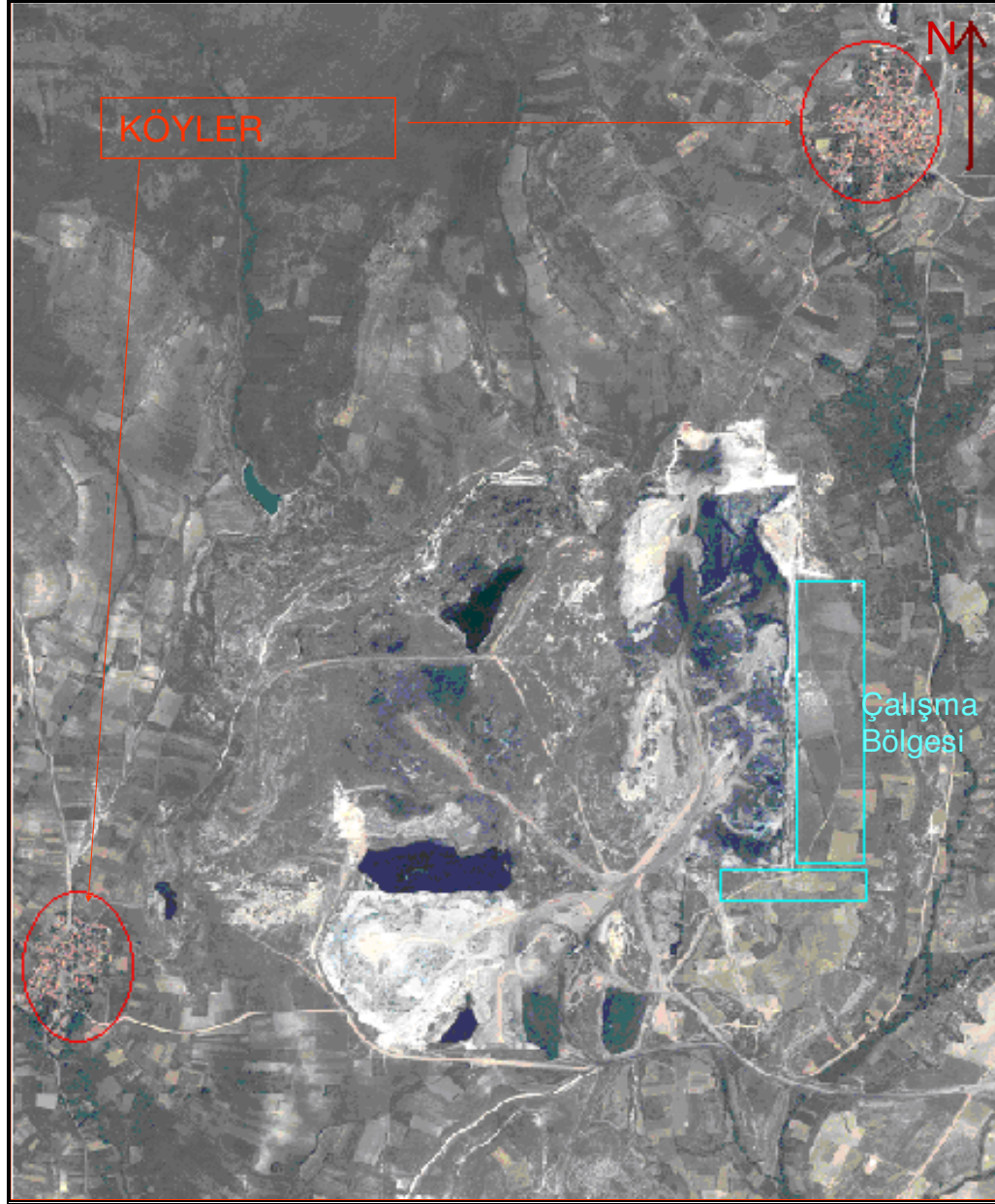
4.1.Giriş

Seyitömer Linyit İşletmeleri ruhsat sahası içinde ve yakınında çok sayıda köy bulunmaktadır (Şekil 4.1.). Üretim panolara gün geçtikçe köylere doğru yaklaşmaktadır. Bu köyler, patlatmalardan etkilenmekte ve sık sık köylüler ile işletme arasında problemler yaşanmaktadır. Köylüler patlatmalar sonucu oluşan yer sarsıntısı nedeniyle evlerinin yıkılacağını öne sürmektedirler. Bu problemler bazen işletme üretim planlarını etkilemekte, bazen de işletme tazminat ödemek zorunda kalmaktadır.

Kömürün üzerini kaplayan ve yaklaşık 22m kalınlığındaki marn tabakasının bazı mekanik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışılan formasyonun bazı mekanik özellikleri

Yoğunluk(g/cm ³)	2,17
Tek Eksenli Basma Dayanımı (mpa)	6,63
Endirekt Çekme Dayanımı (mpa)	1,6
Schmidt Sertliği İndeksi	29,37
Nokta Yük Dayanımı (mpa)	1,74
İçsel Sürtünme Açısı (°)	9
Kohezyon (mpa)	3,4



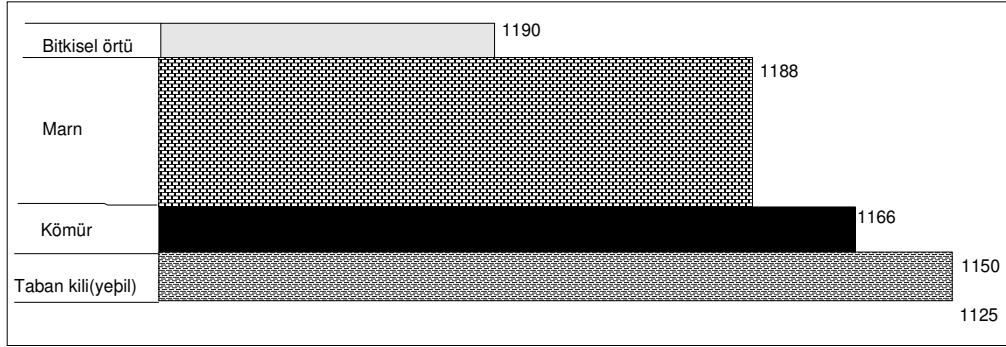
Şekil 4.1.SLİ. A-16 Pano Dragline Dilimi ve yerleşim yerlerinin uydu görünümü

Bu çalışma, Dragline'ın önümüzdeki yaklaşık 15 yıl boyunca çalışacağı Aslanlı Bölümü dragline panolarının ilk diliminde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2.). Söz konusu dragline panosu, her biri yaklaşık 1000 m uzunluğunda ve 100 m genişliğinde olan 10 adet dilimden oluşmaktadır. Patlatma işlemleri kömürün üzerindeki örtü tabakasını gevşetmeye yönelik atımlardır.

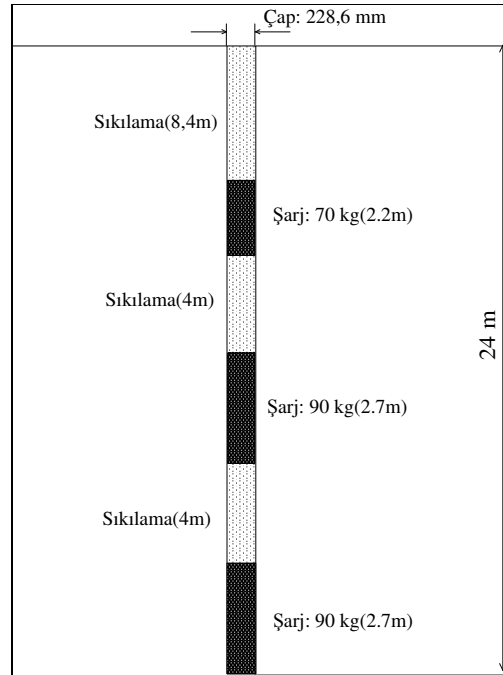


Şekil 4.2 Çalışmanın yapıldığı dragline panosu

Bölgeye ait karakteristik kesit Şekil 4.3'de görülmektedir. Kömürün üzerinde bulunan marn tabakası, kalınlığı 50 cm ile 2 m arasında değişen bitkisel malzemeyle kaplanmıştır. Paletli delik makinesiyle 90⁰ açıyla delinen patlatma delikleri 24 m uzunluğunda ve 228.6 mm (9 inç) çapındadır (Şekil 4.4.). Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe 10 m olarak uygulanmaktadır. Patlayıcı madde olarak ANFO kullanılmaktadır. Deliklere Şekil 4.4'de görüldüğü gibi kademeli şarj yapılmaktadır. Delikler arasında 42 ms, delik içerisindeki şarjlar arasında ise 25 ms gecikme uygulanmaktadır.



Şekil 4.3 Seyitömer Linyit İşletmesi A-16 Dragline panosunu karakteristik kesiti

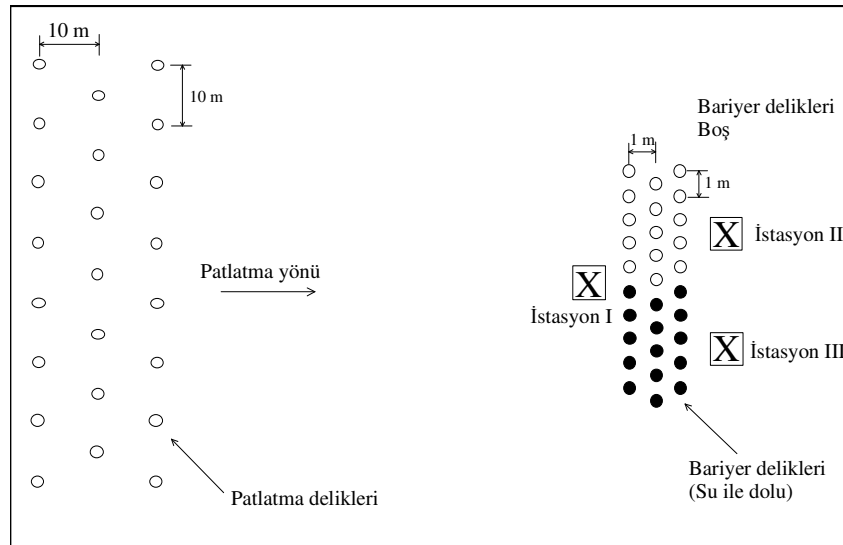


Şekil 4.4 Patlatma delik şarjı

Saha uygulamalarında patlatma bölgesi ile ölçüm yapılan nokta arasında yapay bir süreksizlik oluşturularak patlatmaların çevresel etkilerinin azaltılmasına çalışılmıştır. Bu kapsamda yapay süreksizlik oluşturulması için bariyer delikleri ve hendek açma olarak iki farklı metod uygulanmıştır.

4.2. Bariyer Delikleri İle Yer Sarsıntısının Engellenmesi

Patlatma bölgesi ile yerleşim bölgesi arasında yapay süreksizlik oluşturarak sarsıntının engellenmesi için uygulanan ilk yöntem bariyer delikleri delinmesidir. Çalışma kapsamında, patlatma bölgesinden yaklaşık 300 m mesafede, 1 m aralıklı ve her sırada 10 adet delik olmak üzere 3 sıra halinde toplam 30 adet bariyer deliği delinmiştir (Şekil 4.4). Sıralar arasında 1,5 m mesafe vardır. Delikler delindikten sonra ağız kısımları her hangi bir şekilde dolmaması için kare şeklinde tahta kapaklarla (40cmx40cm boyutlarında) kapatılmıştır. Delikler şerbeş düzeninde delinmişlerdir. Bu şekilde, yer sarsıntısının azaltılması için deliklerden oluşan bir yapay süreksizlik (bariyer) oluşturulması amaçlanmıştır. Lastik tekerlekli delik makinesiyle delinen deliklerin çapı 152.4 mm (6 inç) ve uzunluğu 25 m'dir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, deliklerin bir kısmı su ile doldurularak suyun etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmalar aynı pano içerisinde iki farklı bölgede gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde korele edilen iki adet cihaz kullanılmıştır (Instantel mini mate plus, White mini seis II). Çalışma sürecince arazide iki bölgede toplam 121 adet ölçüm alınmıştır. Bunlardan 55 adedi 1. bölgede, 66 adedi ikinci bölgededir. 1. bölgede cihazlar boş deliklerin önüne ve arkasına kurulmuştur. 2. bölgede ise buna ilave olarak deliklerin bir kısmı su ile doldurulmuş ve cihazlar deliklerin önüne, boş deliklerin arkasına ve su dolu deliklerin arkasına olmak üzere 3 farklı noktaya kurulmuştur.



Şekil 4.5 Bariyer delikleri ve ölçüm istasyonları

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, pek çok araştırmacı tarafından kabul görmüş olan ölçekli mesafe (SD) ve maksimum parçacık hızı (PPV) değerleri göz önüne alınmıştır. Burada bahsi geöen ölçekli mesafe, önceki bölümlerde anlatıldığı gibi patlatma ve ölçüm noktası arasındaki mesafeyi ve gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarını göz önüne alan bir değerdir ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$SD = R/W^{0.5}$$

Burada;

SD: Ölçekli mesafe

R : Patlatma ve ölçüm noktası arasındaki mesafe (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı(kg)

PPV tahmininde USBM tarafından geliştirilen ve en yaygın kullanılan eşitlik olan aşağıdaki denklem kullanılmıştır [16].

$$PPV = k * (SD)^{-\beta}$$

Burada;

PPV : maksimum parçacık hızı (mm/s)

k ve β : patlatma dizaynı ve saha jeolojisi ile ilgili katsayı.

