

# TÜRKİYE MERMERLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ ve MERMERLERİN SINIFLANDIRILMALARI HAKKINDA DÜŞÜNCELER

## (The Physico-Mechanical Properties of Turkish Marbles and Proposals for Their Classifications.)

K. Erguvanlı – E. Yüzer – K. Güleç – C. Zambak

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Tatbikî Jeoloji Kürsüsü

**Öz.** – Türkiye'de, tarihsel devirlerden bu yana yerleşip gelişen çeşitli uygarlıklar tarafından verilen san'at yapıtlarında, mermer ve diğer renkli taşların ayrı bir yeri olmuştur.

Dün ve bugün, ülkemizde kullanılan taşların yaklaşık olarak % 90'nını Afyon ve Marmara Adasından çıkartılan, ilmi anlama uygun mermerler meydana getirmektedir.

Bu gerçek gözönünde bulundurularak, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Tatbikî Jeoloji Kürsüsünde, buralardan çıkartılan mermerlerin jeolojik ve fiziko-mekanik özelliklerini ayrıntılı olarak belirtmek amacı ile çalışmalar yapılmış ve halende bu tür araştırmalara devam edilmektedir.

Arazi ve laboratuvarda yürütülen bu çalışmalarla, adı geçen mermerlerin fiziko- mekanik ve teknolojik özellikleri saptanmıştır. Ayrıca mermerlerin sınıflandırılmasında yararlanılan renk ve kullanma yeri v.b. gibi kriterlerin yanısıra, kristal boyutu, ayrışma derecesi, anizotropi gibi fonksiyonel sınıflandırma kriterleri önerilmiştir. Halen Afyon ve Marmara Adası mermerleri için ileri sürülen bu sayısal kriterlerin diğer mermer ve renkli taşlara da uygulanması için gerekli çalışmalar sürdürülmektedir.

**Abstract.** – It is apparent from works of art that marbles and other coloured stones had a special place in the architecture of the different civilizations throughout Turkish history.

In Turkey, past and present, approximately 90 % of the stones that can be scientifically described as marbles, come from Afyon and the Island of Marmara.

In view of this fact, a detailed research project has been initiated by the Applied Geology Department of the İ.T.Ü. Mining Faculty to investigate the geological and physico - mechanical properties of these marbles.

The physico-mechanical and technological properties of the above mentioned marbles have been evaluated both in the field and the labora-

tory. Also, apart from criteria such as colour, and where it is to be used, in the classification of marbles other functional and numerical items like crystal dimensions, degree of weathering and mechanical anisotropy have been proposed. At the moment further investigation related to the classification of other marbles and coloured stones with regard to the numerical criteria used for Afyon and Marmara marbles is being carried out.

## GİRİŞ

Tarihsel devirlerden beri bir çok uygarlığın doğup geliştiği ve sayısız eser bıraktığı Türkiye'de mermerler, renkli ve desenli taşlar, buralarda kullanılan yapı malzemesi arasında ayrı bir değer ifade etmektedir. İlk insanlar, Hitit'lere ve Paflagonyalı'lara, Frikyta, Karya ve Lidya'lılara ait yapılar ve desenler bu insanların, taştan ne kadar ve nasıl yararlandıklarını çok iyi gösterir.

Afyon bölgesinde, işletilmiş mermer ocaklarındaki artıklar içinde, madeni paraların bulunması, büyük çapta ilk mermer çıkartılmasının (M.Ö. 900 sıralarında) başladığını gösteren bilinen ilk tarihsel belgedir. Daha sonraları Roma ve Bizanslıların büyük mermer bloklarla yaptıkları binalar, sütun ve sütun başlıkları, heykellerdeki zevk ve san'at açısından bugünün insanların hayret içinde bırakmaktadır.

Anadolu Selçuklularına ve Osmanlı Türklerine ait camii, han, hamam, kervansaray ve medreselerin duvar, kapı ve pencerelerindeki oyma ve kabartmalar, geometrik şekiller ve figürler o devir insanların zevk, hayâl ve teknik yeteneğini çok güzel göstermektedir. Yükseliş devri Osmanlı eserlerinde görülen renkli mermerler ve süslemeler, mimari zevkin örnekleridir. Daha sonraki yıllarda taş'a verilen önem ve ondan yararlanma gitgide azalmış ve hatta cumhuriyetin ilk kuruluş yıllarında anıtlarda kullanılmak üzere Avrupa'dan renkli mermerler getirtilmiştir. Ancak 1945 den sonra, Türk mimarları yapılan eserlerde mozaik sıva yerine Türkiye mermerlerini ve renkli taşlarını kullanmaya başlamışlardır.

Türkiye mermerleri içinde kalite, renk, tür, rezerv ve diğer özellikler açısından en önemlileri Afyon, Marmara, Geyve (Afrodisias), Efes mermerleridir. Eski eserlerde çoğun bunlar kullanılmıştır. Türkiye'de bugün işletilen ve kullanılan mermerlerin yaklaşık olarak % 90'ı bu iki alandan çıkartılmaktadır. Bundan dolayı aşağıda bu mermerlerin

fiziko-mekanik özelliklerinden bahsedilecek ve genellikle mermerlerin sınıflandırılmasında kullanılabilecek kriterler önerilecektir.

