

## **DİYARBAKIR YÖRESİ MERMERLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ-ÖZGÜL ENERJİ İLİŞKİSİ**

Ahmet Mahmut KILIÇ\*, Askeri KARAKUŞ\*\*, M. Özgür KESKİN\*

\* Ç.Ü. Müh.-Mim. Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Balcalı/Adana-  
[kilicm@cu.edu.tr](mailto:kilicm@cu.edu.tr)

\*\* Dicle Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

### **ÖZET**

Bu çalışmada Diyarbakır yöresinde bulunan işletilebilir nitelikteki mermerlerin kesilebilirliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Toprak Mermer Fabrikasında kesimi yapılan mermer cinslerinden ve bazalttan örnekler alınmıştır. Bu örnekler laboratuara taşınarak, deneylerle mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Son aşamada ise Mermerlerin laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen fiziko-mekanik özellikleri ve fabrikada yapılan çalışmalarla elde edilen performans ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mermer, Kesilebilirlik, Özgül enerji, Fiziko-Mekanik özellikler

### **THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICOMECHANICAL FEATURES-SPECIFIC ENERGY IN MARBLES OF DİYARBAKIR REGION**

#### **ABSTRACT**

This study was carried out to investigate the sawability of quaniable marbles in Diyarbakır. For this reason, the cut samples of basalts and marble types were obtained in Toprak Marble Factory. Then required samples were handled to laboratory in order to define physicomechanical features of marbles. After experimental studies in the laboratory, these features were defined. And in the last step, the results of physicomechanical features in the laboratory and performance measurements in the plant were evaluated by using statistical program.

Key Words: Marble, Sawability, Specific energy, Physicomechanical features

#### **1. Giriş**

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. Günümüzde mermer sektörü, başta İtalya olmak üzere İspanya, Portekiz,

Yunanistan, Brezilya, G. Afrika, Çin ve daha bir çok ülkede ileri teknolojilerin kullanıldığı son derece önemli bir sektör durumundadır [1].

Ülkemizde mermercilik 1980'li yıllardan sonra gelişmeye başlamıştır. 1980'lerin başında 15 milyon dolar olan Türkiye'nin toplam mermer ihracatı 2000 yılında 200 milyon dolara yükselmiştir. Ülkemizde son yıllarda blok ve levha ihracatı yerine işlenmiş mermer ihracatı hızla artmıştır. Buradaki artışın en önemli nedeni, sayılan gün geçtikçe artan mermer entegre tesisleridir [2].

Önemli rezervler Anadolu ve Trakya boyunca geniş bir bölgeye yayılmıştır. Ülkemizde 80'nin üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Afyon, Balıkesir, Denizli, Tokat, Bilecik, Muğla, Eskişehir ve Çanakkale, rezervlerin ve mermer işletmelerinin yoğunlaştığı illerdir. Son yıllarda yapılan yatırımlarla, bu iller arasına Diyarbakır'da katılmıştır.

Günümüzde mermer kelimesi genel anlamda kullanılmakla birlikte literatürde iki tanımı yapılmıştır. Bilimsel açıdan mermer, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarının sıcaklık ve alümina başkalaşımına uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayaç olu kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatın yanı silisyum dioksit ile değişik metal oksitleri ve silikat mineralleri görülür. Mermer saf kalsit karbonat bileşiminde olduğu zaman beyaz ve yan saydamdır. Genellikle sertliği Mohs ölçeğine göre 3 ve özgül ağırlığı 2,5 ile 3,5 arasında değişmektedir. Mermerlerin ticari tanımlanması ise, blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve görünümlü her türden (mağmatik, sedimanter, metamorfik) kayaçların bütünü için kullanılan terimdir [3].

Mermerlerin kullanım alanlarına göre bir takım özellikleri tercih sebebidir. Kaplama ve dekoratif olarak kullanılan mermerlerde aranan özelliklerin başında, renk özelliği ve desen homojenliği, blok verme ve kesilip cilalanma, jeomekanik ve fiziksel karakterler, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanım sayılabilir. Mermerlerin kalitesini, renk, desen, görünüş, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanım ve kesilip parlatılabilirlik gibi kriterler kontrol etmektedirler. Fiziksel ve mekanik Özellikler ise mermerin kullanım yerini tayin etmede birinci derecede önem taşımaktadır. Mermerlerin kristal yapısı içinde, değişik sertlikte ve farklı minerallerin bulunması, özellikle silme ve cilalama işlemlerinde parlak yüzey oluşumunu engellemektedir. Ayrıca blok içinde homojen olmayan yapılar, kesme ve plaka almada problemler çıkarabilmektedir. Mermerlerin kesilme ve cilalama özelliği ile sertliği arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Sert mermerler iyi cila kabul etmelerine rağmen, cilalanmaları çok emek ve uzun zaman almaktadır [4].

**TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM 2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2001**

Bu çalışmada, Diyarbakır'ın Lice İlçesinde bulunan ve yörenin en ileri teknolojisine sahip olması nedeniyle, çalışma için tercih edilen, Toprak Mermer A.Ş.'ye ait olan Hani ve Hazro Mermer ocaklarından elde edilen Mermerlerin ve bazaltın kesilebilirlikle ilgili parametreleri laboratuvar ve fabrika şartlarında belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları Çukurova Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendislikleri Bölümleri kaya mekaniği laboratuvarlarında TS 699 [4], TS 1910 [5] TS 2513 [6] ve ISRM [7] standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

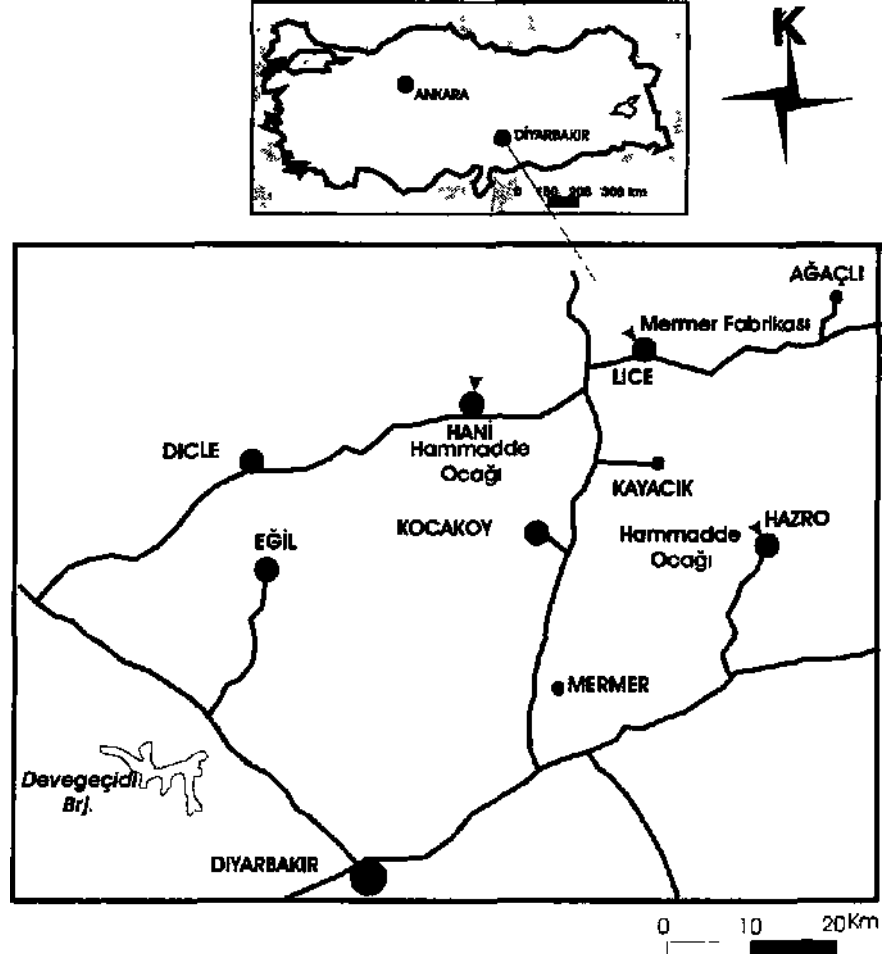
## **2. Coğrafi Konum**

Araştırmaların gerçekleştirildiği ve Toprak Mermer A.Ş.\*ye ait olan mermer fabrikası Lice İlçesinde bulunmakla birlikte, bu fabrikaya hammadde sağlayan ve araştırmaların yapıldığı mermer ocakları ise Hani ve Hazro -ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1).