4.2.1. Ölçüm sonuçları

4.2.1.1. Birinci bölgede yapılan çalışmalar;

Bu bölgede, iki cihaz ile toplam 55 adet ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlere ait bilgiler Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3.'de görölmektedir. Bu ölçümlerin 33 adedi bariyer deliklerinin önünde, 22 adedi bariyer deliklerinin arkasındadır. Patlatma noktası ile ölçüm istasyonu arasındaki mesafe başlangıöta yaklaşık 270 m iken, son atımlarda bu mesafe 30 m'ye kadar düşmüştür.

Çizelge 4.2 Bariyer deliklerinin önünden yapılan ölçümler (I. Bölge)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (R)(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	07.06.2006	6	1550	90	50	5,27	70,1	14,7	112,0	6,1	94,9	14,7	122,0	112,0	6,1
2	07.06.2006	2	540	90	75	7,91	48,8	9,1	86,6	4,3	77,1	12,7	119,0	86,6	4,3
3	07.06.2006	5	1280	110	100	9,53	33,9	15,6	59,2	14,8	80,1	15,2	88,5	80,1	15,2
4	07.06.2006	6	1550	90	90	9,49	35,3	13,8	74,4	14,2	69,2	9,9	76,8	74,4	14,2
5	07.06.2006	5	1280	110	60	5,72	77,9	17,4	77,4	6,7	141,0	14,0	149,0	141,0	14,0
6	07.06.2006	5	1280	90	125	13,18	15,4	12,3	29,2	5,6	32,3	5,0	44,7	32,3	5,0
7	07.06.2006	5	1280	110	115	10,96	24,4	12,4	67,7	11,4	57,0	10,1	75,8	67,7	11,4
8	08.06.2006	5	1250	100	140	14,00	14,7	12,5	36,4	13,6	48,5	10,2	49,4	48,5	10,2
9	12.06.2006	3	600	100	86	8,60	43,8	15,1	92,7	15,9	44,6	6,2	102,0	92,7	15,9
10	12.06.2006	5	1250	90	97	10,22	57,8	12,0	103,0	21,6	123,0	9,4	133,0	123,0	9,4
11	12.06.2006	5	1250	125	100	8,94	42,8	16,8	50,2	12,0	81,3	9,5	82,7	81,3	9,5
12	12.06.2006	5	1250	90	100	10,54	31,2	11,1	61,5	8,6	71,6	9,4	71,7	71,6	9,4
13	14.06.2006	4	1000	90	127	13,39	23,7	14,1	50,2	12,0	37,3	9,0	59,8	50,2	12,0
14	14.06.2006	4	1000	90	160	16,87	10,8	7,4	18,5	3,2	20,1	2,9	21,1	20,1	2,9
15	14.06.2006	4	1000	90	150	15,81	23,6	7,7	23,6	9,7	32,9	3,3	37,6	32,9	3,3
16	14.06.2006	4	1000	90	140	14,76	12,1	11,0	35,2	13,5	25,0	4,2	38,2	35,2	13,5
17	22.06.2006	4	880	90	235	24,77	11,0	5,0	12,8	10,1	22,9	2,9	23,1	22,9	2,9
18	22.06.2006	3	760	90	226	23,82	8,6	4,0	10,8	8,9	16,6	3,7	20,0	16,6	3,7
19	27.06.2006	3	750	90	137	14,44	12,6	3,3	26,7	21,8	28,4	4,8	37,6	28,4	4,8
20	27.06.2006	3	750	90	148	15,60	20,4	8,2	26,3	16,0	42,0	9,4	49,6	42,0	9,4

Çizelge 4.2 Devam

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (R)(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
21	30.06.2006	3	750	90	91	9,59	24,8	3,9	46,9	6,4	65,8	3,9	69,2	65,8	3,9
22	11.07.2006	2	500	90	76	8,01	63,5	4,4	59,7	4,6	54,5	17,6	86,2	63,5	4,4
23	11.07.2006	2	500	90	76	8,01	63,5	6,5	63	3,7	29	22,2	80,7	63,5	6,5
24	11.07.2006	2	500	90	66	6,96	63,5	4,9	63	5,8	48,8	6,9	83,2	63,5	4,9
25	11.07.2006	2	500	90	56	5,9	63,5	4,6	63,5	10,2	57,8	12,4	99,9	63,5	4,6
26	11.07.2006	2	500	90	56	5,9	55,9	8,6	45	7	21,6	9,1	58,8	55,9	8,6
27	11.07.2006	2	500	90	56	5,9	63	4	63	9,1	34,9	3,9	86,3	63	4
28	01.08.2006	2	500	90	49	5,17	121,4	4,3	116,8	11,9	57,7	4,9	148,1	121,4	4,3
29	01.08.2006	2	500	90	40	4,22	121,4	4,3	90,3	6,2	70,9	14,2	152,1	121,4	4,3
30	01.08.2006	2	500	90	40	4,22	122,2	2,4	108,6	15,5	94,9	4	177,9	122,2	2,4
31	01.08.2006	2	500	90	31	3,27	122,2	7,3	104,1	24,3	121,4	3,9	155	122,2	7,3
32	01.08.2006	2	500	90	31	3,27	122,2	6,9	122,2	16,5	86,7	4,7	171,7	122,2	6,9

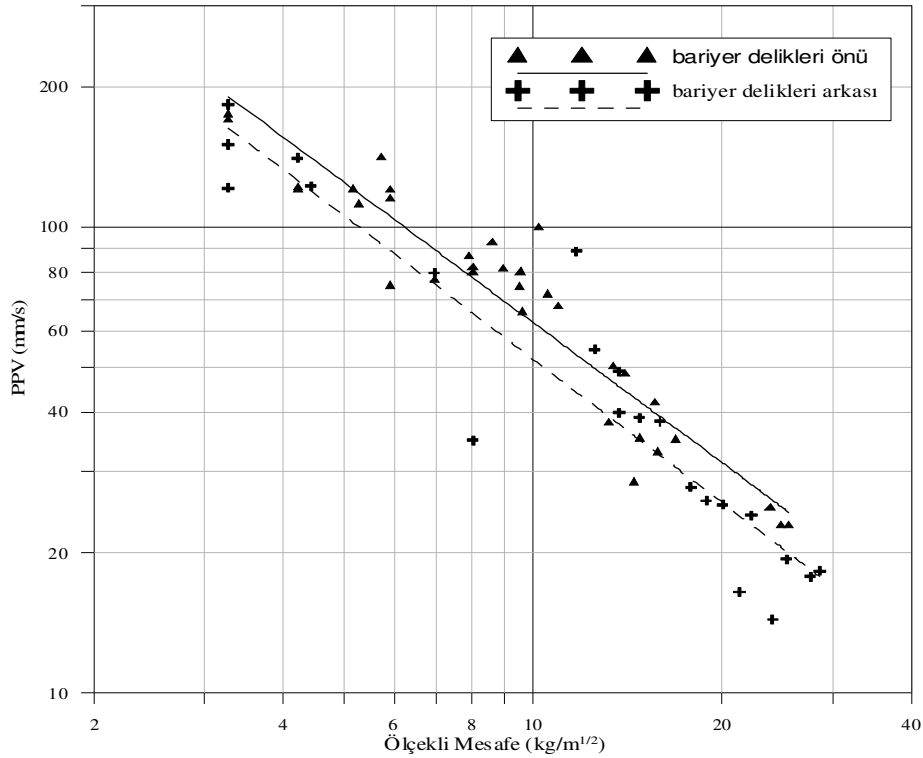
Çizelge4.3. Bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (I. Bölge)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (R)(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	22.06.2006	3	790	90	271	28,57	7,5	4,1	14,6	3,1	18,3	2,9	18,4	18,3	2,9
2	22.06.2006	4	920	90	262	27,62	10,0	4,1	11,3	3,1	17,8	2,7	18,5	17,8	2,7
3	22.06.2006	4	930	100	253	25,30	10,4	4,5	11,6	2,1	19,4	2,4	19,9	19,4	2,4
4	27.06.2006	4	770	90	228	24,03	8,5	4,6	12,1	2,9	14,4	5,7	18,3	14,4	5,7
5	27.06.2006	4	970	90	211	22,24	12,6	4,2	19,9	3,4	24,1	3,4	25,9	24,1	3,4
6	27.06.2006	4	970	90	202	21,29	9,5	4,3	16,5	3,2	15,1	3,0	17,2	16,5	3,2
7	27.06.2006	4	1000	90	179	18,87	20,4	3,8	17,4	2,0	25,9	10,8	32,1	25,9	10,8
8	27.06.2006	4	1000	90	169	17,81	19,3	3,9	22,6	15,3	27,7	3,3	39,5	27,7	3,3
9	30.06.2006	2	500	90	151	15,92	15,7	5,7	31,7	14,1	38,4	11,1	40,8	38,4	11,1
10	30.06.2006	6	1500	90	140	14,76	28,4	11,6	42,8	11,0	59,7	11,0	63,2	59,7	11,0
11	30.06.2006	1	250	90	130	13,70	18,2	8,1	30,0	8,6	40,0	4,4	45,2	40,0	4,4
12	30.06.2006	3	750	90	130	13,70	22,9	9,1	32,0	3,0	49,1	7,7	57,0	49,1	7,7
13	30.06.2006	5	1250	90	119	12,54	23,2	10,0	54,7	6,0	49,1	13,6	60,1	54,7	6,0
14	30.06.2006	3	750	90	111	11,70	34,3	10,2	55,8	16,3	88,8	11,6	98,4	88,8	11,6
15	11.07.2006	2	500	90	76	8,01	18,7	8,8	33,1	4,6	34,9	8,2	43,0	34,9	8,2
16	11.07.2006	2	500	90	66	6,96	40,3	4,0	79,9	10,7	72,3	9,8	85,5	79,9	10,7
17	01.08.2006	2	500	90	42	4,43	123,0	3,5	106,0	13,6	85,6	6,5	138,0	123,0	3,5
18	01.08.2006	2	500	90	40	4,22	69,2	4,2	141,0	10,0	81,5	4,3	142,0	141,0	10,0
19	01.08.2006	2	500	90	31	3,27	64,3	8,6	183,0	21,8	121,0	5,0	185,0	183,0	21,8
20	01.08.2006	2	500	90	31	3,27	97,8	3,1	151,0	10,1	124,0	6,0	177,0	151,0	10,1
21	01.08.2006	2	500	90	31	3,27	5,7	5,6	5,7	7,6	5,0	3,2	8,5	5,7	5,6

Birinci bölgede yapılan ölçümlere ait ölçekli mesafe ve PPV değerleri ile çizilmiş olan grafik Şekil 4.6'da görülmektedir. Bu grafikte, bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler neticesinde elde edilen; ölçekli mesafe ile PPV arasındaki ilişkileri gösteren eşitlikler, bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümlere ait olmak üzere sırasıyla aşağıda verilmiştir(Eşitlik 1,2).

$$PPV = 622.87 \times SD^{(-0.9991)} \quad (R^2 = 0.90) \quad (1)$$

$$PPV = 548.8.3 \times SD^{(-1.0225)} \quad (R^2 = 0.89) \quad (2)$$



Şekil 4.6 Bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümler (I. Bölge)

Yukarıdaki eşitlikler ve Şekil 4.6 incelendiğinde, bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümlere ait eğri daha aşağıda oluşmaktadır. Bu da açıkça bariyer deliklerinin arkasında PPV değerlerinin daha küçük olduğunu göstermektedir.

Eşitlik 1 ve 2'ye göre ölçüm yapılan en düşük mesafe olan 31m için PPV değerlerinin hesaplanması;

$$R=31m, W=90 Kg$$

$SD=R/\sqrt{W}$ formülünde değerler yerine konulursa;

$$SD=31/\sqrt{90}=9,49 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$\text{Bariyer önünde; } PPV=622,87 \times 9,49^{-0.9991}=190,82$$

$$\text{Bariyer arkasında; } PPV=548,83 \times 9,49^{-1.0225}=163,54 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunan bu değerler göre, bariyer arkasındaki PPV değerindeki azalma oranı ise:

$$\frac{(190.82 - 163.54)}{190.82} \times 100 = \% 14,30 \text{ olarak bulunur.}$$

Ölçüm yapılan en uzak mesafe olan, 271m için PPV değerlerinin hesaplanması:

$$SD=271/\sqrt{90}=28,57 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$\text{Bariyer önünde } PPV=622,87 \times 28,57^{-0.9991}=21,86$$

$$\text{Bariyer arkasında } PPV=548,83 \times 28,57^{-1.0225}=17,81 \text{ olarak bulunur.}$$

271 m için bariyer arkasındaki PPV değerindeki azalma oranı ise:

$$\frac{(21.86 - 17.81)}{21,86} \times 100 = \%18.54 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Buna göre, Eşitlik 1 ve 2'ye göre, ölçüm yapılan mesafe aralıklarında (31-271 m) PPV değerlerinde %14,30 ile %18,54 arasındaki oranlarda bir azalma kaydedilmiştir.

4.2.1.2.İkinci bölgede yapılan çalışmalar

Bu çalışma bölgesinde, önceki çalışmaya ilave olarak bazı delikler su ile doldurulmuştur. Bu şekilde suyun parçacık hızı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Toplam 66 adet ölçüm yapılmıştır. Bunların, 22 adedi deliklerin önünden, 19 adedi boş bariyer deliklerinin arkasından ve 25 adedi su dolu bariyer deliklerinin arkasındandır. Bu bölgeye ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da görülmektedir. Patlatma noktası ile ölçüm istasyonu arasındaki mesafe 110 m ile 193 m arasında değişmektedir.

