

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TERCAN (ERZİNCAN) REKRİSTALİZE KİREÇTAŞLARININ MERMER OLARAK**  
**KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Günay SÖNMEZ**

**HAZİRAN 2010**  
**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

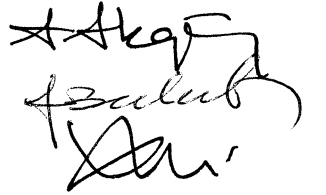
**TERCAN (ERZİNCAN) REKRİSTALİZE KİREÇTAŞLARININ MERMER OLARAK  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Jeoloji Müh. Günay SÖNMEZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2010  
Tezin Savunma Tarihi : 17.06.2010**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Aykut AKGÜN  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikri BULUT  
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ**



**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2010**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma 2008–2010 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yrd. Doç. Dr. Aykut AKGÜN yönetiminde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanma aşamasında bana yol gösteren, çalışma süresince gerekli yönlendirmeleri yapan, benden her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen, özenli değerlendirmeleriyle büyük katkıları olan Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Aykut AKGÜN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mermer ocaklarında nasıl bir çalışma yapmam gerektiği hususunda beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarından dolayı, Uzman Erdoğan TİMURKAYNAK'a, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu Arş. Gör. Hakan ELÇİ'ye ve Arş. Gör. Ali Erdem BABACAN'a teşekkürlerimi sunar kendi çalışmalarında başarılar dilerim.

Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını gördüğüm Kaya Mühendislik sorumlusu Sayın Turhan SİVRİKAYA ve çalışanlardan Yaşar ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

İnce kesit incelenmesinde yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Cemil YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmam sırasında gerekli numunelerin sağlanmasında her türlü kolaylığı gösteren, benimle her türlü bilgi ve birikimini paylaşan, Granit Mermer & Madencilik Ltd. Şti. sorumlusu Sayın Süleyman BAYDAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımın her aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bugüne kadar bana hep iyi örnek olan aileme ve tezin yazılmasında yardımını esirgemeyen nişanlıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Günay SÖNMEZ  
Trabzon 2010

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Doğal Taşlar Hakkında Genel Bilgiler.....	2
1.2.1. Mermerlerin Genel Sınıflandırılması.....	3
1.3. Doğal Yapıtaşlarının Kullanım Alanları ve Kullanılan Standartlar.....	5
1.4. Mermerlerin Teknik Özellikleri.....	7
1.4.1. Mermerlerde Sertlik.....	7
1.4.2. Mermerlerde Özgül Ağırlık.....	8
1.4.3. Mermerlerde Basınç Mukavemeti.....	9
1.4.4. Mermerlerde Gözeneklilik (Porozite).....	9
1.4.5. Mermerlerde Görünüş.....	10
1.5. Mermer Ocaklarında Blok Mermer Üretimini Etkileyen Jeolojik Sorunlar .....	11
1.5.1. Birincil Jeolojik Parametreler .....	11
1.5.1.1. Süreksizlik Düzlemleri.....	11
1.5.2. İkincil Jeolojik Parametreler .....	11
1.5.2.1. Foliasyon Düzlemleri.....	12
1.5.2.2. Kapalı-Kılcal Süreksizlikler Düzlemleri.....	12
1.5.2.3. Dolomitik Zonlar.....	12
1.5.2.4. Zımpara Mercekleri.....	13
1.5.2.5. Kalsit Mercekleri.....	13
1.5.2.6. Ayrışma.....	13
1.6. Bloklardan Ürün Alınmasını Engelleyen Jeolojik Oluşumlar .....	14
1.6.1. Kayacın Renk ve Deseni .....	15
1.6.2. Çatlaklar.....	15



1.6.3.	Kalsit Damarları.....	16
1.6.4.	Zararlı Mineraller, Maddeler ve Elementler .....	17
1.6.5.	Stilolitler .....	18
1.6.6.	Gözeneklilik.....	19
1.7.	Dünya’da Doğal Taş Sektörü.....	20
1.7.1.	Dünya Doğal Taş Kaynakları.....	20
1.7.2.	Dünya Doğal Taş Üretimi .....	20
1.7.3.	Dünya Doğal Taş Ticareti .....	21
1.7.4.	Dünya Doğal Taş İhracatı .....	22
1.7.5.	Dünya Doğal Taş İthalatı .....	24
1.8.	Türkiye’de Doğal Taş Sektörü.....	25
1.8.1.	Türkiye Doğal Taş Sektörü Rezervleri .....	25
1.9.	Çalışmanın Amacı.....	27
1.10.	Çalışma Alanının Genel Özellikleri .....	27
1.11.	Benzer Çalışmalar .....	34
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	38
2.1.	1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritasının Hazırlanması.....	38
2.2.	Arazi Çalışmaları .....	38
2.3.	Laboratuar Çalışmaları.....	38
2.4.	Büro Çalışmaları .....	40
2.5.	Metod .....	40
2.6.	Mermerlerin Tekno-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler.....	40
2.7.	Mermerlerin Fiziksel Özellikleri.....	40
2.7.1.	Su Emme Oranı .....	41
2.7.2.	Özgül Ağırlık .....	41
2.7.3.	Su İçeriği.....	43
2.7.4.	Birim Hacim Ağırlık .....	44
2.7.5.	Görünür ve Gerçek Porozite .....	45
2.7.6.	Sertlik Derecesi (Schmidt Çekici).....	46
2.7.7.	Donma – Çözülme .....	49
2.7.8.	Sonik Hız Deneyi .....	50
2.7.9.	Islanma-Kuruma.....	51
2.8.	Mermerlerin Mekanik Özellikleri .....	52
2.8.1.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	52

