T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ **ÇORUM BELEDİYESİ**

Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi **Strateji Geliştirme Müdürlüğü**

ÇORUM BELEDİYESİ VE ÖZEL SEKTÖRE AİT TAŞ OÇAKLARINDA ÇEVREYE DUYARLI PATLATMA YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE VERİMLİLİK ANALİZLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

SONUÇ RAPORU

ARAŞTIRMA PROJESİ

Proje Yöneticisi:

Pro.Dr. Vedat Deniz

Başlama Tarihi : 03.03.2015
Bitiş Tarihi : 22.02.2016

Çorum – 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ **1**
1.1. Genel **1**
1.2. Araştırmanın Amacı **2**

2. TAŞ OCAKLARINDA ERGONOMİK OLMAYAN UYGULAMALAR **3**
2.1. Ocak Kademelerinin Belirlenmesinde Ergonomik Olmayan Uygulamalar **4**
2.2.Delme İşlemi ve Delici Makine ile İlgili Ergonomik Olmayan Uygulamalar **5**
2.2.1. Delme İşlemi ve Dizaynı ile Uygulamalar **5**
2.2.2. Delici Makine ile Uygulamalar **7**
2.3.Patlayıcı ve Patlatma ile İlgili Ergonomik Olmayan Uygulamalar **8**
2.3.1. Patlayıcı Maddeler İle İlgili Uygulamalar **8**
2.3.2. Ateşleme Sistemi İle İlgili Uygulamalar **11**
2.4.Patlatma Sonucu Çevresel ve İş Sağlığı Açısından Ergonomik Olmayan Uygulamalar **14**

3. PATLATMADAN KAYNAKLI YER TİTREŞİMİ (SARSINTISI) VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ **19**
3.1. Patlatma İle Çevreye Verilen Hasar Konusundaki Anlaşmazlıklar **19**
3.2. Hasar Ölçütleri ve Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesinde Göz Önünde Tutulan Ulusal be Uluslararası Normlar **20**
3.3. Hasar Sınıflaması **21**
3.4. Titreşim Ölçütleri **22**
3.4.1. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği **22**
3.4.2. ABD Madencilik Bürosu'nun (USBM) Alternatif Patlatma Hasar Ölçütü. **23**
3.4.3. DIN 4150 Alman Normu **24**
3.4.4. İsveç Standardı **24**
3.5. Ölçekli Mesafe Kavramı **25**
3.6. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini **26**
3.7. Hava Şoku ve Gürültü **26**
3.7.1. Hava Şoku ve Gürültü Ölçümü ve Karakteri **27**
3.8. Yer Titreşimi (Sarsıntısı) ve Hava Şoku İzleme Sistemleri **29**
3.9. Örnek Bir Yer Titreşimi (Sarsıntısı) ve Hava Şoku (Gürültü) İzleme Sistemi ve Teknik Özellikleri **29**

4. PATLATMA TASARIMI **31**
4.1. Basamak Patlatması Terimleri **31**
4.2. Tasarım Parametreleri **32**

5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ **34**
5.1. Sahaya İlişkin Genel Bilgiler **34**
5.2. Sahaya Ait Stratigrafik Bilgiler **35**
5.2.1. Mezesoik **37**
5.2.1.1. Devecidağ Karısığı (Trd) **37**
5.2.1.2. Kızılcın Kireçtası (Trdk) **37**
5.2.1.3. Ferhatkaya Formasyonu (JKf) **37**
5.2.2. Tersiyer **37**
5.2.2.1. Yoncalı Formasyonu (Tey) **37**
5.2.2.2. Bayat Formasyonu (Teb) **38**
5.2.2.3. Kızılırmak Formasyonu (Tmk) **38**
5.2.2.4. Bozkur Formasyonu (Tmb) **38**
5.2.2.5. Büyüksehefenditepe Formasyonu (Tpb) **38**
5.2.3. Kuvaterner **39**
5.2.3.1. Alüvyon (Qal) **39**

5.3. Bölgenin Yapısal Jeolojisi 39
***5.3.1. Kıvrımlar* 39**
***5.3.2. Faylanmalar* 39**

6. METARYEL VE YÖNTEM 41
6.1. Materyal 41
6.2. Metot 41
6.3. Başlangıç Risk Analizi 45
***6.3.1. Maksimum Partikül Hızının (PPV) Belirlenmesi* 46**

7. ÇORUM BELEDİYESİ MELİKGAZİ MEVKİİ TAŞ OCAĞINDAKİ TİTREŞİM ve HAVA ŞOKU (GÜRÜLTÜ) ÖLÇÜMLERİ 48
7.1. Arazi İncelemeleri 49
7.2. Mineralojik-Petrografik Özellikler 56
***7.2.1. Makroskobik İnceleme* 56**
***7.2.2. Mikroskobik İnceleme* 56**
7.3. Kimyasal Özellikler 56
7.4. Fizikomekanik Özellikler 56
7.5. Patlamadan Kaynaklı Titreşim ve Hava Şoku (Gürültü) Kayıt Ölçümleri 58

8. ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ 60
8.1. Titreşim ve Hava Şoku Ölçüm Sonuçları 60
8.2. Titreşim Ölçümlerinin Yönsel Değerlendirmesi 64
8.3. Titreşim Ölçümlerinin Hasar Riski Değerlendirmesi 65
8.4. Yönsel Açıdan Tahmin Yaklaşım Denklemleri İle Gecikme Başına Güvenli Patlayıcı Miktarının Belirlenmesi 67
8.5. Patlama Sonucu Oluşan Hava Şok Basınç (Ani Gürültü) Ölçümleri 71
8.6 Taş Sıçramalarından Kaynaklı Çevresel Etkiler 73
8.7. Tozdan Kaynaklı Çevresel Etkiler 73
8.8. Elektriksiz (Non-El) ve Elektronik Ateşleme Sistemleri İle Yapılan Patlatma Ölçümlerinin Titreşim ve Hava Şok Basıncı Açısından Kıyası 74

9. SONUÇ VE ÖNERİLER 77

TEŞEKKÜR 79

KAYNAKLAR 80

EKLER 82

1.GİRİŞ

1.1. Genel

Ülkemizde 81 ilin 81'inde de karayollarının, belediyelerin ve özel sektörün çalıştırdığı taş ocakları bulunmaktadır. Tam olarak sayısı bilinmemekle birlikte 700'ün üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu kadar geniş üyeli sektör olmasına rağmen bilimsel ve teknolojik uygulamalardan yoksundur. Bu eksiklik ve kusurlar nedeniyle hem çevre açısından zorluklar çıkarmakta hem de işletmenin verimsizliğine ve birim ton başına maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Deniz ve Öğütcü, 2006; Deniz, 2009).

Özellikle ocak ve tesis çavuşları teknoloji ve yeniliklere açık olmayıp, alıştıkları düzenlere devam etme isteğinden ve kendi yetersizliklerinin ortaya çıkmasını istememelerinden dolayı işletmelerin verimsizliğine neden olmaktadırlar. Aslında, yukarıda bahsedilen olumsuzluklara bazen işletme kurulurken bazen de işletme kurulduktan sonra bazı düzenlemeler getirdiğimizde verimlilik artacak ve birim ton başına maliyetler düşecektir (Deniz ve Bayoğlu, 2006).

Ayrıca, taş ocaklarının çoğunda çalışma ergonomisi açısından insan sağlığı ve çevresel etkileri hesaba katılmadan ve mühendislik yeterliliği olmayan kişi ve kuruluşlar tarafından yürütülmektedir.

Ergonomi; iş yükü ve çalışma gücünün en iyi şekilde dengelenip, hem çalışanın sağlığını koruyan, hem de üretimin artmasını sağlayan insan–makine–çevre sisteminin başarılması için çeşitli alanlarda uygulanmasını içerir. Ergonominin birinci amacı insan–makine birleşiminin verimliliğini ve iş güvenliğini arttırmaktır. Çalışmanın yöntemli bir şekilde düzenlenmesini amaçlayan ergonomi aynı zamanda insanın kullandığı araç ve makinelerin yaptığı işin insanın özellikleri ile uygunluk içinde olmasını sağlamaya yöneliktir. Ergonomi uygulamaları sayesinde, insanın çalışırken aşırı zorlanmalar yüzünden yıpranmasını önler ve bu uyum sayesinde iş başarımını artırır (Deniz, 2011).

Birçok taş ocağı işletmesinde işletme verimliği gibi birçok sorun olmakla birlikte, en büyük sorun patlatmadan kaynaklanan çevresel sorunlardır. Bunun sebebi taş ocaklarında taş üretimin yapıldığı yerlerde yerleşim yerlerine ve tesislere yakın olmasıdır. Bunların başında delme-patlatma faaliyetlerinden kaynaklanan yer sarsıntıları, hava şoku (gürültü) ve patlama sonucu açığa çıkan taş fırlamaları ve toz problemleridir.

Patlatmalı kazı işlemlerinde, patlatmanın asıl amacı, kayayı kırarak gevşetmek veya ötelemektir. Çoğu patlatmanın, bu amacı oldukça etkin bir şekilde gerçekleştirmesi tartışılabilir. Yapılan patlatmadan iyi bir sonuç almak için belirli miktarda enerjiye ihtiyaç vardır. Patlayıcı maddeler kullanılarak elde edilen bu enerjinin tamamı kaya üzerinde yararlı iş görmemekte sadece % 20 kadarı patlatmadan verimli bir sonuç almak için kullanılabilmektedir. Toplam enerji dengesi hesaplamaları sonucunda, yer titreşimlerinin patlatma sonrası açığa çıkan enerjinin % 40'ını oluşturduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Berta, 1990). Detonasyon sürecinde kayaya uygulanan enerjinin %60'lık kısmı, sismik dalga ve hava şoku şeklinde verimsiz "artık" enerjiye dönüşür. Bu enerji, patlatma kaynağından uzaklaşarak ihmal edilebilir bir düzeyde tamamen sönünceye kadar uzun bir mesafe kat edebilir. Bu zaman sürecinde, kaya yapılarında ve binalarda önemli hasarlara ve yerleşim yeri sakinlerinin ise, tedirgin olmasına neden olabilir (Kahriman ve diğ., 1999). Bu nedenle, patlatmanın sadece verimli olması değil, çevresel etkileri açısından da emniyetli olması gerekmektedir. Patlatma sırasında oluşacak yer titreşimlerinin çevre yerleşim birimlerine en az düzeyde ulaşması için patlatma tasarımı, kullanılan gecikme aralığı, patlatma kaynağına olan mesafe ve gecikme başına kullanılan en fazla patlayıcı madde miktarı gibi faktörler dikkate alınarak kontrollü patlatmaların yapılması sağlanmalıdır.

Şikâyetlerin nedenleri gerçek ya da psikolojik olabilse de ekonomik ve emniyetli bir patlatma yapılabilmesi için bu şikâyetlere konu olan nedenlerin giderilmesi gerekmektedir. Ülkemizde son yıllarda yaşanan bu sorunlar, gelişmiş ülkelerde daha önceleri yaşanmış ve konunun çözülmesi amacıyla çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bunun yanında çalışma sahalarının yakınında bulunan bazı hassas tesislerde (askeri vb.) ise herhangi bir titreşime müsaade edilmemektedir. Böyle durumlarda konunun çözümü için söz konusu yapıya yer sarsıntısının (tireşim) ulaşmaması için

gerekli patlayıcı miktarının dikkatlice hesaplanması çözüm olarak önerilebilir. Ayrıca, son yıllarda geliştirilen ve gelişmiş ülkelerde yaygın kullanımı olan elektronik, lazer, kablosuz ateşleme v.b. ateşleme türleri titreşim ve hava şoku açısından daha çevreci ve daha güvenli patlatma teknikleri sunmaları sebebiyle ülkemizde de uygulanmasına başlanılması patlatma sorununa çözüm olabilir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma, Hitit Üniversitesi Rektörlüğü ile Çorum Belediyesi arasında imzalanan iş birliği çerçevesinde Çorum Belediyesinin "**Çorum İçin Bir Projem Var**" başlıklı proje çağrısı sonrası değerlendirme ve seçici kurullar tarafından seçilen ve 22.02.2015 tarihinde Hitit Üniversitesi Rektörü Sayın Prof.Dr. Reha Metin ALKAN ve Çorum Belediye Başkanı Sayın Muzaffer KÜLCÜ tarafından bir protokol imzalanması üzerine gerçekleştirilmiştir.

Projenin başlangıcında, Çorum il merkezinde bulunan 4 adet ve şehir merkezinin hemen sınırında kalan 3 adet olmak üzere toplam 7 adet taş ocakları ziyaret edilmiştir. Fakat, Çorum Votorantim Çimento Fabrikasına ait taş ocağı hariç diğer ocak sahipleri patlatma esnasında ölçüm alınmasına şirket gizliliği gerekçeleri ile sıcak bakmamışlar ve projeye dâhil olmak istememişlerdir. Çorum Votorantim Çimento Fabrikası yöneticileri de proje konusuna sıcak baktıklarını, fakat ayrı bir proje olarak çalışma yapmayı uygun görmüşler ve şu anda bu proje çalışması ayrı olarak devam etmektedir.

Proje kapsamında, Çorum ili ve çevresinde bulunan diğer taş ocaklarında patlatma işlemleri gözlemlenmiş ve ocaklardaki patlatmadan kaynaklı çevresel problemlere çözüm için genel anlamda; çeşitli ergonomik uygulama örnekleri verilmiş ve olumsuzluk olarak görülen sorunlara çalışanlar için bazı ergonomik öneriler getirilmeye çalışılmıştır. Çorum şehri merkezinde bulunan toplam 7 adet taş ocağında, üretimde daha çevreci yaklaşımlarla daha sessiz, daha sarsıntısız, daha tozsuz ve taş fırlamaları olmadan ve yer altı suyunu değiştirmeyecek bir üretimin yapılabilmesi konusu üzerine odaklanılmıştır. Proje, çok daha çevreci bakış açıyla nasıl bir sürdürülebilir kırmataş üretilebileceği üzerene yoğunlaşmaktadır.

Çalışmanın özelinde ise; Çorum ili Merkez ilçe Melikgazi Mevkiinde bulunan Çorum Belediyesine ait taş ocağındaki patlatmalı kazıların, söz konusu ocağa kuzeybatı yönüne 340-550 m mesafede bulunan Şantiye binası, Trafo ve Kantar gibi yapılar ile güneybatı yönüne 460 m mesafede bulunan Melikgazi Bağ evleri ve 575 m mesafede bulunan Afet Konutlarına hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup/olmayacağı konusunda yapılan patlatmalar (atımlar) sırasında titreşim ve hava şoku (ani gürültü) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, çevresel faktörleri minimize edebilmek ve daha güvenli patlama sağlamak için geliştirilmiş ve 80'li yıllardan bu yana yaygın kullanımı olan Elektronik Kapsüller ile Türkiye'de 2014 yılında ilk olarak İstanbul ilinden sonra Çorum'da elektronik patlatma testi yapılmıştır. Testler sonrası, hava şoku ve titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yaparak bir ön değerlendirme yapılmış ve söz konusu binalarda hasar vermeyecek tarzda patlatma tasarımının yapılması amacıyla önerilerde bulunulmuştur.

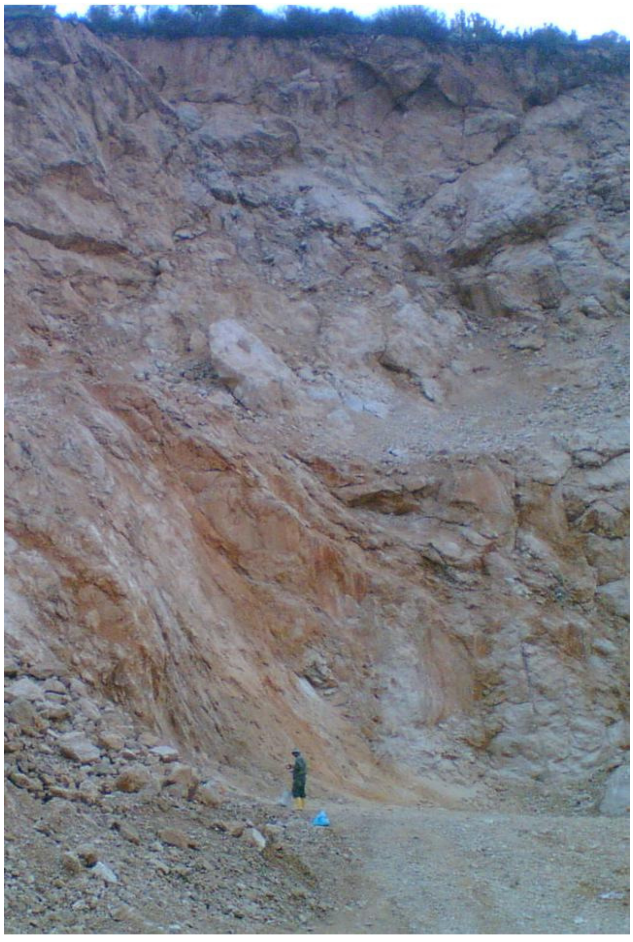
2.TAŞ OCAKLARINDA ERGONOMİK OLMAYAN UYGULAMALAR

2.1.Ocak Kademelerinin Belirlenmesinde Ergonomik Olmayan Uygulamalar

Kademe yüksekliklerinin uygunsuzluğu ve kademeler arasındaki mesafelerinin belirlenmesindeki özensizlikler hem işletme maliyetlerini etkilemekte hem de iş güvenliğini tehdit edebilmektedir. Taş ocakçılığında, karayollarında çalışan ateşçi belgeli elemanlarının eski alışkanlıklarından olan galeri patlatmaları yüzünden; ocak görünümü bozulmuş ve ocak işletmeciliğinde ergonomik olmayan olumsuzluklar meydana getirmişlerdir (Şekil 2.1).

Galeri patlatmalarında, ergonomik olmayan patlatma işlemlerinin verimsizliği nedeniyle iri blok çıkmasına neden olmaktadır. Bu durumda, iri bloklar tekrardan bir hidrolik kırıcı ile kırılması (Şekil 2.2) veya patar atımı (Şekil 2.3) yapılmasını gerektirmektedir. Bu durum, hidrolik kırıcı makinesinin yakıt tüketimini veya patarların tekrar'dan delinip patlatılmasından delme-patlatma maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca iş güvenliği açısından da tehlike yaratmaktadır. Bir çok taş ocağında, galeri atımları nedeniyle iş makinesi hasarlarına, işçi yaralanmalarına veya ölümlerine neden olmaktadır (Şekil 2.4-2.7).

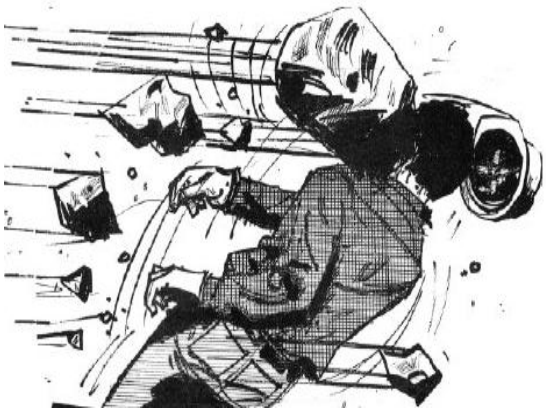
Taş ocaklarında, galeri patlatmalarından kademeli (basamaklı) üretime geçme süreci yavaş yavaş ve son 5-10 yıldır olmaktadır. Genelde, basamak yükseklikleri 25-30 m'yi geçebilmektedir (Şekil 2.8-2.9). Oysa, bu durum iş güveliği ve işletme maliyetleri açısından galeri patlatmalarından farkı olmamaktadır. Kademelerin yüksek olması, tüketilen ANFO miktarını artırmaktadır. Örnek verecek olursak; 30 m'lik bir delikteki (89 mm delik çapı) sıkılama boyu 3 m olurken, 27 m'si yaklaşık 135 kg Anfo ile dolmaktadır. 3 adet 10 m'lik ayrı kademe ile patlatılmasında ise 105 kg'lık Anfo kullanılacaktır. Arada 30 kg fark bulunmaktadır. 100 adet 30 m'lik patlatma deliğinde 3000 kg fazla Anfo kullanımı demektir (Deniz, 2009).



Şekil 2.1. Galeri patlatması sonrası ocak görüntüsü

Şekil 2.2. Galeri patlatması sonrası hidrolik kırıcı ile iri blokların kırılması

Şekil 2.3. Patar uygulaması

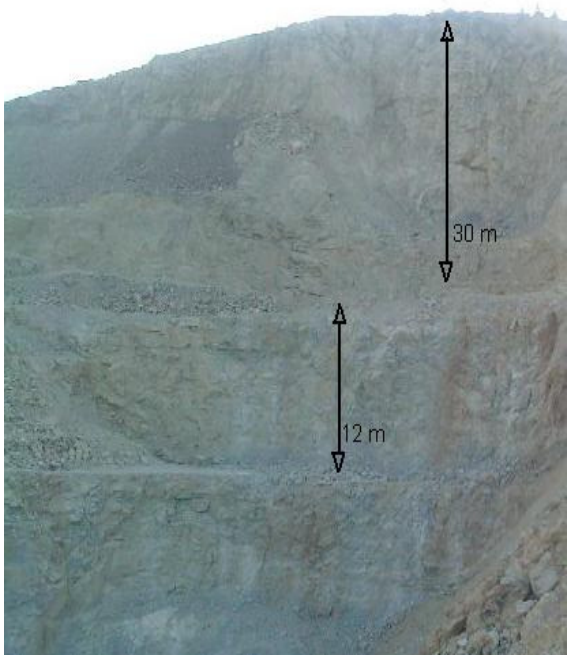


Şekil 2.4. Galeri ve patar uygulaması sonucu işçi yaralanma durumu

Şekil 2.5. Galeri patlatması sonucu iş makinesi zararı

Şekil 2.6. Galeri patlatması sonucu şantiye binasına gelen büyük blok

Şekil 2.7. Galeri patlatması sonrası şantiye yolunun kapanması



Şekil 2.8. Gereğinden fazla basamak yüksekliği olan ocak görünümü

Şekil 2.9. Çok yüksek kademe çalışan ocak görüntüsü.

Ayrıca, 30 m'lik delik delme işlemi sırasında çok fazla tij takım sıkışması olacaktır (Şekil 2.10). Takım sıkışması sonucu, her bir tij 3 m olduğundan 30 m'lik bir patlatma deliğinde 8-10 adet tij kaybına neden olurken, 10 m'lik bir delik'de 1-2 adet tij kaybı olacaktır. Dolayısıyla, patlama maliyetlerinde patlayıcı (Anfo) maliyetinin yanında tij maliyeti de önemli yer tutacaktır.

Uzun patlama deliği ve yüksek basamaklı ocak üretiminin en büyük dezavantajlarından biride, çalışan makinelerin bom boyları yetmediği için ya taş yuvarlaması nedeniyle tehlikeye maruz kalmakta veya iş makinesinin patlamış malzemenin üzerine çıkararak aktarma yapmak zorunda kalmasıdır (Şekil 2.11). Bu durumda, hem iş güvenliği açısından tehdit oluşturmakta hem de aktarma nedeniyle ek üretim maliyeti oluşturmaktadır.

Şekil 2.10. Uzun deliklerdeki delme sonucu tij takım sıkışması

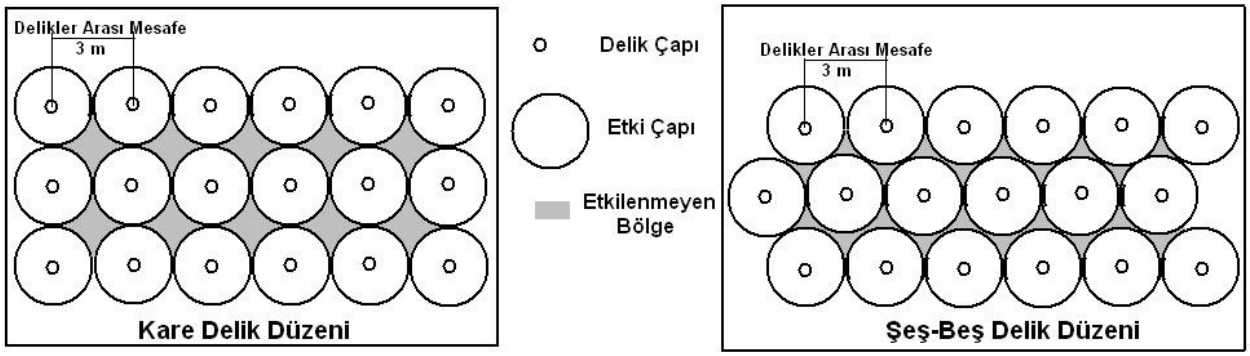
Şekil 2.11. Patlamış malzeme üzerine çıkan makinenin aktarma yapması

2.2.Delme İşlemi ve Delici Makine ile İlgili Ergonomik Olmayan Uygulamalar

2.2.1. Delme İşlemi ve Dizaynı ile Uygulamalar

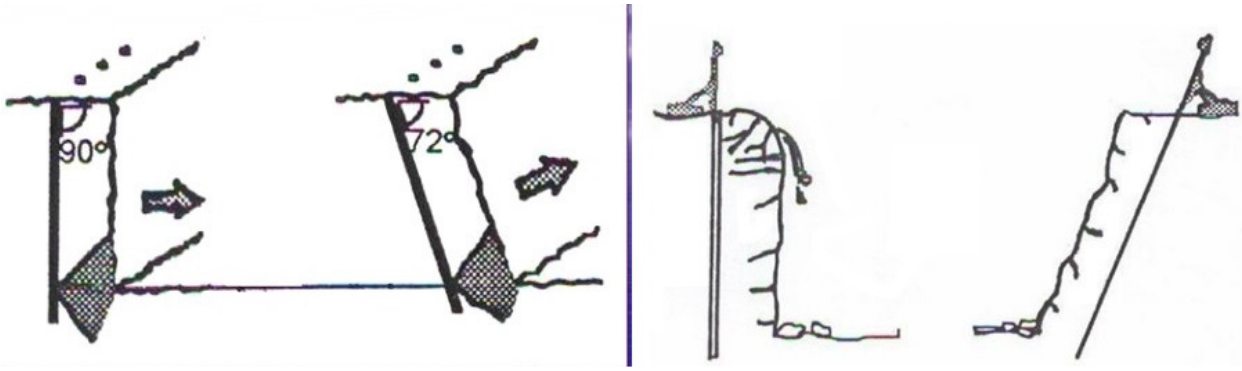
Taş ocaklarında en önemli sorun patlamadan kaynaklanan hatalardır. Bunların başında, delik delme düzeni başta gelir.

Genelde, delik delen operatöre şeş-beş düzeni zor geldiğinden, düz sıra (kare veya dikdörtgen) delik delme uygulanmaktadır (Şekil 2.12). Şekil 2.12'de görüleceği üzere düz sıra düzende delik delmede patlatma verimliliğine etki etmeyen alan oranı (gri renkli taralı alan) şeş-beş düzene göre daha fazla olduğundan elde edilen patlatılmış ürünün iri boyutlu çıkmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.12. Farklı delik dizaynları.

Eğik delme işlemi, dik delme işlemine göre daha verimli patlatılmış ürün vermesine rağmen, delici operatörün kolayına gelmesinden eğik delme yerine dik delmeyi tercih etmektedirler (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Dik (düz) ve eğik delik delme işlemi.

Çoğu taş ocağından dik delme yerine yan delik işlemi uygulanmaktadır (Şekil 2.14). Yan delik işlemi, hem delik doldurma işleminde zorluklar yaratmakta hem de yukarıdaki yükü kaldıramaması nedeniyle daha iri patlatılmış ürün çıkmasına neden olmaktadır (Şekil 2.15). Ayrıca, patlatma verimsizliği nedeniyle çatak yapı daha sonraki patlatmalarda boşluk yaratıp patlayıcı gücünün çatlak boşluklarında emilmesine ve ardışık verimsiz patlatmalara neden olmaktadır. Oysa, dik delme işleminde hem delme işlemi daha kolay hem de çok daha ince ürün elde etmek söz konusudur (Şekil 2.16).

Şekil 2.14. Yan delik uygulamanın zorluğu.

Şekil 2.15. Yan delik delmenin sonucunda verimsiz patlatma görüntüsü.

Şekil 2.16. Düz (Dik) delik delmenin sonucunda patlatılmış ürün boyutu.

2.2.2. Delici Makine ile Uygulamalar

Delik delme işlemlerinde delici makinenin delme verimi ve zaman ile olan yarışı açısından delici makinelerin seçimi genelde doğru yapılamamaktadır.

Çok eskiden bu yana taş ocaklarında delme işlemlerinde, yanlarında bir hava kompresörü ile birlikte çalışan Vagon-drill (Şekil 2.17) denilen pancar motoru ile çalışan kaya delici makineler kullanılmaktadır. Paletli olanlar üretilmeden önce, lastik tekerlekli olanların, yürüme, manevra ve hareket kabiliyetlerini düşürdüğünden dolayı delme işlemi çok uzun zaman alması üretim planlaması yapmayı zorlaştırmakta ve dolaylı olarak üretim maliyetlerini artırmaktadır. Vagon-driller küçük ölçekli taş ocakları için hala kullanılmasının sebebi ilk yatırımının düşük olmasıdır. Şekil 2.17'de 7 kişinin eğimli zeminlerde Vagon-drill'i yürütmek için zorlandığı görülmektedir (Deniz, 2011).

Şekil 2.17. Vagon-drill delici makine ve eğik zeminlerde Vagon-drill'in hareket ettirme zorluğu

Vagon-drill'lerin delme işleminde delikteki kırıntıları hava ile dışarıya atmaya yarayan mazotlu kompresörlerin mazot tüketimlerinin fazla olması ve özellikle tüketilen mazot miktarına göre delinen delik metresi oldukça az olması sebepleri ile günümüzde, değişik markalarda, Rock adını verilen (Şekil 2.18) kaya delici makineler son yıllarda taş ocaklarında kullanımı artmıştır.

Vagon-drillerin delinen taşın cinsi, operatörün kabiliyetine göre değişebilmekle birlikte yaklaşık saat'de 5-7 m arası delebilirken, Rock ile saat'de 30-40 m arasında delinebilmektedir. Ayrıca, manevra kayıpları açısından, Rock'un çok fazla avantajı vardır (Deniz, 2009).

Üstelik operatörün çalışma ergonomisi açısından önemli avantaja sahiptir. Vagon-driller ile çalışan işçi kışın yağmur ve kar, yazın ise makinenin çıkardığı aşırı toz ve yakıcı güneşin altındaki kötü çalışma şartlarına maruz kalmaktadır. Rock ile çalışan işçi kapalı kabin içinde (Şekil 2.18) tüm işlemleri gerçekleştirebildiğinden hem tozdan hem de kötü iklim şartlarından etkilenmemektedir.

Şekil 2.18. Rock adı verilen kaya delicileri

2.3.Patlayıcı ve Patlatma ile İlgili Ergonomik Olmayan Uygulamalar

2.3.1. Patlayıcı Maddeler İle Uygulamalar

Ülkemizde, 2000'li yıllarına kadar (günümüzde devam etmekle birlikte) tüm taş ocakçılığında patlatma işlemi gübre adı verilen Amonyum Nitrat ve % 5.5 civarında mazot karışımı ile ANFO (**A**monyum **N**itrat-**F**oil **O**il) üretimi gerçekleştirilirdi. Bu karışımı hazırlamak için yaklaşık 8-10 saat'lik bir sürede ve 6-8 adet beden işçilerinin büyük bir tekne içerisinde küreklerle âdete harç karar gibi karıştırmaları (Şekil 2.19) ve sonrası 20 kg'lık eski yağ tenekeleri veya gübre çuvalları içerisinde ANFO'nun delikler içerisine taşıma işlemi gerçekleştirilmekteydi (Deniz, 2009).

Bu işlem esnasında, işçilerin 50 kg'lık ağır çuvalları taşıma nedeniyle (Şekil 2.20) bel ağrıları ve fıtık sorunlarına neden olması, ayrıca mazot karıştırma işlemi ve taşıma esnasında işçilerin el ve yüzüne mazot'un değmesi ile sağlık problemlerini doğurmaktadır. Bu süreçte işçiler,

rahatsızlıkları sebebiyle sürekli viziteye çıkmak ve rapor almak durumunda kalmaları nedeniyle iş gücü kaybına da neden olmaktadır.

Ticari ANFO ile çok daha ergonomik şartlarda çalışma ortamı sağlanmaktadır. Ticari ANFO'lar hem su geçirmez çuvallarda hem de dökme çimento gibi kamyonlarla şarj edilebilmektedir. Eğer, çuval sistemi tercih edilirse, gübre gibi 50 kg'lık değil 25 kg'lık olarak hazırlanmakta ve çuvallar taşımaya uygun hale getirilmiştir. Çuvallardan mazot sızması olmadığından işçilerin el ve yüzlerine mazot değmesi sonucu sağlık problemlerine neden olmamaktadır. Ayrıca, dökme çimento gibi kamyonlarla deliklere tek kişi ile doldurulabilmesi (Şekil 2.20) ve aynı sürede çok fazla delik doldurulabilmekte ve buna karşın işçilerin aşırı yorulmasının önüne geçilmektedir (Deniz, 2011).

Şekil 2.19. Gübre ve mazot karışımının hazırlanması ve karışımın deliklere doldurulması

Şekil 2.20. Gübrenin el ile taşınması ve ANFO'nun kamyon ile deliklerin doldurulması

Patlatma işlemlerindeki hatalar; başta patlayıcı madde seçiminde Ticari ANFO yerine, gübre ile mazot karışımının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Kanun ve yönetmeliklere göre de gübre kullanımı yasaktır. Aslında, yasal problemin dışında gübre kullanımı işletmelerde verimsizliğe ve yanlış bir bilgi olan "daha ucuz" olduğu sanılan gübrenin aslında daha da pahalı bir ürün olmasıdır.

Ticari ANFO ile gübre arasındaki fiyat farkına Deniz (2009) tarafından aşağıda incelenmiştir;

1 ton Anfo'nun bedeli 1345 TL (KDV dahil)'dir.

1 ton Gübre'nin bedeli 700 TL (KDV dahil)'dir. 1 ton gübreye normal'de 70 lt mazot konulması gerekirken teneke usulü ile ölçüsüz yapıldığı için bu değer 85 lt'yi bulabilmektedir. Bu durumda, 200 TL mazot karıştırıldığında, 850 TL gübre ile mazot karışımının değeri olmaktadır.

Anfo'nun yığın yoğunluğu 0.82 ton/m^3 iken Gübrenin mazot ile karıştırıldığında 1.05 ton/m^3'dür. Yoğunluk farkından dolayı aynı delik hacmi için kullanılacak olan ton Gübre/Anfo miktarı; 1 m^3'lük hacimde 0.810 ton gübre kullanılırken 1.075 ton gübre kullanılmış olacaktır. Aradaki fark 265 kg fazlalık vardır. Bu değer 1 ton gübre de %33 daha fazla kullanım demektir yada %33 daha fazla fiyatının artması demektir. Bu durumda, gübre ile mazot karışımının fiyatı: 1130 TL/ton değerinde olur.

Ayrıca gübrede kullanılan mazot gübrenin içine değil yüzeyine yapışmaktadır. Oysaki, mazotun gübrenin içinde (yani sünger gibi gözenekleri içinde) olması gerekirken, gübre tanelerinin yüzeyine ancak yapıştığından verim kaybı söz konusudur. Bir verim kaybı da Gübrede %33 Azot varken Anfo'da %35.5 Azot vardır. Hesaplamalara göre bu verim kaybı minimum %20 civarlarındadır. Bu durumda; 1355 TL/ton gübrenin fiyatı anlamına gelir.

Bu fiyatın üzerine ayrıca gübrenin hazırlanması için harcanan zaman, işçilik giderleri ve hazırlama hataları ve gübrenin taşınmasının zorluğu gibi problemler hesaba katıldığında en az %10 maliyet artışı demektir. Son gübrenin maliyeti; 1490 TL/ton olur.

Şimdi gübre ile Anfo arasındaki maliyete bakıldığında;

Gübre Anfo

1 490 TL/ton - 1345 TL/ton = **145 TL/ton** arada fark vardır.

Yılda yaklaşık 100 ton gübre kullanıldığı düşünüldüğünde;

Yılda, **14500 TL** fazla gider söz konusudur. Üstelik buna verimsizliğin yol açtığı iri boyutlu parçaların kırılması için hidrolik kırıcı çalışmasından kaynaklanan mazot gideri de katılmamıştır. Bunun yanı sıra, yasal olmayan bir patlayıcının kullanılması gibi cezai sıkıntılar da göz ardı edilmektedir.

Patlatma işlemlerinde, sulu delik problemi kış aylarında daha fazla olmakla birlikte tüm yıl boyunca çok karşılaşılmaktadır. Bu tür durumlarda, genelde ateşçilerin eski alışkanlıkları olan, deliği küçük taşlarla doldurmak, plastik borular ile suyu izole etmek veya da plastik poşetler ile Anfo'yu delik içerisine göndermektir (Şekil 2.21). Fakat, bu tür çözümlerin hiç biri verimli olmamaktadır. Delik içerisi taş ile doldurmak veya plastik boru ile geçme işleminde delinmiş olan deliğin kullanılamaması gibi bir sonuç ortaya çıkmakta ve tabanda topuklar kalmasına neden olmaktadır. Delik içerisine Anfo'nun poşetlenmesi durumunda, sudan daha hafif olması sebebiyle delik dibine inmemekte veya poşetin yırtılması sebebiyle Anfo'nun etkisi ortadan kalmaktadır.

Bu durumun tek çözümü, Emülsiyon Anfo (Slurry) kullanımıdır (Şekil 2.22). Emülsiyon Anfo, deliklerin içerisinde tamamen su olsa bile, sudan daha ağır olması sebebiyle delik dibine inmekte ve suyu dipten yukarıya doğru çıkarması ile deliğin tamamen sudan arındırılmasını sağlamaktadır. Emülsiyon Anfo, suya karşı dayanıklı olması sebebiyle de çok verimli bir patlatma işlemi gerçekleştirmektedir. Ayrıca, Emülsiyon Anfo'nun kuru deliklerde, deliğin yaklaşık 1-2 m'sini doldurarak patlatılması sonucu birçok uygulamada delik tabanın da topuk çıkmasını önlediği de görülmüştür.

Şekil 2.21. Sulu deliklerde emülsiyon tip Anfo

Şekil 2.22. Emülsiyon Anfo'nun poşet ile veya pompa ile ıslak deliklerde kullanımı.

2.3.2. Ateşleme Sistemi İle İlgili Uygulamalar

Türkiye'de nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak inşaat faaliyetleri artmakta ve patlayıcı kullanma ihtiyacı yerleşim yerleri ve hassas yapıların yakınlarında yapılmasını doğurmaktadır. Bu ihtiyaç beraberinde çevresel etki denetimli patlatma gereksinimini de taşımaktadır. Kontrollü patlatma temel kazıları, metro inşaatları, boru hattı inşaatları, şehir içinde kalmış olan taşocakları şeklinde özetlenebilir. Bütün bu yapıların hızlı ve en ekonomik inşası için patlayıcı kullanımı zorunluluğunu getirmektedir.

Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere, 1870'de elektrikli kapsülün bulunması ile patlatma çalışmaları hızla yayılmaya başlamıştır. Zamanla infilaklı fitil ve gecikmeli elektrikli kapsül üretime geçilmiştir. Elektriksiz ateşleme sistemi 1960'larda piyasadaki yerini almıştır. Gecikmeli kapsüllerin üretimiyle patlatmalı kazılar daha kontrollü ve verimli hale gelmiş, üretici firmalar bu ihtiyaçlar üzerine çalışmalarına ağırlık vermişlerdir. 1980'de ilk Elektronik Kapsüller üretilmiştir. Günümüzde firmaların Elektronik kapsüller ve ateşleme sistemleri üzerine Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir.

Önümüzdeki senelerde piyasaya sunulacak olan iki yeni sistem mevcuttur: Kablosuz (Wireless) Kapsül ve Lazer Ateşleme Sistemleri.

Çizelge 2.1. Ateşleme sistemlerinin zaman içerisindeki gelişimi

Tarih	Ateşleme Türü
<1830	Kaz Tüyü
1830	Emniyetli fitil
1861	Adi kapsül
1870	Gecikmesiz Elektrikli
1907	İnfilaklı fitil
1950	Gecikmeli elektrikli (1-16 ms)
1970	Elektriksiz-Non-el (şok tüpü)
1980	Elektronik kapsül
1990	NPED Teknolojisi
2016	Kablosuz ateşleme
2016	Lazer ateşleme

Taş ocaklarında patlatma işlemlerinde eskiden bu yana infilaklı fitil ve gecikmesiz elektrikli adi kapsül kullanımı hala devam etmektedir (Şekil 2.23). Elektrikli adi kapsül kullanımı patlatma esnasında her birinin elektrikli kablolarla bağlanması ve birleşim yerlerinin bantlanması gibi çok büyük bir zaman almaktadır (Şekil 2.24).

Şekil 2.23. Emniyetli fitil, İnfilaklı fitil ve elektrikli adi ve numaralı kapsüllere

Şekil 2.24. Elektrikli kapsül bağlama işlemi

Elektrikli kapsüller ile yapılan patlatma işlemlerinde; patlatma sahasında cep telefonu, telsiz ve diğer elektronik cihazların bulunması veya ocak üzerinden geçen yüksek gerilim hatlarının olması, yağmurlu hava şartları ve yüklü bulutların olduğu durumlarda ani patlamalara neden olabilmekte ve ölümcül kazalara davetiye çıkarabilmektedir. Hatta patlatma işlemini yapan ateşçinin elektrik yüklü olması bile, çoğu zaman iş güvenliğini tehlike altına sokabilmektedir. Yukarıda bahsedilen tehlikeli şartlar ergonomik bir çalışma ortamı yaratmaktan çok uzaktır (Deniz, 2011).

Son yıllarda elektrikli kapsüllerin yerine elektriksiz (non-el) şok tüpü tip kapsüller (Şekil 2.25) madencilik alanlarında kullanılsa da taş ocaklarında bu konuda yeterli bilgiye sahip teknik elamanların olmaması nedeniyle yaygın kullanılmamaktadır. Elektriksiz kapsüllerin avantajlarının başında, elektriksiz olmaları nedeniyle emniyetli olmalarıdır. Ayrıca, kablo kesme-bağlama-bantlama-kabloların birbirine bağlanması gibi işlemler olmadığından çok kısa sürede bağlanmalarıyla çalışanların el ve bel ağrılarını azaltmaktadır (Deniz, 2011).

Şekil 2.25. Elektriksiz (Non-el) kapsüller ve uygulaması

Dünyadaki gelişmiş ülkelerde 1980'li yıllardan itibaren kullanımı devam eden ve son birkaç yıldır ülkemizde de uygulaması olan Elektronik Kapsüller mükemmel zamanlama verilebilen özel kapsüllerdir (Şekil 2.26). Özel bir patlatıcı mekanizmasıyla ateşlenebilen elektronik kapsüller, en uygun güvenlik ve gecikme sağlamaktadır.

Yapı olarak bir kapsül içerisine uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen bir çip yerleştirilerek şarj sonrasında bu iş için üretilmiş bir bilgisayar yardımıyla tüm kapsüllere istenilen hassasiyette gecikme verilebilmesi şeklinde geliştirilmiştir. Başka bir cihaz ile müdahale şansı bulunmayan ve patlatılma imkânı olmayan bir yöntemdir. Aynı patlatma grubunda 40.000 ms ye kadar gecikme verilebilinir. Sistem önce test olarak cihaz üzerinde denenerek, yanlış bir uygulama tespit edilirse tekrardan gecikmeler düzenlenebilir. Diğer sistemlere nazaran 5-10 kat daha pahalı olduğu için kullanımı yaygın değildir. Elektronik kapsüllerin gecikme aralığının sahada mühendis tarafından belirlenmesi, patlatma sonucu çıkan enerjinin kontrolünü planlayan mühendiste olmasını sağlamakta ve emniyeti artırmaktadır.

Sistemin avantajları:

- Yüzeyde patlayan herhangi bir eleman (yüzey gecikme kapsülü ve/veya infilaklı fitil) olmadığı için hava şoku problemleri ve hava şoku kaynaklı şikâyetler minimize edilmektedir.
- Uzaktan kumanda ile 2 km uzaklıktan patlatma yapılabilmektedir. Bu da ateşleyicinin sahayı egemen bir noktadan görerek ateşleme yapmasına imkân vermektedir.
- Kapsüllerin arızalı olup olmadığı önceden test edilerek anlaşılabilmektedir. Bu işlemi Barkod okuyucusu (Scanner) ile yapmak mümkündür. Bu sayede temel kazılarında, bina yıkımlarında atım kesmesi ve/veya patlamayan kapsüller nedeniyle oluşacak riskler ortadan kalkmaktadır.

- 0-10000 ms aralığında, 1 ms aralıklar ile gecikmeler verilebilmektedir. Böylece birim zamanda açığa çıkacak enerjinin kontrolü planlayıcıda olacaktır ve sarsıntı problemleri ortadan kaldırılabilecektir.
- Fazla sayıda gecikme ile daha az sayıda büyük hacimli atımlar yapılarak proje kısa sürede bitirilebilecek, şikâyetler minimize edilecektir.
- Elektronik kapsüller dış elektriksel tehlikelere karşı emniyetli şekilde tasarlanmıştır. Yüksek akım gelmesi halinde kapsül ekstra dirençleri eriyerek devreyi kesmektedir. Akım patlayıcı olan kısmına geçememektedir.
- Elektronik kapsüllerin sapma payı sıfıra yakın olduğu için verilen gecikmede kapsüller patlamaktadır. Dolayısı ile aynı anda detonasyon (ani yanma) olmayacak ve titreşimler doğal olarak düşecektir.

Şekil 2.26. Elektronik kapsüller

2.4.Patlatma Sonucu Çevresel ve İş Sağlığı Açısından Ergonomik Olmayan Uygulamalar

Patlayıcı maddelerin kazı ve yıkım amaçlı kullanımlarında çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk bulunmaktadır. Bunlar;

- Taş sıçraması (savrulması)
- Toz emisyonu
- Yer sarsıntısı (titreşim)
- Hava şokudur.

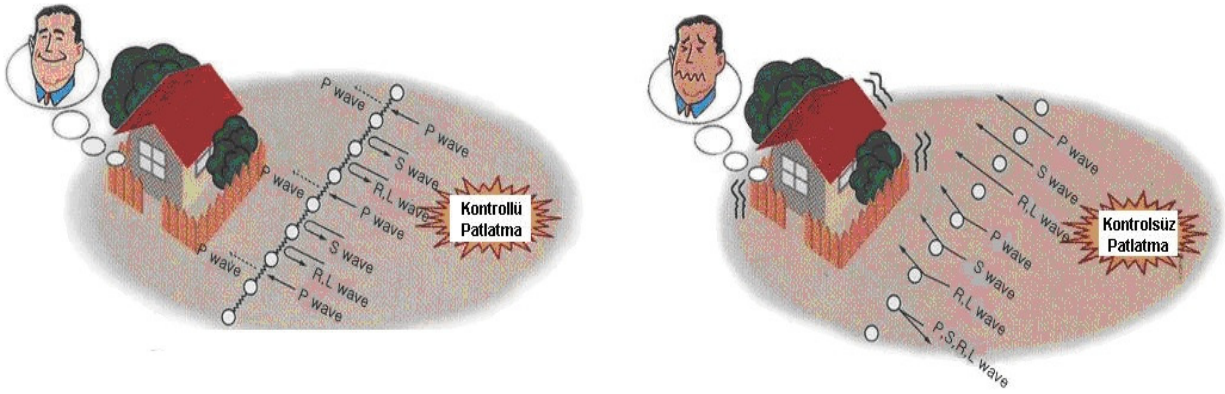
Son yıllarda patlatmalı kazı faaliyetlerinin neden olduğu çevresel etkilerle ilgili şikâyetler; nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak, daha büyük atımlara duyulan ihtiyaçla birlikte giderek artmaktadır. Titreşim, gürültü ve sıçrayan taş gibi çevresel problemler, patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelerin yakınlarındaki yöre halkı kadar, patlatma personeli ve kullanılan donanım (şantiye binaları ve iş makineleri v.b.) açısından da büyük güvenlik sorunları yaratabilmektedir.

Gerek madencilik ve taş ocakçılığındaki her türlü kazı işleminde, gerekse tünel, metro, baraj teknolojilerindeki kazı faaliyetlerinin bir çoğunda patlatma çalışmaları kaçınılmazdır. Bu faaliyetlerdeki boyut ve kapasitelerin artışı doğal olarak kullanılan patlayıcı madde miktarlarını arttırmaktadır. Bu tür faaliyetlerin yerleşim birimlerine yakın (hatta çoğu zaman içinde) olması

ister istemez ortaya çıkan tireşim (yer sarsıntısı) ve hava şoku dolayısıyla giderek artan ölçüde çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu durum çevre sakinlerinin doğrudan can ve mal güvenliklerini etkileyebildiği gibi, psikolojik bazı sorunların doğmasına da zemin hazırlamaktadır.

Bu nedenle, ekonomik bir patlatmanın yanında bu tür sorunların da önlenmesi veya en azından tehlike sınırlarının altına indirilmesi açısından emniyet unsurları dikkate alınmalıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin; patlatma sonucu oluşacak gürültü ve titreşimden (yer sarsıntısı) etkilenmemesi bakımından önemli olan unsur herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmektir.

İnfilaklı fitiller; içindeki PETN'nin patlayıcı olması ve yaklaşık 7.000 m/sn hızla patlaması özellikle çevresel etkiler açısından en büyük olumsuzluktur. Açıkta patlayan kısımları önemli değerlerde hava şoku ve gürültü oluşturmaktadır. Çevre duyarlılığının en üst seviyeye ulaştığı günümüzde elbette bu durum istenen bir durum değildir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. Kontrollü-kontrolsüz patlatma

Elektrikli adi kapsüller; patlatma işlemlerinde tüm kapsüller bir arada patladığından büyük bir gürültü ve ses açığa çıkmaktadır. Ayrıca, aynı anda patlayan kapsüller büyük bir sarsıntıda oluşturmaktadır. Özellikle yerleşim alanlarının olduğu yerlerde bu durum sorun teşkil etmektedir (Deniz, 2011).

Gecikmeli elektrikli kapsüllerde ise; adi kapsüllere oranla daha az ses ve sarsıntı oluşumu çıkmaktadır. Fakat çok sıralı delme işlemlerinde yinede yeterli miktarda gecikme verilememekte ve sonuçta adi kapsülün etkisine benzer ses ve sarsıntı oluşabilmektedir.

İnfilaklı fitil ve elektrikli adi kapsüller, ses ve sarsıntı gibi olumsuz etkileri yanı sıra taş fırlamasına da neden olmaktadır. Bu olumsuz etkiyi azaltmak için gecikmeli kapsüller kullanılsa da, fazla sayıda delik ve fazla sayıda sıranın olması yükü yenme zorluğundan dolayı taş fırlamaları yine de oluşa bilmektedir (Şekil 2.28-2.30).

Şekil 2.28. İnfilaklı fitil patlatması sonucu viyadük yol kapanması

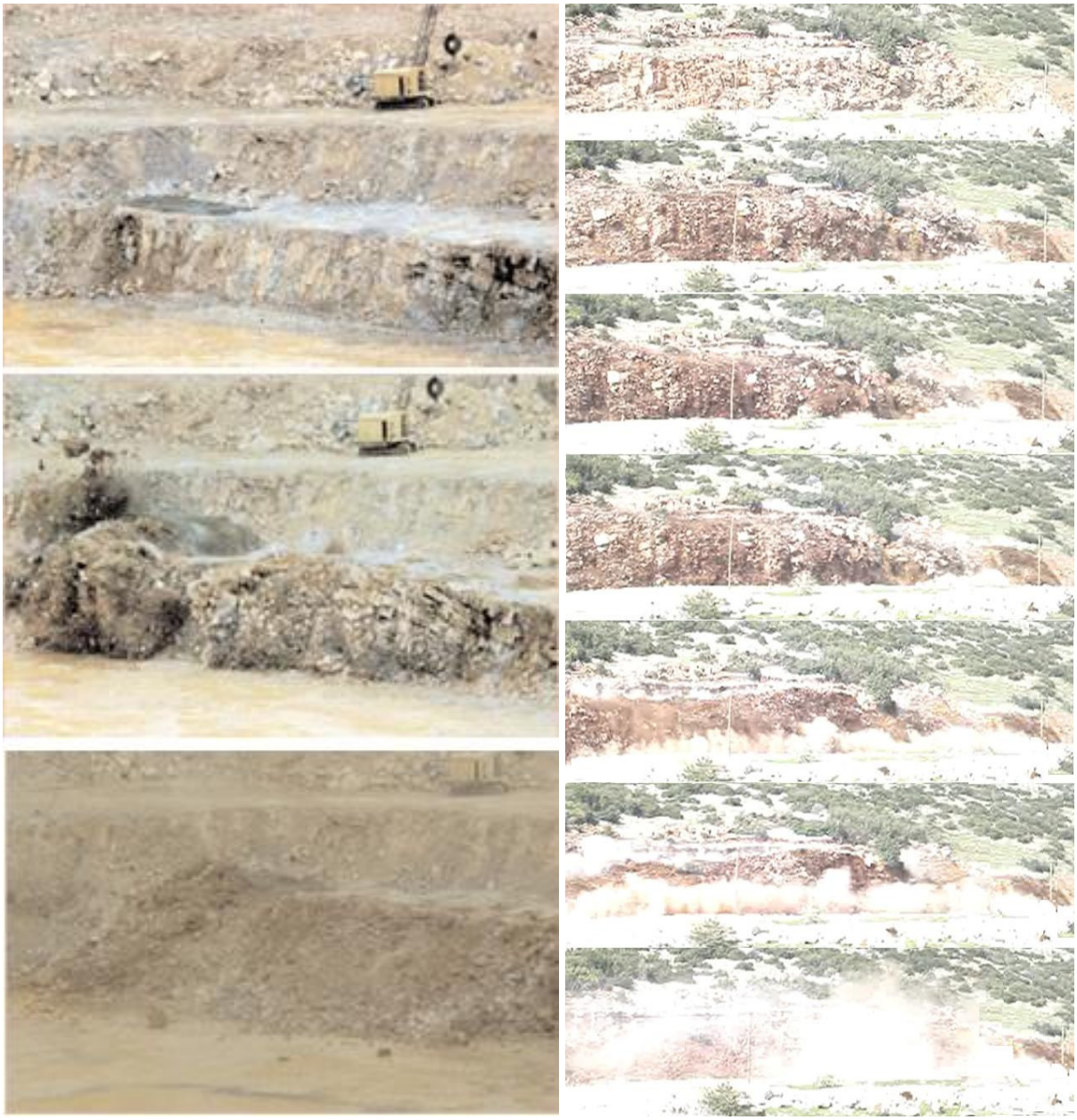
Şekil 2.29. Elektrikli adi kapsül sonucu kötü patlatma uygulaması ve gecikmeli elektrikli kapsüller çok sıralı patlatma sonucu taş fırlamaları

Şekil 2.30. İnfilaklı fitil patlatması sonucu ana yol kapanması

İnfilaklı fitil, elektrikli adi kapsül ve gecikmeli elektrikli kapsül uygulamalarında taş fırlaması, aşırısı ses, sarsıntı ve iş güvenliğini tehdit eden sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle kontrolsüz patlatmanın yarattığı olumsuz çalışma şartlarının yerine kontrollü patlatmaya geçmenin iş güvenliği ve çevre sağlığı bakımından ergonomik çalışma şartlarını oluşturmanın önemi vardır.