Çizelge 4.4 Bariyer deliklerinin önünden yapılan ölçümler (II. Bölge)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (R)(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı									
							Enine		Düşey		Boyuna		Bileşke	PPV		
							(PPVT)		(PPVV)		(PPVL)		(PVS)			
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz	
1	11.07.2006	2	500	90	183	19,29	22,6	4,7	23,1	3,4	14,2	4,8	24,3	23,1	3,4	
2	11.07.2006	2	500	90	183	19,29	18,1	5,3	19,1	1,6	13,8	4,3	23,0	19,1	1,6	
3	11.07.2006	2	500	90	183	19,29	17,6	4,9	19,1	2,6	18,1	4,0	25,9	19,1	2,6	
4	11.07.2006	2	500	90	183	19,29	12,4	3,9	13,5	3,2	14,4	4,5	18,6	14,4	4,5	
5	14.07.2006	2	500	90	174	18,34	9,3	4,0	17,7	2,5	17,9	3,4	19,3	17,9	3,4	
6	14.07.2006	2	500	90	164	17,29	15,4	4,6	15,4	2,7	19,9	3,1	23,7	19,9	3,1	
7	14.07.2006	2	500	90	174	18,34	20,6	3,3	18,1	2,4	9,0	3,8	22,1	20,6	3,3	
8	14.07.2006	2	500	90	164	17,29	21,1	2,7	16,1	2,6	16,6	3,6	25,4	21,1	2,7	
9	19.07.2006	2	500	90	153	16,13	20,4	4,7	25,9	3,3	21,2	3,9	26,5	25,9	3,3	
10	19.07.2006	2	500	90	153	16,13	21,1	4,8	20,6	3,7	19,1	4,7	24,5	21,1	4,8	
11	19.07.2006	2	500	90	143	15,07	14,7	3,2	24,6	3,0	12,6	5,0	24,9	24,6	3,0	
12	19.07.2006	2	500	90	143	15,07	25,6	2,8	26,1	3,3	28,1	3,6	33,8	28,1	3,6	
13	19.07.2006	2	500	90	133	14,02	13,0	3,2	17,6	2,9	13,0	2,7	21,9	17,6	2,9	
14	19.07.2006	2	500	90	143	15,07	27,0	5,5	23,1	5,6	30,9	6,5	38,4	30,9	6,5	
15	19.07.2006	2	500	90	133	14,02	15,6	5,6	14,2	3,9	9,4	8,0	17,5	15,6	5,6	
16	25.07.2006	3	750	90	122	12,86	19,9	5,2	29,0	6,4	35,8	5,3	37,8	35,8	5,3	
17	25.07.2006	2	500	90	122	12,86	26,3	5,3	22,9	3,1	19,4	3,8	29,5	26,3	5,3	
18	25.07.2006	2	500	90	122	12,86	37,8	6,6	24,3	3,3	17,1	11,9	40,3	37,8	6,6	
19	25.07.2006	2	500	90	112	11,81	23,8	8,9	28,3	3,3	29,3	4,3	40,4	29,3	4,3	
20	25.07.2006	2	500	90	112	11,81	29,0	6,0	32,9	3,6	20,8	4,1	43,9	32,9	3,6	
21	25.07.2006	2	500	90	112	11,81	39,6	3,8	34,8	4,1	17,1	16,0	42,5	39,6	3,8	
22	25.07.2006	1	250	90	112	11,81	33,9	6,0	21,6	8,6	20,1	8,3	38,3	33,9	6,0	

Çizelge 4.5 Bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine		Düşey		Boyuna		Bileşke	PPV	
							(PPVT)		(PPVV)		(PPVL)		(PVS)		
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	11.07.2006	2	500	90	193	20,34	7,2	2,8	12,1	3,1	15,6	4,0	17,1	15,6	4,0
2	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	17,3	4,4	17,1	3,0	18,5	2,9	20,5	18,5	2,9
3	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	15,5	4,5	18,3	2,8	20,7	2,7	21,1	20,7	2,7
4	14.07.2006	2	500	90	163	17,18	12,3	2,6	20,4	2,8	17,8	3,4	23,0	20,4	2,8
5	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	20,1	2,4	12,9	2,5	14,5	4,6	20,5	20,1	2,4
6	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	20,1	3,0	17,6	2,7	19,6	4,1	21,7	20,1	3,0
7	14.07.2006	2	500	90	163	17,18	20,6	3,3	18,1	2,4	9,0	3,8	22,1	20,6	3,3
8	19.07.2006	2	500	90	153	16,13	5,3	2,9	17,7	2,9	13,1	3,7	18,7	17,7	2,9
9	19.07.2006	3	750	90	143	15,07	16,9	6,0	23,4	6,7	24,4	4,1	26,8	24,4	4,1
10	19.07.2006	2	500	90	143	15,07	9,8	8,9	15,7	3,7	12,6	4,3	16,1	15,7	3,7
11	19.07.2006	2	500	90	143	15,07	23,1	3,9	22,2	3,5	16,1	2,5	32,1	23,1	3,9
12	25.07.2006	2	500	90	120	12,65	13,0	5,8	30,6	3,1	24,5	3,5	36,8	30,6	3,1
13	25.07.2006	1	250	90	120	12,65	13,7	7,4	17,5	6,2	26,5	6,0	29,6	26,5	6,0
14	25.07.2006	1	250	90	120	12,65	16,4	5,6	19,9	6,4	36,2	5,1	38,9	36,2	5,1
15	25.07.2006	2	500	90	110	11,60	26,4	5,2	30,6	6,3	33,7	5,6	39,9	33,7	5,6
16	25.07.2006	2	500	90	110	11,60	23,4	5,8	32,6	3,3	31,7	3,6	40,3	32,6	3,3
17	25.07.2006	1	250	90	120	12,65	21,3	4,4	22,4	5,5	23,6	7,4	31,3	23,6	7,4
18	25.07.2006	2	500	90	110	11,60	37,8	5,2	30,0	7,6	31,9	4,9	42,7	37,8	5,2
19	25.07.2006	2	500	90	110	11,60	34,9	4,8	35,8	3,7	28,1	4,7	41,8	35,8	3,7

Çizelge 4.6. Su dolu bariyer deliklerinin arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	11.07.2006	2	500	90	193	20,34	11,6	7,0	23,4	3,6	20,6	2,3	25,4	23,4	3,6
2	11.07.2006	2	500	90	193	20,34	10,3	8,6	18,4	3,8	6,6	5,1	20,8	18,4	3,8
3	11.07.2006	2	500	90	193	20,34	13,1	4,3	19,4	3,5	17,5	3,6	22,1	19,4	3,5
4	14.07.2006	2	500	90	193	20,34	12,7	4,3	13,3	2,2	13,3	2,8	17,0	13,3	2,2
5	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	11,9	4,3	11,7	2,3	14,1	2,9	16,8	14,1	2,9
6	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	14,6	4,3	13,0	2,2	18,9	3,0	19,7	18,9	3,0
7	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	7,8	5,4	12,6	3,1	16,9	2,9	18,3	16,9	2,9
8	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	9,5	6,4	12,1	3,1	16,0	3,1	18,5	16,0	3,1
9	14.07.2006	2	500	90	163	17,18	12,1	4,3	23,5	3,2	21,3	4,2	24,6	23,5	3,2
10	14.07.2006	2	500	90	193	20,34	18,6	2,9	19,6	2,7	16,1	4,0	186,3	19,6	2,7
11	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	17,6	2,9	14,0	3,3	11,2	4,0	18,7	17,6	2,9
12	14.07.2006	2	500	90	183	19,29	17,6	2,7	13,0	3,3	10,4	3,2	20,0	17,6	2,7
13	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	26,1	3,3	23,6	3,2	13,5	3,7	29,5	26,1	3,3
14	14.07.2006	2	500	90	173	18,24	19,1	3,2	20,1	2,4	15,6	5,2	23,2	20,1	2,4
15	14.07.2006	2	500	90	163	17,18	20,1	3,0	17,6	2,7	19,6	4,1	21,7	20,1	3,0
16	19.7.2006	2	500	90	163	17,18	17,0	4,2	29,7	3,6	20,1	3,6	30,3	29,7	3,6
17	19.7.2006	2	500	90	153	16,13	21,5	5,4	20,3	4,0	18,9	4,0	22,1	21,5	5,4
18	19.7.2006	2	500	90	153	16,13	7,0	5,3	20,4	3,2	18,2	3,2	20,8	20,4	3,2
19	19.7.2006	2	500	90	143	15,07	21,7	4,8	29,1	3,4	19,2	2,9	30,2	29,1	3,4
20	19.7.2006	2	500	90	163	17,18	24,1	3,0	23,1	3,2	22,6	4,6	26,2	24,1	3,0
21	25.07.2006	3	750	90	130	13,70	32,4	5,6	22,7	11,0	21,2	5,4	35,5	32,4	5,6
22	25.07.2006	2	500	90	130	13,70	21,3	7,1	26,4	3,2	19,8	3,9	31,0	26,4	3,2
23	25.07.2006	2	500	90	130	13,70	14,1	10,1	19,0	2,9	25,3	3,8	27,5	25,3	3,8
24	25.07.2006	2	500	90	120	12,65	33,9	4,1	25	2,8	20,8	5,2	39,6	33,9	4,1
25	25.07.2006	2	500	90	120	12,65	20,6	4,4	27,2	3,5	20,8	3,6	35,3	27,2	3,5

Bu ölçümlerin değerlendirilmesi ile çizilen grafik Şekil 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.7, üç ölçüm istasyonundan alınan değerlerin ayrı ayrı sınıflandırılıp değerlendirilmesi ile oluşan PPV ile ölçekli mesafe arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi, bariyer deliklerinin boş ve su dolu olması durumunda, PPV değerlerinde ciddi bir farklılık oluşmamaktadır. Ancak bariyer deliklerinin önünden ve arkasından ölçülen PPV değerleri arasında bir fark göze çarpmaktadır. Değerlendirmeler neticesinde aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir.

Bariyer deliklerinin önünde yapılan ölçümler;

$$PPV = 712,47 \times SD^{(-1,2135)} \quad (R^2 = 0,80) \quad (3)$$

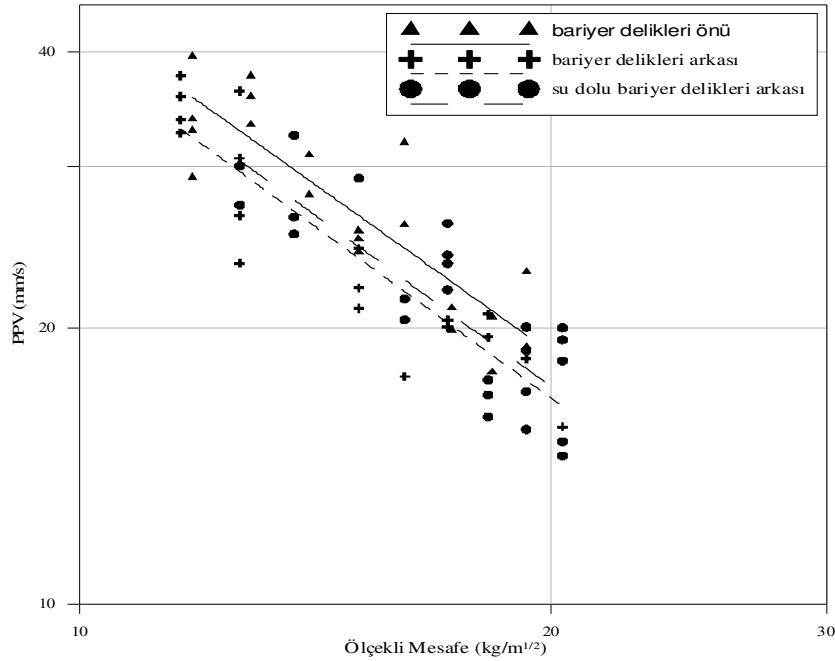
Boş bariyer deliklerinin arkasında yapılan ölçümler;

$$PPV = 682,28 \times SD^{(-1,2368)} \quad (R^2 = 0,83) \quad (4)$$

Su dolu bariyer deliklerinin arkasında yapılan ölçümler;

$$PPV = 701,71 \times SD^{(-1,2366)} \quad (R^2 = 0,70) \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemler göz önüne alınarak yapılan değerlendirme neticesinde; patlatma noktası ile ölçüm istasyonu arasındaki değişik mesafelerde (110-193 m), PPV değerlerinde boş bariyer deliklerinin arkasında %9,5 ile %10,7 arasında, su dolu bariyer deliklerinin arkasında %6,9 ile %8,1 arasında bir azalma olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7 Bariyer deliklerinin önünden ve arkasından yapılan ölçümler (II. Bölge)

