



## Adana Çimento Çaldağ Hammadde Sahasında Yapılan Basamak Patlatmalarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi

Esma KAHRAMAN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 01250, Adana

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4326-7202>

\*Sorumlu yazar: ekahraman@cu.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 18.03.2022

Kabul tarihi: 15.06.2022

Online Yayınlanma: 12.12.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Adana Çimento

Delme-patlatma

Kaya savrulması

Hava şoku

Titreşim

### ÖZ

Patlatmanın neden olduğu çevresel etkiler, madencilik ve inşaat sektörünün temel sorunlarından biridir ve yakındaki yapılara ciddi zararlar verebilir. Bu nedenle madenlerde patlatmanın çevresel etkilerinin en aza indirilmesinde titreşim, hava şoku (gürültü) ve kaya savrulması çalışmaları önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada; hammadde sahasında basamak patlatması sırasında meydana gelen titreşim, hava şoku (gürültü) ve kaya savrulması etkileri gözlemlenmiş ve hammadde sahasına en yakın yerleşim birimleri olan Adana Çimento fabrikası ile diğer yapıların ne ölçüde etkilendiği araştırılmıştır. Bu bağlamda titreşim, gürültü ve taş savrulması için ölçümler yapılmıştır. Ayrıca; çalışma sahasında gerçekleştirilen basamak patlatmaları ile oluşan çevresel etkiler mevcut mevzuatlara göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda sahada gerçekleştirilen patlatmanın fabrika ve çevre yerleşimlere olumsuz bir etkisinin olmayacağı kanaatine varılmıştır.

## Investigation of Environmental Effect of Bench Blasting in Adana Cement Çaldağ Raw Material Field

### Research Article

#### Article History:

Received: 18.03.2022

Accepted: 15.06.2022

Published online: 12.12.2022

#### Keywords:

Adana Cement

Drilling-blasting

Flyrock

Air pressure

Vibration

### ABSTRACT

Environmental effects induced by blasting are one of the fundamental problems in the mining and construction industry and may cause severe damage to structures nearby. Therefore, vibration flyrock, air pressure (noise), studies plays an important role in the minimization of environmental effects of blasting in mines. In this study; vibration, air shock (noise) and fly-rock impacts occurring during bench blasting in raw material site have been observed and it has been researched also to what extent Adana Cement factory and other structures, which are the nearest settlements to the raw material site, were affected. In this context, vibration, air pressure (noise) and flyrock were measured. Also; The environmental impacts caused by the step blasting carried out in the study area were evaluated according to the current legislation. As a result of the study, it was concluded that the blasting carried out in the field will not have a negative effect on the factory and surrounding settlements.

**To Cite:** Kahraman E. Adana Çimento Çaldağ Hammadde Sahasında Yapılan Basamak Patlatmalarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(3): 1453-1467.

## 1. Giriş

Delme ve patlatma, madencilik operasyonlarının yanı sıra tünel ve yol inşaatı gibi bazı inşaat mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir kaya parçalama tekniğidir. Kazı ve üretim açısından en ekonomik ve en hızlı yöntem delme patlatmadır.

Patlatma, patlayıcı maddelerin kimyasal reaksiyona girerek şok dalgası oluşturmasıdır. Patlatma sırasında kimyasal reaksiyon süpersonik hızda ilerler ve patlayıcının kayaca etkisi kısaca üç aşamada gerçekleşir (Orica-Nitro, 2006). İlk olarak ateşlemenin başlaması ile beraber delik çevresi kırılarak genişlemeye başlar. İkinci aşamada ise ses hızına ulaşan stres dalgaları tüm yönlerde yayılmaya başlayarak serbest yüzeyden yansır ve bir çekme kuvveti oluşur. Böylece kayaç serbest yüzeye doğru kırılmaya başlar. Son aşamada ise; patlatma sonrası oluşan yüksek basınç ve hacimdeki gazlar çatlaklara dolarak kayacı serbest yüzeye doğru öterler. Tüm bu işlemler gerçekleşirken patlatma enerjisinin belirli bir kısmı parçalanmayı sağlar. Atık enerji olarak değerlendirdiğimiz kısım ise titreşim, gürültü gibi patlatmanın istenmeyen çevresel etkilerine sebep olur (Hüdaverdi ve Kuzu, 2005).

Madencilik faaliyetleri hammaddenin bulunduğu yerde gerçekleşmek zorundadır. Hatta bazı durumlarda çalışma sahası yerleşim yerleri ve tarihi yapılara oldukça yakınlaşmaktadır. Bu durumda; üretimin temel işlemi olan delme patlatma faaliyetlerinden kaynaklı çevresel etkileri değerlendirilerek en uygun patlatma tasarımını belirlemek gerekmektedir (Bilgin ve ark., 2000; Chen ve Huang, 2001; Adhikari ve ark., 2004; Cihangir ve ark., 2005; Kahraman ve Kılıç, 2016). Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda hem çevre halkının şikayetleri artacak hem de yapılarda zararlar meydana gelecektir.

