



ISPARTA YÖRESİNDE BULUNAN BAZI MAĞMATİK KÖKENLİ KAYAÇLARIN KESİLEBİLİRLİK ANALİZİ

(THE SAWABILITY ANALYSIS OF SOME MAGMATIC ROCKS IN ISPARTA REGION)

Nazmi ŞENGÜN*, Raşit ALTINDAĞ*, C. Erinç KOÇCAZ*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, Isparta yöresinde bulunan ocaklardan üretilen mağmatik kökenli bazı doğal taşların kesilebilirlikleri incelenmiştir. Bu amaçla, fabrikalardan traki-andezit, trakit, bazalt ve ignimbirit örnekleri alınmıştır. Alınan kayaç örneklerinden ilgili deney standartlarına göre numuneler hazırlanmış ve kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Diğer taraftan, kayaç örneklerinden hazırlanan numuneler üzerinde laboratuarda bulunan mermer kesme seti ile kesilebilirlik analizleri yapılmıştır. Sabit kesim parametrelerinde ölçülen verilerden her kayaç türü için özgül kesme enerjisi (spesifik enerji, SE) hesaplanmıştır. Kayaçların kesme enerjisine fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkisini belirleyebilmek için regresyon analizleri yapılmıştır. Değerlendirme sonucu, kayaçların kesilme işlemlerinde fiziksel özelliklerden kayaçların gözeneklilik derecesi ve sertliği; mekanik özelliklerinden ise kayaçların basınç dayanımının etkin rol oynadığı görülmüştür.

This study was carried out to investigate the sawability of volcanic stones in Isparta region. For this reason, trachy-andesite, trachyte, ignimbrite and basalt samples were collected from plants. From the gathered samples, according to experimental standards the test samples were prepared and physical and mechanical properties of rocks were determined. On the other hand, on the blocks prepared from rock samples sawability analyses were done with marble sawing machine in laboratory. By data measured from constant sawing parameters, specific cutting energy (SE) was calculated for each rock type. In order to determine the physical and the mechanical properties effect on cutting energy of rocks, the test results were evaluated by using statistical program. As a result of these experimentations, it is seen that on cutting of rocks from the physical properties such as porosity and the hardness of rocks, even the mechanical properties uniaxial compressive strength have effective.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Doğal Taş, Kesilebilirlik, Özgül Enerji, Fiziko-Mekanik Özellikler

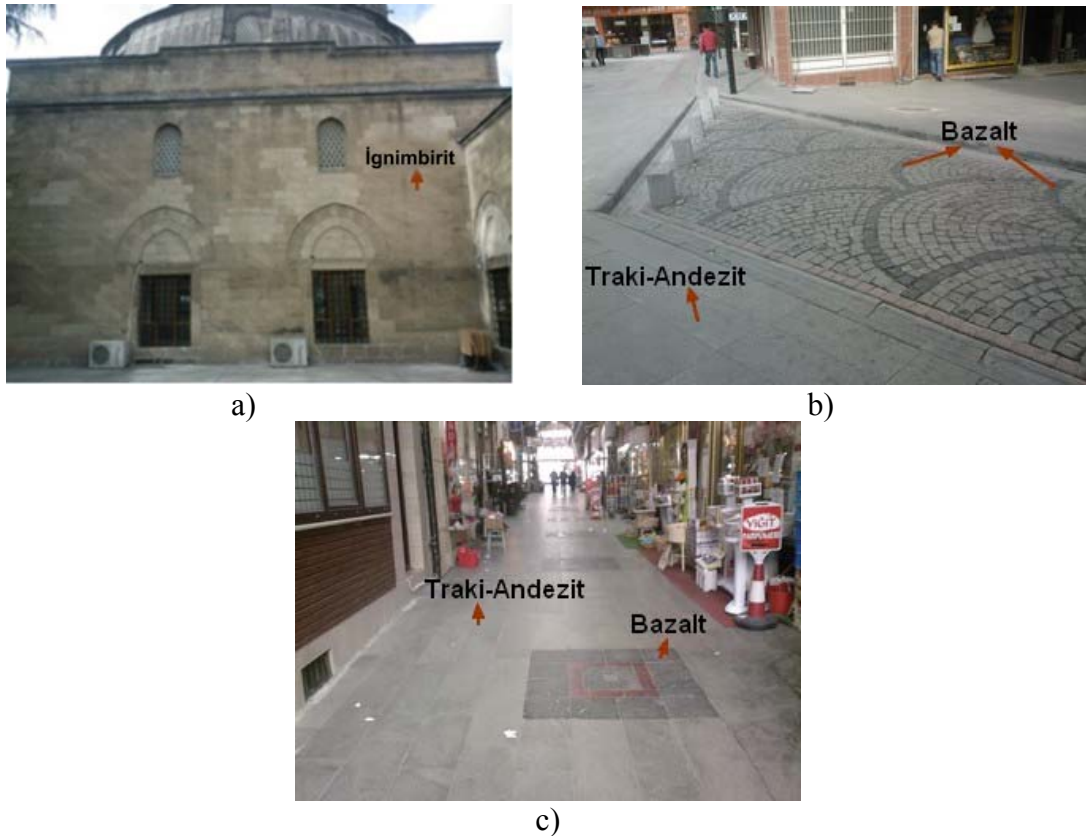
Natural Stone, Sawability, Specific Energy, Physico-Mechanical Properties

