

Ercan Taşocağı Delme Patlatma Verimliliğinin Değerlendirmesi

Abdülkerim PEKİN^{*1}, Mehmet BAYIRLI²

¹Balıkesir Üniversitesi BMYO Madencilik ve Mad. Çıkarma Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir.

²Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fak., Fizik Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir.

Özet

Taşocağı açık işletmeciliği kazı, basamak oluşturma, delme-patlatma ve yükleme-taşıma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Taşocağı işletmeciliğinin ilk adımını kazı, sonraki adımını ise kırma eleme oluşturmaktadır. Kırıcıya beslenen malzemenin tane boyut dağılımı, kırıcı verimini belirlemede en önemli parametrelerden biridir. Bu amaçla Ercan Taşocağı İşletmesi için basamak patlatma sisteminin verimliliği kırıcı performansı, elek analizi ve görüntü analiz yöntemiyle araştırılmıştır. Patlatmalarda farklı delme patlatma tasarım parametreleri uygulanarak, patlatma sonrası oluşan yığından yeterli miktarda numune alınarak elek analizi yapılmış ve dijital fotoğraf makinesi ile yığının fotoğrafları çekilmiştir. Yığın fotoğrafları ImageJ programı kullanılarak işlenip patlatma sonrası oluşan parçaların boyut dağılımları belirlenmiştir. Elek analiz sonuçları ile görüntü analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Görüntü analizi, patlatma verimliliği, parça boyut dağılımı.*

Evaluation of Drilling and Blasting Productivity at Ercan Quarry

Abstract

Quarry Open-pit excavation is carried out by means of bench construction, drilling-blasting and loading-transport. The first step in quarrying is excavation while crushing and screening constitute the following. The particle size distribution of the material fed to the crusher is one of the most important parameters in determining the yield. With respect to that, the efficiency of bench blasting system in Ercan Quarry Business has been analyzed by means of crusher performance, sieve analysis and image analysis. Having applied various drilling-blasting and design parameters, sufficient samples have been taken from the stack that had formed as a result of the blast and then analyzed by sieve analysis while the snapshots of the of the stack have been taken with a digital camera. The size distribution of the post-blasting pieces has been determined by processing the stack images through ImageJ software. Sieve analysis results were then compared with the image analysis results.

Keywords: *Image analysis, blasting productivity, particle size distribution.*

*Abdulkerim Pekin, pekin@balikesir.edu.tr, Tel: +90 (266) 612 12 09

1. Giriş

Taşocağı işletmeciliğinde kazı, delme ve patlatma hem etkili he de ekonomik bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca taşocağı işletmelerinde patlatma sonrası farklı büyüklükte parçalanmış kayaçlara, ilk adım olarak kırma işlemin uygulanır. Daha sonra elenerek gruplanır. Kayaçların parça boyutu doğal olarak kırıcının performansını etkilemektedir. Bu nedenle uygulanan patlatma sisteminin planlanması ve verimliliğinin belirlenmesi önemlidir. Patlatma uygulamasının verimliliği, patlatma sonrası oluşan yığının parça boyut dağılımının belirlenmesi ile de ölçülebilir.

Optimum tasarlanmış delme-patlatma işlemi sonucunda oluşan yığın yükleme, taşıma ve kırma-eleme operasyonlarının en verimli şekilde yapılabilirdiği parça boyutu ile elde edilebilir. Ancak süreksizlik sistemleri, kayaç kütlesi içindeki bilinmeyen boşluklar, kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri gibi kontrol edilemeyen birçok değişken delme-patlatma tasarımını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu amaç ile patlatma işlemine ait delik geometrisi, patlayıcı şarj paterni, özgül şarj, dilim kalınlığı ve ateşleme sistemi gibi kontrol edilebilir parametreler yardımı ile uygun delme-patlatma tasarımı yapılabilmektedir. İyi bir patlatma paterni belirlemek amacı ile deneme patlatmaları yapılması gerekir. Deneme patlatmalarının verimliliği sayısal olarak değerlendirilmelidir.

Bazı araştırmacılar tarafından, patlatma verimliliği ve görüntü analiz yöntemi kullanılarak parça boyut dağılımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Basamak patlatma tasarımında, patlatma sonuçlarını verimlilik ve çevresel anlamda önemli şekilde etkileyen dilim kalınlığı parametresinin patlatma sonuçlarına olan etkileri Karaoğlu ve arkadaşları tarafından araştırılmıştır. Dilim kalınlığının basamak boyunca değişim göstermesi ile parça boyut dağılımının değiştiği ve dilim kalınlığı arttıkça da parça boyut değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir [1]. Özkahraman ve arkadaşları, Göltaş taş ocağında basamak patlatmasının verimliliği, parçalanma boyut dağılımından, dijital fotoğraf yöntemiyle hesaplanmış ve değerlendirilerek önceden uygulanmış olan galeri patlatma sistemi ile karşılaştırılmışlardır. Galeri patlatma yönteminden elde edilen parça boyut dağılımında, yığının %60'ının 30 cm'nin üzerinde olduğu ve yaklaşık %20 sinin boyutunun 1 m³ den büyük olduğu belirlenmişlerdir. Delme-patlatma yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre, yığının %62,4 ünün boyutunun 30 cm' nin üzerinde olduğu ve yaklaşık %31 inin boyutunun 1 m³ den büyük olduğu belirlenmiştir. Kireçtaşının dayanımının yüksek olması nedeni ile (70 MPa) daha ince malzeme üretmek için halen dilim kalınlığı olarak seçilen 3,5 m'nin azaltılması, 115 mm olarak uygulanan delik çapının düşürülmesi gerektiğini önermişlerdir[2].

