Alçıtaşı Üretiminde Delme – Patlatma Yöntemi Yerine Mekanize Kazı Yönteminin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

*Investigation of the Usability of Mechanical Excavation Method Instead of the Drilling-Blasting Method in the Production of Gypsum*

R. Çomaklı

*Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Niğde, rcomakli@ohu.edu.tr*

F. Akça

*ABS Alçı Ulukışla Hammadde Üretim Tesisi, Ulukışla/Niğde, funda.akca@absalci.com.tr*

Diğer yazar adı (ör. M. Durmaz)

*Diğer yazarın kurumsal bilgileri (ör. Yeni Vizyon A.Ş., İstanbul), e-mail*

**ÖZET** Dünyada ve ülkemizde açık işletme yöntemi kullanılarak üretimi yapılan endüstriyel hammaddelerin kazısı işleminde genellikle delme-patlatma yöntemi kullanılmaktadır. Patlatma etkisiyle tonlarca malzemenin aynı anda gevşetilip parçalandığı varsayıldığından delme- patlatma uygulamaları açık işletme yönteminde ekonomik olarak değerlendirilmektedir. Ancak özellikle düşük dayanımlı kayaçların kazısında mekanize kazıcıların alternatif kazı yöntemi olarak değerlendirilmesi mümkün olabilir. Kazılacak formasyonun dayanımının düşmesi daha kolay kazılabilmesine ve kazı performansının artmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca mekanize kazı yöntemlerinde yükleme ve nakliye gibi kazı sonrası yapılan çalışmalar daha ekonomik olarak yapılabilmektedir.

Bu çalışmada Niğde ili Ulukışla ilçesinde bulunan ve ABS Alçı firmasına ait alçı taşı ocağında, delme-patlatma yöntemi yerine mekanize kazı yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Delme-patlatma yönteminin maliyeti 5 farklı patlatma için hesaplanmış ve birim maliyet belirlenmiştir. Mekanize kazı yöntemi içinde birim maliyet değerleri teorik olarak hesaplanmış ve iki yöntem maliyet bakımından kıyaslanmıştır.

***Anahtar kelimeler:*** *Alçıtaşı, Delme-patlatma, Mekanize Kazı, Maliyet*

**ABSTRACT** The drilling-blasting method is generally used in the excavation of industrial raw materials produced by the open-pit mining method. Since it is assumed that tons of materials are loosened and crushed at the same time with the blasting effect, drilling-blasting applications are evaluated economically in the open-pit mining method. However, especially in the excavation of low-strength rocks, the mechanized excavation could be used as an alternative method. The decreasing of the strength of excavated formation allows for easier excavation and increasing in the excavation performance. In addition, many studies such as loading and transportation after excavation could be done more economically in the mechanical excavation method.

 In this study, the usability of the mechanized excavation method instead of the drilling-blasting method was investigated in the gypsum quarry of ABS firm in Ulukışla county of Niğde province. The cost of the drilling-blasting method was calculated for 5 different blasting and the unit cost was determined. Within the mechanized excavation method, unit cost values for 1 cubic meter of material were theoretically calculated and the two methods were compared in terms of cost.

