ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can DOVAN

KONTROLLÜ BASAMAK PATLATMALARINDAN KAYNAKLANABİLECEK İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2018

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROLLÜ BASAMAK PATLATMALARINDAN KAYNAKLANABİLECEK İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Can DOVAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Prof. Dr. Suphi URAL	Prof. Dr. Ahmet M. KILIÇ	Prof. Dr. Ö. Yusuf TORAMAN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONTROLLÜ BASAMAK PATLATMALARINDAN KAYNAKLANABİLECEK İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Can DOVAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Suphi URAL
Yıl: 2018, Sayfa: 53
Jüri : Prof. Dr. Suphi URAL
: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Prof. Dr. Ö.Yusuf TORAMAN

Bu çalışmada Gaziantep İlinde işletilen bir taş ocağında delme – patlatma yöntemi ile yapılan üretimlerde, patlatma işlerinde kullanılan malzemeler ve uygulama yöntemleri göz önünde bulundurularak, iş güvenliğinin arttırılması ve çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır.

Gecikmeli elektriksiz kapsüller ile ateşlemenin yapıldığı ocakta yer titreşimi problemlerinin oluştuğu bir bölgede, gecikmeli elektriksiz kapsüller ile yapılan verimsiz patlatmaların yerine, günümüz teknolojisinde geliştirilen elektronik kapsüllerin kullanımı ile yer titreşim miktarının azaltılarak, bir seferde patlatılan delik sayısının arttırılması üzerine çalışılmış, delik sayısının arttırılması ile beraberinde patlatma verimliliği de artmıştır. Ayrıca patlatmalarda oluşan taş savrulmaları açısından elektronik kapsüller, gecikmeli elektriksiz kapsüller ile karşılaştırılmış, bir dizi gecikmeli elektriksiz kapsül patlatması da karşılaştırılarak, taş savrulmaları, kullanılan malzeme, delik dizaynı ve ocak yapısı farklılıklarına göre irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş güvenliği, Patlatma, Gecikmeli elektriksiz kapsül, Elektronik kapsül, Titreşim

ABSTRACT

MSc THESİS

EVALUATION OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISKS THAT CAN BE RESOURCED FROM CONTROLLED BENCH BLASTINGS

Can DOVAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Supervisor : Prof. Dr. Suphi URAL
Year: 2018, Pages: 53
Jury : Prof. Dr. Suphi URAL
: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Prof. Dr. Ö.Yusuf TORAMAN

In this study, researches were carried out in order to increase the occupational safety and reduce the environmental effects of the blastings by considering the blasting goods and the application methods in the production made by the drilling - blasting method in a stone quarry operated in Gaziantep province.

In an area where vibration problems occur in the quarry where the initiation is made by the non-electrical detonators, instead of inefficient blastings by non-electrical detonators, the use of electronic detonators which are developed in today's technology to reduce the amount of vibration and worked on increasing the number of blasted holes at one time, with the increase in the number of holes, the blasting efficiency is also increased. In addition, electronic detonators in terms of fly rocks which occur during blastings, compared to non-electrical detonators. Besides that In a series of non-electrical detonators blastings comparing are made. Fly rocks, were examined according to the used materials, hole design and the quarries structure differences.

Key Words: Occupational Safety, Blasting, Electronic Detonators, Vibration

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Son yıllarda hız kazanan alt yapı ve üst yapı yatırımları için milyonlarca ton agrega (kırma taş) malzemesinin üretilmesi ve ayrıca yine milyonlarca m^3 kayanın yerinden sökülerek kazılması gerekmektedir.

Türkiye'deki açık maden ocaklarında, iş kazalarının %18'nin patlayıcı madde kullanımından kaynaklandığı bildirilmektedir.

Son yıllarda açık ocaklardaki patlayıcı madde kullanımında uzmanlaşmaya gidilmesi, maden işletmelerindeki patlayıcı madde uygulamalarının uzman kuruluşlar tarafından yerine getirilmeye başlanması nedeniyle iş kazası sayılarında bir düşüş olmakla birlikte, hala bu kazalar kabul edilebilir seviyelerin üzerindedir. Ülkemizdeki açık ocak madenlerinde görülen iş kazası türleri ile madencilikte gelişmiş bazı ülkelerdeki kaza türleri karşılaştırıldığında, diğer ülkelerdeki açık maden işletmelerinde patlayıcı madde kullanımından kaynaklanan herhangi bir iş kazası kaydı bulunmadığı görülmüştür.

Zeminleri hazırlamak üzere zorunlu olarak kontrollü patlatma teknikleri uygulanmaktadır. Bu uygulamalar sonucu patlayıcı maddelerin gerek depolama, nakliyat ve deliklere yüklenmesi sırasında gerekse ateşleme sonrası toz, gürültü, titreşim gibi İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) ile ilgili riskler ortaya çıkabilmektedir.

Tünellerde, planlanan kazı kesit alanının üzerinde bir alan kazıp dolgu masrafına neden olmamak; yol ve baraj şevlerinde de sağlam ve düz bir yüzey bırakmak için ve de kanal kazılarında istenilen kesitteki kanalı, aşırı hacim yaratmadan, titreşim oluşturmadan kazmak gibi birçok amaç için kontrollü patlatma teknikleri uygulanır. Ayrıca şehirlerin büyümesi, maden sahalarının ve yolların yerleşim yerine geçmişte olduğundan daha fazla yakınlaşmaları, şehir altyapı sistemlerinin ve yer altı ulaşım şebekelerinin her geçen gün artması sonucunda patlatma gerektiren uygulamalar, biraz daha yerleşim yerlerine, insanların yaşadığı bölgelere yaklaşmaktadır. Bunun sonucunda da patlatmaların ses, savrulan kaya ve titreşim gibi olumsuz etkilerinden etkilenen kişilerin

sayısında ki artış şikayetlerin olmasına sebep olmuştur. Bu nedenlerden dolayı patlatmaların, bu tür şikayetlere ve rahatsızlıklara konu olan sonuçlarının kontrol altına alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bütün bunlar kontrollü patlatma yöntemlerinin gelişmesine ve uygulama alanlarının artmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada; gecikmeli elektriksiz ve elektronik kapsüllerin, kontrollü basamak patlatmalarındaki uygulamaları, birbirlerine karşı olan avantajlı ve dezavantajlı yönleri incelenerek, açık ocak madenciliğindeki patlatma işlerinde yeni teknolojilerin faydaları göz önüne getirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca; günümüzde kullanılan gecikmeli elektriksiz kapsüllerinde patlatma işlemlerinde iş güvenliği riskleri ve çevresel etkileri yönünden farklı uygulamalar ile karşılaştırılmış, etkilerin ve risklerin en aza indirilmesi için çalışmalar yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Öncelikle birikimleri ile bana yol gösteren ve her zaman yanımda olan değerli danışmanım Prof. Dr. Suphi URAL'a, desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam Prof.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ' a, bana bu çalışmayı yapacak imkanlar sağlayan İdeal Av Spor LTD. ŞTİ.' ne, tecrübesini paylaşan Kapeks A.Ş ' ne, teknolojisi ile yanımızda olan Davey Bickford ve değerli yetkilisi Sami KARA' ya, bu yolda beni hiç yalnız bırakmayan Annem Nilgün DOVAN ve Babam Teoman DOVAN'a, sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Kontrollü Patlatmalar 3
2.2. Basamak Patlatması 3
2.3. Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri 5
2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri 6
2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi , Özellikleri ve Dağılımı 7
2.3.3. Patlatma Geometrisi 7
2.4. Kontrollü Basamak Patlatmalarında Çevresel Etkiler ve İş Güvenliği 8
2.4.1. Patlatmanın Çevresel Etkileri 8
2.4.1.1. Taş Savrulması 9
2.4.1.2. Hava Şoku 10
2.4.1.3. Toz Oluşumu 11
2.4.1.4. Yer Sarsıntısı 11
2.5. Tipik Patlatma Titreşim Kayıtları 12
3. MATERYAL VE METOD 15

3.1. Materyal 15
3.1.1. Çalışma Sahası 15
3.1.2. Saha Jeolojisi 16
3.1.3. Kullanılan Patlayıcılar 16
3.1.3.1. AN-FO 16
3.1.3.2. EMÜLSİYON (Kapsüle Duyarlı Patlayıcı - Dinamit) 17
3.1.3.3. Patlayıcı Sıvanmış Şok Tüpler (Gecikmeli Elektriksiz Kapsüller) 17
3.1.3.4. Elektronik Kapsüller 18
3.1.3.5. Geliştirilmiş Güvenlik ve Koruma İçin Yeni Teknolojiler 20
3.1.4. Titreşim Ölçüm Cihazı 22
3.2. Metod 23
3.2.1. Elektronik Ateşleme Sistemi Uygulaması 24
3.2.2. Minimate Plus Titreşim Cihazı Ölçüm Tekniği 24
3.2.3. Taş Savrulması (Fırlaması) Hesabı 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 29
4.1. Titreşim Analizleri 29
4.1.1. 25/500 Elektriksiz Kapsül Patlatması 29
4.1.2. Elektirksiz Kapsül İle Patlatma Kaynaklı Sarsıntı Analizi 30
4.1.3. 25/500 Elektriksiz Kapsül Patlatması Sonuçları 32
4.1.4. Elektronik Kapsül 1. Deneme 32
4.1.5. Elektronik Kapsül 1. Denemede Sarsıntı Analizi 33
4.1.6. Elektronik Kapsül 1. Deneme Sonuçları 35
4.1.7. Elektronik Kapsül 2. Deneme 36

4.1.8. Elektronik Kapsül 2. Denemede Sarsıntı Analizi 37
4.1.9. Elektronik Kapsül 2. Deneme Sonuçları 39
4.1.10. Sarsıntı Analizlerinin Karşılaştırılması 39
4.2. Elektriksiz ve Elektronik Ateşlemede Taş Savrulmaları 42
4.3. Elektriksiz Ateşleme Sisteminde Taş Savrulması İncelemeleri 44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 47
KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 53

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Titreşim parametrelerinin aralığı (Dowding, 1985) 13
Çizelge 4.1. Elektriksiz kapsül patlatması paterni.....29
Çizelge 4.2. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması paterni.....33
Çizelge 4.3. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması paterni.....36
Çizelge 4.4. Sarsıntı sonuçları karşılaştırılması.....40
Çizelge 4.5. Gecikmeli elektriksiz ve elektronik kapsül denemelerinde delik sayısı ve taş savrulma mesafeleri 43
Çizelge 4.6. Gecikmeli elektriksiz kapsül ateşlemelerinde taş savrulması grafiği 44

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Basamak patlatması tasarımında kullanılan terimler 4
Şekil 2.2. Patlatmanın çevresel etkileri 9
Şekil 2.3. Tipik kömür madeni patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi.....13
Şekil 2.4. Patlatma titreşimlerinin nükleer patlama ve deprem titreşimleri ile karşılaştırılması 14
Şekil.3.1. Sahanın genel görünüşü 15
Şekil.3.2. AN-FO ve deliklere şarj edilişi 17
Şekil.3.3. Kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı.....17
Şekil.3.4. Gecikmeli elektriksiz kapsüller.....18
Şekil.3.5. Elektronik kapsüller 19
Şekil.3.6. Elektronik kapsül kullanım üniteleri.....20
Şekil.3.7. Elektronik kapsül ana elemanları.....21
Şekil.3.8. Titreşim ölçüm cihazı ve yer yüzeyine sabitlenmesi 23
Şekil 4.1. Elektriksiz kapsül uygulaması delik düzeni ve gecikme süresi 29
Şekil 4.2. Gecikmeli elektriksiz kapsül patlatması titreşim ölçümü 30
Şekil 4.3. Patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe.....31
Şekil 4.4. Gecikmeli elektriksiz kapsül patlatması titreşim ölçümü şekli.....31
Şekil 4.5. Elektriksiz kapsül patlatması sonrası yığın.....32
Şekil 4.6. Birinci elektronik uygulama delik düzeni ve gecikme süresi 33
Şekil 4.7. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması titreşim ölçümü 34
Şekil 4.8. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması titreşim ölçümü şekli.....34
Şekil 4.9. Birinci elektronik patlatma sonrası yığının görünümü.....35
Şekil 4.10. İkinci elektronik uygulama delik düzeni ve gecikme süreleri 37
Şekil 4.11. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması titreşim ölçümü 38
Şekil 4.12. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması titreşim ölçümü şekli.....38

Şekil 4.13. İkinci elektronik patlatma sonrası yığın görünümü 39
Şekil 4.14. Elektronik kapsül ve gecikmeli elektriksiz kapsül denemelerinin sarsıntı karşılaştırması.....41
Şekil 4.15. Bozuk yüzeyden fırlayan taş görüntüsü.....42
Şekil 4.16. Gecikmeli elektriksiz ve Elektronik kapsül taş savrulma grafiği.....43

