



**OKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SUALTI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI
TİTREŞİMLERİN DERİNLİĞE BAĞLI
DEĞİŞKENLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**H.Ceyhun TÜRE
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Patlayıcı Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN
Eş Danışman
Yrd. Doç Dr. Birol ALAS**

Ekim, 2015

İSTANBUL



**OKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SUALTI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI
TİTREŞİM DEĞERLERİNİN DERİNLİĞE BAĞLI
İNCELENMESİ**

**H.Ceyhun TÜRE
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Patlayıcı Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN
Eş Danışman
Yrd. Doç Dr. Birol ALAS**

Ekim, 2015

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince göstermiş olduğu destek, yardım, anlayış ve fırsatlar için Danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali KAHRİMAN' a ve Eş Danışmanım Sayın Yrd.Doç. Dr. Birol ALAS'a, yüksek lisans öğrenimim esnasında tüm bilgi ve birikimlerini bana aktarmak için bitmek tükenmek bilmeyen bir enerji ile çalışan, değerli hocalarıma, Jüri Üyesi İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Cengiz KUZU' ya, Jüri Üyesi İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir KARADOĞAN'a ve Okan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölüm Başkanı Öğretim Görevlisi Sayın Yüksek Mühendis Alper ÇELTİKÇİ' ye sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bana zaman ve çalışma saati merfumu gözetmeden her konuda yardımcı olan, en karmaşık ve içinden çıkılmaz görünen konuları bilgi birikimi ve pozitif kişiliğiyle ile kolay hale getiren Okan Üniversitesi Öğretim Görevlisi Sayın Sadettin BAĞDATLI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmaların bir uyum ve karşılıklı koordine içerisinde yapılması için gerekli izinlerin verilmesini sağlayan Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nın her kademesinde emeği geçen personeline ve özellikle dünyanın en seçkin birliklerinden biri olan Sualtı Savunma Grup Komutanlığı'nın başta komutanı olmak üzere, çalışmalarda her türlü deniz ve hava durumunda yılmadan ve bıkmadan verilen görevi kusursuzca yerine getiren güzide ve kahraman personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her zaman arkamda yıkılmaz birer çınar gibi duran ve destekleri, inanç ve sevgileri bana her zaman güç veren anneme, babama ve kardeşime bana böyle bir aile verdikleri için şükranlarımı sunarım.

Ekim, 2015

H. Ceyhun TÜRE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	2
2.1. DELME VE PATLATMANIN ÖNEMİ VE PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ İLE İLGİSİ	2
2.1.1. Delme-Patlatmanın Önemi.....	2
2.1.2. Delme Patlatmanın Kullanıldığı Alanlar	3
2.1.3. Delme-Patlatmanın Mühendislik İle İlgisi.....	5
2.1.4. Patlatmanın Tarihi.....	6
2.1.5. Patlayıcı maddeler.....	8
2.2. DELME VE PATLATMA GÜVENLİK ÖNLEMLERİ.....	16
2.2.1. Delik delme ve şarj işlemi güvenlik önlemleri	16
2.2.2. Patlatma Faaliyeti Esnasında Dikkat Edilecek Emniyet Esasları :.....	16
2.2.3. Patlatmadan Önceki Emniyet Tedbirleri	17
2.2.4. Patlatma Esnasında Emniyet Tedbirleri.....	17
2.2.5. Patlatmadan Sonraki Emniyet Tedbirleri	18
2.3. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR	18
2.3.1. Fırlayan Kaya	21
2.3.2. Toz Oluşumu	22
2.3.3. Yer Titreşimi	23
2.3.3.1. Yer Titreşiminin Oluşumu ve Genel Karakteristikleri	23
2.3.3.2. Titreşim Kayıtları.....	28
2.3.3.3. Ölçekli Mesafe Kavramı.....	29
2.3.3.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini.....	30
2.3.3.5. Patlatmadan Kaynaklanan Yersarsıntısını Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler.....	31

2.3.4. Hava Şoku ve Gürültü	32
2.3.5. Sualtı akustiği nedeniyle dalgıç ve delici platformların maruz kalabileceği çevresel etkiler	35
2.3.5.1. Sualtı Patlatmasının Fiziksel Özellikleri.....	35
2.3.5.2. Sualtı patlatmalarının etkileri.....	41
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	44
3.1. ARAŞTIRMADA KULLANILAN MALZEMELER.....	44
3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM	45
3.3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN TİTREŞİM ÖLÇER CİHAZLAR	49
4. BULGULAR.....	50
4.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ VE TANITIMI	50
4.2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ	51
4.3. ARAZİ UYGULAMASI.....	51
4.3.1 Ön Çalışma ve Hazırlık	51
4.3.2 Uygulama ve Ölçüm Çalışmaları.....	52
4.4. TİTREŞİM ÖLÇÜM VE ÖLÇÜM İSTATİSTİKLERİ ANALİZİ	52
4.4.1. Derinliğin Titreşim Değerlerine Etkisini İncelemek Maksadıyla Yapılan Analiz.....	53
4.4.2. Titreşim Değerlerinin Ölçekli Mesafeye Bağlı İstatistiksel Analizi.....	57
4.5 İSTATİKSEL DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	59
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	60
KAYNAKLAR.....	62
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Patlatma ve Ardışık Faaliyetlerin Maliyetleri Arasındaki İlişki	3
Şekil 2.2. Patlatmanın çevresel etkileri	19
Şekil 2.3. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması.....	22
Şekil 2.4. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu	25
Şekil 2.5. Basınç ve kesme dalgaları.....	26
Şekil 2.6. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri	33
Şekil 3.1 Sualtı Patlatma Malzemeleri.....	44
Şekil 3.2. Sualtı Patlatma Düzenegi	48
Şekil 3.3. Ölçüm Çalışmaları	48
Şekil 3.4. Patlatma ve Ölçüm Noktalarının Kesit Görünümü.....	48
Şekil 4.1. Çalışma Alanının Uydu Görüntüsü	50
Şekil 4.2. PPV ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki.....	58

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Patlayıcı ve ateşleyicilerin keşif tarihleri	7
Tablo 2.2: Patlayıcı madde dönüşüm tablosu	13
Tablo 2.3. Yersarsıntısı Üzerindeki Değişimlerin Önem Sırası Etkili.....	32
Tablo 2.4. 5 Libre Patlayıcının 20 Feet Derinlik İçin Etkileri	43
Tablo 3.1. Titreşim Ölçerlerin Konumları	49
Tablo 4.1. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj)	54
Tablo 4.2. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi.	54
Tablo 4.3. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj)	55
Tablo 4.4. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi	55
Tablo 4.5. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (566 gr Şarj)	56
Tablo 4.6. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerinin(566 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi.	56
Tablo 4.7. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (566 gr Şarj)	57
Tablo 4.8. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerinin(566 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi	57
Tablo 4.9. İstatiksel Değerlerin Karşılaştırılması.....	59

SEMBOL LİSTESİ

ANFO	: amonyum nitrat + fueloil karışımı patlayıcı madde
BDD	: birim deformasyon dalgası
ÇDD	: çekme deformasyon dalgası
Hz	: hertz
ISRM	: uluslar arası kaya mekaniği derneği
M.Ö.	: milattan önce
M.S.	: milattan sonra
NATM	: yeni avusturya tünel açma yöntemi
OSM	: birleşik devletler açık ocak madencilik bürosu
TBM	: tunnel boring machine
USBM	: birleşik devletler madencilik bürosu
u	: parçacığın yer değişimesi
U	: maksimum yer değiştirme
k	: dalga sayısı sabiti
ω	: açısal frekans sabiti
t	: zaman
T	: dalga periyodu
f	: frekans
λ	: dalga boyu
c	: yayılım hızı
v	: parçacık hızı
μ	: parçacık ivmesi
SD	: ölçekli mesafe
R	: mesafe
W	: gecikme başına maksimum şarj miktarı
PPV	: maksimum parçacık hızı
K, β, α, n	: çalışma sahası sabitleri
$e^{-\alpha R}$: inelastik seyrelme faktörü
$e^{-\alpha(R/W)}$: İnelastik sönme faktörü
r^2	: korelasyon katsayısı
dB	: desibel
P	: ölçülen tepe ses basıncı
P₀	: referans ses basıncı
N	: gürültü
A	: genlik
C	: şarj miktarı
d	: uzaklık
ER	: enerji oranı
a	: ivme
v₀	: düzeltilmemiş düşey parçacık hızı
F_k	: inşaat kalite faktörü
F_d	: patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe faktörü

F_t : patlatma işlemlerinin süreceği toplam proje süresi
Ø : fi

ÖZET

SUALTI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI TİTREŞİM DEĞERLERİNİN DERİNLİĞE BAĞLI İNCELENMESİ

Dünyada özellikle son 50 yılda gelişmeye başlayan sualtı patlatma teknolojisi insani bir takım gerekler ve zorunluluklar nedeniyle ilerleme göstermeye başlamıştır. Fakat ülkemizde hem askeri personel haricinde yetişmiş personel olmaması hem de ilgili kanuni mevzuatlarda bir düzenleme bulunmaması nedeniyle gelişme sürecinin zaman alacağı görülmektedir.

Bu nedenle sualtı patlamalarının olmazsa olmaz şart olduğu durumlarda karşılaşılması muhtemel çevresel sorunlardan biri olan titreşim faktörü üzerinde yoğunlaşarak Beykoz ilçesi, Riva Köyü, Soğanadası mevkiinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bağlısı, Sualtı Savunma Grup Komutanlığı'nın seçkin personeli tarafından icra edilen eğitimlerde yapılan 16 adet patlatmada 64 adet titreşim kaydı elde edilmiştir.

Bu tez kapsamında; Lüleci (2014)'nin çalışması incelenmiş olup icra edilen sualtı titreşim ölçümlerinin hava muhalefeti ve dalgıç personel eksikliği sebebiyle 0-1 metre derinlikler arasında sınırlı kaldığı tespit edilerek titreşim ölçümlerinin farklı derinliklerde de alınabilmesi maksadıyla uygun hava koşulunun ve yeterli dalgıç personel sayısının sağlanması beklenmiş ve önceden belirlenen modele uygun olarak 0-4 metre derinliklerde titreşim ölçüm değerleri alınmıştır.

Her bir patlatmada kullanılan patlayıcı madde miktarlarına ve derinliklere bağlı olarak oluşan ölçekli mesafe (SD) ile titreşim kayıtları ilişkilendirilerek çalışma yapılan bölgenin jeolojisine özgü olan arazi iletim katsayısı (K) ve jeolojik katsayısına (β) ulaşılmıştır.

Çalışmada, hem karada hem de sualtında yapılan patlatmalarda karşılaşılan konularla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Delme patlatmanın önemi, patlatmadan kaynaklı

Çevresel sorunlar ve özellikle sualtı patlatmalarının fiziksel özellikleri derlenerek 2. bölümde sunulmuştur.

Bölüm 3 te kullanılan malzeme ve yöntemler açıklanmıştır. Çalışma yapılan bölge ile ilgili bilgiler, titreşim ölümleri ve istatiksels değerlendirilmesi Bölüm 4 te verilmiştir. Bölüm 5 te elde edilen sonuçlar tartişılmıştır.

SUMMARY

EXAMINATION OF VIBRATION VALUES BASED ON UNDERWATER DETONATIONS IN VARIOUS DEPTH

The underwater demolition technology improvement that especially gained way in last 50 years, this process accelerated due to some humanitarian needs and obligations. Given that there is no other trained personnel other than military professionals and gaps in the legal system, for our country it seems that it will take a longer time for this process to develop.

For this reason, a special concentration has been dedicated to “vibration” within this thesis, which is apparently an inevitable outcome that effects the environment during underwater demolitions. 64 vibration results have been recorded during 16 underwater explosions that had been conducted by the Underwater Defense Group Command’s elite personel, within the boundries of their Naval facility, located in Riva, Beykoz, İSTANBUL.

(Lüleci, 2014) practise had researched and it had seen that due to the bad weather conditions and lack of SCUBA divers only 0-1 meter depth vibration results can recorded. In this thesis; right weather conditions waited and enough SCUBA divers joined the practise so we can recorded vibration results between 0-4 meters with a model determined before

Regarding the depth and the amount of explosive used at every explosion, derieved “scaled distance (SD)” has been related to the geological conductive coefficient (K) thus obtaining the Geological coefficient (β).

During the practices, a whole scan for ground and underwater demolition terminology has been conducted. The importance of penetrative demolition, shatering mechanizm of

demolition, environmental problems caused by the demolitions and especially the physical specifications of underwater demolitions has been compiled at Chapter 2. Used material and techniques are explained at Chapter 3. Regional information of the practice, vibration measurements-evaluation and the Risk Analysis according to the obtained data is given at Chapter 4. All outputs are discussed at Chapter 5.

1. GİRİŞ

Patlayıcı mühendisliğinin temel amacı insanoğlunun gereksinim duyduğu endüstri hammaddesini; içinde bulunduğu ana kütleden faydalanılabilir bir büyüklükte, en ekonomik şekilde, minimum bir zaman diliminde ve emniyetli bir biçimde ayırmaktır. Bilim insanlığa en büyük katkılarından birini şüphesiz patlayıcı maddeleri bulmakla yapmıştır. Barışçıl amaçlarla kullanıldığında insanlığa büyük yararı dokunan bu maddeler, amacı dışında kullanıldığında maalesef büyük zararlar verebilmektedir. Patlayıcı kullanılarak gerçekleştirilen kaya kırma işlemleri; maden ve taş ocakçılığı, yol, tünel, baraj, inşaat, alt yapı, enerji hatları vb. kazı işlemleri için kullanılan en güçlü ve en ekonomik yöntemdir. Ancak her sistemin olduğu gibi patlatma sisteminin de bir takım olumsuz yönleri tabii ki vardır. Bunlardan en önemlisi psikolojik ve çevresel rahatsızlıklardır. Patlatma tasarımının iyi yapılamaması sonucu oluşan yer titreşimi, hava şoku, taş savrulması gibi olumsuz etkiler bahse konu bu tip rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu nedenle çevre ve canlı koruma ve güvenlik tedbiri ihtiyaçları patlatma teknolojilerinin gelişimini zorunlu kılmıştır. Bu amaçla kontrollü patlatma teknikleri ilkeleri doğmuştur ve zamanla geliştirilmeye devam etmektedir. Zaman içerisinde bilim ve teknolojinin gelişmesiyle hangi ortamda olursa olsun patlatmanın çevresel etkilerinin ve her türlü olumsuzluğun giderileceği değerlendirilmektedir

Sualtı patlatması ise içerisinde delme-patlatma faaliyetleri haricinde pek çok birbirinden bağımsız operasyonu içeren kritik bir süreçtir. Tabii ki karada yapılan patlatmalarda olduğu gibi iyi parçalanmış, kolay yüklenebilir gevşeklikte yığın elde etmek, işlem sırasında optimum parçalanmayı sağlayacak ve patlatma çevre etkileşiminde çevreye zarar vermeyecek, daha sonraki çalışmaların hızı ve maliyeti üzerinde olumsuz bir etki oluşturmayacak bir patlatma tasarımının organize edilmesi sualtı patlatmaları için de gerekmektedir. Bu yüksek lisans tezinde, sualtı patlatmalarından kaynaklı titreşimlerin derinliğe ve mesafeye bağlı değişimlerinin araştırılmasına ve arazi katsayılarının belirlenmesine yönelik çalışmalar anlatılmaktadır.

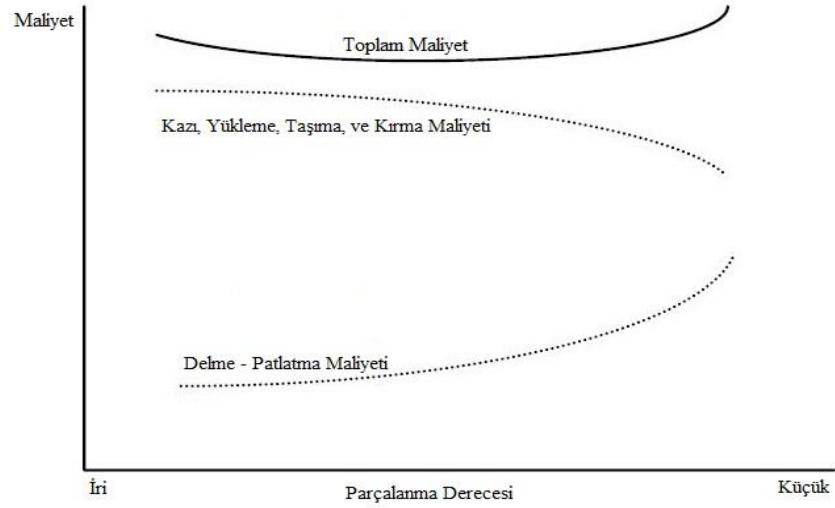
2. GENEL KISIMLAR

2.1. DELME VE PATLATMANIN ÖNEMİ VE PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ İLE İLGİSİ

2.1.1. Delme-Patlatmanın Önemi

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, teknolojik alanda görülen gelişmeler, özellikle belirlenen işlerin tamamlanmasında ki hız ve maliyet faktörlerinin önemini daha da fazla hayatımıza dayatmaya başlamıştır. Zira üzerinde oynanabilen en önemli iki girdi olmaları nedeniyle çevresel faktörlerinde kontrolü ile birlikte daha hızlı ve maliyeti düşük bir proses insanlar için seçim nedeni olmaya başlamıştır. Bilim insanlığı en büyük katkılarından birini şüphesiz patlayıcı maddeleri bulmakla yapmıştır. Barışçıl amaçlarla kullanıldığında insanlığı büyük yararı dokunan bu maddeler, günümüzde de birçok örneğini gördüğümüz savaçıl amaçlarla kullanıldığında maalesef büyük zararlar verebilmektedir. Doğru amaçlarla patlayıcının kullanılmasına en güzel ve faydalı örnek olarak patlayıcı maddeler zamanla kaya kazısında kullanılmaya başlamıştır. İlerleyen teknoloji ile kaya delme ekipmanlarındaki gelişme ve ucuz patlayıcı maddelerin devreye girmesi, delme ve patlatmanın büyük hacimlerde uygulanmasını sağlamıştır. Delme-patlatma denildiği zaman ilk akla gelen madencilik çalışmaları olmaktadır. Ayrıca delme patlatmanın gelişmesi baraj, yüksek standartlı karayolları, tünel ve diğer yapılar için yapılan kazılarda kolaylık olmasını sağlamıştır. Sonuç olarak insan gücü ya da mekanik makinelerle kazı olmadığı durumlarda ve makine ile kazının ekonomik olmadığı durumlarda da delme patlatma yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Ceylanoğlu ve diğ., 1993).

Aşağıda belirtilen önerme bir yandan delme teknolojisiyle ilgili gerçek yeni araştırmalar yaparak çözülememiş sorunlara yanıt aramaya ve tüm operasyonlar için uygun makine tip ve kapasite optimizasyonuna gereksinim olduğunu göstermektedir. Burada özellikle primer kırıcıların devreden kaldırılmasını ve kütle ötelenmesini hedefleyebilmek mühendisler için nihai bir ideal olmalıdır.