Bu çalışmada hammadde sahasının fabrikaya yakın olmasından dolayı Adana Çimento Çaldağ taşocağında yapılan patlatmalar incelenmiş, ölçümler alınmış ve bu patlatmaların üretim tesisleri ile çevredeki diğer yerleşim yerlerinde oluşabilecek çevresel etkileri, “T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı” “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzuna (ÇŞB, 2018)” göre hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

## 2. Patlatmanın Çevresel Etkileri

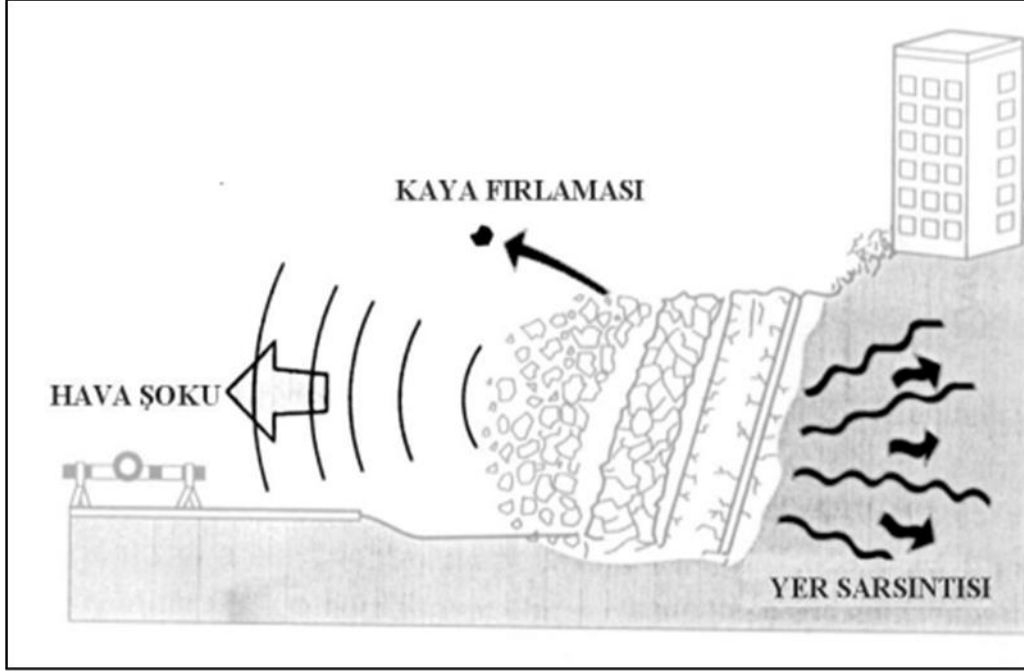
Üretim veya kazı amaçlı yaptığımız patlatmaların amacı kayayı kırarak gevşetmektir. Bu işlem gerçekleşirken yaratacağı çevresel etkileri en aza indirmek gerekmektedir.

Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler; patlatma sırasında ortaya çıkan enerjinin parçalanma işlemlerini gerçekleştirdikten sonra geriye kalan kısmının kaya içerisindeki veya atmosferdeki hareketlerinden kaynaklanmaktadır (Yıldızlar, 2009).

Çevresel etkinin azaltılması ancak en uygun patlatma tasarımı uygulanarak ve patlayıcı enerjisini verimli bir şekilde kullanarak sağlanacaktır. Dizaynı iyi yapılmamış bir patlatma düzeni verimsiz bir patlatmaya sebep olacaktır. Bunun sonucunda; yetersiz parçalanma, patlatılan kayanın gerisinde oluşan çatlaklar, tırnak oluşumu, kaya savrulması, yüksek düzeyde yer sarsıntısı ve hava şoku gibi

olumsuzluklar gözlenecektir (Fellice, 1993; Johnston ve Durucan, 1994; Singh ve ark., 1996; Kesimal ve ark., 2008). Bilinen en önemli patlatma kaynaklı çevresel etkiler;

- Yer titreşimi,
- Hava şoku,
- Kaya savrulması ve
- Toz emisyonu olarak sıralanabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Patlatma kaynaklı çevresel etkiler (Yıldızlar, 2009)