2.8.2.	Darbe Dayanımı .....	55
2.8.3.	Eğilme Dayanımı .....	57
2.8.4.	Sürtünme ile Aşınma Kaybı (Böhme).....	59
2.8.5.	Nokta Yük Dayanımı .....	62
2.8.5.1.	Çapsal Deney .....	63
2.8.5.2.	Eksenel Deney.....	63
2.8.5.3.	Blok ve Düzensiz Örneklerle Deney.....	64
2.8.6.	Dolaylı Çekme Dayanımı.....	68
2.8.7.	Suda Dağılmaya Karşı Duyarlılık Deneyi .....	71
2.8.8.	Los Angeles Aşınma Dayanımı .....	73
2.8.9.	Kimyasal Analiz.....	75
3.	BULGULAR.....	76
3.1.	Çalışma Alanının Jeolojisi .....	76
3.2.	Anadolu Volkano-Sedimanter Serisi .....	76
3.3.	Tercan Mermerlerinin Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi.....	82
3.3.1.	Sahanın Hakiki Durumu .....	82
3.3.2.	Cevher Zonunun Boyutları.....	84
3.3.3.	Cevher Zonunun Doğrultu ve Eğimi.....	84
3.4.	Mermerlerin İşletilmesi.....	84
3.4.1.	İşletme Yöntemi.....	84
3.4.1.1.	Elmas Tel Kesme Yöntemi .....	85
3.4.1.2.	Sayalama .....	88
3.4.2.	Mermer İşleme Makineleri.....	90
3.4.2.1.	Elmas Lamalı Katraklar .....	90
3.4.2.2.	Diskli Mermer Blok Kesme Makineleri (ST) .....	92
3.4.2.3.	ST'nin Avantajları ve Dezavantajları .....	93
3.4.2.4.	Kafa Kesme Makinesi.....	95
3.4.2.5.	Cila Makineleri .....	97
3.4.2.6.	Pah Makineleri .....	99
3.4.2.7.	Eskitme İşlemleri .....	100
3.4.2.8.	Doldurma (Macunlama) İşlemleri.....	103
3.4.2.9.	Çekiçleme.....	104
3.4.2.9.1.	El ile çekiçleme.....	104
3.4.2.9.2.	Makine ile çekiçleme .....	105

3.4.3.	Tercan Mermerlerin Fiziksel Özellikleri.....	106
3.4.3.1.	Su Emme Oranları Deney Sonuçları.....	107
3.4.3.2.	Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.....	108
3.4.3.3.	Su İçeriği Deney Sonuçları .....	108
3.4.3.4.	Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları .....	108
3.4.3.5.	Porozite Deney Sonuçları.....	110
3.4.3.6.	Sertlik Derecesi Deney Sonuçları .....	111
3.4.3.7.	Donma – Çözünme Deney Sonuçları.....	112
3.4.3.8.	Sonik Hız Deney Sonuçları.....	112
3.4.3.9.	Islanma - Kuruma Deney Sonuçları.....	114
3.4.4.	Tercan Mermerlerin Mekanik Özellikleri .....	115
3.4.4.1.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları .....	115
3.4.4.2.	Darbe Dayanımı Deney Sonuçları .....	115
3.4.4.3.	Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları.....	116
3.4.4.5.	Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme) Deney Sonuçları.....	116
3.4.4.6.	Nokta Yük Dayanımı Deney Sonuçları .....	117
3.4.4.7.	Dolaylı Çekme Dayanımı.....	118
3.4.4.8.	Suda Dağılmaya Karşı Dayanım İndeksi .....	118
3.4.4.9.	Los Angeles Aşınma Dayanımı Deney Sonuçları.....	119
3.4.4.10.	Kimyasal Analiz Deney Sonuçları .....	119
3.5.	Tercan Mermerlerinin ASTM ve TSE Standartlarına Göre Değerlendirilmesi.....	119
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	123
5.	KAYNAKLAR .....	127
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan (Tercan) yöresi mermerlerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Erzincan ili Tercan ilçesi, Demirkapı Köyü'nde bulunan Granit Mermer & Madencilik Ltd. Şti.'ne ait olan mermer ocağı incelenmiştir.

Çalışma alanında Kretase yaşlı Anadolu volkano-sedimanter seri yüzeylenme vermektedir.

Üretim açık işletme olarak, basamak yöntemiyle yapılmaktadır. İşletmeye yüzeyde birkaç metrelik bir zonun sıyrılması ile başlanmıştır. Elde edilen blok boyutu genel olarak 150\*75\*20 m civarındadır.

Çalışma sahasından alınan mermer numuneleri üzerinde, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu Kaya ve Zemin Mekaniği laboratuvarlarında deneyler gerçekleştirilerek tekno-mekanik özellikler belirlenmiştir.

Laboratuarda yapılacak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere mermer ocağından blok numuneler alınmıştır.

Bu deneyler sonucunda, eğilme dayanımı 141.44 kg/cm<sup>2</sup>, darbe dayanımı 28 kg/cm<sup>2</sup>, tek eksenli basınç dayanımı 763.35 kgf/cm<sup>2</sup>, böhme aşınma dayanımı 10.04 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>, porozite değeri % 0.34, don sonrası ağırlık kaybı %0.25, ıslanma – kuruma sonrası ağırlık kaybı %0.06, birim hacim ağırlığı 2.69 g/cm<sup>3</sup>, Schmidt sertliği 43.2, özgül ağırlık 2.72 olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Erzincan, Tercan, Mermer, Tekno-Mekanik Özellikler.

## SUMMARY

### **Physico-Mechanical Properties Of Tercan (Erzincan) Marble And Its Economical Assessment**

This study interest in determining of tecno-mechanical properties of Erzincan marbles. In this intention, Granit Marble Mining Company's quarry that are present Erzincan city were investigated.

The geological unit in the studied area are the Cretaceous aged Anatolia volcano-sedimentary series.

Production methods is open surface step in the area. Obtained block size is about 150\*75\*20 m.

The samples taken from the marbles quarry were used for some experiments had been realized at the Rock Mechanic and Soil Mechanic Laboratory of Karadeniz Tecnicl University Geology Engineering Department and Dokuz Eylöl Universitiy Torbalı Vocational School. Also techno-mechanical properties were determined.

Block samples were collected to perform for laboratory tests.

At the results of these tests, bending strength is 141.44 kg/cm<sup>2</sup>, stroke strength is 28 kg/cm<sup>2</sup>, unconfined compression strength is 763.35 kgf/cm<sup>2</sup>, böhme surface strength is 10.04 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>, porosity is % 0.34, weight loss after freezing – thawing test is %0.25, weight loss after wetting – drying test is %0.06, unit weight is 2.69 g/cm<sup>3</sup>, schmidt strength is 43.2, density: 2,72.

