

## **CİHANBEYLİ-KOZANLI (KONYA) MERMERLERİNİN TEKNO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ\***

*Determination of Techno- Mechanical Properties of Marbles in Cihanbeyli, Kozanlı (Konya) Marbles*

Betül FIRAT  
Maden Müh. Anabilim Dalı

Ahmet Mahmut KILIÇ  
Maden Müh. Anabilim Dalı

### **ÖZET**

Bu tez çalışmasında, Konya bölgesindeki Cihanbeyli Formasyonuna ait Kozanlı Mermerlerinin tekno-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Mermerlerin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da Konya Kulu Kozanlı Mevkiinde bulunan mermer ocaklarından örnekler alınmıştır. Örnekler mermer kesme atölyesi ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında TSE standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Sonraki aşamada, standartlara uygun hale getirilen örneklerin tekno-mekanik özellikleri saptanmıştır, bu malzemelerin ilgili standartları sağladığı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer, Konya Bölgesi, Tekno-Mekanik Özellikler

### **ABSTRACT**

In this thesis, techno –mechanical properties of Kozanlı marbles which is belonging to Cihanbeyli formations in Konya region has been studied. To state the techno mechanical properties of the marbles, samples are collected from different marble quarries in Kulu area of Kozanlı Konya. The samples have been prepared in marble factories and the results compared in Faculty of Mining Engineering Laboratory of Cukurova University with the TSE standarts. In the next step, this thesis stated the techno-mechanical properties of standardized samples and come to the conclusion that this materials is up to the standarts.

**Key Words:** Marble, Konya Land, Techno-Mechanical Characteristics

### **Giriş**

Dünyanın en zengin doğal taş oluşumlarının bulunduğu Alp-Himalaya dağ kuşağında yer alan Türkiye, çok çeşitli ve büyük miktarda mermer rezervine sahiptir. Türkiye, bu kaynaklara ilaveten gelişmekte olan sanayisi ve üretimde kullandığı teknoloji ile dünyanın en önemli doğal taş üreticileri arasında yer almaktadır. Bu önemli rezervler Anadolu ve Trakya boyunca geniş bir bölgeye yayılmıştır. Afyon, Bilecik, Balıkesir, Denizli, Muğla, Amasya, Elazığ ve Diyarbakır rezervlerin yoğunlaştığı illerdir. Ülkemizde 80'in üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Sektörde yaklaşık 800 ocak, 1500 fabrika ve 7000 civarında atölye faaliyet göstermektedir (Türkmenoğlu, 2007).

---

\* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

Doğal yapı taşlarında aranan özellikler genel olarak şu şekilde sıralanabilir; renk özelliği ve desen homojenliği, blok verme özelliği ve kesilip cilalanma, jeomekanik ve fiziksel özellikler, atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım (Şentürk ve ark., 1995).

Avrupa'nın 6. büyük ekonomisi olan Türkiye, 2010 yılında ortalama yüzde 8,9'luk büyüme oranıyla Avrupa'da ilk sırayı almıştır. Türkiye'nin aynı zamanda Avrupa Birliği ile yoğun ticari ve ekonomik ilişkileri bulunmaktadır. Türkiye'nin dış ticaret hacminin yaklaşık yüzde 42'si AB üyesi ülkeler ile gerçekleşmektedir.

2011 yılında Türkiye genelinde, doğal taş sektörü ihracatımız değer de %6,6 oranında artışla 1,675 milyar dolar, miktarda da %9,7 artış ile 7,29 milyon ton olarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu dönemde, ülkeler bazında doğal taş ihracatımıza bakıldığında ise ilk beşi Çin Halk Cumhuriyeti (639 milyon dolar, %7,3 artış), ABD (236,9 milyon dolar, %8 artış), Irak (83,6 milyon dolar, %16,5 artış), Suudi Arabistan (62.8 milyon dolar, %35.8 artış) ve İngiltere (46,5 milyon dolar, %3 azalış) oluşturmuştur (İMİB, 2011).