***Keywords:*** *Gypsum, Drilling-blasting, Mechanized Excavation, Cost*

# **Gİriş**

Delme - patlatma yöntemi, kazı ve üretim amaçlı olarak maden ve tünel projelerinde kullanılan yöntemlerden birisi olup özellikle agrega ve endüstriyel hammadde üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüz rekabet şartlarında firmalar için en önemli husus üretim maliyetlerini mümkün olduğu kadar en aza indirmektir. Delme – patlatma yöntemi kullanılarak üretim yapılan işletmelerde genel olarak maliyeti oluşturan temel parametreler, delme – patlatma, kırma – eleme ve yükleme – nakliye işlemleridir. Köse vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada agrega üretimi için maliyeti oluşturan temel parametrelerin etkilerini araştırmışlardır. İlgili çalışma sonucunda delme – patlatma işlemlerinin toplam maliyet içerisindeki oranının yaklaşık %30 olduğu belirlenmiştir. Delme – patlatma maliyetlerinin toplam maliyete etkisinin anlaşılabilmesi ve bu etkilerin minimize edilebilmesi amacıyla da farklı araştırmacılar bu konuyu detaylı şekilde incelenmiştir (Aksoy ve Yalçın, 1999; Yılmaz ve diğ., 2003; Tosun, 2013; Tosun ve Konak, 2015). Delme-patlatma maliyetinin toplam maliyete oranı genel olarak kullanılan malzeme ve formasyon özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte, Bağdatlı (2013) yaptığı çalışmada genel olarak bu oranın % 5 – 40 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Delme – patlatma işlemlerinin verimli yapılıp yapılmama durumu hiç şüphe yok ki toplam maliyet içerisindeki oranının değişiklik göstermesine sebep olmaktadır. Şöyle ki; verimsiz yapılan bir patlatma işleminden sonra ikinci bir patlatmaya ihtiyaç duyulabilmekte veya verimsiz patlatma yüksek patar oranının oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu durumda ortaya çıkan büyük blokların nakliyesi ve kırılması işlemleri de fazladan masraf oluşturacak ve toplam maliyet artacaktır (Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1986). Kahriman (2003) yaptığı çalışmada uygun olmayan bir delme – patlatma işleminin toplam maliyet üzerinde oldukça etkili olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Hoek ve Bray (1981) tarafından yapılan çalışmada daha küçük parçalar elde etmek için delme – patlatma maliyetinin artmasıyla toplam maliyetin artacağı, buna karşın delme – patlatma maliyetinin düşürülmek istenilmesi durumunda daha büyük blokların elde edileceği ve bununda patarlama, nakliye ve kırma maliyetlerini artıracağı için yine toplam maliyetin artacağı belirtilmiştir. Bir patlatma işleminin verimli olup olmadığı birçok farklı parametre ile ölçülebilmektedir (Hoek ve Bray, 1981). Verimsiz şekilde yapılacak olan patlatma işlemi takip eden sonraki işlemlerin de aksamasına ve maliyetin artmasına sebep olmaktadır ve bu konuda yapılmış birçok araştırma literatürde vardır (Özkahraman ve Bilgin, 1996; Mortazavi ve Katsabanis, 2000; Aykan, 2011; Tosun, 2013; Bilim vd., 2017). Arpaz (2000) ve Bilim vd. (2015) yaptıkları çalışmalarda verimsiz bir patlatma işleminin zamanın verimli kullanımını, makine seçimini ve maliyeti büyük ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Verimsiz bir patlatma özellikle yükleyici performansını da olumsuz etkileyecektir (McGill ve Freadrich, 1994; Michaud ve Blanchet, 1996; Singh ve Yalcin, 2002; Kahriman, 2003). Elde edilen tüm sonuçlara göre formasyon özelliklerine göre optimum delme – patlatma tasarımının yapılmasının toplam maliyet üzerinde ne kadar etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ancak özellikle küçük işletmeler tarafından herhangi bir ön çalışma yapılarak delme-patlatma optimizasyonu yapılmamakta ve ekstra maliyetlerle karşılaşılmaktadır.

 Bununla birlikte delme-patlatma yönteminin çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır. Yönteminin en önemli dezavantajlarından birisi özellikle yerleşim yerlerine yakın yerlerde yürütülen madencilik ve tünel kazı projelerinde çevreye vereceği olumsuz etkilerdir. Bu olumsuz etkiler genel olarak taş savrulması, hava şoku, toz emisyomu ve yer sarsıntısı şeklinde olmaktadır (Değerli, 2012). Özellikle patlatma sonucunda oluşacak yer sarsıntısının (titreşim) azaltılması ve yerleşim yerlerine etkilerini azaltmak için yapılan birçok çalışma literatürde bulunmaktadır (Adhikari vd., 2004; Kahriman vd. 2006; Özer vd., 2013; Blair, 2014). Tüm bu dezavantajlar göz önüne alındığında delme-patlatma yöntemine alternatif bir kazı yöntemi olarak mekanize kazıcıların varlığı değerlendirilebilmektedir.