**Key Words:** Erzincan, Tercan, Marble, Tekno- Mechanical properties.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması ..... 4
Şekil 1.2.	Karışık renk ve desen içeren blok ..... 15
Şekil 1.3.	Bloktaki çatlak sistemleri ..... 16
Şekil 1.4.	Blokta istenmeyen renkteki kalsit damarları ..... 16
Şekil 1.5.	Bloktaki zararlı mineraller ..... 17
Şekil 1.6.	Blokta istenmeyen kuvars, pirit ve dolomit ..... 18
Şekil 1.7.	Dolomit oluşumlar ..... 18
Şekil 1.8.	Basınç stilolitleri ..... 19
Şekil 1.9.	Tektonik stilolitler ..... 19
Şekil 1.10.	Dünya doğal taş kaynaklarında Türkiye'nin payı ..... 20
Şekil 1.11.	Dünya doğal taş üretim miktarları ve projeksiyonu ..... 21
Şekil 1.12.	Dünya doğal taş ticareti ve projeksiyonu ..... 22
Şekil 1.13.	Dünya mermer ve granit ihracatındaki ülke pazar payı oranları ..... 22
Şekil 1.14.	Dünya işlenmiş doğal taş ihracatında ülke pazar payı oranları ..... 23
Şekil 1.15.	Dünya ham doğal taş ihracatındaki pazar payı oranları ..... 23
Şekil 1.16.	Dünya mermer ihracatındaki ülke pazar payları ..... 24
Şekil 1.17.	Dünya doğal taş ithalatındaki ilk 5 ülkenin pazar payları ..... 24
Şekil 1.18.	Dünya mermer ithalatındaki ilk 5 ülkenin pazar payları ..... 24
Şekil 1.19.	Türkiye'nin önemli mermer yataklarının bölgelere göre dağılımı ..... 25
Şekil 1.20.	Çalışma alanının yer buldur haritası ..... 28
Şekil 1.21.	Çalışma alanının uydudan görünümü ..... 29
Şekil 1.22.	Tercan ovası ve çevresinin ulaşım haritası ..... 30
Şekil 1.23.	Erzincan ili yıllık ortalama sıcaklık grafiği ..... 32
Şekil 1.24.	Erzincan ili yıllık ortalama yağış grafiği ..... 32
Şekil 1.25.	Erzincan ili deprem haritası ..... 33
Şekil 2.1.	Demirkapı Mevkiine ait mermerlerin arazideki görünümü ..... 39
Şekil 2.2.	Deneyde kullanılan piknometreler ..... 43
Şekil 2.3.	Sertlik derecesi (Schmidt çekici)'nin belirlenmesi ..... 47
Şekil 2.4.	Schmidt sertliği-tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi ..... 48
Şekil 2.5.	Türkiye donma-çözülme periyot haritası ..... 49
Şekil 2.6.	Ultrasonik deney aleti ..... 51

Şekil 2.7.	Tek eksenli basınç dayanımı belirlemede kullanılan deney aleti.....	53
Şekil 2.8.	Örneğin deney aletine yerleştirilmesi .....	53
Şekil 2.9.	Örneklerin başlangıçtaki görünümü.....	54
Şekil 2.10.	Örneklerin deney sonucundaki görünümü .....	54
Şekil 2.11.	Darbe dayanımı deney aletinin görünümü .....	55
Şekil 2.12.	Darbe dayanımı deney aletinin yakından görünümü .....	56
Şekil 2.13.	Eğilme dayanımı deney aleti düzeneği .....	58
Şekil 2. 14.	Sürtünme ile aşınma kaybı deney aleti düzeneği.....	60
Şekil 2.15.	Nokta yükleme deney aleti ve konik yükleme başlığı .....	63
Şekil 2.16.	Örnek şekilleri.....	65
Şekil 2.17.	Geçerli ve geçersiz deneylere ait tipik yenilme şekilleri .....	66
Şekil 2.18.	Nokta yük deneyinde kullanılan numunelerin görünümü.....	67
Şekil 2.19.	Nokta yük deneyinin yapılışı .....	67
Şekil 2.20.	Nokta yük deneyi sonucu kırılmış örneklerin görünümü .....	68
Şekil 2.21.	Çekme dayanımında kullanılan örneklerin görünümü.....	69
Şekil 2.22.	Örneğin deney aletine yerleştirilmesi .....	70
Şekil 2.23.	Örneklerin deney sonrasındaki görünümü.....	70
Şekil 2.24.	Duraylılık deneyi için hazırlanan örneklerin görünümü.....	72
Şekil 2.25.	Suda dağılmaya karşı duyarlılık deney aleti düzeneği.....	72
Şekil 2.26.	Örneklerin deney düzeneği içindeki görünümü.....	73
Şekil 2.27.	Los Angeles deney aleti ve kullanılan bilyelerin görünümü .....	74
Şekil 3.1.	Çalışma alanının ve çevresinin genel jeoloji haritası .....	78
Şekil 3.2.	Çalışma alanı ve çevresine ait dikme kesit .....	79
Şekil 3.3.	Çalışma alanı ve çevresine ait enine kesit.....	80
Şekil 3.4.	Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N'de (b) görünümü. ....	81
Şekil 3.5.	Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N'de (b) görünümü. ....	81
Şekil 3.6.	Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N'de (b) görünümü. ....	82
Şekil 3.7.	Mermer ocağı ruhsat alanının topoğrafik haritadaki konumu.....	83
Şekil 3.8.	Elmas tel kesme yöntemiyle yapılan üretim yöntemi .....	86
Şekil 3.9.	Blokta delikler açmada kullanılan sondaj alet kısımları .....	87
Şekil 3.10.	Üretim aşamasında bloktaki düşey delinen delik izleri .....	87
Şekil 3.11.	Yan kesim yapıp çıkartılmaya hazır bloğun görünümü.....	88

Şekil 3.12.	Sayalama makinesi ve sayalama işlemi .....	89
Şekil 3.13.	Katrağın yandan ve üstten şematik görünümü.....	91
Şekil 3.14.	Birinci tip kesim işleminde katrağın önden görünümü.....	92
Şekil 3.15.	ST makinesinin üstten ve yandan görünümü .....	94
Şekil 3.16.	Kafa kesme makinesi .....	96
Şekil 3.17.	Cila makinesi ve kullanılan silici kafaların görünümü .....	98
Şekil 3.18.	El perdah makinesinin görünümü .....	98
Şekil 3.19.	Pah kırma makinesinin görünümü .....	100
Şekil 3.20.	Eskitme tamburunun görünümü.....	102
Şekil 3.21.	Eskitme uygulanmış taşların görünümü.....	102
Şekil 3.22.	Macunlama makinesinin karşıdan görünümü .....	103
Şekil 3.23.	El ile çekiçlemede kullanılan el aletleri .....	105
Şekil 3.24.	Çekiçleme makinesi ve sert uçların görünümü.....	106



## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.1.	Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerin sınır değerleri .....	6
Tablo 1.2.	Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri.....	6
Tablo 1.3.	Kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmeleri için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri.....	6
Tablo 1.4.	Mermer ve kalsiyum karbonat bileşimli kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmeleri için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri .....	7
Tablo 1.5.	Schmidt test çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması .....	8
Tablo 1.6.	Mermer cinslerine göre özgül ağırlıkları .....	8
Tablo 1.7.	Tek eksenli basınç mukavemetine göre taşların sınıflandırılması .....	9
Tablo 1.8.	Taşların poroziteye göre sınıflandırılması .....	10
Tablo 1.9.	Türkiye işletilebilir mermer rezervleri.....	26
Tablo 1.10.	Türkiye'nin mermer rezervindeki en önemli beş ili .....	27
Tablo 1.11.	Erzincan iline ait meteorolojik veriler .....	31
Tablo 2.1.	Los Angeles Aşınma dayanımı için kullanılan elek aralıkları ve numune miktarları.....	73
Tablo 3.1.	Ruhsat alanının koordinatları.....	82
Tablo 3.2.	Rezervli alanın koordinatları.....	84
Tablo 3.3.	Su emme oranı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	107
Tablo 3.4.	Özgül ağırlık deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	108
Tablo 3.5.	Su içeriği deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	109
Tablo 3.6.	Birim hacim ağırlık deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	109
Tablo 3.7.	Porozite deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	110
Tablo 3.8.	Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması.....	111
Tablo 3.9.	Schmidt çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması .....	111
Tablo 3.10.	Mermerlere ait donma - çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile deney başlangıcı ve deney sonu boyuna dalga hızları ve tek eksenli basınç dirençleri .....	112
Tablo 3.11.	Sonik hız deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	113

Tablo 3.12.	Ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri ile ayrışma katsayısı arasındaki ilişkiler.....	113
Tablo 3.13.	Ultrasonik hız sınıflandırılması.....	114
Tablo 3.14.	Mermerlere ait ıslanma - kuruma deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile deney başlangıcı ve deney sonu boyuna dalga hızları ve tek eksenli basınç dirençleri .....	114
Tablo 3.15.	Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	115
Tablo 3.16.	Darbe dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	116
Tablo 3.17.	Eğilme dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	116
Tablo 3.18.	Aşınma kaybı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	117
Tablo 3.19.	Nokta yük dayanım indeksi deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	117
Tablo 3.20.	Dolaylı çekme dayanım deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	118
Tablo 3.21.	Mermerlerin suda dağılmaya karşı duyarlılık indeks değerleri ve dağılma dayanım sınıflandırılması.....	118
Tablo 3.22.	Los Angeles aşınma dayanım deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları .....	119
Tablo 3.23.	Kimyasal analiz deney sonuçları .....	119
Tablo 3.24.	Tercan mermerlerinin fiziksel özelliklerinin TSE standartlarına göre değerlendirilmesi.....	120
Tablo 3.25.	Tercan mermerlerinin mekanik özelliklerinin TSE standartlarına göre değerlendirilmesi.....	121
Tablo 3.26.	Tercan mermerlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin ASTM C 97, C 170, C 99, C 241 standartlarına göre değerlendirilmesi .....	121

## SEMBOLLER DİZİNİ

- MTA** : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlü ü
- TSE** : Türk Standartlar Enstitüsü
- ISRM** : Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlar
- MPa** : Megapaskal
- V** : Hacim
- N** : Porozite
- W<sub>k</sub>** : Örneğin kuru ağırlığı
- W<sub>d</sub>** : Örneğin doygun ağırlığı
- W<sub>s</sub>** : Örneğin katı tane ağırlığı
- D<sub>o</sub>** : Özgül Ağırlık
- G<sub>pn</sub>** : (Piknometre + deney numunesi) kütlesi
- G<sub>p</sub>** : Piknometre kütlesi
- G<sub>pns</sub>** : (Piknometre + deney numunesi + su) kütlesi
- G<sub>ps</sub>** : Su ile dolu piknometre kütlesi
- γ<sub>k</sub>** : Tabii yapı taşının kuru birim hacim ağırlığı
- γ<sub>d</sub>** : Tabii yapı taşının doygun birim hacim ağırlığı
- γ** : Birim hacim ağırlık
- σ<sub>c</sub>** : Tek eksenli basınç dayanımı
- c<sub>eğ</sub>** : Mermerin eğilme dayanımı
- T** : Dalganın, örneği geçme zamanı
- A<sub>k</sub>** : Ağırlık kaybı
- P<sub>k</sub>** : Kırılmaya sebep olan en büyük yük
- A** : Taşın yüzey alanı
- D<sub>n</sub>** : Mermerin darbe dayanımı
- n** : Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.
- L<sub>m</sub>** : Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi
- b** : Deney numunesinin genişliği
- h** : Deney numunesinin kalınlığı
- Δ<sub>d</sub>** : Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri

- $d_0$**  : Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı  
 **$d_1$**  : Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı  
 **$V_0$**  : Taşın deneyden önceki hacmi  
 **$V_1$**  : Taşın deneyden sonraki hacmi  
 **$De$**  : Eşdeğer çap  
 **$P$**  : Yenilme yükü  
 **$F$**  : Boyut düzeltme faktörü,  
 **$Is$**  : Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı  
 **$Is(50)$**  : Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi  
 **$C_t$**  : Mermerin yarmada çekme dayanımı  
 **$Ft$**  : Mermerin yenilme yük değeri  
 **$D$**  : Mermer numunesinin çapı  
 **$L$**  : Mermer numunesinin boyu  
 **$K_{500}$**  : 500 devir sonunda aşınma kaybı  
 **$G_0$**  : Deney numunesinin deneyden önce kütlesi  
 **$G_{500}$**  : Deney numunesinin 500 devir sonunda göz açıklığı 1.7 mm olan elek üzerinde kalan kısmının kütlesi  
 **$cm$**  : Santimetre  
 **$m$**  : Metre  
 **$km$**  : Kilometre  
 **$I_{d5}$**  : Beşinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi  
 **$V_k$**  : Kuru sonik hız  
 **$V_d$**  : Doygun sonik hız  
 **$V_{s.ort}$**  : Ortalama Sonik Hız  
 **$\%$**  : Yüzde  
 **$A_w$**  : Ağırlıkça su emme  
 **$H_w$**  : Hacimce su emme

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İlk çağlardan beri insanlar yapı, konut ve yaşadıkları diğer yerleri doğal taşlardan yapmaya özen göstermişlerdir. Doğal taşlar, insanoğlu tarafından bilinen en eski inşaat malzemelerinden biridir. Doğal taşların inşaatlarda ve süs eşyalarında kullanımı 5–10 bin yıl önce başlamıştır (Bilgin ve Çakır, 1998). Zamanla, yaşam seviyeleri yükselen toplumların, güzel görünüşlü ve dayanıklı olması nedeniyle doğal taşları tercih etmeleri, bu ürünü zenginliğin ve refahın sembolü haline getirmiştir. Gelişen endüstri ve teknolojiye paralel olarak doğal taşların kullanımının artması da bunu göstermektedir.

Doğal kaynakların ülke kalkınmasındaki önemi büyüktür. Doğal kaynaklar içerisinde madenler, sınırlı kaynak oluşları ve genelde kırsal bölgelerde bulunmalarından dolayı ayrıcalıklıdır (MTA,1977).

