

Patlatmalarda Yüksek Hızlı Video Kamera ve Sismometrelerin Eş Zamanlı Kullanılması

Synchronous Use Of High Speed Video Camera and Seismometers In Blasting

Güzin Gülsev Uyar Aldaş^{1*}, Berkan Ecevitoğlu², Bülent Kaypak¹

¹ Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. 06100, Beşevler, Ankara Türkiye

² Anadolu Üniversitesi Uyu ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Eskişehir, Türkiye

* Sorumlu Yazar: aldas@eng.ankara.edu.tr

Özet

Patlatmalarda görüntü ve titreşimlerden elde edilen veriler, alışılagelmiş olarak ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Yüksek hızlı kamera, patlatma anından itibaren, patlatma süreci tamamlanana kadar, patlatma noktası ve çevresinde oluşan değişimlerin görüntüsünü kaydetmektedir. Üç bileşenli jeofon, aynı patlatmaya ait sismik sinyalleri kaydetmektedir. Halbuki patlatmanın yarattığı etkilerin tamamını bir arada incelemek, olayın tümünü kavramamızı sağlar. Patlatmaların yarattığı görüntüyle aynı zamana denk gelen sismik sinyaller, görüntüye göre gecikerek kaydedilirler. Zamandaki bu kaymayı ortadan kaldırmak için bir çeşit Ters-Evrişim işlemi yapmak gerekir. Böylece, sismik sinyallerin uzamasına, dolayısıyla görüntü verisi ile asenkronizasyonuna neden olan tüm jeolojik-yol ve gecikme etkileri ortadan kaldırılır. Patlatma görüntüsüyle, aynı patlatmaya ait sismik sinyaller arasındaki bir başka sorun da "Girişim"dir. Girişim, çok kaynaklı sistemlerin yarattığı dalgaların birbirlerini güçlendirici veya zayıflatıcı etkileşimidir. Ters-Evrişim işlemi, hem asenkronizasyon, hem de girişim etkisini ham sismik sinyallerden çıkaracaktır.

Bu çalışmada, senkronize edilmiş görüntü ve sismik sinyal verileri karşılaştırılarak, patlama sürecinde gelişen olaylar birbirleriyle ilişkilendirilmiş, örnek uygulamalarda verim artırıcı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, yüksek hızlı kamera, sismometre, titreşim

Abstract

Conventionally, the data obtained from images and vibrations are assessed separately for the blasts. A high speed video camera records the changes around the blast point from the beginning till the end of the blast period. Three component geophone records the seismic signals of the same blast. However, examining all the blast effects together makes us understand the complete occasion. The seismic signals which coincide with the images originated from the blasts are recorded with time delays when compared to the images. A kind of deconvolution is necessary to prevent this delay in time. Therefore, all the geological-way and delay effects are prevented which cause the elongation of the seismic signals and their asynchronization with the image data. There is one more problem between the blast images and the seismic signals of the same blast: Interference. Interference is a strengthening or weakening wave interaction created by the multi source systems. Deconvolution deducts both the asynchronization and interference effects from the seismic signals.

In the presented study, synchronized image and seismic signal data are compared, blast occasions are correlated with each other, and productive suggestions are presented in the model applications.

Key words: Blasting, high speed video camera, seismometer, vibration

1. Giriş

Patlatma kaynaklı sismik dalga oluşumu, patlatmalı kaya kazısı işlemlerinde istenmeyen fakat kaçınılmaz bir sonuçtur. Patlayıcı enerjisinin tamamının kaya kazısı işleminde kullanılmadığını işaret etmesi bakımından ve bu enerjinin yapılara hasar verebileceği çekincesiyle çevre yerleşim birimleri açısından tedirgin edici bir durumdur. Bu sebeple, patlatma kaynaklı sismik dalgaları en aza indirebilme amaçlı pek çok çalışma yapılmıştır (Adhikari ve ark., 2004; Aldas ve ark., 2001; Aldas ve Bilgin, 2004; Blair, 2004; Blair, 2008; Chiepetta, 1998; Dowding, 1985; Dowding, 1992; Konya ve Walter, 1991; Kuzu, 2001; Olofsson, 1998; Siskind ve ark., 1980; Siskind, ve ark., 1989; Siskind ve ark., 1993; Venkatesh, 2005). Bu çalışmalardaki ortak yaklaşım, sismografla en yüksek parçacık hızlarının belirlenmesi, patlatma ile ölçüm alınan yer arasındaki güzergah için arazi katsayılarının saptanması, sarsıntının yayılma kuralını belirleyen görgül formülün bulunması ve bu formül kullanılarak yapılan patlatmalar için mesafeye bağlı olarak bir seferde güvenle ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarlarının saptanmasıdır. Değerlendirmeler, tüm dalga biçimi, tüm frekans içeriği ve titreşim süreci bilgileri bir arada kullanılmadan, yalnızca en büyük parçacık hızına (Peak Particle Velocity) dayandırılmaktadır. Oysa ki, üç bileşenli sismik kayıtlar, tüm dalga biçimi ve frekans içeriği ile beraber incelendiğinde, patlatmanın doğrusal olmayan davranışları hakkında çok detay bilgi verirler.

Patlatmaları yüksek hızlı video kamera ile izleme sistemi, özellikle patlatma delikleri arasında ve delik içinde verilecek gecikme aralıklarının seçiminde, gaz kaçaklarının, taş fırlamalarının, büyük blok (patar) çıkmasının, krater oluşumunun nedenlerinin ve patlayıcı performansının araştırılmasında kullanılarak literatürde yerini almıştır (Aldas ve Esen, 1999; Chiepetta, 1998).

Literatürden de takip edildiği üzere, maden mühendisliği açısından, patlatmaların yarattığı etkiler, yüksek hızlı video kameralarla (YHVK) elde edilen görüntü kayıtları veya üç bileşenli jeofonlarla elde edilen sismik sinyaller şeklinde incelenmektedir. Görüntü ve titreşimlerden elde edilen veriler, alışlagelmiş olarak ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Yüksek hızlı kamera, patlatma anından itibaren, patlatma süreci tamamlanana kadar, patlatma noktası ve çevresinde oluşan değişimlerin (parçalanma, ötelenme, dönme, göçme, geri tepme, gaz kaçı, taş fırlamaları, büyük blok oluşumları, vb) görüntüsünü kaydetmektedir. Öte yandan, üç-bileşenli-jeofon, aynı patlatmaya ait sismik sinyalleri kaydetmektedir. Bu durum, bir sinema

filminin görüntüsünü ayrı, sesini ayrı zamanlarda (veya mekanlarda) dinlemeye veya seyretmeye benzer. Halbuki patlatmanın yarattığı etkilerin tamamını bir arada incelemek, olayın tümünü kavramamızı sağlar. Bu, bir filmi, hem sesi, hem de görüntüsüyle birlikte seyretmek anlamına gelir.

Sinema teknolojisinde, ses ve görüntü arasındaki senkronizasyonun (eş-zamanlılık) sağlanması çok önemlidir. Söz konusu senkronizasyon, bir dilden başka bir dile çeviri yapıldığında daha da önemli hale gelir. Örneğin İngilizceden Türkçeye ses senkronizasyonu yapıldığında, genelde İngilizcede bir ifadeyi belli bir sayıda hece ile anlatmak mümkünken, Türkçe çevirisi daha çok sayıda hece kullanımını gerektirir. Dolayısıyla çoğu kez, görüntüdeki sanatçının İngilizce konuşması bittiği halde, Türkçeye çeviren sanatçının arka plandaki konuşması devam eder. Patlatmaların yarattığı görüntü ile sismik sinyalin senkronizasyonu da aynen böyledir. Görüntüyle aynı zamana denk gelen sismik sinyaller, görüntüye göre gecikerek (asenkron) kaydedilirler. Bir bakıma görüntü (filmin görüntüsü) İngilizce dili gibi düşünülürse, sismik sinyaller (filmin sesi), Türkçe gibi algılanmalıdır. Zamandaki bu kaymayı ortadan kaldırmak için bir çeşit Ters-Evrişim (Deconvolution) işlemi yapmak gerekir. Ters-Evrişimin esası, Grup (birden fazla Pilot patlatma) patlatmaya ait sismik sinyalin Fourier dönüşümünün, Pilot (örnek patlatma) patlatmaya ait sismik sinyalin Fourier dönüşümüne oranıdır. Bu oran Ters-Fourier dönüşümü ile tekrar zaman ortamına taşınır. Böylece, sismik sinyallerin uzamasına, dolayısıyla görüntü verisi ile asenkronizasyonuna neden olan tüm jeolojik-yol ve gecikme etkileri ortadan kaldırılır. Bir başka deyişle aynı ifadenin, İngilizce ve Türkçe’de aynı hece sayısı ile anlatılması mümkün olur. Bu da görüntü ile ses arasındaki gerekli senkronizasyonu sağlar.

Patlatma görüntüsüyle, aynı patlatmaya ait sismik sinyaller arasında asenkronizasyon (gecikme) probleminin yanı sıra, bir başka sorun daha vardır: Girişim. Girişim, çok kaynaklı sistemlerin yarattığı dalgaların birbirlerini güçlendirici (yapıcı girişim) veya zayıflatıcı (yıkıcı girişim) etkileşimidir. Girişim olayı, asenkronizasyondan çok daha ciddi bir sorundur. Ters-Evrişim işlemi, hem asenkronizasyon, hem de girişim etkisini ham sismik sinyallerden çıkaracaktır.

