

**AÇIK İŞLETME PATLATMALARINDAN  
KAYNAKLANAN TİTREŞİMLERİN YAKIN YERALTI  
İŞLETMELERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE  
EN AZA İNDİRİLMESİ**

**INVESTIGATION AND MINIMISATION OF THE  
EFFECTS OF VIBRATION DUE TO SURFACE MINE  
BLASTS ON NEARBY UNDERGROUND MINES**

**AYNUR ARPAZLI**

**PROF. DR. GÜZİN GÜLSEV UYAR**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Maden Mühendisliği Anabilimdalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

AYNUR ARPAZLI' nın hazırladığı “Açık İşletme Patlatmalarından Kaynaklanan Titreşimlerin Yakın Yeraltı İşletmelerindeki Etkilerinin İncelenmesi ve En Aza İndirilmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK  
Başkan



Prof. Dr. G. Gülsev UYAR  
Danışman



Doç. Dr. Bülent KAYPAK  
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/~~raporumun~~ tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin ..... tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

05/06/2018

  
(İmza)

Aynur ARPAZLI

*Canım Ailem'e*

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28/05/2018



AYNUR ARPAZLI

## ÖZET

# AÇIK İŞLETME PATLATMALARINDAN KAYNAKLANAN TİTREŞİMLERİN YAKIN YERALTI İŞLETMELERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE EN AZA İNDİRİLMESİ

**Aynur ARPAZLI**

**Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR**

**Mayıs 2018, 67 sayfa**

Açık ocaklardaki sismik olayların kökeni, daha çok madencilik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Yüzey örtüsünün kaldırılması ile ayna gerisinde yaratılan gerilme alanındaki değişimler titreşimlere yol açmaktadır. Bu titreşimler, sadece insan kaynaklı etkilere bağlı olarak, herhangi bir ortam (yeriçi, yapı veya malzeme) içerisinde kontrolsüz oluşan sismik olaylardır. Bunların oluşum biçimleri deprem gibi doğal özellikler taşıırken, oluşum nedenleri ise tamamen yapay kaynaklıdır. Açık işletmelerde en önemli titreşim kaynağı, patlatmalardır. Patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin yerüstü yapılarına olan etkileri yıllardan beri çalışılmakta ve uygun yöntemlerle en aza indirilebilmektedir. Bu olayların, açık işletmelerin yakınındaki yeraltı işletmelerine olan etkileri ise çok fazla çalışma konusu olmamıştır. Yapılan çalışmalarda ise hala 1970’li yıllardan kalma yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, açık işletmelerdeki patlatmaların, yakındaki yeraltı madenlerindeki etkilerini anlayabilmek için, yeryüzündeki patlatmalardan kaynaklanan titreşimler, yeraltında ölçülmüş; yerüstünden yeraltına seyahat eden dalgaların uğradığı

değişiklikler incelenmiş; yeraltında kaydedilecek olası sismik dalgaların yeraltı yapılarına hasar verme potansiyeli tartışılmıştır. Bu amaçla, yakınında yeraltı işletmesi olan bir açık işletmedeki patlatmalardan kaynaklanan titreşimler, yeraltında ölçülmüş ve bu dalgaların yeraltı maden işletmelerine en düşük genlikle ulaşmaları için açık işletme patlatmaları tasarımları yapılmıştır.

Yapılan patlatmaların yeraltı madenine etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca pilot patlatmadan alınan verilerle titreşim genliklerinin en aza indirilmesi için uygun gecikmeler verilerek yapılan modellemelere bakıldığında, işletme tarafından yapılmakta olan patlatmalardaki gecikmelerin uygulanmasına devam edilmesi sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Açık işletme patlatmaları, yeraltı titreşim ölçümleri

## **ABSTRACT**

# **INVESTIGATION AND MINIMISATION OF THE EFFECTS OF VIBRATION DUE TO SURFACE MINE BLASTS ON NEARBY UNDERGROUND MINES**

**Aynur ARPAZLI**

**Master Thesis, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR**

**Mayıs 2018, 67 sayfa**

The origins of the seismic events in open-pit mines are the result of mining activities. Changes in the stress field created behind the mirror lead to vibration with the removal of the surface covering. These vibrations are seismic events that occur uncontrollably in any environment (underground, structure or material), depending only on human induced effects. While their formations are natural feature such as earthquakes, their origins are completely artificial. The most important vibration source in open-pit mining is explosion. The effects of induced seismic activities on the superstructure have been working for many years and can be minimized by appropriate methods. The effects of these events on underground mine near the open-pit mine have not been the subject of much work. In the studies, still approaches from the 1970's have been used.

In this study, exploits in open-pit mining, in order to understand the effects of nearby underground mines, vibrations from earth's explosions were measured underground; the changes that are going on while traveling from surface to underground were examined;



the potential for damaging underground structures of possible microseismic waves recorded underground were discussed. For this purpose, vibrations arising from exploitation of an open operation near the underground operation, measured underground and open business exploit designs were made to reach these underground mining operations with the lowest amplitude.

The result is that the explosions did not have any effect on the underground mine. In addition, when considering the models made by giving appropriate delays to reduce the vibration amplitudes received from the pilot, the continuation of the delays in the detonation being carried out by the enterprise.

**Keywords:** Surface mine blasting, underground microseismic measurements

## TEŞEKKÜR

Tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü' nde 2014-2018 yılları arasında yürütülmüştür.

Tez çalışmamın ilk gününden son gününe kadar bilgisini, tecrübesi ve desteğini esirgemen çok kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. G. Gülsev Uyar'a, tez çalışmam boyunca çalışmamın ilerlemesi ve geliştirilmesinde gösterdiği emek ve anlayışı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde, ders dönemi boyunca bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen değerli Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü hocalarımla her birine çok teşekkür ederim.

Tezim için saha çalışmalarımı gerçekleştirdiğim, TKİ-ELİ İşletmesi yönetici ve çalışanlarına,

Doğduğum günden bugüne kadar her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen birtanecik annem Raziye Arpazlı'ya, canım babam Muhammet Ali Arpazlı'ya ve geçirdiğim zor zamanlarımda yanımda olan kıymetli yengem Zaliha Arpazlı'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER .....	vii
ŞEKİLLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Amaç ve Hedefler .....	1
1.2. Konu ve Kapsam.....	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	3
3.1. Lokasyon.....	13
3.2. Sahanın Jeolojisi .....	15
4. KURAMSAL DÜŞÜNCELER.....	17
5. ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	22
5.1. 10-11 Kasım 2015 Çalışmaları .....	22
5.1.1. 10 Kasım 2015 tarihli patlatma çalışması.....	23
5.1.2. 11 Kasım 2015 tarihli patlatma çalışması.....	27
5.2. 12 Ekim 2016 _TKİ ELİ Eynez Açık Ocak Patlatmasının Yeraltında Olan Etkilerinin Araştırılması Çalışması.....	34
6. EN UYGUN PATLATMA TASARIMININ BELİRLENMESİ.....	38
6.1. TKİ ELİ Kısırakdere (A panosu) Patlatma Çalışmaları.....	39
6.1.1. Patlatma Tasarımı ve Patlatma Kaynaklı Titreşim Analizleri .....	39
6.2. TKİ ELİ Eynez Açık Ocağı Patlatma Çalışması .....	49
6.2.1. Pilot ve Grup patlatma uygulaması ve sismik dalgaların kaydedilmesi .....	49
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR .....	62
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ÇİZELGELER

### Sayfa

Çizelge 2.1. 1977'den günümüze kadar yapılan araştırmaların farklı araştırmacılar tarafından belirlenen PPV değerleri.....	8
Çizelge 3.1. Eynez saha sınır koordinatları (1/25000 UTM ED 50) .....	13
Çizelge 5.1. 10 Kasım 2015 tarihli patlatma tasarım parametreleri .....	25
Çizelge 5.2. 10 Kasım 2015 patlatmasından kaynaklanan titreşim ölçümleri.....	25
Çizelge 5.3. 11 Kasım 2015'de yapılan patlatmaların tasarım parametreleri.....	28
Çizelge 5.4. 11 Kasım 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim ölçümleri .....	29
Çizelge 5.5. Eynez Ocağında 12.10.2016'da yapılan patlatma parametreleri .....	36
Çizelge 5.6. 12.10.2016'da Eynez'de yapılan grup patlatmasından kaynaklı titreşim değerleri .....	37
Çizelge 6.1. A panosunda 31.05.2016'da yapılan patlatma parametreleri .....	40
Çizelge 6.2. 31.05.2016'da A panosunda yapılan patlatmadan kaynaklı titreşim değerleri .....	41
Çizelge 6.3. Eynez Ocağında 18.08.2016'da yapılan patlatma parametreleri .....	51
Çizelge 6.4. 18.08.2016'da Eynez'de yapılan pilot ve grup patlatmalarından kaynaklı titreşim değerleri .....	53

## ŞEKİLLER

### Sayfa

Şekil 3.1. Eynez Açık İşletme (Dereköy) sahasında çalışma alanı sınırları .....	12
Şekil 3.2. Manisa Soma TKİ ELİ Eynez Yer Bulduru Haritası.....	14
Şekil 3.3. Soma kömür havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [54] .....	16
Şekil 4.1. J: Alt delme: $0.3 \times S$ (delik-ayna mesafesi) ya da J: $\tan \alpha \times (S)/2$ .....	17
Şekil 4.2. Sıfır zamanındaki titreşim ve patlamanın başladığı YHVK karesi .....	18
Şekil 4.3. Aynadan arkaya doğru yarık gelişmeye başlarken yanal bileşendeki genlik artması.....	19
Şekil 4.4. Gelişen yarıkla beraber kütlelerin ana kayadan kopmaya başlaması ve titreşimlerin azalması .....	19
Şekil 4.5. Ana kayadan ayrılan ve ötelenmeye başlayan kütleden yere düşen parçaların yarattığı titreşimler (Ana kayadan ayrılırken ortaya çıkan büyük genlikler gözlenmiyor).....	20
Şekil 4.6. Kopan kütlelerin yere düşerken yarattığı titreşimler .....	20
Şekil 5.1. 10-11 Kasım 2015 tarihinde yapılan patlatma ve ölçüm lokasyonları [56].....	22
Şekil 5.2. Deliklerin delinme işlemi .....	23
Şekil 5.3. Delikler için kullanılacak ANFO ve dinamit.....	24
Şekil 5.4. Patlatma titreşimlerini ölçen cihaz, jeofon ve mikrofon.....	24
Şekil 5.5. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 10 Kasım 2015’de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 51m aşağıdaki kotta (kot: 455m) alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı .....	26
Şekil 5.6. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 10 Kasım 2015’de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 76 m aşağıdaki kotta, kömür kotunda (kot: 430 m) alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı .....	26
Şekil 5.7. 11 Kasım 2015 tarihli patlatmalardan deliklerin delinmiş haldeki görüntüsü .....	27
Şekil 5.8. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#2’nin, yeryüzündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:670m).....	30
Şekil 5.9. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#2’nin, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı .....	30

Şekil 5.10. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#3’ün, yerüstündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:650m).....	31
Şekil 5.11. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#3’ün, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı.....	31
Şekil 5.12. Soma TKİ-ELİ Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#4’ün, yerüstündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:900m).....	32
Şekil 5.13. Soma TKİ-ELİ Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#4’ün, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı.....	32
Şekil 5.14. Eynez Ocağında grup patlatma yapılan yerler ve ölçüm cihazlarının (12270, micro) bulunduğu noktalar .....	34
Şekil 5.15. Titreşim ölçüm cihazının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntü .....	35
Şekil 5.16. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 6 m, delikler arası mesafe S: 7m .....	37
Şekil 6.1. TKI ELI Soma Eynez ve Kısırkdere (A panosu) Panoları [57] .....	38
Şekil 6.2. A panosunda patlatma yapılan yer (kırmızı alev işareti) ve ölçüm cihazlarının (12270 ve 13638) bulunduğu noktalar (mavi yuvarlaklar) .....	39
Şekil 6.3. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 2m, Delikler arası mesafe S: 5m. Deliklere verilen gecikmeler kırmızı ile gösterilmiştir (65 ms, 42 ms).....	41
Şekil 6.4. Titreşim ölçer cihazın veri aktarımı ve incelenmesinde kullanılan yazılım görüntüsü: A panosunda yapılan patlatmanın, 13638 numaralı cihazdan alınan kayıt raporudur. Hasar kriter eğrileri Alman DIN4150 standartına göre hazırlanmıştır. ....	42
Şekil 6.5. Titreşim ölçer cihazın veri aktarımı ve incelenmesinde kullanılan yazılım görüntüsü: A panosunda yapılan patlatmanın, 13638 numaralı cihazdan alınan kayıt raporudur. Hasar kriter eğrileri, Türkiye Maden ve Taş Ocakları standartına göre hazırlanmıştır.....	43
Şekil 6.6. Aynı verinin Alman ve Türk standartlarına göre izin verilebilen hasar kriterlerine göre durumu .....	44
Şekil 6.7. Cihaz#13638’den alınan veride, dalga biçiminin düşey bileşeni .....	44
Şekil 6.8. Cihaz#13638’den alınan veride, dalga biçiminin boyuna bileşeni .....	45
Şekil 6.9. Cihaz#12270’den alınan veride, dalga biçiminin yatay bileşeni .....	45
Şekil 6.10. Cihaz#12270’den alınan veride, dalga biçiminin düşey bileşeni .....	46

Şekil 6.11. Cihaz#12270'den alınan veride, dalga biçiminin boyuna bileşeni.....	46
Şekil 6.12. Eynez Ocağında pilot ve grup patlatma yapılan yerler ve ölçüm cihazlarının (12270, 12269, 14465, 13638) bulunduğu noktaların Google Earth'den alınan görüntüleri [58] .....	49
Şekil 6.13. Titreşim ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntüler.....	50
Şekil 6.14. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 6 m, Delikler arası mesafe S: 7m. Delikler arası 42ms, sıralar arası 65 ms yüzey gecikmesi uygulanmıştır .....	52
Şekil 6.15. Bir deliğin dolduruluşu .....	52
Şekil 6.16. Cihaz 12269'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	54
Şekil 6.17. Cihaz 12269'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	55
Şekil 6.18. Cihaz 13638'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	56
Şekil 6.19. Cihaz 13638'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	57
Şekil 6.20. Cihaz micro'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	57
Şekil 6.21. Cihaz micro'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi.....	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

Hz	Frekans, mm/s
Q	Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı, kg
R	Patlatma yeri ile ölçüm cihazı arasındaki mesafe, m
S	Delik-ayna mesafesi
ms	Milisaniye
J	Alt delme
D	Delik çapı, m
H	Delik boyu, m

### Kısaltmalar

PPV	En yüksek parçacık hızı
SD	Ölçekli mesafe
RMR	Kaya kütle indeksi
YHVK	Yüksek hızda video kamera
Tran	Titreşim dalgasının yanal bileşeni (transversal)
Ver	Titreşim dalgasının düşey bileşeni (vertical)
Lon	Titreşim dalgasının boyuna bileşeni (longitudinal)
DIN	Alman Enstitü Standardı (German Institute for Standardization)
USBM	Amerikan Hasar Kriteri (United States Bureau of Mines)
FFT	Fast Fourier Transform



# 1. GİRİŞ

Açık ocaklarda yapılan patlatmalar kazıyı kolaylaştırmak ve patlatma sonucu uygun tane boyu elde etmek için en etkili ve maliyet olarak en uygun yöntemdir. Açık ocaklardaki patlatma sonucu yüzey örtüsünün kaldırılması ile ayna gerisinde yaratılan gerilme alanındaki değişimler maden alanında ve çevresinde titreşimlere yol açmaktadır.

Patlatmalardan kaynaklanan titreşimler, insan kaynaklı etkilere bağlı olarak meydana gelir. Bunların oluşum biçimleri deprem gibi olduğu için açık ocak işletmelerine yakın yerlerde bulunan yerüstündeki yapılara ve yeraltı işletmelerine etkileri olmaktadır.

Günümüze kadar patlatmalardan kaynaklanan sismik aktivitelerin yeryüzünde bulunan yapılara olan etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, bu olayların yakın çevrede bulunan yeraltı işletmelerine olan etkileri çok fazla konu olmamıştır. Bu yüzden hala, 1977 yılında Amerikan Açık Ocak Birliği tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre hazırlanan raporda [1] belirtilen ölçekli mesafelere göre açık işletmelerdeki patlatma kaynaklı titreşimlerin yeraltı madenlerinde izin verilen maksimum değerleri esas alınmaktadır.

## 1.1. Amaç ve Hedefler

Tezin amacı, açık işletmelerdeki patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin, sadece yeryüzündeki yapılara değil, yeraltındaki yakın maden işletmelerine de etkileri olabilmektedir. Literatürde yapılan araştırmalar az sayıda olup, hala 1977 yılında yapılan çalışma esas alınarak çalışmalar yürütülmektedir. Bu yüzden, bu konu ile ilgili bilgi birikimi sağlamak amaçlı arazi verileri toplayarak, bu verileri patlatma kaynaklı titreşimlerin oluşumu, kökeni, izlenmesi, dalgaların yayılımı gibi teorik bilgiler kapsamında yorumlayarak ve uygun gecikmeler verilerek modellemeler yaparak güncel sonuçlar elde etmektir. Bu çalışmalarda, yakınında yeraltı maden işletmesi bulunan bir açık işletmedeki patlatmalardan kaynaklı titreşimlerin yeraltında ölçülmesi, izlenmesi ve yorumlanması hedeflenmiştir.

Açık işletme patlatmalarının yeraltı madenlerindeki etkilerini araştıran çalışmalara literatürde çok rastlanmamaktadır. Literatürde hala geçerliliğini koruyan çalışma, 1977 yılında yapılan ve ölçekli mesafe, SD (scaled distance)'nin 60 olduğu durum için, yeraltında izin verilebilen en yüksek titreşim değerinin 25.4 mm/s olduğu çalışmadır

[1]. Bu titreşim değerinin esas alınması, yeraltındaki yapılara hasar verebilir, bu yüzden yeryüzünde yapılan patlatmaların yeraltına nüfuz ederken ki davranışlarını, genliklerini günümüzdeki patlatma tekniklerine ve yeraltı madeninin özelliklerine göre araştırmak gerekmektedir. Bu anlamda, çalışmanın, literatürdeki bir eksiği gidermek adına bir adım atılması açısından özgün değer taşıdığı düşünülmektedir.

Tez çalışmasında, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ELİ Soma Eynez Açık işletmesindeki patlatmaların yeraltındaki davranışlarını anlamaya ve yeraltında en az genliklerin ölçüleceği patlatmaların tasarlanmasına yönelik çalışmalar yapılmış ve işletmeye önerilerde bulunulmuştur. Bu kapsamda yapılacak çalışmaların, literatüre de katkı koyacağı düşünülmektedir.

## **1.2. Konu ve Kapsam**

Tezin konusu, açık işletme patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin, yakındaki yeraltı maden işletmelerindeki etkilerini araştırmak ve en aza indirebilmektir. Bu amaçla, TKİ'nin ELİ işletmelerindeki açık ocakta ve ocaklara yakın yeraltı madeninde çalışılmıştır.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir;

- 1- Seçilen açık işletmenin üst kotlarında yapılan patlatmalardan, giderek derinleşen alt kotlara sismik olayları ölçecek sismograflar yerleştirilmiştir. Yeraltı işletmesinde de yeryüzüne en yakın noktaya, bu noktanın yeryüzündeki izdüşümündeki noktaya, yeraltında değişik derinliklerdeki noktalara sismograflar yerleştirilmiştir. Bu ölçüm düzenindeki amaç, patlatma kaynaklı titreşim dalgalarının, kaynaktan giderek derinleşen kotlara doğru ilerlerken ki davranışını; yeryüzü/yeraltı kontağındaki davranışını ve yeraltında değişik derinliklerde ölçülüp ölçülemediğini anlamaktır.
- 2- Yeraltında hangi tip dalgaların ölçülebildiği ve bunların genlikleri ile ölçekli mesafe arasındaki ilişkiler bulunmaya çalışılmıştır.
- 3- Açık işletme patlatmalarından kaynaklanan sismik dalgaların yeraltında ölçülebilen değerleri ile patlatma parametreleri arasındaki ilişkiler bulunarak, titreşim dalgalarının yeraltına iletilebilen kısmının en az olabilmesi için tasarımlar yapılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde, açık işletmelerde yapılan patlatmalar sonucu oluşan sismik dalgaların, yeryüzündeki çevre yapıları için hasar verip vermediği; hasar vermemesi için yapılması gerekenler üzerine değişik yaklaşımlar; olası hasarları değerlendirebilmek üzere geliştirilen hasar kriterleri birçok araştırmacı tarafından yayınlanmıştır (Adhikari G.R. vd. [2]; Cihangir F. [3]; Aldaş G.G.U., vd. [4]; Aldas G.G.U., Ecevitoglu B. [5]; Aldaş G.G.U. [6]; Bilgin, H.A., Çakmak, B.B. [7]; Aldaş G.G.U., Ecevitoglu G.B. [8]; Kamali M., Ataei M. [9]; Babayiğit A. [10]; Khandelwal M. [11]; Mohammadnejad M., Gholam R., Ramezanzadeh A., Jalali M.E. [12]; Ataei M., Kamali M. [13]; Özer Ü., Karadoğan A., Kahriman A., Aksoy M. [14]; Xue X., Yang X. [15]; Blair D.P., [16], Cardu M., Mucci A., Uyar G.G., [17]; Uyar G.G., Aksoy C.O., Kaypak B., [18]). Ancak yerüstü patlatmalarının yeraltı yapılarına, özellikle de yeraltı madenlerindeki tahkimatlara olabilecek etkilerinin araştırıldığı sınırlı sayıda yayına rastlanılabilmektedir.

Açık işletme patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin yeraltındaki açıklıklara verebileceği hasarı önlemek için 1977 yılında Amerikan Açık Ocak Birliği bir döküman hazırlamıştır [1]. Bu dökümana göre, açık ocakta yapılan patlatmaların yeraltı madenindeki açıklıklara hasar vermemesi için izin verilen titreşim değeri, ölçekli mesafe (Scaled-distance, SD) SD'nin 60 olduğu durum için 1inch/saniye (25.4 mm/s) dir. Buradaki ölçekli mesafe , SD:

$$SD: R / (Q)^{1/2}$$

R: patlatma-ölçüm yeri arasındaki mesafe,m.

Q: aynı anda patlatılan patlayıcı madde miktarı, kg

1977 yılında hazırlanan bu dökümanda, SD'nin 60 olduğu durum için 25.4 mm/s titreşime izin verilmektedir. Yeraltı açıklıkları için izin verilen değer daha yüksek olması, yerin içini kateden dalgaların düşük genlikli ve yüksek frekanslı cisim dalgaları olmalarındandır. Kaldı ki, Türkiye'de, açık işletmelerde yapılan patlatmalarda, çevre yerleşim yerlerindeki yapılara hasar vermemek adına, izin verilen limitlerin altında titreşimler yaratacak şekilde tasarım yapılmasına dikkat edilmek zorunluluğu bulunmaktadır. Yani, asıl amaç yer üstündeki yapılara hasar vermemek olduğu için, zaten 12.5 mm/s titreşim değerini geçmeyecek titreşimlerin yaratıldığı patlatmalar

yapılmaktadır. 1977 yılında hazırlanan bu döküman esas alınarak, açık işletme patlatmalarının yeraltı açıklıklarına vereceği titreşimlerin 1 inch/saniyede kontrol altında tutulduğu çalışma, Simpson T. ve Phang M.K [19] tarafından gerçekleştirilmiştir.

Rubert ve Clark [20], Batı Virginia'daki Ferguson Madeninde yaptıkları araştırmada, yeraltı kömür madeninin 1.6 km doğusunda bulunan açık ocaktaki patlatma işlemlerinin yeraltı madenine etkisini araştırmışlardır. Kömür madeni yaklaşık 45-60 m aşırı yükün altında bulunmaktadır. Patlatmalar ve patlatmanın yarattığı titreşim ve hasarlar yaklaşık 6 ay boyunca izlenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek tanecik hızı PPV (Peak Particle Velocity)'nin 50 mm/s'yi aştığı durumlarda ince çatlaklar şeklinde az miktarda hasarların oluşabileceği ortaya konmuştur. Maden koşullarında başka önemli zarar veya değişiklik kaydedilmemiştir.

Jensen ve arkadaşları [21], yaptıkları çalışmada, Amerika Madencilik Bürosu'nun bir parçası olarak, yeraltı madenlerine yüzey patlamasının yakınlığı için kriterler geliştirmek amacıyla, Kentucky eyaletindeki Jenny Madeni'nde oda ve sütunlu çalışmaların üstündeki kömür madenciliği için patlatma çalışmaları sırasında saha çalışmaları yapmışlardır. Madendeki fiziksel değişiklikleri tanımlamak için ölçümler ve gözlemler yapmışlar ve tavan düşme sıklığında herhangi bir değişiklik ya da görünürde bir hasar kaydetmemişlerdir. Patlama kaynaklı titreşimlerin kayıtlarını yeraltı madeninin tabanında bulunan sensörler kullanarak yapmışlardır. Maden tavanında saniyede 17.5 inç maksimum parçacık hızı (PPV) kaydetmişlerdir. Titreşim verileri analiz edilmiş ve tavan titreşim seviyeleri ile maden tabanında ve zemin yüzeyinde kaydedilenler arasında karşılaştırmalar yapmışlar ve sonuçları önceki patlama titreşim çalışmaları ile karşılaştırmışlardır. Gelişme kriterlerine yönelik daha fazla çalışma için öneriler yapılmıştır.

Kidybinski [22], yaptığı çalışmada Üst Silezya kömür madenlerinden örnekler vermiş ve kayaçlardan kaynaklanan şok enerjisine karşı çelik tahkimatların güvenlik faktörünü incelemiştir. Çelik tahkimatların ve tahkimat sistemlerinin çeşitli parçalarının şok enerjisi sönmüleme yeteneğini, rasyonel destek tasarımı için bir temel olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, PPV'nin 50-100 mm/s aralığında olduğu zaman yeraltı kömür madeninin tavanlarında küçük parçaların düşmesi şeklinde küçük hasarların oluştuğunu, PPV'nin 100-200 mm/s değerinde olduğu zaman ise daha büyük hasarların meydana geldiğini bildirmiştir.