Bununla birlikte maden kazılarında da özellikle daha az sürede daha fazla üretime imkan tanımasından dolayı delme – patlatma yöntemi yerine mekanize kazıcıların kullanımı araştırılmıştır (Tunçdemir, 2002; Çomaklı, 2010; Çomaklı vd., 2014). Günümüzde özellikle yeraltı üretim yöntemi uygulanan birçok işletmede mekanize kazıcılar uygulanmakla birlikte özellikle endüstriyel hammadde veya agrega üretimi yapılan açık ocaklarda mekanize kazıcılar kullanılmamaktadır. Bunun en büyük sebebi mekanize kazı yöntemlerinin uygulanmasını kısıtlayan ve özellikle de yüksek dayanıma sahip kayaçların varlığı gibi formasyon özelliklerine bağlı olan sebeplerdir (Rostami vd., 1994; Bilgin vd., 2014).

Yüksek dayanımlı kayaçların kazısında mekanize kazı yöntemi delme-patlatma yöntemine kıyasla ekonomikliğini olmamakla birlikte, düşük dayanımlı hammaddelerin kazısında bu durumun farklı olacağı değerlendirilebilmektedir. Yapılan bu çalışmada da Niğde bölgesinde üretimi yapılan düşük dayanımlı alçıtaşı kazısı için delme-patlatma yöntemi yerine mekanize kazı yönteminin kullanımının ekonomik olup olmadığı araştırılmıştır. 5 farklı delme-patlatma uygulaması için birim maliyet belirlendikten sonra belirli özellikteki kollu galeri açma makinesi için teorik olarak birim maliyet hesaplanmıştır. Her iki yöntem için elde edilen birim maliyetler karşılaştırmıştır.

# **Materyal ve method**

## **Arazi Çalışmaları ve Delme-Patlatma Maliyet Analizi**

Bu çalışma kapsamında delme-patlatma yöntemi kullanılarak açık işletme olarak üretimi yapılan düşük dayanımlı bir endüstriyel hammaddenin kazısında delme-patlatma yöntemi yerine mekanize kazı yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda Niğde ili Ulukışla ilçesi sınırlarında bulunan ve ABS Alçı firmasına ait alçıtaşı ocağında çalışmalar yapılmıştır. İlgili işletme Ulukışla-Adana karayolu 9. km’ sinde bulunmakta olup, işletme de 15 işçi çalışmaktadır (Şekil 1). Delme-patlatma yöntemi ile üretimi yapılan alçıtaşı ekskavatör ile kamyonlara yüklenerek çeneli kırıcılar ile boyutları küçültülmek ve daha sonra fabrikaya gönderilmektedir.

Şekil 1. ABS Alçı Ulukışla alçıtaşı işletme sahası.

 Delme-patlatma uygulamalarının maliyetlerinin belirlenmesi için işletmede yapılan 5 farklı patlatma işlemi için maliyet hesaplaması ayrı ayrı olarak yapılmıştır. Maliyet hesaplamaları yapılırken delik delme ve patlatma işlemleri için yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenmiş ve maliyetleri belirlenmiştir. Buna göre delme-patlatma maliyetleri genel olarak delik delmede harcanan yakıt, patlatmada kullanılan patlayıcı ve yardımcı malzeme maliyetleri ve patlatma sonunda hidrolik kırıcı çalışmasına bağlı olarak ortaya çıkan yakıt maliyetleri şeklinde belirlenmiş ve detaylı hesaplamalar yapılmıştır. 5 farklı delme-patlatma işlemine ait detaylı veriler Tablo1’ de verilmiştir.

