

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



— İSTANBUL —
OKAN ÜNİVERSİTESİ

AYNI JEOLJİK FORMASYON İÇERİSİNDE FARKLI KAYA
BİRİMLERİNDE YAPILAN PATLATMALI KAZILARDA TÜRETİLEN
TİTREŞİM TAHMİN DENKLEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAHMUT ORKAN DEMİRTAŞ

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Haziran 2019

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

AYNI JEOLJİK FORMASYON İÇERİSİNDE FARKLI KAYA
BİRİMLERİNDE YAPILAN PATLATMALI KAZILARDA TÜRETİLEN
TİTREŞİM TAHMİN DENKLEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAHMUT ORKAN DEMİRTAŞ

tarafından

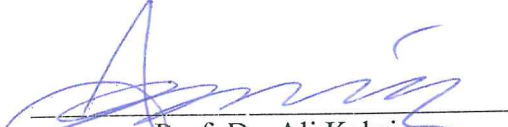
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ


Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programına


Yüksek Lisans

derecesi şartını sağlamak için sunulmuştur.

Onaylayan:


Prof. Dr. Ali Kahrıman
Danışman


Doç. Dr. Hakan Tunçdemir
Üye


Dr. Öğr. Üyesi Birol Alas
Üye

Haziran 2019

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

ÖNSÖZ

Başta yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince göstermiş olduğu destek, yardım ile sağlamış olduğu imkân ve fırsatlar için Danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali KAHRİMAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Vakit ayırıp bu tezi inceleyerek değerli görüş ve katkılarını aktaran Sayın Öğr. Gör. Sadettin Bağdatlı'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim süresince değerli bilgi tecrübelerini paylaşan başta Sayın Aziz ÖZDEMİR olmak üzere, Sayın Yüksek Mühendis Ertuğrul KAYA'ya ve lisans öğrenimimde bugüne kadar üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca göstermiş olduğu yakın ilgi ile arkadaş canlısı tavırları ve yardımseverliğinden ötürü Sayın Yüksek Mühendis Berat HOCAOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Ve elbette her aradığımda elinden gelen tüm desteği veren çok kıymetli devre ve sınıf arkadaşım İs.Yzb. Orkun ÇELİK'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca, hiçbir zaman, hem maddi hem de manevi destek ile inanç ve sevgisini benden esirgemeyen anneme, bugünleri görmesini çok arzulasam da 2017 Kasımında aramızdan ayrılan sevgili ve rahmetli babama sonsuz şükranlarımı sunarım.

Son olarak, hayatımda her zaman çok kıymetli bir yeri olan ve bu yolda ilerlememdeki en büyük güç, enerji ve motivasyon kaynağı eşim ve güzel kızımın annesi Cansu DEMİRTAŞ'a tüm desteği ve inancı için teşekkür ederim.

Haziran 2019,

Mahmut Orkan DEMİRTAŞ

ÖZET

AYNI JEOLJİK FORMASYON İÇERİSİNDE FARKLI KAYA BİRİMLERİNDE YAPILAN PATLATMALI KAZILARDA TÜRETİLEN TİTREŞİM TAHMİN DENKLEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.

İstanbul Pendik Kurtköy Mahallesiinde Lens Yapı AŞ' nin projesi komple yaşam alanı olarak planlanmıştır. Çalışma sahası toplamda 31.900 m² yüzey alanına sahiptir. Yapılacak temel kazısı 0 kotundan -22.5 kotuna ulaşacak biçimde projelendirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleşmesi öngörülen kaya kazısı yaklaşık 600.000 m³ kaya kazısı yapılması ve bu hacmin yaklaşık 400.000 m³'lük kısmı patlatmalı kazı yöntemi ile yapılması planlanmıştır.

Bu tez kapsamında icra edilen patlatmalı temel kazıları incelenmiş ve toplam 41 atımda 59 olay sonuçları titreşim ölçer cihazlarla kayıt edilmiş ve bu veriler ele alınarak çevrede yer alan yapılara olan etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, patlatmalı temel kazıları esnasında oluşan titreşimler, titreşim ölçer cihazlar vasıtasıyla kayıt edilmiştir. Titreşim kayıtları ile birlikte; gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarı, atım noktası ile titreşim ölçüm noktası arasında ki mesafeler GPS vasıtasıyla kayıt edilmiştir. Kayıt edilen verilerden ölçekli mesafe hesaplanarak titreşim verileri ilişkilendirilmiştir. Böylelikle sahaya ait titreşim yayılım eşitliği belirlenmiştir.

Ayrıca, çalışma sahasına yakın bölgede, çalışma sahası ile benzer özelliklere sahip kaya birimlerinde patlatmalı kazı çalışmalarının mevcudiyeti araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, Kahrıman vd tarafından 2016 yılında, tez kapsamında çalışma yapılan sahanın yaklaşık 400 metre kuzeyinde yer alan saha da

patlatmalı kazı çalışmalara ait titreşim ölçüm ve değerlendirme çalışmalarının yapıldığı; yapılan çalışmaların İstanbul Okan Üniversitesi uhdesinde raporlanarak matbulaştırıldığı bilgisine ulaşılmıştır.

Hem inceleme kapsamındaki alandan elde verilen hem de Kahrıman vd 2016 yılında yaptığı çalışmadan derlenen veriler; PPV-SD ilişkisini belirlemek, tüm Kurtköy formasyonuna ait K ve β arazi katsayılarını tespit etmek amacıyla regresyon analizine tabi tutulmuştur. Logaritmik olarak elde edilen veriler, doğrusal hale döndürülerek analize tabi tutulmuştur.

Dolayısıyla kıyaslama yapılan 2 saha zemin/kaya yapısı olarak oldukça benzer özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Hesaplanan değerlerinin, ortalama tahmin eşitlikleri için; birebir aynı olmamakla birlikte, birbirine yakın rakamlar sunduğu anlaşılmıştır.

Bu nedenle, her iki saha için toplanan veriler birleştirilerek inceleme alanlarının yer aldığı bölgeye ait titreşim tahmin eşitlikleri hesaplanmıştır.

ABSTRACT

COMPARISON OF VIBRATION ESTIMATION EQUATIONS DERIVED FROM BLASTED EXCAVATIONS IN DIFFERENT ROCK UNITS WITHIN THE SAME GEOLOGICAL FORMATION.

The project of Lens Yapı AŞ in İstanbul Pendik Kurtköy neighborhood is planned as a complete living place. The construction area has a total surface area of 31.900 m². The excavation has been designed to increase from 0 to -22.5. It is planned to carry out 600.000 m³ rock excavation and to make approximately 400,000 m³ of this volume with blasting method.

Within the scope of this thesis, the basic excavations carried out with blasting were examined and 59 event results were recorded with vibration measuring devices in 41 shots and these data and their effects on the surrounding structures were evaluated.

Within the scope of the study, the vibrations occurred during the foundation excavations with blasting were recorded by vibration meter devices. The amount of explosive used per delay, the distance between the pulse point and the vibration measuring point are recorded by GPS. Vibration data were correlated by calculating the scale distance from the recorded data. Thus, the vibration propagation equality of the site was determined.

In addition, the presence of blasted excavations in rock units having similar characteristics with the study area were investigated in the area close to the study area. As a result of research Kahrıman et al. has worked 400 meter far from the study area and it was reported and printed out in Okan University.

Both the data obtained from the study area and the data collected from Kahrıman et al. In order to determine the PPV-SD relationship, K and β land coefficients of the entire Kurtköy formation were subjected to regression analysis.

Therefore, it has been found that the two sites have comparable characteristics as soil / rock structure. The calculated values for the average estimation equations; Although it is not exactly the same, it was found that it presents similar numbers.

For this reason, the data gathered for both sites were combined to calculate the vibration estimation equations for the region where the study areas were located.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR VE SEMBOLLER.....	xii
I. GİRİŞ.....	1
II. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. PATLAYICI MADDENİN TANIMI.....	3
2.2. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR.....	3
2.2.1. Kaya Fırlaması	7
2.2.2. Toz Emisyonu	9
2.2.3. Yer Sarsıntısı (Titreşim)	9
2.2.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini	27
2.2.5. Hava Şoku ve Gürültü.....	31
2.3. HASAR ÖLÇÜTLERİ VE TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE GÖZ ÖNÜNDE TUTULAN ULUSLARARASI NORNMLAR	32
2.3.1. Hasar Sınıflaması	34
2.3.2. Patlatma Hasar Kriterleri	36
III. MALZEME VE YÖNTEM	53
3.1. PATLAYICI MALZEMELER	53
3.2. TİTREŞİM ÖLÇER CİHAZLAR	54
3.2.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikler.....	55

3.3. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM	56
IV. BULGULAR.....	57
4.1. ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI	57
4.2. ÇALIŞMA SAHASI JEOLJİSİ	58
4.2.1. Bölgenin Genel Jeolojisi	58
4.2.2. Çalışma Sahasının Mühendislik Jeolojisi	61
4.3. PATLATMALI KAZI ÇALIŞMALARI.....	62
4.4. PATLATMALI KAZI TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ	63
4.5. TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	64
4.6. ÇALIŞMA SAHASINA YAKIN BÖLGEDE TÜRETİLMİŞ TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİ	66
4.7. ELDE EDİLEN TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	69
V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
VI. KAYNAKÇA	77
VII. EKLER	80
7.1. EK-A TEZ KAPSAMINDA TOPLANAN VERİLER.....	80
VIII. ÖZGEÇMİŞ	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Patlatmadan Kaynaklanan Çevresel Etkiler (Arpaz, 2000)	5
Şekil 2.2. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması (Jimeno Ve Diğ., 1995).....	8
Şekil 2.3. Sismik Dalgaların Kaya Ortamı İçinden Geçerken Yarattıkları Deformasyon (Konya Ve Walter, 1991).....	11
Şekil 2.4. Uzaklığa Ve Zamana Bağlı Olarak Patlatma Titreşimlerinin Genel Formu (Dowding, 1985)	14
Şekil 2.5. Basınç Ve Kesme Dalgaları (Konya Ve Walter, 1991)	14
Şekil 2.6. Farklı Dalga Tiplerinin Atım Kaynağından Yayılımı (Jimeno Ve Diğ., 1995).....	15
Şekil 2.7. Dalga Tiplerine Bağlı Olarak Parçacık Hareketlerinin Değişimi (Dowding, 1985)	16
Şekil 2.8. İki İzleme Noktasında Patlatma Titreşimlerinin İzlenmesi (Dowding, 1985)	17
Şekil 2.9. Sinüzoidal Yaklaşım (Dowding, 1985)	18
Şekil 2.12. Çeşitli Patlatmalarda Ön Baskın Frekans Histogramları(Dowding, 1985).....	23
Şekil 2.13. Taş Ocağı Patlatmasında Zamana Bağlı Tipik Titreşim Gelişimi (Dowding, 1985)	24
Şekil 2.14. Ölçekli Mesafe Parametreleri (Tamrock, 1984)	26
Şekil 2.15. Langefors Ve Kihlström'un Hasar Kriteri Nomogramı	41
Şekil 2.16. Usbm'nin Alternatif Kriter Analizi (Siskind Ve Diğ., 1980)	45
Şekil 2.17. Osm'nin Alternatif Kriter Analizi (Osm,1983)	48
Şekil 2.18. Dın 4150 Alman Normu	51
Şekil 2.19. White Mini-Seis Cihazının Dın 4150 Normuna Göre Düzenlenmiş Tipik Çıktısı	51
Şekil 3.1. Yemleme.....	53
Şekil 4.1. Çalışma Sahasını Gösterir Uydu Fotoğrafı.....	57
Şekil 4.2. Kazı Sahasının Zemin Profili (Γ : Kayma Gerilmesi, Φ : İçsel Sürtünme Açısı, C_u : Kohezyon, E : Elastisite Modülü)	61

Şekil 4.3. Patlatma Sahasında Genel Olarak Uygulanmış Olan Patlatma Tasarımı (Kesit Üzerinde).....	62
Şekil 4.4. Ppv-Sd İlişkisini Gösterir Grafik.....	65
Şekil 4.5. Tez Kapsamında Çalışma Yapılan Saha (Kırmızı Taralı Alan) Ve Kahriman Vd. Tarafından 2016 Yılında Çalışma Yapılan Saha (Mavi Taralı Alan).....	67
Şekil 4.6. Kahriman Vd Tarafından 2016 Yılında Yapılan Çalışmalardan Türetilen Ppv-Sd İlişkisi.....	68
Şekil 4.7. İnceleme Sahalarında Yapılan Tüm Çalışmalardan Türetilen Ppv-Sd İlişkisi	72
Şekil 4.8. Tüm Verilerle Türetilen Ortalama Tahmin Eşitliğine (Denklem 4.5.) Göre Farklı Patlayıcı Miktarı Ve Mesafelere Göre Hesaplanmış Titreşim Eğrileri	73

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Titreşim Parametrelerinin Aralığı (Dowding, 1985)	21
Tablo 2.2. Hasar Sınıflaması (Kahrıman Vd., 2003).	36
Tablo 2.3. Crandell'in Enerji Oranına Bağlı Hasar Kriteri	40
Tablo 2.4. Langefors Ve Arkadaşlarının Parçacık Hızını Esas Alan Hasar Kriteri	40
Tablo2.5. Edwards Ve Northwood'un Parçacık Hızını Esas Alan Yaklaşımı	41
Tablo 2.6. Usbm'nin Yaklaşımı (Nicholls Ve Diğ., 1971)	42
Tablo 2.7. Canmet Ve Arkadaşlarının Hasar Kriteri (Bauer Ve Calder, 1977)	43
Tablo 2.8.Uzaklığa Bağlı Müsaade Edilen Ölçekli Mesafe Faktörleri (Osm,1983)	46
Tablo 2.9. Patlatmada Noktasından Belirli Uzaklıklarda Maksimum Parçacık Hızları (Osm,1983).....	47
Tablo 2.10 Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü Ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları	50
Tablo2.15. Maden Ve Taş Ocakları İle Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri	52
Tablo 3.1. Kullanılan Patlayıcı Malzemelere Ait Teknik Bilgiler	54
Tablo 3.2. Kullanılan Nonel Ateşleme Sistemlerine Ait Bilgiler	54
Tablo 4.1. Patlatmalara Ait Tasarım Parametreleri.....	63
Tablo 4.2. Toplanan Ölçüm Verilerine Ait Örnek Tablo.....	64
Tablo 4.3. Jeolojik Olarak Benzer Özelliklere Sahip, Birbirine Yakın 2 Sahadan Türetilen Titreşim Yayılım Eşitliklerinin Karşılaştırılması	70

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

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
OSM	: birleşik devletler açık ocak madencilik bürosu
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
P_0	: referans ses basıncı
N	: gürültü
A	: genlik
C	: şarj miktarı
d	: uzaklık
ER	: enerji oranı
a	: ivme
v_0	: düzeltilmemiş düşey parçacık hızı

I. GİRİŞ

Madencilik faaliyetlerinde sıklıkla kullanılan patlatmalı kazı yöntemi, son yıllarda inşaat işlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle derin temel kazılarında karşılaşılan sert kayaların kazısı, hidrolik kazıcı makinalar ile çok yavaş ilerlemekte, bazı kaya ortamlarında ise neredeyse olanaksız hale gelmektedir. İnşaat işlerinde, zaman faktörü, maliyet açısından en önemli etkidir.

Sert kaya ortamlarında, zaman ve maliyet bakımından patlatmalı kazı yöntemi kaçınılmaz bir tercih olmaktadır. Bu nedenle, önceleri meskun mahaller dışında tercih edilmekte olan patlatmalı kazı yöntemi, son yıllarda meskun mahallerde de tercih edilmektedir.

Patlatmalı kazı uygulamalarının en büyük dezavantajı çevresel etkileridir. Titreşim, taş savrulması, toz, hava şoku; patlatmanın en temel çevresel etkilerindedir. Günümüz teknolojisi ve imkânlarında; taş savrulması, toz ve hava şoku riski yok edilebilirken, titreşim ise yok edilememesine rağmen kontrol edilerek belli limitler dahilinde tutulabilmektedir.

Özellikle, patlatma öncesi, oluşabilecek titreşimin tahmin edilmesi, titreşim kaynaklı hasarların önlenmesi için oldukça önemlidir. Bu nedenle, patlatma kaynaklı titreşimlerin tahmin edilebilirliği birçok araştırmacı tarafından çalışılmakta ve bu konuda çeşitli yöntemler geliştirilmektedir.

Bu tez kapsamında, İstanbul İli Pendik İlçesi Kurtköy Mahallesi 3973 Ada 9 Parselde yer alan inşaat projesinde, Kurtköy Formasyonuna ait kaya birimlerinde gerçekleştirilen patlatmalı kazılar takip edilerek, çalışma sahasının titreşim yayılım

eşitliği bulunması planlanmıştır. Elde edilen titreşim yayılım eşitliği; çalışma sahasına oldukça yakın konumlarda yer alan, aynı formasyona ait kaya birimlerinden türetilen titreşim yayılım eşitleri ile kıyaslanması amaçlanmaktadır



II. GENEL BİLGİLER

2.1. PATLAYICI MADDENİN TANIMI

“Patlamak: Nesnelere, iç basıncın etkisiyle ve çoğunlukla büyük ses çıkararak dağılmak, infilak etmek” anlamına gelmektedir (Büyük Türkçe Sözlük).

Patlayıcı madde ise ısı, darbe, veya sürtünme sonucu çevreden herhangi bir elemanın kimyasal katkısı olmadan çok hızlı bir şekilde reaksiyona giren, genellikle gaz ürünler veren organik veya inorganik bileşimler veya karışımlardır.

Çözünme hızları, patlayıcı maddelerin türünü belirler. Reaksiyon hızı, sesaltı (subsonic) olursa “parlayıcı maddeler” ses üstü (supersonic) olursa “*patlayıcı maddeler*” olarak tanımlanır. Ses üstü reaksiyon ise “detonasyon” olarak isimlendirilmektedir.

Kuvvetli patlayıcıların pek çoğu kapalı bir sistemde olmadıkları veya bir 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 çok hızlı olduğundan yanma için gerekli oksijen havadan sağlanamaz. Bu nedenle patlayıcı madde yapısında oksijen içeren madde bulunması gerekir.

2.2. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

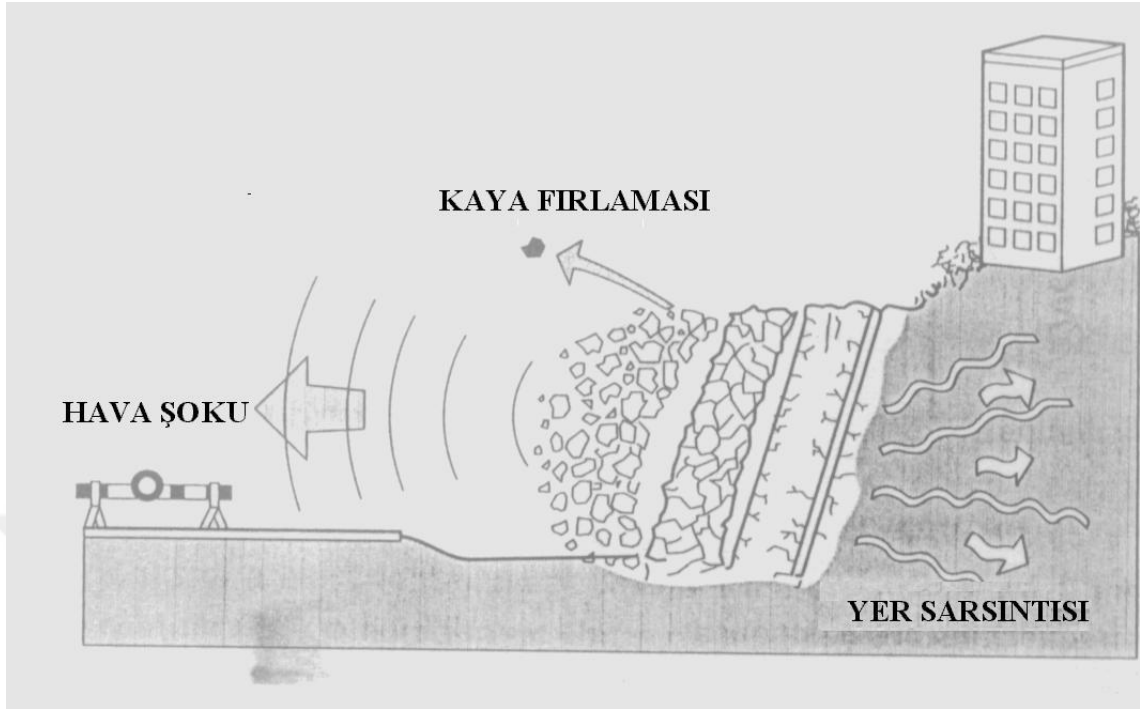
İnsanlık tarihi incelendiğinde barutun icadından beri patlayıcı madde kullanımına rastlanmaktadır. Son birkaç yüzyıldan beride patlayıcı maddeler ağırlıklı olarak askeri

amaçların dışında kaya kütlelerini parçalamak amacı ile kullanılmaya başlanılmıştır. Patlayıcı maddelerin kaya kütlelerini kırma amacı ile kullanımlarında çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk bulunmaktadır. Bunlar;

- 1.Kaya Fırlaması
- 2.Toz Emisyonu
- 3.Yer Sarsıntısı (Titreşim)
- 4.Hava Şoku

Son yıllarda patlatmalı kazı faaliyetlerinin neden olduğu çevresel etkilerle ilgili şikâyetler; nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak, daha büyük atımlara duyulan ihtiyaçla birlikte giderek artmaktadır. Şekil 2.12'daşematik olarak gösterilen yer sarsıntısı, gürültü ve fırlayan kaya gibi çevresel problemler, patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelerin yakınlarındaki yöre halkı kadar, patlatma personeli ve kullanılan ekipman açısından da büyük güvenlik sorunları yaratabilmektedir (Arpaz, 2000).