Son yıllarda bütün bu olumsuz durumlara çözüm olarak geliştirilen elektriksiz (non-el) kapsüller ile çok daha emniyetli, minimum gürültü, minimum sarsıntı, minimum taş fırlaması ve çok daha küçük parça boyutlu patlamış ürün elde edilebilmektedir (Şekil 2.31). Aslında, elektriksiz kapsüllerin patlatma maliyetine yapacağı ek giderin, elde edilen ürün boyutu ve iş gücü kaybına bakıldığında genel giderleri düşürmesi ile çok daha avantajlı duruma getirecektir (Deniz, 2011).

Yol inşaatlarında da tehlikeli durumlar ile karşılaşılmaması için elektriksiz kapsüller en uygun patlayıcı türleridir. Gecikmenin istenilen aralıklarda verilebilmesi taş fırlamasını minimize etmektedir. Şekil 2.31'de bölünmüş yol çalışması yapılan alanda elektriksiz kapsül uygulaması gözükmektedir. Görüldüğü üzere, sıra ile patlayan kapsüllerin adeta dalga gibi yayılışı gözükmektedir.



Şekil 2.31. Elektriksiz (non-el) ateşleme sistemi ile taş ocağı ve yol patlatma uygulamaları

Elektriksiz Kapsüllerde, şoku ileten tüp içerisindeki malzeme patlayıcı olmayıp patlatma esnasındaki yaklaşık 2.100 m/sn hızla ilerler. Dolayısıyla, bu özelliğine bağlı olarak hava şoku ve gürültü gibi çevresel sorunlar infilaklı fitiller ve elektrikli kapsüllere kıyasla daha az oluşur ve yerleşim yerleri yakın bölgeler için daha çok tercih edilmelidir (Şekil 2.32).

Ayrıca, elektriksiz kapsüller sudan etkilenmediği için deliklerin doldurulmasından sonra, dolu delikler üzerine fıskiye ile su sıkılmakta ve bu sayede minimum toz oluşumu meydana gelmektedir.

Son yıllarda, yol ve yerleşim alanlarına yakın bölgelerde yapılan patlatmalarda taş fırlamalarını önlemek için gelişmiş ülkelerde jeo-tekstil ürünler kullanılmaya başlanılmıştır (Şekil 2.33). Jeo-tekstil ürünler çok küçük taşların dahi patlatma esnasında fırlamalarına izin vermemesi nedeniyle kullanımı yaygın hale gelmektedir (Deniz, 2011).

Şekil 2.32. Yerleşim yerine çok yakın Elektriksiz (Non-el) kapsül patlatma uygulaması

Şekil 2.33. Jeo-tekstil uygulaması

3. PATLATMADAN KAYNAKLI YER TİTREŞİMİ (SARSINTISI) VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Patlatma İle Çevreye Verilen Hasar Konusundaki Anlaşmazlıklar

Ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntıları kısa süreli (gelip-geçici) ve düzensiz yer hareketleridir. Zemindeki bir parçacığın hareket hızına parçacık hızı (partile velocity) denir. Parçacık hızı sıfırdan başlar, en yüksek değerine ulaşır ve giderek sönümlenir. Bundan dolayı, titreşim (yer sarsıntısı) incelemelerinde birinci önemli husus en yüksek parçacık hızıdır. Çünkü en yüksek hız değeri ne kadar büyük ise bina da o denli yüksek şiddette sarsılır. Frekans (f) ise, zemindeki bir parçacığın 1 saniyede kaç kez sarsıldığını gösterir. Frekans devir/saniye veya Hertz (Hz) birimi ile ifade edilir (Bilgin ve diğ., 1999).

Yer sarsıntısının (tireşim) özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde daha çok patlatma tasarımı ve delik düzeni, bilhassa bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenir. Diğer bir deyişle bu etmenlere bağlı olarak oluşan parçacık hızı önemli bir hasar göstergesidir. Ancak patlatma yerinden uzaklarda, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok titreşim dalgasının iletildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir. Diğer bir deyişle arazi katsayıları ve tireşimin (yer sarsıntısının) frekansı da hasar oluşmasında veya oluşmamasında önemli ve tayin edici etmenlerdir (Dowding, 1985; Bilgin ve diğ., 1999).

Araştırmalar göstermiştir ki, patlatmalardan yayılan sismik dalga herhangi bir noktada bulunan bir yapıya ulaştığında, yapının oturduğu kayaçta yarattığı elastik deformasyon şiddeti ancak belirli bir düzeye ulaşır ise yapıda bazı hasarlara yol açacaktır. Bu düzeyin altındaki değerler yapılarda hasara neden olmaz (Siskind ve diğ., 1980). Ancak, patlatmalı kazı yapılan bir projenin çevresindeki yerleşim yerlerinde oturanların çoğu bunu bilmedikleri için gereksiz yere hasar olacak endişesine kapılmaktadırlar. Burada önemli olan bir diğer husus yapının inşa özellikleridir. Aynı karakter ve şiddette sarsıntıya maruz kalan yapılar farklı tepkiler gösterebilirler. Yapının tek katlı veya çok katlı olmasından, kullanılan malzeme türüne ve mühendislik kabullerine kadar birçok parametre değişik tepkilerin oluşmasında rol almaktadır (Erkoç, 1990). Yer sarsıntıları depremler ile benzer etkiler yaptıkları için yapılarda oluşturdukları hasarlar da birbirine benzer. Bu sebeple deprem ya da titreşimden (yer sarsıntısı) oluşan hasarları diğer nedenlerden oluşan hasarlardan ayırmak teknik olarak mümkündür. Nitekim ABD Property Claim Services tarafından hazırlanan bir çalışmaya göre yapılarda tuğla ve sıva çatlaklarına yol açabilecek 40 ayrı neden, su ve su sızıntısına bağlı olarak 25 ayrı neden olabilmektedir (Uyar ve diğ., 1999).

Genellikle insanların fark edebileceği en düşük sarsıntı düzeyi 0.25 mm/s ile 1.5 mm/s arasında parçacık hızına sahip olanlardır. Bu değer 2.5 mm/s' ye ulaşırsa hemen hemen herkes fark eder ve bazı insanlar korkabilirler. Fakat, sarsıntı 10 mm/s ile 17.5 mm/s arasında olduğunda kesinlikle algılanır ve insanlar endişeye kapılırlar (Siskind ve dig., 1980). Oysaki bu değerler binalarda hafif ölçekte bile hasar yaratacak düzeyde değildir. Yaratılabilecek hasar en çok görünüm bozucu türden ve zeminin farklı oturuşu, zemindeki heyelana benzer küçük kaymalar ve mevsimsel su hareketlerinin de yaratabileceği, binanın güvenliğini etkilemeyen kıl inceliğinde çatlaklardan oluşur. Çevre sakinlerinin, hangi düzeyde sarsıntıların konutlara hasar verebileceğini bilmemeleri doğaldır. Bu bilgi eksikliği ve kulaktan dolma varsayımlarla hareket etmeleri yüzünden, algıladıkları sarsıntıların hasar vereceğine inanmakta ve şikâyetçi olmaktadırlar. Bir kısım kötü niyetli kişiler ise işletmeden değişik menfaatler sağlamak için, aslında taş ocağı çalışmalarından etkilenmedikleri halde şikâyetçi olmaktadırlar. En çok şikâyet edilen konu ise patlatmadan kaynaklanan sarsıntıdır. Aslında ocaktaki ağır tonajlı bir kamyon, yürüyen bir vinç bile daha şiddetli sarsıntılara yol açabilecek iken çevre sakinleri yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı, patlatmanın sarsıntısını büyütmektedirler. Eğer binaların, kalitesine göre sarsıntıdan hasar görmemesi gerekirken hala şikâyet var ise, yapılması gereken uzman kişiler tarafından incelenmesidir.

Şikâyetlerin bir kısmının da gerçek hasara bağlı şikâyetler olabileceği göz ardı edilmemelidir. Çünkü kısa mesafelerde önce gövde dalgaları olarak yayılan patlatma kaynaklı sismik enerji, kayaç içerisindeki süreksizliklerde kırılma ve yansımaya bağlı olarak birden fazla ve değişik karakterde dalgaların oluşmasına yol açarlar. Bir patlatmadan sonra kayıt noktasına önce yüksek hızları nedeniyle P ve S dalgaları ulaşır. Daha sonra, katmanlar arasında yoğunluk farkı olduğu durumlarda polarizasyon olarak tanımlanan olay ile ya da formasyonun bünyesinde gerilme birikmesine bağlı olarak P ve S dalgalarının oluşturduğu Rayleigh ve Love dalgaları oluşur. Bunlardan Rayleigh dalgası geriye bastırılmış eliptik hareket veren bir yüzey dalgasıdır. Boyuna ve düşey eksende bileşenleri bulunur. Love dalgası ise enine polarize olan bir dalga formudur. Tavanda ve tabanda iyi yansıma koşulları olan katmanlarda oluşmaktadır. Yalnızca boyuna ve enine yönlerde bileşenleri bulunur (Erkoç, 1998).

Bu dalgaların genlikleri de esas patlatma dalgalarının genliklerinden büyük olabilir ve düşük frekanslı olan bu dalgalar şikâyet konusu olan yapıyı rezonansa sokarak, ölçüm cihazının gösterdiği değerlerden çok daha büyük değerlerle sarsılmasına sebep olabilirler. Bu nedenle şikâyetin söz konusu olduğu yerlerde gelişmiş tekniklerle ileri düzeyde analizlerin yapılması gerekmektedir.

Sarsıntının böylesine gündeme gelmesinde ocak sahiplerinin galeri patlatmalarından vazgeçmemelerinin de gündeme gelmesinde önemli katkısı olmuştur. Çünkü galeri patlatmaları ile çevre yerleşim yerlerine yüksek genlikte ve kontrol edilemeyen yer sarsıntıları verilmektedir. Ayrıca hava şoku ve galeri ağzı püskürmelerine bağlı olarak taş sıçraması (savrulması) ile de önemli hasarlar verilmektedir. İşte bu güne kadar olan galeri patlatması şeklindeki bu yanlış uygulamalardan dolayı halk duyarlılaştırılmış ve en ufak bir sarsıntıdan rahatsızlık duyar hale getirilmiştir. Üstelik galeri patlatmasında yüksek aynaların göçertilmesi ile her türlü malzemenin karışmasına neden olduğu için kırmataş kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, patar'lık büyük blokların fazla çıkması ile ikincil kırma maliyetini arttırarak ocak işletme maliyetini artırmaktadır. Son yıllarda, bu olumsuzlukları nedeniyle galeri patlatmalarından vazgeçilip basamak patlatmasına geçildiği halde, yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı eski olumsuz algılar nedeniyle çevre halkı tarafından şikâyetler devam etmektedir.

Kamu kuruluşlarının ocak sahipleri ile yöre halkı arasındaki bu uzlaşmazlıklarla ilişkisi de sorunu büyütebilmektedir. Yörede yatırımcı kimliği ile bulunan ocak sahiplerine kamu kuruluşları şikâyetlerle ilgili hassas değerlendirmeler yerine, sadece standartlar üzerinden yapılan yorumlarla yetinmektedirler. Bu durum hem halk üzerinde güvensizliğe yol açmakta, hem de olası sorunların örtbas edilmesine neden olmaktadır. Öte yandan, denetim ve hukukun uygulanması görevini üstlenen yerel mülki amirler, tarafları anlaşmaya zorlaması, sorunların daha bilimsel metotlar ile analiz edilmesine ve uzlaşmazlıkların bu şekilde kesin olarak çözümlenmesine engel olmaktadır. Kuşkusuz kökeninde iyi niyet yatan bu tip davranışlar, maalesef yöre halkını kötü niyetli düşünmeye teşvik etmekte, şikâyetlerin yapay olarak artışına neden olmaktadır.

Sarsıntıdan kaynaklanan hasarları gidermek veya tazminat ödemek, ocak işletmecisine daha yüksek maliyetler getirir. Durum böyle olunca, şikâyetlerin haklı olup olmadığının araştırılması hem çevrede bulunan yerleşim yerlerinin korunması, hem de kazı yapan kuruluşların olabildiğince ekonomik çalışmasının sağlanması için gereklidir. Bunun yolu da yerinde yapılan bilimsel ölçütlerin dikkate alındığı ölçümlerdir.

3.2. Hasar Ölçütleri ve Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesinde Göz önünde Tutulan Ulusal ve Uluslararası Normlar

Patlatma kaynaklı yer sarsıntıları, kısa süreli (geçici) ve düzensiz yer hareketleridir. Bu tür bir hareketi, durgun su yüzeyinde sabit duran bir mantarın veya kağıt'tan bir kayığın, suya bir taş atılmasıyla iç içe oluşan konsantrik dalgalardan etkilenip devrik şekilde hareket etmesine benzetmek mümkündür. Dalgalar sürüklenip, su durgunlaştıkça mantarın hareketi de yavaşlar ve

durur. Zemindeki bir parçacığın (taneciğin) hareketi de mantarın hareketi gibi olup, zemindeki parçacığın hareket hızına parçacık hızı denir. Parçacık hızı sıfırdan başlar en yüksek değerine ulaşır ve giderek sönümlenir. Yer sarsıntısının (tireşim) özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde; daha çok patlatma tasarımı ve delik düzeni, bilhassa bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenir. Diğer bir deyişle bu etmenlere bağlı olarak oluşan parçacık hızı önemli bir hasar göstergesidir. Ancak patlatma yerinden uzaklarda, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok tireşim dalgasının iletildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir. Arazi katsayıları ve titreşimin frekansı da hasar oluşumunda veya oluşmamasında önemli ve tayin edici etmenlerdir. Yer sarsıntılarının frekans özellikleri başlıca iki unsurdan etkilenirler. Bunlar jeoloji (kaya türleri) ve ateşlemelerdeki gecikme aralığıdır. Çevresel şikâyetlerin çoğunda, parçacık hızı limit değerinin çok altında olduğu ve hiç bir hasarın meydana gelmediği durumlarda dahi ciddi titreşim hissedildiği yönündeki his ve endişeler tamamen düşük frekans özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü düşük frekanslı dalgaları insanlar kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda ise insanların bunları algılaması çok zordur ve bu nedenle fazla endişeye kapılmazlar. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yer değişimler ve yüksek düzeyde birim deformasyonlar yarattığı ve yapıların öz yapısal frekanslarına yakın oldukları için hasar olasılığını da arttırır. Binalarda hasar olasılığı, zeminde patlatmanın oluşturduğu uyarıcı dalganın frekansı ile söz konusu doğal (öz yapısal) frekansının birbiri ile olan ilişkisine bağlıdır.

Patlatmalarda en kritik durum zemindeki uyarıcı dalganın frekansının, bir veya iki katlı binalarda genellikle 5-10 Hz arasında değişen bina öz yapısal frekansına eşit veya ondan biraz daha büyük olduğunda oluşur. Bu durumda bina rezonansa girer ve zemindeki uyarıcı (titreşim) dalga geçip gittiği halde bina sarsılmaya devam eder. İşte insanların hissedip, endişeye kapılmalarına neden olan da budur. Bina rezonans halindeyken, parçacık hızı sınır değerlerinin oldukça altında ise binada hasar oluşmaz ama kişiler rahatsız olur. Fakat bina rezonans halindeyken parçacık hızı da yeterli büyüklükte ise binada hasar oluşur. Bir diğer durum zemindeki uyarıcı dalganın genliği tam yeterli düzeyde olmasa bile rezonans halindeki binanın bu genliği bir kaç kat arttırması sonucu bina yine de hasar görebilir. Konut tipi (1-2 katlı) binalarda öz yapısal frekansların 5-10 Hz arasında değiştiği dikkate alındığında, en yüksek parçacık hızında meydana gelebilecek artma olasılığının, zemin hareketinin (uyarıcı dalganın) frekansının da 5-12 Hz arasında olması durumunda oluşacağı açıktır (Bilgin ve diğ., 1999).

3.3. Hasar Sınıflaması

Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar ölçütleri günümüze kadar değişik başarı dereceleriyle uygulana gelmiştir. Bu araştırmaların çerçevesi iki ana başlık altında ifade edilebilir.

i. Patlatma sonucu oluşan titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi.
ii. Çeşitli yapılar için hasar ölçütlerinin belirlenip, bu ölçütlerin patlatma sonrasındaki parametrelerle eşleştirilerek uygun patlatma tasarımının yapılmasıdır.

Geliştirilen bu ölçütler arasında, kullandıkları parametreler açısından benzerlik arz eden ve yaygın kabul görerek uygulamada başvuru ve mukayese kaynağı olarak kullanılan normlardan en önemli iki tanesi ABD Madencilik Bürosu'nun hasar kriteri ve Alman DIN 4150 normudur. Amerika Birleşik Devletleri Madencilik Dairesi'nin (USBM) koyduğu hasar sınıflaması Çizelge 3.1. de verilmiştir. Görüldüğü gibi hasarlar "Eşik Hasar", "Hafif Hasar" ve "Esaslı Hasar" olmak üzere üç sınıfa mütalaa edilmiştir. Eşik hasar sadece görünüm bozucu niteliktedir.

Çizelge 3.1. Hasar Sınıflaması

Hasar Sınıfı	Hasar Tanımı
Eşik Hasar (Hasar Başlangıcı)	Boya çatlaması ve kabarması, yapı elemanlarının birleşim yerlerinde küçük sıva çatlakları, eski çatlakların uzaması
Hafif Hasar	Sıva kabarmaları ve sıva düşmeleri, taş duvarlarda bölme ve pencerelerde kılcal çatlaklar, saç teli inceliğinden 3 mm. Kalınlığa kadar çatlaklar, gevşemiş harç dökülmeleri.
Esaslı Hasar	Duvarlarda geniş çatlaklar, kemerlerde çatlaklar, yapının taşıyıcı elemanlarının zayıflaması, taş duvarlarda örneğin bacalarda taş, tuğla düşmesi, yük taşıma kabiliyetinde azalma

Hafif hasar göreceli olarak daha fazla rahatsız edici olmasına rağmen yapıların dayanımını ve yapı elemanlarının yük taşıma kabiliyetlerini etkilemez. Yapıda kalıcı deformasyonlar oluşturan ve yapıyı zayıflatan tek hasar türü ise "Esaslı Hasar" sınıfıdır. Bu raporun ilerideki bölümlerinde yapılacak olan irdeleme ve değerlendirmelerde hasar sözcüğü "Eşik Hasar" anlamında kullanılacaktır.

3.4. Titreşim Ölçütleri

Çizelge 2'de konut tipi yapılarda hasar yaratmayacak emniyetli sarsıntı düzeyleri yapı türlerine göre verilmiştir. Burada verilen değerler binalardaki taşıyıcı elemanlarda çatlaklar yaratmayacak düzeylerdedir. Ayrıca binaların tekniğine uygun olarak yapılmış temeller üzerine oturtulduğu 2 kattan daha yüksek olmadığı, zemindeki dalgaların patlatma kaynaklı kısa süreli (bir kaç saniyeden fazla sürmeyen) dalgalar olduğu kabulleri için geçerlidir.

Çizelge 3.2'de verilen sınır değerler ABD'deki yerinde ölçüm ve gözlemlerde eşik hasar oluştuğu gözlenen düzeylerden daha düşük seçilmiştir. Bu değerler yüzeysel çatlak oluşum olasılığının en fazla %5 olabileceğini kabul eder. Diğer bir değişle yüzeysel çatlak oluşmamasını %95 oranında garanti eder. Buna rağmen frekans değerlerini daha hassas olarak gözeten alternatif bir değerlendirme ölçütü Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Emniyetli titreşim (yer sarsıntısı) düzeyleri

Yapı Türü	Titreşimin en yüksek parçacık hızı	
	Düşük frekans(<40 Hz)	Yüksek frekans (>40 Hz)
Modern Evler	19.0 mm/s	50.8 mm/s
Eski Yapılar (Ahşap elemanlı)	12.7 mm/s	50.8 mm/s

3.4.1. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 01/07/2005 tarihli 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiş, daha sonra 2010'da revize edilmiştir. Bu yönetmenliğin beşinci bölümü olan Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri, Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri başlığı altında 29-a maddesinde, çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar verilmiştir: Bu maddeye göre, Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunulan alanlardaki patlatmaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışındaki zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Çizelge 3.3'te verilen değerleri geçemez. Ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür (ÇŞB, 2010).

Çizelge 3.3. Maden ve Taş Ocakları ile benzeri alanlarda patlama nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapının dışında yaratacağı zemin titreşimlerinin izin verilen en yüksek değerleri (ÇŞB, 2010)

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

(0 Hz-4 Hz arasında 5 mm/s'den 19 mm/s'ye; 10 Hz-30 Hz arasında 19 mm/s'den 50 mm/s'ye, logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak yükselmektedir)

3.4.2. ABD Madencilik Bürosu'nun (USBM) Alternatif Patlatma Hasar Ölçütü

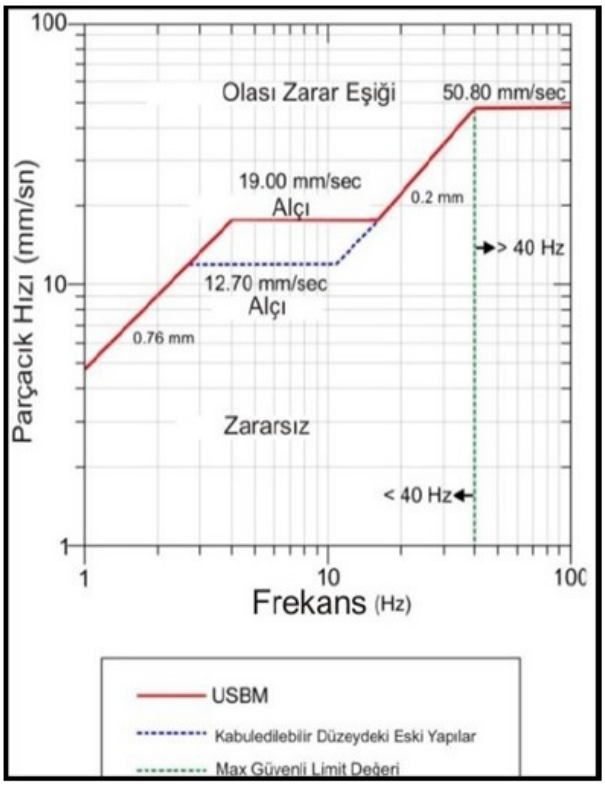
ABD Madencilik Bürosu, patlatmalardan kaynaklanan titreşimin (yer sarsıntısın) yapılara olan etkisi ve zararlarıyla ilgili 1980'de Siskind ve arkadaşlarına 219 üretim atımının 79 evdeki etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma yaptırarak sonuçlarını yayınlamıştır (USBM RI 8507, 1999). Bu çalışmada, sadece parçacık hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu vurgulanmaktadır. USBM RI 8507 raporunda belirtilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Parçacık hızı hala en iyi yer titreşimini tanımlama ve kontrol aracıdır.
2. Parçacık hızı, titreşime karşı tepki özellikleri iyi tanımlanmış bir yapı grubu için tahribat potansiyelini açıklayabilecek en pratik kontrol aracıdır.
3. Patlatmacı bütün atımları titreşim cihazı ile izleme yükümlülüğünü almamak için, muhafazakâr bir yaklaşımla, ölçekli uzaklığın kareköklü uygulamasını seçer ($R/\sqrt{Q}$). Bu tip ölçekli uzaklıkta titreşim seviyeleri 0.08-0.15 inç/sn (2 - 3.8 mm/sn) civarında olmaktadır.
4. Düşük frekanslı (≤40 Hz) patlatmalarda zarar verme potansiyeli, yüksek frekanslı (≥40 Hz) patlatmalarda söz konusu olan potansiyelden 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 0.75 inç/sn (19 mm/sn), tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 0.50 inç/sn (12.7 mm/sn)'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 2.0 inç/sn (51 mm/sn) olarak tavsiye edilir.
7. Bütün evlerde; zamanla çeşitli çevresel basınçlardan, havadaki sıcaklık ve nem değişmelerinden, taban yerleşimlerinden doğan oturmalardan, yerdeki nem değişimlerinden, rüzgârdan 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.
8. 0.50 inç/sn (12.7 mm/sn) altında maksimum parçacık hızı oluşturan patlatmalarda zarar verme şansı; sadece çok az değil (en kötü durumda %5) aynı zamanda titreşim seviyelerinin bütün aralıkları için dikey eksende ortalama tahmin değerlerinden daha hızlı bir şekilde düşer.

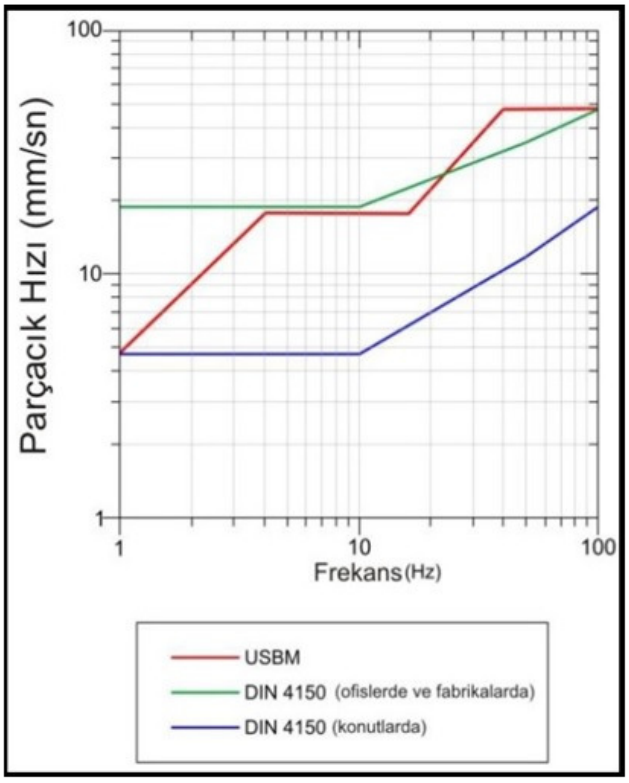
Ayrıca USBM (2009) tarafından hem yapılarda ölçülmüş titreşim katlamalarını, hem de tahribat özelliklerini kullanan, alternatif olarak tavsiye edilen patlatma seviyesi ölçütleri geliştirilmiştir. "Alternatif Kriter Analizi" olarak adlandırılan bu metot, daha düzgün bir ölçüt setidir (Şekil 3.1). Fakat hem hareketi hem de hızı içine alan daha sıkı bir ölçüme ihtiyaç gösterir. Bu sistem; 40 Hz altında en iyi tahribat kıstasının, frekansın bir fonksiyonu olarak maksimum parçacık hızı olduğunu göstermektedir. Instantel Micromate Model titreşim kayıt cihaz çıktılarında da bu norm mevcuttur. Cihazlar; atım sırasında ölçülen parçacık hızı ve frekans değerlerini adı geçen norma işlemektedir.

3.4.3. DIN 4150 Alman Normu

DIN 4150 Alman Normu'nda frekansa bağlı olarak değişen parçacık hızı sınır değerleri yapı türüne göre Şekil 3.2'de verilmektedir. Bu normda en alttaki kırıklı çizgi kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılar; ortadaki kırıklı çizgi yığma tuğla, beton gibi nispeten dayanıklı yapılar; üstteki kırıklı çizgi ise betonarme, çelik yapı gibi çok dayanıklı yapılar için titreşim frekansına göre parçacık hızı (partikül hız) sınırlarını belirlemektedir.



Şekil 3.1. USBM'nin alternatif kriter analizi



Şekil 3.2. DIN 4150 Alman Normu

3.4.4. İsveç Standardı

İsveç standardı 1989 yılında kabul edildi ve 1991'de tekrar gözden geçirilip düzeltildi. Bu standart binalar için patlatma kaynaklı titreşimler için kılavuz seviyelerinin hesaplanmasında son derce faydalıdır. Kılavuz seviyeler halk şikâyetlerini ya da titreşime duyarlı elektron mikroskop, bilgisayar gibi ekipmanları dikkate almaz. Verilen kılavuz noktaları izin verilen titreşim veya eşik seviyelerinin belirlenmesinde kullanılmalıdır. Standart her türlü patlatma operasyonu için geçerlidir. İsveç Standardı, sadece düşey parçacık (Vv) hızını kullanır fakat belirli durumlarda üç bileşenin de kullanılmasını tavsiye eder. Titreşimler eğer mümkünse titreşim dalgalarının bina ile buluştuğu nokta olan bina temellerinde ölçülmelidir (Langefors ve Kihlström, 1978; Olofsson, 1988).

Kılavuz Seviyeleri:

Bu seviyeler, düşey parçacık hızı bileşeni ile değişik jeolojik zeminlere oturmuş binalar üzerinde oluşan hasar arasındaki korelasyona bağlıdır. Kılavuz seviye aşağıdaki şekilde formülize edilir:

$$V = v_v * F_k * F_d * F_t$$

burada

v_v;düzeltilmemiş düşey parçacık hızını,
F_k; inşaat kalite faktörünü,
F_d; patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe faktörünü,
F_t; patlatma işlemlerinin süreceği toplam proje süresini ifade etmektedir.

Bu faktörlerin belirlenmesi için Çizelge 3.4-3.6 arasında verilmiştir.

Çizelge 3.4. Düzeltilmemiş düşey parçacık hızı

Zemin	**V_v (mm/s)**
Gevşek buzultaş, kum, çakıl, kil	18
Sağlam buzultaş, şeyl, yumuşak kireçtaşı	35
Granit, gnays, sert kireçtaşı, kuvarsit, kumtaşı, diyabaz	70

Çizelge 3.5. Bina faktörü

Sınıf	**Bina veya İnşaat Tipi**	**F_b**
1	Ağır inşaat, köprüler, liman ayakları, ve sivil savunma inşaatları gibi	1.70
2	Endüstriyel ve ofis binaları	1.20
3	Standart oturma evler	1.00
4	Hassas özel yüksek kemerli dizayn edilmiş binalar veya geniş sütün aralıklı inşalar, örneğin kiliseler ve müzeler	0.65
5	Hasar alabilecek durumda belli oranda hasarlı tarihi binalar	0.50

Çizelge 3.6. Proje zaman faktörü

Patlatma Aktivite Türü	**F_t**
Tüneller, mağaralar, karayolları gibi inşaat işleri	1.0
Taşocakları ve madenler gibi sabit işler	0.75-1.0

3.5. Ölçekli Mesafe Kavramı

Çeşitli araştırmacılar, yapmış oldukları çalışmalarda; tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi titreşimi (yer sarsıntısı) tahmin şeklinin, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Öne sürülen çeşitli deneysel ilişkilerden en çok ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara güvenilmektedir. Ölçekli mesafe kavram olarak, yer hareketlerinin değişik uzaklıklardaki patlatma seviyelerinin miktarları ile ilişkilidir. Ölçek, uzaklığa bağlı olarak kullanılan birimsiz bir faktördür. 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. Ölçekli mesafe, sismik gelişimi ve hava şoku enerjisini etkileyen gecikme başına şarj miktarı ve patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafenin birleşiminden türetilmektedir.

Parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, titreşim (yer sarsıntısı) ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır. Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formül aşağıda verilmektedir (Duvall ve Fogelson, 1962).

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

burada;

SD : Ölçekli mesafe
R : Patlatma noktasından uzaklık (m)
W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

Kazı 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. $SD = R/W^{0.33}$ ilişkisi de yine birçok araştırmacının kullandığı bir formüldür (Dowding, 1985; Ambraseys ve Hendron, 1968).

3.6. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, yer sarsıntılarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızı tahmininin en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır. Maksimum parçacık hızı tahminine yönelik geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan deneysel ilişki aşağıda verilmiştir (Duvall ve Fogleson, 1962).

$$PPV = K_{*}SD^{-\beta}$$

burada;

PPV : Maksimum parçacık hızı (mm/sn)
SD : Ölçekli Mesafe,
K, β : Saha sabitleri

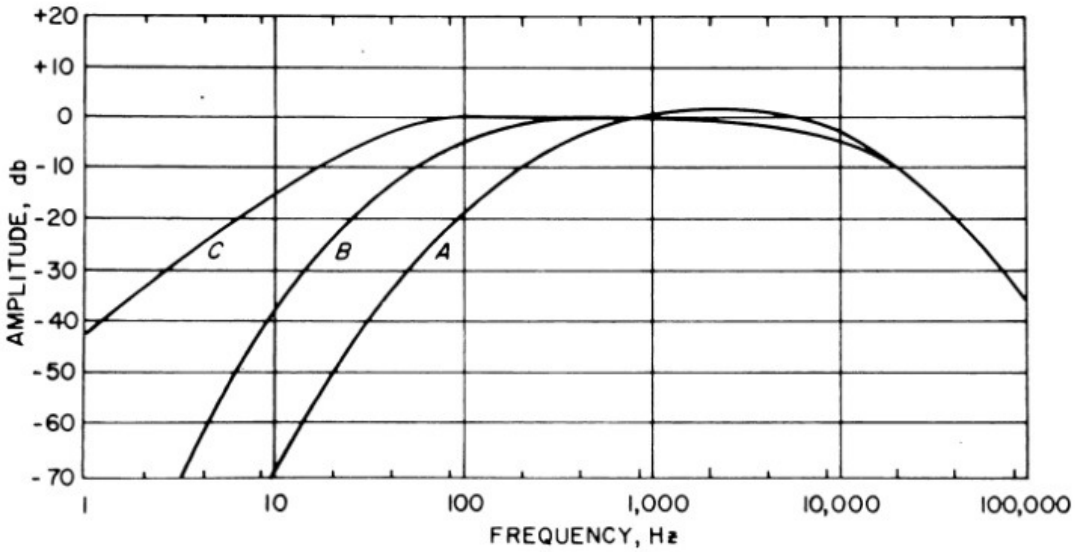
Çalışma sahasının sabitleri, ölçülen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda belirlenmektedir. Bulunan bu değerler, kontrollü patlatma tasarım ve uygulamalarında, titreşim ölçüm aletinin olmadığı durumlarda; bazı pratik tabloların veya grafiklerinin hazırlanması suretiyle uygulayıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

3.7. Hava Şoku ve Gürültü

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında titreşim ve hava şoku gelmektedir. Hava şokları, patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları duyulabilmektedir. Düşük frekanslı olanlar ise etki ettiği yapılarda tıkırtılar oluşturduğunda duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma koşulları ile arazi ve hava koşullarına bağlı olmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden kaynaklanmaktadır. Gürültü, atım noktasından uzaklaştıkça hava şokunun bozulması ve dağılmasıyla oluşmaktadır. Gürültüden kaynaklanan problemler kişisel rahatsızlıklar ve diğer psikolojik şikâyetler şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Hava şoku birçok aletle ölçülebilmektedir fakat binalarda hasar yaratan düşük frekanslı dalgaları (1-30 Hz) ölçebilen aletler tercih edilmelidir. Hava şoku ölçümlerinde 3 farklı ağırlıklı ölçek kullanılmaktadır. Bunlar A, B ve C ağırlıklı ses düzeyleridir. Şekil 3.3'de A, B ve C cinsi ağırlıklı ses düzeylerinin sahip oldukları frekans spektrumu gösterilmiştir. A ağırlık ses düzeyleri insan kulağı işitmelerinde, B ise telefon şirketlerinde genelde kullanılır. A ve B ağırlıklı ses düzeyleri düşük frekansları ölçemedikleri için hava şoku ölçümlerinde C ağırlıklı ses düzeyleri

kullanılmalıdır (Dowding, 1985). C ağırlıklı ses düzeyi özellikle binalar için ölçülmesi gerekli olan 5-20 Hz arası frekansları doğru olarak ölçebilmektedir.



Şekil 3.3. Farklı ağırlıklı ses düzeyi ölçümlerinin hava şoku kayıtlarına etkisi (Siskind ve Summers, 1974)

3.7.1. Hava Şoku ve Gürültü Ölçümü ve Karakteri

Ses dalgaları ortamın elastisitesi ve kütle özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Havadaki gaz molekülleri oldukça düzenli bir şekilde dağılmakta ve rastgele hareket halinde bulunmaktadır. Normal atmosferik koşullar altında hava 1 atmosfer basınç ve 1.2 kg/m^3 yoğunluktadır. Ses dalgalarının yayılım mekanizması, bir molekülden diğer bir moleküle moleküler yer değiştirme sırasında momentum transferi şeklinde açıklanmaktadır. Değişik hava koşulları altında ve kötü patlatma uygulamalarında hava şokları oldukça yüksek mesafelere ulaşabilmektedir. Patlatmadan kaynaklanan hava şoklarına neden olan önemli etkenler aşağıda verilmektedir.

1. Gereğinden fazla şarj edilmiş delikler,
2. Zayıf sıkılama,
3. Açıktaki infilaklı fitil (kullanılıyorsa),
4. Uygun olmayan patlatma paterni (düzeni),
5. Kayadaki çatlaklardan gaz kaçışı.

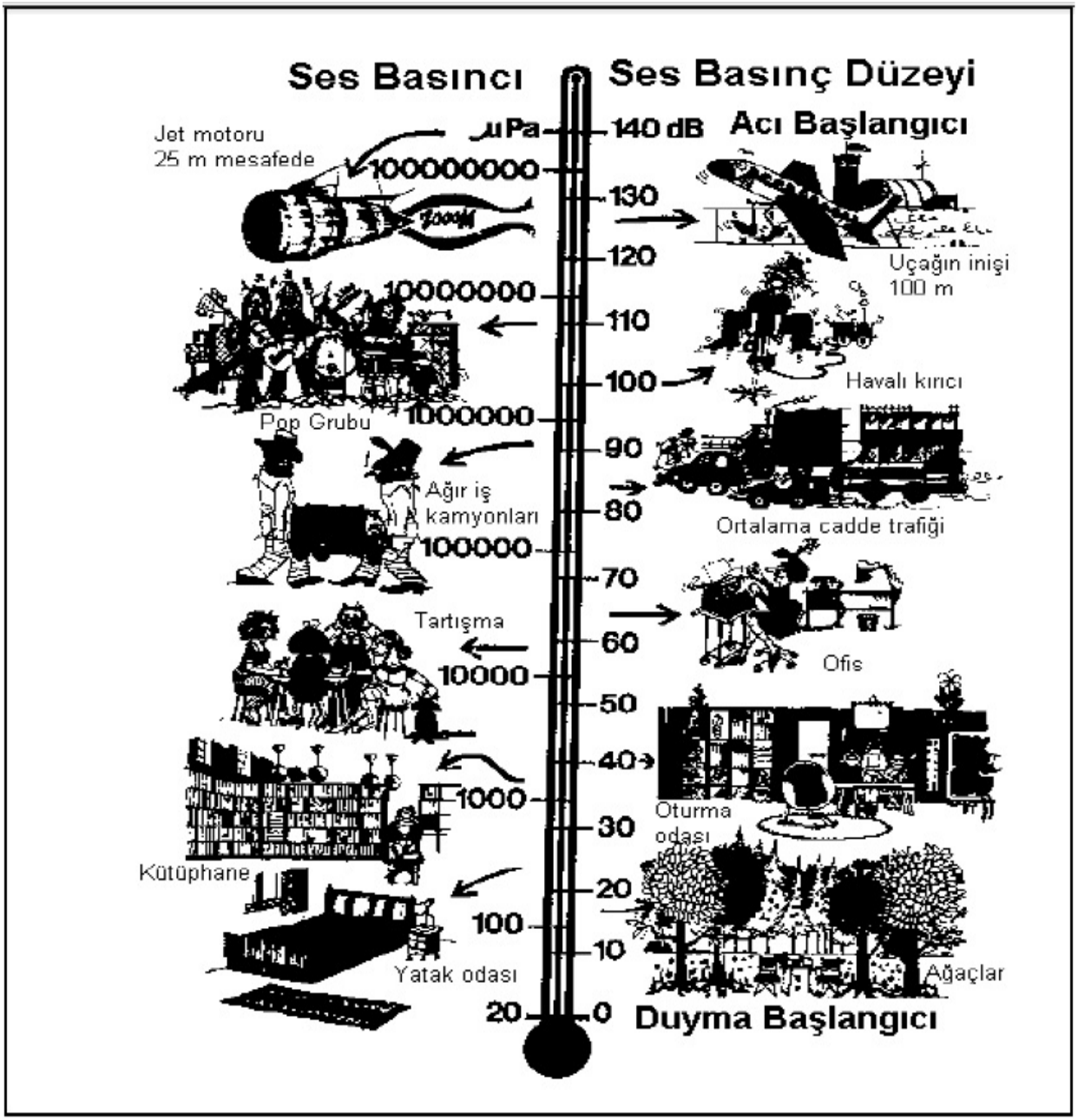
Ses (gürültü veya hava şoku); basınç (pascal) veya desibel (dB) olmak üzere iki farklı birim ile ifade edilebilmektedir. Hava şoku, basınç veya ses ölçerler kullanılarak ölçülebilmektedir. İnsan kulağıyla duyulabilen yaygın aralıklı genlikler ve frekanslardan dolayı akustik mühendisleri sesi desibel (dB) terimi ile ifade etmektedir.

Hava şoku dalgasının yayılması, sıcaklık, rüzgâr ve yükseklik gibi atmosferik ve topoğrafik koşullara bağlıdır. Belirli bir uzaklıktaki gökyüzünü bulut kaplanması bile bazen basınç dalgasının buluta çarpıp yeniden yere yansımasına neden olur. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri Şekil 3.4'de verilmiştir. Patlatmaların duyulabilen bölümlerinin şiddeti, havalı 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 başlangıç ve gürültü üst sınırı olarak belirlenmiştir. Hava şoku etkisinin uzaklıkla azaldığı bilinmektedir. ABD Madencilik Bürosu tarafından yaptırılan çalışmalar

sonucu, hava şoku basıncının ölçekli mesafeyle ilişkisi ortaya konulmuştur. Bu azalma faktörü ölçekli mesafe kavramı $SD = R/W^{0.33}$ ile ifade edilmektedir. Bu şekilde yapılan tahminler, yaklaşık değerler vermektedir. Herhangi bir yerdeki gerçek hava şoku ve gürültü seviyeleri atmosferik ve topoğrafik şartlarla birlikte atım geometrisine bağlı olmaktadır. Bu nedenle çok ciddi şikâyetlerin yaşandığı bölgelerde, bu tahminlere ek olarak hava şoku ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.

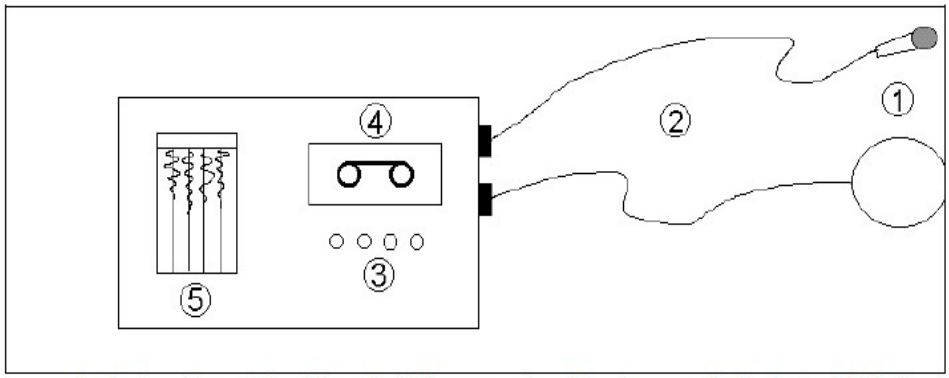
Günlük kişisel gürültü maruziyetlerini hesaplarken, desibel ölçeğinin logaritmik özelliğini kavramak önemlidir. ÇSGB Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğine (2013) göre maruziyetlerin her biri iş gününün geri kalanının oldukça sessiz geçtiği varsayıldığında 85 dB'nin altında bir günlük kişisel gürültü maruziyeti üretir.



Şekil 3.4. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri

3.8. Yer Titreşimi (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 beraberinde getirmektedir. Bu sorunların belirlenmesi ve çözümü için öncelikle, patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında gelen titreşim ve hava şokunun hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Günümüzde patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku ölçümleri için değişik firmalar tarafından geliştirilen birçok izleme sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu izleme sistemleri birbirlerine göre çok farklılık göstermese de kullanımındaki kolaylıkları ve patlatma sonrasında elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullandıkları bilgisayar programları yönünden aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. İdeal bir titreşim ve hava şoku izleme sistemi aşağıdaki 5 temel bileşeni içermektedir (Şekil 3.5).



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

Şekil 3.5. Yer titreşim (sarsıntısı) ve hava şoku izleme sistemi

3.9. Örnek Bir Yer Titreşimi (Sarsıntısı) ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikleri

Yer titreşimi ve hava şoku izleme sistemlerinin genelinde aranan teknik özelliklerin daha iyi anlaşılabilmesi için kullanılan titreşim izleme sisteminin bazı teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tipik örnekleri Şekil 3.6'da verilen yer titreşimi ve hava şoku izleme cihazları üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmaktadır. Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Ayrıca cihaz üzerinde yer alan dijital göstergede istenildiğinde bu değerleri verebilmekte ve kaydedilen olayların ayrıntılı analizi için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir.

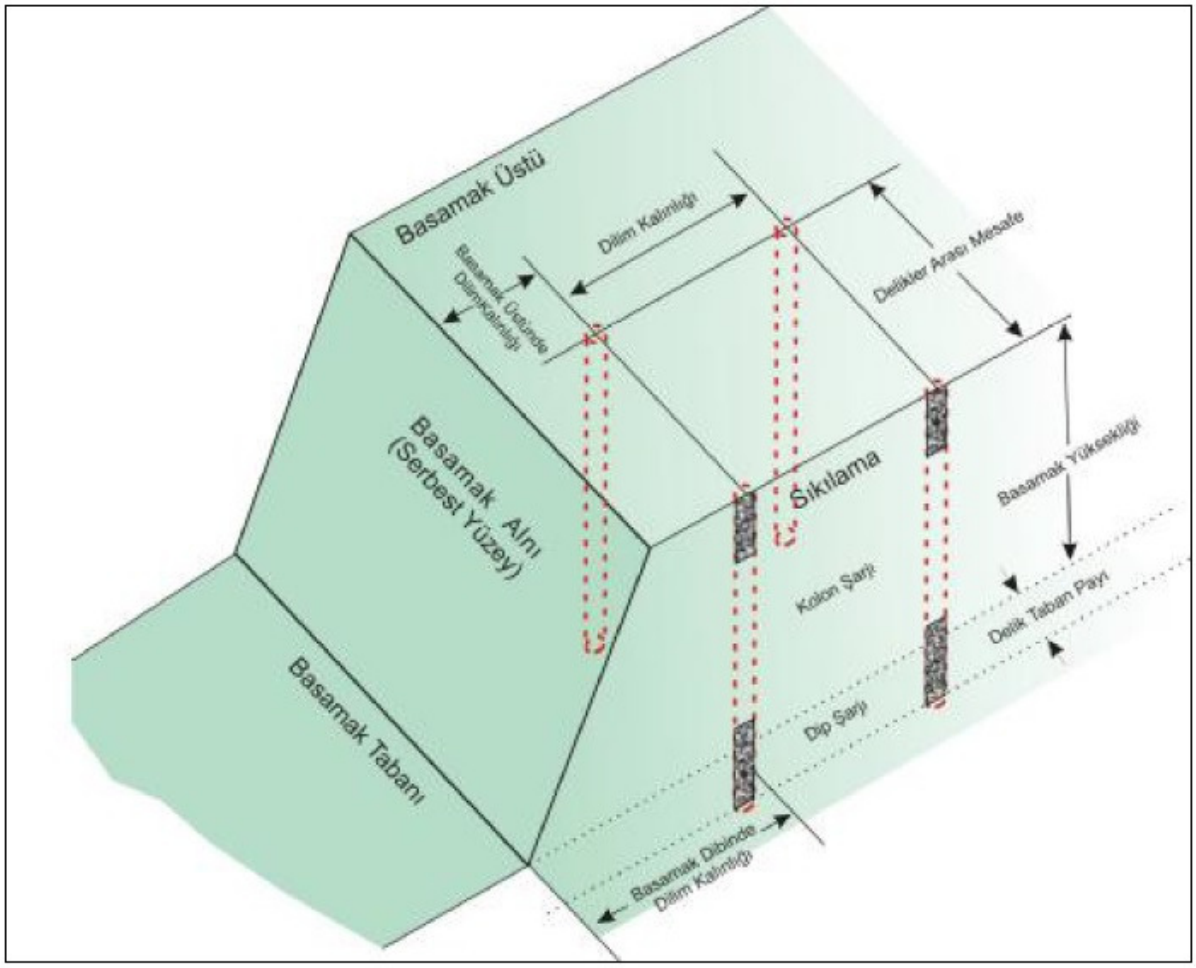
Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapabilmektedir. Her bir olayın süresine (2-30 sn arasında uzaklığa bağlı olarak) bağlı olarak 220000 arasında olayı geniş ya da özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri parçacık hızı için Minimate Blaster model için 0.5-250 mm/sn Micromate model için 0.125-254 mm/sn ve gürültü için 88-148 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.

Şekil 3.6. Instantel Minimate Blaster model ve Instantel Micromate model titreşim (yer sarsıntısı) ve hava şok ölçüm cihazları

4. PATLATMA TASARIMI

4.1. Basamak Patlatması Terimleri

Açık maden işletmelerinde kazı sırasında oluşturulan ayrı kotlardaki her kademeye basamak, burada yapılan atımlara da basamak patlatması denilmektedir. Her basamağın bir üst bir de alt kotu olup, bunların farkı basamak yüksekliğini belirlemektedir (Şekil 4.1). Basamak alanı kayanın sağlamlığına ve yapısına (Fay, eklem, tabakalanma vb.) ve delik eğimine bağlı olarak dik veya 90° den az meyilli şev oluşturur. Bu şev, basamağı oluşturan kayanın parçalanmasını özendiren ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkân veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır (Afat, 2010).



Şekil 4.1. Basamak patlatmasında kullanılan terimler

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

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

4.2. Tasarım Parametreleri

Açık ocak işletmeciliğinde, birbirini izleyen delme-patlatma, kazı-yükleme, nakliye, kırma (özellikle primer kırma) ve/veya tumba gibi faaliyetlerin tümünü birden dikkate almak kaydıyla, ekonomik ve emniyetli bir patlatmanın gerçekleşmesi, ancak güvenilir bir patlatma tasarımı ile mümkün olabilmektedir. İyi ve güvenilir bir patlatma tasarımından kastedilen; yükleyici ekipmanın verimliliği ve/veya müteakip kullanım açısından arzu edilen parçalanma derecesinde, yeterince kabarmış, kısmen ötelenmiş, gevşek bir yığının elde edilmesine izin veren ve titreşim (yer sarsıntısı), hava şoku, fırlayan kaya gibi çevresel sorunları olmayan ya da en aza çekilmiş bir patlatmanın sonuçlarını önceden tahmin etmektir. Öte yandan doğrudan veya riperleme ile yapılabilecek kaya kazısının, ancak belirli değerlere kadar olan dayanımlarda mümkün olabildiği bilinmektedir. Bu nedenle delme ve patlatma, çoğu işletmede, üretim sürecinin ilk işlemini oluşturmaktadır.