Diyarbakır'da mermercilik sektöründe faaliyet gösteren en büyük Şirket Toprak Mermer Anonim Şirkettir. Merkezi İstanbul'da bulunan Toprak Mermer Anonim Şirketi 1995 yılında Toprak, Demir Üren, Nurol, Güriş ve Özerler olmak üzere beş holdingin ortaklaşa kurdukları bir şirkettir. Şirket Diyarbakır'ın Lice ilçesinde bir mermer fabrikası kurmak amacıyla 1995 yılında Diyarbakır'da bir şube açmıştır. Sözü edilen fabrikanın yapımına 1996 yılında başlanmış ve 1997 yılında üretime geçilmiştir. Fabrika 7500 m<sup>2</sup> kapalı alan üzerine kurulmuştur. Toprak Mermer A.Ş.'ye ait mermer fabrikasında; üç adet elmas soketli katarak, Uç adet ST, bir adet levha dolgu ve cilalama hattı, bir adet fayans hattı, bir adet köprü kesme ve bir adet baş kesme makinası bulunmaktadır. Yörede bulunan mermer ocaklarından çıkarılan 25000 m<sup>3</sup> mermer bloğundan, tamamı İtalyan yapımı olan kesme makineleri kullanılarak, bir yılda 650000 m<sup>2</sup> mermer levha ve fayans üretimi gerçekleştirilmiştir. Fabrikada 115 personel çalışmaktadır [8].

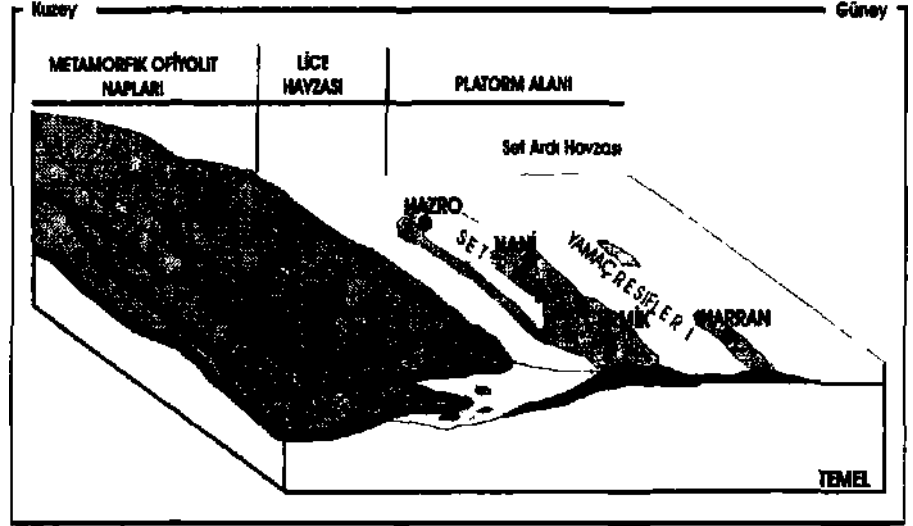
## **3. Jeoloji**

Güneydoğu Anadolu bölgesi, jeolojik özellikleri açısından önemli mermer potansiyeline sahip bir alan niteliğindedir. Önceleri Diyarbakır iline bağlı Hazro ve Çermik ilçeleri yakınında küçük işletmeler halinde açık bej ve pembe renklerdeki kireçtaşları işletilirken, Toprak Mermer'in Lice ilçesinde yaptığı yatırımlar ve yöre halkının bu alanlara ilgi duymasıyla birçok ocak açılmış ve ihracat rakamlarında Güneydoğu Anadolu'nun payı artmaya başlamıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Hazro, Hani ve Çermik ilçeleri çevrelerinde işletilen bu ocakların tümü önceki çalışmalarda Fırat Formasyonu olarak adlandırılmış olan Miyosen yaşlı resital kireçtaşlarında açılmış işletmelerdir [9]. Karbonat kayalardan oluşmuş Fırat Formasyonu hem yanal hem de düşey olarak kırıntılı fasiyesteki Alt Miyosen yaşındaki Lice Formasyonuna geçer [9, 10, 11, 12]. Mermer ocakları açılmış olan Miyosen kireçtaşın, Miyosen döneminde Güneydoğu Anadolu Bölgesini kapsayan karbonat platformunun kuzey kenan boyunca sıralanan set resifleri halinde çökelmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Güneydoğu Anadolu miyosen paleocoğrafyasını gösteren blok diyagramı [13].

Şekil 2'de görüldüğü gibi napların önünde Lice Havzası oluşmuştur. Daha sonra güneyde ise miyosen karbonat platformu yer alır. Set resiflerinin yer aldığı alanda Hazro, Hani ve Çermik mermer ocakları işletilmektedir [13].

Görür' ün hazırlamış olduğu Miyosen platformunun paleocoğrafya haritası ve Lice Havzası'nın sınırları incelendiğinde bu üç ilçemizdeki ocakların platformun Lice Havzası'na bakan kuzey kenar boyunca dizildiği açık olarak görülür (Şekil 3), [14].

