

Madencilik Faaliyetlerinde Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkilerin Ölçülmesi ve Analizi

T. Hüdaverdi, C.Kuzu

1. T. Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET: Patlayıcı maddeler gerek yeraltı işletmeciliğinde, gerekse açık ocak işletmeciliğinde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yerleşim yerlerinin ve hassas bölgelerin yakınında yapılan patlatmalar çevresel olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Patlatma kaynaklı olumsuz çevresel etkiler günümüzde birçok maden ve taş ocağının karşılaştığı en önemli kısıtlayıcı sorun olarak gözükmektedir. Bu çalışmada patlayıcı kullanımı nedeniyle ortaya çıkan en belirgin çevresel olumsuzluklar olan, patlatma kaynaklı yer sarsıntısı, hava şoku, ve taş savrulması üzerinde durulmuştur. Yer sarsıntısı ve hava şoku için ölçüm ve değerlendirme yöntemleri tanıtılarak yer sarsıntısı ve hava şokunun kaynakları incelenmiştir. KBF Murgul İşletmesi'ndeki ölçümler OSMRE (U.S. Office of Surface Mining) standartlarına göre analiz edilmiş, patlatma dizaynının yer sarsıntısı ve hava şoku üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Taş savrulma mesafesinin tahmini için literatürden yararlanarak Murgul İşletmesi için güvenli mesafe tahmini yapılmış, standartların uygun gördüğü maksimum taş savrulma mesafesi ayrıca irdelenmiştir.

ABSTRACT: Explosives are widely used both underground mining and open-pit mining. Blasting activities carried out near residential areas may cause negative environmental effects. This paper focuses on main adverse effects of blasting activities, blast induced vibrations, airblast, flyrock. The monitoring and evaluation of vibrations and airblast are presented and the causes of these environmental effects are investigated. Data recorded from blasting activities in KBI Murgul Mine are evaluated according to OSMRE (Office of Surface Mining) standards and affect of the blasting design on vibrations and airblast is examined. The throw of flyrock is investigated and maximum throw of flyrock is predicted using empirical models.

GİRİŞ

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı enerjisinin bir kısmı kayaya bir çatlak şebekesi oluşturmak ve oluşan bu yapıyı ileriye doğru itmek amacıyla kullanılır. Patlatma enerjisinin göz önünde bulundurulması gereken diğer bir kısmı ise iş yapmakta kullanılamaz ve sismik, ısı, ışık, ses enerjisi olarak harcanarak; yer sarsıntısı, hava şoku, taş savrulması, gaz emisyonu gibi çevresel olumsuzluklara neden olur. Bu etkiler ise işletme, çalışanlar ve işletme yakınındaki yerleşim yerleri için problemler doğurur.

Günümüzde çevre bilincinin gittikçe önem kazanması patlatma kaynaklı olumsuz çevresel etkilerin minimize edilmesi zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Çevresel etkilerin ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla literatürde farklı yaklaşımlar mevcuttur. Ölçümlerin doğru olarak gerçekleştirilmesi ve çevresel olumsuzlukların nedenlerinin doğru bir

şekilde ortaya konması sorunun çözümünde kilit unsur olmaktadır. Burada en önemli çevresel olumsuzluklar olan taş savrulması, yer sarsıntısı ve hava şoku üzerinde durulacaktır. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması aşamasında KBI Murgul İşletmesi'nde gerçekleştirilen tetkikler örnek olarak kullanılacaktır,

2 PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLER

2.1 Taş Savrulması

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde kaya kütlesi içinde yeterince hapsedilemezse reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gazlar atmosfere erken deşarj olur. Bu yüksek hızlı gaz boşalımının etkisiyle bazı kayacık parçaları kaya kütlesinden ayrılır ve çok uzak mesafelere savrulabilir. Savrulan

taş parçaları insan yaralanmalarına ve yapılarda ciddi hasarlara neden olabilir (Bilgin, 1999).