Şekil 2.1. Patlatma ve Ardışık Faaliyetlerin Maliyetleri Arasındaki İlişki (Ceylanoğlu ve diğ., 1993; Arpaz, 2000)

2.1.2. Delme Patlatmanın Kullanıldığı Alanlar

Günümüz koşullarında, delme-patlatma teknolojisi genel haliyle madencilik sektörü başta olmak üzere, inşaat sektöründe, petrol arama ve üretim faaliyetlerinde, tarım ve ormancılık sektöründe, altyapı hizmetlerinde, diğer endüstriyel ve askeri alanlarda yaygın bir olarak kullanılmaktadır. Bu genel ve özel kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır (Kahrıman, 2003).

a. Madencilik Sektörü

b. Maden Arama Faaliyetleri

- Sismik aramalar
- Yarma
- Yol ve lokasyon hazırlığı
- Arama kuyu ve galeri

c. Açık İşletme Faaliyetleri

- Genel hazırlık

- Gevşetme patlatmaları
- Basamak patlatması
- Yapı taşı üretimi ve taş ocakları

ç. Yeraltı İşletme Faaliyetleri

- Hazırlık işlemleri
- Üretim işleri
- Tavan göçertme çalışmaları

d. Özel Üretim Yöntemleri

- Rezervin kütleli olarak gevşetilmesi
- Rezervin ve yan taşların kırılması ve çatlatılması

e. Tünel Açma Faaliyetleri

- Kara yolu tünelleri
- Demir yolu tünelleri
- Toplu ulaşım (metro) tünel ve istasyonları
- Su ve kanalizasyon tünelleri
- Derivasyon tünelleri

f. İnşaat Sektörü

- Ham madde temini
- Temel kazıları
- Kanal açma çalışmaları
- Yol yapımı
- Baraj ve gölet yapımı
- Kontrollü yıkımlar
- Bina ve beton yapılar
- Çelik konstrüksiyon
- Köprü
- Yüksek fırın bacaları

g. Petrol Sektörü

- Sismik aramalar
- Rezervuarların gevşetilmesi
- Boru hatlarının açılması

ğ. Enerji Sektörü

- Yeraltı güç santralleri
- Yer altı petrol ve gaz depoları
- Yer altı nükleer atık depoları
- Yer altı basınçlı hava depoları

h. Tarım ve Ormancılık Sektörü

- Tabakalara su geçirme özelliği sağlayarak çatlak oluşturma çalışmaları
- Ağaç köklerinin çıkartılması
- Ağaç kesimi

1. Askeri Faaliyetler

- Tahrip ve imha faaliyetleri
- Mevzilerin hazırlanması
- Stratejik füzeler için yer altı üsleri
- Korunmaya yönelik yer altı boşluk ve sığınakları

i. Diğer Faaliyetler

- Su altı atımları
- Buz ve buz altı çalışmaları
- Zemin stabilizasyon işlemleri
- Metal yapıştırma ve kaynaklama işlemleri
- Endüstride sıcak atımlar
- Kuyu ve silo tıkanıklıklarının giderilmesi
- Nükleer atımlar yaparak işletilebilir yeni ham madde kaynaklarının oluşturulması

2.1.3. Delme-Patlatmanın Mühendislik İle İlgisi

Patlatma mühendisliğinin temel amaçlarından biri, konforlu bir yaşam için gerekli alt yapı kazalarıyla birlikte; insanoğlunun gereksinim duyduğu endüstri hammaddesini içinde bulunduğu ana kütlede faydalanılabilir bir büyüklükte, ekonomik olarak, minimum bir zaman diliminde ve emniyetli bir biçimde ayırmaktır. Mühendis, ürünleri insanlığın hizmetine sunmak üzere seçenekli üretim yöntemlerini tasarlayan, yöneten ve uygulayan kişi olarak tasarımları teknik ve ekonomik açıdan uygun olmalıdır. Patlatma Mühendisliğinde bilgi, beceri ve planlama birlikte gereklidir. Önemli bir kullanım

oranına sahip delme-patlatma işlemlerinde mühendis görevlendirmek büyük önem taşımaktadır. Genel olarak üretim maliyetinde, delme-patlatma maliyeti %5-40 arasında değişmektedir. Bu değerler delme-patlatma konusunda, bilim ve tekniğe uygun çalışmayla daha alt seviyelere çekilebilir. Bazı işletmelerde yapılan deneysel çalışmalar bu rakamların %10-20 sınırına çekilebileceğini göstermektedir. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, delme-patlatma işlemleri, esas olarak mühendislik hizmeti gerektirmektedir. Başarılı ve titiz bir mühendis İş güvenliğini ilk sırada tutmalı, kullandığı ekipman, makine ve malzemelerin parasal ederlerini, bunların maliyet-yarar kıstasını ve sonuçta ardışık maliyet kavramlarını çok iyi bilmeli, üretimde geçmiş, mevcut ve geleceğe yönelik durumları analiz etmeli, yaptığı analiz kapsamında, sorumlu olduğu üretim birimiyle ilgili amaçları ve üretimin her konusuna yönelik alternatif yaklaşımları belirlemeli ve yeni yaklaşımlar üreterek gerekli kararları vermelidir.

Tüm bunların yanında olmazsa olmaz iki faktörün çok iyi hesaplanması işin optimum fayda sağlaması için hayati öneme haizdir. Bunlar; özgül şarj ve özgül delme miktarlarını minimize etmektir. Bu iki değer bir işletmede optimize edildiğinde sağlanan katkı %10 ise yaratılan artı değer mühendisin yıllık maliyetini rahatlıkla finanse etmekten başka, kuruluşa önemli artı değerler getirecektir (Ceylanoğlu ve diğ., 1993).

Yukarıda bahsedilen hususlar sonucunda delme-patlatmanın mühendislik ile ilişkisi şöyle özetlenebilir:

- Bilimsel ve teknik yaklaşımlar,
- Ekonomik sonuçlar, emniyet koşulları ve çevre sorunları,
- Patlayıcı madde üretimi, pazarlaması, seçimi, temini, nakli ve depolaması,
- Delme-patlatma konularında gerekli elemanların eğitim ve öğretimi.

2.1.4. Patlatmanın Tarihçesi

Tarihte bilinen ilk patlayıcı madde baruttur. M.S. 1200 yıllarında barutun keşfedenlerin Müslümanlar olduğu arşivlerde geçmektedir. Çinliler de bu yüzyılda kara barut kullanmışlardır. Daha sonra barutun kullanımı Çin'den batıya doğru yayılmış ve 13 ncü yüzyılda da batıda kullanılmaya başlanmıştır. Barut ilk olarak 1320 yıllarında tabanca patlatıcısı olarak kullanılmaya başlamış, 1600'lerde de tahrip edici olarak iş görmüştür. Kara barut bulunmadan önce kaya gevşetme olayında kullanılan yakma işleminde kaya yüzeyi odunla yakılarak ısıtılıyor, bu ısıtılan kaya yüzeyine su dökülerek

kaya yavaş yavaş kırılıyordu. Karabarutun bulunmasıyla kaya gevşetme işlemleri hızlandı ve karabarut yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Ancak karabarutun yemleme işlemi zordu. William Bickford'un 1831 yılında "Emniyetli Fitol"i bulmasıyla karabarutun yemleme işleminin emniyet ve güvenilirliği arttı. Zamanla piyasada daha güçlü patlayıcılara talebin artmasıyla yeni patlayıcıların gelişmesi hız kazandı. 1846 yılında Ascanio Sobrero Nitrogliserini keşfetti. fakat bunun asıl tahrip için kullanılmasını İsveçli Alfred B.NOBEL keşfetti ve 1864 yılında Alfred Nobel ilk Nitrogliserin üreten fabrikayı kurdu. Yalnız Nitrogliserin tek başına kullanımı çok riskli idi. Alfred Nobel bu problemi çözdü ve 1863 yılında kapsülü keşfetti. Kapsüller Nitrogliserin yemlemesinde emniyetli fitil ile birlikte kullanıldı. Zamanla Nitrogliserin üretimi tüm dünyada yaygınlaştı.

Alfred Nobel 1866 yılında Nitrogliserin'i absorbe eden Kieselgür'ü keşfetti. Kieselgür, ve Nitrogliserin şoka karşı daha az hassas oluyordu ve böylece DİNAMİT keşfedildi. Bu patlayıcı karabarut'tan 20 kere daha güçlü bir patlayıcıydı ve bundan sonra Dinamit' deki gelişmeler devam etti. (Wikipedia)

Patlayıcı ve ateşleyicilerin tarihsel gelişimi Tablo 2.1'deki gibi özetlenebilir.

Tablo 2.1: Patlayıcı ve ateşleyicilerin keşif tarihleri (Meyer, 2000; Zukas vd. 1996; Üner vd. 1997; Özkazanç, 2006; ISEE, 2009; Orica Nitro, 2010; Kuzu, 2010; TSK, 23, 24, hh, 2011)

Keşif Tarihi	Keşfedilen ticari patlayıcı ve ateşleme sistemleri
1225	Kara barutun elde edilmesi ile ilgili ilk yazılı belge İngiliz papaz Roger Bacon'a aittir
1242/1245	Friar Roger Bacon karabarut formülünü geliştirdi.
1627	Kara barut ilk defa Macaristan madenlerinde kullanıldı
1659	Amonyum Nitrat keşfedildi J.R. Glauber, 1950 yılından sonra patlatmada kullanıldı
1742	Pikrik asit keşfedildi, 1870 yılında kullanılmaya başlandı
1745	Elektrik kıvılcımı ile kara barut patlatıldı, Dr Watson
1830	Elektrik kıvılcımı ile kara barut patlatmanın patenti alındı, Moses Shaw
1831	Emniyetli fitili buldu ve Cornwall/İngiltere'de ilk fabrikasını kudu William Bickford
1830-1832	Elektriksel ateşleme için tel köprü yöntemi keşfetti, Robert Hare
1846	Nitrogliserin keşfedildi, İtalyan Ascanio Sobrero
1863	TNT Alman J.Wilbrand tarafından bulundu, 1900 yılında kullanılmaya başlandı
1864	Nitrogliserin üretilen ilk fabrika kuruldu Alfred Nobel İsveç
1866	Nitrogliserin ve Kieselguhru karıştırarak dinamit keşfedildi, Alfred Nobel
1867	Jelatinit Dinamit ve Emniyetli fitil ile nitrogliserini ateşlemek için ilk civa fülminatlı kapsül keşfedildi, Alfred Nobel. Başlangıçta kapsüller kara barut ile dolduruyorlardı. Sonraları Cu yüksüflü kapsüllerde civa fülminat (Hg(NO) ₂), Alüminyum yüksüflü kapsüllerde ise kurşun asidi (Pb(N ₃) ₂) kullanılmıştır.
1867	AN, çeşitli hassaslaştırıcılar ve Nitrogliserin ile karıştırılarak kullanıldı Johan Norbin ve Johan V. Ohlsson

1870	Köprü dirençli kapsüller ve jenaratör tip manyeto keşfi, Juliues Smith
1875	Nitrogliserin nitroselüloz içerisine emdirilerek Blasting gelatine bulundu, Alfred Nobel
1876	ANFO dinamit yapımında kullanıldı, Alfred Nobel
1894	PETN Keşfedildi, 1930 yılında kullanılmaya başlandı
1895	Elektrikli gecikme kapsülü bulundu, Juliues Smith
1899	RDX keşfedildi, 1940 yılında kullanılmaya başlandı
1907	İntifaklı fitil bulundu, Louis L'heure, Fransa
1920	Dinamitin donma noktası düşürüldü,
1922	İlk elektrikli gecikmeli (1 saniye) kapsül bulundu
1930	Gecikmesiz elektrikli kapsüller bulundu. Kapsüldeki primer şarj olan civa fulminate, daha stabil patlayıcılarla değiştirildi.
1937	PETN içeren infilaklı fitiller keşfedildi.
1946	Kısa gecikmeli (10-100 milisaniye) elektrikli kapsüller bulundu
1948	Kapasitör deşarj tipi manyeto bulundu
1950	AN çeşitli yakıtlarla karıştırılarak dinamit yerine kullanılmaya başlandı.
1955	Akremite bulundu, Robert W. Akre ve Lee
1955	ANFO bulundu, Maumee Coal/Spencer Chemicals, ABD
1857	Water-gel patlayıcılar bulundu Melvin Cook
1958	Slurry patlayıcılar, Du Pont vd. ABD
1964	Emülsiyon patlayıcı bulundu, 1980'an sonra yaygın kullanım başladı, Atlas Powder vd.
1969	Elektriksiz ateşleme sistemleri (Non electric initiating systems) geliştirildi Nitro Nobel,
1976	Elektrikli olmayan gecikmeli kapsüller (NONEL) bulundu
1980	Heavy ANFO keşfedildi, Elektronik kapsüllerin ilk testleri yapıldı.
1990	Elektronik kapsüller kullanılmaya başlandı (İngiltere, Almanya, Japonya)

2.1.5. Patlayıcı maddeler

Şok tesiri veya hararet ile kimyasal değişikliğe uğrayan, yüksek derecede ısı, çok hacimde gaz meydana getiren, katı, sıvı veya gaz halindeki kimyasal maddelerdir. Kuvvetli patlayıcıların çoğu kapalı sistemde olmadıkları veya şok tesirine maruz kalmazlarsa tutuşturuldukları zaman patlamazlar sadece yanarlar. Patlayıcı maddeler, kararsız haldeki kimyasal madde veya madde karışımları olup, darbe veya kıvılcım gibi bir etkiye maruz kalması sonucu kendi kendine ilerleyen son derece hızlı kimyasal reaksiyonlarla kararlı bileşiklere dönüşürken yüksek ısı, ses, darbe etkisi ve gazlar ortaya çıkarırlar. Yanma süresi hızlı olduğundan gerekli oksijen havadan sağlanamaz. Bu nedenle patlayıcı madde yapısında oksijen bulunur.

Patlayıcı maddeler güçlerine göre alçak patlayıcılar ve yüksek patlayıcılar olarak ikiye ayrılırlar. **Alçak Patlayıcılar** ; Nispeten yavaş infilak eder veya belirli dayanma süresinden sonra katı halden, gaza dönüşür (saniyede 400 metreye kadar). Buna dumansız ve kara barutlar örnek olarak verilebilir. **Yüksek Patlayıcılar**; Patlama hızı saniyede 1000 m den 8500 m'ye kadar olmak üzere hemen aniden meydana gelerek bu

paralama etkisinin gerektiği bazı mayın mermi ve bomba vb yerlerde kullanılır (TNT, C₃, C₄ gibi).

Patlayıcılar imal şekilleri ve parçalama etkisi gibi değişik özelliklerine göre de farklı gruba ayrılabilirler. Fabrikasyon patlayıcılar üç halde imal edilir. Sıvı halde olanlar (Nitro gliserin), katı halde olanlar (Dinamit, TNT vb.) ve gaz halde olanlar (Likit gazları, buharlaşmış nitro gliserin) bu sınıflandırmalara birkaç örnektir.

Burada özellikle sualtı patlatmaları için uygun askeri patlayıcılara bir parantez açmakta fayda görülmektedir. (Yeni rehber ansiklopedisi, Yeni hayat Ansiklopedisi, Büyük Larousse)

2.1.5.1 Askeri Patlayıcılar

2.1.5.1.1. Özellikleri :

Askeri harekatta kullanılan patlayıcı maddelerin bazı özellikleri aşağıda bildirilmiştir;

- Hammaddesi kaynaklarımızdan elde edilebilmeli ve maliyeti ucuz olmalıdır.
- Darbe ve sürtünmeye karşı emniyetli olmalı, mermi isabeti ile infilak etmemeli, fakat her türlü ateşleme gereçleri ile kolaylıkla ve garantili olarak infilak ettirilebilmelidir.
- Yüksek infilak hızı olmalıdır.
- Tahrip kuvveti yüksek ve yeterli enerji birikimi olmalıdır.
- Yoğunluğu yüksek olmalıdır.
- -62 °C ve 74 °C dereceleri arasındaki hava şartlarına depolandığında kullanılabilir dayanıklılıkta olmalıdır.
- Su altı tahriplerinde ve rutubetli iklimlerde kullanılmaya uygun olmalıdır.
- Muhafaza edildiği, taşındığı ve infilak ettirildiğinde en az zehirlilikte olmalıdır.
- Birliklerin kullanımına uygun ambalajlama, depolama, dağıtım ve yerleştirme özelliklerine haiz olmalıdır.

Patlayıcı maddeler infilak ettirildiğinde veya yandıklarında zehirli duman çıkarırlar. Patlayıcı maddelerin yapımında kullanılan kimyasal maddelerin kendileri zehirlidir. Personel, dumanların tenefüs edilmesi ve patlayıcı maddelerin vücuda girmesine

karşı dikkatli olmalıdır. Patlayıcı maddeler kapalı yerlerde veya yeraltında kullanıldığında, patlatma bölgesine girmeden önce dumanın dağılması için yeterli zaman bırakılmalıdır. Patlayıcı maddelerin amaç dışında kullanılması dikkatle kontrol altına alınmalıdır.

Patlayıcı maddeler kendi oksitleyicilerini yanlarında bulunduruyorsa, yandıkları zaman üzerine bir şey örtmek suretiyle söndürülmeleri mümkün değildir. Patlayıcı maddeler yandıklarında patlama tehlikesi var demektir. Profesyonel tavsiye ve yardım olmadan yanmakta olan patlayıcı maddeleri personel kendi kendine söndürmeye kalkışmamalıdır.(Delmepatlatma.org,<http://delmepatlatma.org/patlayici-madde-cesitleri-syfdty-37.html>)

2.1.5.1.2. Bazı Askeri Patlayıcılar

Amonyum Nitrat

Tahrip maddeleri içinde en duyarsız olup, infilak ettirilebilmesi için yemleme imla hakkıyla ateşlenmelidir. Alçak duyarlılığından dolayı amonyum nitrat daha duyarlı patlayıcı maddelerle birleştirilerek kullanılmaktadır. Kesici olması ve düşük maliyeti nedeniyle, çukur ve hendek açma imla hakkı olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak taş ocaklarında çokça kullanılır. Aşırı derecede nem çekici olduğundan hava geçirmez kaplarda korunmalıdır. Amonyum nitrat veya bileşiği olan patlayıcı maddeler su geçirmez ambalajla muhafaza edilmedikçe veya yerleştirildikten kısa süre sonra infilak ettirilmedikçe su altında kullanılmaya uygundur.

PETN (Penta Erythrite Tetra Nitrat)

Duyarlı ve güçlü askeri patlayıcılardan biri olup, kuvvet bakımından RDX ve nitrogliserinle kıyaslanabilir. PETN yemlemelerde, infilaklı fitiller ve tahrip kapsülleri de kullanılır. Bundan başka TNT ile birleşik patlayıcı maddelerde veya M118 tahrip maddesinde olduğu gibi nitroselülozla birlikte tahrip imla hakkı olarak kullanılmaktadır. PETN suda çözünmez olduğundan, sualtı tahiirlerinde kullanılabilir. Beyaz renklidir. Şok ve darbelere hassastır. 8300 m/s hıza sahiptir. Az miktarda PETN ateşle karşılaştığında eriyerek ateş alıp sessiz ve dumansız bir ateşle yanar. 100 °C'in üzerindeki sıcaklıklarda, kırmızı duman çıkartarak yanar. 210 °C civarında ise şiddetli ateş alır. Yanmaya karşı çok hassastır. 0,01 g kurşun asitle yanar.

RDX (Cyclonite),(siklo trimetilen trinitramin)

Duyarlı ve yüksek patlayıcı (yüksek parçalama etkisi) olup, en güçlü askeri patlayıcılardan biridir. RDX tek başına M6 elektrikli ve M7 elektrikli olmayan tahrip kapsüllerinde imla hakkı olarak kullanılır. Hassasiyeti alındığında tali yemleme, yemleme paralama imla hakkı ve tahrip imla hakkı olarak kullanılır. RDX esas olarak A, B, C tipi patlayıcı madde bileşiklerinin bileşimlerinde bulunmaktadır. Beyaz kristaller halinde bulunur. PETN ile hemen hemen aynı güce sahiptir (8500 m/s). Suda ve sıcak benzen ile kaynar ksilen karışımında çözünür. Eter, alkol, kloroform, aseton, petrol eteri ve karbon tetraklorürde çözünmez.

TNT (Tri Nitro Tolüen)

En çok bilinen askeri patlayıcı madde olup, tek başına veya patlayıcı madde bileşiklerinin bir kısmı olarak yemleme imla hakkı, paralama imla hakkı ve tahrip imla hakkı olarak geniş şekilde kullanım alanı bulunmaktadır. Standart askeri patlayıcı olarak kullanılmaktadır. Genellikle el bombası yapımında kullanılır. Tolüenin nitrolanması ile elde edilmektedir. Saf TNT 230 °C'de yanar veya patlar. 6900 m/s infilak hızı ile yüksek infilaklı tahrip maddelerinden birisidir. Muhafaza kabından çıkartıldığı zaman parlak sarı renklidir fakat güneş ışığının etkisiyle yavaş yavaş açık kahverengine döner. Gevşek halde 5200 m/s, sıkışık halde 700 m/s hızındaki darbelere dayanıklıdır. Tahrip kapsülleriyle patlatılır İnfilaktan sonra oksijen yetersizliğinden dolayı siyah bir duman bırakır. Oksijen noksanlığını karşılamak amacı ile amonyum nitrat veya sodyum nitrat karıştırılır.

Tetrit (2,4,6 trinitro fenil metil nitramin)

Tek başına yemleme imla hakkı olarak veya bazı bileşik patlayıcı maddelerde de paralama veya tahrip imla hakkı olarak kullanılmaktadır. Çok kullanılan askeri patlayıcılardandır. Patlama gücünü artırmak için kullanıldığında genellikle tabletler halinde bulunur. Tetrit TNT ve Pikrik Asitten daha duyarlı ve güçlü olmasına rağmen; tetrit ve içinde tetrit bulunan bileşik patlayıcı maddeler yerlerini daha güçlü ve kırıcı olan RDX ve PETN esas maddeli patlayıcı maddelere bırakmışlardır.

Nitrogliserin

Güçlü yüksek patlayıcılardan biri olup, RDX ve PETN ile kıyaslanabilir ve ticari dinamitlerde temel patlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Nitrogliserin oldukça duyarlıdır. Aşırı sıcaklık derecelerinden etkilenir. Duyarlılığından ve taşıma

zorluklarından dolayı nitrogliserin askeri patlayıcı maddeler arasında pek tercih edilmeyenlerdendir.

Amatol

Amonyum nitrat ve TNT karışımı olup, zaman zaman TNT yerine kullanılmaktadır. 80 - 20 amatol (% 80 amonyum nitrat ve % 20 TNT) eski tip bangalore torpidolarda kullanılmıştır. Amatol'un nem çekici özelliği vardır. Hava geçirmez kaplarda bulundurulmalıdır. Gerektiği şekilde ambalajlandığında duyarlılık, etki ve dayanıklılığında hiçbir şey kaybetmeden uzun zaman depo edilebilir. Bakır ve pirinçle temas ettiğinde tehlikelidir.

A3 Bileşimi

% 91 RDX ve RDX parçacıklarını içeren, duyarlılıklarını azaltan ve bir arada bağlı tutma görevlerini yapan % 9 balmumundan oluşan bileşik patlayıcıdır. A3 bileşiği yemleme olarak bazı boşluklu imla haklarında ve bangalore torpidolarında kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek patlayıcı plastik mermilerinde de ana imla hakkı olarak kullanılmaktadır.

B Bileşiği

Takriben % 60 RDX, % 39 TNT ve % 1 balmumu ihtiva eden bileşik patlayıcı maddedir. Paralama gücü ve yüksek infilak hızından dolayı B bileşiği; bazı model boşluklu imla haklarında yemleme imla hakkı olarak kullanılır.

B4 Bileşiği

% 60 RDX, % 39,5 TNT ve % 0,5 kalsiyum silikattan oluşmaktadır. Bangalore torpidolar ve boşluklu imla haklarının yeni modellerinde ana imla hakkı olarak kullanılır.