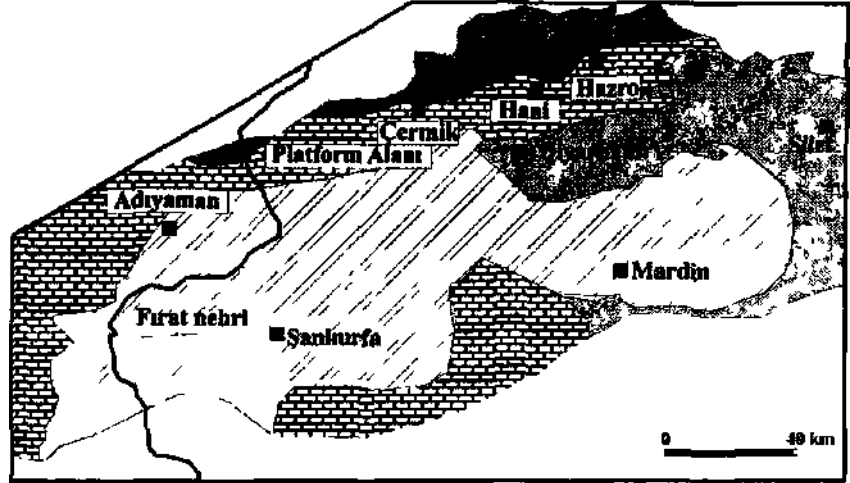
#### 4. Laboratuvar ve Fabrika Araştırmaları

Laboratuarda yapılacak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere fabrikada her tür mermer için (toprak bej, hazro pembe, toprak krem ve bazalt) 20x30x40 cm boyutlarında 3'er adet blok numune alınmıştır.

Blok örnek alma işlemi esnasında TS 1910 [5] ve TS 2513 tol'de hususlara uymak üzere toplam dokuz adet blok numune ST kesme makinesiyle kesilerek alınmıştır. Böylece deney sonuçlarını olumsuz etkileyebilecek darbe ve hatalı uygulamalardan kaçınılmıştır.

Fiziksel ve jeomekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla silindirik ve küp şekilli deney örnekleri alınan bloklardan hazırlanmıştır. Silindirik numuneler su soğutmalı karot alıcıda, NX(54 mm) çaplı, elmas uçlu karotiyer

kullanılarak alınmıştır. Silindirik örneklerin uygun boylara kesilmesinde ve küp örneklerinin hazırlanmasında sulu çalışan elmas soketli taş kesme testeresi kullanılmıştır. Deney örnekleri TS 699 [4].de önerilen boyutlarda kesilmiştir.



#### Açıklama

- |                                                                                                               |                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Miyosen Kıvrımlı Fasiyesi |  Miyosen Karbonat Platformu     |
|  Tortul Olmayan Alan       |  Miyosen Karasal                |
|                                                                                                               |  Bazalt Lavları ile Örtülü Alan |

Şekil 3. Güneydoğu Anadolu'nun miyosen paleocografik haritası; Lice havzasının yeri ve güneyindeki miyosen karbonat platform alanları gösterilmiştir [14].

Tek eksenli basınç dayanımı deney örnekleri için boy-çap (L/D) oranı 2,5-3,0 alınmış olup, NX karotiyer kullanılarak elde edilen yaklaşık 54 mm çaplı örnekler hazırlanmıştır. Çekme dayanımı (Brazilian) deney örnekleri NX çaplı karotiyer ile alınan yaklaşık 54 mm karotlardan yaklaşık olarak 27 mm kalınlığında dilimler kesilerek örnekler hazırlanmıştır. Deney örneklerinin kalınlık çap oranı (t/D) 0,5-1,0 olarak seçilmiştir. Nokta yük dayanımı Örnekleri NX karotiyer ile alınan yaklaşık 54 mm çaplı karotlardan yaklaşık 27 mm uzunlukta kesilerek hazırlanmıştır. Örneklerin kalınlık çap oranı 0,3-1,0 olarak seçilmiştir. Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi (Böhme Metodu) örnekleri küp şeklinde ve kenar uzunlukları 71 mm ± 1,5 mm olacak şekilde hazırlanmıştır.

*TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM'2006) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2006*

Darbe dayanımı örnekleri küp şeklinde ve kenar uzunluktan 40 mm ± 1 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Özgül kütle deneyi için, göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü elekten geçen öğütülmüş deney örnekleri kullanılmıştır. Hacim kütlesi, su emme ve görünür gözeneklilik deneyi için dikdörtgen prizma ve çapı yaklaşık 54 mm olan karot Örnekleri kullanılmıştır. Tüm deney örnekleri, deney Öncesi laboratuvar sıcaklığında (20 °C ± 3 °C) ve % 40-60 bağıl nemli ortamda en az bir hatta süre ile bekletilmiştir.