SİMGELER VE KISALTMALAR

m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
sn	: Saniye
Hz	: Hertz
K	: Basamak yüksekliği
B	: Dilim kalınlığı
S	: Delikler arası mesafe
H	: Delik boyu
L_{max}	: En kötü durumda taşların savrulabileceği uzaklık olup metre birimi ile ifade edilir.
d	: Delik çapı
$SDOB_m$	: Metrik sistemde gömme derinliği
l_s	: Sıkılama uzunluğu
m	: Katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu
ρ_e	: Patlayıcı yoğunluğu
ESD	: Elektro statik deşarj

1. GİRİŞ

Son yıllarda hız kazanan alt yapı ve üst yapı yatırımları için milyonlarca ton agrega (kırma taş) malzemesinin üretilmesi ve ayrıca yine milyonlarca m^3 kayanın yerinden sökülerek kazılması gerekmektedir. Zeminleri hazırlamak üzere zorunlu olarak kontrollü patlatma teknikleri uygulanmaktadır. Bu uygulamalar sonucu patlayıcı maddelerin gerek depolama, nakliyat ve deliklere yüklenmesi sırasında gerekse ateşleme sonrası toz, gürültü, titreşim gibi İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) ile ilgili riskler ortaya çıkabilmektedir. Türkiye'deki açık maden ocaklarında, iş kazalarının %18'nin patlayıcı madde kullanımından kaynaklandığı bildirilmektedir (Ural ve Demirkol, 2008). Son yıllarda açık ocaklardaki patlayıcı madde kullanımında uzmanlaşmaya gidilmesi, maden işletmelerindeki patlayıcı madde uygulamalarının uzman kuruluşlar tarafından yerine getirilmeye başlanması nedeniyle iş kazası sayılarında bir düşüş olmakla birlikte, hala bu kazalar kabul edilebilir seviyelerin üzerindedir. Ülkemizdeki açık ocak madenlerinde görülen iş kazası türleri ile madencilikte gelişmiş bazı ülkelerdeki kaza türleri karşılaştırıldığında, diğer ülkelerdeki açık maden işletmelerinde patlayıcı madde kullanımından kaynaklanan herhangi bir iş kazası kaydı bulunmadığı görülmüştür.

Bu çalışmamızın amacı; elektriksiz ve elektronik ateşleme sistemlerini karşılaştırarak birbirlerine karşı üstün ve sakıncalı yönlerini incelemektir.

Araştırmamızdaki deneysel çalışmalar; Gaziantep Karpuzkaya mevkiinde bulunan II- A grubu kalker ocağında yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

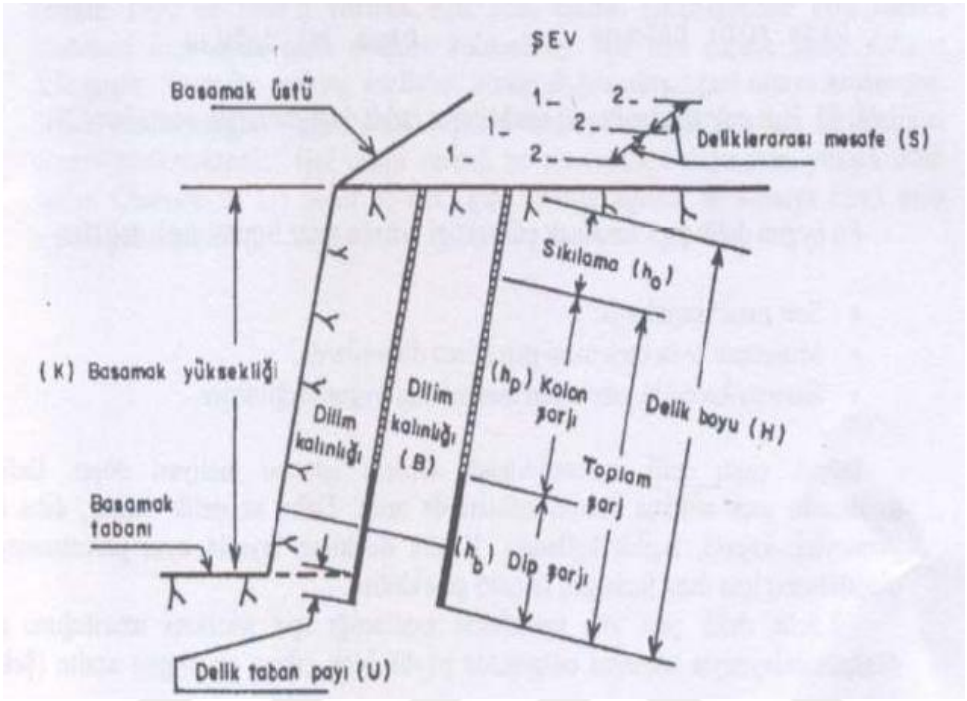
2.1. Kontrollü Patlatmalar

Kontrollü patlatma, normal yöntemler ile yapılan basamak, yol şevi, tünel ve kanal patlatmalarının istenmeyen sonuç ve etkilerinden kurtulmak için geliştirilmiş özel yöntemlerin genel adıdır. Kontrollü patlatma uygulamalarına, madencilik, yol yapımı, baraj inşaatı, tünel yapımı gibi faaliyetlerde yoğun olarak başvurulmaktadır.

Açık ocak madenciliğinde, kalıcı şev oluşturulması gereken işletmelerde delme patlatma çalışmalarının birim maliyetleri azaltılmaya çalışılırken yapılan patlatma çalışmaları kalıcı şevleri olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Bu nedenle kalıcı şevlerdeki hasarları önlemek amacı ile ve istenilen tane boyundaki cevheri sismik şok, savrulan kaya ve titreşim oluşturmadan üretmek için kontrollü patlatma teknikleri kullanılmaya başlanmıştır.

2.2. Basamak Patlatması

Açık maden işletmelerinde kazı esnasında meydana getirilen farklı kotlardaki her kademeye basamak ve bu noktalarda icra edilen atımlara da basamak patlatması denir. Her basamak için bir üst ve bir de alt kotu olup, farklı basamak yüksekliklerini ifade etmektedir. Basamak alnı kayanın sağlamlığına, yapısına ve delik eğimine bağlı olarak dik veya 90^0 den az meyilli şev oluşturur. Bu şev, basamağı meydana getiren kayanın parçalanmasını özendiren ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkan veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2016).



Şekil 2.1. Basamak patlatması tasarımında kullanılan terimler (Dokumacı, 2014)

Serbest yüzey ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arası uzaklıklara dilim kalınlığı adı verilmektedir. Bir atımın basamak patlatması adlandırılabilmesi için dilim kalınlığı (B) en fazla basamak yüksekliği (K) nın yarısına eşit olmalıdır ($B \leq K/2$). Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları ise delikler arası mesafe olarak bilinmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak maksadıyla basamak yüksekliğinden biraz fazla delinir ve bu fazla kısma delik taban payı denir. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı, bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Genellikle basamak tabanına yakın kısımlarda kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarjına göre miktarca ve güççe fazla olacak şekilde seçilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden (çakıl, kırma taş, delme makinası

kırıntıları) oluşan kapamaya ise sıkılama denilmektedir (Adıgüzel, 2006; Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

2.3. Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri

Açık ocak işletmeciliğinde, birbirini izleyen delme-patlatma, kazı-yükleme, nakliye, kırma (özellikle primer kırma) veya tumba gibi faaliyetlerin tümünü birden dikkate almak şartıyla, ekonomik ve emniyetli bir patlatmanın gerçekleşmesi, ancak güvenilir bir patlatma tasarımı ile gerçekleşebilir. Başarılı bir patlatma tasarımı demek; yükleyici ekipmanın verimliliği veya müteakip kullanım açısından arzu edilen parçalanma derecesinde, yeterince kabarmış, kısmen ötelenmiş, gevşek bir yığın elde edilmesine izin veren ve yer sarsıntısı, hava şoku, fırlayan kaya gibi çevresel sorunları olmayan ya da en aza indirgenmiş bir patlatmanın sonuçlarını önceden tahmin etmektir. Ayrıca doğrudan veya riperleme ile yapılabilecek kaya kazısının, ancak belirli değerlere kadar olan dayanımlarda mümkün olabildiği bilinmektedir. Bu sebeple delme ve patlatma, çoğu işletmede, üretim sürecinin ilk ve önemli bir işlemini oluşturmaktadır. Delme patlatma ile çıkacak malzemeyi madenden, değirmene kadar değerlendirdiğimizde uygun malzeme boyutu her faaliyette bize avantaj sağlayacaktır. Bu bağlamda patlayıcının ya da delik sayısının artması ile artan maliyetler ilerleyen proseste bize kazanç olarak geri dönüş yapacaktır. Bu ekonomi sağlanırken elbette patlayıcı kullanımı ile doğru orantılı olarak riskler artacak bu noktada parametreleri iyi değerlendirme, optimum yaklaşımlar ve doğru tasarımlar bizi ekonomik ve güvenli patlatmalar için ışık tutmaktadır.

Doğru tasarımlar için temel bilinmesi gereken konu patlatmanın yapılacağı zeminin (kayanın malzeme özelliklerinin) tanınmasıdır. Sonrasında kullanılacak patlayıcı özellikleri ve etkileri incelenmeli, bunların ışığında; dilim kalınlığı, yük mesafesi, ayna yüksekliği vb. parametreler ile özgül şarjlar hesaplanmalıdır.

Güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz konusudur. Bu parametreleri şu şekilde özetlemek mümkündür (Arpaz, 2000; Adıgüzel, 2006).

2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri

Yeryüzü yapısı birçok özelliğe göre değişkenlik göstermektedir. Kaya birimlerini birbirinden ayırt edilmesinde kullanılan özellikler şu şekilde sıralanmaktadır:

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

Kaya özellikleri atım sonucunu önemli ölçüde etkiler. Örneğin kil gibi plastik davranış gösteren formasyonlarda kovan yapma ihtimali fazladır. Bu durumda yıkma enerjisi fazla olan, özgül gaz hacmi büyük olan patlayıcılar tercih edilmelidir. Bununla birlikte dilim kalınlığı ve buna bağımlı olan bazı parametreleri dikkatli seçmek gerekecektir. Kaya kırılgan ve masif ise kayanın kırılmasında birincil parçalanma mekanizmaları etkili olacağından seçilecek patlayıcı maddelerin daha kudretli ve daha yüksek ateşleme hızlı olması gerekir. Çok eklemli ve çatlaklı zayıf kayalarda, formasyon zaten parçalanmış olduğundan; düşük yoğunluklu, düşük patlama hızlı ve fazla gaz veren patlayıcı maddeler

seçilmelidir. Keza formasyonun su durumu da önemlidir. Sulu kaya ortamlarında kullanılacak patlayıcı maddeleri sudan etkilenmeyen ve çözülmeyen cinslerden olmasına dikkat edilmelidir (Kahriman, 1999).

2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı

Patlayıcı maddelere ait birçok önemli özellik bulunmakla birlikte, bu özellikler patlatma işlerinde oldukça önemli olmaktadır. Aşağıda patlayıcı maddeye ait önemli özellikler verilmektedir (Kahriman, 1999).

- Yoğunluk
- Patlatma hızı
- Güç
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlatma ısısı ve özgül gaz hacmi
- Depolama şekli ve süresi

2.3.3. Patlatma Geometrisi

Patlatma geometrisinde birçok önemli faktör bulunmaktadır. Bu faktörler patlatmanın başarısında önemli bir rol oynamaktadır. Patlatma geometrisinde etkili olan faktörler aşağıda verilmektedir:

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği ve eğimi
- Sıkılama payı

- Delik taban payı
- Şarj şekli ve delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

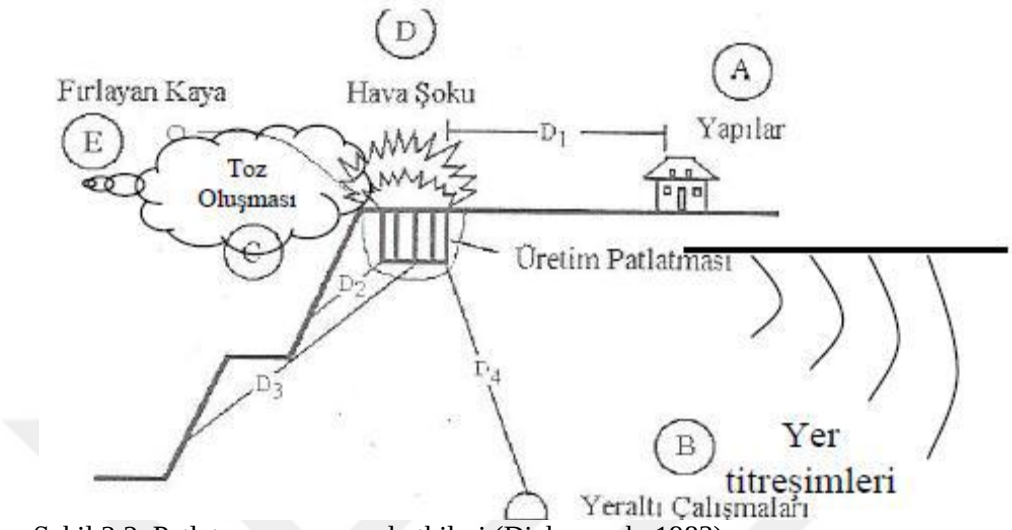
Konu ile ilgili olarak çeşitli araştırmacılarım geliştirdiği belirli ilişkilerden yararlanarak ve kaya koşullarını göz önünde bulundurarak, bir başlangıç dilim kalınlığı ve özgül şarj değeri belirlenmekte ve ön tasarım yapılabilmektedir. Uygulama sonunda; gerekli gözlemler, verimlilik ve maliyet analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilmektedir. En uygun değerlere ulaşmak için iterasyonlar yapılmakta ve işletme koşullarını da dikkate alan bu çalışmalar sonucu bulunan değerler, uygun değer olarak kabul edildiğinde, tasarım kesin olarak oluşturulabilinmektedir (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995; Adıgüzel, 2006).