Genel olarak daha fazla delik delmek ve/veya daha fazla patlayıcı madde kullanmak, delme ve patlatmanın maliyetini arttırırken, daha homojen ve daha küçük parça boyutunda bir yığın oluşturulması ihtimalini artıracaktır. Ancak bu şekilde elde edilen bir yığınla ilgili olarak, müteakip işlemlerin maliyetlerinde belirgin bir azalma söz konusu olabilecektir. Bununla birlikte, yalnızca kullanılan patlayıcı maddenin enerjisi arttırılabilirse, delik delme ve patlatma işleminde ek bir maliyete gerek kalmaksızın istenen parçalanma elde edilebilecektir. Bu çerçevede, patlatma tasarımında; iki temel soruna yanıt aranmaktadır. Bunlardan birincisi, her bir deliğe konacak en uygun patlayıcı madde miktarının ne olacağı, ikincisi ise, istenen parçalanma derecesinde ve arzu edilen konumda bir yığını oluşturmak için delik dizaynı nasıl olacağıdır. Başka bir deyişle, herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatması için yanıt aranacak iki temel parametre: özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Bu iki unsurun belirlenmesi durumunda diğer parametreler, bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Teknik, ekonomik ve emniyet açısından iyi ve güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz konusudur. Bu parametreleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (Afat, 2010).

i. Kaya birimlerinin malzeme ve kütle özellikleri

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

ii. Patlayıcı maddenin cinsi, özellikleri ve dağılımı

- Yoğunluk
- Patlama hızı
- Kudret (güç)
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlama ısısı ve özgül gaz hacmi
- Depolama şekli ve süresi

iii. Patlatma geometrisi

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi
- Sıkılama payı
- Delik taban payı
- Şarj şekli, delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

Yukarıda değinilen bu üç temel unsurun aralarındaki ilişkilerin ortaya konulması sonucunda tasarım için uygun yaklaşımlarda bulunmak mümkün olabilmektedir. Ancak, birçok araştırmacının kabul ettiği ve yanıt aradığı iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kaya birimi için) makul bir yanıt verildiği durumda; kabul edilebilir yaklaşımlara dayalı olarak diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Deneme-yanılma yoluyla yapılacak dilim kalınlığı ve özgül şarj miktarı belirleme çalışmalarında, maliyeti göz önüne almak gerekmektedir. Bu nedenle, ilk tasarım açısından makul bir değerdeki özgül şarj ve dilim kalınlığı değerinden başlamak çok olumlu sonuçlar verebilmektedir. Bu da ancak yukarıda ifade edilen üç ayrı temel parametre arasındaki ilişkilerin yorumlanması ile mümkün olabilmektedir.

Konu ile ilgili olarak, çeşitli araştırmacıların geliştirdiği belirli deneysel ilişkilerden yararlanarak ve kaya koşullarını dikkate alarak, bir başlangıç dilim kalınlığı ve özgül şarj değeri belirlenmekte ve ön tasarım yapılabilmektedir. Uygulama sonunda; gerekli gözlemler, verimlilik ve maliyet analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilmektedir. En uygun değerlere ulaşmak için iterasyonlar yapılmakta ve işletme koşullarını da dikkate alan bu çalışmalar sonucu bulunan değerler, uygun değer olarak kabul edildiğinde; tasarım kesinleştirilebilmektedir (Afat, 2010).

5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

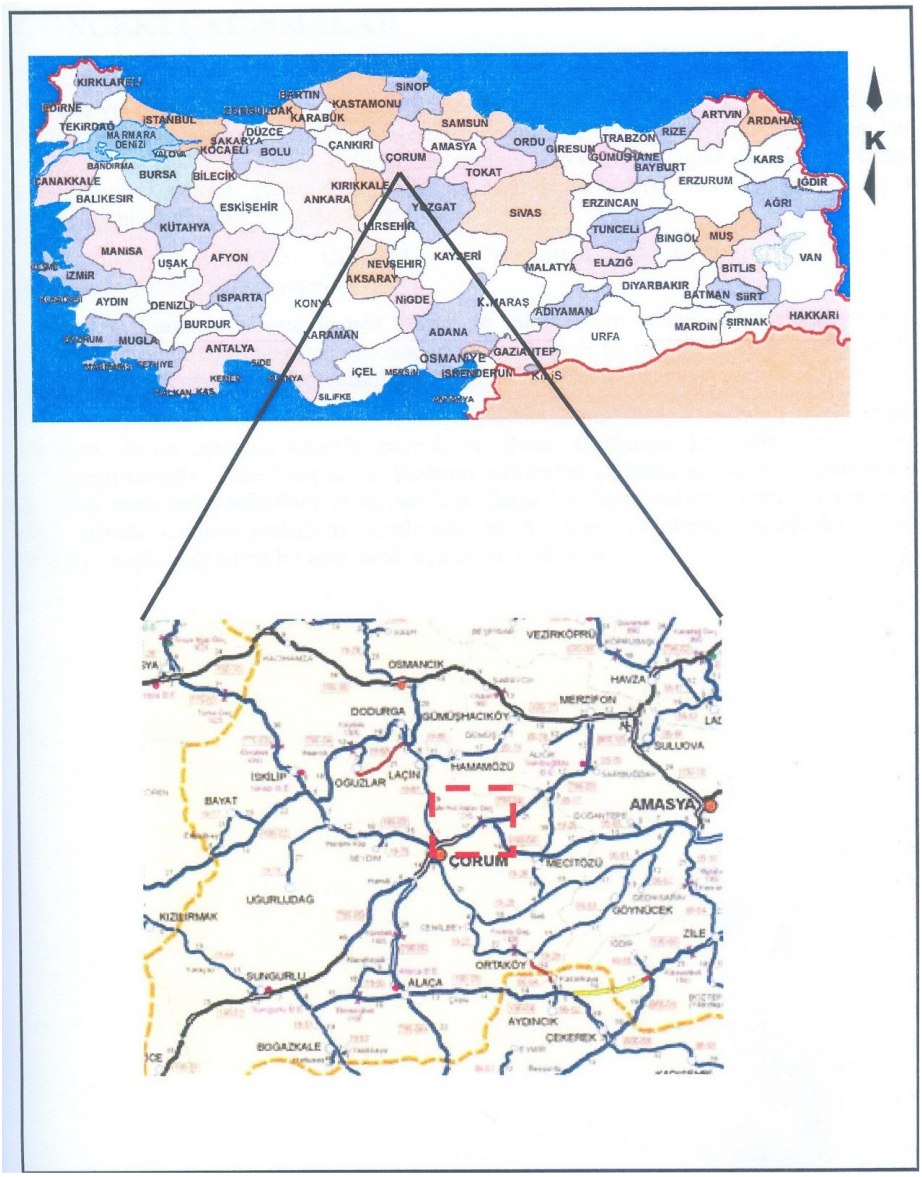
5.1. Sahaya İlişkin Genel Bilgiler

Çalışma alanı Çorum il merkezinin yaklaşık 2 km kuzey doğusunda Çorum-Samsun karayolu üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.1).

Çorum Belediyesi kalker hammadde sahası, Çorum Merkez'inin 3 km doğusunda, deniz seviyesinden 1100 m yükseklikte, Çorum-Samsun Yolunun 2400 m güneyinde, Çorum Merkez Bahçelievler Mahallesi, Nadık bölgesinin 1600 m doğusunda, Melikgazi bağlarının 450 m kuzeydoğusunda, Afet evleri konutlarının 600 m kuzeyinde, Melikgazi Türbesinin 400 m güneydoğusunda bulunmaktadır.

Orta Karadeniz Bölgesi'nin güney kesiminde yer alan Çorum havzasında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklimi ile Orta Anadolu'nun karasal iklim arasında bir geçiş iklimi görülmektedir. Orta Anadolu ikliminin sert ve karasal özellikleri daha etkindir. Yazlar daha sıcak ve kurak, kışlar ve ilkbahar yağışlıdır. Yağışlar kışın genellikle kar, diğer aylarda yağmur şeklindedir.

İnceleme alanındaki bitki örtüsünün dağılımı, topoğrafik yapı, yükseltiler ve arazi kullanımı ile yakından ilintilidir. Havzanın yüksek kesimleri ormanlarla kaplıdır. Ormanların büyük bir kesimi meşe ağaçları oluşturur. Yer yer çam ormanları da bulunmaktadır.

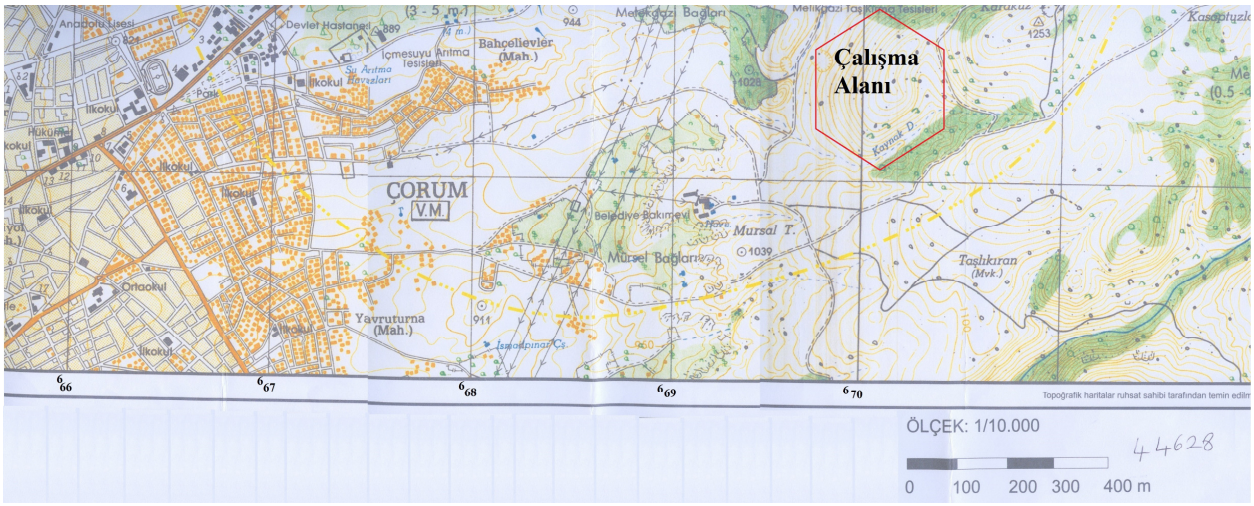


Şekil 5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

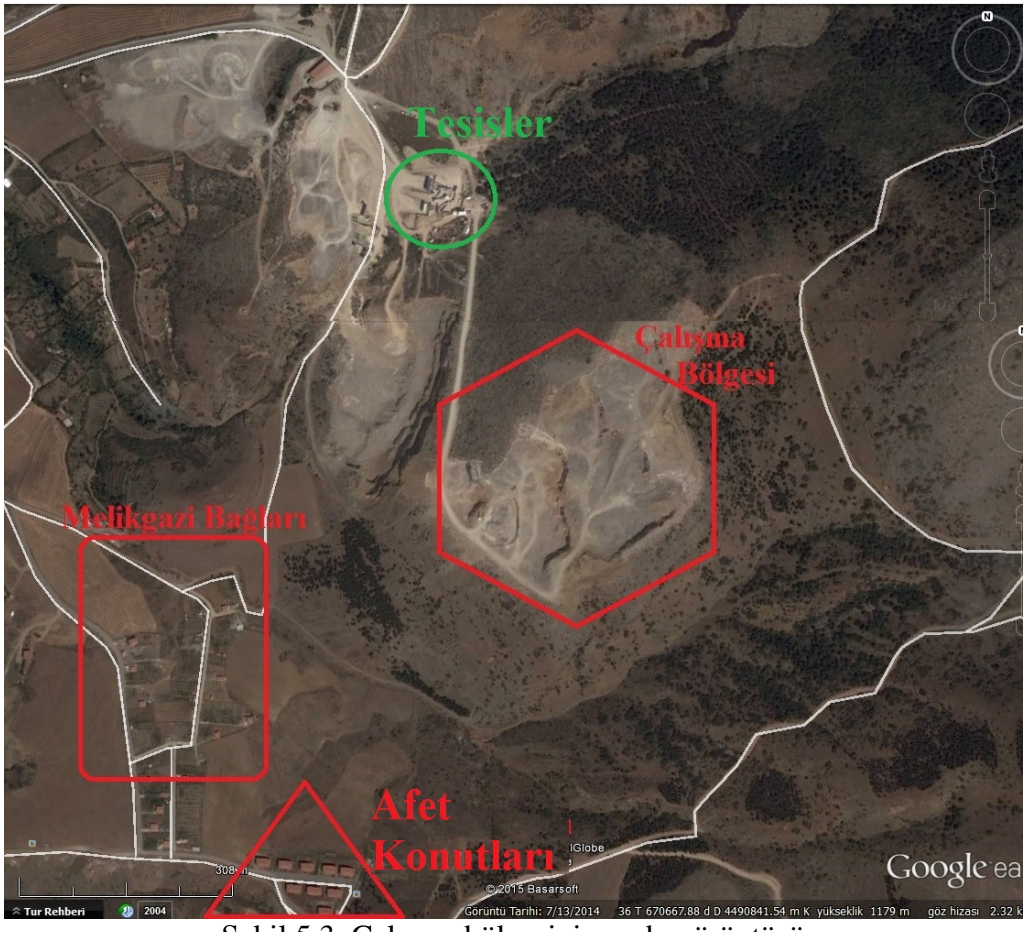
5.2. Sahaya Ait Stratigrafik Bilgiler

Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli G33-c3 ve G34-d4 paftası üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.2). Saha ile ilgili uydu görüntüsü Şekil 5.3.'de gösterilmiştir. Çalışılan bölge, Çorum ili Merkez İlçesinde başlayıp, kuzey doğusunda bulunan Çorum Çomar Barajına kadar dayanmaktadır. Bölgede Palazeoyik'den günümüzde kadar olan zaman aralığını temsil eden metamorfik, çökel kayalar, volkanik kayalar ve güncel çökeller bulunmaktadır.

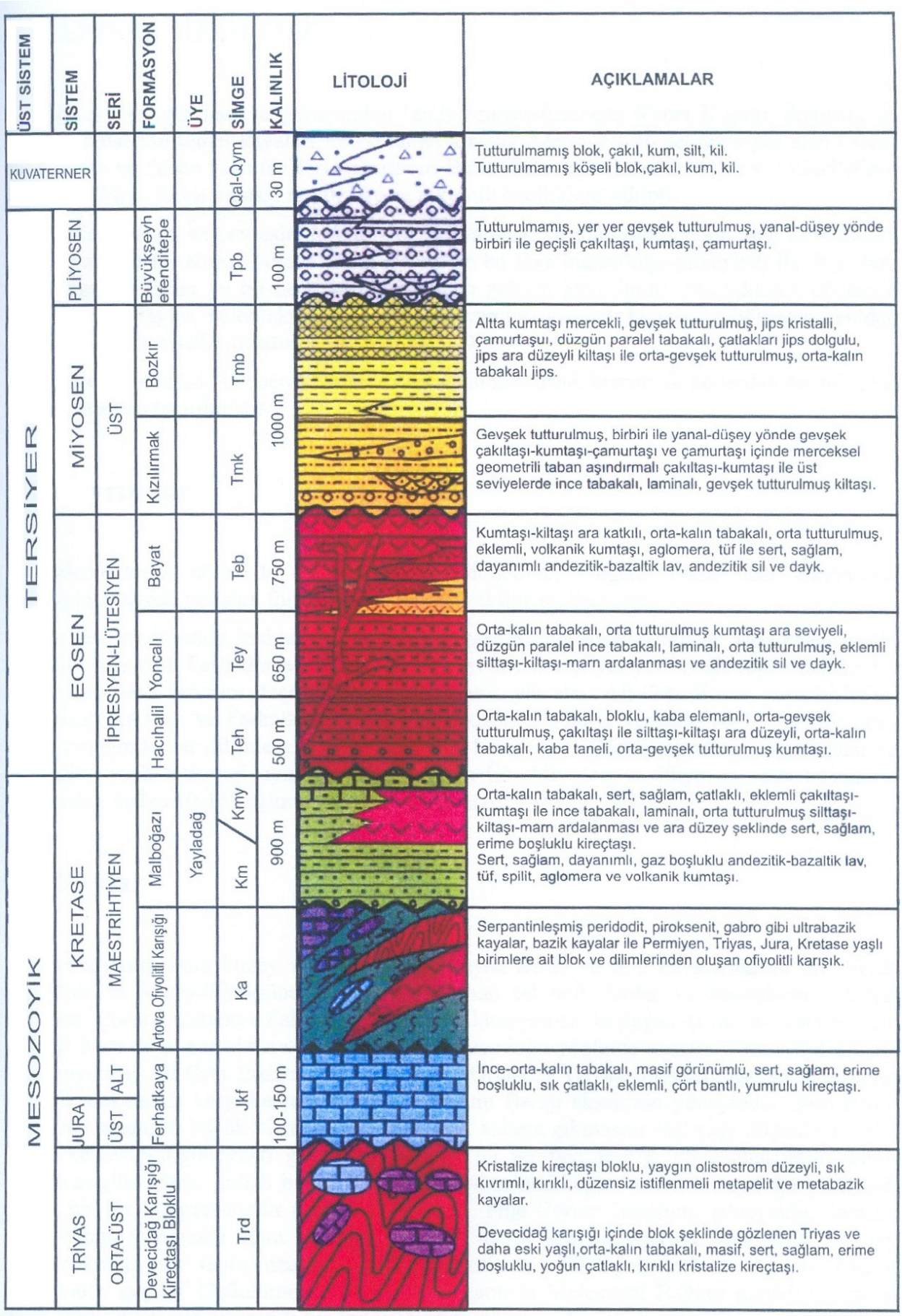
Çalışma alanı içerisinde kalan formasyonlar hakkında detaylı bilgi yaşlıdan gence doğru aşağıda açıklanmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.2. Çalışma bölgesinin topoğrafik haritası



Şekil 5.3. Çalışma bölgesinin uydu görüntüsü



Şekil 5.4. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Ateş, 2002)

5.2.1. Mezesoik

5.2.1.1. Devecidağ Karışığı (Trd)

Çorum Barajı ekseni ve kuzeyinde, Çorum doğusunda geniş alanlarda yüzeylenmektedir (Şekil 5.5).

Birim, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Devecidağ Karışığı (Trd) inceleme alanı dışında çalışan Genç ve diğerleri (1991) tarafından Boğazkaya Formasyonu adı ile ayırtlanmıştır.

Birim inceleme alanında metapelit, fillit, metakumtaşı, metaçakıltaşı ile metabazik kayaçlardan oluşan, oldukça kıvrımlı ve kırıklı düzensiz istiflenme sunar. Birimin en önemli özelliği, yaygın olarak değişik boy ve litolojik nitelikte Triyas-Permiyen ve öncesi yaşta, kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, mermer bloğu ve olistolitler içermesidir. Birim içerisinde, kristalize kireçtaşı ve mermer blokları dışında, birimin litolojileri ile geçişli kristalize kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşı bloklarının ayrı bir birim olarak, Kızılcın Kireçtaşı adı ile ayırtlanmıştır (Ateş ve diğ., 2002).

Devecidağ Karışığının alt dokunağı çalışma alanında gözlenememiştir. Üst dokunağı ise Ferhatkaya Formasyonu ve Hacıhalil Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Birime ilk olarak Yılmaz ve diğerleri (1993) fosil bulgularına dayanarak Orta-Üst Triyas yaşı vermişler ve günümüzde de kabul görmüştür.

5.2.1.2. Kızılcın Kireçtaşı (Trdk)

Çorum Barajı ekseninin bulunduğu kesimde ve Çorum doğusunda Devecidağ Karışığı içinde gözlenen değişik boyutlardaki kristalize kireçtaşı blok ve olistolitler Kızılcın Kiraçtaşı olarak adlandırılmıştır (Özcan ve diğ., 1980) (Şekil 5.5).

Devecidağ Karışığı ile ilksel konumunda bulunmayan, yanal devamlılık göstermeyen, düzensiz geometri sunan blok ve olistolitler Özcan ve diğ. (1980)'e göre genellikle Permiyen-Triyas, seyrek olarak da Siluriyen, Karbonifer yaşındadır.

Kristalize kireçtaşı blok ve olistolitlerinin taze yüzeyi bej, beyaz, sarımsı, günleme yüzeyi gri, kül renklidir. Orta-kalın tabakalı, masif görünümlü olan birim, erime yüzeyli, yer yer erime boşluklu, sert, sağlam ve dayanımlıdır. Yoğun çatlaklı ve kırıklı olması nedeniyle tabakalanma çoğu yerde iyi seçilememektedir. Kristalize kireçtaşı blokları, içinde bulunduğu Devecidağ Karışığından daha dayanımlı olması nedeniyle tepe ve sırtlarda korunmuş olarak gözlenir (Şekil 5.5).

5.2.1.3. Ferhatkaya Formasyonu (JKf)

Birim kuzeyde Kuruçay Köyü civarında yüzeylenir (Şekil 5.5). Taze yüzeyi beyaz, bej, açık gri, günleme yüzeyi koyu gri renkli, ince-orta-kalın tabakalı, masif görünümlü, sık çatlaklı, eklemli, bazen kalsit dolgulu, yer yer çört bantlı ve yumrulu kireçtaşından oluşur. Erime yüzeyli, erime boşluklu, sert, sağlam dayanımlı birimin, yoğun çatlaklı olan kesimleri breşik yapı kazanmıştır (Ateş ve diğ., 2002). İnceleme alanında Devecidağ Karışığı ve Kızılcın Kireçtaşı üzerinde kırıntılı düzeyleri olmaksızın uyumsuz olarak yer alan birimin, üst dokanağı daha genç formasyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Formasyona içerdiği fosil bulgularına dayanarak Üst Jura-Alt Kretase yaşı verilmiştir (Özcan ve diğ., 1980).

5.2.2. Tersiyer

5.2.2.1. Yoncalı Formasyonu (Tey)

Birim Çorum Barajı çevresinde, Kuruçay ve Buget köyleri arasında geniş alanlarda yüzeylenir (Şekil 5.5).

Birim genellikle Permiyen, Triyas, Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ve Devicidağ Karışığına ait kaba elemanlı, iri çakıl ve bloklu çakıltaşı düzeyi ile başlar, kumtaşı, siltaşı, kiltaşı, marn ardalanması şeklinde devam eder. Formasyonun tabanına yakın daha yaygın olan kumtaşı düzeyleri, silttaşı marn düzeylerinin egemen olduğu egemen kesimlerde ince taneli, seyrek ara

tabaka şeklinde izlenir. Kumtaşı sarımsı gri, sarımsı açık kahve renkli, orta-kalın düzgün paralel tabakalı, orta tutturulmuş, seyrek eklemli ve sağlamdır. Kumtaşı tabakaları diğer seviyelere göre daha dayanımlı olmaları nedeniyle morfolojide belirgindir. Gri yeşil renkli olan silttaşı, kiltaşı, marn ardalanması yanal devamlı, düzgün paralel, ine-orta tabakalı, laminalı, iki yönde sık eklemli, orta sert, orta tutturulmuştur. Bu seviyenin üstüne ise, bazı alanlarda kiltaşı ara seviyeli kumtaşı ve kumlu kireçtaşı düzeyleri gelir.

Çorum Barajı çevresinde Yoncalı Formasyonu çok sayıda andezitik dayklar tarafından kesilmektedir. Daykların taze rengi sarımsı gri, ayrışma yüzeyi sarı-kahve renkli, çok sert, bazı kesimlerde yoğun ayrışmıştır. Dayklar bazen siller şeklinde tabakalar arasında ise Devecidağ Karşığı ve Ferhatkaya Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak gözlenir. Çorum Barajı ve Buget Köyü Çevresinde bu formasyon üzerinde Bayat formasyonu geçişli olarak yer alır. Kızılırmak ve Büyükşeyhefenditepe formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtülür.

5.2.2.2. Bayat Formasyonu (Teb)

Çorumun kuzeydoğusunda Buget Köyü ve çevresinde yayılım gösterir (Şekil 5.4). Yoncalı formasyonu üzerinde kiltaşı ara katkılı volkanik kumtaşı, aglomera, tüfit, kumtaşı-silttaşı-kiltaşı ardalanması şeklinde gözlenen birim, üst seviyelerde aglomera, tüf-tüfit ve andezetik-bazaltik lavlardan oluşur. Volkanik kumtaşı düzeyleri kahve, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalıdır. Tüf-tüfit seviyeleri sarımsı, boz, sarımsı gri renkli, orta-kalın tabakalıdır (Ateş ve diğ., 2002). Birim Orta-Eosen yaşındadır ve Kızılırmak Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür (Genç ve diğ., 1991).

5.2.2.3. Kızılırmak Formasyonu (Tmk)

Çorum'un güneyinde küçük sanayi sitesi çevresinde ve Çorum'un kuzeyinde Kuruçay-Osmaniye köyleri çevresinde yayılım gösterir (Şekil 5.5).

Kızılırmak Formasyonu çevresindeki yükselim alanlarından akarsuların aşındırarak getirdiği sedimanların havzada yığışması sonucu oluşmuştur. Formasyonu çakıl, kum, silt, kil boyutundaki malzemeden oluşmasına karşın, kaynak alandaki kaya türlerine bağlı olarak tek tür bileşenli, çoğu yerlerde de çok tür bileşenlidir. Genel olarak kırmızı, alaca, gri renkli olan formasyon çakıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşur.

Formasyonun üst seviyelerinde yerel gölsel ortamları temsil eden düzgün paralel ince tabakalı, laminalı, gri, sarımsı gri, bazen kırmızı renkli, çatlakları jips kristalli, yer yer jips ara bantlı gevşek tutturulmuş kiltaşları yer alır (Ateş ve diğ., 2002).

Formasyon kendinden yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Büyükşeyhefenditepe Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birime polen ve fosil bulgularına dayanarak Üst Miyosen yaşı verilmiştir (Birgili ve diğ., 1975).

5.2.2.4. Bozkur Formasyonu (Tmb)

Birim Çorum'un kuzeyinde harita alanının kuzeybatısında Pınarcık köyü kuzeyinde yüzeyler (Şekil 5.5).

Birim çamurtaşı-kiltaşı, marn, jips ardalanması şeklinde Kızılırmak Formasyonu üzerinde geçişli olarak yer alır. Çamurtaşı kırmızı, sarımsı gri renkli, jips kokresyonlu gevşek tutturulmuş, bazen tabakalanma belirsizdir. Jipsler sarımsı, sarımsı gri renkli, ince-orta tabakalı, kendi içinde kıvrımlıdır.

Büyükşeyhefenditepe Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen formasyon Üst Miyosen yaşlıdır (Birgili ve diğ., 1975).

5.2.2.5. Büyükşehefenditepe Formasyonu (Tpb)

Çorum ovası düzlüklerinin sırt, tepe şeklinde yükseklikliere dönüştüğü havza çevresinde geniş alanlarda yayılım gösterir (Şekil 5.5).

Formasyon genel olarak alaca, kırmızı, kahve, sarımsı gri renkli, yanal uzanımı fazla olmayan, yanal-düşey yönde fasiyes değişimleri sunan, kötü tabakalı, az tutturulmuş, yer yer tutturulmamış, akarsu kökenli, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı, kiltaşından oluşur. Çakıltaşı-kumtaşı çoğu yerde birimin egemen litoloji konumundadır. Bu litolojiler birbiri ile geçişli, yer yer çapraz, genellikle kötü tabakalıdır (Ateş ve diğ., 2002).

Formasyon kendinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örter. Formasyona Alt Pliyosen yaşı verilmesine rağmen bazı araştırmacılar da birimin yaşını Pliyo-Kuvaterner olarak benimsemişlerdir.

5.2.3. Kuvaterner

5.2.3.1. Alüvyon (Qal)

Çorum ovasında ve inceleme alanında geniş alanlarda yayılan Kuvaterner yaşlı oluşuklar tutturulmamış gevşek çakıl, kum, silt, kil boyutundaki malzemeden oluşur.

5.3. Bölgenin Yapısal Jeolojisi

Çorum havzası batı ve güneyinden İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, doğusundan Sakarya Kıtasının temel kayaları ile bu temel kayalar üzerinde örtü şeklinde yer alan Liyas- Alt Kretasa ve Eosen yaşlı istiflerle sınırlanır. Bu istifler, farklı kaya türleri ve yaş ilişkilerinin ayırtlanabildiği, farklı yapısal niteliklere ve tektonik özelliklere sahiptir.

İnceleme alanı ve çevresinin günümüzdeki yapısını kazanmasında etkin olan neo-tektonik dönem yapıları ise Kuzey Anadolu Fayı Zonu ve bu faya kuzeydoğu-güneybatı ile doğu-batı yönde uzanan faylar ve bu fayların denetiminde gelişen havzalardır. Neo-toktonik dönemde etkin olan bu faylar, pale-otektonik döneme ait yapıları keserek biçmiş ve bölgenin yeniden şekillenmesinde etkili olmuştur (Ateş v.d., 2002).

İnceleme alanında izlenen yapısal unsurlardan bindirme, kıvrım ve faylardan önemli olan bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

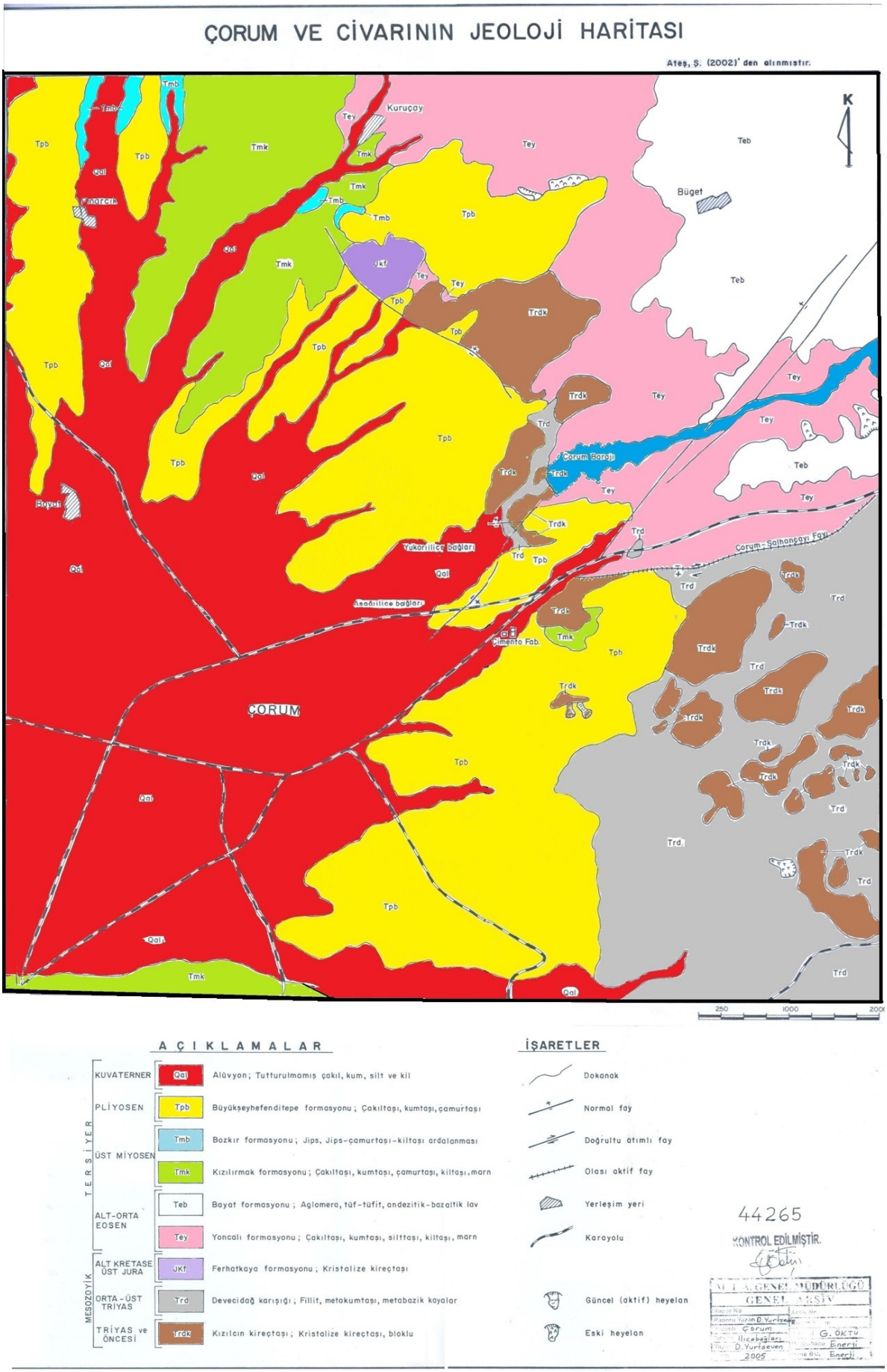
5.3.1. Kıvrımlar

Paleo-tektonik dönemde ve neo-tektonik dönemde, bölgede etkin olan tektonizma nedeniyle, bölgede yer alan formasyonlar yoğun şekilde etkilenmiştir.

Devcidağ Karışığı iç düzeni dilimlenerek karışmış ve sık kıvrımlı bir yapı kazanmıştır. Orta-Üst Jura yaşlı Ferhatkaya Formasyonu'da kıvrımlanmış, yer yer breşik yapı kazanılmıştır. Kendinden yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alan Alt-Orta Eosen yaşlı birimler, Devecidağ Karışığı ve Ferhatkaya Formasyonu üzerine geldiği 10-35° eğimlenmiş, kenet kuşağında ise dilimlenerek ekaylanmaya katılmıştır. Çorum havzasında yer alan ve kendinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örten Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimlerin haza içine doğru 10-15° eğimlendikleri görülür (Ateş v.d., 2002).

5.3.2. Faylanmalar

Çorum Havzasını kuzey ve doğudan sınırlayan temel ve örtü kayalarına ait birimlerde doğu-batı ve kuzeydoğu-güneybatı yönde uzanan tektonik hatlar ve havzaların geliştiği gözlenir. Çorum Çimento Fabrikasının hemen kuzeyinde başlayan (Çorum-Samsun yolu güneyi) önce doğu-batı daha sonra güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanan Çorum Salhançayı Fayı boyunca, Alt-Orta Eosen yaşlı birimlerle, Orta-Üst Triyas, Jura-Kretase yaşlı birimler tektonik dokanakla karşı karşıya gelmiştir. Çorum Barajı eksenin güneyinde, eğim atımlı doğu-batı uzanımlı küçük bir fay, yöredeki sıcak suların çıkmasını sağladığı düşünülen eğim atımlı kuzeydoğu- güneybatı gidişli bir fay ve bu iki fayı kestiği düşünülen eğim atımlı kuzeybatı-güneydoğu gidişli bir başka fay, kuzeybatısında eğitim atımlı kuzeydoğu-güneybatı gidişli bir fay bulunmaktadır. Yine Çorum Barajının güneyinde, Samsun karayolunun kuzeyinde eğim bileşenli doğrultu atımlı kuzeydoğu-güneybatı gidişli bir fay bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, Melikgazi Bağları mevkii civarında eğim atımlı doğu-batı uzanımlı bir fay ve bu fayı kesen doğrultu atımlı yaklaşık kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı iki fay gözlenmiştir.



Şekil 5.5. Çorum ve civarının jeoloji haritası

6. MATERYAL VE METOT

6.1. Materyal

Araştırmanın ilk aşamasında, öncelikle yapılmış olan ulusal ve uluslararası çalışmalar derlenmiştir. Araştırmanın temel veri tabanını 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar ve jeolojik haritalar oluşturulmuştur. Ayrıca Google Earth yardımıyla uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Patlatma çalışmasında, delme işlemi Atlas Copco marka delici makine ile yapılmıştır. Patlayıcı madde olarak kuru ticari ANFO (Ticari Amonyum Nitrat ve Fuel-Oil karışımı) kullanılmıştır. Patlatma sonucu çıkan yer sarsıntısı (titreşim) verileri için bir adet Instantel Micromate model sismometre aleti ve 2 adet Instantel Minimate Blaster model sismometre aletleri ile birlikte kullanılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar programlarıyla değerlendirilip, büro çalışmalarıyla raporlandırılmıştır.

6.2. Metot

Bu çalışma literatür taraması, saha çalışması, büro çalışması ve rapor yazımı olmak üzere dört aşamada yapılmıştır.

Söz konusu çalışma alanlarında egemen kaya birimi, aynı zamanda kazı ve üretimi yapılması düşünülen kaya kireçtaşıdır. Çalışma alanlarındaki kireçtaşının sert ve sağlam yapısı dolayısıyla patlatmalı kazı kaçınılmazdır. Bu durum, yerinde ve laboratuarda yapılan test sonuçlarından anlaşılmıştır.

Bu araştırma kapsamında, Çorum ili Merkez ilçe Melikgazi Bağları Mevkiinde bulunan Çorum Belediyesine ait taş ocağında, kırmataş üretimine yönelik faaliyet yapılan açık ocakta yapılmakta olan patlatmalı kazıların, söz konusu ocağa kuzeybatı yönüne 340-550 m mesafede bulunan Şantiye binası, Trafo ve Kantar gibi binalar ile güneybatı yönüne 450 m mesafede bulunan Bağ evleri ve 600 m mesafede bulunan Afet Konutlarına hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda titreşim (yer sarsıntısı) ve hava şoku ölçümleri dayalı risk analizi yaparak bir ön değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Belediye taş ocağında bir dizi atımın izlenmesi, titreşim ve hava şoku ölçümünün sistematik bir yaklaşımla yapılması suretiyle, egemen kaya birimi kireçtaşı olan sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması düşünülmüştür. Bu analizde eşik hasar limiti olarak en olumsuz koşullar düşünülerek daha muhafazakâr limitler öngören DIN 4150 Alman Normu (1999) başta olmak üzere ABD Madencilik Bürosu'nun ilk geliştirdiği (OSM) ve sonrasında ortaya koyduğu Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu (USBM, 2009) olan ulusalararsı kabul görmüş normlar ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2010) Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Norm'larına göre değerlendirilmiştir.

Saha çalışmasında, patlatma delikleri, şev yüzeyleriyle aynı eğimde olacak şekilde Rok adı verilen kaya delicisi ile delinmiştir. 80° olan patlatma delik (kuyu) eğimleri, kaya delicisi üzerindeki açıölçer sayesinde sağlanmıştır.

Elektriksiz (non-el) kapsüllerle yapılan atımlar genelde 80'li gruplar halinde patlatılmıştır. Sekizli ve onlu gruplar olarak 4 ile 5 sıradan oluşan delikler, gecikmeli olarak tek atımda patlatılmıştır. Aynı sıradaki delikler arasında 25 ms'lik gecikme sağlanırken sıralar arasındaki gecikme 42 ms ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1 ile Şekil 6.5 arasında elektriksiz kapsül ile patlama işleminin aşamaları gösterilmiştir.

Patlatma deliklerinde patlayıcı seçimi Ticari ANFO tipi patlayıcı seçilmiştir. Yağmursuz günlerde kuru ANFO, yağmurlu günlerde ise poşet ile doldurulmuş ANFO kullanılırken, yemleyici dinamit olarak 0.5 kg'lık EMULITE kullanılmıştır.

Elektriksiz kapsüllerle yapılan atımlarda kullanılan kapsüller, yemleyici dinamit olan EMULITE ve ANFO patlayıcısı ORICA A.Ş. firmasına ait olup, patlatmadan bir gün öncesi patlatma delik boyları ölçülerek gerekli patlayıcı miktarı sipariş verilerek ORICA firmasının sorumluluğunda patlatma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Şekil 6.1. Patlama kullanılan patlayıcı madde ve kapsüllerin dağıtımı

Şekil 6.2. Arazide patlayıcı madde yerleşimi

Şekil 6.3. Patlatma deliklerine patlayıcı doldurulması

Şekil 6.4. Patlatma deliklerine elektriksiz kapsüllerin bağlanması

Şekil 6.5. Patlatma deliklerine elektriksiz kapsüllerin birbirine bağlanması

Bu çalışma ile Türkiye'de 2014 yılında ilk olarak İstanbul ilinde ilk uygulanan Elektronik Kapsüller ile çevresel faktörleri nasıl minimize edebileceğimizi, gecikme aralıklarını kontrolümüz altında tutarak ortaya çıkan enerjiye nasıl hükmedebileceğimizi göstermek adına Çorum Belediyesi taş ocağında 4 adet elektronik patlatma uygulaması yapılmıştır.

Sahada elektronik kapsüller ORİCA firması tarafından Unitronic 600TM adıyla yerüstü patlatmaları için üretilen (yeraltında da başarıyla uygulanabilen) elektronik kapsüllerdir. Ateşleme sistemi; ±%0.03 sapmayla 0 ms'den 10.000 ms'ye kadar 1 ms farkla gecikme verilebilen kapsül başlıkları ile bunları okuyacak Tarayıcı (Scanner) ve ateşleyecek yerel ve kablosuz Menyeto'lar dan (Blastbox) oluşmaktadır.

Elektronik kapsüllerin gecikme aralığının, kayacın özelliğine göre belirlenebilmesi ve sahada verilebilme özelliği, patlatma sonucu çıkacak enerji kontrolünün planlayıcıda olmasını sağlamaktadır. Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de elektronik kapsül ile patlatmaların aşamaları gösterilmiştir.

24 Temmuz 2015- 27 Kasım 2015 tarihleri arasında, 120 günde toplam 18 adet elektriksiz kapsüllerle ve 4 adet elektronik kapsüllerle patlatma yapılmıştır. Patlatmalar, 1 adet Instantel Micromate ve 2 adet Instantel Minimate Blaster model sismometre aletleri ile kayıt altına alınmıştır. Sismometrelerin kayıt alma alt sınırı atım bölgesine yakın istasyonlarda 0.2 mm/sn diğer durumlarda 1.0 mm/sn olarak alınmıştır. Böylece yürüme, araç sarsıntısı vb istenmeyen sarsıntıların önüne geçilmiştir.

Şekil 6.6. Elektronik ateşleme sistemi esnasında deliklerin hazırlanması: (1): elektronik kapsül görünümü, (2): elektronik kapsülün dinamite yerleştirilmesi, (3): elektronik kapsülün dinamite yerleştirilmesi, (4): elektronik kapsülün dinamite yerleştirilme son hali, (5):dinamitin patlatma deliğine yerleştirilmesi, (6) elektronik kapsülün deliğe yerleştirilmesinin son hali, (7): sıkılama boyunun ayarlama çubuğu, (8): ANFO'nun doldurulması, (9): sıkılama boyunun ayarlanması, (10): elektronik kapsüllerin hat kablosunda bağlanması

Şekil 6.7. Elektronik ateşleme sistemi esnasında deliklerin hazırlanması: (11): elektronik kapsüllerin hatlar boyunca bağlanmış hali, (12): elektronik kapsüllerin gecikme aralıklarının belirlenmesi, (13): elektronik kapsüllerin lazerli el tarayıcı (Scaner) ile okunması, (14): elektronik kapsülün üzerindeki barkodun lazerli el tarayıcı (Scaner) ile okunma görüntüsü, (15): el tarayıcısının elektronik manyeto'ya aktarılması, (16) uzak noktadaki kablosuz manyeto, (17): uzak noktadaki kablosuz manyeto'ya son veri kontrol edilmesi (18): Elektronik ateşleme sonrası patlatma görüntüsü

6.3. Başlangıç Risk Analizi

Patlatmalı kazıların yapıldığı Belediye Taş Ocağı mevcut Melikgazi Bağ Evleri ve Afet Konutlarına 450 ve 600 m mesafededir. Bağ evlerinin ve Afet konutlarının etkileneceği eşit partikül hızı 3.0 mm/s'dir. Dolayısıyla aşağıda anlatılacak olan çalışmalarda amaç herhangi bir mesafede herhangi bir miktarda patlayıcı kullanılacağı zaman oluşacak sismik zemin hızının yapılardaki etkisi 3.0 mm/s'yi geçmemelidir. Bu değer bu çalışma için "eşik hasar limiti"dir. Yapılacak patlatmalar bu nedenle 'kontrollü patlatma olarak değerlendirilmiştir.

6.3.1. Maksimum Partikül Hızının (PPV) Belirlenmesi

Çorum Belediyesi Taş Ocağı sahasında patlatmalı kazı yapılmadan önce jeolojik birimler ve kayaç yapısı göz önüne alınarak, Türkiye'de değişik bölgelerde yapılan benzer çalışmalar incelenmiştir (Kahriman, ve diğ., 1999; Kahriman, 2002; Kahriman ve diğ., 2003; Konak ve diğ., 2003; Kahriman, 2004; Erçıktı ve diğ., 2004; Kahriman ve diğ., 2005; Kahriman ve diğ., 2006; Özer ve diğ., 2008; Karakuş, 2010). Bu çalışmalardan yararlanılarak kontrollü patlatmanın ilk aşaması için ölçekli mesafe kavramına dayanan ve herhangi bir uzaklıkta maksimum partikül hızının (PPV) değeri için verilen bağıntı tanımlanmıştır.

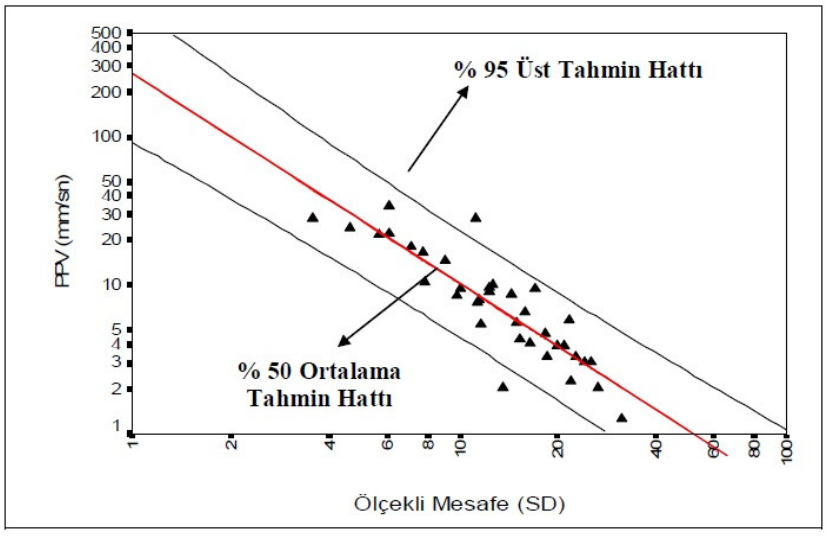
Deneme Atımı Denklemi : $PPV = 264 \times SD^{-1,41}$ $(r = 0.88)$

PPV: Peak Particle Velocity (Maksimum Parçacık Hızı)
SD: Scalede Distance (Ölçekli Mesafe)

Ölçülen maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında %50 ve %95 tahmin hatlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

% 50 Tahmin Denklemi : $PPV = 264 \times SD^{-1,41}$ $(r = 0.88)$
% 95 Tahmin Denklemi : $PPV = 631 \times SD^{-1,41}$ $(r = 1)$

İyi bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu formül, bölgede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilecektir. Literatüre uygun olarak oldukça iyi korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun %50 ve %95 tahmin limitlerinde belirlenen ilişkisinin grafiksel görünümü de Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

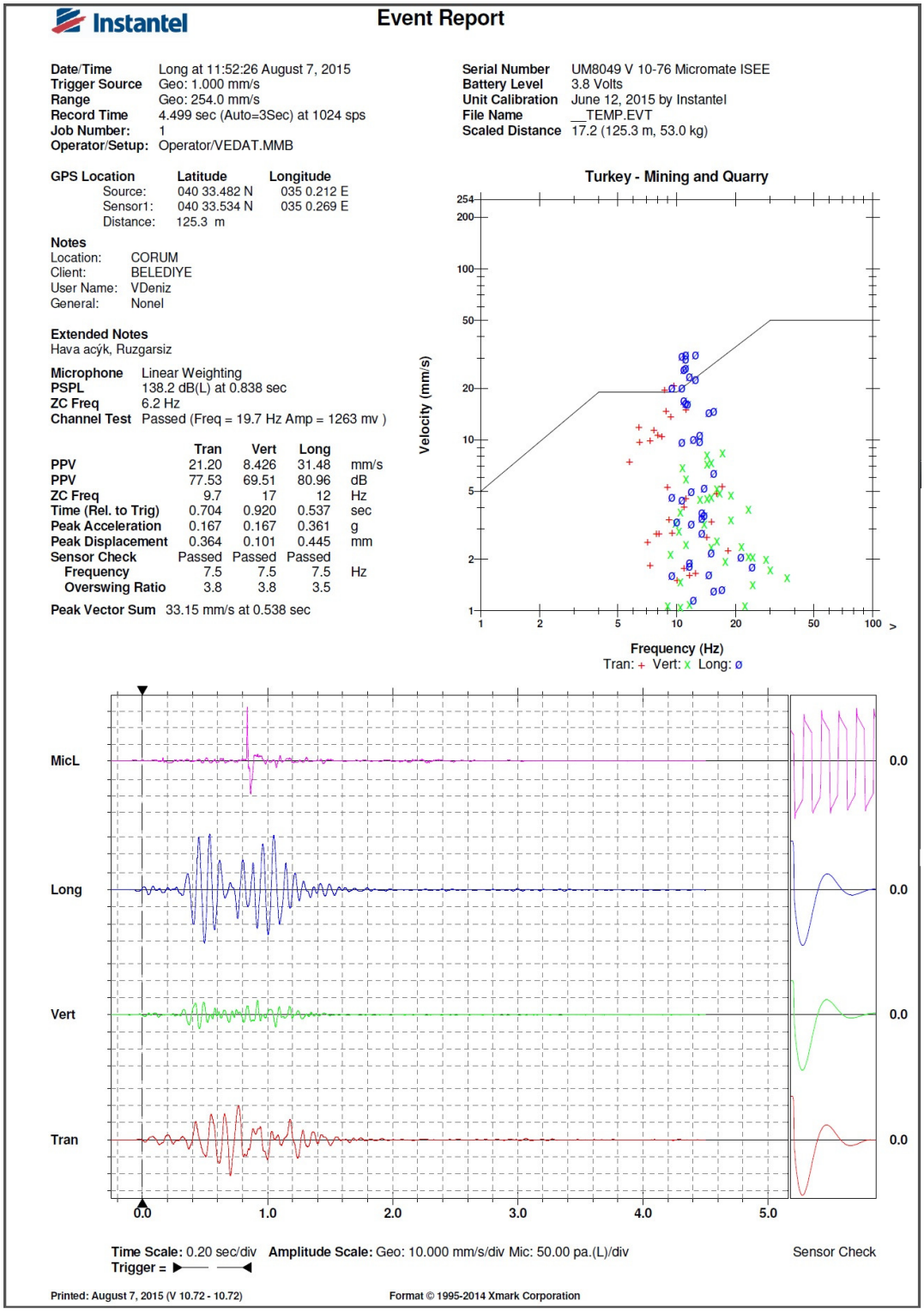


Şekil 6.8. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi

Araştırma sahasına yönelik olarak yapılan risk analizinde; yukarıda verilen formül ile DIN 4150 Alman Normu, ABD Madencilik Bürosu'nun (USBM) Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin (2010) titreşim hasar limitleri ve çalışma sahası için belirlenen

titreşim hasar limiti kullanılması önerilebilir. Fakat her bir ocak jeolojisi ve kayaç özelliklerinin farklı olması nedeniyle katsayıların farklı olacağı kabul edildiğinden, her bir ocak için ölçümlerin yapılması gereği vardır.

Araştırma sahası için yukarıda bahsedilen titreşim hasar risk analizlerini Instantel Micromate model titreşim kayıt cihaz çıktılarında da bu normlar mevcuttur (Şekil 6.9). Cihazlar; atım sırasında ölçülen parçacık hızı ve frekans değerlerini adı geçen normlara işlemektedir.



Şekil 6.9. Sismometreden kayıt cihazından alınan titreşim ve hava şoku grafiği (Instantel Modeli Sismometre)

7. ÇORUM BELEDİYESİ MELİKGAZİ MEVKİİ TAŞ OCAĞINDAKİ TİTREŞİM ve HAVA ŞOKU (ANİ GÜRÜLTÜ) ÖLÇÜMLERİ

Bu araştırma kapsamında, Çorum İli Merkez İlçe Melikgazi mevkii'de bulunan taş ocağında sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması amacıyla titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır.

Bu kapsamda çalışılan sahadaki patlatmalı kazıda; kayacın durum tespiti amacıyla, öncelikle genel olarak sahada gerekli gözlem ve incelemeler yapılmış, sonrasında arazide ve laboratuarda yapılan deneylerle kaya biriminin bazı mekanik özellikleri de belirlenmiştir.

Çalışmaya konu olan ocağın genel görünümü Şekil 7.1 ile Şekil 7.4'de gösterilmiştir.

Şekil 7.1. Belediye taşocağının genel görünümü

Şekil 7.2. Melikgazi bağlarından Belediye taşocağının patlatma esnasında görünümü

Şekil 7.3. Belediye taş ocağından kuzeybatı yönündeki şantiye binalarının görünümü

Şekil 7.4. Belediye taş ocağından güneybatı yönündeki Melikgazi Bağları ve Afet Konutlarının görünümü

7.1. Arazi İncelemeleri

Çorum Belediyesine ait taş ocağına ait bilgiler ile yerleşim alanındaki yapıların özellikleri aşağıda verilmiştir;

- Yapılan etütlerde: yapıların çoğunda tuğla kesmeleri, sıva çatlakları ve yığma duvarların döküldüğünü gösteren hasarlara rastlanmıştır. Çevre halkının özellikle 1997 yılından önce yapılan atımların çok şiddetli olduğunu dile getirmeleri (Melikgazi Bağları haricinde, Çorum'un Merkez İlçe bulunan Nadık bölgesinin de etkilendiği belirtilmektedir), burada yapılan üretimin galeri atımları şeklinde gerçekleştirildiği ocak yetkililer tarafından belirtilmiştir (Şekil 7.5).

