

(¹)ÇATALCA YÖRESİ SARIKAYATEPE TAŞ OCAĞINDA
PATLATMADAN KAYNAKLANAN TİTREŞİM ÖLÇÜM
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF THE RESULTS OF GROUND VIBRATION
MEASUREMENTS INDUCED BY BLASTING IN
SARIKAYATEPE QUARRY OF ÇATALCA REGION

Doç.Dr. Ali KAHRIMAN \ Yrd.Doç.Dr. Güngör TUNCER*.
Savaş GÖRGÜN*, Arşt.Gr.v. Kadir KARADOĞAN*

ÖZET:

Yer sarsıntısı, bir enerji formu halinde zeminden geçerek transfer olur ve belli bir seviyeye vardığında, komşu yapılara zarar verir. Patlatma sonucu oluşan enerjinin bir kısmı delikten itibaren farklı frekanslarla, sismik dalgalar halinde her yöne doğru yayılır. Bu sismik dalgaların enerjisi, mesafe artıkça sönümlenir. Titreşimler, yakın bölgelerde mesken, sanayi tesislen ve diğer yapılarla birlikte kaya yapılarına hasarlar verebilir. Bu yüzden; patlatmanın kaçınılmaz olduğu madencilik, taş ocakçılığı, İnşaat gibi çeşitli sektörlerde, yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri ile sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır.

Bu bildiri; Sankayatepe kireçtaşı ocağında basamak patlatması sonucu oluşan yersarsıntısı ölçüm sonuçları sunulmaktadır. Bu kapsamda çalışılan saha için parçacık hızının tahminine yönelik olarak, uzun bir periyotta, basamak patlatmalar yapılmış ve yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Bunun için her atımın ölçekli mesafe unsurları dikkatlice kaydedilirken, iki farklı titreşim cihazı ile yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Daha sonra, ölçekli mesafe ve parçacık hızı veri çiftleri analiz edilmiştir. Parçacık hızının kestirimi içm literatürde yaygın kullanıma sahip ölçekli mesafe eşitliği göz önüne alınmıştır. Değerlendirme sonunda, bu saha için parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında iyi korelasyonlu bir ampirik ilişki elde edilmiş ve önerilmiştir.

ABSTRACT:

Ground vibrations, which are a form of energy transport through the ground, may damage adjacent structures when they reach a certain level. Some of the energy released from a blast propagates in all directions from the hole as seismic waves with different frequencies. In the near region, the ground vibration can cause damage to buildings and other man-made structures by causing dynamic stresses. So the environmental problems arising from ground vibration and air blast have been faced and discussed frequently in various industries such as mining, construction, quarry etc. Where blasting unavoidable operations.

The paper presents the result of ground vibration measurements realized in a limestone quarry namely Sankayatepe. Within the scope of this study in order to predict peak particle velocity level for this site, ground vibration components were measured for blast events during bench blast optimization studies over a long period. While the parameters of scaled distance were recorded carefully the ground vibration components were measured by means of two different types vibration monitors (Nitro Consult UVS 1504 and Instant! Minimate Plus models) for events. Then, the data pairs of scaled distance and peak particle velocity were analyzed. The equation of scaled distance extensively used in literature was taken into consideration for the prediction peak particle velocity. At the end of evaluation an empirical relationship with correlation was established between peak particle velocity and scaled distance for this site.

(*)Bu Çalışma, İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir. Proje No 1056/031297

* 1.0. MOhendilik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Avcılar-İSTANBUL

1. GİRİŞ

Patlatmalı kazı işlemlerinde; patlatmanın asıl amacı kayayı kırarak gevşetmek ve ÖtelemektiİR. Çoğu patlatmanın bu amacı oldukça etkin bir şekilde gerçekleştirmesi tartışılabilir. Ancak detonasyon sürecinde çeşitli nedenlerle kayaya uygulanan enerjinin bir kısmı, sismik dalga ve hava şoku şeklinde verimsiz artık enerjiye dönüşür. Bu enerji, patlatma kaynağından uzaklaşarak ihmal edilebilir bir düzeyde tamamen sönünceye kadar önemli bir mesafe katedebilir. Bu süreçte, kaya yapılarında ve binalarda önemli hasarlara ve yerleşim yeri sakinlerinin ise, tedirgin olmasına neden olabilir¹.