2.4. Kontrollü Basamak Patlatmalarında Çevresel Etkiler ve İş Güvenliği

2.4.1. Patlatmanın Çevresel Etkileri

Patlayıcı maddelerin kaya kütlelerini kırma amacı ile kullanımlarında çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk mevcuttur (Şekil 2.2). Bu olumsuzluklar aşağıda sıralanmıştır (Barutsan, 1999):

1. Taş savrulması,
2. Hava şoku,
3. Toz emisyonu,
4. Yer sarsıntısı.



Şekil 2.2. Patlatmanın çevresel etkileri (Dick ve ark, 1983)

2.4.1.1. Taş Savrulması

Patlatma esnasında ses üstü hızda gelişen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok enerjisi etkin olur. İkinci olarak ta reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerin çok yüksek basınçlar ile çatlaklara doluşması parçalama işlemini tamamlar ve parçalanmış kütleyi öteler. Patlayıcı maddenin kaya kütlesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar. Taş savrulmasının kontrol edilebilmesi için delme patlatma tasarımı esnasında aşağıdaki hususların göz önüne alınması gerekir (Barutsan, 1999);

Patlayıcı madde, uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağıtılır ve hapsedilir.

Patlayıcının büyük miktarlarla odaklaştığı ve parçalanma mekanizmasının kontrol edilemediği “galeri patlatması” uygulanmamalıdır.

En az, dilim kalınlığı boyutunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak sıkılama yapılır.

Patlatma sonucu oluşan şok dalgasının enerjisinin tamamının kayayı parçalamada kullanılabilmesi için ve çok sıralı atımlarda patlatma sırasının düzenlenerek düzgün ötelemenin oluşabilmesi için gecikmeli kapsüller kullanılır.

2.4.1.2. Hava Şoku

Patlatmada gerekli tedbirler alınmadığı durumlarda kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan, reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür. Şok dalgalarının oluşmasında diğer bir etkenin de, hızla harekete geçen kaya kütlesi olduğu savları bulunmaktadır. Harekete geçen kaya kütlesi bir piston görevi görerek şok dalgaları yaratmaktadır. Şok dalgaları çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlıklara nedenle olmakta, patlatmanın kendilerine zarar vereceği endişesi yaratmaktadır. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları, cam ve gevşek çerçevelerin titreşimine yol açmakta, insanlarda patlatmanın çok şiddetli olduğu hissiyatına neden olmaktadır.

Şok dalgalarının insanlar üzerine etkisi, insanların o andaki psikolojik durumlarına göre değişmektedir. Keyifli ve mutlu olduklarında çok şiddetli hava şokunu umursamayan insanlar, keyifsiz ve kızgın oldukları durumlarda en ufak şok dalgalarına aşırı tepki verebilmektedirler. Zaman zaman hava şoku dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara neden olabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Bununla beraber cam kırılmalarında, camların iyi tespit edilmemiş olması, çerçeve ve kasaların gevşek olması gibi bina sahiplerinin de kusurları bulunmaktadır. Şok dalgalarının daha yüksek şiddetlerinde bacalarda hasar ve duvarlarda sıva çatlakları gözlendiği de görülebilmektedir. Hava şokunun önlenebilmesi için alınması gereken önlemler, taş savrulmasının önlenmesi için alınması gereken önlemlerle aynı olmakla birlikte, ayrıca, delme öncesi, patlatma aynası incelenerek, gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelip, böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgede gereğinden daha az miktarda patlayıcı madde yerleştirilmesi de gerekebilmektedir (Barutsan, 1997).

2.4.1.3. Toz Oluşumu

Patlatma ile kayaların kırılması aşamasında, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Söz konusu hareket sırasında da bir kısım iç öğütme oluşur. Bu nedenler ile belirli bir miktar toz oluşumu kaçınılmazdır. Büyük açık ocak maden işletmelerinde yapılan gözlemlerde, patlatma ile oluşan toz emisyonu, diğer toz kaynaklarına kıyasla ihmal edilebilecek kadar az miktarda ve kısa süreli olmaktadır. Toz oluşumu hem işçi sağlığı, hem de makine ve ekipmanların ekonomik ömürleri üzerinde etkili olan ciddi bir sorun olup, hafife alınmamalıdır (Barutsan, 1995).

Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek tedbir, patlatma öncesinde delikler şarj edilip hazırlandıktan sonra patlama yapılacak kısmın sulanmasıdır. Sulama işlemi patlatma deliklerinin yakınından basınçlı su püskürtmek şeklinde, basınçlı su püskürtme özelliği bulunan tankerlerle, patlatmadan çok kısa bir süre önce yapılmalıdır.

2.4.1.4. Yer Sarsıntısı

Patlatmanın en önemli çevresel etkisi yer sarsıntısıdır. Çünkü taş savrulması, hava şoku, toz oluşumu patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken yer sarsıntısı çok uzaklarda da etkisini gösterebilmektedir. Yer sarsıntısı, kaya patlatma sürecinin kaçınılmaz bir etkisidir. Patlatmalı kazı işlemlerinde patlatmanın asıl amacı kayayı kırarak gevşetmek veya ötelemektir. Ancak detonasyon süresince açığa çıkan ve kayaya uygulanan enerjinin en azından bir kısmı, sismik dalga ve hava şoku şeklinde verimsiz atık enerjiye dönüşür ve ya gerekli şekilde muhafaza edilmez (Barutsan, 1999). Bu enerji, patlatma kaynağından uzaklaştıkça ihmal edilebilir bir düzeye iner ve tamamen sönünceye kadar uzun bir mesafe kat edebilir. Titreşimler, patlatma kaynağına yakın bölgelerde, mesken, sanayi, tesisleri ve diğer yapılarla birlikte yapılara hasar verebilir, kaya şev stabilitesinde problemlere sebep olabilirler (Barutsan, 2001). Yer sarsıntıları depremler ile benzer etkiler gösterirler. Dolayısı ile oluşan yapı

hasarları benzerlik gösterir. Bu nedenle, deprem veya patlatma sarsıntısı ile oluşan hasarları, diğer nedenler ile oluşan hasarlardan ayırmak, teknik olarak belirlenebilir.

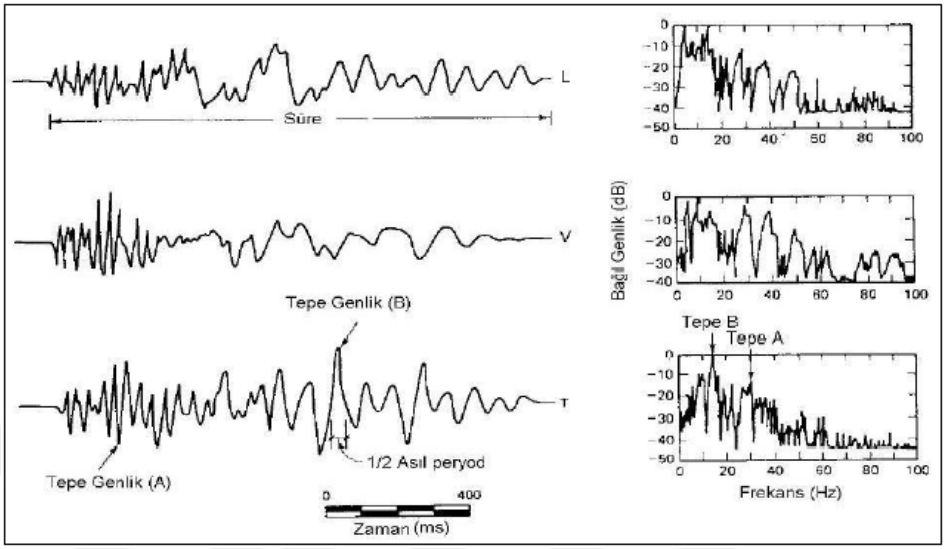
Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de yapılan gözlemlerde, sarsıntı nedeni ile yapılan şikayetler 3 ana grupta toplanmaktadır:

1. Gerçek hasardan ötürü şikayetler,
2. Endişe, korku ve bilgisizlikten doğan şikayetler,
3. Çıkar sağlamaya yönelik olan şikayetler.

Dünya genelinde yapılan değerlendirmelerde birinci grup şikayetlerin azınlıkta kaldığı ve diğer gruptaki şikayetlerin yoğunlukta olduğu saptanmıştır (Barutsan, 2001).

2.5. Tipik Patlatma Titreşim Kayıtları

Şekil 2.3’ de bir kömür açık işletmesinde yapılan patlatmaya ait, zamana bağlı parçacık hızı grafiği sunulmuştur. Zaman gelişimin, tanımlamakta en önemli parametreler, tepe genlik, asal frekans ve titreşim durumudur. Bu parametrelerin hepsi, ortamın geçirimliliği ve patlatma ardışıklığı ile alakalıdır. Tünel, açık işletme ve inşaat gibi normal patlatma işlerinde, bu parametrelerin değişim aralığı Çizelge 2.1‘ de verilmektedir (Dowding, 1985).



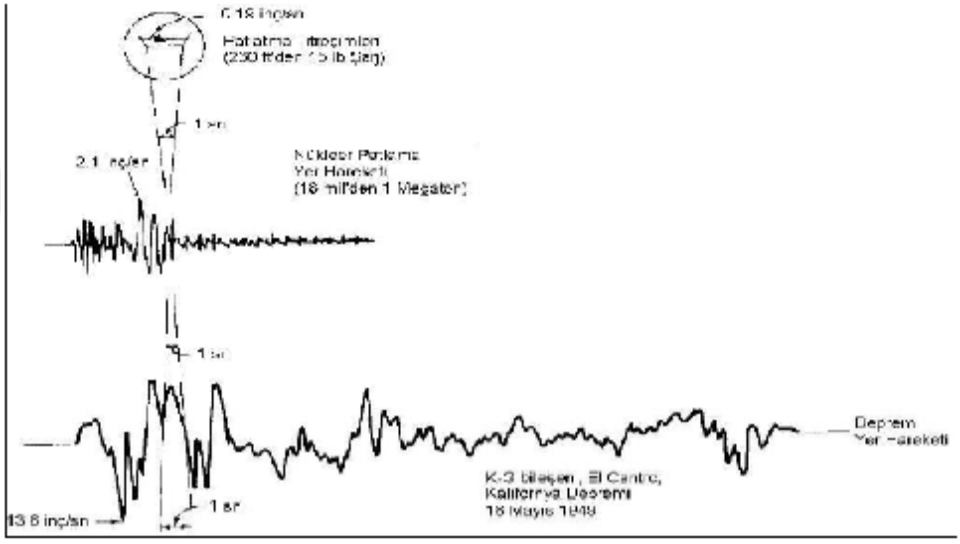
Şekil 2.3. Tipik kömür madeni patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi (Dowding, 1985)

Çizelge 2.1. Titreşim parametrelerinin aralığı (Dowding, 1985)

Parametre	**Değişim Aralığı**
Yer Değiştirme	10^{-4} – 10 mm
Parçacık Hızı	10^{-4} – 10^{3} mm/sn
Parçacık İvmesi	10 – 10^{5} mm/sn^{2}
Atım Sürekliliği	0.5 – 2 sn
Dalga Boyu	30 – 1500 m
Frekans	0.5 – 200 Hz

Basamak patlatmalarındaki titreşimleri nükleer patlatma ve deprem titreşimlerinden ayıran iki parametre son derece belirgindir (Şekil 2.4).