Mermer, çok eski çağlardan beri medeniyetlerin kurulması ve gelişmesinde önemli bir faktör olmuştur. Günümüzde de ayrıcalıklı üstünlüğü, önemi artan bir şekilde devam etmektedir. Mermer; görünümü, sağlamlığı, uzun ömrü ve ekonomikliği göz önüne alındığında en çok kullanılan doğal yapı taşıdır (DPT,1996).

2000 yıl önce Marmara adasında başlayan antik mermer işletmeciliğinden dolayı adını Marmara adasından alan mermer, son yıllarda gerçekleştirdiği hızlı gelişmeye paralel olarak sağladığı istihdam, yarattığı katma değer ve kazandırdığı yüz milyonlarca dolarlık ihracat geliriyle madencilik sektörünün lokomotifi olmuştur.

Mermercilikte kalite anlayışı her devirde olmuş ve günümüzde daha detaylı ve farklı yönlerde daha da genişlemiştir. Mermerlerin kullanıldığı yer ve amaca uygunluk derecesi, fiziksel durumu, renk, desen ve tekno-mekanik özellikleri bakımından yeterli derecede tanınabilmesi ile bu yöndeki çabaları kolaylaştıracağı görüşü ağırlık kazanmıştır. Mermerlerin bu özelliklerinin en iyi şekilde belirtilmesi ve standartlar dâhilinde kullanımına uygun hale getirilmesi mermerin hem kalitesini, hem de ekonomik değerini arttırmaktadır. Buna paralel olarak da, yurt içi ve yurt dışında daha iyi pazar imkânlarını arttırmaktadır.

Mermer, tarihi boyunca değişik uygarlıklar tarafından dayanıklılığı ve estetik görünümü nedeni ile özellikle anıtlarda, görkemli yapı malzemesi olarak kullanılmış olup;

günümüzde genellikle zemin döşeme (% 36), iç (% 14) ve dış (% 10) cephe kaplama malzemesi olarak inşaat sektöründe, mezarlıklarda (% 11) ve süs eşyası (% 8) yapımında kullanılmaktadır. Bunların dışında fabrika ve atölyelerdeki yüksek CaCO<sub>3</sub> bileşimli artıklar öğütülerek boya, seramik, soda, kostik, şeker, yem, suni gübre sanayilerinde değerlendirilmektedir (Altaş, 2006).

İç ve dış cephe kaplamalarından, yer döşemesine, sanatsal yapılara ve mezar taşlarına kadar birçok yerlerde kullanılan mermerlerin uygun yerlerde kullanılabilmesi için oluşum ve bulunuş şekillerinin yanı sıra fiziksel ve fiziko-mekanik özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir (Demirer, 1991).

Mermerin yaygın ve bilinçli kullanılması, ihraç ve ithal edilmesi, şüphesiz bütün dünyada kullanılan standart deney metotlarıyla deneye tabi tutulması ve elde edilen sonuçların yayımlanması ile artacaktır. Hangi mermerin nerede ve nasıl kullanılacağına deney sonuçlarının değerlendirilmesi ile karar vermek daha bilinçli bir yaklaşımdır. Yapılan deneylerin güvenli ve belirli bir standarda oturtulması büyük önem taşır. Ülkemizde yayımlanan deney sonuçlarındaki en büyük eksiklik ve yanlışlık deneylerin hangi standarda göre yapıldığının belirtilmemesidir. Mermerin kullanım yerlerinin belirlenmesinde, mermere ait özelliklerin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle günümüzde mermerin teknik özelliklerinin belirlenmesi zorunlu hale gelmiştir. Teknik özellikler bilinmediği takdirde, kullanım aşamasında büyük problemler çıkabilmekte ve bunun sonucunda da önemli düzeyde malzeme ve işgücü kayıpları doğmaktadır (Osmanlıoğlu; Ersoy,1993).

Bu çalışmanın amacı; Erzincan ili Tercan ilçesi Demirkapı yöresi mermerlerinin, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemektir.

## **1.2. Doğal Taşlar Hakkında Genel Bilgiler**

Geçmişe dönüp bakıldığında insanoğlunun var oluşundan bu yana kullandığı en eski yapı malzemesi doğal taşlardır. Doğal taşlar, başta yapı malzemesi olmak üzere çeşitli amaçlarda kullanılmış ve bunun sonucu olarak mermer sektörü önemli sanayi dallarından biri olmuştur. Günümüzde mermer sektörü, başta İtalya olmak üzere İspanya, Portekiz, Yunanistan, Brezilya, G. Afrika, Çin ve daha birçok ülkede ileri teknolojilerin kullanıldığı son derece önemli bir sektör durumundadır (Özdemir, 2009).

Mermer, kalker ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomitik kalkerlerin ( $\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$ ) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, yeniden kristalleşmesi sonucunda oluşan metamorfik kayalar olarak tanımlanmaktadır.

Ticari ve endüstriyel anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir anlam taşımaktadır. Blok verebilen, kesilerek parlatılıp cilalanabilen, dayanıklı ve göze hoş gelen her türlü kayalar (mağmatik, metamorfik, sedimanter) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde mineralojik, yapısal ve jeolojik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Görgülü, 1994).

### 1.2.1. Mermerlerin Genel Sınıflandırılması

Doğal taşlar (endüstriyel anlamda mermerler), oluşum esnasındaki şartlara bağlı olarak farklı mineralojik, kimyasal ve yapısal özelliklere sahip olmaktadır. Buna bağlı olarak, mermerler aşağıdaki şekilde 4 ana grupta sınıflandırılmaktadır (Balgar, 1978, Folk ve Chafez, 1984, Gua ve Riding, 1998).

A) Mineral tane boyutlarına göre;

a) İnce taneli mermer (1 mm)

b) Orta taneli mermer (1-5 mm)

c) İri taneli mermer (5 mm ile 1-2 cm)

B) Mineral bileşim ve oranlarına göre;

a) Mermer: % 95 kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) içerir. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Kuvars ve mika gibi diğer mineralleri içerebilir.

b) Kalşist: % 60-70 kalsit içerir. Şistli yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Klorit, epidot, mika ve lepidolit gibi diğer mineralleri içerebilir.

c) Spolen: % 80 kalsit içerir. Şistli yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Flaapit, tremotil, diyopsit, plajiyoklas ve gröna gibi diğer mineralleri içerebilir.

d) Mermer-Skarn: % 80-90 kalsit içerir. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Epidot, diyopsit, gröna, olivin ve plajiyoklas gibi diğer mineralleri içerebilir.