Gerek madencilik ve taş ocakçılığındaki her türlü kazı işleminde, gerekse tünel, metro, baraj teknolojilerindeki kazı faaliyetlerinin bir çoğunda patlatma çalışmaları kaçınılmazdır. Bu faaliyetlerdeki boyut ve kapasitelerin artışı doğal olarak kullanılan patlayıcı madde miktarlarını arttırmaktadır. Bu tür faaliyetlerin yerleşim birimlerine yakın (hatta çoğu zaman içinde) olması ister istemez ortaya çıkan yer sarsıntısı ve hava şoku dolayısıyla giderek artan ölçüde çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu durum çevre sakinlerinin doğrudan can ve mal güvenliklerini etkileyebildiği gibi, psikolojik bazı sorunların doğmasına da zemin hazırlamaktadır.



Şekil 2.1. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler (Arpaz, 2000)

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 atılımlarını 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.

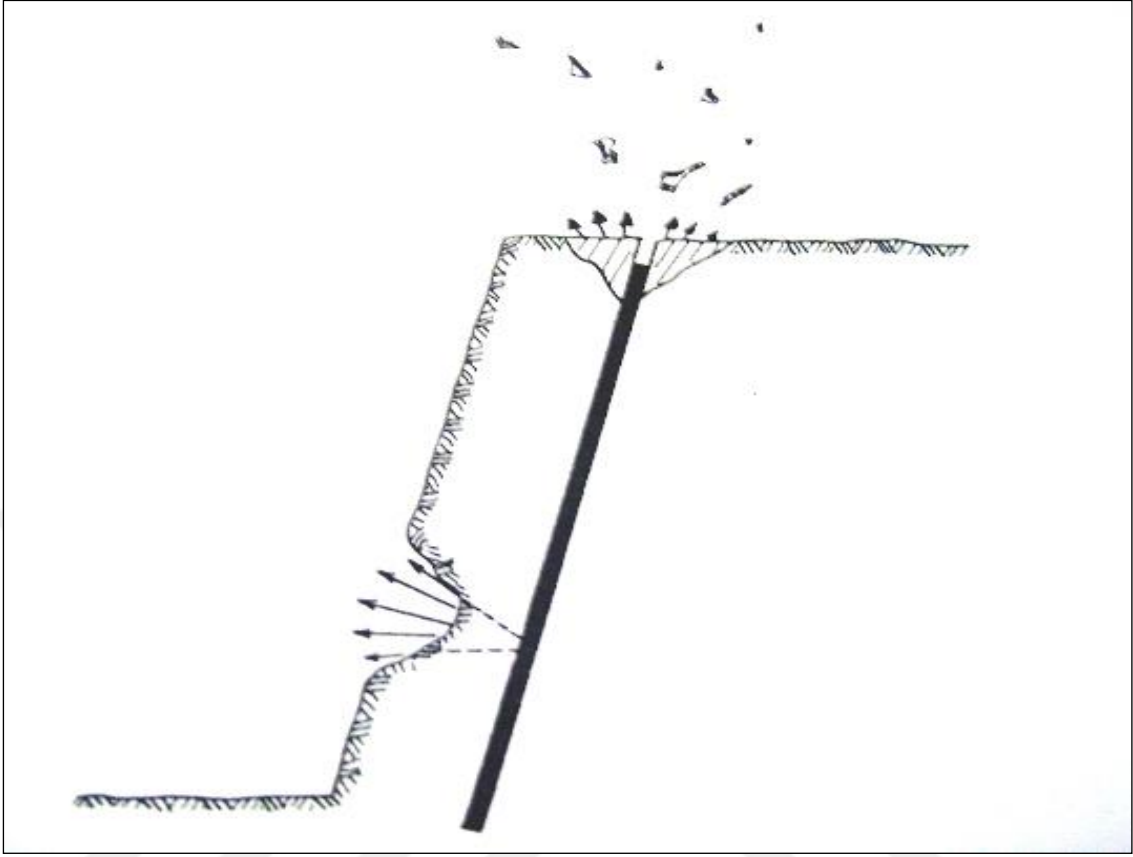
Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin bir çoğunda patlatma kaynaklı titreşim etkilerinin kontrolüne yönelik olarak değişik hasar kriterleri geliştirilmiş olmasına rağmen, titreşim hasarlarını; inşaatların doğal yerleşmesinden, uygun olmayan konstrüksiyon ve alt yapı yaşlanmasından kaynaklanan hasarlardan tamamıyla ayırmak çok güçtür. Kabul görmüş ya da yasallaşmış hasar kriterleri ne olursa olsun, patlatmalı kazı çalışmaları sonucu ortaya çıkan hava şoku ve yer sarsıntısından kaynaklanan bütün şikâyetleri ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek; halen patlatma dünyasının gündemini işgal eden bir sorun olma özelliğini korumaktadır.

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).

2.2.1. Kaya Fırlaması

Patlayıcı maddeler kaya kütlelerini kırmak amacı ile kullanıldığında temel olarak öncelikli, 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 kütleyi gevşetir ve ötelir.

Patlayıcı maddenin kaya kütlesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. 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.

Taş savrulması daha çok açık işletmelerde önemlidir. Savrulan taşların, 1000 m'ye kadar fırlayabildiği ve ölümlü sonuçlanan kazalara neden olduğu bilinmektedir. Çoğu hallerde ise fırlayan taşlar akine ve ekipmanlara hasar vermekte veya yaralanma ile neticelenen kazalara yol açmaktadır.

2.2.2. Toz Emisyonu

Patlatma ile kayaların kırılması aşamasında, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Hareket sırasında bir kısım iç öğütme meydana gelir. Bu nedenle bir miktar toz emisyonu kaçınılmazdır. Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek teknik bir önlem bulunmamaktadır.

Diğer toz kaynağı ise ocak içi yollardaki kamyon trafiğidir. Buna karşı mücadele edilmeli ve yollar sürekli olarak özel araçlarla sulanarak toz oluşumu önlenmelidir. Toz oluşumu hem işçi sağlığı hem de makine ve ekipmanların ekonomik ömürleri üzerinde etkili olan ciddi bir sorundur (Jimeno ve diğ., 1995).

2.2.3. Yer Sarsıntısı (Titreşim)

Patlatma ile çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi yer sarsıntısıdır. Çünkü gerek taş savrulması ve gerekse hava şoku patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken, yer sarsıntısı çok uzaklarda da kendini hissettirebilmektedir. Yer sarsıntıları depremler ile benzer etkiler yaparlar.

Patlatma ile oluşan sarsıntılar taşıdıkları enerji düzeyi oranında hasara neden olurlar. Sarsıntıların enerji düzeyleri şu parametreler ile ölçülmeye çalışılır;

- parçacık deplasmanı (mm)

- parçacık hızı (mm/sn)
- parçacık ivmesi (mm/sn²)
- dalga frekansı (Hz)

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).

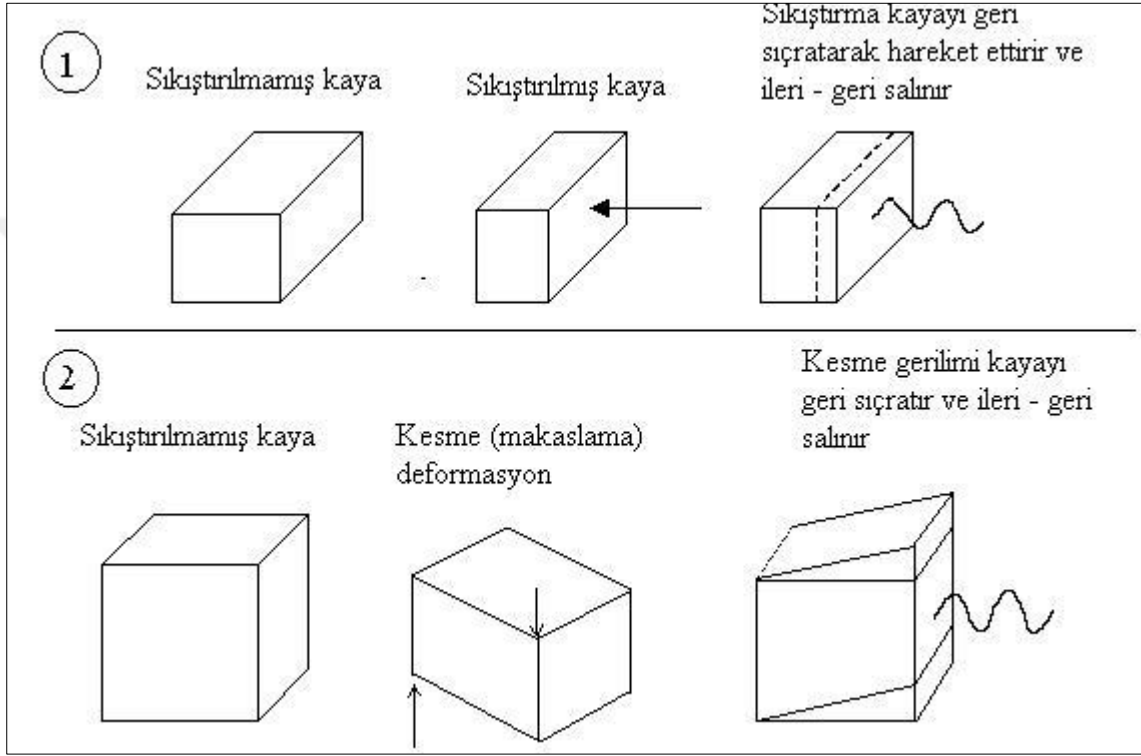
2.2.3.1. Yer Sarsıntısının Oluşumu ve Genel Karakteristikleri

Yer sarsıntısı özelliklerini etkileyen parametreler, patlatma sonuçlarını etkileyen parametrelerle benzerlik gösterirler. Bu parametreler genel olarak, kontrol edilebilir ve kontrol edilemez parametreler olmak üzere iki grupta sınıflandırılırlar.

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).

Patlatma gibi işlemler, daima sismik dalga veya titreşime yol açacaklardır. Bunun sebebi çok basittir. 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 (Şekil 2.14.).



Şekil 2.3. Sismik dalgaların kaya ortamı içinden geçerken yarattıkları deformasyon (Konya ve Walter, 1991)

Titreşimler, zemin özelliği taşıyan bir tabaka ile örtülü kayalık bir ortamda yayıldığında, genellikle titreşimlerin frekansı ve genlikleri zemin özelliklerinden etkilenir. Zemin genellikle kayalardan daha az bir elastik modüle sahiptir. Bu nedenle, dalga yayılım hızı bu tür malzemelerde azalmaktadır. Aynı zamanda titreşimin frekansı da azalmakta, ancak deplasman, örtü tabakasının kalınlığına bağlı olarak belirgin bir şekilde artmaktadır.

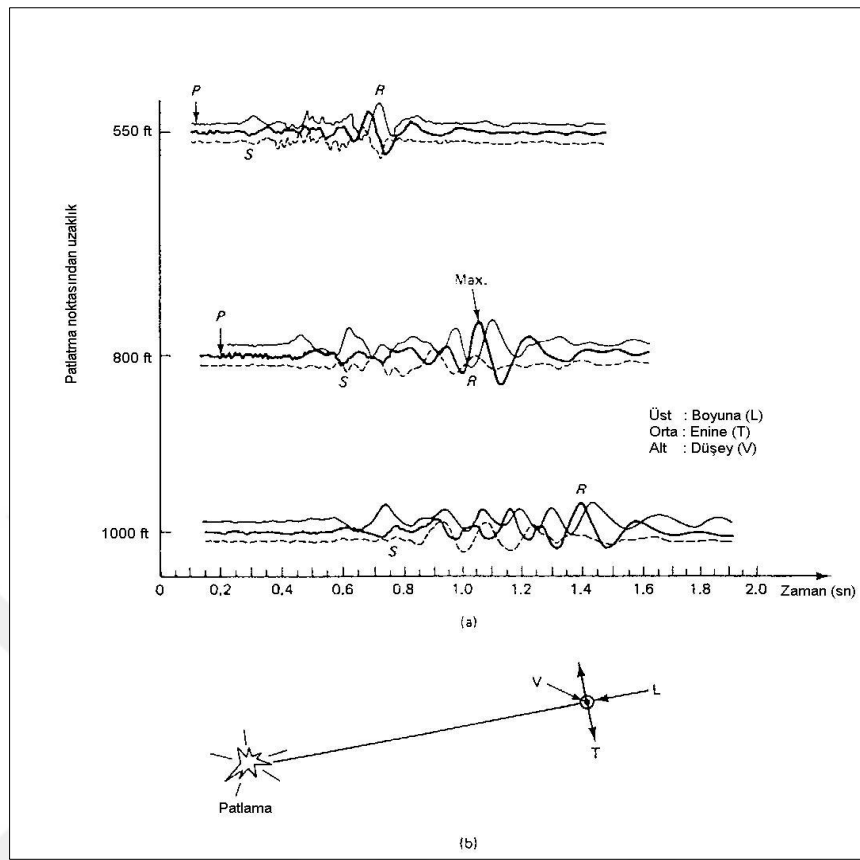
Dalgaların yayıldığı ortam, enerjinin büyük bir bölümünün parçacıklar arasındaki sürtünmenin yenilmesinde ve yer değiştirmelerinde kullanıldığı bir zemin örtü tabakası arz ediyorsa, titreşimlerin genlikleri, mesafenin artmasıyla hızla azalmaktadır. Patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelere 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 kütlesi 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 sönümlenmekte 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).

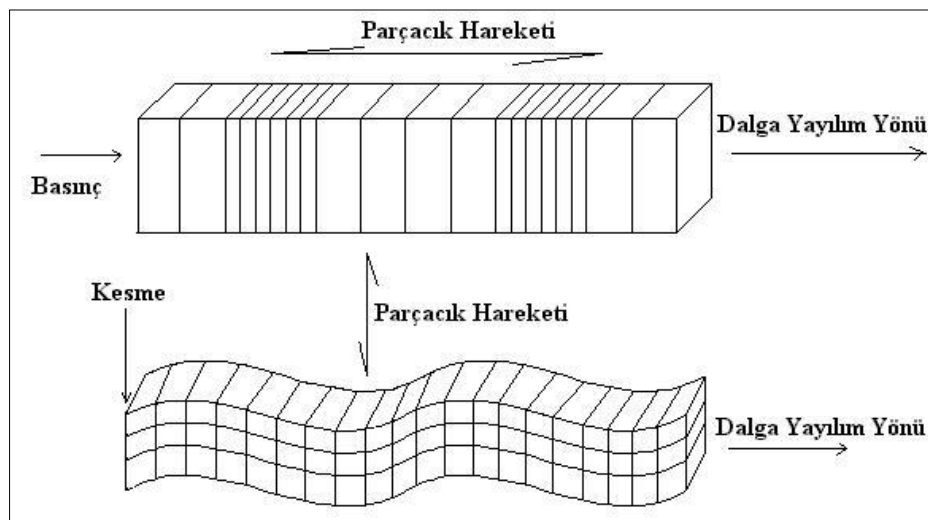
Dalga hareketi sırasında toplu bir hareket söz konusu olmamaktadır. Ortamı oluşturan parçacıklar denge pozisyonlarında salınım ve dönme hareketi yapmakta dolayısıyla da ortam boyunca herhangi bir yer değiştirme olmamaktadır. Bu özellikleri taşıyan olayda iki hız bulunmaktadır. Birincisi bozulan ortamın yoğunluğuna bağlı olarak dalga veya faz hızı, ikincisi ise dalga enerjisini etkileyerek denge durumunun bozulması ile parçacığın küçük salınımları olarak tanımlanan

parçacık hızı olmaktadır. Parçacık hızı her zaman dalga hızından daha küçük olmakta ve patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin analizinde, dalga hızına göre daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

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 2.4'te 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 2.5.). 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).

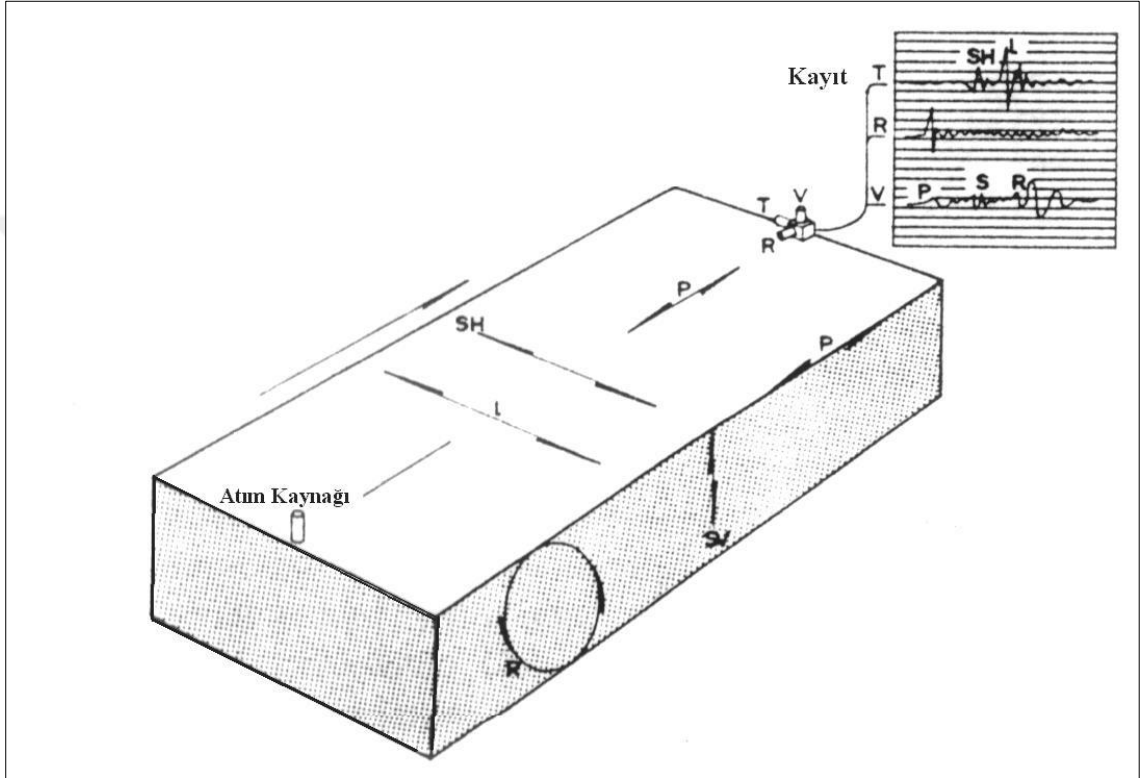


Şekil 2.4. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu
(Dowding, 1985)



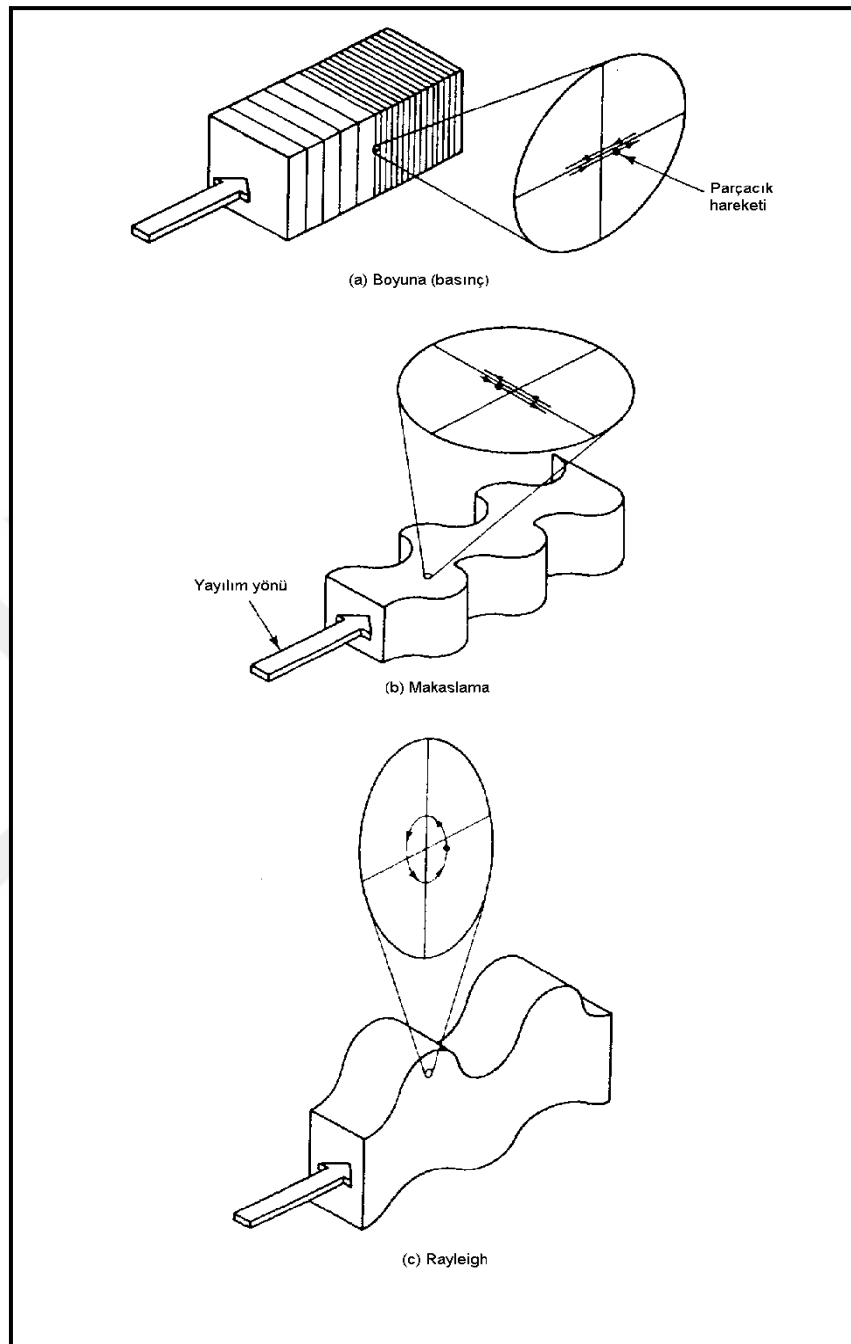
Şekil 2.5. Basmaç ve kesme dalgaları (Konya ve Walter, 1991)

Boyuna dalgalar, yayıldıkları doğrultuyla aynı yönde parçacık hareketi meydana getirmektedir. Diğer taraftan makaslama dalgaları yayılım yönüne dik yönde hareket oluşturmaktadır. Şekil 2.6.'da görüleceği üzere parçacık hareketi tam olarak üç bileşeni (boyuna (R), enine (T) ve düşey (V)) ile tanımlanmaktadır.