Bunlardan birincisi, patlatmalardaki titreşimin frekansı, deprem ve nükleer patlamalardakinden daha fazla olmaktadır. İkincisi patlatma titreşimleri depremler ve nükleer patlamalar ile karşılaştırıldığında daha düşük enerji taşımaktadır (Dowding, 1985).



Şekil 2.4. Patlatma titreşimlerinin nükleer patlama ve deprem titreşimleri ile karşılaştırılması (Dowding, 1985)

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Sahası

Araştırmamızın yapıldığı saha (Şekil 3.1), 3 milyon ton/yıl üretim kapasitesine sahip kireç taşı ve kalker ocağı olarak yaklaşık 600 dönüm arazi üzerinde üretim faaliyetlerini sürdürmektedir.



Şekil.3.1. Sahanın genel görünüşü

Denemelerin yapıldığı saha kalker sahasıdır. Kalker**;** deniz ya da okyanus havzalarında erimiş olan kirecin dibe çökerek taş haline gelmesiyle oluşan bir kaya çeşididir. Diğer adı da kireçtaşıdır.

Kalker taşının meydana gelebilmesi için kalsiyum karbonat tuzundan oluşan tortul kayaçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Kalker taşının yapısında %90

kalsiyum karbonat yer almaktadır. Bu oran artar ancak daha da aşağı düşmemektedir.

Kireç taşı geçmişten günümüze kadar birçok alanda kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir. Örneğin; evlerin, yolların ya da köprülerin temeli atılırken fazlasıyla ihtiyaç duyulan bir malzemedir. Bununla birlikte inşaatlarda kullanılan çimento gibi malzemelerin yapımında da kullanılan kalker aynı zamanda da beton dökme işleminde, asfaltlı yol yapımında mıcır olarak çokça kullanılmaktadır.

3.1.2. Saha Jeolojisi

Faaliyet alanında jeolojik olarak; Gaziantep formasyonu görülmekte olup, birim killi kireçtaşı ve tebeşirden oluşmaktadır. Yapının en pik yüzeyleşmelerinin görüldüğü ve tanımının yapıldığı yer Gaziantep ili dolayıdır. Killi kireçtaşı, tebeşirli kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan bu formasyon yumuşak topografya gösteren killi kireçtaşı ve tebeşirli kireçtaşı şeklinde görülmektedir. Bazı yerlerde ise bu killi ve tebeşirli kireçtaşı yerine kalın tabakalı kireçtaşları görülmektedir. Killi kireçtaşları beyazımsı gri, krem, kirli sarı renkli, gevşek, ince orta tabakalı yer yer marn ara katkılı çok az çok az çört ve tebeşirli düzeyler içermektedir. Gaziantep formasyonu yanal ve dikey olarak, fasiyes değişimleri göstermektedir (Wilson ve Krummenacher, 1957).

3.1.3. Kullanılan Patlayıcılar

3.1.3.1. AN-FO

AN-FO (Şekil 3.1.), Prill Poroz Amonyum Nitrat ile motorinin oksijen dengesi gözetilerek karıştırılması ile elde edilir. Tam proses kontrolü altında, %94,3 AN, %5,7 motorin oranında hazırlanan ANFO, kuru deliklerde kullanılabilen bir patlayıcıdır (http://www.idealexplosive.com).



Şekil.3.2. AN-FO ve deliklere şarj edilişi

3.1.3.2. EMÜLSİYON (Kapsüle Duyarlı Patlayıcı - Dinamit)

Yapısında TNT ve Nitrogliserin gibi tehlikeli patlayıcı kimyasalları içermeyen, su bazlı kapsüle duyarlı emülsiyon bir patlayıcıdır (Şekil 3.3.). ANFO ve diğer bütün yemlemeye duyarlı patlayıcılar için ideal bir yemleme olmasının yanı sıra insan sağlığına zararlı değildir (http://nkspatlayici.com.tr).



Şekil.3.3. Kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı

3.1.3.3. Patlayıcı Sıvanmış Şok Tüpler (Gecikmeli Elektriksiz Kapsüller)

Gecikmeli elektriksiz kapsüller (Şekil 3.4.); 2 yada 3 katmandan oluşan plastik tüp içerisine sıvanmış halde bulunan yaklaşık 0,015-0,030 mm/gr ağırlığındaki hassas patlayıcı tozunun tahrik edilmesi sonucu bir uçtan bir uca 7000

m/sn hızında ilerleyen bir şok dalgası sisteminden oluşur. Bu şok dalgası zayıf olup tüpe zarar vermeden tüp içerisinde ilerler. Tüpün ucuna bu şok dalgasıyla ateşlenebilecek özellikte bir kapsül konarak dinamiti patlatması sağlanır. Isı ve darbelere duyarsızdır. Elektrikli ortamlardan etkilenmediği için çok emniyetli bir çalışma ortamı sağlar (http://cenk-er.com.tr).



Şekil.3.4. Gecikmeli elektriksiz kapsüller

3.1.3.4. Elektronik Kapsüller

Dünya'daki teknolojik gelişmelere bağlı olarak patlayıcı üreten firmalar tarafından araştırılan, geliştirilen ve üretilen son teknoloji ürünü elektronik kapsüller (Şekil 3.5.); özellikle ateşleme sistemlerinde yeni bir sayfa açmış ve ileride kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir. Yapı olarak bir kapsül içerisine uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen bir çip yerleştirilerek şarj sonrasında bu iş için üretilmiş bir bilgisayar yardımıyla tüm kapsüllere istenilen hassasiyette gecikme verilebilmesi şeklinde geliştirilmiştir. Başka bir cihaz ile müdahale şansı bulunmayan ve patlatılma imkanı olmayan bir yöntemdir. Aynı patlatma grubunda 40.000 ms' ye kadar gecikme verilebilir. Sistem önce demo olarak cihaz üzerinde denenerek, yanlış bir uygulama tespit edilirse gecikmeler tekrardan düzenlenebilir



Şekil.3.5. Elektronik kapsüller

Kullandığımız patlatma sistemi 3 üniteden oluşur (Şekil 3.6.); Kompakt patlatma sürücüsü ile birlikte programlama ünitesi ve taşınabilir uzaktan ateşleyici. Dijital patlatma sisteminde güvenlik, her kapsül için benzersiz kimlik takip numarası ve patentli RFİD teknolojisi ile desteklenmiştir.



Şekil.3.6. Elektronik kapsül kullanım üniteleri

Patlatma sürücüsü ve uzaktan patlatma cihazı istemsiz ateşleme ve diğer RF cihazlarından etkilenmemek etkilenmemesi için patlatma öncesinde birbirleri ile eşleştirilmektedir. Tasarım, ateşleme hattı üzerinde galvanik izolasyon sağlayarak elektrik şoklarını bertaraf eden özel bir " EMP Proof" özelliği içermektedir (Sami Karaa, William R. Adamsonb, William J. Reiszc, Raphael Trousselled, 2013).

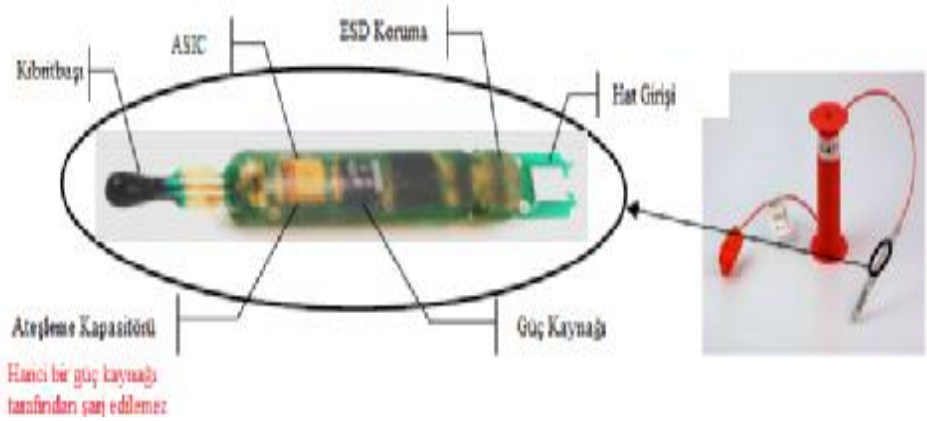
3.1.3.5. Geliştirilmiş Güvenlik ve Koruma İçin Yeni Teknolojiler

Mevcut tüm Elektronik Patlatma Sistemleri Uluslararası Güvenlik Standartlarına uysalar ve "dijital zamanlama" ile aynı temel unsurlara sahip olsalar bile, mimarisinde ve tasarımında özellikle güvenlik kısıtlamalarına nasıl yaklaşıldığı konusunda farklılıklar bulunmaktadır.

Ürün geliştirmelerinden başlayarak, üreticiler güvenlik konusunu ele almak için farklı temel ilkeler seçtiler; elektronik detonatör çipi için bir ve ya iki kapasitör

tasarımı, farklı konektörler ve doğasında olan güvenlik, bu tür temel prensiplerin örnekleridir.

Kullandığımız elektronik kapsüllerin güvenlik konsepti, iletişim devrelerini patlayıcılardaki ateşleme devrelerinden 2 kondansatör kullanarak ayırmak üzerine tasarlanmıştır (Şekil 3.7.). İlk kondansatör, yalnızca kimliği okuma gibi iletişim için ve ikinci kondansatör harici uyaranlara daha iyi izole etmek için yalnızca ateşlemede kullanılmaktadır. Kapsüllerin dahili güvenlik özelliklerine ek olarak, doğasında olan güvenlik, test cihazının hem donanım hem de yazılım sınırlamaları nedeniyle bir kapsülün erken patlatılmasını fiziksel olarak imkansız kılar. Bu genellikle, test cihazlarının gerilim ve / veya akım çıkışını sınırlandırılması ile sağlanır. Aynı şekilde üretici çözümleri için test edici dedektörlerin güç sınırlaması limitleri aynı anda test edilebilinecek kapsül sayısı bakımından bir sistemden diğerine önemli ölçüde farklılık gösterir.



Şekil.3.7. Elektronik kapsül ana elemanları

Rezistörler ve ya süreksiz voltaj bastırma diyotları gibi pasif bileşenler sayesinde tüm elektronik kapsül devreleri harici elektriksel saldırganlıktan korunmaktadır. Minimum temel korumaya ek olarak, bu kapsüller için Aktif bileşenleri içeren "*smart shunts* " isminde, fünye kafasını son ateşleme zamanına kadar korumak için sofistike bir mekanizma geliştirilmiştir.

Elektronik kapsüller, silikon çipin içine yerleştirilmiş her biri için özel olan tanımlayıcıya göre izlenebilir. "Track and Trace" standartları altında bilinen öngörülen düzenlemeler, her bir kapsül üzerinde bir etiket / barkot / veri matrisi ekleyerek patlayıcıların izlenebilirliğini arttırmaktadır. Ancak takip anlamında en güvenilir sistem; Kullandığımız elektronik kapsüllerde de mevcut olan her bir kapsül çipinin içine programlanmış özel kimlik kodları ile kalıcı bir izleyici modeli oluşturmaktır (Sami Karaa, William R. Adamsonb, William J. Reiszc, Raphael Trousselled, 2013).

3.1.4. Titreşim Ölçüm Cihazı

Titreşim ölçüm cihazı olarak kullandığımız İnstantel minimate plus modeli titreşim cihazı (Şekil 3.8), yer ile sabitlenen aparatı ve kayıt cihazı ile birlikte yüksek frekans aralıklarında titreşim kaydı yapmakta, kayıt anından itibaren her milisaniyede olan titreşim olaylarını bize anlık olarak göstermektedir.

Instantel Minimate Plus (Şekil 3.8) yersarsıntısı ve hava şoku izleme cihazı, üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmaktadır.

Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Ayrıca cihaz üzerinde yer alan dijital göstergede istenildiğinde bu değerleri verebilmekte ve kaydedilen olayların ayrıntılı analizi için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapabilmektedir. Her bir olayın süresine (0-10 sn arasında uzaklığa bağlı olarak) bağlı olarak 150-200 arasında olayı geniş ya da özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri; parçacık hızı için 0,1-254 mm/sn, frekans aralığı 2-200 Hz aralıkları düzeyindedir.



Şekil.3.8. Titreşim ölçüm cihazı ve yer yüzeyine sabitlenmesi

3.2. Metod

Çalışma sahasında elektriksiz ateşleme sistemleri kullanılarak batı yakasında bulunan Karpuzkaya köyünde patlatma kaynaklı sarsıntı limitlerini aşmadan üretimini gerçekleştirmektedir. Söz konusu limitler kapsamında üretim patlatması 5'er deliklik gruplar halinde gerçekleştirmektedir.