Yukarıda anlatılan işlemlerden geçirilerek senkronize edilmiş görüntü ve sismik sinyal verileri karşılaştırılarak, patlama sürecinde gelişen olaylar birbirleriyle ilişkilendirilir. Ayrıca,

patlatma deliği ile patlatılan basamak yüzeyi arasındaki kayaçların yırtılma hızı, yüksek hızlı kamera kayıtları ve sismik sinyaller incelenerek, bağımsız olarak ölçülür ve sonuçlar birbirleriyle kıyaslanır.

Senkronize edilmiş yüksek hızlı video kamera görüntüsü ile sismik sinyallerin karşılaştırılması, patlatmaların doğası hakkında çok önemli bilgiler sağlayacaktır. Kaya kazısı amaçlı yapılan patlatmalarda ortaya çıkan enerjinin büyük kısmının kayaların parçalanmasında (plastik deformasyon) kullanılması, kalan kısmının ise, ses ve sismik dalgalar şeklinde yayılması beklenir. Elastik dalga teorisine göre, bu tür patlatmalar Doğrusal-Olmayan-Davranış sergiler. Doğrusal-Davranış / Doğrusal-Olmayan-Davranış oranının kontrol edilmesi, patlatma enerjisinin olabildiğince büyük bir bölümünün plastik deformasyonda (kayaç parçalanması) kullanılmasını, yalnızca küçük bir bölümünün elastik dalga yayılımında (sismik titreşimler) yitirilmesini sağlayacaktır. Böylece patlatma verimi arttırılırken, çevreye yayılan sismik titreşimler azaltılacaktır.

Bu çalışmada Elmadağ/Baştaş Taş Ocağı ve TKİ GELİ Eskişehir Kömür Ocağındaki örnek patlatmalar YHVK ve sismometrelerle eş zamanlı kaydedilmiş ve incelenmiştir. Sonuçlar, patlatmaların verimini arttıracak yönde değerlendirilmiştir.

2. Baştaş Taş Ocağı Çalışması

Baştaş Çimento Fabrikası Ankara'nın 45 km uzağında bulunan Elmadağ İlçesindedir. Patlatma çalışmaları fabrika bünyesinde yer alan taş ocağında yapılmıştır. 13 Nisan 2009 tarihinde, Baştaş Taş Ocağında, yazarların daha önce geliştirdiği veri toplama sistemi ile (Aldaş ve Ecevitoğlu, 2008) 1 pilot, 1 grup patlatması olmak üzere toplam 2 deneme patlatmasından veri elde edilmiştir. Bu deneylerdeki amaç YHVK ve sismometre verilerini eş zamanlı hale getirerek birlikte değerlendirebilmektir. Grup ve Pilot patlama olmak üzere 2 tip patlatma yapılmasının sebebi, çalışmada öngörülen ters evrişim işlemini yapmaktır. Ayrıca, yürütücünün daha önce geliştirdiği yöntemle (Aldaş ve Ecevitoğlu, 2008) titreşimleri en aza indirme çalışması yapabilmek için de pilot patlatmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Deneme patlatmasına ait parametreler aşağıda verilmiştir:

Delik çapı: 102 mm

Basamak Yüksekliği: 15 m

Delik boyu: 15 m

Delik ayna mesafesi: 2,5 m

Delikler arası mesafe: 2,5 m

Sıkılama mesafesi: 2,5 m

Delik boyu: 15 m

Patlayıcı tipi: ANFO ve yemleme dinamiti

Patlayıcı miktarı: 75 kg ANFO/delik, 0,5 kg Yemleme dinamiti

Grup patlatması delik sayısı: 7

Ateşleme sistemi gecikmeli nonel kapsül: 25 ms delikler arası gecikme

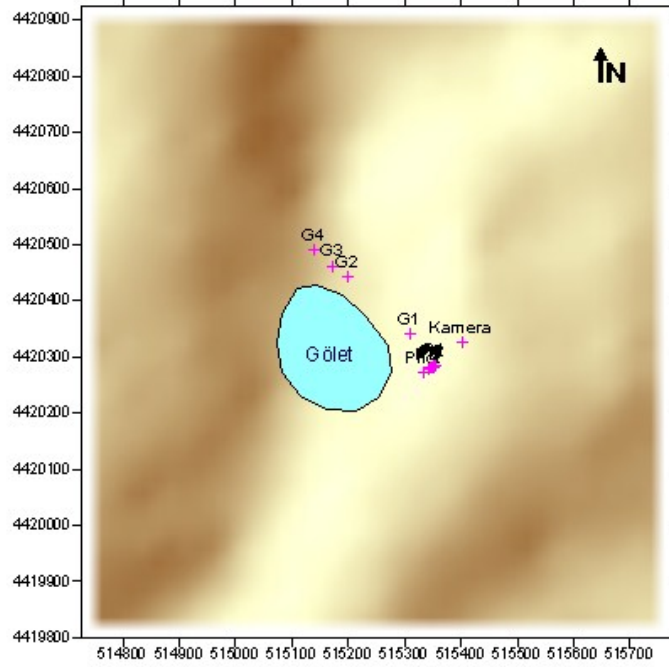
Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı: 75,5kg

Patlatma düzeni: tek sıra

Bu parametreler taş ocağı yetkililerince belirlenen parametrelerdir. Araştırma grubumuz tarafından sadece veri toplanmış, parametrelere müdahale edilmemiştir.

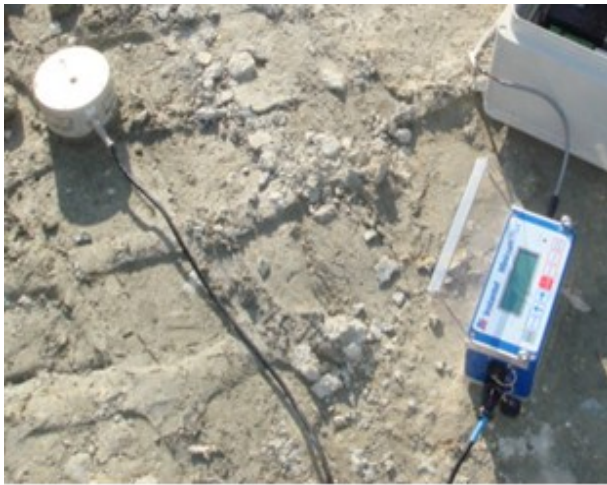
2.1 Baştaş Taş Ocağı Deneme Patlatması İçin Hazırlanan Arazi Düzeni

Şekil 1’de deneme patlatmasına ait veri toplama düzenini gösteren 2B harita görülmektedir. P: Pilot patlatma lokasyonu, G1, G2, G3, G4 noktaları sismometre lokasyonlarını gösteriyor.



Şekil 1. Deneme patlatmasına ait veri toplama düzenini gösteren 2B harita

Patlatma kaynaklı titreşimler 3 adet Instantel Mimate Plus (MM Plus) marka titreşim ölçer ile kayda alınmıştır (Şekil 2). Patlatma görüntüleri, saniyede 500 kare görüntü çekebilen MREL Blaster Ranger marka YHVK ile elde edilmiştir (Şekil 3).

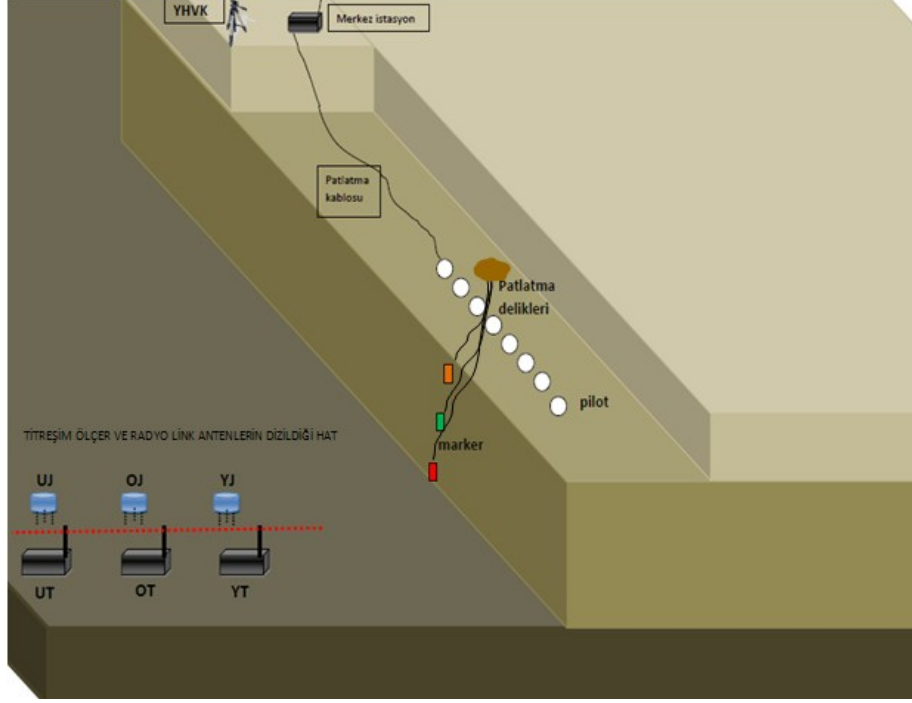


Şekil 2. 3-bileşenli 1Hz’lik jeofon-kayıtçı



Şekil 3. MREL Blaster Ranger (YHVK)

Alışlagelmiş veri toplama yönteminden farklı olarak üç titreşim ölçer (Instantel MMPlus) ve YHVK, radyo-link sistemi ile kullanılmıştır. Şekil 4’de gösterilen veri toplama düzeninin ayrıntıları aşağıda verilmiştir:



Şekil 4. YHVK-Titreşim Ölçer-Radyo-link sistemi. Pilot: Pilot patlatma deliği, YJ: Yakın jeofon, YT: Yakın tetikleme ve kayıt, UJ: Uzak jeofon, UT: Uzak tetikleme ve kayıt, OJ: Orta jeofon, OT: Orta tetikleme ve kayıt, YHVK: Yüksek hızlı video kamera, Merkez İstasyon: Manyeto ve verici radyo-link sistem.