Son yıllarda, ülkemizde üretim taleplerine eşdeğer olarak madencilik, taş ocakçılığı gibi patlatmak kazı çalışmalarının zorunlu olduğu sektörlerde, sürekli artan miktarlarda patlayıcıların kullanılmasıyla çevre üzerinde olumsuz etkilerde de artışlar olmaktadır. Hızlı nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak bu tür gerçek yada psikolojik şikayetler giderek yoğunluk kazanmakta ve patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu bu sektörlerde üretim faaliyetlerinin durdurulmasına kadar ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, bir patlatma tasarımının uygulanması sırasında sadece parçalanma derecesi, eş dağılımlık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin elimine edilmesi de dikkate alınmalıdır. Patlatmadan kaynaklanan benzeri çevresel problemler, endüstriyel atımlarını ve alt yapılarını ülkemizden çok daha önce tamamlamış, gelişmiş ülkelerde de yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" ortaya konulmuştur. Frekansın fonksiyonu olarak, maksimum parçacık hızı tahmini güncelliğini korumaktadır. Bu araştırma kapsamında, öncelikle konu ile ilgili literatürdeki bazı yaklaşımlara kısaca değinilmiştir. Daha sonra yerinde yapılan ölçüm çalışmaları açıklanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ BAZI ÇALIŞMALAR

Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri günümüze kadar değişik basan dereceleriyle uygulanagelmıştır. Bu araştırmaların çerçevesi iki ana başlık altında ifade edilebilir^{2,3,5,8,11}.

a-) Patlatma sonucu oluşan titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi.

b-) Farklı yapılar için hasar kriterlerinin saptanması ve dikkatli patlatma taşanını uygulaması.

Hasar tahmini için geliştirilen bazı önemli kriterler ve ilgili parametreler kısaca gözden geçirilerek aşağıdaki gibi özetlenmiştir^{6,9,10}.

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 Cannet, 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 DİN 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. Rosenmal 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

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

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

Bununla beraber son yıllarda, titreşim unsurları limitlerinin, öter itelerce giderek azaltıldığı görölmektedir. Ancak bu durum, mühendisler için, patlatmanın maliyete etkisinin dengede tutulmasını oldukça zorlaştırmıştır. Bu nedenle patlatma çalışmalarının optimizasyonu için, Öncelikle, aşağıdaki üç ana kavramı belirlemek ve patlatma aktivitelerini etkileyen faktörler arasında bir risk analizi yapmak gereklidir,

i. Çevre için kabul edilebilir titreşim sınırı nedir?

ii. İzin verilen sınırları aşmadan belirli bir mesafede nem kadar miktarda şarj patlatılmalı?

iii. Civarında bina yada titreşiğe karşı hassas ekipman var mı?

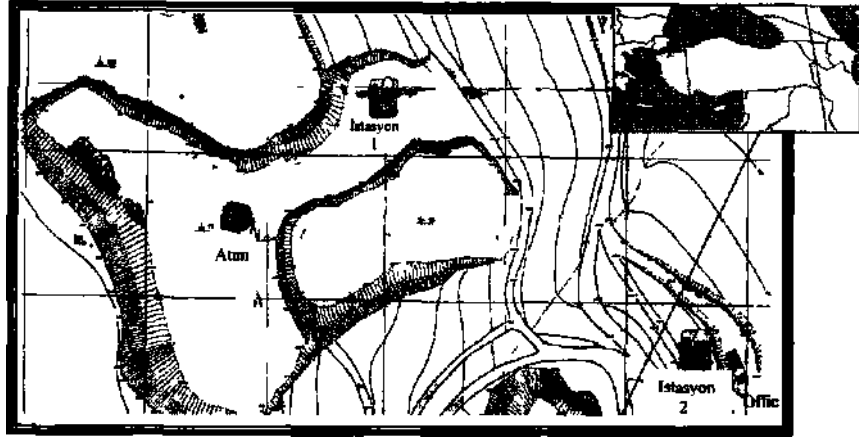
3. ÇALIşMA SAHASI VE ARAşTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