Fadeev ve arkadaşları [23], yaptıkları çalışmada çeşitli yüzey ve yeraltı yapıları için izin verilen titreşim değerlerini bildirmişlerdir. Buna göre, yer altı madenlerinde herhangi bir hasar olmaması için, birincil madenlerde, yani hizmet ömrü 10 yıla kadar olan madenlerde yapılan tek bir patlatma için PPV değerinin 120 mm/s, tekrarlanan patlatmalar için ise PPV'nin 60 mm/s olması gerektiğini söylemişlerdir. İkincil madenlerde yani hizmet ömrü 3 yıla kadar olan madenlerde yapılan tek bir patlatma için PPV değerinin 480 mm/s, tekrarlanan patlatmalar için ise PPV'nin 240 mm/s olması gerektiğini söylemişlerdir.

Fourie ve Green [24], açık ocakta yaptıkları patlatmalar sonucunda yer altı kömür madeninde 30 mm/s'lik PPV'de hasarın çok az olduğunu gözlemlemiştir. PPV'nin 110 mm/s olduğu durumda ise hasarın yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Masui ve Sen [25], yaptıkları çalışma sonucunda yeraltı kömür çalışmalarında 58 mm/s lik bir PPV değeri için herhangi bir hasara rastlamamıştır. Andieux ve arkadaşları [26], yaptıkları çalışmada PPV değerinin 300-398 mm/s arasında olduğunda çatlakların ve kaya kopmalarının meydana geldiğini gözlemlemiştir. Sonuç olarak mevcut çatlakların 4-5 m kadar uzadığını raporlamışlardır. Singh ve arkadaşları [27], açık ocak patlatmaları sonucu elde edilen 48 mm/s lik PPV değerinin yer altı kömür madenlerinde herhangi bir hasara yol açmadığını söylemişlerdir.

Tunstall [28], yer altı madenlerine gelen sismik dalgaların yaratacağı hasarlarda kayanın kalitesinin de önemi olduğunu söylemiş ve çok kaliteli kayalarda, RMR'ın (kaya kütle indeksi) 85 olduğu kayalarda, PPV değerinin 175 mm/s olduğunda yeraltı madenlerinde herhangi bir hasarın meydana gelmediğini ifade etmiştir. Ayrıca, daha önceden yapılan açık ocak patlatmaları sonucu gevşemiş RMR değeri 49 olan kayalarda, PPV değeri 46 mm/s olduğu durumlarda küçük hasarlar, PPV değerinin 379 mm/s olduğu durumlarda ise büyük hasarlar gözlemlendiğini belirtmiştir.

Lewandowski ve arkadaşları [29], ilk başta yer altı kömür madeninin güvenliği için 50 mm/s'lik tutucu bir ölçüt getirmiştir. Daha sonra 250 mm/s'lik PPV değerinde hasarların gözlenmeye başladığını açıklamışlardır ve bu PPV değeri kriter olarak belirlenmiştir.

Singh ve arkadaşları [30], yaptıkları çalışma bölgesinin yeraltındaki kayalarının RMR değerleri 36.7 ve 57 arasındadır. Sismogramlar tavana ve sütunlara monte edilerek patlatma öncesi ve sonrasında katmanların davranışları izlendi. Titreşim verilerinin

102'si yeraltında kaydedilmiştir. Patlatma izleme noktasından 25 m uzakta gerçekleştirilmiştir. Patlatılan patlayıcı miktarı 2100 kg'dır. PPV değerinin 125 mm/s olduğunda tavanda küçük hasarların olduğu gözlenmiştir. Yapılan patlatmalar sonucu en yüksek PPV değeri 296.69 mm/s olarak bulunmuştur. Bu PPV değerinde 0.32 m<sup>3</sup> ve 0.28 m<sup>3</sup> kömür blokları tavandan ayrılmıştır. Sonuç olarak yer altı madeninin tavanında meydana gelen titreşimlerin sütunlara (direklere) kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Singh ve arkadaşları [31], araştırmalarını 7 kömür madeninde gerçekleştirmiştir. Titreşimleri izlemek için daha önceki araştırmalardaki gibi sismometreler kömür madeninin tavan ve sütunlarına yerleştirilmiştir. Toplamda 202 patlatma yapılmış ve 622 adet veri elde edilmiştir. Kaydedilen PPV değeri 372.8 mm/s bulunmuş ve bu titreşim şiddetinde tavandan 0.38 m<sup>3</sup>'lük bir kömür bloğu ayrılmıştır. PPV değerinin 113 mm/s olduğu zamanlarda madenlerde küçük hasarlar meydana gelmiştir. PPV değeri 181.9 mm/s'yi aştığında büyük hasarlar gözlemlenmiştir. Bu çalışmada hasar 3 gruba ayrılmıştır;

- a. Büyük Hasar : kaya veya kömür bloklarının düşmesi
- b. Küçük Hasar : gevşemiş kayaların tavandan veya sütunlardan ayrılması
- c. Hasar Yok : görsel bir hasarın olmadığı durum

Ayrıca, kömür madenindeki çalışanların güvenliği için PPV eşik değerinin belirlenmesinde kayanın RMR değerine bakılmıştır. Her RMR değeri için farklı PPV değerleri elde edilmiştir. Patlatmada kullanılan patlayıcı miktarının 70 m mesafeye kadar titreşim yarattığı sonucuna varılmıştır. Tavanda meydana gelen titreşimlerdeki PPV değerinin direklerdeki göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

1977 dökümanı esas alınarak yapılan başka bir çalışma, West Virginia Department of Environmental Protection Office of Explosives and Blasting [32] tarafından raporlandırılmıştır. Bu çalışmada açık işletmenin yeraltı kömür ocağına mesafesi 63-96 m'dir. Açık işletmedeki patlatmaların yeraltına açıklıklarına etkisini görmek için, açık işletme-yeraltı ocağı sınırında, yüzeye bir sismograf, yüzeyden 114 m aşağıda, hemen yüzeydeki sismografin altına denk gelecek yerde yeraltındaki açıklık tavanına bir sismograf konmuştur. Açık ocaktaki işletmede patlatma –sismograf mesafesi 22.86 m'dir. Çok yakında bulunan bu cihazda ölçülen titreşim genliği 8 ips (203 mm/s) dir. Yüzeyden 114 m aşağıdaki yeraltındaki cihaz ise hiç titreşim ölçmemiştir. Bu durum, patlatmaların yüksek enerjili titreşimlerini taşıyan yüzey dalgalarının yer içine nüfuz

edememesinden kaynaklandığı yukarıda açıklanmıştır. Bu rapora konu olan açık işletme ve yeraltı ocağındaki bu çalışma bir yıl süre ile devam ettirilmiş, alınan verilere göre açık işletmedeki patlatma titreşimlerinin yeraltında ölçülenin 2-9 katı arasında olduğu ortaya çıkmıştır.

Singh ve Roy [33], açık ocak patlatmalarının yeraltı kömür madenine etkisini araştırmak için 8 adet patlatma yapmış ve 19 adet veri elde etmişlerdir. Yer altı titreşim izleme konumlarından patlama yüzeylerine olan yatay mesafeler 110 ile 510 m arasındadır. Bu çalışma, yüzeyde kaydedilen titreşimin daima yer altında benzer mesafede kaydedilen titreşimden daha yoğun olacağını göstermiştir. Çalışma sonucunda, yüzeydeki PPV değerleri 7.07- 59 mm/s arasında, yer altı kömür ocağında kaydedilen PPV değerleri ise 2.23- 43.1 mm/s arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu PPV değerlerine göre, yüzeyde kaydedilen PPV değerinin yeraltında kaydedilen PPV değerinden 1.26-2.99 kat daha yüksek çıktığı görülmüştür. Yeraltı galerileri ve diğer süreksizliklerin yeraltı izleme istasyonlarında titreşimin emilmesine katkıda bulunduğu gözlenmiştir.

Singh ve arkadaşları [34], yaptıkları çalışmada 86 adet patlatma yapmış ve patlatmalarda 95,978 kg patlayıcı kullanmıştır. Toplamda 258 adet patlatma titreşim verisi elde etmiştir. Titreşimler tavanda, yan duvarlarda ve tabanda eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. En yüksek titreşim tavanda elde edilmiştir. Patlatma ile indüklenen zemin titreşim verileri piroteknik ve elektronik başlatma sistemleri ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sonuç olarak elektronik başlatma sisteminin piroteknik başlatma sistemine göre %8-10 daha düşük titreşim ürettiği ortaya konulmuştur. Ayrıca yer altı boşluklarının yer titreşiminin zayıflatılmasında önemli rol oynadığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada zemin titreşimlerinin izlendiği yerlerdeki RMR değerleri 50 ila 72 arasında değişmektedir. Sonuç olarak, tavanda ölçülen PPV değeri 100 mm/s, yan duvarlarda ölçülen PPV değeri 40 mm/s, yan duvarlardaki PPV değeri ise 20 mm/s olması gerektiğine karar vermişlerdir. PPV'lerin bu eşik değerleri, yer altı madeninde daha güvenli bir çalışma olması için RMR değerinin 50 olduğu durum için alınmıştır.

Literatüre geçmiş araştırmalardan görüleceği üzere, yüzeyde yapılan patlatmaların yeraltına olan etkilerinin incelenmesi çalışmalarına 1977 yılında başlanmıştır. Kömürün doğası gereği dalgaları uzun mesafelere kadar götürebilme özelliğinden dolayı [35], yüzey patlatmalarının yeraltındaki etkileri daha çok kömürde çalışılmıştır. Bu patlatmaların yeraltı yapılarına olan hasar verme etkileri için ortaya konmuş herhangi

bir hasar belirleme standardı olmamakla beraber, değişik araştırmacıların belirlediği hasar verme limit değerleri bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir arada değerlendirilebilmesi için izelge 2.1’de hazırlanmıştır:

Çizelge 2.1. 1977’den günümüze kadar yapılan araştırmaların farklı araştırmacılar tarafından belirlenen PPV değerleri

Araştırma Adı	Araştırmayı Yapanlar	Yıl	PPV Değerleri
Criteria for the proximity of surface blasting to underground coal mines.	Rupert GB, Clark CB.	1977	50 mm/s’de çok az hasar
Underground vibration from surface blasting at Jenny mine	Jensen D.E. ve arkadaşları	1979	17.5 in’ hasar yok
Design criteria for roadway supports to resist dynamic loads	Kidybinski A.	1986	50-100 mm/s’de az hasar 100-200 mm/s’de büyük hasar
Seismic control of mine and quarry blasting in the USSR	Fadeev A.B. ve arkadaşları	1987	<u>10 yıllık madenler için :</u> -Tek bir patlatma için 120 mm/s -Tekrarlanan patlatmalarda 60 mm/s <u>3 yıllık madenler için</u> -Tek bir patlatma için 480 mm/s -Tekrarlanan patlatmalarda 240 mm/s
Damage to underground coal mines caused by surface blasting	Fourie A.B. , Green R.W.	1993	30 mm/s’de az hasar 110 mm/s’de büyük hasar
Underground vibrations from adjacent open cut blasts	Masui A. , Sen G.C.	1994	58 mm/s’de hasar yok
The impact of blasting on excavation design	Andieux P. ve arkadaşları	1994	300-398 mm/s’de atak ve kaya kopmaları
Stability of underground coal mine openings and structures with particular reference to vibrations from surface mine blasts	Singh P.K. ve arkadaşları	1995	48 mm/s’de hasar yok
Damage to underground excavations from open-pit blasting	Tunstall A.M.	1997	<u>Kaliteli kayalarda;</u> 175 mm/s’de hasar yok <u>Kalitesiz kayalarda;</u> - 46 mm/s’de az hasar - 379 mm/s’de büyük hasar
The impact of surface blasting on underground opening–geotechnical assessment	Lewandowski T. ve arkadaşları	1999	250 mm/s’den sonra hasar meydana gelmekte
Impact of surface blasting on the stability of underground workings	Singh P.K. ve arkadaşları	1999	125 mm/s’de az hasar 297 mm/s’de büyük hasar
Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting	Singh P.K.	2002	181.9 mm/s’de az hasar 372.8 mm/s’de büyük hasar
Report of Relating Surface Coal Mine Scaled Distances to Deep Mine Roof Peak Particle Velocities	West Virginia Department of Environmental Protection Office of Explosives	2007	203 mm/s’de hasar yok



	and Blasting		
Characterisation of blast vibration generated from open-pit blasting at surface and in belowground openings	Singh P.K. ve Roy M.P	2008	-Yer altı sütünlarda 2.23- 43.1 mm/s arasında -yüzeyde 7.07-59 mm/s arasında
Blast vibration effecys in an underground mine caused by open-pit mining	Singh P.K. ve arkadaşları	2015	-Yer altı kömür maden tavan için; 100 mm/s -Yer altı kömür maden sütünlar için; 40 mm/s -Yer altı kömür maden yan duvarlar için; 20 mm/s

Çizelge 2.1’ de verilen çalışmalara ek olarak, aşağıda, daha önce ELİ Müessesesi Müdürlüğü dekapaj kazılarında yapılan patlatmalar sonucunda meydana gelen titreşim ölçümlerinin yine yeryüzünde alınan titreşim değerlerinin incelendiği çalışmalar, bölgedeki patlatma kaynaklı oluşan dalgaların yeryüzündeki etkilerinin değerlendirilebilmesi amacıyla bu bölümde verilmiştir.

Özer vd. [36], ELİ Müessesesi Müdürlüğü Eynez-12 Panosu dekapaj kazısında patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi çalışması yapmıştır. Çalışmanın amacı, ELİ Müessesesi Müdürlüğünün Eynez-12 Panosu Dekapaj İşi sırasında yapılan patlatmalı kazıların, söz konusu ocaktaki dekapaj işine en yakın konumdaki ELİ’ye ait idare binaları ve tesislerde ve Eynez Köyündeki binalarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yaparak değerlendirmektir. Sahanın özgün yayılım titreşim formülünü bulmak için, 3 adet atım 10 adet titreşim ölçer cihaz ile izlenmiş, klasik Parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkileri geliştirilmiştir. Yapılan istatistiksel değerledirmeler sonucu, sahaya ait özgün titreşim tahmin formülü bulunmuştur. Patlatmaların, patlayıcı madde miktarı gecikme başına 75 kg’ı geçmemek kaydı ile yapılması durumunda, idari bina ve tesislerin bulunduğu mesafelerde oluşacak titreşimlerin Alman DIN normu’nun 5 mm/s eşik hasar limitinden daha düşük olacağı yorumu yapılmıştır.

Özer vd. [37], ELİ Müessesesi Müdürlüğü Işıklar-9 Panosu dekapaj kazısında patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi çalışması yapmıştır. Çalışmanın amacı, ELİ Müessesesi Müdürlüğünün Işıklar-9 Panosu Dekapaj İşi sırasında yapılan patlatmalı kazılarının, söz konusu ocaktaki dekapaj işine en yakın konumdaki ELİ’ye ait idare binaları ve tesislerde hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yaparak değerlendirmektir. Bu çalışmada 120 atıma ait 99 olay (31 atımdan veri alınamamış) titreşim ölçer cihaz ile

izlenmiştir. Parçacık hızı-ölçekli mesafe grafikleri yardımı ile sahanın özgün dalga yayılım formülü bulunmuştur. Ancak bu çalışmada araştırmacılar, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin düşük frekanslar için belirlenen titreşim hızı olan 19 mm/s değeri eşik değer olarak kabul etmiştir. Bu değer değişik uzaklıklarda (hedef bölgeler) aşılmaması için gecikme başına düşecek patlayıcı miktarlarını belirlemişlerdir. Yönetmeliğe göre izin verilen 19 mm/s hasar eşik değeri çok yüksek bir değerdir. Bu yönetmeliğin, USBM (American standartları)' dan uyarılma olduğu ve ancak Amerikan standartlarında sağlam binalar için geçerli olabileceği düşünüldüğünde, Türkiye'deki yapılar için hasar eşik değeri olarak seçilmesinin, ileride binalar açısından sıkıntı yaratabileceği göz ardı edilmemelidir.

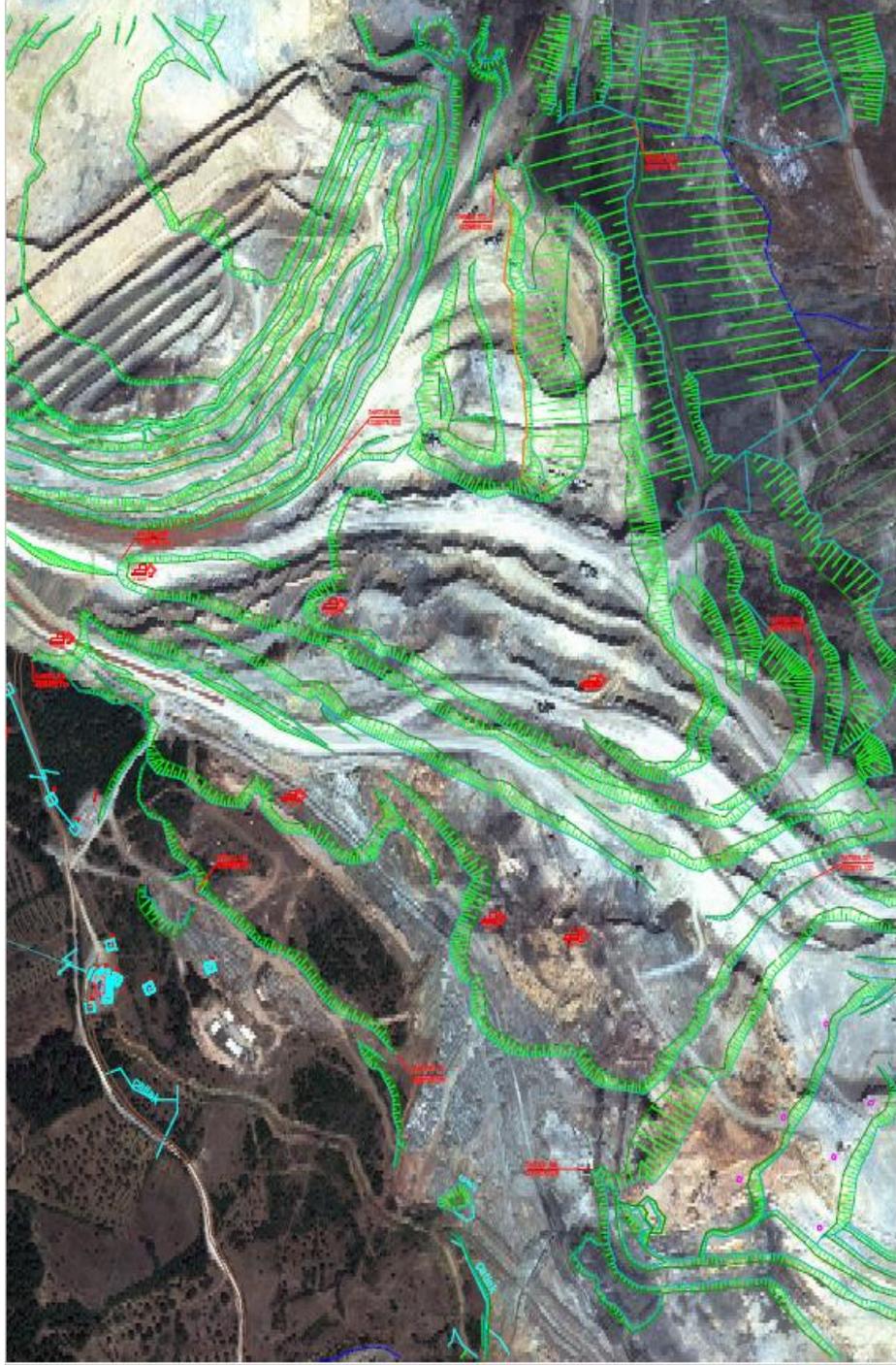
Uysal vd. [38], ELİ Müessesesi Müdürlüğü Eynez-13 Panosu dekapaj kazısında patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi çalışması yapmıştır. Çalışmanın amacı, ELİ Müessesesi Müdürlüğü'nün Eynez-13 Panosu Dekapaj İşi sırasında yapılan patlatmalı kazıların, söz konusu ocaktaki dekapaj işine en yakın konumdaki ELİ'ye ait idare binaları ve tesislerde hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yaparak değerlendirmektir. Çalışma kapsamında 3 adet patlatmada toplam 41 adet delik ateşlenmiştir. Bu patlatmalar 6 farklı noktada 6 adet ölçüm cihazı ile izlenmiştir. Cihazlardan elde edilen titreşim ölçümlerinde T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin düşük frekanslar için belirlenen titreşim hızı olan 19 mm/s değeri eşik değer olarak kabul edilmiştir. Her ne kadar ölçülen titreşimler 350 m mesafelerde 3.5 mm/s değerini aşmasa da, eşik değer 19 mm/s olarak alınması, bir önceki çalışmada olduğu gibi, izin verilen titreşim değerlerini arttıracak ve, müteahhit vasıtasıyla yapılan patlatmalardan Türk bina yapılarına ve en önemlisi şev stabilitesi uygun olmayan dalga genlikleri üreyebilecektir. Bu sebeple, hangi yöntemle yapılırsa yapılsın, patlatma kaynaklı titreşimlerin kontrol altına alınması ve en aza indirilmesi çalışmalarında, çok muhafazakar olan Alman DIN (4150) normunun kullanılması önerilmektedir.

Sahada bugüne kadar yapılan çalışmalara bakıldığında, tamamının belli sayıda patlatma verisinden klasik parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkileri kurularak, hedef noktalarda eşik hasar değerlerini geçmemek adına, gecikme başına en fazla kullanılacak patlayıcı miktarını belirleyen çalışmalar olduğu anlaşılmaktadır.

Literatürdeki gerek yabancı ülkelerde yapılan çalışmalara gerekse ülkemizde Türkiye Kömür İşletmeleri' nde yapılan çalışmalara baktığımız zaman, yerüstü patlatmalarının yakın yeraltı madenlerine etkisinin olduğu görülmektedir. Bu etkinin en az olabilmesi için izin verilen en yüksek parçacık hızları (PPV) çok yüksektir. Bizim çalışmamızda bu izin verilen değerlere göre değil de Alman DIN normu esas alınarak patlatmalar yapılmıştır. Sonuç olarak da, Alman DIN normuna göre frekans değerinin 10 Hz olduğu durumlar için tarihi eserlere dahi zarar vermeyecek değerin (2.5 mm/s) altında titreşim genlikleri ölçülmüştür.

### 3. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Manisa İli Soma İlçesi sınırları içerisinde Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü ELİ Müessesesinin Eynez Açık İşletme Sahasıdır. Şekil 3.1, Eynez Açık İşletme (Dereköy) sahasında çalışma alanı sınırlarını göstermektedir. Çizelge 3.1. de, Eynez çalışma sahası sınır koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 3.1. Eynez Açık İşletme (Dereköy) sahasında çalışma alanı sınırları

Çizelge 3.1. Eynez saha sınır koordinatları (1/25000 UTM ED 50)

Nokta No	Y	X
1	546904.752	4328696.039
2	547057.257	4328745.462
3	546705.649	4328378.322
4	546490.295	4328299.191
5	546390.326	4328192.779
6	546572.412	4327958.277
7	546795.773	4327790.075
8	547012.188	4327675.028
9	547258.321	4327971.133
10	547260.596	4328179.219

### 3.1. Lokasyon

Soma Kuzey Ege Bölgesinde, Akhisar-Bergama karayolu, Ankara-İzmir demiryolu üzerindedir. İlçe, deniz seviyesinden ortalama 160 m yükseklikteki Bakırçay vadisinde kurulmuştur. Havzada karakteristik İç Ege iklimi görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Sıcaklık, yazları +25 ile +35 C<sup>0</sup>, kışları -3 ile +10 C<sup>0</sup> arasında değişmektedir. İlkbahar ve sonbahar bol yağışlıdır. Kış aylarında zaman zaman kar yağışı görülür. Bölgenin en önemli yükseklikleri kuzeydeki Göktepe (736 m), Adaçam tepe (334 m), Adatepe'dir (317 m). Güneyde ise, Dede tepe (1211 m), Sarıkaya tepe (951 m), Asar tepe (946 m), Kocadağ (556 m), Asarcık kaya tepe (531 m) ve Karapınar tepe (310 m) bulunmaktadır.

Havzanın en önemli akarsuyu, doğudan batıya doğru akan Bakırçay'dır. Bu akarsuya kuzeyden ve güneyden karışan birçok dereler vardır. Bunların en önemlileri kuzeyde Kör dere, Döşeme dere ve Yağcılı Çayı ile güneyde Karadere ve Değirmendere'dir.

Bitki örtüsü, Akdeniz iklimine uygundur. Yüksek yerler genellikle çam ormanları ile kaplıdır. Alçak yerler ve düzlüklerde ekili ve dikili tarım alanları yer almaktadır.

İnceleme alanı Eynez sahası, Manisa iline bağlı Soma ilçe sınırlarında ve Soma'nın yaklaşık 20 km. Güney batısında (Şekil 3.2.'de kırmızı ile işaretli saha) bulunmaktadır. Soma İzmir'e karayolu ile 120 km Balıkesir'e 75 km ve bağlı bulunduğu Manisa kent merkezine ise 95 km mesafede bir maden şehridir. Çalışma alanına aktif olarak çalışan yeraltı ve açık işletmelerinin kullandığı maden yollarını kullanarak ulaşmak mümkündür.



Şekil 3.2. Manisa Soma TKİ ELİ Eynez Yer Bulduru Haritası

Soma'nın güneyinde, kuzey-güney yönünde bir dağ silsilesi olan Soma dağları uzanmaktadır. Bu dağ silsilesini, kuzeyden üç taraftan Bakırçay'ın geniş vadisi çevrelemektedir. Bütün tali dereler sularını Bakırçay'ına boşaltmaktadırlar. Çamlıca dağı (1211 m) bölgenin en yüksek noktasıdır. Bölgede daha çok iç Ege ikliminin özellikleri görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlıdır. Yüksek alanlarda yer yer kar yağışı da görülmektedir. Kışları genel olarak ılıman bir iklim hâkimdir.