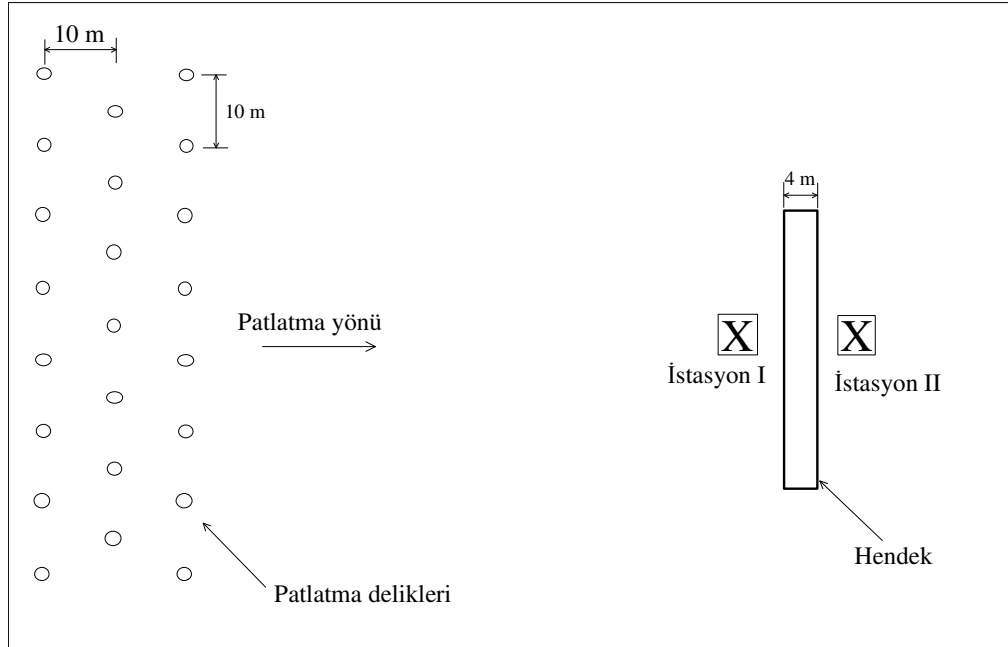
4.3.Hendek Yöntemi İle Yer Sarsıntısının Engellenmesi

Hendek çalışması kapsamında, patlatma çalışmalarının başlayacağı bölgenin tersi yönde yaklaşık 340 m mesafede, 8 m derinliğinde, 25m uzunluğunda ve 4m genişliğinde bir hendek açılmıştır (Şekil 4.8). Bu sayede patlatma bölgesi ile ölçüm noktası arasında yapay bir süreksizlik oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma süresince 77 adet patlatmaya ait toplam 149 adet yersarsıntısı ölçümü yapılmıştır (Çizelge 4.7). Her patlatma için hendek önünde ve hendek arkasında olmak üzere iki noktadan ölçüm alınmıştır (Şekil 4.9). Bu ölçümlerden 78 adedi hendek önünde, 71 adedi de hendek arkasında gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, hendeğin yersarsıntısına olan etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 4.8 Patlatma bölgesi ile ölçüm noktası arasına açılan hendek

Ölçümlerde birbirleri ile korele edilen iki adet cihaz kullanılmıştır (Instantel mini mate plus, White mini seis II). Ölçüm mesafesi 300 m ile 38 m arasında değişmektedir. Hendeğe 38 m kalıncaya kadar panodaki tüm patlatmalarda yersarsıntısı ölçümü yapılmıştır.



Şekil 4.9 Ölçüm istasyonları ve hendek

Çizelge 4.7 Hendek önünden yapılan ölçümler

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine		Düşey		Boyuna		Bileşke	PPV	
							(PPVT)		(PPVV)		(PPVL)		(PVS)		
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	06.09.2006	3	750	90	277	29,2	14,5	5,0	15,0	3,6	6,2	3,1	16,8	15,0	3,6
2	06.09.2006	3	750	90	279	29,4	21,1	4,0	12,5	2,6	8,3	6,4	22,0	21,1	4,0
3	06.09.2006	3	750	90	283	29,8	9,9	4,7	18,0	3,6	22,2	5,1	24,6	22,2	5,1
4	06.09.2006	3	750	90	246	25,9	15,1	4,3	13,2	2,9	23,5	4,9	23,9	23,5	4,9
5	06.09.2006	3	750	90	264	27,8	5,6	3,9	13,1	3,2	18,3	3,8	18,4	18,3	3,8
6	06.09.2006	3	750	90	266	28,0	6,1	8,9	12,7	5,6	20,3	4,5	21,4	20,3	4,5
7	06.09.2006	3	750	90	270	28,5	24,1	5,6	17,6	4,0	8,3	5,6	24,8	24,1	5,6
8	06.09.2006	3	750	90	255	11,4	18,6	4,2	12,5	2,6	6,2	5,6	19,4	18,6	4,2
9	06.09.2006	3	750	90	257	9,4	19,6	4,6	14,0	12,4	7,8	4,7	19,7	19,6	4,6
10	06.09.2006	3	750	90	257	27,1	8,3	5,1	13,7	2,8	19,9	4,3	20,2	19,9	4,3
11	26.09.2006	2	500	90	251	26,5	33,9	5,3	15,1	4,0	9,9	5,6	34,3	33,9	5,3
12	26.09.2006	3	750	90	256	27,0	21,6	4,6	16,1	4,7	7,3	5,0	22,4	21,6	4,6
13	26.09.2006	2	500	90	241	25,4	30,9	5,5	12,0	2,5	9,4	5,0	31,7	30,9	5,5
14	26.09.2006	3	750	90	246	25,9	7,5	5,0	11,3	4,9	17,8	5,6	19,6	17,8	5,6
15	26.09.2006	3	750	90	249	26,2	8,4	5,0	19,8	4,5	18,9	4,2	21,7	18,9	4,2
16	26.09.2006	3	750	90	231	24,3	5,3	8,6	13,8	3,7	25,4	4,7	28,1	25,4	4,7
17	26.09.2006	3	750	90	236	24,9	9,3	5,7	20,4	4,2	32,9	5,1	34,3	32,9	5,1
18	26.09.2006	3	750	90	239	25,2	7,8	5,3	17,5	4,3	26,0	5,2	28,5	26,0	5,2
19	26.09.2006	3	750	90	239	25,2	25,1	5,3	16,6	4,4	8,9	7,3	26,1	25,1	5,3
20	27.06.2006	3	750	90	210	22,1	8,6	8,2	17,4	4,4	22,5	4,6	28,4	22,5	4,6
21	27.06.2006	4	1000	90	213	22,5	13,2	7,3	14,4	2,5	21,6	5,7	23,0	21,6	5,7
22	27.06.2006	3	750	90	227	23,9	9,4	6,1	18,0	4,4	34,3	5,5	35,7	34,3	5,5
23	27.06.2006	3	750	90	216	22,8	29,0	5,5	17,1	3,9	13,5	6,7	30,8	29,0	5,5
24	27.06.2006	2	500	90	190	20,0	32,9	4,9	23,6	5,2	17,1	6,5	37,5	32,9	4,9
25	27.06.2006	3	750	90	201	21,2	21,1	4,3	19,1	4,2	11,5	4,8	26,1	21,1	4,3
26	27.06.2006	3	750	90	204	21,5	25,1	5,2	19,6	4,6	16,1	4,6	30,2	25,1	5,2

Çizelge 4.7. Hendek önünden yapılan ölçümler(devam)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine		Düşey		Boyuna		Bileşke (PVS)	PPV	
							(PPVT)		(PPVV)		(PPVL)			mm/s	mm/s
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz			
27	27.06.2006	3	750	90	207	21,8	32,4	5,8	20,1	4,0	15,1	4,1	37,2	32,4	5,8
28	27.06.2006	3	750	90	207	21,8	10,5	3,4	18,0	4,0	36,8	5,4	39,6	36,8	5,4
29	27.06.2006	3	750	90	191	20,1	14,2	6,3	25,0	3,8	37,6	5,4	45,3	37,6	5,4
30	27.06.2006	3	750	90	194	20,4	15,2	5,7	20,8	4,2	31,0	5,4	38,0	31,0	5,4
31	02.10.2006	3	750	90	167	17,6	14,7	3,7	21,7	4,5	38,4	5,5	40,7	38,4	5,5
32	02.10.2006	3	750	90	155	16,3	11,0	4,7	22,5	4,3	24,3	2,7	25,4	24,3	2,7
33	02.10.2006	3	750	90	157	16,5	16,8	4,5	22,9	4,2	30,5	6,0	31,9	30,5	6,0
34	02.10.2006	2	500	90	159	16,8	9,7	3,8	14,9	4,5	33,8	5,6	34,1	33,8	5,6
35	02.10.2006	3	750	90	140	14,8	32,9	4,6	24,6	4,8	14,0	4,3	36,8	32,9	4,6
36	02.10.2006	3	750	90	141	14,9	25,6	4,2	18,6	3,6	14,0	3,9	26,1	25,6	4,2
37	02.10.2006	3	750	90	142	15,0	33,9	4,4	27,0	3,5	17,6	3,2	35,4	33,9	4,4
38	02.10.2006	4	1000	90	176	18,6	26,6	6,0	21,1	3,8	21,1	4,5	35,7	26,6	6,0
39	02.10.2006	3	750	90	164	17,3	18,1	3,4	19,1	3,8	14,5	7,3	24,7	19,1	3,8
40	02.10.2006	2	500	90	159	16,8	34,4	5,6	17,1	4,4	14,5	4,4	36,3	34,4	5,6
41	02.10.2006	3	750	90	144	15,2	39,7	4,3	25,1	4,6	22,6	5,6	40,0	39,7	4,3
42	06.10.2006	2	500	90	135	14,2	21,5	7,8	32,0	13,0	39,0	4,9	39,5	39,0	4,9
43	06.10.2007	2	500	90	137	14,4	15,4	5,8	42,8	5,1	46,0	5,9	46,5	46,0	5,9
44	06.10.2008	2	500	90	125	13,2	25,0	6,4	33,8	10,8	84,1	6,0	85,7	84,1	6,0
45	06.10.2009	2	500	90	127	13,4	16,6	6,9	28,2	4,2	44,7	5,3	47,8	44,7	5,3
46	06.10.2010	2	500	90	115	12,1	25,1	6,1	36,1	5,3	71,9	6,3	71,9	71,9	6,3
47	06.10.2011	2	500	90	117	12,3	22,0	5,9	32,9	4,7	91,8	6,0	92,0	91,8	6,0
48	06.10.2011	2	500	90	141	14,9	32,4	6,0	22,1	5,2	12,0	4,7	33,5	32,4	6,0
49	06.10.2011	1	250	90	143	15,1	29,0	5,9	15,6	4,8	10,9	5,3	30,5	29,0	5,9
50	06.10.2011	2	500	90	129	13,6	40,2	4,6	29,5	5,1	16,1	5,3	40,4	40,2	4,6
51	06.10.2011	2	500	90	131	13,8	37,8	6,4	31,9	5,6	12,0	6,3	40,1	37,8	6,4
52	06.10.2011	2	500	90	133	14,0	35,8	5,7	24,6	4,7	16,1	5,6	40,4	35,8	5,7

Çizelge 4.7. Hendek önünden yapılan ölçümler(devam)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı(Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi(m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
53	16.10.2006	3	750	90	98	10,3	32,4	5,1	48,5	15,5	64,1	5,4	71,2	64,1	5,4
54	16.10.2006	3	750	90	107	11,3	41,7	4,9	33,5	4,3	46,7	4,8	62,0	46,7	4,8
55	16.10.2006	3	750	90	102	10,8	55,2	5,0	34,7	4,1	60,5	5,0	80,2	60,5	5,0
56	16.10.2006	3	750	90	100	10,5	73,7	4,8	44,8	3,9	78,7	5,2	103,0	78,7	5,2
57	16.10.2006	3	750	90	82	8,6	38,5	7,9	72,3	6,0	115,0	4,9	116,0	115,0	4,9
58	16.10.2006	2	500	90	72	7,6	43,7	6,4	65,8	11,0	105,0	4,9	112,0	105,0	4,9
59	16.10.2006	3	750	90	90	9,5	107,5	5,0	39,7	5,9	57,8	5,8	109,8	107,5	5,0
60	16.10.2006	3	750	90	95	10,0	111,4	5,2	37,3	3,8	48,3	5,1	115,0	111,4	5,2
61	16.10.2006	3	750	90	110	11,6	89,4	5,4	39,2	9,6	52,1	5,9	102,3	89,4	5,4
62	16.10.2006	3	750	90	125	13,2	55,0	4,8	28,1	4,8	50,7	5,0	73,3	55,0	4,8
63	16.10.2006	3	750	90	82	8,6	118,6	4,8	67,2	14,2	29,0	5,2	120,2	118,6	4,8
64	16.10.2006	4	1000	90	97	10,2	118,6	4,7	50,2	6,3	67,2	5,5	130,5	118,6	4,7
65	16.10.2006	3	750	90	117	12,3	43,0	4,7	22,7	4,2	47,8	5,4	60,8	47,8	5,4
66	17.10.2006	3	750	90	51	5,4	107,7	6,4	134,8	14,6	42,6	6,4	152,0	134,8	14,6
67	17.10.2006	3	750	90	38	4,0	159,9	6,0	147,4	9,8	65,3	9,1	184,3	159,9	6,0
68	17.10.2006	3	750	90	45	4,7	205,8	3,6	228,5	15,0	105,9	4,0	269,2	228,5	15,0
69	17.10.2006	3	750	90	100	10,5	45,0	4,6	43,6	4,8	56,8	5,0	71,3	56,8	5,0
70	17.10.2006	3	750	90	83	8,7	42,1	4,7	38,3	13,1	46,0	4,6	49,8	46,0	4,6
71	17.10.2006	3	750	90	78	8,2	56,8	4,7	53,5	7,7	48,8	6,4	68,3	56,8	4,7
72	17.10.2006	3	750	90	90	9,5	80,2	4,7	40,2	5,7	44,5	4,9	93,2	80,2	4,7
73	17.10.2006	3	750	90	73	7,7	70,9	5,4	69,0	8,9	56,4	5,8	89,2	70,9	5,4
74	17.10.2006	3	750	90	68	7,2	61,5	4,4	67,2	14,6	39,7	6,5	82,2	67,2	14,6
75	17.10.2006	4	1000	90	70	7,4	65,3	5,8	59,7	8,3	43,1	7,7	75,2	65,3	5,8
76	17.10.2006	3	750	90	66	7,0	70,9	5,3	63,5	13,4	30,4	10,4	83,4	70,9	5,3
77	17.10.2006	3	750	90	56	5,9	109,5	5,5	85,7	12,8	55,9	6,8	114,3	109,5	5,5
78	17.10.2006	3	750	90	53	5,6	136,6	4,4	147,4	17,0	74,6	6,9	158,6	147,4	17,0