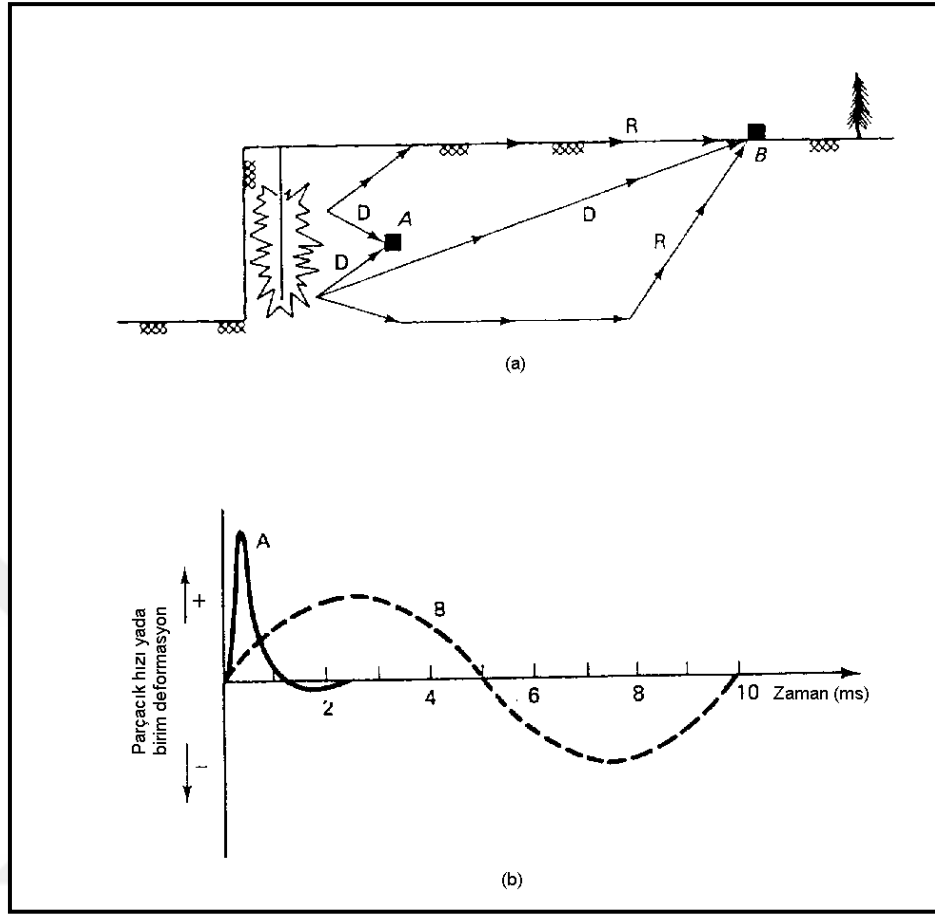
Şekil 2.6. Farklı dalga tiplerinin atım kaynağından yayılımı (Jimeno ve diğ., 1995)

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. Her asal dalga tipi için değişik parçacık hareketlerinin, yapılar üzerinde yarattığı deformasyon Şekil 2.7.'deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.7. Dalga tiplerine bağlı olarak parçacık hareketlerinin değişimi
(Dowding, 1985)

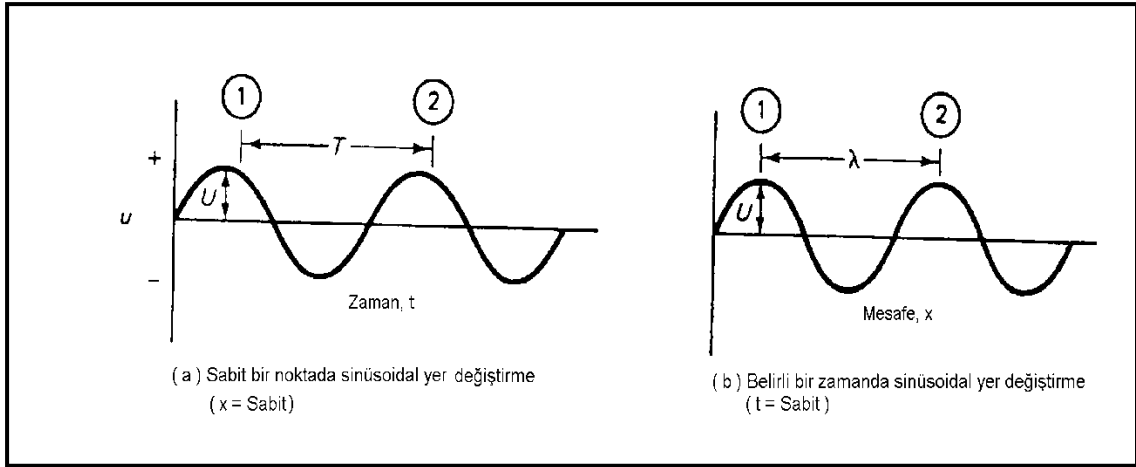
Örnek bir patlatmada, iki izleme noktasına dalgaların erişimi ve bu dalgalara ait parçacık hızı-zaman grafikleri Şekil 2.8.'te verilmiştir. Burada A noktasına dalgalar direkt gelirken, B noktasına direkt ve yansımış olarak ulaşmaktadır.



Şekil 2.8. İki izleme noktasında patlatma titreşimlerinin izlenmesi (Dowding, 1985)

Tipik patlatma titreşimleri tartışılırken bunların sayılabilirliği ve ölçülebilirliği gereklidir. Dalga tipi gözetmeksizin Şekil 2.9.'da gösterildiği gibi sinüzoidal olarak yaklaşılabilmektedir. Bu yaklaşım, durgun sudaki bir mantarın, yaratılan bir su dalgası sonucunda ortaya çıkacak hareketine benzetilebilmektedir.

Su dalgasının hareket ettirdiği mantarın ya da patlatmadan kaynaklanan titreşimler sonucu parçacığın yer değiştirmesi (u) sinüzoidal yaklaşımda Denklem 2.1. gibi olmaktadır.



Şekil 2.9. Sinüzoidal yaklaşım (Dowding, 1985)

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

Burada,

U; maksimum yer değiştirmeyi,

k; dalga sayısı sabitini,

ω ; açısal frekans sabitini

t; zamanı ifade etmektedir.

Zaman ve frekans sabit olduğunda mesafe ile yer değiştirmenin değiştiği düşünülmektedir. Buna göre Denklem 2.2.'i düzenlenirse,

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

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. Benzer bir şekilde, Şekil 2.6.a'da gösterildiği gibi lokasyon ve dalga boyu sabit ise, sabitlenmiş bir noktada zaman ile değişimi Denklem 2.3.'te kıs 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 Denklem 2.4.'te ki olmaktadır.

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

Sinüzoidal yaklaşımda dalga boyu (λ) ve yayılım hızı(c) periyod ile ilişkili bulunmaktadır (Denklem 2.5).

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

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;

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

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

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

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

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

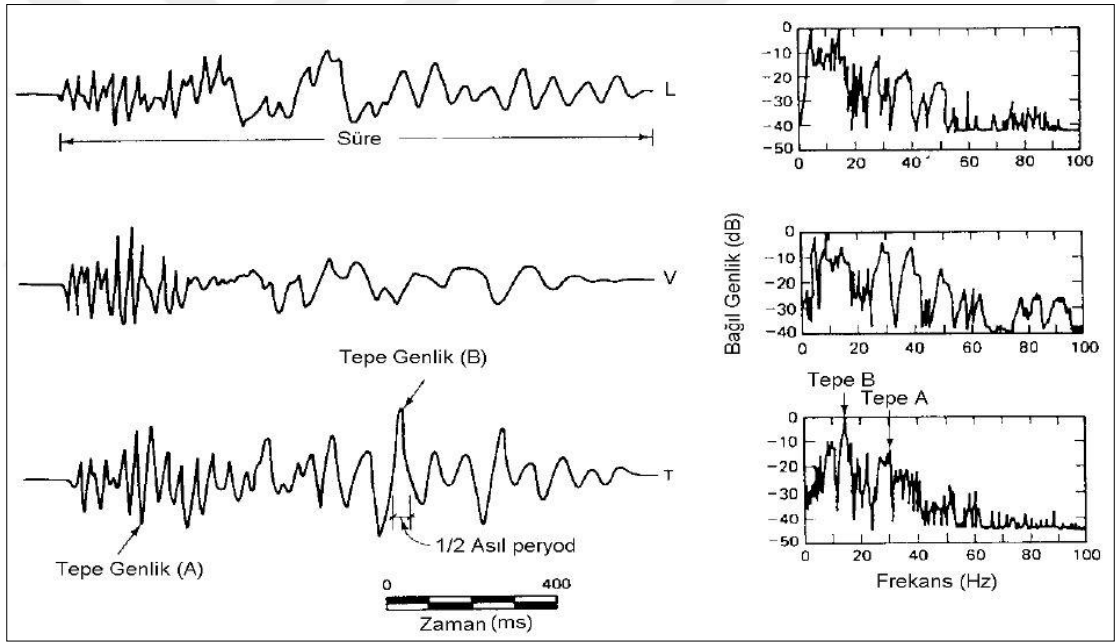
$$a = \frac{dv}{dt} = -U \times \omega^2 \times \sin(K \times x + \omega \times t) \quad (2.11.)$$

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

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

2.2.3.2. Tipik Patlatma Titreşim Kayıtları

Şekil 2.22’da bir kömür açık işletmesinde yapılan patlatmaya ait, zamana bağlı tipik parçacık hızı grafiği verilmiştir (Şekil 2.10.). Zaman gelişimini tanımlamakta en önemli parametreler, tepe genlik, asal frekans ve titreşimin durumudur. Bu parametrelerin hepsi, ortamın geçirimliliği ve patlatma ardışıklığı ile ilişkilidir. Tünel, açık işletme ve inşaat gibi normal patlatma işlemlerinde, bu parametrelerin değişim aralığı Tablo 2.1.’de verilmektedir (Dowding, 1985).

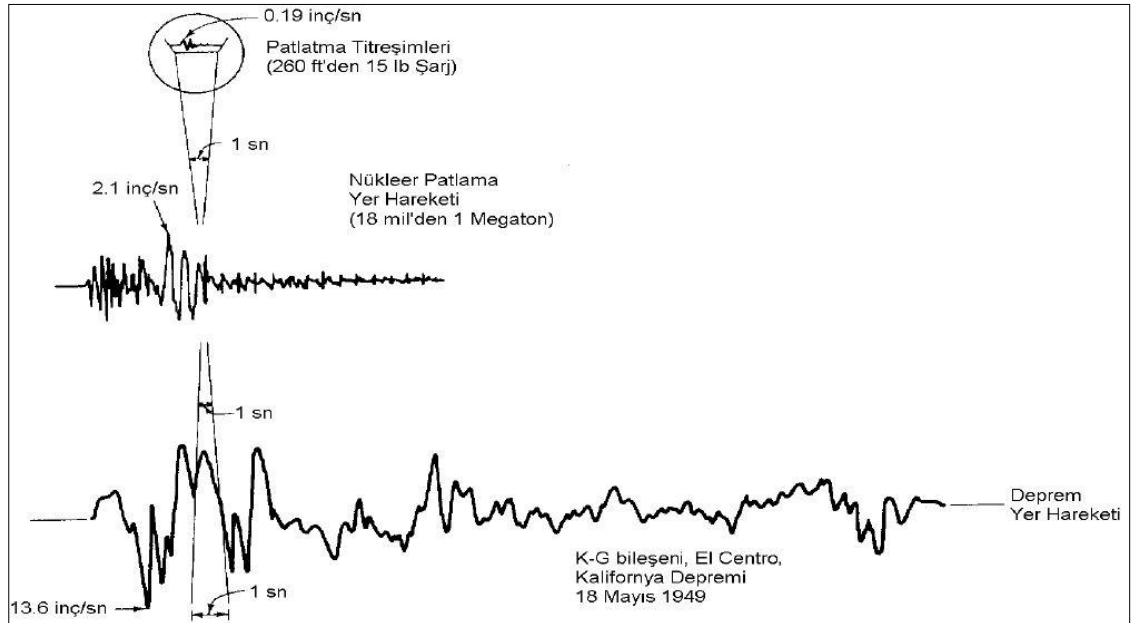


Şekil 2.10. Tipik kömür madeni patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi (Dowding, 1985)

Tablo 2.1. Titreşim Parametrelerinin Aralığı (Dowding, 1985)

Parametre	Değişim Aralığı
Yer değiştirme	$10^{-4} - 10$ mm
Parçacık hızı	$10^{-4} - 10^3$ mm/s
Parçacık ivmesi	$10 - 10^5$ mm/s ²
Atım sürekliliği	0.5 – 2 s
Dalga boyu	30 – 1500 m
Frekans	0.5 – 200 Hz
Birim deformasyon	3.0 – 5000 μ (inç/inç)

Patlatma titreşimlerini, nükleer ve deprem hareketlerinden ayırmada kullanılan iki temel parametre oldukça belirgindir (Şekil 2.11.). Bunlardan birincisi patlatma titreşimlerinin frekansı, deprem ve nükleer patlamalardakinden daha yüksek olmaktadır. İkincisi, patlatma titreşimleri deprem ve nükleer hareketler ile karşılaştırıldığında daha az enerji taşımaktadır (Dowding, 1985).

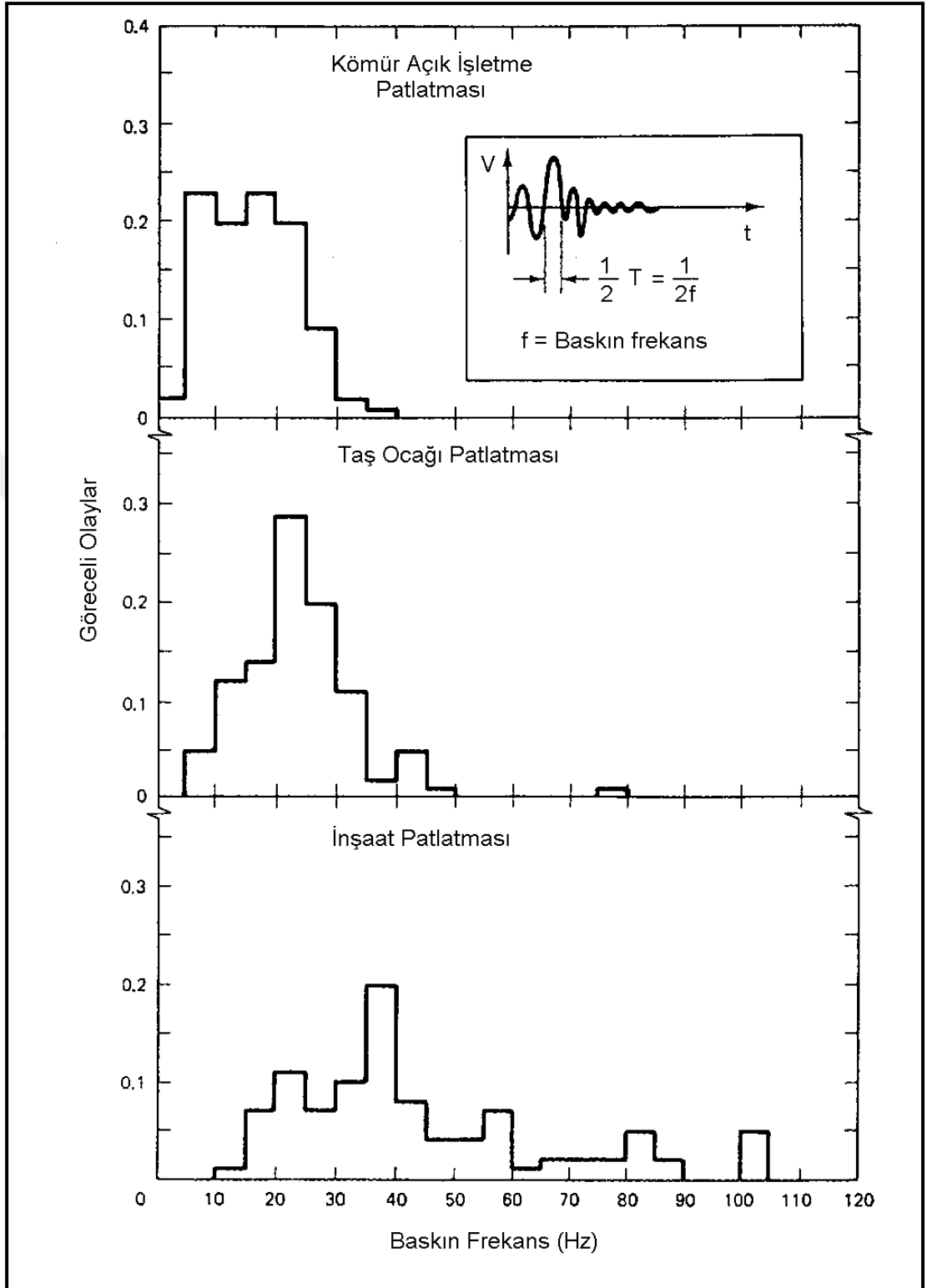


Şekil 2.11. Patlatma titreşimlerinin nükleer patlama ve deprem hareketleri ile karşılaştırılması (Dowding, 1985)

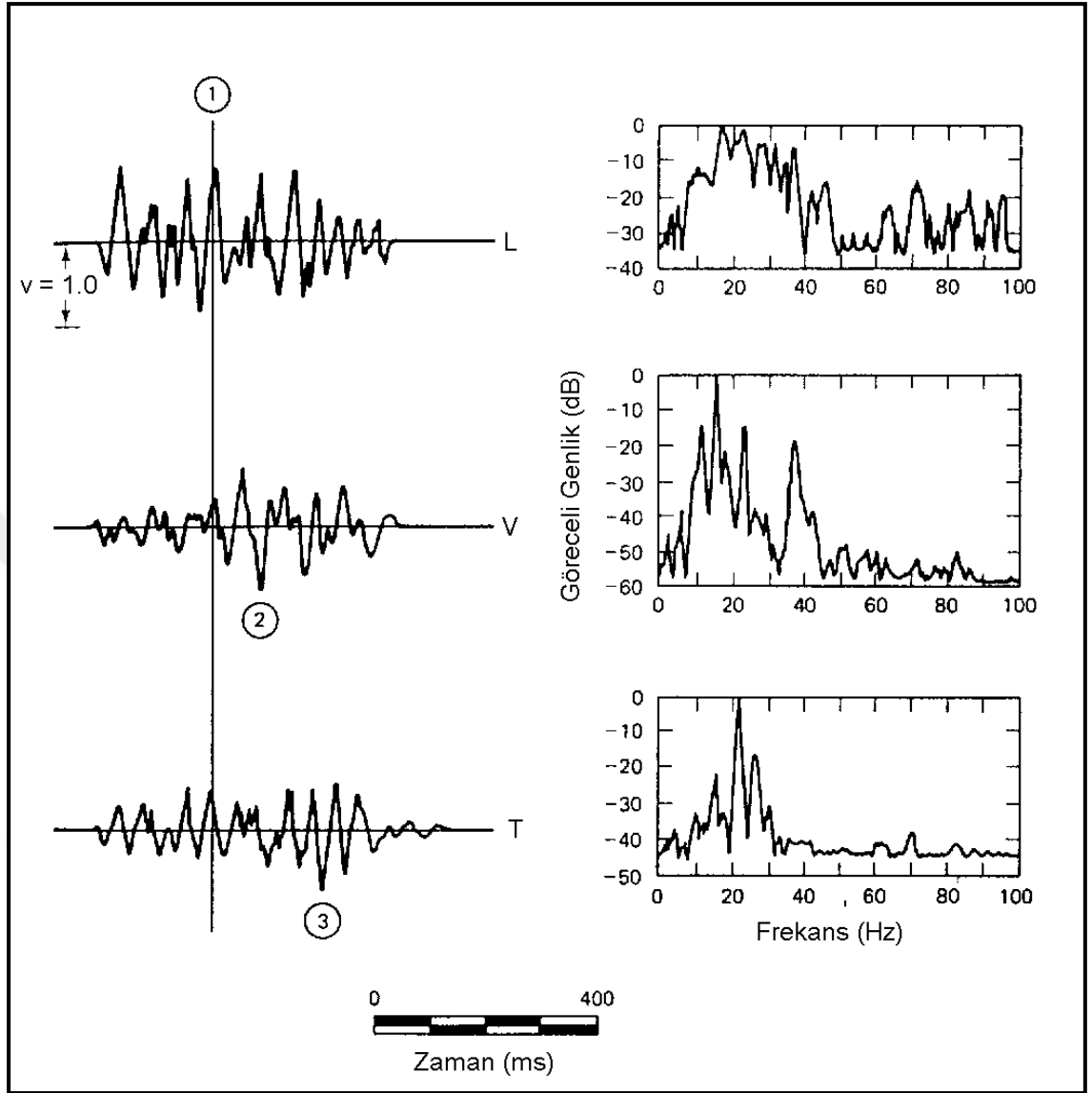
2.2.3.3. Baskın Frekans

Patlatma titreşimlerinde baskın frekans 0.5-200 Hz arasında değişmektedir. Fakat birçok patlatmada, baskın frekans 200 Hz değerinin çok daha altında sınırlanmaktadır. Şekil 2.23.'da gösterildiği gibi en yüksek genlikle ilişkilendirildiğinde çeşitli atım türü ve büyüklüğü farklı olan endüstrilere göre değişmektedir. Uzak mesafelerdeki yapılardan ölçüldüğünde, büyük patlatmaların yapıldığı kömür açık işletmesindeki baskın frekanslar, inşaat sektörü patlatmalarındaki frekanslara göre daha düşük olmaktadır.