Yeraltı patlatma işlemlerinde farklı sıkılama yöntemlerinin parça-boyut dağılımı ve dolayısıyla patlatma performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, ince taneli, az tabakalı kumtaşı, yer yer şistli kumtaşı ve sert kumtaşından oluşan masif yapı içerisinde açılan ulaşım yollarındaki patlatmalar sonrası alınan pasa yığını görüntüleri üzerinde sayısallaştırma işlemleri ile parça-boyut analizleri Özözen ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Çamurlu sıkılamada tane boyu dağılımı daha geniş bir elek aralığında heterojen dağılım gösterirken, sulu sıkılama ile oluşan parçalarda parça boyut dağılımının daha homojen ve düzenli olduğu görülmüştür. Ayrıca çamurlu sıkılamada özellikle 10 cm'nin altındaki tane boyutu dağılımı sulu sıkılamaya göre %35 daha fazla olmuştur. Dolayısıyla pasa yüklenmesi ve işçilik açısından sulu sıkılama ile daha kolay taşınabilir karakteristikte malzeme boyutu elde edilmiştir [3].

Cevizci ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, sayısal standart fotoğraf yöntemi ve Split-Desktop bilgisayar yazılımı kullanılarak atım kütlelerinin boyut dağılımı belirlenerek değerlendirilmiştir. Bu iki yöntemin birbirine yakın ve güvenilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [4]. Diğer taraftan Pekin'in yaptığı bir çalışmada, yükleyici performansı ve özgül şarj-patar ilişkisinin patlatma verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir. Yükleyici periyot süresi daha az olduğu atımların parçalanma derecesinin daha iyi olduğu ve özgül şarj arttığında patar sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Süreksizlik aralığı "orta derecede aralıklı", süreksizlik sıklığı "kırıklı-çatlaklı", süreksizlik devamlılığı "orta derecede devamlılık", süreksizlik yüzeyi pürüzlülüğü "az dalgalı ve dalgalı", süreksizlik yüzeylerinin kapalı, açık ve dolgulu özellik gösteren kırma taş ocaklarında ekskavatör seçeneğine göre dilim kalınlığı, 2,75 m, delikler arası mesafe, 2,50 m veya 3,90 m-1,95 m olması önerilmiştir [5].

Patlatma verimliliği, kayanın mekanik-fiziksel özellikleri, süreksizlik sistemleri, patlayıcı madde özellikleri ve delme patlatma tasarım parametreleri gibi birçok etkene bağlıdır. Bu nedenle verimliliğin belirlenmesi oldukça zor ve karmaşık bir işlemdir. Patlatma verimliliği incelenirken belirtilen parametrelerle birlikte kazı-yükleme, nakliye ve primer kırma işlemleri de birlikte değerlendirilmektedir. Çünkü patlatma sonrası oluşan yığının parça boyutu ile bu parçaların kazılması-yüklenmesi, taşınması ve kırma işleminde belli bir boyuta küçültülmesi maliyetleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Parça boyutu arttıkça delme-patlatma maliyeti azalmakta fakat kazı-yükleme, nakliye ve kırma maliyetleri artmaktadır. Delme-patlatma, kazı-yükleme, taşıma ve kırma maliyetlerinin toplamı ele alındığına, belirli bir parça boyutunda söz konusu değerler minimum değeri almaktadır. Bu nedenle açık işletmelerde uygulanacak delme-patlatma tasarımı, toplam maliyetleri en küçükleyen optimum parça boyutu sağlamalıdır [6].

Ancak Ercan Taşocağı işletmesi için (Balıkesir) patlatma verimliliği ve yığını oluşturan kayaç parça boyut dağılımı ilgili çalışmalar belirlenmemiştir. Bölgesel alanda patlatma parametrelerini etkileyen birçok farklı faktör olması nedeni ile ocak bazında bu parametrelerin belirlenmesi daha uygun olacaktır. Bu çalışmada, yukarıda belirtilen gerekçelerden dolayı Balıkesir Ercan Taşocağında işletme faaliyetlerini aksatmayacak şekilde iki deneme atımı uygulanmıştır. Farklı patlatma tasarım parametrelerine göre işletmede 60'lık kırıcı kullanılarak delme-patlatma verimliliği incelenmektedir. Bu amaçla patlatma sonucu oluşan yığındaki farklı büyüklükteki kayaç ve diğer materyaller için elek ve ayrıca görüntü işleme yöntemi kullanılarak parça boyut dağılımı analizleri yapılmaktadır.