C) Yapı ve dokularına göre;

a) Masif mermer: Kompakt görünümlü, ince veya iri taneli olabilir

b) Laminal mermer: Renkli şeritli görünümde, ince taneli şeritler halinde farklı mineral içerirler.

c) Şistli mermer: Yapraklı yapıda ve önemli miktarda mika içermektedirler.

d) Breşik mermer: Oluşumundan sonra gelişmiş kırıkların arasını ikincil mineraller doldurmuştur. Dolgular farklı renk ve mineral içerikli olabilirler.

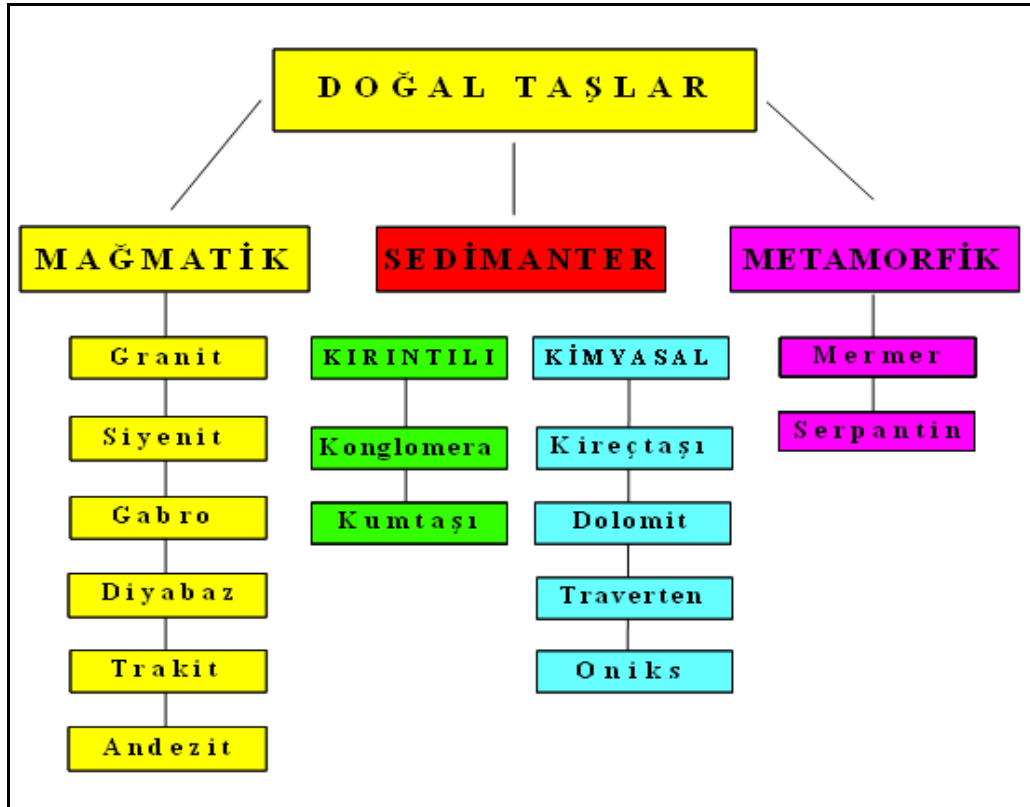
D) Jeolojik oluşumlarına göre;

a) Mağmatik kayaçlar (Granit, diyabaz, siyenit, bazalt vb.)

b) Metamorfik kayaçlar (Hakiki mermerler, amfibolit, fillit vb.)

c) Sedimanter kayaçlar (Kireçtaşları, oniks mermerler, travertenler vb.)

Doğal taşlar için birçok sınıflandırma sistemi geliştirilmiş olmakla birlikte oluşumlarına göre yapılan sınıflandırma daha yaygın kabul görülmektedir. Zira oluşum koşullarına bağlı olarak fiziksel ve fiziko-mekanik dayanım özellikleri şekillenmektedir. Aynı sınıf içerisinde yer alan kayaçlar birbirine yakın değerlere sahip olmakta, farklı sınıflı kayaçlar ise birbirleri arasında daha kolay karşılaştırılabilmektedir. Şekil 1.1’de oluşumuna göre yapılan doğal taş sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 1.1. Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması, (TSE 699, 1987).



### 1.3. Doğal Yapıtaşlarının Kullanım Alanları ve Kullanılan Standartlar

Mermerlerin kullanım yerlerinin belirlenmesinde birçok faktör etki etmektedir. Bu nedenle mermerlere ait fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerini tanımlayan bazı deneylerin yapılmış olması gerekmektedir. Doğru seçim, mermerin araştırılan niteliklerinin beklenen standartlara uymasıyla mümkün olmaktadır.

Mermerlerin başlıca kullanım alanları; taşıyıcı yapı elemanı, taşıyıcı konsol ve merdiven basamağı, duvar kaplaması, taban kaplaması, çatı kaplaması, tezgâh, masa üstü, iç dekorasyon, plastik sanatlar, heykel ve büst olmaktadır (Altaş, 2006).

Mermerlerde aranan özellikler; renk ve desen homojenliği, blok verme ve kesilip cilalanabilme, atmosferik etkilere dayanıklılık denebilir. Mermerlerin en önemli özellikleri renkleri olup, estetik amaçlarla kullanılan endüstriyel hammaddeler sınıfında yer almaktadırlar. Bu nedenle taşın bir ticari anlamda mermer sayılabilmesi için renginin cazip olması gerekir. Bununla birlikte mermerlerin renk ve desen yönünden arzu edilen homojenliğe sahip olmaları istenir, yani bir yataktan alınan mermerin sürekli olarak, yatağın her yerinde aynı renk ve desende olması arzu edilir.

TSE 1910'a göre kaplama olarak kullanılan mermerlerde belirlenmesi gereken fiziksel ve mekanik özellikler; özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür porozite, tek eksenli basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, darbe dayanımı ve aşınma dayanımı olup, bu özellikler TSE 699'da belirtilen metotlara göre belirlenmektedir (Altaş, 2006).

Mermerlerin önemli bir özelliği de gözenekliliktir. Mermerlerin gözenekliliğinin düşük olması gerekmektedir. Gözenekliliğin çok olması su emme yoluyla renk bozulmalarına ve donma ile çatlamalara neden olabilmektedir. İyi kalitede mermerlerde gözeneklilik %0.0002 ile %0.5 arasında değişmektedir. TSE 1910'a göre kaplama taşı olarak kullanılan kayaçlarda gözeneklilik %2'yi geçmemelidir.