Çizelge 4.8. Hendek arkasından yapılan ölçümler

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı (Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	mm/s	Hz
1	06.09.06	3	750	90	293	30,9	5,6	3,0	17,4	2,7	14,1	3,6	17,4	17,4	2,7
2	06.09.06	3	750	90	283	29,8	9,1	3,0	18,0	2,6	14,5	3,9	18,4	18,0	2,6
3	06.09.06	3	750	90	286	30,1	6,5	2,6	15,7	3,6	14,0	3,8	16,8	15,7	3,6
4	06.09.06	3	750	90	271	28,6	5,2	3,7	15,5	2,8	11,9	4,3	16,2	15,5	2,8
5	06.09.06	3	750	90	277	29,2	7,1	4,4	13,2	3,3	12,7	3,2	17,1	13,2	3,3
6	06.09.06	3	750	90	299	31,5	14,5	3,4	16,6	3,7	8,9	2,9	17,7	16,6	3,7
7	06.09.06	3	750	90	262	27,6	13,5	4,2	11,5	3,0	12,0	2,5	16,8	13,5	4,2
8	06.09.06	3	750	90	280	29,5	13,5	3,4	14,0	2,9	6,5	4,4	14,4	14,0	2,9
9	06.09.06	3	750	90	282	29,7	14,5	3,6	13,0	3,5	7,0	3,3	16,4	14,5	3,6
10	06.09.06	3	750	90	277	29,2	13,0	3,3	12,5	3,8	9,4	5,2	16,3	13,0	3,3
11	26.09.06	2	500	90	267	28,1	7,2	4,7	10,7	3,0	13,2	3,5	15,0	13,2	3,5
12	26.09.06	3	750	90	272	28,7	5,2	4,9	9,9	3,2	14,5	4,1	16,5	14,5	4,1
13	26.09.06	2	500	90	257	27,1	6,0	3,7	9,8	2,5	13,2	3,8	13,7	13,2	3,8
14	26.09.06	3	750	90	262	27,6	16,1	3,2	8,9	2,4	7,3	3,6	16,8	16,1	3,2
15	26.09.06	3	750	90	265	27,9	16,1	4,2	17,6	3,7	5,1	4,9	21,7	17,6	3,7
16	26.09.06	3	750	90	247	26,0	16,5	4,2	12,5	2,9	4,1	4,8	17,6	16,5	4,2
17	26.09.06	3	750	90	252	26,6	23,6	4,4	20,1	3,9	5,7	3,4	26,8	23,6	4,4
18	26.09.06	3	750	90	237	25,0	15,6	4,1	14,0	3,2	5,7	3,7	16,1	15,6	4,1
19	26.09.06	3	750	90	237	25,0	3,3	2,7	13,3	6,4	14,9	4,2	18,6	14,9	4,2
20	27.09.06	3	750	90	232	24,5	8,5	4,0	18,7	3,8	17,7	3,7	23,0	18,7	3,8
21	27.09.06	2	500	90	206	21,7	6,4	2,9	13,2	2,8	19,6	4,3	21,1	19,6	4,3
22	27.09.06	3	750	90	217	22,9	6,9	4,1	14,7	4,2	22,9	4,6	24,5	22,9	4,6
23	27.09.06	3	750	90	220	23,2	6,9	4,1	21,0	3,9	19,4	4,5	25,7	21,0	3,9
24	27.09.06	3	750	90	226	23,8	19,6	4,3	13,5	2,6	6,8	3,2	21,1	19,6	4,3
25	27.09.06	4	1000	90	229	24,1	23,1	5,5	19,6	2,7	7,3	3,2	28,9	23,1	5,5
26	27.09.06	3	750	90	243	25,6	16,5	4,3	17,6	4,0	7,3	3,3	22,9	16,5	4,3

Çizelge 4.8. Hendek arkasından yapılan ölçümler(devam)

Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı (Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/sn	mm/sn	Hz
27	27.09.06	3	750	90	207	21,8	24,6	4,3	23,1	3,0	11,5	3,7	32,5	24,6	4,3
28	27.09.06	3	750	90	210	22,1	23,6	4,7	26,1	4,5	12,0	4,2	30,1	26,1	4,5
29	02.10.06	3	750	90	156	16,4	8,9	8,8	22,1	10,0	21,8	3,6	24,1	22,1	10,0
30	02.10.06	3	750	90	157	16,5	7,5	2,9	18,2	10,4	20,4	3,3	20,7	20,4	3,3
31	02.10.06	3	750	90	158	16,7	13,7	3,5	23,1	10,1	22,2	2,7	26,0	23,1	10,1
32	02.10.06	4	1000	90	192	20,2	12,8	3,9	21,5	3,9	19,2	5,1	24,8	21,5	3,9
33	02.10.06	3	750	90	180	19,0	6,5	3,8	13,3	3,8	14,1	4,3	16,7	14,1	4,3
34	02.10.06	3	750	90	160	16,9	10,0	5,6	22,1	4,1	20,4	3,1	28,0	22,1	4,1
35	02.10.06	3	750	90	183	19,3	15,1	4,1	25,0	4,5	18,1	3,7	28,6	25,0	4,5
36	02.10.06	3	750	90	171	18,0	15,1	3,2	22,1	3,7	9,4	4,0	24,9	22,1	3,7
37	02.10.06	3	750	90	173	18,2	15,6	3,8	20,6	4,0	10,4	4,1	22,6	20,6	4,0
38	06.10.06	2	500	90	151	15,9	28,0	5,8	32,4	11,3	16,1	11,3	36,3	32,4	11,3
39	06.10.06	2	500	90	153	16,1	27,5	5,4	27,0	4,1	9,4	9,3	35,6	27,5	5,4
40	06.10.06	2	500	90	141	14,9	39,2	4,4	28,5	6,2	14,0	8,6	39,7	39,2	4,4
41	06.10.06	2	500	90	143	15,1	24,6	4,1	24,6	4,0	13,0	6,3	29,3	24,6	4,1
42	06.10.06	2	500	90	131	13,8	40,2	4,5	32,9	6,4	15,1	8,2	41,6	40,2	4,5
43	06.10.06	2	500	90	133	14,0	36,3	4,6	28,1	5,0	14,0	4,3	42,5	36,3	4,6
44	06.10.06	2	500	90	157	16,5	9,2	3,4	11,2	6,4	13,0	5,2	16,6	13,0	5,2
45	06.10.06	1	250	90	159	16,8	8,3	4,4	12,1	4,0	10,2	4,7	13,9	12,1	4,0
46	06.10.06	2	500	90	145	15,3	11,9	4,1	24,9	4,0	25,0	5,3	34,7	25,0	5,3
47	06.10.06	2	500	90	147	15,5	11,7	3,9	19,8	3,5	24,1	5,2	31,5	24,1	5,2
48	06.10.06	2	500	90	149	15,7	10,8	N/A	17,3	N/A	17,8	5,3	21,9	17,8	5,3
49	16.10.06	3	750	90	118	12,4	25,1	4,2	20,1	14,2	12,7	4,3	26,5	25,1	4,2
50	16.10.06	3	750	90	127	13,4	24,1	4,8	21,6	4,5	25,1	4,1	34,4	25,1	4,1

Çizelge 4.8. Hendek arkasından yapılan ölçümler(devam)

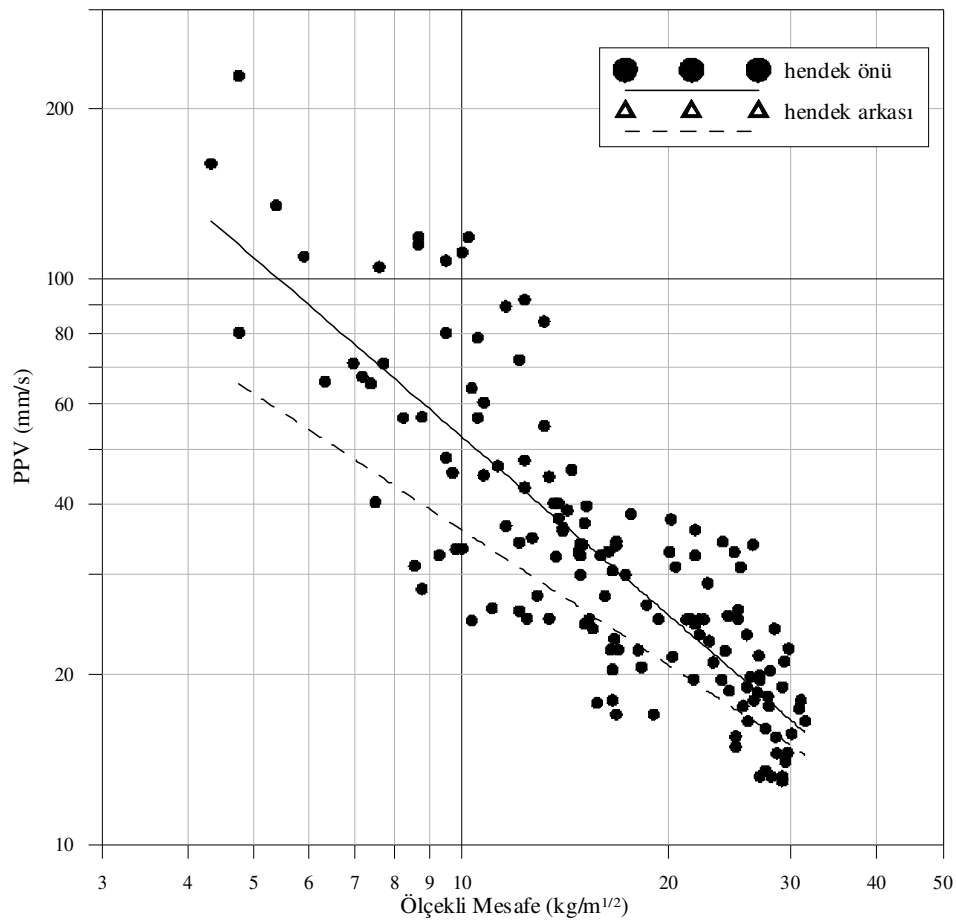
Atım No	Tarih	Delik Sayısı	Toplam patlayıcı miktarı (Kg)	Gecikme Başına Max Patlayıcı (W)(kg)	Ölçüm Mesafesi (m)	Ölçekli Mesafe R/\sqrt{W}	Parçacık Hızı Ve Frekansı								
							Enine (PPVT)		Düşey (PPVV)		Boyuna (PPVL)		Bileşke (PVS)	PPV	
							mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/s	Hz	mm/sn	mm/sn	Hz
51	16.10.06	3	750	90	122	12,9	19,6	3,7	21,1	5,9	27,6	4,3	33,1	27,6	4,3
52	16.10.06	3	750	90	120	12,6	27,5	3,7	28,0	4,2	34,9	3,9	45,3	34,9	3,9
53	16.10.06	3	750	90	90	9,5	48,3	4,8	36,3	7,2	22,6	5,5	54,1	48,3	4,8
54	16.10.06	3	750	90	92	9,7	45,4	4,9	35,8	8,5	15,6	4,7	45,6	45,4	4,9
55	16.10.06	3	750	90	110	11,6	21,0	4,9	25,4	8,3	36,6	4,9	41,8	36,6	4,9
56	16.10.06	3	750	90	115	12,1	23,0	3,6	25,0	6,7	34,2	4,0	36,7	34,2	4,0
57	16.10.06	3	750	90	130	13,7	19,2	3,9	23,4	5,0	32,3	4,7	41,3	32,3	4,7
58	16.10.06	3	750	90	102	10,8	20,2	4,1	38,1	14,8	57,8	5,4	59,2	57,8	5,4
59	16.10.06	4	1000	90	117	12,3	27,9	4,1	37,0	6,4	42,8	3,3	51,5	42,8	3,3
60	16.10.06	3	750	90	137	14,4	14,6	4,1	17,1	6,3	21,1	4,5	28,5	21,1	4,5
61	17.10.06	3	750	90	60	6,3	35,4	17,4	65,9	15,3	53,6	4,9	79,4	65,9	15,3
62	17.10.06	3	750	90	45	4,7	33,5	8,2	80,4	9,2	63,6	8,0	97,4	80,4	9,2
63	17.10.06	3	750	90	115	12,1	17,8	4,9	25,8	3,8	25,9	4,9	32,8	25,9	4,9
64	17.10.06	3	750	90	98	10,3	19,0	5,2	24,9	8,9	22,6	4,7	25,3	24,9	8,9
65	17.10.06	3	750	90	93	9,8	25,4	18,6	33,3	15,1	30,0	4,2	34,9	33,3	15,1
66	17.10.06	3	750	90	105	11,1	13,2	6,4	17,5	2,8	26,2	4,4	28,6	26,2	4,4
67	17.10.06	3	750	90	88	9,3	23,4	7,7	32,5	8,4	31,5	5,6	34,4	32,5	8,4
68	17.10.06	3	750	90	83	8,7	21,3	12,0	20,2	12,5	28,3	4,9	29,2	28,3	4,9
69	17.10.06	3	750	90	95	10,0	16,6	9,8	33,4	10,9	28,2	8,0	33,7	33,4	10,9
70	17.10.06	4	1000	90	81	8,5	14,0	4,1	26,8	11,0	31,1	4,9	35,1	31,1	4,9
71	17.10.06	3	750	90	71	7,5	20,4	7,8	40,3	9,5	35,7	7,9	40,5	40,3	9,5

4.3.1. Hendek ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

Şekil 4.10.'da PPV ve ölçekli mesafe değerlerine göre çizilmiş grafikler görülmektedir. Bu grafikte hendek önünden ve arkasından alınan değerler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler neticesinde elde edilen; ölçekli mesafe ile PPV arasındaki ilişkiler ve korelasyon katsayıları, hendek önü ve arkası için sırasıyla aşağıda verilmiştir(Eşitlik 6,7).

$$PPV = 850.87 SD^{-1.1036} r^2 = 0.85 \quad (6)$$

$$PPV = 240.11 SD^{-0.8194} r^2 = 0.81 \quad (7)$$



Şekil 4.10. Hendek önü ve arkasından yapılan ölçümler için ölçekli mesafe-PPV grafikleri.

