



Orijinal Araştırma / Original Research

## AŞINDIRICILI SUJETİYLE DOĞALTAŞ KESMEDE GRANİT ATIKLARININ AŞINDIRICI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

### EVALUATION OF GRANITE WASTES AS ABRASIVE IN NATURAL STONE CUTTING WITH ABRASIVE WATERJET

Gökhan Aydın<sup>a,\*</sup>, Serkan Kaya<sup>a,\*\*</sup>, İzzet Karakurt<sup>a,\*\*\*</sup>, Furkan Yıldırım<sup>a,\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE

Geliş Tarihi / Received : 10 Mart / March 2019

Kabul Tarihi / Accepted : 12 Haziran / June 2019

#### Anahtar Sözcükler:

Doğaltaşlar,  
Granit atığı,  
Aşındırıcı,  
Aşındırıcılı sujeti.

#### ÖZ

Doğaltaş sektöründeki üretim ve işleme faaliyetleri sonucunda kayda değer miktarlarda atık oluşturulmaktadır. Bu atıklar, çeşitli çevresel problemlere (topografya değişikliği, yüzey/yeraltı sularında bozulma, hava/görüntü kirliliği vb.) yol açmaktadırlar. Bu çalışmada, granit atıklarının (iri ve ince boyutlu) aşındırıcılı sujeti ile (ASJ) doğaltaş kesmede aşındırıcı olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Kesme deneylerinde kullanılan kireçtaşı örnekleri uzunlukları boyunca kesilmişlerdir. Kesme parametreleri deneyler süresince sabit değerlerde tutulmuş ve kesme performansının değerlendirilmesinde kesme derinliği referans alınmıştır. Çalışma sonuçları granit atıklarının sudan etkilenme, sertlik, dayanım, yoğunluk ve şekil açısından aşındırıcı olarak gereksinimleri karşıladığını göstermiştir. Bunun yanında, atık çamurundan elde edilen malzemelerin büyük çoğunluğunun (atık çamurunun %96'sı) ASJ ile doğaltaş kesimi için ihtiyaç duyulan boyutta olmadığı belirlenmiştir. Ek olarak, parça granit atıklarından kırma, öğütme ve eleme işlemleriyle elde edilen malzemenin aşındırıcı olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

#### ABSTRACT

Considerable amounts of wastes are generated as a result of the production and processing operations in the natural stone sector. These wastes cause some environmental problems (topography change, surface/underground water pollution, air/visual pollution and so on). In this study, potential use of the granite wastes (coarse and fine size) as abrasive in natural stone cutting with abrasive waterjet (AWJ) are investigated. The limestone samples used in the tests are cut longitudinally. The cutting parameters are kept constant during the tests and the cutting depth is considered for assessing the cutting performance. The study results show that granite wastes meet the requirements as abrasive in terms of reaction with water, hardness, toughness and shape. Besides, it is determined that a great majority (96% of waste slurry) of the fine materials derived from the waste sludge doesn't have required size for natural stone cutting with the AWJ. Additionally, it is concluded that materials obtained from the coarse granite wastes by crushing, grinding and sieving could be used as abrasive.

#### Keywords:

Natural stones,  
Granite waste,  
Abrasive,  
Abrasive waterjet.

\* Sorumlu yazar / Corresponding author: [gaydin@ktu.edu.tr](mailto:gaydin@ktu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0002-6670-6458>

\*\* [serkan.kaya@ktu.edu.tr](mailto:serkan.kaya@ktu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0002-2081-4445>

\*\*\* [karakurt@ktu.edu.tr](mailto:karakurt@ktu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0002-3360-8712>

\*\*\*\* [furkanyildirim@ktu.edu.tr](mailto:furkanyildirim@ktu.edu.tr) • <https://orcid.org/0000-0001-8124-4469>

## GİRİŞ

Bir veya birkaç mineralin bir araya gelmesiyle kayaçlar oluşur. Kayaçlar, oluşum şartlarına ve kökenlerine göre magmatik, tortul ve başkalaşım olmak üzere üç gruba ayrılabilir (Azizoğlu, 2005; Büyüksağış ve Gürçan, 2005; Aydın vd., 2013a). Diğer bütün taşların kökenini oluşturan mağmatik kayaçlar, bulunduğu yerden hareket eden mağmanın yeryüzünde/yeryüzüne yakın yerlerde katılmasında sonucunda oluşurlar. Bu kayaçlar, kristalli (taneli), tabakalanmasız ve kütleler halindedirler. Fosil içermezler ve asitten etkilenmezler. Tortul kayaçlar ise dış kuvvetlerin etkisiyle aşındırılan malzemelerin çukur yerlerde biriktirilip tortullaşmasıyla oluşurlar. Tortul kayaçlar tabakalı ve kristalsiz bir yapıdadırlar. Oluştukları zamana ait canlı kalıntıları (fosiller) içerirler ve asitten etkilenirler. Mağmatik ve tortul kayaçların yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşmasıyla da metamorfik kayaçlar oluşur. Basınç ve sıcaklığın etkisiyle kayaçların fiziksel ve kimyasal yapıları değişir (sertleşir ve koyulaşır). Bu kayaçlar genellikle kristalli yapıya sahiptirler (Şentürk, 1996; Azizoğlu, 2005; Aydın vd., 2013b).