### 2.1. Yer Titreşimi

Kaya kütlesi içerisinde patlatma etkisi ile kaya kütlelerinin dayanımını ve elastik sınırlarını aşan bir enerji oluşur, kütle parçalanmaya başlar ve mevcut enerji giderek tükenerek kaya kütlelerinin parçalanma işlemi sona ermektedir. Geriye kalan enerji, kayanın elastik limitlerinin altında kaldığı için ancak kaya kütlesi içerisindeki parçacıkların şekil değiştirmesine sebep olabilecek düzeydedir. Söz konusu elastik deformasyon ile birlikte mevcut enerji parçacıkların birinden bir diğerine iletilmesi ile uzaklığa bağlı olarak sönmelenmektedir. Sismik dalgalar şeklinde, zeminde denge halinde bulunan parçacıkların denge konumlarını bozarak birbirlerine iletilmesi ile yayılan enerji patlatma kaynaklı titreşim etkisi olarak nitelendirilmektedir (Yıldızlar, 2009). Patlatma kaynaklı titreşimlerin deprem ile benzer etkiler gösterdiği için çevre halkını ve çevredeki yapıları olumsuz etkilemektedir.

### 2.2. Hava Şoku (Gürültü)

Patlama esnasında oluşan basınç dalgaları şeklinde açıklanabilmektedir. Patlatma sırasında meydana gelen reaksiyonlar neticesinde oluşan gazların kayalarda bulunan çatlaklardan atmosfere hızla ve erken boşalmasından kaynaklanan yoğun bir gürültü oluşmaktadır. Söz konusu eylemin gerçekleşmesine

karşı bir önlem alınmadığı takdirde oluşan hava şoku dalgalarının boyutu önemli seviyelere ulaşabilmektedir. Bu durum patlatma yapılan bölgedeki yerleşim yerlerini etkileyecektir.

### *2.3. Kaya Savrulması*

Patlayıcı maddelerin kaya kütlesi içerisinde iyi bir şekilde hapsedilemediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde ateşleme sonrası oluşan ya da mevcut süreksizlikler üzerinde, gerilme çatlaklarına ve açılmalara neden olarak beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir (Özdemir ve ark., 2003; Kahrıman ve ark., 2006). Hareketlenen kayaç çevrede tehlike yaratacaktır.

### *2.4. Toz Emisyonu*

Patlatma işlemi sırasında kaya kütlesinin kırılma işlemi ateşleme ile birlikte başlamakta ve büyük kaya kütleleri hareketlenmekte ve böylece kaya kütleleri arasında iç öğütme gerçekleşmektedir. Söz konusu iç öğütme ile kendisinden hâsıl oldukları kütle ile aynı bileşimde olan veya olmayan, hava içerisinde dağılma ve yayılma özelliği gösteren parçacıklardan oluşan toz emisyonu meydana gelmektedir. Oluşan iç öğütme nedeniyle az da olsa bir miktar toz emisyonunun meydana gelmesi kaçınılmaz bir durumdur (Kahrıman ve ark., 2006).

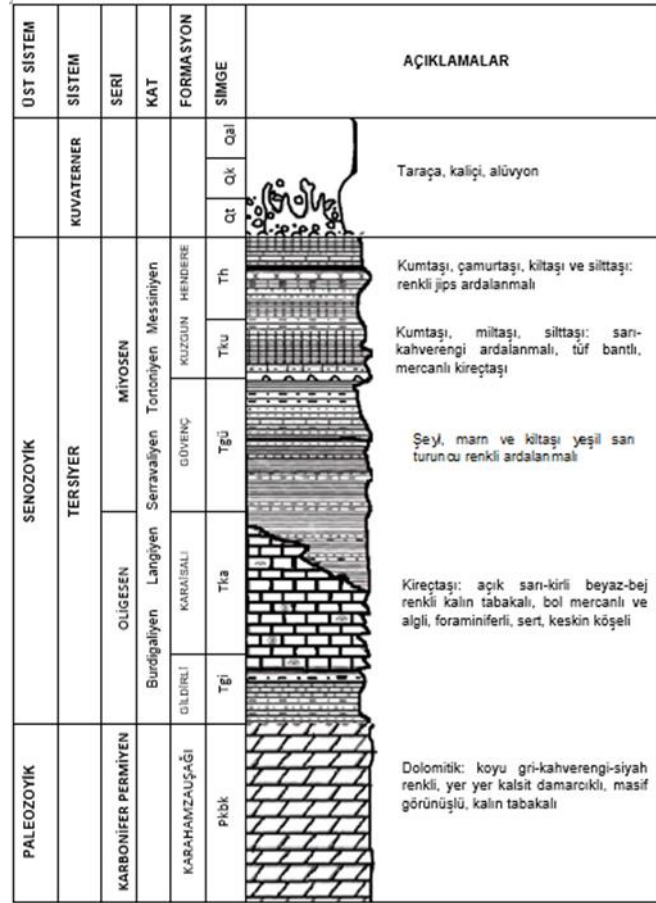
## **3. Adana Çimento Sanayi Çaldağ Hammadde Sahası Hakkında Genel Bilgiler**

Çalışma kapsamında Adana Çimento Çaldağ hammadde sahasında yapılan patlatmaların çevresel etkileri incelenmiştir. Saha hakkında bilgiler ve çevresel etki değerlendirme yöntemleri aşağıda sunulmuştur.

