

## MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE MOLOZ VE BLOK KESME VERİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Metin ERSOY<sup>1\*</sup>, Liyaddin YEŞİLKAYA<sup>2</sup>, Halil GÜLSEVEN<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, 03200 Afyonkarahisar

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Doğaltaş Araştırma ve Uygulama Merkezi, 03200 Afyonkarahisar

<sup>3</sup>Çakmersan Mermer San. Tic. Ltd. Şti., 03200 Afyonkarahisar

### Özet

Mermer ocaklarında blok üretiminin yanı sıra, gerek ocağın jeolojik kusurlarından gerekse üretim sırasında yapılan bazı hatalardan dolayı daha küçük boyutlu ve geometrik bir şekle sahip olmayan, moloz olarak tabir edilen parçalar da üretilir. Bu molozlar bazı ocaklarda yığınlar halinde istiflenir, bazılarında ise kırılarak atık sahalarında depolanır. Yığınlar halinde depolanan molozlar belli zamanlarda toptan pazarlık yöntemiyle küçük ve orta büyüklükteki mermer işleme tesislerine satılır. Bu işletmelerde dairesel testerele blok kesicilerle kesilen ve sınıflandırılan ürünler diğer büyük boyutlu ve düzgün geometrik şekilli bloklardan üretilenler gibi pazarlanır. Molozların en önemli avantajı fiyatının düşük oluşu, dezavantajı ise dairesel testerele blok kesicilerde kesilebilmesi ve üretim maliyetinin yüksek oluşudur.

Bu çalışmada, aynı ocağa ait toplam 20 adet blok ve moloz örnekleri dairesel testerele blok kesme makinasında kesilmiş, yapılan faaliyetlerin verimliliği hesaplanmış ve moloz-blok kesimleri arasındaki farklılık tartışılmıştır. Sonuç olarak blok kesme faaliyetlerinin moloz kesme faaliyetlerine göre daha verimli olduğu, verimliliğe örneklerin büyüklüğünün yanı sıra geometrik şekillerinin etken olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer, blok kesme, verimlilik

## COMPARISON OF THE BLOCK AND RUBBLE CUTTING PRODUCTIVITY IN MARBLE PLANTS

### Abstract

In marble quarries besides block production, some waste blocks called rubbles are produced which have not any geometrical shape and have less size because of not only geological faults of quarries but also any errors while production operations. These rubbles are stacked in piles in some quarries or stored in waste fields after breaking into small pieces. The rubbles stacked in piles are sold to small or medium marble cutting plants by wholesale bargains method. The products cut by block cutter and classified in these plants are marketed same as other geometrical shaped and bigger sized blocks. The most advantage of rubbles is the fewer prices and disadvantage is higher production costs because of obligation in cutting by block cutters.

In this study, 20 pieces of block and rubble samples excavated in the same quarry were cut by a block cutter and the productivity of the operations were calculated and then discussed the differences of the operations between block and rubble cuttings. As a result it was seen that the block cutting operations are more efficient than rubble cutting operations and the effective criterions of productivity are the size and shape of samples.

**Keywords:** Marble, block cutting, productivity

\* E-posta: metinersoy@aku.edu.tr, metinersoy@yandex.com

## 1. Giriş

İlk çağlardan beri insanlar, yapı, konut vb. gibi yaşam alanlarını doğal taşlardan yapmaya özen göstermişlerdir. Türkiye’de bilinen en eski mermer eserler MÖ 5. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Anadolu ile ilişkili pek çok uygarlık, sayısız eserler bırakmışlardır. Bu eserlerden de anlaşıldığı gibi mermer, önemini ve değerini hep korumuş, doğal taşların, yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanımı mermerin değerinin katlanarak artmasına neden olmuştur. Günümüzde mermer, binalardaki yer ve duvar kaplamalarından, mutfaklardaki tezgâha, meydanlardaki heykellere kadar birçok alanda karşımıza çıkmaktadır [1].

Mermer blok üretimi, büyük kütlelerin ana kayadan kesilerek ya da koparılarak serbestleştirilmesi, sonra taşınabilir veya blok kesme makinelerinde kesilebilir boyutlara ebatlanması şeklinde yapılır. Daha sonra mermer işleme tesislerine taşınan bloklar, kullanılacak yere göre kesilir ve ebatlanır, çeşitli yüzey işleme aşamalarından geçirilir, ambalajlanır ve piyasaya arz edilir.

Üretim sürecinde, ana kayadan serbestleştirilen kütlelerin büyük bir bölümü, ya toz ya parça artıklar ya da moloz olarak çevreye atılmaktadır. Bunun sonucunda hem depolanma problemleriyle hem de bir kısmı değerlendirilerek ekonomiye katılabilecek olan zenginlikten mahrum olma durumuyla karşılaşmaktadır. Ayrıca mermerin çevreye kimyasal etkisi olmamasına rağmen gerek görüntü kirliliği ve gerekse depolandığı bölgenin ekolojik dengesini etkilemesi bakımından zaman içinde çevre bakımından problem olacaktır. Günümüzde, düzgün şekli olmayan, daha küçük ebatlı, moloz olarak tabir edilen parça bloklar da dairesel testere blok kesme makinelerinde (ST) kesilerek ekonomiye kazandırılmaktadır.