## **Materyal ve Metot**

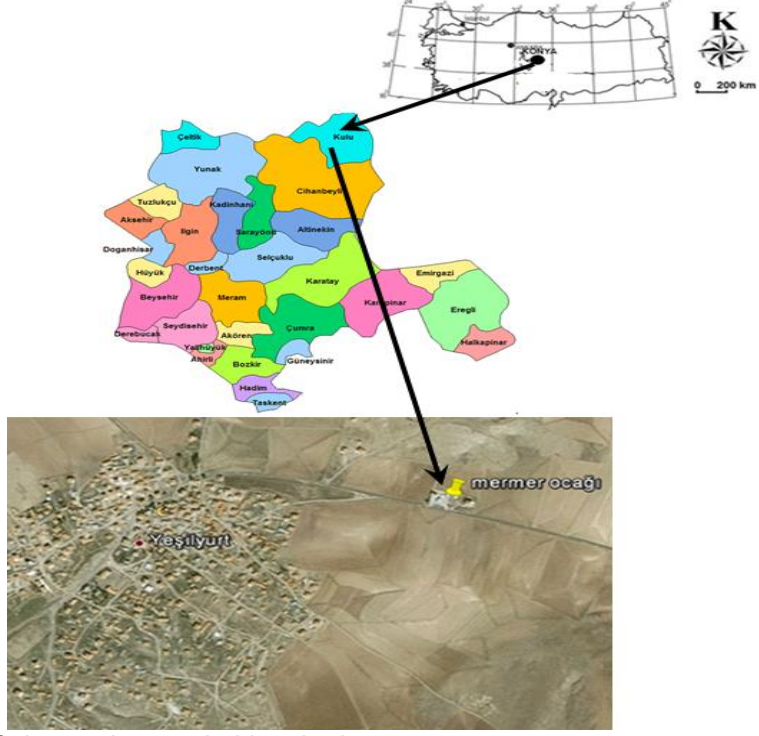
### **Materyal**

Bu çalışmada konu ile ilgili olarak gerekli bilgiler Çukurova Üniversitesi kütüphanesinden, İnternet servislerinden, yazılı kaynaklardan ve YÖK dokümantasyon merkezinden yararlanılarak, geçmiş dönemler de yapılan çalışmalara bakılarak araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Konya İli, Kulu İlçesinde Kozanlı Köyü mevkiinde bulunan Cihanbeyli formasyonuna ait (Asya Bej, King Brown ve Forest Grey diye adlandırılan) mermer bloklardan hazırlanan küp ve silindirik şekilli TSE standartlarına uygun örnekler Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği laboratuvarına ilgili deneyleri yapabilmek amacıyla taşınmıştır. Laboratuvarda bulunan deney aletleri yardımıyla alınan örnekler kullanılmak suretiyle, çalışmanın ilerideki bölümlerinde ayrıntılı bir şekilde açıklanan inceleme, analiz ve deneyler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan söz konusu mermerler üç farklı renkte ve özelliktedir. Bu mermerler aynı saha içerisinde yer almakta, farklı ocak ağzlarından üretilmektedir. (Şekil 1).

### **Metot**

Laboratuvarda yapılacak deneylerde kullanılmak üzere mermer ocaklarından her bir deney için ayrı ayrı örnekler alınmıştır. Petrografik inceleme, kimyasal analiz, XRD, radyoaktivite analizi ve fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla alınan örneklerden bir kısmı ince boyutlarda öğütülmüş, bir kısmı küp ve plakalar şeklinde mermer kesme atölyelerinde, diğer kısmı silindirik örnekler şeklinde Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği laboratuvarında TSE standartlarına uygun hale getirilerek hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 2. Hazırlanan deney numuneleri

250 µ boyutuna öğütülen örnek etüvde  $20 \pm 4$  saat süresince  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuş ve virgülden sonra dört hane hassasiyette tartım yapabilen hassas terazide 0,5 gr civarında örnek alınmıştır. HCL ile  $\text{HNO}_3$ 'ün (3,1) oranında karışımı ile elde edilen kral suyu örnek üzerine eklendikten sonra çözünme tamamlanana kadar ısıtılmıştır.