### 3.2. Sahanın Jeolojisi

Soma Havzası içinde yer alan birimler günümüze kadar değişik araştırmacılar tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir (Chaput [39]; Kleinsorge [40], [41]; Arni [42]; Brinkman vd. [43]; Nebert [44]; Akyürek ve Soysal [45]; İnci [46], [47], [48]; İnci vd. [49], [50]; Arpalıyığit [51]; Dirik vd. [52]).

Büyük yükseklik farkları, bölgede ilk jeolojik çalışma yapan araştırıcının Kleinsorge' in [40], [41] kaydettiği gibi, bölgede Alp orojenezinin etkisinin görüldüğünü ispat etmektedir. Soma dağ silsilesinin yapısına grovak, kalker ve Tersiyer tabakaları olmak üzere üç ana kayaç grubunun iştirak ettiğini ve hepsinin tektonik bakımdan önemli derecede faylanmış olduğunu söylemek mümkündür [53].

Soma havzasında Paleozoyik-Güncel zaman aralığında oluşmuş kaya toplulukları ve alüvyal sedimanlar yüzlek vermektedir. Genel olarak havzada temeli Paleozik grovakları ile Mesozoyik kristalize kireçtaşları oluştururken, bu birimleri ekonomik linyit düzeylerini içeren Neojen sedimanları uyumsuz olarak örter. Kırkağaç, Soma ve Bakırçay grabenlerine ait Pliyo-Kuvaterner kaya toplulukları ile modern grabenleri dolduran alüvyonlar bölgedeki en genç jeolojik oluşumlardır [49], [50].

şekil 3.3' de Soma kömür havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kesitini göstermektedir.

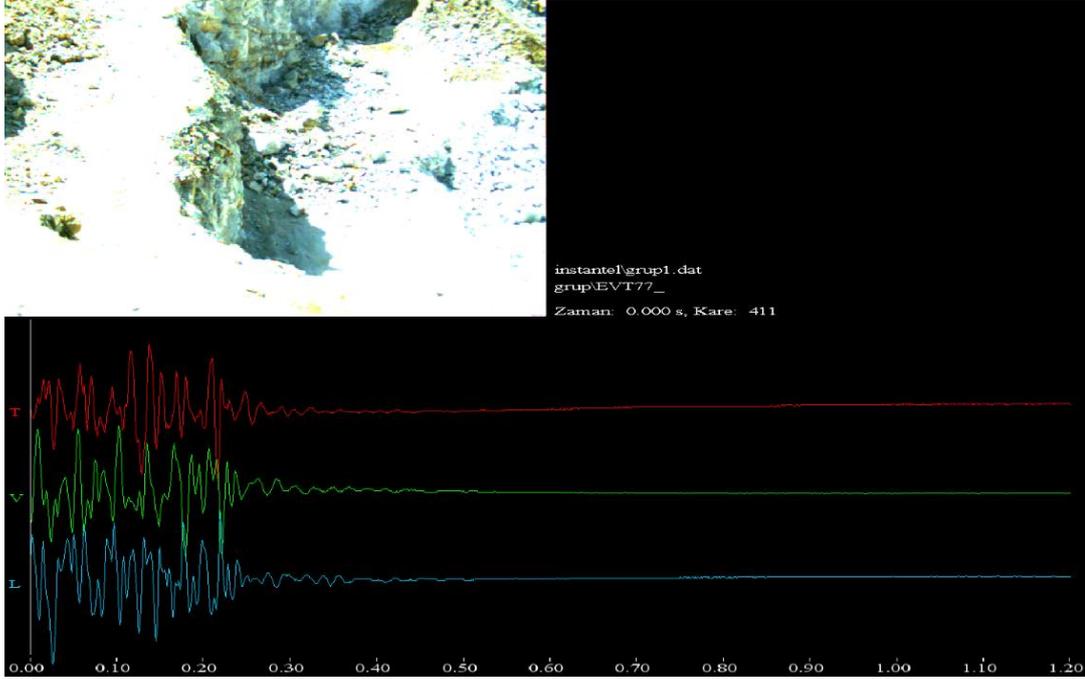
Zaman	Devir	Devre	Sembol	Kalınlık	Litolojik Stamp	Açıklama	
SENOZOİK	TERSİYER	PLİOSEN	Q <sub>ym</sub>			Yamaç molozu	
			Q <sub>al</sub>			Alüvyon	
			P <sub>3</sub>			Sileks yumrulu kireçtaşı	
		MİOSEN		P <sub>2</sub>	150 - 350		Andezitik bazaltik anglomera
							Tüfit
							Marn bej renkli
				KP 1-2			Kil, kum, silt (Yer yer linyitli organik maddece zengin)
				P <sub>1</sub>	80 - 120		Kil, kum, silt (Yer yer linyitli organik maddece zengin)
				KM <sub>3</sub>			Kömür horozonu (orta damar)
				M <sub>3</sub>	40 - 60		Kireçtaşı yer yer silisiye bioklastlı, gastropot fosilli
M <sub>2</sub>	80 - 100		Marn yaprak fosilli tabakalı mavi-gri				
M <sub>1</sub>	1 - 50		Kömür horozonu (ana damar)				
PALEOZOİK	PERMO KARBONİFER - KRETASE	TM			Rekristalize kireçtaşı		
					Grovak		

Şekil 3.3. Soma kömür havzasının geliştirilmiş stratigrafik kesiti [54]





ilişkilendirilir [55]. Senkronize edilmiş YHVK görüntüsü ile sismik sinyallerin karşılaştırılması, patlatmaların doğası hakkında çok önemli bilgiler sağlar. Bir başka deyişle sıfır zamanında, titreşimin başladığı anla görüntü karesi eşleştirilmiştir. Titreşim verisinin üç bileşeni ((T)ransversal, (V)ertical, (L)ongitudinal) Şekil 4.2’de YHVK görüntüsünün altındadır. En alttaki eksen zaman eksenidir.



Şekil 4.2. Sıfır zamanındaki titreşim ve patlamanın başladığı YHVK karesi

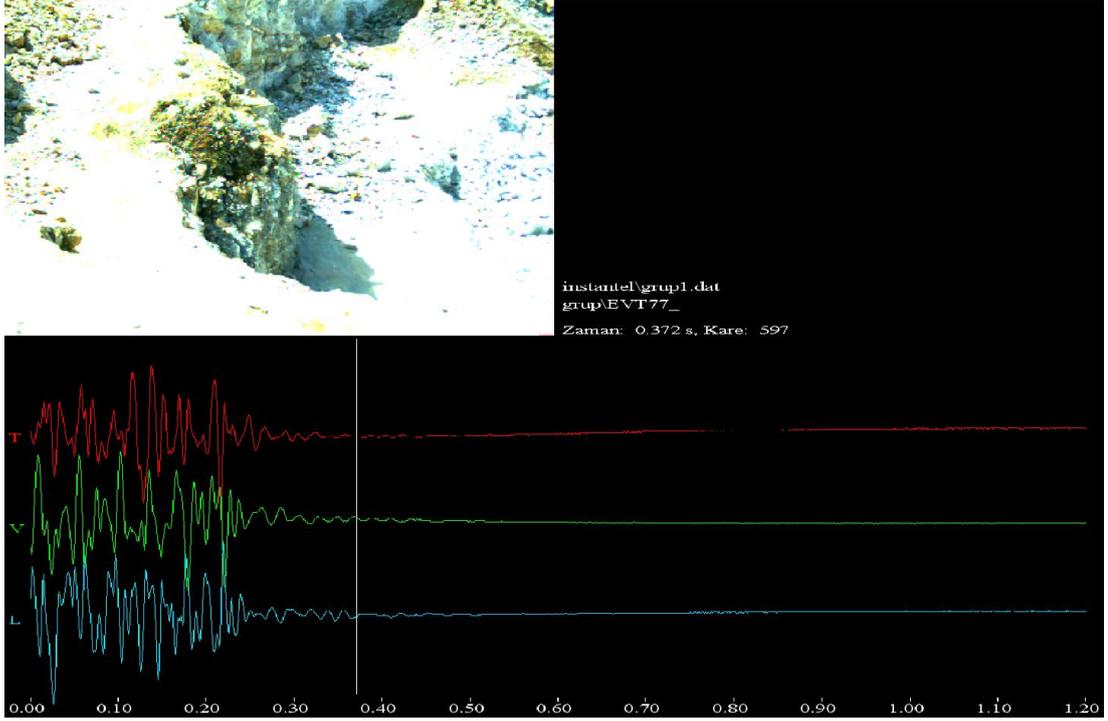
Titreşim verilerinin üzerindeki dikey çubuk, belirlenmiş zaman aralıkları içerisinde sağa sola ilerlemektedir. Dikey çubukla beraber YHVK görüntüleri de ilerlemektedir. Böylece titreşim verisindeki piklerin hangi görüntülerle eşleştiği analizi yapılabilmektedir. Şekil 4.2’de henüz sıfır zamanındaki titreşim ve patlamanın başladığı kare görülmektedir. Bundan sonraki ardaşık şekillerde (Şekil 4.3 ve 4.4) patlatma sırasında gelişen infilak dalgaları neticesinde yaratılan şok etkisiyle ana kayadan koparak parçalanma sırasında oluşan büyük titreşim genlikleri görülmektedir. Çünkü titreşimler (elastik enerji), kaya bloklarının ana kayadan ayrılması sırasında yaratılan plastik deformasyon ile birlikte oluşmaktadır. Şekil 4.5’den sonra, parçalanma ile beraber gelişen yarıktan itibaren kopma süreci tamamlanmıştır; artık patlayıcının şok etkisiyle kayadan ayrılan kütle, patlayıcının gaz etkisiyle ötelenmeye başlamaktadır.



Şekil 4.3. Aynadan arkaya doğru yarık gelişmeye başlarken yanıl bileşendeki genlik artması

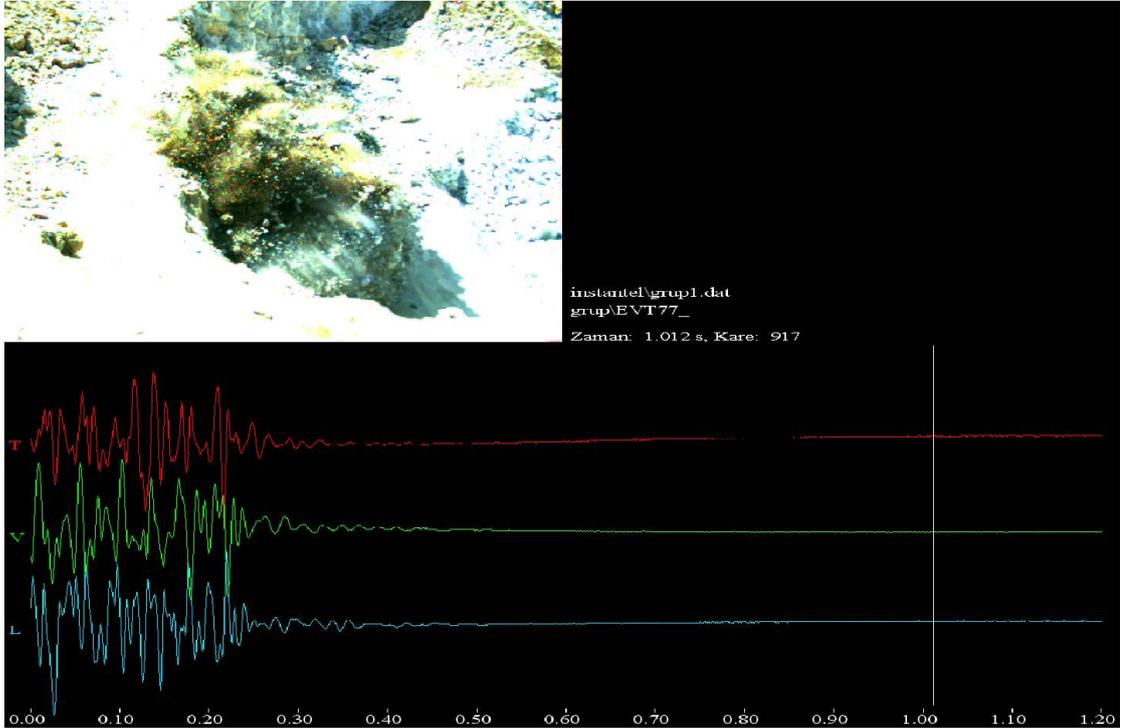


Şekil 4.4. Gelişen yarıkla beraber kütlenin ana kayadan kopmaya başlaması ve titreşimlerin azalması



Şekil 4.5. Ana kayadan ayrılan ve ötelenmeye başlayan kütlede yere düşen parçaların yarattığı titreşimler (Ana kayadan ayrılırken ortaya çıkan büyük genlikler gözlenmiyor)

Şekil 4.6'da gözlenen küçük genlikli titreşimler, ötelenen kütlelerin yere düşmeleriyle oluşan titreşimlerdir.



Şekil 4.6. Kopan kütlelerin yere düşerken yarattığı titreşimler

YHVK ve titreşim dalgalarının eş zamanlı izlenmesiyle çok önemli bir bulgu elde edilmiştir. Sanılanın aksine, büyük genlikli titreşimler, patlayıcının infilakı süresince ana kayadaki parçalanma ve kopma işlemi sırasında oluşmaktadır. Ana kayadan kopma tamamlandığı zaman, Şekil 4.6' da görüldüğü gibi, büyük genlikli titreşimler azalmaktadır. Yere düşen kaya kütleleri sadece mikrotrömör (küçük genlikli) yaratmaktadır. Buradan, büyük genlikli titreşimlerin etkili olduğu süreden, ana kayadaki parçalanma ve kopma olayının gerçekleştiği plastik deformasyon zonunu yatay yönde belirlemek mümkündür. Bu örnekte, patlatma ile oluşan yüzey dalgası hızı 600 m/s idi. Şekillerden, büyük genlikli titreşimlerin etkili olduğu sürenin ilk 0.2 saniye olduğu görülmektedir. Basit bir hesaplama plastik deformasyonun etkili olduğu bölgenin yatayda 120 m olduğu bulunabilir. Düşeyde ise durum değişmektedir. Çünkü, hava-katı ara yüzeyinde ortaya çıkan ve büyük genliklere sahip yüzey dalgaları, yerin içine doğru devam edememekte, yerin içini kat eden cisim dalgaları ise düşük genlikli yüksek frekanslı olmaları sebebiyle, patlayıcının olumsuz etkilerini yerin içine taşımamaktadır. Bu sebeple, plastik deformasyonun ana kaya ve kayadaki çatlak sistemlerinde etkili olduğu mesafe yatayda 120 m iken (bu örnekte), düşeyde, delik boyu (alt delme ile birlikte) kadardır.

Önceki araştırmalarda izin verilen PPV değerleri çok yüksek olduğu için, bizim çalıştığımız ocakta bu izin verilen PPV değerlerinden herhangi biri esas alınarak patlatma yapılırsa yeraltı madenine ve çevreye zarar verecektir. Eynesiz açık ocağındaki patlatmalar Alman DIN normu esas alınarak yapılmıştır. Patlatmaların yeraltına herhangi bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. İlk çalışma, 10-11 Kasım 2015'de gerçekleştirilmiştir. İkinci çalışma ise 12 Ekim 2016 tarihinde yapılmıştır. Takip eden bölümde bu çalışmalara değinilmiştir.

## 5. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışması olarak 10-11 Kasım 2015’de ve 12 Ekim 2016’da çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda işletme tarafından uygulanan patlatma tasarımlarının yakın yeraltı madenine bir etkisinin olup olmadığını anlamak için patlatmaya yüzeyden belli bir mesafeye ve yeraltında belirli noktalara sismograflar yerleştirilmiştir. Sismograflardan alınan titreşim kayıtlarına bakılarak patlatma sonucu oluşan sismik dalgaların yeraltı madenine etkileri anlaşılmaya çalışılmıştır.

### 5.1. 10-11 Kasım 2015 Çalışmaları

TKİ-ELİ Eynez Açık İşletmesindeki patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin Eynez Karanlık dere yeraltı ocağına etkilerini anlayabilmek için 10-11 Kasım 2015 tarihlerinde bir dizi çalışma yapılmıştır. Şekil 5.1’de patlatma ve ölçüm lokasyonları verilmektedir.



Şekil 5.1. 10-11 Kasım 2015 tarihinde yapılan patlatma ve ölçüm lokasyonları [56]

P2: 10 Kasım patlatması (8 delik)

P3: 10 Kasım patlatmasından kaynaklanan titreşimleri ölçen cihaz (üst kotta)

P1: 10 Kasım patlatmasından kaynaklanan titreşimleri ölçen cihaz (kömür kotunda)

P4: 11 Kasım Patlatma#1 (21 delik)

P5: 11 Kasım Patlatma#2 (5 delik)

P6: 11 Kasım Patlatma#3 (118 delik, müteahhit)

P7: 11 Kasım Patlatma#4 (93 delik, müteahhit)

a1: Soma Eynez yeraltı ocağının üstüne gelen yeryüzü noktasındaki cihaz yeri

### **5.1.1. 10 Kasım 2015 tarihli patlatma çalışması**

İlk çalışmada, 10 Kasım tarihinde, işletme, 16 Marion'un bulunduğu basamakta 8 adet delikten oluşan bir grup patlatması yapmıştır. Bu patlatmadan kaynaklanan titreşim dalgalarının davranışını izleyebilmek için tarafımızca 455 m ve 430 m kotlarına iki sismometre yerleştirilerek titreşim ölçümü yapılmıştır. 430 m kotu, kömür kotudur. 506 m kotu ise 16 Marion'un bulunduğu kottur. Patlatma tasarım parametreleri işletme tarafından uygulanmakta olan parametrelerdir.

Şekil 5.2, 5.3 ve 5.4' de sırasıyla delme işlemi, patlayıcı maddeler ve titreşim ölçüm cihazlarını göstermektedir.



Şekil 5.2. Deliklerin delinme işlemi



Şekil 5.3. Delikler için kullanılacak ANFO ve dinamit



Şekil 5.4. Patlatma titreşimlerini ölçen cihaz, jeofon ve mikrofon

Çizelge 5.1, 10 Kasım 2015 tarihli patlatma tasarım parametrelerini göstermektedir.



Çizelge 5.1. 10 Kasım 2015 tarihli patlatma tasarım parametreleri

Patlatma Tasarım Parametreleri	
Delik çapı, D	9 inch
Delik boyu, H	14m
Delik sayısı	8
Delik ayna mesafesi, B	5m
Delikler arası mesafe, S	6m
Patlayıcı, Anfo	200kg
Yemleme Dinamit	2.5kg
Delikler arası gecikme	42ms
Açıklama	Çift tij delinmiştir. Tabana 1.5kg yemleme dinamit, üzerine 125kg Anfo, arasıkılama, arasıkılamanın üzerine 1 kg yemleme dinamit, 75 kg Anfo, üzerine sıkılama.
Ölçüm yerleri	Patlatma kotu 506m dir. Patlatma bölgesinin altına gelecek şekilde 3 basamak altta 455 kotuna cihaz 13638, 430 kotuna yani kömür kotuna cihaz 12270 yerleştirilmiştir.

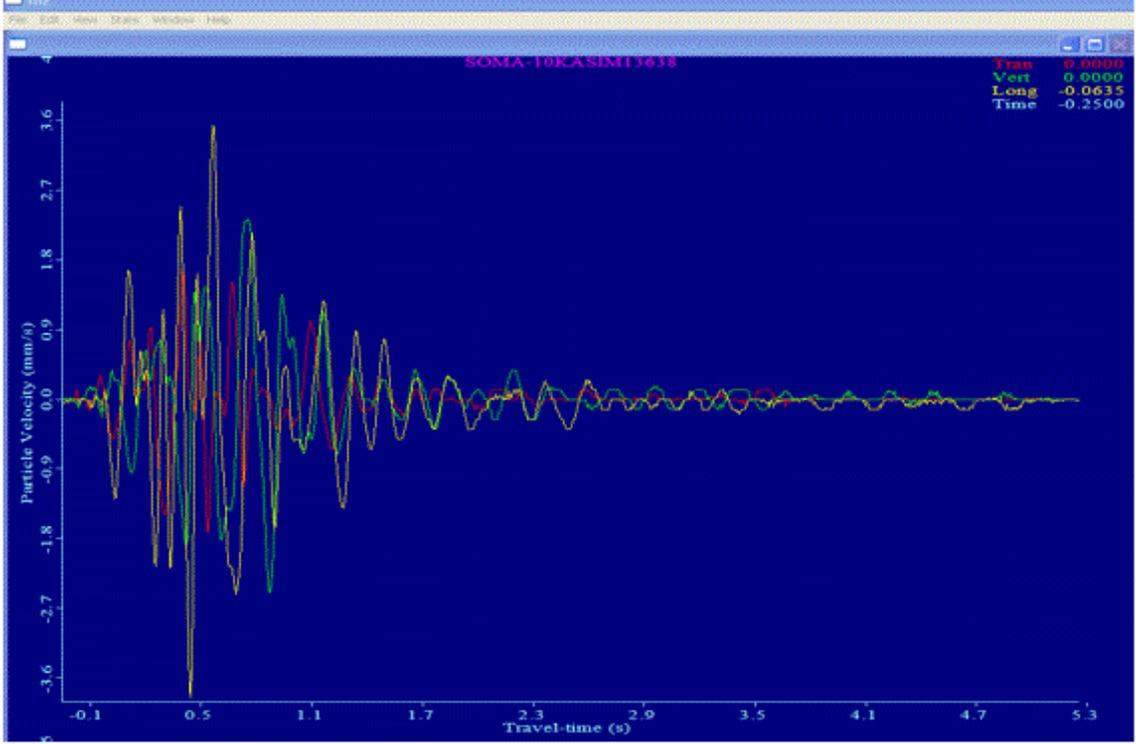
Çizelge 5.2' de 10 Kasım 2015 patlatmasından kaynaklanan titreşim ölçümlerini göstermektedir.

Çizelge 5.2. 10 Kasım 2015 patlatmasından kaynaklanan titreşim ölçümleri

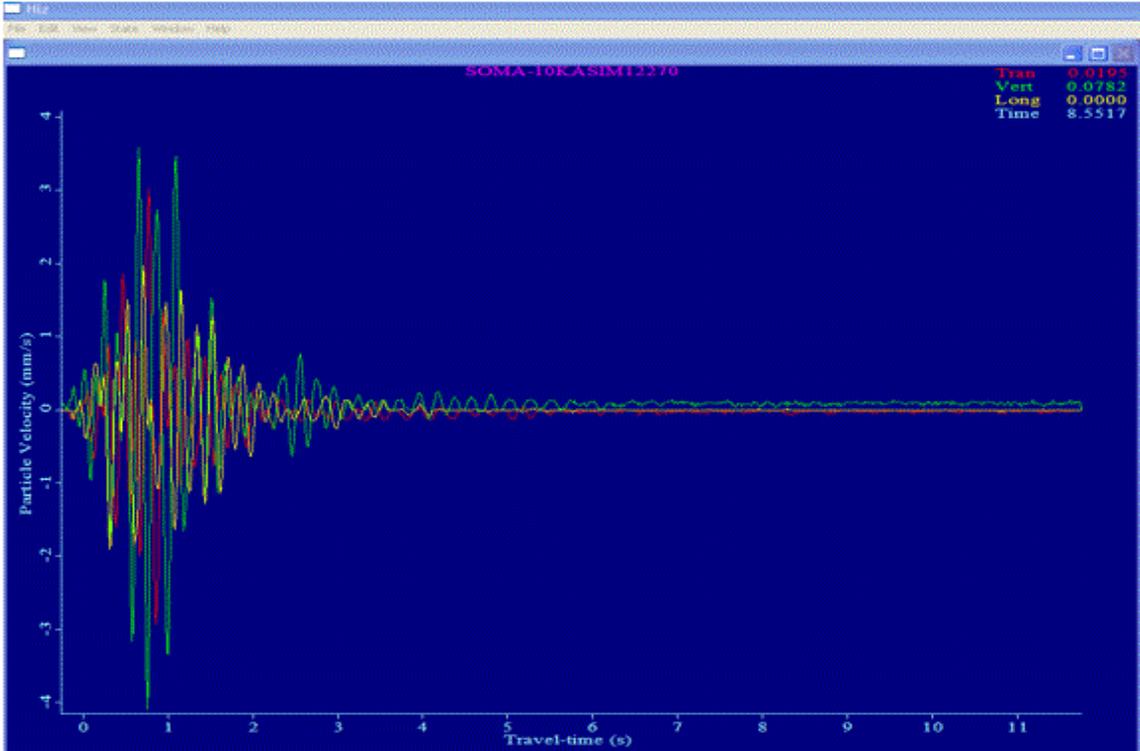
Tarih	Cihaz	Q, kg	R, m	Yanal bileşen, mm/s	Düşey bileşen, mm/s	Boyuna bileşen, mm/s	Vektörel toplam, mm/s	Etken Frekans, Hz
10.11.2015	13638	200	51 m	1.78	2.54	3.94	3.97	4-5
10.11.2015	12270	200	76 m	3.05	4.19	2.03	5.12	4-6

Q: gecikme başına düşen patlayıcı miktarı R: patlatma, ölçüm yeri arası mesafe

Şekil 5.5 ve 5.6, sırasıyla TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 10 Kasım 2015'de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 51 m aşağıdaki kotta (kot: 455m) ve 76 m aşağıdaki kotta (kot:430 m) alınan 3 bileşendeki titreşim kayıtlarını göstermektedir. Gerek Çizelge 5.2'deki en yüksek parçacık hızı genliklerine, gerekse de Şekil 5.5 ve 5.6'daki sinyallere bakıldığında, patlatma bölgesinden aşağıdaki kotlarda bulunan cihazlardan, en altta olanı, yani kömür kotuna konanı, bir üst kottakine göre daha yüksek titreşim genliği ölçmüştür. Özellikle Şekil 5.6'da, 2. saniyeden sonra, düşey bileşende tekrar bir genlik artışı dikkati çekmektedir. Cihaz 13638, patlatmaya düşey mesafede cihaz 12270'e göre daha yakın olmasına rağmen, daha düşük titreşim genlikleri ölçmüştür. Bunun nedeni kömürün kanal dalgası özelliğidir.