C2 Bileşiği (Plastik Tahrip Maddesi)

C2 Bileşigi % 80 RDX ve % 20 patlayıcı plastik madde ihtiva etmektedir. Birleşik bir patlayıcıdır. Patlayıcı plastik madde, TNT ve diğer patlayıcı madde unsurlarını ihtiva etmektedir.

C3 Bileşigi (Plastik Tahrip Maddesi)

C2 Bileşigi yerini, bileşiminde % 77 RDX ve içinde TNT, Tetrit, Nitroselüloz ve diğer patlayıcı madde unsurlarından birini bulunduran % 23 oranında plastik patlayıcı maddeden oluşan C3 bileşigine bırakmıştır. Her iki bileşik de 29 0C ile + 52 0C arasında esnek ve şekil verilebilir yapıdadır. Yüksek infilak hızından ve paralama etkisinden dolayı her iki bileşik tahrip imla hakları olarak kullanılır. Suda çözünmedikleri için C2 ve C3 bileşiklerinin, blok tahrip imla hakları sualtı tahriplerinde kullanılmaktadır. C2 ve C3 bileşiklerinin 49 0C üzerindeki sıcaklıkta muhafazası veya aşırı şekillendirme bu bileşiklerden bazı yağların ve gazların çıkmasına neden olmaktadır. Ağır tatlım tırak bir kokusu vardır. Ele ve elbiseye temas ettiğinde bulaşabilir. Rengi Sarı renklidir.

C4 Bileşigi (Plastik Tahrip Maddesi)

% 91 RDX ve % 9 plastik madde ihtiva eden bir patlayıcı maddedir. C4 bileşigi tahrip imla hakkı olarak C3 bileşiginin yerini alacağı gibi paralama hakkı olarak ta kullanılır. C3 bileşigiden daha kırıcı ve daha geniş bir sıcaklık derecesi spektrumunda (-57 0C'den +77 0C'ye kadar) şekil verilebilir olup, daha dayanıklı ve sualtı tahriplerinde kullanıldığında su aşındırmasının daha az olabileceği bir bileşiktir. Ele ve elbiseye bulaşmaz. M5A1 Plastik Tahrip Kalıbı da C4 patlayıcı maddesinden yapılmaktadır.

Tablo 2.2'de bazı askeri patlayıcı maddeler için dönüşüm tablosunu görebiliriz. (U.S Army Explosives, 2007)

Tablo 2.2: Patlayıcı madde dönüşüm tablosu (U.S Army Explosives, 2007)

Patlayıcı Türü	Detonasyon Hızı		Duman Zehirliliği Durumu	Suya Dayanıklılık
	m/sn	ft/sn		
Amonyum Nitrat	2700	8900	Tehlikeli	Zayıf
PETN	8300	27200	Hafif	Çok İyi
RDX	8350	27400	Tehlikeli	Çok İyi

TNT	6900	22600	Tehlikeli	Çok İyi
Tetritol	7100	23300	Tehlikeli	Çok İyi
Nitrogliserin	7700	25200	Tehlikeli	İyi
Kara Barut	400	1300	Tehlikeli	Zayıf
Amatol 80/20	4900	16000	Tehlikeli	Zayıf
A3 Bileşimi	8100	26500	Tehlikeli	İyi
B Bileşimi	7800	25600	Tehlikeli	Çok İyi
C4 Bileşimi (M112)	8040	26400	Hafif	Çok İyi
H6 Bileşimi	7190	23600	Tehlikeli	Çok İyi
Amonyum Nitrat	2700	8900	Tehlikeli	Zayıf
Tetritol 75/25	7000	23000	Tehlikeli	Çok İyi
Pentolit 50/50	7450	24400	Tehlikeli	Çok İyi
M1 Askeri dinamit	6100	20000	Tehlikeli	Zayıf
İnfilaklı Fıtil	6100 7300	20000 24000	Hafif	Çok İyi
Boşluklu İmla Hakkı M2A3, M2A4, M3A1	7800	25600	Tehlikeli	Çok İyi

(*) Nispi Etkinlik Faktörü TNT için 1'dir.

2.1.6. Ateşleme Sistemleri

Ateşleme sistemleri, patlatma operasyonlarının başlangıç kısmını oluşturmakla birlikte en önemli kademelerden biridir. Amacına uygun şekilde belirlenmeyen ateşleme sisteminin seçimi, bir atım grubunu tek başına olumsuz yönde etkilemeye yeterlidir (Nitromak, 2001). Üç çeşit ateşleme sistemi vardır; Elektrikli ateşleme sistemleri, elektriksiz ateşleme sistemleri ve elektronik ateşleme sistemleri.

2.1.6.1. Elektrikli Ateşleme Sistemleri

Elektrikli kapsüller, elektrikli ateşleme sisteminin yegane parçasıdır. Elektrikli kapsüller, prensipte içine iki iletken kablo ile bağlı bir elektrikli kibrit başı yerleştirilmiş özel tahrir kapsülünden oluşur. İletken iki kablonun ucu akım kaynağına bağlıdır. Verilen akım, kablodan ve kibritbaşının direnç telinden geçer. Akım direnç telini kızdırır ve üzerindeki eczayı yakar. Bu yanma kapsül içerisindeki primer ve ana patlayıcıya kadar devam ederek patlatma gerçekleşir (Nitromak, 2001). Elektrikli kapsüllerde yapılan ateşlemeler diğer sistemlere nazaran daha risklidir. Bu yüzden kötü hava şartlarında ve sinyal alıp verebilen cihazların yakınında kullanılmamalıdır.

Gecikmesiz Elektrikli Kapsüller: Bu tip kapsüller gecikmenin önemsiz olduğu patlatma operasyonlarında tercih edilmektedir (Nitromak, 2001).

Gecikmeli Kapsüller: Gecikmeli elektrik kapsüller, deliklerin aynı anda ateşlenmesini fakat aynı anda patlamamasını sağlayan kapsüllerdir. Gecikmeli kapsüllerin kullanıldığı patlatmalarda, patlatılan patlayıcı bir önceki gecikme anındaki patlamanın etkisiyle daha fazla deformasyona sebebiyet verir.

2.1.6.2. Elektriksiz Ateşleme Sistemleri

Emniyetli Fitol-Adi Kapsül (8 No'lu Kapsül): Adi kapsülün fitil ile bağlanması sonucunda oluşturulan bir sistemdir. Kullanılan fitilin standart yanma hızı yaklaşık olarak 115 m/dk'dır. Fitol ile birlikte kullanılan Adi kapsül, yüksek hassasiyetli patlayıcı 11 madde doldurularak preslenmiş metalik bir tüptür. Ateşlemeye karşı çok hassas olan bu kapsüller emniyetli fitil ile patlatılır (Nitromak, 2001).

İnfilaklı Fitol: İnfilaklı fitil, esas olarak ortada PETN çekirdek, etrafında kopmaya karşı dayanıklılık vermek üzere yerleştirilen tekstil bir katman ve dışta bir naylon kaplamadan oluşmaktadır. İnfilaklı fitiller, her türlü kapsül ile ateşlenebilir. (Nitromak, 2001).

Elektriksiz Kapsüller (NONEL): NONEL, düşük enerji tipli iletişim hattı olan ve tüpün iç kısmı reaktif bir toz ile kaplanmış elektriksiz bir ateşleme sistemidir. Plastik tüp, sinyal hattından geçen bir şok dalgası ile reaksiyon olur. Bu şok dalgası geciktirici elemanı ateşleyecek kadar güçlü, fakat tüpü tahrip edecek veya patlayıcı maddeleri ateşleyecek kadar güçlü değildir. Bir NONEL tüpünün şok dalgası hızı yaklaşık 2100 m/sn'dir (Nitromak, 2001).

2.1.6.3. Elektronik Ateşleme Sistemleri

Kapsül içerisine bilgisayarda olduğu gibi bir çip yerleştirilmiş olup, istenilen hassasiyette gecikme verilebilir. Bu sistemde kapsüle istenen gecikme zamanı kullanıcı tarafından verilebilir. Kullanımı oldukça kolaydır. Elektronik kapsül sistemi; elektronik kapsül, bağlantı elemanları ile kontrol ve ateşleme ekipmanlarından oluşur (Nitromak, 2001).

Elektronik kapsül kullanılarak istenilen gecikme süresi herhangi bir sapma olmadan verilebilir. Kolay kullanımı ve aşırı emniyetli olmasına karşın yüksek maliyeti ve kullanımı için kalifiyeli elemana gereksinim duymasından ötürü ülkemizde nadir olarak kullanılmaktadır.

2.2. DELME VE PATLATMA GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

2.2.1. Delik delme ve şarj işlemi güvenlik önlemleri

- Delik, patlamamış patlayıcıların kontrolü maksadıyla denetlenmelidir.
- Delikler gereken derinlikte ya da olabildiğince istenen değere yakın bir derinlikte olmalıdır.
- Paralel delik delmede delikler paralel olmalıdır.
- Delik delme işlemi tamamlandıktan sonra delik içi, şarj için temizlenmelidir.
- Şarj çubuğu deliğin dibine yetecek uzunlukta, ahşap ya da plastik olmalıdır.
- Şarj yerleştirilmeden önce, çubuk delik dibine kadar sokulmalı, delik derinliği ve temizliğinden emin olunmalıdır.
- Primer kartuş daima ilk olarak deliğe sokulmalıdır.
- Primer kartuş delik dibine kadar itilmeli ama asla sıkıştırılmamalıdır.
- Şarj işlemi sırasında detonatör telinin zarar görmemesine dikkat edilmelidir.
- Sıkılamada patlayıcıyı etkilemeyecek madde kullanılmalıdır
- Elektrikli sistemde teller birbirine temas etmemelidir.
- Patlatma evresine geçmeden çevredeki personel tahliye edilmelidir.

2.2.2. Patlatma Faaliyeti Esnasında Dikkat Edilecek Emniyet Esasları :

Genel

- Patlayıcı yakınına ateşle yaklaşılmayacak, elektrikli tahrip süresince telefon/telsiz kullanılmayacaktır.
- Hassas patlayıcılar cepte taşınmayacak, sarsılmayacak veya herhangi bir yere çarpılmayacaktır.
- Kapsüller uygun muhafaza edilecek, doğrudan güneş ışığı altında bırakılmayacaktır.
- Kapsüller sadece gözle muayene edilecek, içlerine üflenmeyecek ve içleri karıştırılmayacaktır.
- Fırtınalı ve alçak basınçlı hava şartlarında elektrikli tahrip yapılmayacaktır.
- Kapsüller patlayıcı madde içine zorlayarak sokulmayacaktır.
- Patlayıcıyla çalışırken o iş için yapılmış aletler kullanılacaktır.

- Kapsüller ve patlayıcılar beraber taşınmayacak ve yan yana bulundurulmayacaktır.
- Patlatma yapılan yer soğumadıkça aynı yerde ikinci bir patlatma yapılmayacaktır.
- Kapsülün patlayıcı madde içine yerleştirmesi işlemi en son yapılacaktır.
- Elektriki ateşleme düzeneğinde statik elektrik arızlaması yapılacaktır.
- Elektriki kapsüllerin kablo uçları kısa devre yapılacaktır.
- Patlayıcılar toplu ve emniyetli bir yerde bulundurulacaktır.
- Bozuk patlayıcılar kullanılmayacaktır.
- Patlayıcı sandıkları metal aletlerle açılmamalıdır.
- Bir ateşleme devresinde bulunan elektrikli kapsüller mutlaka aynı cinsten olacaktır.
- Uygun şartlarda balistik koruyucu gözlük takılacaktır.
- Patlayıcılar daima kontrol altında tutulmalıdır.
- Elektriki kapsüller kablolarından aşırı kuvvet uygulanarak çekilmemelidir.

2.2.3. Patlatmadan Önceki Emniyet Tedbirleri

- Patlatmadan sorumlu mühendis tarafından gerekli emniyet tedbirleri alınacak, patlatma sahasına ilgisiz personelin girmesi engellenecektir.
- Çevreyi ikaz etmek için siren çalınacaktır.
- Patlatma bölgesinde ambulans ve sağlık ekibi bulundurulacaktır. Eğer ambulans tahrip sahasına giremiyorsa, sağlık ekibi mutlaka ilk yardım seti ile birlikte yakın emniyetli sahada bulundurulacaktır.
- Kullanılacak patlayıcı miktarına göre emniyet mesafesi hesaplanacaktır.
- Sualtı patlatmalarında kapsüllerin su sızdırmazlığı sağlanacaktır.

2.2.4. Patlatma Esnasında Emniyet Tedbirleri

- Ateşleme düzenekleri patlayıcı maddelerin yakınında hazırlanmayacaktır.
- Elektriki kapsüller galvanometre ile test edilecektir.
- Elektriki tahripde ateşleme anına kadar geçen süre içerisinde ateşleme kablosunun emniyet sahasında kalan ucu kısa devre yapılacaktır.
- Patlayıcı hesaplanan miktarda kullanılacaktır.

- Tahrip sahasındaki tüm manyetolar daima patlatmayı gerçekleştirecek personelin yanında bulunacaktır.
- Emniyetli sahaya en son manyetoyu taşıyan personel girecektir.
- Patlatmadan önce emniyet mesafesi içinde kimse olmadığı görülecek ve patlatma sahasını en son ateşçi terk edilecektir.
- Patlatmadan önce siren çalınacak ve yüksek sesle üç defa “PATLATMA VAR”, sonrasında “DİKKAT ATEŞ” diye bağırılacaktır.
- Kapsüllerin koşulması patlatma mühendisi tarafından verilecek talimat ile yapılacaktır.
- Kapsüller daima vücuttan uzak tutulacak, diğer personele doğru çevrilmeyecektir.

2.2.5. Patlatmadan Sonraki Emniyet Tedbirleri

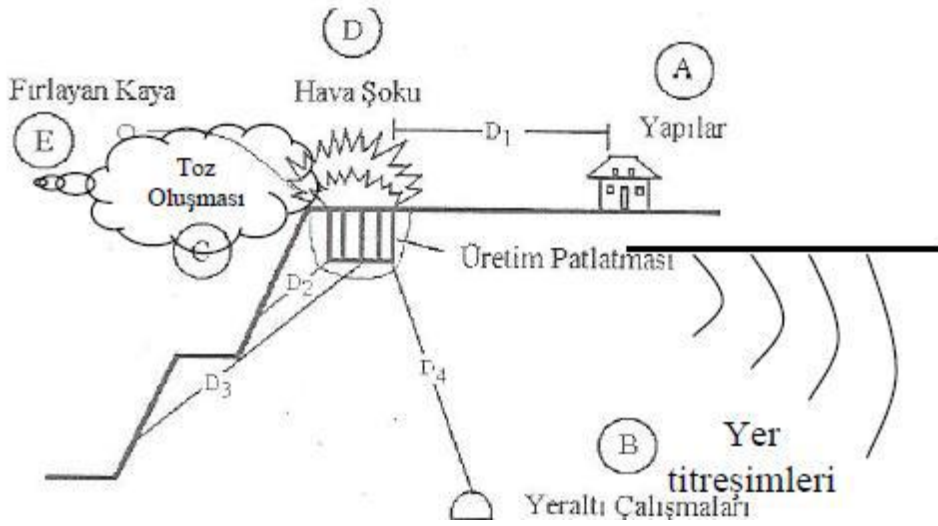
- Patlatmadan sonra emniyetli sahayı terk etmek için en az 1 dakika bekleneyecektir.
- Patlatma sonunda kontrol için sahaya toplu şekilde girilmeyecektir.
- Yapılan elektriki ateşleme düzeneği patlamadığı takdirde en az 30 dakika, düzenek mekanik ise 60 dakika bekleneyecektir.
- Patlatma çalışmaları sonunda patlatma sahası kontrol edilecek, infilak etmemiş patlayıcı madde var ise patlatılacaktır. Bölgede patlamamış ya da parçalanmış durumda bulunan şarjların ve patlayıcı mühimmatın toplanarak imha edilmesi ile çevrede patlayıcı maddenin bulunmadığının kontrolü patlatma mühendisi sorumluluğundadır.
- Ateşlenmemiş ya da kısmi ateşlenmiş bir kapsül patlayıcıdan ayrılmayacaktır.

2.3. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

Patlayıcıların kaya kütlelerini parçalamak için kullanılmalarındaki amaç, çevreye (İnsanlar, hayvanlar, bitkiler, üstyapılar, altyapılar, tarihi eserler, enerji hatları, yollar,

şev stabilitesi, kıymetler vd) zarar vermeden ve en az rahatsızlık vererek optimum parçalanma ve ötelemeyi en ekonomik şekilde sağlamaktır. İnsanlık tarihi incelendiğinde barutun icadından beri patlayıcı madde kullanımına rastlanmaktadır. Patlayıcı maddelerin kullanımlarında çevreye verebilecekleri olumsuzluklar bulunmaktadır. Bunlar;

- Fırlayan kaya
- Toz oluşması
- Yer titreşimleri
- Hava Şoku
- Sualtı akustiği nedeniyle dalgıç ve delme araçlarının maruz kalabileceği etkiler



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

Patlatmalı kazı faaliyetlerinin neden olduğu çevresel etkilerle ilgili şikâyetler zaman içerisinde çevre sakinlerinin doğrudan can ve mal güvenliklerini etkileyebildiği gibi, korkuya bağlı olarak psikolojik rahatsızlık, tazminat alabilmek için kötü niyet, haklı şikâyetler vb. nedenler odaklı olarak psikolojik bazı sorunların doğmasına da zemin hazırlamaktadır.

Bu nedenle, ekonomik ve emniyetli bir patlatmada, aynı zamanda bu tür sorunların da önlenmesi veya en azından tehlike sınırlarının altına indirilmesi dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de atımın çevresel

etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin; patlatma sonucu oluşacak gürültü ve yer sarsıntısından etkilenmemesi bakımından; patlatma tasarımında yanıt aranacak bir diğer konu da; herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilen en fazla patlayıcı miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmektir.

Ülkemizde ne yazık ki patlatma kaynaklı rahatsızlıklar nedeniyle, zaman içinde toplum ve patlatmalı kazı faaliyetlerini sürdüren çevreler arasındaki ilişkilerde çeşitli sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntılar bazen dostça olmayan tartışmaları gündeme getirmekte, bazen de toplum baskısı ile adli mercilerin kazı faaliyetlerini durdurmasına kadar değişik sonuçlar doğurmaktadır. Son yıllarda ülkemizde bu konularla ilgili açılan dava sayılarında da önemli artışlar gözlenmekte ve konuyla ilgili ülkemiz gerçeklerine uygun standartların ortaya konulmamış olmasından dolayı istenmeyen bazı yanlışlıkların yaşanması kaçınılmaz olmaktadır.

Patlatmalı kazı işlemlerinden kaynaklanan benzeri sorunlar; endüstriyel atımlarını ve alt yapılarını ülkemizden daha önce tamamlamış olan gelişmiş ülkelerin birçoğunda da yaşanmıştır. Bu nedenle, bu konuların çözümüne yönelik olarak konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla, çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu yöndeki çabalar, ilgili taraflarca (Patlayıcı madde üreticileri, kullanıcıları, hükümetler ve araştırmacılar) yapılmakta olan deneysel çalışmalarla yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Ülkemizde ise maalesef bu konuda herhangi bir yönetmelik ya da saptanmış limitler bulunmamaktadır. Bu yüzden ülkemizdeki mühendisler, ancak diğer ülkelerdeki limitleri kullanarak yorum yapmaya çalışmaktadırlar.

Patlatmalı kazı çalışmalarının kaçınılmaz olduğu sektörlerde, patlatmadan sorumlu teknik eleman ya da yöneticilerin, çevre tesis ve yerleşim birimlerinin zarar görmeyeceği şekilde tasarımlar yapmaları ve kontrollü patlatmalar gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bu tür tasarımlar ise ancak ölçüm esasına dayalı sistematik deneysel bazı çalışmalarla mümkün olabilmektedir. Bu tür çalışma sonuçlarından üretilecek,

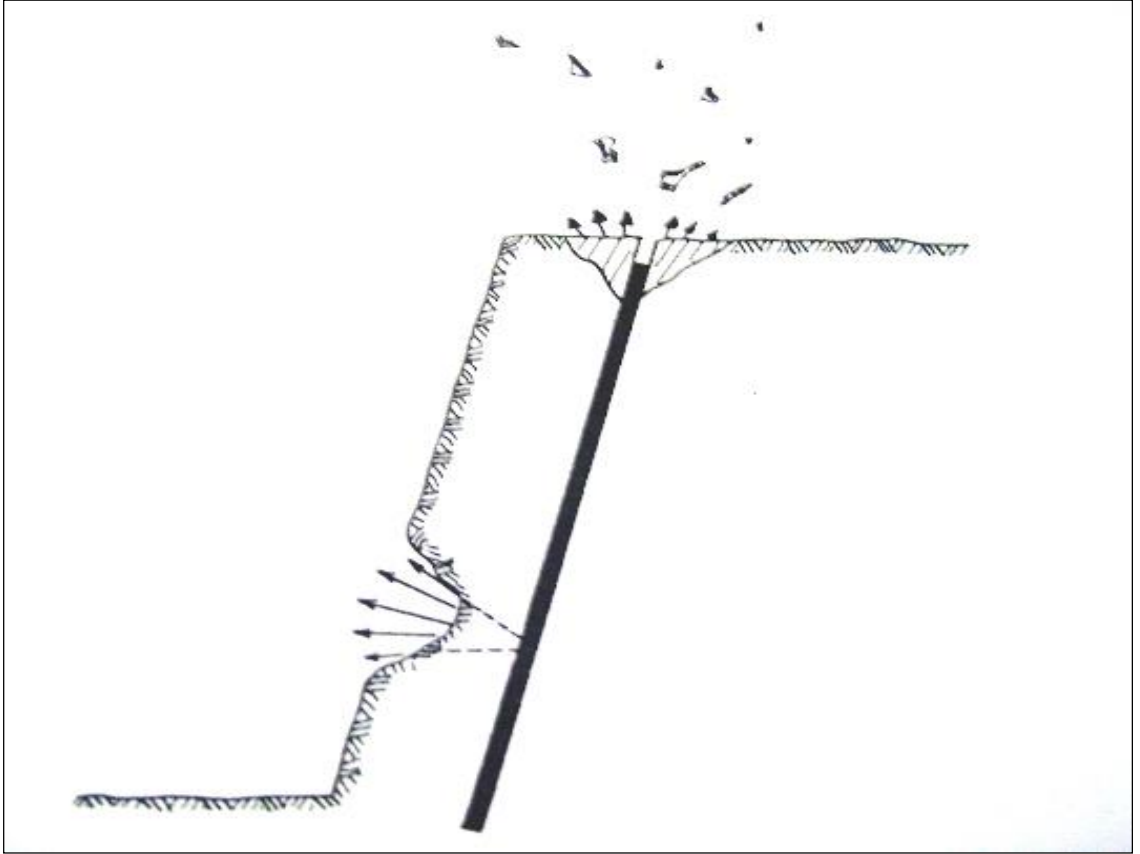
ülkemiz gerçeklerine uygun standartlar, sorunun üretim hedeflerini aksatmayacak şekilde çözülmesini sağlayacaktır (Arpaz, 2000).