Toprak Mermer fabrikasında performans verilerinin elde edilmesi için yapılan çalışmalar ise şu şekilde olmuştur;

- kesme süresince sadece kesme işlemi için harcanan enerjinin ölçülmesi;
- kesim süresinin ölçülmesi;
- kesilen plakaların en ve boylarının ölçülmesi;
- kesim işlemi yapan elmas soketli diskli kesicinin soket kalınlığı ölçümü;
- makinenin devir sayısının ölçülmesi.

Her bir kesim için yapılan ölçümler, her mermer cinsi için en az 16 defa yapılmış olup, elde edilen veriler fabrika çalışma formlarına işlenmiştir. Bu çalışma boyunca dört ayaklı ST. 1200 mm çapında testere ve kalınlığı 8,5 mm olan yeni soketler kullanılmıştır. Fabrikada çalışma formlarına kaydedilen veriler ve (1) bağıntısı kullanılarak bir kesim süresince harcanan kesme enerjisi şu şekilde hesaplanmıştır [8]:

$$E = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi \times t}{3600 \times 1000} \quad (1)$$

Burada; E: Kesim süresince harcanan enerji (kWh), U: Gerilim farkı (Volt), I: makinenin boşta ve yükteyken ölçülen akımların farkı (amper), Cosϕ: Motorun sabit değeri ve t: Kronometraj süresi (saniye)'dir.

Yine fabrika çalışma formlarına kaydedilen veriler ve (2) bağıntısı kullanılarak kesim esnasında elmas soketlerin mermerden kopardığı mermer tozunun hacmi hesaplanmıştır:

$$V = S_k \times H \times L \quad (2)$$

Burada; V: Kesme işlemi boyunca koparılan mermer tozu hacmi (m<sup>3</sup>), Sy.: Elmas soket kalınlığı (m), H: Kesilen levha genişliği (m) ve L: Kesilen levha uzunluğu (m)\*dur.

Hesaplanan E ve V değerleri ile (3) bağıntısı kullanılarak özgül enerji şu şekilde hesaplanmıştır:

$$S.E. = \frac{E}{V} \quad (3)$$

S.E. Özgül enerji (KWh/m<sup>3</sup>)

## 5. Araştırma Bulguları

Laboratuarda yapılan deneyler sonucunda mermerler ve bazalta ait fiziksel, mekanik değerler belirlenmiş, fabrikada dört ayaklı ST makinasıyla yapılan kesme performansları ölçülerek, özgül enerji değerleri hesaplanmıştır.

### 5.1. Fiziksel Özellikler

**Bu** aşamada Diyarbakır Yöresi mermerlerinin ve bazaltın fiziksel özellikleri ile ilgili olarak TS 699 [4]'e göre hazırlanan Örnekler üzerinde kaya mekaniği laboratuvarında ISRM [7] standartlarına göre deneyler yapılarak, Schmidt çekici sertlikleri değerleri, Shore Scleroscope sertliği indeksi, birim hacim ağırlık. Özgül ağırlığı, ağırlıkça su emme oranı, görünür gözeneklilik ve doluluk oranı değerleri tespit edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçların ortalama değerleri Çizelge 1'de toplu olarak verilmektedir [8].

Mermerlerin ve bazaltın fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları değerlendirildiğinde birim hacim ağırlığının 2,61-2,66 g/cm<sup>3</sup> arasında bulunduğu ve bununla TS 699 [4]'a uygun bir değer olduğu görülmektedir. Ayrıca gözeneklilik açısından da aynı durum söz konusu olmaktadır. Schmidt çekici sertlik değerine göre ise toprak bej ve bazaltın sert gruba dahil olduğu, hazro pembe ve toprak kremin ise çok sert sınıfa girdiği anlaşılmaktadır.



Çizelge 1. Mermerlerin ve bazaltın fiziksel özellikleri

Özellikler (*)	Toprak Bej	Hazro Pembe	Toprak Krem	Bazalt
S.Ç.S.D.	49,67±3,60	52,60±3,40	53.1414.00	45.2615,90
S.S.S.I.	45,87±4,40	50,00±3,90	48,7215,20	51,35+2,50
B.H.A.	2,61±0,09	2,6110,08	2,4710,20	2,6610.10
O.A.	2.7010,10	2.70±0.09	2,5710,09	2.9910.30
A.S.E.	1,1310,05	0,96±0,14	1,9710.09	1.2410,10
P	1,6010,05	1,3710,04	2,7410,04	1.78±fl,06
D.O.	96,67±3,80	96,6714.05	96.1116.45	88,9612.90

(\*); /S.Ç.S.D.: Schmidt çekici sertlik değeri, S.S.S.I : Shore Scleroscope sertlik indeksi. B.H.A.: Birim hacim ağırlık (g/cm<sup>3</sup>), O.A.: Özgül ağırlık (g/cm<sup>3</sup>), A.S.E.: Ağırlıkça su emme (%), P: Gözeneklilik (%), D.O.: Doluluk oranı (%).