Mermerlerin çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılanlar için önemli bir nokta olmaktadır. Az su emen mermerler binaların dış kaplaması için ideal olmaktadır. T.S. 1910'a göre atmosfer basıncı altında mermerlerde su emme yeteneği % 0.75' den az olmalıdır. Mermerler kullanım yerlerinin her birinde darbe kuvvetlerine maruz kalabilmektedirler. T.S. 1910 'a göre kaplama malzemesi olarak kullanılacak mermerlerin darbe dayanımlarının en az 30 kgf/cm<sup>3</sup> olması gerekmektedir. Aşınma dayanımlarının ise T.S. 1910'a göre 15 cm<sup>3</sup> / 750 cm<sup>2</sup> den fazla olmaması istenmektedir (Altaş, 2006).

Tablo 1.1. Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerin sınır değerleri, (TSE 2513).

<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Sınır Değer</b>	<b>Mekanik özellikler</b>	<b>Sınır Değer</b>
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	> 2.55	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	> 500
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 1.80	Eğilme Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	> 50
Don sonrası Ağırlık Kaybı (%)	< 5	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	< 15
		Darbe Direnci (Kgf.cm/cm <sup>3</sup> )	> 6

Tablo 1.2. Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri, (TSE 1910).

<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Sınır Değer</b>	<b>Mekanik özellikler</b>	<b>Sınır Değer</b>
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	> 2.55	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	> 500
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 0.75	Eğilme Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	> 50
Porozite (%)	< 2	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	< 15
Don sonrası Ağırlık Kaybı (%)	< 5		

Tablo 1.3. Kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmeleri için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri, (ASTM C 97, C 170, C 99, C 241).

<b>Fiziksel ve Mekanik Özellikler</b>	<b>Sınır Değerler</b>	<b>Sınıflandırma</b>	<b>ASTM Test Metodu</b>
Ağırlıkça Su Emme (Maks.) (%)	0.75	I, II, III, IV	C 97
Birim Hacim Ağırlık (Min.) (gr/cm <sup>3</sup> )	2.595	I Kireçtaşı Mermer	C 97
	2.800	II Dolomit	
	2.690	III Serpantin	
	2.305	IV Traverten	
Tek Eksenli Basınç Direnci (Min.) (Kg/cm <sup>2</sup> )	520	I, II, III, IV	C 170
Eğilme Direnci (Min) (Kg/cm <sup>2</sup> )	70	I, II, III, IV	C 99
Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (Maks.) (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	10	I, II, III, IV	C 241

Tablo 1.4. Mermer ve kalsiyum karbonat bileşimli kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmeleri için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri, (TSE 10499).

Fiziksel Özellikler	Sınır Değer	Mekanik özellikler	Sınır Değer
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 0.4	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm <sup>2</sup> ) (Döşeme) Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm <sup>2</sup> ) (Kaplama)	> 500 > 300
Doluluk Oranı (%)	> 98	Eğilme Direnci (Kg/cm <sup>2</sup> )	> 60
Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	< 1	Don Sonrası Basınç Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	> 300
		Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>3</sup> / 50 cm <sup>2</sup> ) (Döşeme)	< 15
		Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>3</sup> / 50 cm <sup>2</sup> ) (Kaplama)	< 25
		Darbe Direnci (Kg.cm/cm <sup>3</sup> ) (Döşeme)	> 6
		Darbe Direnci (Kg.cm/cm <sup>3</sup> ) (Kaplama)	> 4

#### 1.4. Mermerlerin Teknik Özellikleri

Mermerlerde bazı mekanik ve fiziksel özellikler, diğer özelliklerine göre kullanım yerleri ve amacı göz önünde bulundurulduğunda daha çok önem arz etmektedir. Bu özellikleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

##### 1.4.1. Mermerlerde Sertlik

Genel olarak sertlik düzgün yüzeyli kayacın taze yüzeyinin göreceli olarak değişik cisim, alet ve cihazlarla tespit edilebilen bir özelliğidir. Mermerin sertliğini belirleyen temel özellikler şöyle sıralanabilir;

Mineral bileşimi; içinde bulunan minerallerin sertliği mermerin sertliğini belirler. Bir mineralin sertliği o minerale dıştan gelen bir etkiye karşı göstermiş olduğu dirençtir.

Tane boyutu; tane boyut dağılımının iri ve tane sınırlarının düz olması, mermerin sertliğinin düşük olmasına neden olmaktadır. Tane boyut dağılımının genelde ince, sınırlarının ise grift olması mermerin sertliğini artırmaktadır. Tane sınırlarında yuvarlaklık ve tane boyutu arttıkça sertlik azalmakta, kristal boyutu inceldikçe ve tane sınırları griftleştikçe sertlik artmaktadır (Önenç, 1998).

Mermerin sertliği cinsine göre değişir. Silikat minerallerinin çoğalması sertliği arttırır. Mermerin sertliğinin, biilme ve cilalanma konuları ile yakın ilgisi vardır. Sert mermerlerin üretilmesi ve biçilmesi, yumuşak cinslere nazaran zordur. Buna karsın çok iyi cila kabul ederler. Ancak cilalanmaları da oldukça işilik ve zaman ister. Sert mermerler bu zorluklara rağmen kolay yıpranmadığı için en çok arzu edilen cinstir. Binalarda daha ziyade kapı eşiklerinde ve döşemelerde kullanılırlar (Onargan vd; 2006).

Schmidt deney çekici geri tepme değerlerine göre taş sınıflandırması Tablo 1.5'te görülmektedir (Brawn 1981).

Tablo 1.5. Schmidt test çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması

<b>Kaya Sınıfı</b>	<b>Schmidt ekici Geri Tepme Sayısı</b>
Yumuşak	0–10
Az Yumuşak	10–20
Az Sert	20–40
Sert	40–50
Oldukça Sert	50–60
Çok Sert	> 60

#### 1.4.2. Mermerlerde zgl Ağırlık

Mermer olarak kullanılabilen taşların özgül ağırlıkları geniş anlamda 2200–3200 kg/m<sup>3</sup> arasında değişir. Mermerlerin zgl ağırlıklarının bilinmesi özellikle, yüklemede kullanılan halat kalınlıklarının ve nakliye ücretlerinin belirlenmesinde önem kazanmaktadır. Buna göre bazı mermer cinsleri için özgül ağırlıkları Tablo 1,6'da görülmektedir (Onargan vd; 2006).

Tablo 1.6. Mermer cinslerine göre özgül ağırlıkları

<b>Mermer Cinsi</b>	<b>zgl Ağırlıklar (t / m<sup>3</sup>)</b>
Traverten	2200–2500
Dolomit	2400–2900
Kristalize Kalker	2400–2700
Serpantin	2550–2750
Siyenit	2700–3000
Bazalt	2750–3200
Granit	2650–2850

### 1.4.3. Mermerlerde Basınç Mukavemeti

Mermerlerin basınç mukavemeti, kristal durumuna, porozite ye, CaCO<sub>3</sub> miktarına ve yabancı madde içeriğine göre farklı olup, genellikle tek eksenli basınç altında 500 – 1500 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişen basınç mukavemetleri gösterirler. Mukavemet tabakalaşmaya dik yönlerdeki yüklemelerde paralel yöne göre daha büyüktür. (Onargan vd; 2006). Tek eksenli basınç mukavemeti araştırmacıların yaygın olarak kullandıkları bir sınıflama biçimidir. Taşların tek eksenli basınç mukavemetine göre sınıflandırılması Tablo 1.7'de görülmektedir (Tarhan, 2002).