Çözülme tamamlanınca mavi bant süzgeç kâğıdından süzülerek  $\text{SiO}_2$  kristalleri ile çözelti ayrılır. Çözelti üzerine amonyak eklenerek Fe ve Al oksitleri halinde çöktürülür. Beyaz bant filtre kâğıdından süzülerek çözeltiden ayrılır. Çözeltide Ca ve Mg deneyleri EDTA titrasyonu ile belirlenir. Beyaz bant filtre kâğıdı üzerindeki katı asit ilavesi ile çözülür. Çözeltideki Fe ve Al miktarı yüksek ise titrasyon ile değilse atomik absorpsiyon spektrometresinde tayin edilir. Mavi bant filtre kâğıdı etüvde bir gün kurutulduktan sonra platin kroze içinde önce bek alevinde sonra  $1000^\circ\text{C}$ 'de kül fırında yakılır. Katı miktarı tartılır ve  $\text{SiO}_2$ , HF,  $\text{HClO}_4$  ilavesi ile uçurulur. Kütle kaybından %  $\text{SiO}_2$  hesaplanır.

#### **Petrografik İnceleme**

Kayaçtan alınan örnekten kesilen ince levhanın bir yüzü 600'lük zımpara tozu ile aşındırılarak düzlenmiştir. Daha sonra 1000'lik zımpara tozu ile cam üstünde pürüzleri iyice temizlenerek parlatılmış ve cam lama, Kanada balsam yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. Kayaçın diğer yüzü, 0,03 mm kalınlık elde edilene kadar benzer işlem ile aşındırılmıştır. Kayaçtan petrografik inceleme için hazırlanmış ince kesitler, petrografi mikroskobunda, içinden geçen ışının kazandığı özelliklerin saptanmasıyla tanımlanmıştır. Burada kayacı oluşturan minerallerin cinsleri, kristal boyutları, mineraller arasındaki dokusal ilişkiler, gözeneklilik, bozuşma ürünleri ve dağılımları saptanmıştır.

#### **Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz (XRD)**

X-ışını tüpünden elde edilen ışınla uyarılan hiçbir ön işleme uğramamış numune daha sonra analiz bitince tekrar eski halinde değişmeksizin kalmaktadır. Dalga boyu ayrımlı cihazlarda yatay eksen genellikle 2 cinsinden verilmekte olup bu değer monokromatörün kristal açıklığı bilindiği takdirde kolaylıkla dalga boyuna çevrilebilmektedir. Ardından elementlerin emisyon çizgilerini içeren çizelgedeki değerlerle karşılaştırılarak pikler belirlenmektedir (Skoog ve ark, 1998).

#### **Radioaktivite Analizi**

Çalışma bölgesinden alınan mermer örneklerinin, dış Gamma radyasyonunun etkilerini belirlemek amacıyla gamma spektrometrik sistemde incelenmişlerdir. Mermer örnekleri marinelli kaplarında bekletilerek denge durumuna ulaşmaları sağlandıktan sonra Gamma spektrometrik sistemde analizleri yapılmıştır. Örnekler Gamma spektrometre cihazında 50000 saniyelik sürelerle sayılmıştır, Daha önce yapılmış olan boş sayımlara karşılık gelen aktivite değerleri, örneklerin aktivite değerlerinden çıkartılarak net örnek aktivite konsantrasyonları bulunmuştur. Gamma spektrometresi sayım cihazından ileri gelen sayma hataları yaklaşık % 1-2 civarındadır. Örneklerde bulunan,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  ye ait

radyoaktivite konsantrasyonları, bu radyonüklitlerin bozunum ürünleri olan doğal radyonüklitlerin Gamma piklerinden hareketle tayin edilebilmektedir. 238U'e ilişkin radyoaktivite konsantrasyonu belirlenirken bozunum serisi içinde yer alan 214Pb'nin 351 keV ve 214Bi' nin 609 keV enerjili piklerinden yararlanılmıştır Her iki bozunum ürünü radyonüklide ait aktivite konsantrasyon değerlerinin ortalaması alınarak 238U'in aktivite konsantrasyonu bulunmuştur. 232Th'in radyoaktivite konsantrasyonu bulunurken ise bu serideki 208'Tl (583 keV) ve 228Ac' in (911 keV) aktivite konsantrasyonlarının ortalaması alınmıştır. Ayrıca, örneklerde, 226Ra'nın 186 keV ve 40K'ın 1460 keV enerjilerdeki piklerinden yararlanılarak bu radyonüklitlere ilişkin radyoaktivite konsantrasyon değerleri de belirlenmiştir,