2.3.1. Fırlayan Kaya

Sualtı patlatmalarında patlayıcıların yüzeye çok yakın olmadığı yani derinliklerin uygun olduğu durumlarda kaya fırlaması durumuyla pek karşılaşılmaz. Ancak patlatmanın su üstündeki başka bir formasyonu ya da kayaç kütlelerini harekete geçirmesi olağan bir durumdur.

Patlatma sırasında ses üstü hızda gelişen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok enerjisi etkin olur. İkincil olarak da, reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerin çok büyük basınçlar ile çatlaklara doluşması parçalama işlemini tamamlar ve parçalanmış kütleleri gevşetir ve ötelir.

Patlayıcı maddenin kaya kütleleri 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 kütlelerinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar (Şekil 2.5.).



Şekil 2.3. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması (Jimeno ve diğ., 1995)

Taş savrulmasını kontrol edebilmek için şu önlemler alınır;

- Patlayıcı madde uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağılır ve hapsedilir.
- Patlayıcının büyük miktarlarda odaklaştığı ve parçalanma mekanizmasının kontrol edilemediği galeri patlatması uygulanmaz.
- Patlatma delikleri kullanıldığında uygun delik geometrisi hesaplanarak bulunur, böylelikle deliklere uygun yükler verilmiş olur.
- En az delik ayna mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak ağız sıkılması yapılır.
- Gecikmeli kapsüller kullanılır.

2.3.2. Toz Oluşumu

Bu durum da sualtı patlatmaları için yukarıda belirttiğimiz gibi sadece patlatmanın su üstündeki başka bir formasyonu ya da kayaç kütlelerini harekete geçirmesi durumunda karşılaşılabileceğimiz bir etkidir. Patlatma esnasında büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Hareket sırasında bir kısım iç öğütme meydana gelir. Bu

nedenle bir miktar toz emisyonu kaçınılmazdır. Büyük açık ocak maden işletmelerinde yapılan gözlemlerde, patlatma ile verilen 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).

2.3.3. Yer Titreşimi

Bilindiği gibi yer sarsıntısı, kaya patlatma sürecinin kaçınılmaz bir sonucudur. Patlatma sonucu oluşan dalga hareketi, atım kaynağından itibaren konsatrik olarak, özellikle de yeryüzüne doğru yayılır. Kaynaktan uzaklaştıkça taşıdığı enerjiyi büyük bir hızla boşaltmak suretiyle sismik dalga haline dönüşür ve sönümlenir. Titreşimler, yakın bölgelerde, mesken, sanayi tesisleri ve diğer yapılarla birlikte kaya yapılarına hasarlar verebilir. Patlatma sonucu bir kaynaktan yayılan sismik dalga, herhangi bir noktada bulunan bir yapıya ulaştığında, yapının oturduğu kayada veya zeminde elastik bir deformasyon yaratmaktadır. Deformasyon yeteri kadar şiddetli ise, yapılarda bazı hasarlar meydana gelecektir (Kahriman, 1999; Onur ve diğ., 2001). Patlatma ile oluşan sarsıntılar taşıdıkları enerji düzeyi oranında hasara neden olurlar. Binalara verilen hasarda, tek başına sarsıntıların taşıdıkları enerji düzeyi sorumlu olmamaktadır. Bu olayda binaların yapım tekniği, boyutları kadar da üzerinde oturdukları zemin özellikleri de etkin olabilmektedir. Bu nedenler ile sarsıntıya bağlı hasar etütlerinde çok kapsamlı çalışmak gerekmektedir (Jimeno ve diğ., 1995).

2.3.3.1. Yer Titreşiminin Oluşumu ve Genel Karakteristikleri

Patlatma faaliyeti sismik dalga veya titreşime yol açacaklardır. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir. Patlatmadan veya benzer diğer işlemlerden amaç; kayadan parça koparmaktır. Kayanın elastiklik sınırını veya kayanın dayanma gücünü aşmak için büyük miktarda yeterli enerjiye gerek duyulur. Bu enerji sağlandığı zaman kaya parçalanır. Parçalanma sürdükçe enerji tükenir ve sonunda kayanın dayanma gücünden daha düşük seviyelere düşer ve parçalanma işlemi durur. Geri kalan enerji kayaya geçer ve onu deforme eder. Fakat kayanın elastiklik sınırını aşmadığı için parçalanmaya yol açamaz. Sadece elastik deformasyon oluşturur. Ancak bu enerji sonucunda sismik dalgalar meydana gelmekte ve içinden geçtikleri kaya ortamlarının madde ve kütle özelliklerine göre farklı yayılım kuralları göstermektedirler

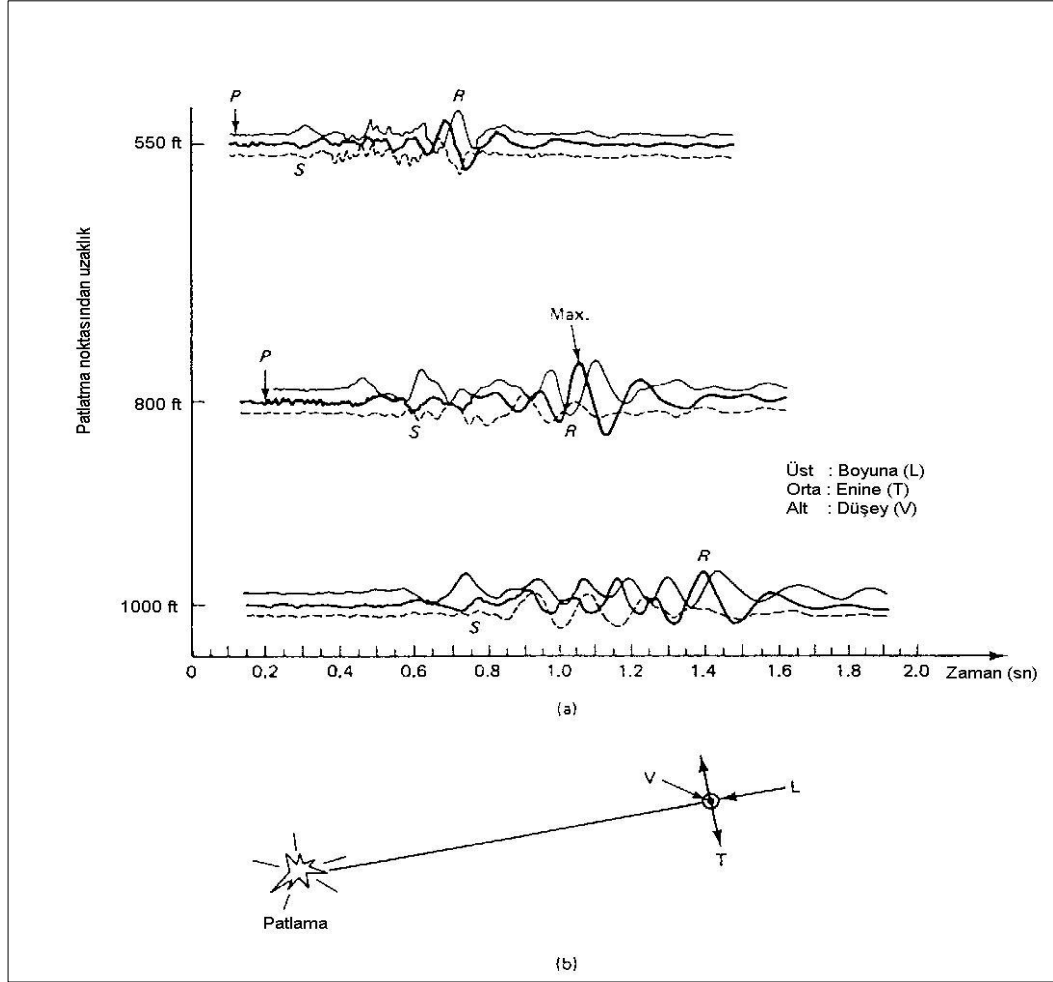
Patlatmalı kazı çalışmasının yürütüldüğü sahanın jeolojisi ve jeoteknik özellikleri, yer sarsıntılarının oluşumu ve yayılımı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Homojenlik arz eden masif bir kaya kütlelerinde yapılan patlatma sonucu oluşan yer sarsıntıları bütün yönlerde yayılırlarken, kompleks jeolojik yapılara sahip sahalarda yapılan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntılarının yayılımı, yönle değişebilmekte ve farklı yayılım kuralları vermektedir (Jimeno ve diğ., 1995).

Dalgaların yayıldığı ortam, enerjinin büyük bir bölümünün parçacıklar arasındaki sürtünmenin yenilmesinde ve yer değiştirmelerinde kullanıldığı bir zemin örtü tabakası arz ediyorsa, titreşimlerin genlikleri, mesafenin artmasıyla hızla azalmaktadır. Patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelere yakın noktalarda, titreşim özellikleri, patlatma tasarım parametreleri ve tasarım geometrisinden etkilenirken, patlatma bölgesine daha uzak mesafelerde, tasarım faktörleri daha az kritiklik arz etmektedir. Bu mesafelerde kaya ve zemin örtüsünün iletim ortamı dalga özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

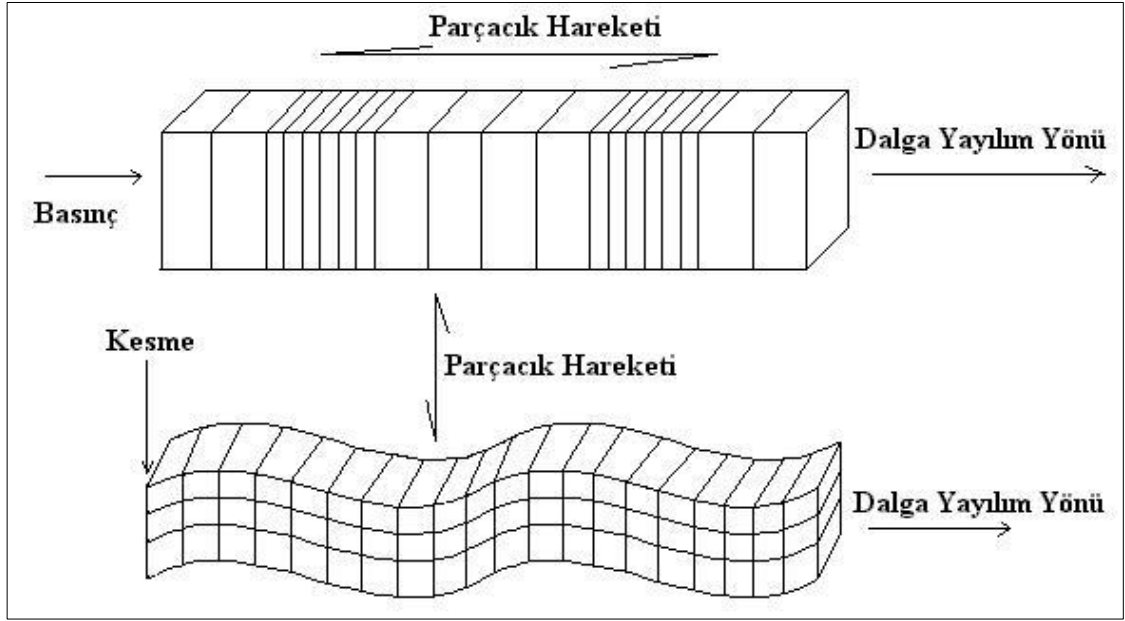
Kaya kütleleri içinde patlatılan bir patlayıcı maddenin yarattığı sismik dalgalar; kaya ortamında bir noktadan bir noktaya ulaşan enerji transferini temsil etmektedir. İlk başta ortama yeni giren enerji, ortamdaki denge konumunu bozarak yer değiştirmeye neden olmaktadır. Eğer, ortam yeni gelen enerjiye elastik özellik göstermezse, enerji sönmelenmekte ve sadece titreşimi azalmış dalgalar yansımaktadır. Elastik özellik gösterdiğinde ise, bozulan ortamın sonucu olarak komşu ortamlar denge konumundan ayrılarak yay-ağırlık mekanizmasına benzer bir şekilde salınım meydana getirmektedir. Böylece bozulan ortamın her elemanı, salınımın özelliklerini diğer elemanlara da geçirerek ortamda dalga hareketi oluşturmaktadır (Dowding, 1985).

Patlatmadan kaynaklanan dalgalar basınç, makaslama ve yüzey olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadır. Bu üç temel kategori kendi arasında gövde dalgaları ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gövde dalgaları, kaya ya da toprağın içerisinde hareket ederken, yüzey dalgaları yüzey boyunca hareket etmektedir. En önemli yüzey dalgası Şekil 2.6'da R ile gösterilen Rayleigh dalgasıdır. Gövde dalgaları ise yine kendi arasında basınç (çekme ve basma) dalgası (P) ve bükülme veya makaslama dalgası (S) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.7). Patlayıcılar kısa

mesafelerde öncelikli olarak gövde dalgalarını oluşturmaktadır. Gövde dalgaları küresel hareketlerle başka bir kaya tabakası, toprak veya yüzey tabakasına rastlayıncaya kadar ilerlemektedir. Bu kesişimde ise makaslama ve yüzey dalgaları oluşmaktadır. Düşük mesafelere bu üç dalga tipi de aynı anda gelmekte ve dalga tanımlaması zorlaşmaktadır. Uzun mesafelerde ise, daha yavaş olan kesme ve yüzey dalgaları, basınç dalgalarından rahatlıkla ayırt edilebilmektedirler (Dowding, 1985).



Şekil 2.4. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu (Dowding, 1985)



Şekil 2.5. Basınç ve kesme dalgaları (Konya ve Walter, 1991)

Boyuna dalgalar, yayıldıkları doğrultuyla aynı yönde parçacık hareketi meydana getirmektedir. Diğer taraftan makaslama dalgaları yayılım yönüne dik yönde hareket oluşturmaktadır. Parçacık hareketi tam olarak üç bileşeni (boyuna (R), enine (T) ve düşey (V)) ile tanımlanmaktadır. Bu üç dalga tipi, içinden geçtikleri kaya parçacıkları ya da toprağa göre değişik özellikler göstermektedir. Bunun sonucunda, yüzeydeki yapılar ya da kaya her dalga tipine göre farklı bir şekilde deforme olmaktadır. (Jimeno ve diğ., 1995)

Patlatma sonrası yayılan dalgalardan yaratılan her sarsıntıyı; Suya atılan bir taşın yarattığı dalgalar dolayısıyla suda duran kağıttan kayığın göstereceği hareketlere benzetmek mümkündür. Bu kayığın yer değiştirmelerini sinüzoidal yaklaşımda şu şekilde hesaplayabiliriz.

$$u = U \times \sin(k \times x + \omega \times t) \quad (2.1.)$$

Burada,

- U : maksimum yer değiştirmeyi,
- k : dalga sayısı sabitini,
- ω : açısal frekans sabitini
- t : zamanı

ifade etmektedir. Zaman ve frekans sabit olduğunda ise mesafe ile yer değiştirme şu şekilde hesaplanabilir.

$$u = U \times \sin(k \times x + \text{Sabit}) \quad (2.2.)$$

Tekrarlanan dalgalar arasındaki mesafe dalga boyu (λ) olarak tanımlanmakta ve K , λ 'ya eşit miktarda her defasında x kadar tekrarlanarak artan sinüs fonksiyonunda $2\pi/\lambda$ 'ya eşit olmaktadır. Lokasyon ve dalga boyu sabit ise, sabitlenmiş bir noktada zaman ile değişimi formülü aşağıdaki gibidir.

$$u = U \times \sin(\text{Sabit} + \omega \times t) \quad (2.3.)$$

Dalga tekrarları arasındaki zaman, periyod (T) olarak isimlendirilmekte ve ω , $2\pi/T$ 'ye eşit olmaktadır. Frekans; bir saniyedeki dalga tekrarlamalarının sayısı, periyod; tekrarlamalar arasındaki zaman olduğuna göre frekans $1/T$ 'ye eşit olmakta ve açısal frekans;

$$\omega = 2 \times \pi(1/T) = 2 \times \pi \times f \quad (2.4.)$$

Sinüzoidal yaklaşımda dalga boyu (λ) ve yayılım hızı (c) periyod ile ilişkili bulunmaktadır.

$$\lambda = c \times T = c \times (1/f) \quad (2.5.)$$

Parçacık yer değiştirmesi (u), parçacık hızı (v) ve Parçacık ivmesi (μ) arasındaki ilişki sinüzoidal yaklaşımla aşağıdaki gibi olmaktadır. En çok maksimum hareketin mutlak değeri kullanılmaktadır. Buna göre;

$$u_{\max} = U \quad (2.6.)$$

$$v_{\max} = U \times \omega = U \times 2 \times \pi \times f = 2 \times \pi \times f \times u_{\max} \quad (2.7.)$$

$$a_{\max} = U \times \omega^2 = U \times 4 \times \pi^2 \times f^2 = 2 \times \pi \times f \times v_{\max} \quad (2.8.)$$

$$u = U \times \sin(K \times x + \omega \times t) \quad (2.9.)$$

$$v = \frac{du}{dt} = U \times \cos(K \times x + \omega \times t) \quad (2.10.)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -U \times \omega^2 \times \sin(K \times x + \omega \times t) \quad (2.11.)$$

Üç farklı yönde oluşan hız değerleri dikkate alındığında bir parçacığın toplam ya da bileşke hızı aşağıdaki gibi olmaktadır (Dowding, 1985).

$$v_b = \sqrt{v_T^2 + v_V^2 + v_L^2} \quad (2.12.)$$

2.3.3.2. Titreşim Kayıtları

Herhangi bir noktaya ulaşan sismik dalga X, Y, Z eksenlerinde bir deformasyon yaratmaktadır. Dolayısı ile her parametrenin her üç yönde bileşeni vardır. Patlatma kaynaklı titreşimlerin kayıt edilmesinde kullanılan sismografin ana prensibi, üç yönde sarsıntı hareketinin tespit edilerek sayısallaştırılmasıdır. Sarsıntı kesinlikle üç boyutlu olarak ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.

Patlatma kaynaklı titreşimlerin yanında diğer kaynaklı titreşimler de mevcuttur. Bu titreşimlerin ender olarak patlatma kaynaklı titreşimlere karışabilmesi olasılık dahilindedir. Bu titreşimler gerektiğinde ayrı ölçülmeli ve ayrı değerlendirilmelidir.

Titreşim ölçme cihazları (Örneğin, MiniMate Plus/ INSTANTEL): Sahip olduğu sekiz adet kanal vasıtası ile yer sarsıntılarını (boyuna, enine, düşey ve bileşke), ivme, hava şoku, VOD ve strain gauge bazlı ölçmeler gibi diğer bazı olayları izleyebilmektedir. Cihazın jeofonları, harici tipte olabileceği gibi, dahili tipte de olabilir (cihazı içine entegre). Yapılan ölçüm ve kayıt sonrası, elde edilen verilerin analizi için yazılımdan faydalanılmaktadır.

Patlatmalı kazılar sonucunda oluşan yer sarsıntılarının ölçümü ilk olarak 1919 yılında Rockwell tarafından yapılmış olup (Kahrıman, 1999) ileriki yıllarda yayılma göstermiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri günümüze kadar değişik başarı dereceleri ile uygulanmıştır. Titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi, çeşitli yapılar için hasar

kriterlerinin belirlenip, bu kriterlerin patlatma sonrasındaki parametrelerle eşleştirilerek uygun patlatma tasarımının yapılması amaçlarıyla araştırmalar yapılmaktadır (Kahriman, 2011).