2. Yöntem

Herhangi bir kaya birimi için patlatmanın verimliliği, yapılacak farklı atım sonuçlarının gözlenmesi ve birbirleriyle kıyaslanması ile belirlenebilir [6, 7]. Bu çalışmada kırıcı performansı, elek analizi ve görüntü analiz yöntemi kullanılarak patlatma verimliliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

2.1. Delme-patlatma tasarımı

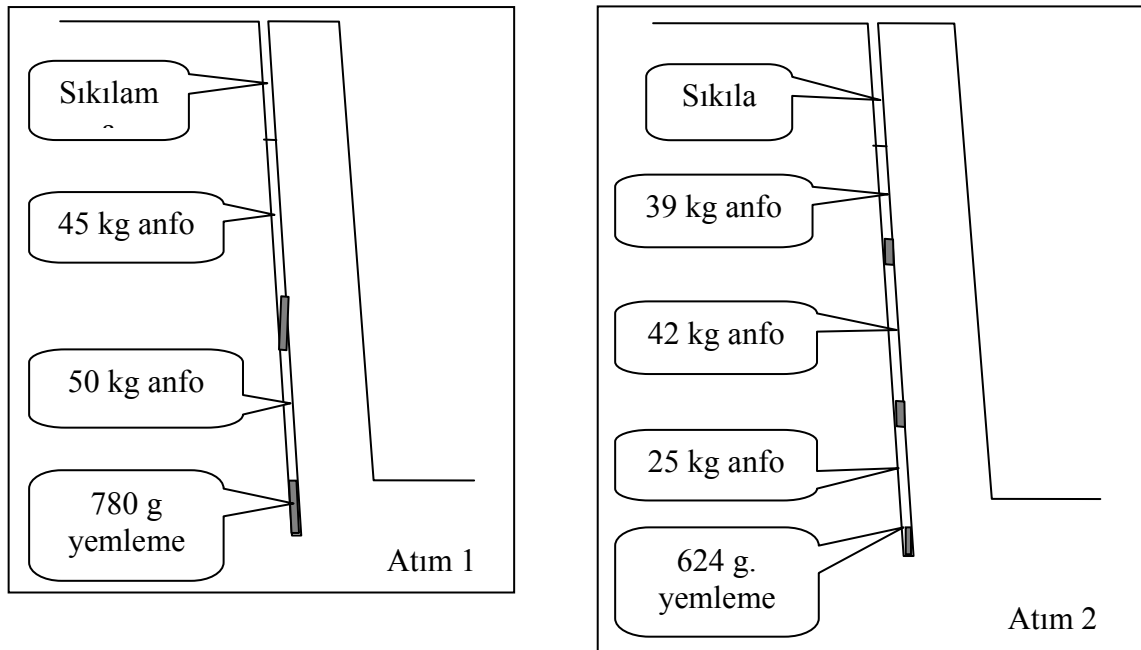
Patlatma ve sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan atımlarda, orta ölçekli bir işletme olduğundan ve ayna uzunluğu kısa olduğu için delik sayısı az ve her atımda farklı olabilmektedir.

Delme-patlatma tasarımında her bir atım için delik sayısı, dilim kalınlığı, delik çapı, delik eğimi, yemleme miktarı, yemleme konumu, basamak yüksekliği gibi parametreler göz önüne alınmıştır. Delikler şarj edilirken delik uzunlukları ve su durumu incelenmiştir. Patlayıcı madde olarak anfo ve jelatin dinamiti kullanılmıştır. Her deliğe yaklaşık aynı miktarda anfo şarj edilmiştir. Delikler arası mesafe, deliklerdeki yemleme miktarı ve konumları değiştirilerek özgül şarj ile yemleme miktarı ve konumunun etkisi araştırılmıştır.

Patlatma delikleri mümkün olduğunca birbirine paralel ve aynı eğimde delinmeye çalışılmıştır. Ortalama delik eğiminin $75 - 80^\circ$ arasında delindiği jeolog pusulası ile tij üzerinden ölçülmüştür. Delikler 21 m sabit uzunluğunda delinmiştir. Her atımda delinecek olan deliklerin yerleri, belirlenen parametrelere göre şerit metre ile ölçülerek işaretlenmiş ve buna göre delinmiştir. Ölçülen ve hesaplanan patlatma parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca her atımdaki şarj paternleri önceden belirlenen şekilde yapılmış ve gecikmesiz ateşleme ile patlatılmıştır. Uygulanan şarj parametreleri Şekil 1’de verilmiştir. Atım 1’de yaklaşık 9,5 m aralıkla 2 yemleme, Atım 2’de yaklaşık 6,5 m aralıklarla 3 yemleme uygulanmıştır. Ayrıca farklı delikler arası mesafe uygulanarak özgül şarj, özgül kapsül ve özgül dinamit değerleri hesaplanmıştır. İncelenen 2 atım bu parametrelere göre değerlendirilmiştir.