## MERMERLERİN JEOLJİSİ

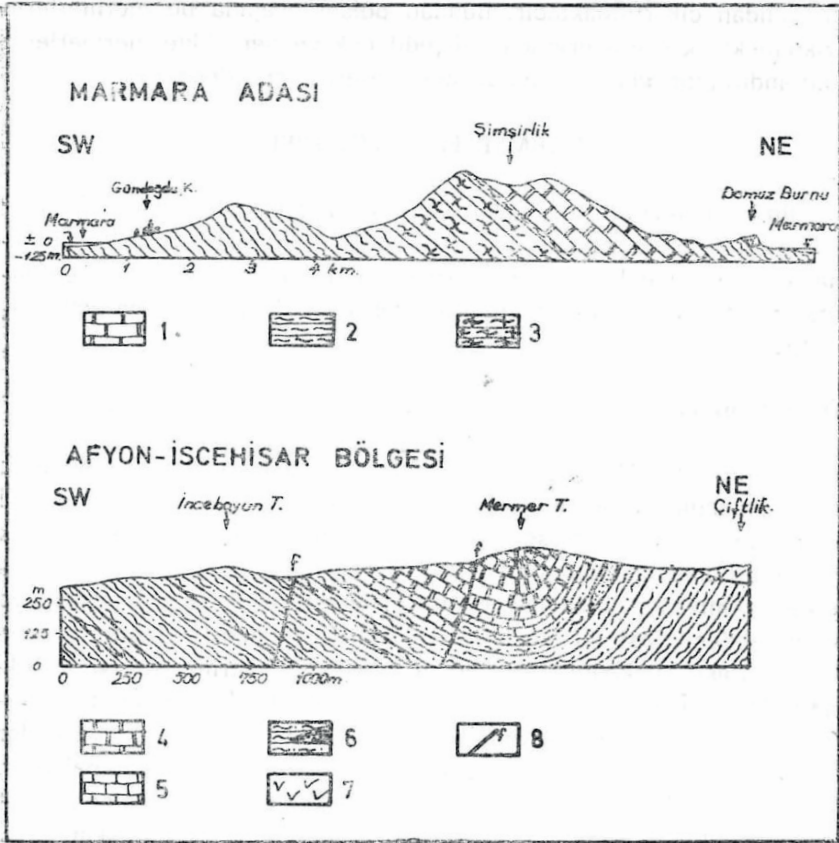
İlmi anlamda mermer kalsit veya dolomit kristallerinden oluşmuş metamorfik bir kültedir ve diğer metamorfik kültelerle birlikte bulunmaktadır. Türkiye'de en çok yararlanılan Afyon ve Marmara mermerlerinin jeolojik oluşları ve litolojik özellikleri aşağıda kısaca açıklanacaktır.

### Afyon Mermerleri

Afyon ilinin 25 km. kuzeydoğusunda İncehisar bucağı civarında yer almaktadır. Bu alandaki mermerler, Paleozoik yaşlı olduğu kabul edilen, metamorfik şist serisinin üst seviyelerinde büyük iki mercek şeklinde bulunmaktadır. (Şekil 1) Buradaki metamorfik şistler; albitli mikaşist, mikaşist, fillit, kuvars fillit, kuvarsit gibi az metamorfizmaya uğramış Yeşil Şist Fasiyesinin üyeleridir. Metamorfik Şistlerle mermerler arasında, kalınlığı 50-60 m. olan şisti mermerler yer almaktadır. Mermerlerin kalınlığı 50 -260 m. arasında değişmektedir. Mermerler içersinde yer yer, kalınlıkları 1 -5 cm. den 4-5 m. ye kadar değişen kloritli, serizitli şist tabakaları veya mercikleri bulunmaktadır. Afyon mermerleri, kristal boyutları 300-500  $\mu$  arasında değişen kalsit kristallerinden oluşmuştur. İçerlerinde az miktarda ve ikincil mineral olarak kuvars, serizit, klorit, manyetit, hematit, grafit bulunmaktadır. Bu minerallere göre mermerler değişik renk ve görünüş kazanmışlardır.

### Marmara Mermerleri

İstanbul'un 60 mil güneybatısında, Kapıdağın 6 mil kuzeyinde yer alan Marmara Adasının jeolojik yapısı oldukça basittir. Adanın kuzeyinde kıvrımlı şistler, dolomitik mermer ve mermerler, güneyinde kristalize kalker mercekli metamorfik şistler bulunmaktadır. Bunlar, kıvrımlanma sırasında granodiorit bileşimli bir mağma ile kesilmiştir. Bu tür külteler adanın orta kısmında doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 1). Böylelikle Marmara Adasında pluto-tektonik olaylar sonucu oluşan, muhtemelen Paleozoik yaşlı, metamorfik külteler görülmektedir.



Şekil: 1- Marmara Adası ve Afyon-Iscehisar Bölgesi Mermer Alanlarının Jeolojik Kesitleri.