Ticari standartlara uygun boyutlarda blok verebilen ve kesilip parlatılabilen/yüzeyi işlenebilen kayaçlar (tortul, mağmatik ve metamorfik) "mermer" olarak isimlendirilmektedir (Çelik, 2001). Mermerler (Doğaltaşlar) geçmişten günümüze birçok alanda (Barınak/mezar/putların yapımında, mahsulleri öğütme için değirmenlerde, inşaat sektöründe iç ve dış yüzeylerin kaplanmasında vd.) kullanılmışlardır. Doğaltaş işletmeciliğinde planlama döneminden nihai ürün eldesine kadar geçen süreçlerde çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Doğaltaş işletmeciliğinin planlama döneminde, üretimde teknolojisi ve kullanılacak donanımlar belirlenir. Bu dönemi takiben hazırlık çalışmaları yürütülür. Çalışma alanının temizlenmesi, delme/kesme parametrelerinin belirlenmesi, deliklerin açılması (delme çatlatma ve elmas telle kesme yöntemlerinde) ve rayların yere sabitlenmesi (zincirli kollu kesicilerle kesme yönteminde) gibi faaliyetler hazırlık çalışmaları olarak değerlendirilebilir. Blokların üretilmesinde, delme çatlatma, elmas telle kesme, zincirli kollu kesicilerle kesme ve bu yöntemlerin kombinasyonu kullanılır. Kesme işlemi tamamlanan kütleler, ana kayaçtan bir miktar ileriye ötelenir, devrilir ve dilimleme aşamasına geçilir.

Kesme yöntemlerinden biri kullanılarak kütle daha küçük ebatlı bloklara (dilimleme) ayrılır. Bloklar uygun nakliye araçlarıyla taşınarak çeşitli alanlarda depolanırlar. Kesme (istenilen kalınlıkta kesme ve kenar-baş kesme), cilalanma/eskitme işlemleri ile de bloklardan levhalar üretilir (Ersoy, 2010; Aydın vd., 2012; Celep vd., 2013).

Yukarıda bahsedilen faaliyetlere bağlı olarak üretimin %40-70'i oranında doğaltaş atığı meydana getirilmektedir (Ural ve Yakşe, 2015; Aydın vd., 2013c; Aydın vd., 2013d; Soltan vd., 2016). Bu atıklar, boyutlarına göre iri (ocaktaki üretimin yaklaşık %40'ı) ve ince (fabrikalarda işlenen doğal taşların yaklaşık %30'u) atıklar olarak sınıflandırılmaktadır. Atık miktarı, doğaltaşın mineralojisine, süreksizlik/çatlak yapısına, üretim ve işleme faaliyetlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Yıldız, 2008; Şentürk vd., 1996; Aydın vd., 2014; Aydın vd., 2015). Bu atıklar, pasa döküm sahalarında (doğaltaş işletme sahası ve doğaltaş yataklarından uzak bölgelerdeki araziler) depolanmaktadır. İşletme sahasının depo alanı olarak kullanılması durumunda sahada ki manevra kabiliyeti azalmaktadır (Aydın, 2014; Aydın, 2015). Atıkların başka bir alanda depolanması durumunda ise nakliyeden ötürü ek maliyetler söz konusu olmaktadır (Cavuş, 2015; Aydın vd., 2017). Doğaltaş atıkları, topografya değişikliği, toprak işgali, yüzey/yeraltı sularında bozulma, hava ve görüntü kirliliği gibi çevresel etkiler yaratmaktadır (Görgün ve Ural, 2015; Akbulut ve Gürer, 2006; Ural ve Yakşe, 2015). Bu etkilerin önüne geçebilmek adına doğaltaş atıklarının farklı alanlarda kullanımına yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Aşağıda bu çalışmalar, doğal taş atıklarının kullanım alanları referans alınarak gruplandırılmış ve içerikleri hakkında bilgilendirmelerde bulunulmuştur.