Patlatma sırasında izin verilen taş savrulma mesafesini belirlemek için OSMRE'ninde önerdiği ABD'de uygulanmakta olan federal yönetmelik düzenlemeleri (30 CFR Sec. 816.67 c) esas alınabilir. Buna göre; havada hareket etmekte olan veya zemin üzerinde yuvarlanan taş parçacıklarının savrulma mesafesi, patlatma yapılan alana en yakın yerleşim noktası ile patlatma yapılan alan arasındaki mesafenin yarısından fazla olmamalıdır. Ayrıca görevli personel tarafından kontrol edilmekte olan güvenli alanın dışına taş savrulması istenmemektedir (OSMRE, Federal Regulations, 2004).

Patlatma sırasında taş savrulma mesafesinin tahmini için literatürde çeşitli ampirik modeller mevcuttur. Burada SVEDEFO (İsveç Detonik Araştırma Kurumu) tarafından geliştirilen eşitlik kullanılarak Murgul İşletmesi için bir ön tahmin gerçekleştirilecektir. Bu eşitlik yoluyla maksimum taş savrulma mesafesi ve savrulan kaya parçalarının boyutu öngörülebilir.

$$L_m = 260 \times d^{2/3} \quad (D)$$

L_m = Maksimum taş savrulma mesafesi (m)
 d = Delik çapı (inch) (Jimeno ve diğerleri, 1995)

$$L_m = 260 \times 6,5^M$$

$$L_m = 906 \text{ m}$$

$$\varphi = 0,1 \times d^{2/3} \quad (2)$$

φ = Patlama nedeniyle fırlayan taş parçalarının boyutu
 d = Delik çapı (inch)

$$\varphi = 0,1 \times 6,5^{2/3} = 0,35 \text{ m}$$

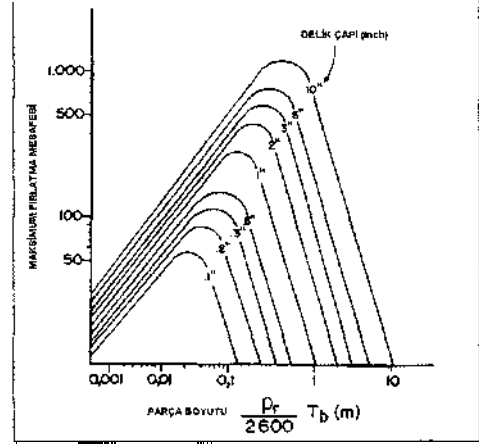
Murgul'da uygulanan 6,5 inch (165 mm) delik çapı için maksimum kaya fırlama mesafesi 906 m olarak hesaplanmıştır. Murgul İşletmesi'nde çalışılmakta olan Damar sahasının çevresindeki bir çok yerleşim birimi sahaya hesaplanan mesafeden daha yakındır. Bununla birlikte yapılan incelemelerde, 30 CFR kodlu yönetmelikte ifade edilen sınırları aşan bir taş savrulması olayına rastlanmamıştır.

Maksimum taş savrulma mesafesi Şekil 1 yardımıyla da bulunabilir. Madencilik çalışmalarında delik çaplarının 75 ile 250 mm arasında değiştiği göz önüne alınırsa Şekil 1 dikkate alınarak, maksimum kaya fırlama mesafesinin 500-1000 m arasında olacağı görülmektedir.

2.2 Hava Şoku

Patlatma sırasında kaya çatıklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluşturmurlar. Önlemlerin yetersiz kalması durumunda gürültü düzeyi yüksek seviyelere ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür.

Şekil 1 Parça boyutu ve delik çapı parametrelerine karşılık gelen maksimum taş savrulma mesafesi



Hava şoku dalgaları 0,1 Hz ile 200 Hz arasında değişen geniş bir frekans aralığına sahiptir. Frekansı 20 Hz'in üzerinde olan şok dalgaları işitilebilir ve gürültü olarak nitelendirilir. Frekans değeri 20 Hz'in altında olan ses dalgaları ise duyulmaz. Şok dalgaları yeterince büyükse her iki frekans aralığında da binalarda hasar meydana getirebilir (Olofsson, 1990). Şok dalgalarının yayılmasında rüzgar yönü, rüzgar hızı ve sıcaklık gibi atmosferik koşullar da etkilidir.