### *3.1. Çalışma Sahasının Konumu*

Adana Çimento Sanayi (AÇS)'ye ait Çaldağ hammadde sahası Adana-Ceyhan Karayolu 12. km İncirlik mevkiinde, çimento üretiminin yapıldığı fabrika ile aynı bölgede yer almaktadır (Şekil 2).





Şekil 3. AÇS hammadde sahası civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Alkan, 2007)

### 3.3. Çalışma Sahasında Uygulanan Patlatma Parametreleri

Çalışma sahasında uygulanan basamak patlatması parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Delik sayısı patlatma yapılacak bölgenin durumuna göre patlatma sırasında değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 1. Çalışma sahası patlatma parametreleri

Patlatma Parametresi	Durum
Delik Düzeni	Şeşbeş
Delik Çapı	89 mm
Delik Sayısı	50-100 adet
Delik Boyu (H)	9 m
Delikler Arası Mesafe (S)	3 m
Basamak Yüksekliği K (m)	8,5 m
Taban tırnak payı (U)	0,5 m
Dilim Kalınlığı (B)	3,5 m
Sıkılama Boyu (ho)	3 m
Patlayıcı Madde	ANFO
Yemleme	Jelatinit Dinamit
Kapsül	Gecikmeli Elektriksiz
Dinamit miktarı	0,5 kg/delik
AN-FO Miktarı	30 kg/delik
Toplam Patlayıcı Miktarı	30,5 kg/delik



#### 4. Kontrollü Patlatma Sonucunda Oluşması Muhtemel Çevresel Etkilerin Hesaplanması, Ölçülmesi, Türkiye’deki Mevcut Yasa ve Yönetmeliklere Göre Değerlendirilmesi

Adana Çimento A. Ş. Çaldağ hammadde sahası çevresinde çimento fabrikası, tali yol ve yerleşim yerleri bulunmaktadır. Sahaya en yakın yerler işaretlenmiş ve mesafeler ölçülmüştür (Tablo 2- Şekil 4).

**Tablo 2.** Patlatma noktalarının yerleşim yerlerine en yakın mesafeleri

Bölgeler	Mesafeler (m)
1. Bölge (Çimento Fabrikası)	148
2. Bölge (Yerleşim Bölgesi)	153
3. Bölge (Yerleşim Bölgesi)	162
4. Bölge (Üçok Damgalı Höyüğü Yolu)	250



**Şekil 4.** Çalışma sahasının çevre yapılara olan uzaklıkları

Patlatma faaliyetinin gerçekleştirileceği çalışma sahası “Taşocağı (Kireçtaşı Formasyonu)” olarak faaliyet göstermektedir. Bu durumda çevresel etkiler değerlendirilirken; “T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü’nün” (ÇŞB, 2018) “Uluslararası Patlatma Mühendisleri Derneği” tarafından hazırlanmış “Patlatma El Kitabı’ndan (ISEE, 2011)” yararlanarak hazırladığı “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu” kullanılmıştır. Kılavuzda verilen tablolardan taşocağı için belirtilen denklemler kullanılmış ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan denklemlerde SD (ölçekli mesafe) ana değişkendir ve mesafe (D)’nin uygulamada anlık patlatılan toplam patlayıcı madde miktarının kareköküne bölümü ile elde edilir.

Çalışma sahasında gerçekleştirilen üç farklı kontrollü patlatmadan kaynaklanan titreşim ve gürültü ölçümleri “Instantel Micromate” titreşim ve gürültü ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. “Instantel Micromate” titreşim ve gürültü ölçüm cihazı

Çalışma sahasında 50 ile 100 arasında değişkenlik gösteren delik sayısı kullanılmaktadır. Her bir deliğe 30 kg AN-FO+0,5 kg dinamit olmak üzere 30,5 kg patlayıcı madde konulmaktadır. Delik içinde 25/500 ms, yüzeyde 42 ms’lik gecikmeli elektriksiz kapsül (Non Electric) yardımıyla patlatma faaliyeti yapılmaktadır. Bu şekilde her bir delik tek başına patlatılmış olmaktadır ve maksimum anlık şarj toplam “30,5 kg (30 kg AN-FO+0,5 kg Dinamit)” olmaktadır.