Bu durum, inşaat sektöründe daha az patlayıcı kullanılmasına rağmen daha yakın mesafedeki yapılarda gerçekleştirilen ölçümlerden kaynaklanmaktadır. Taş ocağı patlatmalarından ortaya çıkan yer hareketlerinin tepe değerleri yaklaşık olarak 20 Hz civarındadır (Şekil 2.12.). Bu baskın frekans Şekil 2.12.'de gösterildiği üzere elle hesaplanabildiği gibi Şekil 2.13.'te ki gibi Fourier Frekans Spektrumu yardımıyla da hesaplanabilmektedir (Dowding, 1985).



Şekil 2.12. Çeşitli patlatmalarda ön baskın frekans histogramları(Dowding, 1985)



Şekil 2.13. Taş ocağı patlatmasında zamana bağlı tipik titreşim gelişimi
(Dowding, 1985)

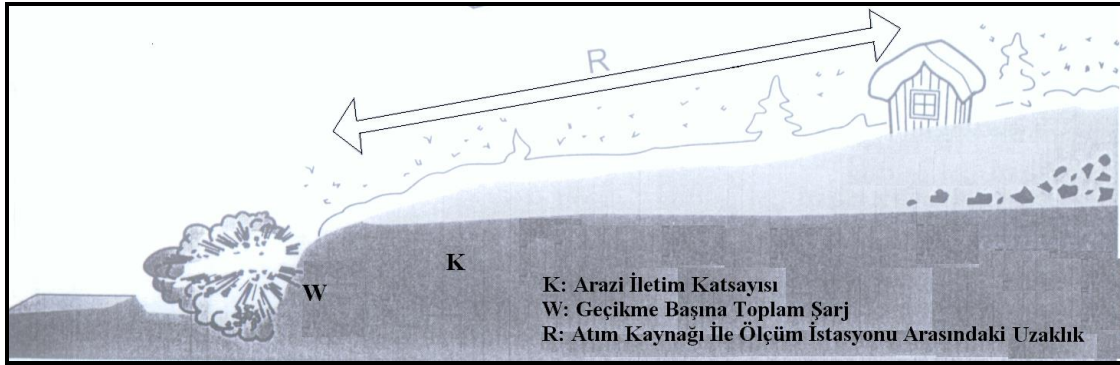
Farklı frekanslarda eşit tepe değerler bulunduğunda kayıtları açıklamak çok daha zor olmaktadır. El ile hesaplama yapılamayacağından, yerini Karşı Koyma Spektrumu yada Fourier Frekans Spektrumu almaktadır. Karşı Koyma Spektrumu yapısal birim deformasyonlarla ilişkilendirilebileceğinden dolayı tercih edilmektedir.

2.2.3.4. 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 enerjiiyi 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 (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. Ölçekli mesafe parametreleri (Tamrock, 1984)

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)

Açık ocak çalışmalarında kullanılan şarj şeklinin genel olarak silindirik olması nedeniyle (şarj boyu-delik çapı oranı ≥ 6 ise silindirik, < 6 ise küresel şarj olarak kabul edilmektedir), kolon şarjından oluşan dalgalar bu silindirin genişleyen biçimiyle ilerler. Bu basınç silindirinin hacminin, yarıçapının karesiyle değiştiği kabul görmüş bir yaklaşımdır.

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 ve Walter, 1990; Gustafsson, 1973; Olofsson, 1988; Dick ve diğ., 1983; Hoek ve Bray, 1991; Johnston ve Durucan, 1994).

2.2.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini

Parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, yer sarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır.

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, yer sarsıntılarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızı tahmininin en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır. Geçmişten günümüze birçok araştırmacı tarafından maksimum parçacık hızı tahminine yönelik olarak araziden elde edilen datalar kullanılarak, yapılan istatistik çalışmalar sonucu ortaya koyulan ve konuyla ilgili literatüre de yerleşmiş olan ampirik yaklaşımlar aşağıda, Denklem 2.14.'den Denklem 2.24.'e kadar verilmiştir (Gupta ve diğ.,1988).

1.Nicholls, Johnson ve Duvall (1971)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{\beta} \quad (2.14.)$$

2.Langefors ve Kihlström (1973)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt{W}}{\sqrt{R^3}} \right)^\beta \quad (2.15.)$$

3. Ambraseys ve Hendron (1968)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right)^\beta \quad (2.16.)$$

4. Hindistan Standartları Enstitüsü (ISI, 1973)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt[3]{W^2}}{R} \right)^\beta \quad (2.17.)$$

5. Davies ve Ark., (1964), Attewell ve Ark., (1965), Shoop ve Daemen (1983),

$$PPV = K \times R^\alpha \times W^\beta \quad (2.18.)$$

6. Ghosh ve Daemen (1983.b)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.19.)$$

7. Gupta ve Arkadaşları (1987)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt{W}}{\sqrt{R^3}} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.20.)$$

8. Gupta ve Arkadaşları (1987)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt[3]{W^2}}{R} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.21.)$$

9. Gupta ve Arkadaşları (1988)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-\beta} e^{-\alpha \frac{R}{W}} \quad (2.22.)$$

10. CMSR (Singh ve Ark., 1993)

$$PPV = n + K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-1} \quad (2.23.)$$

11. Bilgin ve Arkadaşları (1998)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{\alpha} B^{\beta} \quad (2.24.)$$

Burada;

PPV : Maksimum parçacık hızı (mm/s)

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı
(kg)

K, β , α , n : Çalışma sahası sabitleri

$e^{-\alpha R}$: İnelastik seyrelme faktörü

$e^{-\alpha(R/W)}$: İnelastik sönme faktörü

2.2.4.1. Maksimum Parçacık Hızı Tahmininde Kullanılan İstatistiksel Metotlar

Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının kontrolüne yönelik olarak yapılacak çalışmalarda, parçacık hızının ölçüldüğü yerdeki ölçekli mesafeye karşılık gelen parçacık hızı tahmini için; saha spesifik hız yaklaşımını veren azalan bir eğri denkleminin bulunması için, sahadan sağlanan titreşim veri çiftlerinin istatistiksel analizi gereklidir. Bu tür çalışmalarda çoğunlukla kullanılan istatistiksel analiz teknikleri en küçük kareler metodu üzerine kurulmakta ve basit korelasyon katsayısı saptamaları, regresyon denkleminin uyum iyiliği (goodness of fit) için ayrıntılı F testi gibi analizleri içermektedir. Patlatmalar sonucunda oluşan titreşimler, Kaya ortamı,

mesafe ve şarj özellikleri aynı olan atımların meydana getirdiği titreşimler mantıken aynı olarak düşünülebilir. Fakat genellikle farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni, titreşimlerin istatistiksel olarak değişken olmasıdır. Eğer, çok sayıda benzer patlatmalar yapıp titreşim ölçerlerle kaydedilirse, görülür ki titreşimler atımdan atıma farklılık gösterir ve geniş bir aralıkta dağılım gösterirler. Dataların dağılımı, istatistiksel olan bir ortalama değer ve standart sapmaya sahip normal dağılım eğrisine uygunluk arz ederler (Konya ve Walter, 1991).

Yapılan bu tür istatistiksel değerlendirmelerle elde edilen, yer sarsıntılarının tahmininde kullanılan parçacık hızı tahmin modelinin doğruluğu, standart sapma tahminleri, kararlılık (r^2) ve değişkenlik katsayısının belirlenmesi ile ortaya konulmaktadır. Bu tür istatistiksel çalışmalarda; katsayının saptanması ve standart hatanın hesaplanması regresyon analizindeki uyum iyiliği değerinin belirlenmesi için kullanılan en popüler metotlardır. Bu metotlar birçok araştırmacının çalışmasında da yer almaktadır (Kahriman ve diğ., 2001).

Yukarıda değinilen parçacık hızı tahmin denkleminde yer alan saha sabitleri, ölçülen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda belirlenmektedir. Bu ilişkinin saptanması için yapılan istatistiksel değerlendirmenin güvenilirliği için en az 30 veriye ihtiyaç duyulmaktadır. İstatistiksel açıdan yeterli veri çiftiyle yapılan bir değerlendirme sonucu, elde edilen parçacık hızı tahmin denkleminin güvenilirliğinin yüksek olması için tahmin denkleminin %95 güven aralığına uyum göstermesi ve korelasyon katsayısı (r) değerinin 0.7 den büyük olması gereklidir. Ayrıca güven aralığının doğruluğunun ortaya konulmasında kullanılan standart sapma değerinin, mümkün olduğu kadar sıfır değerine yakın olması önemli bir göstergedir. Yer sarsıntısı tahminlerinin ortaya konulmasında

kullanılan istatistiksel değerlendirmelerde kullanılan bütün regresyon modellerinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, uyum iyiliği değerinin (r) 0.7'den daha düşük bir değere sahip olması durumudur. Eğer yapılan regresyon analizi sonucunda 0.7'den daha düşük bir r değeri elde edilmiş ise bu durum, sahadan sağlanan veri çiftleri arasında tutarsızlığın yada problemin var olduğunun işaretidir. Yer sarsıntısı tahminine yönelik olarak yapılacak istatistiksel değerlendirmelerde böyle bir durumla karşılaşıldığında, sahadan sağlanan veriler tekrar gözden geğirilmeli ve daha dikkatli olarak ilave atımlar izlenmelidir.

Böylelikle herhangi bir saha için sağlanan veri çiftleri kullanılarak yukarıda değinilen kaideleri sağlayan, güvenilirlik düzeyi yüksek istatistiksel değerlendirmeler sonucu geliştirilecek parçacık hızı tahmin denklemi aracılığıyla yapılacak kontrollü patlatma tasarım ve uygulamalarında (özellikle titreşim ölçüm aletinin kullanılmayacağı durumlarda), bazı pratik Tabloların hazırlanması suretiyle uygulayıcılara büyük kolaylıklar sağlanabilir (Kahriman, 2001).

2.2.5. Hava şoku ve Gürültü

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında hava şoku gelmektedir. Hava şokları patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları duyulabilmektedir. Düşük frekanslı olanlar ise etki ettiği yapılarda tıkırtılar oluşturduğunda duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma, arazi ve hava koşullarına bağlı olmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık

hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden kaynaklanmaktadır. Gürültü, atım noktasından uzaklaştıkça hava şokunun bozulması ve dağılmasıyla oluşmaktadır. Gürültüden kaynaklanan problemler kişisel rahatsızlıklar ve diğer psikolojik şikâyetler şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları cam ve gevrek çerçevelerin titreşimlerine yol açmaktadır. Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Hava şokunun yayılmasında, sıcaklık, nem oranı, havanın bulutlu oluşu, rüzgar yönü ve şiddeti gibi atmosferik koşullarda etkin olabilmektedir (Hoek ve Bray,1991).

2.3. Hasar Ölçütleri ve Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesinde göz önünde Tutulan Uluslararası Normlar

Patlatma kaynaklı yer sarsıntıları, kısa süreli (geçici) ve düzensiz yer hareketleridir. Bu tür bir hareketi, durgun su yüzeyinde sabit duran bir mantarın veya kağıttan bir kayığın, suya bir taş atılmasıyla iç içe oluşan konsantrik dalgalardan etkilenip devirik şekilde hareket etmesine benzetmek mümkündür. Dalgalar sürüklenip, su durgunlaştıkça mantarın hareketi de yavaşlar ve durur. Zemindeki bir parçacığın (taneciğin) hareketi de mantarın hareketi gibi olup, zemindeki parçacığın hareket hızına parçacık hızı denir. Parçacık hızı sıfırdan başlar en yüksek değerine ulaşır ve giderek sönümlenir. Şu halde yer sarsıntısı incelemelerinde birinci önemli husus en yüksek parçacık hızıdır. Çünkü en yüksek hız değeri ne kadar büyük ise yapı da o denli yüksek şiddette sarsılır. Frekans (f) ise, durgun sudaki mantarın 1 saniye sürede kaç kez yukarı aşağı salındığına benzer şekilde, zemindeki bir parçacığın 1

saniyede kaç kez sarsıldığını yani sarsılma sıklığını gösterir. Frekans devir/saniye veya Hertz (Hz)birimi ile ifade edilir. Yer sarsıntısının özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde; daha çok patlatma tasarımı ve delik düzeni, bilhassa bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenir. Diğer bir deyişle bu etmenlere bağlı olarak oluşan parçacık hızı önemli bir hasar göstergesidir. Ancak patlatma yerinden uzaklarda, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok yer sarsıntısı dalgasının iletildiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir. Arazi katsayıları ve yer sarsıntısının frekansı da hasar oluşumunda veya oluşmamasında önemli ve tayin edici etmenlerdir (Kahrıman vd., 2003).

Yer sarsıntılarının frekans özellikleri başlıca iki unsurdan etkilenirler. Bunlar jeoloji(kaya türleri) ve ateşlemelerdeki gecikme aralığıdır. Çevresel sürekli şikayetlerin çoğunda, parçacık hızı limit değerinin çok altında olduğu ve hiç bir hasarın meydana gelmediği durumlarda dahi ciddi titreşim hissedildiği yönündeki his ve endişeler tamamen düşük frekans özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü düşük frekanslı dalgaları insanlar kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda ise insanların bunları algılaması çok zordur ve bu nedenle fazla endişeye kapılmazlar. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yer değişimleri ve yüksek düzeyde birim deformasyonlar yarattığı ve yapıların öz yapısal frekanslarına yakın oldukları için hasar olasılığını da artırır. Binalarda hasar olasılığı, zeminde patlatmanın oluşturduğu uyarıcı dalganın frekansı ile söz konusu doğal(öz yapısal) frekansının birbiri ile olan ilişkisine bağlıdır. Patlatmalarda en kritik durum zemindeki uyarıcı dalganın frekansının, bir veya iki katlı binalarda genellikle 5-10 Hz arasında değişen bina öz yapısal frekansına eşit veya ondan biraz daha büyük olduğunda

oluşur. Bu durumda bina rezonansa girer ve zemindeki uyarıcı (yer sarsıntısı) dalga geçip gittiği halde bina sarsılmaya devam eder. İşte insanların hissedip, endişeye kapılmalarına neden olan da budur. Bina rezonans halindeyken, parçacık hızı sınır değerlerinin oldukça altında ise binada hasar oluşmaz ama kişiler rahatsız olur. Fakat bina rezonans halindeyken parçacık hızı da yeterli genlikte ise binada hasar oluşur. Bir diğer durum zemindeki uyarıcı dalganın genliği tam yeterli düzeyde olmasa bile rezonans halindeki binanın bu genliği bir kaç kat arttırması sonucu bina yine de hasar görebilir. Konut tipi (1-2 katlı) binalarda öz yapısal frekansların 5-10 Hz arasında değiştiği dikkate alındığında, en yüksek parçacık hızında meydana gelebilecek artma olasılığının, zemin hareketinin(uyarıcı dalganın) frekansının da 5-12 Hz arasında olması durumunda oluşacağı açıktır (Kahriman vd., 2003).

2.3.1. Hasar Sınıflaması

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

- Patlatma sonucu oluşan titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi.
- Çeşitli yapılar için hasar kriterlerinin belirlenip, bu kriterlerin patlatma sonrasındaki parametrelerle eşleştirilerek uygun patlatma tasarımı.

Geliştirilen bu kriterler arasında, kullandıkları parametreler açısından benzerlik arz eden ve yaygın kabul görerek uygulamada başvuru ve mukayese kaynağı olarak kullanılan normlardan en önemli iki tanesi ABD Madencilik Bürosu'nun hasar kriteri ve Alman DIN 4150 normudur. Amerika Birleşik Devletleri Madencilik Dairesi'nin

(USBM) koyduğu hasar sınıflaması Tablo 2.2’de verilmiştir. Görüldüğü gibi hasarlar “Eşik Hasar”, “Hafif Hasar” ve “Esaslı Hasar” olmak üzere üç sınıfa mütalaa edilmiştir. Eşik hasar sadece görünüm bozucu niteliktedir.



Tablo 2.2. Hasar Sınıflaması (Kahriman vd., 2003).

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

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

2.3.2. Patlatma Hasar Kriterleri

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

- Patlatma sonucu oluşan titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi.
- Farklı yapılar için hasar kriterlerinin saptanması ve dikkatli patlatma tasarımı uygulaması.

Patlatma kaynaklı titreşimlerin kontrolüne yönelik olarak geliştirilen ve günümüze kadar değişik başarı dereceleriyle uygulanan bazı önemli kriterler aşağıda altı ana başlık altında özetlenmiştir.

a) Titreşim enerjisini esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. Rockwell'in frekans ve genliği esas alan enerji formülü (1934).

ii. Birleşik Devletler Madencilik Bürosu'nun (USBM) şarj miktarını ve uzaklığı esas alan genlik formülü (1942).

iii. İvme frekansın kullanıldığı Crandell'in enerji oranı yaklaşımı (1949).

b) Parçacık hızını esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in parçacık hızı ve yapı hasar tipi gözlemine dayalı kriteri (1957).

ii. Edwards ve Nortwood'un parçacık hızına bağlı hasar tahmini (1959).

iii. USBM'nin daha geniş kapsamlı araştırmalara dayalı, parçacık hızına bağlı hasar tahmini (1971).

iv. Çeşitli yapı türleri için parçacık hızına bağlı Canmet, Bauer ve Calder'in hasar tahmini (1977).

c) Parçacık hızını ve frekansı esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. Langerfors ve Kihlström'ün grafiği (1967)

ii. Medearis'in parçacık hızı ve üstün frekansı esas alan hasar tahmini (1976).

iii. Birleşik Devletler Madencilik Bürosunun parçacık hızı, frekans, yapı ve bina türünü esas alan hasar kriteri tahmini (1980).

iv. Parçacık hızı, frekans ve yapı türünü esas alan Alman 4150 DIN standartları (1984).

v. Parçacık hızı, frekans ve yapı özelliklerini esas alan Hindistan CMRI standartları (1987).

d) Parçacık hızı ve mesafeyi esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. Rosenthal ve Morlock'a göre parçacık hızı, mesafe ve bina tipini esas alan hasar kriteri (1987).

e) Parçacık hızı ve ölçekli mesafeyi esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. Birleşik Devletler Açık Ocak Madencilik Bürosu'nun (OSM) maksimum parçacık hızı limiti, ölçekli mesafe ve frekansı esas alan yaklaşımı

f) Parçacık hızı, yapı kalitesi, ve proje zamanını esas alan hasar kriteri yaklaşımları

i. İsveç Standartlarına göre, gövde dalgaları, bina faktörü, yapı malzeme faktörü ve proje zamanına bağlı olarak hesaplanan parçacık hızını esas alan yaklaşım.

Yaklaşık 70 yıldır, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri değişik başarı dereceleriyle uygulanmaya gelmiştir. Konuyla ilgili olarak literatürde yer alan başlıca hasar kriterleri kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir.

2.3.2.1. Rockwell'in Enerji Formülü

1934 yılında Rockwell patlatma sonucu meydana gelen titreşim enerjisinin $f^2.A^2$ ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Burada f: frekans, A: Genliği ifade etmektedir.

2.3.2.2. USBM'nin Formülü

1942 yılında Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM), şarj miktarını, zemin karakteristiklerini ve uzaklığın etkilerini birlikte ele alarak Denklem 2.25.'te verilen formülü geliştirmiştir (Thoenen ve Windes, 1942).

$$A = \frac{\sqrt[3]{C^2}}{100} (0,07e^{-0,0143d} + 0,001) \quad (2.25.)$$

Burada;

A : Yer sarsıntısının genliği (inç)

C : Şarj miktarı (libre)

d : Uzaklık (feet)

Bu formülün kullanılabilmesi için beklenen yer sarsıntısına uygun frekansın ve örtü tabakalarının derinliğine bağlı bir zemin faktörünün tahmin edilmesi gerekmektedir. Genlik formülü yaklaşık bir formül olduğundan, kompleks patlatma tasarımları için uygun görülmemiştir. Buna karşılık, ivme, zamanla yapısal hasar kriteri olarak öne çıkarılmıştır. 0.1 g'den daha düşük olan ivmeler güvenli, 0.1-1 g ikaz edici ve 1 g'den büyük olan ivmeler ise zarar verici olarak kabul görmüştür (g: yerçekimi ivmesi).

2.3.2.3. Crandell'in Enerji Oranı Formülü

1949 yılında Crandell "Enerji Oranı" yaklaşımını geliştirmiştir (Denklem 2.26).

Enerji oranına bağlı olarak hasar kriterleri Tablo 2.3'te verilmiştir.

$$ER = a^2 / f^2 \quad (2.26.)$$

ER : Enerji oranı

a : İvme

f : Frekans

Tablo 2.3. Crandell'in Enerji Oranına Bağlı Hasar Kriteri

Enerji Oranı	Hasar Tahmini
< 3.0	Hasar yok
3.0 – 6.0	Uyarı
> 6.0	Hasar var

1949-1960 yılları arasında hasar kriterleri, deplasman, ivme ve parçacık hızı parametreleriyle ilişkilendirilmeye başlanmıştır.