Çizelge 1 Hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi

dB	psi	
180	3,0	Binalarda Hasar
170	0,95	Pencere Camlarının Çoğu Kırılır
160	0,30	
150	0,095	Bazı Pencere Camı Kırılmaları
140	0,030	Ani (impulsive) Ses için Maksimum Seviye
128	0,0070	Emniyetli Seviye
120	0,0030	Rahatsız Edici Sürekli Ses Sınırı 15 Dakika Süreli Şok Dalgaları Halinde Şikayetler
110	0,00095	
100	0,00030	
90	0,000095	8 Saatlik Sürekli Seste Rahatsız Olma
80	0,000030	

Hatalı patlatma paterni, yetersiz sıklama boyu ve malzemesi hava şoku oluşumuna neden olmaktadır. Hava şoku oluşumuna neden olan bir diğer unsurdur infilaklı fitil kullanımıdır. Basamak patlatmasında deliklerin infilaklı fitil ile ateşlenmesi ve infilaklı fitilin patlar atımlarında kullanılması yüksek hava şoku değerlerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Çizelge 1 de hava şokunun çevresel etkisi gösterilmektedir.

2.3 Yer sarsıntısı

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısının oluşumu üzerinde etkili olan faktörleri genel olarak kontrol edilebilen faktörler ve kontrol edilemeyen faktörler olarak iki guruba ayırmak mümkündür. Kontrol edilebilen faktörler arasında gecikme başına patlayıcı miktarı, ateşleme yönü, şarj boyu ve çapı, delik eğimi, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe sayılabilir. Kontrol edilemeyen faktörler ise topografya, örtü tabakasının tipi ve atmosferik koşullardır (Atlas Powder Company, 1987).

Patlatma kaynaklı sarsıntıların büyüklüklerinin sorgulanması sırasında ön plana çıkan parametreler, parçacık hızı, parçacık ivmesi, deplasman, dalga frekansı olarak sıralanabilir. Patlatma kaynaklı yer sarsıntısı konusunun bu şekilde giderek artan önemine bağlı olarak, çeşitli ülkelerde, birbirine benzeyen düzenlemeler yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi de OSMRE (US Office of Surface Mining - ABD Açık Ocak Madencilik Ofisi) tarafından hazırlanan düzenlemedir (30 CFR (Code of Federal Regulations) Sec. 816.61, 62, 64, 66, 67, 68 ve Sec. 817-61, 62, 64, 66, 68). OSMRE' nin düzenlemelerindeki sorgulamalar için dört adet yol öngörülmüştür. Bu yolların hepsinde de ana unsur parçacık hızı olmaktadır (Kuzu ve diğerleri, 2003). Bu yollar;

- LYol : Uzaklığa Bağlı Parçacık Hızı
- ILYol : Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe
- Ifl.Yol : Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe
- rv.Yol : Frekans-Parçacık Hızı İkili

olarak adlandırılmakta ve patlatma kaynaklı sarsıntılarının alternatif sorgulama şekillerini içermektedir. Burada kısaca bu dön yöntemin ana hatları üzerinde durulacaktır.

2.3.1 Uzaklığa Bağlı Parçacık Hızı (1. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(2)(i)), her bir atımın sonucunda oluşan sarsıntı kaydedilir. Ölçülen parçacık hızına ait üç bileşenin ayrı ayrı ve mesafelere bağlı olarak Çizelge T de verilen limit değerleri aşp aşmadığına bakılır. Limit değerlerin

altında kalınması durumunda yapılan patlatma çevre için zararsız kabul edilir (OSMRE, Federal Regulations, 2004).

Çizelge 2 Uzaklığa Bağlı Olarak İzin Verilebilen Maksimum Parçacık Hızı Değerleri

Uzaklık (m)	Maksimum Parçacık Hızı Limit Değeri [mm/sn.]
0-91,44	31,75
91,74-1524	25,4
>1524,30	19,05

2.3.2 Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe (II. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(3)(i)), herhangi bir sismik izleme yapılmaksızın, Çizelge 3' de verilen uzaklığa (D) bağlı, "Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe Değerleri (SD)" esas alınarak, aynı anda patlatılabilecek olan patlayıcı madde miktarı (W) tesbit edilir. Buradaki "Ölçekli Mesafe";

$$SD = DW^{-0.5} \quad (3)$$

eşitliği ile tanımlanır.