Bu grafiklerden, korelasyon katsayıları hendek önünden yapılan ölçümler için 0,85, hendek arkasından yapılan ölçümler için ise 0,81 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.10 incelendiğinde, hendeğin arkasından yapılan ölçümlere ait doğru daha düşük PPV değerlerinde oluşmaktadır. Buda hendeğin yersarsıntısını belli oranda azalttığını göstermektedir.

Eşitlik 6 ve 7'ye göre, ölçüm yapılan en düşük mesafe olan 38 m için PPV değerlerinin hesaplanması;

$$R=38\text{m}, W=90 \text{ Kg}$$

$SD=R/\sqrt{W}$ formülünde değerler yerine konulursa;

$$SD=38/\sqrt{90}=4,00 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$\text{Bariyer önünde; } PPV=850,87 \times 4^{-1,1036}=184,26$$

$$\text{Bariyer arkasında; } PPV=240,11 \times 4^{-0,8194}=77,10 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunan bu değerler göre, bariyer arkasındaki PPV değerindeki azalma oranı ise:

$$\frac{(184,26 - 77,10)}{184,26} \times 100 = \% 58,12 \text{ olarak bulunur.}$$

Ölçüm yapılan en uzak mesafe olan, 299 m için PPV değerlerinin hesaplanması:

$$SD=299/\sqrt{90}=31,51 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$\text{Bariyer önünde } PPV=850,87 \times 31,51^{-1,1036}=18,89$$

$$\text{Bariyer arkasında } PPV=240,11 \times 31,51^{-0,8194}=14,21 \text{ olarak bulunur.}$$

299 m için bariyer arkasındaki PPV değerindeki azalma oranı ise:

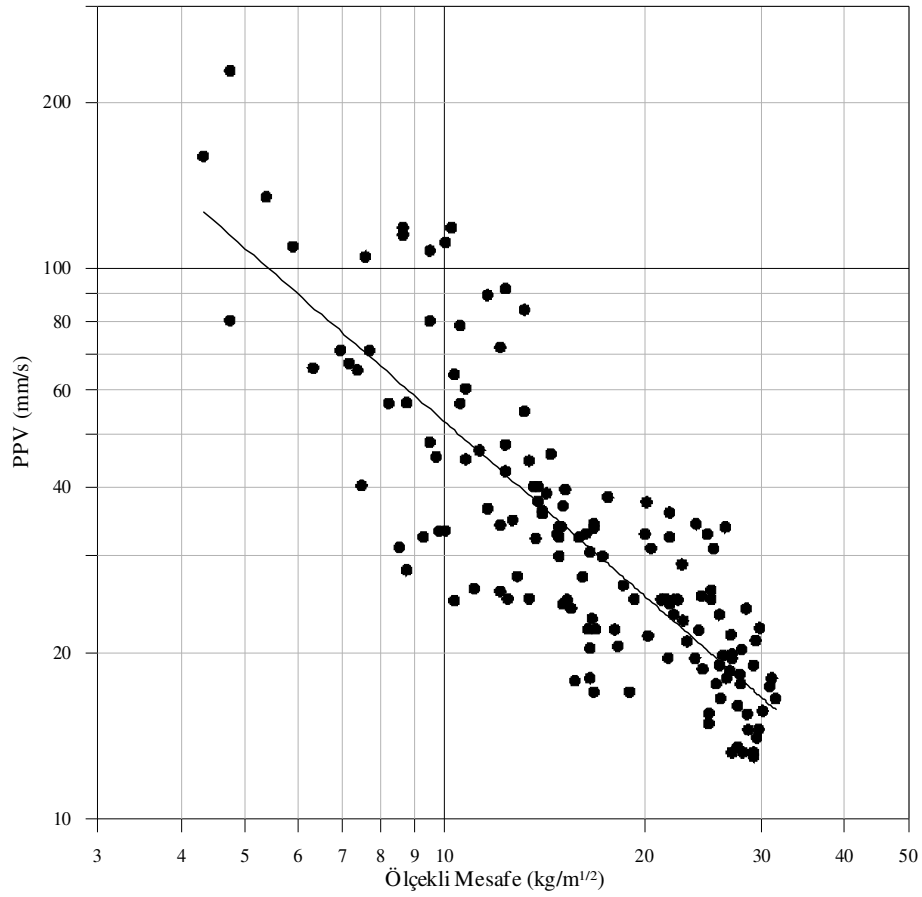
$$\frac{(18,89 - 14,21)}{18,89} \times 100 = \%24,77 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Sonuç olarak eşitlik 6 ve 7 ye göre ölçüm yapılan mesafe aralıklarında (38-299m) hendeğin arkasında, PPV değerlerinde %24,76 ile %58,12 arasındaki oranlarda bir azalma kaydedilmiştir.

Şekil 4.11.'da hendek önünden ve arkasından yapılan ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen grafik görülmektedir. Bu grafikten elde edilen eşitlik ve korelasyon katsayısı aşağıda verilmiştir(Eşitlik 8).

$$PPV = 558,77 SD^{-1.0346} \quad r^2 = 0,67 \quad (8)$$

Görüldüğü gibi korelasyon katsayısı 0,67 olarak belirlenmiştir. Bu değer hendeğin önünden ve arkasından yapılan ölçümlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi ile elde edilen korelasyon katsayılarından oldukça düşüktür.



Şekil 4.11. Tüm değerlerin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen PPV-Ölçekli mesafe grafiği.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısı problemi, madencilik sektörünün önündeki en önemli sorunlardan biri olmaya devam etmektedir. Bu sorunun aşılması için birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir.

Bu çalışmada, yersarsıntısının azaltılması için ilk olarak patlatma noktası ile ölçüm istasyonu arasına delikler delinerek, yapay bir süreksizlik oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla aynı pano içerisinde iki ayrı bölgede, toplam 119 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bunların, 54 adedi oluşturulan bariyer deliklerinin ön kısmından, 65 adedi de bariyer deliklerinin arka kısmından gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu, ölçekli mesafe-PPV ilişkisini gösteren grafikler çizilmiştir (Şekil 4.6, 4.7). Grafiklerden açıkça görüldüğü gibi, bariyer delikleri yersarsıntısını belli oranda azaltmaktadır. Bariyer deliklerinin boş ve su ile dolu olması durumları arasında ise ciddi bir fark görülmemektedir. İki bölge için ve ölçüm cihazının yerleştirildiği bölgelere göre verilerin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu elde edilen eşitlikler ve regresyon katsayıları eşitlik 1,2,3,4 ve 5’de verilmiştir. Görüldüğü gibi, regresyon analizleri sonucu oldukça yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir. Bu eşitliklere göre, I. bölge için PPV değerlerinde bariyer deliklerinin arkasında; %13,14-%16,22 arasında bir azalma meydana gelmektedir. II. bölge de, boş bariyer deliklerinin arkasında %9,5-%10,7, su dolu bariyer deliklerinin arkasında ise %6,9-%8,1 arasında azalma olmaktadır. Bariyer deliklerinin boş veya su ile dolu olması durumları arasında ciddi bir fark olmamakla beraber, boş deliklerin arkasında daha büyük bir azalma kaydedilmiştir.

Yukarıdaki değerler, patlatma noktası ile ölçüm noktası arasına delinen bariyer deliklerinin yersarsıntısını büyük oranlarda olmasa da, belli miktarda azalttığını göstermiştir. Bu sonuçlar, 3 sıra halinde ve 1’er m aralıklı delikler için geçerlidir. Delikler arasındaki mesafenin azaltılması ve sıra sayısının artırılması ile PPV değerlerindeki azalma oranının artacağı düşünülmektedir. Çalışmanın bu doğrultuda genişletilmesinde fayda görülmektedir.

Yersarsıntısının azaltılması için ikinci yöntem olarak patlatma noktası ile ölçüm istasyonu arasına hendek açılarak yapay bir süreksizlik oluşturulması amaçlanmıştır. Bu hendek yaklaşık olarak 8 m derinliğinde ve 4 m genişliğindedir. Çalışma boyunca iki adet titreşim ölçer ile, 77 adet patlatmaya ait 149 adet yersarsıntısı değeri ölçülmüştür. Bunların 78 adedi hendeğin önünden, 71 adedi hendeğin arkasından gerçekleştirilmiştir. Hendeğin önünden ve arkasından alınan verilerin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu çizilen Ölçekli mesafe-PPV grafikleri Şekil 4.10’da, tüm verilerin bir arada değerlendirilmesi sonucu çizilen grafik ise Şekil 4.11’de görülmektedir. İstatistiksel değerlendirme sonucu elde edilen korelasyon katsayıları; hendek önünden yapılan ölçümler için 0.85, hendek arkasından yapılan ölçümler için 0.81 ve tüm verilerin birlikte değerlendirilmesi ile de 0.67

olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden görüldüğü gibi, hendek önü ve arkasından alınan verilerin ayrı ayrı değerlendirilmesi ile daha yüksek korelasyon katsayıları elde edilmektedir. Buda hendekten oluşan bariyerin, yersarsıntısı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Eşitlik 6, 7 ve Şekil 4.10'daki grafiklere göre, ölçüm yapılan mesafe aralıklarında (38-299 m) PPV değerlerinde %27,76 ile %58,12 oranında bir azalma kaydedilmiştir. Bu oran patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe azaldıkça artmaktadır.

Yapılan çalışmalar, hendek ve bariyer deliklerinin yersarsıntısının azaltılması yönünde belli oranda bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Özellikle yakın mesafelerde PPV değerlerinde önemli oranda azalma kaydedilmiştir.

Bu çalışmada, hendeğin ve bariyer deliklerinin arkasına yerleştirilen cihaz, yapay süreksizliklerden 2 m mesafededir. İleriki çalışmalarda, bu süreksizliklerin etkisinin hangi mesafelere ulaştığının belirlenebilmesi için, bu yönde çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışmada ele alınan yöntemler teknik olarak uygulanabilir görülmektedir. Ancak bu yöntemlerin ekonomik yönden uygulanabilirliği için işletme bazında ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Uysal, Ö., Elevli, B., Akçakoca, H., 2004; “Environmetally sensitive drilling and blasting design for a surface mining”, 13th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, 1-3 September, Wroclaw, Poland
- [2] Arpaz, E., 2000, “Türkiye’deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi ,Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,Sivas
- [3] Devine, J.F., Beck, R.H., Meyer, A.V.C., 1965 Vibration levels transmitted across a presplit fracture plane. RI 6695, US Bureau of Mines, p.29
- [4] Prakash, A.J., Palroy, P., Mısra, D.D., 2004 Analysis of blast vibration characteristics across a trench and a pre-split plane. Fragblast, Vol. 8, No. 1, pp.51-60.
- [5] Berzal, R.L., 1976, Blasting vibration levels transmitted across fracture planes. Mining Magazine, October, pp.361-363.
- [6] Onargan, T., Yayla, N., Gönen, A., Kaya, E., Germen, M., 2003, “Açık ocak tasarımı ve planlaması, delik delme patlayıcı maddeler ve kullanımı, Eğitim Semineri”, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul
- [7] Ünal,D., 2005.”Açık İşletmelerde Kullanılan Patlayıcılar ve Patlamalardaki Yeni Teknolojiler Ve Uygulamaları”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- [8] Anonim,1986, “Handbook of Explosives and Rock Blasting”, Atlas Powder Company, Texas,U.S.A.
- [9] Bilgin,H.A., 2006 ,”Delme Patlatma Eğitim Semineri” , TMMOB Maden Mühendisleri Odası sürekli Eğitim Merkezi.,S,108-118, Ankara.
- [10] Dick,R.A.,Fletcher,L.R.,D’andrea,D.V.,1983, “Explosives and blasting procedures manual” ,USBM,,IC 8560,44P,USA
- [11] Bilgin,H.A., Esen, S., ve Kılıç,M.,”TKİ Çan Linyit İşletmesinde Patlamaların Yol Açtığı çevre sorunlarının giderilmesi için araştırma”,Proje Kod No:97-03-05-01-08,ODTÜ, Ankara 100 sayfa, 1998.
- [12] Siskind,D.E.,Stagg,M.S.,Koop,J.W.,Dowding,C.H.; Structure response and damage Produced by Ground vibration from surface mine blasting, RI8507,Bureau of Mines , 74 Pages , 1980.
- [13] Ak,H., 2006, “Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının yönsel değişiminin araştırılması” , Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,Eskişehir.
- [14] İşçen, H.İ., 1995, “Demirbilek köyüne verilen sarsıntının denetlenmesi”, MKEK Barutsan A.Ş:Genel Müdürlüğü, Haksa İnşaat Ve Ticaret A.Ş.K-3f Panosu Dekapaj İş ,Elmadağ, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devam)