Şekil 5.5. Soma TKİ-ELİ EynezAçık Ocağında 10 Kasım 2015’de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 51m aşağıdaki kotta (kot: 455m) alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı



Şekil 5.6. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 10 Kasım 2015’de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 76 m aşağıdaki kotta, kömür kotunda (kot: 430 m) alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı

### 5.1.2. 11 Kasım 2015 tarihli patlatma çalışması

11 Kasım tarihinde, işletme tarafından 2 adet patlatma yapılmıştır. Ayrıca, Müteahhit sahasında yapılan 2 adet grup patlatmasıyla birlikte toplamda 4 patlatma yapılmıştır. Bu dört patlatmadan kaynaklanan titreşim genliklerini ölçmek ve değerlendirmek için, Soma Kömürleri Eynez Yeraltı ocağına 2 adet cihaz koyulmuştur. Yeraltındaki cihazların bulunduğu bölgenin üstünde, yeryüzüne de bir adet titreşim ölçer cihaz yerleştirilmiştir. Yerüstündeki cihaz 12270 ile yeraltındaki cihaz 13638 arasında düşeyde yaklaşık 114 m kot farkı bulunmaktadır. Yeraltına yerleştirilen diğer cihaz 12269 ise, cihaz 13638'den 50 m daha aşağı kota yer almaktadır. Yüzeydeki cihaz 12270 ile en aşağıya yerleştirilen cihaz 12269 arasında 164 m kot farkı bulunmaktadır.



Şekil 5.7. 11 Kasım 2015 tarihli patlatmalardan deliklerin delinmiş haldeki görüntüsü

11 Kasım 2015'de yapılan patlatmaların tasarım parametreleri Çizelge 5.3' de verilmektedir.

Çizelge 5.3. 11 Kasım 2015’de yapılan patlatmaların tasarım parametreleri

Patlatma#1	Patlatma#2	Patlatma#3	Patlatma#4
Yer: 10Marion	Yer: 1Marion	Yer: Müteahhit üst kot, 472m	Yer: Müteahhit alt kot, 456m
Delik sayısı: 21 (3 sıra)	Delik sayısı: 5 (tek sıra)	Delik sayısı: 118(3 sıra)	Delik sayısı: 93(3 sıra)
Delik çapı: 9 inch	Delik çapı: 9 inch	Delik çapı: 174mm	Delik çapı: 174mm
Delik boyu: 14 m	Delik boyu: 14m	Delik boyu: 9m	Delik boyu: 9m
Delik ayna mesafesi: 5m	Delik ayna mesafesi: 5m	Delik ayna mesafesi: 3m	Delik ayna mesafesi: 3m
Delikler arası mesafe: 6m	Delikler arası mesafe: 6m	Delikler arası mesafe: 4m	Delikler arası mesafe: 4m
Patlayıcı, Anfo:200kg	Patlayıcı, Anfo:200kg	Patlayıcı, Anfo:80g	Patlayıcı, Anfo:80g
Yemleme dinamit: 2.5kg	Yemleme dinamit: 2.5kg	Yemleme dinamit: 625gr	Yemleme dinamit: 625gr
Delikler arası gecikme:42ms	Delikler arası gecikme:42ms	Delikler arası gecikme: 25ms-42ms-67ms	Delikler arası gecikme: 25ms-42ms-67ms
Açıklama: Çift tij delinmiştir. Tabana 1.5kg yemleme dinamit, üzerine 125kg Anfo, arasıkılama, arasıkılamanın üzerine 1kg yemleme dinamit, 75kg Anfo, üzerine sıkılama.	Açıklama: Çift tij delinmiştir. Tabana 1.5kg yemleme dinamit, üzerine 125kg Anfo, arasıkılama, arasıkılamanın üzerine 1kg yemleme dinamit, 75kg Anfo, üzerine sıkılama.	Tabana 625gr yemleme, üstüne 80kg Anfo ve sıkılama.	Tabana 625gr yemleme, üstüne 80kg Anfo ve sıkılama.
Ölçüm yerleri: Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114m aşağıda cihaz#13638, bu cihazdan 50m aşağıda cihaz#12269 yerleştirilmiştir. Yüzeye, cihaz#12270 yerleştirilmiştir. Patlatma#1’in, yüzeydeki cihaz#12270’e olan mesafesi, 1250m’dir.	Ölçüm yerleri: Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114m aşağıda cihaz#13638, bu cihazdan 50m aşağıda cihaz#12269 yerleştirilmiştir. Yüzeye, cihaz#12270 yerleştirilmiştir. Patlatma#2’nin, yüzeydeki cihaz#12270’e olan mesafesi, 670m’dir.	Ölçüm yerleri: Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114m aşağıda cihaz#13638, bu cihazdan 50m aşağıda cihaz#12269 yerleştirilmiştir. Yüzeye, cihaz#12270 yerleştirilmiştir. Patlatma#3’ün, yüzeydeki cihaz#12270’e olan mesafesi, 650m’dir.	Ölçüm yerleri: Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114m aşağıda cihaz#13638, bu cihazdan 50m aşağıda cihaz#12269 yerleştirilmiştir. Yüzeye, cihaz#12270 yerleştirilmiştir. Patlatma#4’ün, yüzeydeki cihaz#12270’e olan mesafesi, 900m’dir.

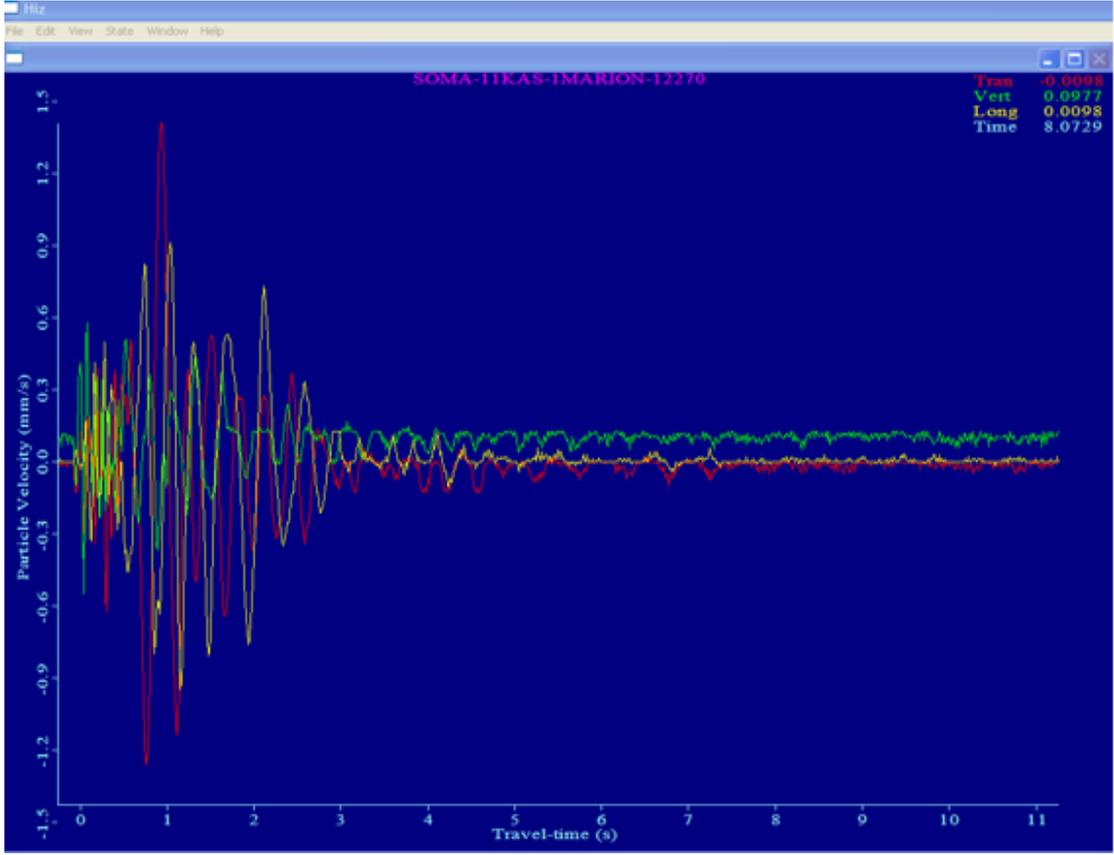
Çizelge 5.4’ de yapılan patlatmalar sonucu kaynaklanan titreşim değerleri yer almaktadır.

Çizelge 5.4. 11 Kasım 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim ölçümleri

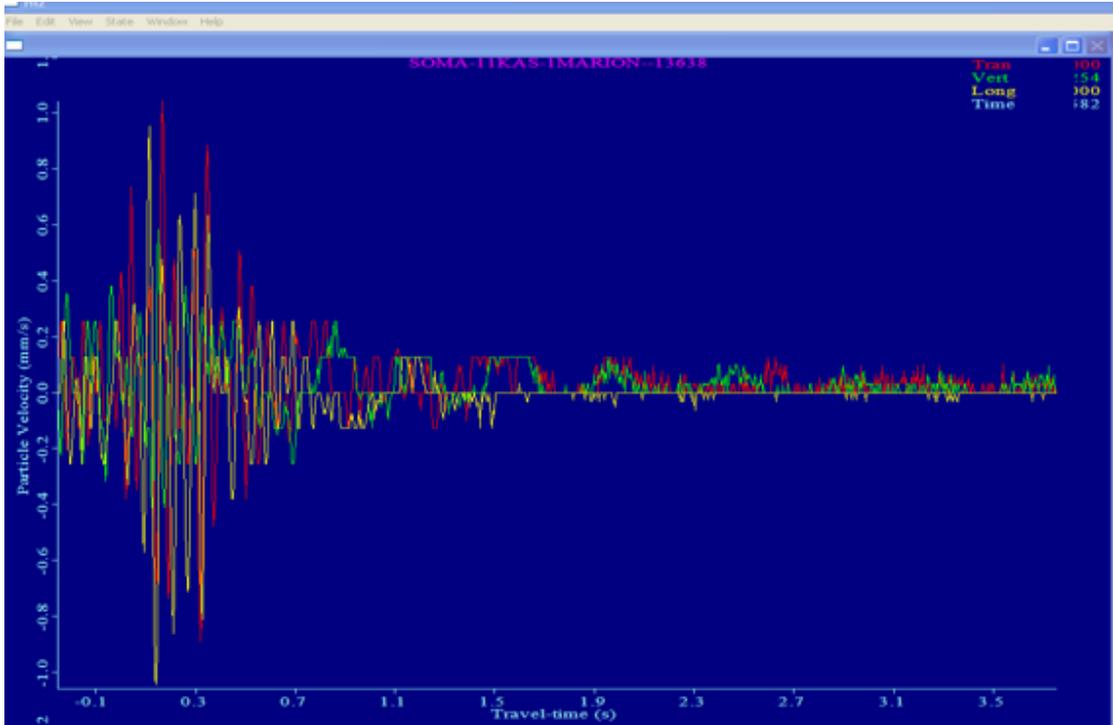
Patlatma	Tarih	Cihaz	Q, kg	R,m	Yanal bileşen mm/s	Düşey bileşen mm/s	Boyuna bileşen mm/s	Vektörel toplam mm/s	Etken frekans Hz
Patlatma 1	11.11.2015	12270	200	1250	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok
		13638	200	1250	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok
		12269	200	1250	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok
Patlatma 2	11.11.2015	12270	200	670	1.52	0.762	1.02	1.61	2.5-3
		13638	200	670	1.14	0.635	1.14	1.43	15-16
		12269	200	670	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok
Patlatma 3	11.11.2015	12270	80	650	2.41	1.14	3.43	3.56	2.5-3
		13638	80	650	0.508	0.635	0.381	0.813	2
		12269	80	650	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok
Patlatma 4	11.11.2015	12270	80	900	0.508	0.635	0.635	0.751	3-3.5
		13638	80	900	0.635	0.635	0.381	0.823	20
		12269	80	900	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok	Kayıt yok

Q: gecikme başına düşen patlayıcı miktarı R: patlatma, ölçüm yeri arası mesafe

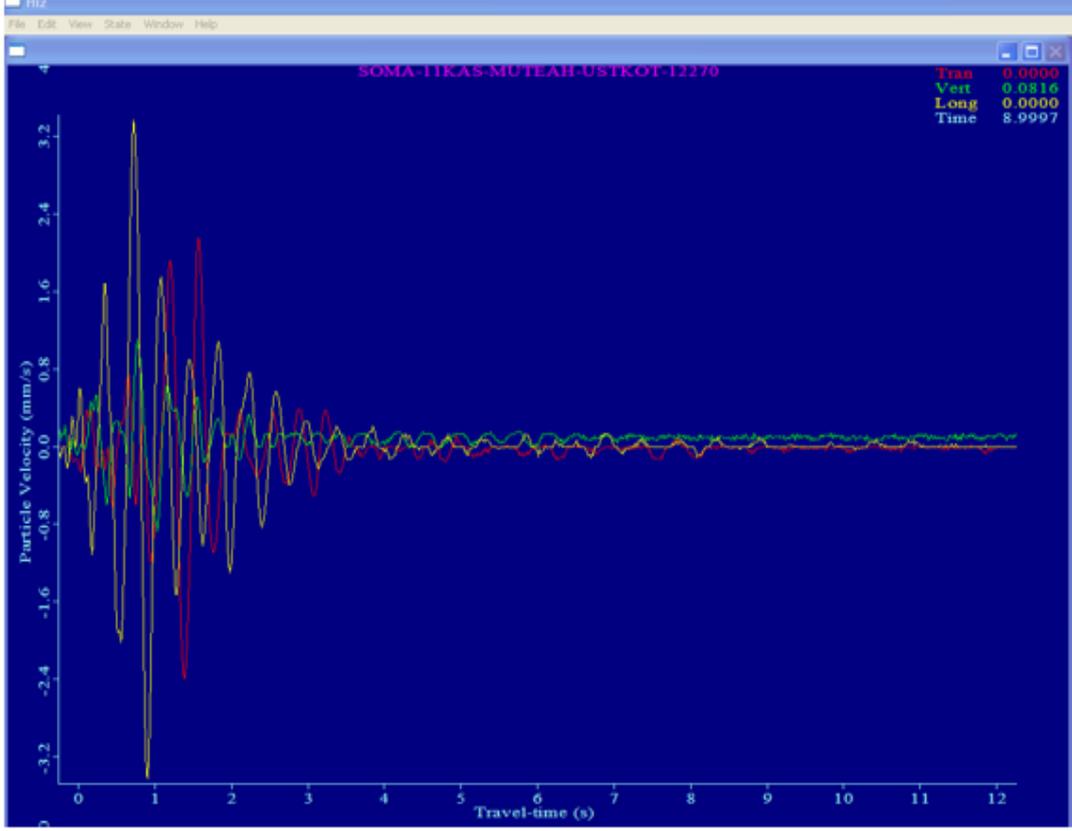
Şekil 5.8-5.13 arasında, Patlatma#2, Patlatma#3 ve Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin, Soma Eynez Yeraltı ocağında ve bu lokasyonda yeryüzündeki izdüşümüne yerleştirilen cihazda alınan üç bileşenli titreşim genlikleri verilmiştir. Patlatma#1'den herhangi bir cihazdan kayıt alınamamıştır.



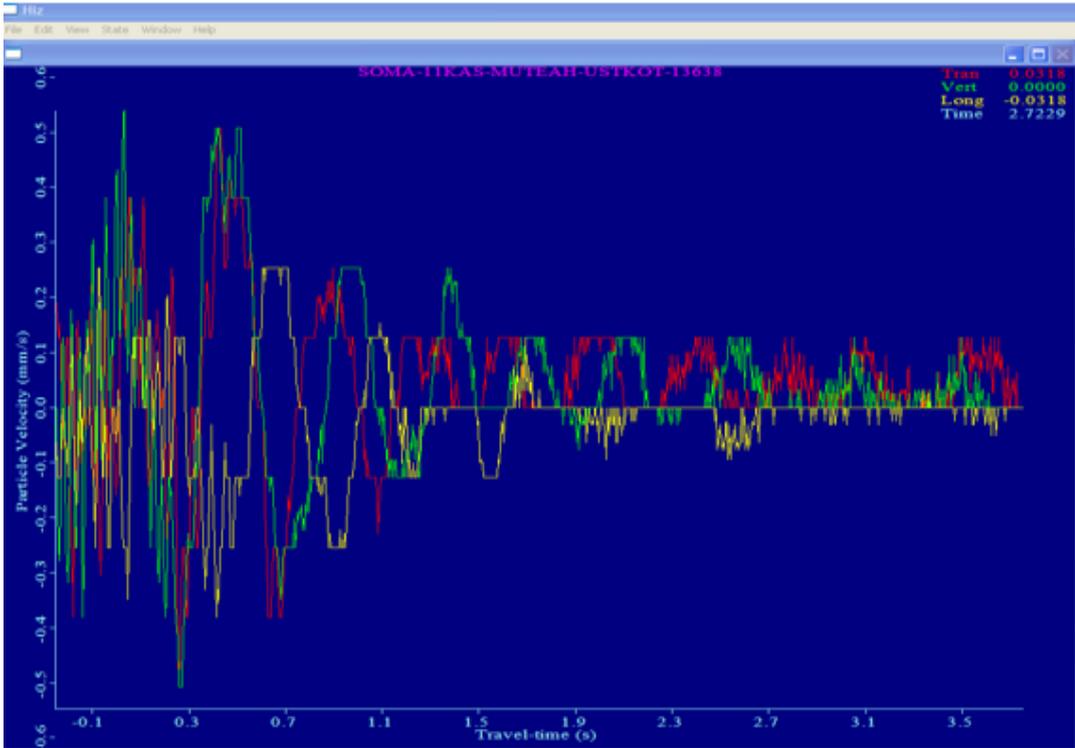
Şekil 5.8. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#2’nin, yeryüzündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:670m)



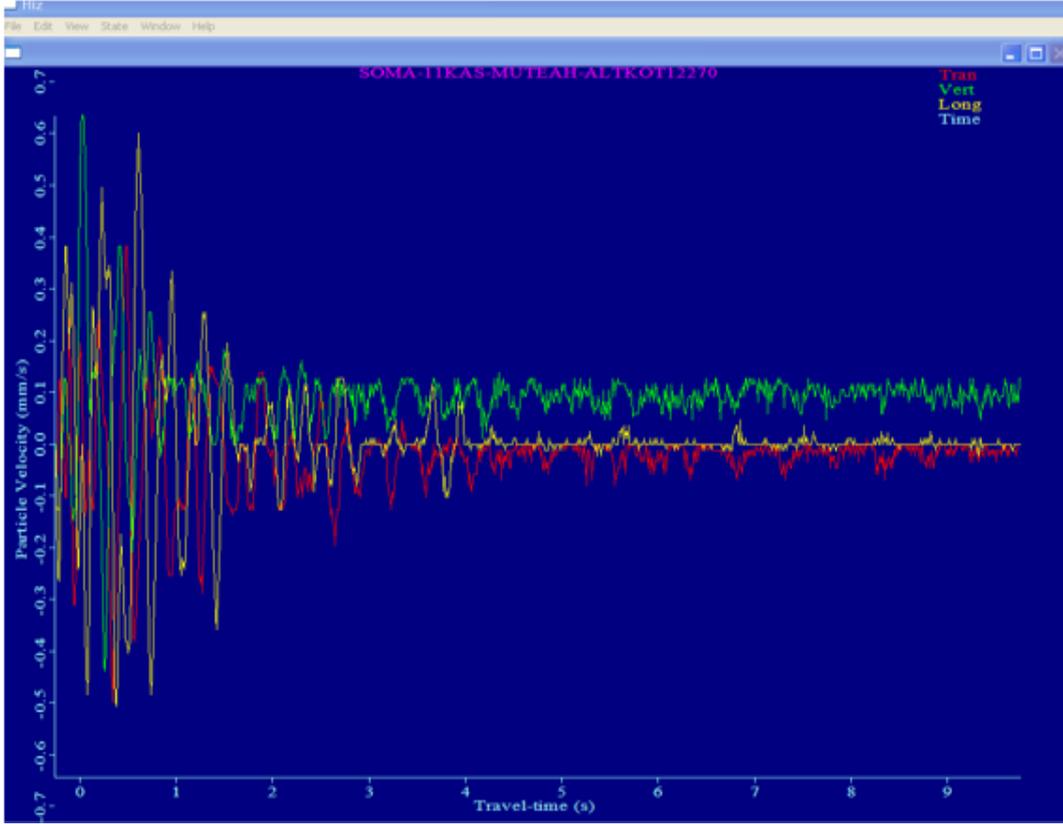
Şekil 5.9. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#2’nin, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı



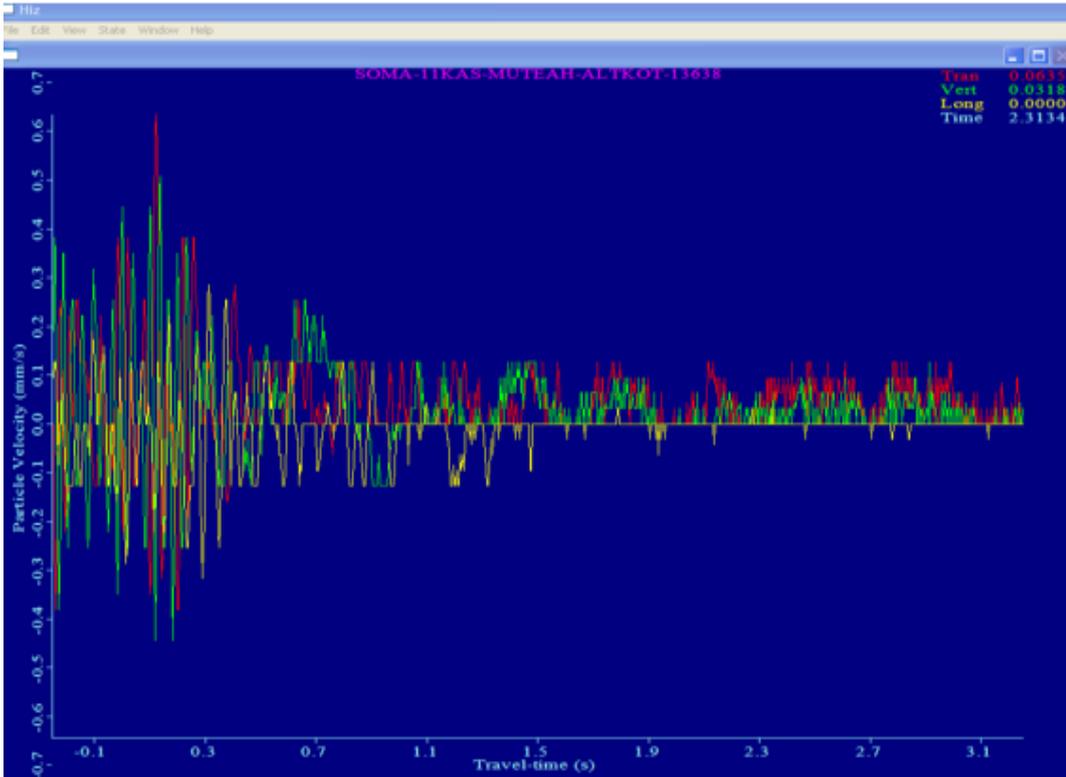
Şekil 5.10. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#3’ün, yerüstündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:650m)



Şekil 5.11. Soma TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#3’ün, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı



Şekil 5.12. Soma TKİ-ELİ Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#4’ün, yerüstündeki cihaz#12270’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı (R:900m)



Şekil 5.13. Soma TKİ-ELİ Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatma#4’ün, yeraltındaki cihaz#13638’den alınan 3 bileşendeki titreşim kaydı



Şekil 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 ve Çizelge 5.4'deki parçacık hızları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

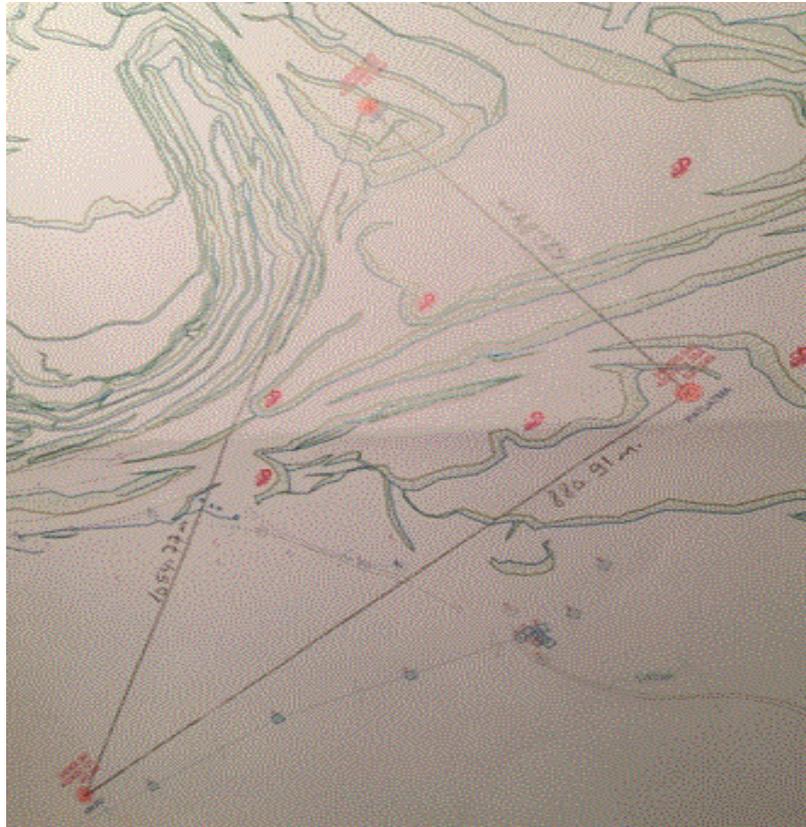
1. Patlatma#1, ölçüm noktalarına 1250 m mesafede olduğu için, bu uzaklığa herhangi bir titreşim gelmemiştir.
2. Patlatma#2, 5 delikli bir grup patlatmasıdır, yüzeydeki ölçüm istasyonuna 670 m mesafededir. Aynı anda patlatılan patlayıcı miktarı 200 kg'dır. Bu patlatmadan yüzeydeki cihaz 1.61 mm/s genlik ölçerken, bu noktanın altında, yeraltına yerleştirilen cihaz da yakın bir değer ölçmüştür, 1.43 mm/s. Patlatma#2'de delik boyu 14 m'dir. Delikler derin olduğu için, yeraltına nüfuz eden cisim dalgaları etkin olmuş ve bu yüzden yerüstündeki titreşim genliğine (1.61 mm/s) yakın bir titreşim genliği ölçülmüştür (1.43 mm/s).
3. Patlatma#3, 118 delikli bir grup patlatmasıdır, yüzeydeki ölçüm istasyonuna 650 m mesafededir. Aynı anda patlatılan patlayıcı miktarı 80 kg'dır. Bu patlatmadan yüzeydeki cihaz 3.56 mm/s genlik ölçerken, bu noktanın altında, yeraltına yerleştirilen cihaz 0.813 mm/s ölçmüştür. Patlatma#3'de delik boyu 9 m'dir. Bu derinlikte yüzey dalgaları etkin olduğu için, yüzeyde yüksek genlik ölçülürken (3.56 mm/s), yeraltında 0.813 mm/s ölçülmüştür.
4. Patlatma#4, 93 delikli bir grup patlatmasıdır, yüzeydeki ölçüm istasyonuna 900 m mesafededir. Aynı anda patlatılan patlayıcı miktarı 80 kg'dır. Bu patlatmadan yüzeydeki cihaz 0.751 mm/s genlik ölçerken, bu noktanın altında, yeraltına yerleştirilen cihaz yüzeydeki cihaza göre biraz daha yüksek genlik (0.823 mm/s) ölçmüştür. Bunun nedeni kömürün kanal dalgası özelliğidir.
5. Yeraltına yerleştirilen ikinci cihaz (cihaz 12269), birinci cihazdan 50 m alt kote yerleştirilmiş olup, bu derinlikte herhangi bir patlatmanın titreşim kaydını ölçmemiştir.
6. Patlatma#2, 3 ve 4'den kaynaklanan titreşim genlikleri yeraltında 0.8-1.43 mm/s arasındadır. Bu genlikler yeraltında herhangi bir zarar verecek genlikler değildir. 1977'de Amerikan Açık Ocak Birliği [1] tarafından hazırlanan bir protokole göre açık işletmelerde yapılan patlatmaların yeraltına verebileceği titreşim sınır değerinin ölçekli mesafenin 60 olduğu bir durumda 1 inch/s (25.4 mm/s) olduğu düşünüldüğünde, 0.8-1.43 mm/s civarındaki titreşimlerin, izin verilen sınır değerlerin çok altında olduğu söylenebilir. Ancak, kömür kotunda yapılacak patlatmalarda eğer derin delikler delinirse (14 m gibi), kömürdeki kanal etkisi ile

genlikleri büyüyen ve derin delik olduğu için yeraltına nüfuz eden cisim dalgalarının genlikleri daha büyük olabilir. Bu durum, 10 Kasım'da yapılan patlatmadan alınan titreşim genliklerinde gözlenmiştir. Kömür kotundaki cihaz, kendisinden daha üst kotta olan ve patlatmaya düşeyde daha yakın olan cihazdan daha yüksek genlik ölçmüştür. Bu durumun araştırılması, derin deliklerde üreyecek cisim dalgalarının genliklerinin kontrol sınırlarında olabilmesi için patlayıcı miktarları ve gecikmeler ile ilgili çalışma yapılması bu tarihte önerilmiş ve öneri TKİ tarafından dikkate alınmış, bu teze de konu olan çalışmalar başlamıştır.