Mermer ve doğaltaşların kesimiyle ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde; Eleren ve Ersoy (2007) un blok kesme yöntemini bulanık topsis yöntemi ile belirlenmesi, Çimen ve arkadaşları (2008) nın mermer kesme parametrelerinin enerji tüketimi bakımından araştırılması ve bir başka çalışmalarında mermer kesme deneyleri için kullanılan bir yazılım ve donanım geliştirilmesi, Yılmaz ve Göktan (2008) in dairesel testere kesicilerle granit kesimlerinde kuvvet ve enerji gereksinimlerinin kesim oranına etkisi, Sakaoğlu (2008) nun dairesel testere blok kesme makinelerinin performans analizi, Engin ve Özkan (2008) in blok kesme makinelerinin enerji tüketiminin incelenmesi, Caner ve Akarslan (2009) in mermer kesme işleminde spesifik enerji faktörünün ANFIS ve YSA yöntemleriyle tahmin edilmesi konularında çalıştıkları görülmektedir [2-8].

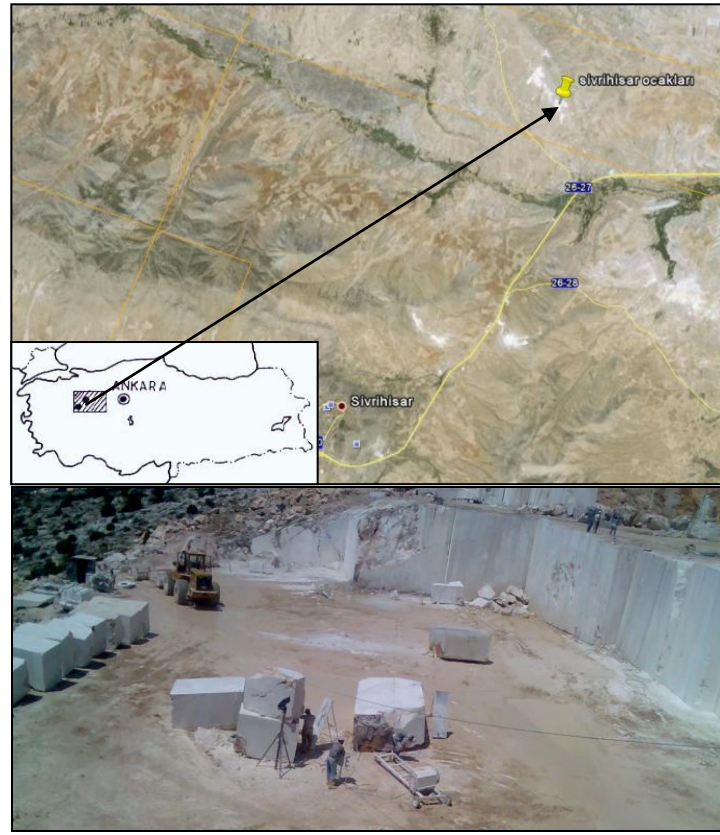
Mermer ve doğaltaş atıklarının çevreye etkileri ve artıkların değerlendirilmesi konularında yapılan çalışmalar incelendiğinde de, Demir ve Başpınar (2001) in mermer tozu artıklarının havuz çökeltisi hafif yapı bloklarını üretiminde kullanılması, Çelik ve arkadaşları (2003) nın mermer ve taş ocaklarının çevreye olan görsel etkileri, Gürü ve arkadaşları (2005) nın mermer tozu/polyester kompozitlerde dolgu oranının mekanik özelliklere etkileri, Mutlutürk ve Altındağ (2009) in terk edilmiş mermer ocakları ve çevre etkileşimi, Filiz ve arkadaşları (2010) nın atık mermer tozunun parke taşlarında kullanılması, Varol ve Başpınar (2012) in maden işletmelerinin çevreye etkisi, Ahrabi ve arkadaşları (2012) in pet atıkları kullanılarak kompozit malzeme üretimi konularında araştırmalar yaptıkları görülmektedir [9-16].

Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak, mermer ocak üretimi sırasında ortaya çıkan moloz ve blokların dairesel testere blok kesicilerle kesim parametreleri ve kesme verimliliği incelenmiş olup her iki hammadde tipinde karşılaşılan verimlerdeki farklılıklarının nedenleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla kesilen blok ve molozların aynı bölgenin ürünleri ve yapısal özelliklerinin benzer olmasına, ayrıca aynı performans ölçümlerinin aynı blok kesme makinasında yapılmasına dikkat edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan örnekler Eskişehir ili Babadat köyü kuzeybatı istikametindeki mermer ocaklarında üretilen blok ve molozlar olup bölgede faal 7 adet mermer ocağından seçilmiştir (Şekil 1). Seçilen örneklerin tamamı, içerdiği süreksizlik takımları bakımından benzer olup kriptokristalin kalsit kristalleri, mikrofosil kavkı izleri, kriptokristalin kalsitten oluşmuş pellet, değişik tane boylarına sahip kriptokristalin kalsitten oluşmuş intraklast bulunmaktadır. Kayaçtaki bütün çatlaklar mikromezokristalin kalsit dolguludur [17].

Örneklerin seçiminde 3 m<sup>3</sup> altı ve 5 m<sup>3</sup> üzeri olmak üzere iki ayrı boyut belirlemiş, şekilsiz olan 3 m<sup>3</sup> altı örnekler moloz, kenarları düzeltilmiş 5 m<sup>3</sup> üstü örnekler ise blok olarak adlandırılmıştır. Örneklerle ait fiziko-mekanik özellikler Çizelge 1 de verilmiştir.