## 5.2. Mekanik Özellikler

Mermerlerin ve bazaltın mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalarda aynen fiziksel özelliklerin belirlenmesinde olduğu gibi TS 699 [4]' a uygun olarak ISMR [7]. standartlarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir [8].

Çizelge 2. Mermerlerin ve bazaltın mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	Toprak Bej	Hazro Pembe	Toprak Krem	Bazalt
T.E.B.D. <sup>(*)</sup>	76,8419,85	79,60115,50	81.23113,20	86.2114,50
Ç.D.	12.2812.25	12,0313,10	12.8212,85	13,5012,50
N.Y.D.I.	3,6211,25	3.2911,50	3,9810,98	4.2810.66
D.D.	3,54±fl,55	4,2610,95	4.8010.65	4.0610.52
B.Y.A.K.	OJ 610,20	0,13710.20	0.2110.20	0,3010.20
D.A.K.(K <sub>w</sub> )	4.6610,30	4,9310,25	5,8210,25	9.8310.30
D.A.K.fK <sup>TM</sup>	11,6210.96	11,7410,85	17,7610,80	26.8610,40

(\*): U.E.B.D.: Tek eksenli basma dayanımı (MPa), Ç.D.: Çekme dayanımı (MPa), N.Y.D I.: Nokta yüklü dayanım İndeksi (Is<sup>^</sup>m), D.D.: Darbe dayanımı (Nmm/mm<sup>3</sup>), B.Y.A.K.. Böhme yüzey aşınma kaybı (cm/50cm<sup>-</sup>), D.A.K.(K<sub>w</sub>)' 100 Devirdeki darbeli aşınma kaybı (<%),D.A.K (K<sub>w</sub>): 500 Devirdeki darbeli aşınma kaybı (%).

Mermerler ve bazaltın tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre TS 2513 [6] ve ISRM [7] standartlarına göre orta dirençli kayaç grubuna girdikleri görülmektedir. Ayrıca diğer mekanik özelliklerde TS 2513 [6] ve ISRM [7] standartlarına uygunluk göstermektedir.

## 5.3. Fabrika Performans Ölçümleri

Fabrikada yapılan ölçümler sonucunda Kesim süresince harcanan enerji (E) ve Kesme işlemi boyunca koparılan mermer tozu hacmi (V) ölçülmüş, bunlardan faydalanılarak mermerler ve bazaltın kesilebilmesi için gerekli

olan özgül enerji (O.E.) hesaplanmıştır. Fabrikada gerçekleştirilen performans ölçüm sonuçları, Çizelge 3'de verilmektedir [8].

**Çizelge 3. Mermer fabrikasında yapılan performans ölçüm sonuçları**

ölçüm Süreleri	$T_o P^{mk}$ Bej	$n a z r o$ Pempe	$T_o P^{rak}$ Krem	Bazalt
ölçüm süresi (saniye)	1452	1470	1445	1483
Enerji Tüketimi (kWh)	5,52	6,80	7,51	9,08
Boşta Dönme Hızı (rpm)	1225	1225	1225	1223
Yükte Dönme Hızı (rpm)	1219	1217	1217	1213
Üretim (m <sup>2</sup> )	12,21	13,50	13,86	14,01
Üretim (m <sup>3</sup> )	0,10	0,11	0,12	0,12
<u>-O.E. (kWh/m<sup>3</sup>)</u>	<u>53,13</u>	<u>59,25</u>	<u>63,89</u>	<u>76,24</u>

\*Ö.E. Özgül enerji.