Şekil 7.5. Eski galeri atımı yapılan ve mevcut taş ocağının Melikgazi bağları ile konumu

- 1997-2013 yılına kadar ise infilaklı fitil ve elektrikli adi kapsüllerle patlamanın gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, bölgede oturan bağ evlerinin dışında Çorum'un Merkez İlçesinde bulunan Nadık Bölgesini de etkilendiği belirtilmektedir (Şekil 7.6).

Şekil 7.6. 2011 yılında elektrikli kapsül ve infilaklı fitil ile atımı yapılan taş ocağında görünüm

- 2013 yılından sonra ise patlatmada sarsıntı ve şok etkisini azaltan elektriksiz (non-el) ateşleme sistemine geçilmiş olmasına rağmen, önceki anlayışlardan kaynaklanan psikolojik sebepler de göz önüne alınarak çevre halkı yine de bina hasarı ile ilgi şikâyetçi olmaktadırlar.
- Taş ocağına yakın en yakın Melikgazi Bağ Evlerinin yapılarının takriben %40 kadarı betonarme özellikte, bazıları tamamen blok taşlı, bazıları ise temeli yığma blok taşlı ahşap evlerdir. Yapıların genelinde kiriş-kolon taşıyıcı elemanları olmadığından, evlerin temeli yığma veya moloz taşlardan inşa edilmiştir.
- Bağ evlerinde birçok yapıda zaman içerisinde bazı çatlakların oluştuğu görülmektedir. Bu çatlakların büyük bir kısmının ocakta daha önceden yapılan kontrolsüz büyük atımlardan; bir kısmının, inşa yönteminden dolayı atmosferik olaylardan (yağmur, kar sularının iyi drene edilememesi); bir kısmının ise, yapının zamanla taşıyıcı özelliklerini kaybetmesinden dolayı oluştuğu söylenebilir.
- Afet Konutlarının ise (Şekil 7.7) yapıların projeli olduğu gözükmektedir. Lakin, bazı binalarda zaman içerisinde bazı çatlakların oluştuğu görülmektedir. Bu çatlakların bina yapımından mı kaynakladığı yoksa patlatmaların sebebiyle mi meydana geldiği tartışma konusudur.

Şekil 7.7. Taş ocağı ile Afet Konutlarının konumu

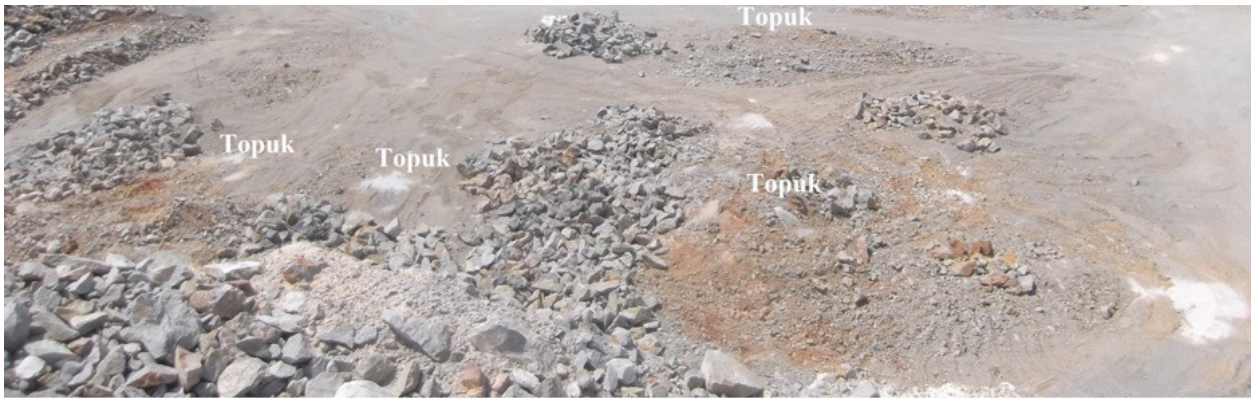
- Ocakta üretim: açık işletme metodu ile yapılmakta, en alt basamak taban kotu ortalama 1071 m, en üst basamak kotu ortalama 1132 m olup mevcut toplam 5 adet üretim basamağı bulunmaktadır. Yapılan atımlar hali hazırda 1, 2, 3 ve 4. basamaklarda gerçekleştirilmekte olup, aynı seviyedeki basamaklarda kot yükseklikleri farklı oluşturulduğundan delik boyları da düzensiz olarak açılmaktadır (Şekil 7.8).

Şekil 7.8. Taş ocağında üretim yapılan kademelerde en alt ve en üst kotları

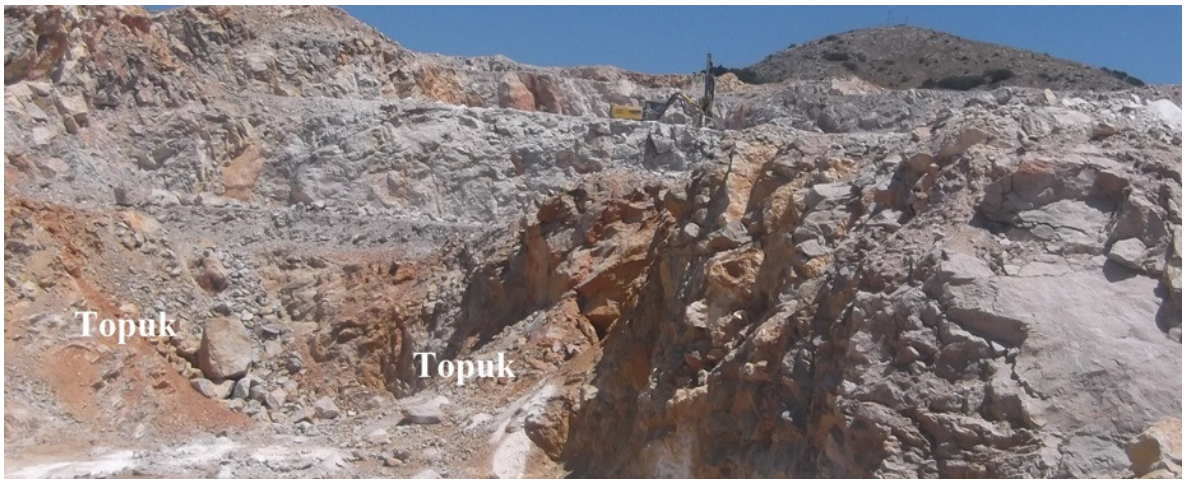
• 1. 2. 3. ve 4. basamaklarda yapılan atımlarda genellikle ayna şevlerinin düzgün olmaması ve basamak üst yüzeyinin farklı kot seviyelerine sahip olmasından dolayı delikler arası mesafe, sıkılama boyları ve yük mesafesi farklılıklar göstermektedir. 5. basamaklarda çalışma boyunca patlatma yapılmamaktadır (Şekil 7.9).

Şekil 7.9. Taş ocağındaki kademelerin görünümü

• 3213 No'lu Maden Kanununun 7. maddesine göre, yapılara karşı emniyet mesafesi olarak 60 m'lik bir koruma bandı şartı bu çalışma sırasında yerine getirilmiştir.
• Malzemenin sertliğinin yüksek derecede ve ayna yüzeylerinin düzgün olmamasından dolayı (delik boyunca yük mesafesinin değişmesi ve tabanda artması) patlatma sonrası açığa çıkan malzemede bazı iri bloklara rastlanmaktadır. Aynı zamanda, ayna yükseklikleri tam olarak belirlenmediğinden dolayı topuklar oluşmaktadır (Şekil 7.10. ve Şekil 7.11.). Ayrıca, önceki yıllarda yapılan adi kapsüllerle yapılan patlamalarda dolayı kayaç dilimli bir yapıya sahip olmasından dolayı iri bloklu malzeme elde edilmektedir (Şekil 7.12. ve Şekil 7.13).



Şekil 7.10. Ocak içersinde delik boylarının tam olarak belirlenmemesinden kaynaklanan topuklar



Şekil 7.11. Ocakta delik boylarının tam olarak belirlenmemesinden kaynaklanan topuklar

Şekil 7.12. Ocak içerisinde oluşmuş iri boyutlu malzemeler

Şekil 7.13. Ocak içerisinde çatlak sebebiyle oluşmuş iri boyutlu malzemeler

- Ocakta yapılan atımların özgül şarjları ortalama 0.8 kg/m^3, şarj yoğunluğu 0.54 kg/m (ANFO delik içi yoğunluğu 0.83 g/cm^3) olarak gerçekleşmektedir. Ocakta, elektriksiz kapsüller kullanılmakta ve tüm delikler doldurulduktan sonra en uç patlayacak delik üzerinde manyeto ile bir adet gecikmesiz kapsül yardımıyla elektrikli ateşleme yapılmaktadır. Elektriksiz ateşlemede dip numarası 500 ms, delikler arası 25 ms ve sıralar arsasında ise 42 ms olan elektriksiz kapsüller kullanılmaktadır.
- Her bir delik için 500 g'lık emülsiyon tip (EMULITE) dinamit dip şarj olarak ve delik boylarına bağlı olarak da 40 kg ile 100 kg ANFO şarjı yapılmaktadır.
- Sıkılama malzemesi olarak delikten çıkan pasa kullanılmaktadır. Sıkılama boyları normal olarak 2 m olarak uygulanmaktadır. Fakat yük miktarı (B) ve delikler arası mesafe (S) sırasıyla 2.4 m ve 2.7 m olmasından dolayı taş fırlama riski oluşmaktadır. Ayrıca, sıkılama boyları bazen deliklere dikkatli Anfo yüklemesi yapılmadığından sıkılama boyutu yer yer 1.7 m'ye kadar düşebilmekte ve dolayısıyla taş fırlama riskini daha da arttırmaktadır (Şekil 7.14).

Şekil 7.14. Patlatma esnasında sıkılama boylarında özensizlik sonucu taş fırlaması oluşması

•Taş ocağı sahası genellikle kalker ve kristalize kireçtaşından oluşmakta olup, bazı bölgelerde karstik boşlukların bulunduğu tespit edilmiş ve daha önceki yıllarda bu boşlukların bazılarına bir iş makinesinin girebileceği büyüklüklere varabildiği yetkililer tarafından söylenmiştir. Bu durum patlatma esnasında oluşan enerjinin kaybolmasına ve patlatma veriminin düşmesine neden olmaktadır (Şekil 15).

Şekil 7.15. Ocak içerisinde karstik boşluklardan görünüm

• Taş ocağında patlatma öncesinde patlayıcı ile doldurulan ve sıkılaması yapılan deliklerin üzeri bir Arazöz (İtfaiye aracı veya park-bahçe sulama araçları) ile su ile ıslatılmadığı için oldukça fazla toz oluşumuna neden olmaktadır (Şekil 7.16). Patlatma öncesi deliklerin doldurulması sonrası yağmur yağmış olması toz çıkışının az oluşuna bir kanıtı Şekil 7.17'de gösterilmiştir.

Şekil 7.16. Patlatma sonrası toz oluşumu

Şekil 7.17. Patlatma öncesi yağış sonrası daha az oluşan toz miktarı

7.2. Mineralojik-Petrografik Özellikler

7.2.1. Makroskobik İnceleme

İnceleme alanındaki taş ocağının farklı noktalarından gözlemlenmiş örnekler üzerinde yapılan incelemelerde örneklerin farklı özellikler sunduğu belirlenmiştir. Açık ve koyu renkli, değişik boyutlu parçalardan oluşan örnekler laboratuar incelemeleri için alınmıştır.

7.2.2. Mikroskobik İnceleme

İnceleme alanında yer alan örnekten hazırlanan ince kesitlerin polarizan mikroskop altında yapılan incelemelerinde çok az kırılmış kavkı parçaları içeren ve çok az oranda sparit çimentolu mikritik kireçtaşı olduğu belirlenmiştir. Sağlam fosil örneklerine rastlanmadığı için jeolojik yaş tayini yapılamamıştır.

7.3. Kimyasal Özellikler

İnceleme alanından alınan kireçtaşı örneklerinin içeriklerini belirlemek amacı ile kimyasal analizleri yapılmış ve bulunan sonuçlar Çizelge 7.l.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarından anlaşılacağı gibi kireçtaşı esas itibari ile $CaCO_3$ içerikli olup, oldukça saf kireçtaşıdır. İçerisinde çok az miktarda yabancı madde bulunmuştur. Çizelgeden görüleceği üzere MgO, FeO ve SiO_2 oranlan bu kayaçtaki kil minerallerinden, CaO oranının yüksekliği ise Kalsit mineralinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 7.1. Taşocağından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Bileşen	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Kızdırma Kaybı
%	54.26	0.34	0.16	0.52	0.91	43.32

7.4. Fizikomekanik Özellikler

Kayaç malzemelerinin dayanımlarına göre sınıflandırılmasında yaygın olarak esas alınan tek eksenli basma dayanımı (TEBD) değeri, bir parametre olarak kullanılmaktadır. İnceleme alanında yer alan kireçtaşı örnekler TS 699'a uygun olarak hazırlanmış üzerinde fiziksel ve fizikomekaniksel özelliklerini belirlemeye yönelik olarak birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, ağırlıkça su emme oranı, görünür porozite, doluluk oranı ve Mohs sertliği deneyleri yapılmıştır. Kayacın fizikomekanik özellikleri standartlara uygun olarak 50X50X50 mm küp numuneler kullanılmış ve TEBD deneyler yükleme-denetimli pres yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.18). Deneyler, hazırlanan 10'ar örnek üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması Çizelge 7.2'de verilmiştir.

Şekil 7.18. Tek eksenli basma dayanımı (TEBD) test işlemi

Kayaçların dayanım ve deformabilite özellikleri hakkında dolaylı yoldan bilgi sahibi olmak amacıyla yerinde veya laboratuarda uygulanmak üzere değişik indeks deneyler önerilmiştir. Bu indeks deneylerden birisi de Schmidt Çekici deneyidir. Ancak, indeks deneylerdeki bazı sınırlamalar nedeniyle, bu deneylerin sonuçları kullanılarak dolaylı yoldan tahmin edilen mekanik parametreler her zaman gerçekçi olmayabilir ve mühendislikte doğrudan tasarım amacıyla kullanılması koşulunda, riske karşı hesaplanan güvenlik katsayılarında gereksiz artışlara neden olabilir (Grasso ve diğ., 1992).

Bu araştırma kapsamında; çalışma alanında egemen olan kaya biriminin (kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla, kaya sınıflama çekici (Schmidt Çekici) testleri yapılmıştır. Bu bölge jeolojisini oluşturan kireçtaşının sertlik değerlerinin bulunabilmesi için, arazide yerinde yapılan Schmidt çekici deneyleri sonucunda (Şekil 7.19) elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekaniği Deneği (ISRM, 1991) tarafından önerilen Schmidt Çekici sertlik çizelgesindeki yerleri belirlenerek kaya sertliği tasvirleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 7.2'de verilmiştir.

Bu gözlem ve deneyler sonucunda elde edilen Çizelge 7.2'nin değerlendirmeleri ışığında üretim hedeflerini gerçekleştirebilmek için patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Şekil 7.19. Arazide yapılan Schmidt Çekici deneyleri

Çizelge 7.2. Kireçtaşı örneğinin fizikomekanik özellikleri

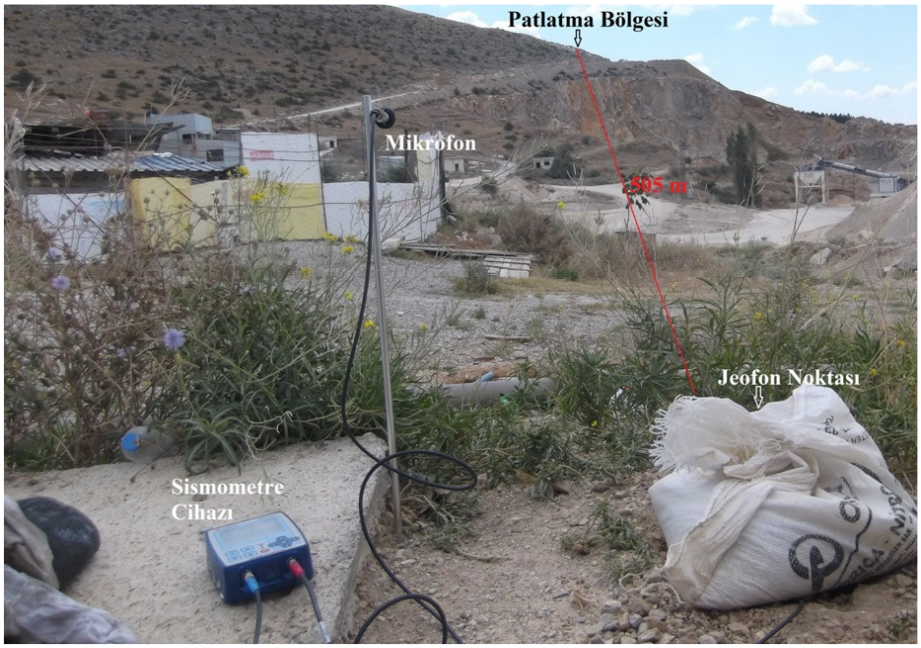
Fizikomekanik Özellikler	
Birim hacim ağırlık (g/cm^3)	2.68
Özgül ağırlık	2.73
Ağırlıkça su emme oranı (%)	0.3
Görünür porozite (%)	0.65
Doluluk oranı (%)	99
Mohs Sertliği	3.5-4
Shore Sertlik (SH) değeri	58.63
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	110.55
Schmidt Darbe Dayanımı	59

7.5. Patlamadan Kaynaklı Titreşim ve Hava Şoku (Gürültü) Kayıt Ölçümleri

24.07.2015 tarihinde itibaren başlayan, konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, detaylı olarak açıklanan toplam 22 atıma (4 adet elektronik patlatma dahil) ait titreşim ölçümleri, çoğunlukla 1 adet Patlatma Titreşim Ölçer Cihazı (Instantel Micromate 4 Kanallı) ile ve bazen de 1 adet Instantel Micromate ve 2 adet Instantel Minimate Blaster ile birlikte yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazlarları, söz konusu ocakta yapılan atım noktaları çevresinde muhtelif uzaklıklarda belirlenen ölçüm istasyonlarına sistematik bir şekilde yerleştirilmiştir. Atım noktaları ile titreşim (yer sarsıntısı) ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 7.20- Şekil 7.25).

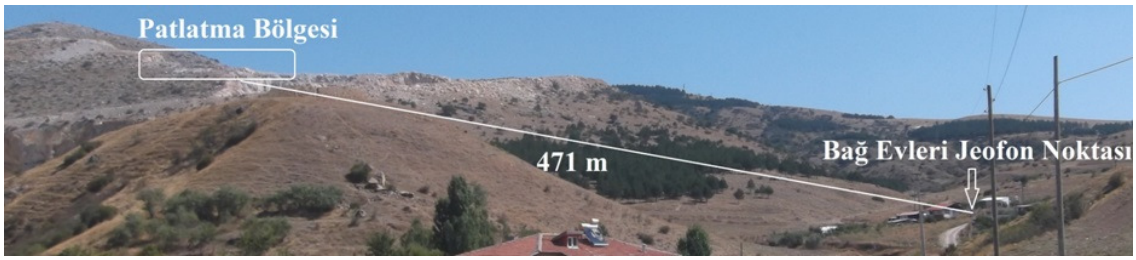
Şekil 7.20. Atım noktalarının GPS ile belirlenerek ölçüm aletine veri olarak girilmesi

Şekil 7.21. Jeofon istasyon noktaları ve patlatma bölgesinin GPS ile belirlenmesi



Şekil 7.22. Patlatma ve Jeofon istasyon noktaların GPS ile belirlenmesi

Şekil 7.23. Belediye Kantarının yanına Jeofon istasyon noktasının yerleştirilmesi



Şekil 7.24. Patlatma bölgesi ve Bağ evleri Jeofon istasyon noktaların arası mesafe

Şekil 7.25. Bağ evlerinde Jeofon istasyon noktaları arası mesafenin GPS ile belirlenmesi

8. ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

8.1. Titreşim ve Hava Şoku Ölçüm Sonuçları

Çalışma alanında toplam 18 atım elektriksiz ve 4 atım da elektronik olmak üzere toplam 22 atım için ölçüm istasyonlarının yerleri önceden belirlenerek Şekil 8.1'de mesafelerle birlikte detaylı olarak gösterilmiştir. Atımlar sonucunda cihazlar tarafından kaydedilen 23 adedi elektriksiz ve 9 adedi elektronik olmak üzere toplam 34 adet olayın maksimum parçacık hızlarını (PPV) ve frekans değerlerini içeren bilgileri ve istasyon noktaları ile atım noktaları arasındaki mesafeler (R), Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir. 23 adet elektriksiz ve aynı gecikme aralığına sahip 3 adet elektronik olmak üzere toplam 26 patlatılan ölçüm sonuçlarından, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı miktarı ve patlatma bölgesi ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe (SD) ile maksimum parçacık hızı (PPV) arasındaki ilişki incelenmiştir.

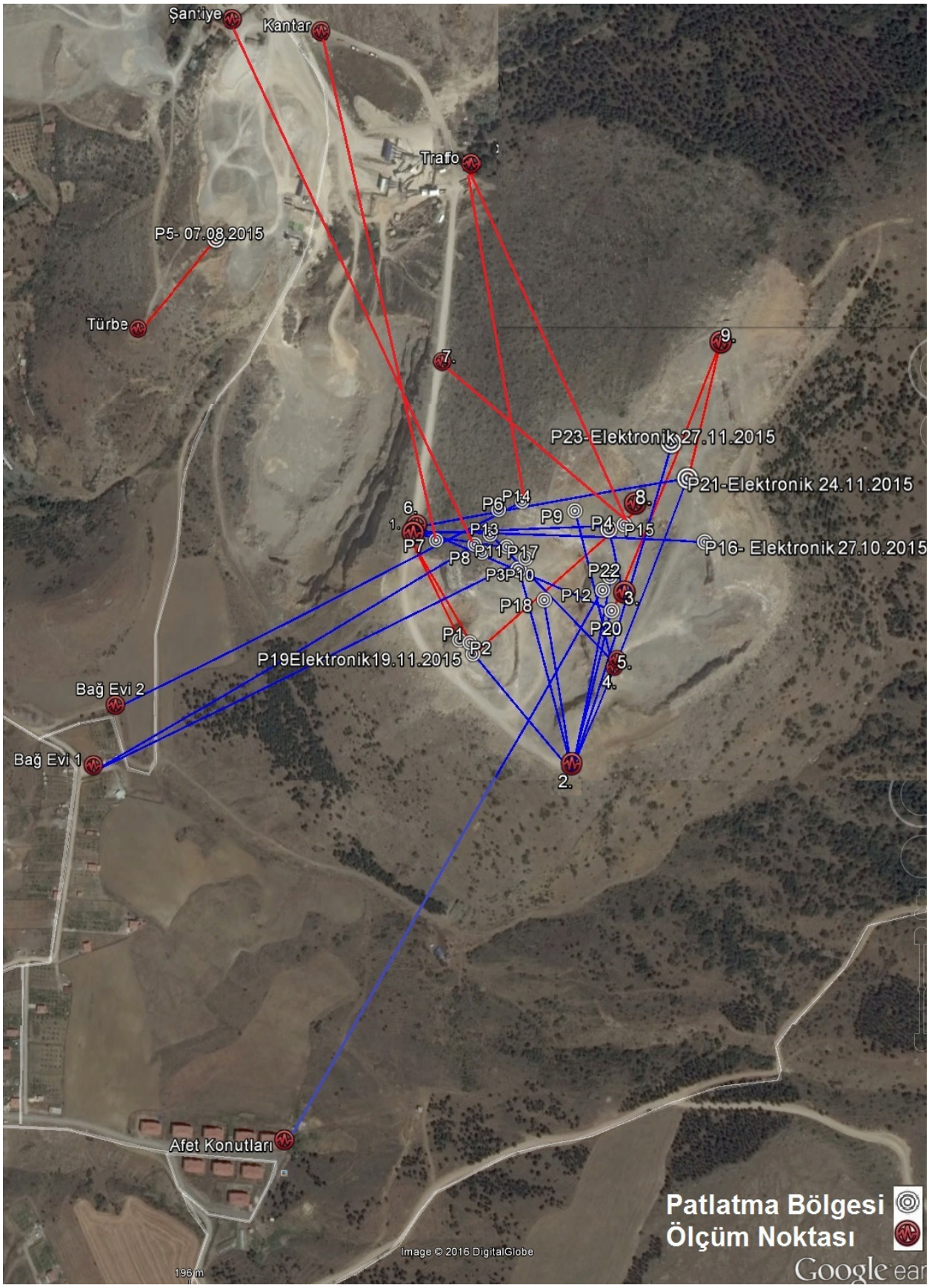
Ölçekli mesafe için; $SD = R/W^{1/2}$ şeklindeki denysel ilişki geniş bir kabul görmüştür. $SD = R/W^{1/3}$ ilişkisi de yine birçok araştırmacının kullandığı bir formüldür (Dowding, 1985; Ambraseys ve Hendron, 1968).

Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2'deki verilerden hareketle; ölçülen en yüksek parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formülle ifade edilmiştir (Kahriman ve Ceylanoğlu, 1996, Kahriman, 2004; Uyar Aldaş ve Bilgin, 2004).

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

Literatüre uygun olarak oldukça iyi bir ilişki katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun en yüksek parçacık hızına karşılık gelen ölçekli mesafe ilişkisinin logaritmik grafiksel görünümü de gecikme başına düşen patlayıcı miktarı ilişkisinin araştırmacılar tarafından kullanılan $W^{1/2}$ ve $W^{1/3}$ için Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'de gösterilmiştir. Buna göre, Şekil 8.2'de gösterilen ve araştırmacılarının yaygın olarak kullandığı ve ilişki katsayısı daha iyi olan $W^{1/2}$ için çalışılan saha sabitleri sırasıyla K = 1907.3 ve β = -1.9705 olarak bulunmuştur. İyi bir ilişki katsayısı (r^2 = % 76.81) ile tespit edilen bu denklem ile işletmede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılacak belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşim hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını belirlemede kullanılabilecektir. Ancak arazide, ileriki zamanlarda yapılacak atımların da kayıt edilerek daha fazla veri elde edilmesi ve ilişkinin güncelleştirilmesi gerekmektedir.

Parçacık hızı tahmin denkleminin güvenirliğinin sağlam olması için kararlılık katsayısının (r^2) değerinin 0.7 den büyük olması gereklidir. Yapılan regresyon analizi sonucunda 0.7'den daha düşük bir r^2 değeri elde edilmiş ise bu durum sahadan sağlanan veri çiftleri arasında tutarsızlığın ya da problemin var olduğunun işaretidir (Costa ve diğ., 1996).



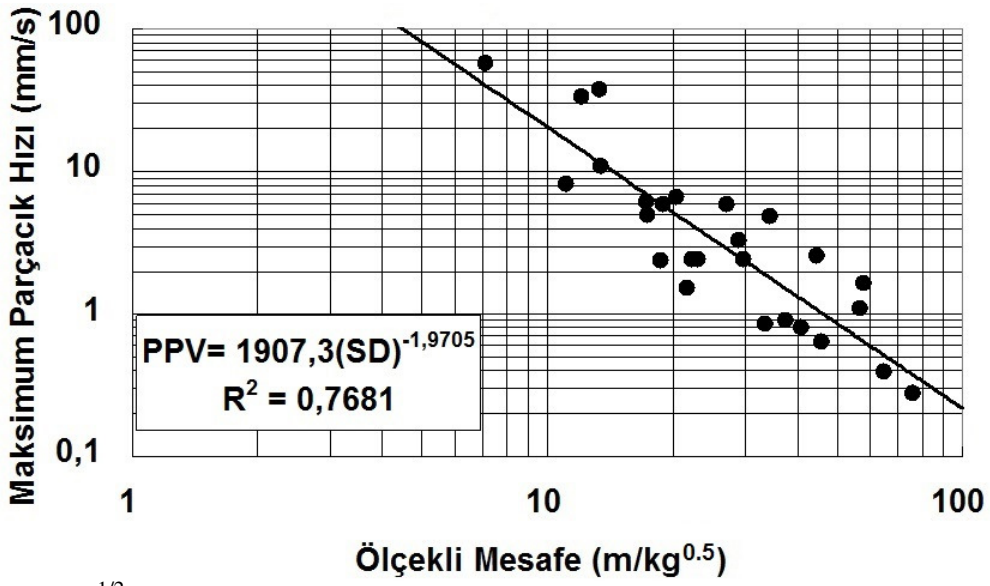
Şekil 8.1. Patlatma ve Ölçüm noktaları arasındaki mesafelerin gösterimi

Çizelge 8.1. Çorum Belediyesine ait olan taş ocağı için patlatma dizayn parametreleri

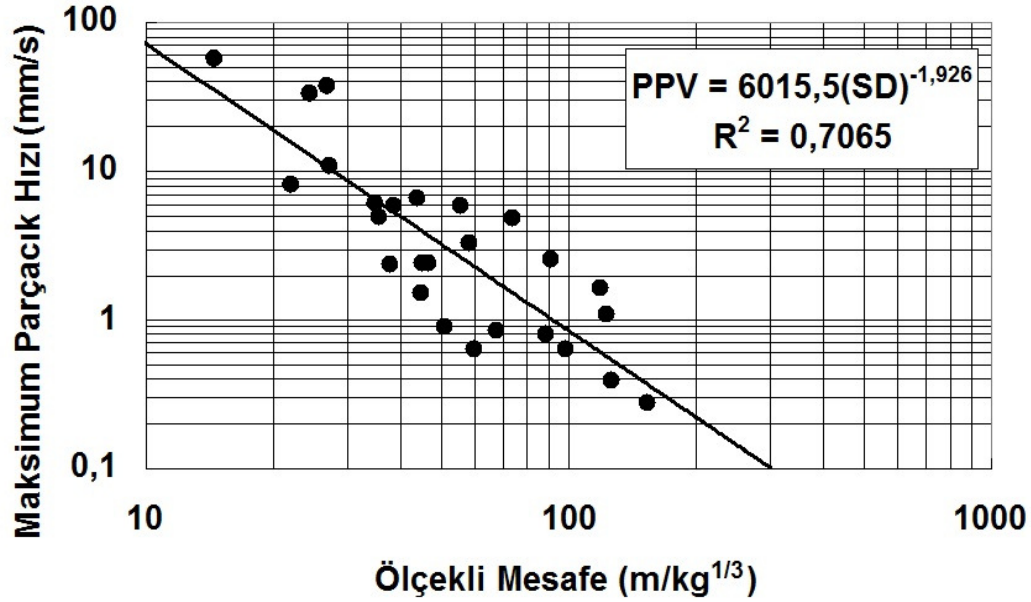
Atım No	Delik Sayısı	Kademe Yüksekliği	Patlatma Genişliği	Delik Uzunluğu	Delik Çapı	Sıkılama Boyu	Sıra sayısı	Dilim Kalınlığı	Delikler arası mesafe	Kolon Şarjı	Birim Şarjı	Esas Patlayıcı ANFO	Dinamit Emulite	Toplam Kapsül Miktarı
		K (m)	B (m)	L (m)	d_0 (mm)	h_0 (m)		B(m)	S(m)	(kg)	(kg/m^3)	(kg)	(kg)	
1	21	---	40	3-14	89	1-2	1	---	---	65	---	750	0.25	21
2	76	13	60	14	89	2	4	2.4	2.6	65	0.80	4200	0.5	77
3	95	11.5	65	12.5	89	2	4	2.4	2.6	56.5	0.79	4950	0.5	96
4	90	15	65	16	89	2	4	2.4	2.6	70	0.75	4950	0.5	98
5	61	13	65	14	89	3	4	2.4	2.6	75	0.86	3200	0.5	80
6	82	16	80	20	89	3	5	2.4	2.6	94.5	0.95	4950	0.5	99
7	90	13	65	18	89	3	4	2.4	2.6	76.8	0.86	4950	0.5	90
8	79	19	65	21	89	2.5	3	2.4	2.6	101.6	0.82	4950	0.5	95
9	109	11	65	14	89	2.5	5	2.4	2.6	71.1	1.04	4950	0.5	111
10	95	13	60	21	89	2.5	4	2.4	2.6	99.5	1.24	4950	0.5	99
11	94	14	75	16	89	2.5	4	2.4	2.6	67.5	0.77	4950	0.5	98
12	86	13	55	15	89	2.5	4	2.4	2.6	67	0.93	4950	0.5	90
13	92	14	66	20	89	2.5	4	2.4	2.6	102.5	1.17	4950	0.5	95
14	62	12	44	16	89	2.5	4	2.4	2.6	71	0.95	3650	0.5	66
15	20	13	25	14	89	2.5	4	2.6	3.0	62	0.62	1340	0.5	20
16	82	13	40	15	89	2.5	6	2.4	2.6	61	0.75	4950	0.5	86
17	62	15	45	16	89	2.5	3	2.4	2.6	67	0.71	3650	0.5	65
18	20	14	27	15	89	2.5	2	2.6	3.0	67	0.61	1350	0.5	20
19	62	14	30	15	89	2.5	3	2.4	2.6	66	0.76	3700	0.5	66
20	19	14	23	15	89	2.5	3	2.6	3.0	66	0.60	1250	0.5	19
21	61	14	29	15	89	2.5	3	2.4	2.6	66	0.76	3600	0.5	65
22	19	14	24	15	89	2.5	3	2.6	3.0	66	0.60	1250	0.5	19

Çizelge 8.2. Patlatma sonucu oluşan ölçüm sonuçları

Atım No	İstasyon No	Tarih	Saat	Ses	Parçacık Hızları (mm/s)				Mak. Parça. Hızı (mm/s)	Hakim Frekans(Hz)			Patlayıcı miktarı	Uzaklık	Ölçekli	Mesafe	Ateşleme Sistemi
		2015		(dBL)	T	V	L	VS	PPV	L	V	T	Q_{max} (kg)	R (m)	(m/kg^{½})	(m/kg$^{1/3}$)	
1	1	24.07	12:11	133.6	21.89	22.12	**33.26**	37.81	33.26	26	**37**	23	65.4	98	12.11	24.32	Elektriksiz
2	1	24.07	14:03	133.3	28.31	35.26	**37.24**	48.65	37.24	27	**34**	23	65.4	108	13.35	26.81	Elektriksiz
3	2	28.07	12:09	121.2	2.814	5.210	**6.534**	7.556	6.534	18	**30**	21	70	180	20.51	43.68	Elektriksiz
4	3	04.08	11:57	129.1	25.01	**57.54**	43.25	60.12	57.54	20	**43**	30	72	60.2	7.09	14.47	Elektriksiz
5	Trafo	18.08	12:42	112.4	3.831	**4.792**	4.146	5.2	4.792	14	**19**	15	94.7	335.3	34.5	73.56	Elektriksiz
6	Kantar	25.08	12:24	112.7	0.544	0.741	**1.647**	1.691	1.647	**12**	11	8.5	76.2	504.9	57.84	119.09	Elektriksiz
7	Şantiye	08.09	12:25	108.3	0.481	0.504	**1.103**	1.169	1.103	7.9	7.1	**8.3**	100.6	573.1	56.9	123.22	Elektriksiz
8	4	10.09	12:14	130.9	**4.918**	3.326	3.949	5.367	4.918	11	11	**17**	71.1	146.7	17.40	35.41	Elektriksiz
9	1.Bağ evi	17.09	12:21	120.4	0.307	0.323	**0.394**	0.406	0.394	4.8	**7.3**	5.8	55	479.6	64.67	126.11	Elektriksiz
10	1.Bağ evi	06.10	12:13	122.6	0.489	**0.638**	0.504	0.662	0.638	**11**	6.7	9.5	99.7	456.4	45.70	98.43	Elektriksiz
11	Afet evleri	08.10	12:16	107.4	**0.276**	0.197	0.229	0.312	0.276	6.3	9.1	**9.7**	67.5	625.0	76.10	153.50	Elektriksiz
12	5	13.10	12:17	141.7	**6.093**	3.539	5.107	6.832	6.093	10	**15**	11	67	141.7	17.31	34.89	Elektriksiz
13	2.Bağ evi	15.10	12:17	117.6	0.434	**0.804**	0.796	0.895	0.804	7.3	**7.6**	**7.6**	102.5	413.7	40.86	88.40	Elektriksiz
14	6.	27.10	12:38	122.5	1.143	1.270	**1.524**	1.713	1.524	**18**	10	9.5	71	185.6	21.72	44.82	Elektriksiz
	7.		12:38	116.9	5.461	2.921	**5.842**	6.103	5.842	39	**43**	32		228.8	27.15	55.25	
	Trafo		12:38	108.7	1.143	1.836	**2.577**	2.730	2.577	14	**17**	7.5		375.7	44.59	90.73	
15	6.	27.10	12:43	107.5	**0.635**	0.508	0.508	0.813	0.635	8.5	**12**	9	62	205.6	26.11	51.95	Elektronik
	7.		12:43	107.5	**0.889**	0.381	0.762	1.00	0.889	7.3	**34**	9.8		249.6	31.70	63.06	
	Trafo		12:43	99.73	0.6654	0.958	**1.088**	1.239	1.088	9.8	**13**	6.6		391.9	49.77	99.02	
16	6.	17.11	12:27	144.8	4.064	**8.128**	6.477	8.391	8.128	**27**	14	11	61	86.6	11.09	22.00	Elektriksiz
	1.Bağ evi		---	----	---	----	---	---	----	----	---	---		469.3	60.08	119.22	
	Afet evleri		---	----	---	----	---	---	----	----	---	---		618.1	79.14	157.02	
17	2.	19.11	12:24	127.1	4.902	5.170	**5.848**	6.882	5.848	15	28	**34**	67	156.2	19.08	38.46	Elektriksiz
	8.		---	----	---	----	---	---	----	----	---	---		105.7	12.91	26.02	
18	2.	19.11	12:23	125.9	7.236	6.337	**12.65**	13.80	12.65	**37**	16	34	67	140.1	17.12	34.49	Elektronik
	8.		12:23	130.7	**3.810**	1.778	3.429	4.595	3.810	6.7	**10**	**10**		184.1	22.49	45.33	
19	9.	24.11	12:18	120.0	**3.302**	0.889	1.778	3.326	3.302	7.9	**16**	11	66	235.6	29.00	58.30	Elektriksiz
	6.		12:18	124.2	1.143	1.397	**2.413**	2.609	2.413	**26**	23	22		187.4	23.07	46.37	
	2.		12:18	131.0	1.868	1.072	**2.365**	2.515	2.365	8.5	**15**	8		152.7	18.80	37.79	
20	9.	24.11	12:16	123.9	6.985	6.604	**10.92**	11.81	10.92	11	**27**	13	66	109.6	13.49	27.12	Elektronik
	6.		12:16	121.5	0.381	0.254	**0.635**	0.751	0.635	32	**57**	19		241.5	29.73	59.76	
	2.		12:16	120.7	0.504	0.473	**0.859**	0.893	0.859	**7.0**	5.1	5.8		272.4	33.53	67.41	
21	2.	27.11	11:46	137.0	1.237	1.198	**2.435**	2.677	2.435	**12**	10	8.5	66	181.7	22.37	44.96	Elektriksiz
22	2.		11:50	118.7	0.434	0.370	**0.906**	1.008	0.906	4.5	**8.4**	4.9		205.2	35.26	50.77	Elektronik



Şekil 8.2. $W^{1/2}$ için ölçekli mesafe ile maksimum parçacık hızı arasındaki logaritmik ilişki



Şekil 8.3. $W^{1/3}$ için ölçekli mesafe ile maksimum parçacık hızı arasındaki logaritmik ilişki

8.2. Titreşim Ölçümlerinin Yönsel Değerlendirmesi

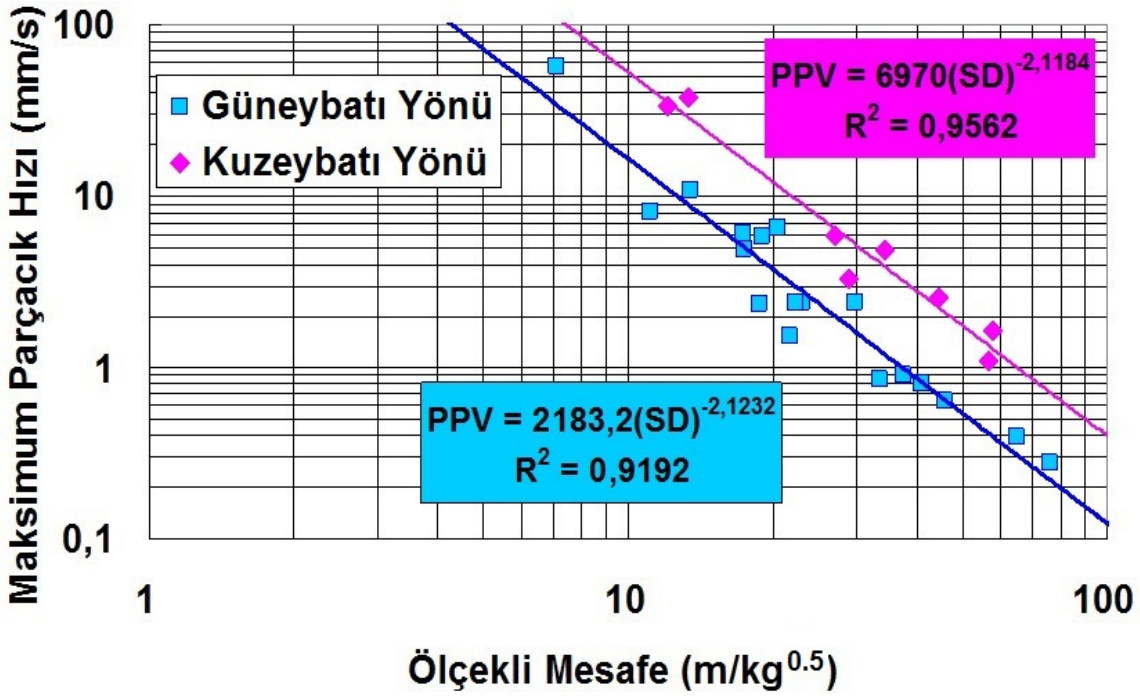
Titreşimin yayılma eğiliminin belirlenmesi ölçekli mesafe bileşke partikül hızı grafiğine en uygun üstel fonksiyon yaklaşımı yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bu durumda titreşime neden olan patlayıcı miktarı ve titreşim kaynağından olan mesafe ana değişken olmak üzere diğer etken parametreler fonksiyonların katsayısı ile ifade edilmek zorunda kalınmaktadır (Karakuş, 2010).

Arazi ve sönümlenme katsayı olarak tariflenen bu katsayılar özünde titreşim ölçümünde elde edilen değerler ile üretilen üstel yakınsama fonksiyonun katsayı değerleridir. Diğer taraftan titreşimin yayılma özelliğini belirleyen patlayıcı miktarı ve mesafe, titreşim hızı ile doğrusal bir ilişki gösterse de bazı jeolojik ve fiziksel koşullarda patlayıcı miktarı ve mesafe etkileşiminden bağımsız titreşimin sönümlendiği veya beklenmeyen artışlara neden olduğu gözlenebilir. Örneğin; ana kütle içinde yüzeyden gözlenemeyen sınırlayıcı bir süreksizlik (faylanma) titreşim yayılmasını beklenmeyen bir şekilde sonlandırabilir veya yine ana kütle içerisinde titreşimin farklı hızlarda yayılmasına neden olan yapı farklılıkları titreşim hızının beklenmeyen bir şekilde

artmasına neden olabilir. Titreşim yayılma hızının artması veya azalmasına neden olan bu tür yapılarda üstel yaklaşım fonksiyonunun katsayıları önem kazanmakla birlikte belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Titreşimlerin yönsel değişimlerinin değerlendirilmesi de bu katsayı değerlerinin değişmesiyle ifade edilebilir (Karakuş, 2010).

Sahanın Güneybatı Bölgesi ve Kuzeybatı Bölgesi yönündeki ölçülen titreşim katsayıları değerlendirildiğinde, aynı koşullarda gerçekleştirilen patlatmalar için farklı titreşim yayılma özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bu fark, iki bölgenin farklı süreksizlik özelliklere sahip olmasından veya patlatmanın yönsel değişiminden kaynaklanabilir. Sahanın arazi yapısının hem bir süreksizlik hem de bir vadi ile ikiye ayrılması sebebiyle farklı katsayılar bulunmuş olması titreşimin yönsel değişimini ifade edebilir.

Atım noktasından güneybatı ve kuzeybatı yönünde patlatma sonucu oluşan ölçekli mesafe ile maksimum parçacık hızı grafiği Şekil 8.4'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi aynı koşullarda gerçekleştirilen atımların güneybatı yönünde arazi ve sönümlenme katsayıları olanı K = 2183.2; β = -2.1232 olarak % 91.92 regresyon katsayısı ile elde edilmiştir. Kuzeybatı yönünde ise atımlardan elde edilen titreşim ölçüm sonuçlarından arazi ve sönümlenme katsayıları olan K = 6970; β = -2.11184 olarak % 95.62 regresyon katsayısı ile belirlenmiştir. Yönsel değişim olacağı gözetilmeksizin analiz yapılması durumunda elde edilen maksimum parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkisi elde edilen arazi ve sönümlenme katsayıları sırasıyla K = 1907.3; β = -1.9705 olarak % 76.81 regresyon katsayısı ile belirlenmiştir. Bu katsayıların değerleri içerisinde patlatma dizayn parametrelerini etkisini içerdiği gibi aynı zamanda titreşimin yayıldığı ortamdaki zemin yapısı ve süreksizlik özelliklerinin değişimlerini de içermektedir.



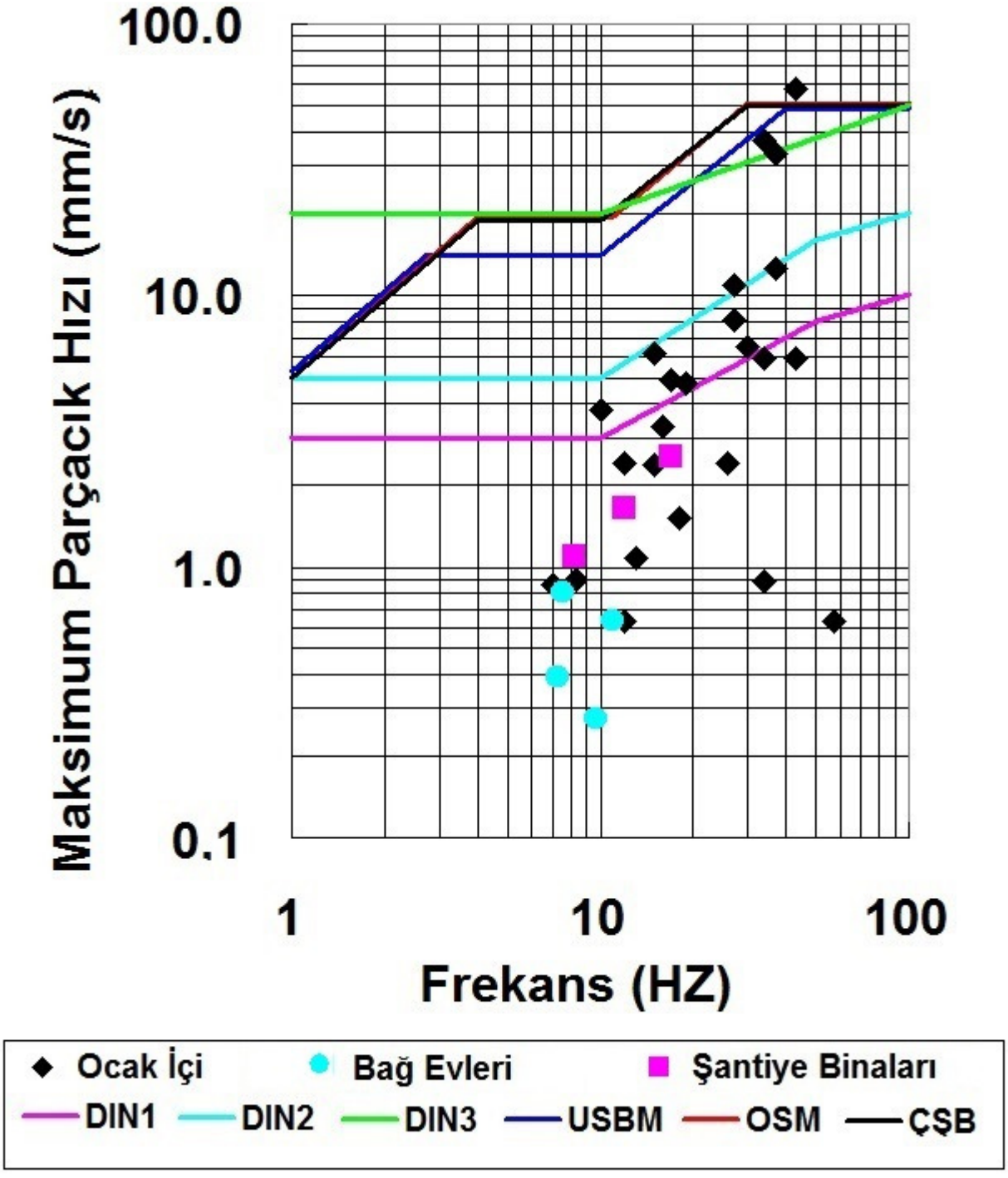
Şekil 8.4. Yönsel açıdan ölçekli mesafe ile maksimum parçacık hızı arasındaki logaritmik ilişki

8.3. Titreşim Ölçümlerinin Hasar Riski Değerlendirmesi

ABD Ulusal Standartlar Enstitüsü, günde bir patlatma için öngördüğü 12,70 mm/s veya dalga frekansının 2 Hz olması durumu için yönetmeliğin öngördüğü 9.35 mm/s titreşim hızının bina zemininde aşılmamasını dikkate almıştır (ANSI, 1983). Öte yandan Dowding (1985) yaptığı titreşim ölçümleri ve binalarda hasar oluşup oluşmadığı veya oluştu ise hangi titreşim düzeyinde

oluştuğunu araştırdığı çalışma sonunda, eşik hasarın 76 mm/s; hafif hasarın 114 mm/s; ağır hasarın 203 mm/s titreşim hızı değerlerinde oluştuğunu anlatmaktadır.

Bu çalışma kapsamında; cihazların kaydettiği parçacık hızı bileşenlerinin oluşum frekansları dikkate alınarak, Bağ evleri, Afet Evleri ve ocağa ait binalara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla, DIN 4150 Alman Normu, ABD Madencilik Bürosu'nun (OSM), Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu (USBM) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2010) Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Norm'larına göre ölçülen maksimum parçacık hızı (PPV) ve karşılık gelen frekans değerleri, mukayese edilmek üzere Şekil 8.5'deki grafik üzerinde de topluca gösterilmiştir.



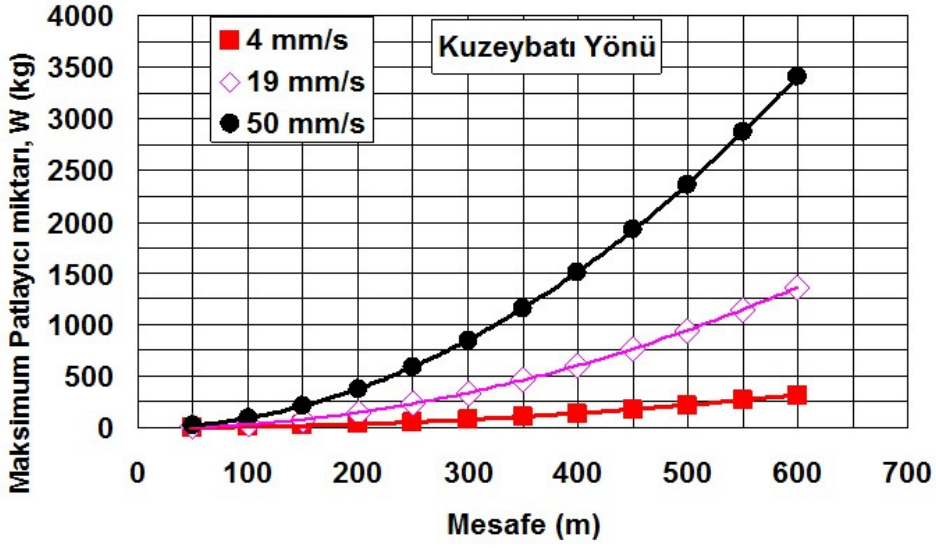
Şekil 8.5. Maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekansların dağılımı ve ulusal/uluslararası normlara göre durumu

Şekil 8.5'de görüldüğü üzere, hem güneybatı yönündeki Bağ evleri ve Afet konutları (açık mavi noktalar) hem de kuzeybatı yönündeki Şantiye binaları (pembe noktalar) ölçüm istasyonlarında kaydedilen değerler, hasar limit değerlerinin altında olmuştur. Tüm ölçümlerden sadece 4. atıma çok yakın seçilen 3 numaralı ölçüm istasyonunda kaydedilen değer, hasar limitlerinin üzerinde olmuştur. Fakat bu ölçüm noktasının ocak içerisinde gerçekleşmesi ve patlatma bölgesine çok yakın (60 m) olması sebebiyle dikkate alınmasına gerek olmadığı anlaşılmıştır.