Şekil 1 Ocakların konumu (üstte) ve görünümü (altta)

Çizelge 1 Sivrihisar bej mermeri fiziko-mekanik özellikleri\*

Özellik	Birim	Değer
Sertlik	mohs	≈5
Elastisite modülü	kgf/cm <sup>2</sup>	78,52x10 <sup>4</sup>
Darbe direnci	kgf.cm/cm <sup>3</sup>	20
Ortalama aşınma direnci	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	15,8
Birim hacim ağırlığı	gr/cm <sup>3</sup>	2,69
Özgül ağırlığı	gr/cm <sup>3</sup>	2,7
Basınç direnci	MPa	114
Don sonrası basınç direnci	MPa	98
Eğilme direnci	MPa	12,2
Ortalama çekme direnci	MPa	79,5
Atmosfer basıncına su emme	%	0,2-0,4
Kaynar suda su emme	%	0,3-0,7
Porozite	%	0,4
Doluluk oranı	%	99,6
Gözeneklilik derecesi	%	0,4
SiO <sub>2</sub>	%	0,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,1
CaO	%	54,2
MgO	%	0,6

\* Firma verileri

Ocaklarda üretilen blok ve molozların kesimi Çakmersan Mermer San. Tic. Ltd. Şti. ne ait, Afyonkarahisar-Ankara karayolu 13. km. sindeki mermer fabrikasına gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Tesis 1994 yılında kurulmuş olup kuruluşundan buyana ağırlıklı olarak Sivrihisar, Bilecik ve Korkuteli bej mermerlerini işlemekle birlikte diğer tür mermer ve doğaltaşlar da işlenebilmektedir. Tesiste yıllık 12.000 m<sup>2</sup> plaka ve 60.000 m<sup>2</sup> ebatlı mermer üretimi

yapılmaktadır. Tesisin makine parkı, 3 adet 4 ayaklı blok kesme makinesi (ST), 1 adet 3+12 kafalı cilalama makinesi, 1 pah makinası, 3 baş kesme makinası, 1 yan kesme makinasından oluşmaktadır. Ayrıca blokları ve plakaları yüklemek için 20 tonluk dış vinç ve 5 tonluk iç vinç bulunmaktadır. Araç olarak 2 adet çekici (tır), atıklar için 1 adet kamyon ve 1 adet 3 tonluk forklift çalıştırılmaktadır. Tesiste hammadde olarak blok ve moloz çalışılmaktadır. Tesise gelen blok ya da molozlar önce blok kesme makinasında 2 ya da 3 cm kalınlıkta dilimlenmekte, sonra baş kesme işlemi yapılarak plakalar oluşturulmaktadır. Plakalar isteğe göre silim makinasında cilalanmakta, kenarlarına pah yapılmakta, gerekirse daha küçük boyutlara ebatlanarak ambalajlanmakta ve satışa sunulmaktadır.

Kesim işleminde kullanılan blok kesici makina, Sesemak marka ve dört kolonlu olup makinaya ait teknik özellikler Çizelge 2 de verilmiştir.

Kesme tesisine getirilen 10 ar adet blok ve moloz, gözlem ve incelemeler için takibe alınmıştır. Takibe alınan blokların boyutları hassas şekilde ölçülerek birim hacim ağırlığı özelliğinden ağırlıkları hesaplanmış ve taşıyıcı kamyonların kantar fişleriyle karşılaştırılmıştır. Molozlar için ise kantar ağırlıklarından ve birim hacim ağırlığı özelliğinden hacimleri hesaplanmıştır (Şekil 3, Çizelge 3).



Şekil 2 Çakmersan mermer fabrikasının konumu (üstte) ve blok kesici (altta)

Çizelge 2 Çalışmada kullanılan blok kesici (ST) makinanın teknik özellikleri

Maksimum blok ebatları	3500x2400x2200 mm
Dikey testere çapı	1000-1750 mm
Yatay testere çapı	450-650 mm
Dikey testere soket kalınlığı	8 mm
Makina ağırlığı	15000 kg
Maksimum su ihtiyacı	112 lt/dk.
Toplam elektrik gücü	130 kw
Dikey motor gücü, devri	110 kw-1500 dev/dk
Yatay testere motor gücü, devri	15 kw-3000 dev/dk
Kiriş hareketi, devri	1,1 kw-1500 dev/dk
Kesici araba hareket, devri	2,2 kw-1400 dev/dk
Köprü (aşağı - yukarı) , devri	2,2 kw-1500 dev/dk
Blok çekici vagon motor, devri	1,5 kw-1500 dev/dk



Şekil 3 Çalışmada kullanılan birer moloz (solda) ve blok (sağda) örnekleri

Çizelge 3 Moloz ve blok boyutları

Örnek No	Boyutlar			Hacim (m <sup>3</sup> )	Ağırlık (ton)	
	En (m)	Boy (m)	Yüks. (m)			
Moloz	M1	0,80	1,40	1,55	1,74	4,67
	M2	0,55	1,50	1,70	1,40	3,77
	M3	0,63	2,40	1,85	2,80	7,52
	M4	0,65	2,30	1,80	2,69	7,24
	M5	0,90	2,15	1,40	2,71	7,29
	M6	2,40	1,20	1,00	2,88	7,75
	M7	1,30	1,50	1,20	2,34	6,29
	M8	1,60	2,20	0,70	2,46	6,63
	M9	0,35	2,20	1,10	0,85	2,28
	M10	1,10	1,50	1,70	2,81	7,55
Ortalama				2,27	6,10	
Blok	B1	1,30	2,90	1,95	7,35	19,78
	B2	1,30	2,70	1,70	5,97	16,05
	B3	1,90	2,50	1,40	6,65	17,89
	B4	1,80	2,90	1,70	8,87	23,87
	B5	1,60	2,10	1,50	5,04	13,56
	B6	1,50	2,60	1,60	6,24	16,79
	B7	1,80	2,60	1,50	7,02	18,88
	B8	1,60	2,30	1,60	5,89	15,84
	B9	2,40	2,60	1,50	9,36	25,18
	B10	1,80	2,20	1,60	6,34	17,04
Ortalama				6,87	18,49	