2.3.3.3. Ölçekli Mesafe Kavramı

Ladegaard, Pedersen ve Dally yapmış oldukları literatür çalışmalarında; tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi yer sarsıntısını tahmin şeklinin, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Hoek ve Bray, 1991). Öne sürülen çeşitli ampirik ilişkilerden en çok ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara güvenilmektedir. Ölçekli mesafe kavramı olarak, yer hareketlerinin değişik uzaklıklardaki patlatma seviyelerinin miktarları ile ilişkilidir. Ölçek, uzaklığa bağlı olarak kullanılan birimsiz bir faktördür (Yağanoğlu ve Altan, 1993; Dick ve diğ., 1983). Ölçekli mesafe, uzaklık ve sismik dalgaların temelini etkileyen veya hava şoklarındaki enerjiyi yaratan patlayıcı madde miktarı kullanılarak ortaya konulmuş bir kavramdır. Kayada meydana gelen dalga hareketlerini yaratan toplam enerji, bir seferde ateşlenen patlayıcı madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Patlatma kaynağından itibaren oluşan dalgalar ileriye doğru yayılırken, basınç dalgası etkisinde kalan kaya hacmi artmaktadır (Yağanoğlu ve Altan, 1993).

Ölçekli mesafe, sismik gelişimi ve hava şoku enerjisini etkileyen gecikme başına şarj miktarı ve patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafenin kombinasyonlarından türetilmektedir. Parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, yer sarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır.

Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formül aşağıda verilmektedir.

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}} \quad (2.13.)$$

Burada;

SD : Ölçekli mesafe

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

Buradan hareketle ve yapılan araştırmalar sonucu ölçekli mesafe için; $SD = R / W^{0.5}$ şeklindeki ampirik ilişki geniş bir kabul görmüştür. $SD = R / W^{0.333}$ ilişkisi de yine birçok araştırmacının kullandığı bir formüldür (Konya, 1990; Gustafsson, 1973; Olofsson, 1988; Dick ve diğ., 1983; Hoek ve Bray, 1991; Johnston ve Durucan, 1994).

2.3.3.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini

Yer sarsıntısı incelemelerinde birinci önemli husus en yüksek parçacık hızıdır (Kahrıman, 2011), sıfırdan başlar en yüksek değerine ulaşır, giderek sönümlenir. Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, yer sarsıntılarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağı maksimum parçacık hızı tahmininin en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır. PPV değeri ne kadar büyük ise yapı da o denli yüksek şiddette sarsılır. İnsanların hissedebildiği en düşük sarsıntı düzeyi 0.25-1.5 mm/s arasında parçacık hızına sahip olanlardır. Sarsıntı 10 mm/s ile 17.5 mm/s arasında ise binalarda kıl inceliğinde çatlaklar oluşabilir. Zaman içerisinde pek çok bilim adamı ve araştırmacı parçacık hızı tahminine yönelik istatistiksel çalışmalar yapmış olup patlatmacı, bütün atımları titreşim cihazı ile izleme yükümlülüğünü almamak için, muhafazakar bir yaklaşımla, ölçekli uzaklığın kareköklü uygulamasını seçer (R/\sqrt{W}). Bu tip ölçekli uzaklıkta titreşim seviyeleri 0.08-0.15 inç/sn civarında olmaktadır. (Kahrıman, 2011)

Pratik olarak düşük frekanslı yer titreşimleri yaratan patlatmalar için emniyet sınırı; modern alçı pano duvarlı evler için 0.75 inç/sn (19 mm/sn), tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 0.50 inç/sn (12.7 mm/sn)'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 2.0 inç/sn (51 mm/sn) olarak tavsiye edilir.

2.3.3.5. Patlatmadan Kaynaklanan Yersarsıntısını Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler

Genellikle aynı yerleşim bölgesinde yapılan atımlarda aynı kayıtların elde edilmesi çok zordur. Tablo 2.3' te verilen değişkenlerin bunda önemli ölçüde etkili olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilebilmektedir. Patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısı ve rahatsız edici unsurların ortadan kaldırılması amacıyla bir dizi yöntem geliştirilmiş olup aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

- Basamak patlatmasında kayaya iyi bir deplasman verilmesi için sıra içi ve sıralar arası uygun gecikme aralıklı ateşleme sisteminin seçilmesi
- Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarını azaltılması
- Patlatma noktası ile yapılar arasındaki zemin etüt edilerek, amplifikasyon (genlik artması) ve polarizasyon (yönlendirme) ile sürpriz yapabilecek jeolojik bulguların olup olmadığının araştırılması
- Patlatmada, ateşleme sırasının, korunacak yapıya yakın yerden başlayarak uzağa doğru düzenlenmesi
- Arazi katsayıları tespit edilerek, uygun ölçekli mesafeler tayin edilmesi
- Çevredeki yapılar incelenir ve bu yapılara hasar vermemek için ilk dört maddedeki bulgular kullanılarak uygun patlatma tasarımı yapılır ve önerilir.
- Delik çapını küçültmek, basamak yüksekliklerini azaltmak veya kademeli şarj uygulamak
- Delik taban payının fazla uzun seçilmemesi
- Korunması gereken yapı ile patlatma yeri arasına engel niteliğinde süreksizlikler yerleştirilmesi

Patlatma yapılan bir sahada; herhangi bir sarsıntı ölçeği olmadığı hallerde; OSM kurallarının öngördüğü değerlerden daha düşük olmayan bir ölçekli mesafe kabulü yapılarak şarj miktarları belirlenebilir. Ancak bu uygulamadan tam ve etkili bir çözüm beklemek doğru değildir (Kahrıman, 2003).

Tablo 2.3. Yersarsıntısı Üzerindeki Değişimlerin Önem Sırası Etkili

	Değişkenler	Önemli	Orta	Önemsiz
İşletme Faaliyeti Sırasında Kontrol Edilebilen Etkenler	Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı	X		
	Gecikme süresi	X		
	Dilim kalınlığı		X	
	Delikler arası mesafe		X	
	Sıkılama boyu			X
	Sıkılama cinsi			X
	Şarj çapı ve boyu			X
	Delik eğimi			X
	Ateşleme yönü		X	
	Atımdaki toplam pat. mad. Miktarı			X
	Şarj derinliği			X
	Ateşleme yöntemi			X
	Genel yüzey tabakaları			X
	Kontrol Edilemeyen Değişkenler	Örtü tabakasının cinsi ve derinliği		
	Atmosferik koşullar			X

2.3.4. Hava Şoku ve Gürültü

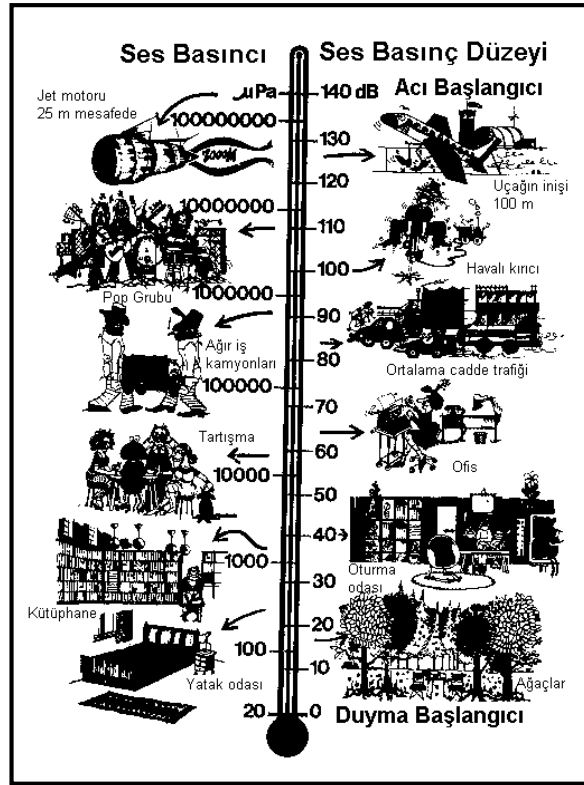
Sualtı patlatmalarında kaya fırlaması ve toz oluşumuna rastlanmadığı gibi hava şoku ve gürültüde pek karşılaşılan bir durum değildir. Sadece derinliklerin az olduğu durumlarda karada yapılan patlatmalardan daha düşük seviyeli olmak üzere gürültü ortaya çıkar. Kaya çatlaklarından atmosfere hızla boşalan reaksiyon ürünü gazlar hava şokunu atımdan uzaklaştıkça hava şokunun bozulması gürültüyü oluşturur. Yabancı literatürde “Overpressure” veya “Air Blast” olarak anılan ve patlamayla oluşan hava basınç dalgaları olan hava şoku normal atmosferik basınçtan daha yüksek hava basıncı dalgalarından oluşur. Duyulabilir olan yüksek frekans kısmı (gürültü) artan uzaklıkla zayıflar, yapılarda sarsıntı, cam kırılması, hasara yol açar, insanları rahatsız eder. Düşük frekanslı olan ve duyulamayan kısmı ise yapıların doğal frekansları ile eşleştiklerinde hasar oluşturabilir. Gürültü ise sadece rahatsızlığa sebep olur, çeşitli şikayetlerin gelmesi için yeterli bir nedendir.

Havadaki gaz molekülleri oldukça düzenli bir şekilde dağılmakta ve rasgele hareket halinde bulunmaktadır. Normal atmosferik koşullar altında hava 1 atmosfer basınç ve 1.2 kg/m^3 yoğunluktadır. Ses dalgalarının yayılma mekanizması, bir molekülden diğer

bir moleküle moleküler yer değiştirme sırasında momentum transferi olarak açıklanır (Kahrıman, 2011). Hava şokunun oluşmasına neden olan etkenler şunlardır.

- Gereğinden fazla şarj edilmiş delikler veya zayıf sıkılama
- Ayna veya delik ağzında oluşan deplasman,
- Açığıtaki infilaklı fitil,
- Uygun olmayan dilim kalınlığı,
- Kayadaki çatlaklardan/kırıklardan gaz çıkışı,
- Titreşim gösteren zemin.

Hava şokunun yayılması sıcaklık, rüzgar ve basınç-yükseklik ilişkisi gibi atmosferik ve topoğrafik koşullara bağlıdır. Belirli uzaklıktaki bulut kapalılığı bazen basınç dalgasının yere yansımaya neden olur (Kahrıman, 1999; Hoek vd. 1999). Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri Şekil 2.6.'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri (Dowding, 1985)

Ses, basınç ya da desibel (dB) olmak üzere iki farklı birim ile ifade edilebilmektedir. Hava şoku, basınç ya da ses ölçerler kullanılarak ölçülebilmektedir. İnsan kulağıyla duyulabilen yaygın aralıklı genlikler ve frekanslardan dolayı akustik mühendisleri sesi desibel terimi ile ifade etmektedir. Ses basıncı Denklem 2.14' teki eşitlik kullanılarak desibele çevrilebilmektedir (Dowding, 1985).

$$dB = 20 \text{Log} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (2.14.)$$

P = Ölçülen tepe ses basıncı,

P₀ = Referans ses basıncı (20x10⁻⁶ Pa veya 2.9x 10⁻⁹ lb/inç²)

ABD'de (USBM ve OSM kuralları) yapılan yasal düzenlemelerle 140 desibele karşılık gelen hava şoku düzeyi hasar başlangıç ve gürültü üst sınırı olarak belirlenmiştir. Hava şoku etkisinin uzaklıkla azaldığı bilinmektedir. Bu azalma faktörü ölçekli mesafe kavramı (SD = R/W^{0.333}) ile ifade edilmektedir.

Bu şekilde yapılan tahminler, yaklaşık değerler vermektedir. Herhangi bir yerdeki gerçek hava şoku ve gürültü seviyeleri atmosferik ve topoğrafik şartlarla birlikte atım geometrisine bağlı olmaktadır. Bu nedenle, çok ciddi şikayetlerin yaşandığı bölgelerde, bu tahminlere ek olarak hava şoku ölçümlerinin yapılması gerekmektedir (Kahrıman, 2003).

Kahrıman ve diğ., (1996) sölestit açık işletmesi basamak patlatmasında ölçtükleri gürültü değerleriyle ölçekli mesafe değerleri arasında bir ilişki elde etmek amacıyla, basit regresyon analizleri yapmışlar ancak, çok düşük korelasyon katsayılı olmaları nedeniyle bu fonksiyonların kullanılmasını önermemişlerdir. Diğer yandan, gürültü değerleri ile şarj miktarı ve uzaklık arasında bir ilişkinin var olduğu düşüncesi ile 47 atıma ait değerleri aşamalı bir şekilde çoklu regresyona tabi tutmuşlardır. Bu analiz sonucunda elde ettikleri bu anlamlı ve oldukça yüksek korelasyon katsayılı ilişki Denklem 2.15' te verilmektedir.

$$N = 0,05603 \times W + 18012,6 \times (1/R) \quad (r=0,93) \quad (2.15)$$

N : Gürültü (dB)

W : Gecikme başına şarj miktarı (kg)

R : Mesafe (m)

Hava şokunun önlenmesi için;

- Basamak patlatma tekniği kullanılarak, patlayıcı madde kaya yapısı içinde mümkün olduğunca homojen dağıtılır ve hapsedilir,
- Galeri patlatması uygulanmaz,
- Uygun delik geometrisi kullanılır,
- Uygun sıkılama boyu ve malzemesi kullanılır,
- Gecikmeli ateşleme sistemi kullanılır,
- Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye az patlayıcı madde yerleştirilir,
- Rüzgar yönünün kritik olduğu zamanlarda ateşleme yapılmaz,
- İnfilaklı fitilin zorunlu olunmadıkça kullanılmaz, kullanılırsa üzerinin 7-10 cm kum ile örtülür. (Hoek ve Bray, 1991).

2.3.5. Sualtı akustiği nedeniyle dalgıç ve delici platformların maruz kalabileceği çevresel etkiler

2.3.5.1. Sualtı Patlatmasının Fiziksel Özellikleri

Bir sualtı patlatması, seri şekilde yayılan, hidrolik şok dalgaları (su içerisinde) ve sismik dalgalar (deniz yatağında) yaratır. Bir sualtı patlamasının hidrolik şok dalgaları, ilk dalga ve bunu takip eden azalan yoğunluktaki basınç dalgalarından oluşur. İlk yüksek yoğunluktaki şok dalgası, yüksek basınç ve sıcaklıktaki hacimce fazla olan gazın serbest bırakılmasının bir sonucudur. Sonraki basınç dalgaları, sıkıştırılmayan bir ortamda gaz genişmesi sonucu oluşur. Gaz su yüzeyine yaklaştıkça bir dizi büzülme ve genişleme ortaya çıkar. Yüksek yoğunluktaki bu ilk şok dalgası en tehlikeli olanıdır. Bu şok dalgası, patlama kaynağından uzaklaştıkça şiddetini kaybeder. İlk şok dalgasını zararı daha az olan basınç dalgaları takip eder. Bölgede türbülans ve su hareketlerinin patlamadan sonra belirli bir süre daha sürmesi kaçınılmazdır. Bahse konu şok dalgalarının büyüklüğü sualtı patlatmasının büyüklüğü ya da şiddeti olarak da adlandırılabilir. Sualtı patlatmasının şiddetini etkileyen faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Patlamanın Çeşidi ve Patlayıcının Büyüklüğü
- Dip Tabiatının Özellikleri

- Patlayıcı Maddenin Pozisyonu
- Su Derinliği
- Patlama Bölgesinden Olan Mesafe

Bazı patlayıcıların yakın çevresi için yüksek ancak uzun menzillerde azalan kırıcılık karakteristiği vardır. Bazılarının ise, daha geniş alanları etkileyebilmesi için yakın çevresini kırıcı gücü azaltılmıştır. Kırıcılığı yüksek patlayıcılar sınırlı bir alanda, kısa süreli basınç ve yüksek düzeyde şok dalgaları yaratırlar. Kırıcılığı alçak olanlar ise daha düşük şok ve daha büyük alanda daha uzun süreli basınç dalgaları yaratırlar. (Wallace, 2011). Kaya veya diğer dip elemanlarının sığ suda yerleştirilmiş patlayıcılar ile suyun içinde hareket ettirilebilme veya suyun dışına fırlatılabilmelerinin yanında dip şartları bir patlamanın basınç dalgalarını etkileyebilir. Yumuşak bir dip tabiatının yansıtılan şok ve basınç dalgalarını zayıflatma eğilimi varken, sert ve kayalıklı bir deniz yatağı etkiyi güçlendirir. Deniz dibinin topoğrafik özellikleri şok ve basınç dalgalarının yönünü etkiler ve ayrıca ikinci bir dalga yansıması yaratabilir. Araştırmalar göstermiştir ki; suda asılı olarak duran patlayıcılar ile şekilli ve yönlendirilmiş patlayıcılardan meydana gelen şok ve basınç dalgalarının büyüklükleri, kazılmış kuyuların içine, kayalıklara veya mercanlara koyulan patlayıcılardan daha büyüktür. Çok derin sularda şok ve basınç dalgalarının yoğunlukları büyük su hacmi dolayısıyla azalır. Su yüzeyine yakın bir patlamanın etkisi ise aynı derecede azalmaz. Genel olarak patlamadan ne kadar uzakta olunursa, şok ve basınç dalgaları o denli zayıflar ve şiddeti de o kadar küçük olur. Bu faktör aynı zamanda tabanın durumu, suyun derinliği, sualtı yapıları ve topoğrafik özelliklerden kaynaklanan şok ve basınç dalgalarının yansımasıyla da beraber düşünölmelidir. (Naval Ordnance Laboratory Technical Report, ABD, 1980)

Fiziki bir olay olan ses, insan için işitme hissidir diye basit bir tarifile anlatılabılırsa de, gerçekte ses bir titreşim, dolayısıyla sualtı ortamı için minimize bir şok ve basınç dalgasıdır. Herhangi bir cisme vurduğumuz zaman o cisim titreştirebiliriz ve bu titreşim havada da devam ederek kulağımıza kadar gelebilir. Keza konuşurken ses tellerimizin titreşmesi ve bu titreşimin havada devam etmesi aynı neticeyi doğurur. Bir titreşimin işitilebilmesi için sesin yayılabileceği bir ortam ve alıcı olması lazımdır. Kaynağı ne olursa olsun ses birbirine benzer şekilde hareket eder. Ses titreşen bir kaynaktan dalga hareketi şeklinde üretilir ve yayılabilmesi için hava ve su gibi sesin yayılmasına

yardımcı olacak bir ortam olması gereklidir. Ses dalgasının frekansı titreşen kaynağın hareketi tarafından belirlenir. Bu bağlamda ses terimi subjektif olarak, kulak tarafından hissedilen işitme duygusu, objektif olarak ise bu duyguyu uyartan titreşim hareketi olarak ifade edilebilir.

Eğer deniz suyunda ısı, basınç ve tuzluluk farklılıkları olmasaydı, ses dalgaları düzgün bir şekilde ilerler ve doğruca hedeflerine ulaşırlardı. Hedeflerine ulaşan bu dalgalar da yansiyarak gene aynı şekilde geri gelebilirlerdi. Ses ışınlarının kırılmasının sebebi ses hızındaki değişimdir. Ses hızındaki değişikliğe ise sıcaklık, basınç ve tuzluluk sebep olur. Ses ışınları sıcaklığı değişen ortamda ilerlerken soğuk bölgeye doğru eğilirler. Basınç ve tuzluluk değişkenleri içinde durum aynıdır. Yani ses ışınları alçak basınçlı ya da tuzlu bölgelere doğru kırılırlar. Deniz suyunda ısı yükselirse ses sürati de buna bağlı olarak artacaktır. Denizdeki bu ısı değişikliklerinden dolayı ses düz bir hat boyunca seyretmez, bükülür. Ses dalgaları sürati yüksek olan ortamdan sürati alçak olan ortama geçerken eğilirler ve biz buna kırılma deriz.

Sesin yayılması gibi sesin yansımaları da önemlidir. Kaynaktan çıkan ses dalgalarının, sesi yansıtabilecek bir cisme çarparak geri dönmesine eko denir. Denizlerde birçok yansıtıcılar vardır ki, bunların önemlileri yatış ve diptir. Sığ sularda (10 metre ve daha sığ) dip yansımaları çok önemlidir. Dip tabiatına bağlı olarak dip yansımalarıyla, aynı şartlardaki derin suya nazaran daha fazla mesafe elde edilebilir. Özellikle dip tabiatı düz yatış halinde kum olursa en iyi mesafeye ulaşılır. Çamur dip tabiatı sesi absorbe eder. Dipte en iyi yansıtıcı kaya tabiatıdır. Kaya içerisine delik delerek yapılan patlamalarda titreşimin büyük çoğunluğu kaya vasıtasıyla iletilirse de deniz içerisinde asılı durumdaki patlayıcılarla yapılan patlatmalarda kaya tabiatı düz halde bulunmadığından gelen ses binlerce muhtelif yöne yansır ve kaynağa tek bir eko yerine uzun, birbirleri ardına yuvarlanan, gürültülü bir ses olarak gelir. Ve ölçülen titreşim değerlerine pozitif yönde bir artış getireceği aşikardır. Bu bağlamda sesin yansımalarına tesir eden faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Sesi yansıtan cismin şekli
- Sesi yansıtan cismin büyüklüğü
- Sesi yansıtan cismin materyali
- Sesi yansıtan cismin mesafesi.

Ses hızı ve ses hızına etki eden faktörler incelendiğinde ilk önce yayıldığı ortamın özelliklerine bağlı olduğu görülür. Özet olarak belirtmek gerekirse ortamın yoğunluğu artarsa sesin hızı da artar. Sesin hızı ortalama olarak;

Havada..... 1090 ft/sn.

Arık suda..... 4078 ft/sn.

Deniz suyunda..... 4800 ft/sn.

Çelikte..... 16000 ft/sn.

civarındadır.

Bu değerler belli sıcaklık ve yoğunluğa göre alınmıştır. Deniz suyunun 39 F sıcaklık ve binde 35 tuzlulukta olması halinde bu ortam içinde sesin yayılma hızı 4800 ft/sn dir.