3.1 Çalışma Sahası

On aydan fazla süren bu araştırma programı, patlatma şartlarının optimizasyonu ve çevresel problemlerin elimine edilebilmesi için Akçansa Çimento Fabrikasına ait Sankayatepe taş ocağında yürütölmüştür.

Bu araştırma projesi, yersarsımsız ölçümlerini ve ölçekli mesafe parametrelerinin kaydedilmesini kapsamaktadır. Çalışma sahası İstanbul ili, yakınlarında olup ocağın genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir. Ocağın bulunduğu bölgenin büyük bir kısmını oluşturan kaya birimi kireçtaşı formasyonudur.

Sankaya tepe taş ocağında delme-patlatma ile yıllık yaklaşık bir milyon ton kireçtaşı üretilmektedir. Taş ocağı İle birlikte bölgede sırasıyla üretim sahasından yaklaşık 500 ila 1200 m uzaklıkta bir kaç fabrika ve bir köy bulunmaktadır. Bu nedenle çalışma sahası civarında gerek fabrikaların gerekse köylerin bulunması daha dikkatli patlatma tasarımı gerektirmektedir.



Şekil I. Sarıkayatepe taş ocağı

3.2 Araştırmada Uygulanan Yöntem

On aydan daha fazla bir süreyle sürdürülen basamak patlatması optimizasyon çalışmaları sırasında, bu sahada parçacık hızının tahmin edilebilmesi için 45 patlatma olayının yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Patlatma çalışmalarında ANFO + %5 Al (Esas Patlayıcı), Rovex 650 ve jelatmit dinamit (Yemleme) ve Nonel (Ateşleme) gibi patlayıcı maddeler kullanılmıştır. Bu çalışmada, ölçekli mesafe parametreleri (Her gecikme için toplam şarj, istasyon ile atım yeri arasındaki uzaklık) dikkatlice kaydedilirken, yersarsıntısı unsurları da 45 olay için iki farklı cihazla (Nitro Consult UVS 1504 ve Instante! Minimate) ölçülmüştür. Başlangıçta, İki tip cihaz arasındaki kalibrasyon göz önünde bulundurulmuştur. Bu yüzden bazı test atımları gerçekleştirilmiş ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Parçacık hızının önceden tahmin edilebilmesi için literatürde yaygın kullanıma sahip silindirik şarj için literatürde önerilen aşağıdaki ölçekli mesafe eşitliği göz önüne alınmıştır.

$$SD-R/W^5$$

Burada SD, Ölçekli Mesafe; R, Atım yeri ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklık (m), Wd, Gecikme başına maksimum şarj (kg).

Diğer taraftan, parçacık hızının önceden tahmin edilebilmesi için araştırmalarda daha yaygın kullanıma sahip aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$PPV(mm/sD) = K \% (SD)^*$$

Burada; K, Arazi iletim katsayısı; β. Özel jeolojik sabit

Bu sahada parçacık hızının önceden tahmin edilebilmesinde her bir atım için doğruca uygulanan patlatma tasarımları geliştirilmiştir. Gecikme başına düşen toplam şarj dikkatlice kaydedilirken, ölçüm İstasyonları ile atım kaynağı arasındaki uzaklık topoğrafik aletler yardımıyla ölçülmüştür. Yersarsıntısı unsurları ise aşağıda özellikleri özetlenen iki tip cihaz tarafından kaydedilmiştir..