I. Tuğla, kiremit ve fayans üretimi: Menezes vd. (2008), granit atıklarının geleneksel seramik hammaddeleri ile fiziksel ve mineralojik açıdan benzer özelliklere sahip olduğunu göstermişlerdir. Torres vd. (2009) %10 granit atığı içerikli kiremitin su emme, piroplastik deformasyon indeksi ve eğilme dayanımı açısından mükemmel özellikler sunduğunu belirlemişlerdir. Dhanapandian vd. (2009) tuğla bileşimine belirli oranlarda atık (granit ve mermer kesme atıklarının) eklenmesiyle birim hacim ağırlık, basma dayanımı ve eğilme dayanımının arttığını göstermişlerdir. Marras vd., (2010) tuğla

üretiminde diğer geleneksel bileşimlerle beraber atık mermer tozunun kullanımıyla tuğla kalitesinin iyileştirilebileceğini göstermişlerdir. Hojamberdiev vd. (2011) granit atıklarının bileşimlerine bağlı olarak fayans üretiminde kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Bilgin vd. (2012), nihai ürünün teknik özelliklerini etkilemeden %10'luk mermer tozunun tuğla harcına eklenebileceğini göstermişlerdir. Cobo-Ceacero vd. (2019), tuğla bileşimine mermer atığı eklemenin (%0-10 aralığında) görünür poroziteyi arttırdığı, yoğunluk ve basma dayanımı azalttığını belirlemişlerdir.

II. Asfalt malzemesi olarak kullanımı: Akbulut ve Gürer (2007) mermer atıklarından elde edilen agregaların hafif ve orta trafikli asfalt kaplamalarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Karakuş (2011) ince ve iri bazalt atıklarının özelliklerinin agrega olarak spesifik limitler içerisinde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ural ve Yakşe (2015) mermer atıklarının, yol temel malzemesi olarak kullanımı için gereken fiziksel özellikleri sağladığını tespit etmişlerdir.

III. Beton üretimi: Binici vd. (2007) mermer ve kireçtaşı tozları içeren betonlarının aşınma dirençlerinin geleneksel betona benzediğini tespit etmişlerdir. Aruntaş vd. (2010) çimento üretiminde atık mermer tozunun katkı maddesi olarak (%10) kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Hebhouh vd. (2011) mermer atıkları kullanarak hazırladıkları betonun mekanik özelliklerinin beton üretim standartlarıyla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Vijayalakshmi vd. (2012) %15 oranına kadar granit toz atığının kum ile kısmi yer değiştirmesinin betonun mekanik özelliklerini etkilemediğini göstermişlerdir. Sadek vd. (2016) kendiliğinden yerleşen betonda doğaltaş tozlarının mineral katkıları olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Singh vd. (2016), granit kesme atığı ile ince agreganın optimum değişim oranını yaklaşık %30 olarak elde etmişlerdir. Çalışmada, betonun performansının bu değişim seviyelerinde önemli bir şekilde arttığı not edilmiştir. Ghannam vd. (2016) granit tozunun kum ile %10 oranındaki değişimlerinde elde edilen betonun basma ve eğilme dayanımı açısından en iyi sonuçları verdiğini belirlemişlerdir.

IV. Diğer: Tozsın vd. (2014) mermer atıklarının asidik toprağın nötralizasyonu üzerine önemli bir etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Marras vd. (2017) mermer atıklarının hafif iyileştirmeler ile farklı endüstriyel uygulamalarda bir hammadde

olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Sarici ve Özdemir (2018) granit atıklarının sedimanter kökenli kayalarda aşındırıcı malzeme olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Buyuksagıs vd. (2017), mermer atık tozunun manto, dekoratif alçı ve fayans yapıştırma harçlarında kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

İlgili literatürden anlaşılabilirliği üzere, doğaltaş atıklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar başlıca atıklarının asfalt malzemesi, tuğla-kiremit-fayans ve beton üretiminde bir bileşen olarak kullanımlarının üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmada, ilgili çalışmalardan farklı olarak, ASJ ile doğaltaş kesmede granit atıklarının kullanılabilirliği irdelenmiştir.

## 1. MALZEME VE YÖNTEM

Parça atık olarak, önceki laboratuvar çalışmalarından arda kalan iri boyutlu granit atıkları değerlendirilmiştir. Bu malzeme üzerinde kırma, öğütme ve eleme işlemleri uygulanarak çalışma gereksinimlerine (+150-300µm) uygun boyutlarda malzemeler elde edilmiştir. İnce boyutlu granit atıkları ise Trabzon'da faaliyet gösteren bir granit fabrikasının atık çamurundan elde edilmiştir. Fabrikada, blok doğal taşlar kataraklarla levha şeklinde kesilmektedir. Kesilen doğal taş parça/tozları suya karışarak uzaklaşmaktadır. Bu şekilde kirlenen atık sular, çöktürme havuzunda bekletilerek, çökebilir katı maddelerin çöktürülmesi sağlanmaktadır. Havuzun üst kısmındaki su filtreden geçirilerek sisteme geri beslenmektedir. Filtre presten çıkan çamur ile çöktürme havuzunun dibinde kalan çamur atık sahasına boşaltılmaktadır. Çalışmada kullanılan çamur, bu atık sahasının çeşitli noktalardan alınmıştır. Atık çamurundan elde edilen örnek etüvde 105 °C'de kurutulmuş ve boyut dağılımının belirlenebilmesi adına eleme işlemine tabi tutulmuştur.