### Fiziksel Özellikler

Bu aşamada, Asya Bej, King Brown ve Forest Grey olarak adlandırılan mermerlerin fiziksel özellikleri ile ilgili birim hacim ağırlık deneyi, özgül ağırlık deneyi, porozite (gözeneklilik), ağırlıkça su emme deneyi, sonik hız ölçüm deneyi, donma ve çözülmeye karşı dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen ortalama değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Mermerlere ait ortalama fiziksel özellik değerleri

Fiziksel Özellikler	Asya Bej	King Brown	Forest Grey
	Ortalama Değer		
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,62	2,58	2,60
Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,67	2,63	2,68
Porozite (%)	0,88	0,89	0,91
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,325	0,376	0,315
Sonik Hız (km/sn)	5,92	6,41	5,90
Donma ve çözülmeye karşı dayanıklılık (%)	%4	%5	%3

### Mekanik özellikler

Tek eksenli basma dayanımı deneyi, nokta yük dayanımı, darbe dayanımı, eğilme dayanımı, shore sertlik deneyi, sürtünme sonrası aşınma kaybı (Böhme) deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Mermerlere ait ortalama mekanik özellik değerleri

Fiziksel Özellikler	Asya Bej	King Brown	Forest Grey
	Ortalama Değer		
Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)	88,97	86,32	87,42
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	5,47	4,07	4,45
Darbe Dayanımı (MPa)	17,00	18,66	15,66
Eğilme Dayanımı (MPa)	10,05	12,42	9,01
Shore Sertlik	47,00	44,60	45,00
Sürtünme Sonrası Aşınma (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	10,00	6,40	6,00

## Sonuçlar

Cihaneyli Formasyonuna ait üç farklı özellikteki taşların, piyasaya satışında en önemli rol oynayan tekno-mekanik özelliklerini incelemek, taşların kalitesini değerlendirmek ve elde edilen sonuçların hem yurt içi hem de yurt dışı standartlara uygunluğunu ortaya koymak amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmelere göre;

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey diye adlandırılan mermer örneklerinden yaptırılmış ince kesit numuneleri, polarizan mikroskopta incelenmiştir. İncelenen kesitlere göre Mermerler de hakim mineral kalsit'dir. Çok az miktarda dolomit kristallerine de rastlanılmıştır. Kesitlerde fosil izlerine rastlanılmıştır.

Araziden alınan mermer örneklerine yapılan kimyasal analiz sonucunda Asya Bej mermeri için;  $\text{CaCO}_3$  miktarı 97,36,  $\text{MgCO}_3$  miktarı 1,09 olarak, King Brown mermeri için;  $\text{CaCO}_3$  miktarı 97,95,  $\text{MgCO}_3$  miktarı 1,10 olarak, Forest Grey mermeri için;  $\text{CaCO}_3$  miktarı 92,15,  $\text{MgCO}_3$  miktarı 2,16 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kayaç Saf Kireçtaşı'dır.

Türkiye'de müsaade edilebilir; 226Ra, 232Th ve 40K konsantrasyonları sırasıyla; Mermerler için 40, 40, 400 Bq/kg ve tüm doğal taş türleri için eşdeğer radon konsantrasyonunun (Raeq), ise 370 Bq/kg veya 400 Bq/m<sup>3</sup> olup hesaplanan mermerler için elde edilen bulgular limitlerin altındadır. Analizi yapılan, mermer tipi doğal taş türlerinin tümünün, yapıtaşı olarak kapalı ve açık ortamlarda kullanılması sakıncalı olmadığı deney sonuçlarınınca belirlenmiştir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin ortalama birim hacim ağırlık değerleri sırası 2,62, 2,58 ve 2,60 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. TS 2513 ve TS 1910'a göre Birim Hacim Ağırlık sınır değeri (> 2,55 gr/cm<sup>3</sup>) olup, üç mermer de bu standardı sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin ortalama özgül ağırlık değerleri sırası ile 2,67, 2,63 ve 2,68 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar TS 699' a göre bu standardı sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama görünür porozitesi sırası ile % 0,88, % 0,89 ve % 0,91 bulunmuştur. Bu değer TS 1910'a göre sınır değerini (<%2) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin ortalama ağırlıkça su emme oranı sırası ile %0,325, %0,376 ve %0,315 olarak bulunmuştur. Bu değerler, TS 2513'a göre sınır değeri (< %1,80), TS 1910' a göre sınır değeri (< %0,75) ve TS10449'a göre sınır değerini (<% 0,4) sağlamaktadır.