2.3.2.4. Langefors, Kihlström ve Westerberg'in Yaklaşımı

Langefors ve arkadaşlarının (1957) parçacık hızı ve yapı hasar gözlemine dayalı kriteri Tablo 2.4.'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Langefors ve Arkadaşlarının Parçacık Hızını Esas Alan Hasar Kriteri

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2.8	Hasar yok
4.3	İnce çatlaklar, sıva dökülmesi
6.3	Taş duvarlarda ve sıvalarda çatlama
> 9.1	Ciddi boyutlu çatlama

2.3.2.5. Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızı Yaklaşımı

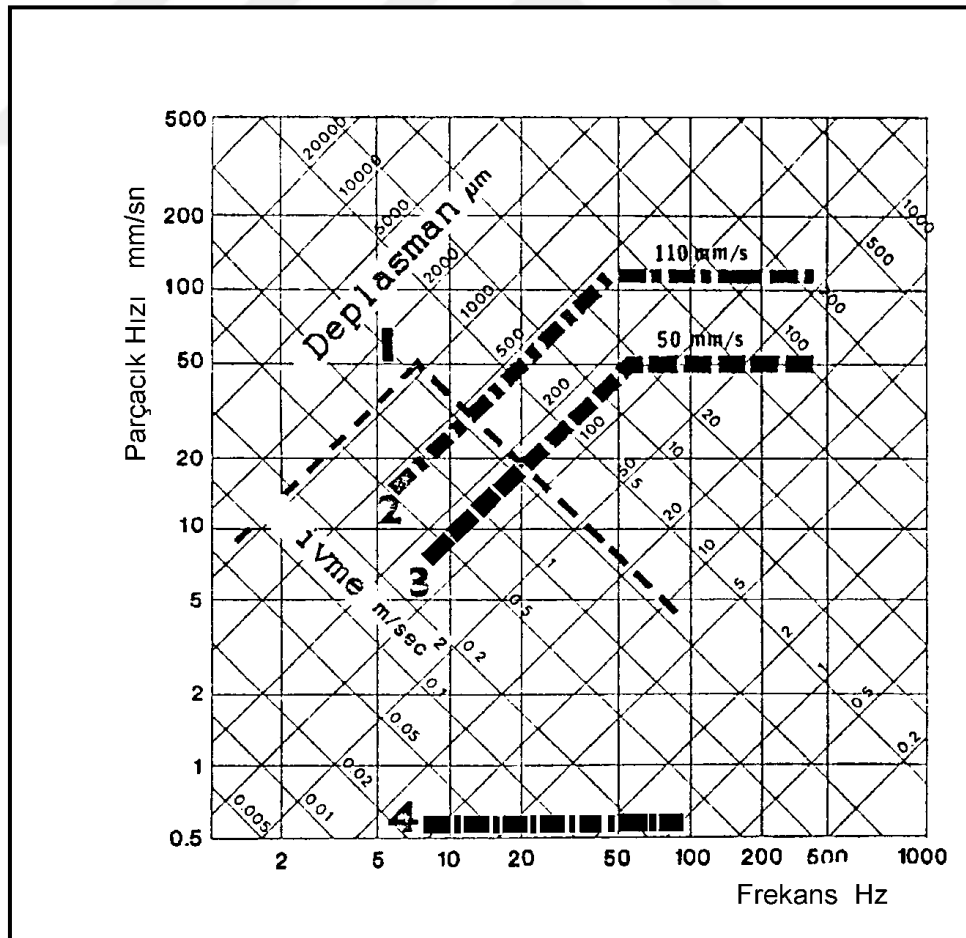
Edwards ve Northwood'un (1959) Kanada'da yaptıkları araştırmalar ışığında parçacık hızına bağlı hasar tahminleri Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo2.5. Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızını Esas Alan Yaklaşımı

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2	Hasar yok
2 – 4	Uyarı düzeyinde
> 4	Hasar çok

2.3.2.6. Langefors ve Kihlström'un Yaklaşımı

Langefors ve Kihlström (1967) uzun yıllar boyunca yaptıkları araştırmalar sonucunda (çeşitli özellikteki zeminler üzerine kurulan binalar üzerinde), hasar kriteri olarak Şekil 2.15.'de verilen nomogramı önermişlerdir. Bu yaklaşımda parçacık hızı, frekans, deplasman ve ivme göz önüne alınmaktadır (Arpaz, 2000).



Şekil 2.15.Langefors ve Kihlström'un hasar kriteri nomogramı

Bu nomogramda;

1 No'lu eğri : Bir saniyeden daha az süreli titreşime maruz kalan bilgisayarlar için üst sınırı belirtmektedir.

2 No'lu eğri : Patlatma esnasında titreşimler nedeniyle binalardaki direkt hasarları ifade etmektedir.

3 No'lu eğri : Patlatma için üst limitleri ifade etmektedir.

4 No'lu eğri : Yöredeki insanların rahatsızlığına ve şikayetlerine neden olabilecek titreşim seviyesini göstermektedir.

Nomogramın değerlendirilmesinden; 40 Hz üzeri frekanslarda parçacık hızı önem arz ederken, daha düşük frekanslar için deplasman değerlerinin daha önemli olduğu anlaşılmaktadır.

2.3.2.7. USBM'nin Yaklaşımı

1971'de Birleşik Devletler Maden Bürosu'nun yaptığı daha kapsamlı araştırmalar sonucu parçacık hızına bağlı hasar tahmini Tablo2.8.'de verilmiştir (Nicholls ve diğ., 1971).

Tablo 2.6. USBM'nin Yaklaşımı (Nicholls ve diğ., 1971)

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2	Hasar yok
2 – 4	Sıvada çatlaklar
4 – 7	Hasar başlangıcı
> 7	Yapıda aşırı hasarlar

2.3.2.8. Canmet, Bauer ve Calder'in Yaklaşımı

Canmet ve arkadaşlarının (1977) çeşitli ekipman ve muhtelif yapı türleri için parçacık hızına bağlı hasar tahmini Tablo 2.7.'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Canmet ve Arkadaşlarının Hasar Kriteri (Bauer ve Calder, 1977)

Yapı Türü	Hasar Tanımı	Hasarın Başladığı Parçacık Hızı (inç/s)
Evler	Sıvada çatlaklar	2
Yeni bir binadaki beton bloklar	Blokta çatlaklar	8
Muhafaza borulu sondaj delikleri	Yatay bükülmeler	15
Mekanik ekipman; pompalar, kompresörler	Şaft eğilmeleri	40
Beton temel üzerine inşa edilmiş prefabrik metal binalar	Temel çatlakları, binada bükülme ve çatlaklar	60

2.3.2.9. USBM'nin Son Patlatma Hasar Tahmini

Birleşik Devletler Madencilik Bürosu, açık ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntısının yapılara olan etkisi ve zararlarıyla ilgili 1980'de Siskind ve arkadaşlarına 219 üretim atımının 79 evdeki etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma yaptırarak sonuçlarını yayınlamıştır (USBM RI 8507 Bülteni). Bu çalışmada, sadece parçacık hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu

vurgulanmaktadır. USBM RI 8507 raporunda belirtilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Parçacık hızı hala en iyi yer titreşimini tanımlama ve kontrol aracıdır.
- Parçacık hızı, titreşime karşı tepki özellikleri iyi tanımlanmış bir yapı grubu için tahribat potansiyelini açıklayabilecek en pratik kontrol aracıdır.
- 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/s (2-3.8 mm/sn) civarında olmaktadır.
- Düşük frekanslı (≤ 40 Hz) patlatmalarda zarar verme potansiyeli yüksek frekanslı (≥ 40 Hz) patlatmalarda söz konusu olan potansiyelden daha fazladır.
- Bina inşaat tipleri, minimum beklenen zarar seviyesine etki eden bir faktördür. Alçı panellerden oluşan (kuru duvar) iç duvarlar, eski tahta kalas üzeri sıva kaplamalı duvarlara göre titreşim zararına karşı daha dayanıklıdır.
- Pratik olarak düşük frekanslı yer titreşimleri yaratan patlatmalar için emniyet sınırı; modern alçı pano duvarlı evler için 0.75 inç/sn (19 mm/s), tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 0.50 inç/sn (12.7 mm/s)'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 2.0 inç/s (51 mm/s) olarak tavsiye edilir.
- Bütün evlerde; zamanla çeşitli çevresel basınçlardan, havadaki sıcaklık ve nem değişimlerinden, taban yerleşimlerinden doğan oturmalarından, yerdeki nem değişimlerinden, rüzgardan ve hatta ağaç köklerinin su emmesinden dolayı çatlaklar oluşur. Bunların sonucu olarak çatlak meydana geldiği (herhangi bir nedenden dolayı, örneğin kapıyı hızlı çarpmak) durumlarda; mutlak bir minimum titreşim limit değeri olmayabilir.
- 0.50 inç/sn (12.7 mm/s) altında maksimum parçacık hızı oluşturan patlatmalarda zarar verme şansı; sadece çok az değil (en kötü durumda %5) aynı zamanda titreşim seviyelerinin bütün aralıkları için dikey ekseninde ortalama tahmin değerlerinden daha hızlı bir şekilde düşer (Karadoğan, 2008).

2.3.2.10. OSM'nin Halen Geçerli Olan Kuralları

ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu (OSM), yer titreşimi ve hava şokunu kontrol altına almak için patlayıcı maddelerin nasıl kullanılması gerektiği konusundaki son raporunu 8 Mart 1983 tarihinde yayınlamıştır. Bu kurallar patlatma etkinliklerinin kontrolü konusundaki yegane kurallardır ve açık ocak kömür madenciliğinde uygulanmaktadır. OSM kuralları; patlatma sorumlusuna, aşağıdaki üç metottan birini kullanmasını tavsiye etmektedir (OSM, 1983).

1. Metod: Patlatmalı Kazıda Herhangi Bir Titreşim Ölçer Cihazının Kullanılmadığı Durumlarda Parçacık Hızının Sınırlandırılması Kriteri

Patlatma sorumlusu; atımı, patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa bağlı ölçekli mesafe tasarım faktörlerine uygun düzenlenmelidir. Ölçekli mesafe faktörleri, uzaklıkla değişerek, maksimum parçacık hızlarının limitlerini değiştirmektedir. Bu metotta, Tablo 2.8.'deki OSM ölçekli mesafe faktörleri uygulandığı sürece, atımlar süresince sismik kayıt almaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Tablo 2.8. Uzaklığa Bağlı Müsaade Edilen Ölçekli Mesafe Faktörleri (OSM, 1983)

Patlatma Noktasından Uzaklık		Sismik İzleme Yapılmadan Kullanılacak Ölçekli Mesafe Faktörü
Ft	M	(SD)
0 – 300	0 – 90	50
301 – 5000	91 – 1500	55
>5001	>1500	65

2. Metod: Titreşim Ölçer Cihazı Kullanılması Durumunda Ölçekli Mesafe Eşitliği Kriteri

Her patlatmanın, maksimum parçacık hızını izleyebilecek kapasitede bir sismograf tarafından izlenmesi gerekmektedir. Maksimum parçacık hızı Tablo2.9.'da gösterilen seviyelerin altında kaldığı müddetçe operatör kurallara uymaktadır. Her gecikme için patlayıcı madde miktarını hesaplamada izin verilen değerler; çok sıkı bir biçimde ölçekli mesafe faktörüyle sınırlandırılmamıştır. Böylelikle operatör daha büyük atımlar tasarlayabilir, daha büyük çapta delik açabilir ve daha büyük basamak veya daha geniş delik paterni kullanabilir. Eğer patlatma sonucunda aşağıda belirtilen uzaklıklar için öngörülen titreşim seviyesi aşılsa, OSM'nin öngördüğü ceza uygulanır.

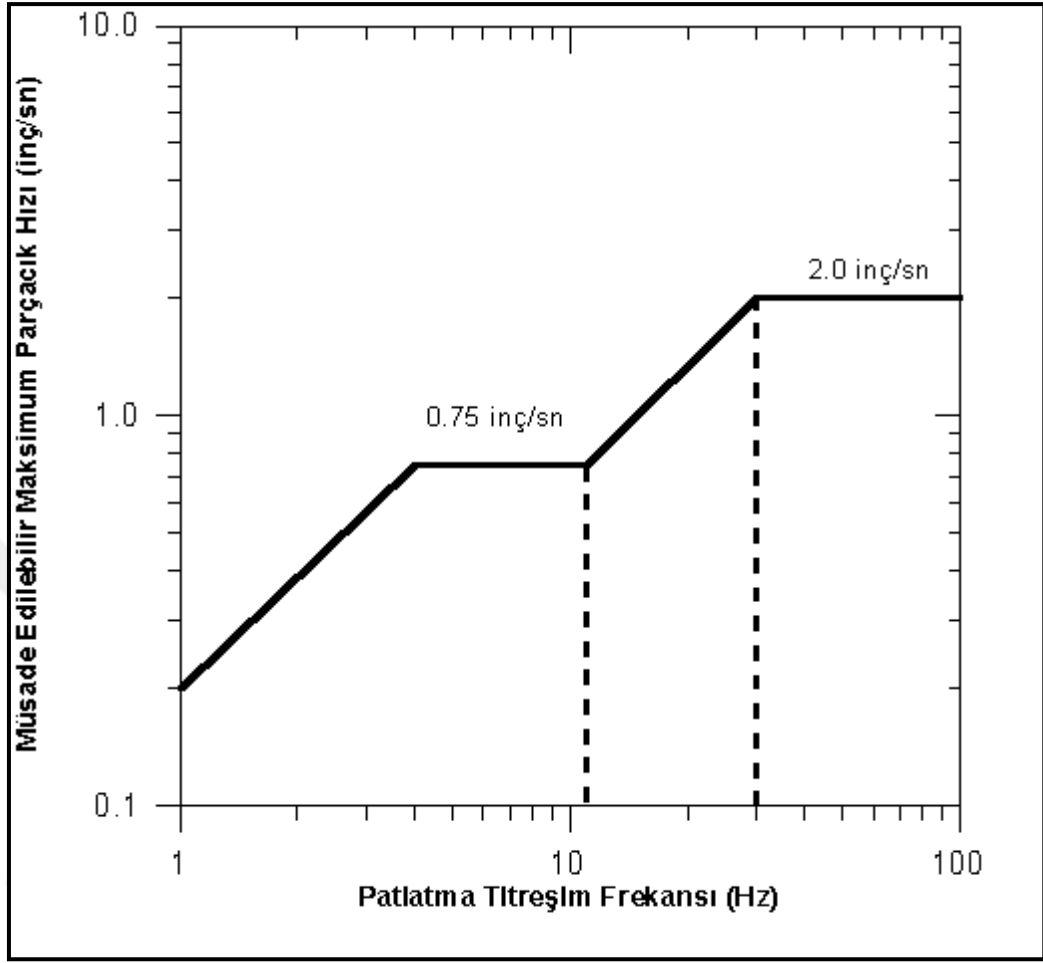
Patlatma noktasının en yakın yapıya mesafesi arttıkça, izin verilen hız artmaktadır. Bu durum uzak mesafelerde parçacık hızından daha çok baskın olan düşük frekansların zarar verme potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2.9. Patlatmada Noktasından Belirli Uzaklıklarda Maksimum Parçacık Hızları (OSM,1983)

Uzaklık		Maksimum Parçacık Hızı	
Ft	M	inç/s	mm/s
0 – 300	0 – 90	1.25	31.75
301 – 5000	91 – 1500	1.00	25.40
>5001	>1500	0.75	19.05

3. Metod: Frekans Esaslı Patlatma Seviyesi Grafiği Kriteri

Patlatma sorumlusunun frekansla birlikte değişen parçacık hızı seviyelerini (Şekil 2.17.) kullanmasına izin verilir. Bu metotta, patlatmadan kaynaklanan yer titreşimi dalga frekanslarının analizinin ve her atımın parçacık hızı ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.17.OSM'nin alternatif kriter analizi (OSM,1983)

Baskın frekansları bulmak için, dalga şekli analiz edilmekte ve bu frekanslara gelen parçacık hızları belirlenmektedir. Birçok durumda, her bir frekansın şiddetini analiz etmek için elektronik cihazlara ve yetenekli bir sismolog tarafından yapılması gereken sayısal analizlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu metot, patlatmalardan dolayı kaynaklanan meskun binalara ve hatta insanlara yönelik potansiyel zararları değerlendirmede en iyi yöntemi temsil etmektedir.

OSM kurallarındaki bu yöntem, USBM tarafından tavsiye edilen metottan farklıdır. Şekil 2.18.'deki grafik çizgisinin herhangi bir yerinde; altında kalan, belirli bir baskın frekansa karşılık gelen herhangi bir parçacık hızı emniyetli kabul

edilmektedir. Grafik çizgisinin herhangi bir kesiminin yukarısında kalan değerler, bina tahribatı ve insanlara zarar verme riskini artırmaktadır. Grafiğin yorumundan da anlaşılacağı gibi, titreşim frekansı arttıkça belirli değerdeki bir parçacık hızının hasar riski önemli ölçüde azalmaktadır.

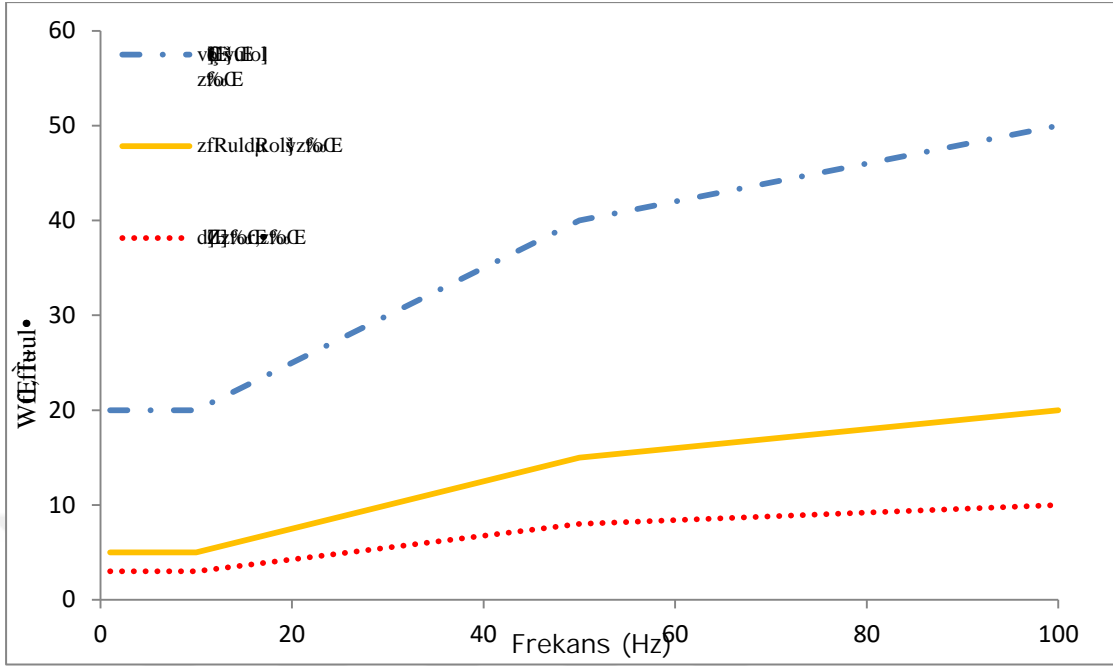
2.3.2.11. DIN 4150 Alman Normu

DIN 4150 Alman Normu'nda frekansa bağlı olarak değişen parçacık hızı değerleri yapı türüne göre Tablo 2.10 ve Şekil 2.18.'de verilmektedir. Bu norm grafiksel bazda incelendiğinde, en alttaki çizgi kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılar, ortadaki kırıklı çizgi yığma tuğla, beton gibi nispeten dayanıklı yapılar, üsteki kırıklı çizgi ise betonarme çelik konstrüksiyon gibi dayanıklı yapılar için titreşim frekansına göre parçacık hızı sınırlarını belirlemektedir (Schillinger, 2006).

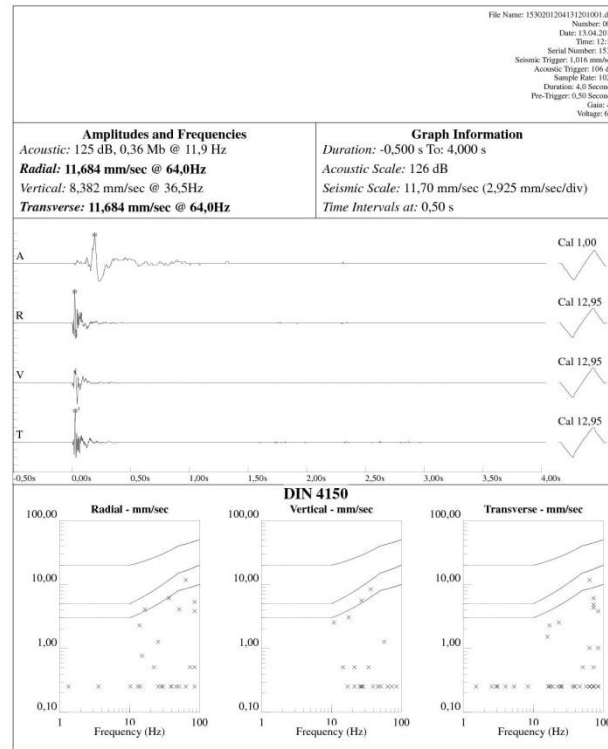
Tablo 2.10 Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları

Frekans (Hz)	Parçacık Hızı Sınır Değerleri (mm/s)	Yapı Türü
(0-10)	3	Eski Bina
(0-10)	5	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(0-10)	20	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(10-50)	(3-8)	Eski Bina
(10-50)	(5-15)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(10-50)	(20-40)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(50-100)	(8-10)	Eski Bina
(50-100)	(15-20)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(50-100)	(40-50)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon

Şekil 2.18.'de DIN 4150 Alman Normu'nda frekansın fonksiyonu olarak değişen parçacık hızı sınır değerleri verilmiştir. Instantel Minimate Plus model ve White Mini-Seis model titreşim kayıt cihazlarının çıktısında da bu norm mevcuttur. Cihaz; atım sırasında ölçülen parçacık hızı değerini adı geçen norma işlemektedir. Şekil 2.19.'da White Mini-Seis model titreşim ve hava şoku ölçüm cihazına ait tipik kayıt çıktısı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere cihaz tarafından ölçülen parçacık hızı değerleri cihazın data değerlendirme ünitesine aktarılmakta bünyesinde bulunan altı değişik norm içinden, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir norma göre değerlendirme yapılabilmektedir.