Bu çalışmada mevcut üretim patlatmasının tek grup halinde ve patlatma kaynaklı sarsıntı şikâyetlerine ehemmiyet vermeden üretim patlatma delik sayısını elektronik ateşleme sistemleri ile artırmak amaç edinilmiştir. Bu sayede üretimden kayıp olmadan, titreşim kontrol altına alınacak, çevresel etki azaltılacak ve taş savurmaları minimuma indirgenerek patlatma güvenliği arttırılacaktır.

3.2.1. Elektronik Ateşleme Sistemi Uygulaması

Elektronik ateşleme sistemleri daha doğru ve tutarlı gecikmeler ile özellikle sarsıntı sorunlarına yol açabilecek patlatma uygulamalarında mühendislik uygulamalarına destek verir. Söz konusu sistemde kapsüller 0-14000 ms'ye kadar 1 ms gecikme aralığı ile programlanabilir. Bu özelliği sayesinde tek bir atımda maksimum sayıda patlatma deliği ateşlenmesine yardımcı olur. Sistemin bir diğer avantajı ise uzaktan kablosuz ilk ateşlemenin gerçekleştirilmesidir. Böylelikle patlatma sahası ile ateşleme noktası 1 km mesafeye kadar çıkartılarak iş güvenliği açısından büyük katkı sağlar.

3.2.2. Minimate Plus Titreşim Cihazı Ölçüm Tekniği

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntısı Instantel Minimate Plus Model titreşim ölçer cihazı ile ölçülebilmektedir. Ölçümlerin hassas ve güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için cihaza bağlanan yer sarsıntısı parametrelerini ölçen jeofon sert bir zeminde hareket etmeden (sabit) kalacak şekilde kurulmalıdır.

Ölçümü gerçekleştiren personel de cihazı hazır hale getirdikten sonra cihazın patlatma harici yanlış ölçümler almaması için mümkün olduğunca hareketsiz kalmalıdır. Sismograf tarafından kaydedilen yer sarsıntısı kayıtları cihazla birlikte sağlanan yazılım kullanılarak bilgisayara aktarılmaktadır.

3.2.3. Taş Savrulması (Fırlaması) Hesabı

Patlatmalarda dilim kalınlıkları ve/veya sıkılama boyu ve malzemesi yetersiz olunca taş fırlaması sorunlarıyla karşılaşılır. Bu durum can ve mal güvenliği açısından önem arz eder.

Uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya içinde patlayıcı maddelerin dengeli homojen dağıtılması, uygun delik geometrisi hesaplanarak deliklere uygun yük verilmesi, en az, delik-ayna (yük) mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılması ve uygun bir malzeme kullanılarak (0 - 5 ya da 5 - 12 mıcır) ağız sıkılaması yapılması ve gecikmeli ateşleme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Patlatma anında oluşan kaya ve taşlarla ilgili olarak yapılan kaynak araştırmalarında; emniyet mesafe hesaplarının deneysel sonuçlara dayandırıldığı saptanmıştır.

Taş savrulması, patlayıcının kaya kitlesi içine yeterince gömülmemesi, hapsedilmemesi durumunda meydana gelir. Yeterince hapsedilmeyen patlayıcı maddenin reaksiyon sırasında açığa çıkardığı yüksek basınç altındaki gazların, yük mesafesinin yetersiz (*delik çapının 20 katından* az) olması halinde aynadan (basamak önyüzünden) veya sıkılama uzunluğunun yük mesafesinin özellikle *%80*'ninden az olması veya sıkılama malzemesinin toz halinde, birkaç mm çapında küçük boyutlu veya ıslak malzeme olması gibi durumlarda delik ağzından püskürmesi sırasında söktüğü veya beraberinde taşıyarak fırlattığı kaya parçalarından meydana gelir. Bu nedenle patlayıcının yeterince sıkılanması taş savrulmasını önlemenin ilk koşuludur.

Patlayıcı madde kaya kitlesi içine yeterince gömülüp hapsedildiğinde kesinlikle taş savrulması oluşmaz. Buna rağmen kişileri, makineleri ve çevrede bulunan binaları korumak ve hiçbir risk üstlenmemek için patlatma öncesinde kişilerin dışına çıkarılacağı (uzaklaştırılacağı) bir güvenlik mesafesi ya da koruma bölgesi belirlemesine ihtiyaç duyulur. Örneğin kaya kitlesi içinde fark edilemeyen bir jeolojik zayıflık düzlemi veya mağara benzeri boşluk bulunması halinde en kötü

senaryo gerçekleşebilir ve taş savrulması zararları görülebilir. En kötü senaryonun gerçekleşmesi halinde dahi eğer kişiler ve makinalar asgari güvenlik bölgesi dışına çıkartılmışsa hiçbir can ve mal güvenliği sorunu oluşmaması gerekmektedir. Bu nedenle asgari güvenlik mesafesi (yarıçapı) hesaplanır.

1) Literatürde sık kullanılan basit bir formül Lundberg ve arkadaşları tarafından 1975 yılında belirlenmiş formül;

Bu formülü kullanarak yapılan hesaplamalar neticesinde bulunan mesafe kontrollü şartlar belirlenmediği için en kötü senaryo olarak belirlenen mesafelerdir. Bu mesafelerin patlatma öncesinde "güvenlik mesafesi" olarak belirlenmesi can ve mal kaybını önlemek adına önemlidir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018).

$$L_{maks} = 260´ d^{2/3} \quad (3.1)$$

Bu formülde;

L_{maks} **:** En kötü durumda taşların savrulabileceği mesafe olup metre birimi ile ifade edilir.

d **:** Delik çapı olup, Lundborg formülüne imperyal ölçü birimi inç birimi ile yerleştirilir.

2) Ölçekli Gömme Derinliği ($SDOB_m$) Formülü (Metrik Sistem)

Ancak ÇED Raporları/Proje Tanıtım Dosyalarında kontrollü şartlarda çalışılacağı taahhüt edildiğinden ikinci formül olan **Ölçekli gömme derinliği (SDOBm) formülü** ile yapılan hesaplamalar neticesinde çıkan mesafeler olağan taş savrulma mesafesi olarak kabul edilebilir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018).

$$SDOB_m = \frac{l_s + 0.0005 \times m \times d}{0.00923 \times (m \times d^3 \times \rho_e)^{0.333}} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte ;

$SDOB_m$: Metrik sistemde gömme derinliği, birimi (m/kg$0^{.333}$),

l_s :Sıkılama uzunluğu, birimi (m),

d : Delik çapı, birimi (mm),

m : Katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu, (aşağıdaki eşitliğe bkz)

ρ_e : Patlayıcı yoğunluğu, birimi (g/cm^3)

NOT: "*m*" 'nin azami değeri, delik çapı *100 mm'den (4 inç'ten) küçük olduğunda 8*'dir. Ancak, "*m*"'nin azami değeri, delik çapı *100 mm'den (4 inç'ten) büyük veya eşit olduğunda* ise *10*'dur.

$$m_m = \frac{1000 \times l_c}{d} \quad (3.3)$$

Bu formülde;

m_m : Katkıda bulunan patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu (delik çapı cinsinden),

l_c : Patlayıcı kolon (şarj) uzunluğu, birimi (m),

d : Delik çapı, birimi (mm)

3) Azami Taş Savrulması Mesafesi Formülü (Metrik Sistem)

Test edilmiş krater patlatması deneylere dayanan ve McKenzie tarafından önerilip Blasters Handbook kitabında yer alan "ölçekli gömme derinliği" kavramına dayalı azami taş savrulma mesafesi hesabı da güvenilir bir yöntemdir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018).

$$L_{maks} = 11' (SDOB_m)^{-2,167} ' d^{0,667} \quad (3.4)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Titreşim Analizleri

Patlatmalarda oluşan titreşimler, titreşim cihazları tarafından anlık olarak kaydedilerek, sarsıntı değerleri sayısal ve grafiksel olarak incelenmiştir.

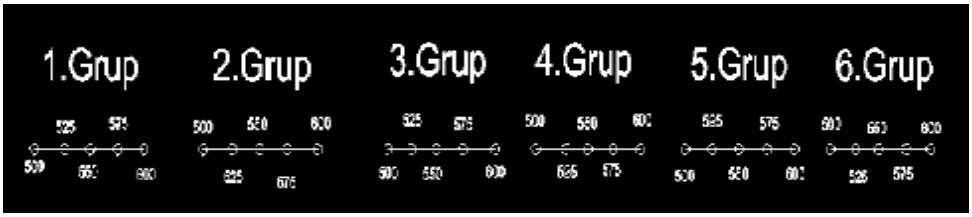
4.1.1. 25/500 Elektriksiz Kapsül Patlatması

13 Temmuz Çarşamba günü 30 patlatma deliği tek sıra beşerli gruplar halinde art arda 6 ayrı ateşleme ile patlatılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen patlatmaya ait delik ve şarj parametreleri Çizelge 4.1. 'deki gibidir.

Çizelge 4.1. Elektriksiz kapsül patlatması paterni

Delik sayısı (m)	Delik çapı (mm)	Basamak Boyu (m)	Delik Boyu (m)	Yük Mesafesi (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama Boyu (m)	Patlayıcı Miktarı (kg/delik)
30	89	13	13,5	2-2,5	2,9	2,5	56

Delik düzenin ölçekli çizimi ve ateşleme zamanları şekil 4.1.' de gösterilmiştir. Gruplar arası mesafeler 4m ile 7,5m arasında değişmektedir



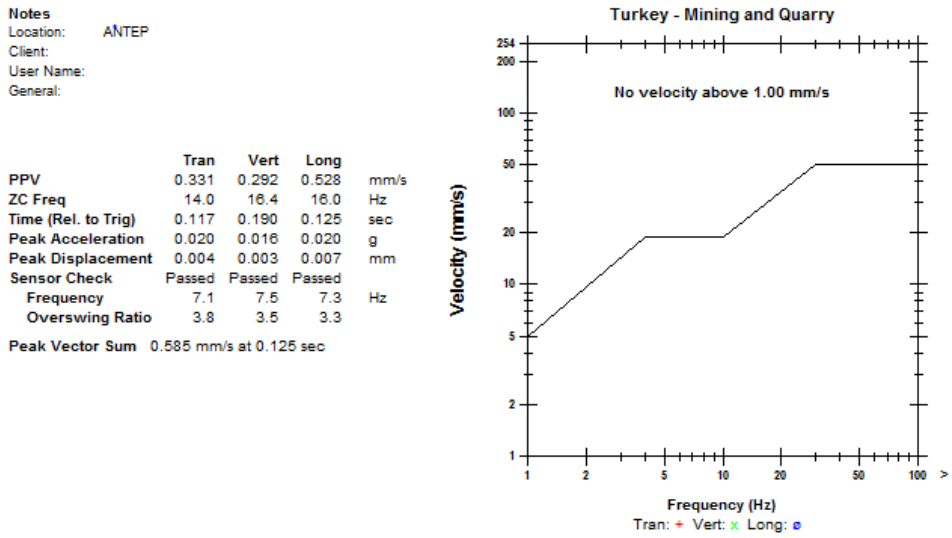
Şekil 4.1. Elektriksiz kapsül uygulaması delik düzeni ve gecikme süresi

Mevcut patlatmalarda ilk ateşleme elektrikli kapsül kullanılarak her grup için ayrı ayrı başlatılmaktadır. Toplamda 30 patlatma deliği 6 ayrı patlatma olacak şekilde planlanmıştır.