ASJ ile kayaç kesme gereksinimlerini sağlayan atık türü/türleri (parça/toz) kullanılarak kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Atık malzemenin kesme performansının karşılaştırılması olarak değerlendirilmesi için aynı koşullarında garnetin kesme performansı da irdelenmiştir. Kesme deneylerinde kullanılan kireçtaşı örneklerinin (3x10x20 cm) bazı fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Crema Eda kireçtaşının bazı özellikleri (Aydın vd., 2017)

Standart	Özellik	Değer
ASTM-C170	Tek eksenli sıkışma dayanımı	88,80 MPa
ASTM-C880	Eğilme dayanımı	8,85 MPa
ASTM-C97	Yoğunluk	2,68 g/cm <sup>3</sup>
ASTM-C97	Su emme	%0,19

DeneySEL çalışmalarında Şekil 1'de sunulan ASJ kullanılmıştır. Bu ASJ'ye ait bazı özellikler Çizelge 2'de sunulmaktadır. Kireçtaşı örnekleri uzun eksenlerine paralel olarak kesilmişlerdir. Kesme parametreleri deneyler süresince sabit değerlerde tutulmuştur (Kesme hızı: 100 m/min, Aşındırıcı besleme miktarı: 350 g/min, Meme-örnek mesafesi: 4 mm ve Pompa basıncı: 200 MPa). Garnet ve granit atığının (öğütülmüş) yoğunluğu ilgili standart referans alınarak sırasıyla 4 g/cm<sup>3</sup> ve 2.65 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (ASTM D854-14).



Şekil 1. DeneySEL çalışmalarında kullanılan ASJ

Aşındırıcıların performanslarının değerlendirilmesi için kesme derinliği referans alınmıştır. Bilindiği gibi kesme derinliği, ASJ'nin kesme performansını belirleyen en önemli göstergelerden birisidir. Kesim yüzeyi ile kesilen malzemenin içine doğru oluşan yarığın (kesiğin) en dip noktası arasındaki dikey mesafeyi ifade etmektedir. Kesme derinliğinin artması iyi bir kesme performansına işaret etmektedir. Kireçtaşı örnekleri üzerinde elde edilen kesme derinliklerinin ölçülebilmesi için örnekler kesildikleri hatlar boyunca iki eşit

parçaya ayrılmışlardır. Her bir aşındırıcı için kesme hattı boyunca dijital kumpas kullanılarak 7 farklı noktadan kesme derinliği ölçülmüştür. İlgili değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak nihai kesme derinlikleri belirlenmiştir.

Çizelge 2. DeneySEL çalışmalarda kullanılan ASJ'ne ait bazı özellikler

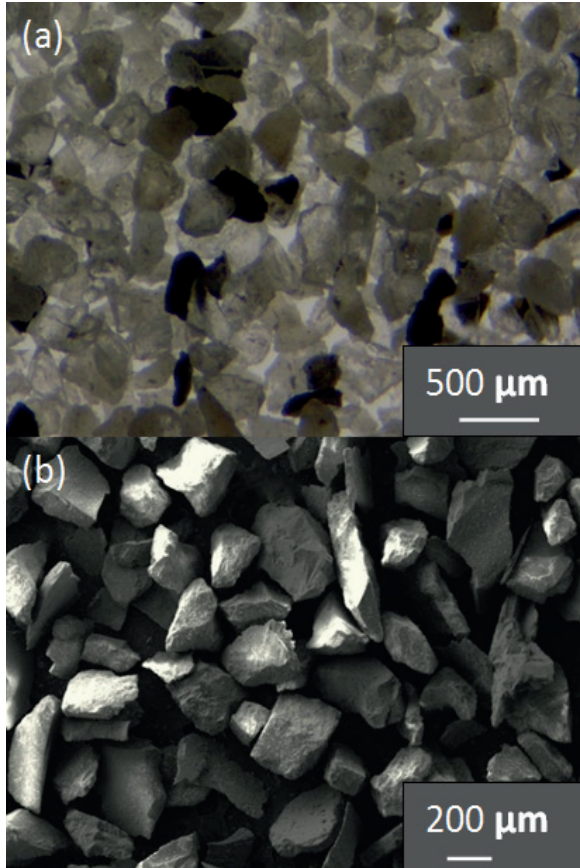
Özellik	Model/Değer
Konsol tip	S-HP boşluksuz vidalı mil-Yüksek performans
CNC kontrol sistemi	Siemens
Maksimum pozisyonlanma hızı	PH <sub>max</sub> : 30000 mm/min
Maksimum hatasız kesme hızı	KH <sub>max</sub> : 12000 mm/min
Tekrarlama hassasiyeti	0,03 mm
Yüksek basınç sistemi	Pompa: KMT 50 HP, Kesme kafası: KMT
Basınç (Nominal-Süreklili)	413,6-400 MPa
Pompa debisi	Max. 3,8 l/min
Aşındırıcı tüketimi	100-400 g/min
Nozül çapı-uzunluğu	1,1-75 mm
Orifis çapı	0,33 mm