## 6. Araştırma Bulgularının İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi

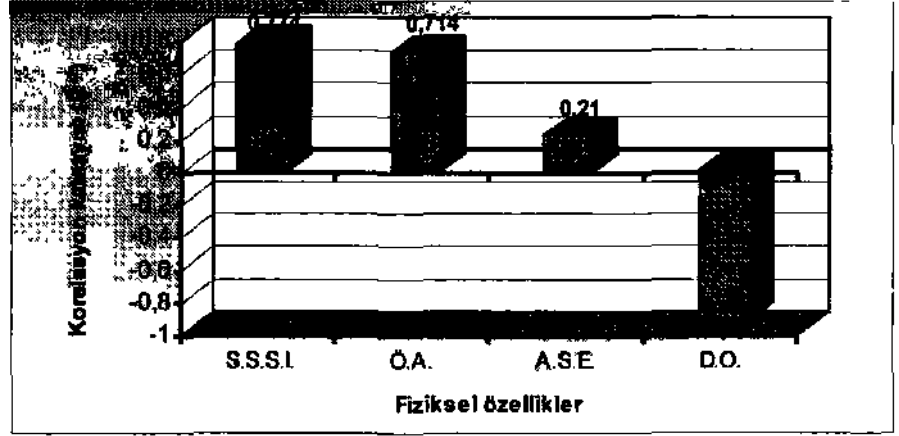
Diyarbakır mermerleri ve bazaltın laboratuarda yapılan deneylerle tespit edilen fiziko-mekanik özelliklerinin kendi aralarında ve özgül enerji ile olan ilişkileri Statgraph istatistik programı kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen korelasyon matrisleri Çizelge 4 ve 5'de verilmektedir.

**Çizelge 4. Mermerlerin ve bazaltın fiziksel özelliklerinin kendi aralarında ve özgül enerji ilişkisini gösteren korelasyon matrisi**

*	S.E.	S.S.S.I.	O.A.	A.S.E.	D.O.
S.E.	1,00	0,77	0,71	0,21	-0,92
S.S.S.I.		1,00	0,53	-0,11	-0,61
O.A.			1,00	-0,46	-0,91
A.S.E.				1,00	0,06
D.O.					1,00

(\*): S.E Özgül enerji, S.S.S.I.: Shore Scleroscope sertlik indeksi. O.A.: Özgül ağırlık, A.S.E.: Ağırlıkça su emme, D.O.: Doluluk oranı.

Korelasyon matrisi incelendiğinde fiziksel özellikler açısından en yüksek ilişkinin Shore Scleroscope sertlik indeksi ile özgül ağırlık ( $R^2=0,53$ ) arasında olduğu görülürken, özgül enerjinin de Shore Scleroscope sertlik indeksi ( $R^2=0,77$ ) ve özgül ağırlık ile yüksek ilişkili ( $R^2=0,71$ ) olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Mermer ve bazaltın fiziksel özellikleri ile Özgül enerji korelasyon katsayısı ilişkisi

Çizelge 5. Mermerlerin ve bazaltın mekanik özelliklerinin kendi aralarında ve özgül enerji ilişkisini gösteren korelasyon matrisi

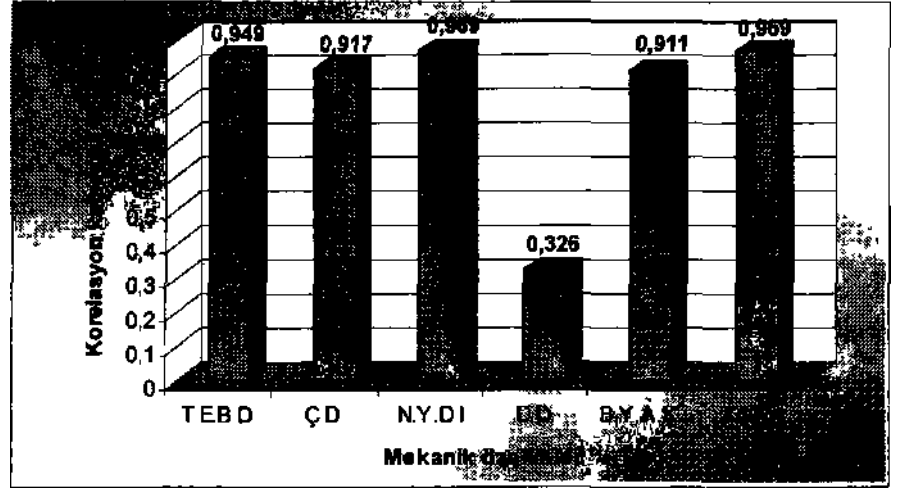
	S.E.	T.E.B.D.	Ç.D	N.Y.D.I.	D.J.	B.Y.A.K	K<
S.E.	1,00	<b>0,49</b>	0,92	0,97	0,32	<b>0,91</b>	0,97
T.E.B.D		1,00	0,92	0,97	0,33	0,89	0,96
Ç.D			1,00	0,97	0,66	0,72	0,82
N.Y.D.I.				1,00	0,54	0,86	0,92
D.D.					<b>1,00</b>	0,12	<b>0,21</b>
B.Y.A.K						1,00	0,98
K500							<b>1,00</b>

(\*): SR Özgül enerji. T.E.B.D.: Tek eksenli basma dayanımı, Ç D : Çekme dayanımı, N.Y.D.J." Nokta yükü dayanım indeksi ( $I_{s0}$ )X D-D : Darbe dayanımı. B.Y.A K. Böhme yüzey aşınma kaybı.  $K_{500}$ : 500 Devirdeki darbeli aşınma kaybı.