2.2. Kırıcı performansı yöntemi

İşletmede yapılan 2 adet patlatma için kırıcı performans ölçümleri yapılmıştır. Her atımda yığının orta kısımlarından yüklenen 10 kamyon seçilmiş ve kırıcının hemen yakınındaki kantarda kütleleri tartılmıştır. Kamyonlara yüklenen malzeme içerisinde hidrolik kırıcı tarafından küçültülmüş parça bulunmamaktadır. Ocaktan getirilen malzeme 60’lık kırıcı kullanılarak işleme tabi tutulmuştur. Kırıcının malzeme giriş boyutu 60 cm. çıkış boyutu 10 cm’dir. Kırıcı, jeneratörle çalıştığı için harcanan mazot miktarı litre cinsinden ölçülmüştür.



Şekil 1. Atımlarda uygulanan şarj paternleri

Yapılan atımlarda kırıcının fiili çalışma oranı, ölü çakışma oranı ve birim enerji miktarı belirlenerek patlatma sonrası oluşan yığının parçalanma derecesi belirlenmesi ile patlatma verimliliği belirlenmektedir. Kırıcının fiili çalışma oranı en büyük, ölü çalışma oranı en küçük ve birim enerji tüketimi en küçük olan atımın parçalanma derecesi en iyi olarak kabul edilmiştir.

Tablo 1. Atımlar için patlatma tasarım parametreleri

Parametreler	Atım 1	Atım 2	Parametreler	Atım 1	Atım 2
Delik Sayısı	3	4	Tırnak Uzunluğu (m)	0,50	0,50
Delik Çapı (mm)	89	89	Malzeme Hacmi (m ³)	415	443
Eğim Açısı (derece)	75-80	75-80	Anfo Miktarı (kg)	285	424
Delik Uzunluğu (m)	21	21	Özgül Şarj (kg/m ³)	0,686	0,957
Dilim Kalınlığı (m)	3	3	Dinamit Miktarı (g)	4680	7488
Delikler Arası Mesafe (m)	2,25	1,80	Özgül Dinamit (g/m ³)	11,27	16,90
Basamak Yüksekliği (m)	20,5	20,5	Kapsül Adedi	6	12
Sıkılama Boyu (m)	4	2,75	Özgül Kapsül (adet/m ³)	0,014	0,027

2.3. Elek analizi yöntemi

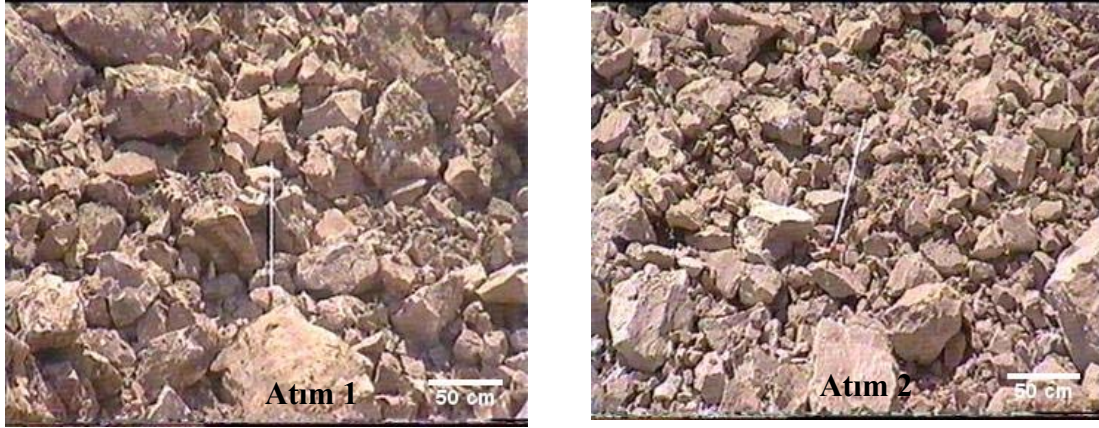
Patlatma sonrası parça boyut dağılımının belirlenmesi amacıyla elek analizi yöntemi uygulanmıştır. Yönteme göre yapılan her atımdan sonra kazı yığının orta kısımlarına yakın bölgelere geldiğinde yüklenen kamyonlardan biri rastgele örnek olarak seçilmiştir. Kırıcı yakınına gelen kamyon uygun bir yere döktürülerek malzemeden yığını temsil edecek şekilde kepçe ile numune alınmıştır. 0-5, 5-10, ...+60 boyutuna kadar 5'er cm aralıklarla yaptırılan bir elek ile sınıflandırılmıştır. Böylece elek analizi ile patlatma sonuçları karşılaştırılmaktadır. Bu değerlendirmelerde atımların patar miktarları ihmal edilmiştir.