Çizelge 3 Uzaklığa Bağlı Olarak İzin Verilebilen Maksimum Ölçekli Mesafe Değerleri

Uzaklık [ft]/[m]	Ölçekli Mesafe Limit Değeri SD= DAV ^{0.5} [ft/ib ^{0.5}]	8 ms aralıkla patlatılabilecek azami patlayıcı miktar [lb] // [kg]
100//30,48	SD = 50 0-300 ft / 0-90 m	4,0// 1,8140
150//45,72		9,0//4,08 i 5
200 // 60,96		16,0//7,2576
250 // 76,20		25,0// 11,3375
300//91,44		36,0// 16,3260
400// 121,92	SD = 55 301-5000 ft/ 91-1500 m	53 // 24,0355
600// 182,88		119//53,9665
800 // 243,84		212//96,1420
1000//304,80		331 //150,1085
2000 // 609,60		1322//599,5270
4000// 1219,20		5290//2399,0 i 5
5500// 1676,40	SD = 65 >5001ft/ >1501m	7160//3247,612
6000// 1828,80		8521 //3864,273
10000 // 3048,00		23700 // 10747,950

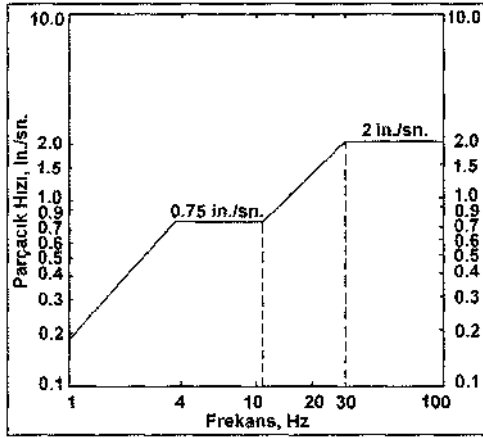
2.3.3 Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe (III. Yol)

Bu yöntemde sahada gerçekleştirilen patlatmalara dayanılarak, deneyimlere dayanan bir SD değeri geliştirilir (30CFR Section 816.67(d)(3)(ii)). Belirlenecek ölçekli mesafe (SD) değerleri için,

patlayıcı şarjı miktarı değiştirilerek oluşacak maksimum parçacık hızı değeri (PPV) önceden tahmin edilebilir. Böylece, II. Yol (Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe) ile yapılan SD tayinindeki patlayıcı madde sınırlanmasındaki aşırılık önlenmiş olacaktır. Bunun için daha önceden yapılan asgari 30 atımın sismik kayıtlarının değerlendirilmesi gereklidir. Buna ek olarak Bölüm 2.3.1' de açıklanan I. Yolda belirtilen limitlerin de aşılmaması gereklidir (Rosenthal, & Marlock, 1987).

2.3.4 Frekans-Parçacık Hızı ikilisi (IV. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(4)(i)), Maksimum Parçacık Hızı' na ek olarak, her bir 'Parçacık Hızı' nm sahip olduğu frekans değeri bilgisi de sorgulanmaktadır. Binalardaki rezonans frekansları da göz önüne alınarak düşük frekanslar için düşük parçacık hızlarına izin verilmekte ve 2 in./sn'lik (50,8 mm/sn) parçacık hızı üst sınır olarak alınmaktadır Şekil 2, sorgulamada kullanılan merdiven diyagramı göstermektedir (OSMRE, Federal Regulations, 2004).