#### 4.1. Yer Titreşim Etkisinin Hesaplanması, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM) Bülten 656’da yüzey madenciliğinden kaynaklanan yer titreşiminin çeşitli tasarımlardaki evlerin titreşimlere tepkileri açısından analiz edilmiş ve önceki çalışmalardan elde edilen veriler derlenerek titreşim hesabında kullanılmak üzere çalışma sahasına uygun denklemler geliştirmişlerdir (Nicholls ve ark., 1971). Bu çalışmalar ışığında patlatma sonucu oluşması muhtemel titreşim değeri, “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu’nda (ÇŞB, 2018)” yer alan “Patlatma Türü-Taşocağı” olarak belirtilen Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

$$PPV = 1.090 \times SD^{-1,82} \text{ [mm/s]} \quad (1)$$

Burada; PPV (maksimum tanecik hızı) titreşim seviyesi ve SD (ölçekli mesafe)’dir.



Çalışma kapsamında sahada 3 farklı patlatma izlenmiş ve farklı noktalarda Instantel Micromate titreşim ölçüm cihazı ile ölçümler alınmıştır. Ölçüm noktasının patlatma noktasına uzaklığı ve titreşim değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Patlatma sonucunda oluşması muhtemel “Yer Titreşim (Sarsıntı)” etkisinin belirlenmesi 04.06.2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazete de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nin (2010) “Yapılarda çevresel titreşim kriterleri”nde yer alan; çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslarda faaliyet alanlarına göre yapılan patlatmaların çevredeki çok hassas kullanımlarda oluşturduğu zemin titreşimlerinin sınır değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre; sismik dalga hakim frekansı 1,0 (Hz) için; Yer Titreşim Değeri = 5,00 mm/s olmalıdır. Yapılması planlanan kontrollü patlatma faaliyetlerinden kaynaklı yer titreşim hızı değerinin hassas noktalarda 5,0 mm/s’den az olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.** 30,5 kg maksimum anlık şarj ve mesafeye bağlı hesaplanan yer titreşim değerleri

Mesafe (m)	Yer titreşim değerleri (mm/s)
10	369,94
25	69,80
50	19,77
100	5,59
148	2,74
153	2,58
162	2,32
200	1,58
250	1,05
300	0,75
400	0,44
500	0,29
600	0,21
700	0,16
800	0,12
900	0,10
1000	0,08

**Tablo 4.** Instantel Micromate titreşim ölçüm cihazı ile ölçülmüş yer titreşim değerleri

Mesafe (m)	Yer titreşim ölçüm sonucu (mm/s)
158,50	2,590
126,80	3,635
131,90	4,435

#### 4.2. Hava Şoku (Gürültü) Etkisinin Hesaplanması, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM) RI 8485 raporu, yapı tepkisi ve tarafından üretilen hasar yüzey madenciliğinden kaynaklı hava şoku (gürültü) yerleşik halkın gürültüye tepkilerini izlemek için verileri derlemiştir, yaklaşımlar geliştirmişler ve gürültü hesabında kullanılmak üzere denklemler geliştirmişlerdir (Siskind, 1980). Bu çalışmalar ışığında patlatma sonucu oluşması muhtemel gürültü

değerleri, “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu’nda (ÇŞB, 2018)” yer alan “Patlatma Türü Taşocağı” olarak belirtilen Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

$$P = 37,1 \times SD^{-0.97} \text{ [dB(A)]} \quad (2)$$

Burada; P: hava şoku (gürültü) seviyesidir ve SD (ölçekli mesafe)’dir.

Ayrıca sahada 3 farklı patlatma izlemiş ve farklı noktalarda Instantel Micromate cihazı ile hava şoku ölçümleri alınmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 5.** 30,5 kg maksimum anlık şarj ve mesafeye bağlı olarak hesaplanan hava şoku değerleri

Mesafeler (m)	Hava şoku değerleri dB (A)
10	155,69
25	147,96
50	142,12
100	136,28
148	132,98
153	132,70
162	132,22
200	130,44
250	128,65
300	127,02
400	124,60
500	122,72
600	121,18
700	119,89
800	118,76
900	117,77
1000	116,88