* S.D.Ü. Müh. Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü 32260 ISPARTA

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun varoluşundan bu yana kullandığı en eski yapı malzemesi doğal taşlardır. Doğal taşlar, başta yapı malzemesi amaçlı olmak üzere, çeşitli şekillerde kullanıla gelmiş ve bunun sonucu olarak mermer sektörü önemli bir sanayi dalı haline almıştır. Ülkemizde, doğal yapı malzemeleri, ekonomik olması ve kolay elde edilmelerinden dolayı inşaat sektöründe (kaplamalarda, duvarlarda, kaldırımlarda, döşemelerde vb.) değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Özellikle, Isparta bölgesinde mağmatik kökenli kayalar bu amaçla oldukça yoğun bir şekilde tercih edilmektedir.

Çalışmada kullanılmak üzere seçilen traki-andezit, trakit, ignimbirit ve bazalt kayaları Isparta yöresinde inşaat sektöründe sıklıkla yapı taşı olarak veya binalarda denizlik, cephe kaplaması, basamak olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda Isparta şehir içindeki yaya yolu döşemelerinde traki-andezitin dikdörtgen blokları ve parçaları parke ve bordür taşları olarak değerlendirilmektedir. Yol kenarlarında, meydanlarda, park ve bahçelerde bu tür kayalar şehir mobilyaları olarak görülmektedir. Şehir merkezindeki birçok tarihi yapıda ignimbirit, yapı ve kaplama elemanı olarak sıklıkla kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bazalt ise hem yaya yolu döşemelerinde hem de raylı sistem taşımacılığında (Antalya şehir içi raylı sistemi) balast olarak değerlendirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kayaçların inşaat sektöründe kullanılması

Ocaklardan çıkartılan doğal taş blokları, mermer fabrikalarında çeşitli kalınlıklarda plaka olarak kesilmektedirler. Kesme işlemi, üzerinde elmas soketler bulunan dairesel testerele kullanılarak yapılmaktadır. Kesilen plakalar gerek ilk kesilmiş hali ile gerekse yüzey işlemleri ile işlenip kullanılmaktadır. Üretilen doğal taşın kesilerek şekillendirilmesi işleminde elmalı dairesel testere seçimi ve makine parametreleri, işlemin ekonomikliliği açısından önem

kazanmaktadır. Bir taşın kesilebilmesi için uygun testerenin ve makine parametrelerinin belirlenmesi işlemi ancak tecrübe yolu ile bulunmaktadır. Taşların kesilebilirliğinin belirlenebilmesi için değişik çalışmalar yapılmaktadır.