## 2. BULGULAR VE TARTIŞMA

ASJ'nin kesme performansı aşındırıcının çeşitli özelliklerinden etkilenmektedir (Rapple, 2014; Karakurt vd., 2013a). Herhangi bir malzemenin kesilmesinde uygun aşındırıcı tipinin belirlenebilmesi için aşındırıcıların su ile reaksiyon, sertlik, dayanım, yoğunluk, şekil ve boyut açısından gereksinimleri karşılaması gerekmektedir (Karakurt vd., 2011; Karakurt vd., 2012; Fowler vd., 2009). Granit atıklarının belirtilen durumlar açısından irdelenmesiyle aşındırıcı olarak kullanım potansiyelleri belirlenebilir. Bilindiği gibi granitler başlıca feldispat, kuvars ve plajiyoklas gibi minerallerden oluşmaktadır. Bu açıdan granit atıklarının bileşiminde su ile reaksiyona girecek herhangi bir mineralin bulunmadığı söylenebilir. Bunun yanında, granitin bileşiminde bulunan başlıca kayaç yapıcı minerallerin her birinin sertliği (Mohs



Sertliği; K-feldispat: 6-6,5; Kuvars: 7; Plajiolklas: 6-6,5) 6'nın üzerindedir. Bu sertlik değeri, garnetin sertliğine (yaklaşık 7) yakın bir değer olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca, çok kırılğan ve çok sağlam olan aşındırıcılarla yürütülen kesme işleminde çeşitli problemler yaşanabilmekte (odaklama tüpünde parçalanma, aşındırıcıların körelmesi vd.) ve kesme performansı kötüleşmektedir (Labus vd., 1991; Babu ve Chety, 2002). Granitin mineralojik bileşiminin dayanım açısından ihtiyaç duyulan kriterleri karşılayacağı düşünülmektedir. Granit atıklarının tane şekillerinin ise garnet ile benzer özelliklere sahip olduğu söylenebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Granit atığının mikroskop (a) ve taramalı elektron mikroskobu (b) görüntüleri

Aşındırıcıların etkin bir şekilde kesme yapabilmesi için belirli bir boyuta sahip olmaları gerekmektedir (Karakurt vd., 2013b). Aşağıda, ASJ kesme uygulamalarında yaygın kullanıma sahip garnetin (80 mesh) boyut dağılımı sunulmaktadır. Anlaşılacağı gibi aşındırıcı boyutunun büyük bir kısmı (%99) 150 µm'nin üzerindedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Garnete ait elek analizi sonucu

Boyut aralığı (µm)	+300	-300	-212	-150
Örnek ağırlığı (g)	10,58	125,54	61,02	1,60
%	5,32	63,17	30,70	0,81

Kontrollü bir şekilde kırma öğütme aşamalarından geçen iri boyutlu granit atıklarından bu boyutlarda malzemeler elde edilmiştir. Kurutulan atık çamurunun ise kayda değer bir miktarının (%43) su olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). ASJ işlemlerinde kullanılacak olan boyut aralığında ise çok az miktarda malzeme elde edilmiştir (Çizelge 5). 250 µm'den daha büyük boyuta sahip malzemeler öğütme ve eleme işlemlerinden geçirilip arzulanan boyuttaki (-250 µm + 125 µm) malzeme miktarı artırılabilir. Ancak, bu işlemde de malzemenin bir kısmının 125 µm elek altına geçeceği düşünülmektedir. Bu durumda bile, tüm malzemenin %20'sinden daha azı istenilen boyutlarda elde edilebilecektir. Ayrıca, 250 µm elek üstünde kalan malzemede yoğun miktarda sert ve kahverengi malzemelerin (oksitlenmiş grit parçaları) varlığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, atık çamurundan elde edilen malzemenin boyutu istenilen düzeyde değildir. Bu bakımdan, fabrikadan elde edilen atık çamurunun ASJ'nde aşındırıcı olarak değerlendirilmesi uygun olmayacaktır. Bu sebeple, takip eden kısımlarda sadece öğütülmüş granit atıkları ve garnetin kesme performansı irdelenmiştir.