Tablo 1. 5 farklı delme-patlatma uygulamasına ait detaylar.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Tarih | Delik Sayısı | Delik Çapı (mm) | Delik Boyu(m) | Sıkılama Boyu (m) | Delikler Arası Mesafe (m) | Anfo+dinamit (kg) | Delik Delme Süresi (dk) |
| 1 | 16.7.2019 | 29 | 89 | 13 | 2,5 | 3 | 1537 | 2030 |
| 2 | 19.7.2019 | 23 | 89 | 16 | 2,5 | 2,8 | 1541 | 2484 |
| 3 | 26.7.2019 | 28 | 89 | 13 | 2,5 | 2,8 | 1484 | 2184 |
| 4 | 05.8.2019 | 23 | 89 | 16 | 2,5 | 2,8 | 1530,19 | 2760 |
| 5 | 22.8.2019 | 23 | 89 | 16 | 2,5 | 3 | 1544.91 | 2760 |

Delme-patlatma işlemlerinde yapılan işlemler detaylı olarak kaydedildikten sonra tüm işlemler için detaylı maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet analizi yapılırken toplam maliyet ve herbir patlatma sonunda elde edilen üretim miktarı oranlanarak, delme-patlatma yönteminde 1 m3 malzeme üretiminin birim maliyeti belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Delme-patlatma uygulamalarının maliyet dağılımı.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Patlatma No** | **Toplam Patlatma Maliyet (TL)** | **Patarlama Maliyeti (TL)** | **Toplam maliyet (TL)** | **Toplam üretim (m3)** | **Birim Maliyet (TL/m3)** |
| **1** | 11496.18 | 580 | 12076.18 | 71173.83 | 5.89 |
| **2** | 10363.34 | 725,4 | 11088.74 | 53086.208 | 4.79 |
| **3** | 10788,12 | 1015,56 | 11803.68 | 62211.968 | 5.27 |
| **4** | 10196,36 | 725,40 | 10921.76 | 54271.168 | 4.97 |
| **5** | 10398.76 | 435.24 | 10834 | 58909.44 | 5.44 |

\*İlgili tarihlerde 1 TL = 5.71 dolar

# **Laboratuvar çalışmaları ve teorik hesaplamalar**

## **Fiziksel ve Mekanik Testler**

Her bir delme-patlatma işlemi sonunda oluşan yığının en az 3 farklı bölgesinde blok numuneler alınmıştır. Blok numunelerden alınan karot numuneler üzerinde yapılan testler ile kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. ISRM (2007) standartlarına uygun olarak yapılan deneyler ile kayaçların tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, yoğunluk ve porozite değerleri belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda her bir blok numunesinden en az 5 numune elde edilmiş ve her bir patlatma için en az 15 numune üzerinde testler yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak nihai değerler elde edilmiştir. Yapılan deneyler sonunda elde edilen ortalama değerler Tablo 3’ te verilmiştir.

Tablo 3. Laboratuvar deneyleri sonunda elde edilen ortalama değerler.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Patlatma No | Yoğunluk(gr/cm3) | Porozite(%) | UCS(MPa) | BTS(MPa) |
| 1 | 2,17  | 29,48 | 14,5 | 2,58 |
| 2 | 2,24 | 27,63 | 15,2 | 2,12 |
| 3 | 2,18 | 28,21 | 14,1 | 2,64 |
| 4 | 2,29 | 27,54 | 15,3 | 2,78 |
| 5 | 2,32 | 26,69 | 15,8 | 2,84 |

## **Teorik Spesifik Enerji Değerinin Hesaplanması**

Mekanize kazı yöntemlerinin kullanıldığı kazı projelerinde maliyeti etkileyen en önemli parametrelerden birisi kazı esnasında harcanan enerjidir. kazılacak formasyon özelliklerine uygun olarak makine tasarımlandırılması aşamasında harcanacak enerji göz önünde bulundurulmakta ve planlamalar buna göre yapılmaktadır. Bu doğrultuda projelendirme aşamasında yaygın olarak kullanılan yaklaşım, birim hacim malzemenin kazılması için harcanan enerji olarak tanımlanan spesifik enerji değerinin formasyon özelliklerine bağlı olarak belirlenmesidir. Spesifik enerji değeri kaya kesme deneyleri yardımıyla belirlenmektedir. Ancak, gerek bu deney setlerinin ülkemizde ve dünyada çok sayıda olmamasından ve gerekse deney prosedürünün zor olmasından dolayı spesifik enerji değerinin dolaylı olarak tahmin edilebilmesi için araştırmacılar farklı eşitlikler önermişlerdir (Çopur ve diğ., 2001; Balcı ve diğ., 2004; Çomaklı ve diğ., 2016).