Şekil 2.18. DIN 4150 Alman Normu



Şekil 2.19. White Mini-Seis cihazının DIN 4150 Normuna göre düzenlenmiş tipik çıktısı

2.3.2.12. Türk Standardı

Çevre ve Orman Bakanlığında: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 04/06/2010 tarihli 27601 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin beşinci bölümü olan Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri, Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri başlığı altında 25-a maddesinde, çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar verilmiştir: Bu maddeye göre, Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunulan alanlardaki patlamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo 2.11.'de verilen değerleri geçemez. Ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür.

Tablo2.15. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

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

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

III. MALZEME VE YÖNTEM

Tez kapsamında, yerleşim birimleri içerisinde yer alan bölgede gerçekleştirilen patlatmalı temel kazıları takip edilerek, patlatmadan kaynaklı titreşim ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan patlayıcı malzemeler, titreşim ölçüm cihazlarına ve uygulanan yönteme ait bilgiler bu bölümde verilmiştir.

3.1. PATLAYICI MALZEMELER

Tez kapsamında takip edilen çalışmalarda; yemleme olarak kapsüle duyarlı emülsiyon tipi patlayıcı (Şekil 3.1.), ana şarj olarak yemlemeye duyarlı patlayıcı olan ANFO kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Yemleme

Yağışlı havalarda ve sulu deliklerde, ana şarj olarak ANFO yerine jel özellikli ANFO kullanılmıştır. Patlayıcı ürünlere ait teknik bilgiler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan patlayıcı malzemelere ait teknik bilgiler

Özellikler	Yemleme	ANFO	Jel ANFO
Marka	Solar- Superpower 90	Solar ANFO	Solar Gel-E
Detonasyon Hızı	6.000 m/s	4.200 m/s	4.000 ±200 m/s
Yoğunluk	1,15-1,25 gr/cm ³	0,78-0,81 gr/cm ³	1,15-1,25 gr/cm ³
Enerji	4.459 kJ/kg	3.870 kJ/kg	3.454 kJ/kg
Suya Direnç	Mükemmel	Yok	Mükemmel

Uygulamalarda, elektrikli ve elektriksiz ateşleme sistemleri birlikte kullanılmıştır. Delikiçi ve delikler arası bağlantılar elektriksiz (nonel) kapsüller ile, elektriksiz kapsülleri ateşleme amacı ile elektrikli kapsül kullanılmıştır. Elektrikli kapsülün ateşlenebilmesi için manyeto kullanılmıştır. Kullanılan kapsüllere ait bilgiler Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kullanılan nonel ateşleme sistemlerine ait bilgiler

Kapsül	Gecikme süresi
Nonel (delik içi)	500 ms
Nonel (delikler arası)	17 ms
Nonel (sıralar arası)	42 ms
Elektrikli	Gecikme yok

3.2. TİTREŞİM ÖLÇER CİHAZLAR

Madencilik, inşaat, taş ocakçılığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerde patlayıcıların değişik nedenlerle gittikçe artan bir şekilde kullanılması önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların belirlenmesi ve çözümü için öncelikle, patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin başında gelen yersarsıntısı ve hava şokunun hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir.

İdeal bir yersarsıntısı ve hava şoku izleme sistemi aşağıdaki 5 temel bileşeni içermelidir (Dowding, 1985; ISRM, 1992).

1. Jeofon: Parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey) zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için,

2. Mikrofon : Hava Şoku ve gürültü değerlerini zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için,

3. Bağlantı kabloları : Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükselticiye iletmek için,

4. Yükseltici ve sinyal düzenleyici : Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükseltmek ve analog verileri sayısal verilere çevirmek için,

5. Disk : Sayısal verileri kaydetmek için,

3.2.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikler

Titreşim ve hava şoku izleme cihazı, üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmaktadır. Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Ayrıca 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 0.005-9.999 inç/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 ölçekli mesafe verileri de hafızaya

kaydedilebilmektedir. Tüm bu işlemlere uygun modlar cihazın kontrol ve hafıza ünitesinde bulunmaktadır.

3.3. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Çalışma kapsamında, patlatmalı temel kazıları esnasında oluşan titreşimler, titreşim ölçer cihazlar vasıtasıyla kayıt edilmiştir. Titreşim kayıtları ile birlikte; gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarı, atım noktası ile titreşim ölçüm noktası arasında ki mesafeler GPS vasıtasıyla kayıt edilmiştir. Kayıt edilen verilerden ölçekli mesafe hesaplanarak titreşim verileri ilişkilendirilmiştir. Böylelikle sahaya ait titreşim yayılım eşitliği belirlenmiştir.

Ayrıca, çalışma sahası çevresinde yer alan, Kurtköy Formasyonuna ait jeolojik birimlerin bulunduğu noktalarda yapılan patlatmalı kazı çalışmaları incelenmiştir. Titreşim ölçümü alınan ve titreşim yayılım eşitliğinin hesaplandığı sahalara ait titreşim yayılım eşitlikleri derlenmiştir. Derlenen titreşim yayılım eşitlikleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

IV. BULGULAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalar ve çalışmalardan elde edilen bulgular bu bölüm altında aktarılmıştır.

4.1. ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI

Tez kapsamında takip edilen patlatmalı kazı çalışmaları, İstanbul İli, Pendik İlçesi, Kurtköy Mahallesi 3973 Ada 9 Parselde gerçekleşmiştir. Çalışma sahasının kuzeyinde Osmanlı Caddesi, güneyinde Ankara Caddesi, doğusunda ise Millet Caddesi yer almaktadır. Çalışma sahasını gösterir uydu görüntüsü Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma sahasını gösterir uydu fotoğrafı

Çalışma sahası toplamda 31.900 m² yüzey alanına sahiptir. Yapılacak temel kazısı 0 kotundan -22.5 kotuna ulaşacak biçimde projelendirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleşmesi öngörülen kaya kazısı yaklaşık 600.000 m³ kaya kazısı yapılması ve bu hacmin yaklaşık 400.000 m³'lük kısmı patlatmalı kazı yöntemi ile yapılması planlanmıştır.

4.2. ÇALIŞMA SAHASI JEOLJİSİ

4.2.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

İnceleme alanında yaptırılan literatür araştırması, sondajlar ve etüt çalışmaları sonucunda çalışma alanındaki kaya yapıları Kurtköy formasyonuna ait şarabi mor renkli, kırıklı-çatlaklı kumtaşı birimleridir.

.XWN)RUPDVRQXSN

Kurtköy Formasyonu açıkly koyulu mor – eflatun, şarabi renkli, arkoz bileşimli, kumtaşı, miltaşı, kıltaşı ve çakıltaşından oluşur. İstifin alt kesiminde kumtaşı arakatlı, ince laminalı kıltaşı – miltaşı (Bakacak Üyesi), üst kesiminde ise değişik boyutlarda çakıltaşı mercek ve ara düzeylerini içeren kaba kumtaşı (Süreyyapaşa Üyesi) egemendir. Bakacak Üyesi, Kocatöngel Formasyonu 'nun laminalı miltaşı katmanları üzerinde mor – boz – krem renk ardalanmalı, yer yer laminalı miltaşı – ince taneli kumtaşı düzeyi ile başlar. Üst düzeylerinde, ufak çakıllı çakıltaşı arakatlı, mor renkli miltaşı, kumtaşı egemen olur. Mor – boz renk ardalanmasından oluşan alacalı rengi, Kocatöngel Formasyonu 'nun tüm düzeylerinde görülen laminalı düzeyleri seyrek olarak kapsayışı ve tane boyunun üste doğru irileşmesiyle Kocatöngel Formasyonu 'ndan ayırt edilir. Üst düzeylerinde, özellikle Süreyyapaşa Üyesi 'ne yaklaştıkça, kaba kum – çakılcık boyu gereç artar ve renk bütünüyle

morlaşır. Üye Kocatöngel Formasyonu ve Süreyyapaşa Üyesi 'nin katmanları arasında geçiş zonunu oluşturur. Kurtköy Formasyonu, alt düzeyini oluşturan Bakacak Üyesi 'nin miltaşı – kumtaşı katmanlarıyla, Kocatöngel Formasyonu 'nu uyumlu ve geçişli olarak üstler; Kınalıada Formasyonu 'nun Gülsuyu Üyesi tarafından uyumlu olarak üstlenir. Değişik tektonik hareketlerin etkisiyle kıvrılmış, faylanmış ve yüzeylemeleri genellikle faylarla sınırlanmış olan formasyonun kalınlığı tam olarak bilinmemektedir; toplam birim kalınlığının 1000 m 'yi aştığı düşünülmektedir. Kurtköy Formasyonu 'nun İstanbul dolaylarındaki yüzeylemelerinde fosil bulunamamıştır. Batı Karadeniz bölgesinde Eflâni – Araç ilçeleri arasında yer alan Karadere vadisi dolayında Bakacak Formasyonu adıyla incelenmiş olan benzer özellikteki istifin yaşı, akritark kapsamına göre Alt Ordovisiyen (Tremadosiyen) olarak belirlenmiştir.

Kurtköy Formasyonu Bakacak Üyesi (Opkb)

İstanbul Paleozoyik İstifi'nde akarsu çökellerinin (Kurtköy Formasyonu) altında yüzeylenen iki çökel biriminden yeşil-yeşilimsi gri renkli kumtaşı ile mor renkli şeyl ar dalanmasından oluşan üstteki birim "Bakacak Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. (Gedik ve diğ., 2002). Bu ad ilk kez Kaya (1982; Yazman ve Çokuğraş, 1983'ten) tarafından Çamdağ'da (Sakarya İli kuzeydoğusu) yüzeylenen ve Gedik ve Önalın, 2001'deki stratigrafiye göre aynı konumlu olan benzer kayatürü için kullanılmıştır. Birimin adını nereden aldığı açık değildir. Formasyon yeşil ve grimsi yeşil renkli, ince, genel olarak orta tabakalı kumtaşı ve mor renkli, laminalı şeyl ar dalanmasından oluşur. Kumtaşları oldukça dayanımlıdır. Baklava şekilli dilimlenme sunan birimde, kumtaşı katmanlarının sıklığı, kalınlığı ve tane boyu üste doğru artar. Formasyon diyorit daykları tarafından sıkça kesilmiştir. Birim altta Kocatöngel, üstte Kurtköy

formasyonları ile dereceli geçişlidir. Her iki dokanağın belirlenmesi oldukça zordur. Alt dokanak kumtaşı katmanlarındaki artış ve şeyllerde mor renk girdisinin başlamasıyla, üst dokanak ise kumtaşı ve şeyllerin tümüyle mor renkli oluşuyla belirlenebilmektedir. Yeniçiftlik Dere'deki (F22d) kalınlığı 750m kadar olan birim, yanal yönde önemli bir değişim göstermez. Birimde herhangi bir fosile rastlanılmamıştır. Daha üstte yer alan fosilli Gözdağ Formasyonu'nun alt yaşı Orta Ordovisiyen'dir. Karadere'deki (Eflani-Araç arası) aynı stratigrafik konumlu Bakacak Formasyonu'nun yaşı ise, akritark fosillerine göre Erken Ordovisiyen (Tremadosiyen) olarak belirlenmiştir (Dean ve diğ., 1997). Bu veri ve değerlendirmelere dayanarak, Bakacak Formasyonu'nun yaşı Erken Ordovisiyen olarak kabul edilmiştir (Gedik ve diğ., 2002). Birimde üste doğru tane boyu büyümesi ve mor renk katılımı, altta denizel, üstte akarsu çökellerinin varlığı, birimin olası delta ortamında çökelebileceğini düşündürür.

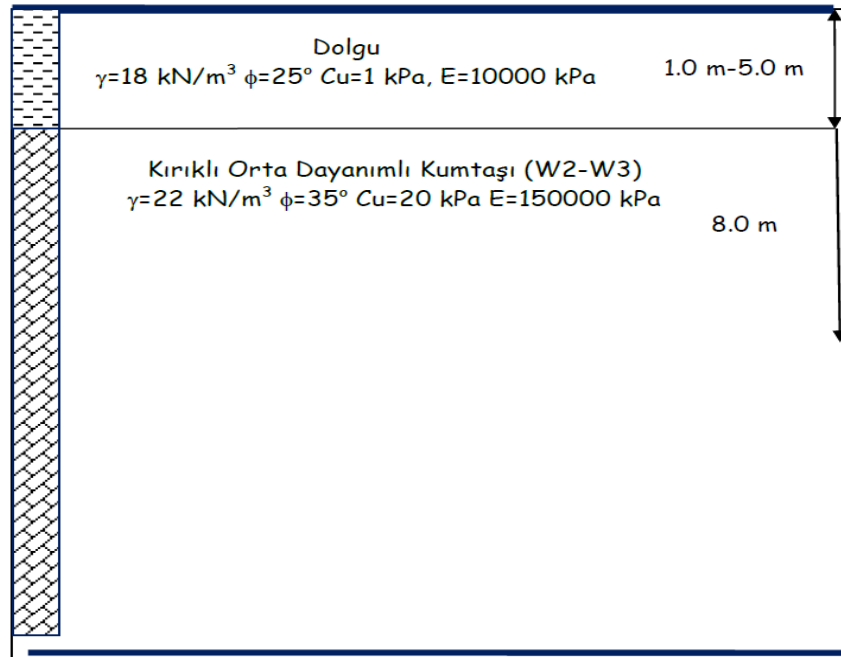
Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa Üyesi (Opks)

Bu üye petrografik özellikleri bakımından Maltepe üyesinden oldukça farklıdır. Genellikle istiflerin alt seviyeleri arkozik arenit ve feldispatik litarenit özelliğindedir. Üstte doğru litarenitler ve şeyller egemen olmaktadır. Yine tekrarlanan istiflerin alt kesimleri bazen çakıl da içeren iri-orta kum boyu taneli ve taneler çoğunlukla küt köşelidir. Sık sık tabakalanmaya paralel dizilmiş çamurtaşı parçaları da kapsayan bu kesimler üste doğru orta ve ince kum taneli, daha iyi boylanmış orta olgunlukta kumtaşlarına dönüşmüştür. En üst kesimler ise bazen ince kumtaşı bantları da içeren şeyllerden oluşur. İri taneli alt kesimlerde taş içerisinde metamorfik ve magmatik kayaç kırıntısı fazladır. Daha ince taneli üst kesimlerde ise kuvars oranı artmakta ve diğer kırıntıları azalmaktadır (Yerkaya Mühendislik, 2016).

4.2.2. Çalışma Sahasının Mühendislik Jeolojisi

İnceleme alanında dolgu kalınlığı 1,0 – 5,0 m arasında olup tamamı hafredilecektir. Bu birimleri takiben sondaj sonuna kadar üst kısımları ayrılmış kumtaşı (arkoz) biriminden oluşan Kurtköy Formasyonu (Süreyyapaşa Üyesi) yer almaktadır.

Yapı temelleri düşük-orta-sert kaya özelliğindeki açık-koyu mor, grimsi, kül renkli, kırıklı-çatlaklı, kumtaşı birimi üzerine oturtulacaktır. İnceleme alanındaki yapay dolgu tabakası hafredileceğinden dikkate alınmamıştır. Kazı alanında yapılan etütler neticesinde belirlenen kaya mekanik parametreleri ve kazı alanı profili Şekil 4.2.'de verilmiştir (Yerkaya Mühendislik, 2016).



Şekil 4.2. Kazı sahasının zemin profili (γ : kayma gerilmesi, ϕ : içsel sürtünme açısı, C_u : kohezyon, E : elastisite modülü)

Tablo 4.1. Patlatmalara ait tasarım parametreleri

Basamak yüksekliği	K (m)	3	4	5
Delik çapı	d (mm)	76	76	89
Delik Uzunluğu	H (m)	3,8	5,0	6,5
Dilim Kalınlığı	B (m)	1,7	2,0	2,5
Deliklerarası Mesafe	S (m)	2	2,5	2,5
Sıkılama	h_0 (m)	1,7	2,0	3
Şarj Yoğunluğu	l_b (kg/m)	3,6	3,6	5
Şarj Miktarı	Q (kg)	7,56	10,8	18
Özgül Delme	b (m/m^3)	0,37	0,25	0,21
Özgül Şarj	q (kg/m^3)	0,74	0,54	0,44

Sahada, Tablo 4.1.'de gösterilen patlatma tasarım parametrelerinden en çok kullanılanı basamak yüksekliği 3 ve 4 metre olan patlatma tasarımıdır. Risk noktalarına yakın yerlerde basamak yüksekliği 3 ve 4 metre tercih edilmiştir.

4.4. PATLATMALI KAZI TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ

Çalışmalar kapsamında, 03.08.2018 ile 27.11.2018 tarihleri arasında gerçekleştirilen 41 atımda, 59 adet olay kayıt edilmiştir. Çalışmalarda, 2 farklı Vibracord FX marka titreşim ölçer cihazdan yararlanılmıştır. Atım noktasının konumuna bağlı olarak, atım noktasına en yakın risk unsuru yapı göz önünde tutularak çalışmalar yürütülmüştür.

Çalışmalar esnasında; deliklere konulan patlayıcı miktarları, atım noktaları ile titreşim ölçer cihaz arasındaki mesafeler kayıt edilmiştir. Toplanan kayıtlara ait örnek çizelge Tablo 4.2.'de verilmiştir. Toplanan ölçüm verilerinin tamamı EK-A'da verilmiştir.

Tablo 4.2. Toplanan ölçüm verilerine ait örnek tablo

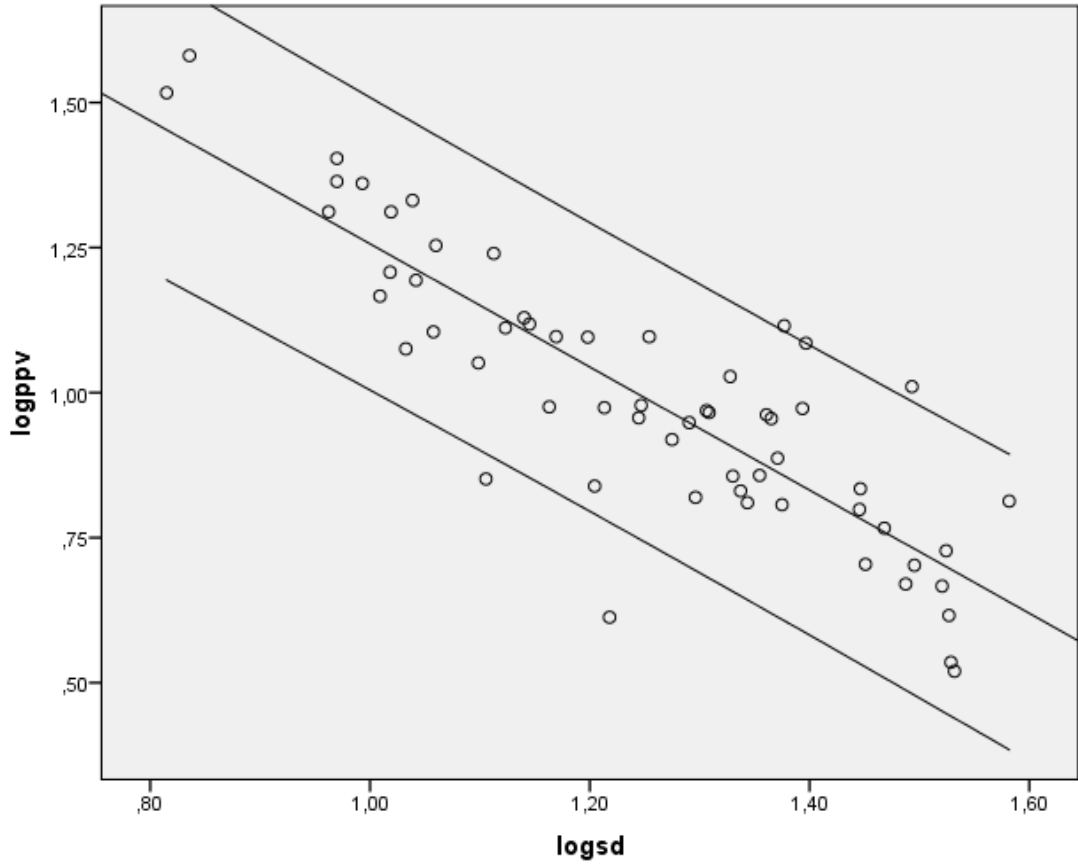
Atım No	Tarih	Saat	Max. Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	Cihaz No
1	3.08.2018	16:35	12.73	28	129.4	425	8.5	33.3	11.42	VA0468
2	6.08.2018	12:27	4.1	20	115.8	680	8.5	48.15	16.52	VA0468
3	7.08.2018	17:06	7.2	26	125.4	1000	12.5	79.98	22.62	VA0468
4	9.08.2018	14:20	6.5	18	117.6	680	8.5	111.29	38.17	VA0468
5	10.08.2018	12:24	5.06	24	123.6	680	8.5	82.32	28.24	VA0468
6	14.08.2018	14:57	22.94	47	117.3	920	12	34.1	9.84	VA0468
6	14.08.2018	14:57	10.66	35	115.6	920	12	73.69	21.27	VA0482
7	15.08.2018	15:03	32.87	27	123.3	710	11.83	22.45	6.53	VA0468
8	16.08.2018	15:11	8.88	20	122.6	730	12.16	68.06	19.52	VA0468
9	17.08.2018	12:00	12.49	27	127.1	920	11.5	50.08	14.77	VA0468
10	29.08.2018	13:35	20.49	49	122.9	840	10.5	33.85	10.45	VA0468
11	31.08.2018	12:09	17.37	29	120.8	630	10.5	41.98	12.96	VA0468
12	3.09.2018	13:46	12.46	33	120	420	10.5	51.12	15.78	VA0468

*verilerin tamamı EK-A'da verilmiştir.