Söz konusu ölçüm cihazlarının her biri üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden oluşmakta olup, cihazların kayıtları zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedirler. Cihazlar, tek bir olay veya sürekli kayıt yapabilmektedirler. Her bir olayın süresine (1-10 saniye arasındaki uzaklığa bağlı olarak) göre ortalama 150 ile 200 arasında olayı geniş yada özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazların ölçüm limitleri parçacık hızı için 0.0005 - 9.999 inç/sn iken gürültü için 100-142 desibel aralıkları düzeyindedir. Bu limitler içerisinde istenilen aralıklar ayarlanabilmekte olup; kaydedilecek olay süresi kayıt biçimi (tek veya sürekli) istenilen birimler, çalışma sahası, kullanıcıya ait bilgiler önceden arzu edilen şekilde programlanabilmektedir. Tüm işlemlere uygun fonksiyonlar cihazların hafıza ünitelerinde mevcuttur⁴.

4. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Basamak patlatmasından kaynaklanan titreşim hasan, uyumlu baskın frekansla ilgili olan parçacık hızlarına dayanılarak değerlendirilebilir. Patlatmadan kayaya transfer olan titreşim hızı, patlatma reaksiyonu sırasında gelişen enerjiyle doğru orantılıdır. Titreşim hızı atım noktasına olan mesafeyle ters orantılıdır. Her patlatma sahası bir diğerinden farklıdır. Sahanın jeolojisi, kaya tipi ve özellikleri, patlatma paterni ve delik şarjı, buna ilaveten bölgenin yapı hususu gibi küçük farklılıklar her sahada mevcuttur. Ayrıca, Ölçekli mesafe kavramı, gecikme basma toplam şarj ile atım noktasından ölçüm istasyonuna olan uzaklık arasındaki önemli bir ilişkidir. Ölçekli mesafe, genellikle mesafenin, gecikme başına toplam şarjın kareköküne bölümü olarak ifade edilir.

Ölçekli mesafe ve parçacık hızı ile ilgili olan bu ampirik formül, titreşim-monitör ekipmanlarının kullanıldığı sahada bizzat bulunan sonuçlardan geliştirilmiştir. Bu formül, parçacık hızının sönümlenme oranında bölgenin kaya karakteristiklerinin etkisini hesaba katan K ve β saha faktörlerini içerir. Bu iki faktör, parçacık hızını tahmin edebilmek amacıyla, her patlatma sahası için belirlenmelidir. İstatistiksel analiz teknikleri, titreşim veri çiftleri için uygulandığı zaman, hızın ölçüldüğü yerdeki Ölçekli mesafeye karşılık gelen parçacık hızı tahmini için; saha spesifik hız yaklaşımını veren azalan bir eğri denklemi kurulabilir.

Sankayatepe taş ocağında gerçekleştirilen 45 olayın ölçüm sonuçları; her bir olay için parçacık hızı, uzaklık, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde miktarı ve ölçekli mesafeyi içeren Tablo 1'de sunulmuştur².

Tablo 1. Yersarıntısı Ölçüm Sonuçları

Atım No	Parçacık Hızı PPV (mm/sn)	Frekans Ff(Hz)	Toplam Şarj W _t (k _s)	Gecikme Başına Toplam Şarj W _i	Mesafe (m)	Ölçekli Mesafe
1	2.35	10	2102	538	257	1108
2	1.75	10	482	130	190	16.66
3	1.75	24	1567	63	155	19.52
4	0.55	5.9	2176	75	270	31.17
5	1.2	10	1300	69	150	18.05
6	0.65	13	4652	82	280	30.92
7	1.3	28	1665	70	145	17.37
8	1.95	9.4	3090	91	260	27.25
9	73	10	4350	189	230	16.73

Tablo 1 (Devam)