 Çopur ve diğ., (2001) yaptıkları çalışmada Türkiye’ nin farklı bölgelerinden alınan cevherler üzerinde kaya kesme deneyleri yapmışlardır. Yapılan bu çalışma sonunda cevherlerin tek eksenli basınç (UCS) ve dolaylı çekme dayanımına (BTS) bağlı olarak optimum spesifik enerji değerinin tahmini için aşağıdaki eşitlikleri önermişlerdir;

$Opt. SE=0,192xUCS-2,22$ (1)

$Opt. SE=1,676xBTS-1,75$ (2)

$Opt. SE=0,027(UCSxBTS)-0,675$ (3)

Benzer bir çalışma Balcı ve diğ., (2004) farklı kayaçlar kullanılarak yapılmıştır. Yapılan kaya kesme deneyleri sonucunda, 5 mm kesme derinliğinde elde edilen spesifik enerji değeri ile kayaçların dayanım özellikleri arasında aşağıdaki eşitlikleri önermişlerdir;

$SE=0,37xUCS^{0,86}$ (4)

$ SE=3,36xBTS^{0,71}$ (5)

$SE=1,16x(UCSxBTS)^{0,40}$ (6)

Başka bir çalışmada Niğde ve kayseri bölgesindeki farklı metalik cevherlerin kazısında kollu galeri açma makinesinin kullanılabilirliği araştırılmıştır (Çomaklı ve diğ., 2014, 2016). Bu çalışmada küçük boyutlu kazı deney seti kullanılarak kaya kesme deneyleri yapılmış ve spesifik enerji değerleri belirlenmiştir. Belirlenen spesifik enerji değerleri ile cevherlerin kırılabilirlikleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve kırılabilirlik değerlerine bağlı olarak kollu galeri açma makinesi spesifik enerji değerinin tahmini için aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir;

$SE=0,078(UCSxBTS/2)+7,37$ (7)

Bu çalışmada ABS Alçı firmasına ait Ulukışla alçıtaşı ocağında mekanize kazı yönteminin uygulanması durumunda oluşacak birim maliyet tahmin edilmiştir. Bu kapsamda ilgili işletmede üretimi yapılan alçıtaşının dayanım özelliklerine bağlı olarak belirli özellikteki bir kollu galeri açma makinesi için birim maliyet analizi yapılmıştır. Bu kapsamda da yukarıda verilen eşitlikler kullanılarak 5 farklı patlatmadan elde edilen alçıtaşı numunelerinin Tablo 3’ te verilen tek eksenli basınç ve dolaylı çekme dayanımı değerlerine bağlı olarak kollu galeri açma makinesinin harcayacağı spesifik enerji değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4). Hesaplanan bu değerlere göre de bu işletmede alçıtaşı kazısı için kollu galeri açma makinesi kullanılması durumunda oluşacak maliyet belirlenmiştir. Maliyet hesaplaması yapılırken 1kwh elektrik 0,54 krş olarak hesaplanmıştır. Yapılan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen maliyetler Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 4. Önceki modeller kullanılarak teorik olarak hesaplanan spesifik enerji değerleri (kwh/m3).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Çopur ve diğ., 2001 | Balcı ve diğ., 2004 | Çomaklı ve diğ., 2016 (7) |
| UCS (1) | **BTS****(2)** | **UCSxBTS****(3)** | **UCS****(4)** | **BTS****(5)** | **UCSxBTS****(6)** |
| 0.58 | 2.57 | 1.69 | 3.69 | 6.59 | 4.94 | 2.45 |
| 0.72 | 2.81 | 1.79 | 3.84 | 6.84 | 5.14 | 2.50 |
| 0.51 | 2.67 | 1.68 | 3.60 | 6.69 | 4.93 | 2.45 |
| 0.74 | 2.91 | 1.82 | 3.86 | 6.94 | 5.20 | 2.51 |
| 0.83 | 3.01 | 1.89 | 3.97 | 7.05 | 5.31 | 2.53 |