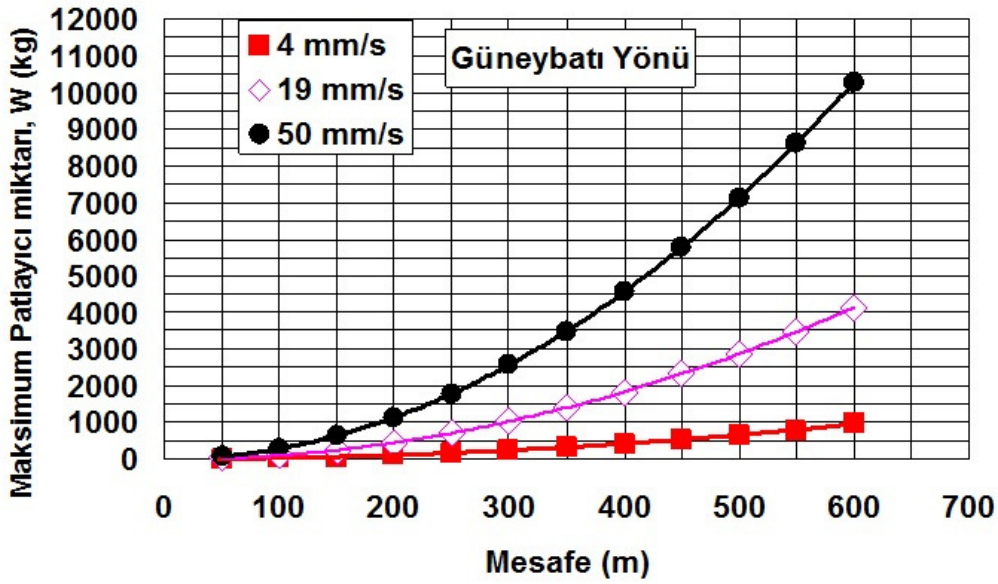
Binada bulunan kişilerin tahammül ve kabul edilemez düzeyde rahatsız olmaması için en yüksek titreşim sınırı, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI, 1983) tarafından 6,35 mm/s olarak verilmektedir. Ancak bu değer, Melikgazi bağ evlerinde binaların durumları göz önüne alındığında, yapısal hasar açısından yüksek olacağı kanaati oluşmuş, emniyetli tarafta kalmak için yerleşim yerleri zemininde izin verilebilecek titreşim hızı 3 mm/s olarak esas alınması gerektiği görüşü hâsıl olmuştur. Yer titreşimlerine insanların tepkisi ve rahatsızlık duyup duymama açısından yapılan değerlendirmede de genelde 3 mm/s değeri esas alınır. Sismik dalga hâkim frekansları dikkate alındığında çevre yerleşim birimlerindeki en hassas kişilerin titreşimleri algılamaya başlayabilecekleri en düşük değer 1.78 mm/s'dir (Çakmak ve Bilgin, 2007). Oysaki halen Bağ evleri ve Afet konutlarına yakın istasyonlarda kaydedilen değerlerin hasar limitinin çok altında (1 mm/s'den daha düşük) kaldığı görülmektedir.

8.4. Yönsel Açıdan Tahmin Yaklaşım Denklemleri İle Gecikme Başına Güvenli Patlayıcı Miktarının Belirlenmesi

Çorum Belediyesinin taş ocağı için elde edilen yönsel titreşim yayılım formüllerinden yararlanarak, bundan sonra sahada yapılacak atımlarda, rehber olarak kullanılabilecek, gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarının bulunabileceği bir patlatma çizelgesi veya grafiği elde etmek hedeflenmiştir. Bundan sonra yapılacak olan patlatmaların hem Melikgazi bağları ve Afet konutları içerisindeki yapılara hem de Şantiye binalarına veya ana kayaç kütlesine herhangi bir etki yapmaması için Çevre Şehircilik Bakanlığının Gürültü Yönetmeliğine (2010) göre; binaların hasara yol açmaması için belirlediği ölçütler olan 1-4 Hz frekanslar için 4 mm/s, 4-10 Hz frekanslar için 19 mm/s ve 30-100 Hz frekanslar için 50 mm/s hızlar için tepe değerler kabul edilerek patlatma sonucu oluşan titreşim dalgalarının tamamen sönümleneceği patlayıcı madde miktarları değişik mesafeler için hesaplanarak Kuzeybatı ve Güneybatı Yönüne doğru Çizelge 8.3'de verilmiştir. Kuzeybatı Yönüne olan patlatma grafiği ise Şekil 8.6'da ve Güneybatı Yönüne patlatma grafiği ise Şekil 8.7'de verilmiştir.



Şekil 8.6. Kuzeybatı yönüne doğru binalar için izin verilen parçacık hızlarına göre mesafeye bağlı olarak maksimum patlayıcı miktarlar ilişkisi



Şekil 8.7. Güneybatı yönüne doğru binalar için izin verilen parçacık hızlarına göre mesafeye bağlı olarak maksimum patlayıcı miktarları ilişkisi

Çizelge 8.3. Binaların hazar riski oluşturmaması için izin verilen maksimum parçacık hızlarına göre uzaklığa karşı maksimum kullanılabilecek patlayıcı miktarları

Mesafe R (m)	Yönsel	Gecikme başına düşen maksimum patlayıcı miktarı W(kg)		
		İzin Verilen Maksimum Parçacık Hızı, V(mm/s)		
		4 mm/s	19 mm/s	50 mm/s
50	Kuzeybatı	2.18	9.48	23.63
	Güneybatı	6.60	28.65	71.29
100	Kuzeybatı	8.71	37.92	94.53
	Güneybatı	26.41	114.61	285.14
200	Kuzeybatı	34.84	151.67	378.14
	Güneybatı	105.65	458.43	1140.57
300	Kuzeybatı	78.38	341.27	850.81
	Güneybatı	237.71	1031.47	2566.29
400	Kuzeybatı	139.35	606.70	1512.56
	Güneybatı	422.59	1833.72	4562.29
500	Kuzeybatı	217.73	947.97	2363.37
	Güneybatı	660.30	2865.19	7128.58
600	Kuzeybatı	313.54	1365.08	3403.25
	Güneybatı	950.84	4125.87	10265.16

Böylece, patlatmadan sorumlu mühendisler, bu sahada gelecekte yapılacak patlatmalarda, gecikme başına düşen şarj miktarını belirlemede ve buna bağlı olarak da maksimum parçacık hızlarını tahmin etmede, belirli mesafeler için verilmiş çizelgeden veya herhangi aralıktaki mesafe için patlatma grafiğinden yararlanabilirler. Ayrıca, yapılacak olan patlatma noktasına daha yakın bölgelerdeki parçacık hız tahminlerinde verilen grafiğin kullanılması ile daha sağlıklı tahminler yapılabileceği düşünülmektedir.

Binalar için patlamadan kaynaklı titreşimlerin hasar oluşturmaması için kabul edilebilir sınırların insanların rahatsızlık hissetme durumuna göre çok daha esnek olduğu bu çalışmanın sonuçları olan yukarıda verilen Çizelge 8.3, Şekil 8.6 ve Şekil 8.7'de görülmektedir. Mevcut patlatma şartlarına uygulanması durumunda Melikgazi bağları ve Afet evlerinde bulunan binalara herhangi bir sorun çıkarmayacağı gözükmesine rağmen, bu bölgede yaşayanlar tarafından titreşim veya sarsıntı şikâyetleri zaman zaman belirtilmektedir. Son yıllarda, binalar için geliştirilen yaklaşım yerine insanların hissedebileceği ve tedirgin olacağı değerler üzerinde değerlendirme yapmanın çok daha önemli olduğu görüşü hâkim olmuştur.

Bu çalışmada, bölgede yaşayanların tedirginliklerini tamamen ortadan kaldırmak için Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI, 1983) tarafından 6.35 mm/s olarak verilen değer başta olmak üzere, Melikgazi bağ evlerinde binaların durumları göz önüne alındığında, emniyetli tarafta kalmak için yerleşim yerleri zemininde izin verilebilecek titreşim hızı 3 mm/s değeri ve en hassas kişilerin titreşimleri algılamaya başlayabilecekleri en düşük değer olan 1.78 mm/s'lik (Çakmak ve Bilgin, 2007) maksimum parçacık hız değerleri temel alınarak hem Kuzeybatı yönünde hem de Güneybatı yönünde belirli bir mesafeye göre gecikme başına kullanılabilecek maksimum patlayıcı miktarları Çizelge 8.4'de verilmiştir. Herhangi bir mesafe için Kuzeybatı Yönüne olan patlatma grafiği Şekil 8.8'de ve Güneybatı Yönüne patlatma grafiği ise Şekil 8.9'da verilmiştir.

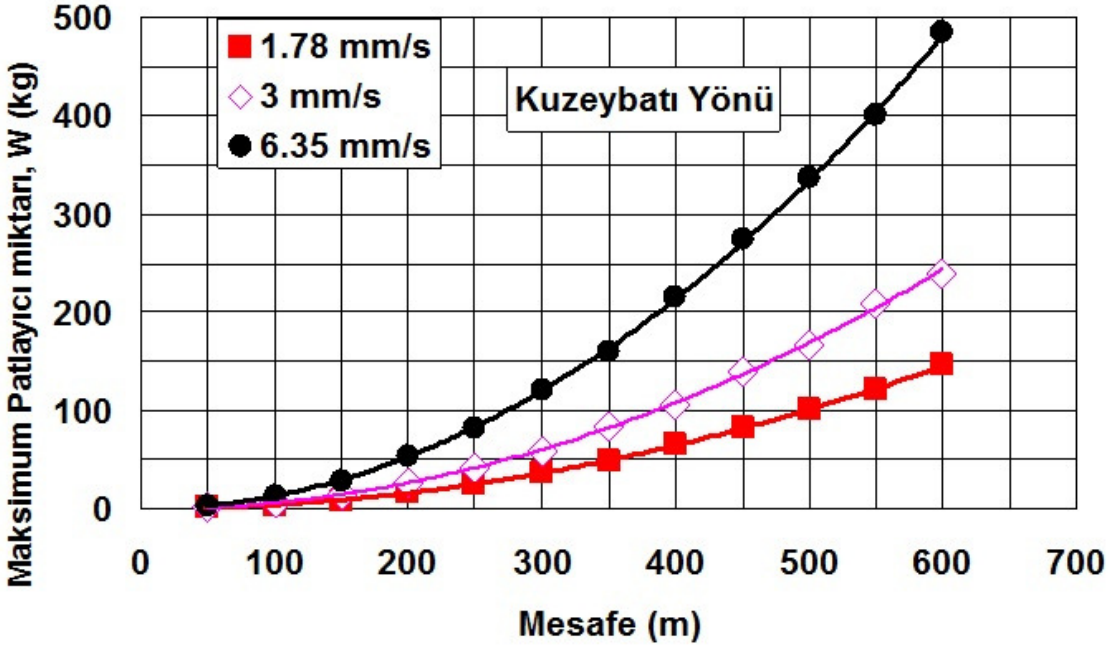
Çizelge 8.4. İnsanların tedirginlik yaşamamsı için izin verilen maksimum parçacık hızlarına göre uzaklığa karşı maksimum kullanılabilecek patlayıcı miktarları

Mesafe R (m)	Yönsel	Gecikme başına düşen maksimum patlayıcı miktarı W(kg)		
		İzin Verilen Maksimum Parçacık Hızı, V(mm/s)		
		İnsanların hissedebileceği 1.78 mm/s	Genel Sınırlama 3 mm/s	ANSI'ya göre 6.35 mm/s
50	Kuzeybatı	1.01	1.66	3.37
	Güneybatı	3.08	5.04	10.21
100	Kuzeybatı	4.05	6.64	13.48
	Güneybatı	12.32	20.15	40.83
200	Kuzeybatı	16.22	26.56	53.91
	Güneybatı	49.28	80.58	163.32
300	Kuzeybatı	36.50	59.75	121.29
	Güneybatı	110.88	181.31	367.46
400	Kuzeybatı	64.88	106.23	215.63
	Güneybatı	197.12	322.32	653.27
500	Kuzeybatı	101.37	165.98	336.92
	Güneybatı	308.00	503.63	1020.73
600	Kuzeybatı	145.98	239.01	485.16
	Güneybatı	443.52	725.22	1469.85

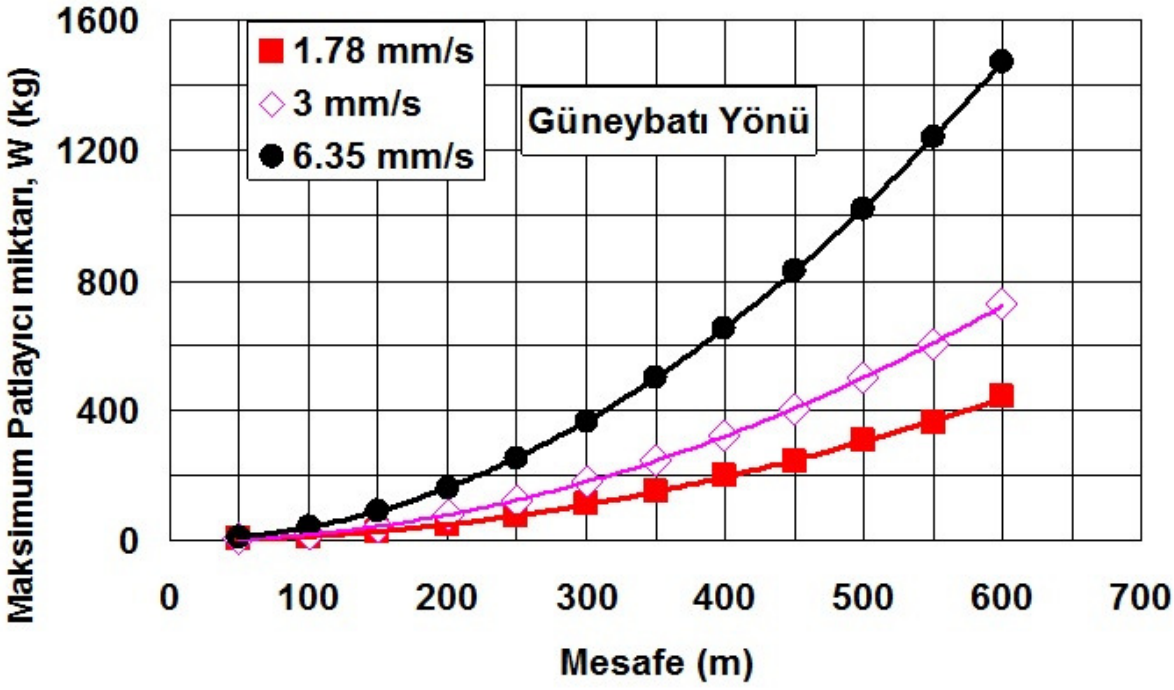
Yapılan bu istatistiksel değerlendirmeler sonucunda yönsel açıdan eşitlikler kullanarak yapılan ölçümlerle test edilmiş ve hesaplanan PPV değerleri ile ölçülen PPV değerlerin birbirine olan yakınlıkları incelenmiştir. Yerinde ölçülmüş değerler ile formülle tahmin edilmiş değerler arasındaki standart sapma Kuzeybatı yönüne 3.71'i Güneybatı yönüne ise 6.17'i geçmemektedir Bu takdirde, geliştirilen bu fonksiyon eşitliği kullanılarak, benzer atımlardaki muhtemel maksimum patlayıcı miktarları veya titreşim değerleri, ölçme ekipmanına (sismograf) gerek olmadan belirli güvenirlilik mesafesi için tahmin edilebilecektir. Ocakta çalışılan basamakların yönleri, derinlik, kazısı yapılan farklı jeolojik yapı, vb. değiştiği takdirde ölçümler mutlaka

tekrar yapılmalı ve ocağa ait yeni eşitlik geliştirilmelidir. Böylelikle çevre yapı ve tesislere zarar vermeyecek kontrollü atımlar planlanabilecek ve rahatlıkla uygulanabilecektir.

Ancak bu durum binalarda hasar riski bulunmadığı ve insanların hiç tedirgin olmayacağı anlamına gelmemektedir. Gelecekte de patlatmaların denetim altında yapılması zorunlu bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar verilen düzenler ve önerilen miktarlar patlatmaların güvenli bir şekilde devam etmesini garanti altına almayı amaçlasa da insan faktörü ve hata payı daima göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 8.8. Kuzeybatı yönüne doğru insanları için izin verilen parçacık hızlarına göre mesafeye bağlı olarak maksimum patlayıcı miktarları ilişkisi



Şekil 8.9. Güneybatı yönüne doğru insanları için izin verilen parçacık hızlarına göre mesafeye bağlı olarak maksimum patlayıcı miktarları ilişkisi

8.5. Patlama Sonucu Oluşan Hava Şok Basınç (Ani Gürültü) Ölçümleri

Patlatma uygulamalarında, yüksek hava şoku basıncı veya ani gürültü olarak adlandırılan havada ilerleyen enerji dalgaları oluşur. Bir açık işletmede veya çevresinde patlatmadan kaynaklanan hava şoku; ateşlenen patlayıcı miktarı, patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki uzaklık ve hava şartları gibi pek çok unsura bağlı olarak değişebilir. Bu sebeple herhangi bir açık işletmede veya çevresinde gürültü durumunun değerlendirilmesi ve belirlenmesi gereklidir.

Hava şoku patlatma ile oluşan istenmeyen etkilerden biridir. Hava şoku ender olarak binalarda hasara yol açsa da yarattığı ani ve güçlü gürültü sebebiyle yakın yerleşimlerdeki insanlar için şikâyet kaynağıdır. Patlatma ile oluşan hava şoku düzeyleri desibel (dB) cinsinden ifade edilmekte ve sahip olduğu büyüklük oranında hasar yaratmaktadır.

Patlayıcı madde atımları sırasında ölçüm istasyonunda 145 dB'den yüksek değerlerde sesten rahatsız olma, pencere camı kırılmaları, binalarda hasar meydana gelebilmektedir (Kahriman ve diğ., 2015).

Ülkemiz Gürültü Yönetmeliğinde patlatma kaynaklı hava şoku değerlendirmesi için herhangi bir sınır değer bulunmamakla birlikte, hasar oluşması için her türlü darbe gürültü üst seviyesi olarak 140 dB (A) aşamayacağını hükmeder. Türk yönetmeliğinde patlatmadan kaynaklanan hava şoku için bir sınır değer verilmediğinden bu araştırmada ABD yönetmeliğindeki hava şoku için belirlenmiş olan 133 dB (C) sınır değeri kullanılmıştır.

Hava şoku patlatmadan kaynaklanan, havada yayılan basınç dalgalarıdır. Havanın makaslama direnci olmadığı için sadece basınç dalgaları taşınır. Hava şoku dalgaları genellikle yer sarsıntılarına göre 5-20 kat daha yavaş yayılır ve patlatma yerinden uzaklaştıkça sönümlenir. Hava şoku araştırmalarında incelenmesi gereken en önemli parametreler gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarı (W) ve ölçüm istasyonuna olan uzaklıktır (R). Ayrıca sıkılamanın derecesi de önemli bir parametredir. Sıkılamanın derecesinin düşmesiyle birlikte oluşan hava şoku seviyesi artmaktadır. Ön kesme delikleri uygulanan patlatma tekniği gereği sıkılamasız patlatıldıkları için olağan olarak yüksek düzeyde hava şoku üretme riski taşımaktadırlar.

Hava şoku yayılımı başta rüzgâr hızı ve yönü olmak üzere meteorolojik koşullardan da etkilenmektedir. Rüzgâr hızı, yönü ve ayrıca sıcaklık inversiyonu önemli parametrelerdir. Bu sebeple hava şoku yayılımının değerlendirilmesinde meteorolojik koşullar da dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada da rüzgâr etkisi fazla olan ölçüm değerleri değerlendirmeye alınmayarak hesaplamalar yapılmıştır.

Farklı miktarlarda ve farklı mesafelerde patlatılan patlayıcılardan oluşan hava şoku dalgalarının karşılaştırılması için ölçekli mesafe (SD) yöntemi kullanılmaktadır. Hava şoku yayılımında veriler daha az dağılım gösterdiği için genellikle karekök (½) yerine küp kök (⅓) tipi ölçekli mesafe yöntemi tercih edilir (Dowding, 1985). Bu yöntem eşdeğer ölçekli mesafelerde eşdeğer hava şoku dalgalarının oluştuğunu varsayar (Dowding, 1985; Ambraseys ve Hendron, 1968).

$$SD = R/W^{1/3}$$

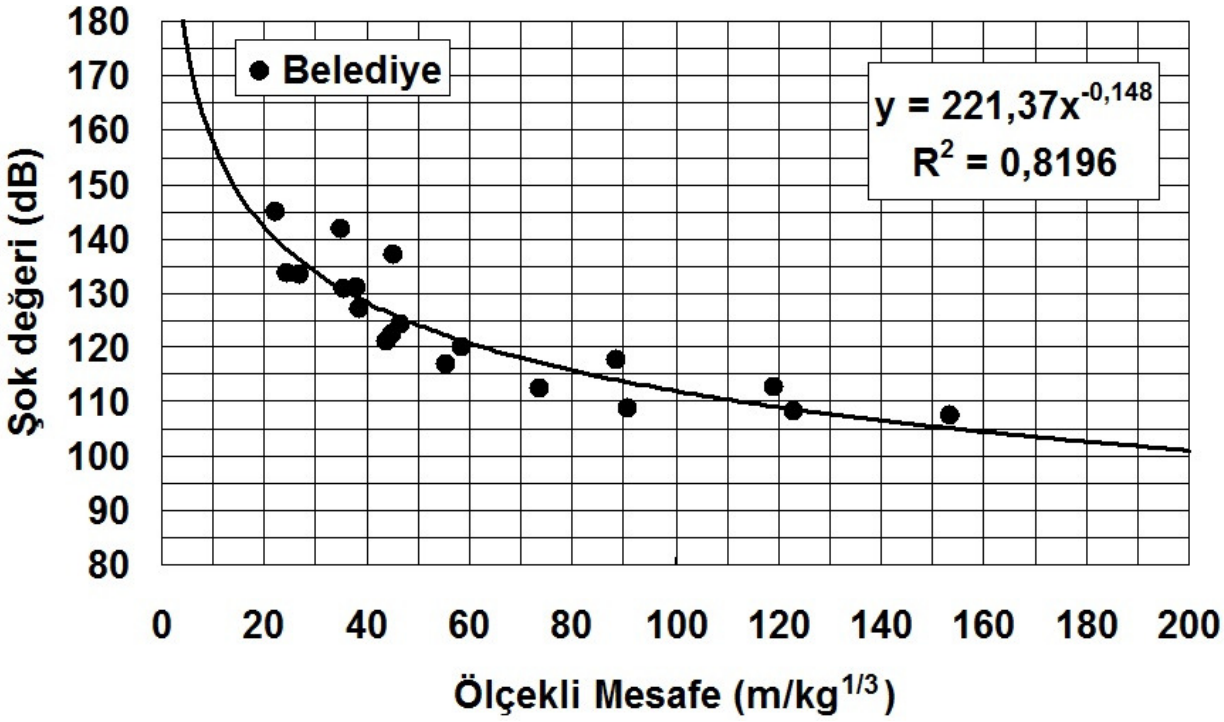
burada;

SD= Ölçekli mesafe ($m/kg^{1/3}$)
R= Patlatma yeri ile ölçüm noktası arasındaki mesafe (m)
W= Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı (kg)

Hava şoku ölçümlerinde, ölçüp kaydedebilen dijital sismograflar olarak yer titreşimi (sarsıntısı) ölçümünde de kullandığımız Instantel Micromate ve Instantel Minimate Blaster model sismograflar kullanılmıştır. Cihazlar asgari 88 dB ve azami 148 dB düzeyinde şok (gürültü) ölçümü yapabilmektedir. Cihazlar tarafından kaydedilen hava şoku kayıtları cihazla birlikte sağlanan yazılımla bilgisayara aktarılmıştır.

Alınan tüm kayıtlar değerlendirildiğinde (Şekil 8.10); Bağ evleri ve Şantiye yönünde kaydedilen hava şoku değerleri 122 dB'in altında olduğundan ABD standardına tümüyle

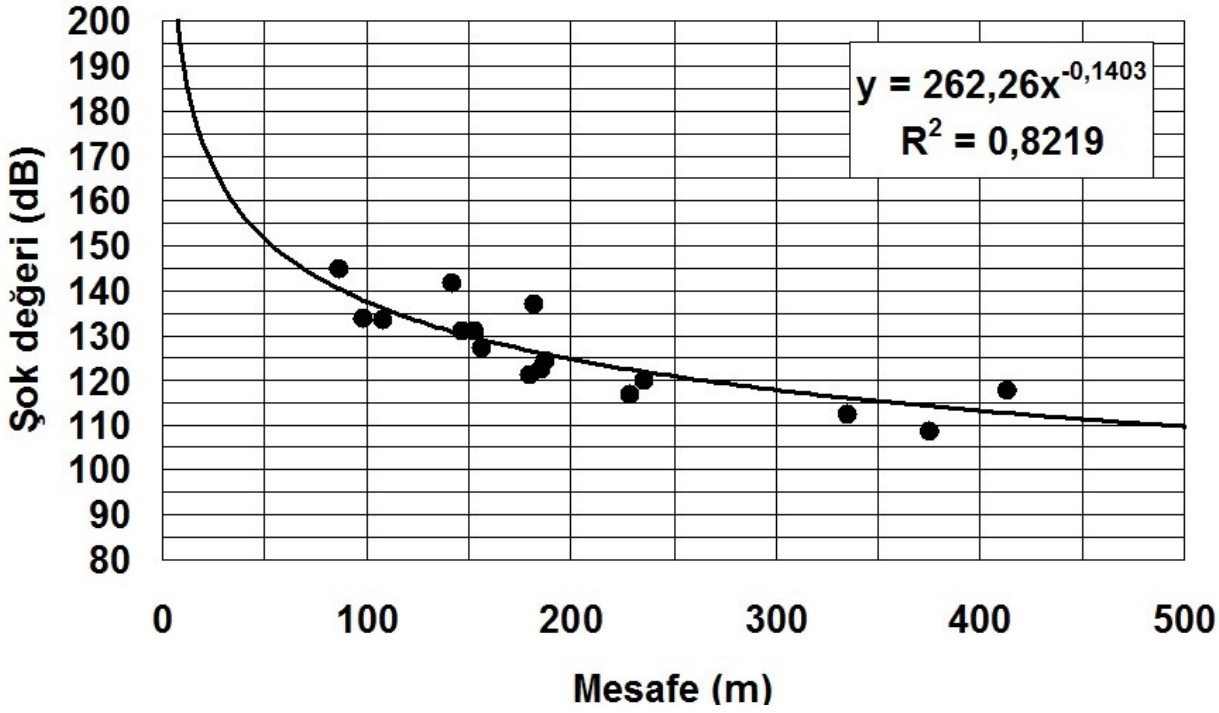
uymaktadır. Bir başka deyişle Bağ evleri ve Şantiye yönünde kaydedilen değerlerin tümü hasar oluşması için verilen ABD için sınır değeri olan 133 dB'i aşmamıştır. Ayrıca, Şekil 8.10'da gösterildiği üzere Türkiye'de anlık asar sınır değeri olan 140 dB değeri iki kez aşılmıştır. Bu aşılan kayıtlar incelendiğinde patlama noktası ve kayıt noktası arasında mesafenin çok yakın (87 m ile 142 m'nin altında) ve ocak içerisinde olduğu tespit edilmiştir. ABD standardının sınır değerini olan 133 dB'i ise iki kez aşılmış bu ölçüm değerleri de kaydedilen değerlerin patlama noktası ve kayıt noktası arasında mesafenin çok yakın (98 m ile 108 m'nin altında) ve ocak içerisinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8.10. Ölçekli mesafeye bağlı olarak elde edilen hava şoku değerleri ilişkisi

Şekil 8.11'de ise elde edilen hava şoku değerleri ile doğrudan metre cinsinde uzaklık arasında ilişki incelendiğinde mesafe azaldıkça hava şok değeri de üstel olarak azalmaktadır. Elde edilen kayıtlardan hava şokunun 150 m'den sonra 140 dB'in altında oluştuğu gözlemlenmiş ve 500 m den sonra kesin olarak 119 dB'in altına düştüğü gözlemlenmiştir. 650 m den sonra ise kesin olarak 100 dB'in altına düştüğü belirlenmiştir. 600 metreden sonra kaydedilen 107 dB'lik değer izin verilen sınırların (hem ABD hem de Türkiye'nin belirlediği) içerisinde ve yerleşim birimlerinde rahatsızlığa yol açmayacak düzeydedir.

Mevcut ölçümler sonucunda Çorum Belediyesi taş ocağındaki patlatmaların Melikgazi bağ evleri ile Afet konutları açısından izin verilen sınırlar içinde olduğu bulunmuştur. Kayıtlar yönetmeliklere uygun olduğu halde ileride oluşabilecek sorunlardan tamamen kurtulmak için hava şoku yayılma dinamiği ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Ayrıca, ileride oluşabilecek herhangi bir sorun riskini azaltmak için kullanılan delik uzunlukların 10 m boyutuna küçültülmesi, sıkılama işleminin daha dikkatli yapılması ve gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarının 45 kg ile sınırlandırılması önerilmiştir.



Şekil 8.11. Mesafeye bağlı olarak elde edilen hava şoku değerleri ilişkisi

8.6. Taş Sıçramalarından Kaynaklı Çevresel Etkiler

Açık ocak patlatmaları yapılan yerlerde en hassasiyetle üzerinde durulan konuların başında taş sıçramaları gelmektedir. Özellikle basamak patlatmalarında taş sıçramalarının menzilini hesaplamak çok iyimser bir yaklaşımdır. Çünkü bölgenin formasyonundan, delik parametrelerine, sıkılamasına kadar birçok etken taş sıçramalarına neden olmaktadır. Taş ocağına en yakın mesafede ki yerleşim yeri Melikgazi bağlarına 450 m olması sebebiyle taş sıçraması sonucu oluşabilecek hasar riskini de azaltmaktadır. Bu ocak için taş sıçramalarının sadece ocak içerisinde çalışan iş makinelerine zararı olacağı düşünülmektedir.

Yapılan patlatmalarda taş sıçramalarına neden olan belli başlı faktörler;

a) Deliklerin düzgün bir şekilde sıkılama yapılmaması,
b) Patlatma ekibindeki personelin yeterince kalifiye olmaması,
c) Üretim baskısında dolayı işin kısa zaman da bitirilmeye çalışılması.

8.7. Tozdan Kaynaklı Çevresel Etkiler

Çorum Belediyesine ait taş ocağında yapılan patlatmaların hiç birinde patlatma öncesi Arazöz'le sulama yapılmadığından her patlatmada toz oluşumu meydan gelmiştir. Sadece, yağmur yağması sonrası yapılan bir patlatmada diğer patlamalara göre daha az toz oluşumu meydana gelmiştir. Ocak etrafında ki bazı tarla sahiplerinin mahsullerindeki kurumaları patlatma sonucu oluşan tozdan kaynaklı olduğunu iddia etmişlerdir. Buna rağmen, ocak ile yerleşim yeri arasındaki mesafenin uzak (500 – 600 m) olması ve tarlalara ulaşacak tozun mesafeye bağlı olarak seyrelmesi sebebiyle Toz Yönetmeliğin izin verdiği oran olan 450 mg/m^2-gün olan sınır değerin çok altında kalacağı kanaati oluşmuştur. Yapılan şikâyetlerin mesnetsiz olduğunu tespit edilmesi için toz ölçümlerinin de yaptırılması yetkililere önerilmiştir.

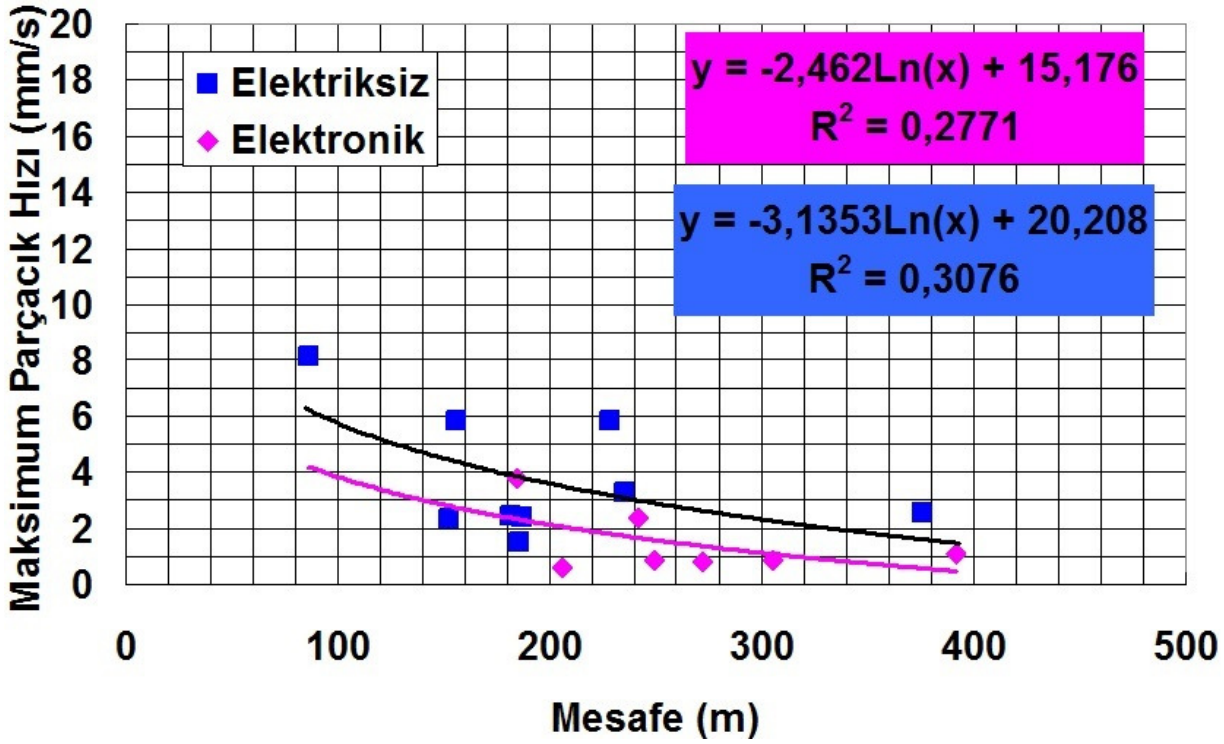
8.8. Elektriksiz (Non-El) ve Elektronik Ateşleme Sistemleri İle Yapılan Patlatma Ölçümlerinin Titreşim ve Hava Şok Basıncı Açısından Kıyası

İyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de patlatmanın çevresel etkiler açısından emniyetli yapılıyor olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin; patlatma sonucu oluşacak gürültü ve titreşimden etkilenmemesi bakımından; herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü patlatmalar gerçekleştirebilmektir.

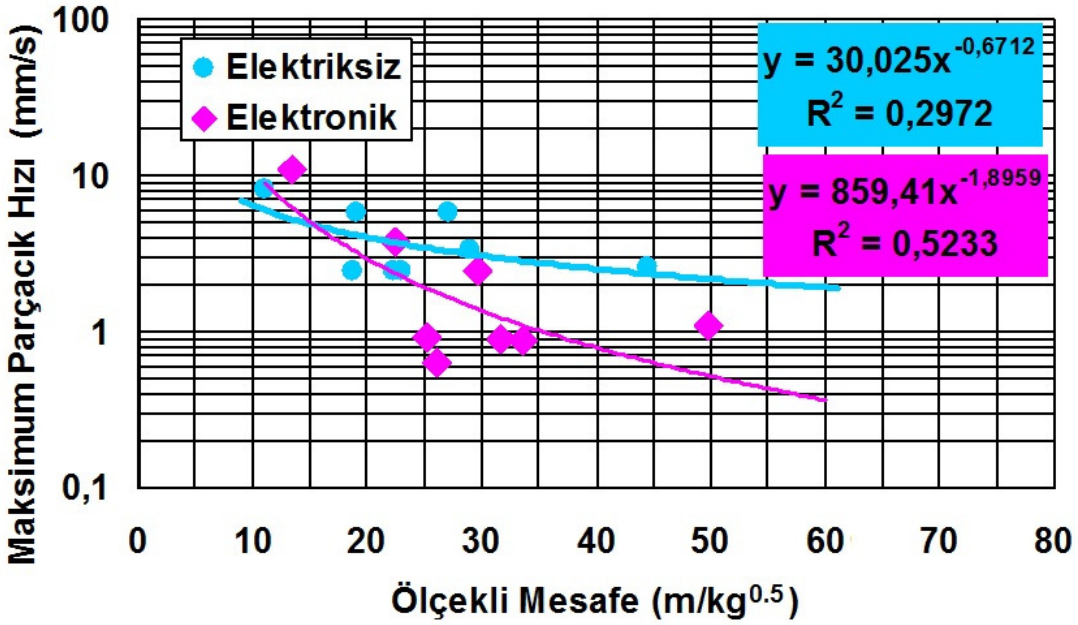
Bu çalışma ile Elektronik Kapsüller ile çevresel faktörleri minimize edebilmek için Türkiye'de 2014 yılında ilk olarak İstanbul ilinden sonra ikinci şehir olarak ilk uygulanan Çorum ilinde Belediye ait taş ocağında 4 adet elektronik patlatma uygulaması yapılmıştır. Çalışmada, patlatmalı yapılan kazılarda kullanılan Elektriksiz Ateşleme Sistemleri ile Elektronik kapsüllerin çevresel faktörler yönünden değerlendirmesi yapılarak farkları sunulmuştur.

Elektriksiz kapsüller ile patlatmalarda delikler arası 25 ms gecikme kullanılırken, sıralar arasında 42 ms yüzey gecikmesi kullanılmıştır. Elektronik kapsüllerde ise delikler birbirinden farklı olarak 9 ms, 17 ms, 25 ms aralıklar ile patlatılmıştır. Doğru kıyaslama yapabilmek için aynı günde hem elektriksiz hem de elektronik ateşleme sistemi uygulaması yapılmıştır. Şekil 8.12'de bu uygulamanın maksimum parçacık hızı (PPV) ile mesafe (R) arasında ilişki gösterilmiştir. Şekil 8.12'de görüleceği üzere, maksimum parçacık hızı ile mesafe arasındaki ilişki katsayısı ölçüm verisinin az olması sebebiyle düşük olmakla birlikte, elektronik ateşleme ile elektriksiz ateşlemeye göre daha düşük parçacık hızlarının elde edildiği gözükmüştür.

Şekil 8.13'de ise maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) arasındaki ilişki gösterilmiştir. Şekil 8.13'de görüldüğü üzere, elektronik ateşleme sistemi elektriksiz olan ateşleme sistemine göre daha düşük maksimum parçacık hızları elde edilmiş ve titreşim açısından daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 8.12. Elektronik ve Elektriksiz (non-el) kapsüller ile yapılan patlatmaların mesafeye bağlı olarak elde edilen maksimum marçacık hızı değerleri arasındaki ilişki

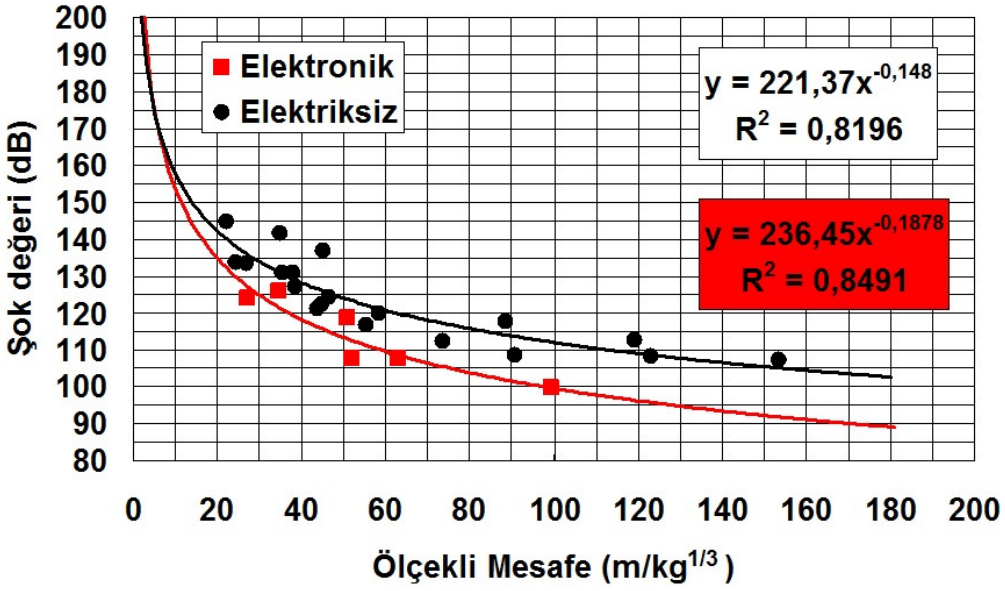


Şekil 8.13. Elektronik ve Elektriksiz (non-el) kapsüller ile yapılan patlatmaların ölçekli mesafeye bağlı olarak elde edilen maksimum parçacık hızı değerleri arasındaki ilişki

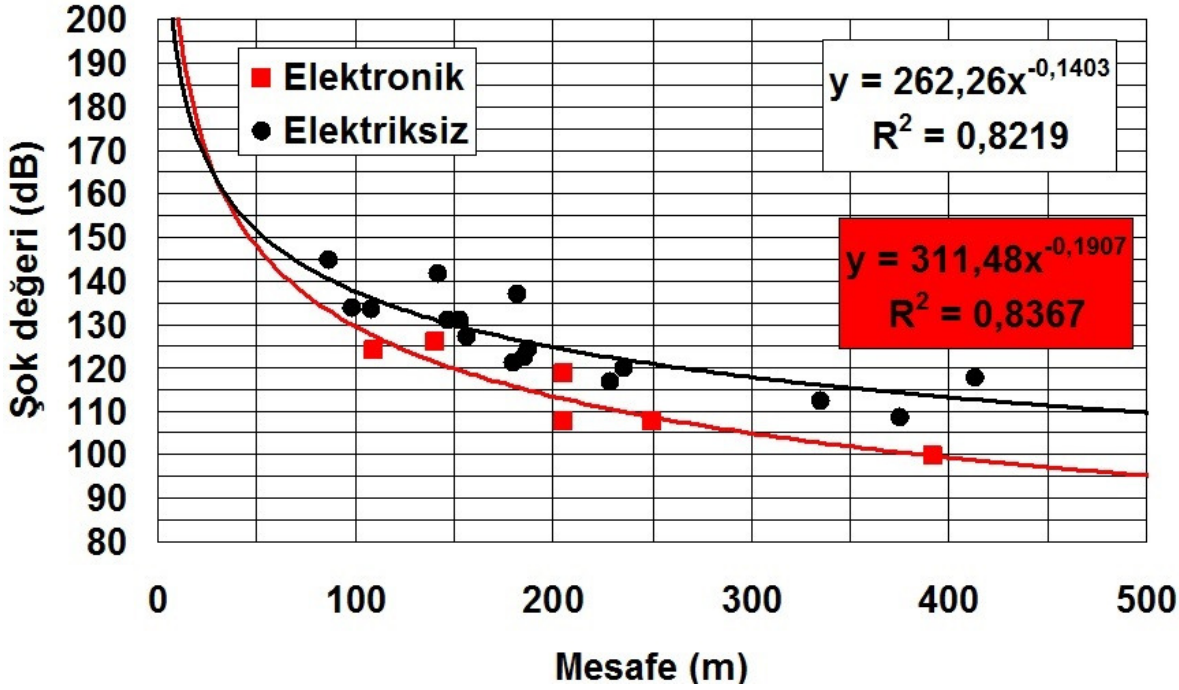
Çevresel şikâyetlerde hava şokunun (gürültü) önemi büyüktür. Hava şoku insanları psikolojik olarak rahatsız eden bir etkidir. Hava şoku ne kadar düşürülürse algı da o kadar düşürülebilir ve şikâyetler ortadan kaldırılabilir. Şekil 8.14'de ve Şekil 8.15'de elektriksiz ve elektronik ateşleme sistemi için hava şoku değerleri ile hem ölçekli mesafe (SD) hem de mesafe (R) arasında ilişki verilmiştir.

Şekil 8.14 ve Şekil 8.15'de görüleceği üzere elektronik ateşleme sistemi elektriksiz ateşlemeye oranla çok daha az hava şoku üretmekte ve çevre yerleşim yerlerinde gürültü şikâyetini azaltacağı düşük şok değerlerle ortaya konmuştur.

Bu çalışmada elektronik patlatma uygulaması az yapıldığından dolayı, bu regresyon ilişki katsayısını güçlendirmek için çok daha fazla uygulama yapılması gerekir.



Şekil 8.14. Elektronik ve Elektriksiz (non-el) kapsüller ile yapılan patlatmaların ölçekli mesafeye bağlı olarak elde edilen hava şoku değerleri ilişkisi



Şekil 8.15. Elektronik ve Elektriksiz (non-el) kapsüller ile yapılan patlatmaların mesafeye bağlı olarak elde edilen hava şoku değerleri ilişkisi

Çalışma başlangıçta insanları huzursuz eden hava şokunu indirgemek amacıyla yapılmış olup daha sonra gecikmelerin tarafımızdan değiştirilmesi ile parça boyutunun da gözle görülür ölçüde iyileştiği anlaşılmıştır. İyi parçalanma ve kesin zamanlı detonasyon beraberinde (pozitif yan etkiler) sarsıntının da düşmesine yol açmış ve birim delik başına olan üretimi de arttırmıştır.

Elektronik patlama işlemleri esnasında, Melikgazi Bağ evlerinde ve Afet konutlarında önceden rahatsızlık bildiren kişilerin algı düzeyleri araştırılmış ve hiç bir şey hissetmedikleri anlaşılmıştır. Dahası, kırıcı takılarak büyük blokları kırmak için çalışma yapılan günlerde kırıcı gürültüsünün elektronik patlatmaya göre ocakta çalışanların algısı açısından daha çok rahatsız ettiği anlaşılmıştır. Bu da elektronik ateşleme sitemi ile patlatma yapmanın, ocak için şikâyetler sebebiyle kapanma korkusu yerine daha hızlı, daha ekonomik ve çevreye rahatsızlık verilmeden çalışmayı sürdürmesi açısından yarar sağlayacaktır. Bu sayede, Elektronik Kapsüller ile daha fazla delik patlatılmasına ve toplamda daha fazla ANFO (ana şarj) kullanılmasına rağmen, maksimum parçacık hızlarında (m/sn) ve hava şoklarında (dB) ciddi düşüşler sağlanacaktır.

Bu çalışmada, Elektronik Kapsüller ile delikler arası mesafe 2.5 m'den 3.0 m'ye çıkarılarak patlayacak alanın hacmi artırılmış ve ocak üretim verimliği ile kapasite artışı açısından çok daha iyi sonuçlar elde edildiği ortaya çıkmıştır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu projede, ilk önce ülkemizde çok yaygın bulunan taş ocaklarında özellikle patlamadan kaynaklı ergonomik olmayan uygulamalara dikkat çekilmiştir. Daha sonra, yapılan patlatmalardan doğacak titreşim, şok etkisi, taş sıçramaları (fırlamaları) ve toz problemlerine yerinde ölçümlerle binalara ve insanlara olan etkileri üzerinde araştırmalara ve en uygun patlatma tasarım modelleri üzerine tartışmaya yer verilmiştir.

Ergonomi uygulamalarının seçiminde her taş ocağı işletmesinin kendine özgü olduğu ve taş ocağı işçilerinin çok zor çevre şartlarında çalışması gerektiğinin bilinci içerisinde hayata geçirilmelidir.

Bu çalışmada, taş ocaklarında bazı ergonomik uygulama örnekleri verilmeye çalışılmıştır. Görüldüğü üzere insanoğlunun iyiliği için yapılan yeni ergonomik uygulamaların aslında işletmelere masraf değil kazanç sağladığı da ortadadır.

Kırmataş ocaklarında yukarıda bahsedilen ergonomik uygulamalarının çok daha fazlasını söylemek de mümkündür. Üstelik ürettiğimiz her mal ve hizmetin insan için olduğunu da unutmamız gerekir.

Çalışma alanında egemen olan kaya biriminin kireçtaşı olduğu ve patlatmalı kazının teknik ve ekonomik nedenlerle kaçınılmaz olduğu, yerinde yapılan gözlemler ve laboratuarda yapılan deneylerle anlaşılmıştır.

Sahada önerilen tasarım modelleri ile düzenlenecek patlatmalarda, enerjinin sismik dalgaya dönüşmeden ve çevresel etkiler yaratmayacak şekilde kırmada kullanımını temin bakımından, "Kontrollü Basamak Patlatması" öngörülmüştür.

Proje sürecinde, yerel tedarik ve depolama olanakları ve firma koşulları dikkate alınarak, patlayıcı madde olarak ticari ANFO seçilmiştir. Ancak, patlatma deliklerinde su bulunması durumunda, poşet içerisine Anfo kullanımı yapılmakta ve bu durum patlatma verimi düşürdüğü için yemlemeye duyarlı emülsiyon tipi patlayıcı kullanılmalıdır.

Önerilen patlatma tasarımda her deliğin ayrı ayrı patlatılacağı düşünülmüştür. Dolayısıyla da gecikme başına düşen şarjın en azda tutulmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca, basamak yükseklikleri genelde 15 m olması ve zaman zaman 21 m'ye kadar oluşturulan deliklerin olması hem titreşim ve gürültü değerlerinin artmasına hem de üretim maliyetine artmasına sebep olacağı için basamak yüksekliklerin zaman içerisinde 10 m'ye indirilmesi gerekmektedir.

Bu araştırma kapsamında, Çorum Belediyesine ait taş ocağında sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması amacıyla üretim için yapılan tüm patlatmalar 3 adet titreşim ve hava şoku ölçerler ile yapılmıştır. Ölçümler, 28.07.2015 tarihinden 27.11.2015 tarihine kadar 120 gün süre boyunca aralıklar la 18 adet elektriksiz (Non-el; Şok tüpü) ve 4 adet elektronik ateşleme olmak üzere toplam 22 adet yapılan patlatmalar için yapılmıştır.

Risk bölgesinde kalan yapılar için eşik hasar limiti Çevre ve Şehircilik Bakamlığının Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğin (2010) belirlediği kriterler uygulanırken, insanlar için Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI, 1983) tarafından 6.35 mm/s olarak verilen değer başta olmak üzere, yıpranmış eski yapılar ve hassas yapılarla ilgili kriter olan 3 mm/sn ve en hassas kişilerin titreşimleri algılamaya başlayabilecekleri en düşük değer olan 1.78 mm/s'lik kıstas değerleri dikkate alınmıştır. Risk bölgesinde kalan yapıların bugünkü durumları yerleri ve konumları özetlenmiştir.

Elektriksiz ve elektronik ateşleme ile yapılan tüm ölçüm verileri (34 adet) analiz edilmiş ve patlayıcı miktarları, istasyon ve patlatma noktaları arasındaki mesafeler ve titreşimlerin maksimum parçacık hızları (PPV) arasında ilişki genel ve yönlere göre ortaya konmuştur. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucu bu sahaya ait literatüre uygun özgün bir titreşim tahmin formülü elde edilmiştir. Aynı zamanda bu formülün doğruluğu da test edilmiştir.

Kırmataş üretimine yönelik faaliyeti yapan taş ocağında yapılan patlatmadan kaynaklanacak titreşimlerin söz konusu taş ocağına 450 m mesafede bulunan Melik Gazi Bağları'na en yakın mesafede bulunan Ev'de ve 600 m mesafede ki Afet konutlarına hasarlara neden olabilecek

seviyelerde olup olamayacağı konusunda, elde edilen titreşim yayılım formülü kullanılarak risk analizi yapılmıştır.

Patlatmanın neden olduğu yer sarsıntılarının, arazi yapısı ve süreksizliklere bağlı olarak farklı yönlerde farklı yayılma özelliği gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmada, yapılan patlatma bölgesi ile riskli bölge olarak tariflenen yerleşim yerleri yönünde ve taş ocağına ait şantiye binalar yönüne etkisi incelenmiştir. Kuzeybatı bölgesi ve güneybatı bölgesi olarak adlandırılan bu bölgelerde sırasıyla 8 ve 10 adet olmak üzere toplamda 18 adet araştırma patlatması yapılmış ve titreşim ölçer cihazlar ile farklı mesafelerden 26 adet parçacık hızları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde, uluslararası ve ulusal olarak ÇŞB (2010) tarafından önerilen ölçekli mesafe-bileşke parçacık hızı ilişkisi ve modelleri kullanılmıştır.

Sahada yapılan ölçümlerden elde edilen 26 adet titreşimin oluşturduğu maksimum parçacık hızları ve frekansları ile saha sabitleri (K) 1907.3 ve (β) -1.9705 olarak tespit edilmiştir. Maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe değeri arasındaki ilişki katsayısı ise r^2= 0.7681 olarak elde edilen yaklaşım, herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşim hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede rahatlıkla kullanılabilecektir.

Bu çalışmada, elde edilen sonuçlara göre farklı bölgelerde yapılan patlatmaların tahmin edilmesinde kullanılan ve deneysel verilerle tespit edilen arazi ve sönümleme katsayıları arasında arazi yapısına bağlı değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kuzeybatı yönünde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler ile ilişki katsayısı (r^2) 0.9562 ile saha sabitleri (K) 6970 ve (β) -2.1184 olarak, Güneybatı yönünde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler ile ilişki katsayısı (r^2) 0.9037 ile saha sabitleri (K) 2183.2 ve (β) -2.1232 olarak tespit edilmiştir. Bu değişikliğin ana nedeni arazinin fiziksel yapısı olmakla birlikte arazi yüzeyinde gözlenemeyen ve yine katsayılar içinde değerlendirilen farklı jeolojik yapılar (süreksizlik ve topoğrafya) olabileceği kanısı hâkim olmuştur.