O halde sesin hızı ortamın cisminde göre değiştiği gibi aynı zamanda ortamın şartlarına göre de değişecektir. Deniz içinde herhangi bir noktada sesin hızı o noktanın elastikiyetine ve yoğunluğuna bağlıdır. Elastikiyet ve yoğunluk ses hızıyla doğru orantılıdır ve üç faktörle değişirler.

- Sıcaklık
- Tuzluluk
- Basınç

Sıcaklık yükselince elastikiyet artar, yoğunluk azalır. Tuzluluk artınca elastikiyet süratle, yoğunluk yavaşça artar. Derinlikle birlikte basınç artınca elastikiyet süratle, yoğunluk yavaşça artar. Leroy denkleminde göre ses hızı şu şekilde hesaplanabilir.

$$c = 1492.9 + 3 (t-10) - 6 \times 10^{-3} (t-10)^2 - 4 \times 10^{-2} (t-18)^2 + 1,2 (s-35) - 10^{-2} (t-18)(s-35) + z/61 \quad (2.16)$$

- c : Ses hızı (m/sn)
- t : Sıcaklık (°C)
- s : Binde olarak tuzluluk
- z : derinlik (metre)

Bu denklem 20 °C ve 8000 metre derinliğin altında 0.1 m/sn hassasiyetinde doğru sonuç vermektedir.

Sesin su içerisinde yayılmasına tesir eden en büyük faktör ısıdır. Sesin su içerisindeki süratinin 4800 ft/sn olduğu bilinmektedir. Ancak suyun sıcaklığının 39 °F olduğu zaman meydana gelir. Sıcaklık arttıkça sesin sürati de artar, sıcaklık azaldıkça sesin sürati de azalır. Ses normal süratle hareket ederken sıcaklığı daha az olan bir sualtı tabakasına girdiğinde süratinin azalmasından dolayı ses bimi de soğuk tabakaya doğru bükülür. Büyük sıcaklık farkları olduğunda kırılmalar daha keskin olur.

Denizlerde sıcaklık yüzeyde -2 °C den 30 °C e kadar değişiklik gösterir. Yüzey ile 150 m. derinlik arasında sıcaklıkta 15-20 °C civarında azalma görülebilir. Sıcaklığın bu kadar büyük farklar göstermesi sebebiyle ses hızına en önemli etkiyi yapan değişkendir. Sıcaklığın artması, deniz suyunun yoğunluğunun azalmasına ve ses hızının artmasına sebep olmaktadır. 1 °F sıcaklık artışı ses hızını 4-8 ft/sn arttırır. Sıcaklığın sabit kaldığı 60 m su tabakasında ses hızında görülen artış basıncın etkisindedir. Sıcaklık sabit kalmayıp değişmeye başlayınca ses hızı da hemen hemen paralel bir durum almaktadır. Denizlerde sıcaklık yapısı, yüzey tabakasına, ısının değiştiği tabakaya ve ısının değiştiği tabakanın altına bağımlı olarak değişkendir.

Ses hızını etkileyen ikinci faktör tuzluluktur. Tuzluluğun 1/1000 artması ses hızını 4.3 ft/sn arttırır. Bu sebeple suda ilerleyen ses ışınları daha az tuzlu bölgelere doğru eğilirler. Deniz suyu çeşitli maddeleri ihtiva eder. Bunların başında ise tuz gelir. Tuzluluğun artması ile de yoğunluk artacağından sesin sürati de artar ve ses bimi tuzluluğu çok olan yeden az olan yere doğru kırılır. Deniz suyunda tuzluluk homojen olduğu için bu durum daha ziyade nehirlerimizin denize döküldüğü noktalarda görülür.

Derinliklere indikçe basınç artacağından sesin sürati de yükselir ve alçak basınçlı tabakaya doğru kırılır. Yalnız bu olay sıcaklığın her tarafta aynı olduğu durumda meydana gelir. Tabakanın altında derinliklere inildikçe sıcaklık genellikle düşer. Sesin bir kısmı yüzey tabakasında sıcaklık tesiri olmadığından basıncın tesiri ile yukarı doğru kırılır. Yüzey tabakasının altında sıcaklık azalacağından sıcaklık tesiri basınç tesirini yenerek bimin aşağı doğru kırılmasına sebep olur. Görülüyor ki basıncın ses hızına etkisi daha azdır. Fakat sıcaklık ve tuzluluğun değişmediği yerde basınç önem kazanır. Özellikle 200 m altında sıcaklık ve tuzluluk çok az değişeceğinden ses yukarı doğru kırılır.

Burada sesin yayılmasına etki eden bazı özel durumlardan da bahsetmekte fayda vardır. Zira patlatmalarda ölçümler yapılırken patlatma yapılan kayaç ve patlayıcı miktarı stabil bile olsa karşımıza birbirinden kabul edilemez derece sapmış değerlerle karşılaşılabilir.

Ses hızına etki eden en büyük faktörün ısı olduğunu söylemiştik. Özellikle denizlerde sıcaklığın değişkenliği pek çok farklı sualtı tabakasının oluşmasına neden olmaktadır. Ses kayıplarına neden olan en önemli etken bu tabakaların tesiridir. Deniz ortamında derinliğe inildikçe ısının ani düşmesi sonucunda meydana gelen bu keskin tabakanın ses bimi üzerindeki etkisine ‘Tabaka Tesiri’ denir. Bahse konu tabakalar bir pozitif ve bir negatif eşit açılı tabakanın kombinasyonundan meydana geliyorsa buna Seda Kanalı denir ki genellikle derin sularda rastlanır. Ses kanalına nadir olarak yüzey suyunu çok soğuk olduğu bölgelerde de rastlanabilir. Bu tip kanallarda ses hızı çok uzun mesafelere ulaşabilir.

Derin sularda özellikle okyanuslarda meydana gelen bir başka oluşumda Dip Sıçramasıdır.. Seda kanalından çıkan ses biminin dipten yüzeye, yüzeyden tekrar dibe yansması ile meydana gelir. İyi bir dip yansımalarının meydana gelmesi ses ışınlarının dipten uygun açı ile yansımaya, dip tabiatına, derinliğe ve ses frekansına bağlıdır. Gündüz saatlerinde deniz suyunun ısınması geceleyin soğuması nedeni ile bünyesindeki değişme günlük ısı farkları olarak tanımlanır ve bunlar da geçici tabakalar meydana getirirler ve bu tabakalar Öğleden Sonra Tesiri olarak isimlendirilir. Öğleden sonra etkisi en fazla çok sakin, güneşli, rüzgarsız günlerde meydana gelir. Bilhassa yaz aylarında Akdeniz ve Güney Ege’de rastlanır. (APGE, 1998)

Sualtı patlatmasının fizyolojisinden, ses, dolayısıyla şok ve basınç dalgalarının su ortamındaki hareketinden ve yapılacak ölçümlere olabilecek etkilerinden bahsettik. Değınmemiz gereken bir diğer noktada patlatmaların gerçekleşebilmesi için gerekli olan dalgıç faktörüdür. Dalgıç personelinin karşılaşılabileceği etki ve tehlikelerden bahsetmenin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

2.3.5.2. Sualtı patlatmalarının etkileri.

Genel olarak patlatma esnasında suda hiç kimsenin olmaması şarttır. Ancak istenmeyen ve kontrol edilemeyen bir durumda suda bir dalgıcın ya da yüzücünün bulunduğu anlarla karşılaşılabilir. Tamamen dalmış bir dalgıcın şok ve basınç dalgalarından tüm vücudu etkilenir. Başı ve bedeninin üst kısmı suyun dışında olan kısmen dalmış bir dalgıç, şok ve basınç dalgalarının akciğerler, kulaklar ve sinüsler üzerindeki etkisini azaltılmış olarak hisseder. Bununla birlikte hava, patlama sonucu oluşan şok ve basınç dalgalarının bir kısmını yayar. Bir patlamanın basınç etkisinden en fazla etkilenecek kısımlar baş, akciğerler ve bağırsaklardır. 0-50 psi büyüklüğünde bir basınç dalgası emniyetli, 50-300 psi büyüklüğünde bir basınç dalgası ciddi yaralanmaların olacağı, 500-2000 psi büyüklüğünde bir basınç dalgası ise ölüm aralığı olarak değerlendirilmektedir. Bazı belirli durumlarda 500 libre/inç²'lik bir basınç dalgası bile ölümcül yaralanmalara yol açabilir. Sualtı infilaklarında meydana gelen basınç tesirinden ortaya çıkan basıncın, canlı vücuduna (bilhassa boşluklarda) yaptığı etki sonunda, canlılar yaralanırlar veya ölürler (Naval Ordnance Laboratory Technical Report, ABD, 1980).

Örneğin bir TNT patlamasından dolayı meydana gelen basınç dalgasının şiddetini tahmin edebilmek için değişik formüller vardır. Formüller birbirinden farklıdır ve sonuçlar tahmine dayanan bir yaklaşımdır. Ayrıca bu formül TNT dışındaki diğer patlayıcılara uygulanamaz. Aşağıdaki formül, tetril veya TNT'den dolayı bir dalgıç üzerinde oluşan hesaplamaların bir metodudur

$$P = \frac{13000\sqrt[3]{W}}{r} \quad (2.17)$$

- P : Dalgıç üzerindeki basınç (libre/inç²)
- W : Patlayıcının ağırlığı, TNT (libre)
- r : Dalgıcın patlayıcıdan olan mesafesi (feet)

Dip patlayıcıları için emniyetli yüzme mesafeleri ile ilgili bir çalışma, Maryland White Oak'daki Naval Weapons Center'da yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları NSWC TR 83-84 olarak yayınlanmıştır. Bu bilgiler askeri dalgıçların, sualtı patlayıcıları çevresinde

çalışırken kullanmaları içindir. Bu sonuçlar, şu anda mevcutların içinde en iyisidir. Birçok karmaşık teori ve hesaplamalar, bu çalışmada alınmamış ve bunların yerine ortalama bir okuyucuya daha uygun olan, basitleştirilmiş olanları konmuştur.

Bir yüzücü sudayken, sualtı patlaması olduğunda bazı yaralanmalar oluşur. Yüksek hasar seviyelerinde etkilenen organ, akciğerdir. Alçak hasar seviyelerinde ise bağırsaklar öncelikle önemlidir. Yaralanmaların gözlemlendiği en uzun mesafelerde bağırsak çeperlerinde, yüzücüye ulaşan basınç dalgası (Çarpma) nedeniyle küçük kanamalar oluşur. Bu çarpma, yüzücünün olduğu noktada ölçüldüğünde, bir maksimum basınç değişmesine ulaşır, kısa bir zaman aralığında hızla azalır. Bir yüzücü, bir patlamanın yakınında olduğunda, daha sığda olmanın, daha emniyette olmak anlamına geldiği unutulmamalıdır. Bir patlama olacağını önceden anlayan dalgıç, patlama ile arasındaki yatay mesafeyi açmaya çalışmak yerine satha doğru hareketlenmelidir. Dalgıç, ancak satha ulaştıktan sonra, patlama noktası ile arasındaki mesafeyi açmaya çalışmalıdır.

Olası bir sualtı patlaması durumunda dalgıç, mümkün olduğu takdirde sudan çıkmalı ve patlamanın etki alanından uzaklaşmalıdır. Eğer dalgıcın suda kalması gerekiyorsa patlamadan dolayı hissedeceği basıncın 50 psi'dan aşağı düşürülmesi zorunludur. Etkileri azaltmak için dalgıç, ayakları patlama yönünü, başı tam tersini gösterecek şekilde pozisyon alabilir. Baş ve vücudun üst kısmı suyun dışında kalmalı veya başı dışarıda olacak şekilde sırtüstü yüzmelidir. İnfilak'ın şok(blast) dalgaları su ile daha sonrada arzın (toprağın)titremesi ile sahil tesislerine zarar vermeden kullanılacak patlayıcı madde miktarını ve tesise olan mesafeyi uygun olarak seçebilmek için Denklem 2.18' deki formül kullanılır.

$$D = 75x\sqrt{E} \quad (2.18)$$

- D : Sahil tesisleri ile patlayıcı arasındaki mesafe (feet) olarak.
- E : Patlayıcı madde miktarı (libre)

Çok kısa olarak değinmek gerekirse sualtında bir patlama olduğunda çevredeki her şeye zarar olgu şok ve basınç dalgasıdır. Dalgıçlar üzerinde olduğu kadar delme işlemlerinde kullanılacak gemi ve teçhizatlara da bir zarar gelmesi durumu kesinlikle söz konusudur.

Askeri gemilere gelebilecek zararlarla ilgili yapılan çalışma neticesinde aşağıdaki emniyet formülü hesaplanmış olup, günümüzde halen geliştirilen ve patlayıcı içeren sualtı silahları için basit bir mehzaz teşkil etmektedir. (Greenbaum ve Hoff, 1996).

$$R = 12x\sqrt{K} \quad (2.19)$$

- R : Harp gemileri için emniyet mesafesi(m) olarak
- K : TNT cinsinden kullanılan tahrip maddesinin kg. olarak ağırlığı
- Rx2 : Orta büyüklükteki gemiler için emniyet mesafesi
- Rx4 : Büyük gemiler için emniyet mesafesi

Yukarıda bahse konu hesaplamalar daha önce de belirtildiği gibi askeri dalgıçlar için yapılan çalışmaların birer çıkarımıdır. Aşağıda 5 libre TNT Patlayıcınının 20 feet derinlikte patlatılmasıyla elde edilecek hasar tablosu bulunmaktadır.

Tablo 2.4. 5 Libre Patlayıcınının 20 Feet Derinlik İçin Etkileri (NOLX ,1980)

Mesafe (feet)	Etki
10	Öldürücü Saha
20	Ölü gibi
30	Vahim bağırsak hasarı
40	Vahim ciğer hasarı
50	Dahili kanamalar
60	Tali ciğer hasarı
70	Maske fırlaması (Dalgıcın koruyucu elbise giymemiş olduğu durumda)
75	Kulak hasarı
80	30 dakika süreli devamlı ağrı
85	Kol bacaklarda geçici kramp
90	Ciğere vahim darbe
100	Ciğere hafif darbe
170	Keskin ses

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMADA KULLANILAN MALZEMELER

Bu tez kapsamında şekil 3.1’de görülen C-4 plastik patlayıcı, saniyeli fitil, infilaklı fitil, adi kapsül, askeri ateşleme çakmağı, derinlik ölçer, zodiak bot, lazer mesafe ölçer ve GPS kullanılmıştır.

Kullanılan Derinlik Ölçer; elektrik enerjisini ses dalgalarına döndüren bir çevirici ile yansıyan dalgaları toplayan ve alternatif akıma çeviren bir alıcıdan oluşmaktadır. Üretilen ses dalgasının yansıyıp geri dönene kadar geçen süre ile sesin ortamdaki hareket hızının bilinmesiyle patlatma noktası derinlikleri zodiak bot üzerinden el sonarının suya sokulup çalıştırılmasıyla tespit edilmiştir.

Zodiak bot vasıtasıyla dalgıç personel ve patlatma düzenekleri, patlatma noktalarına intikal ettirilmiştir. Lazer mesafe ölçer ile patlatma noktalarının titreşim ölçer cihazlara mesafeleri belirlenmiştir.





Şekil 3.1. Kullanılan Malzemeler

3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

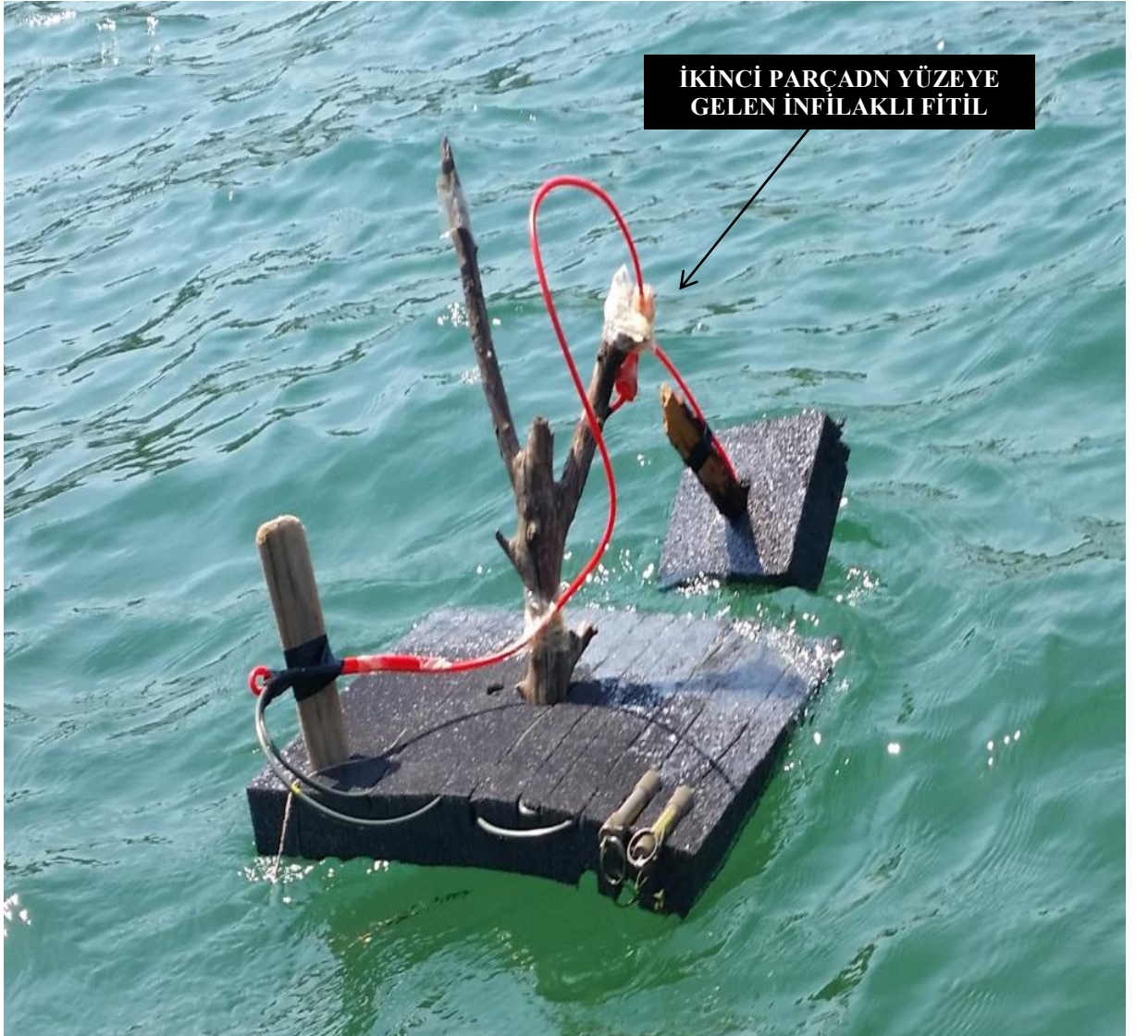
Bu tez kapsamında Deniz Kuvvetleri Komutanlığı ile yapılan protokole istinaden Sualtı Savunma Grup Komutanlığı'nda icra edilen sualtı tahrip eğitimlerinden istifade ile sualtı patlatmalarından kaynaklı titreşimlerin derinliğe bağlı değişkenliğinin olup olmadığını irdelemek, ve titreşim yayılımı izlenerek analizler yapılması planlanmıştır.

Burada yeri gelmişken kullanılan sualtı tahrip düzeneğinin hazırlanışını da kısaca anlatmanın faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Sualtı Patlatma Düzeneği temel olarak 2 parçadan oluşmaktadır. Birinci parçada patlatma süresine göre kesimi yapılmış olan saniyeli fitile koşulu adi kapsül ve ucuna irtibatlı ateşleme çakmağı su üzerinde yüzecek köpüğe yerleştirilmiştir. Adi kapsülün su sızdırmazlığı sağlanmış ve ucuna ikinci parçayla irtibatı sağlayacak olan infilaklı fitil irtibatlanmıştır.

Sualtı Patlatma Düzeneğinin ikinci kısmında C4 Ana patlayıcı üzerine infilaklı fitil sarılmış ve aynı infilaklı fitil derinliğe göre ayarlanarak yüzeye gelecek uzunlukta kesilmiştir. İkinci parçada C4 ana patlayıcıyı tabana sabitleme maksatlı kullanılacak kaya parçası ana dolguya ip vasıtasıyla bağlanmıştır. Tez kapsamında yapılan düzeneğe ait fotoğraf Şekil 3.2 olduğu gibidir.

Dalgıçlar öncelikle ikinci parçada bulunan C4 ana patlayıcıyı kaya parçası yardımıyla dibe sabitleyerek infilaklı fitil ucu ile satha gelirler müteakiben birinci parçaya ait infilaklı fitil ucu ile ellerinde bulunan infilaklı fitil ucu irtibatlanarak verilen komutla ateşleme çakmakları çekilir ve dalgıçlar bota alınarak emniyetli sektörde patlatmalar beklenir. Patlatmalar arasındaki 1'er dakikalık zaman farkı saniyeli fitillerin uygun uzunluklarda kesilmesiyle ayarlanmıştır.