### **5.2. 12 Ekim 2016 \_TKİ ELİ Eynez Açık Ocak Patlatmasının Yeraltında Olan Etkilerinin Araştırılması Çalışması**

Bu bölümde, TKİ ELİ Eynez ocağında 12 Ekim 2016 tarihinde yapılan patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin Eynez Karanlıkdere yeraltı ocağındaki etkilerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi çalışması anlatılmıştır.

Şekil 5.14, grup patlatma ve ölçüm noktalarının yerlerini gösteren haritadır.



Şekil 5.14. Eynez Ocağında grup patlatma yapılan yerler ve ölçüm cihazlarının (12270, micro) bulunduğu noktalar

Cihaz 12270 ve Micro, yeryüzüne, Cihaz 13638 ise Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114 m aşağıya yerleştirilmiştir.

Titreşim ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntüler Şekil 5.15’de verilmiştir. Cihaz Micro, yeraltına yerleştirilen cihazın yeryüzündeki izdüşümü üzerine konmuştur.



a) Patlatma delikleri



b) Cihaz Micro’nun yerleştirilmesi

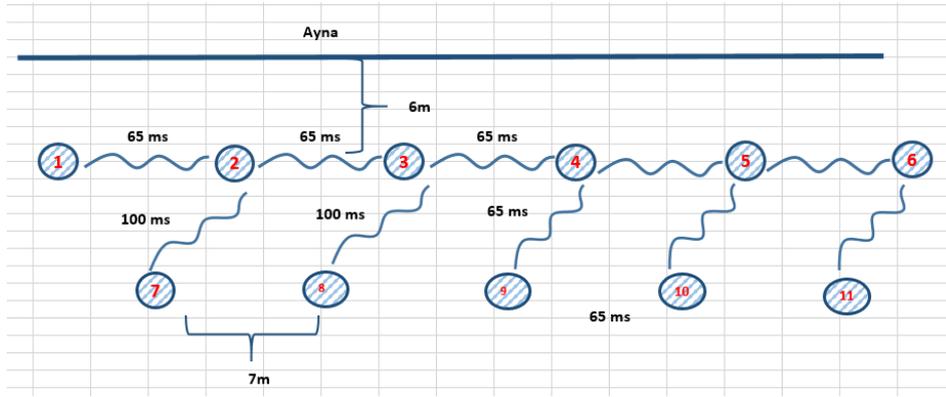
Şekil 5.15. Titreşim ölçüm cihazının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntü

Çizelge 5.5’ de, 12.10.2016 tarihinde Eynez Ocağında, işletme tarafından delinen ve firmanın sağladığı patlayıcılarla, firmanın yetkili mühendis ve ateşçi ekibi eşliğinde patlatılan gruba ait tasarım parametreleri verilmektedir.

Çizelge 5.5. Eynez Ocağında 12.10.2016'da yapılan patlatma parametreleri

Patlatma Tasarım	Parametreleri	Delik No:	Anfo Kg	Nobelex Kg	Delik Boyu (m)
Tarih	12.10.2016	1	230		15
Atım yeri	Eynez 10 Marion	2	230		15
Hava durumu	Açık	3	230		15
Delik çapı, D	9 inch (228.6 m)	4	230		15
Kuru delik sayısı	10	5	230		15
Sulu delik sayısı	1	6	230		15
Ayna boyu (K)	15 m	7	230		14
Delik boyu (H)	14-15 m	8	-	260	15
Patern (BxS)	Delik ayna mesafesi (B) 6 m; Delikler arası mesafe (S) 7 m	9	230		15
Kapsüle duyarlı dinamit	22 adet	10	230		15
Elektrikli kapsül	-	11	230		15
İnfilaklı fitil	-				
Şok tüp	300 m				
Hazır Anfo	-				
Dökme Anfo	2300 kg				
Kartuş N-6000	260				
MS-500 – 10 MS-500 15 Delik içi gecikme	11 11	Toplam	2300kg	260	164
SD (yüzey gecikmesi)	SD 100: 5 adet SD 65: 6 adet				
Açıklama	Formasyon: Karışık				
Ölçüm yerleri	Şekil 5.14'de patlatma ve ölçüm yerleri verilmiştir.				

Şekil 5.16, delik düzenini göstermektedir.



Şekil 5.16. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 6 m, delikler arası mesafe S: 7m

Çizelge 5.6, 12.10.2016'da Eynez'de yapılan grup patlatmasından kaynaklı titreşim değerlerini göstermektedir.

Çizelge 5.6. 12.10.2016'da Eynez'de yapılan grup patlatmasından kaynaklı titreşim değerleri

Tarih	Cihaz	Q,kg	R, m	Yanal bileşen, mm/s	Düsey bileşen, mm/s	Boyuna bileşen, mm/s	Vektörel toplam mm/s	Etken Frekans ,Hz
12.10.2016	12270	230	521.84	1.524	3.937	1.397	4.038	5.3
12.10.2016	Micro	230	880.91	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı
12.10.2016	13638	230	Cihaz Micro'nun lokasyonunda Yeryüzünden 114m aşağıda	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı	Kayıt almadı

Eynez açık işletmede yapılan grup patlatmasından, Eynez Karanlıkdere yeraltı işletmesinde herhangi bir titreşim kaydı alınmamıştır.

## 6. EN UYGUN PATLATMA TASARIMININ BELİRLENMESİ

31 Mayıs 2016 ve 18 Ağustos 2016 tarihlerinde, TKİ ELİ Soma Eynez ve Kısırakdere (A panosu) açık ocaklarındaki patlatmalara (Şekil 6.1) nezaret edilmiş; patlatma tasarımı ve uygulaması ile ilgili bilgiler alınmış ve 2 adet titreşim ölçer cihaz ile her iki ocakta yapılan patlatmalardan titreşim kaydı alınmıştır. Böylece, patlatma kaynaklı sismik dalgaların seçilen iki farklı yönde yayılma mekanizması görülmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, her yönde alınan titreşim kayıtlarıyla, yöne bağlı yayılım mekanizması belirlenmiştir.



Şekil 6.1. TKİ ELİ Soma Eynez ve Kısırakdere (A panosu) Panoları [57]

Kısırakdere (A Panosu) ve Eynez ocağında yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

## 6.1. TKİ ELİ Kısırakdere (A panosu) Patlatma Çalışmaları

Bu bölümde, TKİ ELİ Kısırakdere (A panosu) ocağında 31 Mayıs 2016 tarihinde yapılan patlatmanın tasarım parametreleri incelenmiş, patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin analiz ve değerlendirmesi yapılmıştır. Burada, yapılan patlatma sonucu elde edilen titreşim kayıtları Alman DIN4150 ve Türk standartlarına göre değerlendirilmiştir ve iki standart için karşılaştırma yapılmıştır.

### 6.1.1. Patlatma Tasarımı ve Patlatma Kaynaklı Titreşim Analizleri

TKİ ELİ açık ocaklarında, patlatma deliklerinin delinmesi işi işletmenin kendisi tarafından yapılmaktadır. Patlayıcı temini ve patlatılması işi ise, özel firmaya ihale edilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 6.1'de, 31.05.2016 tarihinde A panosunda, işletme tarafından delinen ve firmanın sağladığı patlayıcılarla, firmanın yetkili mühendis ve ateşçi ekibi eşliğinde patlatılan gruba ait tasarım parametreleri bulunmaktadır. Şekil 6.2 patlatma yapılan yer ile titreşim ölçümü lokasyonlarını göstermektedir.



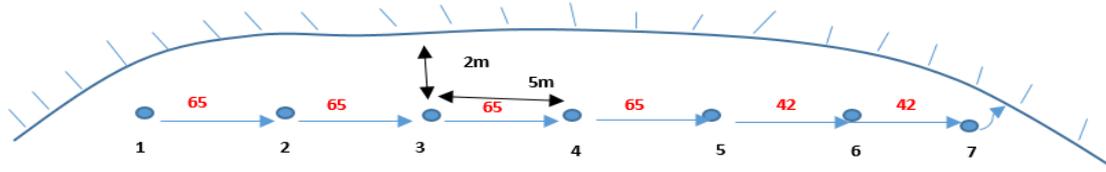
Şekil 6.2. A panosunda patlatma yapılan yer (kırmızı alev işareti) ve ölçüm cihazlarının (12270 ve 13638) bulunduğu noktalar (mavi yuvarlaklar)

Çizelge 6.1. A panosunda 31.05.2016'da yapılan patlatma parametreleri

Patlatma Tasarım	Parametreleri	Delik No:	Anfo Kg	Nobelex	Delik Boyu (m)	Sıklama Boyu
<b>Tarih</b>	31.05.2016	1	100	-	7	4
<b>Atım yeri</b>	A panosu, 4M	2	100	-	7	4
<b>Hava durumu</b>	Açık	3	100	-	7	4
<b>Delik çapı, D</b>	9 inch (228.6 m)	4	125	-	9	4
<b>Kuru delik sayısı</b>	7	5	125	-	10	5
<b>Sulu delik sayısı</b>	-	6	125	-	10	5
<b>Ayna boyu (K)</b>	7-10 m	7	125	-	10	5
<b>Delik boyu (H)</b>	7- 10 m	Toplam	800	-	60	
<b>Patern (BxS)</b>	Delik ayna mesafesi (B) 2 m; Delikler arası mesafe (S) 4 m					
<b>Kapsüle duyarlı dinamit (yemleme)</b>	7 adet 1 kg'lık dinamit (her deliğe 1 kg)					
<b>Elektrikli kapsül</b>	-					
<b>İnfilaklı fitil</b>	-					
<b>Şok tüp</b>	300 m					
<b>Hazır Anfo</b>	-					
<b>Dökme Anfo</b>	800					
<b>MS-7200, 15 m Delik içi gecikme</b>	7					
<b>SD (yüzey gecikmesi)</b>	SD 42: 2 adet SD 65: 5 adet					
<b>Açıklama</b>	Formasyon: Marn  Delik içi verilen 7200 ms gecikme, normalde tünellerde uygulaması olan LP (long period) dediğimiz gecikmedir. Açık işletmelerde genellikle 450-500 ms delik içi gecikme verilmektedir.					
<b>Ölçüm yerleri</b>	Patlatma kotu 276.60 m dir. Şekil 6.2. deki cihaz 13638, 321.8 m kotunda, patlatmaya 375 m mesafede; 12270 ise 328.8 m kotunda olup patlatmaya 420 m mesafededir.					



Şekil 6.3’ de delik düzenini göstermektedir.



Şekil 6.3. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 2m, Delikler arası mesafe S: 5m. Deliklere verilen gecikmeler kırmızı ile gösterilmiştir (65 ms, 42 ms)

Şekil 6.3’de görüleceği üzere, 2m dilim kalınlığı ve 5 m delikler arası mesafe, 9 inçlik çapa sahip delikler için oldukça yetersizdir. Deliklerin infilak sırasında birbirlerini bozduğu düşünülmektedir. Bu yüzden, deliklerin infilak sırasında birbirini bozmamaları için dilim kalınlığının en az 6, delikler arası mesafenin de 8 m verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, aynı sıra içerisinde farklı gecikme süreleri kullanılması (Şekil 6.3’de ilk 5 delik arasına 65 ms, sonraki iki deliğe 42 ms verilmesi), dalgaların yıkıcı girişime uğrayarak birbirlerini söndürmelerini zorlaştıracaktır. Delikler arasına verilen gecikme sürelerini, eldeki mevcut gecikme elemanına göre değil, deliklerden çıkacak dalgaların birbirlerini yol içerisinde söndürecek şekilde seçilmeye dikkat edilmelidir.

Çizelge 6.2., 31.05.2016’da A panosunda yapılan patlatmadan kaynaklı titreşim değerlerini göstermektedir.

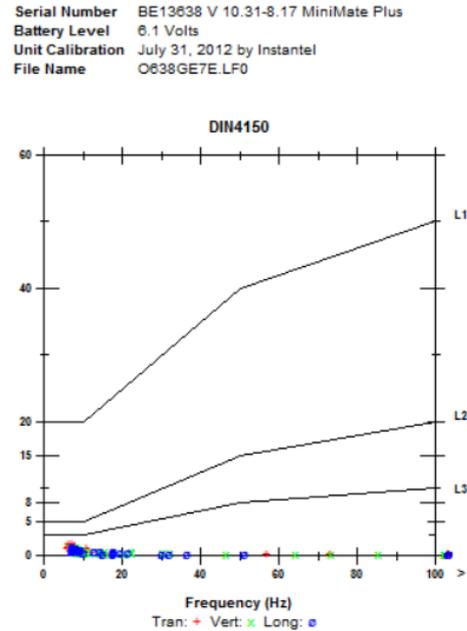
Çizelge 6.2. 31.05.2016’da A panosunda yapılan patlatmadan kaynaklı titreşim değerleri

Tarih	Cihaz	Q,kg	R, m	Yanal bileşen, mm/s	Düşey bileşen, mm/s	Boyuna bileşen, mm/s	Vektörel toplam mm/s	Etken Frekans, Hz
31.05.2016	13638	125	375 m	1.397	1.016	1.397	1.426	6
31.05.2016	12270	125	420 m	1.778	1.397	1.270	2.071	6.5

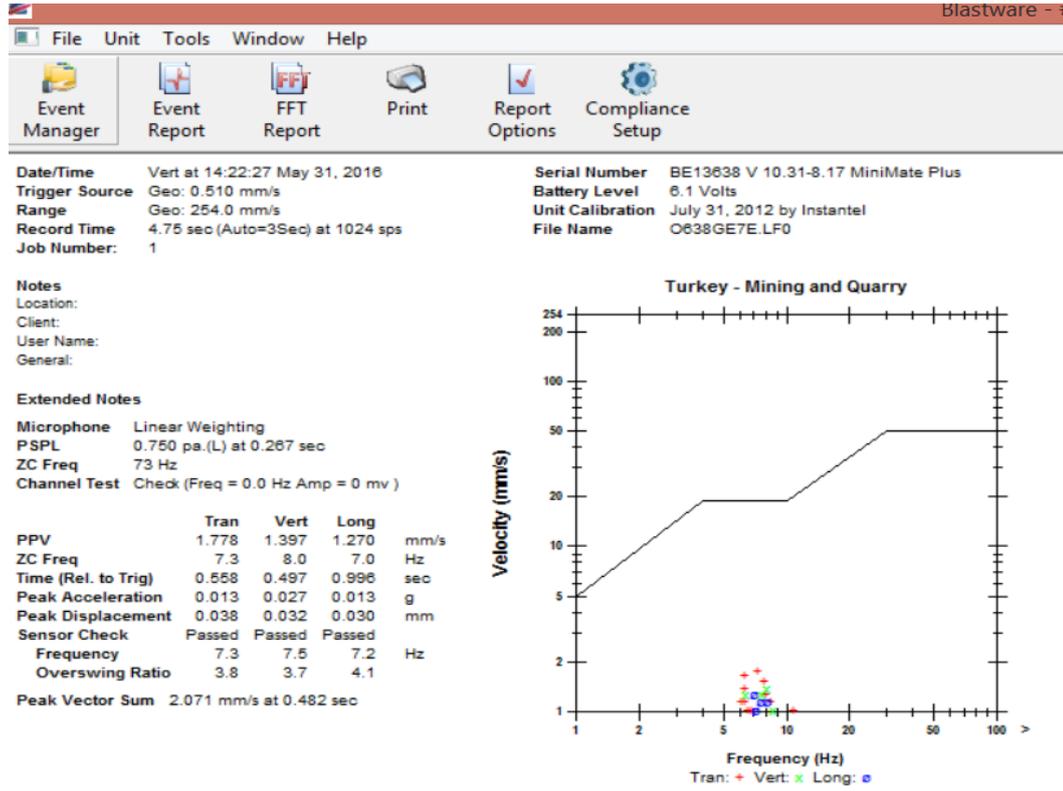
Titreşim ölçer cihazın veri aktarımı ve incelenmesinde kullanılan yazılımında A panosunda yapılan patlatmanın, 13638 numaralı cihazdan alınan kayıt raporu Şekil 6.4 de görülmektedir. Burada PPV, (peak particle velocity) en yüksek parçacık hızı; Tran, Vert, Long ise sırasıyla yanal, düşey, boyuna bileşenlerde ölçülen parçacık hızlarıdır. Ayrıca, matematiksel olarak hesaplanan ivme (acceleration) ve deplasman (displacement) değerleri de görülmektedir. Frekans değerleri ise, sıfır-kesen frekanslar olup, FFT (Fast Fourier Transform) analizi ile bulunan etken frekans değerleri Çizelge

6.2’de verilmektedir. Şekil 6.4’ ün sağ tarafında hasar kriter eğrilerini içeren bir grafik bulunmaktadır. Bu grafik Alman DIN4150 standartlarına uygun bir şekilde hazırlanmıştır. Bu standartlar, en muhafazakar standartlardan biri olup, 3 aşamalı, izin verilebilen en yüksek parçacık hızlarını göstermektedir. En alttaki kırıklı çizgi, örneğin, 10 Hz frekansa kadar 2.5 mm/s parçacık hızına izin vermektedir. Böylece tarihi yapılara dahi hasar vermeyeceğini öngörür. Frekans arttıkça izin verilebilen parçacık hızları artmaktadır. Ortadaki kırıklı çizgi, betonarme binalar için , en üstteki ise çok sağlam endüstriyel yapılar için kullanılacak, izin verilebilen en yüksek parçacık hızlarını belirleyen çizgilerdir. Bu çalışmada, Alman DIN4150 normunu kullanmamızın sebebi, patlatma kaynaklı titreşimlerin çevre yapılara etkilerini en aza indirmede, Alman DIN normundaki tarihi yapılara dahi hasar vermeyecek kriteri benimsemiş olmamızdır. Çünkü, maden sahalarının yakınlarında yer alan köy evleri, aynı tarihi yapılar gibi, hassas ve korunulması gereken yapılardır. Aynı veriler, Amerikan standartlarının bize uyarlanması sonucu ortaya çıkan Türk Maden ve Taş ocakları normlarına göre değerlendirildiğinde, izin verilebilen parçacık hızlarının ne kadar yüksek olduğunu görmek mümkündür (Şekil 6.5). Güvenli tarafta kalmak adına, Alman DIN4150 normlarının tarihi yapılara hasar vermemek için izin verilen en yüksek parçacık hızlarını geçmeyecek patlatmalar yapmak hedeflenmelidir.

Date/Time	Vert at 14:22:27 May 31, 2016		
Trigger Source	Geo: 0.510 mm/s		
Range	Geo: 254.0 mm/s		
Record Time	4.75 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps		
Job Number:	1		
<b>Notes</b>			
Location:			
Client:			
User Name:			
General:			
<b>Extended Notes</b>			
Microphone	Linear Weighting		
PSPL	0.750 pa.(L) at 0.267 sec		
ZC Freq	73 Hz		
Channel Test	Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv )		
	Tran	Vert	Long
PPV	1.778	1.397	1.270
ZC Freq	7.3	8.0	7.0
Time (Rel. to Trig)	0.558	0.497	0.996
Peak Acceleration	0.013	0.027	0.013
Peak Displacement	0.038	0.032	0.030
Sensor Check	Passed	Passed	Passed
Frequency	7.3	7.5	7.2
Overswing Ratio	3.8	3.7	4.1
Peak Vector Sum	2.071 mm/s at 0.482 sec		

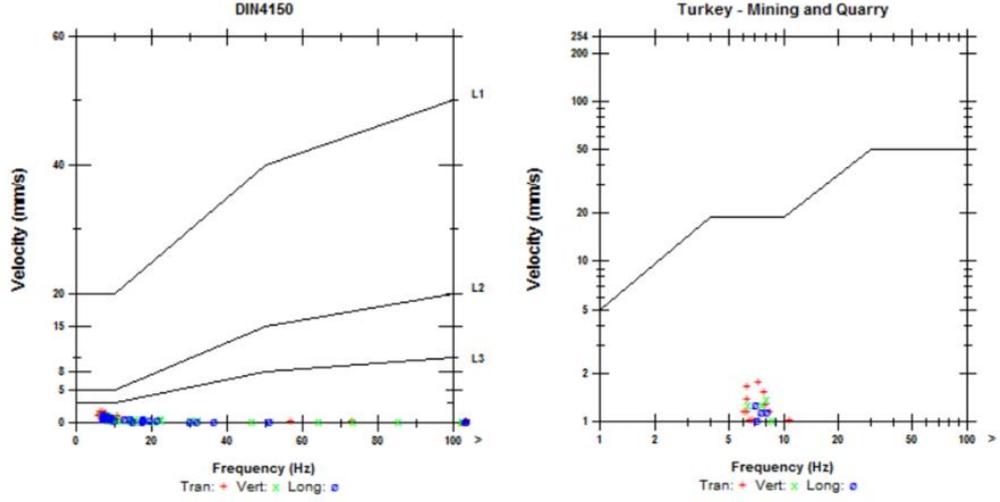


Şekil 6.4. Titreşim ölçer cihazın veri aktarımı ve incelenmesinde kullanılan yazılım görüntüsü: A panosunda yapılan patlatmanın, 13638 numaralı cihazdan alınan kayıt raporudur. Hasar kriter eğrileri Alman DIN4150 standartına göre hazırlanmıştır.