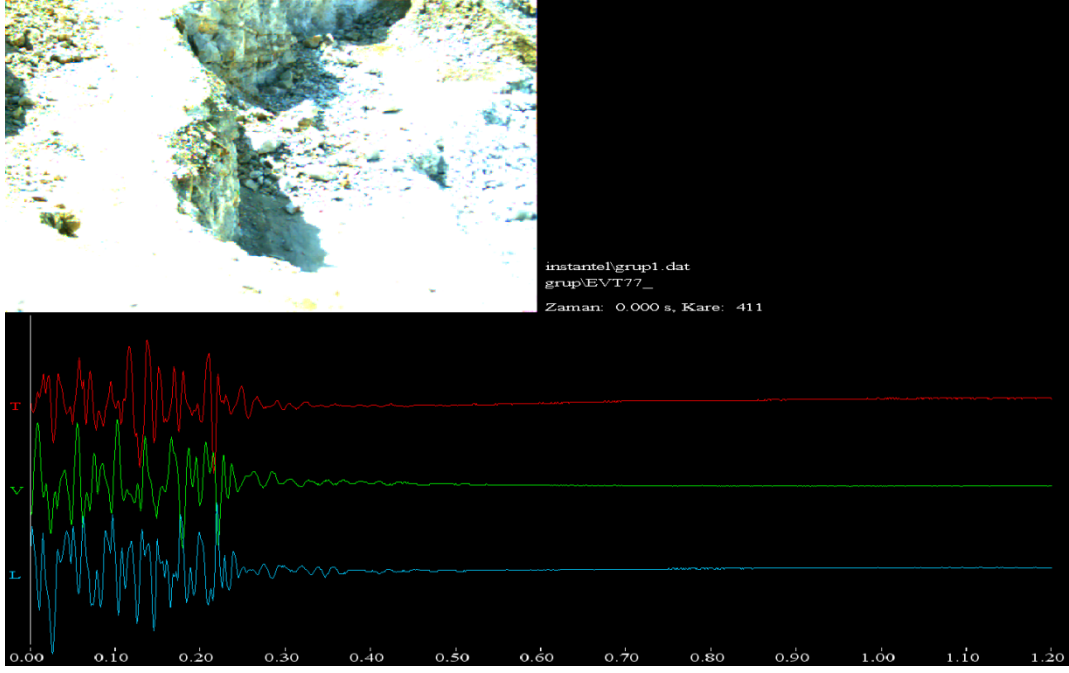
Sistem bir manyeto ve beş adet radyo-link cihazından oluşur. Manyetonun bir çıkışı ateşlemeyi sağlarken (patlatma kablosu, Şekil 4), diğer çıkışı ateşleme anını kendisine bağlı birinci radyo-link cihazına (Merkez İstasyon, Şekil 4) bildirir. Birinci radyo-link cihazı ise ateşleme anını ikinci (kameraya bağlı olan, Şekil 4), üçüncü (yakın tetikleme ve kayıt, Şekil 4), dördüncü (Orta tetikleme ve kayıt, Şekil 4) ve beşinci (Uzak tetikleme ve kayıt, Şekil 4) radyo-link cihazlarına iletir. Kameraya ve titreşim ölçerlere bağlı olan radyo-link cihazları, ateşleme anını kendilerine bağlı cihazların “dış tetikleme”sine iletir ve kaydı başlatır. Amaç YHVK ve her üç titreşim ölçerin ateşleme yapıldığı anda kayda geçmesidir. Böylece, birinci radyo-link cihazının kendisine bağlı manyetodan aldığı ateşleme anını diğer radyo-link cihazlarına iletmesi ve diğer radyo-link cihazlarının ise kendilerine bağlı titreşim ölçerler ve YHVK cihazlarını tetiklemeleri sırasında oluşacak zaman gecikmeleri 500 msec’yi aşmaz. Eğer bu radyo-link sistemi kullanılmazsa sismik dalgaların baş kısımları kayıttaki gecikmeler nedeniyle kaydedilemeyecektir.

2.2 Baştaş Taş Ocağı Deneme Patlatmasında YHVK ve Titreşim Verilerinin

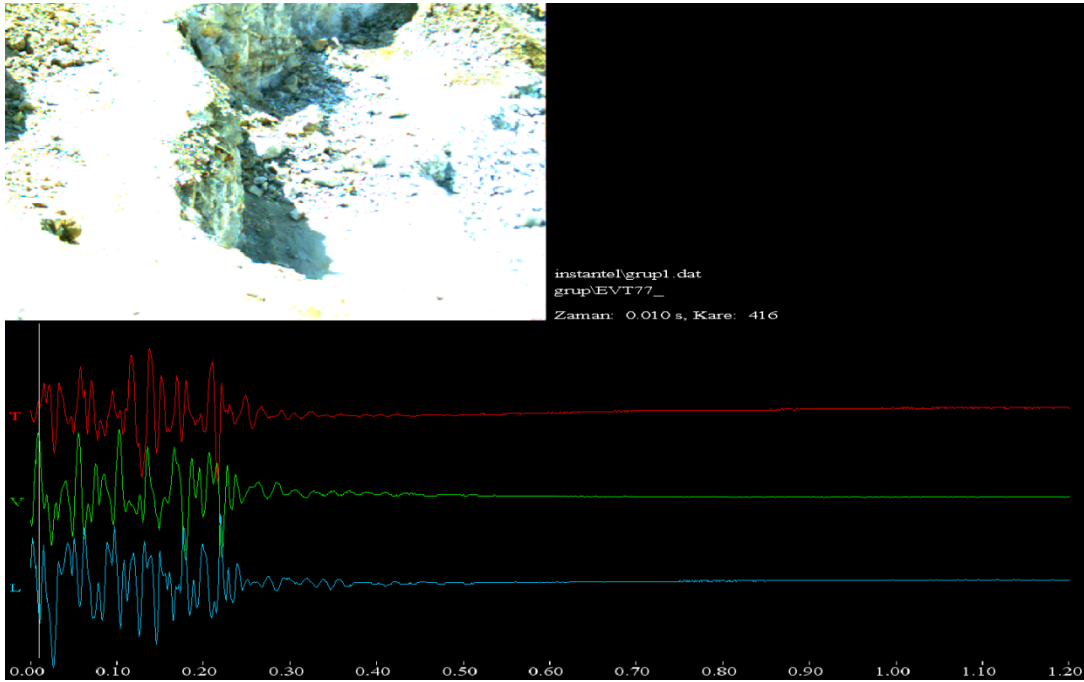
Değerlendirilmesi

Baştaş taş Ocağında 13.04.2009 tarihinde yapılan Pilot ve Grup patlatma görüntüleri 500 kare/saniye ile çekilmiştir. YHVK, 500 kare/saniye görüntü çekmek için ayarlandığından en fazla 4 saniye kayıt alabilmektedir. Video formatındaki (AVI) görüntüler, YHVK ile beraber alınan Blaster MAS software ile bmp formata dönüştürülmüştür. Bmp formata dönüştürülmesinin sebebi, titreşim verisini görüntü ile beraber analiz edebilmemiz için yazdığımız bilgisayar programının Fortran dilinde olması ve ancak bmp formatlı görüntüleri kullanabilmesidir. Pilot patlatmaya ait 2183 bmp dosyası, Grup patlatmaya ait 1517 bmp dosyası elde edilmiştir. Titreşim ve YHVK verilerini analiz edebilmemizi sağlayan programın ham halinden elde ettiğimiz ekran görüntüleri ve yorumları aşağıda verilmiştir.