Parça boyutu % ağırlık dağılım değerleri listelenmiş ve % ağırlık dağılım grafikler şeklinde sunulmaktadır. Boyut aralıklarının % kümülatif ağırlık değerleri ve % kümülatif eğrileri de çizilmiştir. İncelenen atımlar % ağırlık grafiğinde çizilen doğrusal eğilim çizgileri ve % kümülatif ağırlık oranları grafiğinde parça boyutu 30 cm'nin üzerindeki toplam % ağırlık oranları ile karşılaştırılmıştır. Parça boyutunun 30 cm'nin üzerindeki kümülatif % ağırlık miktarı ne kadar az ise o kadar iyi parçalanma olduğu, verimli bir patlatma olduğu kabul edilmiştir.

2.4. Görüntü işleme yöntemi

Her bir atım sonrasında oluşan yığının boyut dağılımı istatistiği foto analiz yöntemiyle belirlemek için dijital fotoğraf makinesi kullanılarak patlatma sonrası oluşan yığının üzerinden fotoğrafları çekilmiştir. Atımların değerlendirmesinde kullanılan tipik yığın görüntüleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Fotoğraf yığın yüzeyine dik çekilmediğinde yığının uzak ve yakın kısımlarının boyutlarında hata oluşmaktadır [4]. Bu nedenle fotoğraflar yaklaşık yığın düzlemine mümkün olduğu kadar dik olacak şekilde çekilmeye çalışılmıştır. Ölçek olarak yığın üzerine yerleştirilen 100 cm uzunluğundaki metal metre kullanılmıştır.

Patlatma sonucu oluşan yığının parça boyut dağılımını belirlemek için ImageJ görüntü işleme yazılımı kullanılmaktadır [8]. Bu yazılım 8, 16 ve 32 bitlik gri görüntüler ile 8, 16 ve 32 bitlik renkli imajları ve TIFF, GIF, JPEG, DICOM, BMP formatlı dosya biçimlerini desteklemektedir. TIFF imajları 1 bit, 8 bit, 16 bit, 32 bit (gerçek renk) veya RGB renkli olabilir. Parça boyutunu hesaplama işlem basamakları aşağıdaki gibi sıralanabilir.



Şekil 2. Patlatma sonrası yığın görüntüleri.

Image Menu; Type komutu ile aktif imaj tipi 8 bit gri biçime dönüştürülür. FindEdges komutu ile yığındaki kayaç kütlerinin kesit çevre uzunluğu [8]. Binary komutu kullanılarak görüntü siyah-beyaz formata dönüştürülür. Komutlar yığındaki anlamlı objelerin (kayaç) siyah, alt yapının ise beyaz olduğunu varsaymaktadır. AnalyzeParticles; Bu komut siyah beyaz ya da eşik değeri belirlenmiş görüntülerdeki anlamlı objeleri sayma, alanlarını hesaplama ve çevre büyüklüğünü tanımlanan ölçüt cinsinden belirleme işlemlerini gerçekleştirir.

Parça analizi işlemi için iletişim kutusu kullanılır. Size bölümünde belirlenen aralık dışında kalan parçacıklar ihmal edilir. Bu bölüme tek bir değer girildiğinde analiz esnasında bu değerden küçük parçacıklar ihmal edilir. Aynı şekilde Dairesellik (Circularity) bölümünde belirlenen aralık dışında kalan değerler de ihmal edilir [8, 9].

3. Bulgular

Açık Ercan Taşocağı İşletmesinde delme-patlatma tasarım parametreleri değiştirilerek yapılan atımlardaki patlatma sisteminin verimliliği, kırıcı performansı, elek analizi ve görüntü analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

3.1. Kırıcı performansı yöntemi ile parça boyut analizi

Yığının orta kısımlarından kamyonlara yüklenen malzeme, kırıcının yakınındaki kantarda tartılarak 60'lık kırıcıya beslenmiştir. Tonajı belli malzeme için kırıcının fiili çalışma oranı, ölü çakışma oranı ve birim enerji miktarı bulunmuştur. Elde edilen kırıcı performans ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kırıcı fiili çalışma oranı %83,57, ölü çalışma oranı %16,43 ve birim enerji tüketiminin 0,145 l/ton olduğu atım 2'nin patlatma verimliliğinin daha iyi olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.2. Elek analizi yöntemi ile parça boyut analizi

Her atımdan sonra yığının orta kısımlarından yığını temsil edecek şekilde kepçe ile numune alınmıştır. Alınan numune 0-5, 5-10,...+60 boyutuna kadar 5'er cm aralıklarla yaptırılan bir elek ile sınıflandırılmıştır. Boyut aralıkları için elde edilen değerler Tablo 3.'de % ağırlık grafiği Şekil 3 ve % kümülatif ağırlık grafiği Şekil 4'de sunulmuştur.

Şekil 3'te atım serilerinin doğrusal eğilim çizgileri çizilmiştir. Bu eğilimler incelendiğinde atım 1'de parça boyutu küçüldükçe % ağırlık miktarı da azalmaktadır.