Tablo 5. Hesaplanan spesifik enerji değerlerine bağlı olarak hesaplanan maliyet değerleri(TL/m3).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Çopur ve diğ., 2001 | Balcı ve diğ., 2004 | Çomaklı ve diğ.,2016 (7) |
| UCS (1) | **BTS****(2)** | **UCSxBTS****(3)** | **UCS****(4)** | **BTS****(5)** | **UCSxBTS****(6)** |
| 0.32 | 1.39 | 0.91 | 1.99 | 3.56 | 2.67 | 1.32 |
| 0.39 | 1.52 | 0.97 | 2.07 | 3.69 | 2.78 | 1.35 |
| 0.27 | 1.44 | 0.91 | 1.95 | 3.61 | 2.66 | 1.32 |
| 0.40 | 1.57 | 0.98 | 2.09 | 3.75 | 2.81 | 1.35 |
| 0.45 | 1.63 | 1.02 | 2.15 | 3.81 | 2.87 | 1.37 |

# **BUlgular ve tartışma**

Alçıtaşı üretiminde klasik delme-patlatma uygulaması sırasında maliyeti oluşturan tüm işlemler detaylı olarak analiz edilmiş ve 5 farklı patlatma için metreküp başına birim maliyet hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere makine bakım maliyetleri gibi değişkenler ilave edilmemiştir. Yine bu yöntemde patlatma sonrası oluşan yığının kamyonlara yüklenmesi sırasında ekskavatör çalışmasına bağlı olarak oluşacak maliyetler de maliyet hesaplamasına dâhil edilmemiştir.

 Benzer şekilde mekanize kazı maliyetleri hesaplanırken de makine ve sistemin ilk yatırım ve bakım onarım maliyetleri hesaplamalara dâhil edilmemiştir. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen 7 farklı modele göre teorik olarak kollu galeri açma makinesi enerji tüketimi maliyetleri hesaplanmıştır.

 Yapılan hesaplamalar sonunda 5 farklı delme-patlatma uygulaması için birim maliyet değerleri 4,79 - 5,89 TL aralığında olarak belirlenmiştir. Bu maliyetlerin delik sayısına, iklim şartlarına ve formasyon özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir. Mekanize kazı yöntemi için yapılan hesaplamalar da ise belirli özellikte seçilen bir kollu galeri açma makinesi için teorik hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken kazılan formasyonun tek eksenli basınç ve dolaylı çekme dayanımları ile yine bu değerlere bağlı olarak hesaplanan kırılganlık değerleri kullanılmıştır. Farklı modellere göre yapılan hesaplamalar sonucunda en düşük maliyet değerinin, Çopur ve diğ., (2001) tarafından kayaçların tek eksenli basınç dayanımı değeri kullanılarak elde edilen model kullanılarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek maliyet değerlerinin ise kayaçların dolaylı çekme dayanımı değerlerine bağlı olarak Balcı ve diğ., (2004) tarafından geliştirilen modelden elde edildiği görülmektedir. Ancak genel olarak bakıldığında alçıtaşı üretiminde mekanize kazı yönteminin uygulanması durumunda karşılaşılacak maliyetin, klasik delme patlatma maliyetinden düşük olacağı görülmektedir (Şekil 2). İlgili şekle bakıldığında klasik delme – patlatma uygulamasının 5 farklı patlatma için de farklı modellerden elde edilen teorik kazı maliyetlerinden fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda birinci etken parametre kazılan alçıtaşı formasyonun düşük dayanımlı olmasıdır. Bununla beraber ilgili işletmede delme – patlatma uygulamasının optimize edilmesi ile de maliyetlerin düşürülebileceği söylenebilir. Ancak alçıtaşı gibi düşük dayanımlı endüstriyel hammaddelerinin kazısında kollu galeri açma makinesi gibi mekanize kazıcıların kullanımının daha ciddi şekilde ele alınması mümkün olabilir. Nitekim bölgede alçıtaşı kazısı için farklı mekanize kazıcıları deneyen firmalar bulunmaktadır.