Doğal taşların kesilebilirlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla birçok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Ünver (1992), kesme kuvvetinin ve kesici testerede oluşan aşınma oranının hesaplanması için çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemi kullanarak modeller geliştirmiştir. Tonshoff vd. (1993), yapmış oldukları çalışmada kesme ve talaş oluşum mekanizması açıklamıştır. Büyüksağış (1998), kayaçların fiziksel ve mineralojik özelliklerini kullanarak gerekli olan kesme kuvveti ve spesifik enerji değerlerinin kayaç özellikleri ile belirlenebilmesi için ampirik yaklaşımlar türetilmiştir. Ersoy ve Atıcı (1999), mermer kesicilerinin aşınma mekanizmalarını ölçmek amacıyla mermerlerin kesilebilme işlevi, aşınma modu ve bunların kaya özellikleriyle ilişkilerini belirlemek amacıyla birçok deney yapmışlardır. Özden (2002), fabrikalardaki makine parametreleri ile kayaçların fiziko-mekanik parametrelerini kullanarak mermer üretim miktarını veren bir model geliştirmiştir. Konstanty, (2002) aşağı kesme ve yukarı kesme işlemlerinin kinematikini açıklayarak, farklı kesme derinliklerinde ve farklı ilerleme hızlarında kesici makinenin enerji tüketim değerleri incelenmiştir. Özçelik vd. (2002), andezit üzerinde çok bıçaklı ST'lerde fabrika koşulları altında yaptıkları çalışmada kesici makinenin çekmiş olduğu akım değerleri makine üzerindeki analog göstergeler kullanılarak incelenmiştir. Kılıç (2003), Diyarbakır yöresi mermerlerin laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen fiziko-mekanik özellikleri ve fabrikada yapılan çalışmalarla elde edilen performans ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yağız (2006), kayaların basınç dayanımı, çekme dayanımı, kırılgenlik ve aşınmaya karşı direnç gibi mühendislik özelliklerinin yanında, jeolojik faktörlerde kayaçların kazılabilirlik ve kesilebilirliği üzerinde etkili olduğunu ve kayaçların bazı mühendislik özellikleri ve disk keskiye etkiyen normal kuvvet arasındaki ilişki araştırmıştır.

Bu çalışmada, inşaat sektörünün vazgeçilmez bir tercihi olan, gerek dış cephe kaplaması, gerekse kaldırım, bordür ve merdivenlerde, yaya yollarında, park ve bahçe düzenlemelerinde, istinat duvarı yapımında, şehir mobilyaları olarak sık sık uygulanan traki-andezit, trakit, bazalt ve ignimbirit kayaçlarının kesilebilirlik analizleri yapılmış ve kayaçların fiziko-mekanik özellikleri ile ilişkileri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada kullanılmak üzere, Isparta'nın Sav kasabasından traki-andezit ve ignimbirit, Gönen ilçesinden trakit, Kayı Köyü'nden bazalt kayaçları temin edilmiştir (Çizelge 1). Bu kayaçlar Isparta ve yöresinde inşaat sektöründe yapıtaşı ve kaplama taşı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan kayaçlar

Numune	Kayaç Türü	Yeri
Traki-Andezit	Mağmatik	Isparta-Sav
İgnimbirit	Mağmatik	Isparta-Sav
Trakit	Mağmatik	Isparta-Gönen
Bazalt	Mağmatik	Isparta-Kayı Köyü

Dikkate alınan bu kayalar üzerinde Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM, 2007) tarafından önerilen standartlar çerçevesinde, özgül ağırlık (ÖA), birim hacim ağırlık (BHA), görünür gözeneklilik (GG), toplam gözeneklilik (TG), *P*-dalga hızı (*V_p*), Shore sertliği (SS), Schmidt çekici sertliği (SÇS), basınç dayanımı (BD), Brazilian çekme dayanımı (BÇD) ve nokta yük dayanım indeksi (NYD) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür gözeneklilik, shore sertliği, *P*-dalga hızı ve basınç dayanım testleri kenar uzunluğu 50 mm olan küp numunelerden her kayaç için 6 adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kayaçların doluluk oranları özgül ağırlık ve birim hacim ağırlık verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Schmidt çekici sertlik testleri, darbe enerjisi 0.74 Nm olan L-tipi çekiç kullanılarak, 50x100x200 mm ebatlarında prizmatik numuneler üzerinde yapılmış, her kayaç için 20 okuma alınarak en yüksek 10 değerlerin ortalaması alınmıştır. Çekme dayanımı testleri için kayaçlardan NX (54 mm) çapında karot alınarak, boy/çap oranı 0.5 olacak şekilde numuneler hazırlanmış ve dolaylı çekme (Brazilian) deneyleri yapılmıştır. Deneyler her bir kayaç için 6'şar adet numune üzerinde yapılmış ve deney sonuçlarının aritmetik ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. İgnimbirit kayacına ait veriler ise Altındağ vd. (2004) çalışmasından alınmıştır.