- 1- Mermer, 2- Metamorfik Şistler, 3- Gnays
- 4- Mermer, 5- Kalkşist, 6- Kuvarsit Mercekli Klorit, Serizit, Kuvars Şist, 7- Bazalt,
- 8- Fay.

Gri-mavimsi beyaz, iri kristalli (0,3-3 mm.) mermerler (tipik Marmara mermeri) 35 km<sup>2</sup>, lik geniş bir alanda yayılmakta ve kalınlıkları doğudan güney batıya doğru 150-2000 m. arasında değişmektedir. Adanın kuzeyinde, MgCO<sub>3</sub> oranı % 45'i aşan, süt beyaz renkli küçük kristalli (40- 150 µ) bir dolomitik mermer şeridi bulunmaktadır.

### FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLER

Afyon ve Marmara mermerlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini, saptamak amacıyla çeşitli deneyler ve çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda mermerlerin kimyasal bileşimi, birim hacim ağırlığı, su emmesi, porozitesi, basınç direnci, E modülü ve aşınma direnci tayin edilmiş; ayrışma ve heterojenite-anizotropi özellikleri araştırılmış ve mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri (Tablo 1) de verilmiştir.

### TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER

Afyon ve Marmara Adası mermerlerinin işletilmesine ve blok alınmasına, işletme şeklinin ve nakliye imkânlarının etki yaptığı saptanmıştır. Yapılan ayrıntılı çatlak analizleri sonucunda, jeolojik süreksizliklerin blok almaya önemli ölçüde etkilediği ve büyük boyutlu blokların (2x3x4 m.) alınmasının mümkün olduğu görülmüştür. Halen alınan blok boyutunu kısıtlayan faktörleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- 1 – İşletme metotlarının ilkelliği,
- 2 – Ocaklarda mekânizasyon eksikliği,
- 3 – Taşıma imkânsızlıkları,
- 4 – Yol durumu,
- 5 – Yükleme ve boşaltma imkânsızlıkları,

Bugün Türkiyedeki ocaklardan bir yılda çıkartılan 30.000 m<sup>3</sup>, kaplama taşının yaklaşık olarak % 90'ı Afyon ve Marmara Adasından sağlanmaktadır. Yaptığımız ayrıntılı çalışmalara göre Afyondaki çeşitli mermerlerin görünür rezervi: 70.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>; muhtemel rezervi : 500.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> den ve Marmara Adasında ise muhtemel rezerv : 1000.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. den fazladır. Yukarıda belirtilen kısıtlayıcı faktörlerin ortadan kaldırılması ile blok boyutu ile birlikte üretimin de artacağını söylemek mümkündür.

### EKONOMİK ÖZELLİKLERİ

Mermerin kullanılmasının yaygın hale gelmesinde geleneğe dayanan bir zevkin yanısıra, ekonomik faktörlerin de önemli katkısı vardır. Başka bir deyimle mermerlerin kullanılmaları birim fiyatları ile sınırlanmaktadır. Birim fiyatına da işletme şekli, nakliye imkânları, vergi ve kâr hadleri etki yapmaktadır.

Tablo 1 — Mermerlerin Fiziko Mekanik ve Kimyasal Özellikleri.

Özellik İsmi	Birim Hacim Ağırlık $\gamma$ ( $gr/cm^3$ )	Ağırlıkça Su Emme W (%)	Porozite n (%)	Basınç Direnci $\sigma$ ( $kg/cm^2$ )	Dondan Sonra Basınç Direnci ( $kg/cm^2$ )	Statik Elastisite Modülü E ( $kg/cm^2 \cdot 10^6$ )	Aşınma Miktarı (mm)	Kimyasal Bileşim (%)					
								CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>		
MARMARA	Gri, Tabakalı Marmara Mer- meri	0.06	0.70	1110	—	11.6	—	54.58	1.10	—	—	—	—
AFYON	Afyon Beyaz Mermer (Afyon Kaymak)	2.72	0.10	840	680	—	8.4	53.31	—	0.27	0.22	—	—
Afyon Gri Mavi (Kaplan Postu)	2.73	0.07	0.16	690	660	—	7.3	50.80	—	0.05	0.67	—	—

Afyon ve Marmara Adası mermer ocaklarında çok ilkel işletme usulleri uygulanmaktadır. (Şekil 2 a, b) Çoğun el aletlerinin kulla-



(a)



(b)

Şekil : 2 — Marmara Adası (a) ve Afyon-İscehisar (b) mermer ocaklarında ilkel işletme metotları ile mermer blok üretimi.

nıldığı bu ocaklarda, kompresör, buldozer, vinç gibi normal işletme usullerinin gereği olan makinalara rastlanması bile güçtür. Bundan dolayı ocakta % 60'a yakın taş kaybı olmakta ve büyük blok çıkarılmamaktadır. Bu nedenlerle Afyon ve Marmara Adasında götürü usulle çalıştırılan ocaklarda maliyet 450 - 500 TL/m<sup>3</sup>.e yükselmektedir.