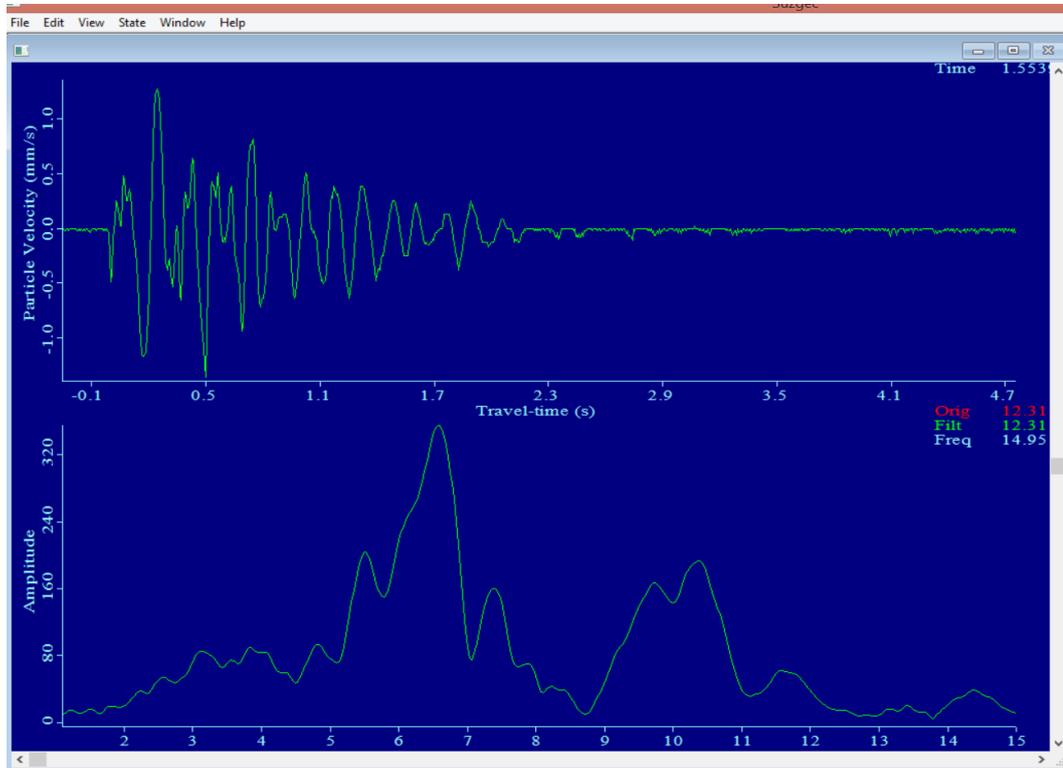
Şekil 6.5. Titreşim ölçer cihazın veri aktarımı ve incelenmesinde kullanılan yazılım görüntüsü: A panosunda yapılan patlatmanın, 13638 numaralı cihazdan alınan kayıt raporudur. Hasar kriter eğrileri, Türkiye Maden ve Taş Ocakları standartına göre hazırlanmıştır.

Şekil 6.6, karşılaştırmayı yapabilmek adına, aynı verinin Alman ve Türk standartlarına göre izin verilebilen hasar kriterlerine göre durumunu göstermektedir. Üç bileşende (Tran, Vert, Long), kırmızı, yeşil ve mavi renklerde görülen veriler Alman DIN normuna göre de, Türk normlarına göre de izin verilen hasar limitlerinin altında kalmaktadır. Ancak, Alman DIN normunda, frekans 10 Hz civarında iken, ki bu açık işletme patlatmalarında sıklıkla görülen frekans aralığıdır, tarihi eserlere dahi hasar vermemek üzere izin verilebilen en fazla titreşim değeri 2.5 mm/s iken; Amerikan standartından uyarlanan Türk standardına göre, 10 Hz civarında izin verilen titreşim değeri 19mm/s'dir. Bu çok yüksek bir değerdir ve Türk standartlarını gözeterek çevre yapılarına hasar vermemek için izin verilen 19 mm/s'yi geçmemek hedeflenirse, patlatmalar çevreye çok büyük hasarlar verecektir. Bu sebeple, güvenli tarafta kalmak adına, Alman DIN4150 normuna göre titreşimlerimizi kontrol etmemiz daha sağlıklı olacaktır.

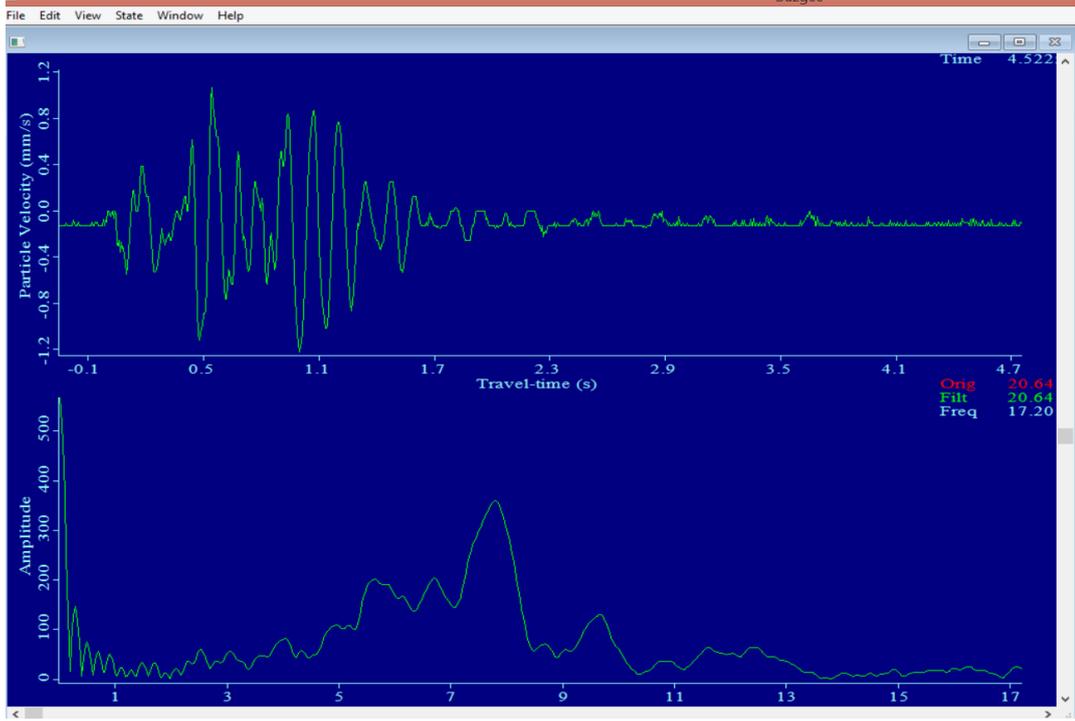


Şekil 6.6. Aynı verinin Alman ve Türk standartlarına göre izin verilebilen hasar kriterlerine göre durumu

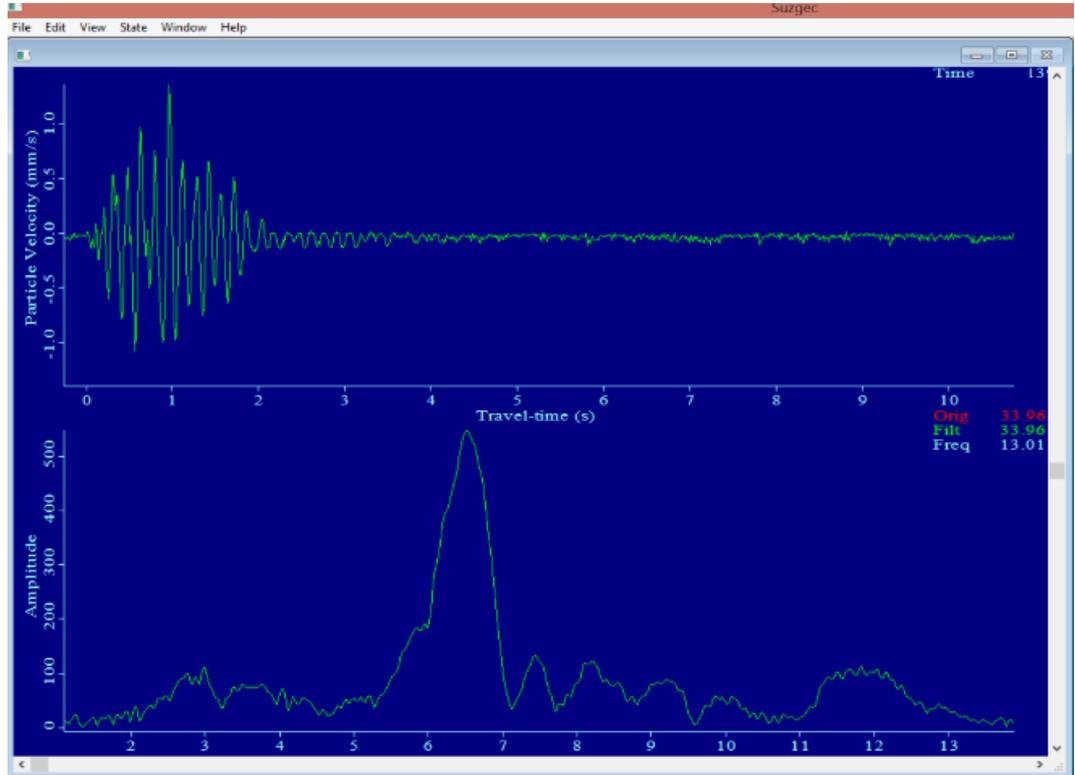
Bundan sonraki Şekil 6.7-6.11 arasında, A panosundaki patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638 ve cihaz#12270'den alınan üç bileşendeki (yanal, düşey, boyuna) dalga biçimleri incelenmiştir.



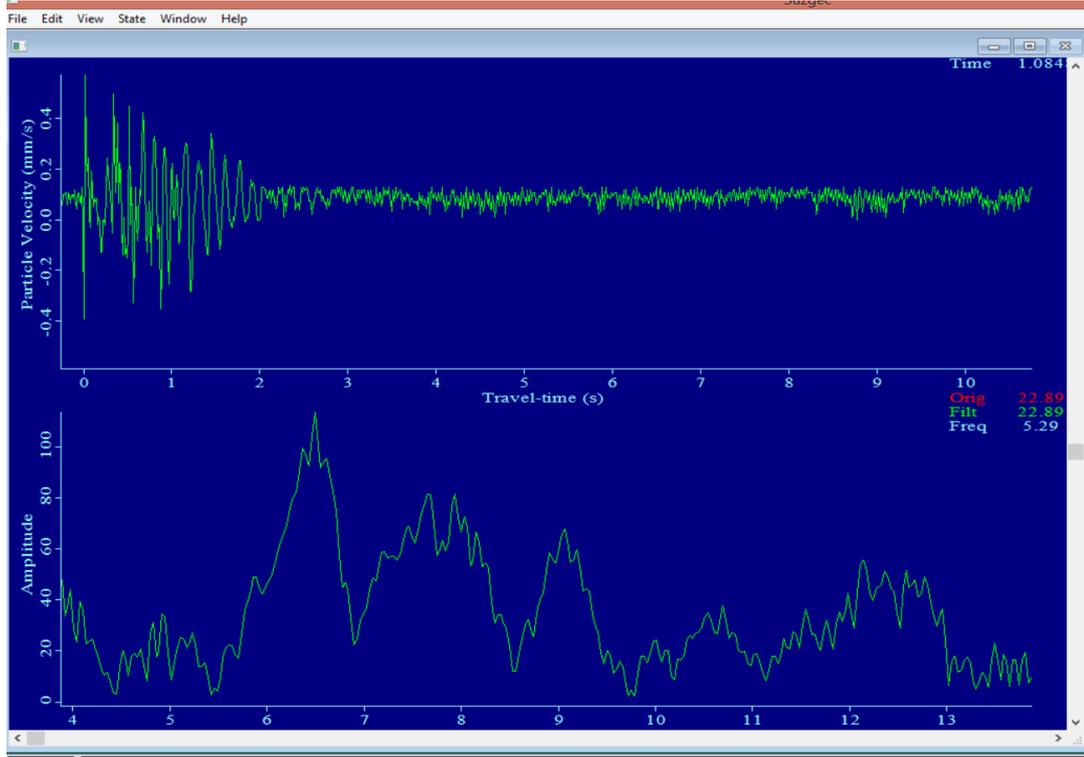
Şekil 6.7. Cihaz#13638'den alınan veride, dalga biçiminin düşey bileşeni



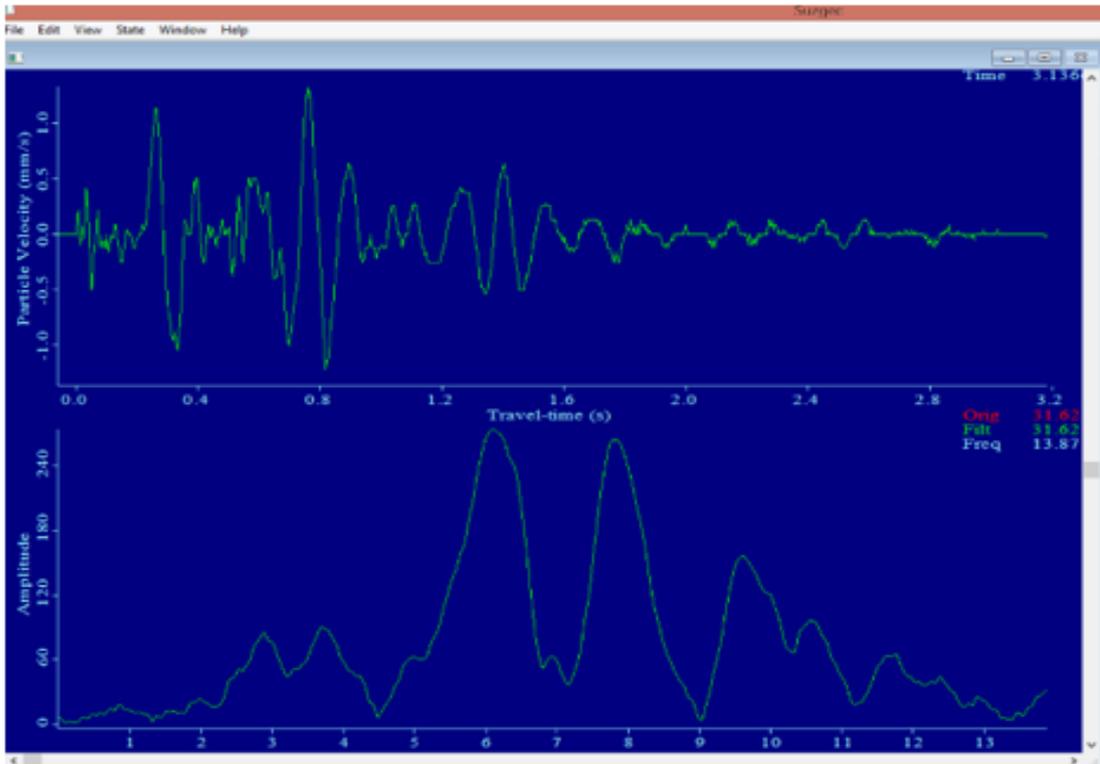
Şekil 6.8. Cihaz#13638'den alınan veride, dalga biçiminin boyuna bileşeni



Şekil 6.9. Cihaz#12270'den alınan veride, dalga biçiminin yatay bileşeni



Şekil 6.10. Cihaz#12270'den alınan veride, dalga biçiminin düşey bileşeni



Şekil 6.11. Cihaz#12270'den alınan veride, dalga biçiminin boyuna bileşeni

Patlatma kaynaklı titreşim verileri değerlendirildiğinde, her iki cihazda kaydedilen parçacık hızları ve dalga biçimlerine bakıldığında, patlatmaya 375 m ve 420 m mesafedeki titreşimlerin yaklaşık 3 saniye devam ettiği görülmektedir. Titreşim genlikleri Alman DIN normuna göre değerlendirildiğinde, tarihi yapılara dahi hasar vermeyecek limit olan 2.5 mm/s (10 Hz ve altında frekanslarda) 'nin altında olup ortalama 2 mm/s değerlerinde seyretmiştir. Ancak 3 saniye sürmesi, genlik düşük olsa da tercih etmediğimiz bir durumdur. Çünkü titreşimlerin uzun sürmesi genlik düşük olsa bile patlatmanın yapıldığı çevre yapılara az da olsa hasar verebilir. Ayrıca, cihaz#12270 (Şekil 6.11) 'de dalga biçiminde artış ve azalışlar görülmekte olup, bu durumun, yüzey gecikmesi olarak tek tip değil de 42 ms ve 65 ms den oluşan karışık gecikme sürelerinin kullanımından ileri geldiği düşünülmektedir. Yüzey gecikmelerinde, "elde ne varsa kullanılsın" mantığının güdülmesi, son derece tecrübeli olmalarına rağmen teknik olarak karşılaşılabilecek sıkıntıların bilimsel temelini ve kaynağını irdelemede yeterince bilgili olmayan, üstelik böyle bir görevi de olmayan ateşçilerde sıkça karşılaşılan bir durumdur. Farklı yüzey gecikmeleri, dalgaların birbirlerini söndürmek yerine güçlenmelerine neden olabilmektedir. Şekil 6.11'de görüldüğü gibi, genlik yükselmeleri ve uzun süreli titreşimlere sebebiyet verebilir. Bu yüzden, patlatmalarda, önceden planlanan malzemeler eksiksiz getirilmeli, yetmediği anda elde ne varsa kullanılmamalı, bunun kontrolü, ilgili mühendis tarafından yapılmalıdır.

Daha önce de belirtildiği üzere, TKİ ELİ açık ocak sahalarında delik delme işi, TKİ bünyesinde yapılmaktadır. Delme işlemi, patlayıcı ile kaya kazısı işleminin ilk ve en önemli adımıdır. Delici ekipman ve delik çapı seçimi, daha sonraki operasyonlarda ve maliyetlerde belirleyici rol oynamaktadır. TKİ'nin diğer açık ocaklarında olduğu gibi, burada da 9 inç (228.6 mm) delik çapında delikler delinmektedir. Bu delik çapının seçimi, ocak parametreleri ve dekapaj çalışmaları düşünüldüğünde çok doğru olmamakla beraber, uzun yıllar önce yapılan alımlarda bu delik çapı ile delik delen deliciler alındığı için, delik delme işi bu çapla devam etmektedir. Oysa ki, patlatma tasarımlarında herşey delik çapı seçimi ile başlar. Delik çapı seçiminde, delinecek kayanın türüne göre uygulanacak delme yöntemi, tabaka eğimi, jeolojik yapı, basamak yüksekliği, patlatma sonucu elde edilmek istenen parçalanma boyutları, üretim kapasitesi, kullanılacak patlayıcının cinsi önem taşımaktadır. Delik çapı seçimi, ayna (basamak) yüksekliğinin seçimi ile beraber karar verilmelidir. Delik çapı seçimi uygun yapılmazsa, işletmeler gereğinden fazla patlayıcı madde kullanacak, patlatma kaynaklı

titreşim ve hava şoku problemleri artabilecektir. Gereğinden fazla patlayıcı, gereğinden fazla ince malzeme elde etme gibi sonuçlar da doğurabilir.

Bu ocakta 9 inç'lik delikler delindiği için, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin, sırasıyla, en az 6 m ve 8 m olması gerekmektedir. Ancak basamak genişlikleri ve ocak parametreleri buna müsade etmediği için, dilim kalınlığı 2 m, delikler arası mesafe 5 m olacak şekilde delikler delinmektedir. Bu geniş çapta delinen 7 m lik bir delik , yaklaşık 160 kg ANFO alabilecek olmasına rağmen bu miktar gereğinden fazla kırmaya ve ince malzemeye neden olacağı için, deliklere 100 kg ANFO konmakta, bu durumda da delikleri birbirine yaklaştırmak zorunda kalınmaktadır. Başka bir deyişle, yanlış delik çapı seçiminden dolayı, patlatma tasarım parametreleri en uygun şekilde uygulanamamaktadır.

Ayrıca, delik çapı uygun büyüklükte olsaydı dahi; delme işleminin düzgün yürütülmesi aşaması da büyük dikkat ve özen gerektirmektedir. Çünkü, kötü delinen delikler patlatma sonucunu doğrudan etkiler ve istenen sonuçların elde edilmesini önler. Örneğin deliklerin olması gerektiğinden, kısa delinmesi, “tırnak”denilen, deliğin dip kısımlarında parçalanmadan kalan ve sonraki delme işleminde yük mesafesinin artmasına sebep olan oluşumlara sebep olabilmektedir. Deliklerin delinmesi esnasında eğimlerinin yanlış verilmesi sonucu birbirlerine yakınlaşmaları, bir delik patlarken diğerini daha patlamadan bozmasına sebep olabilecek ya da “sirayet patlaması” denilen ve bir delikteki ateşleme elemanı diğer delikteki gecikme elemanını zamanından önce patlatabilecektir. Ayrıca, deliklerin olması gerektiğinden yakın delinmesi nedeniyle, gecikmesi fazla olan delikteki patlayıcının sağırlaşıp patlamaması gibi olaylar da doğabilecektir. Sağırlaşma etkisi, ilk patlayan deliğin, eğimin yanlış verilmesinden dolayı ya da yanlış hesaplamayla çok yakın delinen başka bir deliğe uyguladığı basınç dalgasının delikteki patlayıcı karışımı sıkıştırması ve yoğunluğunu arttırması nedeniyle, patlayıcının patlamamasıdır. Bu basınç patlayıcının duyarlılığı ile orantılı olup, sağırlaşma etkisinin başlayacağı kritik mesafe, deliğe yüklenen patlayıcının infilak hızı ile ilişkilidir.

Delme ve patlatma işinin tasarımı ve uygulanması, delici operatör ve ateşçinin insiyatifine bırakılmamalı; konusunda uzman mühendis tarafından her aşamasına nezaret edilerek yaptırılmalıdır.



## 6.2. TKİ ELİ Eynez Açık Ocağı Patlatma Çalışması

Bu bölümde, TKİ ELİ Eynez ocağında, 18 Ağustos 2016 tarihinde yapılan pilot patlatma uygulaması, pilot patlatmadan kaynaklanan sismik dalgaların ölçüm metodolojisi ve 5 ayrı yöne yerleştirilen sismik ölçüm cihazları ile elde edilen pilot sinyalleri kullanarak geliştirilen grup patlatma modellemeleri anlatılmıştır. Aynı gün içerisinde, pilot patlatmanın hemen yanında grup patlatması da, müteahhit firmanın hazırladığı düzende yapılmış ve ondan kaynaklı titreşimler de, aynı yerlerde bekleyen titreşim ölçerlerle kaydedilmiştir. Pilot patlatma kaynaklı sinyaller, beş yönde, "yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle söndürülmesi yöntemiyle [4, 6] modellenmiş ve titreşimlerin en az olduğu optimum grup patlatma tasarımı önerilmiş; müteahhit firmanın yaptığı gerçek grup patlatması ile karşılaştırılmıştır.

### 6.2.1. Pilot ve Grup patlatma uygulaması ve sismik dalgaların kaydedilmesi

Şekil 6. 12 pilot ve grup patlatma ve ölçüm noktalarının yerlerini gösteren Google Earth haritasıdır.



Şekil 6.12. Eynez Ocağında pilot ve grup patlatma yapılan yerler ve ölçüm cihazlarının (12270, 12269, 14465, 13638) bulunduğu noktaların Google Earth'den alınan görüntüleri [58]

Titreşim ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntüler Şekil 6.13’de verilmiştir.



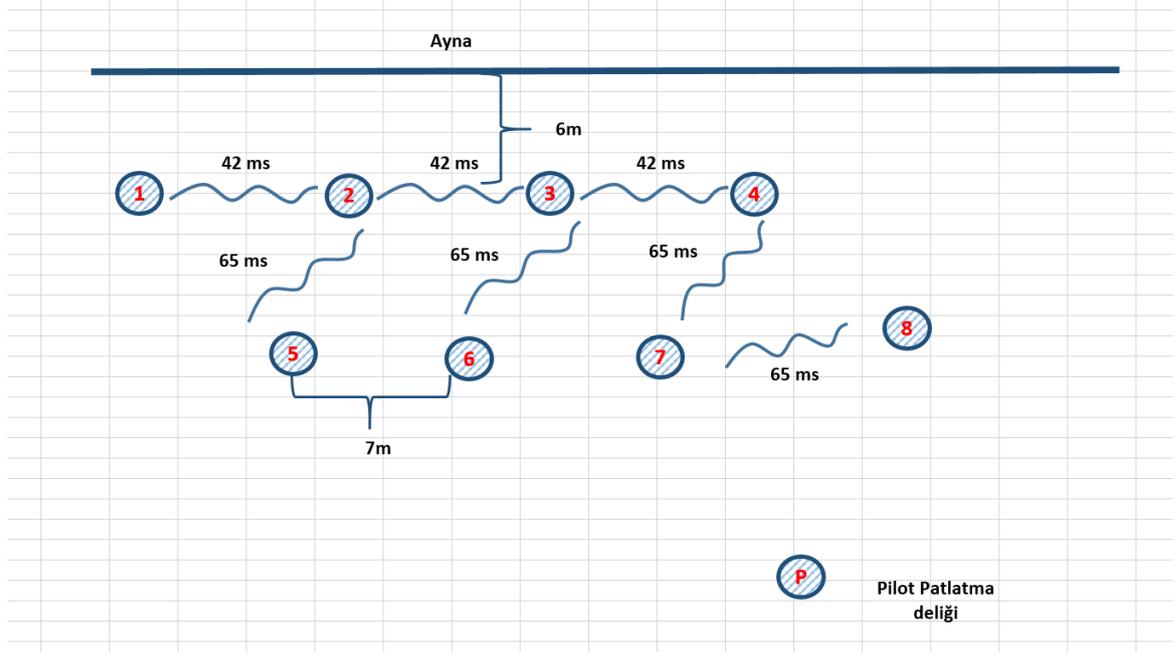
Şekil 6.13. Titreşim ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi ve patlatma sahasından görüntüler

Çizelge 6.3’ de, 18.08.2016 tarihinde Eynez Ocağında, işletme tarafından delinen ve firmanın sağladığı patlayıcılarla, firmanın yetkili mühendis ve ateşçi ekibi eşliğinde patlatılan gruba ait tasarım parametreleri bulunmaktadır.