Patlatma esnasında oluşan hava şoklarının çevreye verdiği hasar çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlık olarak ortaya çıkmaktadır. Hava şoku ne kadar düşürülürse algı da o kadar düşürülebilir ve şikâyetler ortadan kaldırılabilir. Yüklenici firmanın işin yürütümünde esas aldığı şartnamede hava soku ile ilgili herhangi bir sınır değer konmamıştır. Aslında, Çorum Belediyesi tarafından çevre halkının hassasiyetinden dolayı bu değer 125 dB üzerinde çıkmaması istenmelidir. Ayrıca, gürültü ve taş savrulmasını önlemek için sıkılama uzunlukları mutlaka yük mesafesine (dilim kalınlığına) eşit veya ondan büyük uygulanması, hava şoku (gürültü) sorunlarına karşı başarılı olunmasının temel unsurudur.

Yapılan patlatmalar sırasında hava şoku değerleri (ocak içerisinde ve çok yakın kurulan istasyonlarda ölçülen dördü hariç), hem yerleşim yönünde hem de şantiye binaları yönünde 99-123 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerler, yapılacak patlatmaların seçilen ölçüm istasyonlarına göre 450-600 m'den daha uzakta bulunan çevredeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları, sesten rahatsız olma gibi durumlarının da meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır.

Patlatma esnasında taş sıçramaları, her ne kadar ocak ile en yakın yerleşim mesafesi arası 400 m olması nedeniyle tehlike yaratmasa da ocak içi iş makinelerine ve diğer tesislere zarar vermemesi için olası taş sıçramalarını önlemek için ya sıkılama boyları dikkatlice ayarlanmalı yada delikler üzerine eskimiş konveyör bantları serilmelidir.

Bu çalışmada ortaya konan arazi yönüne bağlı titreşim değerlerinin değişimin varlığını tam olarak ortaya koymak ve netleştirmek için, daha fazla sayıda ve bu çalışmada yapılmayan diğer yönlerde de yapılacak ilave yer sarsıntı ölçümlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Üniversite-Kamu İşbirliği örneği olarak Çorum Belediyesinin "**Çorum İçin Bir Projem Var**" kapsamında yapılan bir araştırma projesi ile yapılmıştır. Bu araştırma sırasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse diğer faaliyetlerde her türlü yardımda bulunan başta Çorum Belediye Başkanı Muzaffer Külcü olmak üzere Belediyedeki diğer yetkililere ve Belediyenin patlatma işlemlerini gerçekleştiren yüklenici firma olan ÖZKAR İnşaat ve Nakliyat şirketi yetkilerine hem Üniversite olarak hem de proje yürütücüsü olarak teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Afat, A., 2010. Adana Yumurtalık bölgesinde sanayi yapıları için Kızıldere formasyonunda patlatma-kazı işlemleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Adana.

Ambraseys, N.R., Hendron A.J. (1968) "*Dynamic behaviour of rock masses. Rock mechanics in engineering. practices*". John&Wiley, London, England.

ANSI, 1983. *Guide to the Evaluation of Human Exposure to Vibrations in Buildings*, American National Standards Institute (ANSI S3.29-1983).

Ateş, Ş., Erkal, T., Bulut, A., Olgun, Ş., Mutlu, G., Osmançelebioğlu, R., Özata, A. 2002. Çorum kenti ile merkez ilçesinin yerbilimleri verileri ve doğal afet kaynakları, *MTA Derleme Raporu No: 10593*, Ankara.

Berta G., 1990. *Explosives: An Engineering Tool*, Italesplosivi, Milano, Italy.

Bilgin, 1998. TKİ Çan Linyit İşletmesi'nde patlatmaları yol açtığı çevre sorunlarının giderilmesi, *Araştırma Projesi*, Ankara.

Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., 1999. Patlatma kaynaklı yer sarsıntıların binalar üzerindeki etkisi ve büyütme faktörünün önemi, *Türkiye 16. Madencilik Kongresi*, 25-32, Ankara.

Birgili Ş., Yoldaş, R., Ünalan, G. 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, *MTA Derleme Raporu No: 5621*, Ankara.

Çakmak, B.B., Bilgin, H.A., 2007. Uşak Kışladağ Altın Madeninde Üretim Patlatmasından Kaynaklanan Yer Titreşimlerinin Analizi, *V. Delme Patlatma Sempozyumu* ,165-175, Ankara.

Costa, E.S., Ayderes, S. 1996. Practical way to reduce environmental rock blasting problems. *Proceedings of the Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, 291-297, Cagliari, Italy.

ÇSGB, 2013. *Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği*, Ankara.

ÇŞB, 2010. *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Deniz, V., Öğütcü, S., 2006. Taş Ocaklarındaki Mevcut Kırma-Eleme Tesislerinin Performans Açısından Değerlendirilmesi, *4. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 229-234, İstanbul.

Deniz, V., Bayoğlu, Y., 2006. Bir Pomza Kırma-Eleme Tesisinde Proses Kontrolünün Önemi, *4. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 228-233, İstanbul.

Deniz, V., 2009. Taş Ocaklarında Uygulanan Eski Yanlış Alışkanlıklara Yeni Bakışlar, 5. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 329-349, İstanbul.

Deniz, V. 2011. Kırmataş Ocaklarında Ergonomik Uygulamaları. 6. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 157-172, Sivas.

DIN 4150, 1999. *Structural vibration in buildings. Part 3: Effects on structures,* Deutsches Institut fuer Normung, Berlin, Germany.

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

Duvall W.I., Fogleson, D.E. 1962. *Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibration"*, USBM-I 5968, Bureau of Mines, College Park, MD (USA).

Erçıktı, B., Keimal, A., Yılmaz, E., 2004. Araklı-Taşönü kalker ocağında patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının değerlendirilmesi, VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas.

Erkoç, Ö.Y., 1990. *Kaya Patlatma Tekniği*, Çelikler Matbaası, İstanbul.

Erkoç, Ö.Y. 1998. Patlama ile çevreye verilen sarsıntılar ve hasar kriteri üzerine bir araştırma, *3. Delme-Patlama Sempozyumu*, 129-139, Ankara.

Genç, Ş., Kurt, Z., Küçümen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgili, C., Şenay, N., Poyraz, N. 1991. Merzifon(Amasya) dolayının jeolojisi, *MTA Derleme Raporu No: 9527*, Ankara.

Grasso, P., Xu, S., Mahtab, A., 1992. Problems and promises of index testing of rocks. *Proceedings of 33rd U.S. Symposium on Rock Mechanics*, Tillerson and Wawersick (eds.), A.A.Balkema, 879-888. Rotterdam, Netherland.

ISRM, 1992. Suggested method for blast vibration monitoring, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechnical Abstract* 29(2): 145–146.

Jimeno, C.L., Jimeno, E.L. 1995, *Drilling and Blasting of Rock,* A. A. Balkema, Netherlands.

Kahriman, A., Ceylanoğlu, A., 1996. Blast design and optimization studies for a celestite open-pit mine in Turkey, *Mineral Resource Engineering*, 5(2), 93-100.

Kahriman, A., Karadoğan, A.K., Görgün, S., Tuncer, G., 1999. Taşocaklarında patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntısının ölçülmesi ve analizi, *2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 129-142, İstanbul.

Kahriman, A., Karadoğan, A.K., Görgün, S., Tuncer, G., 2001. Açık ocak basamak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntısı hızının tahmini: Çan linyit işletmesinde örnek bir çalışma, *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS 2001*, 29-37, Ankara.

Kahriman, A., 2002. Analysis of ground vibrations caused by bench blasting at Çan open - pit lignite mine in Turkey, *Environmental Geology,* 41: 653-661.

Kahriman, A., Tuncer, G., Görgün, S., Karadoğan, A., Özdemir, K., 2003. Evaluation of the ground vibration attenuation produced from blasting for the different rock masses, *Proceedings of 29th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, Vol. I, 193-201, Tennessee, USA.

Kahriman, A., 2004. Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at a limestone quarry", *Soil Dynamics and Eartquake Engineering*, 24: 887-892.

Kahriman, A., Karadoğan, A., Tuncer, G., Ozdemir, K., Aksoy, M., 2005. Analysis of parameters of the ground vibration produced by bench balasting at a boron open pit mine in Turkey, *Proceedings of the 31th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, Vol. I, 409-419, Florida, USA.

Kahriman, A., Ozer, U., Aksoy, M., Karadogan, A., Tuncer, G., 2006. Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey, *Environmental Geology*, 50: 1015-1023.

Kahriman, A., Çeltikçi, A., Bağdatlı, S., Ocak, İ., Özdemir, A., Sefer, İ., Sağlam, R. 2015. Ömerli Köyü Kalker Ocağında Yapılan Açık Ocak Patlatmalarının Çevresel Hasar Riski Açısından Analizi, *8.Delme-Patlatma Sempozyumu*, 277-284, İstanbul.

Karakuş, D., 2010. Patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin yönsel değişiminin araştırılması, *Mühendislik Bilimler Dergisi*, DEÜ Fen Bilimleri Ensititüsü, 12(2): 30-43.

Konak, G., Onur, A.H., Karakuş, D., Küçük, K., 2003. İzmir-Bornova mevkiinde faaliyet gösteren taş ocağında yapılan patlatmaların çevresel etkilerinin belirlenmesi, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 83-90, İstanbul.

Langefors, U., Kihlström, B.,1978. *The Modern Technique of Rock Blasting*, Third Edition, Stockholm, Sweden,

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

Ozer, U., Kahriman, A., Aksoy, M., Adıgüzel, D., Karadogan, A., 2008. The analysis of ground vibrations induced by bench blasting at Akyol quarry and practical blasting charts, *Environmental Geology*, 54:737-743.

Özcan, A., Erkan, A., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O. 1980. Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi, *MTA Derleme Raporu No: 6722,* Ankara.

Siskind D.E, Summers, C.R. 1974. Blast noise standards and instrumentation, *Bureau of Mines Environmental Research Program, Technical Progress Report 78*, Washington, USA.

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 Report of Investigations*, USA.

USBM RI 8507, 2009. Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting, *Report No. RI 8507*, Washington, USA.

Uyar, G.G., Erkoç, Ö.Y., İpek, T., 1999. Patlatmalar sonucu çevreye verilen sarsıntılar üzerinde bir yorum, *2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 255-260, İstanbul.

Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, Ş.C., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Bozcu, M., Çalışkan, B.A. 1993. *Tokat Masifi ve yakın çevresinin jeolojisi*, *TPOA Arama Grubu, Rapor No:3390*, Ankara.

EKLER

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:11:57 July 24, 2015
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.264 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

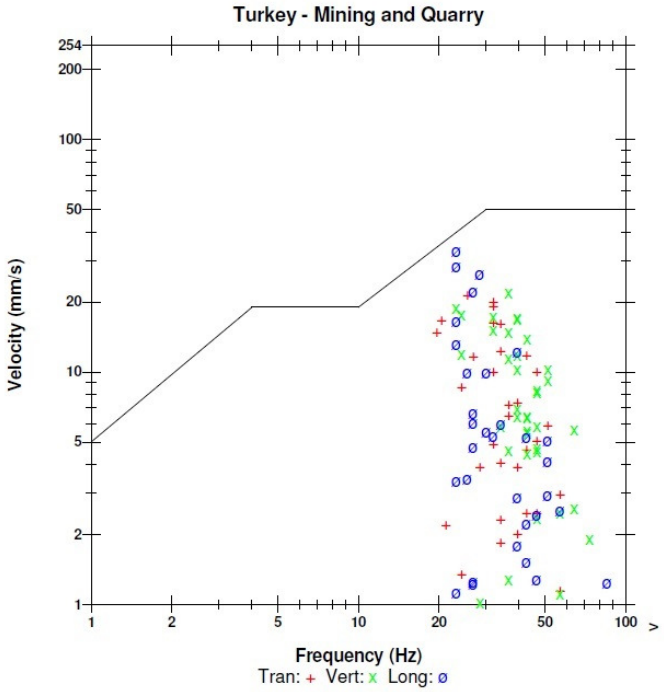
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIY.E
User Name: VDeniz
General: Nonel

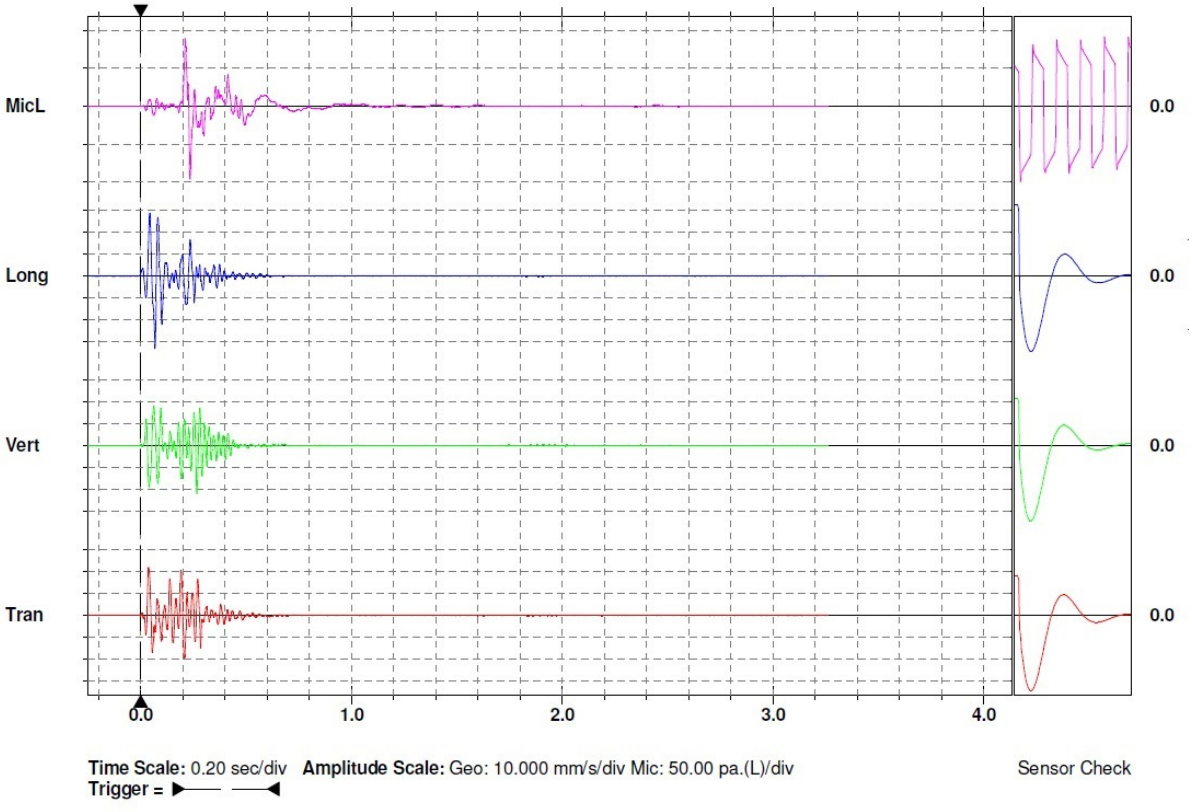
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	133.6 dB(L) at 0.234 sec
ZC Freq	22 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1196 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	21.89	22.12	33.26	mm/s
ZC Freq	26	37	23	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.037	0.267	0.068	sec
Peak Acceleration	0.583	0.928	0.813	g
Peak Displacement	0.137	0.130	0.193	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.8	3.5	

Peak Vector Sum 37.81 mm/s at 0.041 sec





Printed: July 27, 2015 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-1: 24.07.2015 tarihi ve saat 14:03'de ki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 14:03:36 July 24, 2015
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.827 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

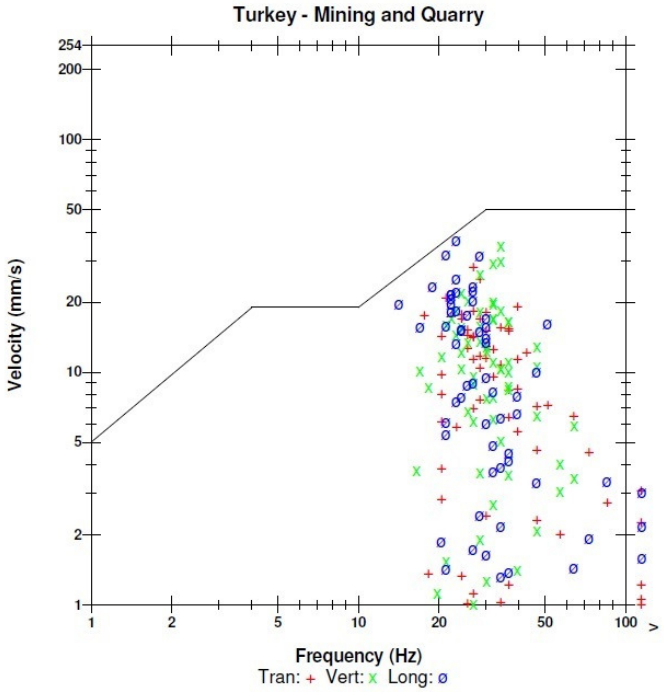
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

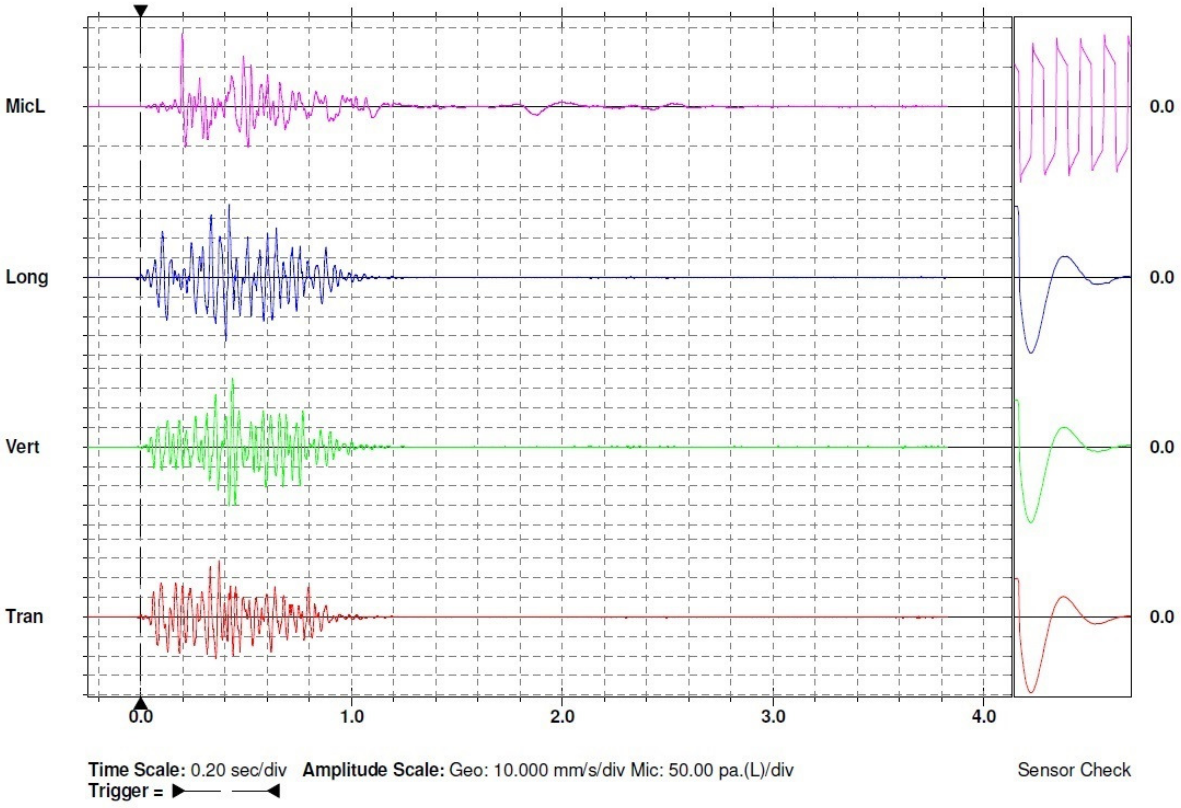
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	133.3 dB(L) at 0.196 sec
ZC Freq	34 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1149 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	28.81	35.26	37.24	mm/s
ZC Freq	27	34	23	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.371	0.436	0.420	sec
Peak Acceleration	1.061	0.939	1.470	g
Peak Displacement	0.140	0.160	0.192	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.5	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.8	3.6	

Peak Vector Sum 48.65 mm/s at 0.420 sec





Printed: July 27, 2015 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-2: 24.07.2015 tarihi ve saat 14:03'de ki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:09:43 July 28, 2015
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.968 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

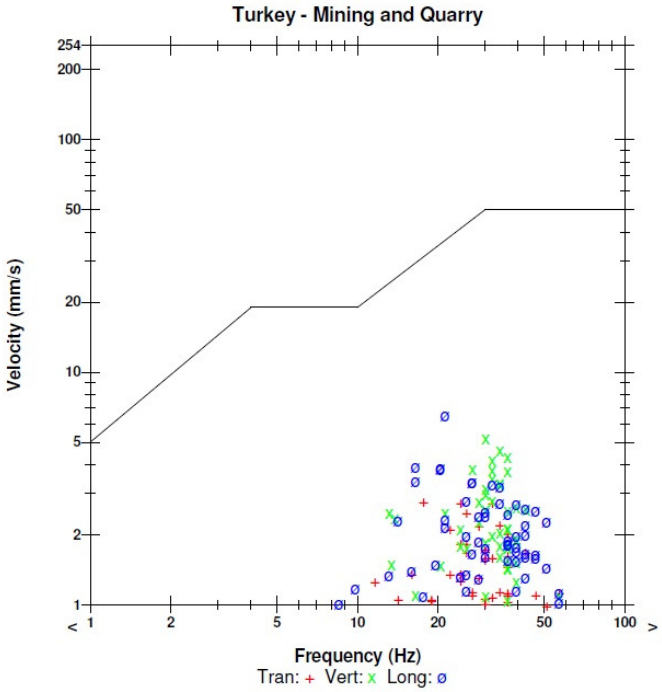
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

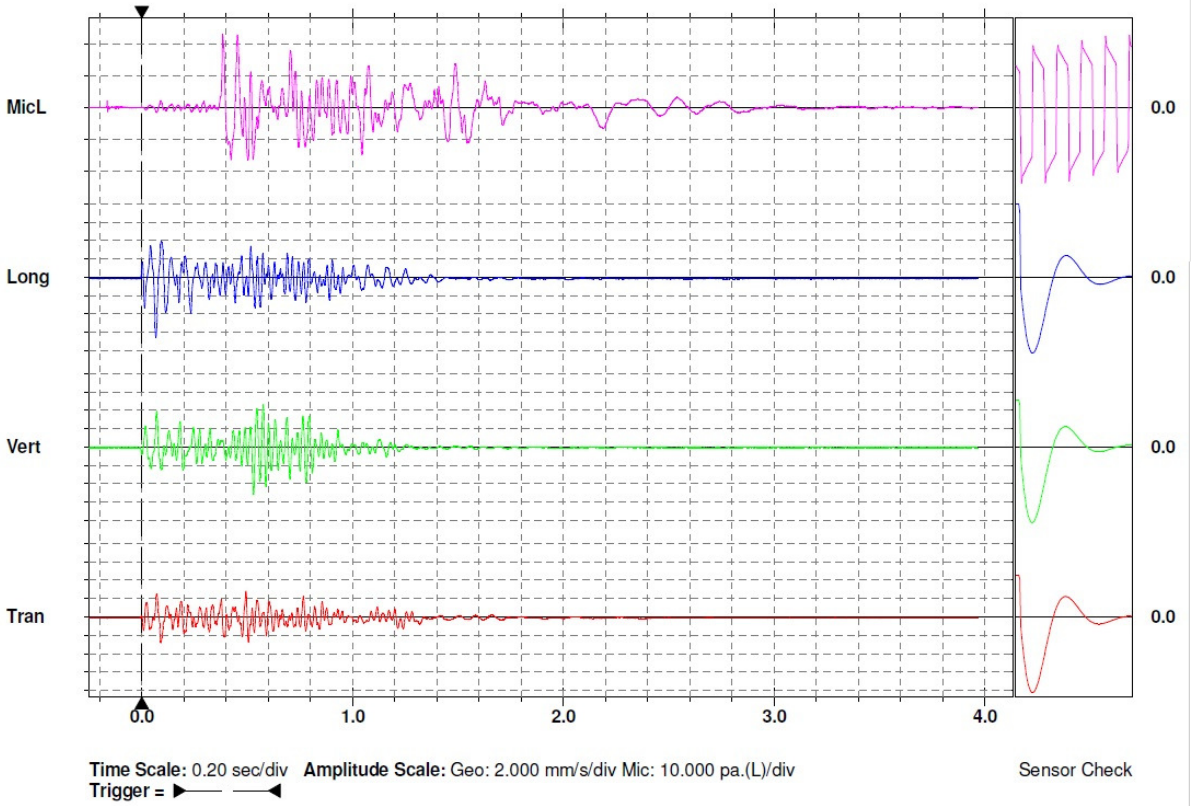
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	121.2 dB(L) at 0.384 sec
ZC Freq	16 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 1113 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	2.814	5.210	6.534	mm/s
PPV	59.99	65.34	67.30	dB
ZC Freq	18	30	21	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.091	0.530	0.066	sec
Peak Acceleration	0.073	0.112	0.095	g
Peak Displacement	0.020	0.026	0.044	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.7	3.5	

Peak Vector Sum 7.556 mm/s at 0.068 sec





Printed: July 28, 2015 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-3: 28.07.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 11:57:11 August 4, 2015
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.449 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.382 N	035 0.542 E
Sensor1:	040 33.341 N	035 0.552 E
Distance:	077.2 m	

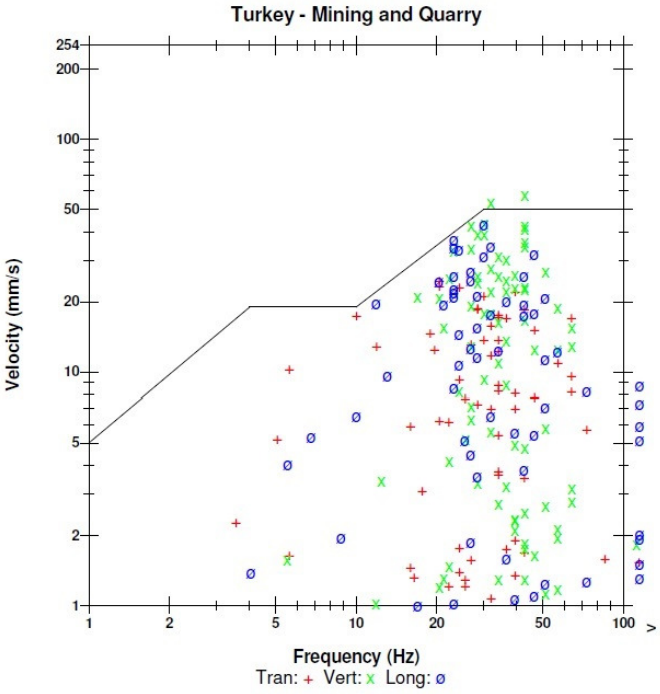
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

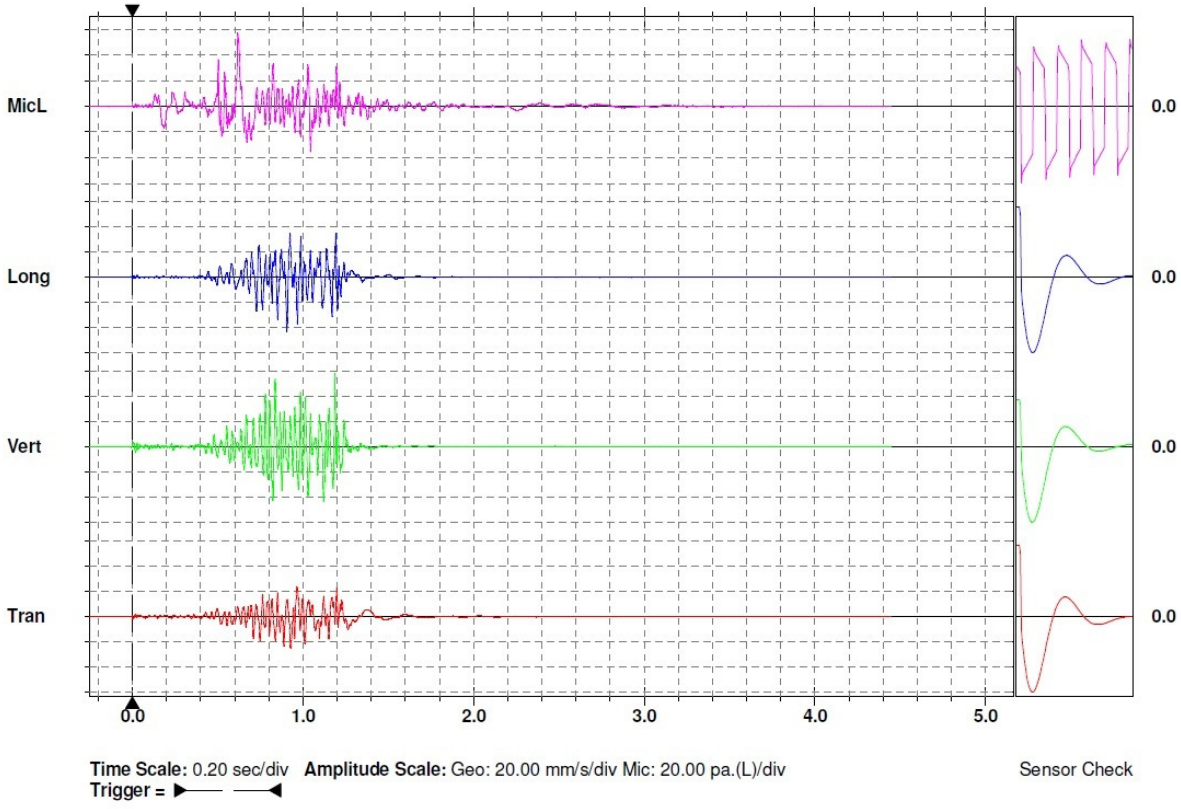
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	129.1 dB(L) at 0.618 sec
ZC Freq	11 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 1282 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	25.01	57.54	43.25	mm/s
PPV	78.96	86.20	83.72	dB
ZC Freq	20	43	30	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.928	1.188	0.905	sec
Peak Acceleration	1.483	1.820	1.576	g
Peak Displacement	0.194	0.257	0.213	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.8	3.5	

Peak Vector Sum 60.12 mm/s at 1.188 sec





Printed: August 4, 2015 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-4: 04.08.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:42:39 August 18, 2015
Trigger Source	Geo: 0.530 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.828 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.388 N	035 0.479 E
Sensor1:	040 33.568 N	035 0.455 E
Distance:	335.3 m	

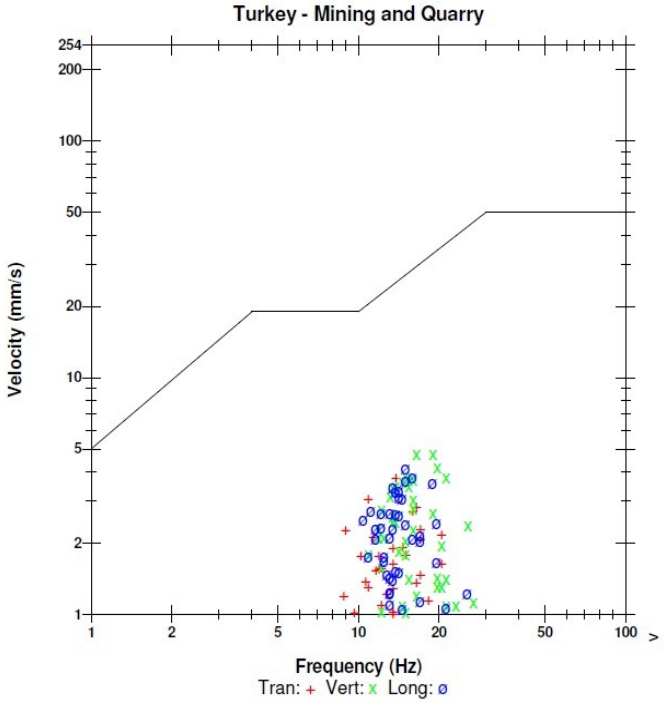
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

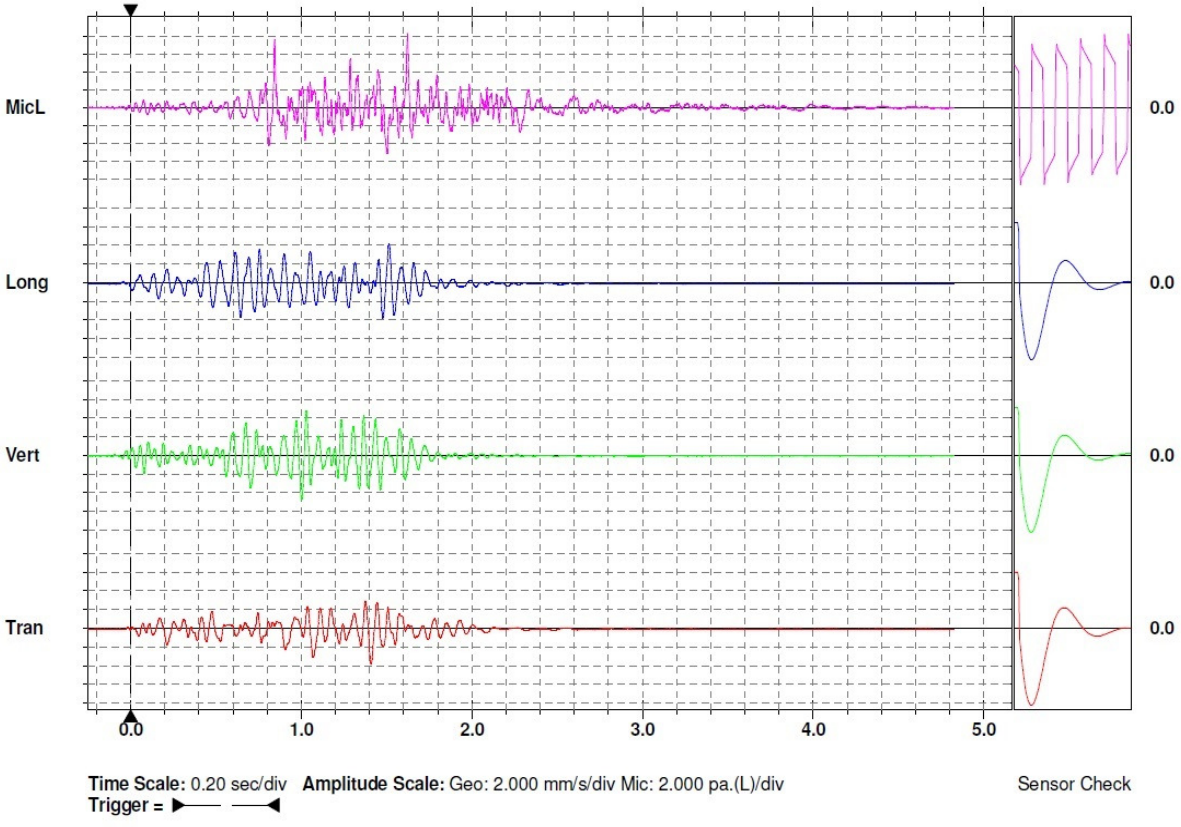
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	112.4 dB(L) at 1.622 sec
ZC Freq	11 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 1110 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	3.831	4.792	4.146	mm/s
PPV	62.67	64.61	63.35	dB
ZC Freq	14	19	15	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.408	1.029	1.515	sec
Peak Acceleration	0.033	0.060	0.046	g
Peak Displacement	0.043	0.046	0.042	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.8	3.5	

Peak Vector Sum 5.200 mm/s at 1.029 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 2.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: August 18, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-5: 18.08.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:24:15 August 25, 2015
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.078 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.374 N	035 0.431 E
Sensor1:	040 33.639 N	035 0.347 E
Distance:	504.9 m	

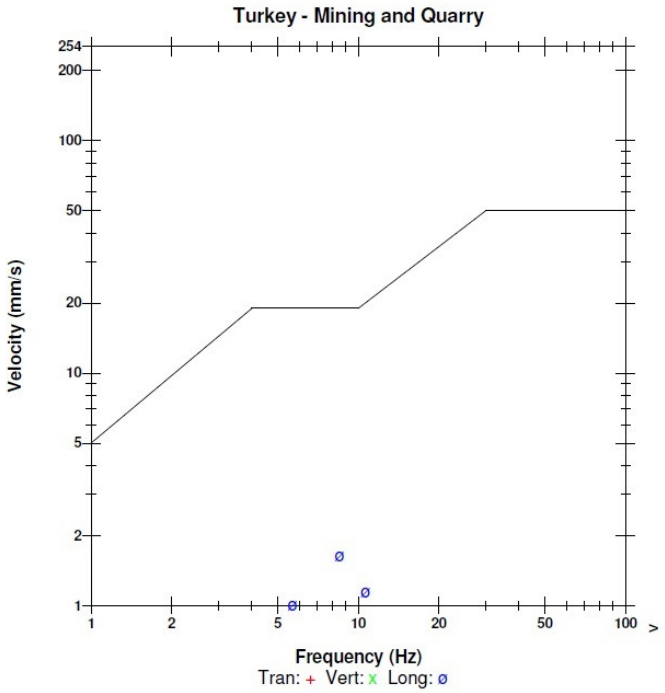
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

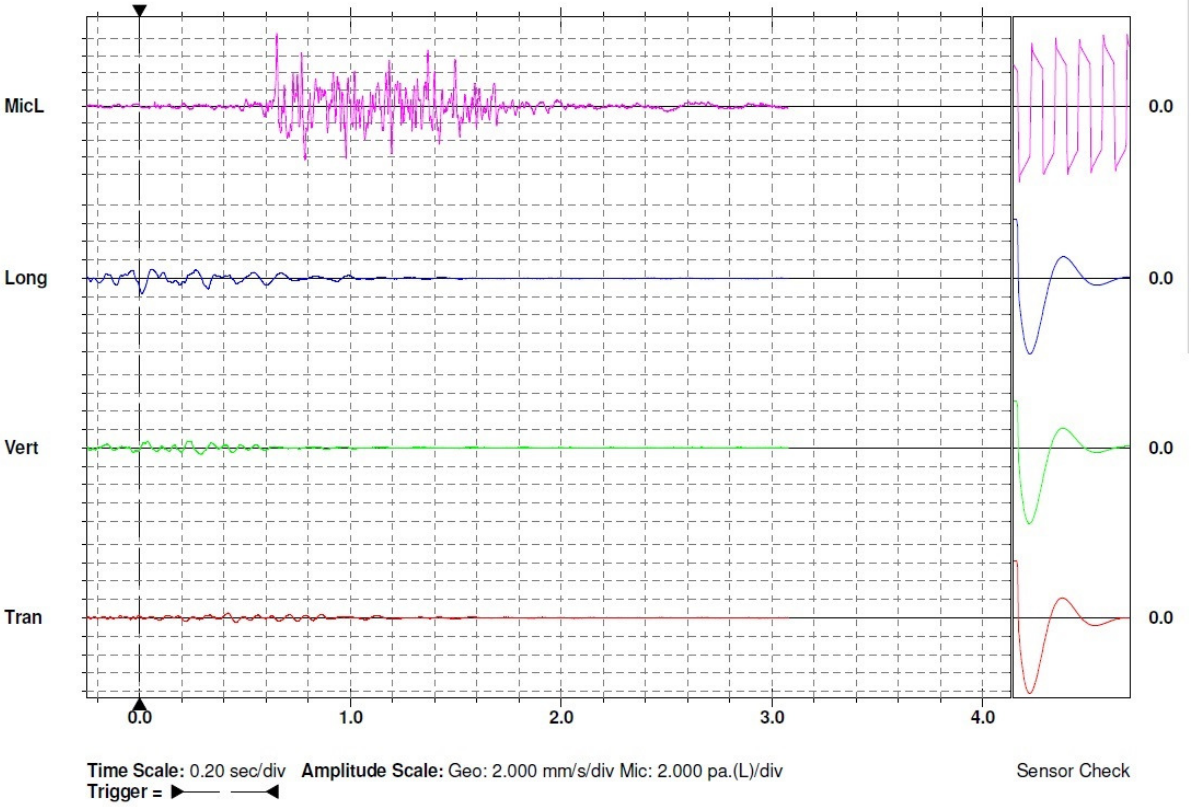
Extended Notes
Hava acýk, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	112.7 dB(L) at 0.651 sec
ZC Freq	17 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1325 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.544	0.741	1.647	mm/s
PPV	45.71	48.40	55.34	dB
ZC Freq	12	11	8.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.455	0.229	0.012	sec
Peak Acceleration	0.007	0.012	0.014	g
Peak Displacement	0.007	0.013	0.027	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.5	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.8	3.5	

Peak Vector Sum 1.691 mm/s at 0.012 sec

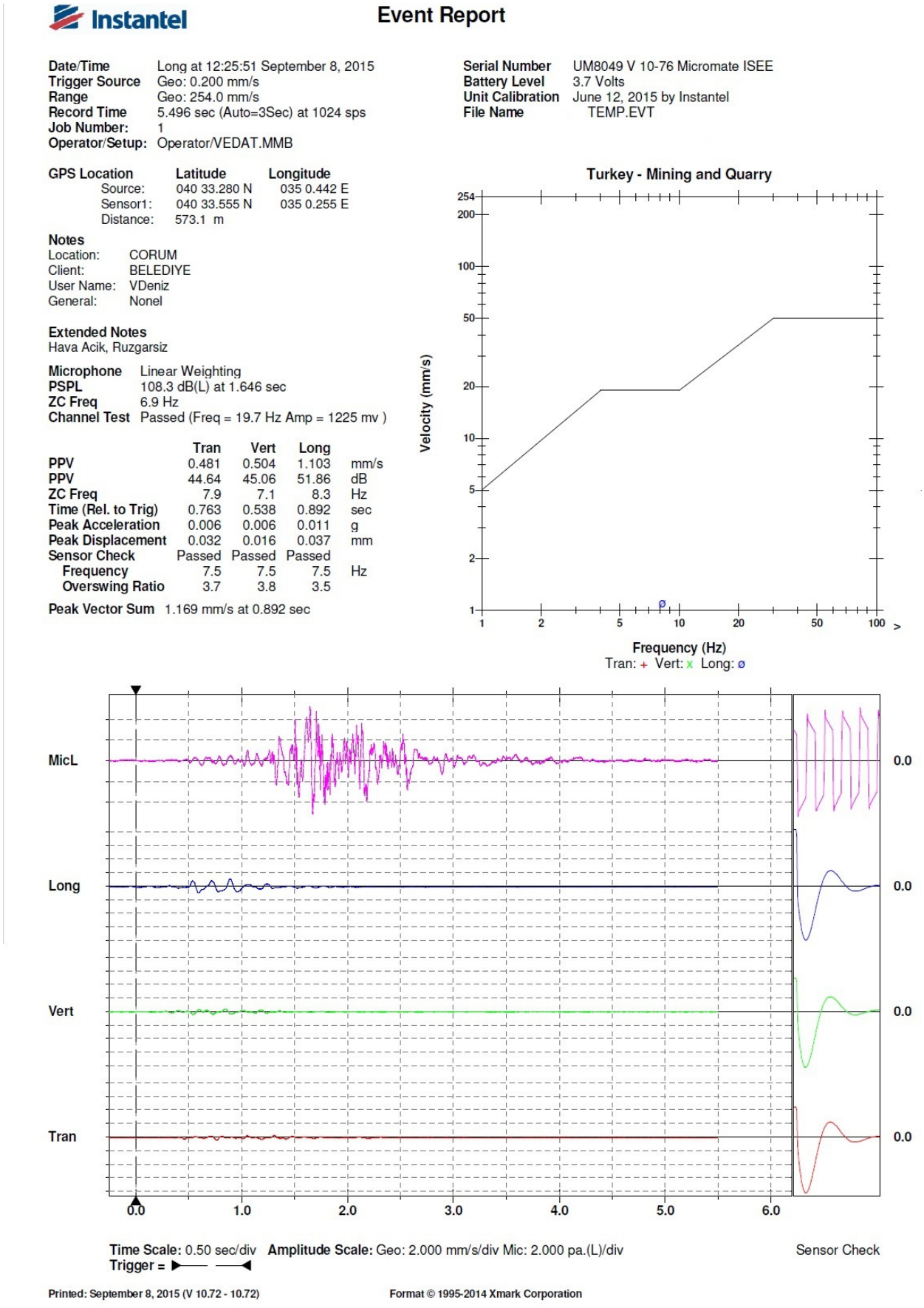




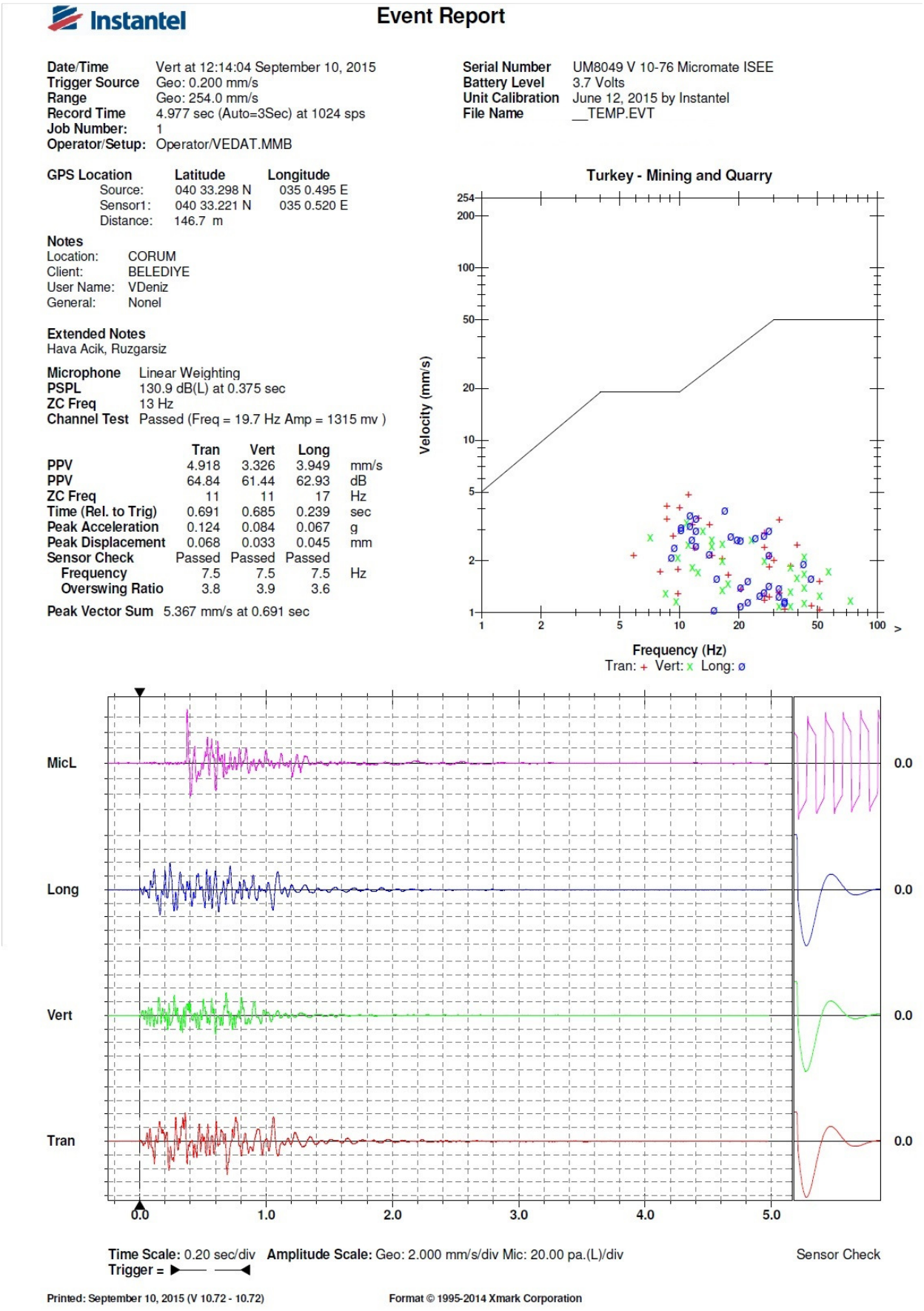
Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 2.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: August 25, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-6: 25.08.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu



Ek-7: 08.09.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu



Ek-8: 10.09.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:21:49 September 17, 2015
Trigger Source	Geo: 0.130 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	410.75 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.7 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.289 N	035 0.448 E
Sensor1:	040 33.162 N	035 0.158 E
Distance:	471.0 m	

Notes

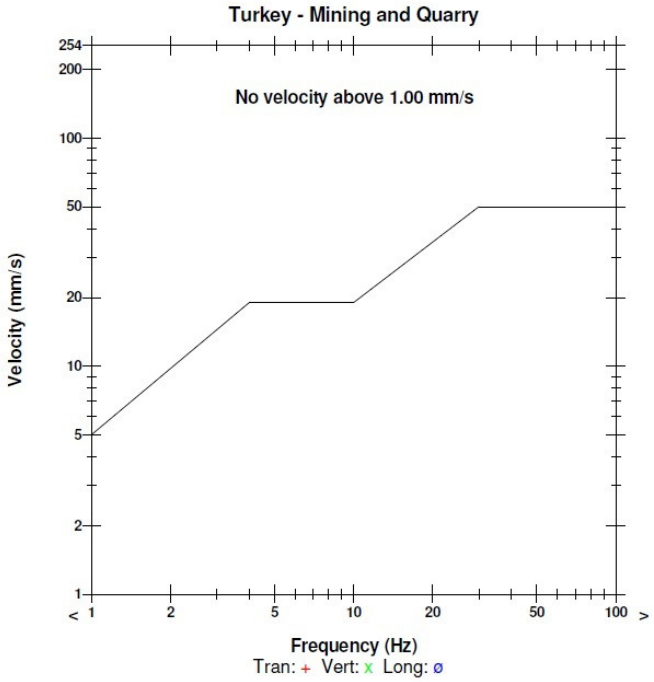
Location:	CORUM
Client:	BELEDIYE
User Name:	VDeniz
General:	Nonel

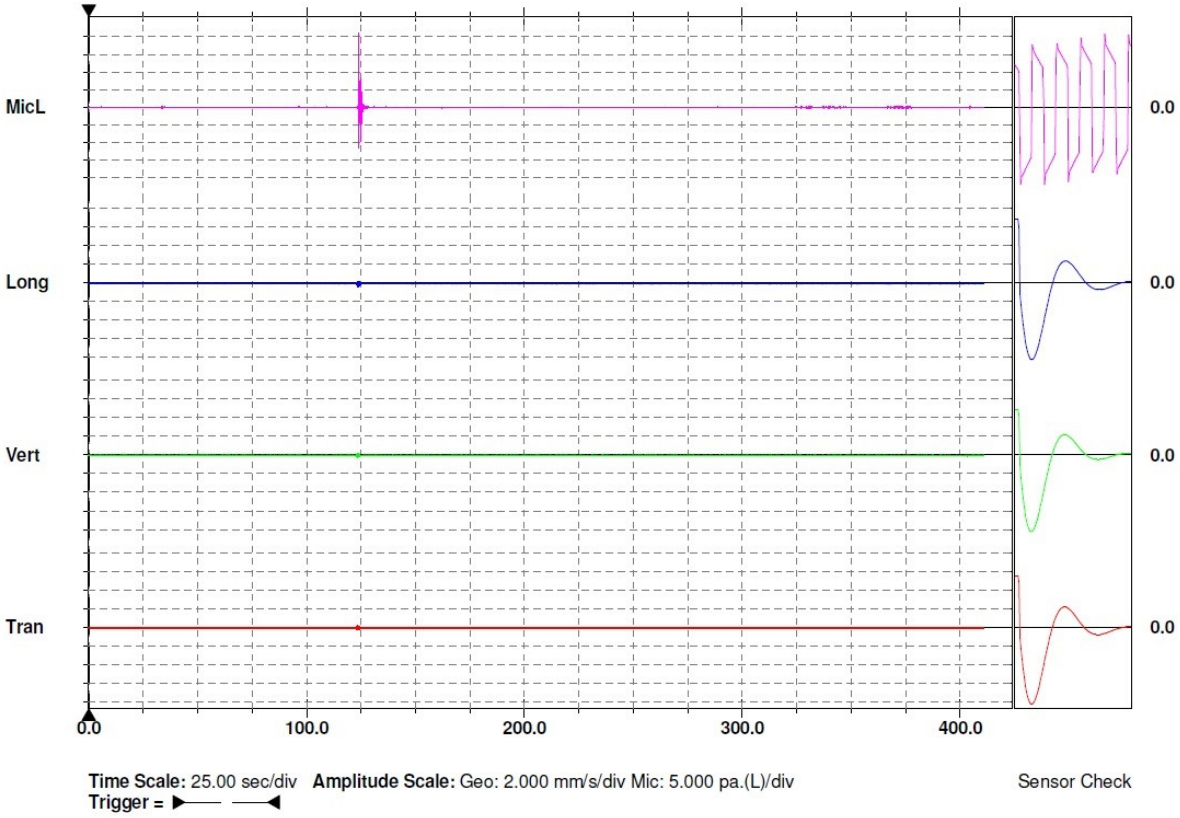
Extended Notes
Hava Acik, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	120.4 dB(L) at 123.896 sec
ZC Freq	18 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1302 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.307	0.323	0.394	mm/s
PPV	40.75	41.19	42.91	dB
ZC Freq	4.8	7.3	5.8	Hz
Time (Rel. to Trig)	123.396	123.155	123.742	sec
Peak Acceleration	0.007	0.009	0.007	g
Peak Displacement	4.403	5.038	6.010	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.8	3.5	