Çizelge 2. Kayaçların fiziko-mekanik özellikleri

Kayaç	ÖA	BHA	GG	TG	<i>V_p</i>	SÇS	SH	BD	BÇD	NYD
	gr/cm ³	gr/cm ³	%	%	m/sn			MPa	MPa	MPa
Traki-Andezit	2.606	2.298	6.86	11.83	4214	42.6	77.1	120.4	8.21	8.08
Trakit	2.611	2.296	7.99	12.07	2885	41.1	63.5	81.1	3.88	3.43
Bazalt	2.891	2.655	4.91	8.13	4595	46.2	78.8	139.4	9.57	9.97
İgnimbirit	2.460	1.450	27.91	43.13	2177	9.4	12.9	6.2	1.25	0.90

3. VARYASYON VE KESİLEBİLİRLİK ANALİZLERİ

Dairesel testlerde, testere çevresel hızının, ilerleme hızının ve kesme derinliğinin uygun olarak seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Doğal taşların kesilmesi sırasında en düşük özgül enerji değerinin oluşması için bu parametrelerin her kayaç için ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, üzerinde düşey dairesel testere bulunan, testerenin çevresel hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği değiştirilebilen bir mermer kesme seti tasarlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Tasarımı yapılan mermer kesme seti

Çalışma kapsamında yaptırılan makinada kesme işlemi için 5.5 kW'lık elektrik motoru ve kayaç bloğun bulunduğu vagonun hareketini sağlamak amacıyla 1 kW'lık redüktörlü elektrik motoru kullanılmıştır. Kesme işleminin gerçekleşmesi için testerenin düşey düzlemde ileri-geri hareketi yerine, kesilecek parçanın hareket ettirilmesi makinanın daha kolay tasarımılandırılmasına yardımcı olacağı düşüncesiyle tercih edilmiştir. Bu makinada kesilecek numunenin konulduğu arabanın alt bölümüne özel olarak tasarımılandırılan bir dişli mil ile arabanın hareketi, mekanik olarak düzgün ve darbesiz olacak şekilde sağlanmıştır.

Kesme işleminde makinaya bağlı parametrelerden çevresel hızını (dolayısıyla testere devri) değiştirebilmek amacıyla 5.5 kW'lık OMRON-V1000 marka invertör ve ilerleme hızının değiştirilebilmesi için ise 1.5 kW'lık OMRON VS mini-J7 marka invertör kullanılmıştır. Bu sayede testerenin çevresel hızı 0-80 m/sn, ilerleme hızı ise 0-1.5 m/dak aralığında değiştirilebilmektedir. Kayacın kesme derinliği ise kayaç numunesinin altına farklı kalınlıklarda takoz konularak ayarlanmaktadır. Araba hareketinin başlangıç-bitiş noktalarının belirlenmesi amacıyla, sınır noktalarına 2 adet sınır anahtarı yerleştirilmiştir. Testerenin dönüş hızının uygunluğu, harici bir KONSTAR DT-22368 marka takometre cihazı ile kontrol edilmiştir.

Kesme işlemi sırasında anlık elektriksel verileri (gerilim, akım ve frekans) almak amacıyla invertör bilgisayar bağlantısı yapılmıştır. İntertörün yazılımı (CX-drive) sayesinde saniyede 8 adet veri alınabilmektedir. Bu veriler aşağıda anlatılan prensipler çerçevesinde değerlendirilerek kayaçların özgül enerji değerleri belirlenmiştir.