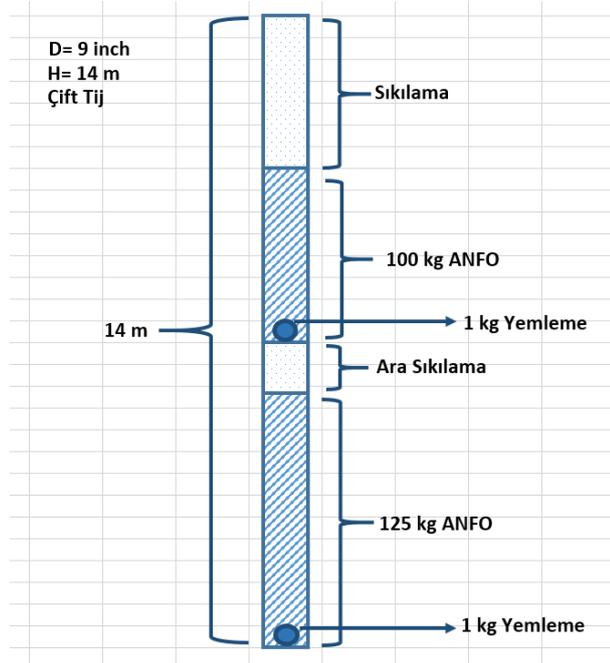
Çizelge 6.3. Eynez Ocağında 18.08.2016’da yapılan patlatma parametreleri

Patlatma Tasarım	Parametreleri	Delik No:	Anfo Kg	Kapsüle Duyarlı Dinamit, kg	Delik Boyu (m)	Sıkılama Boyu
<b>Tarih</b>	18.08.2016	1	200	2	15	
<b>Atım yeri</b>	Eynez 5 Marion	2	225	2	14	
<b>Hava durumu</b>	Açık	3	175	2	12	
<b>Delik çapı, D</b>	9 inch (228.6 m)	4	225	2	15	
<b>Kuru delik sayısı</b>	9 (1 pilot, 8 grup)	5	225	2	15	
<b>Sulu delik sayısı</b>	-	6	225	2	15	
<b>Ayna boyu (K)</b>	14 m	7	225	2	15	
<b>Delik boyu (H)</b>	12-15 m	8	225	2	15	
<b>Patern (BxS)</b>	Delik ayna mesafesi (B) 6 m; Delikler arası mesafe (S) 7 m	9	225	2	15	
<b>Kapsüle duyarlı dinamit (yemleme)</b>	9 adet 2 kg’lık dinamit	Toplam	1950 kg	18 kg	131	
<b>Elektrikli kapsül</b>	-					
<b>İnfilaklı fitil</b>	-					
<b>Şok tüp</b>	300 m					
<b>Hazır Anfo</b>	-					
<b>Dökme Anfo</b>	1950 kg					
<b>MS-7200, Delik içi gecikme</b>	18					
<b>SD (yüzey gecikmesi)</b>	SD 42: 4 adet SD 65: 4 adet					
<b>Açıklama</b>	Formasyon: Marn  Delik içi verilen 7200 ms gecikme, normalde tünellerde uygulaması olan LP (long period) dediğimiz gecikmedir. Açık işletmelerde genellikle 450-500 ms delik içi gecikme verilmektedir.					
<b>Ölçüm yerleri</b>	Şekil 11.17’de patlatma ve ölçüm yerleri verilmiştir. Mesafeler Çizelge 11.4’de yazılmıştır.					

Şekil 6.14, delik paternini, Şekil 6.15 ise bir deliğin dolduruluş biçimini göstermektedir.



Şekil 6.14. Delik paterni. Dilim kalınlığı, B: 6 m, Delikler arası mesafe S: 7m. Delikler arası 42ms, sıralar arası 65 ms yüzey gecikmesi uygulanmıştır



Şekil 6.15. Bir deliğin dolduruluşu

Çizelge 6.4 18.08.2016'da Eyznez'de yapılan pilot ve grup patlatmalarından kaynaklı titreşim değerlerini göstermektedir.

Çizelge 6.4. 18.08.2016'da Eyznez'de yapılan pilot ve grup patlatmalarından kaynaklı titreşim değerleri

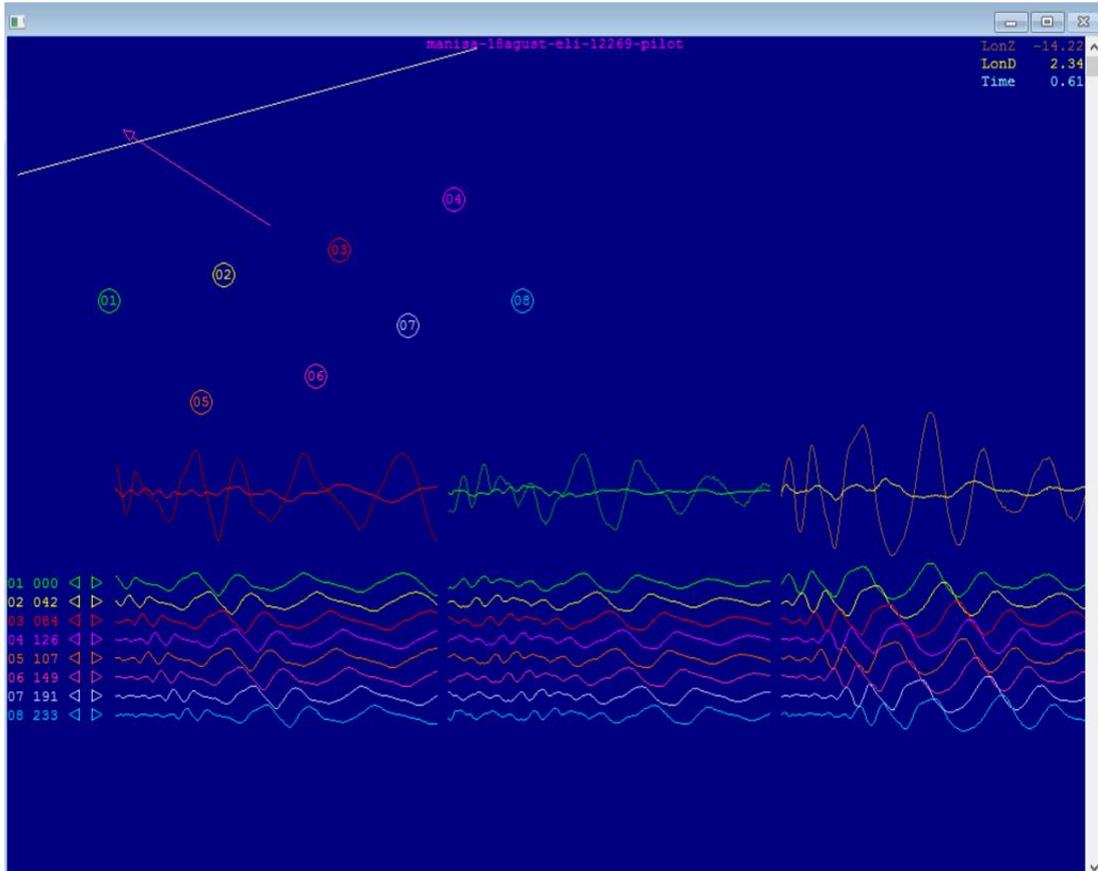
Tarih	Patlatma türü	Cihaz	Q,kg	R (m)	Yanal bileşen, mm/s	Düşey bileşen, mm/s	Boyuna bileşen, mm/s	Vektörel toplam mm/s	Etken Frekans, Hz
18.08.16	Pilot	12269	225	416	1.905	1.397	1.540	2.808	5.25
18.08.16	Grup	12269	225	427	3.048	2.159	2.572	4.623	4.75
18.08.16	Pilot	12270	225	417	2.032	1.524	2.921	<b>3.116</b>	4.8
18.08.16	Grup	12270	225	426	2.159	2.032	2.794	<b>2.876</b>	3.8
18.08.16	Pilot	13638	225	412	1.651	1.397	2.286	2.505	5.8
18.08.16	Grup	13638	225	404	1.905	1.778	3.302	3.606	4.8
18.08.16	Pilot	14465	225	340	8.890	3.429	5.969	<b>8.984</b>	6.3
18.08.16	Grup	14465	225	337	10.79	4.191	7.366	<b>11.16</b>	5.5
18.08.16	Pilot	Micro	225	412	1.198	2.325	2.262	3.302	4.2
18.08.16	Grup	Micro	225	399	2.309	3.216	4.784	5.234	5.6

Çizelge 6.4'de, 12270 numaralı titreşim ölçer cihazdan alınan kayıtlara dikkat edilirse, Pilot (tek delik) patlatmasından kaynaklı titreşimlerin vektörel toplamda, Grup patlatmasından kaynaklı titreşimlerden daha fazla olduğu görülebilir. Bu durum, uygun gecikme aralıkları verilerek yapılan 8 delikli grup patlatmasının, 12270 numaralı cihazın olduğu yönde, tek delikten daha az titreşim ürettiğini gösterir. Çünkü ayrı deliklerden belirli gecikmelerle çıkan sinyaller birbirlerini yolda söndürmektedirler. Pilot patlatmada ise, bir deliğin içerisine konan patlayıcının kaya ile etkileşimi sonucunda çıkan tek bir sinyal yol almakta ve hedef noktayı titretmektedir. Kendisini söndürecek başka bir sinyal yoktur. İşte, pilot patlatma kaydına göre, her delikten çıkan sinyallerin yolda birbirlerini söndürecek biçimde olabilmesi için en uygun gecikmeler verilerek grup patlatma modellemeleri yapılacaktır. Bu durum, cihaz 14465' in bulunduğu yönde de yaklaşık olarak aynıdır. Pilot patlatma kaynaklı sismik sinyalin genliği, neredeyse 8 delikli grup patlatmasınıninkine yakındır.

Çizelge 6.4'de görüleceği üzere, sismik dalganın 3 bileşeninden genellikle boyuna bileşende genlikler yüksektir. Bu durum, kömür madenlerinde sıkça rastladığımız durumdur çünkü Rayleigh dalgalarının oluşumu sıkça görülmektedir. Bu sebeple, modelleme çalışmalarında dalgaların boyuna bileşeni dikkate alınmıştır.

Şekil 6.16, Cihaz 12269'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesini göstermektedir. Bu gecikme değerleri, firmanın uyguladığı değerlerdir. Sağ üst köşede, sarı ile boyuna bileşendeki düşme miktarı (LonD) 2.34 birim görülmektedir. Şekilde orta bölümdeki sismik dalgalardan sarı ile gösterilen boyuna bileşene bakıldığında da, koyu kahverengi genliklerden sarı genliklere düşüş görülebilir.

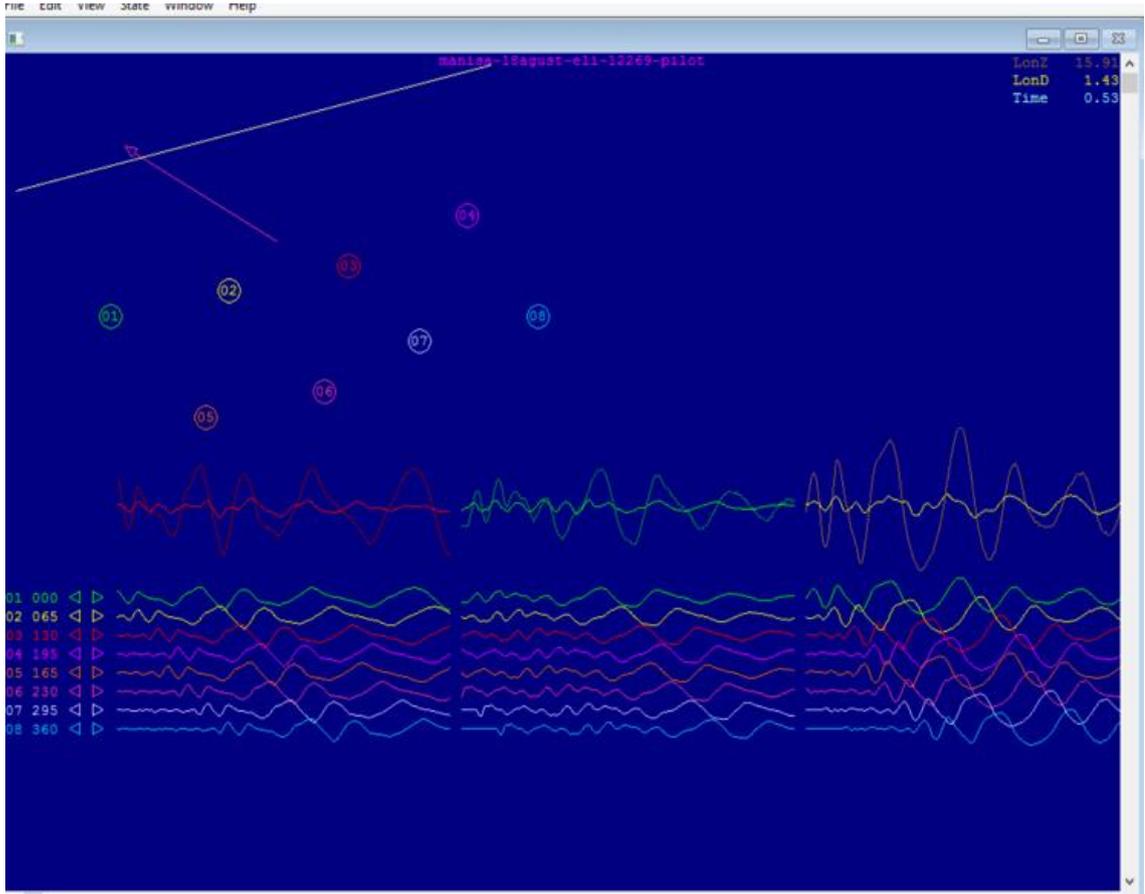
Çizelge 6.4.'de, cihaz 12269'dan alınan gerçek grup patlatmasının boyuna bileşen değerinin 2.572 mm/s olduğu görülebilir. Bu durum, modelin doğru çalıştığını ispatlamaktadır.



Şekil 6.16. Cihaz 12269'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi

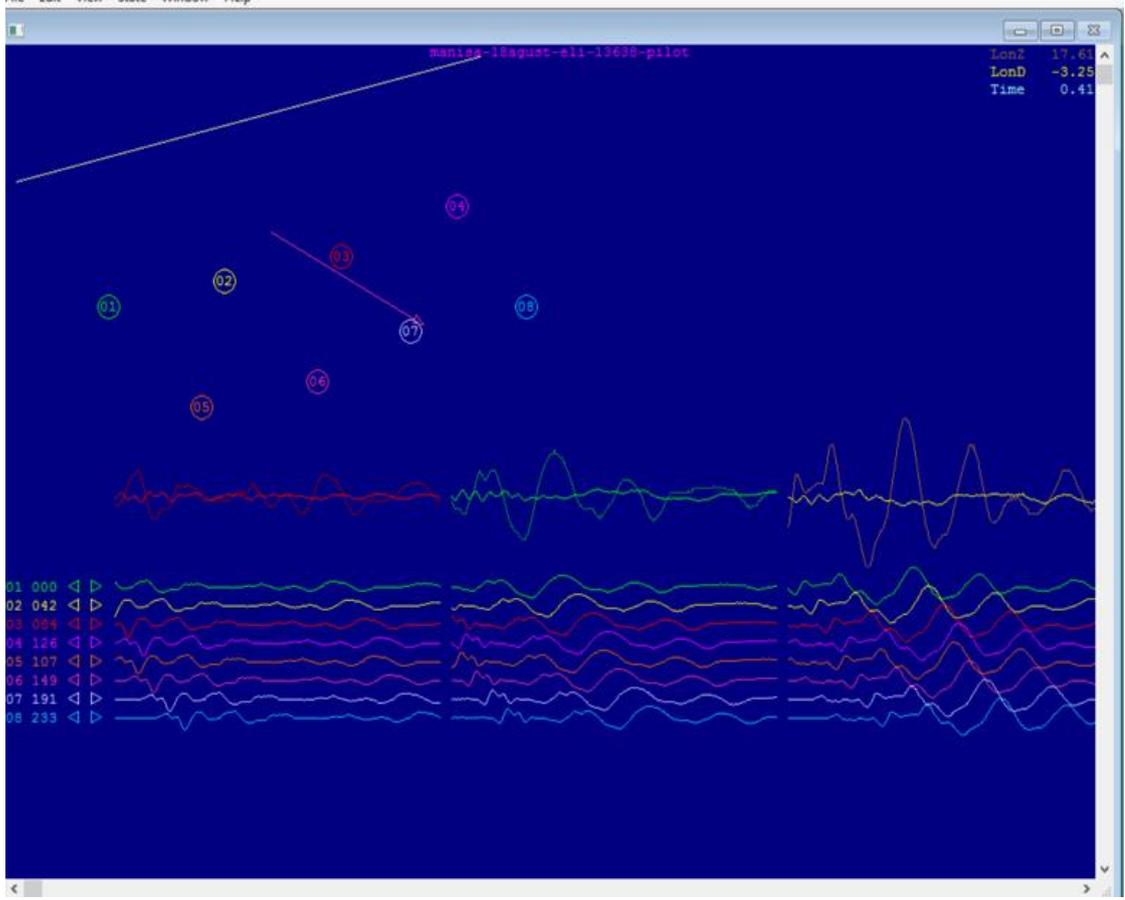
Eynez sahasında mevcut düzende yapılan modellemede denenen gecikme sistemi, (delikler arası 42ms, sıralar arası 65ms), Şekil 6.16-17 karşılaştırıldığında, Eynez sahasında delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms yüzey gecikme süresinin titreşim

genliklerini düşürmede daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Boyuna bileşende 1.43 birime düşerken, mevcut düzenin uygulandığı modelde (Şekil 6.16) ve gerçek patlatmada boyuna bileşende titreşimlerin 2.3-2.5 birim civarında olduğu görülmektedir. Bu değerler standartlara uygun olsa bile delikler arası 65 ms sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemede genlik daha düşük olduğu için bu modellemenin daha etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 6.17. Cihaz 12269'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi

Beş ayrı yönde pilot patlatma kayıtları alındığı için, diğer 4 yöndeki kayıtlara da modellemeler yapılmıştır. Örneğin Şekil 6.18, Cihaz 13638'dan alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesidir. Boyuna bileşende titreşim genliklerinin 3.25 birime düşeceği ( üstte sarı LonD) öngörülürken, Çizelge 6.4'de gerçek patlatmadan da 3.3 mm/s genlik ölçüldüğü görülebilir. Modelin doğruluğu bu cihazdan alınan kayda göre de ispatlanmıştır.

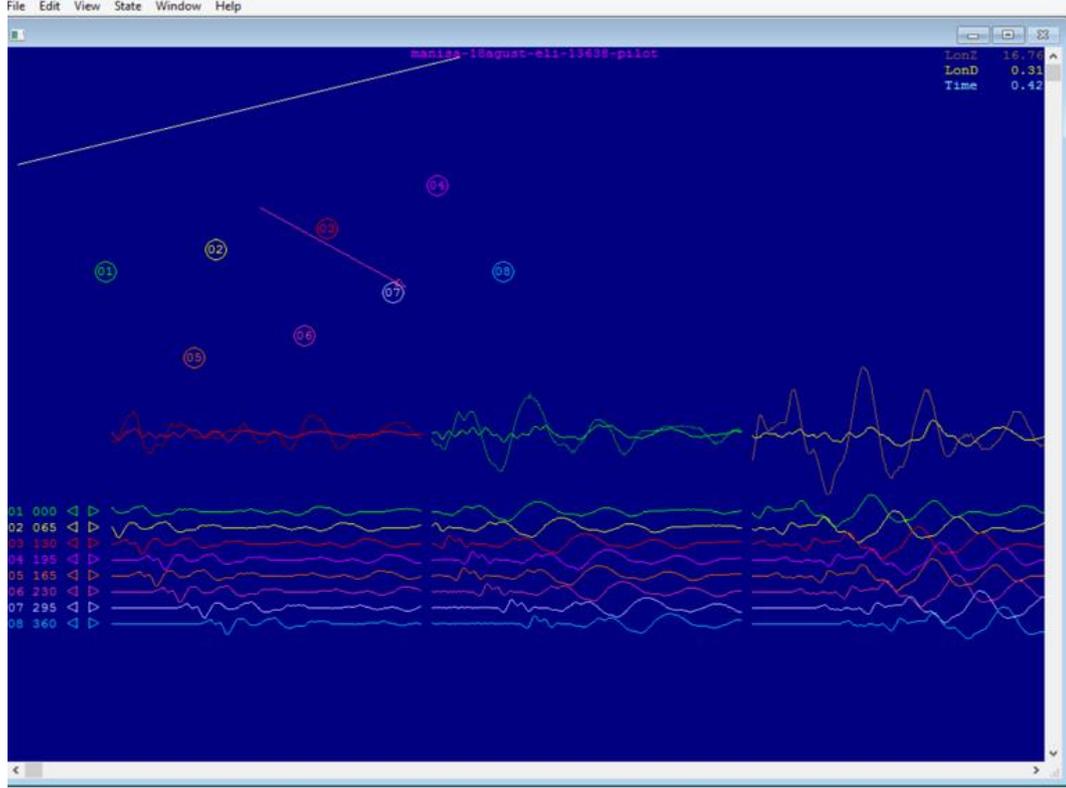


Şekil 6.18. Cihaz 13638’den alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi

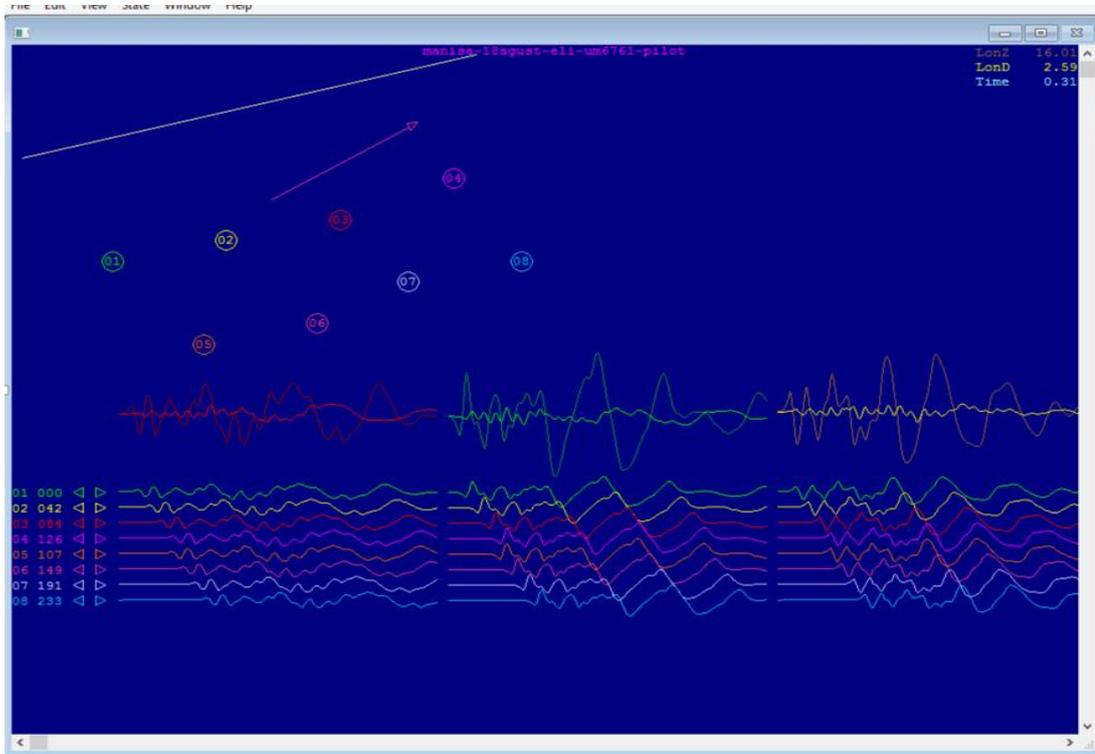
Bu sebeple, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms yüzey gecikmesi modellemesi bu cihazdan alınan pilot veriye de uygulanmıştır. Şekil 6.19’de görüleceği üzere, boyuna bileşen genliklerinde, 0.41. saniyede bu gecikmelerle, diğer firmanın uyguladığı 42-65 ms sistemine göre daha fazla düşüş olsa da, daha geç zamanlarda, örneğin 0.56sn, genliklerde artış farkedilmektedir. Bu yönde, delikler arası 42 ms-sıralar arası 65 ms gecikme verilmesi, tüm dalga formuna bakıldığında daha etkili olmuştur.

Cihaz 12269 ve 13638, tam zıt yönlere yerleştirilmişlerdir. Modellemelerde uygulanması halinde en az titreşimi vereceği önerilen gecikmelerin farklı olması nedeni ile, Cihaz micro’dan (Şekil 6.20) alınan kayda göre de modelleme yapılmıştır. Önce, gerçek patlatma ile de denenilen, firmanın uyguladığı sistem, 42ms-65ms gecikmeler modellenmiştir (Şekil 6.19).