Şekil 2 Parçacık hızı - frekans diyagramı

Çizelge 4 Farklı atımlara ait ölçüm değerleri

Atım no	Toplam Şarj (kg) / Gecikme basma şarj (kg)	Ölçüm mesafesi (m)	Parçacık hız (mm/sn)/Frekans (Hz)					Hava şoku (db)/ Frekans (Hz)
			Enine	Düşey	Boyuna	Maksimum	Bileşke	
1.	6436/256,4	350	2,03/10	1,65/10	2,67/8	2,67	3,22	120/41
2.	10640/512,8	135	19,4/34	17,9/37	22,5/43	22,5	28,3	140/30
3.	8820 / 512,8	255	1,52/17	1,90/43	1,90/37	1,90	2,35	125/6
4.	8256/512,8	210	11,2/15	12,7/16	11,3/14	12,7	14,8	128/5

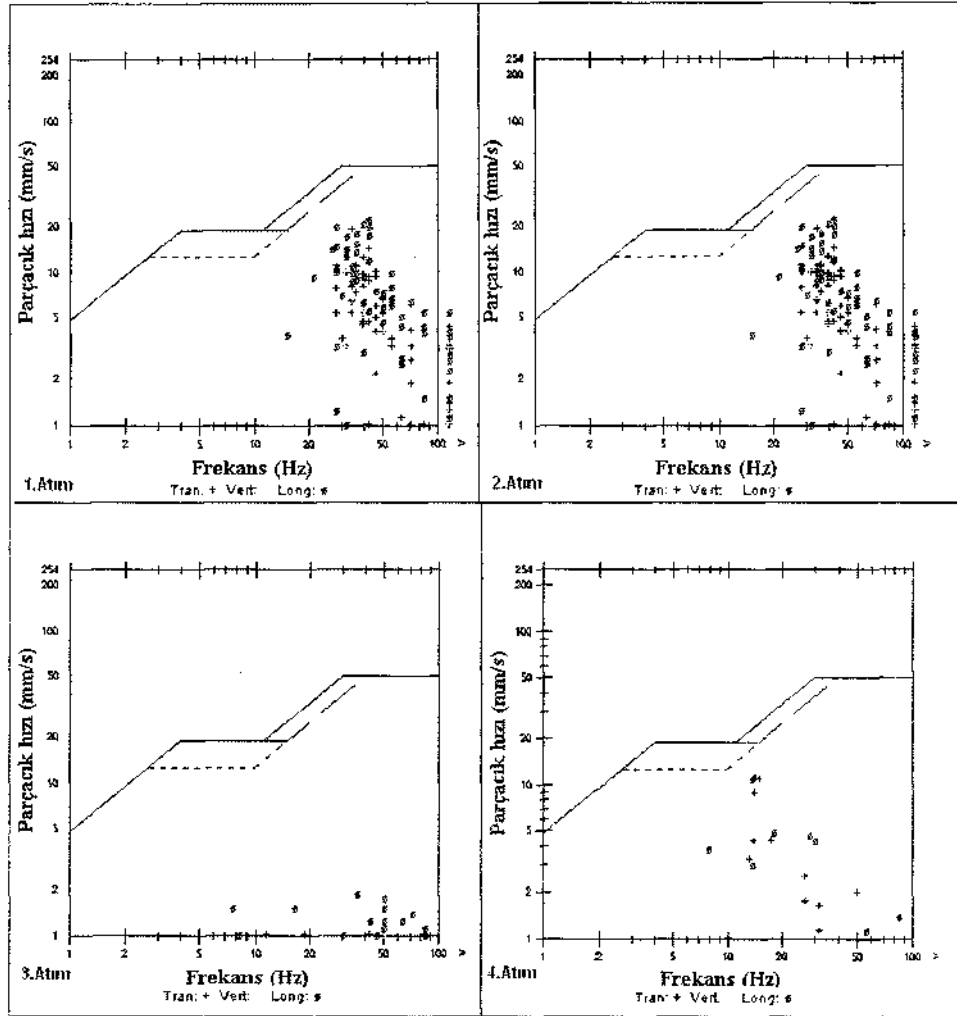
3 KBt MURGUL İŞLETMESİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN YERSARSINTISI VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜMLERİ

KBİ Murgul Açık İşletmesi'nde patlatma kaynaklı çevresel etkileri değerlendirmek amacıyla yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için InstanTel firmasının ürettiği MiniMate Plus™ cihazı kullanılmıştır.