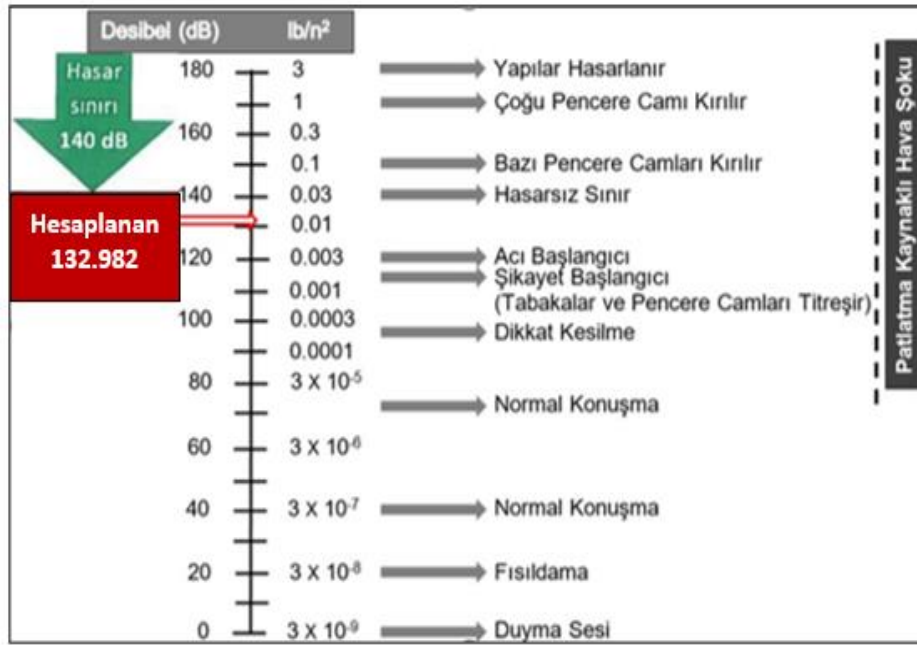
**Tablo 6.** Instantel Micromate titreşim ölçüm cihazı ile ölçülmüş hava şoku (gürültü) değerleri

Mesafeler (m)	Hava şoku değerleri dB (A)
158,50	121,289
126,80	127,669
131,90	143,355

Patlatma gürültüsünün “Düşük Frekans İçeriğinin” güçlü olması, birkaç saniye içinde “Patlatma Hava Şokunun (Gürültüsünün)” sonlanması ve yönetmelikte belirtilen gündüz çalışma süresi içerisinde %20’den daha az süreli olması dikkate alındığında; gürültü değerlendirmesinde L cetveli ve Amerika Birleşik Devletleri tüzüğünde verilen kabul edilebilir değerlerin esas alınması bilimsel çalışmalara, teknik incelemeler ve yönetmeliğe uygun bulunarak önerilmiştir. Buna göre çevresel etki değerlendirme kataloğunda izin verilen en yüksek gürültü düzeyin 133 dB(A) olarak verilmiştir. Hoek ve Bray (1981) tarafından bina hasarları için yapılan değerlendirmede ise 140dB (A)’ya kadar izin verilmektedir (Şekil 6).

İzlenen patlatmalarda alınan ölçümler sonucunda 131,90 m mesafede sınır değerin üzerinde bir hava şoku ölçülmüştür. Fakat ölçüm noktası 148 m olan en yakın yerleşim yeri mesafesinden daha yakındır. Bu nedenle gerçekleştirilen atım açısından bir problem teşkil etmemektedir. Bazı atımlarda hava şoku değerlerinin sınır değerden yüksek çıkma sebebinin ise özensiz sıkılama ve formasyon özelliklerinden kaynaklandığı öngörülmektedir.

Hesaplanan ve ölçülen Hava Şoku (Gürültü) Hasar Etkisi Değeri 148 m ve daha uzak mesafelerde 133 dB (A)'nın altında olacağından, 30,5 kg Maksimum Anlık Şarj Kullanılarak Kazı ve Gevşetme Amaçlı “Kontrollü Patlatma Yapılabilecek” ve “Herhangi Bir Olumsuz “Hava Şoku (Gürültü)” Etkisi Olmayacaktır.



Şekil 6. Hoek ve Bray'a (1981) göre hava şoku (gürültü) etki durumu

#### 4.3. Kaya Savrulma Etkisinin Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Patlatma uygulanan alanlarda; çevresel etki değerlendirme ve proje tanıtım dosyalarında kontrollü şartlarda çalışılacağı taahhüt edildiğinden kaya savrulma mesafesi hesabında ölçekli gömme derinliği (SDOB<sub>m</sub>) ile bağıntılı olan Denklem 3 kullanılarak hesaplanmaktadır. Ardından azami kaya Savrulması mesafesi (metrik sistem)'de Denklem 4 kullanılarak belirlenmektedir.

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

Bu bağıntıda;

SDOB<sub>m</sub>: Metrik sistemde gömme derinliği (m/kg<sup>0.333</sup>),

l<sub>s</sub>: Sıkılama uzunluğu (m),

d: Delik çapı (mm),

**m:** m ‘nin azami değeri, delik çapı 100 mm’den (4 inç’ten) küçük olduğunda 8, delik çapı 100 mm’den (4 inç’ten) büyük veya eşit olduğunda 10 olarak alınmaktadır.