Sonra tüm örnekler için kesme parametreleri (kesim yönü, derinliği, hızı, testere devri vs.) belirlenmiş ve kesim sonunda elde edilecek ebat ve şekilleri tasarlanarak, hammaddenin piyasaya uygunluğu belirlenmiştir. Daha sonra moloz ve bloklar, hazırlanan kesim planı doğrultusunda dilimlenerek 2x30x∞ cm ebatlı plakalar elde edilmiştir. Bu sırada, her bir örnek için harcanan zaman ve elde edilen ürün miktarları not edilmiştir (Çizelge 4, Çizelge 5).

Alınan veriler ışığında, molozlar ve bloklar için, kapasite, verim ve toplam ekipman etkinliği değerleri hesaplanmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Kapasite, moloz ya da bloktan elde edilen kullanılabilir plaka miktarının üretimi için geçen süreye oranlanması şeklinde hesaplanmıştır. Hesaplama duraklamalar ve operasyon (kesme faaliyeti) süreleri ayrı ayrı değerlendirilerek yapılmış olup makinanın kesme hızı olarak operasyon süresi, üretim hızı olarak ta toplam çalışma süresi dikkate alınmıştır.

Verim hesaplamalarında da elde edilen kullanılabilir plaka miktarı, kesime alınan moloz ya da bloğun hacmi ve ağırlığına oranlanarak  $m^2/m^3$  ve  $m^2/ton$  cinsinden hesaplanmıştır.

Çizelge 4 Molozlara ait üretim parametreleri

Örnek No		Moloz										Ort.
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	
Ürünler ( $m^2$ )	Üretilmesi gereken	54,53	43,42	89,91	86,37	86,97	92,67	74,67	78,80	24,90	90,17	72,24
	Üretim	21,51	19,80	32,70	33,92	29,22	28,72	28,36	25,14	12,00	34,94	26,63
	Paladyen ( $\approx$ )	1,89	1,45	4,21	4,93	5,08	9,42	2,13	3,62	1,16	10,17	4,41
	Toplam	23,40	21,25	36,91	38,85	34,30	38,14	30,49	28,76	13,16	45,11	31,04
Çalışma Süresi (saat)	Duraklamalar	1,78	1,97	2,03	1,17	2,05	2,08	1,67	2,42	0,58	4,08	1,98
	Operasyon	2,80	2,03	2,88	3,83	4,78	2,92	4,33	4,58	3,08	5,92	3,72
	Toplam	4,58	4,00	4,92	5,00	6,83	5,00	6,00	7,00	3,67	10,00	5,70
Kapasite ( $m^2/saat$ )	Operasyon hızı	7,68	9,74	11,34	8,85	6,11	9,85	6,54	5,48	3,89	5,91	7,54
	Üretim hızı	4,69	4,95	6,65	6,78	4,28	5,74	4,73	3,59	3,27	3,49	4,82
Birim Üretim	Verim ( $m^2/m^3$ )	12,39	14,12	11,69	12,60	10,78	9,97	12,12	10,20	14,17	12,46	12,05
	Verim ( $m^2/ton$ )	4,61	5,25	4,35	4,69	4,01	3,71	4,51	3,79	5,27	4,63	4,48
Toplam	Kullanılabilirlik	0,61	0,51	0,59	0,77	0,70	0,58	0,72	0,65	0,84	0,59	0,66
Ekipman	Performans	0,43	0,49	0,41	0,45	0,39	0,41	0,41	0,36	0,53	0,50	0,44
Etkinliği	Kalite	0,92	0,93	0,89	0,87	0,85	0,75	0,93	0,87	0,91	0,77	0,87
(TEE)	TEE	0,24	0,23	0,21	0,30	0,24	0,18	0,27	0,21	0,41	0,23	0,25