3.1. Özgül Enerjinin Hesaplanması

Deney sırasında CX-drive programı yardımıyla alınan gerilim (V), frekans ve akım (I) değerleri veri dosyası olarak kaydedilmekte ve sonra, bu veri dosyaları salt metin dosyalarına dönüştürülmektedir. Bu veriler daha sonra Microsoft Excel programı formatına dönüştürülmektedir. Her bir deney için anlık olarak kaydedilen akım ve gerilim değerleri çarpılarak kesim esasında oluşan anlık güç değerleri hesaplanmaktadır (Eşitlik 1).

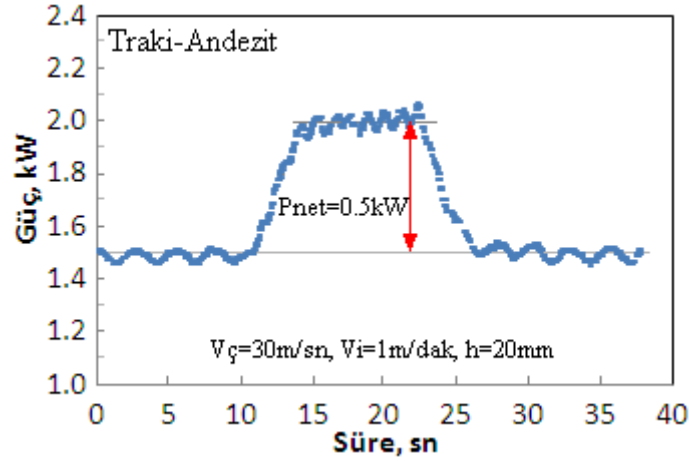
$$P = V * I \quad (1)$$

P = Anlık çekilen güç, watt
 V = Anlık gerilim değeri, volt
 I = Anlık akım değeri, amper

Anlık güç değerleri hesaplandıktan sonra güç-zaman grafiği çizilmektedir (Şekil 3). Grafik üzerinden makinanın boşta çalışması sırasında çekilen güç değeri ve tam kesim sırasında çekilen güç değerleri belirlenmektedir. Bu iki değer arasındaki fark net kesim için harcanan güç değerini vermektedir (Eşitlik 2).

$$P_{net} = P_k - P_b \quad (2)$$

P_{net} = Kesim için harcanan net güç değeri, watt
 P_k = Testere tam kesimde iken çekilen güç değeri, watt
 P_b = Testere boşta iken çekilen güç değeri, watt



Şekil 3. Güç-zaman grafiği

Birim zamanda kesilen hacim için harcanan enerji miktarı özgül enerji (spesifik enerji, SE) olarak, birim zamanda kesilen alan ise özgül taşıma oranı (Q) olarak tanımlanmaktadır. Kesme deneylerinde, 50x100x200 mm boyutlarında blok numuneler üzerinde, kesme derinliği 20 mm olarak, testerenin çevresel hızı ise 30 m/sn sabit tutularak, ilerleme hızı ise 0.2 ile 1.4 m/dak arasında değiştirilerek farklı özgül taşıma oranı değerleri elde edilmiştir.

Kesme deneylerinde disk olarak çapı 350 mm olan %18-24 elmas konsantrasyonlu SONMAK marka sert taşlara uygun testere kullanılmıştır. Testere üzerinde 25 adet soket bulunmakta olup soket boyutları 3.7x6.7x40 mm'dir. Her kesimde, soğutma suyu miktarının etkisini ortadan kaldırmak için ortama sabit miktarda 10 l/dak olarak harici bir pompa yardımıyla soğutma suyu verilmiştir. Çalışmada kullanılan kayaların her biri için özgül taşıma oranları Eşitlik 3 kullanılarak, özgül enerji değerleri ise Eşitlik 4-5 kullanılarak hesaplanmış ve özgül enerji (SE) – özgül taşıma oranı (Q) ilişki grafiği (Şekil 4) çizilmiştir.