4.1.2. Gecikmeli Elektriksiz Kapsül İle Patlatma Kaynaklı Sarsıntı Analizi

Burada gecikmeli ama tek seferde en fazla 5 delik patlatarak Karpuzkaya köyünden gelebilecek her türlü patlatma kaynaklı sarsıntı şikâyetinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

1. Günde yapılan 25 / 500 ms gecikmeli elektriksiz kapsüller ile 5 er delik yapılan patlatma verileri sonuçları Şekil 4.2' de gösterilmektedir:



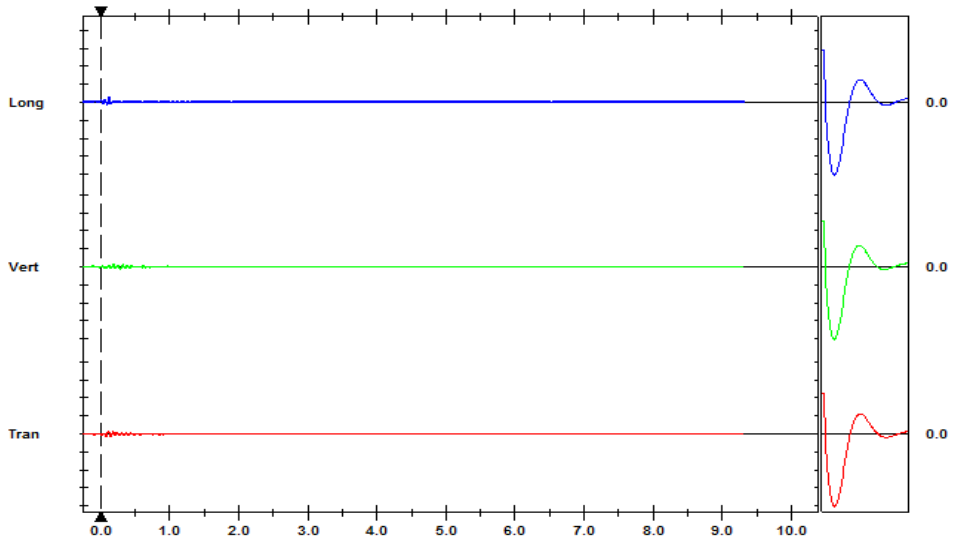
Şekil 4.2. Gecikmeli elektriksiz kapsül patlatması titreşim ölçümü

Patlatma sonucu oluşan sarsıntının ölçülmesi için yerleşim yerine konumlandırılmış kayıt cihazı ile sarsıntı değerleri alınmıştır. Cihaz yerleşim biriminin bahçesinde uygun bir yere sabitlenmiştir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe

Bu veriler, işletmenin uygulamakta olduğu mevcut sistem ile sorun yaşanan bölge için ulaşılmış minimum titreşim verileri olarak baz alınmış, yapacağımız çalışmalar için verimliliği arttırırken hedeflenen maksimum titreşim verilerimiz olarak kullanılmıştır (Şekil 4.2.). Ayrıca Şekil 4.4'de titreşim verileri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Gecikmeli elektriksiz kapsül patlatması titreşim ölçümü şekli

4.1.3. 25/500 Gecikmeli Elektriksiz Kapsül Patlatması Sonuçları

Patlatma sonrası yığının genel görünümü Şekil 4.5'de görüldüğü gibidir. Parça boyu açısından irdelendiğinde kimi yerlerde bloklu malzemenin geldiği, gruplar arasında bırakılan fazla mesafenin patlatma verimine olumsuz yansıdığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, gruplar arasında bırakılan boşlukla, bir önceki grupta yapılan patlatmadan ötürü zarar görmekte, 1. Gruptan sonra her yapılan patlatma belirlenemeyen taş savurmalarına neden olmakta, yüksek seviyede risk oluşturduğu gözlemlenmiştir



Şekil 4.5. Elektriksiz kapsül patlatması sonrası yığın

4.1.4. Elektronik Kapsül 1. Deneme Patlatması

14 temmuz tarihinde 40 adet deliklik tek seferde patlatılması hedeflenmiş ve patlatma operasyonu gerçekleştirilmiştir. Patlatmaya ait delik ve şarj parametreleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması paterni

Delik sayısı (m)	Delik çapı (mm)	Basamak Boyu (m)	Delik Boyu (m)	Yük Mesafesi (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama Boyu (m)	Patlayıcı Miktarı (kg/delik)
40	89	13	13,6	2	2,9	3	58

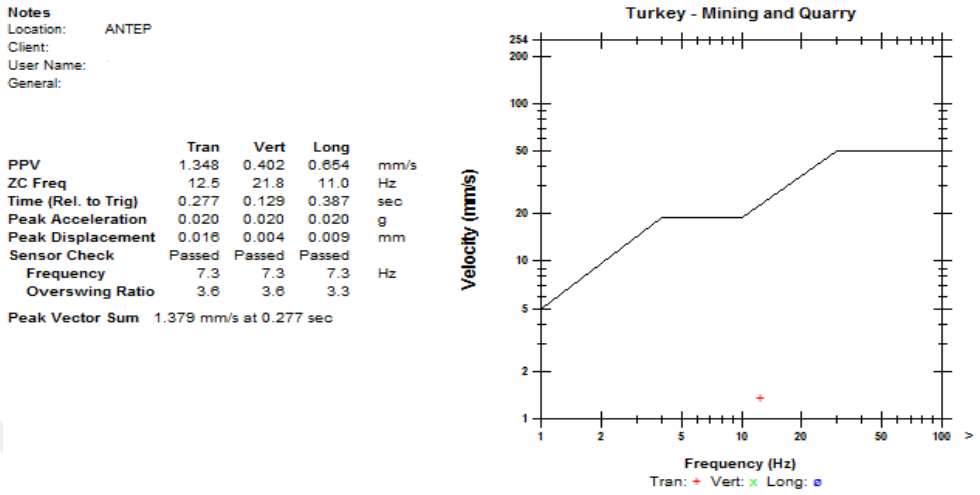
Şekil 4.6’ da delik düzenin ölçekli çizimi ve gecikme süreleri gösterilmiştir. Delikler arası gecikme elektriksiz patlatma ile aynı tutulmuş ve 25 ms olarak ayarlanmıştır.



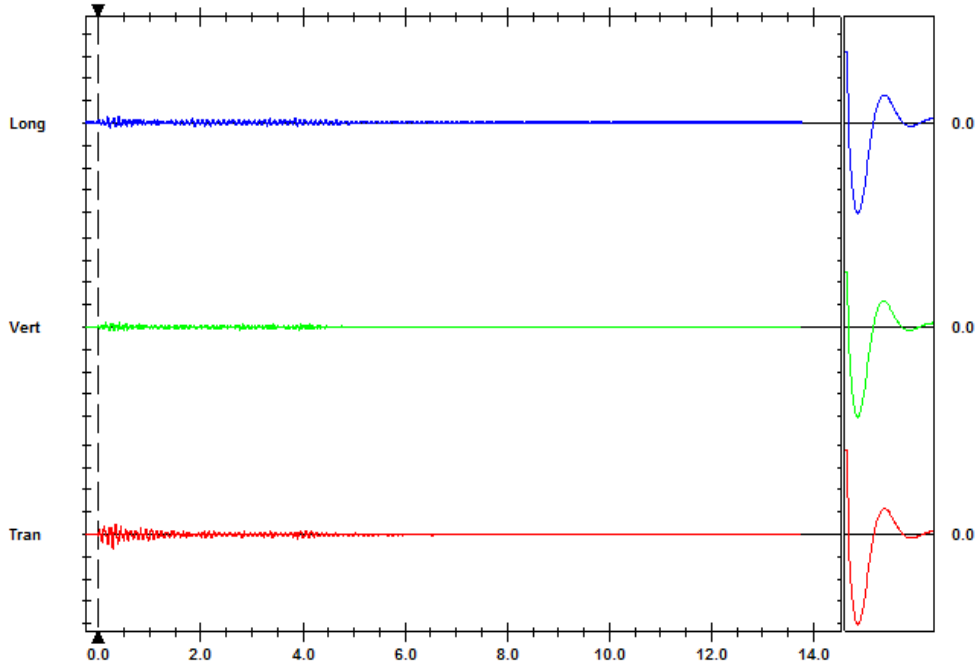
Şekil 4.6. Birinci elektronik uygulama delik düzeni ve gecikme süresi

4.1.5. Elektronik Kapsül 1. Denemede Sarsıntı Analizi

Patlatma sonucu oluşan sarsıntının ölçülmesi için yerleşim yerine konumlandırılmış kayıt cihazı ile sarsıntı değerleri alınmıştır (Şekil 4.2). Bu atımda sarsıntı kayıt cihazı yerleşim biriminin içerisine giriş kata yerleştirilmiştir. Böylelikle ev içerisinde hissedilen sarsıntı miktarının ölçümü hedeflenmiştir. Şekil 4.7’ de yapılan patlatmanın titreşim analizi sonuçları ve Şekil 4.8’ de titreşim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.7. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması titreşim ölçümü



Şekil 4.8. Elektronik kapsül 1. deneme patlatması titreşim ölçümü şekli

Değerlerden görüldüğü üzere; 1. Patlatmada 0,125. saniyede (25 ms * 5 atlama oluşmamış) titreşimin pik değeri; 0,585 mm/sn olarak ölçülmüştür. Yapılan elektronik kapsül denemesinde gecikme aralıkları aynı tutulmuş, 0,227. saniyede belirlenen en yüksek değer; 1,379 mm/sn olarak ölçülmüştür. Bu durum aynı zamanda bize en yüksek titreşim değerine sebep olan deliği belirlememize de yardımcı olmaktadır.

4.1.6. Elektronik Kapsül 1. Deneme Sonuçları

Patlatma sonucu yığının görüntüsü Şekil 4.9' daki gibi görülmektedir. Tamamen homojen olmamakla birlikte daha sağlıklı bir yığın elde edildiği gözlenmektedir.



Şekil 4.9. Birinci elektronik patlatma sonrası yığının görünümü

Patlatma dizaynı Şekil 4.5'de görüldüğü gibi V- cut (V-cut: bir noktadan V şeklinde 2 ayrı yönde ilerletilen atımlar için kullanılan tabir) şeklinde başlamış sonra aynı gecikmeli elektriksiz kapsül uygulaması gibi gruplar halinde devam

etmiştir. 0,225. saniyede V – cut olarak patlayan son delik patlamıştır ve 0,227. saniyede maksimum titreşim değeri alınmıştır. Bu delik incelendiğinde 25 milisaniye ara ile patlayan 10. Delik olduğu görülmüş aynı zamanda delik üzerinde blok oluşumu da dikkat çekmektedir.

İncelemeler sonucu deliğin özgül şarj olarak en zayıf delik olduğu, gücü içeride kalan, malzemeyi itemeye zorlanan patlayıcının titreşim problemi yarattığı tespit edilmiştir.

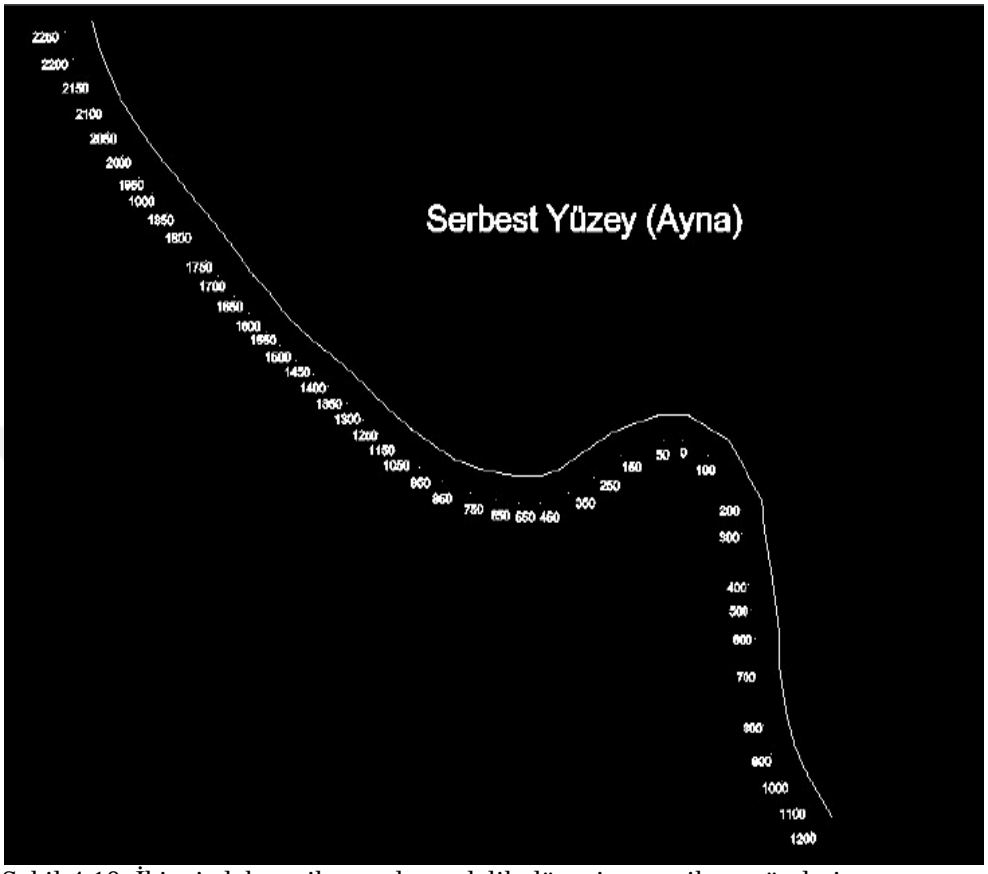
4.1.7. Elektronik Kapsül 2. Deneme

15.07.2016 Cuma günü 47 adet deliklik tek sıra grup atımı, tek seferde elektronik kapsül ile gecikme süreleri tayin edilerek, patlatma operasyonu gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen patlatmaya ait delik ve şarj parametreleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.10' da görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.3. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması paterni

Delik sayısı (m)	Delik çapı (mm)	Basamak Boyu (m)	Delik Boyu (m)	Yük Mesafesi (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama Boyu (m)	Patlayıcı Miktarı (kg/delik)
47	89	13	14,3	3	2,9	2,5	65