Çizelge 5 Bloklara ait üretim parametreleri

Örnek No		Blok										Ort.
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	
Ürünler ( $m^2$ )	Üretilmesi gereken	241,72	195,57	218,33	292,47	164,67	204,67	230,67	192,93	308,67	207,87	225,76
	Üretim	147,60	137,60	172,24	186,39	108,00	116,10	134,64	119,40	230,40	144,00	149,64
	Paladyen ( $\approx$ )	5,16	4,44	3,27	17,46	6,75	3,27	14,17	9,60	5,78	7,98	7,79
	Toplam	152,76	142,04	175,51	203,85	114,75	119,37	148,81	129,00	236,18	151,98	157,43
Çalışma Süresi (saat)	Duraklamalar	3,67	3,83	4,25	4,58	5,33	3,33	2,83	3,33	5,50	3,58	4,03
	Operasyon	12,33	11,17	13,75	15,42	4,50	10,67	13,17	10,00	12,50	12,42	11,59
	Toplam	16,00	15,00	18,00	20,00	9,83	14,00	16,00	13,33	18,00	16,00	15,62
Kapasite ( $m^2/saat$ )	Operasyon hızı	11,97	12,32	12,53	12,09	24,00	10,88	10,23	11,94	18,43	11,59	13,60
	Üretim hızı	9,23	9,17	9,57	9,32	10,98	8,29	8,42	8,96	12,80	9,00	9,57
Birim Üretim	Verim ( $m^2/m^3$ )	20,08	23,06	25,90	21,00	21,43	18,61	19,18	20,28	24,62	22,73	21,69
	Verim ( $m^2/ton$ )	7,46	8,57	9,63	7,81	7,97	6,92	7,13	7,54	9,15	8,45	8,06
Toplam	Kullanılabilirlik	0,77	0,74	0,76	0,77	0,46	0,76	0,82	0,75	0,69	0,78	0,73
Ekipman	Performans	0,63	0,73	0,80	0,70	0,70	0,58	0,65	0,67	0,77	0,73	0,69
Etkinliği	Kalite	0,97	0,97	0,98	0,91	0,94	0,97	0,90	0,93	0,98	0,95	0,95
(TEE)	TEE	0,47	0,52	0,60	0,49	0,30	0,43	0,48	0,46	0,52	0,54	0,48

Toplam ekipman etkinliği (TEE), herhangi bir makina veya üretim prosesinin etkinliğinin gözlemlenmesinde kullanılan bir ölçüm metodu olup endüstride sıkça kullanılmaktadır. TEE, kullanılabilirlik (Operasyon süresi/Planlı üretim süresi), performans (Üretilen/Üretilmesi gereken) ve kalite (Sağlam ürün/Toplam ürün) oranlarının çarpımı şeklinde hesaplanır. Burada, kullanılabilirliğin hesaplamasında gerekli parametrelerden operasyon süresi, blok kesme makinasının çalışma süresi, planlı üretim süresi ise duraklamaların da dâhil edildiği, malzemenin toplam kesilme süresidir. Performans hesaplamasında üretilen ürün, moloz ve bloklardan elde edilen toplam üretim miktarı, üretilmesi gereken ise hammadde girişine göre firesiz elde edilmesi gereken miktardır. Firesiz elde edilmesi gereken miktar,  $m^2$  bazında testere soket kalınlığı ve mamul kalınlığı dikkate alınarak moloz ve bloklara göre 10,9-12,3  $m^2/ton$  (30,9-32,9  $m^2/m^3$ ) olarak hesaplanmıştır.

### 3. Bulguların Değerlendirmesi

Çizelge 3 incelendiğinde, en büyük şekilsiz bloğun (moloz) 7,75 ton (2,88  $m^3$ ) ile M6 no lu, en küçük olanının ise 2,28 ton (0,85  $m^3$ ) ile M9 no lu örnekler olduğu görülür. Aynı şekilde en büyük standart bloğun 25,18 ton (9,36  $m^3$ ) ile B9 no lu, en küçük olanı ise 13,56 ton (5,04  $m^3$ ) ile B5 no lu örneklerdir. İncelemeye alınan örneklerde ortalama moloz büyüklüğü 2,27  $m^3$  (6,10 ton), blok büyüklüğü de 6,87  $m^3$  (18,49 ton) hesaplanmıştır.

Molozların kesim verilerini içeren Çizelge 4 incelendiğinde, örnek bazında ortalama 26,63  $m^2$  satılabilir ürün elde edilirken, artık olarak nitelendirilen paladyen ve düşük kalite mamullerin ortalama 4,41  $m^2$  olduğu görülmüştür. Aynı durum blok kesimlerinde 149,64  $m^2$  satılabilir ürün ve 7,79  $m^2$  artık ürün şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 5).

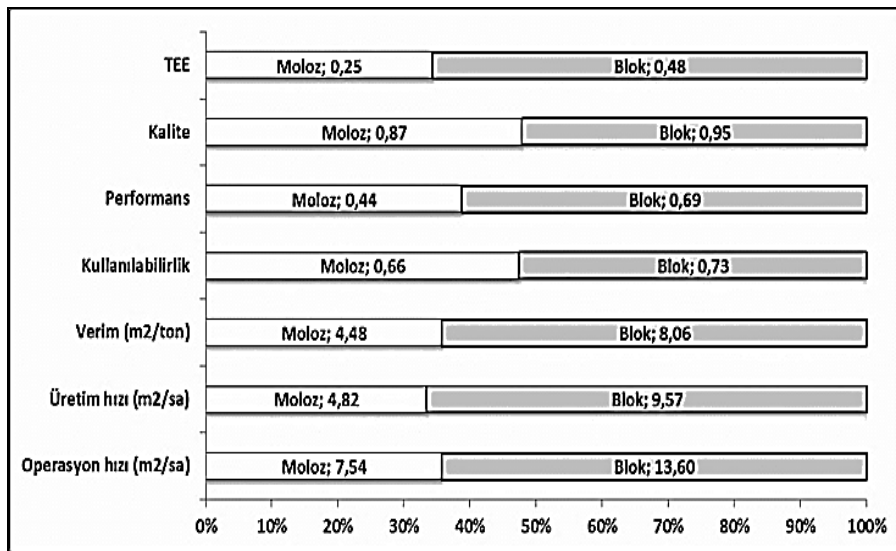
Satılabilir ürünlerin toplam ürünler içindeki oranı (kalite oranı) incelendiğinde, blok kalite oranının moloz kalite oranına göre 0,08 daha yüksek olduğu (Moloz: 0,87; Blok: 0,95) görülür. Burada bloklardan üretilen sağlam mamul miktarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Yine Çizelge 4 ve Çizelge 5 den, örnek bazında kesim için harcanan ortalama zamanın, molozlar için 3,72 saat, bloklar için ise 11,59 saat olduğu görülmektedir. Bu durum örneklerin büyüklüğü ile ilgilidir, dolayısıyla daha büyük olan örneklerin kesimi daha uzun süre almıştır. Ancak üretim hızları, moloz kesimlerinde 4,82 m<sup>2</sup>/saat, blok kesimlerinde de 9,57 m<sup>2</sup>/saat olarak hesaplanmıştır. Bu da büyüklükle ilgili olmakla beraber küçük boyutlu örneklerin kesiminde aynı miktar ürün elde etmek için makinanın manevra sayısının, duraklamaların ve tarama (bloğun üstünün düzeltilmesi) işleminin daha fazla olduğu ve moloz örneklerde üretim hızını düşürdüğü sonucuna varılabilir.