Diğer taraftan yol, araç, yükleme ve boşaltma olanaklarının da kısıtlı bulunuşu nedenleri de birim fiyatı arttırmaktadır. Örneğin Marmara Adasında, alet amortismanı ile birlikte ham mermer bloğunun birim fiyatı 500-550 TL/m<sup>3</sup>. dür. İstanbula 500 km. karayolu mesafesindeki Afyon - İncehisar mermerlerinin taşınması sırasında bu fark daha da artmakta, ocak maliyeti Marmara mermeri ile aynı olmasına rağmen Afyon mermerlerinin ham bloklarının İstanbul satış fiyatı 1500 TL/m<sup>3</sup>.e yükselmektedir.

Buna kesmedeki kayıpların da fazla oluşu eklenince, işlenmiş, 1 cm. lik plaka Marmara mermerinin satış fiyatı 120 TL/m<sup>2</sup>. Afyon mermerinin ise 175 TL/m<sup>2</sup>. yi bulmaktadır (Tablo 2).

**Tablo 2 - Afyon ve Marmara Adası Mermerlerinin Birim Fiyatları.**

Mermer Cinsi	Ocak Maliyeti TL/m <sup>3</sup>	İSTANBUL'DA SATIŞ		
		TL/m <sup>3</sup>	TL/m <sup>3</sup>	
			2 cm	4 cm
AFYON MERMERİ	500- 550	1500	105	180
MARMARA MERMERİ	500- 550	900 - 1000	80	115

Türkiye'de, blok taş üretiminin ilkel ve kontrolsüz oluşu yüzünden yıllık üretim ve tüketimi belirten güvenilir istatistiksel veriler yoktur. Marmara ve Afyon mermer alanlarında yaptığımız soruşturmalara göre Marmaranın bugünkü üretimi 20.000 m<sup>3</sup>/yıl. Afyonunki 2000 m<sup>3</sup>/yıl kadardır. Diğer blok taşların üretim miktarı hakkında kesin veriler olmamakla beraber Türkiye'de toplam blok taş üretiminin 30.000 m<sup>3</sup>/yıl dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Hal böyle iken «1969 Mineral Year Book» da 1968-69 Türkiye mermer (ticari anlamda) üretiminin 50.000 m<sup>3</sup>/yıl olduğu verilmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsünde Türkiye mermer üretimine ait veriler olmadığı bildirildiğine göre, yukardaki miktarın hangi kaynaklara göre he-



saplandığı kestirilememektedir. İstatistiksel bilgilerin yokluğunun önemli bir nedeni, blok taş üreten ocakların çoğunun halen 1901 yılında çıkarılan «Taş Ocakları Nizamnamesi» ne göre işletilmesidir. Bu ocakların, kısa süreler için kiralanması, sahiplerinin yatırımlarını kısıtlamakta ve onları, ileriye düşünmeden, en ucuz şekilde, en çok taş üretme yollarına itmektedir. Böylelikle kalın ocak pasaları altında kalan mermerlerin gelecekteki işletmeleri gün geçtikçe güçleşmektedir. Bu bakımdan son zamanlarda mermer ocaklarının Maden Kanunu kapsamına alınışını ve bazı ocakların bu yolda işlemlerini tamamlamalarını çok olumlu bulmaktayız. Aynı düşünce ile, Türkiyede blok taş ve endüstriyel taş-toprak ocaklarının tümünün bir an önce Maden Kanunu kapsamına alınmasını da zorunlu görmekteyiz.

### MERMERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Mermerleri çeşitli özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Genel olarak böyle bir sınıflandırmada bir çok özellik kriter olarak alınabilir. Halen mermerler renklerine ve kullanma yerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Amerika Standartlar Enstitüsü, 1961 yılında, mermerleri ve diğer taşları işlenişlerine, ticari değerine etki yapan ve işleniş sırasında ortaya çıkan kusurlarına göre A, B, C, D gruplarına ayırmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3 - Amerika Standartlar Enstitüsü Mermer Sınıflandırması. (1961)**

SINIF	ÖZELLİK
<b>A</b>	Sağlam, üniform ve işlenebilme niteliği çok iyi.
<b>B</b>	Genellikle A gibi, fakat işlenebilme niteliği iyi değil, bazan yapıştırılması ve doldurulması gerekli kusurlar görülür.
<b>C</b>	İşlenme niteliği değişken ve damar, fissür, çatlak, boşluk ve benzeri gibi jeolojik kusurlar çokça görülür. Bu kusurlar çeşitli maddelerle tamir edilerek kullanılabilir.
<b>D</b>	C grubuna benzer, kusurları daha çoktur ve işlenebilme niteliği kusurlara bağlı olarak çok fazla değişmektedir. Süs taşı olarak kullanılan renkli ve damarlı mermerler bu gruba girer.

Yukarıda görüldüğü gibi bu sınıflandırmada; mermerleri birbirinden ayırmayı ve sınıflandırmayı sağlayacak sayısal kriterler bulunmamaktadır. Bundan dolayı biz mermerleri, renk ve kullanma yerinin yanısıra,

- a) Kristal boyutlarına,
- b) Ayrışma derecelerine,
- c) Mekanik anizotropilerine göre,

sayısal kriterlere dayanarak, sınıflandırma çabasında bulunduk. Aşağıda, yaptığımız bu sınıflandırmalar ve sınıflandırma için ileriye sürdüğümüz kriterler açıklanacaktır.