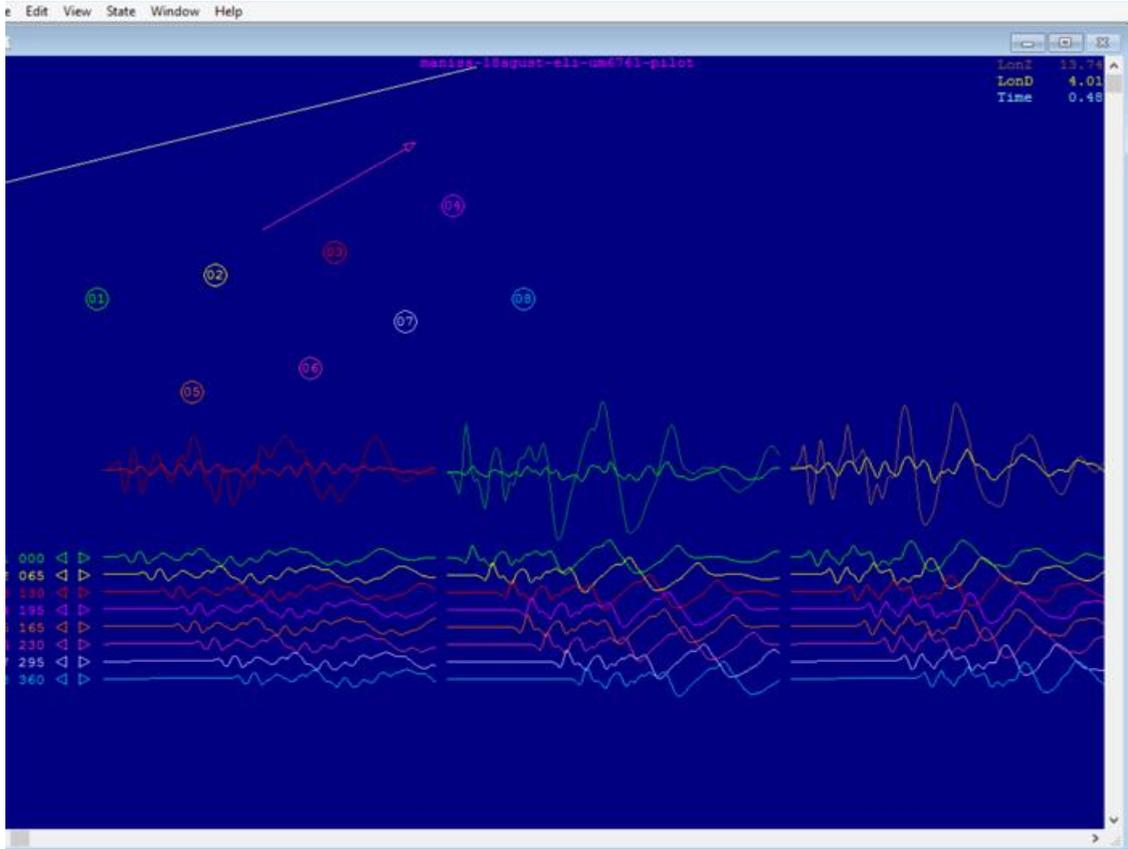


Şekil 6.19. Cihaz 13638’den alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi



Şekil 6.20. Cihaz micro’den alınan pilot kaydın, delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi

Şekil 6.20’de Boyuna bileşende titreşim genliklerinin 2.59 birime düşeceği ( üstte sarı LonD) öngörülürken, Çizelge 6.4’ de gerçek patlatmadan da 2.7 mm/s genlik ölçüldüğü görülebilir. Modelin doğruluğu bu cihazdan alınan kayda göre de ispatlanmıştır. Bu sebeple, delikler arası 65ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi modellenmesi bu cihazdan alınan pilot veriye de uygulanmıştır. Şekil 6.21, bu modellemeyi göstermektedir. Şekil 16.20 ve 21 karşılaştırıldığında, mevcut uygulanan delikler arası 42ms sıralar arası 65ms gecikmenin titreşimleri sönmülendirmede bu yönde de cihaz 13638 yönünde olduğu gibi daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple, her ne kadar cihaz 12269 yönünde, 65ms-100ms gecikme sistemi daha etkili sonuç verse de, ocağın genelini düşünerek, mevcut 42ms-65ms yüzey gecikmesi sistemine devam edilmesinin uygun olduğu modelleme ve gerçek patlatmalarla görülmüştür.



Şekil 6.21. Cihaz micro’ dan alınan pilot kaydın, delikler arası 65 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilerek yapılan modellemesi

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 10 Kasım 2015’de yapılan patlatmanın (patlatma kotu:506m), patlatma yapılan kottan 51 m aşağıdaki kotta (kot: 455m) ve 76 m aşağıdaki kotta (kot:430 m) alınan 3 bileşendeki titreşim kayıtları alınmıştır. Sonuç olarak alt kotta olan cihaz 5.12 mm/s’ lik bir değer ölçerken, bir üst kottaki cihaz 3.97 mm/s’ lik bir değer ölçmüştür. Yani bir alt kotta olan cihaz daha yüksek genlikler ölçerken, bir üst kotta bulunan cihaz daha düşük genlikler ölçmüştür. Bunun nedeni, kömürün kanal dalgası üretme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, kömür olan yerlerde yapılan patlatmalar daha kontrollü yapılmalıdır.

TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında 11 Kasım 2015’de yapılan patlatmada işletme 2 patlatma ve müteahhit firma da 2 patlatma yapmış ve toplamda 4 patlatma yapılmıştır. Yeryüzüne ve yeraltında 2 farklı noktaya konan sismograflardan alınan kayıtlara bakıldığında, Patlatma#1’ de çok uzak mesafeye sismograf yerleştirildiği için kayıt alınamamıştır. Patlatma#2, Patlatma#3, Patlatma#4’den ise kayıtlar alınmıştır. Patlatma#2’ de delik boyu 14 m’dir. Delikler derin olduğu için, yeraltına nüfuz eden cisim dalgaları etkin olmuş ve bu yüzden yerüstündeki titreşim genliğine (1.61 mm/s) yakın bir titreşim genliği ölçülmüştür (1.43 mm/s). Patlatma 3’de delik boyu 9 m’dir. Bu derinlikte yüzey dalgaları etkin olduğu için, yüzeyde yüksek genlik ölçülürken (3.56 mm/s), yeraltında 0.813 mm/s ölçülmüştür.

Sonuç olarak, 11 Kasım 2015’ de yapılan, Patlatma#2, 3 ve 4’den kaynaklanan titreşim genlikleri yeraltında 0.8-1.43 mm/s arasında ölçülmüştür. Bu genlikler yeraltında herhangi bir zarar verecek genlikler değildir. Ayrıca, 1977’de Amerikan Açık Ocak Birliği [1] tarafından hazırlanan bir protokole göre açık işletmelerde yapılan patlatmaların yeraltına verebileceği titreşim sınır değerinin ölçekli mesafenin 60 olduğu bir durumda 1 inch/s (25.4 mm/s)’ dir. Tez çalışmasında yapılan uygulamada elde edilen sonuçlara göre, 0.8-1.43 mm/s civarındaki titreşimler, dünya literatüründe izin verilen sınır değerlerin çok altındadır. Kaldı ki, dünya literatürüne göre izin verilen 25.4 mm/s titreşim değeri oluşturabilecek patlatmalara izin vermek, yeraltı yapılarına hasar verebilir. Ancak, kömür kotunda yapılacak patlatmalarda eğer derin delikler delinirse (14 m gibi), kömürdeki kanal etkisi ile genlikleri büyüyen ve derin delik olduğu için yeraltına nüfuz eden cisim dalgalarının genlikleri daha büyük olabilir. Bu durum, 10 Kasım’da yapılan patlatmadan alınan titreşim genliklerinde gözlenmiştir. Kömür

kotundaki cihaz, kendisinden daha üst kotta olan ve patlatmaya düşeyde daha yakın olan cihazdan daha yüksek genlik ölçmüştür. Bu durumun araştırılması, derin deliklerde üreyecek cisim dalgalarının genliklerinin kontrol sınırlarında olabilmesi için patlayıcı miktarları ve gecikmeler ile ilgili çalışma yapılması önerilmektedir.

TKİ ELİ Eynez Ocağında 12 Ekim 2016 tarihinde yapılan patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin Eynez Karanlıkdere yeraltı ocağındaki etkilerinin ölçmek amacıyla 2 sismograf yeryüzüne, bir sismograf ise Soma Kömürleri Eynez yer altı ocağında yüzeyden 114 m aşağıya yerleştirilmiştir. Sonuç olarak yeraltından herhangi bir titreşim kaydı alınamamıştır.

31 Mayıs 2016' da yapılan çalışmada ise 2 m dilim kalınlığı ve 5 m delikler arası mesafe, 9 inçlik çapa sahip delikler için oldukça yetersiz olduğu görülmüştür. Bu mesafeler yetersiz olduğu için deliklerin infilak sırasında birbirlerini bozduğu düşünülmektedir. Bu yüzden, deliklerin infilak sırasında birbirini bozmamaları için dilim kalınlığının en az 6, delikler arası mesafenin de 8 m verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, aynı sıra içerisinde farklı gecikme sürelerinin kullanılması (ilk 5 delik arasına 65 ms, sonraki iki deliğe 42 ms verilmesi), gerek elde edilen sonuçlara gerekse de titreşim kayıtlarına bakıldığında, dalgaların yıkıcı girişime uğrayarak birbirlerini söndürmelerini zorlaştırmıştır. Delikler arasına verilen gecikme sürelerini, eldeki mevcut gecikme elemanına göre değil, deliklerden çıkacak dalgaların birbirlerini yol içerisinde söndürecek şekilde seçilmeye dikkat edilmelidir.

Bu ocakta, yanlış delik çapı seçiminden dolayı, patlatma tasarım parametreleri en uygun şekilde uygulanamamaktadır. Kısaca, deliklerin delinmesi büyük özen isteyen bir işlem olup, patlatma tasarımlarından sorumlu ilgilinin, deliklerin düzgün delinmesinden, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin doğru verilmiş olmasından, tırnak kalmaması için alt delme dediğimiz, basamak yüksekliğinden bir miktar daha derin delme işini yapmış olduğundan emin olması gerekmektedir.

18 Ağustos 2016' da TKİ-ELİ Eynez Açık Ocağında yapılan çalışmada ise pilot patlatma kullanılarak grup patlatmaları modellenmiştir. Sonuç olarak ocağın geneli düşünülmüş ve mevcut uygulanmakta olan gecikme sisteminin (delikler arası 42 ms, sıralar arası 65 ms) genlikleri düşürmede daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, müteahhit tarafından yapılan grup patlatmaları ve pilot patlatmalar karşılaştırıldığında, pilot patlatmaların grup patlatması gibi etkili olduğu sonucuna

varılmıştır. Bunun nedeni, pilot patlatmada çıkan tek sinyalin birbirini söndürecek başka bir sinyal olmadığı için grup patlatması gibi etkilidir.

Açık işletme patlatmalarının yeraltına etkilerini anlayabilmek için, Eynez sahasında iki çalışma yapılmıştır. Çünkü, yakınındaki Eynez Karanlıkdere yeraltı ocağından ölçümler almak mümkündür. Deniz sahasına yakın bir yeraltı işletmesi olmadığı, Eynez'deki İmbat Madencilik ve Demirexport'a ait diğer yeraltı ocakları, yeryüzünde patlatma yapılan yerlere çok uzak olduğu için, sadece Eynez Karanlıkdere yeraltı ocağında ölçümler alınmıştır. Cihazlar, yeryüzünden 114 m aşağıya konmuştur. İlk çalışmada patlatma yapılan yer yeraltı ocağına daha yakın olduğu için, 1 mm/s civarında bir titreşim değeri yeraltında ölçülmüştür. İkinci çalışmada, patlatma lokasyonu, yeraltına yaklaşık 800 m uzakta bulunduğu için soğrulma fazla olmuş ve yeraltındaki cihaz hiç ölçüm almamıştır. Literatürde açık işletme patlatmalarının yeraltındaki etkilerinin incelendiği çalışmalar daha önce ilgili bölümde değinilmiştir. Bu çalışmalarda 25.4 mm/s titreşim genliği eşik değeri olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmalarımızda bu titreşim genliklerinin oluşması söz konusu dahi olmamıştır. Kontrollü yapılan açık işletme patlatmalarından üreyen cisim dalgaları yüksek frekanslı oldukları için yer içinde seyahat ederken hemen soğrulmaktadır. Bu sebeple yeraltından ilk çalışmada çok küçük bir genlik, ikincide ise hiç ölçüm alınamamıştır.

Açık işletme patlatmalarından kaynaklı dalgalar yerin derinliklerine doğru ilerlerken soğrulmaya uğramaları nedeni ile, yeraltında, yerüstündeki gibi büyük genlikli titreşimlere neden olmamakla beraber, kanal dalga oluşumu gibi özel durumlarda yerin derinliklerine, genliklerinde düşme yaşanmadan taşınabilirler. Bu çalışmada yerüstü patlatmalarının yarattığı titreşimlerin yeraltında, literatürdeki örneklere nazaran çok daha az etkili oldukları kanısına varılmıştır. Ancak, yeraltında yapılan patlatmaların yeraltı yapıları ve tahkimatlara olan etkilerinin araştırılması halen teze konu olan, TKİ-ELİ Linyit İşletmesine bağlı Soma, Deniz ve Eynez Açık Ocak İşletmesinde AR-GE Danışmanlık Projesi [59] kapsamında devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Surface Mining Control and Reclamation Act of 1977, *The Office of Surface Mining*, **1977**.
- [2] Adhikari, G.R., Theresraj, A.I., Venkatesh, S., Balachander, R., Gupta, R.N., Ground vibration due to blasting in limestone quarries, *FRAGBLAST – International Journal of Blasting and Fragmentation*, 8, 85 – 94, **2004**.
- [3] Cihangir, F., Kesimal, A., Erçıkıdı, B., Durmuş, O., Karadeniz Bir Kalker Ocağında Patlatmak Kazılardan Kaynaklanan Çevresel Etkilerin Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon Madencilik ve Çevre Sempozyumu, **2005**.
- [4] Aldas, G.G.U., Ecevitoglu, B., Can, A., Ünüçok B., Sağol Ö., *TKİ GELİ Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Azaltılması- Final raporu*, **2006**.
- [5] Aldas, G.G.U., Ecevitoglu, B., Waveform analysis in mitigation of blast \_ induced vibrations, *Journal of Applied Geophysics*. 66, 25-30, **2008**.
- [6] Aldas, G.G.U., Explosive charge mass and peak particle velocity (PPV) frequency relation in mining blast, *Journal of Geophysics and Engineering*, 7, 223-231, **2010**.
- [7] Bilgin, H.A., Çakmak, B.B., *Çok Yakın Çevresinde Binalar Bulunan Bir Doğal taş Maden Ocağı için Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Titreşim Analizine Dayalı Güvenli Patlatma Tasarımı*, VI. Delme Patlatma Sempozyumu, 1, s.159-168, **2010**.
- [8] Aldaş, G.G.U., Ecevitoglu, G.B., *Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesini sağlayan yöntem*, Patent no:03459, **2011**.
- [9] Kamali, M., Ataei, M., Prediction of blast induced vibrations in the structures of Karoun III power plant and dam. *Journal of Vibration and Control*, 17, 541-548, **2011**.
- [10] Babayiğit, A., *Kömür damarı içi patlatma kaynaklı kanal dalgalarının ve çevresel etkilerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.
- [11] Khandelwal, M., Application of an expert system for the assessment of blast vibration, *Geotechnical and Geological Engineering*, 30, 205–217, **2012**.
- [12] Mohammadnejad, M., Gholam, R., Ramezanzadeh, A., Jalali, M.E., Prediction of blast-induced vibrations in limestone quarries using Support Vector Machine, *Journal of Vibration and Control*, 18, 1322-1329, **2012**.
- [13] Ataei, M., Kamali, M., Prediction of blast- induced vibration by adaptive neuro-fuzzy inference system in Karoun 3 power plant and dam, *Journal of Vibration and Control*, 19, 1906-1914, **2013**.
- [14] Özer, Ü., Karadoğan, A., Kahrıman, A., Aksoy, M., Bench Blasting Design Based On Site-Specific Attenuation Formula in a Quarry, *Arabian Journal of Geosciences Journal*, 6, 99711-721, **2013**.
- [15] Xue, X., Yang, X., Predicting blast-induced ground vibration using general regression neural network, *Journal of Vibration and Control*, 1077546312474680, **2013**.

- [16] Blair, D.P., Blast vibration dependence on charge length, velocity of detonation and layered media, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 65, 29-39, **2014**.
- [17] Cardu, M., Mucci, A., Uyar, G.G., Investigating the effects of bench geometry and delay times on the blast induced vibrations in an open-pit quarry, *Indagine Sugli Effetti Della Geometria di Scavo e Della*, 52, 45-56. **2015**.
- [18] Uyar, G.G., Aksoy, C.O., Kaypak, B., Şev duraylılığı açısından kontrollü patlatma teknikleri, *Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, **2015**.
- [19] Simpson, T., Phang, M.K., *Effects of Surface Mine Blasting On Underground Mine Openings*, International Society of Explosives Engineers Conference, **1997**.
- [20] Rupert, G.B., Clark, C.B., *Criteria for the proximity of surface blasting to underground coal mines*. In: Proceedings of the 18th Symposium on Rock Mechanics: Keystone (Colorado School of Mines) 3C3, 1–10, **1977**.
- [21] Jensen, D.E., Munson, R.D., Oriard, L.L., Reitman, J.D., Wright, R.S., *Underground vibration from surface blasting at Jenny mine, KY*. Woodward-clyde consultants, Orange CA. Final contract RPT J0275030 for the USBM: 99, **1979**.
- [22] Kidybinski, A., Design criteria for roadway supports to resist dynamic loads, *International Journal of Mining and Geological Engineering*, 4, 91–109, **1986**.
- [23] Fadeev, A.B., Glosman, L.M., Sofonov, L.V., *Seismic control of mine and quarry blasting in the USSR*. Proceedings of the International Conference on Rock Mechanics, Montreal, Canada, 617–619, **1987**.
- [24] Fourie, A.B., Green, R.W., Damage to underground coal mines caused by surface blasting. *International Journal of Surface Mining*, 7, 11–16, **1993**.
- [25] Masui, A., Sen, G.C., *Underground vibrations from adjacent open cut blasts*. In: Proceedings of the Joint MMIJ/AusIMM Conference: New Horizons in Resources Handling and Geo-engineering: Ube, Japan, 361–367, **1994**.
- [26] Andieux, P., Mckenzie, C., Heilig, J., Drolet, A., *The impact of blasting on excavation design-A geomechanics approach*, Proceedings of the 10th Symposium Explosive and Blasting Research: Austin, Texas, 107–119, **1994**.
- [27] Singh, R.B., Singh, P.K., Prakash, A.J., Dhar, B.B., *Stability of underground coal mine openings and structures with particular reference to vibrations from surface mine blasts*, In: Proceedings of the International EXPLO'95 Conference: Brisbane, Australia; 4–7 September: 329–332, **1995**.
- [28] Tunstall, A.M., Damage to underground excavations from open-pit blasting, *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, 106, 19– 24, **1997**.
- [29] Lewandowski, T., Keith, G., Croucher, M., Richards, A., *The impact of surface blasting on underground opening–geotechnical assessment*. In: Proceedings of the 6th International Symposium on Rock Fragmentation and Blasting (Fragblast6): South African Institute of Mining and Metallurgy, 131–138, 8–12 August **1999**.

- [30] Singh, P.K., Singh, R.B, Singh, T.N., Singh, DP., *Impact of surface blasting on the stability of underground workings*, In: Proceedings of the 6th International Symposium on Rock Fragmentation and Blasting (Fragblast6): South African Institute of Mining and Metallurgy, 139–144. 15: 8-12 August **1999**.
- [31] Singh, P.K., Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39, 959–973, **2002**.
- [32] *West Virginia Department of Environmental Protection Office of Explosives and Blasting*, Report of Relating Surface Coal Mine Scaled Distances to Deep Mine Roof Peak Particle Velocities, Virginia, **2007**.
- [33] Singh, P.K., Roy, M.P., Characterisation of blast vibration generated from open-pit blasting at surface and in belowground openings, *Institute of Materials, Minerals and Mining, Mining Tecnology*, **2008**.
- [34] Singh, P.K., Blast vibration effects in an underground mines caused by open-pit mining. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **2015**.
- [35] Uyar, G.G., Babayigit, E., Guided wave formation in coal mines and associated effects to buildings, *Structural Engineering and Mechanics, An International Journal*, 60, 6, 923-937, **2016**.
- [36] Özer, Ü., Karadoğan, A., Kalaycı, Ü., *Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü Eynez E-12 Panosu Dekapaj kazısında patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi Raporu, **2011**.
- [37] Özer, Ü, Karadoğan, A., Kalaycı, Ü., *Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü Işıklar 9 Panosu Dekapaj kazısında patlatma kaynaklı titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi Raporu, **2012**.
- [38] Uysal, Ö., Akçakoca, H., Beyhan S., TKİ-ELİ Müessese Müdürlüğü Açık Ocakları Eynez 13 Panosunda Yapılan Patlatmaların Yerüstü Tesisleri ve Civarında Bulunan Yerleşim Yerleri Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi Raporu, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Raporu, Manisa, **2014**.
- [39] Chaput, E., Voyage d'études géologiques et géomorphologiques en Turquie. Mémoires de l'Institut Français d'Archéologie de Stamboul II, 312, Paris, **1936**.
- [40] Kleinsorge, H., *Manisa Vilayetinin Soma Civarındaki Linyitli Tersiyerin Jeolojik Tetkikine Mütedair İhzan Rapor*, MTA Raporu, No. 937, Ankara, [yayınlanmamış], **1939**.
- [41] Kleinsorge, H., Manisa vilâyeti, Soma linyit zuhuru ve civarının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama, Ankara, 57, **1941**.
- [42] Arni, P., *Soma Linyit Yatağı Hakkında Jeolojik Rapor*, MTA Raporu No. 1360, Ankara, [yayınlanmamış], **1942**.



- [43] Brinkmann, R., Feist, R., Marr, W.U., Nickel, E., Schlimm, W., Walter, H.R., Soma dağlarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 74, 41-56, **1970**.
- [44] Nebert, K., Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, *Batı Anadolu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 90, 20-69, **1978**.
- [45] Akyürek, B., Soysal, Y., Kırkağaç - Soma (Manisa), Savaştepe, Korucu, Ayvalık (Balıkesir), Bergama (İzmir) civarının Jeolojisi, MTA Rapor, No:6432, Ankara, **1978** [yayımlanmamış].
- [46] İnci, U., Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 63-78, **1998a**.
- [47] İnci, U., Lignite and carbonate deposition in Middle Lignite succession of the Soma Formation, Soma coalfield, *International Journal of Coal Geology*, 37, 287-313, **1986b**.
- [48] İnci, U., Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 51, 1-29, **2002**.
- [49] İnci, U., Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Arpalıyığıt, İ., *Kırkağaç ve Soma (Manisa) grabenleri kenar faylarının kinematik analizi ve depremselliği*, TÜBİTAK projesi, Ankara, 73, **2001**.
- [50] İnci, U., Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Arpalıyığıt, İ., *Kırkağaç ve Soma grabenlerinin Kuvaterner jeolojisi*, IV Kuvaterner Çalıştayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri, **2003**.
- [51] Arpalıyığıt, İ., *Pliocene-Quaternary Geology of the Soma Graben*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, [yayımlanmamış], **2004**.
- [52] Dirik, K., Özsayın, E., Kahraman, B., *ELİ Işıklar – Güney Kısrakdere Sahasının Yapısal Özellikleri*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1-22, **2009**.
- [53] Karapınar, G. K., *Kuzey Kısrakdere (Soma) kömürlerinin yayılımı, rezervi ve bazı işletme parametreleri*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, **2011**.
- [54] Kahraman, B., *Güney Soma (Manisa KD'su-Türkiye) Neojen Havzası'nın Tektonik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2011**.
- [55] Aldaş, G.G.U., *Investigation of nonlinear behavior of blasts on blast performance*, Turkish Scientific and Technical Research Council (TUBİTAK), Project No: 108M359, **2008-2010**.
- [56] [https://earth.google.com/web/@39.08355921,27.54583298,630.94341054a,2702.42946693d,35y,0.00000003h,3.37020241t,-0r/data=CksaSRJBCiUweDE0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF\\_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI](https://earth.google.com/web/@39.08355921,27.54583298,630.94341054a,2702.42946693d,35y,0.00000003h,3.37020241t,-0r/data=CksaSRJBCiUweDE0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI), (10-11 Kasım **2015**).
- [57] <https://earth.google.com/web/@39.10407476,27.56871889,489.41278782a,12730.213009d,35y,0.00000003h,3.37550134t,0r/data=CksaSRJBCiUweD>

- [E0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF\\_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI](https://earth.google.com/web/@39.08606155,27.54163489,576.63587193a,1738.15214616d,35y,0.00000002h,3.36969288t,-0r/data=CksaSRJBCiUweDE0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI), (31 Mayıs **2016**).
- [58] [https://earth.google.com/web/@39.08606155, 27.54163489, 576.63587193a, 1738.15214616d,35y,0.00000002h,3.36969288t,-0r/data=CksaSRJBCiUweDE0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF\\_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI](https://earth.google.com/web/@39.08606155,27.54163489,576.63587193a,1738.15214616d,35y,0.00000002h,3.36969288t,-0r/data=CksaSRJBCiUweDE0YjllNzU0MzhlY2RjN2I6MHhjYTM3MWFjNTczMWQzOGZhGU-JkF_kh0NAIZI5InfViztAKgZFxJ9uZXoYASABKAI), (18 Ağustos **2016**).
- [59] Uyar, G.G., *TKİ-ELİ Linyit İşletmesine bağlı Soma, Deniz ve Eynez Açık Ocak Panolarındaki patlatmaların verimliliğinin optimize edilmesi; patlatma kaynaklı titreşimlerin hem yeryüzündeki yerleşim yerlerine hem de yeraltına olan etkilerinin araştırılarak minimize edilmesi için tasarımlar yapılmasına yönelik AR-GE Danışmanlık Projesi*, Türkiye Kömür İşletmeleri, Ekim **2016**.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Aynur ARPAZLI  
Doğum Yeri : Milas/ MUĞLA  
Medeni Hali : Bekar  
E-posta Adresi : arpazli\_aynur@hotmail.com  
Adres : Firuzpaşa Mahallesi, Sakız Sokak, No:10, Milas/MUĞLA

## Eğitim

Lise : Milas Lisesi (2005-2009)  
Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Jeofizik Mühendisliği Bölümü (2009 -2014)  
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Maden Mühendisliği (2014-2018)

## Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce - Çok iyi

## İş Deneyimi

Yok

## Deneyim Alanları

-

## Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

## Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 04.06./2018

Tez Başlığı: Açık İşletme Patlatmalarından Kaynaklanan Titreşimlerin Yakın Yeraltı İşletmelerindeki Etkilerinin İncelenmesi ve En Aza İndirilmesi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 67 sayfalık kısmına ilişkin, 04/06/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Aynur ARPAZLI

Öğrenci No: N14226772

Anabilim Dalı: Maden Mühendisliği

Programı: Tezli Yüksek Lisans

Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

04.06.2018

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)



HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
THESIS ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
TO THE DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Date: 04/06/2018

Thesis Title : Investigation and Minimization of The Effects of Vibration Due To Surface Mine Blasts On Nearby Underground Mines

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 04/06/2018 for the total of 67 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 7 %.

Filtering options applied:

1. Bibliography/Works Cited excluded
2. Quotes excluded / included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Date and Signature

Name Surname: Aynur ARPAZLI  
Student No: N14226772  
Department: Mining Engineering  
Program: Masters Thesis  
Status:  Masters  Ph.D.  Integrated Ph.D.

04-06-2018

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED.

Prof. Dr. Guzin Gulsev UYAR

(Title, Name Surname, Signature)