$$Q = 10 * V_i * h \quad (3)$$

$$F_T = \frac{P_{net}}{V_c} \quad (4)$$

$$SE = 0.06 * \frac{F_T * V_c}{h * W_s * V_i} \quad (5)$$

SE = Özgül enerji, j/mm³

Q = Özgül taşıma oranı, cm²/dak

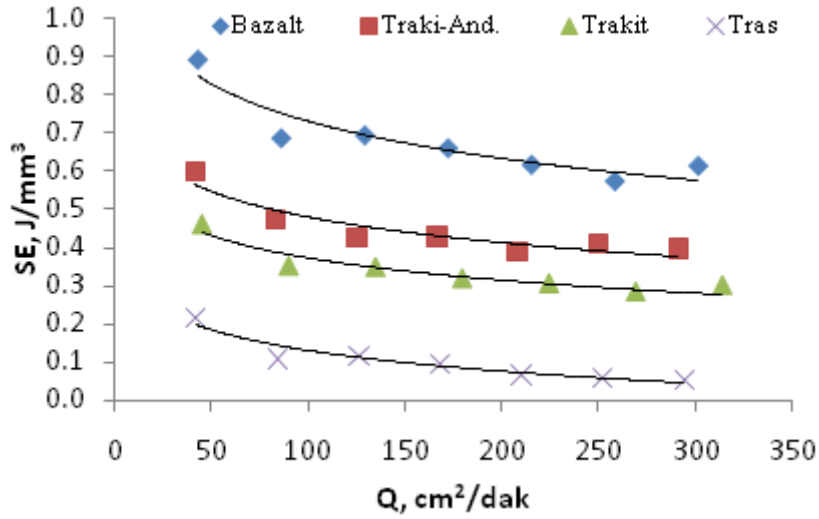
F_T = Teğetsel kuvvet, N

V_c = Çevresel Hız, m/sn

h = Kesme derinliği, mm

W_s = Soket genişliği, m

V_i = İlerleme hızı, m/dak



Şekil 4. Kayaçların özgül enerjileri ile özgül taşıma oranı arasındaki ilişkiler

Şekil 4'te, özgül taşıma oranının artmasıyla, özgül enerjinin logaritmik olarak azaldığı görülmektedir. Başka bir ifadeyle, aynı koşullarda üretimin artmasıyla, birim üretim için harcanacak enerji miktarının logaritmik olarak azaldığı görülmektedir. Her bir kayaç için elde edilen grafiklerin eğilim ilişkilerinin eşitlikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kayaçların SE-Q eşitlikleri