Örneklerin verimleri, prosese giren hammadde miktarının çıkan satılabilir ürüne oranı şeklinde hesaplanmış olup moloz örnekler için ortalama 4,48 m<sup>2</sup>/ton, blok örnekler için ise ortalama 8,06 m<sup>2</sup>/ton olduğu görülmüştür. Aradaki büyük farklılığın nedeni, moloz örneklerin düzgün bir geometrik şekle sahip olmaması, dolayısıyla tarama işleminin artması ve bunun üretim sırasındaki kayıpları artırmasıdır.

Toplam ekipman etkinliği ise moloz kesme faaliyetleri için ortalama %25, blok kesme faaliyetleri için de ortalama %48 olarak hesaplanmıştır. Bu oran hem de verimle ilgili kriterlerin bileşkesini ifade ettiğinden, blok kesme işleminin daha etkin bir çalışma olduğu söylenebilir.

Şekil 4 de verilen grafikte moloz ve blok örneklerin kesim verileri karşılaştırılmıştır. Buna göre incelenen tüm parametreler için moloz kesimlerinin blok kesimlerine göre daha düşük değerler aldığı söylenebilir.

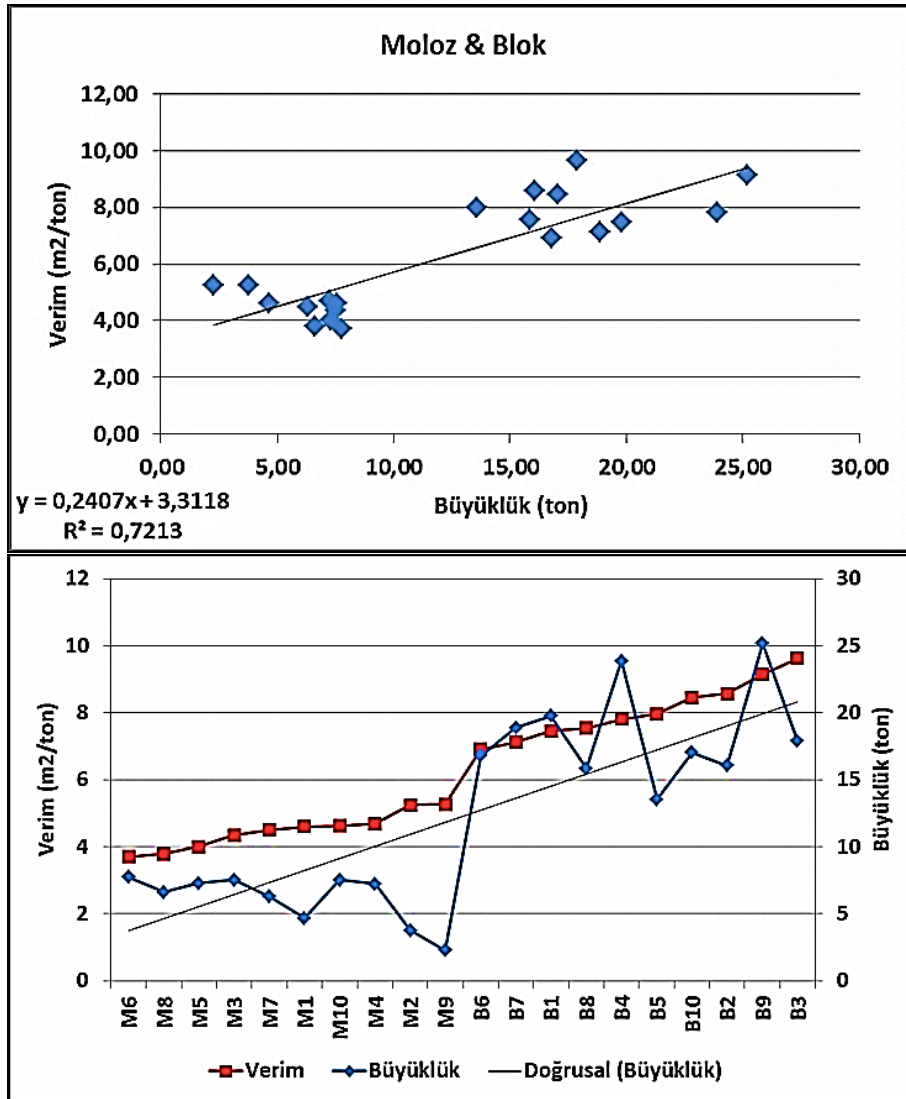


Şekil 4 Moloz ve blok kesme verilerinin karşılaştırılması

Gerek moloz gerekse blok örneklerin tamamı, aynı ocaklarda üretilmiş, fiziko-mekanik, mineralojik ve petrografik özellikleri aynı olan masif doğaltaşlardır. Aralarındaki fark, blokların daha büyük ebatlı ve kenarları düzeltilmiş olmasına rağmen molozların daha küçük ebatlı ve belirli bir geometrik şekle sahip olmamasıdır. Gerek verim gerekse performans değerlerindeki farklılığın araştırılması amacıyla moloz ve bloklar için büyüklük ve verim grafikleri çizilmiştir (Şekil 5).