10	0 85	11	4390	81	255	28 33
11	1 55	22	2075	72	143	16 85
12	07	15	4120	90	275	28 98
13	09	84	630	57	152	20 13
14	06	8	3610	88	280	29 84
15	0 95	56	3100	206	283	1971
16	0 75	84	4125	90	285	30 04
17	0 75	59	2570	96	287	29 29
18	0 55	85	3395	90	290	30 56
19	0 55	35	3120	92	292	30 44
20	0 65	67	4165	93	295	30 59
21	06	27	2065	86	298	32 13
22	07	11	2260	87	300	32 16
23	06	13	1840	123	306	27 59
24	0 55	8	3080	96	308	3143
25	07	91	3858	97	275	27 92
26	06	65	2050	90	300	3162
27	1	61	1260	140	220	18 59
28	05	16	1755	80	259	28 95
29	06	8	220	44	255	38 44
30	09	94	1225	175	254	19 20
31	36	17	11415	275	60	36
32	7 11	37	3289	80	520	58
33	97 2	28	427	133	38	33
34	461	57	242	242	46 2	2 97
35	144	20	180	180	23	1 72
36	224	51	247	247	17	108
37	1 8	27	1836	108	420	40 42
38	17	20	3910	115	300	39 16
39	5 1	20	3216	134	420	25 92
40	1 75	15	3360	96	420	42 87
41	135	11	2684	122	420	37 97
42	i	18	944	43	275	42
43	0 15	9	4250	170	520	40
44	1	17	3840	120	300	27
45	06	32	138	138	420	35

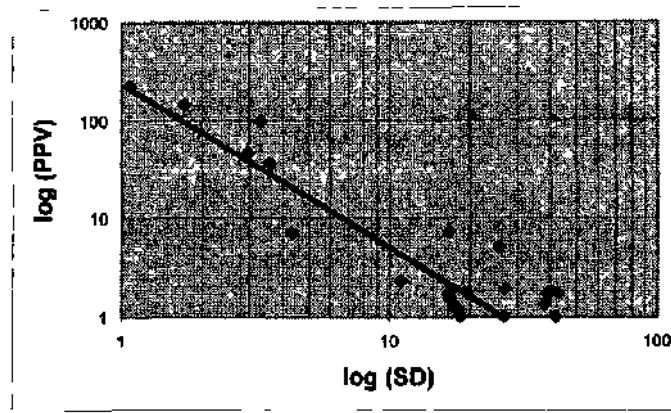
Parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında, kullanışlı bir ilişki saptamak için Tablo 1'de ki veriler kullanılarak basit regresyon analizi yapılmıştır. Basit regresyon analizinde doğrusal, logaritmik ve üssel fonksiyonel yaklaşımları kullanılmış ve yüksek korelasyon katsayılı en iyi tahmin denklemi belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda, parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasında elde edilen bu ilişkinin, literatürle uyum içinde olduğu görülmüş ve aşağıdaki formül belirlenmiştir.

$$PPV = 235 \times (R \cdot 4W \cdot y^{1M}) \quad (r = 0.91)$$

Bu saha için K ve β faktörleri sırasıyla 235 ve 1.66 olarak saptanmıştır. Parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında elde edilen grafik Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil'den de görüldüğü gibi PPV eşitliği literatüre uygun bir biçimde sonuçlanmıştır.

Buna ilaveten, bu ilişki yerinde yapılan ölçümlerle test edilmiş ve hesaplanan PPV değerleri ile ölçülen değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. (Tablo 2). Tablo 2'de görülebileceği gibi yerinde ölçülmüş değerler ile formülle tahmin edilmiş değerler arasındaki standart sapma yüzde beşi geçmemiştir².

Şekil 2. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi.



Tablo 2. Hesaplanan ve Ölçülen Parçacık Hızları

A tımN o	Ölçekli Mesafe (SD)	PPV (mm/sn) Hesaplanan Ölçülen	
1	27	099	100
2	35	0.65	060
3	40	0.52	0 45