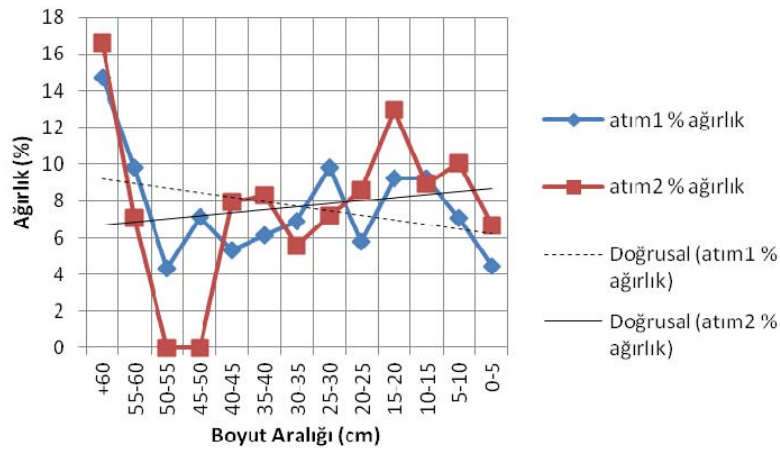
Atım 2’de ise parça boyutu küçüldükçe % ağırlık miktarı artmaktadır. Yani kırıcı yükü azalacağından atım 2 delme-patlatma parametreleri ile yapılan patlatmanın daha verimli olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kırıcı performansı ölçüm sonuçları.

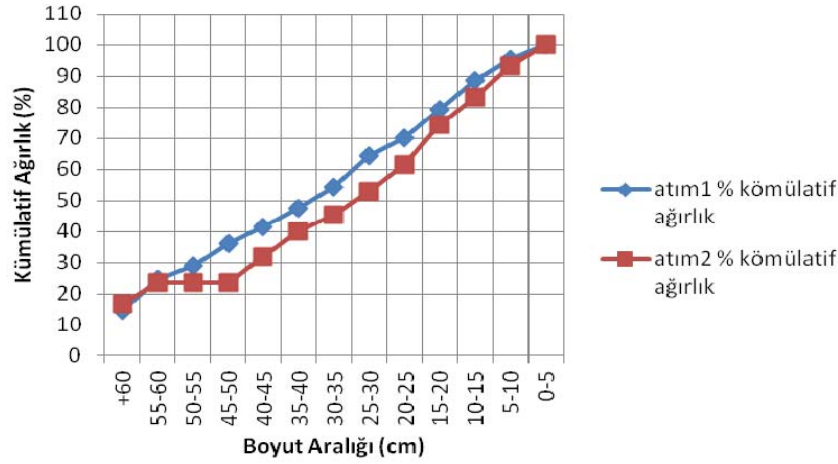
Atım No	1	2
Malzeme Besleme Miktarı (Ton)	190,00	200,00
Kırıcı Fiili Kırma Süresi (dak)	144,50	145,00
Ölü Süre (dak)	43,00	28,50
Toplam Süre (dak)	187,50	173,50
Kırıcı Fiili Çalışma Oranı (%)	77,07	83,57
Kırıcı Ölü Çalışma Oranı (%)	22,93	16,43
Toplam Harcanan Mazot (lt)	31,25	28,92
Kırıcı Birim Mazot Miktarı (lt/ton)	0,164	0,145
Fiili Kırıcı Kapasitesi (ton/saat)	60,80	69,16

Tablo 3. Boyut aralıklarının % ağırlık değerleri.

Boyut Aralığı	Atım1 % Ağırlık	Atım2 % Ağırlık	Atım1 % Kümülatif Ağırlık	Atım2 % Kümülatif Ağırlık
+60	14,76	16,63	14,76	16,63
55-60	9,85	7,06	24,61	23,69
50-55	4,33	0	28,94	23,69
45-50	7,14	0	36,08	23,69
40-45	5,32	7,95	41,4	31,64
35-40	6,11	8,32	47,51	39,96
30-35	6,89	5,57	54,4	45,53
25-30	9,85	7,21	64,25	52,74
20-25	5,81	8,62	70,06	61,36
15-20	9,21	13	79,27	74,36
10-15	9,21	8,92	88,48	83,28
5-10	7,09	10,03	95,57	93,31
0-5	4,43	6,69	100	100



Şekil 3. Elek analizi % ağırlık grafiği.