Şekil 5 incelendiğinde grafiğin iki ayrı bölümünde gruplaşmalar olduğu gözlenmektedir. Bunlardan verimin 6 m<sup>2</sup>/ton un ve ağırlığın 10 ton un altında olduğu bölüm moloz örnekler, diğer bölüm ise blok örneklerdir. Moloz ve blok gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde ağırlıkla blok verimi arasında ciddi bir ilişkiden söz etmek zordur. Ancak sürecin tamamına bakıldığında hammadde büyüklüğü ile blok verimi arasında pozitif doğrusal ilişki olduğu ve ilişki düzeyinin R<sup>2</sup>=0,72 ile ortanın üzerinde olduğu görülebilir. Moloz ve blokların kendi aralarında anlamlı ilişki kurulamamış olmasından dolayı grafikte gözlenen durumun daha çok kesilen kütlelerin geometrik şekilleri ile ilgili

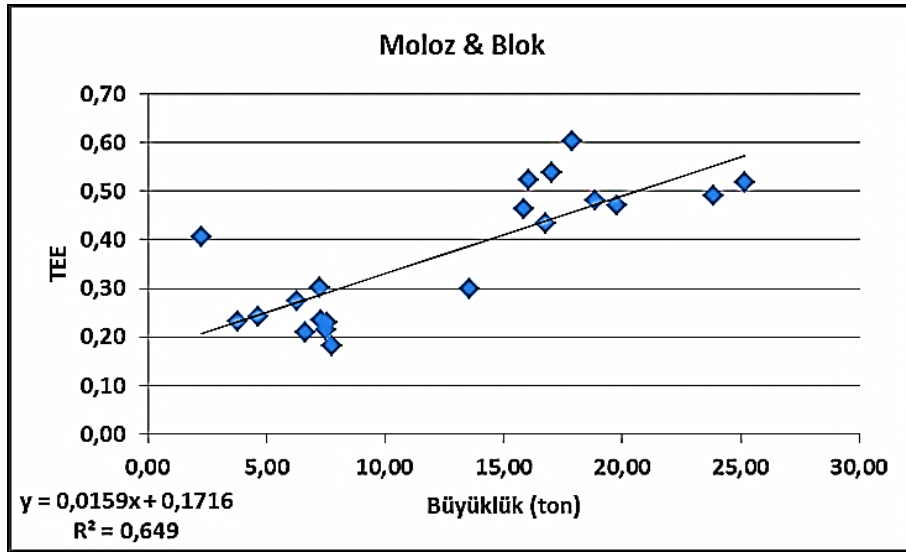
olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla düzgün geometrik şekilli bloklardan ton başına alınan ürün miktarının daha yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 5 Verim ve büyüklük dağılımları

Şekil 6 da da toplam ekipman etkinliği ile büyüklük arasındaki dağılım incelenmiştir. Buna göre yine büyüklük ekseninde 10 ton un üzerinde ve altında iki bölümde gruplaşmalar gözlenmiş, dağılımın tamamı dikkate alındığında da toplam ekipman etkinliği ile örnek büyüklüğü arasında pozitif doğrusal ilişki olduğu görülmüştür. İlişkinin derecesi, verimde olduğu gibi ortanın üzerindedir ( $R^2=0,65$ ). Buna göre düzgün blokların kesilmesi işleminin daha etkin bir çalışma olduğu söylenebilir.





Şekil 6 Toplam ekipman etkinliği ve ağırlık dağılımı

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Mermer ocaklarında blok üretiminin yanı sıra, ocağın jeolojik özelliklerinden ve üretim yönteminin gereklerinden dolayı molozların da üretilmesi kaçınılmazdır. Molozlar mermer işleme tesislerinde plaka olarak kesilmesi işleminde, gerek boyutlarının küçüklüğü gerekse düzgün bir geometrik şekle sahip olmamalarından dolayı, dairesel testerele blok kesiciler kullanılmaktadır.

Hem blok ve molozun fiziko-mekanik, mineralojik ve petrografik özellikleri hem de kesimde kullanılan dairesel testerele blok kesicinin özellikleri aynı olmak koşuluyla;

- Operasyon hızları; moloz kesiminde, blok kesimine göre %45 daha düşüktür. Bunun nedeni, molozun şekilsiz olmasından dolayı testerenin tur sayısının artması ve zaman kaybına neden olmasıdır.
- Üretim hızları; moloz kesiminde, blok kesimine göre %50 daha düşüktür. Bu da molozun daha küçük boyutlu olmasından dolayı aynı miktar ürün eldesi için makineye konması gereken hammadde sayısını artırmakta dolayısıyla makinenin hazırlığı, molozun üst yüzeyinin taranması (düzeltmesi) ve malzeme besleme işlemleri, sürelerini artırarak zaman kaybına neden olmaktadır.
- Plaka verimi; moloz kesiminde, blok kesimine göre %44 daha düşüktür. Nedeni ise, molozun düzgün geometrik şekle sahip olmamasından dolayı kesilen plakaların ebatlanması sırasındaki kayıpların fazlalığı, aynı miktar ürün için daha fazla hammadde beslenmesi ve tarama işleminin artarak kayıpları artırmasıdır.
- Toplam ekipman etkinliği; moloz kesiminde, blok kesimine göre %48 daha düşüktür. Bu değer, performans, kullanılabilirlik ve kalite faktörlerinin bileşkesi olduğundan dolayı her üç durumda da moloz kesme faaliyeti, etkin çalışma değildir.