4.5. TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Tez kapsamında, 41 atım takip edilerek 59 olay kayıt edilmiştir. Elde edilen veriler; PPV-SD ilişkisini belirlemek, çalışma sahasına ait K ve β arazi katsayılarını tespit etmek amacıyla regresyon analizine tabi tutulmuştur. Logaritmik olarak elde edilen veriler, doğrusal hale döndürülerek analize tabi tutulmuştur.

59 adet olaya ait verilerin PPV-SD ilişkisine ait grafik Şekil 4.4.'te verilmiştir.



Şekil 4.4. PPV-SD ilişkisini gösterir grafik

PPV-SD ilişkisine bağlı olarak elde edilen ortalama tahmin eşitliği Denklem 4.1.'de, en kötü şartlarda oluşabilecek titreşimlerin tahmini için hesaplanan %95 üst tahmin eşitliği Denklem 4.2.'de verilmiştir.

$$\%50 \text{ Ortalama Tahmin Eşitliği } PPV = 207.97 \times SD^{-1.062} \quad (r=0.86) \quad (4.1.)$$

$$\%95 \text{ Üst Tahmin Eşitliği } PPV = 369.83 \times SD^{-1.067} \quad (r=1) \quad (4.2.)$$

Denklem 4.1.'de verilen eşitlikten de anlaşılacağı üzere, yapılan istatistiksel analize göre PPV-SD arasındaki ilişki %86 olarak hesaplanmıştır. Değişkenler arasında oldukça yüksek bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen eşitlik (denklem 4.1.) ile, söz konusu sahada ve çevresinde, gelecekte yapılacak patlatmalı kazılarda oluşabilecek titreşim değerleri tahmin edilebilir olacaktır. Bu durum, en önemli çevresel risklerden olan patlatma kaynaklı titreşimlerin kontrolü bakımından oldukça önemlidir. Patlatmalar esnasında en kötü şartlar altında oluşabilecek titreşim değerleri Denklem 4.2. ile tahmin edilebilir olacaktır.

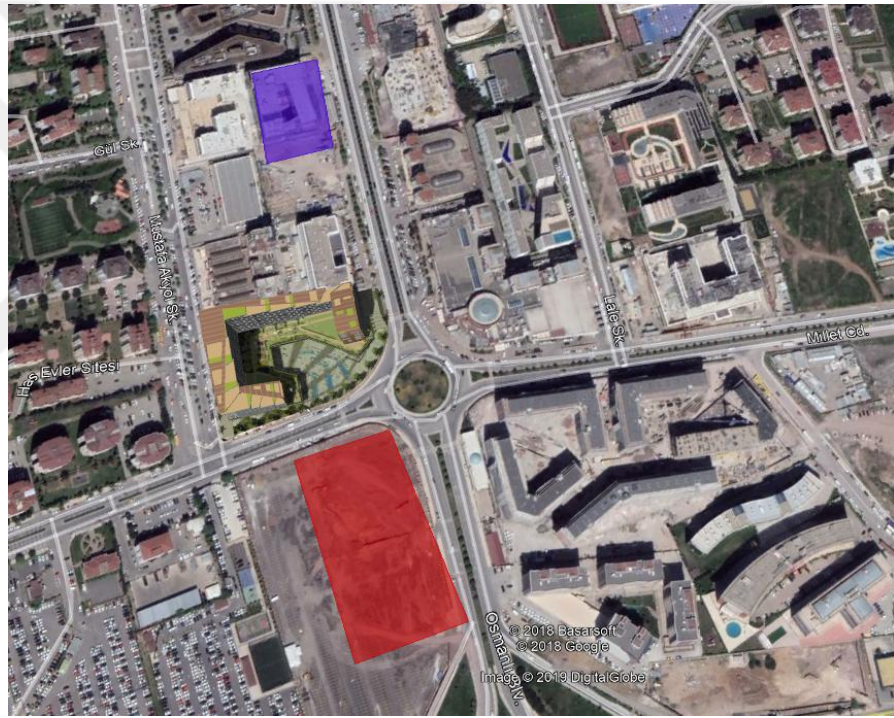
4.6. ÇALIŞMA SAHASINA YAKIN BÖLGEDE TÜRETİLMİŞ TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİ

Tez kapsamında patlatmalı kazıların takip edildiği sahada Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa Üyesi Kumtaşı (Arkoz) birimlerinin yer aldığı yapılan etüt raporlarından bilinmektedir. Denklem 4.1.'de (üst limit için Denklem 4.2.) verilen eşitlik ile çalışma sahası ile benzer özelliklere sahip kaya birimlerinde de patlatmalı kazı planlaması yapıp yapılamayacağı; söz konusu eşitlik kullanılarak yapılacak tasarımların, çevresel riskleri dikkate alarak ne derece güvenilir olacağı araştırılmıştır.

Bu amaçla, çalışma sahasına yakın bölgede, çalışma sahası ile benzer özelliklere sahip kaya birimlerinde patlatmalı kazı çalışmalarının mevcudiyeti araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, Kahrıman vd tarafından 2016 yılında, tez kapsamında çalışma yapılan sahanın yaklaşık 400 metre kuzeyinde yer alan saha da patlatmalı kazı çalışmalara ait titreşim ölçüm ve değerlendirme çalışmalarının yapıldığı; yapılan çalışmaların İstanbul Okan Üniversitesi uhdesinde raporlanarak matbulaştırıldığı bilgisine ulaşılmıştır. 2016 yılında yapılan çalışmalara ait bilgiler söz konusu rapordan temin edilmiştir.

Kahrıman vd. 2016 yılında çalışma yaptıkları, Kurtköy Yenişehir Mahallesi 3991 Ada, 5 Parsel mevkiinde yer alan çalışma sahasını ve tez kapsamında çalışılan sahalarn görünümünün yer aldığı uydu fotoğrafı Şekil 4.5.'te verilmiştir.

Mevcut raporlar incelendiğinde bu sahada da, Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa yesi Kumtaşı (arkoz) birimlerinin olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Kahrıman vd., 2016). Dolayısıyla kıyaslama yapılan 2 saha zemin/kaya yapısı olarak oldukça benzer özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır.



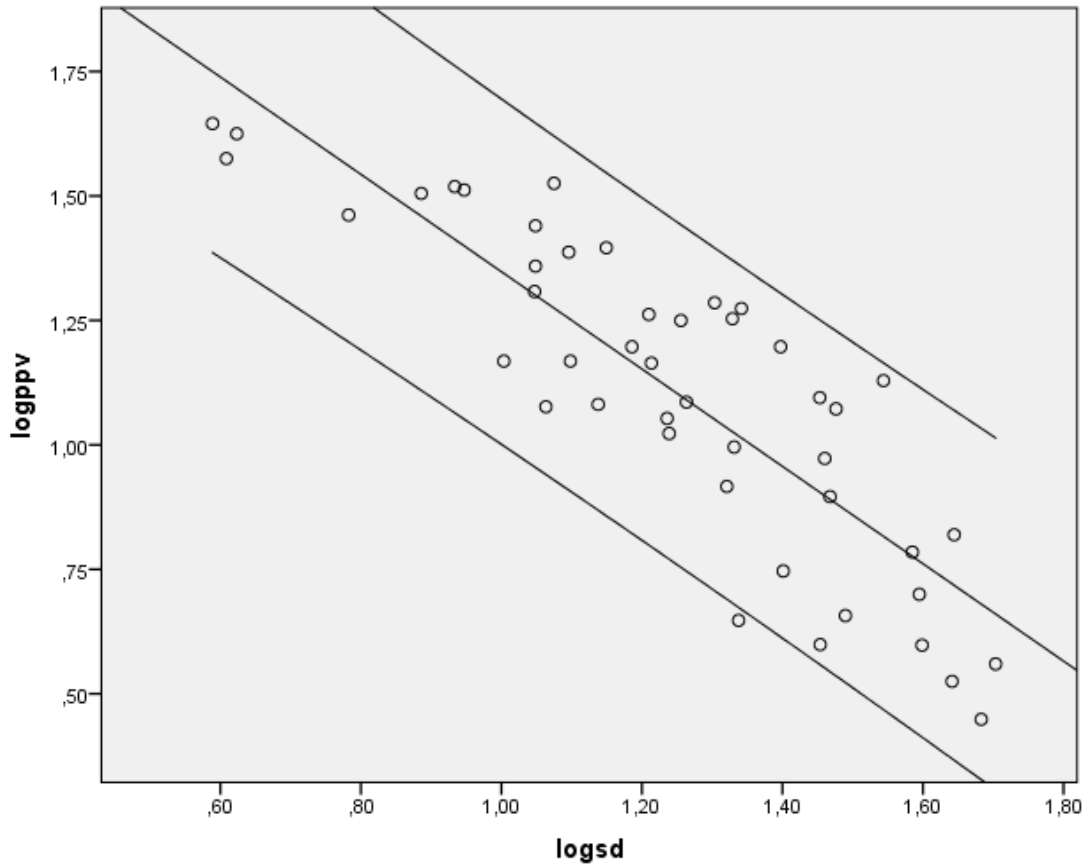
Şekil 4.5. Tez kapsamında çalışma yapılan saha (kırmızı taralı alan) ve Kahrıman vd. tarafından 2016 yılında çalışma yapılan saha (mavi taralı alan)

Kahrıman vd tarafından 2016 yılında yapılan patlatmalı kazı titreşim ölüm çalışmaları kapsamında 42 atımda, 46 farklı olaya ait titreşim ölüm ve patlatma patern verisine ulaşılmıştır. Bu atımlara ait verilerin tamamı EK-B'de verilmiştir.

Mevcut veriler kullanılarak PPV-SD ilişkisi tayin edilerek, 2016 yılında çalışma yapılan sahaya ait ortalama tahmin eşitliği Denklem 4.3.'te, en kötü şartlarda oluşabilecek titreşimlerin tahmini için hesaplanan %95 üst tahmin eşitliği Denklem 4.4.'te verilmiştir.

$$\%50 \text{ Ortalama Tahmin Eşitliği } PPV = 211.35 \times SD^{-0.978} \quad (r=0.86) \quad (4.3.)$$

$$\%95 \text{ Üst Tahmin Eşitliği } PPV = 473.15 \times SD^{-0.989} \quad (r=1) \quad (4.4.)$$



Şekil 4.6. Kahrıman vd tarafından 2016 yılında yapılan çalışmalardan türetilen PPV-SD ilişkisi

Denklem 4.3.'te verilen denklemden de anlaşılacağı üzere, yapılan istatistiksel analize göre PPV-SD arasındaki ilişki %86 olarak hesaplanmıştır. Değişkenler arasında yüksek bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

4.7. ELDE EDİLEN TİTREŞİM YAYILIM EŞİTLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucu, birbirine yakın mesafede yer alan, aynı jeolojik birimlere sahip 2 farklı sahada gerçekleştirilen patlatmalı kazılar sonucu kayıt edilen titreşim verilerinden yola çıkılarak, söz konusu sahalar için titreşim yayılım eşitlikleri hesaplanarak, Denklem 4.1. ve Denklem 4.2.'de verilmiştir.

Türetilen eşitlikler, ait oldukları sahalar için, ileriye dönük titreşim tahmini yapmaya yarayan denklemlerdir. Jeolojik yapının oldukça benzer olduğu iki sahadan türetilen eşitlikler; farklı mesafelerde, farklı miktarlarda patlayıcı malzeme ile oluşturacakları titreşim değerleri Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Jeolojik olarak benzer özelliklere sahip, birbirine yakın 2 sahadan türetilen titreşim yayılım eşitliklerinin karşılaştırılması

Mesafe (m)	Patlayıcı Miktarı (kg)	PPV (mm/sn) (Ortalama Tahmin Eşitliği)		PPV (mm/sn) (%95 Üst Tahmin Eşitliği)	
		Tez Kapsamında Türetilen Eşitlik (Denklem 4.1)	Kahriman Eşitliği (2016) (Denklem 4.3)	Tez Kapsamında Türetilen Eşitlik (Denklem 4.2)	Kahriman Eşitliği (2016) (Denklem 4.4)
20	10	29.330	34.801	51.678	76.345
30	10	19.068	23.409	33.528	51.124
40	10	14.048	17.668	24.666	38.465
50	10	11.084	14.204	19.440	30.847
20	20	42.379	48.843	74.800	107.557
30	20	27.551	32.853	48.530	72.025
40	20	20.298	24.797	35.703	54.190
50	20	16.016	19.935	28.138	43.459

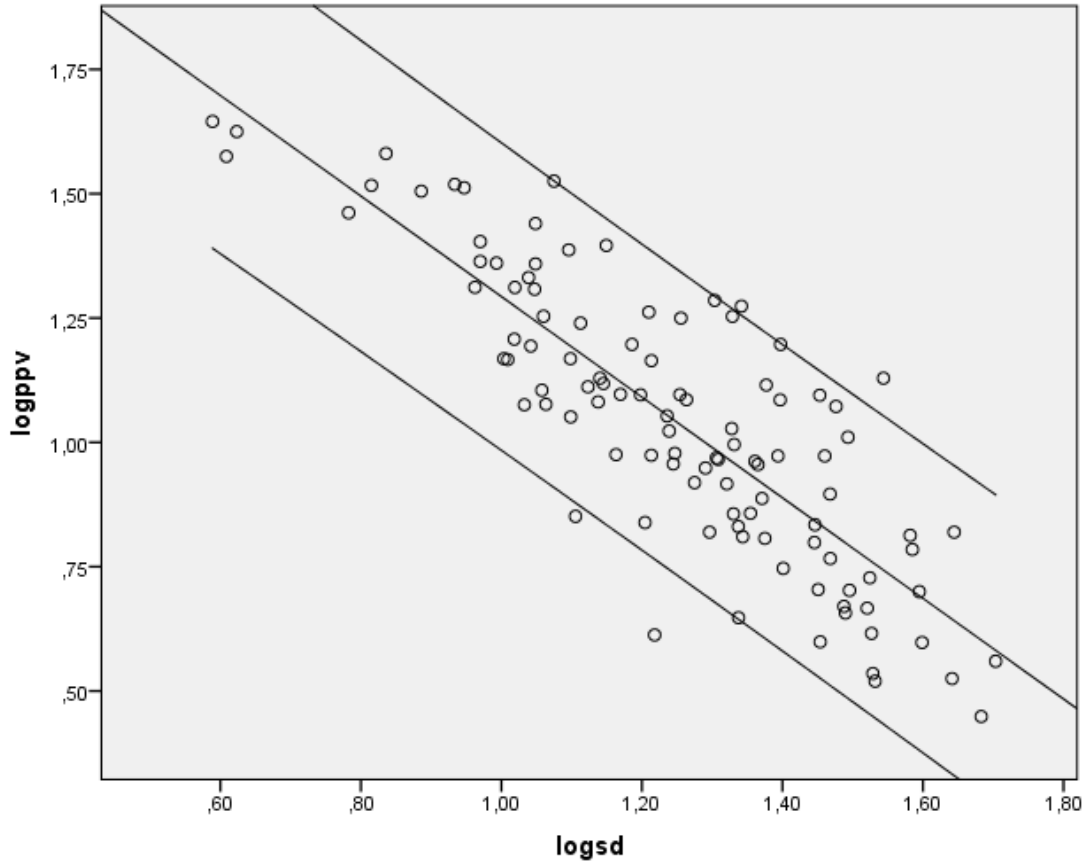
2 sahadan türetilen titreşim yayılım eşitliklerine göre yapılan hesaplamalara göre, farklı patlayıcı miktarlarıyla, farklı mesafelerde oluşacak titreşim değerleri Tablo 4.3.'te verilmiştir. Hesaplanan değerlerinin, ortalama tahmin eşitlikleri için; birebir aynı olmamakla birlikte, birbirine yakın rakamlar sunduğu anlaşılmıştır.

Bu nedenle, her iki saha için toplanan veriler birleştirilerek inceleme alanlarının yer aldığı bölgeye ait titreşim tahmin eşitlikleri hesaplanmıştır.

Mevcut tüm veriler kullanılarak PPV-SD ilişkisi tayin edilerek, bölgeye ait ortalama tahmin eşitliği Denklem 4.5.'te, en kötü şartlarda oluşabilecek titreşimlerin tahmini için hesaplanan %95 üst tahmin eşitliği Denklem 4.6.'da verilmiştir.

$$\%50 \text{ Ortalama Tahmin Eşitliği } PPV = 201.84 \times SD^{-1.011} \quad (r=0.84) \quad (4.5.)$$

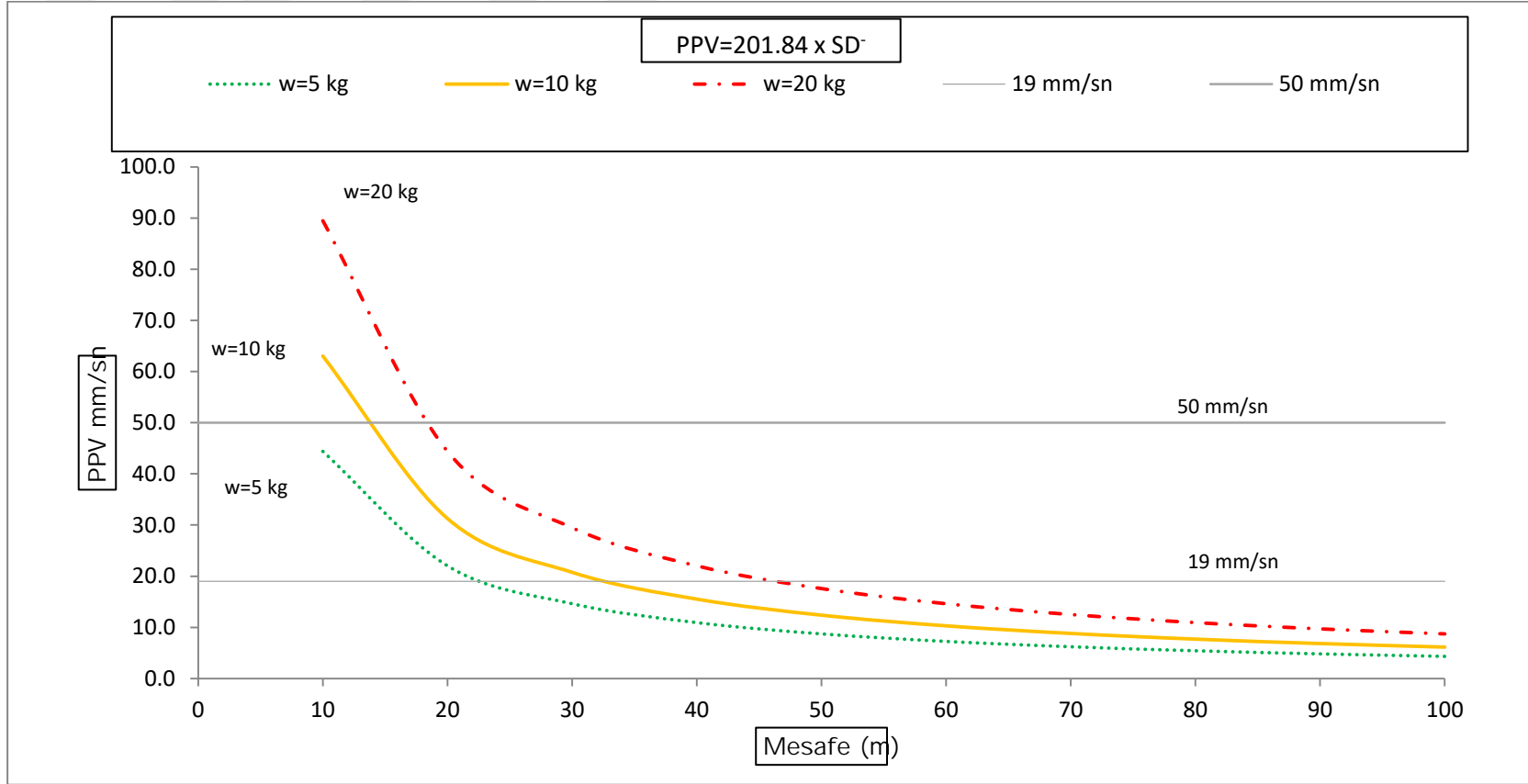
$$\%95 \text{ Üst Tahmin Eşitliği } PPV = 412.10 \times SD^{-1.016} \quad (r=1) \quad (4.6.)$$



Şekil 4.7. İnceleme sahalarında yapılan tüm çalışmalardan türetilen PPV-SD ilişkisi

Türetilen ortalama tahmin eşitliği, PPV-SD ilişkisini %84 düzeyinde açıklamaktadır. Bu oran, eşitliğin güvenilir olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Türetilen ortalama tahmin eşitliği ile; 5, 10 ve 20 kg'lık gecikme başına kullanılacak patlayıcı malzeme ile farklı mesafelerde oluşacak titreşim değerlerine ait grafikler; her iki sahadan elde edilen titreşim yayılım denklemleri kullanılarak Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Tüm verilerle türetilen ortalama tahmin eşitliğine (Denklem 4.5.) göre farklı patlayıcı miktarı ve mesafelere göre hesaplanmış titreşim eğrileri

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, İstanbul İli Pendik İlçesi Kurtköy Mahallesi 3973 Ada 9 Parselde yer alan inşaat projesinde, Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa Üyesi Kumtaşı (arkoz) kaya birimlerinde gerçekleştirilen patlatmalı kazılar takip edilmiştir. Patlatmalı kazılar esnasında oluşan titreşimler, titreşim ölçer cihazlar vasıtasıyla kayıt edilmiştir. Aynı zamanda, patlatmalı kazıda uygulanan patlatma modeli ve atım noktası ile ölçüm noktası arasında ki mesafeler GPS vasıtasıyla ölçülerek kayıt edilmiştir.