### Renklerine Göre

Afyon ve Marmara mermerleri renklerine ve bunların miktarlarına (%) göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Tablo 4). Afyon mermerleri çoğun, çeşitli renkte, damarlı ve breşimsi dokuda, Marmara mermerleri ise, gri ve tabakalı yapıda bulunmaktadır. Bu renkler daima birbirinden diğerine geçmekte ve dolayısı ile daha fazla sayıda değişik renk ve desen ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 4 - Afyon ve Marmara Adası Mermerlerinin Renklerine Göre Sınıflandırılması**

	RENK	İSİM	OCAKLARDAKİ YAKLAŞIK MİKTARLAR (%)
Marmara Adası	Süt beyaz (Dolomik)	Ak Mermer	3 - 5
	Beyaz	Beyaz Mermer	10 - 15
	Gri, tabakalı	Tipik Marmara	80 - 85
AFYON	Beyaz	Ak Mermer (Afyon Kaymak)	15 - 20
	Açık Sarı	Afyon Şeker	20 - 25
	Açık Gri	Gri Mermer	50 - 60
	Gri Mavi	Kaplan Postu	1 - 2
	Vişne Çürüğü	Afyon Gülü	1 - 2
	Kirli Sarı	Afyon Sarısı	3 - 5
	Beyaz - Vişne Kahverenkli Breş	Güvercin Bağı Çıtıptı	2 - 3

### Kullanma Yerlerine Göre

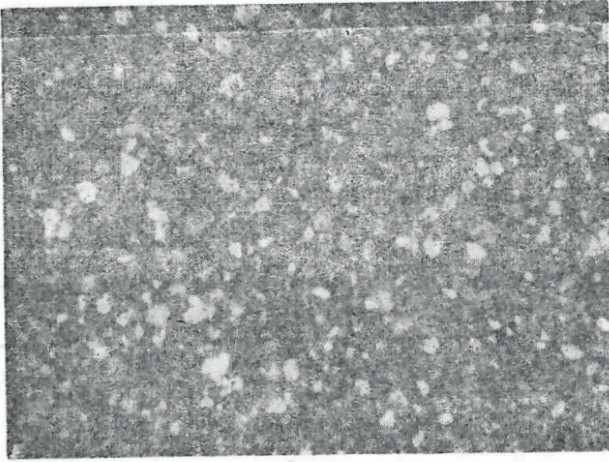
Mermerlerin renkleri, dokuları, yapıları, fiziko-mekanik özellikleri, kristal boyutları ve ayrışma dereceleri göz önünde tutularak kullanılmalıdır. Bu kriterleri esas alarak, Türkiye mermerlerinin aşağıdaki şekilde kullanılmaları önerilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5 - Afyon ve Marmara Adası Mermerlerinin Kullanma Yerlerine Göre Sınıflandırılması**

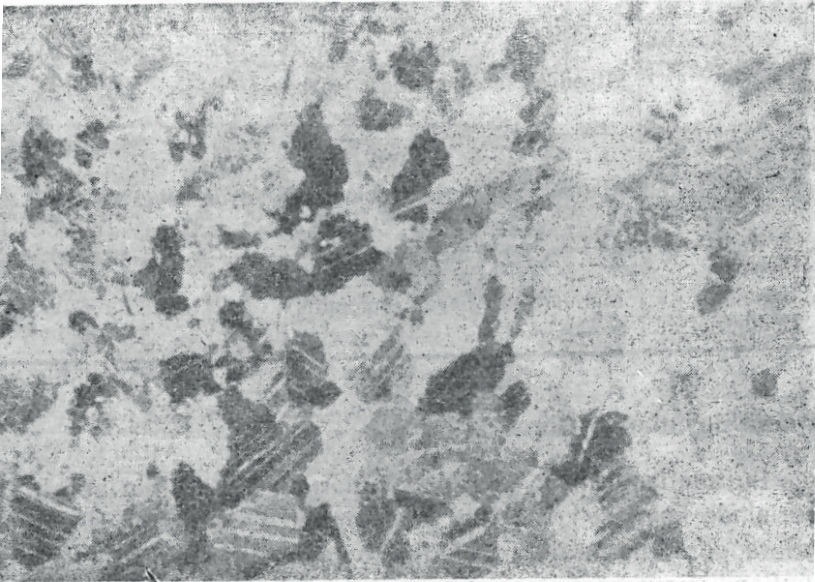
	ÖRNEK MERMER CİNSİ
Kaplama <sup>Dış</sup> İç	Marmara gri tabakalı, Afyon açık gri, beyaz Bütün mermer türleri tercihan renkli ve breşimsi dokuda olanlar.
Döşeme	Marmara gri tabakalı, Afyon açık sarı, açık gri, beyaz.
Süs Eşyası	Afyon açık sarı (yarı saydam).
Heykel	Afyon ak mermer, Marmara beyaz.
Mozaik	Marmara süt beyaz ( dolomitik), Afyon beyaz ve vişne çürüğü.
Cam ve Seramik Endüstrisi	Marmara süt beyaz ( dolomitik).