InstanTel MiniMate Plus™ cihazı hem zemin vibrasyonunu hem de hava şokunu ölçebilmektedir. Cihaz jeofonu vasıtasıyla 254 mm/sn'ye kadar parçacık hızını ölçebilir. Hava şoku ölçümünü ise doğrusal skalada 88 ile 148 decibel arasında gerçekleştirebilmektedir. Çizelge 4 de, KBİ Murgul işletmesi'nde gerçekleştirilen dört farklı atıma ait ölçüm değerleri gösterilmektedir. Burada gerçekleştirilen yer sarsıntısı ölçümleri OSMRE'nin önerdiği I. Yol ve IV. Yola göre değerlendirilecektir.

Çizelge 4 incelenirse ölçülen parçacık hızı değerlerinin, Bölüm 2.3.1 de ortaya konan parçacık hızı limit değerlerini aşmadığı görülür. Yer sarsıntısı analizinde parçacık hızı kadar, frekans değerleri de önem taşır. İnsanlar düşük frekanslı dalgalar kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda insanların bunları algılaması daha güçtür. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yer değiştirmeler ve yüksek düzeyli birim deformasyonlar yarattığı için hasar olasılığını artırır (Hüdayerdi, 2004). Murgul İşletmesi'nde gerçekleştirilen ölçümlerde tespit edilen frekanslar 10 Hz değerinin üstündedir. Yalnızca I. Atım ölçümünde 10 Hz ve altında frekans değerleri elde edilmiştir.

Şekil 3 yukarıda yer sarsıntısı açısından değerlendirilen atımların Bölüm 2.3.4'te anlatılan maksimum parçacık hızı-frekans bakımından sorgulandığı merdiven diyagramları göstermektedir. Bu sorgulama yönteminden bakıldığında da parçacık hızı bileşenlerinin sınır değerlerin altında olduğu görülür.



Şekil 3 Örnek verilen dört atıma ait Parçacık hızı - Frekans diyagramları

4 SONUÇ

Madencilik faaliyetlerinde üretim ve örtü kazı amaçlı patlayıcı kullanımı geçmişte olduğu gibi günümüzde de kaçınılmazdır. Patlatma kaynaklı çevresel etkilerin tespiti ve değerlendirilmesi çevre bilincinin artışıyla bugün her zamankinden daha önemli olmaktadır.

Uygun ölçüm tekniği ve doğru değerlendirme ile patlatma kaynaklı çevresel etkilerin nedenleri

kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Ölçümler değerlendirilirken mümkün olduğunca literatürdeki farklı yaklaşımlar ve normlar göz önüne alınmalıdır.

Olumsuz çevresel etkilerin önlenmesi için üzerinde durulması gereken temel husus uygun patlatma dizaynidir. Kayaç özellikleri ve jeolojik yapıyı da dikkate alarak, bilimsel verilere dayalı patlatma dizaynı belirlenmeli, özellikle basamak patlatmasında uygun gecikme aralıklı ateşleme gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Atlas Powder Company, 1987. Explosives And Rock Blasting. USA. s.350, 362.
- Bilgin H. A., 1999. Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunları, Barutsan dergisi, s. 38-40
- HUdaverdi T, 2004. KBİ Murgul İşletmesi'ndeki çok sıralı patlatmalar için optimum çalışma şartlarını araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü s. 69
- limeno C.L., Jineno E.L. & Carcedo F.J.A., 1995. Drilling And Blasting of Rocks. A.A.Balkema, Rotterdam, s. 366-367
- Kuzu C, HUdaverdi T.& Öztürk Ö.. 2003. Patlatma Kaynaklı Titreşimlerde OSMRE Çözümleri-2 İstanbul-BUyükmece Gölü Batısı Taş Ocakları Uygulama Örneği. 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul 3-4 Aralık, s. 257-265
- Olofsson S.O., 1990. Applied Explosives Technology For Construction And Mining. Applex, Sweden, s. 237-238
- OSMRE, Federal Regulations, 2004. Code of Federal Regulations 30 CFR Part 700, <http://www.osmre.gov/regindex.htm>; ve / veya <http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfr-retrieve.html#page1>
- Rosenthal M. F., Marlock, G.L., 1987. Blasting Guidance Manual. OSMRE.