**$\rho_c$ :** Patlayıcı yoğunluğu ( $g/cm^3$ )

**Azami kaya savrulması mesafesi;**

$$L_{maks} = 11 \times (SDOB_m)^{-2,167} \times d^{0,667} \quad (4)$$

Çalışma sahasında gerçekleştirilen kontrollü patlatma çalışmalarında sıkılama mesafesi (Is) 3 m, delik çapı (d) 89mm, patlayıcı madde yoğunluğu ( $\rho_e$ ) 0,80  $g/cm^3$  ve Patlayıcı kolon şarj uzunluğu (Ic) 6 m olarak belirlenmiştir. Buna göre; Şarj boyu ile delik çapı oranı ( $6000 \text{ mm}/89 \text{ mm} = 67,41$ ) belirlenmelidir. Bu oran 10’dan büyüktür yani şarj uzunluğu delik çapından 10 katından büyüktür ve delik çapı 100 mm’den büyüktür. Bu nedenle  $m=10$  alınmıştır.

**Ölçekli Gömme Derinliği (SDOBm) Hesabı;**

$$SDOB_m = \frac{3,0+(0,0005 \times 10 \times 89)}{0,00923 \times (10 \times 89^3 \times 0,80)^{0,333}} = 2,107m$$

**Kaya Savrulma Mesafesi ( $L_{maks}$ );**

$$L_{maks} = 11 \times 2,107^{-2,167} \times 89^{0,667} = 43,64 \text{ m.}$$

Kaya savrulma mesafesi hesabında Lundberg ve arkadaşları (1975) tarafından delik çapı (d)’ye bağlı olarak geliştirilmiştir. Literatürde sık kullanılan bu yaklaşım Denklem 5’de verilmiştir.

$$L_{max} = 260 \times d^{2/3} \quad (5)$$

Bu eşitliğe göre hesap yapıldığında;

$$L_{max} = 260 \times d^{2/3} = 260 \times 3,50,667 = 599,6 \text{ m}$$
 kaya savrulma mesafesi öngörülmektedir.

Ancak azami kaya savrulması mesafesi (metrik sistem) formülüne göre hesaplandığında yaklaşık “43,64 m”ye kadar kaya savrulmaktadır. Test edilmiş krater patlatması deneylere dayanan ve Blasters Handbook (2011) kitabında Mc Kenzie tarafından önerilen “Ölçekli Gömme Derinliği” kavramına dayalı azami kaya savrulma mesafesi hesabının da güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir. Çalışma kapsamında sahada izlenen patlatmalardan kaynaklı kaya savrulma mesafeleri Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7.** Patlatma sırasında gözlenen kaya savrulma mesafeleri

<b>Patlatma No</b>	<b>Kaya savrulma mesafesi (m)</b>
1	14 m
2	21 m
3	26 m

Elde edilen bulgularda patlamadan kaynaklı kaya savrulma mesafesinin teorik hesaplanan değerlerden daha az olduğu gözlenmiştir. Patlatmadan kaynaklı kaya savrulması can ve mal güvenliği açısından telafisi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bu nedenle çevrede bulunan kişileri, yerleşim yerlerini, makineleri korumak ve hiçbir risk üstlenmemek amacıyla patlatma öncesinde güvenlik ya da koruma bölgesi mesafesi daha geniş tutulmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

## **5. Tartışma ve Sonuç**

Adana Çimento Çaldağ hammadde sahsında yapılan patlatmalardan kaynaklanan çevresel etkiler “T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü’nün” 2018 yılında hazırlamış olduğu, “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu’a” göre hesaplanmış ve 3 farklı atımda InstanTEL Micromate cihazı kullanılarak ölçümler alınmıştır. Yapılan hesaplamalar ve ölçümler sonucunda;

- Çalışma sahasında yapılan kontrollü patlatmalarda hassas mesafelerde meydana gelebilecek titreşim değerleri hesabı ve ölçüm sonuçları incelendiğinde sonuçların sınır değer olan 5,0 mm/s değerinden küçük olduğu görülmüştür.
- Hesaplanan ve ölçülen hava şoku (gürültü) hasar etkisi değeri çevresel etki değerlendirme kataloğunda izin verilen en yüksek düzey olan 133 dB(A) ve Hoek ve Bray’a göre bina hasarları için en yüksek değer olan 140 dB(A)’nın altında olduğu görülmüştür.
- Kaya savrulma mesafesi 43,64 m olup, etkilenmesi muhtemel mesafeler “Kaya Savrulma” değerinin üstündedir. Ayrıca izlenen patlatmalardan elde edilen sonuçlar bu mesafeden daha da küçüktür.
- Çalışma sahasında şu andaki üretim genellikle sınır bölgelerin dışındadır. Yani etkilenmesi muhtemel olan bölgeler için ölçülen mesafeler en kısa mesafelerdir. Bu durum patlatma noktasının etkilenmesi muhtemel bölgelerden uzaklaşması demektir. Böylelikle patlatmadan kaynaklı çevresel etkilerde azalmış olacaktır.
- Uygulanacak kontrollü patlatmalarda patlatma paterninin tam olarak uygulanması, sıkılamanın iyi bir şekilde yapılması ve tüm önlemler alınması halinde çevredeki yapılara hiçbir olumsuz etkisi olmayacağı görülmektedir.