Toplanan veriler vasıtasıyla, çalışma sahasının PPV-SD ilişkisi belirlenerek, söz konusu saha için titreşim yayılım eşitliği bulunarak, ortalama tahmin eşitliği Denklem 4.1.'de, %95 üst tahmin eşitliği Denklem 4.2.'de verilmiştir. Elde edilen titreşim yayılım eşitliği, Kurtköy bölgesi için elde edilmiş; Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa Üyesi Kumtaşı birimlerini temsil edecek, veri uyumluluğu ve güvenilirliği bakımından güçlü bir eşitlik olduğu gözlemlenmiştir.

Denklem 4.1. ve Denklem 4.2.'de elde edilen eşitliğin, pratikte Kurtköy Formasyonu Süreyyapaşa Üyesi Kumtaşı birimlerini ne derece temsil ettiğini tayin etmek amacıyla; çalışma sahası yakınında, aynı jeolojik formasyonda patlatmalı kazı çalışmasının varlığı araştırılmış ve çalışma sahasının yaklaşık 400 metre kuzeyinde yer alan bir sahada, daha önce Kahrıman vd. (2016) tarafından patlatmalı kazılar esnasında oluşan titreşimlere ait kayıtlar alındığı ve bu ölçümlerin raporlanarak matbu hale getirildiği tespit edilmiştir.

Kahrıman vd. (2016) tarafından yapılan titreşim verileri derlenerek, bu saha için, ortalama tahmin titreşim yayılım eşitliği hesaplanarak Denklem 4.3.'te, %95 üst

tahmin eşitliği ise Denklem 4.4.'te verilmiştir. İyi bir ilişki ve güvenilirlikle elde edilen denklemin önerdiği titreşim ve patlayıcı miktarları; Denklem 4.1.'in önermiş olduğu titreşim ve patlayıcı miktarları ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan karşılaştırma neticesinde; her iki denklem ile hesap edilmiş olan titreşim değerleri birbirlerine yakın büyüklüklerde olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, her iki saha için toplanan veriler birleştirilerek inceleme alanlarının yer aldığı bölgeye ait titreşim tahmin eşitlikleri hesaplanmıştır.

Mevcut tüm veriler kullanılarak PPV-SD ilişkisi tayin edilerek, bölgeye ait ortalama tahmin eşitliği Denklem 4.5.'te, en kötü şartlarda oluşabilecek titreşimlerin tahmini için hesaplanan %95 üst tahmin eşitliği Denklem 4.6.'da verilmiştir.

Türetilen ortalama tahmin eşitliği, PPV-SD ilişkisini %84 düzeyinde açıklamaktadır. Bu oran, eşitliğin güvenilir olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

Türetilen ortalama tahmin eşitliği ile; 5, 10 ve 20 kg'lık gecikme başına kullanılacak patlayıcı malzeme ile farklı mesafelerde oluşacak titreşim değerlerine ait grafikler; her iki sahadan elde edilen titreşim yayılım denklemleri kullanılarak Şekil 4.8.'de verilmiştir.

Hesaplanan titreşim değerlerinin her iki denklemde küçükte olsa değişiklikler göstermesinin nedeni ise, kaya yapılarının maruz kaldığı fiziksel etkiler olduğu düşünülmektedir. Fakat, araştırma kapsamında, jeolojik etütler harici, detaylı kaya mekaniği bilgileri elde edilemediği için bu öngörü üzerinde araştırma imkanı olmamıştır. Benzer araştırmaları gelecek dönemlerde yapmayı planlayan araştırmacılara; çalışılan ortamlarda yer alan kaya birimlerinin fiziki özelliklerini/farklılıklarını tayin etmek amaçlı, kaya mekaniği parametreleri ışığında planlama yapmaları tavsiye edilmektedir.

Sonuç olarak, tez kapsamında yapılan çalışmalar ışığında; bir jeolojik ortam için elde edilen titreşim yayılım eşitliğinin, benzer jeolojik ortamlarda yapılacak patlatmalı kazılar için kılavuz oluşturabileceği değerlendirilmiştir.



VI. KAYNAKÇA

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

BAUER, A., CALDER, P.N., 1977; Pit Slope Manual, Chapter 7, Canmet Report 77-14.

BÜYÜK TÜRKÇE SÖZLÜK,
http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.5ccaa022053937.75824636, Ziyaret Tarihi: 20.01.2019.

CRANDELL, F.J., 1949, Ground Vibration Due to Blasting and Its Effect Upon Structures, Journal of The Boston Society Of Civil Engineers, 49 (2), pp 152-168

DİCK, R.A., FLETCHER, L.R., D'ANDREA, D.V., 1983, Explosives And Blasting Procedures Manual, USBM, IC 8560, USA, p.44"

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

GUPTA, R.N., ROY, P.P., SINGH, B., 1988, On a Blast Induced Blast Vibration Predictor for Efficient Blasting, Safety in Mines Research Proceedings of The 22nd International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Editor:Dai Guoquan, 1015-1021

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.

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

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.

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., BAĞDATLI, S., BARÇIN, A.S., KARATAŞ, B., 2016. Yenişehir Mahallesi Osmanlı Bulvarı No :9 Kurtköy/Pendik/İstanbul Şantiyesi 3991 Ada, 5 Parsel Projesi Patlatmalı Temel Kazıları Değerlendirme Raporları, Aralık 2015 – Nisan 2016,

KAHRİMAN, A., GUNGOR, T., GORGUN, S., KARADOGAN, A., ÖZDEMİR, K., 2003, Prediction of the Ground Vibration Attenuation Induced by Blasting for the Different Rock Masses, Proceedings of The Twenty-Ninth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, Vol 1, 193-201 "

KARADOĞAN, A., 2008, Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimler İçin Ulusal Yapı Hasar Kriterleri Oluşturulabilirliğinin Araştırılması, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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

LADEGAARD-PEDERSEN, A., DALLY, J. W., 1975, A Review of the Factors Affecting Damage in Blasting, Mechanical Engineering Department, University of Maryland. ABD.

LANGEFORS, U., KİHLSTROM, B., 1967, The Modern Techniques of Rock Blasting, John Wiley & Sons Inc., New York, p. 405 "

NICHOLLS, H.R, JOHNSON, C.F., DUVALL, W.L, 1971, Blasting Vibrations and Their Effects on Structure, United States Department of Interior, USBM, Bulletin 656.

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

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

SCHILLINGER, R. 2006, The State of Human Annoyance at Blasting Works in Accordance with Environmental Conditions under Inclusion of Standards, Proceedings of The Thirty – Second Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 29 January – 1 February, Dallas, Texas, USA. 135-148.

SİSKİND, D.E., CRUM, S.V., OTTERNESS, R.E., KOPP, J.W. 1989. Comparative study of blasting vibrations from Indiana surface coal mine. USBM RI 9226: 41, Boston.

SİSKİND, D.E., STAGG, M.S., KOOP J.W., DOWDİNG, C.H., 1980, Structure Response And Damage Produced By Graund Vibration From Surface Mind Blasting, RI 8507, Bureo Of Mines, p.74

THOENEN, J.R., WTNDES, S.L., 1942, Seismic Effects on Quarry Blasting, U.S. Bureu of Mines, Bulletin 442.

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

YERKAYA MÜHENDİSLİK, 2016. İstanbul İli, Pendik İlçesi, Yenişehir Mahallesi, G22B07A4C Pafta, 3973 Ada, 9 Parsel Sondaja Dayalı Zemin Etüd Raporu, Yerkaya Zemin Müh. Sond. İnş. Taah. Eml. San. ve Tic. Ltd. Şti., Kasım 2016, İstanbul.

VII. EKLER

7.1. EK-A TEZ KAPSAMINDA TOPLANAN VERİLER

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. Piliçacık Hızı (PPV) (mm/s)	f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	Cihaz No	Atım Noktasının Koordinatları			İstasyon Noktasının Koordinatları			Yatay mesafe
																	Y	X	Z	Y	X	Z	
1	03.08.2018	16:35	12.73	28	9.86	51	8.83	49	12.73	28	129.4	425	8.5	33.3	11.42	VA0468	293096	4092615	102	293092	4092648	104	33.24
2	06.08.2018	12:27	4.1	20	3.3	16	4.1	19	4.1	20	115.8	680	8.5	48.15	16.52	VA0468	293095	4092623	102	293050	4092606	104	48.1
3	07.08.2018	17:06	7.2	26	6.2	33	5.06	27	7.2	26	125.4	1000	12.5	79.98	22.62	VA0468	293101	4092658	107	293169	4092700	104	79.92
4	09.08.2018	14:20	5.3	41	4.9	18	6.5	18	6.5	18	117.6	680	8.5	111.29	38.17	VA0468	293096	4092599	107	293092	4092710	100	111.07
5	10.08.2018	12:24	5.06	24	3.7	17	4.5	20	5.06	24	123.6	680	8.5	82.32	28.24	VA0468	293094	4092628	107	293092	4092710	100	82.02
6	14.08.2018	14:57	22.94	47	14.37	37	15.51	31	22.94	47	117.3	920	12	34.1	9.84	VA0468	293099	4092677	105	293092	4092710	100	33.73
6	14.08.2018	14:57	9.47	29	10.66	35	8.73	35	10.66	35	115.6	920	12	73.69	21.27	VA0482	293099	4092677	105	293169	4092700	104	73.68
7	15.08.2018	15:03	22.11	28	25.8	24	32.87	27	32.87	27	123.3	710	11.83	22.45	6.53	VA0468	293105	4092643	102	293109	4092665	104	22.36
8	16.08.2018	15:11	7.37	23	5.79	24	8.88	20	8.88	20	122.6	730	12.16	68.06	19.52	VA0468	293094	4092580	102	293092	4092648	104	68.03
9	17.08.2018	12:00	12.49	27	7.39	20	6.64	39	12.49	27	127.1	920	11.5	50.08	14.77	VA0468	293094	4092598	102	293092	4092648	104	50.04
10	29.08.2018	13:35	20.49	49	8.18	45	10.59	24	20.49	49	122.9	840	10.5	33.85	10.45	VA0468	293105	4092617	100	293092	4092648	104	33.62
11	31.08.2018	12:09	17.37	29	13.07	37	8.74	24	17.37	29	120.8	630	10.5	41.98	12.96	VA0468	293107	4092609	100	293092	4092648	104	41.79
12	03.09.2018	13:46	5.2	28	12.46	33	9.86	31	12.46	33	120	420	10.5	51.12	15.78	VA0468	293106	4092599	100	293092	4092648	104	50.96
13	04.09.2018	12:02	3.01	41	5.04	23	4.35	17	5.04	23	113.6	378	10.5	101.4	31.29	VA0482	293103	4092521	96	293107	4092622	104	101.08
14	06.09.2018	15:22	20.5	60	10.13	12	8.52	25	20.5	60	130.4	690	11.5	31.11	9.17	VA0468	293102	4092538	96	293100	4092508	104	30.07
14	06.09.2018	15:22	12.17	30	8.17	24	6.59	23	12.17	30	123	690	11.5	84.53	24.93	VA0482	293102	4092538	96	293107	4092622	104	84.15
15	07.09.2018	14:52	13.04	54	4.23	20	3.7	64	13.04	54	122.1	300	7.5	65.24	23.82	VA0468	293099	4092652	92	293095	4092716	104	64.12
15	07.09.2018	14:52	10.24	79	8.24	39	5.93	45	10.24	79	118	300	7.5	85.25	31.13	VA0482	293099	4092652	92	293169	4092700	100	84.88
16	18.09.2018	14:48	9.16	41	5.72	29	5.54	24	9.16	41	116.8	840	10.5	74.36	22.95	VA0468	293109	4092591	90	293111	4092664	104	73.03
16	18.09.2018	14:48	5.82	43	6.83	21	3.99	25	6.83	21	116.8	840	10.5	90.54	27.94	VA0482	293109	4092591	90	293100	4092680	104	89.45
17	20.09.2018	15:28	8.3	47	6.34	43	5.05	38	8.3	47	119.8	680	8.5	54.9	18.83	VA0468	293103	4092627	90	293100	4092680	104	53.08

17	20.09.2018	15:28	8.31	45	9.42	37	4.51	26	9.42	37	118.8	680	8.5	47.64	16.34	VA0482	293103	4092627	90	293110	4092672	104	45.54
18	21.09.2018	11:47	4.69	51	6.77	28	6.04	29	6.77	28	116.6	450	7.5	59.54	21.74	VA0468	293100	4092653	90	293110	4092710	104	57.87
18	21.09.2018	11:47	13.46	37	7.41	47	7.3	45	13.46	37	122.5	450	7.5	37.82	13.81	VA0482	293100	4092653	90	293097	4092688	104	35.13
19	25.09.2018	13:57	5.17	23	9.39	26	6.3	28	9.39	26	120.7	520	6.5	63.1	24.75	VA0468	293099	4092558	90	293107	4092619	104	61.52
19	25.09.2018	13:57	10.1	28	14.75	24	23.12	18	23.12	18	124	520	6.5	23.79	9.33	VA0482	293099	4092558	90	293096	4092539	104	19.24
20	26.09.2018	11:31	3.43	51	2.96	24	1.74	37	3.43	51	115.3	280	7	89.38	33.78	VA0468	293107	4092592	90	293100	4092680	104	88.28
20	26.09.2018	11:31	2.58	43	4.68	21	1.44	28	4.68	21	117	280	7	81.27	30.72	VA0482	293107	4092592	90	293110	4092672	104	80.06
21	28.09.2018	14:40	6.54	68	7.1	49	4.08	24	7.1	49	121.5	600	7.5	34.93	12.75	VA0468	293100	4092648	90	293100	4092680	104	32
21	28.09.2018	14:40	11.9	57	7.98	45	6	60	11.9	57	120.6	600	7.5	29.53	10.78	VA0482	293100	4092648	90	293110	4092672	104	26
22	02.10.2018	14:51	5.51	54	7.71	23	2.93	31	7.71	23	124.6	720	9	70.46	23.49	VA0468	293098	4092647	90	293110	4092715	104	69.05
22	02.10.2018	14:51	16.13	45	9.48	41	8.15	34	16.13	45	123.6	720	9	31.3	10.43	VA0482	293098	4092647	90	293098	4092675	104	28
23	08.10.2018	15:06	3.98	25	4.64	25	3.5	21	4.64	25	119.6	520	6.5	84.55	33.16	VA0468	293099	4092546	90	293091	4092629	104	83.38
23	08.10.2018	15:06	38.1	28	27.22	19	20.91	18	38.1	28	128.6	520	6.5	17.46	6.85	VA0482	293099	4092546	90	293096	4092536	104	10.44
24	09.10.2018	14:08	5.12	34	9.02	25	5.12	23	9.02	25	118.5	390	6.5	59.11	23.18	VA0468	293100	4092560	90	293107	4092617	104	57.43
24	09.10.2018	14:08	15.62	29	12.01	28	12.95	22	15.62	29	128.9	390	6.5	28.07	11.01	VA0482	293100	4092560	90	293096	4092536	104	24.33
25	11.10.2018	11:33	5.95	27	6.9	26	5.96	27	6.9	26	117.6	280	3.5	29.95	16.01	VA0468	293101	4092562	90	293096	4092536	104	26.48
26	15.10.2018	12:12	17.93	43	10.44	31	12.33	47	17.93	43	128	450	7.5	31.45	11.48	VA0468	293100	4092657	90	293097	4092685	104	28.16
26	15.10.2018	12:12	7.97	79	9.24	22	4.54	54	9.24	22	123.6	450	7.5	55.72	20.35	VA0482	293100	4092657	90	293110	4092710	104	53.94
27	22.10.2018	11:41	21.45	60	8.78	37	12.2	45	21.45	60	129.2	520	6.5	27.86	10.93	VA0482	293097	4092649	90	293095	4092673	104	24.08
28	23.10.2018	11:13	11.83	28	13.13	43	8.46	32	13.13	43	126.6	293	10.5	45.27	13.97	VA0468	293097	4092630	90	293095	4092673	104	43.05
29	25.10.2018	13:26	10.43	45	12.48	25	7.75	23	12.48	25	127.7	520	6.5	45.76	17.95	VA0468	293102	4092630	90	293095	4092673	104	43.57
29	25.10.2018	13:26	6.79	28	9.51	24	4.63	23	9.51	24	121.9	520	6.5	44.99	17.65	VA0482	293102	4092630	90	293110	4092672	104	42.76
30	31.10.2018	10:59	6.21	33	6.46	23	3.76	28	6.46	23	123	520	6.5	56.22	22.05	VA0482	293102	4092619	90	293095	4092673	104	54.45
31	01.11.2018	11:31	9.31	26	7.73	24	5.58	26	9.31	26	124.9	510	8.5	59	20.24	VA0468	293096	4092580	90	293090	4092637	104	57.31
32	05.11.2018	13:17	4.28	31	6.29	24	3.93	26	6.29	24	119.7	510	8.5	81.31	27.89	VA0468	293107	4092580	90	293111	4092660	104	80.1
33	08.11.2018	12:01	9.28	35	14.67	33	12.27	31	14.67	33	121.3	600	7.5	27.95	10.21	VA0468	293096	4092587	90	293093	4092563	104	24.19
33	08.11.2018	12:01	4.3	28	3.47	15	6.6	20	6.6	20	123.7	600	7.5	54.18	19.78	VA0482	293096	4092587	90	293090	4092639	104	52.35
34	09.11.2018	11:46	7.38	30	9.05	28	6.89	33	9.05	28	121.4	510	8.5	51.21	17.56	VA0468	293102	4092576	90	293107	4092625	104	49.25

35	12.11.2018	11:54	6.36	33	9.45	26	6.04	28	9.45	26	118.7	600	7.5	39.87	14.56	VA0468	293102	4092588	90	293107	4092625	104	37.34
35	12.11.2018	11:54	3.74	38	5.22	24	5.84	27	5.84	27	120.1	600	7.5	80.45	29.38	VA0482	293100	4092588	90	293094	4092667	104	79.23
36	14.11.2018	11:58	10.68	38	11.25	35	7.9	39	11.25	35	123.6	450	7.5	34.38	12.55	VA0482	293102	4092594	90	293107	4092625	104	31.4
37	19.11.2018	12:05	3.37	35	7.18	20	2.87	34	7.18	20	122.1	450	7.5	58.58	21.39	VA0468	293101	4092604	90	293111	4092660	104	56.89
38	20.11.2018	12:15	25.34	30	16.29	28	15.36	22	25.34	30	132	450	7.5	25.55	9.33	VA0482	293096	4092591	90	293092	4092570	104	21.38
39	22.11.2018	11:51	2.16	47	3.31	26	1.95	26	3.31	26	114.3	450	7.5	93.19	34.03	VA0468	293106	4092568	90	293111	4092660	104	92.14
40	23.11.2018	11:35	3.17	47	5.34	29	2.16	49	5.34	29	115.6	390	6.5	85.25	33.44	VA0468	293107	4092576	90	293111	4092660	104	84.1
41	26.11.2018	11:39	12.93	30	3.5	34	2.09	38	12.93	30	115.3	450	11.25	44.55	13.28	VA0468	293098	4092667	90	293092	4092710	100	43.42
41	26.11.2018	11:39	4.1	60	6.41	27	3.18	23	6.41	27	118.8	450	11.25	79.54	23.71	VA0482	293098	4092667	90	293169	4092700	104	78.29
42	27.11.2018	11:33	3.04	54	4.13	23	1.56	21	4.13	23	115.1	450	7.5	92.12	33.64	VA0468	293108	4092569	90	293111	4092660	104	91.05

VIII. ÖZGEÇMİŞ

Mahmut Orkan DEMİRTAŞ 1984 yılında İzmir’de dünyaya gelmiştir. Öğrenim hayatına Konya’da Orgeneral Bedrettin Demirel İlkokulu’nda başlayıp, Barbaros İlkokulu’nda tamamlamıştır. 1995 yılında Konya Karatay Anadolu Lisesi’ne başlamış 1999 yılında mezun olarak İzmir Maltepe Askeri Lisesi’ni kazanmıştır. Daha sonra Kara Harp Okulu’na giderek öğrenim hayatına devam etmiş ve 2007 yılında İstihkam Sınıfına mensup Teğmen rütbesiyle mezun olmuştur. 2016 yılında İstanbul Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Patlayıcı Mühendisliği Programında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır.

İstihkam Yüzbaşı Mahmut Orkan Demirtaş, İzmir’de, Ankara-Polatlı’da, Kıbrıs Türk Barış Kuvvetleri Komutanlığında, Bosna-Hersek Türk Temsil Heyeti Başkanlığında ve İstanbul’da Piyade Okul Komutanlığı bünyesinde; takım, bölük komutanlığı, şube müdürlüğü, eğitim koordinatörlüğü ve öğretmenlik görevlerini yürütmüştür.

Halen İstanbul Maltepe’de 23’ncü Komando Tugay Komutanlığında şube müdürlüğü görevini yürütmekte olan İs.Yzb. Mahmut Orkan Demirtaş, evli 1 kız çocuk babasıdır. İyi seviyede İngilizce bilmektedir.