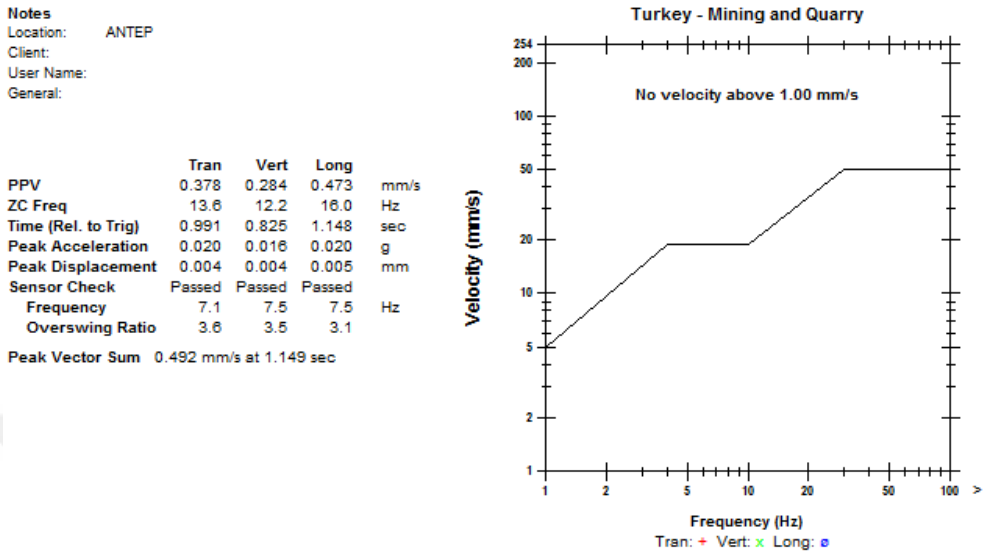
Mevcut değerlere göre uygulanan özgül şarj yaklaşık 0,53 kg/m^3 'tür. 43 numaralı delikte delik içi süreksizlik olmasından dolayı 65 kg patlayıcı kullanılmasına rağmen 7 metre sıkılama yapılmıştır.



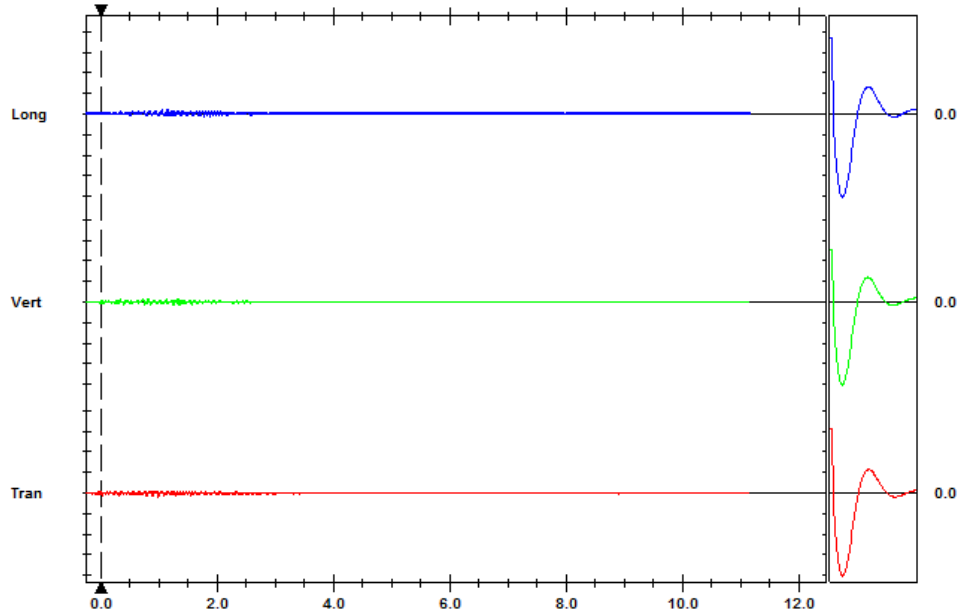
Şekil 4.10. İkinci elektronik uygulama delik düzeni ve gecikme süreleri

4.1.8. Elektronik Kapsül 2. Denemede Sarsıntı Analizi

Bu denemede delik sayısı 47 deliğe çıkarılmış, delikler arası gecikmeler 50 ms olarak ayarlanmıştır (Şekil 4.10.). Aldığımız sonuçlarda Şekil 4.11.'de rakamsal, Şekil 4.12'de grafiksel olarak görüldüğü üzere hedeflenen titreşim değerlerinin altına düşülmüştür. Ayrıca yüksek verimlilikte bir patlatma sağlandığı gözlemlenmiş olup aynı zamanda taş fırlamaları minimuma indirgenmiştir.



Şekil 4.11. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması titreşim ölçümü



Şekil 4.12. Elektronik kapsül 2. deneme patlatması titreşim ölçümü şekli

4.1.9. Elektronik Kapsül 2. Deneme Sonuçları

Patlatma sonucu yığının genel görüntüsü Şekil 4.13.'deki gibidir. Malzemenin tane boyu ve gevşemesi dikkate alındığında verimli bir patlatma gerçekleştiği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.13. İkinci elektronik patlatma sonrası yığın görünümü

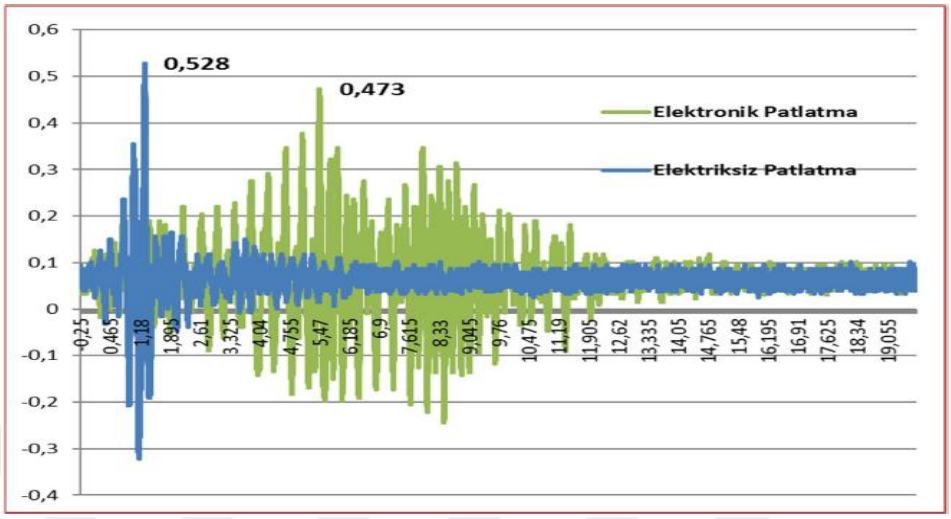
4.1.10. Sarsıntı Analizlerinin Karşılaştırılması

Çalışma sahasında 13-15.07.2016 tarihleri arasında mevcut kullanılan elektriksiz ateşleme sistemi yerine elektronik kapsül kullanılarak tek seferde patlatılan delik sayısının artırılması ve beraberinde Karpuzkaya Köyü'nden gelen patlatma kaynaklı sarsıntı şikâyetlerinin de önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Sarsıntı sonuçları karşılaştırılması

Tarih	Ateşleme sistemi	Birim zamanda patlayan maksimum patlayıcı(kg)	PPV (mm/sn)	Mesafe (m)	Frekans (Hz)	Ölçüm yeri
13.07.2016	Gecikmeli elektriksiz kapsül	58	0,528	820	16	Bahçe
14.07.2016	Elektronik kapsül	58	1,379	790	12	Ev İçerisi
15.07.2016	Elektronik kapsül	65	0,473	900	16	Bahçe

İlk elektronik patlatmasında ev içerisinde hissedilen titreşim değerlerinin görülmesi için cihaz evin içinde zemin kata kurulmuştur. Yukarıda görüldüğü gibi ev içerisinde zeminde ölçülen değer bahçe de ölçülen değerlere göre daha yüksektir. Binaların yapısal özelliklerinden dolayı ev içerisinde titreşim değerlerinin beklenildiği gibi neredeyse 3 katına kadar büyüdüğü görülmüştür. İkinci elektronik patlatmasında 47 delik aynı anda patlatılmış titreşim değerleri sadece 5 delikten oluşan bir elektriksiz patlatma grubu ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.14’ de aynı ölçüm noktasında kayıt değerleri alınan elektronik ve elektriksiz patlatmaların titreşim grafikleri detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Elektronik kapsül ve gecikmeli elektriksiz kapsül denemelerinin sarsıntı karşılaştırması

Şekil 4.14' de görüldüğü gibi elektriksiz ateşleme sistemiyle patlatılan beş deliğin titreşim değeri elektronik ateşleme sistemi ile yapılan patlatmaya göre daha yüksektir. Söz konusu değerler elektriksiz patlatmada 0.528mm/sn iken elektronik patlatmada birim zamanda patlayan patlayıcı miktarı 58 kg'den 65 kg'ye çıkmasına rağmen 0,473mm/sn olarak ölçülmüştür. Ayrıca bir seferde patlatılan delik sayısı 5 delikten 47'ye çıkarılmıştır. Yaptığımız çalışmada sarsıntı sorunu görülen alanın yaklaşık 3 dönümlük bir arazi içerisinde olmasından ötürü, rezonans oluşumu gibi olasılıklar göz önünde bulundurularak aynı alan içerisindeki farklı noktalardan ölçümler alınmıştır. Ayrıca ev içerisinden alınan titreşim değerleri, sorun yaşayan evin sorunlarının yapısal olabileceğini göstermiştir. Gecikmeli elektriksiz patlatma denemesi ile karşılaştırdığımız 2. Elektronik patlatma denemesi aynı frekans değerlerinde ve aynı bölgeden olacak şekilde ölçülmüştür (Çizelge 4.4).

Çalışmamızın Elektronik patlatmada birim zamanda patlayan patlayıcı miktarının daha fazla olup titreşim değerinin daha düşük olmasındaki temel neden elektronik ateşleme sistemlerinin gecikme sürelerindeki sapmanın elektriksiz sisteme göre çok daha az ve gecikme aralıklarının kontrol edilebilir olmasıdır.

4.2. Elektriksiz ve Elektronik Ateşlemede Taş Savrulmaları

Elektriksiz kapsüllerle 5‘ er delik şeklinde yapılan denemelerde, 1 grup patlatıldıktan sonra diğer grubun patlayacak olan yüzeylerinin patlatma öncesi zarar görmesi, kavlak ve serbest taşlar oluşması, taş savrulmalarına çok elverişli yüzeyler oluştuğunu göstermiştir. Bu durum video kayıtlarından alınan resimlerde de net olarak görülmektedir (Şekil 4.15).

Elektronik kapsüllerle yapılan çalışmalar ise kavlak oluşumuna müsaade etmeden, patlatma enerjisinin düzenli bir şekilde yayılı göstermesine, aynı doğrultuda kırılan taşlarında düzenli bir yayılım göstermesine sebep olmaktadır. Bozuk bir yüzey olmaması durumunda taş savrulmaları günümüz çalışmalarındaki minimum seviyeye indirilmiştir. Bu durum iş ve çevre güvenliği açısından patlatma işlerindeki güvenlik katsayısını oldukça arttırmış, tehlikeli bölgeler, yol ve ya bina yakınları, insan ve değerli yapıların olduğu bölgelerde risk mümkün olduğunca azaltılmıştır.



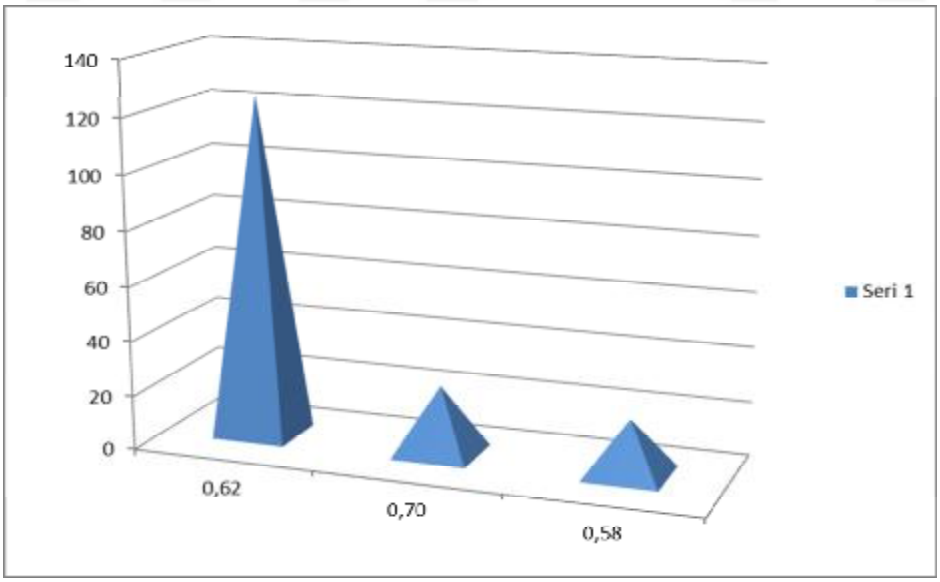
Şekil 4.15. Bozuk yüzeyden fırlayan taş görüntüsü

Yavaş çekimde alınan bir görüntü, zarar görmüş yüzeyden fırlayan taşı göstermektedir.