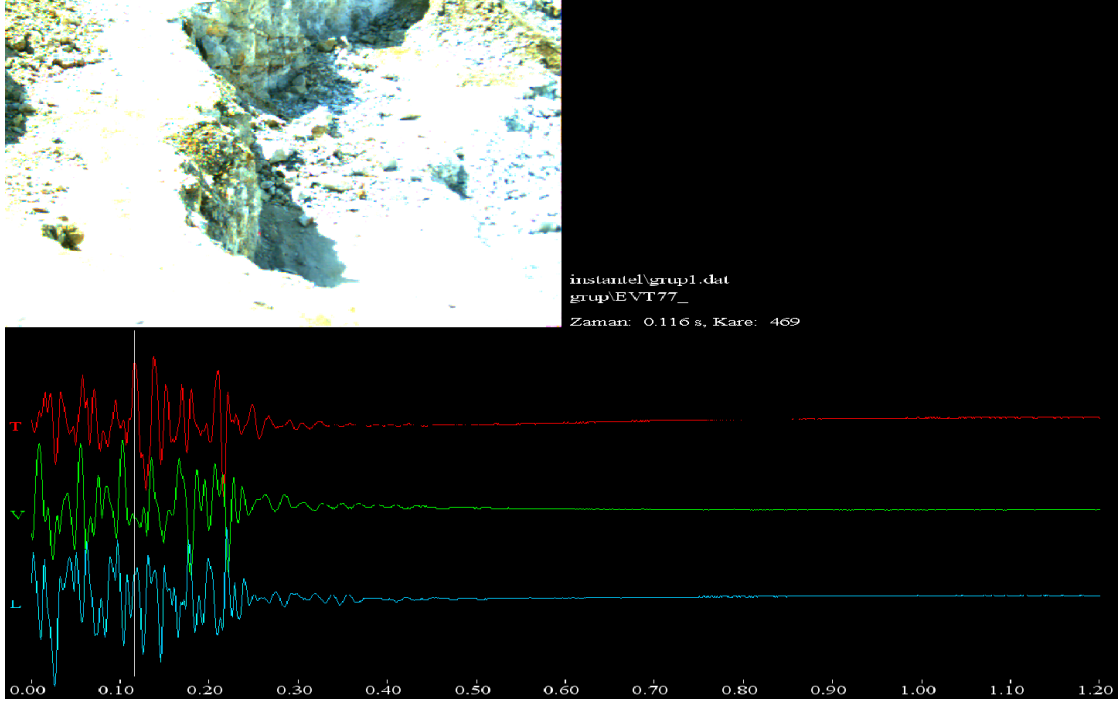
Şekil 5’de programın ekran görüntüsü verilmiştir. Program Grup patlatmasına ait bmp dosyalarını okumaktadır. Önce programda kare kare görüntüler incelenir ve patlamanın başladığı ilk andaki kare belirlenir. Programa giriş dosyası olarak okutulan dosyaya patlamanın başladığı anda çekilen kareye ait bmp dosyasının adı girilir. Baştaş Grup patlatmasından çekilen görüntüler incelendiğinde patlamanın başladığı karenin 411. Kare olduğu belirlenmiştir. Böylece program çalıştırıldığında Şekil 5 sol üstte görülen patlatma karesi 411. karedir. Bir başka deyişle sıfır zamanında, titreşimin başladığı anla görüntü karesi eşleştirilmiştir. Titreşim verisinin üç bileşeni ((T)ransversal, (V)ertical, (L)ongitudinal) Şekil 5’de YHVK görüntüsünün altındadır. En alttaki eksen zaman eksenidir. YHVK 4 saniye görüntü çekebilmektedir ancak titreşim verisi 1.10. saniyelerde bitmiştir. Titreşim verilerinin üzerindeki dikey çubuk, sağ-sol, yukarı-aşağı, page down-page up tuşlarıyla belirlenmiş zaman aralıkları içerisinde sağa sola ilerlemektedir. Dikey çubukla beraber YHVK görüntüleri de ilerlemektedir. Böylece titreşim verisindeki piklerin hangi görüntülerle eşleştiği analizi yapılabilmektedir. Şekil 5’de henüz sıfır zamanındaki titreşim ve patlamanın başladığı 411. kare görülmektedir. Bundan sonraki ardaşık şekillerde (Şekil 6’dan-Şekil 8’e) patlatma sırasında gelişen infilak dalgaları neticesinde yaratılan şok etkisiyle ana kayadan koparak parçalanma sırasında oluşan büyük titreşim genlikleri görülmektedir. Çünkü titreşimler kaya bloklarının ana kayadan ayrılması sırasında oluşmaktadır. Şekil 9’dan sonra, parçalanma ile beraber gelişen yarıktan itibaren kopma süreci tamamlanmıştır; artık patlayıcının şok etkisiyle kayadan ayrılan kütle, patlayıcının gaz etkisiyle ötelenmeye başlamaktadır. Şekil 10 ve Şekil 11’de gözlenen küçük genlikli titreşimler, ötelenen kütlelerin yere düşmeleriyle oluşan titreşimlerdir.



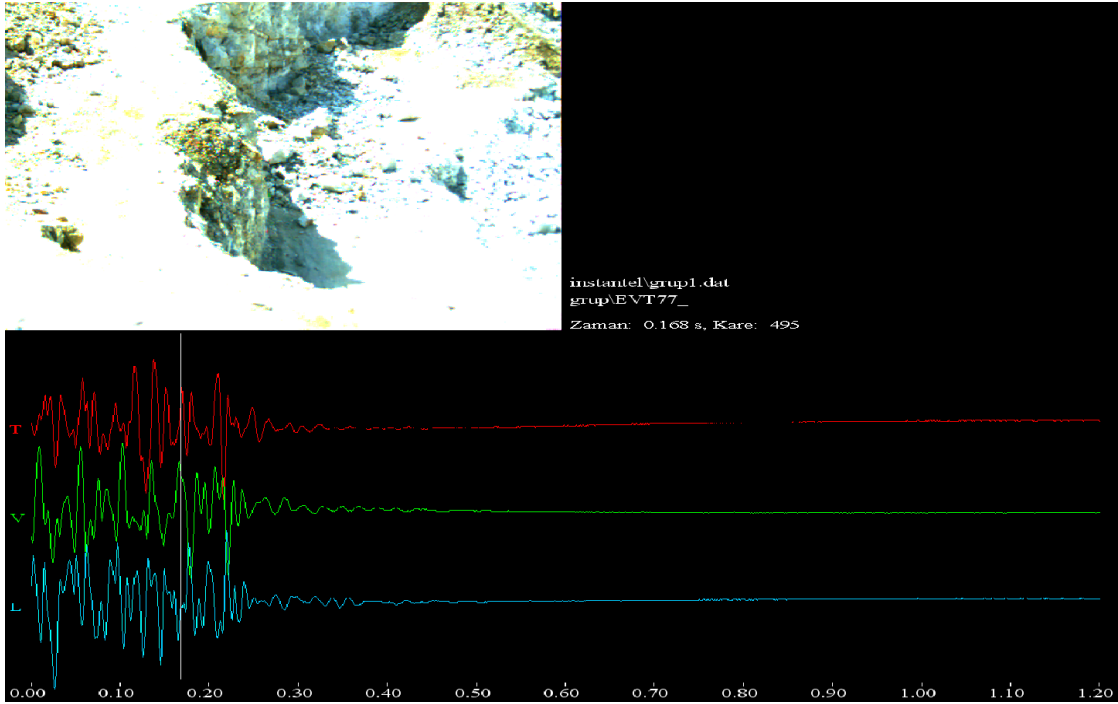
Şekil 5. Titreşimlerin başladığı YHVK görüntüsü (Kare 411)



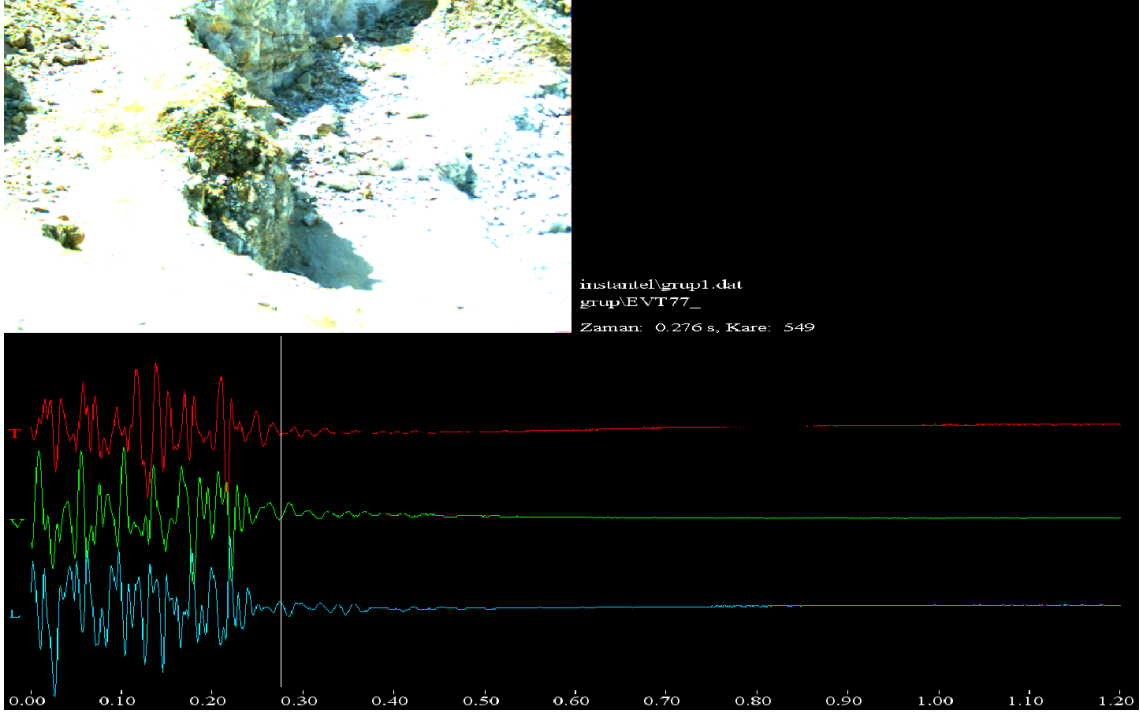
Şekil 6. Düşey bileşende ilk büyük genliğin görüldüğü patlama görüntüsü (Kare 416)