Şekil 2. Delme-patlatma uygulaması ile farklı teorik hesaplamalara göre mekanize kazı maliyetlerinin karşılaştırılması.

# **SONUÇ**

Bu çalışmada Niğde ili Ulukışla ilçesinde bulunan ve ABS Alçı firmasına ait alçıtaşı üretim sahasında klasik delme patlatma uygulaması yerine mekanize kazı yönteminin uygulanabilirliği birim maliyet bakımından incelenmiştir. Bu kapsamda 5 farklı patlatma için delme patlatma maliyeti detaylı olarak analiz edilmiş ve 1 metreküp malzeme üretiminin maliyeti belirlenmiştir. Ayrıca farklı araştırmacılar tarafından önerilen modeller kullanılarak belirli özellikteki bir kollu galeri açma makinesi için 1 metreküp malzemenin kazı maliyeti tahmin edilmiştir.

Daha sonra her iki yöntem için belirlenen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve alçıtaşı üretiminde mekanize kazı yönteminin tercih edilmesi durumunda, üretimin daha düşük maliyetli olacağı belirlenmiştir. Ancak yapılan bu çalışma da mekanize kazı yöntemi için hesaplanan spesifik enerji ve birim maliyet değerlerinin teorik olarak hesaplandığı unutulmamalıdır. Daha doğru bir karşılaştırma için alçıtaşı numuneleri üzerinde kaya kesme deneyleri yapılmalıdır. Ancak ilgili ocakta üretimi yapılan alçıtaşının düşük dayanımlı olmasından dolayı mekanize kazı maliyetinin delme – patlatma uygulaması maliyetine kıyasla daha düşük olacağı düşünülmektedir.

# **KAYNAKLAR**

Adhikari GR, Theresraj AI, Venkatesh S, Balachander R, Gupta RN. 2004. Ground vibration due to blasting in limestone quarries, *Fragblast – International Journal of Blasting and Fragmentation,* 8(2):85–94.

Aksoy, C.O. ve Yalçın, E., 1992, Kırmataş üretim yöntemlerinin ekonomik analizleri, *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.

Arpaz, E. 2000. *Türkiye’deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitütüsü.

Aykan, B. 2011. *The predictability of block size of blasted rock in calcite quarry using regression analysis and artificial neural networks method*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bağdatlı, S., 2013. *Üsküdar - Ümraniye - Çekmeköy metro hattı libadiye istasyonu yaklaşım tüneli kazısında yapılan patlatmalı kazılardan kaynaklanan titreşimlerin ölçülmesi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Balci, C., Demircin, M.A., Çopur, H., Tunçdemir, H. 2004. Estimation of optimum specific energy based on rock properties for assessment of roadheader performance. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 11. pp. 633–641

Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C. 2014. *Mechanical excavation in mining and civil industries*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Bilgin, H. A., Paşamehmetoğlu, A. G. 1986. Kayaların delinebilirlikleri ve patlatabilirlikleri üzerine bir çalışma, *1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu,* 113-125.

Bilim, N.. Çelik, A., Kekeç, B., 2015. Determination of the Effect of Drilling-Blasting Operation on Total Cost in Quarry, *8th Drilling-Blasting Symposium,* p.259–266, İstanbul. (in Turkish).