Çizelge 4.5. Gecikmeli elektriksiz ve elektronik kapsül denemelerinde delik sayısı ve taş savrulma mesafeleri

	Özgül şarj kg/m^3)	Mesafe (m)	Kapsül Çeşidi	Delik sayısı
1	0,62	125	Gecikmeli Elektriksiz ateşleme	5 delik
2	0,70	25,0	Elektronik ateşleme	40 delik
3	0,58	20,0	Elektronik ateşleme	47 delik

Çizelge 4.5' de belirtilen taş fırlaması mesafelerindeki düşüş; özgül şarja bağımlı olamadan, patlayıcı enerjisini doğru yönlendirme kabiliyetinin yüzeylere hasar vermeden patlatmanın tamamlanmasına sağladığı katkı ile taş savrulmalarını büyük ölçüde azaltıldığını göstermektedir. Şekil 4.16'da da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Gecikmeli elektriksiz ve Elektronik kapsül taş savrulma grafiği

4.3. Gecikmeli Elektriksiz Ateşleme Sisteminde Taş Savrulması İncelemeleri

Elektronik ateşleme denemeleri sonrası yapılan 6 farklı elektriksiz kapsül ile yapılan ateşleme denemesinde özgül şarjların ve serbest yüzeylerin taş savrulmalarına etkileri gözlemlenmiştir. Bu gözlem sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Gecikmeli elektriksiz kapsül ateşlemelerinde taş savrulması grafiği

	Özgül şarj kg/m^3)	Mesafe (m)	Delik sayısı	Açıklama	Sonuç
1	0,66	98	(60 delik)	standart delik (12 m)	verimli
2	0,70	350	(100 delik)	bozuk yapı (12 m)	verimli
3	0,60	300	(30 delik)	kısa delik	verimli
4	0,45	45	(35 delik)	kısa delik	verimli
5	0,35	5	(45 delik)	kısa delik	blok oluşumu
6	0,40	8	(40 delik)	kısa delik	verimli

1. ve 2. Denemede yakın özgül şarjlar ile yapılan aynı uzunlukdaki delik boylarında aynı delik dizaynlarında yapılan patlatmalarda sağlam yapılı bölgede 98m'lik bir taş savrulması görülürken, bozuk yapıda ise bu uzaklık büyük risk oluşturan 350 m uzaklığına çıkmaktadır. Bu durum bize özgül şarj, sıkılama boyu, sıkılama malzemesi, delik düzeni gibi bilimsel parametrelerin taş savrulması açıklamalarına yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu durum bize, patlatma yapılan bölgenin formasyonu ve süreksizliklerinin de taş savrulmaları hesaplarında göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermiştir.

Diğer dört patlatmada ise 2 ve 3 m boylarında kısa delikler ile çalışmalar yapılmış, özgül şarjlarda değişiklik yapılarak kayıtlar tutulmuştur. 3. ve 4. Denemelerde 0,60 kg /m^3 özgül şarjın delikte yüksek savrulmalara sebep olduğu, enerjinin delik içinde sarf edilemeyip dışarıya gittiği görülmüş, bu sebepten

kullanılan patlayıcı madde miktarı azaltılarak, iş ekonomisi ve güvenliği pozitif yönde geliştirilmiştir. Yapılan 5. Denemede 0,35 kg/m^3 olarak ayarlanan özgül şarjda ise enerji; patlatma yapılan bölgenin kırılmasına ve ötelenmesine yeterli olmayarak, blok ve topuk oluşumuna neden olduğu görülmüştür. Bu bağlamda taş savrulmasını minimum seviyede tutacak ve gerekli kırma enerjisini sağlayacak olan özgül şarj seviyesi kısa delikler için 0,40 kg/m^3 olarak 6. Deneme'de belirlenmiştir.

Bu çalışmamız ocak özelliğine göre spesifik bir çalışma olup taş savrulmalarını genel olarak formülize etmenin yeterince doğru sonuçlar vermeyeceğini göstermektedir. Risk seviyesinin birden çok parametreye bağlı olduğunu, ancak ve ancak çalışma yapılan bölgelerde yapılacak deneme ve ölçümler sonucu güvenlik seviyesine katkıda bulunulabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışmamızda gerçekleştirilen bir elektriksiz ve iki elektronik patlatma denemesi sonrası Karpuzkaya Köyü'nde oluşan titreşim değerleri ve bir dizi elektriksiz patlatma ile görülen taş fırlamaları irdelenmiştir. Elektriksiz kapsüller ile 5 delik gecikmeli olarak patlatılırken bu sayı elektronik ateşleme sistemleri ile sırasıyla 40 ve 47 deliğe çıkarılmıştır. Ayrıca delik sayıları arttırılırken titreşimde olan düşüşün yanı sıra taş fırlamaları kontrol altına alınmış, patlatma verimliliğinde de artış olduğu gözlemlenmştir. Bu bağlamda "Gecikmeli elektriksiz" ve "Elektronik ateşleme" sistemlerinin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları şöyle sıralanabilir;

Elektronik ateşleme sisteminin avantajları;

- Elektriksiz kapsüllerin 17 – 25 – 42 ms ile (çoğunlukla 25ms ile) sınırlı olan gecikme aralıklarına sahip olmasına karşı, Elektronik ateşleme sistemlerinde 1 ms aralıklar ile 0'dan 14000 ms' ye kadar isteğe göre ayarlanabilen gecikme aralıklarına sahip olması; patlayıcı kullanımındaki mühendislik ve dizayn hizmetlerini profesyonelleştirmekte, patlatma sahasının fiziki şartlarına göre ve patlatma sonuçlarında istenilen yığın özelliklerine göre istenilen gecikme aralıkları sağlanması,
- İsteğe göre ayarlanabilen gecikme aralıkları ve patlatma ilerleme yönü sayesinde patlatma enerjisinin, saha içerisinde istenilen bölgeye yoğunlaştırılması ile sarsıntı oluşumu, taş savrulmaları gibi çevresel etkilerin kontrolünün arttırılması ve etkilerinin azaltılması,
- Elektriksiz kapsüllerin imalatında kullanılan proteknik gecikmenin insan eli ile sağlanmasından dolayı insan faktöründen oluşabilen dikkatsizlikler ile kapsüllerdeki fark edilemeyen hataların sahada oluşturabileceği; sapma, atlama, atım kesmesi ihtimallerinin, elektronik kapsüllerin teknolojisinde

olan kontrol sistemlerinin sayesinde ortadan kaldırılabilinmekte olması, sapmalar ile oluşacak kontrolsüz enerjiyi ve atım kesmeleri ile oluşacak yüksek iş güvenliği risklerini tamamı ile ortadan kaldırmakta

- Elektronik kapsüllerin fiziki yapısından dolayı, şimşek, elektriksel alan, radyo frekansları gibi patlayıcı maddeyi tetikleyebilecek risklerin ortadan kaldırılıyor olması
- Azaltılabilen çevresel etkiler sayesinde arttırılan delik sayılarının işletme ekonomisine katkıda bulunmakta olması
- Azaltılabilen taş savrulmaları ile patlatma sahasında iş güvenliğinin arttırılması

Elektronik kapsülün Dezavantajı;

- Elektronik kapsül sistemleri yönünden bakıldığında dezavantajı; elektronik kapsülün henüz yaygınlaşmamasından kaynaklı ürünün yüksek maliyeti ve uygulamanın sahalara henüz yabancı olması,
- Uygulamaları sağlayacak nitelikte eleman eksiği

Karpuzkaya Köyünde yapılacak çalışmalar için öneriler;

- Tek sıra halinde gerçekleştirilen patlatmaların elektronik kapsüller ile iki ya da üç sıra halinde denemelerinin gerçekleştirilmesi ve böylece patlatma başına alınan toplam malzeme miktarının artırılması. Böylelikle sahada gerçekleştirilen toplam patlatma sayısının azaltılarak çevreye verilen patlatma kaynaklı olumsuz etkinin daha aza indirgenmesi,
- Elektronik kapsüller ile tek seferde gecikmeli olarak gerçekleştirilecek maksimum delikli patlatma denemelerine devam edilmesi,

- Elektronik ateşleme sistemleri ile delme patlatma parametrelerinin optimize edilmesi ve toplam ton başına maliyetlerin düşürülmesinin hedeflenmesi,
- Karpuzkaya Köyü doğrultusunda üretim patlatmalarına başlamadan ön kesme patlatmaları yapılması,

Sonuç olarak tüm dünyada patlatma kaynaklı titreşim problemlerinin ve taş savrulmalarının yaşandığı sahalarda elektriksiz kapsüllerin yerine elektronik kapsüller ile çözümler geliştirilmiştir. Detayları gösterilen bu çalışmamızda da aynı doğrultuda sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında elektronik kapsüllerin çevresel etkiler ve iş güvenliği yönünden faydaları çalışmamızda gözler önüne serilmiştir. Bu faydalar göz önünde bulundurularak gelişen teknolojinin ülkemizde kullanılması ve yaygınlaşmasının; temin ve kullanımdaki yüksek maliyetleri düşüreceği, böylelikle yaygınlaşan kullanımla birlikte iş sağlığı ve güvenliğinin gelişeceğini ve ülke ekonomisine katma değer sağlayacağını öngörmekteyiz.

KAYNAKLAR

Akkoyun Ö., 2004; KAYAMEK′2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu / Sivas, Türkiye Bir manyezit açık işletmesinde uygulanan kontrollü patlatma çalışması Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Adıgüzel D., 2006. Çatalca Yöresi Akyol Taşocağında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Etkilerinin Araştırılması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s8.

Arpaz, E., 2000, Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçümlerinin Değerlendirilmesi İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı, Sivas, Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS ISBN 975-395-416-6

Barutsan, 1995, Barutsan A.Ş. İnfilaklı Fitil Kullanım Kılavuz, Elmadağ, Ankara

Barutsan, 1999, Barutsan A.Ş. Ürün Broşürleri, Elmadağ, Ankara.

Barutsan, 1997, Barutsan A.Ş. Ürün Kataloğu, Elmadağ, Ankara, s24.

Barutsan, 2001, Barutsan A.Ş. Ürün Broşürleri, Elmadağ, Ankara.

C.H., Dowding, 1985 Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1985, s297.

Çelik A., Ocak-2016, Konya, Bir Kırmataş İşletmesinde Birim Maliyeti Etkileyen Faaliyetlerin Etki Derecelerinin Belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, s18.

Dick, RA, Larry, RF, D'Andrea DV, 1983. Explosives and blasting procedures manual, Bureau of Mines, IC/8925, USA, s105.

Kahriman, A., 1995. Sivas Ulaş Yöresi Sölesit Cevheri ve Yankayaçları İçin Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri İle İlişkilendirilmesi, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas

Kahriman, A., 1999. Açık Maden ve Taş Ocaklarında Kaya Patlatma Teknolojisi Eğitim Semineri, s20-38

Sami Karaa, William R. Adamsonb, William J. Reiszc, Raphael Trousselled, SYMPHOS, 2013, 2nd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry, THE LATEST GENERATION OF THE ELECTRONIC SYSTEM ENHANCED SAFETY AND PRODUCTIVITY, s9

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanllığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu, 2018, s26

Ural S.; Demirkol S., 2008, Evaluation of Occupational Safety and Health in Surfaces Mines. Safety Science , Safety Science Volume 46, Issue 6, July 2008, s1016-1024

Wilson,, H.H. ve Krummenacher R., 1957, Geology and oil prospects of Gaziantep region, SE, Turkey: Petrol Dai. Bşk. teknik arşivi, Ankara (yayınlanmamış)

http://www.idealexplosive.com/index.php/tr/yemleme-le-patlayan-/anfo (Erişim Tarihi 02.10.2016)

http://nkspatlayici.com.tr/urunler/kapsule-duyarli-patlayici (Erişim Tarihi 08.10.2016)

http://cenk-er.com.tr/elektriksiz-kapsuller.html (Erişim Tarihi 2.11.2016)

ÖZGEÇMİŞ

01.07.1988 tarihinde Adana' da doğdu, ilköğretim ve Lise eğitimini Adana' da tamamladı. Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden mezun olarak 2013 yılında Lisans Diplomasını aldı. 2015 yılından bu yana, patlayıcı sektöründe teknik satış, mühendislik hizmetleri ve pazarlama konularında Maden Mühendisi olarak hizmet vermektedir.