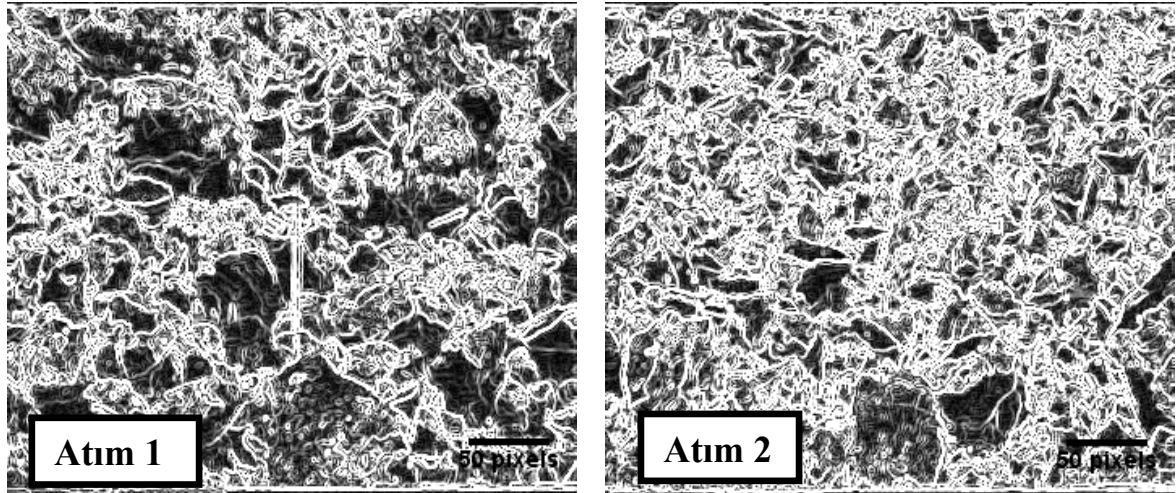


Şekil 4. Elek analizi % kümülatif ağırlık grafiği.

Şekil 4 incelendiğinde 30 cm parça boyutundan çıkan doğrunun atım 1 ve atım 2 eğrilerini kestiği noktaya karşılık gelen % kümülatif ağırlık oranları Atım 1 için %54,4, atım 2 için %45,53 olduğu belirlenmiştir. Atım 2 'de 30 cm'nin üzerinde daha az miktarda kırılacak malzeme olduğu görüldüğünden patlatma verimliliği daha yüksektir.

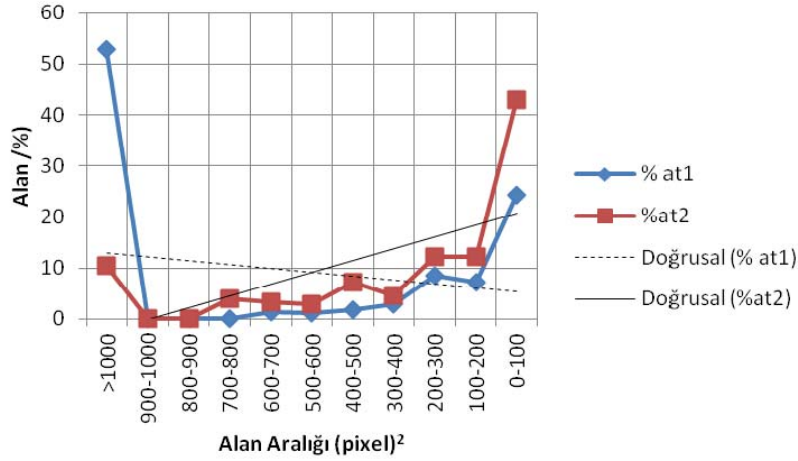
3.3. Görüntü işleme yöntemi ile parça boyut analizi

Atımların görüntü işleme yöntemiyle değerlendirmesi için çekilen fotoğraflar imageJ [8, 9] programı ile açılmıştır. Görüntü üzerinde işlem yapılabilmesi için RGB tipindeki görüntü, 8 bit şekline dönüştürülmüştür. FindEdges komutu ile yığındaki parçaların kenarları belirginleştirilmiştir (Şekil 5). Binary komutu ile işlenen görüntü, AnalyzeParticles komutu ile parçaların alan ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir.

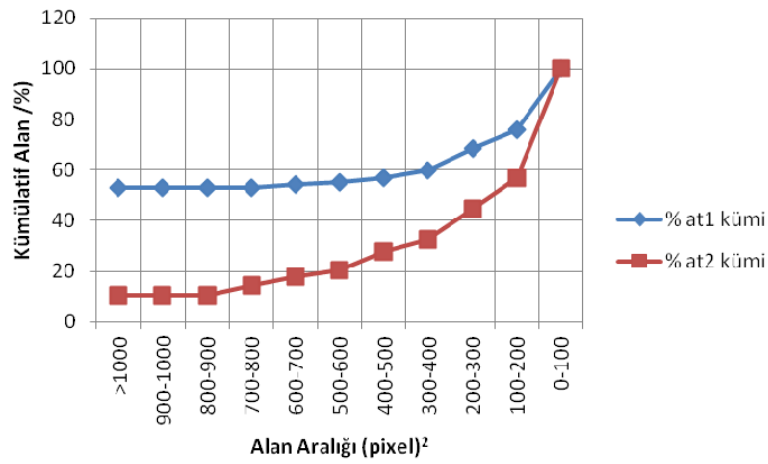


Şekil 5. Ölçme işleminin gerçekleştirildiği yığın parçalarının görüntüsü.