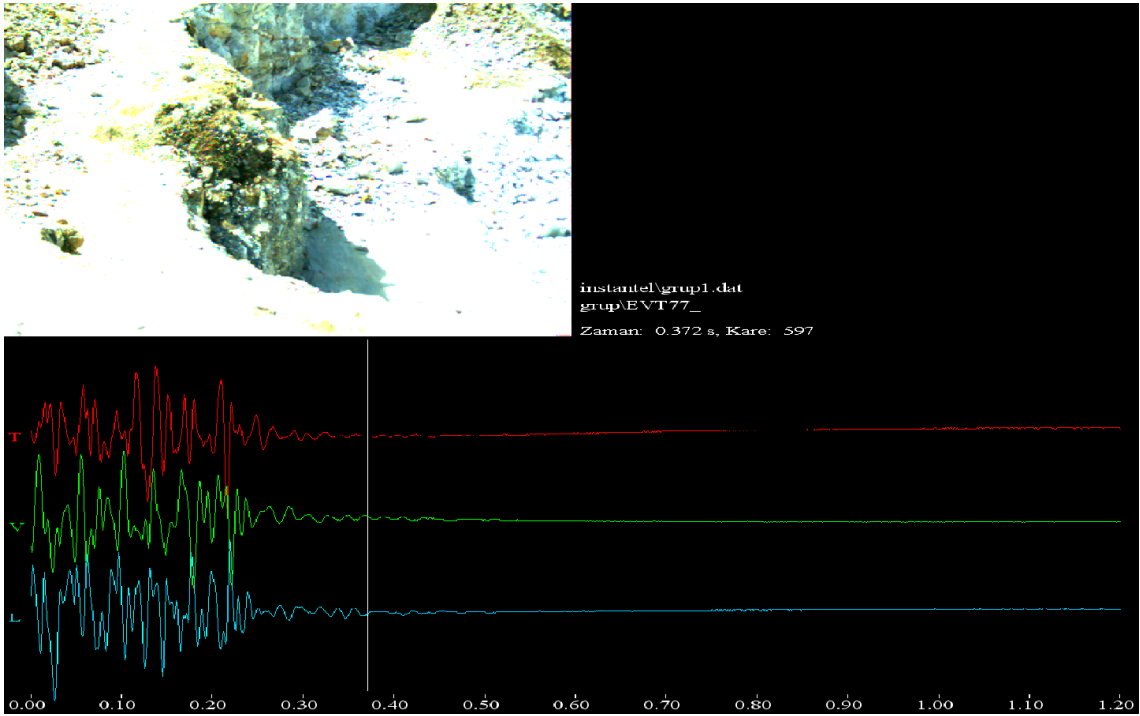
Şekil 7. Aynadan arkaya doğru yarık gelişmeye başlarken yanal bileşendeki genlik artması (Kare 469)



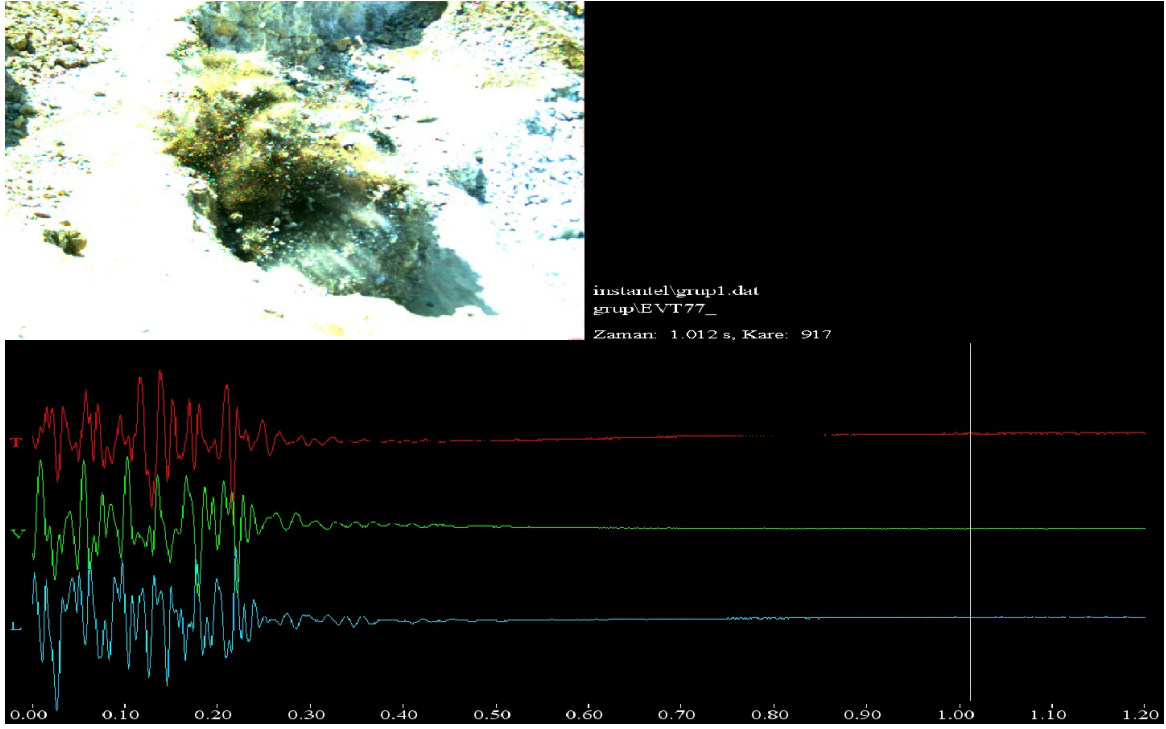
Şekil 8. Yarık gelişirken tüm bileşenlerde genliklerde görülen değişiklikler (Kare 495).



Şekil 9. Gelişen yarıkla beraber kütlelerin ana kayadan kopmaya başlaması ve titreşimlerin azalması (Kare 549)



Şekil 10. Ana kayadan ayrılan ve ötelenmeye başlayan kütlelerden yere düşen parçaların yarattığı titreşimler (Ana kayadan ayrılırken ortaya çıkan büyük genlikler gözlenmiyor) (Kare 597)



Şekil 11. Kopan kütlelerin yere düşerken yarattığı titreşimler (Kare 917)

TKİ GELİ Eskişehir Kömür Ocağı Çalışması

Baştaş Taş Ocağı patlatmalarının değerlendirilmesinde, YHVK ve sismik verilerin eş zamanlı gösterilmesini sağlayacak bilgisayar programı yazılarak kullanılmıştır. Bu yazılım, sismik verideki uzamanın ve girişimin engellenmesi için geliştirilmiş, bir çeşit ters evrişim (dekonvolusyon) yapılmıştır. Eskişehir’de yapılan deneme patlatmasında YHVK görüntüleri ve sismik sinyaller, bu yazılım ile değerlendirilmiştir.

3.1 Çalışma Alanı ve Jeolojisi

Şekil 12’de, TKİ GELİ Muğla ili Yatağan İlçesi Eskişehir kömür işletmesinin lokasyonu görülmektedir.

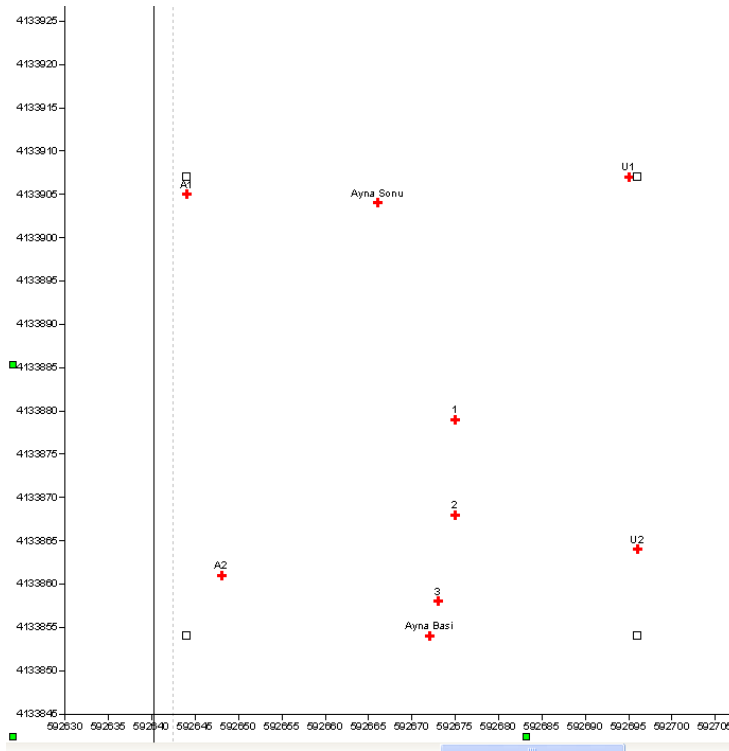


Şekil 12. Eskişehir Kömür İşletmesinin ve çalışma alanının yakın görüntüsü

Çalışma alanında bulunan temel kayaç olan mermer; Yeşilbağcılar'ın kuzeyinde belediye mezbananesinin yakınında ve çöküntü havzasını kuşatan yükseltilerde mostra verir. Eski çalışmalarda mermerlerin masif bir şekilde şistler üzerinde bulunduğuna da değinilmektedir (Ulusay ve Yoleri, 1990). Mermerlerin kesin yaşı hakkında kesin bir fikir olmamakla birlikte değişik araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında bu kayaçların Paleozoyik ve Meseozoyik yaşlı olduğunu ifade etmişlerdir (Ulusay ve Yoleri,1990). Neojen yaşlı litolojik birimlerin özellikleri ise yaşlıdan gence doğru sırasıyla özetlenmiştir. Turgut Formasyonu: Etüt alanında mostra veren Neojen çökellerin en altında yer alır. Transgresif aşmayla temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak geldiğinden havza kenarlarında inceler. Formasyon öncel çalışmalarda tipik olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Turgutlu beldesi yakın çevresinde gözlenerek isimlendirilmiştir. Sekköy Formasyonu: Formasyon linyit horizonu ile başlar, Turgut Formasyonun üst seviyesinde yer alan kömürlü killerin üzerinde uyumlu olarak gelir. Alttan kömürlü killere grift olan bu horizon üstünde Sekköy Formasyonu'nun marn ve kireçtaşları yer alır. Çökelim sürecinin başlangıcındaki kömürlü bataklık çökelleri ile başlayan Sekköy Formasyonu esas olarak marn ve kireçtaşlarının temsil ettiği gölsel çökelleri kapsar ve Turgut Formasyonun üzerine uyumlu olarak gelir. Yatağan Formasyonu: Yatağan Formasyonunu oluşturan karasal akarsu ortamlarına özgü çökeller Sekköy Formasyonunun gölsel dolguları üzerine uyumlu olarak gelir.