Çizelge 4. Granit atık çamurunun kurutulması sonucu ağırlık kaybı

Örnek ağırlığı (g)	Çamur numune	Etüv sonrası
(g)	10875,54	6238
%	100	57,36

Çizelge 5. Granit atık çamurunun elek analizi sonucu

Boyut aralığı (µm)	+250	-250 + 125	-125
Örnek ağırlığı (g)	2772,4	452,4	3013,2
Atık çamuru ağırlığının yüzdesi	25,49	4,16	27,7

Aşındırıcıların kesme performansları Çizelge 6'da sunulmaktadır. Anlaşılacağı gibi garnet ile gerçekleştirilen kesimlerde granit atığına göre daha yüksek kesme derinlikleri elde edilmiştir. Karakurt vd. (2014) yoğunluğu düşük aşındırıcıların yüksek olanlara göre enerjilerini daha kolay kaybedeceğini belirtmişlerdir. Benzer bulgular Aydın vd. (2013) tarafından da desteklenmiştir. Garnetin yoğunluğu granit atığının yoğunluğundan daha yüksektir. Bu durum garnetin daha iyi bir performans sergilemesine katkıda bulunmuştur. Ayrıca, Axinte vd. (2009) düşük sertliğe sahip aşındırıcılarla düşük kesme derinliklerinin elde edileceğini belirtmişlerdir. Bu kapsamda garnete oranla nispeten daha düşük sertlikli bileşenlere sahip atığın böyle bir performans sergilediği söylenebilir. Garnet ile daha yüksek kesme performansı elde edilmesine rağmen granit atığı ile elde edilen kesme derinlikleri de tatminkar düzeydedir. Özellikle bir atığın bu kapsamda değerlendirilmesi açısından sonuçlar umut vericidir.

Çizelge 6. Aşındırıcıların kesme performansları

Aşındırıcı	Ort. Kesme der. (mm)	Standart sapma
Garnet	15,26	0,97
Granit atığı	10,43	0,93

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğal taş ocaklarda ve fabrikalarında yürütülen faaliyetler sonucunda üretimin %40-70'i oranında iri ve ince boyutlu atık meydana getirilmektedir. Bu çalışmada granit atıklarının ASJ ile mermer kesmede aşındırıcı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

I. Granit atıklarının bileşiminde su ile reaksiyon gösteren herhangi bir bileşenin bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bu atıkların, sertlik, dayanım, yoğunluk ve şekilsel özellikler açısından gereksinimleri karşıladığı belirlenmiştir.

II. Etkin bir kesim için aşındırıcının boyutunun -300+150 µm aralığında olması gerekmektedir. Çalışma sonuçları, parça granit atıklarının kırma, öğütme ve eleme işlemleriyle bu boyutlara

getirilebileceğini göstermiştir. Atık çamurundan elde edilen toz boyutundaki malzemenin ise yalnızca %4'lük bir kısmının belirtilen boyutlara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bakımdan, fabrikadan elde edilen atık çamurunun ASJ'nde aşındırıcı olarak değerlendirilmesinin uygun olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

III. Granit atığıyla (parçalanmış) gerçekleştirilen kesimlerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Garnete oranla tatminkar kesme derinlikleri elde edilmiştir. Sonuçlar, granit atıklarının ASJ ile kayaç kesmede aşındırıcı olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Granit atığının (parçalanmış) garnete göre biraz daha sığ kesim gerçekleştirdiği görülmüştür. Bu durumda, granit atığı kullanılarak gerçekleştirilecek endüstriyel kesme uygulamalarında aynı kesme derinliğine erişmek için kesme hızının düşürülmesi ya da ikinci bir kez aynı kesme hattı boyunca ilerleme yapılması gerekecektir. Her iki durumda da enerji tüketimi daha fazla olacaktır. Maliyet perspektifinden bakılarak malzemeler için (granit atığı ve garnet) hammadde ve enerji maliyetleri karşılaştırılabilir. Ek olarak, bu çalışmada sabit kesme parametreleri altında kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Granit atığının farklı kesme parametrelerinde kesme performansı incelenebilir. Ayrıca, granit bileşiminin kesme performansı üzerindeki etkileri araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, H., Güner, C., 2006. Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregata Olarak Değerlendirilmesi. İMO Teknik Dergi, 3943-3960, Yazı 261.
- Akbulut, H., Güner, C., 2007. Use of Aggregates Produced from Marble Quarry Waste in Asphalt Pavements. Building and Environment, 42, 1921-1930.
- Aruntaş, H.Y., Guru, M., Dayı, M., Tekin, I., 2010. Utilization of Waste Marble Dust as an Additive in Cement Production. Materials and Design, 31, 4039-4042.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydın, K., 2012. Performance of Abrasive Waterjet in Granite Cutting: Influence of the Textural Properties. Journal of Materials in Civil Engineering, 24 (7), 944-949.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydın, K., 2013a. Prediction of Cut Depth of the Granitic Rocks Machined by