Ölçme işleminde yığındaki parçaların geometrik yapısı önem arz etmektedir. Yığını oluşturan parçaların genellikle dairesel olmayıp yaklaşık olarak elipse benzer olduğu için Şekil 5'deki yığın görüntülerinden anlaşılmaktadır. Bu nedenle parçaların alan ölçme işlemi gerçekleştirilirken daireselliği 0,00-1,50 değerleri alınmıştır. Elde edilen kesit alan sonuçları 100'er (pixel)² aralıklarla sınıflandırılarak % alan ve kümülatif % alan grafikleri çizilerek Şekil 6-7 de gösterilmektedir.



Şekil 6. Görüntü analizi % alan grafiği.



Şekil 7. Görüntü analizi % kümülatif alan grafiği.

Şekil 6-7 incelendiğinde doğrusal eğilim çizgilerinin gelişiminden atım 1 için parça boyutu küçüldükçe küçük boyuttaki parçaların oranının azaldığı, atım 2 için ise parça boyutu küçüldükçe küçük boyuttaki parçaların oranının arttığı görülmektedir. Bu da kırıcı yükünün azaldığı atım 2 delme-patlatma parametreleri ile yapılan patlatmanın daha verimli olduğunu göstermektedir.

Kümülatif %alan grafiği incelendiğinde 500 (pixel)² alanının üzerindeki parçaların toplam alanı atım 1 için %55 kadar olurken atım 2 için % 20 olmaktadır. Görüntü analiz sonucuna göre atım 2 patlatma verimliliğinin daha iyi olduğu sonucuna varılabilir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, Balıkesir Ercan Taşocağında iki deneme atımı uygulaması ile ilgili elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Farklı patlatma tasarım parametrelerine göre işletmede 60'lık kırıcı kullanılarak delme-patlatma verimliliği incelenmiştir. Patlatma sonucu oluşan yığındaki materyal için elek ve ayrıca görüntü işleme yöntemi kullanılarak parça boyut dağılımı analizleri yapılmıştır.

Delikler arası mesafe 2,25 m'den (atım 1) 1,80 m'ye (atım 2) düşürüldüğünde ve atım 1 için delik şarjında yemleyicilerin delik kolonu içerisinde 9,5 m aralıkla 2 adet, 11,27 g/m³ özgül yemleme konulması yerine atım 2'de 6,5 m aralıkla 3 adet, 16,90 g/m³ özgül yemleme konulması sonucu, yani delik kolonu boyunca yayıldığında patlatma verimliliğinin arttırdığı gözlenmiştir.

Kırıcı performans ölçüm sonuçları dikkate alındığında, kırıcı fiili çalışma oranı %77'den %83'e yükselmiştir. Elek analizine göre, çapı 30 cm üzerindeki malzemenin toplam % ağırlık oranı %54'den %45 düşmüştür.

Görüntü analiz grafikleri değerlendirildiğinde ise 500 (pixel)² alanının üzerindeki parçaların toplam alanı atım 1 için %55 kadar olurken atım 2 için %20'ye azaldığı gözlenmiştir. Uygulanan performans ölçüm sonuçlarının üçü de birbiri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Patlatma verimliliğinin artırılması için delikler arası mesafe azaltılıp yemlemenin delik kolunu boyunca yayılması uygun olacaktır.

Kaynaklar

- [1]. Karaoğlu, A. ve Yılmaz, P., "Patlamada dilim kalınlığının basamak boyunca gösterdiği değişiminin parça boyut dağılımına etkilerinin araştırılması", **İstanbul Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 19-31, (2010).
- [2]. Özkahraman, T. H., Çiftçi, H., "Sayısal fotoğraf yöntemiyle Göltaş Çimento Fabrikası Taş Ocağı patlatmalarının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi", **Madencilik**, 41, 2, 3-10, (2002).
- [3]. Özözen, A. A., Ünver, B., "Plastik sulu sıkılama kartuşlarının (PSSK) patlatma verimi ve parça boyut dağılımına etkisi", **Madencilik**, 37, 1, 5-16, (1998).
- [4]. Cevizci, H. ve Akçakoca, H., "Yığın parça boyut dağılımının belirlenmesinde bazı görüntü analiz yöntem sonuçlarının karşılaştırılması", **Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 15, 2, 256-264, (2011).
- [5]. Pekin, A., "Ercan taş ocağı delme-patlatma sisteminin incelenmesi", **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 12, 1, 31-45, (2010).
- [6]. Konuk, A. ve Gökten, M. "Açık İşletme Madenciliği", **Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi**, Yayın No: 108, (1992).
- [7]. Kahrıman, A., "Sivas Ulaş yöresi sölestit cevheri ve yan kayalar için optimum patlatma koşullarının araştırılması ve kayaç özellikleri ile ilişkilendirilmesi", Doktora Tezi, CÜ, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, (1995).
- [8]. <http://imagej.nih.gov/ij/docs/index.html> (27.10.2014).
- [9]. Bayırlı, M., "ImageJ yazılımı kullanılarak morfolojik görüntülerin tanımlanması", **Akademik Bilişim 2013-Konferans Bildirileri Kitapçığı**, 133-136, (2013).