### Kristal Boyutlarına Göre

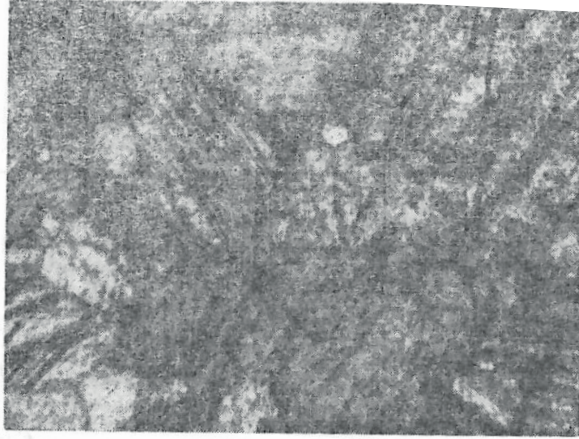
Bu sınıflandırmada kristal boyutlarının % 75'i nin belirli sınırlar içerisinde kalması kriter olarak alınmıştır. Önerdiğimiz alt ve üst sınırlara göre mermerler 4 sınıfta toplanmıştır (Tablo 6). Yapılan bu sınıflandırmaya göre; ince, orta ve kaba kristalli Türkiye mermerlerine birer örnek (Şekil 3) de görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil : 3 — İnce kristalli Marmara Dolomitik (a), orta kristalli Afyon (b) ve kaba kristalli Marmara (c) mermerlerinin mikroskopta görünüşleri.

### Ayrışma Derecesine Göre

Mermerlerin sınıflandırılmasında önerdiğimiz diğer bir sayısal kriter de «Ayrışma Derecesi» dir. Ayrışma derecesinin saptanması için laboratuvarda bir seri hızlı ayrışma deneyleri yapılmıştır. Hızlı ayrışma deneyinde pH = 5 olan yağmur suyu bileşimine benzer bir eriyik (ağırlıkça % 10 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, % 3.7 MgCl<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) hazırlanmış, bu eriyik laboratuvarda ayrışmayı hızlandırmak için konsantrasyonu yağmur suyuna göre 10<sup>4</sup> defa arttırılarak kullanılmıştır. Eriyik içinde belirli süre tutulan numuneler çıkarılmış sonra 105°C de kurutulmuştur. Bu işleme, kristaller arası bağın azalarak deney numunesinin elle ufalanmasının başlamasına kadar devam edilmiştir. Bu tür elle ufalanan mermerler çok ayrılmış olarak kabul edilmiştir. Böylelikle taşların ayrışmasını doğuran fiziksel ve kimyasal faktörlerin laboratuvarda benzetimi yapılmıştır.

Bu deneyler sırasında mermerler ağırlıkça su emmelerinde meydana gelen artışlar ölçülerek «Ayrışma Derecesi» aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır :

$$D_w = (W_n - W_0) / W_0$$

Burada :

D<sub>w</sub>: Ayrışma derecesi.

W<sub>0</sub>: Ayrışmamış mermerin ağırlıkça su emmesi (%)

$W_n$  : n. ayrışma devresi sonundaki ağırlıkça su emme (%)'ni göstermektedir.

**Tablo 6 — Mermerlerin Kristal Boyutlarına Göre Sınıflandırılması.**

SINIF	KRİSTAL BOYUTU $\mu$	ÖRNEK	
		Türkiye	Yabancı
Çok İnce Kristalli	< 50	---	Yule (A.B.D.)
İnce Kristalli	50— 100	Marmara Dolomitik	Carrara (İtalya)
Orta Kristalli	100 — 1000	Afyon	Carrara (İtalya)
Kaba Kristalli	> 1000	Marmara	Georgia (A.B.D.)

Deneyler sırasında ayrışma derecesinin ( $D_w$ ) artması ile numune de görülen fiziksel özellik değişimlerine (renk atma, fissürleşme, çatlama, elle ufalanma) göre mermerlerin aşağıdaki şekilde sınıflandırılması önerilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7 — Mermerlerin Ayrışma Derecesine Göre Sınıflandırılması.**

SINIF	ÖZELLİK DEĞİŞİMİ	AFYON MERMERLERİ İÇİN AYRIŞMA DERECESİ
Ayrışmamış	Doğal	0
Az Ayrışmış	Renk atma	0 — 4
Orta Ayrışmış	Fissürleşme	4 — 8
Ayrışmış	Çatlama	8 — 12
Çok Ayrışmış	Ufalanma	> 12