Asya bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin sonik hız değerleri sırası ile 5,9, 6,41 ve 5,90 olarak bulunmuştur.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örnekleri TS EN 1367 göre uygulanan donma ve çözölmeye karşı dayanıklılık deney sonucunda don kaybı değerleri Asya Bej için %0,4, King Brown için %0,5 ve Forest Grey için %0,3 bulunmuştur. TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak mermerlerin, don kaybı değerinin %1'den küçük olması gerekmektedir. Bulunan değerler bu standardı sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin ortalama basma dayanımı 86,32 MPa ile 88,97 arasında bulunarak, Deere ve Miller 1966'ya göre orta dirençli kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir. Bulunan bu değer, TS 2513, TS 1910 ve TS10449'a göre sınır değeri ( $> 50\text{MPa}$ ) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama nokta yük dayanımları 4,07 ile 5,47 MPa arasında bulunarak, Bieniawski 1975'e göre orta dirençli kaya sınıfında bulunduğu görülmektedir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için TS 1910'a göre tek eksenli basınç direnci ( $> 50\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $> 50\text{kgf/cm}_2$ ) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $< 15\text{cm}_3/50\text{cm}_2$ ) sınır değerlerini taşıdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Konya Kulu Bölgesinden Alınan Numunelerinin, kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci sınır değerine sahip değildir.

TS 2513'e göre tek eksenli basınç direnci ( $> 50\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $> 50\text{kgf/cm}_2$ ) sınır değerini taşımadığı ve Böhme yüzeysel aşınma direnci ( $< 15\text{cm}_3/50\text{cm}_2$ ) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı ( $> 6\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Konya Kulu Bölgesi numunelerinin, doğal kayaların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci, sınır değerini taşımadığı belirlenmiştir.

TS 10449'a göre tek eksenli basınç direnci (döşeme için) ( $> 50\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $> 30\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $> 60\text{kgf/cm}_2$ ) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (döşeme için) ( $< 15\text{cm}_3/50\text{cm}_2$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $< 25\text{cm}_3/50\text{cm}_2$ ) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı (döşeme için) ( $> 6\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $> 4\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç direnci ( $> 52\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direncinin ( $> 70\text{kgf/cm}_2$ ) sınır değerini taşımadığı, ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $< 10\text{cm}_3/50\text{cm}_2$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda Konya Kulu bölgesinde bulunan Cihanbeyli Formasyonuna ait mermer örneklerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deney sonuçları ilgili standartlarla karşılaştırılması yapılmış, standard değerlerini sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla bu mermerlerin doğal yapı taşı olarak inşaat işlerinde; yüzey ve kaplama taşı olarak, kireç ve çimento üretiminde; ham madde olarak, yapılan deneyleri sonucunda elde edilen değerlerin, TS 706 EN 12620 "Beton Agregaları"nda aranan özelliklere uygun olduğundan, bu kireçtaşlarının beton agregası olarak da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Kaynaklar**

- İMMİB (İstanbul Maden ve Metaller İhracatçı Birlikleri), 2011; Çalışma Raporu, 14-17.
- JENKIS, R., GOULD, R. W. And GEDCKE, D., 1995. Quantitive X-Ray Spectrometry, 2. Edition, New York Marcel Dekker.
- SKOOG, D., A., HOLLER, F., J., AND NIEMAN, T. A., 1998. Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Harcourt Brace College Publishers, USA.
- T.S.E., 1977. TS 1910 Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, Ankara.
- T.S.E., 1977. TS 2513 Doğal Yapı Taşları, Ankara.
- T.S.E., 1987. TS 699 Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları. Ocak 1987, Ankara.
- T.S.E., 1992. TS 10449 Mermer- Kalsiyum Karbonata Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Kasım 1992, Ankara.
- T.S.E., 1999. TS EN 1367-1 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direnç Tayini, Ankara
- TÜRKMENOĞLU, Z.F., 2007. Yapı Taşı Olarak Kullanılan Bazı Kayaçların Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- YILMAZ, H., SAFEL, R., 2004. Mermer Sektörü. Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği. Sektör Araştırmaları Serisi No:31.