- Abrasive Waterjet (AWJ). *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 46 (5), 1223-1235.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydiner, K., 2013b. Wear Performance of Saw Blades in Processing of Granitic Rocks and Development of Models for Wear estimation. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 46 (6), 1559-157.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydiner, K., 2013c. Investigation of the Surface Roughness of Rocks Sawn by Diamond Sawblades. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 61, 171-182.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydiner, K., 2013d. Development of Predictive Models for Specific Energy of Circular Diamond Sawblades in Sawing of Granitic Rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 46 (4), 767-783.
- Aydın, G., 2014. Recycling of Abrasives in Abrasive Water Jet Cutting with Different Types of Granite. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (10), 4425-4435.
- Aydın, G., 2015. Performance of Recycling Abrasives in Rock Cutting by Abrasive Waterjet. *Journal of Central South University*, 22 (3), 1055-1061.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Hamzaçebi, C., 2014. Artificial Neural Network and Regression Models for Performance Prediction of Abrasive Waterjet in Rock Cutting. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75, 1321-1330.
- Aydın G, Karakurt İ, Hamzaçebi C, 2015. Performance Prediction of Diamond Sawblades using Artificial Neural Network and Regression Analysis. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 40, 2003-2012.
- Aydın, G., Kaya, S., Karakurt, İ., 2017. Utilization of Solid-Cutting Waste of Granite as an Alternative Abrasive in Abrasive Waterjet Cutting of Marble. *Journal of Cleaner Production*, 159, 241-247.
- Azizoğlu, M.S., 2005. Çukurova Bölgesindeki Mermer Ocaklarının Pazar Durumu ve Ekonomik Açidan Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 114 s.
- Babu, M.K., Chetty, O.V.K., 2002. Studies on Recharging of Abrasives in Abrasive Water Jet Machining. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 19, 697-703.
- Binici, H., Kaplan, H., Yılmaz, S., 2007. Influence of Marble and Limestone Dusts as Additives on Some Mechanical Properties of Concrete. *Scientific Research and Essay*, 2 (9), 372-379.
- Buyuksagis, I.S., Uygunoglu, T., Tatar, E., 2017. Investigation on the Usage of Waste Marble Powder in Cement-Based Adhesive Mortar. *Construction and Building Materials* 154, 734-742.
- Büyüksağış, İ.S., Gürcan., S., 2005. ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması. *Madencilik*, 44 (1), 33-41.
- Celep, O., Aydın, G., Karakurt, İ., 2013. Diamond Recovery from Waste Sawblades: A Preliminary Investigation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 227, 417-421.
- Çelik, M.Y., 2001. İsehisar (Afyon) Mermer Atıklarının Hayvan Yemi Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, 3-5 Mayıs 2001, Afyon, 309-316.
- Cobo-Ceacero, C.J.C., Cotes-Palomino, M.T., Martínez-García, C., Moreno-Maroto, J.M., Uceda-Rodríguez, M., 2018. Use of Marble Sludge Waste in the Manufacture of Eco-Friendly Materials: Applying the Principles of the Circular Economy. Erişim Tarihi 09 Ocak 2019 [http://uest.ntua.gr/naxos2018/proceedings/pdf/119\\_NAXOS2018\\_CoboCeacero\\_etal.pdf](http://uest.ntua.gr/naxos2018/proceedings/pdf/119_NAXOS2018_CoboCeacero_etal.pdf)
- Çavuş, U.Ş., 2015. Mermer Parça Atıklarının Taşkın Koruma ve Akarsu Yatakları İslah Yapılarında Kullanımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 15, 19-28
- Dhanapandian, S., Gnanavel, B., Ramkumar, T., 2009. Utilization of Granite and Marble Sawing Powder Wastes as Brick Materials. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 4 (2), 147-160.
- Ersoy, M., 2010. Mermer Ocaklarında Delme Çatlatma Yönteminde Üretim Planlaması ve Hesap Çizelgesi Programında Uygulanması. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 3 (1), 23-34.
- Fowler, G., Pashby, I.R., Shipway, P.H., 2009. The Effect of Particle Hardness and Shape when Abrasive Water Jet Milling Titanium Alloy Ti6Al4V. *Wear*, 266, 613-620.
- Ghannam, S., Najm, H., Vasconez, R., 2016. Experimental Study of Concrete made with Granite and Iron Powders as Partial Replacement of Sand. *Sustainable Materials and Technologies*, 9, 1-9.
- Görgün, B., Ural, N., 2015. Mermer Atığının Geoteknik Mühendisliğinde Kullanılması. II. International Sustainable Buildings Symposium, 28-30 May 2015, Ankara, Turkey, 219-132.
- Hebhoub, H., Aoun, H., Belachia, M., Houari, H., Ghorbel, E., 2011. Use of Waste Marble Aggregates in Concrete. *Construction and Building Materials* 25, 1167-1171.
- Hojamberdiev, M., Eminov, A., Xu, Y., 2011. Utilization of Muscovite Granite Waste in the Manufacture of

Ceramic Tiles. *Ceramics International*, 37, 871–876.