Peak Vector Sum 0.406 mm/s at 123.209 sec





Time Scale: 25.00 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 5.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: September 17, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-9: 17.09.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:13:16 October 6, 2015
Trigger Source	Geo: 0.130 mm/s, Mic: 100.00 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.999 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.7 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.284 N	035 0.438 E
Sensor1:	040 33.161 N	035 0.157 E
Distance:	456.4 m	

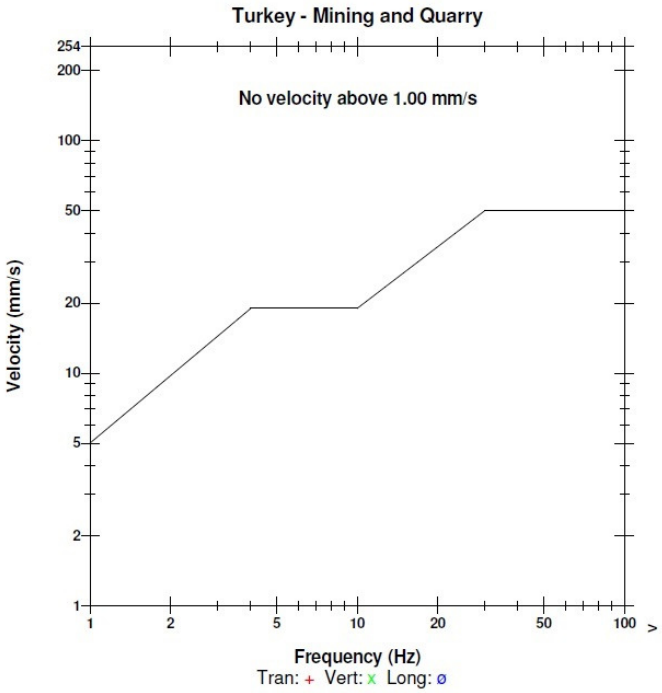
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

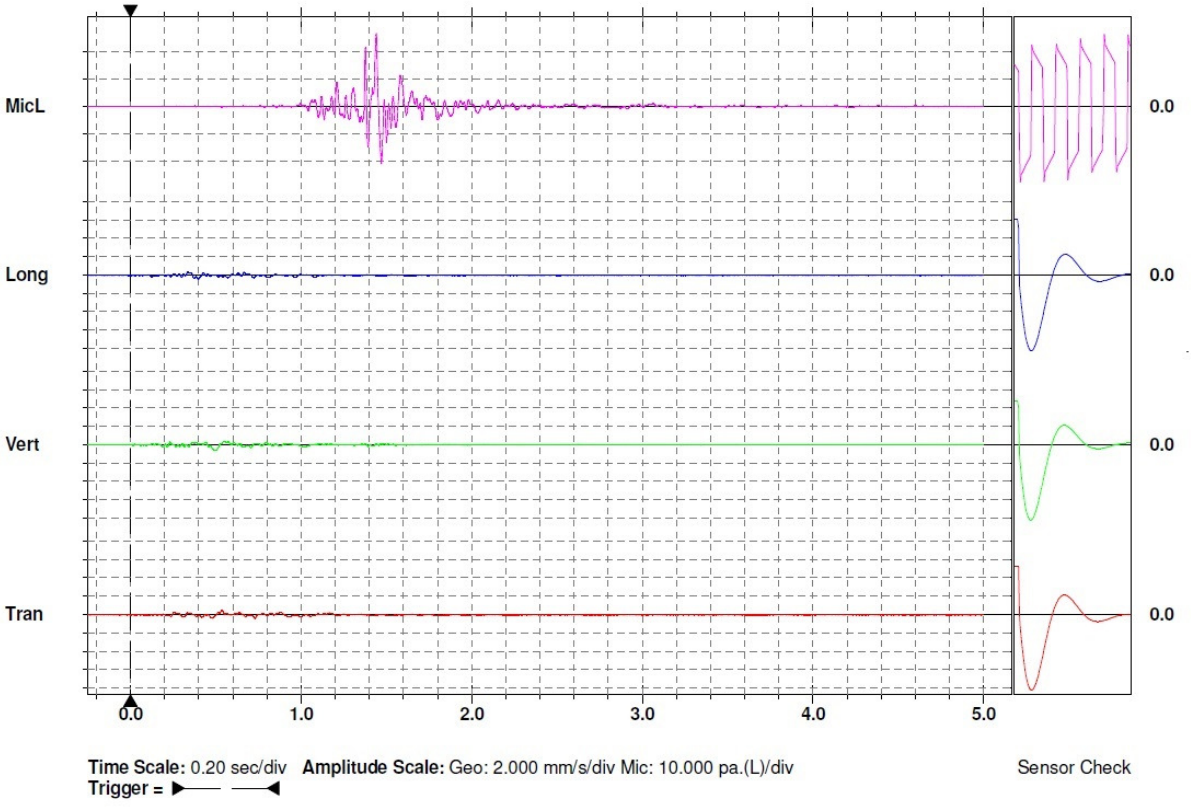
Extended Notes
Hava Kapali, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	122.6 dB(L) at 1.441 sec
ZC Freq	11 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 1195 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	0.489	0.638	0.504	mm/s
PPV	44.78	47.10	45.06	dB
ZC Freq	11	6.7	9.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.536	0.496	0.398	sec
Peak Acceleration	0.007	0.007	0.008	g
Peak Displacement	0.009	0.013	0.010	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	4.0	3.7	

Peak Vector Sum 0.662 mm/s at 0.496 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: October 6, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-10: 06.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:16:33 October 8, 2015
Trigger Source	Geo: 0.130 mm/s, Mic: 100.00 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.841 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.mmb

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.7 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.261 N	035 0.521 E
Sensor1:	040 32.968 N	035 0.301 E
Distance:	625.1 m	

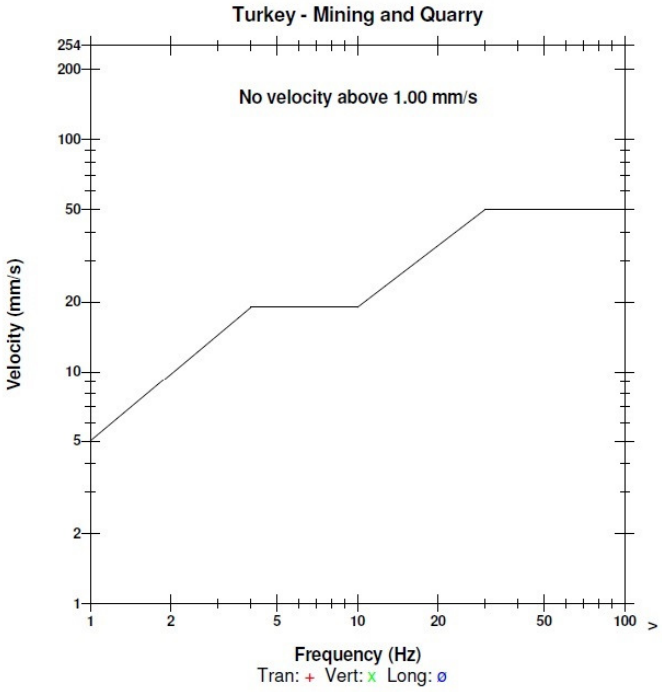
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

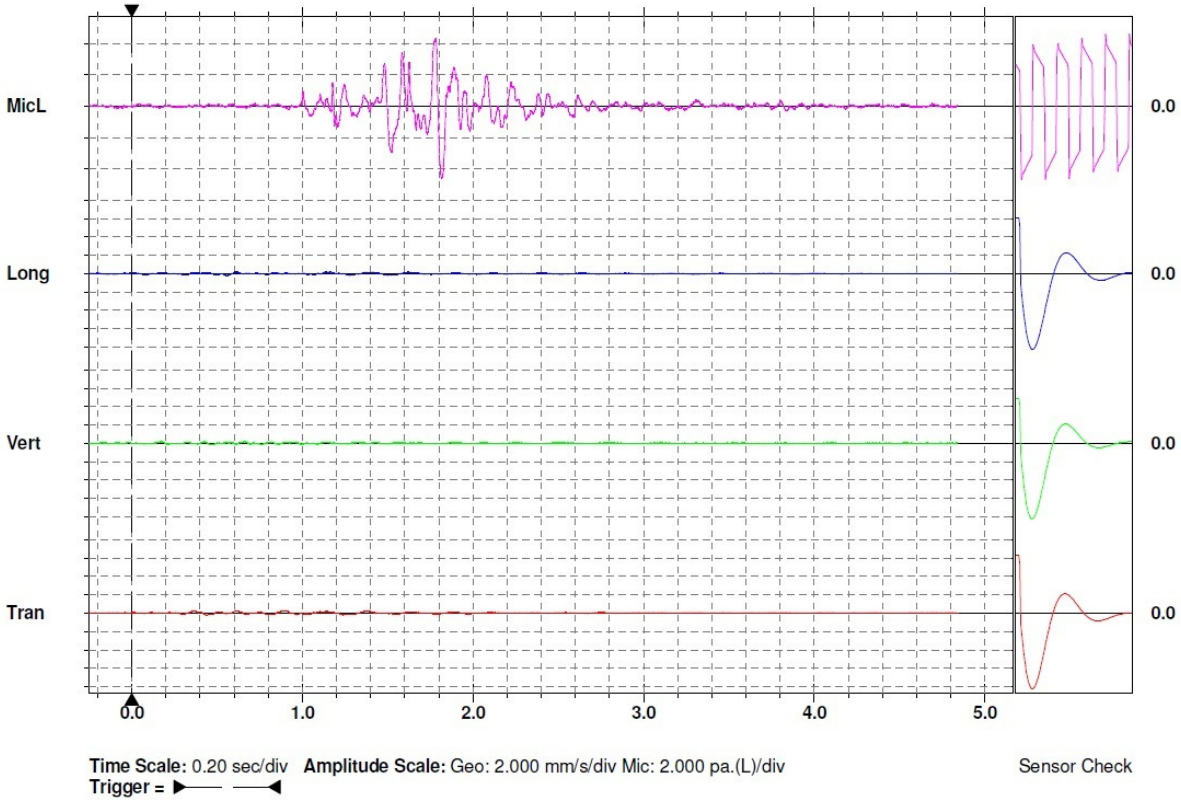
Extended Notes
Hava Acik, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	107.4 dB(L) at 1.815 sec
ZC Freq	11 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1388 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	0.276	0.197	0.229	mm/s
PPV	39.81	36.89	38.18	dB
ZC Freq	6.3	9.1	9.7	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.901	0.660	0.557	sec
Peak Acceleration	0.007	0.006	0.006	g
Peak Displacement	0.007	0.003	0.006	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.9	3.6	

Peak Vector Sum 0.312 mm/s at 0.612 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 2.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger = ▶——◀

Printed: October 8, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-11: 08.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	MicL at 12:17:29 October 13, 2015
Trigger Source	Geo: 0.900 mm/s, Mic: 100.00 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	6.276 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.7 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.301 N	035 0.509 E
Sensor1:	040 33.225 N	035 0.521 E
Distance:	141.7 m	

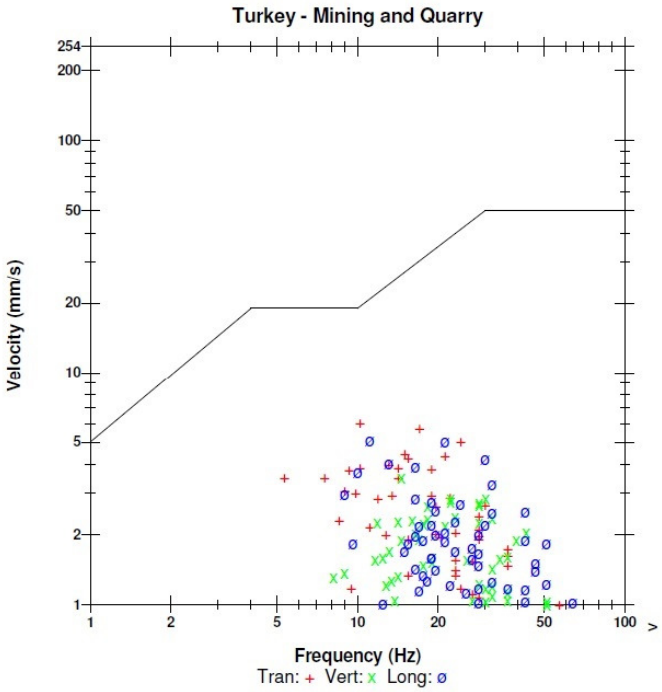
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

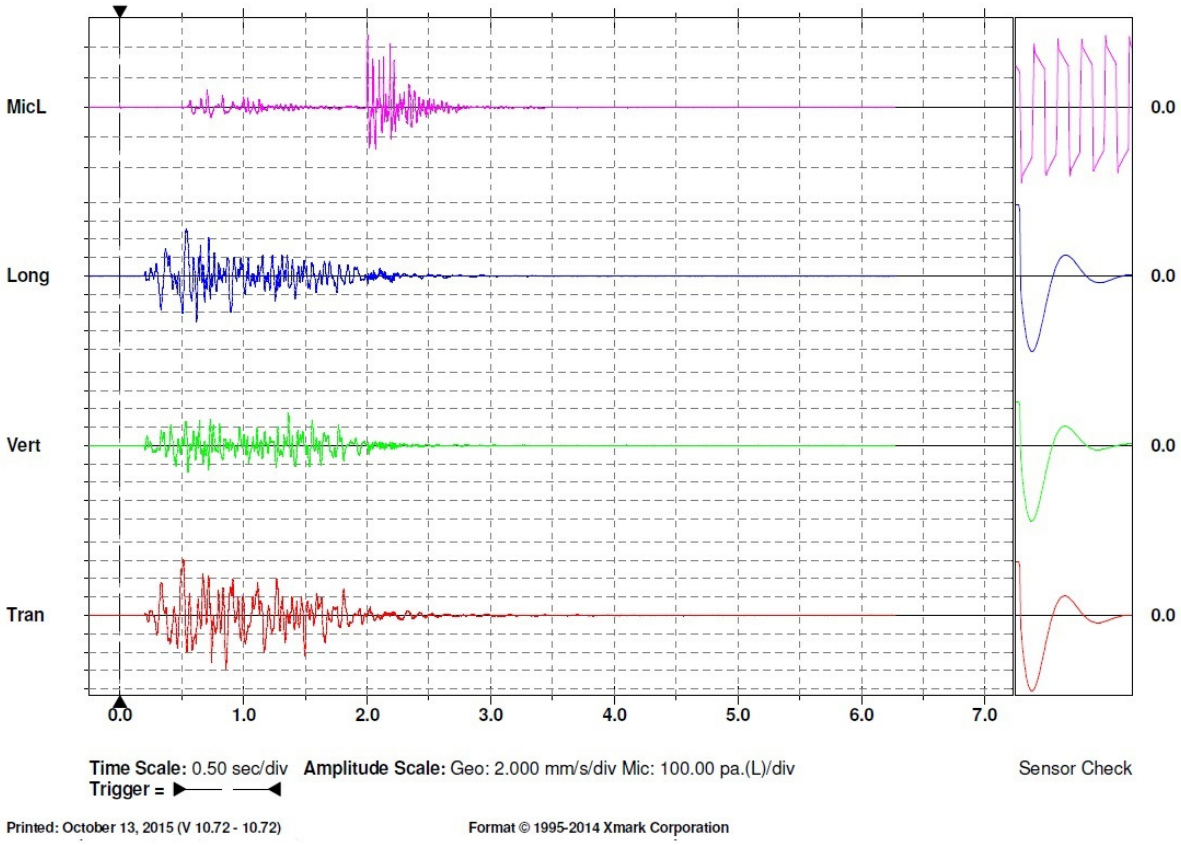
Extended Notes
Hava Acik, Ruzgarsiz

Microphone	Linear Weighting
PSPL	141.7 dB(L) at 2.004 sec
ZC Freq	51 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1348 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	6.093	3.539	5.107	mm/s
PPV	66.70	61.98	65.16	dB
ZC Freq	10	15	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.513	1.363	0.535	sec
Peak Acceleration	0.177	0.076	0.086	g
Peak Displacement	0.097	0.025	0.075	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.9	3.6	

Peak Vector Sum 6.832 mm/s at 0.510 sec





Time Scale: 0.50 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 100.00 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: October 13, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-12: 13.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 12:17:39 October 15, 2015
Trigger Source	Geo: 0.200 mm/s, Mic: 100.00 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	5.52 sec (Auto=3Sec) at 2048 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.7 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.287 N	035 0.444 E
Sensor1:	040 33.196 N	035 0.174 E
Distance:	415.7 m	

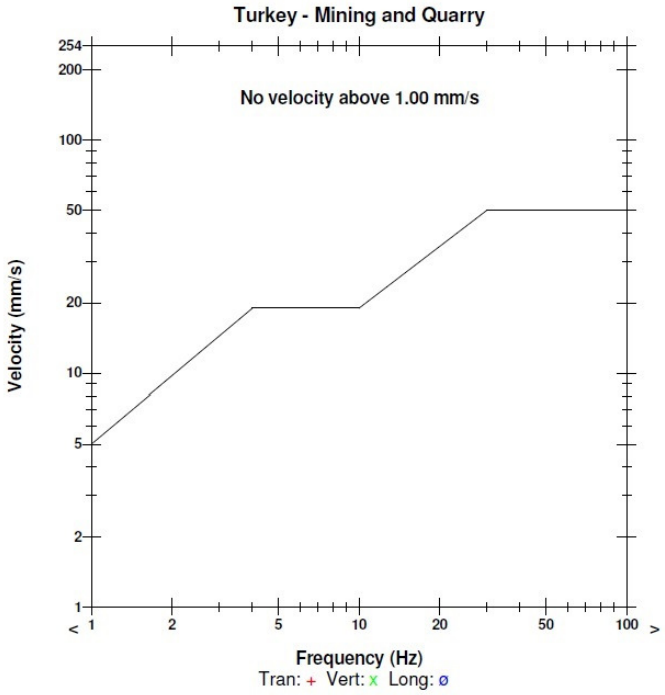
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

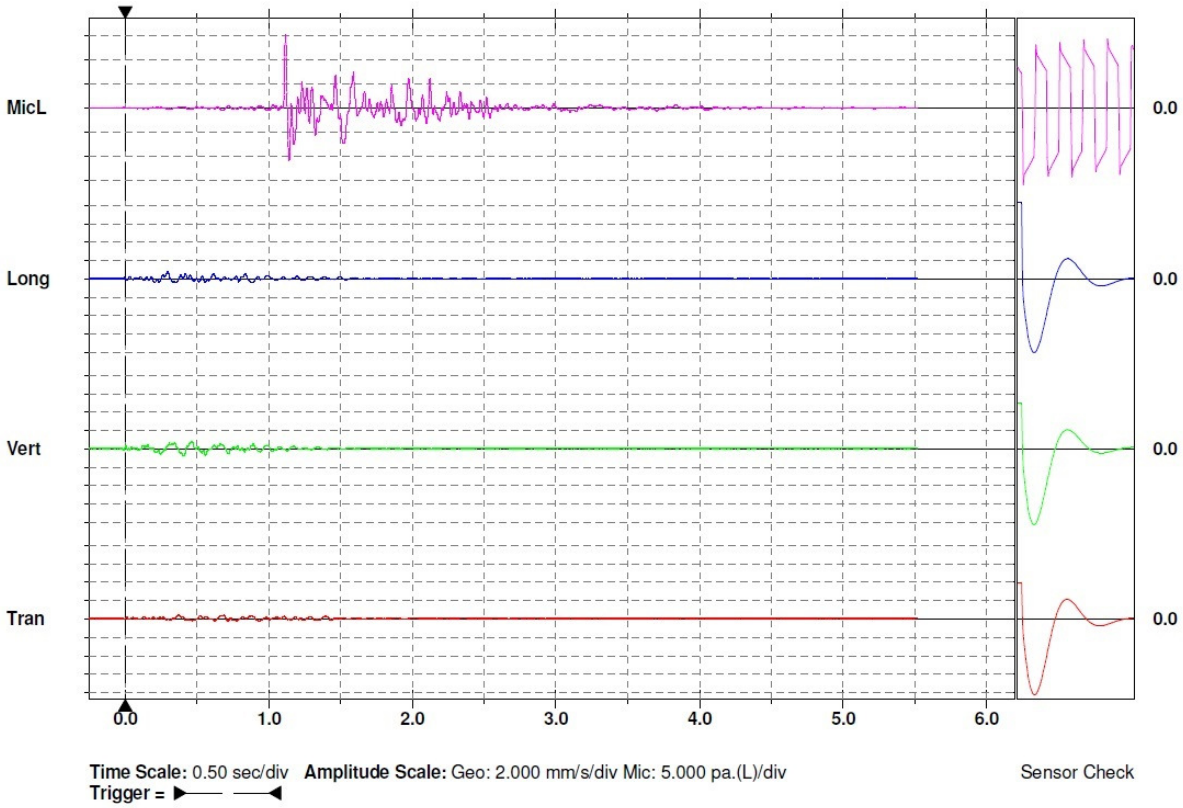
Extended Notes
Hava Acik, Ruzgarsiz

Microphone Linear Weighting
PSPL 117.6 dB(L) at 1.117 sec
ZC Freq 15.3 Hz
Channel Test Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1348 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.434	0.804	0.796	mm/s
PPV	43.74	49.10	49.02	dB
ZC Freq	7.3	7.6	7.6	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.372	0.463	0.294	sec
Peak Acceleration	0.010	0.015	0.015	g
Peak Displacement	0.010	0.025	0.014	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	4.0	3.6	

Peak Vector Sum 0.895 mm/s at 0.294 sec





Printed: October 15, 2015 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-13: 15.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Tran at 12:38:19 October 27, 2015
Trigger Source	Geo: 0.510 mm/s, Mic: 148.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	5.0 sec at 1024 sps
Job Number:	1

Serial Number	BE16632 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level	6.4 Volts
Unit Calibration	July 11, 2014 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

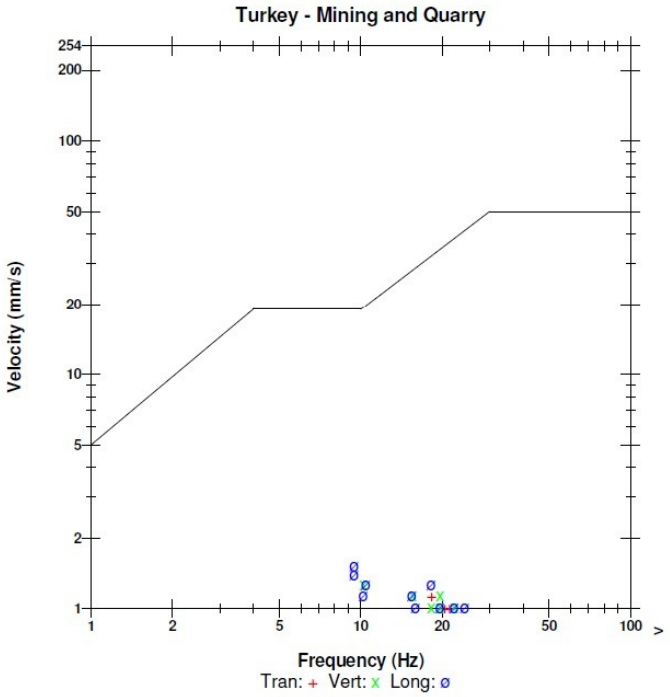
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

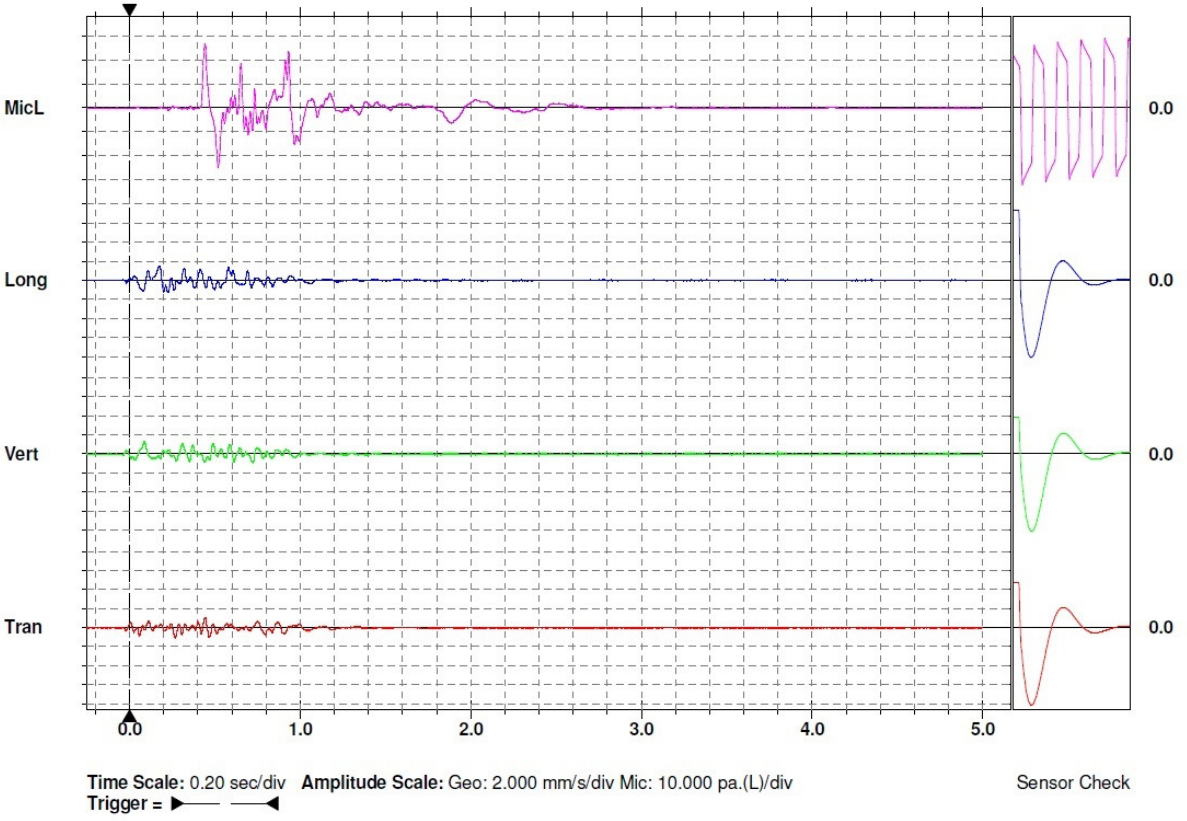
Extended Notes
Hava Acik, Cok Az Ruzgarli

Microphone Linear Weighting
PSPL 122.5 dB(L) at 0.442 sec
ZC Freq 9.3 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 561 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.143	1.270	1.524	mm/s
PPV	52.16	53.08	54.66	dB
ZC Freq	18	10	9.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.266	0.084	0.170	sec
Peak Acceleration	0.027	0.027	0.027	g
Peak Displacement	0.010	0.018	0.022	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.7	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.8	4.0	

Peak Vector Sum 1.713 mm/s at 0.084 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: October 27, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-14: 27.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 6. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time Long at 12:38:09 October 27, 2015
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s, Mic: 148.0 dB(L)
Range Geo: 254.0 mm/s
Record Time 5.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1

Serial Number BE16630 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level 6.4 Volts
Unit Calibration July 11, 2014 by Instantel
File Name __TEMP.EVT

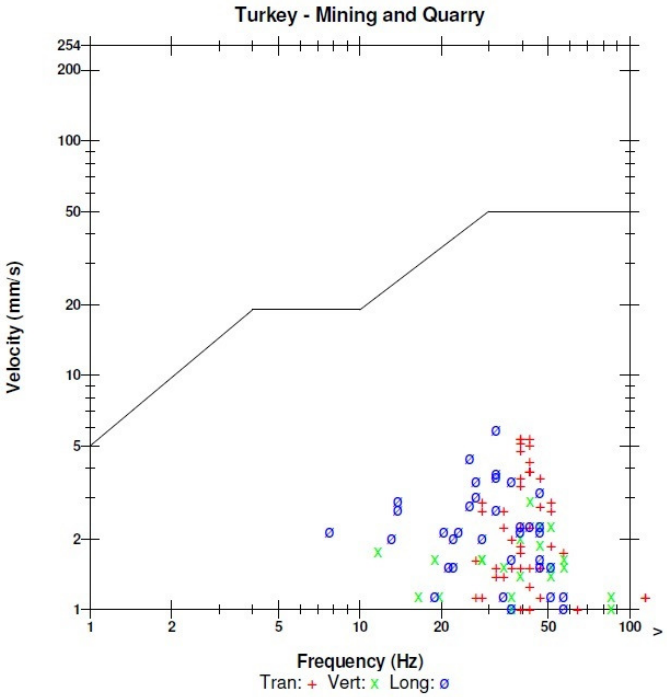
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

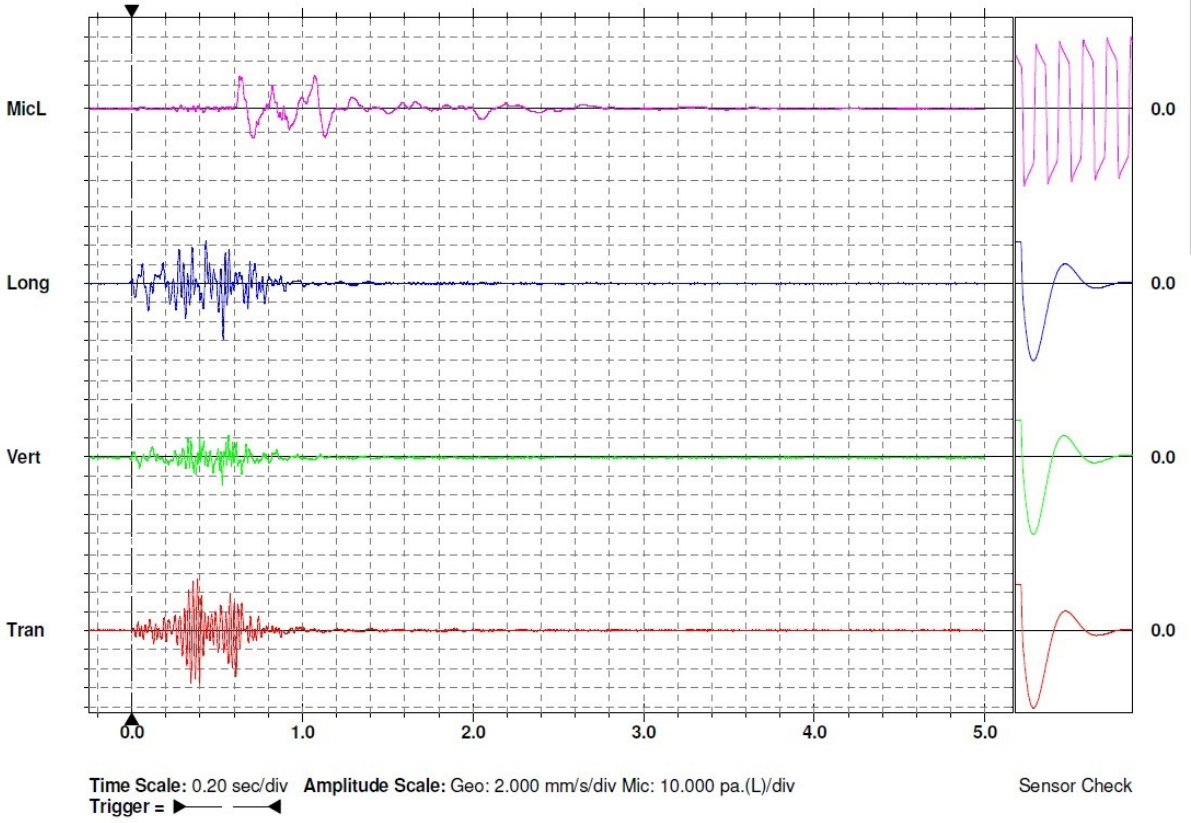
Extended Notes
Hava Acik, Cok Az Ruzgarli

Microphone Linear Weighting
PSPL 116.9 dB(L) at 1.071 sec
ZC Freq 3.9 Hz
Channel Test Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 587 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	5.461	2.921	5.842	mm/s
PPV	65.75	60.31	66.33	dB
ZC Freq	39	43	32	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.347	0.531	0.536	sec
Peak Acceleration	0.146	0.066	0.133	g
Peak Displacement	0.023	0.015	0.032	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.8	7.6	Hz
Overswing Ratio	4.0	3.7	4.0	

Peak Vector Sum 6.103 mm/s at 0.536 sec

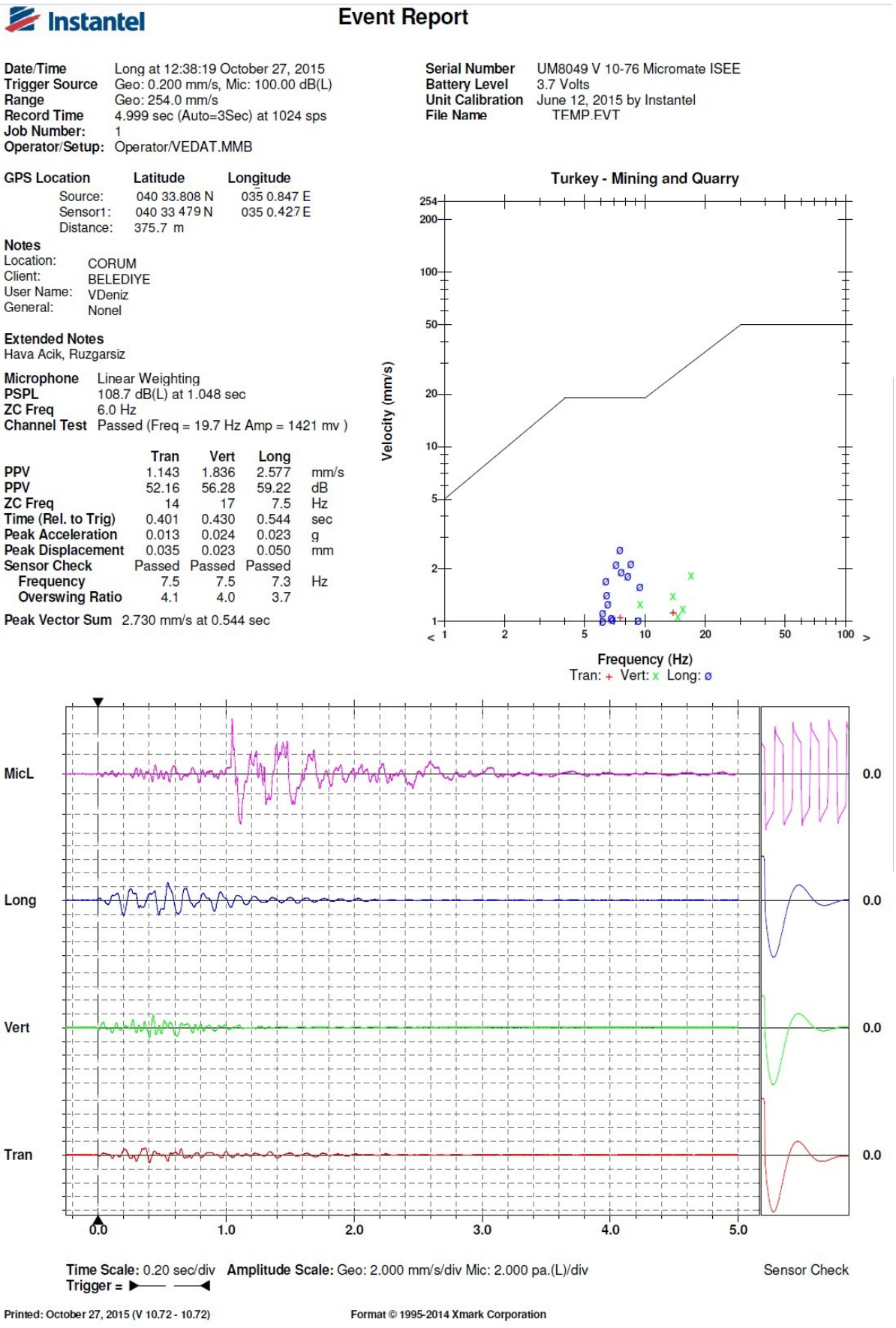




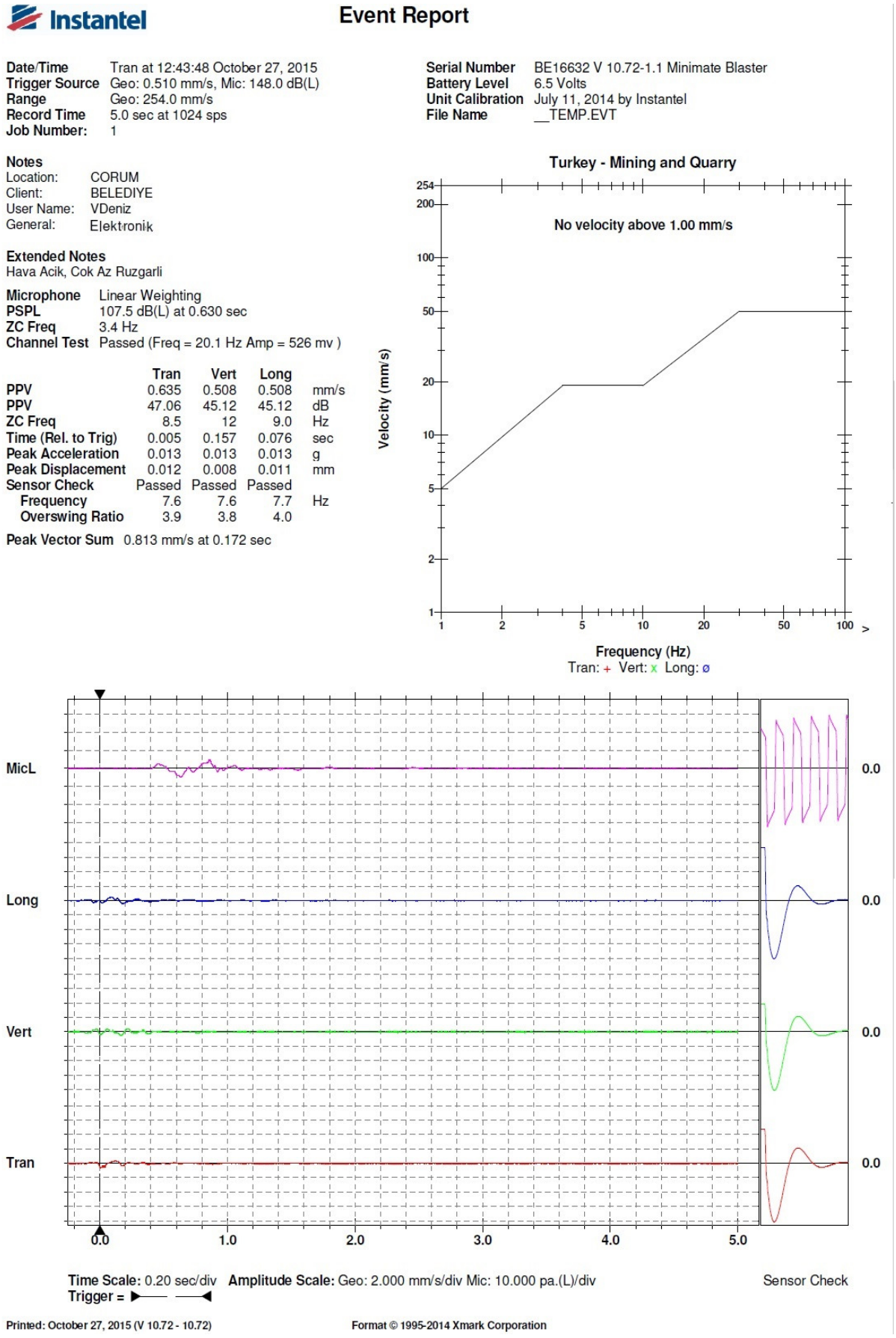
Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: October 27, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

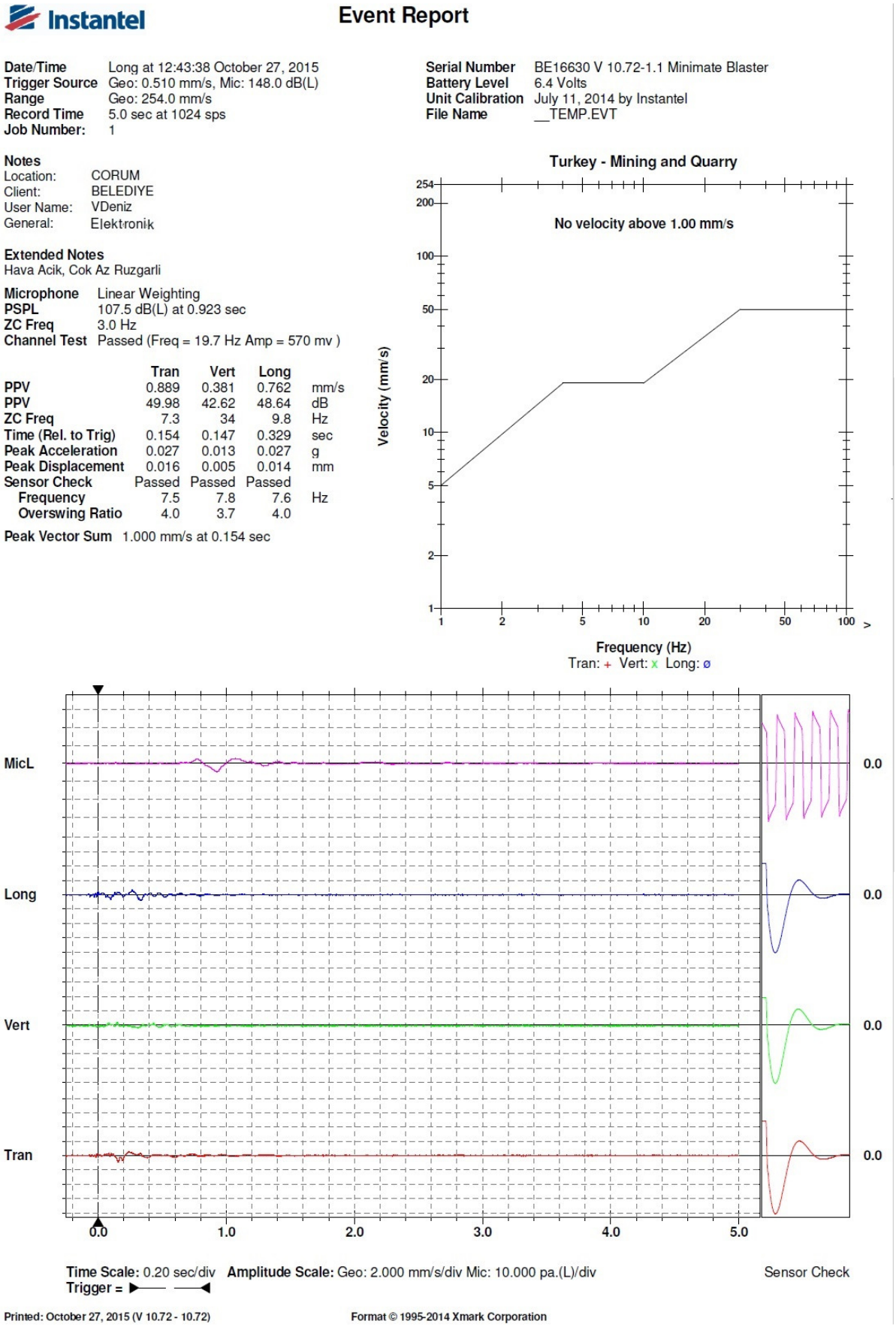
Ek-15: 27.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 7. sismograf çıktı sonucu



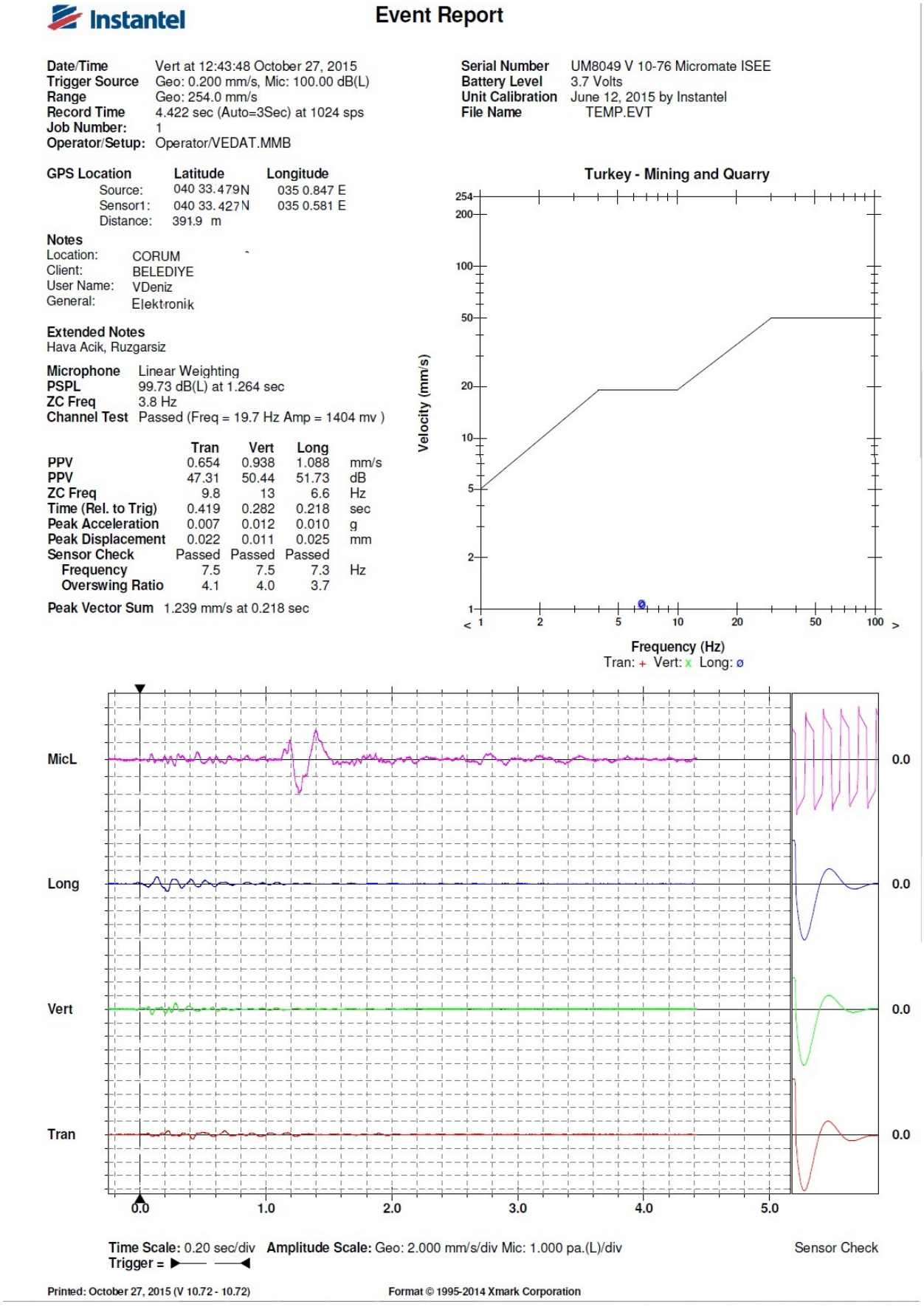
Ek-16: 27.10.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen Trafo sismograf çıktı sonucu



Ek-17: 27.10.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 6. sismograf çıktı sonucu



Ek-18: 27.10.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 7. sismograf çıktı sonucu



Ek-19: 27.10.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen Trafo sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time Long at 12:27:53 November 17, 2015
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s, Mic: 100.0 dB(L)
Range Geo: 254.0 mm/s
Record Time 5.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1

Serial Number BE16632 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level 6.3 Volts
Unit Calibration July 11, 2014 by Instantel
File Name TEMP.EVT

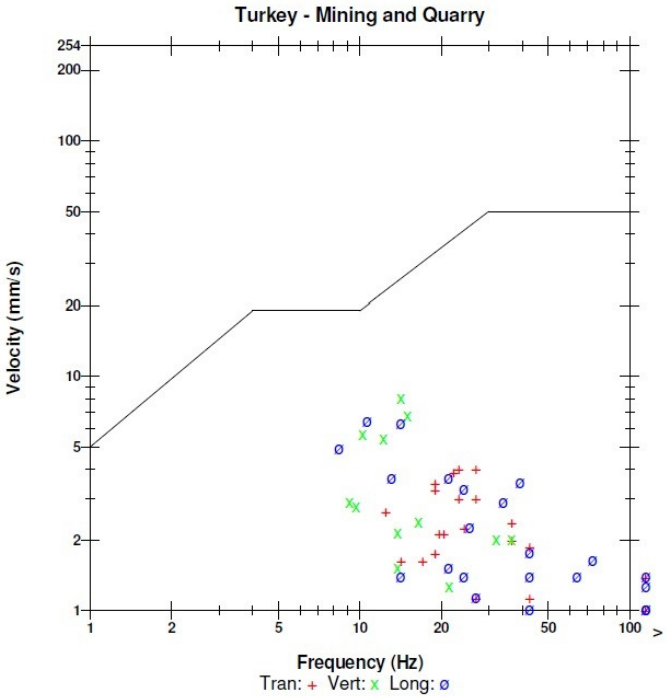
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General:

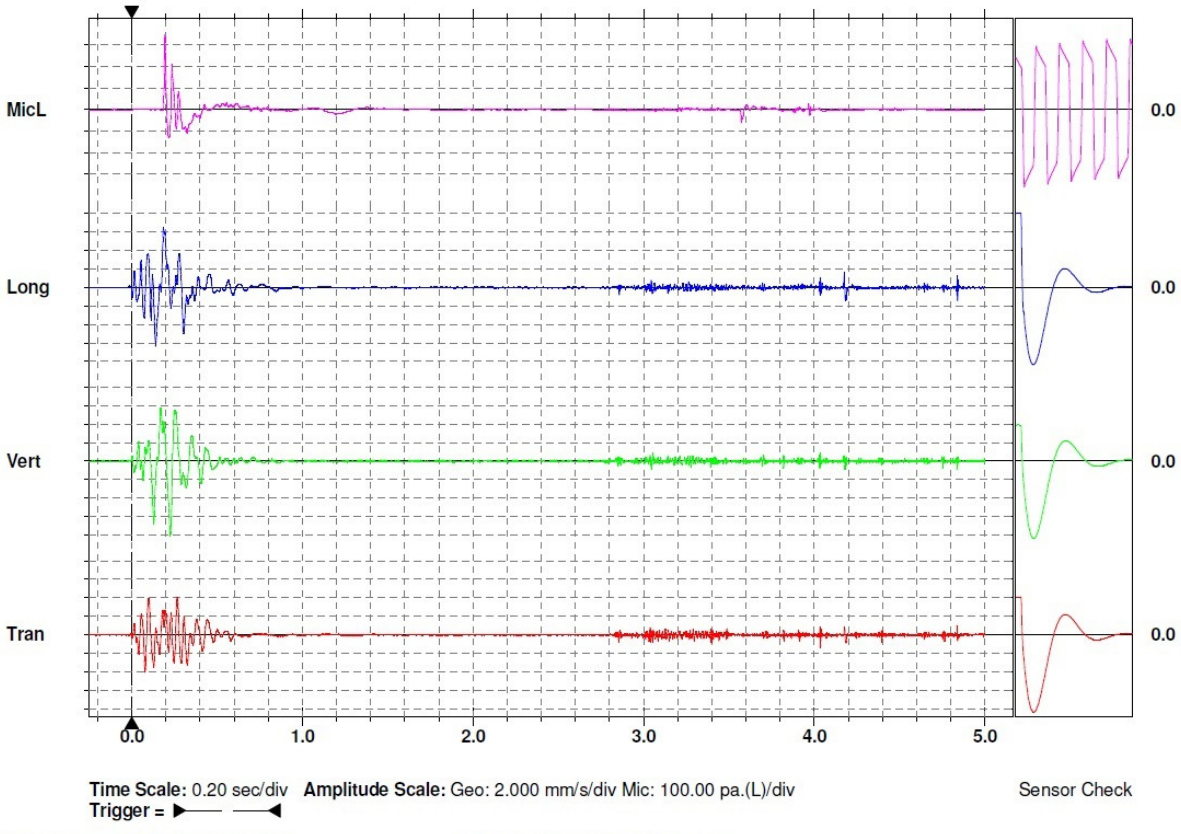
Extended Notes
Hava Acik, Cok Az Ruzgarli

Microphone Linear Weighting
PSPL 144.8 dB(L) at 0.194 sec
ZC Freq 24 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 653 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	4.064	8.128	6.477	mm/s
PPV	63.18	69.20	67.23	dB
ZC Freq	27	14	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.078	0.226	0.186	sec
Peak Acceleration	0.119	0.133	0.159	g
Peak Displacement	0.036	0.080	0.086	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.7	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.8	4.1	