3.2 Deneme Patlatması

01.06.2009 tarihinde YHVK ve sismometreleri radio-link sistemi ile kullanarak eş zamanlı very toplanmış; ters-evrişim işlemi ile sinyaldeki uzama ve girişim etkisi giderilmiş; böylece YHVK görüntüleri ve sismik sinyaller eş zamanlı değerlendirilebilir hale getirilebilmiştir. Şekil 13, patlatmadaki arazi düzenini göstermektedir. 1, 2 ve 3 patlatma deliklerini göstermektedir. A1 ve A2 aynanın altındaki bölgeye yerleştirilen titreşim ölçerleri, U1 ve U2 ise aynanın üstündeki bölgeye yerleştirilen titreşim ölçerleri göstermektedir.



Şekil 13. 01.06.2009 patlatmasının arazi düzeni.

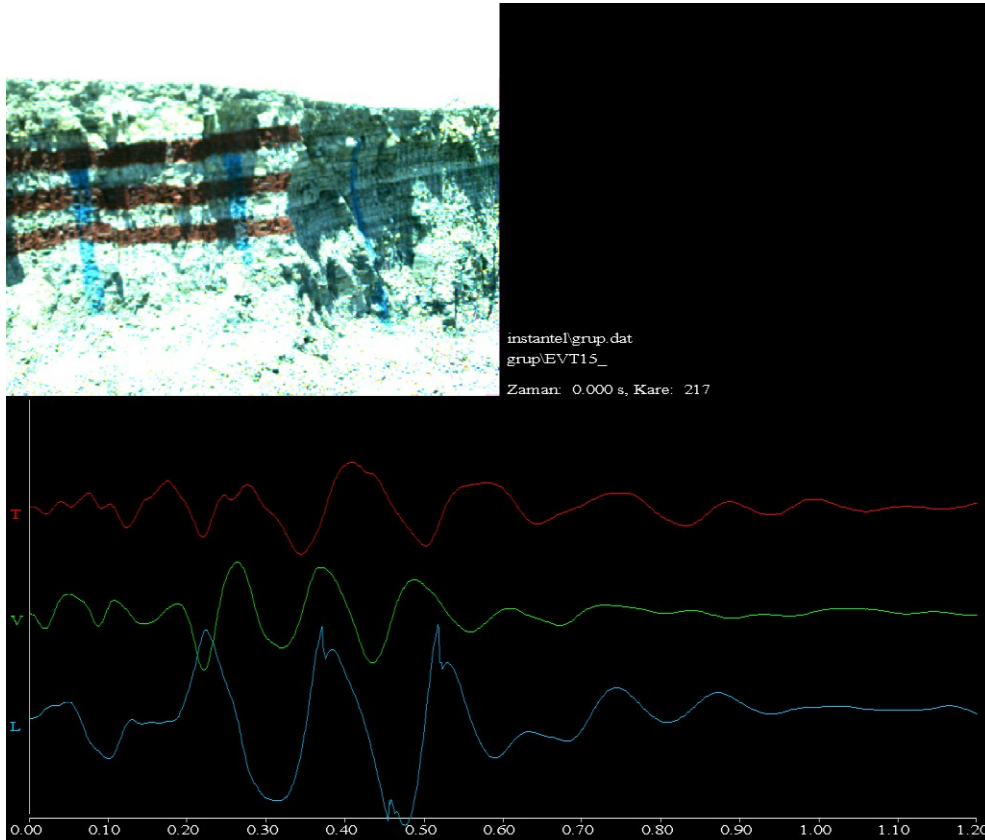
Bu patlatmada delik çapı 165mm, basamak yüksekliği 20 m, patlayıcı madde 100kg ANFO + 0.5kg yemleme, ateşleme sistemi infilaklı fitil gecikme rölesidir (delikler arası 50ms). YHVK kullanımında klasik olarak yapılan iş, renkli markör tahtaları ayna üzerine iple sarkıtma ve patlama sırasında onların hareketini izlemedir. YHVK aynanın yan tarafına konumlandırılan bir yerden markör hareketini izler. Bu çalışmada, aynayı renkli boya ile karelajlama biçiminde yeni bir uygulama başlatılmıştır. Bunun sebebi, ayna yüzeyine iplerle sarkıtılan markörlerin patlama sırasında aynadan bağımsız hareket etmesidir. Oysaki aynanın kendisini renkli boya ile boyarsak, ayna yüzeyinde gelişen olayların YHVK ile daha rahat izlenebileceği düşünülmüştür. Aynanın karelajlanması işi için sepetli vinç getirilmiş, içine giren bir işçi arkadaşımız kompresör ve pompa yardımıyla boyayı ayna püskürterek karelajlama işini

gerçekleştirmiştir. YHVK, aynanın karşısındaki ekskavatör üzerine konmuştur (Şekil 14). YHVK ve titreşim ölçerler radyo-telekomunikasyon sistem sayesinde eş zamanlı kayıt almışlardır.

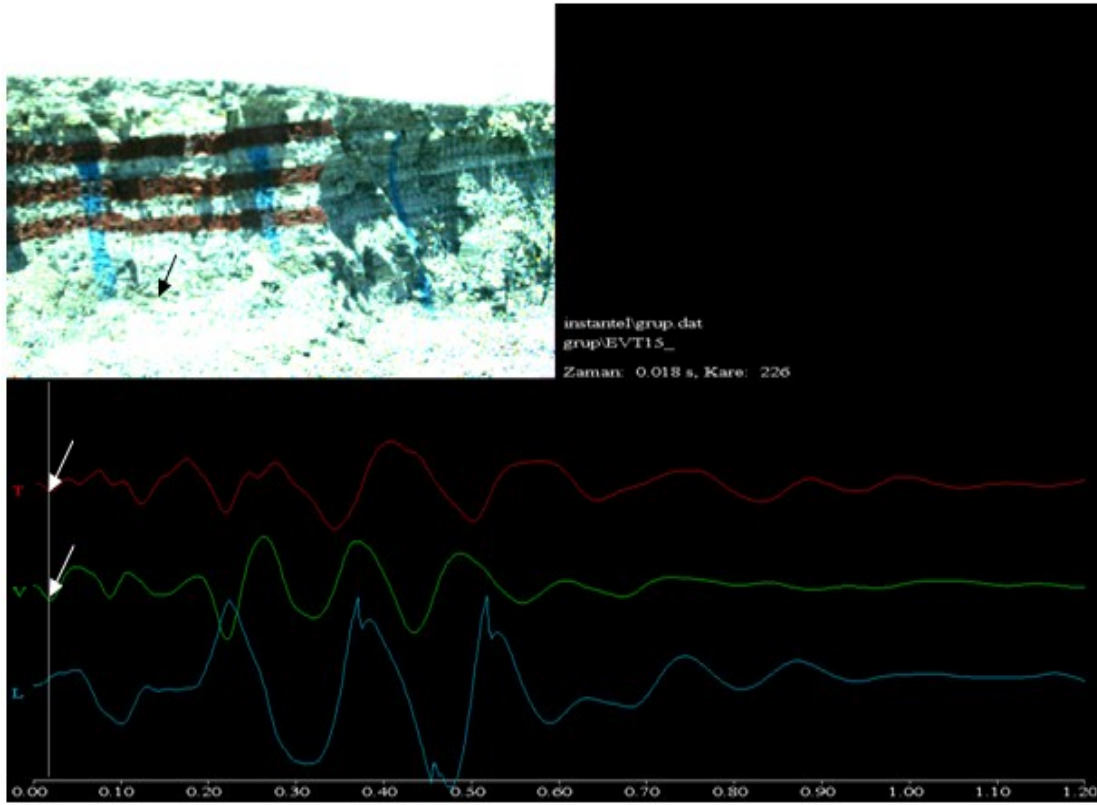


Şekil 14. Aynayı boyama işlemi ve YHVK lokasyonu

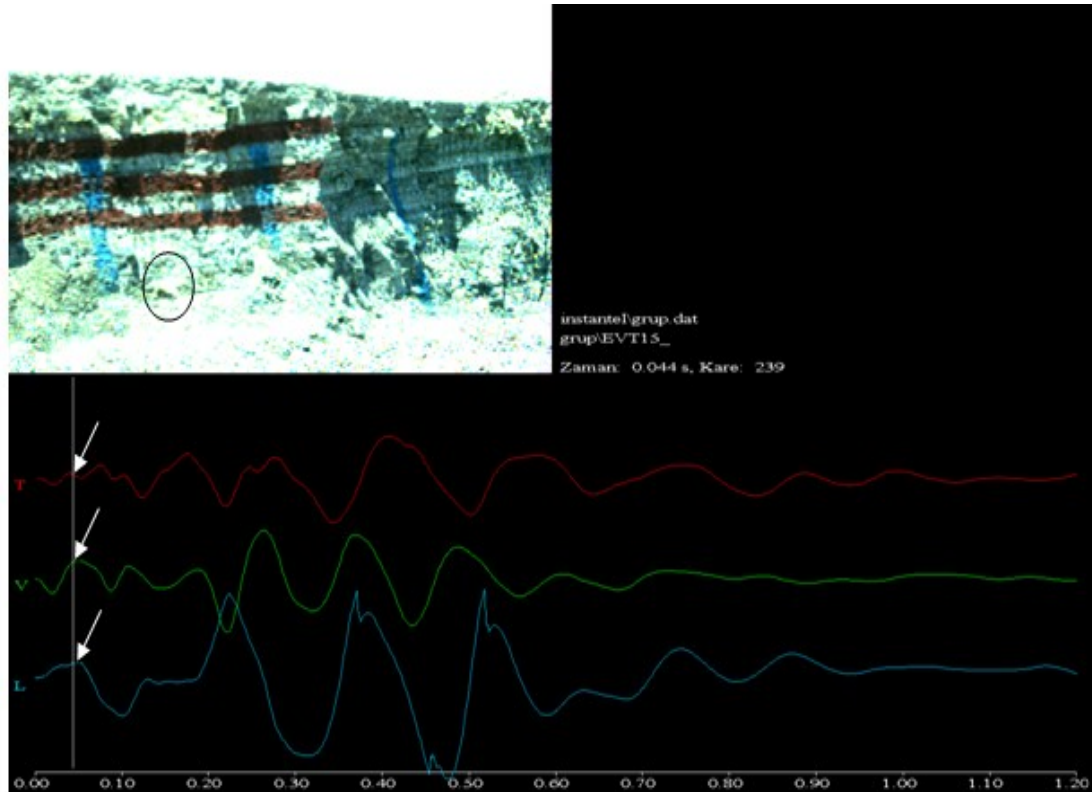
YHVK ve titreşim ölçer verileri, geliştirilen program sayesinde eş zamanlı biçimde değerlendirilecek veri işleme tabi tutulmuşlardır. Şekil 15 - 22 arasında YHVK ve titreşim verileri birlikte incelenmiştir.