## **Teşekkür**

Çalışmaya olan katkılarından dolayı Adana OYAK Çimento A.Ş. yetkililerine teşekkür ederim.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

## **Kaynakça**

- Adhikari GR., Theresraj AI., Venkatesh S., Balachander R., Gupta RN. Ground vibration due to blasting in limestone quarries. *Fragblast* 2004; 8(2): 85–94.
- Alkan B. Jeostatistik ve bulanık yaklaşımlar ile Adana Çimento hammadde sahasının değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2007; 75p.
- Bilgin HA., Esen S., Kılıç M., Aldas GGU. Yeniköy linyit işletmesinde patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının incelenmesi. 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu 2000; 147-158, Ankara.
- Chen G., Huang S. Analysis of ground vibrations caused by open pit production blasts: a case study. *Fragblast* 2001; 5(1): 91-107.
- Cihangir F., Kesimal A., Erçikdi B., Durmuş O. Bir kalker ocağında patlatmalı kazılardan kaynaklanan çevresel etkilerin analizi. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 2005; 149-158, Ankara.
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 04.06.2010  
Resmî Gazete Sayısı: 27601.
- Felice JJ. Applications of modeling to reduce vibration and air blast levels. International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting 1993, 145-451, Vienna, Austria.
- Hoek E., Bray JW. Rock slope engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, London, Third Edition, 1981; 358 p.
- Hüdaverdi T., Kuzu C. Madencilik faaliyetlerinde patlatma kaynaklı çevresel etkilerin ölçülmesi ve analizi. Madencilik ve Çevre Sempozyumu Ankara, 2005; 135-140.
- ISEE Blasters' Handbook, International society of explosives engineers. Stiehr, J.F.(Ed.), Cleveland, Ohio, USA, 18th Edition, 2011; 1030 p.
- Johnston GJ., Durucan G. The numerical prediction analysis and modeling of ground vibration induced by blasting. International Symposium on Mine Planning and Equipment selection 1994; 703-708, Istanbul, Turkey.
- Kahraman E., Kılıç AM. Patlatmadan kaynaklı çevresel etkilerin incelenmesi ve uygulamaya ilişkin bir örnek. 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu 2016; 103-112, Kütahya-Türkiye.
- Kahraman E., Kılıç AM. Evaluation of empirical approaches in estimating mean particle size after blasting by using nondestructive methods. *Arabian Journal of Geoscience* 2020; 13(14): 1-8.



- Kahriman A., Ozer U., Aksoy M., Karadogan A., Tuncer G. Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik boron open pit mine in Turkey. *Environmental Geology* 2006; 50(7): 1015-1023.
- Kesimal A., Ercikdi B., Cihangir F. Environmental impacts of blast-induced acceleration on slope instability at a limestone quarry, *Environmental Geology* 2008; 54(2): 381-389.
- Nicholls HR., Johnson CF., Duvall WI. *Blasting vibrations and their effects on structures* (No. 656-660). US Department of the Interior, Bureau of Mines, 1971.
- Orica-Nitro, *Kaya Patlatma Tekniđi*, Orica-Nitro Patlayıcı Maddeler San. ve Tic. A. Ő., Ankara, 2006; 144s.
- Özdemir K., Akkay UG., Kahriman A., Karadođan A., Tuncer G. Taşocaklarında yapılan patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin hasar riski değerlendirmesi. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 2003; 59-66, İstanbul.
- Singh PK., Vogt W., Pal Roy P., Singh DP. Prediction and control of ground vibration in a dolomite quarry in India”, *Braunkohle Surface Mining*, 1996; 391-398.
- Siskind DE. Vol. 8485 of *Structure response and damage produced by airblast from surface mining*. Washington, DC: US Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1980.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB). *Patlatma tasarımları ve patlatma kaynaklı çevresel etkiler kılavuzu*. Ankara, 2018; 26 s.
- Yıldızlar B. *Patlatma kaynaklı titreşimlerin yapı davranışı üzerine etkilerinin araştırılması*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, İstanbul, 2009; 176 s.