Karakurt, İ., Aydın, G., Aydın, K., 2011. Analysis of the Kerf Angle of the Granite Machined by Abrasive Waterjet (AWJ). *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 18 (6), 435-442.

Karakurt, İ., Aydın, G., Aydın, K., 2012. A study on the Prediction of Kerf Angle in Abrasive Waterjet Machining of Rocks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 226, 1489-1499.

Karakurt İ., Aydın G, Aydın K, 2013a. Predictive Modelling of Noise Level Generated during Sawing of Rocks by Circular Diamond Sawblades. *Sadhana-Academy Proceedings in Engineering Science*, 38 (3), 491-511.

Karakurt İ, Aydın G, Aydın K, 2013b. Experimental and Statistical Analysis of Cutting Force Acting on Diamond Sawblade in Sawing of Granitic Rocks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 227, 286-300.

Karakurt, İ., Aydın, G., Aydın, K., 2014. An Investigation on the Kerf Width in Abrasive Waterjet Cutting of Granitic Rocks. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (7), 2923-2932.

Karakuş, A., 2011. Investigating on Possible Use of Diyarbakir Basalt Waste in Stone Mastic Asphalt. *Construction and Building Materials*, 25, 3502-3507.

Labus, T.J., Neusen, K.F., Alberts, D.G., Gores, T.J., 1991. Factors Influencing the Particle Size Distribution in an Abrasive Waterjet. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Journal of Engineering for Industry* 113, 402-411.

Marras, G., Careddu, N., Siotto, G., 2010. Recovery and Reuse of Marble Powder by-Product. *Global Stone Congress 2010*, 2-5 March 2010, Alicante, Spain, 1-5.

Marras, G., Bortolussi, A., Peretti, R., Careddu, N., 2017. Characterization Methodology for Re-Using Marble Slurry in Industrial Applications. *Energy Procedia*, 125, 656-665

Menezes, R.R., Ferreira, H.S., Neves, G.A., Ferreira, H.C., 2008. Use of Granite Sawing Waste in the Production of Ceramic Bricks and Tiles. *Journal of the European Ceramic Society*, 25 (7), 1149-1158.

Rapple, R.R., 2014. Selecting the Right Waterjet Abrasive. *The Fabricator*. Erişim Tarihi 07 Ekim 2016 [http://](http://www.thefabricator.com/article/waterjetcutting/selecting-the-right-waterjetabrasive)

[www.thefabricator.com/article/waterjetcutting/selecting-the-right-waterjetabrasive](http://www.thefabricator.com/article/waterjetcutting/selecting-the-right-waterjetabrasive)

Sadek, D.M., El-Attar, M.M., Ali, H.A., 2016. Reusing of Marble and Granite Powders in Self-Compacting Concrete for Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 121, 19-32.

Sarici, D.E., Ozdemir, E., 2018. Utilization of Granite Waste as Alternative Abrasive Material in Marble Grinding Processes. *Journal of Cleaner Production*, 201, 516-525.

Singh, S., Khan, S., Khandelwal, R., Chugh, A., Nagar, R., 2016. Performance of Sustainable Concrete Containing Granite Cutting Waste. *Journal of Cleaner Production*, 119, 86–98.

Soltan, A.M.M., Kahl, W., El-Raouf, F.A., Abdel-Hamid, B., 2016. Lightweight Aggregates from Mixtures of Granite Wastes with Clay. *Journal of Cleaner Production*, 117, 139–149.

Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ., Sarıışık, A., 1996. *Mermer Teknolojisi*. Tuğra Offset, Isparta, 242 s.

Torres, P., Fernandes, H.R., Olhero, S., Ferreira, J.M.F., Torres, P., Fernandes, H.R., Olhero, S., Ferreira, J.M.F., 2009. Incorporation of Wastes from Granite Rock Cutting and Polishing Industries to Produce Roof Tiles. *Journal of the European Ceramic Society*, 29, 23–30.

Tozsın, G., Oztas, T., Arol, A.I., Kalkan, E., Duyar, O., 2014. The Effects of Marble Wastes on Soil Properties and Hazelnut Yield. *Journal of Cleaner Production*, 81, 146-149.

Ural, N., Yakşe, G., 2015. Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi olarak Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 53-62.

Vijayalakshmi, M., Sekar, A.S.S., Sivabharathy, M., Ganesh Prabhu, G., 2012. Utilization of Granite Powder Waste in Concrete Production. *Defect and Diffusion Forum*, 330, 49–61.

Yıldız, A.H., 2008. Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*, 194 s.