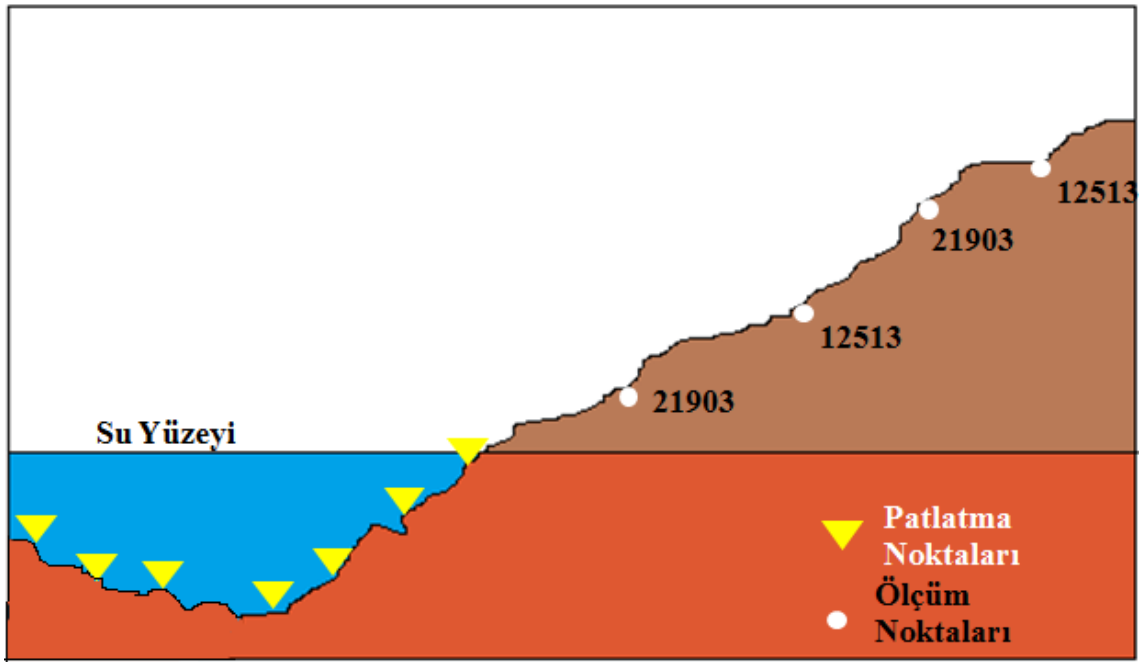
Şekil 3.2. Sualtı Patlatma Düzenegi



Şekil 3.3. Ölçüm Çalışmaları a,b) Titreşim ölçer cihazların kurulması c,d) Sulatı patlatma düzeneklerinin hazırlanması e,d) Patlayıcıların dibe sabitlenmesi ve çakmakların çekilmesi

Çalışma kapsamında Şekil 3.3'te görüldüğü üzere öncelikle titreşim ölçer cihazlar yerleştirilmiştir. Derinliğin titreşim değerlerine olan etkisini belirleyebilmek amacıyla denizin kara ile birleştiği 0/0,5 m., 2 m., 3 m. ve 4 m. derinlikler çalışma noktaları olarak belirlenmiştir. Patlatma noktalarında dalgıçlar vasıtasıyla patlayıcılar dibe sabitlenerek 8 defa 284 gr ve 8 defa da 568 gr C-4 plastik patlayıcı kullanılarak patlatma yapılmıştır. Kullanılan patlayıcıların dibe bırakıldığı noktaların derinliği akustik el sonarıyla, patlayıcıların titreşim ölçer cihaza olan mesafeleri lazer mesafe ölçerle,

patlatma nokta koordinatları ise GPS ile kaydedilmiştir. Şekil 3.4'te kesit olarak görüleceği üzere patlatma noktalarına göre, titreşimin yayılımını görmek üzere sistematik olarak yerleştirilen titreşim ölçer cihazların koordinatları yine GPS vasıtasıyla ölçülerek kayıt edilmiştir. Daha sonra ateşlenen tüm patlayıcılar derinlik, koordinat, patlayıcı madde miktarı ve patlama saatine göre dikkatlice kayıt edilmiştir. İlgili kayıtlar EK-A'da sunulmuştur.



Şekil 3.4. Patlatma ve Ölçüm Noktaları Kesit Görünümü

3.3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN TİTREŞİM ÖLÇER CİHAZLAR

Titreşimler InstanTEL firmasının ürettiği Mini Mate Plus model titreşim ölçer cihaz ile ölçülmüştür. Sistem 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 kaydedilen olayların ayrıntılı analizi için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilir (Kahriman, 2003). Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapılabilir. Her bir olayın süresine (1-10 s arasında uzaklığa bağlı olarak) 150-200 arasında olayı geniş ya da özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri parçacık hızı için 0.5-250 mm/sn ve gürültü için 100 - 142 db. aralıkları düzeyindedir. Bu limitler içerisinde istenilen aralıklar ayarlanabilir. Kaydedilen olay süresi, kayıt biçimi (tek veya sürekli), istenilen birimler, çalışma sahası, kullanıcıya ait bilgiler önceden arzu edilen şekilde programlanabilir. Keza ölçülen mesafe verileri de hafızaya kaydedilebilir. Tüm bu işlemlere uygun modlar cihazın kontrol ve hafıza ünitesinde bulunmaktadır. Cihaz tarafında ölçülen parçacık hızı değerleri cihazın data değerlendirme ünitesine aktarılmakta bünyesinde bulunan değişik normlar içinden, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir norma göre değerlendirme yapılabilir.

Çalışmada kapsamında 4 adet InstanTEL Minimate Plus model titreşim cihaz patlatma yapılan noktalara göre titreşim yayılımını izleyebilmek için arazi şartları da gözetilerek farklı mesafelere yerleştirilmiş ve konumları GPS ile ölçülerek kaydedilmiştir. Cihazların konumları Tablo 3.1’ de verilmiştir. Patlatma

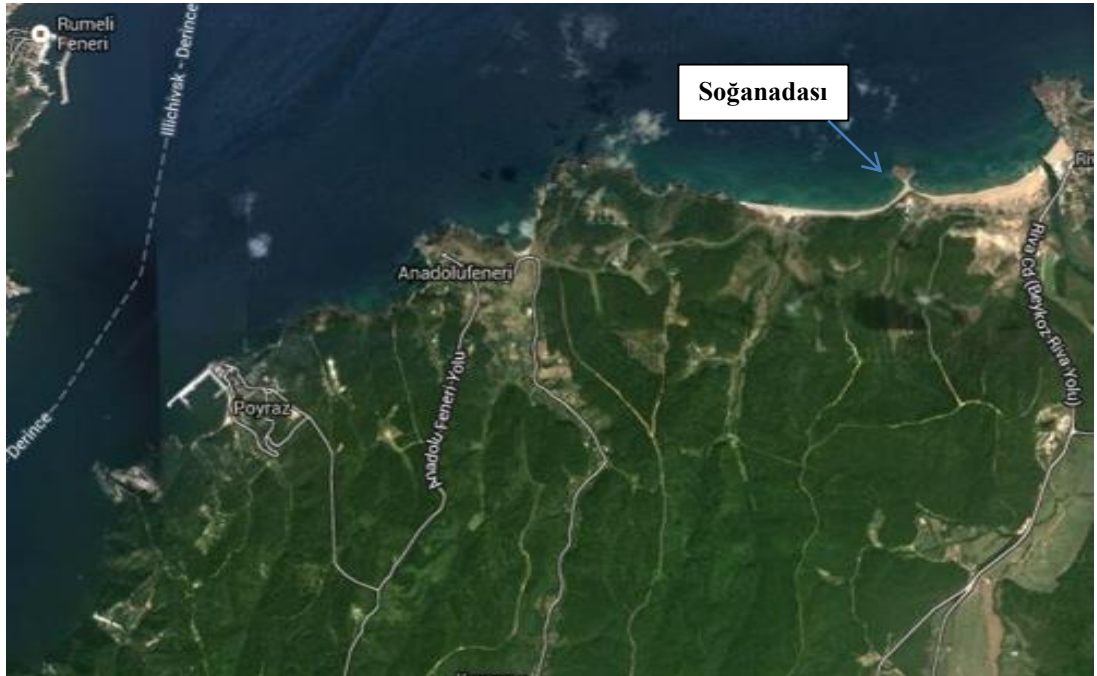
Tablo 3.1. Titreşim Ölçerlerin Konumları

Cihaz Seri Numarası	Enlem	Boylam	Yükseklik
21903	41 13' 22.9"	29 12' 00.3"	1
12513	41 13' 23.2"	29 12' 00.7"	7
21903	41 13' 23.6"	29 12' 01.2"	11
12513	41 13' 23.8"	29 12' 01.5"	15

4. BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ VE TANITIMI

Çalışmanın gerçekleştiği yer İstanbul ili, Beykoz ilçesi, Riva Köyü, Çayağzı mevkiinde bulunan Soğanadası yarım adasıdır. İstanbul iline Tem yolu, Kavacık sapağı yolu ile 23, Beykoz ilçesine eski köy yolları üzerinden 22 km uzaklıktadır. Toplam uzunluğu 70 kilometre olan, İstanbul'un su ihtiyacının yarısını karşılayan ve Barajı'nın su kaynağını oluşturan Riva Deresi, Gebze'den doğar ve Riva'da Karadeniz'e dökülerek son bulur. Riva, özellikle yaz aylarında oldukça ilgi çeken bir yer olup, İstanbulluların günübirlik veya hafta sonları kısa tatiller yapmak için tercih ettiği doğal güzellikleri, tepelerindeki ormanlık alanları, çevresindeki köyleri ve plajları ile ünlü bir yerdir. Bizans döneminden kaldığı sanılan Riva Kalesi tahminlere göre Karadeniz'den gelebilecek bir deniz saldırısına karşı önlem olması için inşa ettirilmiştir. Osmanlı döneminde Revan Kalesi olarak adlandırılan kale farklı zamanlarda onarımlardan geçmiştir. Riva Kalesi, Riva Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü noktada yer almaktadır.



Şekil 4.1. Çalışma Alanının Uydu Görüntüsü (Google Earth)

4.2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

Çalışmanın gerçekleştiği Riva Bölgesinin içinde bulunduğu formasyon, İstanbul Boğazı'nın her iki yakasında dar şerit biçiminde, Karadeniz kıyısına kabaca koşut uzanan Üst Kretase yaşlı kırıntılı ve volkanik kayaçları kapsayan Sarıyer Formasyonu adıyla adlandırılmıştır.

Karadeniz kıyısına kadar uzanan ilçe sınırları içinde, söz konusu kırıntılı ve volkanitlerin kalın bir istifini kapsayan Sarıyer adının istifin tümü için formasyon adı olarak korunması, adlamada öncelik kuralı da gözetilerek, benimsenmiştir. İstifin alt düzeyinde kırıntılılar üst düzeyinde ise volkanitler egemendir. Birbirleriyle yanal ve düşey geçişli olan ve birbirlerine ait kaya türlerini ara katkılar halinde de kapsayabilen bu iki düzeyin, tek bir formasyona ait üyeleri olarak adlandırılması yeğlenmiştir. Bu düşünce ile Bozhane Formasyonu tek başına "Bozhane Üyesi" ve başlıca volkanitlerden oluşan Garipçe ve Kısırkaya formasyonları ise birleştirilerek "Garipçe Üyesi" adlarıyla Sarıyer Formasyonu kapsamında incelenmiştir.

Riva Bölgesinin içinde olduğu Garipçe Üyesi adını, Boğaz'ın batı yakasında, söz konusu volkanitlerin yoğun olarak yüzeyletiği Garipçe köyünden alır. Boğaz'ın Karadeniz'e çıkış kesiminin her iki yakasında ve Karadeniz kıyı kesiminde yaygın olan volkanitler çeşitli araştırmacılar tarafından değişik adlar altında incelenmiştir.

Garipçe Üyesi başlıca andezit-bazaltik andezit türü volkanit kökenli kum, çakıl, kocataş (blok) boyutunda kaotik gereç kapsayan, genellikle porfirik dokulu aglomera, volkanik breş ve lavlardan oluşur ve İshaklı-Kılıçlı köyleri arasındaki asfalt yol boyunca görüldüğü gibi, Bozhane Üyesi'nin kırıntılılarıyla ardalanan aglomera düzeyleri ile başlar, üste doğru volkanitler ve volkanik kökenli çökeller egemen olur. (Gedik, İ., Timur, E., Duru, M., Pehlivan, Ş., 2005)

4.3. ARAZİ UYGULAMASI

4.3.1 Ön Çalışma ve Hazırlık

Ön çalışma kapsamında; literatür incelemesi (Lüleci,2014) yapılmış olup eksiklikler belirlenmiş ve özellikle yapılan sualtı patlatmalarındaki derinlik faktörünün arttırılması ve patlayıcının dibe sabitlenmesi gerektiği değerlendirilmiştir Sağlıklı bir istatistiksel

analiz yapılabilmesi maksadıyla titreşim ölçer cihazların konumları, patlatma noktaları, patlatma derinlikleri ve patlatmaların titreşim ölçer cihazlara mesafeleri önceden belirlenerek bir model oluşturulmuştur. Titreşim ölçer cihazların konumları ile patlatma noktaları doğrusal bir hat üzerinde olacak şekilde planlama yapılmıştır. Ayrıca farklı derinliklerde yapılacak patlatmalarda dalgıç marifetiyle patlayıcıların dibe sabitlenmesi planlanmıştır.

4.3.2 Uygulama ve Ölçüm Çalışmaları

Ön çalışma ve hazırlık safhasını müteakiben bahse konu sualtı patlatmalarını belirlenen 0-4 metre derinliklerde gerçekleştirebilmek maksadıyla uygun hava koşulları beklenmiş ve 27 Nisan 2015 tarihinde Riva, Soğanadası sahasında faaliyetin icra edilmesine karar verilmiştir.

Söz konusu sahada, derinliğin titreşim değerlerine olan etkisini belirleyebilmek açısından, denizin kara ile birleştiği 0/0,5 m., 2 m., 3 m. ve 4 m. derinlikler çalışma noktaları olarak belirlenmiş derinlikler akustik el sonarı yardımıyla tespit edilmiştir. Dalgıçlar ve hazırlanan sualtı patlatma düzenekleri Zodiak Bot vasıtasıyla sahada belirlenen noktalara intikal ettirilmiş, dalgıçlar patlayıcıları dibe sabitlemiş, patlayıcıların sabitlendiği noktaların titreşim ölçer cihazlara mesafeleri lazer mesafe ölçer ile bot üzerinden ölçülmüştür. Her grupta 4 dalgıç ve patlayıcı düzenek ile toplam 4 grupta 16 sualtı patlatması yapılmıştır. Aynı grupta icra edilen patlatmalar arasında 1'er dakikalık zaman farkı bulunmaktadır. Toplamda oluşturulan derinliklerde 8 defa 284 gr ve 8 defa da 568 gr C-4 plastik patlayıcı kullanılarak patlatma yapılmıştır. Patlatma sonrası ölçümlere ait genel tablo EK-A'da sunulmuştur.

4.4. TİTREŞİM ÖLÇÜM VE ÖLÇÜM İSTATİSTİKLERİ ANALİZİ

Çalışma kapsamında 16 farklı atımda 64 adet olay kayıt edilmiştir. Çalışma süresince 4 adet kalibrasyonları güncel titreşim ölçer cihaz patlatma noktalarına göre, titreşimin yayılımını gösterecek şekilde sistematik olarak yerleştirilmiştir. Bununla birlikte oluşan titreşimler; enine, boyuna ve düşey olmak üzere 3 boyutta ölçülmüştür. Sualtı patlatmalarından kaynaklı titreşimlerin derinliğe bağlı değişkenliğinin olup olmadığı ve mesafeye bağlı analizler ile PPV ve Ölçekli Mesafe arasında regresyon analizi yapılmıştır. Patlatma sonrası ölçülen titreşim değerleri EK-A'da sunulmuştur.

4.4.1. Derinliğin Titreşim Değerlerine Etkisini İncelemek Maksadıyla Yapılan Analiz

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler;

- 1- Tablo 4.3 ve Tablo 4.7’de görüldüğü gibi derinliğe göre toplamda 7 gruba ayrılmıştır:

1nci grup 0,1 m

.

.

7nci grup 4,1 m

- 2- Tablo 4.1 ve Tablo 4.5’de görüldüğü gibi mesafeye göre 14 gruba ayrılmıştır.

1nci grup 5-10 m

.

.

14ncü grup 90-95 m

Her gruptaki ölçü sayısı ≤ 10 olduğundan dolayı, parametrik testlerden tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı Kruskal Wallis varyans analizi uygulanmıştır.

Uygulama deseni olarak:

- 1- Şarj= 283 gr
 - a) Mesafeye göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi
 - b) Derinliğe göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi
- 2- Şarj= 566 gr
 - c) Mesafeye göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi
 - d) Derinliğe göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi

Yapılmıştır.

Bağımlı değişken olarak maksimum parçacık hızı alınmıştır.

Şarj= 0,283 Mesafeye göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi:

Hipotezler:

H₀: Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık yoktur.

H₁: Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık vardır.

Tablo 4.1. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj)

Ranks			
	Mesafe	N	Mean Rank
MaxParçacıkHızıPPVmms	5-10m	2	27,00
	20-25m	3	23,33
	30-35m	2	30,50
	35-40m	4	16,25
	40-45m	1	32,00
	45-50m	2	23,00
	50-55m	6	14,83
	60-65m	4	11,75
	65-70m	1	12,00
	70-75m	2	8,00
	75-80m	1	3,00
	80-85m	3	7,67
	90-95m	1	10,00
	Total		32

Tablo 4.2. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi

Test Statistics ^{a,b}	
	MaxParçacıkHızı PPVmms
Chi-Square	20,544
df	12
Asymp. Sig.	,057

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Mesafe

Tablo 4.2.'de gösterilen test sonucuna göre 0,000 (Sig) >0.05 olduğu için (chi-square=20,544) Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Şarj= 0,283 Derinliğe göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi:

Hipotezler:

H₀: Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık yoktur.

H₁: Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık vardır.

Tablo 4.3. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj)

Ranks			
	Derinlik	N	Mean Rank
MaxParçacıkHızıPPVmms	0,1m	8	16,38
	2,3m	4	17,50
	3m	8	18,50
	3,8m	4	11,75
	4,1m	8	16,50
	Total	32	

Tablo 4.4. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (283 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi

Test Statistics ^{a,b}	
	MaxParçacıkHızı PPVmms
Chi-Square	1,436
df	4
Asymp. Sig.	,838

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Derinlik

Tablo 4.4’de gösterilen test sonucuna göre 0,000 (Sig) >0.05 olduğu için (chi-square=1,436) Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Şarj= 0,566 Mesafeye göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi:

Hipotezler:

H₀: Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık yoktur.

H₁: Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık vardır.

Tablo 4.5. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (566 gr Şarj)

Ranks			
	Mesafe	N	Mean Rank
MaxParçacıkHızıPPVmms	5-10m	2	31,00
	20-25m	3	24,83
	30-35m	2	18,00
	35-40m	3	19,00
	45-50m	3	15,83
	50-55m	5	19,30
	60-65m	4	13,25
	65-70m	2	20,25
	70-75m	1	2,50
	75-80m	1	12,00
	80-85m	2	10,00
	85-90m	2	8,75
	90-95m	2	4,50
	Total	32	

Tablo 4.6. Mesafeye Bağlı Parçacık Hızı Değerinin (566 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi

Test Statistics ^{a,b}	
	MaxParçacıkHızı PPVmms
Chi-Square	16,738
df	12
Asymp. Sig.	,160

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Mesafe

Tablo 4.6'da gösterilen test sonucuna göre $0,000$ (Sig) $>0,05$ olduğu için (chi-square=16,738) Mesafeler arasında maksimum parçacık hızı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur

Şarj= 0,566 Derinliğe göre gruplar arasındaki farkın incelenmesi:

Hipotezler:

H₀: Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık yoktur.

H₁: Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından farklılık vardır.

Tablo 4.7. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerleri (566 gr Şarj)

Ranks			
	Derinlik	N	Mean Rank
MaxParçacıkHızıPPVmms	0,1m	8	19,44
	2,3m	4	18,63
	2,8m	4	16,63
	3m	4	15,38
	3,3m	4	18,38
	4,1m	8	12,06
	Total	32	

Tablo 4.8. Derinliğe Bağlı Parçacık Hızı Değerinin (566 gr Şarj) İstatiksel İncelemesi

Test Statistics ^{a,b}	
	MaxParçacıkHızı PPVmms
Chi-Square	3,000
df	5
Asymp. Sig.	,700

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Derinlik

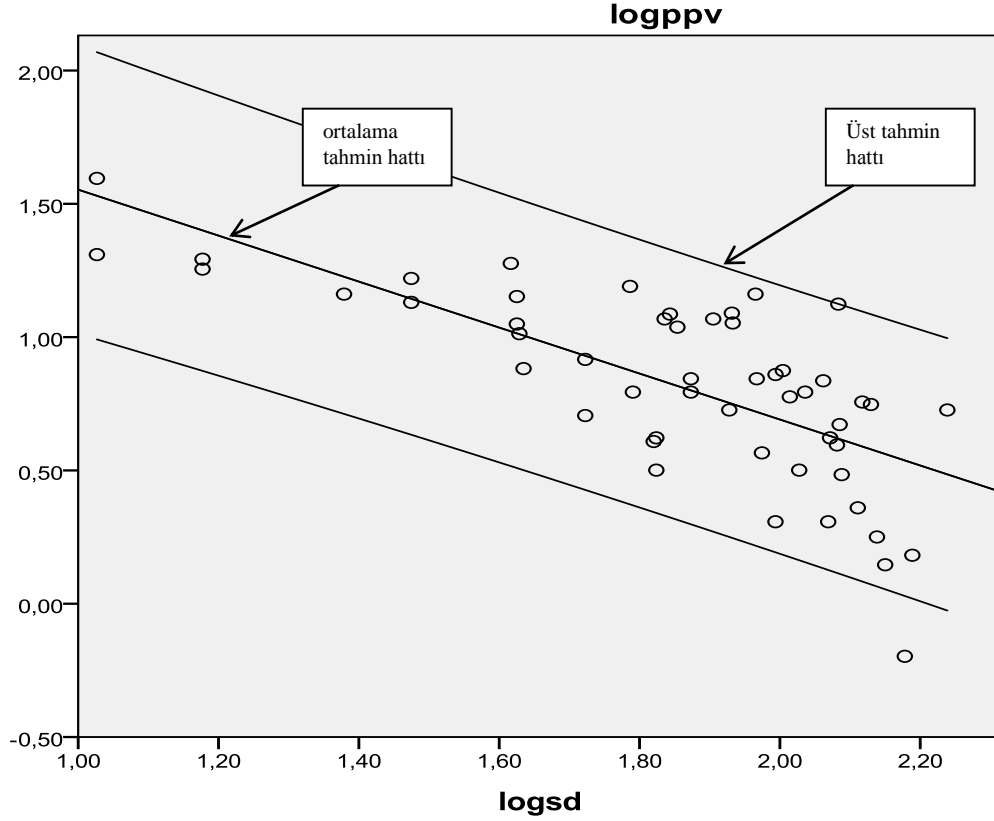
Tablo 4.8’de gösterilen test sonucuna göre 0,000 (Sig) >0.05 olduğu için (chi-square=3,000) Derinlikler arasında maksimum parçacık hızı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

4.4.2. Titreşim Değerlerinin Ölçekli Mesafeye Bağlı İstatiksel Analizi

Yukarıda bahse konu derinlik ve PPV arasında istatistiksel olarak anlamlı bir bağlantı elde edilememiş, ölçekli mesafe ve PPV arasında regresyon analizi yapılmıştır.