Sonuç olarak, mermer işleme tesislerinde moloz kesiminin verimli olduğunu söylemek mümkün değildir. Ancak molozların normal ocak çalışması sırasında ortaya çıkmasının engellenemeyeceği, kırılarak ya da olduğu şekliyle depolandığında çevre kirliliğine yol açacağı düşünüldüğünde, işlenerek ekonomiye kazandırılması gerektiği de söylenebilir. Molozların tek avantajı, bloklara göre daha ucuz olmalarıdır. Ticari anlamda düşünüldüğünde, yukarıda sıralanan olumsuzlukların ışığında, molozların bloklara göre ne kadar daha düşük fiyata satılmaları gerektiği belirlenerek küçük mermer işleme tesisleri için cazip hale getirilmelidir.

**Katkı belirtme:** Yazarlar bu çalışmayı destekleyen Çakmersan AŞ yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür eder.

#### Kaynaklar

- [1] Anon a, 2008, Makine Teknolojisi, Mermer Blok Üretimi, Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Teknik Eğitim ve Öğretim Sisteminin Geliştirilmesi Projesi, Ankara, 50 s.
- [2] Eleren A., Ersoy M., 2007, Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık Topsis Yöntemiyle Değerlendirilmesi,

- Madencilik 46(3), 9-22.
- [3] Çimen H., Çınar S. M. & Nartkaya M. 2008. The Investigation of Marble Cutting Parameters for Energy Consumption, *International Journal of Mathematical Models and Methods In Applied Sciences*, 4(2), 463-472
- [4] Çimen H., Çınar S. M. & Nartkaya M. 2008. The Development of Software and Hardware for Marble Cutting Tests, 2nd WSEAS Int. Conf. on Computer Engineering and Applications (CEA'08) Acapulco, Mexico, January 25-27, 244-249
- [5] Yılmaz N. G. & Göktan R. M. 2008. Effect of sawing rate on force and energy requirements in the circular sawing of granites, *Journal of Eng&Arch.Fac. Eskişehir Osmangazi University*, 21(2), 59-74
- [6] Sakaoğlu, M., 2008, Mermer fabrikalarında kullanılan dairesel testereli blok kesme makinalarında (S/T) performans analizleri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Danışmanlar: Ediz G. İ., Akçakoca H.,
- [7] Engin İ. C. & Özkan E. 2008. Blok Kesme Makinalarının Enerji Tüketiminin İncelenmesi, Mersem'2008 Türkiye VI. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, Haziran 26-27, Afyonkarahisar, Türkiye, 141-148
- [8] Caner M., Akarşlan E., 2009, Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini, Pamukkale Mühendislik Bilimleri Dergisi., 15(2), 221-226
- [9] Demir İ., Başpınar M. S., 2001, Mermer Tozu Artıklarının (Havuz Çökeltisi) Hafif Yapı Blokları Üretiminde Kullanılması, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003) Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık, Afyon, 213-220
- [10] Çelik M. Y., Sarıışık A., Gürçan S., 2003, Mermer ve Taş Ocaklarının Çevreye Olan Görsel Etkileri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003) Bildiriler Kitabı 18-19, 463-474
- [11] Gürü M., Akyüz Y., Akın E., 2005, Mermer Tozu/Polyester Kompozitlerde Dolgu Oranının Mekanik Özelliklere Etkileri, *Politeknik Dergisi*, 8(3), 271-274
- [12] Mutlutürk M., Altındağ R., 2009, Terk Edilmiş Mermer Ocakları ve Çevre Etkileşimi: Burdur – Isparta -Antalya Örnekleri, *SDUGEO-Akademik, e-dergi*, <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sduggeo/article/view/2712/2430> (Erişim: Aralık 2012), 24-30
- [13] Demirel B., Yazıcıoğlu S., 2010, İnce Malzeme Olarak Kullanılan Atık Mermer Tozunun Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, *International Sustainable Buildings Symposium*, 26-28 Mayıs, Ankara, 173-176
- [14] Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., Ekiz, Y., 2010, Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2010, 6(2) 57-72
- [15] Varol S., Başpınar E., 2012, Maden İşletmelerinin Çevreye Etkisi, *SDUGEO-Çevre ve Jeoloji, e-dergi*, <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sduggeo/article/view/3140/2735> (Erişim: Aralık 2012), 28-31
- [16] Ahrabi A. Z., Bilici İ., Bilgesü A.Y., 2012, Pet Atıkları Kullanılarak Kompozit Malzeme Üretiminin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 467-471
- [17] Gözler M. Z., Cevher F., Küçükayman A., 1985, Eskişehir Civarının Jeolojisi ve Sıcak Su Kaynakları, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, Sayı 103-104, Sayfa 40-54