- [15] Siskind, D. E., Crum, S. V., Otterness, R. E., Kopp, J. W., Comparative Study of Blasting Vibrations From Indiana Surface Coal Mines, RI 9226, Bureau of Mines, 41 Pages, 1989.
- [16] Dowding, C. H., 1985, Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice-Hall, 297 Pages,.
- [17] Hoek, E., Bray, J.W., 1991, "Kaya şev stabilitesi",TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, (Çevirenler: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.), Ankara.
- [18] Yağanoğlu, A., Altan ,A., 1993, "Patlatma Sonucu Oluşan Titreşimlerin İzlenmesi ve Analizi" , 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu ,s. 99-119,Ankara
- [19] Konya, C.J., 1990; "Design Blasts with Uncertainty and Tolerance", Proceedings of the 16th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, Feb. 4-9, Orlando-Florida, USA.
- [20] Gustafsson, R., 1973; "Swedish Blasting Technique", Gothenburg, Sweden.
- [21]. Olofsson. S.O., 1988; "Applied Explosives Technology for Construction and Mining", Sweden.
- [22] Ambraeys, N.R., Hendron, A.J., 1968; " Dynamic Behaviour of Rock Masses, In: Rock Mechanics in Engineering Practice, Editors: Stagg, K.G., Zienkiewicz, O.C., John Wiley and Sons, pp. 203-207, London.
- [23] Nicholls, H.R, JOHNSON, C.F., DUVALL, W.I., 1971; " Blasting Vibrations and Their Effects on Structures", United States Department of Interior, USBM, Bulletin 656
- [24] Langefors, U., Khilstrom, B., 1973; "Rock Blasting", John Wiley And Sons, New York.
- [25] Davies, B., Farmer, I.W., Attewell, P.B., 1964; "Ground Vibration From Shallow Sub-Surface Blasts", The Engineer, Vol. 217, pp. 553-559, London
- [26] Attewell, P.B, Farmer, I.W., Haslam, D., 1965; "Prediction Of Ground Vibration Parameters From Major Quarry Blasts", Mining And Minerals Eng., December, Pp. 621-626.
- [27] Shoop, S.A., Daemen, J.J.K., 1983; "Sire-Specific Predictions Of Ground Vibrations Induced By Blasting", Aime Spring Meeting, March, Atlanta
- [28] Birch, W.J, Chaffer, R, 1983; "Prediction Of Ground Vibration From Blasting On Opencast Sites", Trans. Inst. Min. Metall. (Sec. A: Mining Industry), April
- [29] Ghosh, A., Daemen, J.J.K., 1983; "A Simple New Blast Vibration Predictor (Based On Wave Propagation Laws)", 24th U.S. Symp. On Rock Mechanics, June, Pp. 151-161.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devam)

- [30] Gupta, R.N, Roy, P.P., Singh, B., 1988; "On A Blast Induced Blast Vibration Predictor For Efficient Blasting", Proceedings Of The 22nd International Conference On Safety İn Mines, 1015-1021.Beijing, China
- [31] Roy, P.P., 1991; "Vibration Control İn An Opencast Mine Based On Improved Blast Vibration Predictors", Mining Science And Technology, 12(1991)
- [32] Us, Osmre, 1983, Federal Register, Vol. 48, No. 46, Rules and regulations (30 CFR Parts 715, 780, 816, 817).
- [33] Rockwell, E.K, 1934; "Vibrations Caused By Blasting And Their Effect On Structures", Wilmington, De: Hercules Powder Co.
- [34] Thoenen, J.R., Windes, S.L., 1942, Seismic Effects On Quarry Blasting,U.S. Bureu Of Mines Bulletin442.
- [35] Crandell, F.J., 1949; "Ground Vibration Due to Blasting and Its Effect Upon Structures", Reprinted from Journal of Boston Society of Civil Engineers.
- [36] Langefors, U., Khilstrom, B., Westerberg, K, 1948; "Ground Vibrations in Blasting", Water Power,
- [37] Edwards, At., Northwood, T.D., 1959; "Experimental Blasting Studies", National Resarch Council, Ottawa, Kanada
- [38] Bauer, A., Calder , P.N., 1977; "Pit Slope Manual", Chapter 7, Canmet Report 77-14.
- [39]. Foster, G.A., 1983; "OSM's New Blasting Regulations: A More Reasonable Interpretation", Stone News.
- [40] OSM, 1983; "Rules and Regulations", Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, Vol 46, 8 March, USA.
- [41] Kahırman, A., Karadoğan, A.K., Görgün, S., Tuncer, G., 1999, Taş Ocaklarında Patlatmadan Kaynaklanan Yer Sarsıntısının Ölçülmesi ve Analizi, 2. Ulusal Kıрма Taş Sempozyumu , İstanbul.
- [42] Basu, D.,Sen, M., 2005, Blast Induced Ground Vivration Norms-A Critical Review, National Seminar On Policies, Statutes& Legislation İn Mines, Postale.
- [43] 01.07.2005 Tarih Ve 25862 Sayılı Resmi Gazete, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği.
- [44] Konya, C.J., Walter, E.J., 1991; "Rock Blasting and Overbreak Control", NHI Course No: 13211, US Department of Transportation, Virginia, USA.
- [45] Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M. ve Aldaş, G.G.U., Yeniköy Linyit İşletmesi'nde Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının İncelenmesi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 147-158, 2000.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devam)

- [46] Hanson, C.E., Towers, D.A. and Meister, L.D., 2006 “Transit Noise and vibration impact assessment”, Federal Transit Administration Office of Planning and Environment, Washington, p.261
- [47] Yang, Y.B., Hung, H.H., 1997 “A parametric study of wave barriers for reduction of train-induced vibrations”, [International Journal for Numerical Methods in Engineering](#), 40 (20), pp. 3729-3747
- [48] Naggar, M.H. and Chehab, A.G., 2005, “Vibration barriers for shock-producing equipment”, Can. Geotech. Journal, 42, 294-306.
- [49] Adam, M., and Estorf, O.V., 2005. “Reduction of train-induced building vibrations by using open and filled trenches”, Computers & Structures, 83, 11-24.
- [50] Daşcı,H.,Özkul,H., 1992“SLİ.Bölge Müdürlüğü İmtiyaz sahası ve civarının jeoloji raporu”,
- [51] SLİ: Faaliyet Raporu. 2005
- [52] Özcan,N., 1986, “ Seyitömer(Kütahya) Linyitlerinin Polinolojik özellikleri”, DEÜ Fen Bil: Enst. Yüksek Lisans Tezi
- [53] Akkuş, M.F., 1962,” Kütahya Gediz arasındaki sahanın jeolojisi, M.T.A. Dergisi, 58, S.20-30
- [54] Okay, A., 1981, “ Kezeybatı Anadoludaki Ofiyolitlerin Jeolojisi ve Mavişist Metamorfizması”, (Tavşanlı-Kütahya)TJK:Bült.:24, S.85-95.
- [55] Sarıyıldız, M., 1987, “Seyitömer(Kütahya) KB’sındaki Kömürlü Neojen kayaların Jeolojisi”, DEÜ Fen Bil: Enst. Yüksek Lisans Tezi
- [56] ISRM, 1992; "Suggested Method for Blast Vibration Monitoring", International Society for Rock Mechanics,Commission on Testing Methods, Edited By The Secretariat In Lisbon, pp. 145-156, USA.
- [57] White Industrial Seismology,1997,Mini Seis Digital Seismograph Operating Manual, web page:<http://whiteseis.com>,p.24.
- [58] Konya, C.J., Walter, E.J., 1990, “Surface Blast Design”., Prentice Hall, ISMN,0-13-877994-5,Englewood Cliffs,pp.20-22, New Jersey.

Ek-1

Atımların USBM Hasar Kriterine Göre Değerlendirilmesi

(Blast Mate Titreşim Ölçer Cihazının Örnek Çıktıları)



Event Report

Date/Time Vert at 13:19:16 June 7, 2006
Trigger Source Geo: 2.75 mm/s
 Mic: 100.0 pa.(L)
Range Geo :254 mm/s
Record Time 6.0 sec at 4096 sps
Job Number: 1

Serial Number BE8656 V 4.33-4.33 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration December 20, 2002 by Instantel Inc.
File Name J656B6NH.040

Notes
 Location:
 Client:
 User Name:
 General:

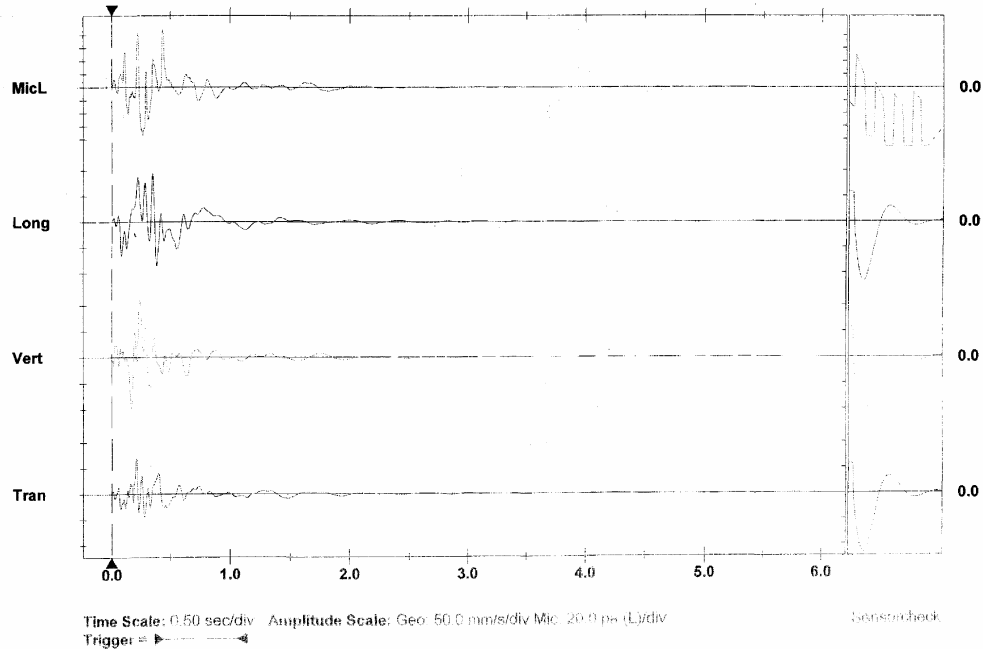
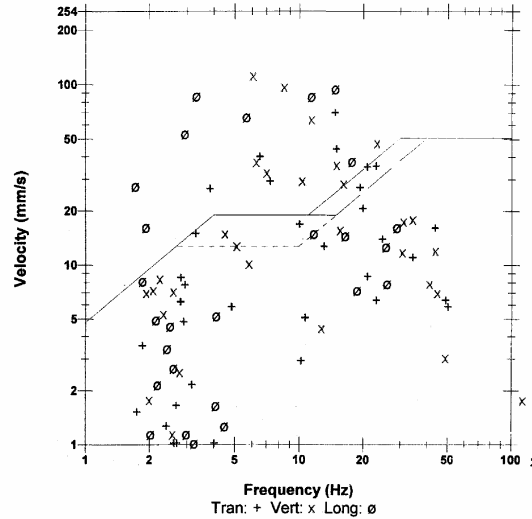
Post Event Notes
 BARIYER DELIKLERİNİN ÖNÜNDE YAPILAN ÖLÇÜMLER

Microphone Linear Weighting
PSPL 88.3 pa.(L) at 0.432 sec
ZC Freq 5.0 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 679 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	70.1	112	94.9	mm/s
ZC Freq	14.7	6.1	14.7	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.209	0.240	0.349	sec
Peak Acceleration	2.12	2.81	2.07	g
Peak Displacement	1.06	2.26	2.92	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.4	7.4	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.5	3.6	3.9	

Peak Vector Sum 122 mm/s at 0.236 sec

USBM RI8507 And OSMRE





Event Report

Date/Time Vert at 12:33:00 June 22, 2006
Trigger Source Geo: 0.750 mm/s
Range Geo :254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 4096 sps
Job Number: 1

Serial Number BE8656 V 4.33-4.33 MiniMate Plus
Battery Level 6.4 Volts
Calibration December 20, 2002 by Instantel Inc.
File Name J656B7F6.V00