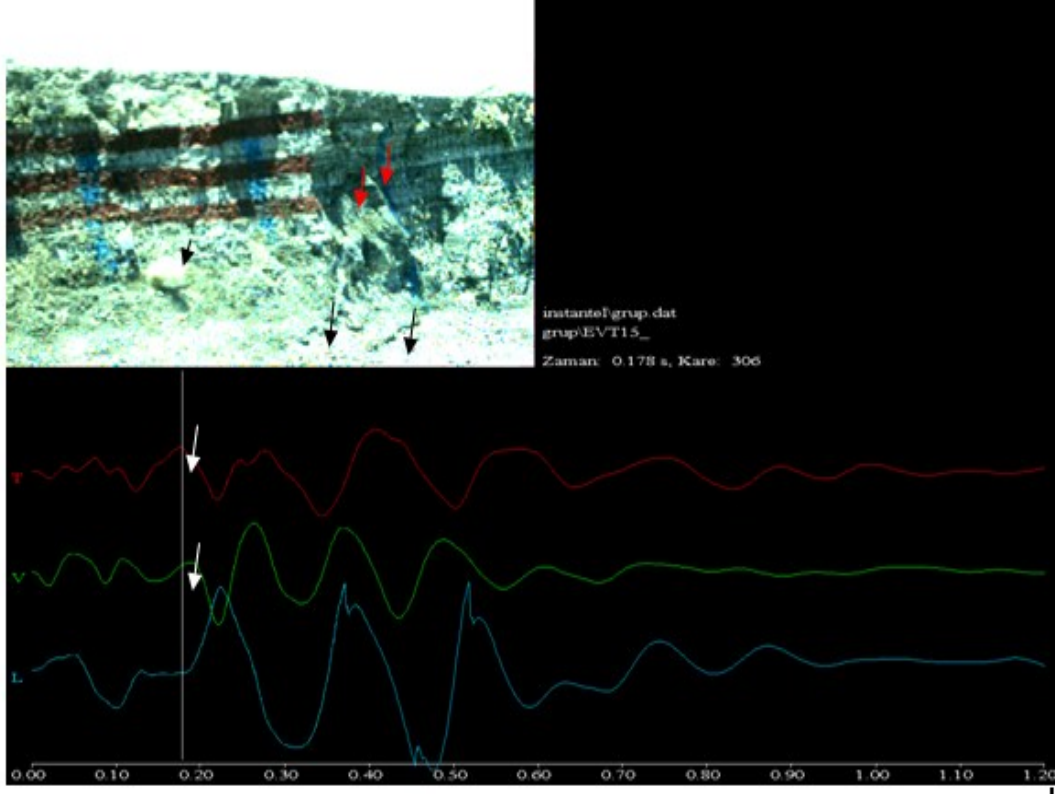
Şekil 15. Eş zamanlı yapılmış YHVK görüntüsü ve sismik veri (Kare 217).



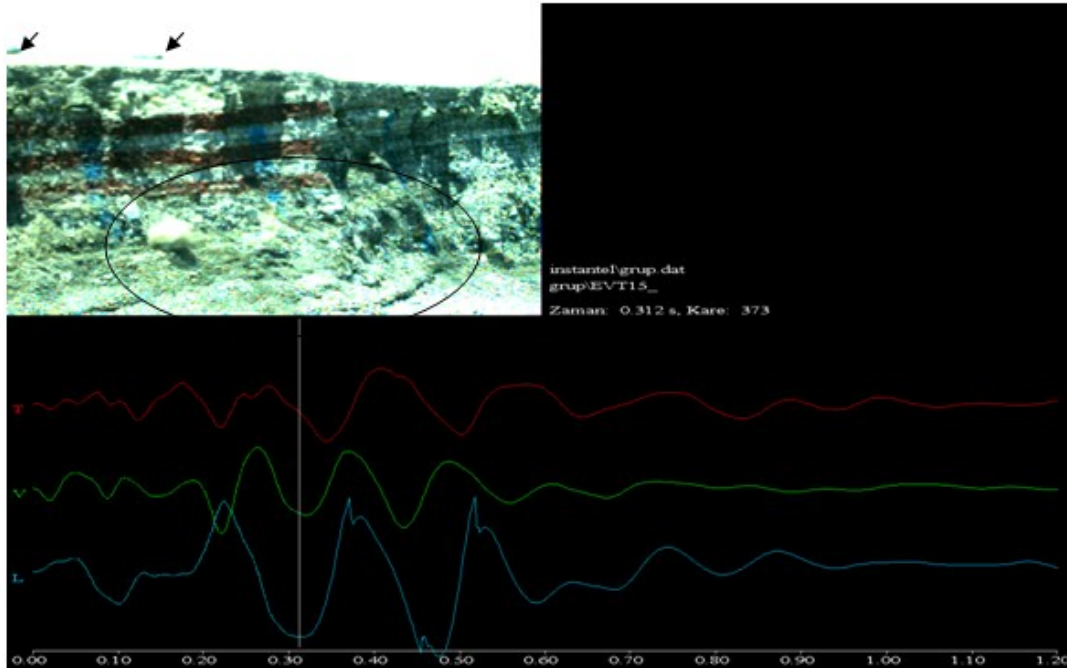
Şekil 16. Yanal ve düşey bileşen sismik veride görülen ilk negatif büyük pikler (beyaz ok), YHVK 'da okla gösterilen yerde, deliğin dibinden başlayıp ilerleyen bir yarıktır.



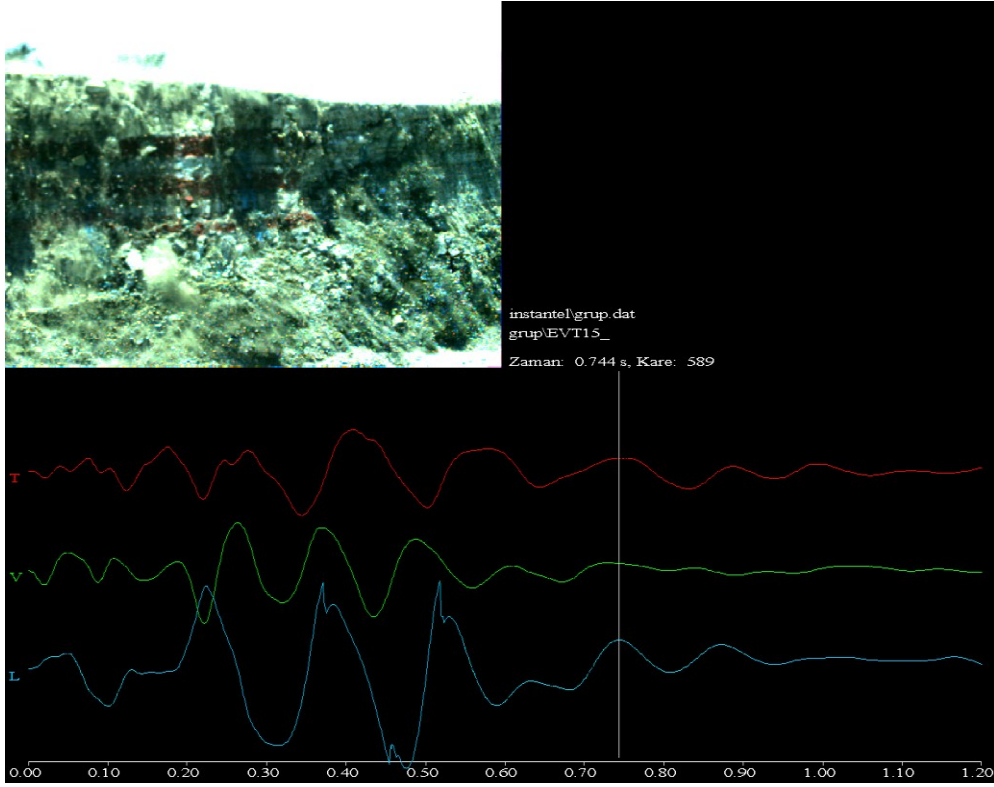
Şekil 17. Şekil 16'da gösterilen yarık ilerlemiş ve daire içinde gösterilen ilk püskürme görülmüştür. Bu püskürme sismik verinin 3 bileşeninde de büyük pozitif genlik olarak kendini göstermiştir.