## Mekanik Anizotropilerine Göre

Külteler üzerinde arazide ve laboratuvarında deneyler yapılırken bunların homojen ve izotrop bir ortam olmaktan uzak oldukları görülmüş ve bulunan değerlerin bu uzaklaşmalarla orantılı olarak büyük ölçüde değiştiği saptanmıştır. Arazi deneylerindeki farklar tabakalanma, çatlak, fay v.b. gibi makrojeolojik süreksizliklere, laboratuvar deneylerindeki farklar ise kristal boyutu, kenetlenme derecesi ve kristal yönelimi gibi mikrojeolojik nedenlere dayanmaktadır. Özellikle metamorfik kültelerde, bu arada mermerlerde, kristal yönelimi dolayısı ile belirli doğrultularda, fiziksel ve mekanik özellikler önemli şekilde değişmektedir. Başka bir deyişle mermerler fiziksel ve mekanik davranış açısından «izotrop» bir ortam özelliği taşımamaktadır. Bu düşünceden hareket ederek mermerlerin sınıflandırılmasında «anizotropi» nin de bir kriter olarak kullanılması düşünülmüş ve bu amaçla Marmara mermerleri üzerinde bir seri deney yapılmıştır. Yönlü numuneler üzerinde basınç direnci, dinamik ve statik elastisite modülü tayini, sertlik, nokta kırılma direnci, değişik doğrultularda ultrasonik hız tayini, nokta yükleme ile çatlak oluşturulması deneyleri ile «anizotropi» nin sayısal olarak ifade edilmesine çalışılmıştır. Bu deneylerden nokta yük altında çatlak oluşumu deneyi sonuçları değerlendirildiğinde, bunun, mermerler için bir sınıflandırma kriteri olarak göz önüne alınabilecek nitelikte olduğu görülmüştür. Bu deney 7x7x1 cm. boyutlu dilim numunesinin merkezine uygulanan nokta yükleme sonucu oluşan çatlak doğrultularının ölçülmesi esasına dayanır. Deneyler sonucunda çeşitli doğrultularda ölçülen çatlaklarla (A) «anizotropi kat sayısı» tanımlanmıştır.

$$A = (K_{\max} - K_{\min}) / K_{\text{ort}}$$

Burada :

A : Anizotropi katsayısı

$K_{\max}$  : Çatlakların en fazla geliştiği doğrultudaki çatlak sayısı

$K_{\min}$  : Çatlakların en az geliştiği doğrultudaki çatlak sayısı

$K_{\text{ort}}$  : Çeşitli doğrultularda gelişen ortalama çatlak sayısı.

Bu katsayının çeşitli değerlerine göre aşağıdaki sınıflandırma önerilmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8 — Mermerlerin Mekanik Anizotropilerine Göre Sınıflandırılması.**

SINIF	ÖZELLİK	ANİZOTROPİ KATSAYISI (A)
I	İdeal İzotrop	0 — 1
II	İzotrop	1 — 2
III	Oldukça İzotrop	2 — 3
IV	Anizotrop	> 3

Bu sınıflandırmaya göre dolomitik Marmara mermeri III. (oldukça izotrop) gri-mavi damarlı Marmara mermeri ise IV. (anizotrop) sınıfa girmektedir.

İzotrop mermerler üzerinde herhangi bir mekanik özellik için yapılan 3 deney ortalaması güvenilir bir sonuç verirken, anizotrop mermerlerde aynı güveni duymak için daha çok deney yapılması gerekecektir.

Anizotropi kriteri aynı zamanda mermer ocaklarından blok alabilme ölçüsü olarak da kullanılabilir. İzotrop sınıflara giren mermerlerde her yönde kolaylıkla çatlak gelişmesi blok boyutunu kısıtlamakta ve alınmasını güçleştirmektedir. Bundan dolayı bu sınıflara giren mermerlerde kama metodu yerine tel testere metodu kullanılmalıdır. Anizotrop mermerlerde ise belirli doğrultularda çatlakların kolayca gelişmesi işletmeyi kolaylaştırmakta ve blok boyutlarına olumlu etki yapmaktadır.

## SONUÇLAR

Türkiyede tarihsel devirlerde ve günümüzde çeşitli alanlarda kullanılan (ilmi anlamdaki) mermerlerin büyük bir kısmı (yaklaşık olarak % 90) Marmara Adasından ve Afyon-İscehisar bölgesinden çıkarılmaktadır. Bu bakımdan iki bölgeden çıkarılan mermerlerin ayrıntılı incelenmesi ile «Türkiye Mermerleri» hakkında gerçeğe yakın bir fikir edinilebilir. Bu gerekçe ile İ.T.Ü. Maden Fakültesi Tatbiki



Jeoloji Kürsüsü elemanları Türkiye mermerleri üzerinde çok eskiden araştırmalara başlamış ve halen bunları sürdürmektedirler.