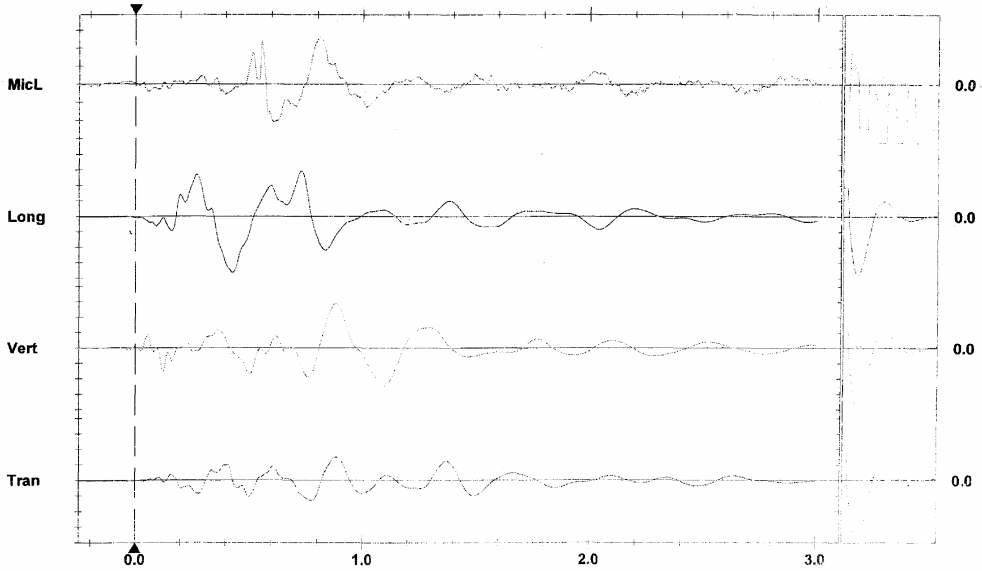
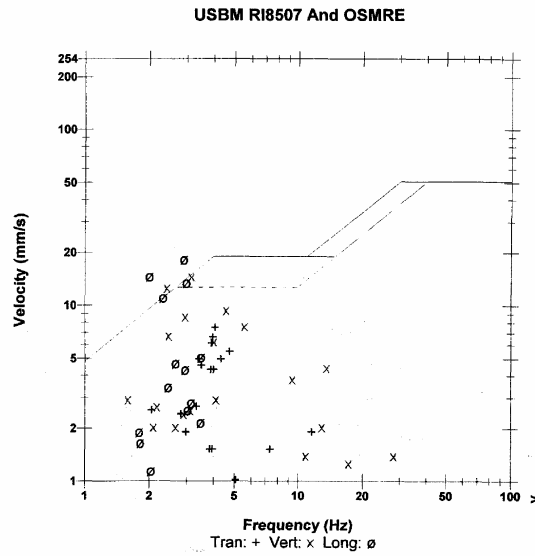
Notes
 Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Post Event Notes
 BARIYER DELIKLERININ ARKASINDAN YAPILAN ÖLÇÜM

Microphone Linear Weighting
PSPL 26.8 pa.(L) at 0.811 sec
ZC Freq 2.9 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 661 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	7.49	14.6	18.3	mm/s
ZC Freq	4.1	3.1	2.9	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.883	0.880	0.430	sec
Peak Acceleration	0.106	0.106	0.106	g
Peak Displacement	0.287	0.722	0.934	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.4	7.4	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.5	3.5	3.9	

Peak Vector Sum 18.4 mm/s at 0.430 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Sensorcheck



Event Report

Date/Time Vert at 12:08:50 July 25, 2006
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Mic: 100.0 pa.(L)
Range Geo :254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 4096 sps
Job Number: 1

Serial Number BE8656 V 4.33-4.33 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration December 20, 2002 by InstanTel Inc.
File Name J656B949.QQ0

Notes
 Location:
 Client:
 User Name:
 General:

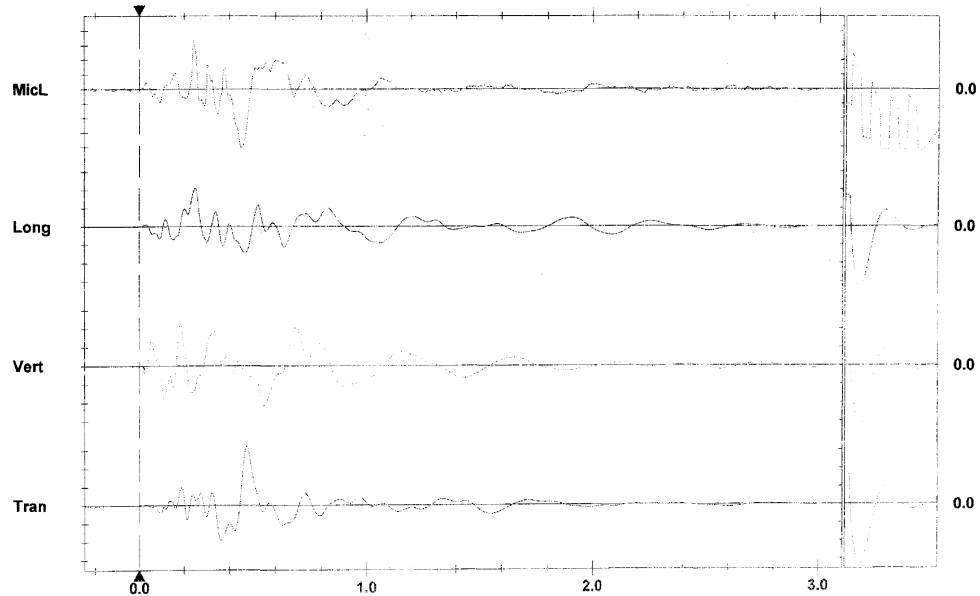
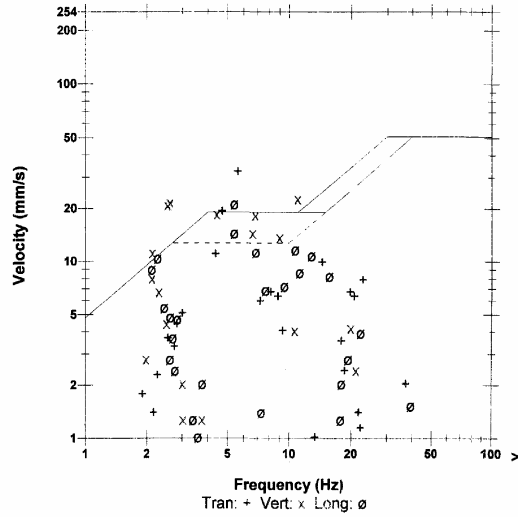
Post Event Notes
 SU DOLU BARIYER DELİKLERİNİN ARKASINDAN YAPILAN
 ÖLÇÜM

Microphone Linear Weighting
PSPL 40.5 pa.(L) at 0.449 sec
ZC Freq 4.8 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 635 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	32.4	22.7	21.2	mm/s
ZC Freq	5.6	11.0	5.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.475	0.182	0.249	sec
Peak Acceleration	0.212	0.212	0.159	g
Peak Displacement	0.752	1.00	0.624	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.4	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.5	3.5	3.9	

Peak Vector Sum 35.5 mm/s at 0.475 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa (L) div
Trigger ▶



Event Report

Date/Time Vert at 12:20:54 September 6, 2006
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Mic: 100.0 pa.(L)
Range Geo :254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 4096 sps
Job Number: 1

Serial Number BE8656 V 4.33-4.33 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration December 20, 2002 by Instantel Inc.
File Name J656BBBW.YU0

Notes

Location:
 Client:
 User Name:
 General:

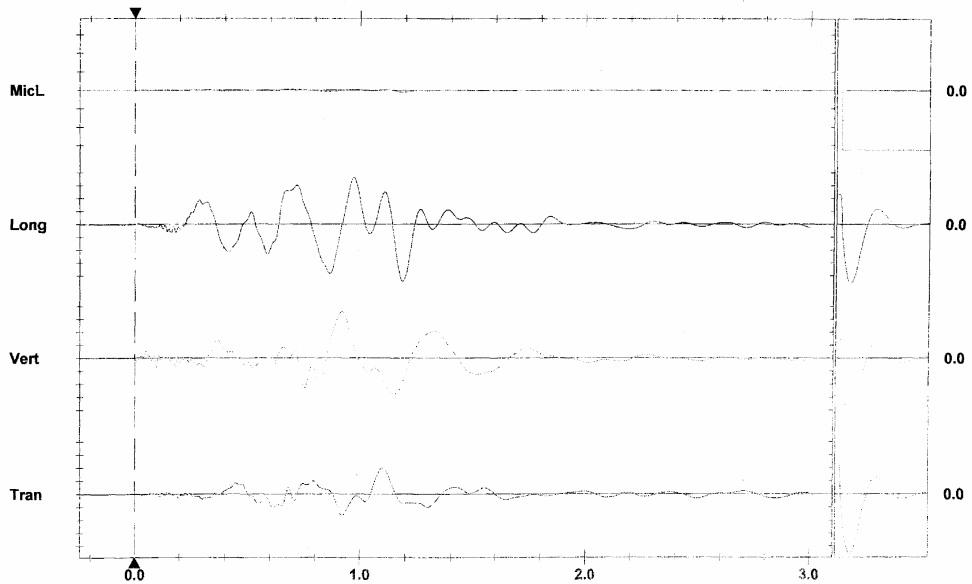
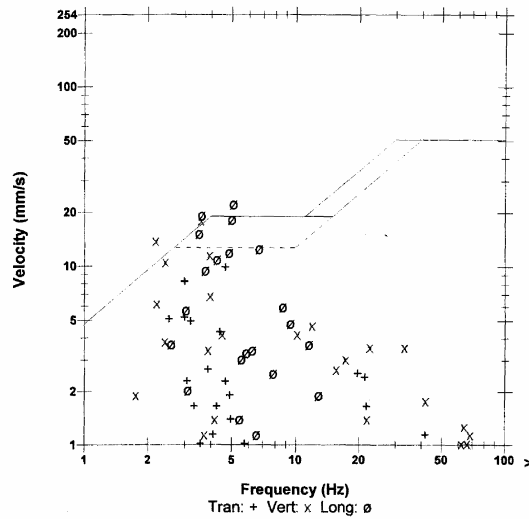
Post Event Notes
 HENDEK ÖNÜNDE YAPILAN ÖLÇÜM

Microphone Linear Weighting
PSPL 1.25 pa.(L) at 1.181 sec
ZC Freq 7.4 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	9.91	18.0	22.2	mm/s
ZC Freq	4.7	3.6	5.1	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.094	0.917	1.187	sec
Peak Acceleration	0.106	0.106	0.159	g
Peak Displacement	0.324	0.841	0.785	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.4	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.6	3.5	4.0	

Peak Vector Sum 24.6 mm/s at 1.183 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa. (1/div)
 Trigger = >----->

Sensorcheck



Event Report

Date/Time Vert at 12:13:57 September 6, 2006
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Mic: 100.0 pa.(L)
Range Geo :254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 4096 sps
Job Number: 1

Serial Number BE8656 V 4.33-4.33 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration December 20, 2002 by Instantel Inc.
File Name J656BBBW.N90

Notes

Location:
 Client:
 User Name:
 General:

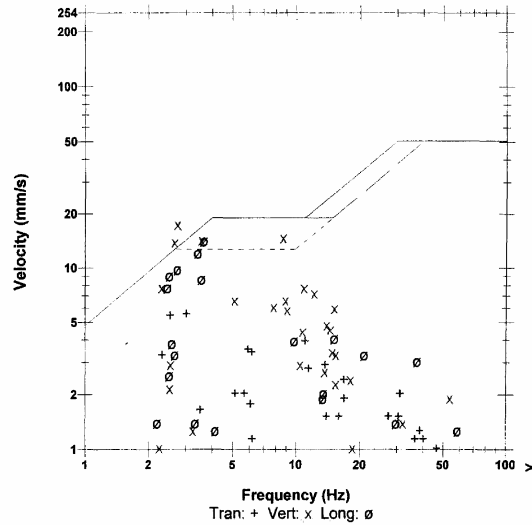
Post Event Notes

HENDEK ARKASINDAN YAPILAN ÖLÇÜM

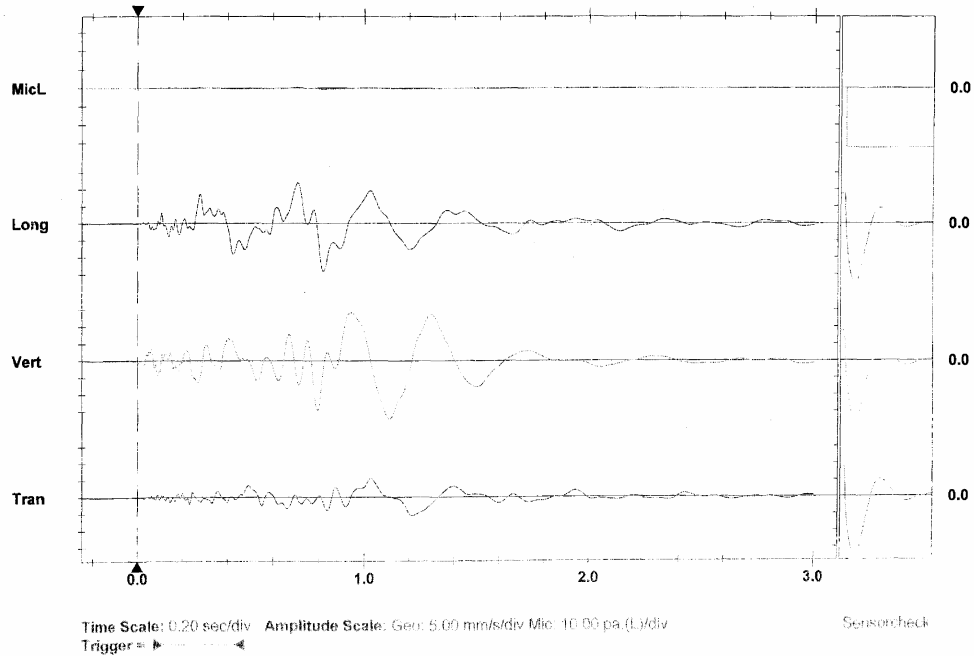
Microphone Linear Weighting
PSPL 0.750 pa.(L) at 0.469 sec
ZC Freq 60 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	5.59	17.4	14.1	mm/s
ZC Freq	3.0	2.7	3.6	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.026	1.111	0.816	sec
Peak Acceleration	0.106	0.159	0.106	g
Peak Displacement	0.287	0.955	0.508	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.4	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.6	3.6	4.0	

USBM R18507 And OSMRE



Peak Vector Sum 17.4 mm/s at 1.111 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = [Symbol] [Symbol] [Symbol]

Ek-2

Sli. Arslanlı A-16 Pano Dragline Diliminin Topoğrafik Haritası