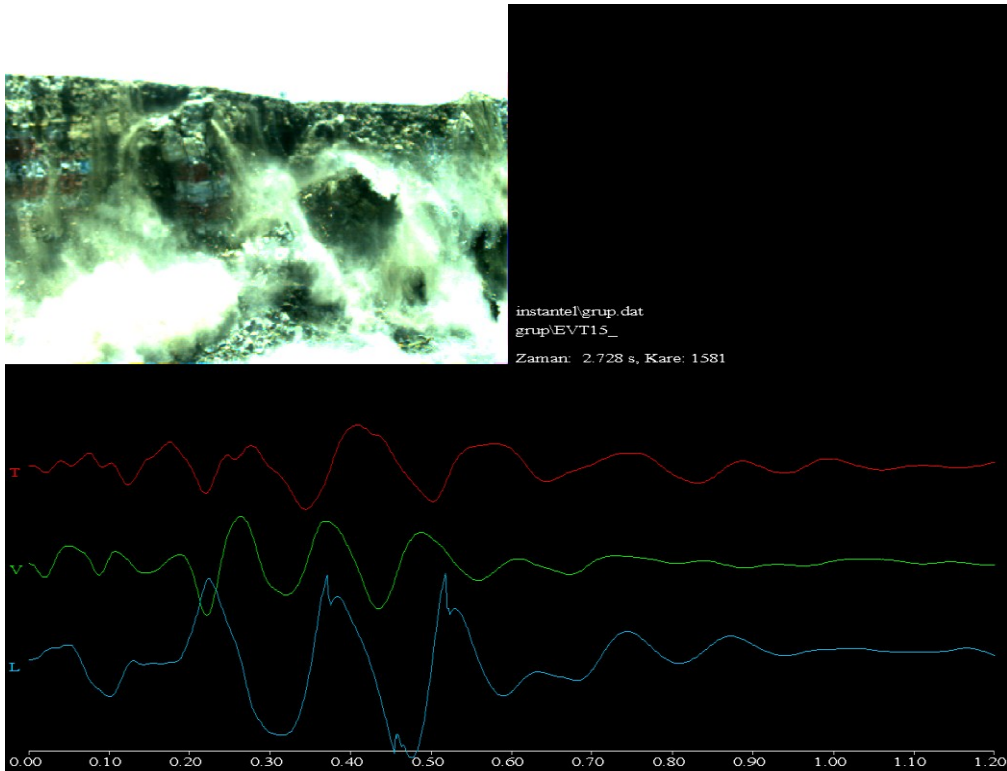
Şekil 18. Delik tabanından püsküren gaz ve toz bulutu artmış, öte yandan tabanda aynanın ötelenmesiyle oluşan malzeme ilerlemesi görülmüştür. Aynı zamanda, kırmızı oklar, delik tabanından yukarı doğru parçalanmayı göstermektedir. Bu durum yanıl ve düşey bileşende pik vermiştir.



Şekil 19. Patlayıcı enerjisi delik tabanından yukarı kadar çıkamadığı için, sadece deliklerin alt bölgelerinde parçalanma ve ötelenme oluşumu. Boyalı olan yerlerde henüz bir değişiklik yok. Ayrıca, okla gösterilen yerlerdeki deliklerden yetersiz sıkılamadan kaynaklanan gaz çıkışı, olmuştur.



Şekil 20. 0.744 saniyede 3 bileşende de genlik büyümesi vardır. Ancak bundan sonra iç öğütme ve parçalanma durmuş, dolayısıyla sismik veri sakinleşmiştir. Yere düşen parça ve bloklar sismik veride herhangi bir büyük genlik vermemektedir. Asıl titreşime neden olanlar, 0.744. saniyeden önce meydana gelen kopma, ayrılma, parçalanma sürecidir.



Şekil 21. Boyalı bölgeler parçalanmadan blok halinde düşmüştür.

3. Sonuçlar

Çalışma kapsamında, YHVK ve titreşim verilerinin bir arada eş zamanlı değerlendirilebileceği bir bilgisayar programı yazılmıştır. Titreşim verilerinin zamanda gecikmesinden kaynaklı, görüntü ile asenkronizasyon problemi ve girişim etkisinin giderilmesi için ters evrişim uygulanmıştır. Böylece, patlatmalara ait sismik sinyaller incelenirken, sinyallerde görülen ve anlamlandırılmayan büyük ya da küçük genlikler, onlarla eş zamanda kaydedilen YHVK görüntüleri incelenerek anlamlandırılmaya çalışılmıştır.

Baştaş Uygulamasında:

YHVK ve Titreşim verileri birlikte analiz edilmiş, patlatma ile birlikte ilk 25ms de patlayıcının yarattığı şok etkisiyle ana kayadan kopma ve parçalanma sürecinin geliştiği ve 3 bileşende de gözlenen büyük genliklerin bu süreç içerisinde olduğu gözlenmiştir. 25. ms den titreşimlerin bittiği 1.20. saniyeye kadar küçük titreşimler gözlenmiştir. Ancak bunlar, şok etkisiyle ana kayadan kopma sırasında olan titreşimler olmayıp, patlayıcının gaz etkisiyle ötelenenerek yere düşen kütlelerin yarattığı titreşimlerdir.

Eskihisar Uygulamasında:

İşletme yetkilileri, 500m kadar yakında olan Yeşilbağcılar beldesi ile olumsuzluk yaşamamak için her patlatmada 3, en fazla 5 delikli patlatmalar yapmaktadır. Bu patlatmada 3 delik kullanılmıştır. Ayrıca basamak yüksekliği fazladır (20 m). Delikler delinirken aynaya yakın delindiği de fark edilmiştir. Delici operatörün de delme sırasında biraz fazla öne doğru deldiği düşünülmektedir. Zira, Şekil 17-20 arasında görüleceği üzere, patlatmanın ilk saniyelerinde patlayıcı enerjisinin bir kısmı, gaz olarak delik dibinden püskürmüştür. Delik boyları uzun olduğu için yemleme miktarı, kolon boyunca infilakı devam ettirmeye yetmemiş, deliklerin tabanında başlayan infilak ortalarında bitmiş, dolayısıyla üst kısımlar parçalanmadan büyük bloklar olarak düşmüştür. Bu durumda, delik sayısını arttırarak deliklerin birbirleriyle yardımlaşmalarının sağlanması (İç öğütme) önerilmiş, titreşim probleminin uygun gecikme elemanları kullanarak çözülebileceği söylenmiştir. Araştırmacılar titreşimi en aza indirme konusunda, 2005-2007 yılları arasında aynı bölgede çalışmışlar ve yeni bir metot geliştirerek yayınlamışlardır (Aldaş ve Ecevitoglu, 2008).

Bazı deliklerde, sıkılama yetersizliğinden dolayı gaz püskürmesi olduğu tespit edilmiş (Şekil 19), bu konuda gereken bilgilendirme yapılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Tübitak tarafından desteklenen 108 M359 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür. Çalışmanın arazi çalışmaları Baştaş Çimento'ya ait taş ocağı ve TKİ Eskişehir Kömür İşletmesi ocağında yapılmıştır. Yazarlar, her iki işletmenin yetkililerine ve delme-patlatma sorumlusu mühendislerine, projenin arazi çalışmalarına yaptıkları katkıdan dolayı teşekkür ederler. Ayrıca, çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen Aslı Z. Can ve Başak Toprak, Ezel babayiğit ve İsmail Ergüder'e de teşekkür ederler.

Kaynaklar

Adhikari G.J., Theresraj A.I., Venkatesh H.S., 2004. Ground Vibration Due to Blasting in Limestone Quarries, *Fragblast*, Vol.8, No.2.

Aldaş, G.G.U., Ecevitoglu, B., 2008. Waveform Analysis in Mitigation of Blast-Vibration. *Journal of Applied Geophysics*. Vol.66, pp 25-30.

Aldaş G.G.U., Esen S.,1999. Sivas Demir Export Kangal Kömür İşletmesinde Barutsan A.Ş. Patarge Projesi Kapsamında Araştırma Raporu.

Aldaş, G.U., Bilgin, H.A.,2004. Effect of Some Rock Mass Properties on Blasting Induced Ground Vibration Wave Characteristics at Some Open Pit Mines", *CIM Bulletin* Vol. 97. No:1079. pp.52-59

Aldaş G.G.U., Bilgin H.A., Esen S., 2001. Timing Simulation for the Selection of Optimum Delay Time, 17th International Mining Congress, Ankara Turkey, 317-322.

Blair D.P., 2008. Non-Linear superposition models of blast vibration. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 45. 235–247.

Blair D.P., 200. The frequency content of ground vibration. *Fragblast*, Vol.8, No:3, p.151-176.

Chiepetta R.F., 1998. Blast Monitoring Instrumentation and Analysis Techniques, with an Emphasis on Field Applications. *Fragblast*, Vol.2 No:2, 79-122.

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

Dowding, C.H., 1985. *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, 297 pages.

Konya, C.J., Walter, E.J., 1991. Rock blasting and overbreak control. *Precision Blasting Services*, Montville, Ohio, Report to U.S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, December, 415 pages.

Kuzu C., 2001, Nasuf E., Örgün Y., Yalçın T., Öztürk A., 2003. Büyükçekmece Gölü

Batısı Alanda İşletilen Taş Ocaklarındaki Üretim Atımlarından Kaynaklanan Sarsıntıların İncelenmesi, IV Kuvaterner Çalıştayı.

Olofsson, S.O., 1998. Applied explosives technology for construction and mining. The publisher name is APPLEPLEX, P.O.Box 71 Sweden, pp.304.

Siskind, D.E., Crum, S.V., Plis, M.N., 1993. Blast Vibrations and Other Potential Causes of Damage in Homes Near a Large Surface Coal Mine in Indiana, RI 9455, Bureau of Mines, 62 pages.

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

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

Ulusay R. ve Yoleri M.F., 1990. TKI Yatagan Slope Stability Report. MTA Report No: 9089.

Venkatesh H.S., 2005. Influence of Total Charge in a Blast on The Intensity of Ground Vibrations-Field Experiment and Computer Simulation, Fragblast, Vol.9, No.3.