Korelasyon matrisine göre mermerlerin ve bazaltın mekanik özelliklerinin gerek kendi aralarında (darbe dayanımı hariç), ve gerekse özgül enerji ile (darbe dayanımı hariç) yüksek ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 5).

## 7. Sonuçlar

Bu çalışmada Diyarbakır mermerlerinin kesilebilirliklerinin araştırılması amacıyla, öncelikle mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri laboratuarda bir çok deney yapılarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. Mermer ve bazaltın mekanik özellikleri ile özgül enerji korelasyon katsayısı ilişkisi

Deneyler sonucunda mermerlerin ve bazaltın tek eksenli basınç dayanımlarına göre yapılan sınıflandırma göz önüne alındığında orta dirençli mermer grubunda yer aldığı görülmüştür.

Schmidt çekici değerlerine göre ise toprak bej ve bazaltın sert gruba dahil olduğu, Hazro pembe ve Toprak kremin çok sert sınıfa girdiği anlaşılmaktadır.

Malzeme özelliklerinin net kesme enerjisi (özgül enerji) ile ilişkilerini araştırmak için Statgraph istatistik programı kullanılarak korelasyon matrisi oluşturulmuştur.

Korelasyon matrisi incelendiğinde özgül enerjiyi en çok etkileyen kayaç mekanik özellikleri basma dayanımı, çekme dayanımı, nokta yük dayanımı olduğu görülmüştür.

Gerek korelasyon matrisinden ve gerekse korelasyon katsayısı yüksek olan parametreler kullanılarak yapılan çoklu regresyon analizinden anlaşılmaktadır ki; mermer malzeme özellikleri sağlaştıkça mermeri kesmek için gerekli olan net enerji de artmaktadır.

**TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM'2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2001**

**Kaynaklar**

1. Altınççek A.. Mermer Ocağı Açımında Temel Alınacak Temel Bölgesel ve Temi kriterler. Türkiye III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs, Afyon. Türkiye, sayfa 235-247. (2001).
2. Kuşçu M., Bağcı M., Yıldız A., Afyon Mermer endüstrisi ve Türkiye Mermer Sektöründeki konumu. Türkiye III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs 2001. Afyon. Türkiye, sayfa 361-368, (2001).
3. Şentürk A., Gündüz U Tosun I.Y.. Sanışık A., Mermer Teknolojisi. Tuğra Ofset. İsparta. 241 sayfa, (1996).
4. TS 699 . Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları. 82 (1987).
5. TS 1910, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, 7 (1977).
6. TS 2513, Doğal Yapı Taşları, 6 (1977).
7. Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks , Int. J. Rocks Mech. Min. Sei And Geomechanics, Abstract, V. 15, pp. 89-98, (1981).
8. Karakuş A., Diyarbakır Yöresinde İşletilebilir Nİtelikteki mermerlerin Kesilebilirlik Parametrelerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü Master Tezi. Danışman, Dr. Kılıç A.M., Adana. 79 sayfa, ( 1999).
9. Tuna D., VI Bölge Litostratigrafisi Adlamasının Açıklayıcı Raporu, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Raporu. No 813, 131 s., (1973).
10. Erdoğan B., Geology, Geochemistry and Genesis of the Sulfite Deposits of the Ergani-Maden Region, SE. Turkey, Ph.D. Thesis, Univ. New Brunswick. Canada. 288 p., (1977).
11. Perincek D., Kozlu H. (1984), Stratigraphy and Structure Relations of the Units İn the Afşin-Elbistan-Dogan Şehir Region (Eastern Taurus)", Geology of the Taurus Belt. International Semposium Proceedings, Ankara Turkey. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Bülteni, p 181-198., (1984).
12. Yılmaz "New evidence and model on the evolution of the suture zone in the Anatolian region", Geol. Soc. America Bulletin, v. 105. p. 251-271, (1993).
- 13 . Erdoğan B., Yavuz, A. B., Güneydoğu Anadolu'nun Miyosen Paleocoğrafyası ile Mermer Yataklarının İlişkisi, DEÜ, Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Değisi, Cilt 4, Sayı 2s 53-64 (2002).
14. Görür N., Türkiye'nin Triyas-Miyosen Paleocoğrafya Atlas. TÜ-MTA Ankara, 55 s., Riga de Righi M., Cortesini A. (1964): "Gravity Tectonics in Foothills Structure Belt of Southwest Turkey", Am. Assoc., Petroleum Geologists Bull.. V. 48. p. 1911-1937.. ( 1998).