Araştırmalar, mermerlerin jeolojik yapılarını aydınlatmak amacıyla arazi çalışmaları ile başlamış, fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin öğrenilmesi için de laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu araştırmadan bugün için çıkarabileceğimiz sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- 1 – Marmara ve Afyon-İscehisar mermerleri Paleozoik yaşlı olarak kabul edilen metamorfik şistler içinde bulunmaktadır. Marmara Adasında 1 milyar m<sup>3</sup>'ün, Afyon-İscehisar bölgesinde ise 600x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>'ün üzerinde mermer rezervi bulunmaktadır.
- 2 – Marmara mermerleri gri tabakalı ve süt beyaz olmak üzere iki türde, Afyon mermerleri ise içindeki renk ve damarların dağılışı özelliklerine göre 7 türde toplanmıştır. Marmara Adasındaki süt-beyaz (dolomitik) mermerlerin dışında, diğer mermerlerdeki CaCO<sub>3</sub> oranı % 95 den fazladır. Genel olarak su emme poroziteleri çok düşüktür. (% 05 - % 1). Marmara mermerlerinin basınç dirençleri, Afyon mermerlerine oranla daha yüksektir. (Marmara 1100- 2100 kg/cm<sup>2</sup>, Afyon 600-850 kg/cm<sup>2</sup>).
- 3 – Her iki mermer alanında blok boyutlarını kısıtlayan faktörler, jeolojik süreksizlikler olmayıp, işletme metodlarının ilikliği, ocaklarda mekanizasyon eksikliği, taşıma, yükleme ve boşaltma imkânsızlıkları ve yol durumu ile ilgilidir.
- 4 – Mermer alanlarında gayet ilkel metodlarla yapılan mermer üretimi yaklaşık olarak Marmara Adasından 20.000 m<sup>3</sup>/yıl. Afyon - İscehisardan 2000 m<sup>3</sup>/yıl kadardır.
- 5 – Mermerleri kendi aralarında nitelik ve nicelik bakımından ayıran sınıflandırmalar pek azdır, bunlar kullanma yerleri renk, işleniş ve çeşitli kusurlara göre yapılan ve sayısal kritere bağlı olmayan sınıflandırmalardır.
- 6 – Bu araştırmada mermerlerin kristal boyutu, ayrışma derecesi ve mekanik anizotropilerine göre sınıflandırılmaları için sayısal kriterler önerilmiştir. Marmara mermeri kaba kristalli ( $\phi > 1000 \mu$ ), mekanik olarak anizotrop sınıfa Marmara dolomitik

mermeri ince kristalli ( $\emptyset = 50- 1000 \mu$ ) ve «oldukça izotrop» sınıfa girmektedir. Afyon mermerleri ise orta kristalli (100 - 1000  $\mu$ ) sınıfa girmektedir.

### BİBLİYOGRAFYA

- Afyon Valiliği, 1967, Afyon İl Yıllığı. Doğan Kardeş Matbaası. İstanbul.
- Ankan, M. 1968, Mermer ve Mermercilik. Ankara Basımevi, Ankara.
- ASTM 1961, Standard Methods of Tests for Exterior and Interior Building Marble. ASTM Committe C-18. Philadelphia.
- Bain, G.W. 1941, Measuring Grain Boundries in Crystalline Rocks. The Jour. of Geology Vol. XLIX, No: 2, pp. 199-206 Nevalank.
- Bowles, O. 1968, Marble. Bureau of Mines Inf. Circ. 7829. Denver. U.S.A.
- Cheung, Y.K. — STAGG, K.G. — ZIENKIEWICZ, O.C, 1966, Stresses in Anisotropic Media with Particular Reference to Problems of Rock Mechanics. Jour. of Strain Analysis. Vol. 1, No: 2, pp. 172-182.
- Chilingar, G.W. — BISSELL, H.J. — FAIRBRIDGE, R.W. 1967, Carbonate Rocks. Physical and Chemical Properties, Part A and Part B. Elsevier Comp. Amsterdam.
- Donath, F.A. 1964, Strength Variation and Deformational Behavior in Anisotropic Rock- State of Stress in the Earth's Crust. Elsevier Pub. Co. pp. 281-300, Amsterdam.
- Grigg, D.T. 1951, Deformation of Yule Marble. Part: I. Effects at 150°C. Bull, Geol. Soc. Am. Vol: 62. pp.
- Mc. Williams, J.R. 1966, The Role of Microstructure in the Physical Properties of Rocks. Twin Cities Mining Res. Center. Paper No: 102, Minneapolis, Minnesota.
- M.T.A. 1961, Exterior Marble. Marble Institute of America, New York.
- M.T.A. 1964, American Standarts Specifications for Interior Marble. Marble Institute of America New York.
- Ramez, M.R.H. — MURREL, S.A.F, 1964, A Petrofabric Analysis of Carrara Marble. Int. Jour. Rock. Mech. Mining Sci, Vol: 1, Pergamon Press.
- Sayar, M. — Erguvanlı, K, 1962, Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları. İ.T.Ü, Yayını. Kağıt ve Basım İşleri A.Ş. İstanbul.
- Yalman, B. 1969, Afyon Mermerlerinin Arkeolojik Araştırılması (Afyon Müzesinde Yayınlanmamış Rapor).
- Yüzer, E. 1971, Marmara Adası Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Anizotropik Özelliklerinin Araştırılması. Doçentlik Tezi. (İ.T.Ü. Maden Fakültesi Ofset Atölyesi).
- M.T.A. 1966, Türkiye Mermer Envanteri. M.T.A. Enstitüsü Yayını, No: 134 Ankara.
- T.S.E. 1969, Doğal Yapı Taşları Muayene ve Deney Esasları Türk Standartları. (TS 699), UDK 691.2. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.T.S.O.B. 1961, Türkiye Mermerleri, T. Ticaret ve Sanayii O. Birl. Yayını Ankara.