Çalışmada elde edilen 64 adet veriden 52 adedi kullanılmıştır. 12 adet verinin ölçüm hatası olduğu değerlendirilerek kayıtlardan çıkartılmıştır. Mevcut 52 veri SPSS programı ile test edilmiştir. Titreşim değerleri logaritmik olarak değiştiği için mevcut

logaritmik veriler lineer verilere dönüştürülerek regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ortalama değerlere göre parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) değerlerinin lineer karşılıkları kullanılarak ilişkilendirilmiştir.



Şekil 4.2. PPV ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki

Sonuç olarak, ilgili arazi için istatistiksel olarak elde edilen tahmin denklemleri;

%50 tahmin hattı	$PPV=260,02*SD^{-0,86}$	$r=0,72$
%95 tahmin hattı	$PPV=909,91*SD^{-0,88}$	$r=1$

4.5. İstatistiksel Değerlerin Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında aynı bölgede daha önce Lüleci,2014 tarafından yapılmış olan çalışmadan elde edilen titreşim yayılım formülü ile bu çalışmada elde edilen titreşim yayılım formülü karşılaştırılmıştır. Bahse konu değerler Tablo 4.9. da gösterilmiştir. Türetilen formül ile Lüleci,2014 ün çalışmasında yapmış olduğu formülden elde edilen

patlayıcı miktarları karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu ve arazi katsayılarının birbirine uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 4.9. İstatiksel Değerlerin Karşılaştırılması

	LÜLECİ 2014 $PPV=14223.3 \times SD^{-1.41}$		Tez kapsamında türetilen formül $PPV=909.81 \times SD^{-0.88}$	
Mesafe (m)	T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği		T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği	
	Eşik hasar limiti (mm/s)	Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Eşik hasar limiti (mm/s)	Patlayıcı Madde Miktarı (kg)
30	19	0.08	19	0.11
40		0.13		0.20
50		0.21		0.31
60		0.30		0.45
70		0.41		0.61
80		0.54		0.79
90		0.68		1.00
100		0.84		1.24

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez kapsamında; Sağlıklı bir istatiksels analiz yapılabilmesi maksadıyla titreşim ölçer cihazların konumları, patlatma noktaları, patlatma derinlikleri ve patlatmaların titreşim ölçer cihazlara mesafeleri önceden belirlenerek bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan modele istinaden; denizin karayla birleştiği 0/0,5 m., 2 m., 3 m. ve 4 m. derinlikler çalışma noktaları olarak belirlenmiş derinlikler akustik el sonarı yardımıyla tespit edilmiştir. Hazırlanan sualtı patlatma düzenekleri dalgıçlar vasıtasıyla belirlenen noktalara sabitlenmiş ve bu noktaların titreşim ölçer cihazlara mesafeleri lazer mesafe ölçer yardımıyla bot üzerinden tespit edilmiştir. Çalışma süresince kullanılan 4 adet kalibrasyonu güncel cihaz ile 16 farklı atımda 64 adet olay kayıt edilmiş, sualtı patlatmalarından kaynaklı titreşimlerin derinliğe bağlı değişkenliğinin olup olmadığını irdelenmiş ve titreşim yayılımını izlenerek analizler yapılmıştır.

Lüleci (2014)'nin çalışması incelenmiş olup alınan sualtı titreşim ölçümlerinin, hava muhalefeti ve dalgıç personel eksikliği sebebiyle 0-1 metre derinlikler arasında sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Sualtı patlatması titreşim ölçümlerinin farklı derinliklerde de alınarak derinlik faktörünün çoğaltılması maksadıyla uygun hava koşulu ve yeterli dalgıç personel sayısı sağlanması beklenmiş, 0-4 metre derinlik aralığında toplamda 7 farklı derinlikte patlatma yapılarak titreşim ölçüm değerleri alınmıştır. Soğanadası/Riva bölgesi askeri yasak saha olduğundan patlatma anları filme alınamamıştır. Patlayıcı düzenekler, dalgıçlar tarafından üzerine kaya parçaları konarak sabitlenmiş ve dibe yerleştirilmiştir.

Titreşim ölçümleri enine, boyuna ve düşey boyutlarda alınmıştır. EK-A'da da sunulan kayıt değerleri incelendiğinde düşey boyutta alınan titreşim değerlerinin diğerlerinden daha yüksek çıktığı tespit edilmiş ve istatiksels analizlerde ağırlıklı olarak düşey boyut titreşim değerlerinden faydalanılmıştır.

Ölçülen değerlere Kruskal Wallis varyans analizi uygulanmış ve sualtı patlatmalarındaki derinlikler ile maksimum parçacık hızı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Ölçekli mesafe ile maksimum parçacık hızı arasında yapılan regresyon analizi sonucunda %50 tahmin hattı için $PPV=260,02*SD^{-0,86}$ ($r=0,72$) ve %95 tahmin hattı için $PPV=909,91*SD^{-0,88}$ ($r=1$) denklemleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

ARPAZ, E., 2000, *Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Büyük Larousse Ansiklopedisi

CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., 1993; Delme-Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği ile İlgisi, *1. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Ankara, 127-138.

DICK, R.A., et. all., 1983, *Explosives and Blasting Procedures Manual*, USBM, USA.

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

Gedik, İ., Timur, E., Duru, M., Pehlivan, Ş., 2005. MTA 1:50.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, İstanbul F-23d Paftası, Ankara.

Google Earth, 2015, Google Inc., CA, USA.

GUSTAFSSON, T., 1973, Swedish Blasting Technique, *Barutsan Dergisi*, Sayı:3, Ankara.

HOEK, E., BRAY, J.W., 1991, *Kaya Şev Stabilitesi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, (Çevirenler: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.) Ankara. INSTANTEL INC., 1993, *Blastmate Series II User Manual*, Canada.

JOHNSTON, G.J., DURUCAN, Ş., 1994, The Numerical Prediction, Analysis and Modelling of Ground Vibration Induced by Blasting, *Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, 18-20 October, İstanbul.

JIMENO, C.L., JIMENO, E.L., CARCENDO, F.J.A, 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, AABalkema, Rotterdam, Brookfield.

KAHRİMAN, A., 2010, *İstanbul Metrosu 4 Levent - Ayazağa Kesimi Depo Sahası ve Bağlantı Hatları, Darülşafaka - Haciosman Arası Anahat Tünelleri ve Haciosman İstasyonu Şaftları Patlatmalı Kazı İnşaatı Ön Tasarımı*, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Döner Sermaye Projesi, İstanbul.

KAHRİMAN, A., 2003, *Patlatma Mühendisliği Ders Notları*, İ.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

KAHRİMAN, A., 2001, Prediction of Particle Velocity Caused by Blasting for an Infrastructure Excavation Covering Granite Bedrock, *Mineral Resources Engineering*, Imperial College Pres, 10(2), 205-218.

KAHRİMAN, A., GÖRGÜN, S., KARADOĞAN, A., TUNCER, G., 2001b, Attenuation of Ground Vibration Induced by Blasting at Can Open - Pit Lignite Mine in Turkey, *The Twenty-Seventh Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, ISEE, Orlando, Florida, U.S.A., 351-361.

KAHRİMAN, A., CEYLANOĞLU, A., DEMİRCİ, A., 1996, Sivas-Ulaş Yöresi Sölestit Açık İşletmesinde Basamak Patlatmasından Kaynaklanan Yersarsıntısı Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi, *II. Delme Patlatma Sempozyumu*, Ankara.

KONYA C.J., WALTER, E.J., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No:13211, US Department of Transportation, Virginia, USA.

KONYA, C.J., WALTER, E.J., 1990, *Surface Blast Design*, New Jersey, USA.

LÜLECİ, A., Sualtı Patlatmalarından Kaynaklı Titreşim Değerlerinin Çevresel Etkileri Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014

Naval Ordnance Laboratory Technical Report, ABD, 1980

Nitromak, 2001

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

Orica-Nitro Ürün Kataloğu, Powergel Magnum 365 (13.09.2013) http://www.orica-nitro.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=58

Orica-Nitro Ürün Kataloğu, Exel Kapsül (13.09.2013) http://www.orica-nitro.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=65

OSM, 1983, Rules and Regulations, *Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement*, 46, USA.

SPSS, Statistical Software, SPSS 11.5 for Windows.

U.S Army Explosives, 2007

[www.delmepatlatma.org](http://delmepatlatma.org) (<http://delmepatlatma.org/patlayici-madde-cesitleri-syfdty37.html>)

Yeni Rehber Ansiklopedisi

Yeni Hayat Ansiklopedisi

YAGANOGLU, A., ALTAN A., 1993, Patlatma Sonucu Oluşan Titreşimlerin İzlenmesi ve Analizi, *1. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Ankara, 99-119.

EKLER

EK-A.
Çalışmada Elde Edilen Veriler

Atım No	Tarih	Saat	Enine (PVT) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Düşey (PVV) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Boyuna (PVL) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Max. Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	Cihaz No	Derinlik
1	27.04.2015	12:03	11,7	51,2	25,9	>100	5,08	73,1	25,9	>100	...	0,283	0,283	33,00	62,03	21903	4,1
	27.04.2015	12:03	3,05	60	17,5	73	4,7	64	17,5	73	*	0,283	0,283	47,44	89,18	20486	4,1
	27.04.2015	12:03	0,762	85,3	4,7	>100	1,4	56,9	4,7	>100	139.1L	0,283	0,283	64,72	121,66	12513	4,1
	27.04.2015	12:03	0,635	68	0,635	85	1,4	85	1,4	85	133,6	0,283	0,283	75,15	141,27	20216	4,1
2	27.04.2015	12:04	4,06	73,1	10,9	>100	2,16	64	10,9	>100	147.5L	0,283	0,283	38,00	71,43	21903	3,8
	27.04.2015	12:04	6,48	93	3,68	85	7,24	79	7,24	79	135	0,283	0,283	52,44	98,58	20486	3,8
	27.04.2015	12:04	1,52	73,1	5,71	>100	1,65	8	5,71	>100	139.1L	0,283	0,283	69,72	131,06	12513	3,8
	27.04.2015	12:04	0,381	146	0,635	93	0,508	128	0,635	93	136,7	0,283	0,283	80,15	150,66	20216	3,8
3	27.04.2015	12:04	3,43	85,3	20,8	85,3	4,32	51,2	20,8	85,3	147.2L	0,283	0,283	50,00	93,99	21903	3
	27.04.2015	12:04	4,95	85	13,3	102	7,11	114	13,3	102	147,6	0,283	0,283	64,44	121,13	20486	3
	27.04.2015	12:04	2,16	73,1	9,91	>100	2,79	64	9,91	>100	139.1L	0,283	0,283	81,72	153,62	12513	3
	27.04.2015	12:04	4,83	93	2,92	85	5,33	79	5,33	79	133,8	0,283	0,283	92,15	173,22	20216	3
4	27.04.2015	12:05	4,83	64	19,6	85,3	8,64	51,2	19,6	85,3	147.4L	0,283	0,283	8,00	15,04	21903	0,1
	27.04.2015	12:05	3,56	79	11,2	43	4,32	54	11,2	43	*	0,283	0,283	22,44	42,18	20486	0,1
	27.04.2015	12:05	2,79	56,9	6,98	>100	4,44	64	6,98	>100	139.1L	0,283	0,283	39,72	74,66	12513	0,1
	27.04.2015	12:05	2,41	146	3,68	51	2,41	60	3,68	51	135,5	0,283	0,283	50,15	94,27	20216	0,1
5	27.04.2015	12:47	6,48	64	25,4	85,3	4,83	3,76	25,4	85,3	...	0,283	0,283	31,00	58,27	21903	4,1
	27.04.2015	12:47	11,7	85	10,3	114	12,3	79	12,3	79	*	0,283	0,283	45,44	85,42	20486	4,1
	27.04.2015	12:47	1,02	>100	4,19	>100	1,4	73,1	4,19	>100	139.2L	0,283	0,283	62,72	117,90	12513	4,1

6	27.04.2015	12:47	1,4	146	1,78	79	1,4	128	1,78	79	135,7	0,283	0,283	73,15	137,51	20216	4,1
	27.04.2015	12:47	5,59	64	26,9	73,1	9,27	51,2	26,9	73,1	...	0,283	0,283	40,00	75,19	21903	3
	27.04.2015	12:47	11,2	114	12,4	93	5,33	79	12,4	93	136,8	0,283	0,283	54,44	102,34	20486	3
	27.04.2015	12:48	4,95	64	5,59	>100	3,81	64	5,59	>100	139.2L	0,283	0,283	71,72	134,82	12513	3
	27.04.2015	12:48	1,27	146	1,52	54	1,27	128	1,52	54	136,1	0,283	0,283	82,15	154,42	20216	3
7	27.04.2015	12:48	6,48	64	18,9	85,3	8,64	51,2	18,9	85,3	147.6L	0,283	0,283	22,00	41,36	21903	2,3
	27.04.2015	12:48	2,54	85	11,7	41	4,32	54	11,7	41	147,7	0,283	0,283	36,44	68,50	20486	2,3
	27.04.2015	12:48	3,81	46,5	7,49	>100	2,54	4,06	7,49	>100	139.2L	0,283	0,283	53,72	100,98	12513	2,3
	27.04.2015	12:48	3,94	93	2,03	93	3,3	79	3,94	93	137,5	0,283	0,283	64,15	120,59	20216	2,3
8	27.04.2015	12:48	1,9	>100	18	85,3	4,06	59,6	18	85,3	140.3L	0,283	0,283	8,00	15,04	21903	0,1
	27.04.2015	12:48	13,2	85	13,7	102	14,2	79	14,2	79	147,8	0,283	0,283	22,44	42,18	20486	0,1
	27.04.2015	12:49	2,67	64	6,22	>100	2,16	64	6,22	>100	139.2L	0,283	0,283	39,72	74,66	12513	0,1
	27.04.2015	12:49	0,381	93	0,254	200	0,508	128	0,508	128	137,9	0,283	0,283	50,15	94,27	20216	0,1
9	27.04.2015	13:33	6,35	51,2	20,4	85,3	11,8	56,9	20,4	85,3	...	0,566	0,566	8,00	10,63	21903	0,1
	27.04.2015	13:33	3,05	85	13,5	93	5,46	73	13,5	93	*	0,566	0,566	22,44	29,83	20486	0,1
	27.04.2015	13:33	2,03	85,3	8,25	>100	2,67	64	8,25	>100	139.1L	0,566	0,566	39,72	52,80	12513	0,1
	27.04.2015	13:33	2,54	128	4,19	102	1,14	93	4,19	102	147,8	0,566	0,566	50,15	66,66	20216	0,1
10	27.04.2015	13:34	3,81	85,3	14,5	85,3	3,56	64	14,5	85,3	146.6L	0,566	0,566	18,00	23,93	21903	4,1
	27.04.2015	13:34	5,21	73	7,62	49	3,81	64	7,62	49	147,8	0,566	0,566	32,44	43,12	20486	4,1
	27.04.2015	13:34	1,78	85,3	4,06	>100	2,54	64	4,06	>100	139.1L	0,566	0,566	49,72	66,09	12513	4,1
	27.04.2015	13:34	0,762	171	1,02	68	1,02	68	1,02	68	138,4	0,566	0,566	60,15	79,95	20216	4,1
11	27.04.2015	13:34	7,75	56,9	20,3	73,1	10,9	51,2	20,3	73,1	147.5L	0,566	0,566	38,00	50,51	21903	3,3
	27.04.2015	13:34	12,2	93	3,68	102	9,14	85	12,2	93	145	0,566	0,566	52,44	69,70	20486	3,3
	27.04.2015	13:34	3,81	42,7	6,98	85,3	5,33	51,2	6,98	85,3	139.1L	0,566	0,566	69,72	92,67	12513	3,3
	27.04.2015	13:34	3,05	114	3,17	79	2,16	93	3,17	79	145,9	0,566	0,566	80,15	106,54	20216	3,3
12	27.04.2015	13:35	2,41	85,3	19,8	85,3	4,44	64	19,8	85,3	129.1L	0,566	0,566	50,00	66,46	21903	2,8
	27.04.2015	13:35	10,7	102	11,3	93	3,05	102	11,3	93	147,9	0,566	0,566	64,44	85,65	20486	2,8
	27.04.2015	13:35	3,05	73,1	6,22	>100	3,3	56,9	6,22	>100	139.1L	0,566	0,566	81,72	108,62	12513	2,8
	27.04.2015	13:35	0,889	79	3,05	64	1,78	64	3,05	64	147,7	0,566	0,566	92,15	122,49	20216	2,8
13	27.04.2015	13:56	19	51,2	39,4	73,1	18,9	42,7	39,4	73,1	...	0,566	0,566	8,00	10,63	21903	0,1
	27.04.2015	13:56	4,95	79	16,6	85	9,4	60	16,6	85	*	0,566	0,566	22,44	29,83	20486	0,1
	27.04.2015	13:56	1,65	>100	5,08	>100	3,43	51,2	5,08	>100	139.2L	0,566	0,566	39,72	52,80	12513	0,1

	27.04.2015	13:56	0,8891	114	2,41	57	3,17	73	3,17	73	143,8	0,566	0,566	50,15	66,66	20216	0,1
14	27.04.2015	13:57	1,27	>100	10,3	85,3	2,16	64	10,3	85,3	137,2L	0,566	0,566	32,00	42,53	21903	4,1
	27.04.2015	13:57	6,22	73	5,08	49	3,56	54	6,22	73	147,8	0,566	0,566	46,44	61,73	20486	4,1
	27.04.2015	13:57	1,4	73,1	5,33	>100	2,29	42,7	5,33	>100	139,2L	0,566	0,566	63,72	84,70	12513	4,1
	27.04.2015	13:57	0,762	73	1,02	79	2,03	73	2,03	73	131,2	0,566	0,566	74,15	98,56	20216	4,1
15	27.04.2015	13:57	2,29	73,1	15,5	85,3	3,05	56,9	15,5	85,3	142,3L	0,566	0,566	46,00	61,14	21903	3
	27.04.2015	13:57	10,4	93	4,83	85	11,7	73	11,7	73	133,3	0,566	0,566	60,44	80,34	20486	3
	27.04.2015	13:57	2,67	73,1	5,97	>100	2,16	64	5,97	>100	139,1L	0,566	0,566	77,72	103,31	12513	3
	27.04.2015	13:57	0,762	73	1,02	79	2,03	73	2,03	73	131,2	0,566	0,566	88,15	117,17	20216	3
16	27.04.2015	13:57	3,94	64	31,6	73,1	9,65	51,2	31,6	73,1	147,3L	0,566	0,566	55,00	73,11	21903	2,3
	27.04.2015	13:57	8,13	68	14,5	102	7,75	73	14,5	102	145,6	0,566	0,566	69,44	92,30	20486	2,3
	27.04.2015	13:57	5,46	64	6,86	>100	4,3	56,9	6,86	>100	139,1L	0,566	0,566	86,72	115,27	12513	2,3
	27.04.2015	13:57	2,29	56,9	2,29	>100	2,16	46,5	2,29	56,9	139,1L	0,566	0,566	97,15	129,13	20216	2,3

ÖZGEÇMİŞ

Ceyhun TÜRE 1983 yılında İstanbul'da doğmuş, 2001 yılında Ankara Gazi Anadolu Lisesi'nden mezun olarak Deniz Harp Okulu'na girmiş 2005 yılında Deniz Teğmen rütbesiyle mezun olmuştur. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nın çeşitli gemilerinde çalışmayı müteakip Sualtı Savunma Grup Komutanlığı bünyesine katılmış olup 2014 yılında Yüzbaşı rütbesine terfi etmiştir. 2014 yılında Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Patlayıcı Mühendisliği Programında Yüksek Lisans öğrenimine başlamış 2015 yılında tamamlamıştır. Halen SAS Grup K.lığı'nda görev yapmaktadır.