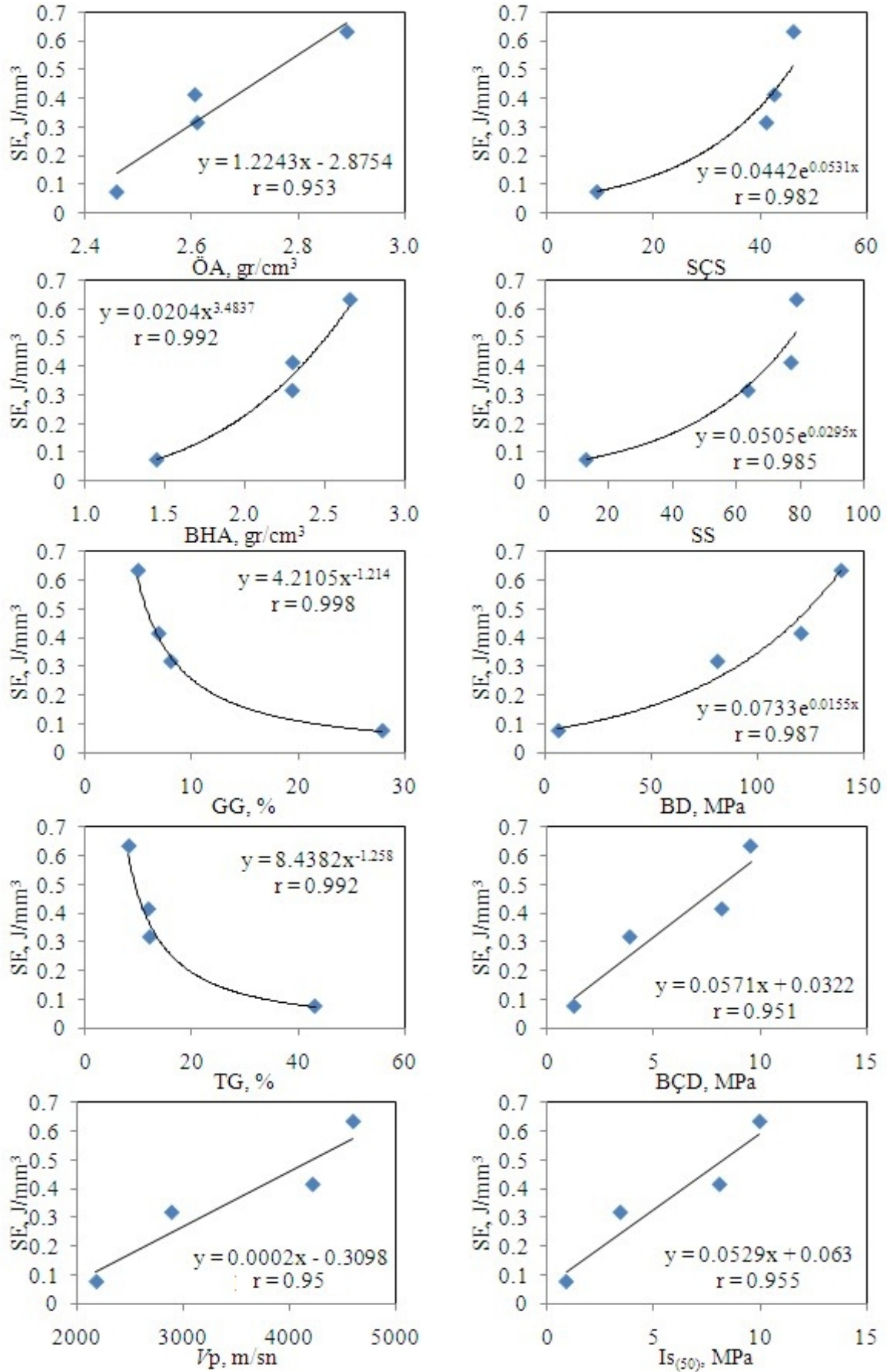
Kayaç	Eşitlik	Korelasyon Katsayısı, r
Bazalt	$SE = -0.141 \cdot \ln Q + 1.38$	0.94
Traki-Andezit	$SE = -0.098 \cdot \ln Q + 0.93$	0.94
Trakit	$SE = -0.083 \cdot \ln Q + 0.76$	0.95
İgnimbirit	$SE = -0.079 \cdot \ln Q + 0.49$	0.95

4. KAYAÇ ÖZELLİKLERİ İLE ÖZGÜL ENERJİ İLİŞKİLERİ

Kayaçların özgül enerji değerleri özgül taşıma oranına göre değişmektedir. Her bir kayacın özgül enerji değerinin temsil edilmesi amacıyla özgül taşıma oranı değeri 200 cm²/dak (kesme derinliği 20 mm, ilerleme hızı 1 m/dak) olarak sabit tutulmuş ve hesaplanan özgül enerji değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Kayaçların Q=200 cm²/dak için özgül enerji değerleri

Kayaç	SE
	j/mm ³
Traki-Andezit	0.413
Trakit	0.316
Bazalt	0.632
İgnimbirit	0.075



Şekil 5. Kayaçların özgül enerji değerleri ile fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler

Kesme deneyleri verilerinden hesaplanan özgül enerji (SE) değerleri ile fiziko-mekanik özelliklerin tayini için yapılan testlerin sonuçları basit regresyon analizleri ile incelenmiştir (Şekil 5). Basit regresyon analizleri sonucu oldukça yüksek korelasyon değerlerine sahip ilişkiler elde edilmiştir. Kayaçların özgül enerji değerleri ile fiziksel özellikleri arasında en yüksek korelasyon değerini, görünür gözeneklilik değerleri vermiştir. Özgül enerji değerleri ile özgül ağırlık arasında doğrusal-artan ($r=0.95$), birim hacim ağırlık ile üs-artan ($r=0.99$), görünür gözeneklilik ve toplam gözeneklilik ile üs-azalan ($r=0.99$) ve sismik hız ile ise doğrusal-artan ($r=0.94$) eğilimler elde edilmiştir.