Peak Vector Sum 8.391 mm/s at 0.226 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 100.00 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 17, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-20: 17.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 6. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:23:31 November 19, 2015
Trigger Source	Geo: 0.400 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.846 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.mmb

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.6 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.231 N	035 0.431 E
Sensor1:	040 33.175 N	035 0.393 E
Distance:	116.4 m	

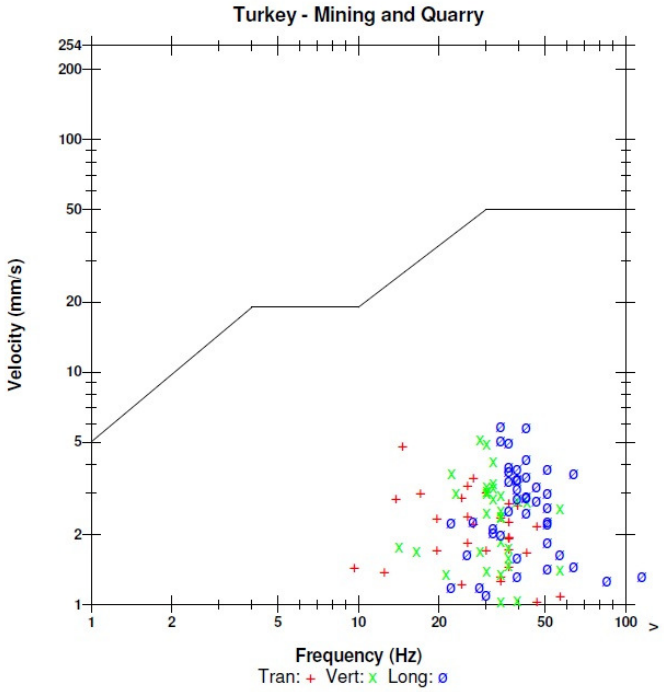
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General:

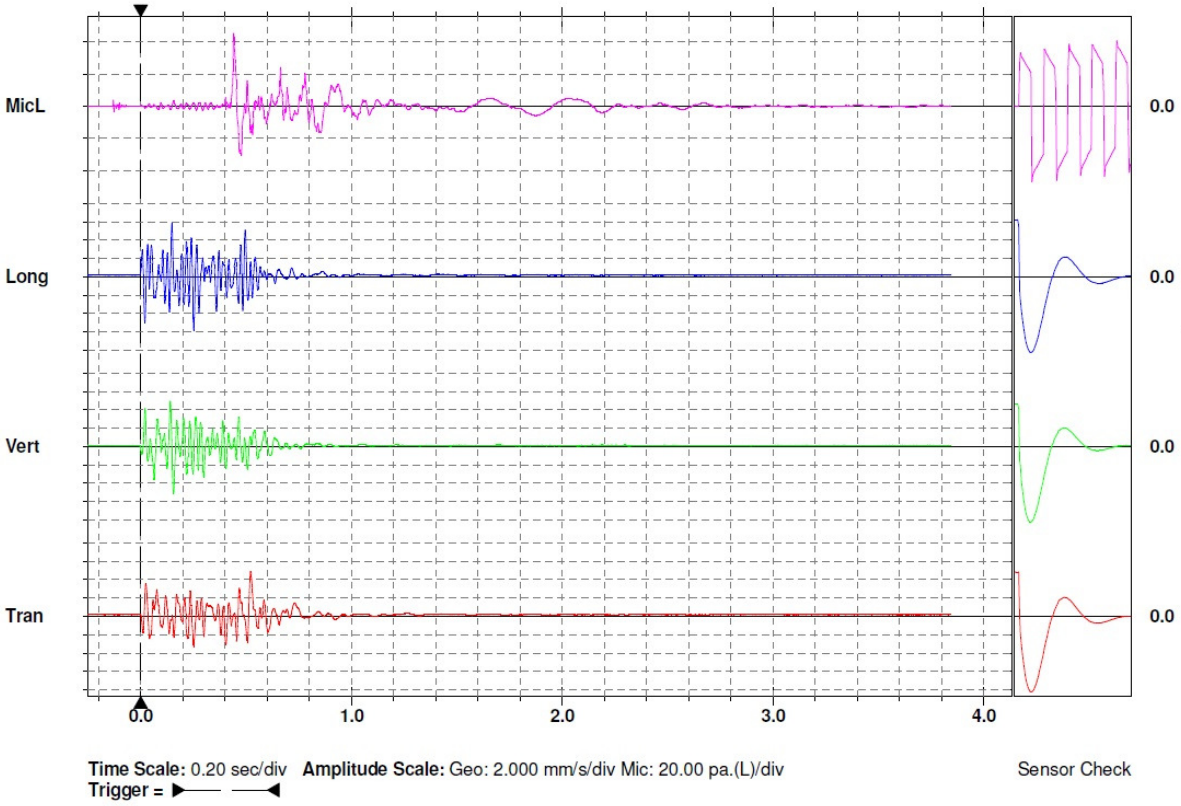
Extended Notes
Hava Acik, Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	127.1 dB(L) at 0.441 sec
ZC Freq	19 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1237 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	4.902	5.170	5.848	mm/s
PPV	64.81	65.27	66.34	dB
ZC Freq	15	28	34	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.521	0.155	0.148	sec
Peak Acceleration	0.129	0.165	0.230	g
Peak Displacement	0.040	0.027	0.037	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	4.1	3.8	

Peak Vector Sum 6.882 mm/s at 0.252 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 20.00 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger = ▶—— ——◀

Printed: November 19, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-21: 19.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 12:23:16 November 19, 2015
Trigger Source	Geo: 0.400 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.369 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.mmb

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.6 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.173 N	035 0.935 E
Sensor1:	040 33.175 N	035 0.393 E
Distance:	140.1 m	

Notes

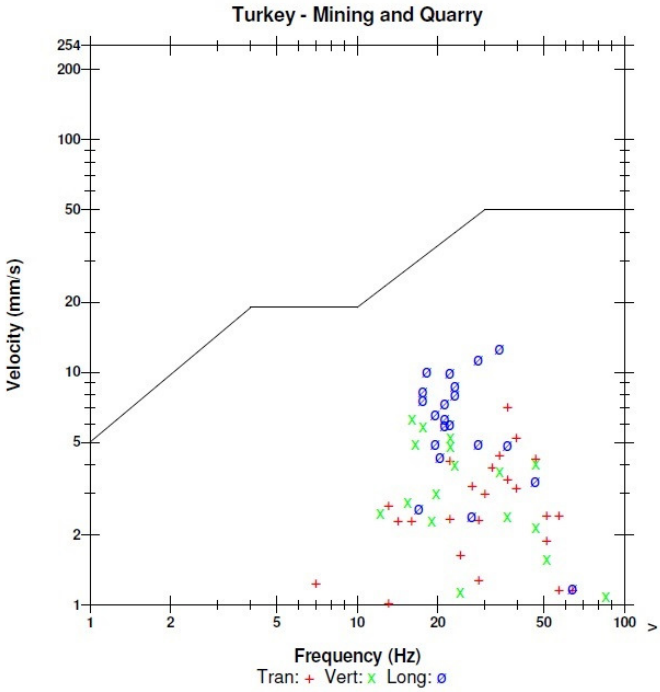
Location:	CORUM
Client:	BELEDIYE
User Name:	VDeniz
General:	Elektronik

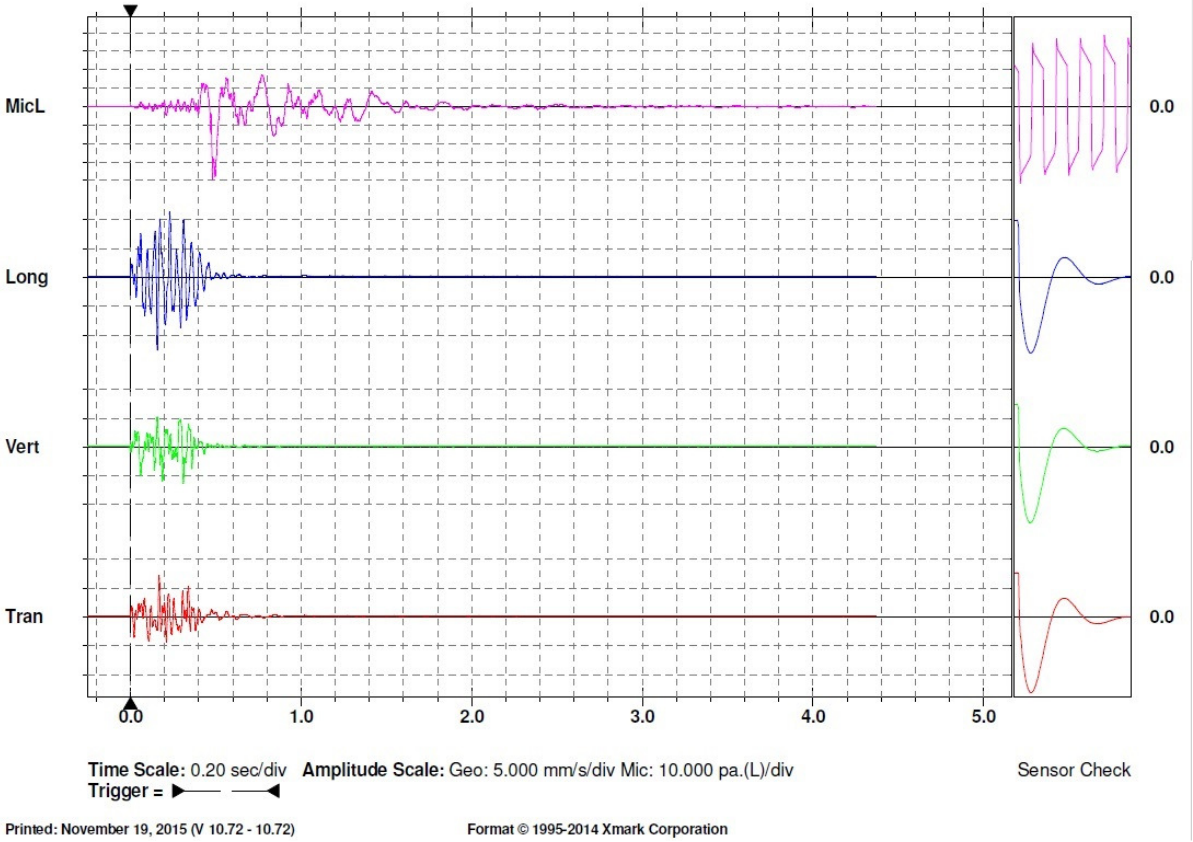
Extended Notes
Hava Acik, Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	125.9 dB(L) at 0.480 sec
ZC Freq	9.0 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1558 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	7.236	6.337	12.65	mm/s
PPV	68.19	67.04	73.04	dB
ZC Freq	37	16	34	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.168	0.310	0.158	sec
Peak Acceleration	0.296	0.188	0.485	g
Peak Displacement	0.030	0.043	0.072	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	4.1	3.8	

Peak Vector Sum 13.80 mm/s at 0.158 sec

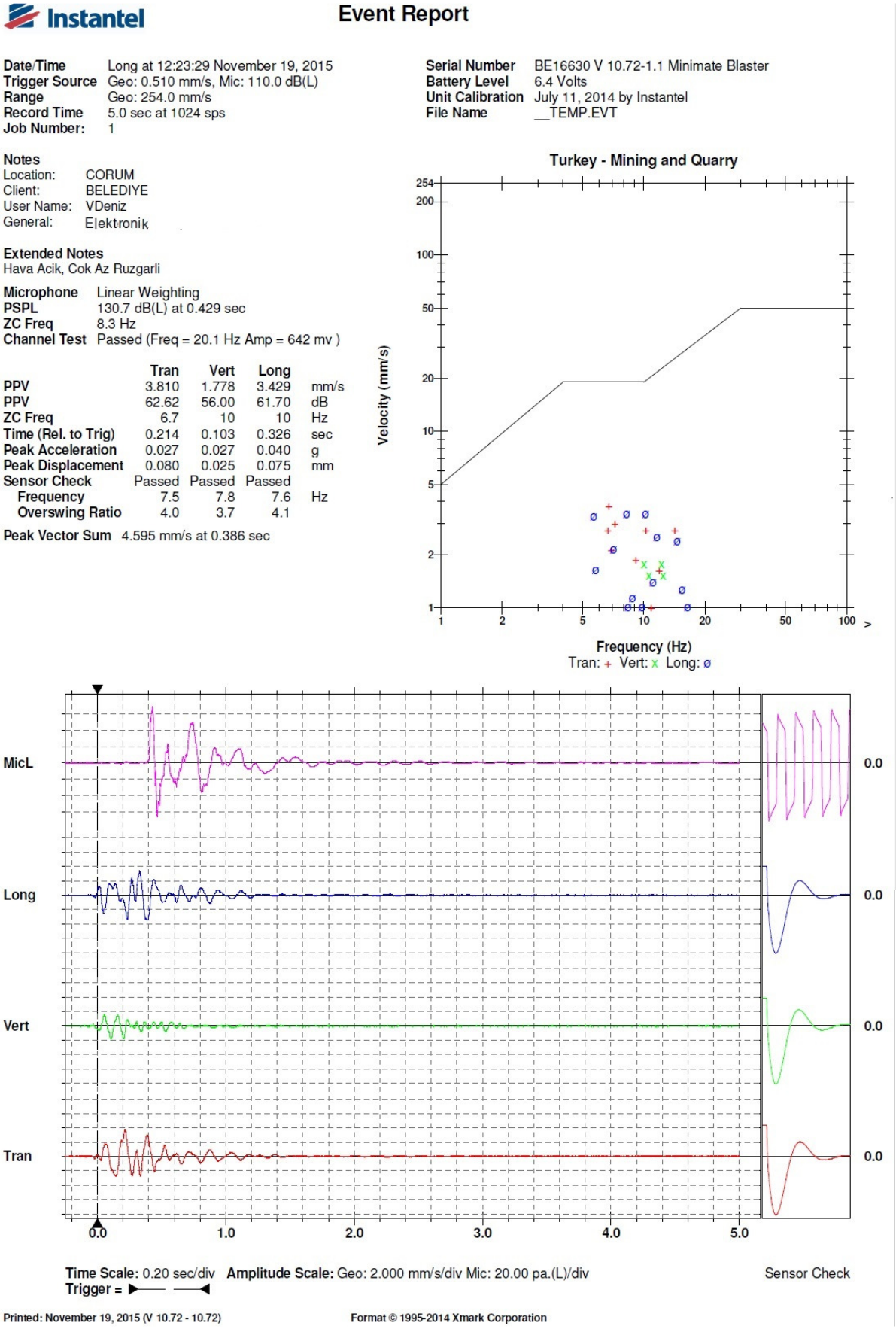




Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 19, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-22: 19.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu



Ek-23: 19.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 8. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 12:18:21 November 24, 2015
Trigger Source	Geo: 0.510 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	5.0 sec at 1024 sps
Job Number:	1

Serial Number	BE16632 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level	6.4 Volts
Unit Calibration	July 11, 2014 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

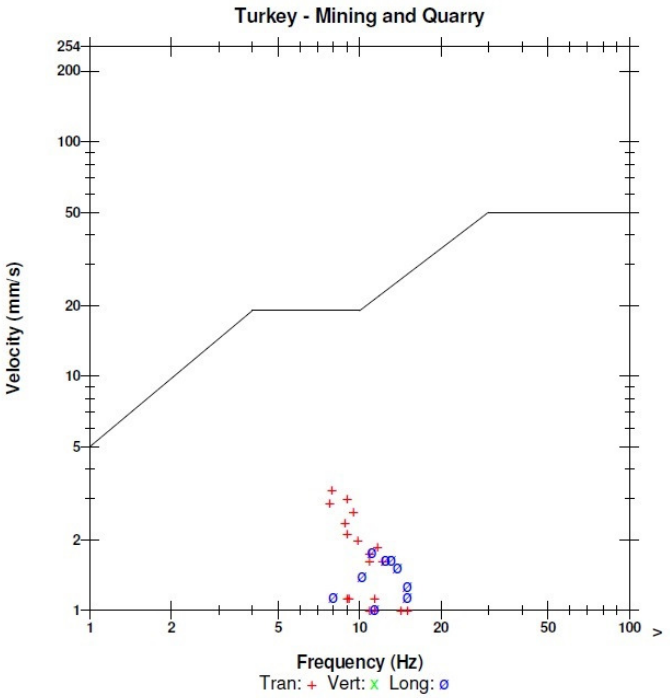
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Nonel

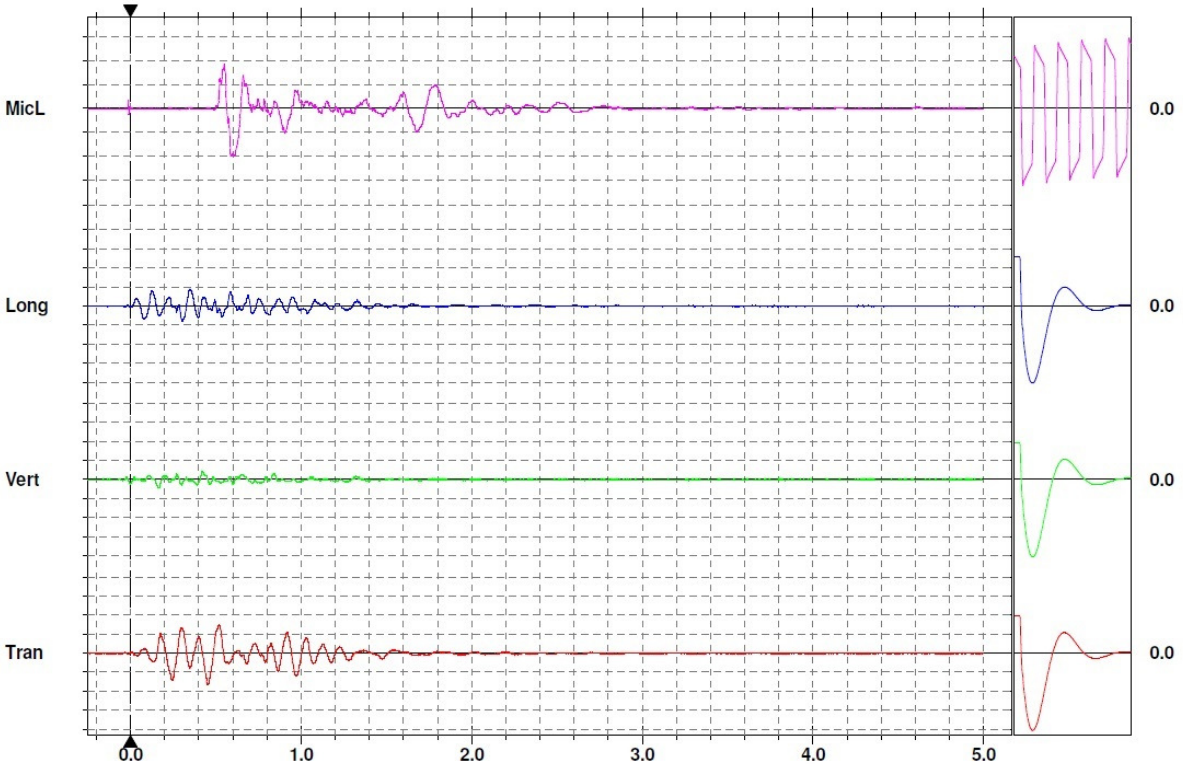
Extended Notes
Hava Acik, Cok Az Ruzgarli

Microphone Linear Weighting
PSPL 120.0 dB(L) at 0.588 sec
ZC Freq 6.2 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 593 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	3.302	0.889	1.778	mm/s
PPV	61.38	49.98	56.00	dB
ZC Freq	7.9	16	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.452	0.160	0.349	sec
Peak Acceleration	0.027	0.027	0.027	g
Peak Displacement	0.061	0.011	0.027	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.5	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.8	4.1	

Peak Vector Sum 3.326 mm/s at 0.455 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 24, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-24: 24.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 9. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Tran at 12:18:26 November 24, 2015
Trigger Source	Geo: 0.510 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	5.0 sec at 1024 sps
Job Number:	1

Serial Number	BE16630 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
Battery Level	6.3 Volts
Unit Calibration	July 11, 2014 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

Notes

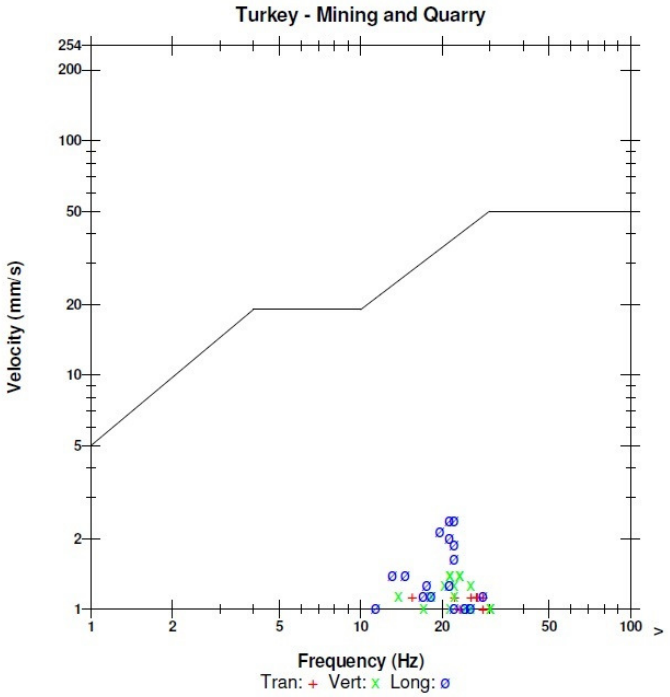
Location:	CORUM
Client:	BELEDIYE
User Name:	VDeniz
General:	Nonel

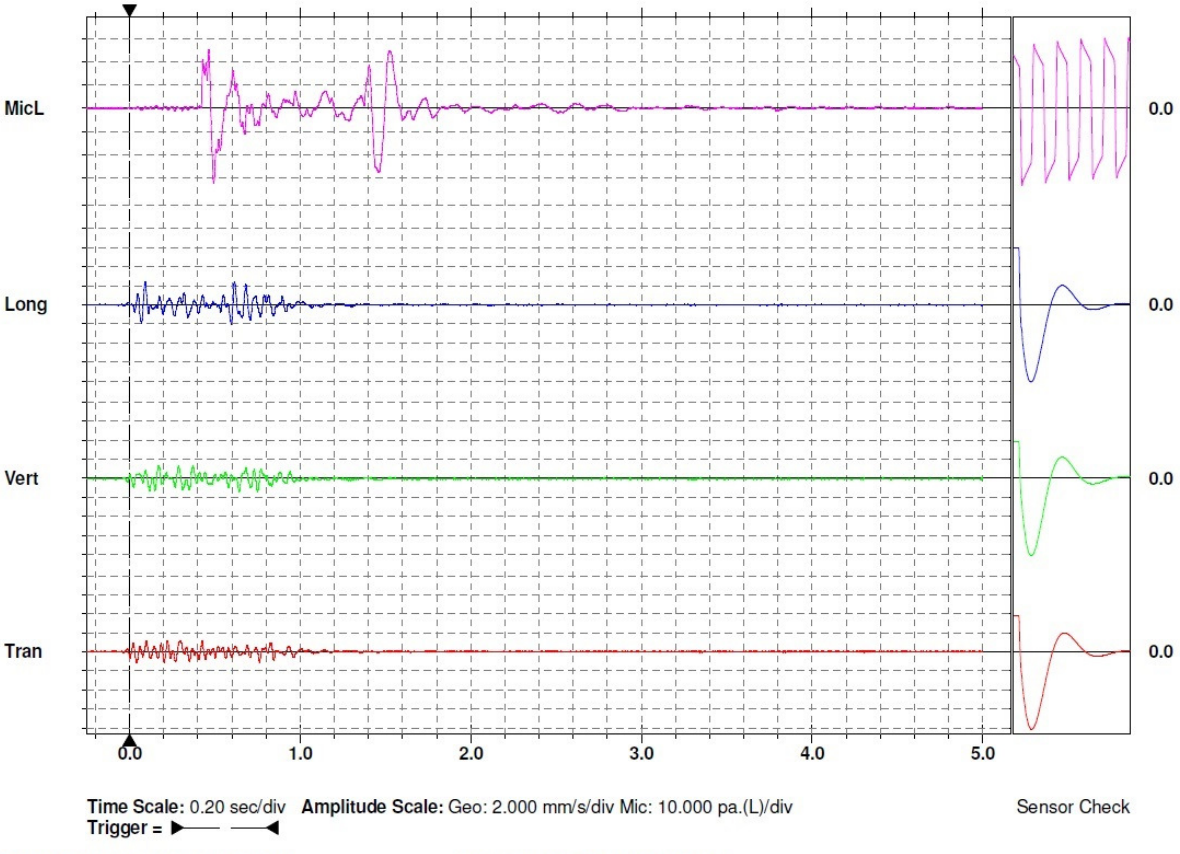
Extended Notes
Hava Acik, Cok Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	124.2 dB(L) at 0.493 sec
ZC Freq	5.6 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.1 Hz Amp = 597 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.143	1.397	2.413	mm/s
PPV	52.16	53.90	58.65	dB
ZC Freq	26	23	22	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.040	0.168	0.091	sec
Peak Acceleration	0.027	0.040	0.053	g
Peak Displacement	0.013	0.012	0.018	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.8	7.7	Hz
Overswing Ratio	4.1	3.7	4.1	

Peak Vector Sum 2.609 mm/s at 0.091 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 10.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 24, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-25: 24.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 6. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 12:18:39 November 24, 2015
Trigger Source	Geo: 0.400 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.999 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.5 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.312 N	035 0.562 E
Sensor1:	040 33.173 N	035 0.495 E
Distance:	274.0 m	

Notes

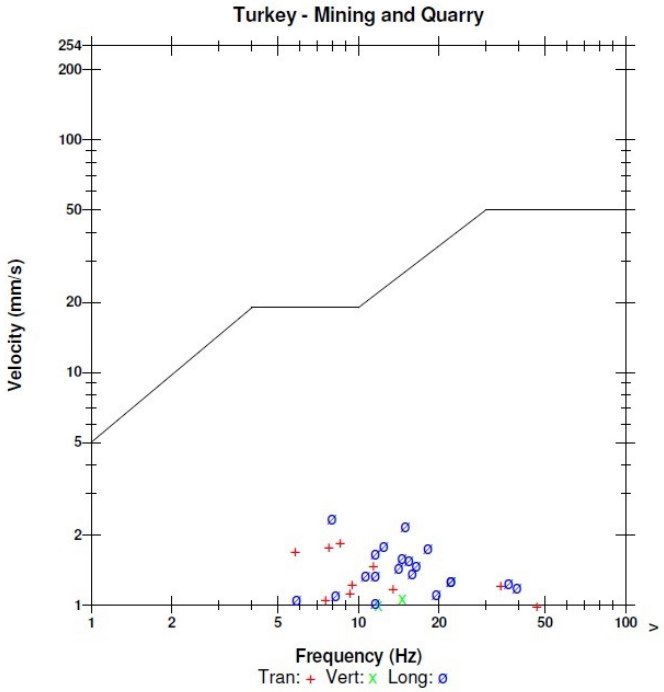
Location:	CORUM
Client:	BELEDIYE
User Name:	VDeniz
General:	Nonel

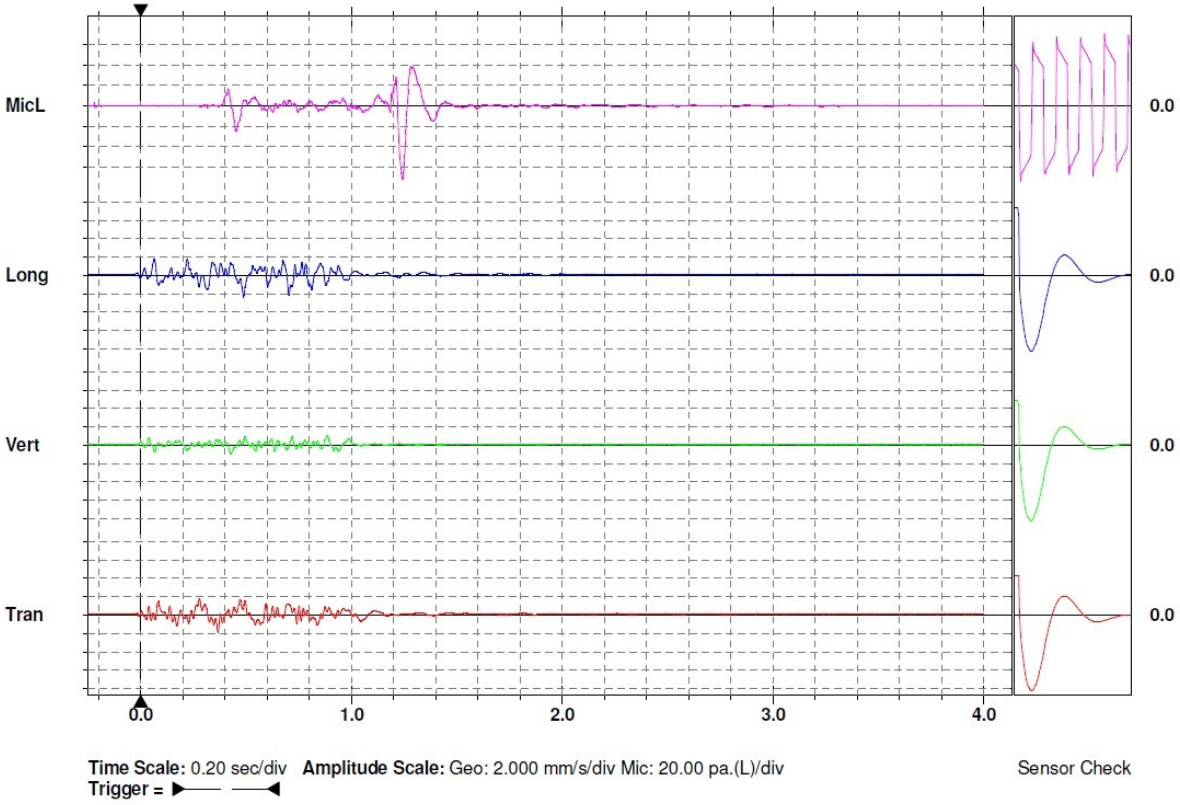
Extended Notes
Hava Acik, Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	131.0 dB(L) at 1.242 sec
ZC Freq	11 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1389 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	1.868	1.072	2.365	mm/s
PPV	56.43	51.60	58.47	dB
ZC Freq	8.5	15	8.0	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.367	0.887	0.488	sec
Peak Acceleration	0.043	0.019	0.037	g
Peak Displacement	0.032	0.012	0.027	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	4.1	3.8	

Peak Vector Sum 2.515 mm/s at 0.488 sec

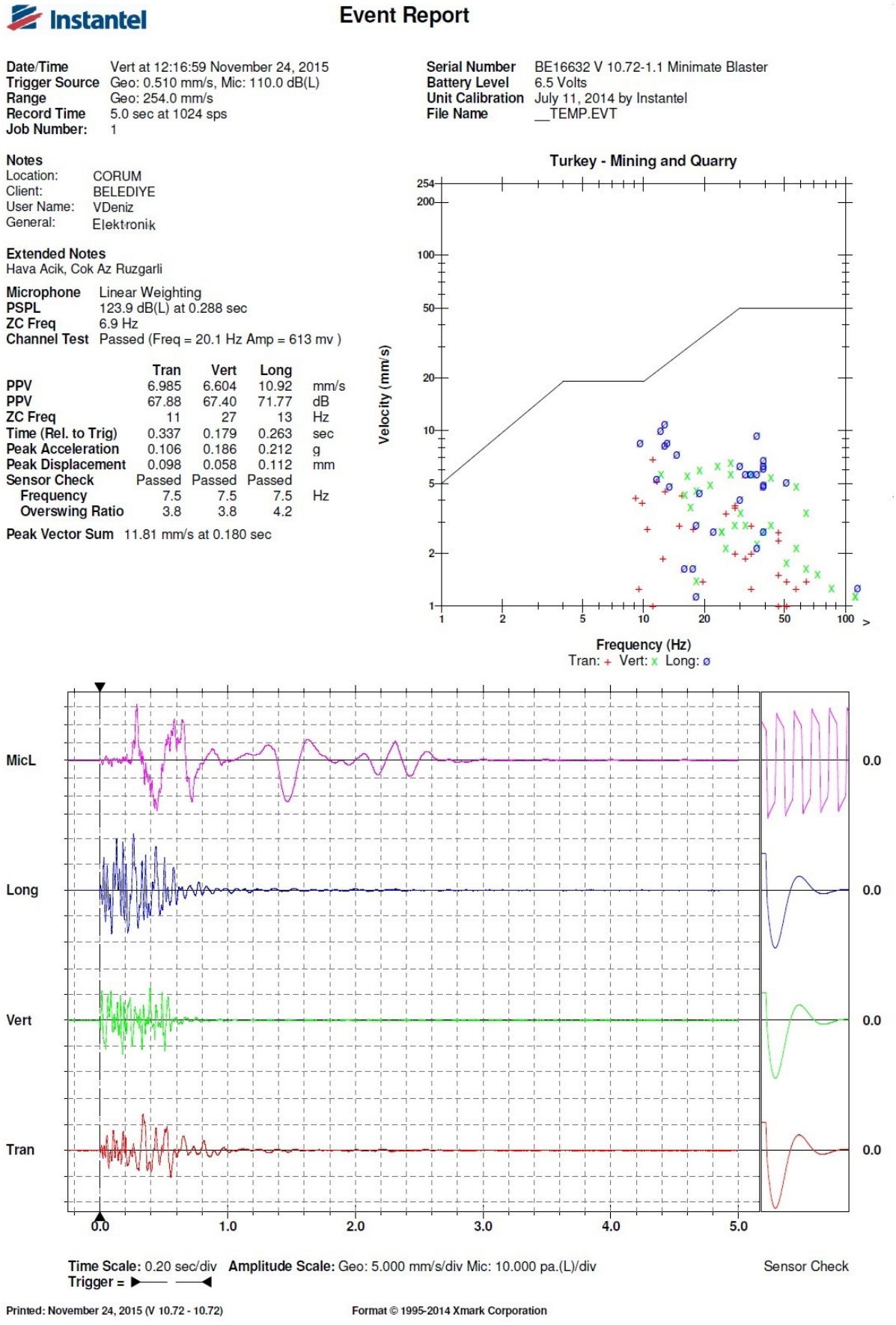




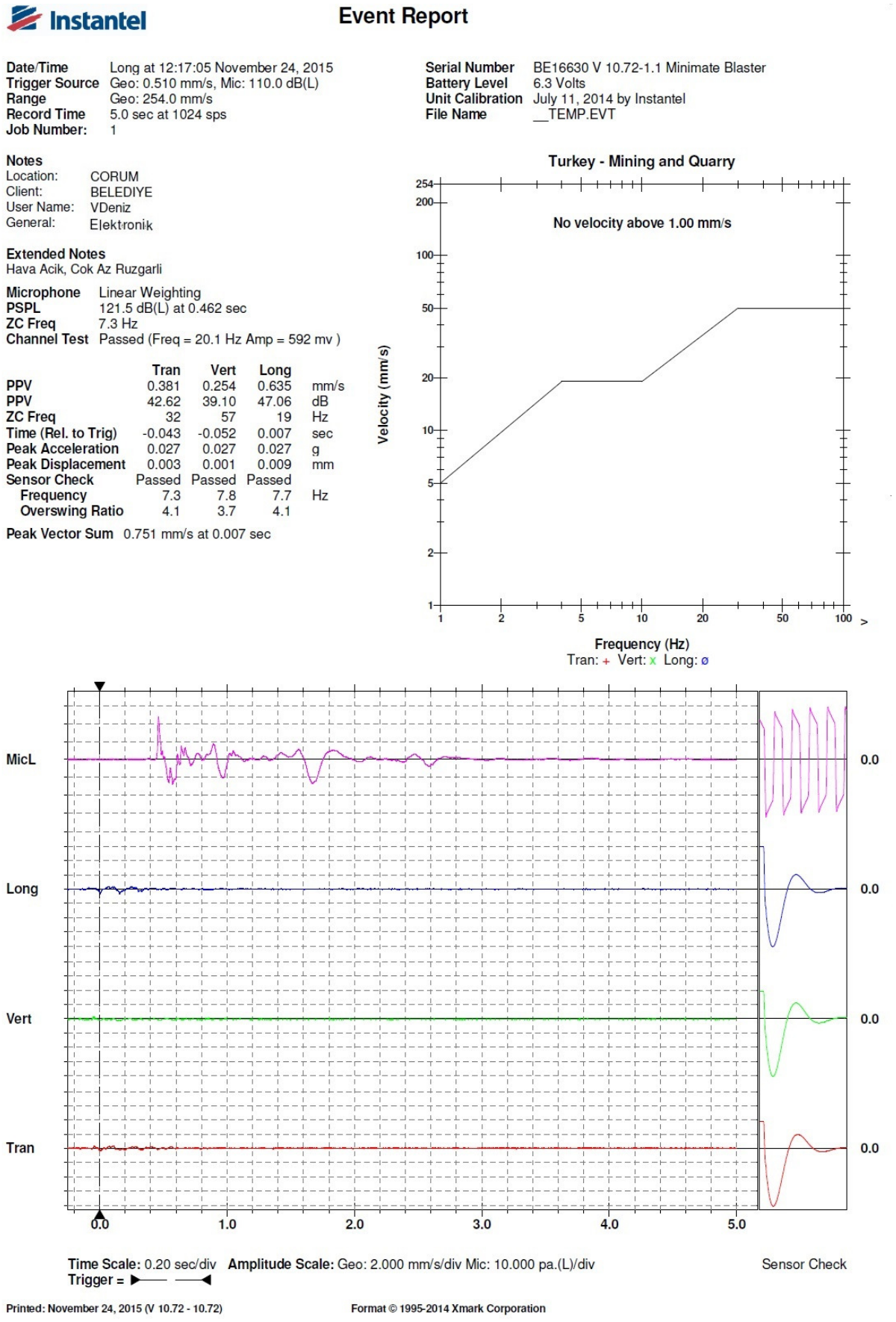
Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 20.00 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 24, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-26: 24.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu



Ek-27: 24.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 9. sismograf çıktı sonucu



Ek-28: 24.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 6. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Long at 12:17:18 November 24, 2015
Trigger Source	Geo: 0.400 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	3.937 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.5 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.312 N	035 0.562 E
Sensor1:	040 33.173 N	035 0.495 E
Distance:	274.0 m	

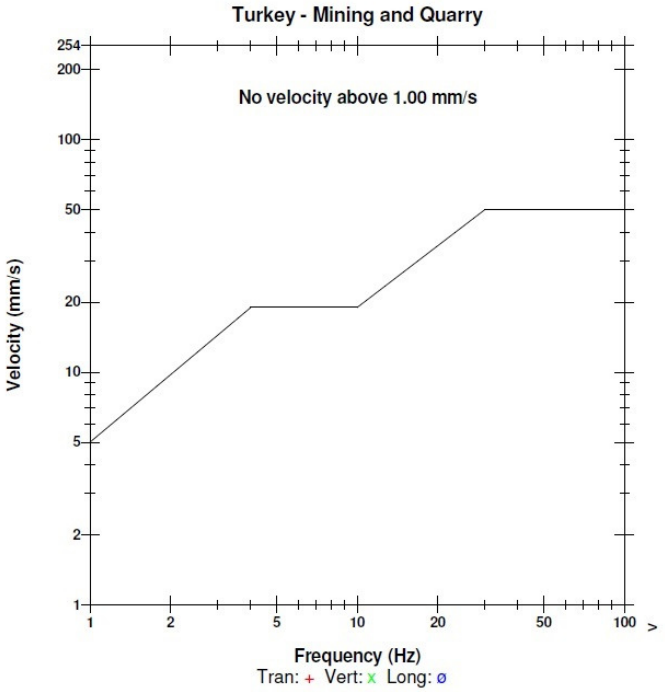
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General: Elektronik

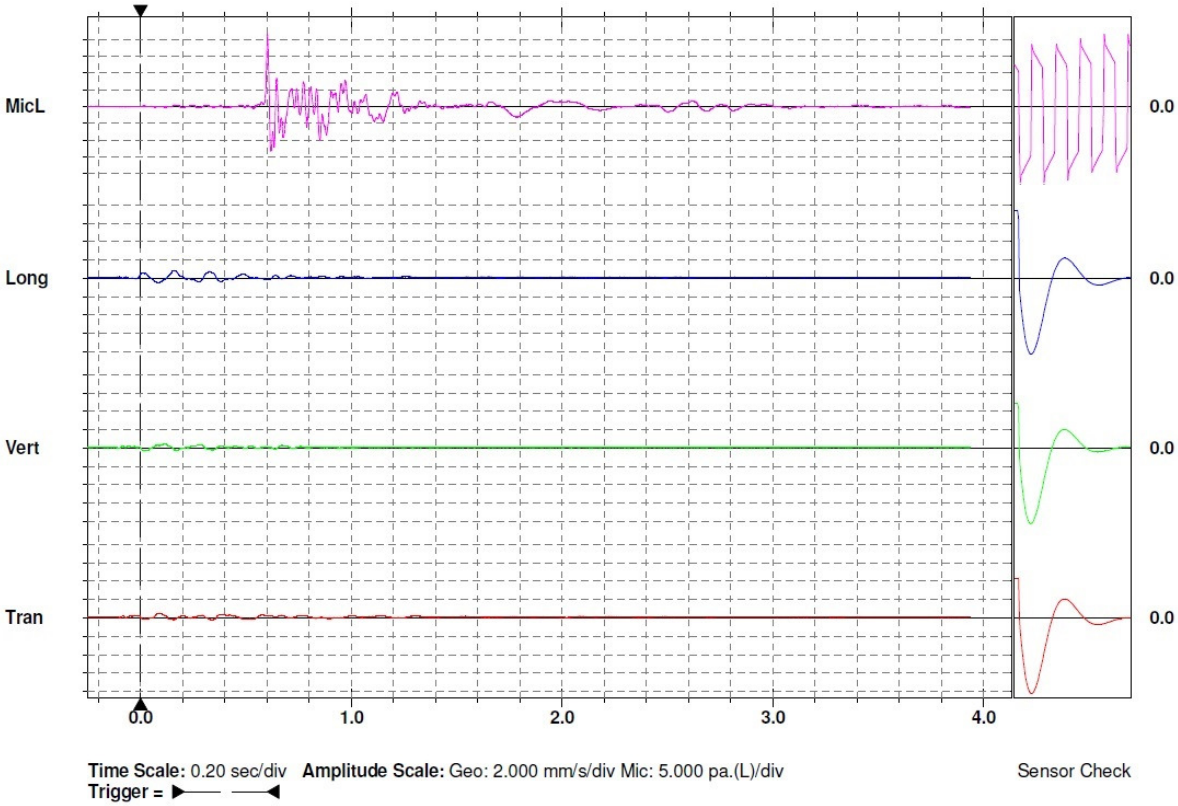
Extended Notes
Hava Acik, Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	120.7 dB(L) at 0.602 sec
ZC Freq	7.4 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 1317 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.504	0.473	0.859	mm/s
PPV	45.06	44.50	49.68	dB
ZC Freq	7.0	5.1	5.8	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.094	0.119	0.157	sec
Peak Acceleration	0.005	0.006	0.008	g
Peak Displacement	0.018	0.013	0.019	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.3	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	4.1	3.8	

Peak Vector Sum 0.893 mm/s at 0.158 sec





Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 5.000 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: November 24, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-29: 24.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu

Instantel

Event Report

Date/Time	Vert at 11:46:57 November 27, 2015
Trigger Source	Geo: 0.400 mm/s, Mic: 110.0 dB(L)
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	4.881 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
Job Number:	1
Operator/Setup:	Operator/VEDAT.MMB

Serial Number	UM8049 V 10-76 Micromate ISEE
Battery Level	3.5 Volts
Unit Calibration	June 12, 2015 by Instantel
File Name	__TEMP.EVT

GPS Location	**Latitude**	**Longitude**
Source:	040 33.328 N	035 0.559 E
Sensor1:	040 33.170 N	035 0.497 E
Distance:	305.2 m	

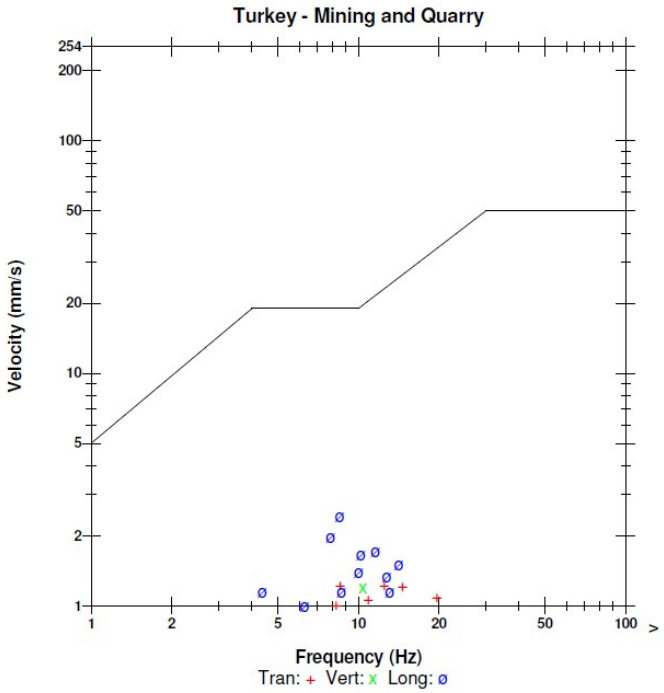
Notes
Location: CORUM
Client: BELEDIYE
User Name: VDeniz
General:

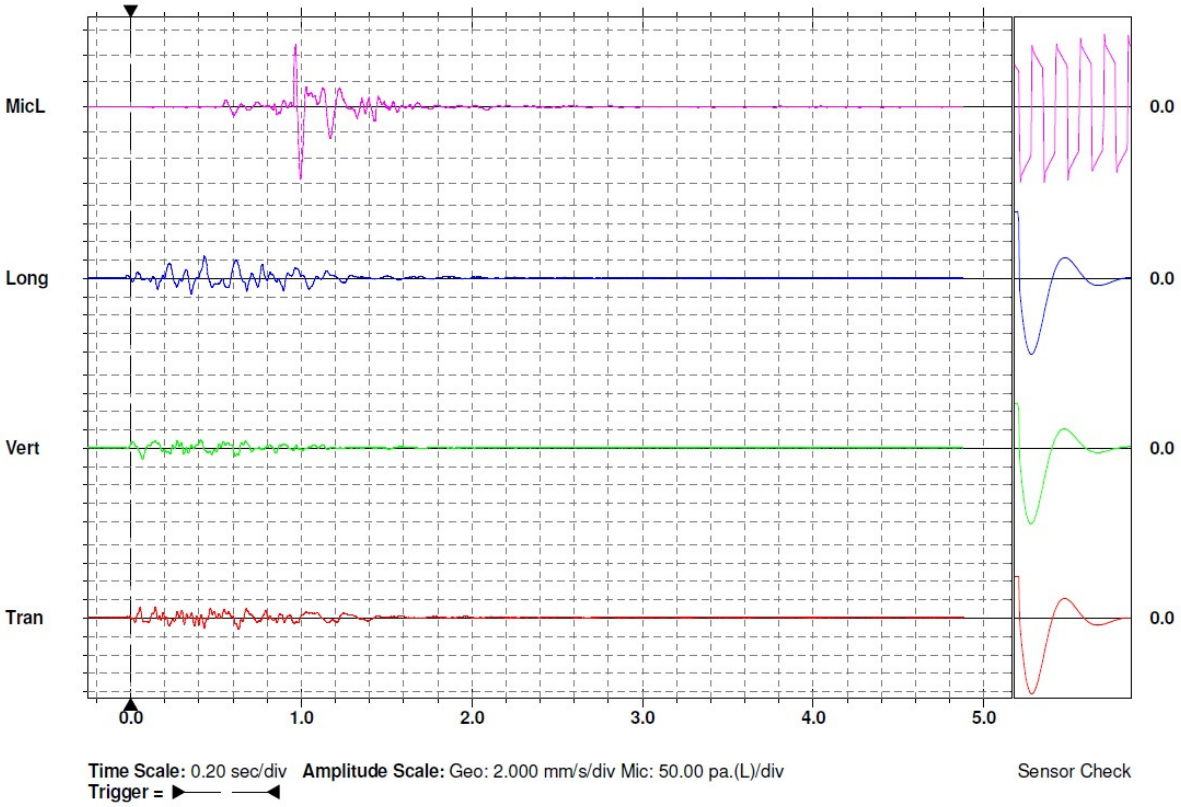
Extended Notes
Hava Acik, Az Ruzgarli

Microphone	Linear Weighting
PSPL	137.0 dB(L) at 0.995 sec
ZC Freq	12 Hz
Channel Test	Passed (Freq = 19.7 Hz Amp = 1435 mv)

	Tran	**Vert**	**Long**	
PPV	1.237	1.198	2.435	mm/s
PPV	52.85	52.57	58.73	dB
ZC Freq	12	10	8.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.145	0.068	0.433	sec
Peak Acceleration	0.017	0.014	0.017	g
Peak Displacement	0.030	0.020	0.039	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.9	3.9	3.6	

Peak Vector Sum 2.677 mm/s at 0.433 sec

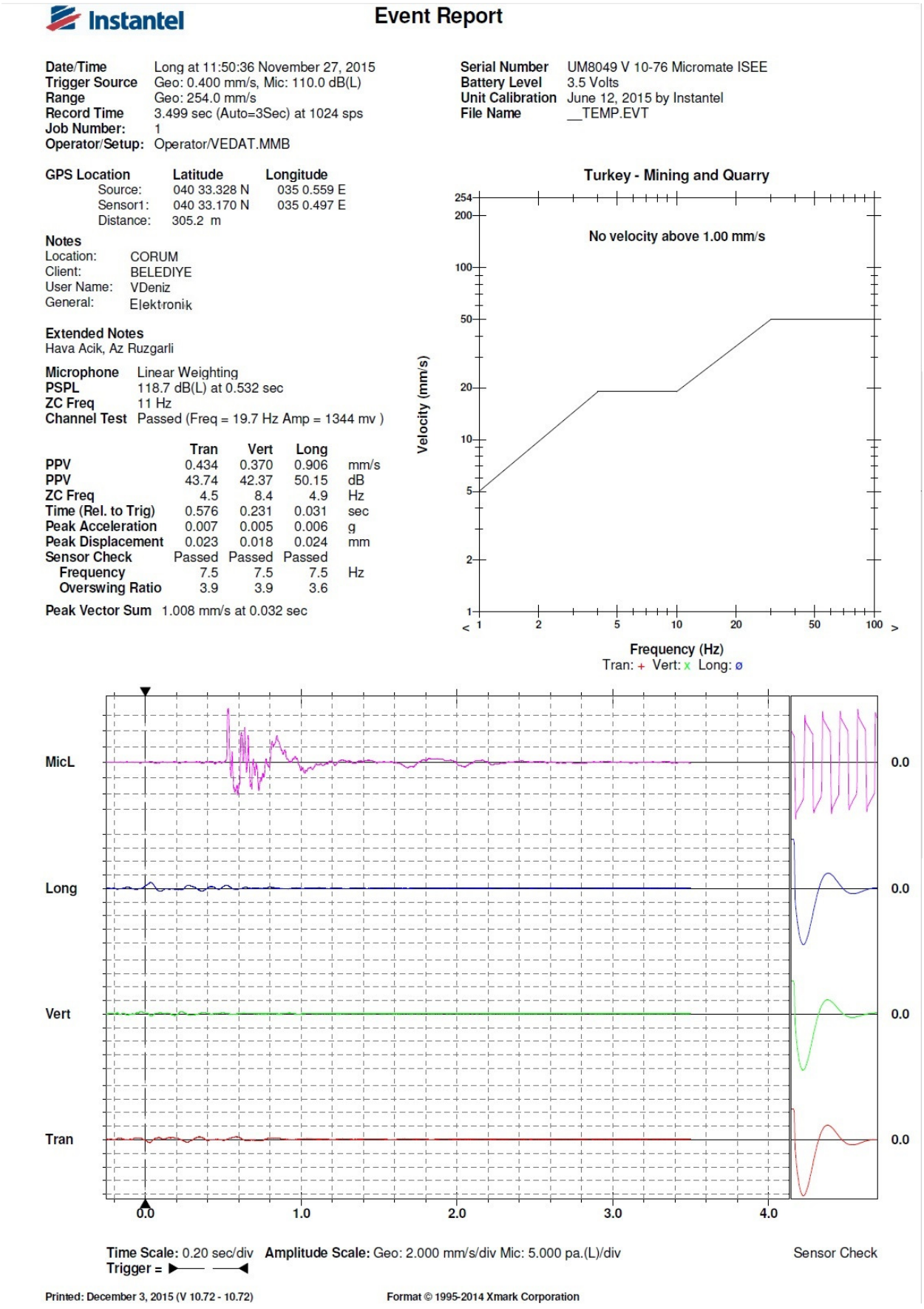




Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.000 mm/s/div Mic: 50.00 pa.(L)/div Sensor Check
Trigger =

Printed: December 3, 2015 (V 10.72 - 10.72) Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Ek-30: 27.11.2015 tarihindeki elektriksiz patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu



Ek-31: 27.11.2015 tarihindeki elektronik patlatma sonucu elde edilen 2. sismograf çıktı sonucu