Bu durum, bu sahada saptanan formülün kullanılmasıyla, güvenilir patlatma tasarımları yapmanın mümkün olabileceğini ispatlamıştır. Bu yüzden, bu saha için yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı tahminine yönelik olarak, elde edilen yukarıdaki bu eşitlik önerilmiştir. Bununla birlikte, sahada daha fazla atım izlenmeli, daha fazla veri elde edilmeli ve bu regresyon modeli güncelleştirilmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevresel sınırlamalar, madencilik faaliyetlerini gittikçe artan bir şekilde kısıtlayacaktır. Bu yüzden patlatmadan kaynaklanan yersarsımsız ölçümleri, çevresel problemlerin elimine edilebilmesi ve kontrolü için büyük önem taşımaktadır. Çünkü frekansla birlikte parçacık hızı halen kontrollü patlatma tasarımı için yersarsımsız kestiriminin en önemli araçlarından biridir. Yapılan çalışmalar sonucunda, kireçtaşının egemen olduğu bu saha için, parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasında iyi korelasyonlu bir ampirik ilişki saptanmıştır. Bu ilişki kullanılarak belirli mesafeler için gecikme başına izin verilecek en fazla şarj miktarları, pratik tablo veya grafikler halinde ifade edilebilir ve bu yolla uygulamada çalışanlara kolaylıklar sağlanabilir. Ancak, sadece parçacık hızı büyüklüğünün tahmininde kullanılan bu formülün, çeşitli etkiler nedeniyle düzensiz sonuçlar verebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Formülü desteklemek için daha fazla olay, farklı yönlerde izlenmeli ve regresyon analizleri daha fazla Ölçüm sonuçları göz önünde tutularak güncelleştirilmelidir. Bunlara ilaveten ocağın ilerlemesine ve zamana bağlı olarak da tekrar gözden geçirilmelidir.

Gelişmiş ülkelerde bu tür çevresel problemlerin çözümüne dönük araştırma programları uzun süreden beri sürdürüldüğü ve muhtelif standart ve kriterler oluşturulduğu dikkate alındığında; ülkemizin bu konuda çok yetersiz ve gecikmiş olduğu görülmektedir. Bu nedenle, benzer titreşim ölçüm çalışmalarının yaygınlaştırılarak, ülkemiz koşullarına uygun standart ve kriterlerin oluşturulmasına dönük verilerin sağlanması, konu ile ilgili kuruluşlar için ekonomiklik ve emniyetlik açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. ipek, T. "Yapılarda Oluşan Sarsıntıların Aşgariye indirilmesi için Patlatma Dizaynının Optimize Edilmesi", Barutsan Dergisi, Sayı: 1997/2, Syf 4-12
2. Kahrıman, A., Kesimal, A., Tuncer, G. "Prediction and Measurement of Environmental Problems Produced From Blasting". Second International Symposium on Mine Environmental Engineering. 1998, syf. 231-239
3. Kahrıman, A., Ceylanoğlu, A., Demirci, A. "Sivas-Ulaş Yöresi Sölestit Açık İşletmesinde Basamak Patlatmasından Kaynaklanan Yersarsıntısı Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi" 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 16-18 Ocak 1996, Ankara, S. 89-96.
4. Kahrıman, A., Görgün, S., Karadoğan, A.K. "Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Titreşimlerin Kentsel Alanlar Üzerine Olan Etkileri ve Alınacak Önlemler", Jeoloji ve Kentleşme Sempozyumu, 19-21 Kasım 1998, İstanbul.
5. Singh, P.K., Vogt, W., Pal Roy, P., Singh, D.P. "Prediction and Control of Ground Vibration in a Dolomite Quarry in India". Braunkohle Surface Mining, n. 4 Juli/August 1996, pp. 391-398
6. Felice, J.J. "Applications of Modeling to Reduce Vibration and Air Blast Levels" Fourth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. 5-8 July 1993, Vienna, Austria.
7. Johnston, G.J., Durucan, Ş "The Numerical Prediction, Analysis and Modeling of Ground Vibration Induced by Blasting" Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. 18-20 October 1994. İstanbul, Turkey.
8. Ceylanoğlu, A., Kahrıman, A. "Measurement and Analysis of Ground Vibration Induced by Bench Blasting in a Celestite Open-pit Mine in Turkey" Fourth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, October 7-11, 1996, Cagliari, Italy, Volume 1, pp. 283-290.
9. Langefors, U., Kihlström, B. "The Modern Technique of Rock Blasting" Third Edition. 1978, Stockholm, Sweden.
10. USBM Bulletin, OSM Bulletin, 1983, USA.