Kayaçların sertlik özellikleri ile özgül enerji değerlerini analiz ettiğimizde Schmidt ve Shore sertlikleri için üstel-artan ($r=0.98$) bir eğilim belirlenmiştir. Kayaçların dayanım değerlerinden basınç dayanımı ile özgül enerji değerleri arasında üstel-artan ($r=0.98$), Brazilian çekme dayanımı ve nokta yük dayanım indeks değerleri ile doğrusal-artan (sırasıyla, $r=0.95$ ve $r=0.96$) ilişkiler tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Isparta bölgesine ait mağmatik kökenli kayaçların bol miktarda bulunması, nakliye masrafının düşük olması, kolay işlenmesi ve şekillendirilmesi gibi avantajları bu kayaçların kullanım alanlarını genişletmektedir. Çalışmada, çeşitli amaçlarla yörede çok sık kullanılan traki-andezit, trakit, İgnimbirit ve bazalt türü kayaçlar kullanılmıştır.

Yapılan kesme deneyleri ve fiziko-mekanik testler sonucu bu tür kayaçların kesme işlemlerinde kayacın gözeneklilik, sertlik ve dayanım parametrelerinin büyük rol oynadığı belirlenmiştir. Kayaçların kesme işlemlerinde harcanacak enerji değerleri kesilecek kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinden pratik olarak tahmin edilebileceği görülmüştür. Çalışmada, sadece 4 kayaç kullanılması basit regresyon analizlerinde korelasyon değerinin oldukça yüksek çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, daha fazla kayaç üzerinde çalışılıp tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ünver (1992), deneysel verileri istatistiksel açıdan değerlendirdikten sonra kayaç kesilebilirliği açısından en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert minerallerin tane boyutları olduğu öne sürmüştür. Bu çalışmada da kayaçların Shore ve Schmidt sertlik değerlerinin artmasıyla özgül enerji değerinin arttığı istatistiksel inceleme neticesinde grafiksel olarak ortaya konmuştur. Kılıç vd. (2003), yaptıkları çalışmada ise özgül enerjiyi en çok etkileyen kayaç mekanik özellikleri basma dayanımı, çekme dayanımı, nokta yük dayanımı olduğu belirmişlerdir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada kullanılan mermer kesme seti, 1588 nolu Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Altındağ, R., Alyıldız, I.S., Onargan, T., (2004): “Mechanical Property Degradation of İgnimbrite Subjected to Recurrent Freeze-Thaw Cycles”, İnt. J. Rock Mech. Min. Sci. V.41 p.1023-1028.
- Büyüksağış, S., (1998): “Dairsel Testereli Blok Kesme Makinelerinde Mermerlerin Kesilebilirlik Analizleri”, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, Eskişehir.

- Ersoy, A. ve Atıcı, Ü., (1999): “Mermer Kesicilerinin Aşınma Mekanizmaları”, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, ISBN 975-395-310-0, Sy: 107-115, Ankara.
- ISRM, (2007): “The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006”, (Ulusay, R., and Hudson, J.A., Editors), Kozan Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Kılıç, A.M., Karakuş, A., Keskin, M.Ö., (2003): “Diyarbakır Yöresi Mermerlerinin Kesilebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi”, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, s.159.
- Konstanty, J., (2002): “Theoretical Analysis of Stone Sawing with Diamonds”, Journal of Material Processing Technology, Vol. 123, pp. 146 – 154.
- Özçelik, Y., Kulaksız, S., Çetin, M.C., (2002): “Assessment of The Wear of Diamond Beads in The Cutting of Different Rock Types by The Ridge Regression”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 127, pp. 392-400.
- Özden, M. O., 2002, Mermerlerin Testerelerle Kesilebilirliği, Niğde Üniv. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Tönshoff, H.K., Wobker, H.G., Przywara, R. (1993): “Das Arbeitsverhalten Von Werkzeugen Zum Trennschleifen Von Gestein”, Industrie Diamanten Rundschau, p.198 – 205.
- Ünver, B., (1992): “Kayaların Testerelerle Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin İstatistiksel Bir Yaklaşım”, Madencilik Dergisi, Cilt XXXI, Sayı No:3, 17-25, Ankara.
- Yağız, S., (2006): “Keski Kuvveti ve Kayaların Bazı Mühendislik Özellikleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması”, VIII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, İstanbul.