Bilim, N., Çelik, A., Kekeç, B. 2017. A study in cost analysis of aggregate production as depending on drilling and blasting design, *Journal of African Earth Sciences,* 134, 564 – 572.

Blair DP. 2014. “Blast vibration dependence on charge length, velocity of detonation and layered media”, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences,* 65:29-39.

Çomaklı, R. 2010. *Niğde ve Kayseri yöresindeki cevherlerin makine ile kazılabilirliklerinin belirlenmesi*, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Çomaklı, R., Kahraman, S., Balcı, C. 2014. Performance prediction of roadheaders in metallic ore excavation, *Tunnelling and Underground Space Technology,* 40, 38–45.

Çomakli, R., Kahraman, S., Balci, C., Tumac, D., 2016. Estimating specific energy from the brittleness indexes in cutting metallic ores. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy* 116, 763–768. doi:10.17159/2411-9717/2016/v116n8a8

Çopur, H., Tunçdemir, H., Bilgin, N., and Dinçer, T. 2001. Specific energy as a criterion for the use of rapid excavation systems in Turkish Mines. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section A: Mining Technology,* vol. 110. pp. A149–157.

Değerli, E. 2012. Açık Ocak İşletmeciliğinde Basamak Patlatması Tasarımı, http://www.maden.org.tr/. s63

Hoek, E., Bray, J. 1981. *Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy*, 3rd Edition, London.

Kahriman, A. 2003. “Maden ve taşocaklarında kaya patlatma tekniği ve uygulamalar”, *Maden ve taşocaklarında kaya patlatma tekniği semineri*, İstanbul.

Kahriman A., Özer Ü., Aksoy M., Karadığan A., Tuncer G. 2006. Environmental Impacts of Bench Blasting At Hisarcık Boron Open Pit Mine in Turkey, *Environmental Geology* Vol. 50, pp1015-1023.

Köse, H., Şimşir, F., Onargan, T. 2009. “*Açık işletme tekniği*”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.

McGill, M., Freadrich, J. 1994. The effect of fragmentation on loader productivity, *Proceedings of 5th State of the Art Seminar on Blasting Technology, Instrumentation and Explosives Application*, 713-724.

Michaud, P. R., Blanchet, J. Y. 1996. Establishing a quantitative relation between post blast fragmentation and mine productivity a case study, *Proceedings of 5th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 386-396.

Mortazavi, A., Katsabanis, P. D. 2000. Modelling the effects of discontinuity orientation, continuity, and dip on the process of burden breakage in bench blasting, *Fragblast*, 4(3):175-197.

Özer Ü., Karadoğan A., Kahriman A., Aksoy, M. 2013. Bench Blasting Design Based On Site-Specific Attenuation Formula in a Quarry, *Arabian Journal of Geosciences Journal*, Vol. 6, 99711-721.

Özkahraman, H. T., Bilgin, H. A. 1996. Hâkim süreksizlik yönünün patlatmaya etkisi yerinde inceleme, *2. Delme ve Patlatma Sempozyumu,* Ankara.

Rostami, J., Ozdemir, L., Neil, D.M. 1994. Performance prediction: a key issue in mechanical hard rock mining, *Min. Eng.* 1263–1267.

Singh, S. P., Yalçın, T. 2002. Effects of muck size distribution on scooping operations, *Proceedings of 28th Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques*, 315-325.

Tosun, A. 2013. *Muck pile fragmentation optimization at open pit bench blasting*, PhD Thesis (in Turkish), Dokuz Eylul University, Institute of Science.

Tosun, A., Konak, G. 2015. Determination of specific charge minimizing total unit cost of open pit quarry blasting operations, *Arab. J. Geosci.* 8, 6409 - 6423.

Tuncdemir, H. 2002. *Investigation into Application of Boom Type Machines for Mineral Excavations*, PhD Thesis. Istanbul Technical University.

Yılmaz, A.O., Kaya, R., Şentürk, M. ve Tatarhan, A., 2003, 50/130/250/500 ton/saat kapasiteli kırma-eleme tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesi, *3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.