Mukavemet şekil değiştirme diyagramları bir cisimden diğerine farklılık gösterir. Bu diyagramlar aynı bir cisim için bile deneyin yapıldığı sıcaklığa, deney hızına ve diğer faktörlere bağlı olarak da değişir. Büyük şekil değiştirmelere mukavemet edebilen malzemelere *sünek* bunun tersi ise *gevrek* malzemelerdir (Bilir, 2006).

Tablo 1.7. Tek eksenli basınç mukavemetine göre taşların sınıflandırılması

Taş Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )
Çok Yüksek Dayanımlı	> 2000
Yüksek Dayanımlı	2000–1000
Orta Dayanımlı	1000–500
Düşük Dayanımlı	500–250
Çok Düşük Dayanımlı	< 250

### 1.4.4. Mermerlerde Gözeneklilik (Porozite)

Mermerlerin gözenekliliği, mermer bünyesindeki taneler arasında bulunan, fosillerin erimesiyle meydana gelir. İyi nitelikli bir mermerde gözeneklilik %0.0002 ile %0.5 arasında değişir. Dış etkilere maruz kalacak mermerlerde gözenekliliğin çok az olması istenir. Fazla gözeneklilik suları emerek mermerlerde renk değişikliliğini meydana getirir. Emilen bu suların donmasıyla mermerde çatlamada meydana gelebilir (Önenç, 1998).

Mermerin gözenekliliğini tanımlayan porozite, taştaki boşluk hacminin, toplam hacme oranının yüzde olarak ifadesidir. Boşluğun boyutu ne olursa olsun, mermerde boşlukların bulunması arzu edilmez. Fakat bazı özel tip mermerlerde ve travertenler de bu durum bir kusur oluşturmaz. Buna karsın siyah mermerlerde daha çok kömür, şist, bitüm

ve grafit içermesinden dolayı meydana gelen boşluklar kusur sayılır. Porozite ne kadar büyürse mermerin ekonomikliği o derece azalır. Atmosfer etkilerine mukavemet özelliği, porozitenin artmasıyla azalmaktadır (Bilir, 2006).

Porozite, taşların geçirgenliğinin saptanmasında, taşlardaki sızma problemlerinde ve su hareketliliğinin ortaya konulmasında önemli rol oynamaktadır. Porozite aynı zamanda taşların mekanik özellikleri üzerinde de etkili olmaktadır. Poroziteyi artıran boşluklar arttıkça kayacın mukavemeti azalmakta ve taş içinde farklı gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozite, taşların ağırlıkları, ses ve ısı iletkenlikleri üzerinde de etkili olmaktadır. Porozite, taş sınıflandırılması için birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Taşların porozitelerine göre sınıflandırılmaları Tablo 1.8’de görülmektedir (Tarhan, 2002).

Tablo 1.8. Taşların poroziteye göre sınıflandırılması

<b>Porozite (%)</b>	<b>Kaya Sınıfı</b>
< 1	Çok Kompakt
1–2.5	Az Boşluklu
2.5–5	Orta Boşluklu
5–10	Oldukça Boşluklu
10–20	Çok Boşluklu
> 20	Çok Fazla Boşluklu

#### **1.4.5. Mermerlerde Görünüş**

Mermerler saf olduklarında renkleri beyaz veya süt beyazı tonlarındadır. Genel olarak renklenme, saf olmamaları, yani mermeri oluşturan esas mineral (kalsit) yanında tali veya az oranda yabancı element ve minerallerin renklerinin etkisiyle renk değişimi görülür. Renklenme, boyayıcı maddelerin miktarlarına bağlı olmayıp, dağılım biçim ve derecelerine bağlıdır. Buna göre mermerlerde izlenen çeşitli renklenmeler, çeşitli element ve minerallerin etkisi şöyledir: Kalsit, Dolomit, Manyezit beyaz; Azurit, Lazurit mavi; Hematit kırmızı; Limonit kahverengi; Serpantin koyu yeşil; Kuvars renksiz, gri ve değişik renkleri; Diopsit saydam; Sodalit mavi, gri; Olivin zeytin yeşili renklerini verirler (Bilir, 2006).

Mermerin rengi, cilalanan yüzeyin cilalanma durumuna göre de değişebilmektedir. Aşırı derecede uygulanan cilalamalar taşın rengini koyulaştırmaktadır. Mermerin saydamlığı, bir mermerin ışık geçirme kapasitesidir. İnce kristalli, yağmsı bir görünümü

olan mermerler saydamdırlar. Bunlar heykeltıraşlıkta, biblo vb. eşyaların yapımında kullanılır. İyi cins heykeltıraş mermerinde ışığın nüfuz edebileceği derinlik 1 – 3.5 cm kadardır (Onargan vd, 2006).

Farklı renklerdeki kalsit damarları taş rengi ile uyumsuzluk arz ediyorsa, istenmez. Kalsit damarlarını içeren kayacı farklı yönlerde keserek belirli desenler elde edilmesi sonucunda iç mimaride kullanılabilir (Öneç, 1998).

## **1.5. Mermer Ocaklarında Blok Mermer Üretimini Etkileyen Jeolojik Sorunlar**

Blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler, birincil ve ikincil jeolojik parametreler olarak iki ana grup altında toplanabilir (Yavuz, 2003).

### **1.5.1. Birincil Jeolojik Parametreler**

Birincil jeolojik parametreler mermer ocakları içerisindeki, blok boyutlarını direkt olarak sınırlayan süreksizlik düzlemleridir (İlksel tabakalanma, tektonik kırık ve çatlaklar).

#### **1.5.1.1. Süreksizlik Düzlemleri**

Bir kayanın blok mermer kaynağı olarak kullanılabilmesi için ekonomik boyutlarda kaya blokları (4–10 m<sup>3</sup>) veriyor olması ve bu bloğun üretiminde ekonomik verimlilikte olması (> 25) gerekir. Kayaçların içerdikleri süreksizlik düzlemleri, o kayadan alınabilecek blok boyutlarını doğal olarak sınırlandırmaktadırlar. Bu nedenle bir sahada blok mermer üretimine geçilmeden önce, o kayanın içerdiği süreksizlik düzlemleri tanımlanmalı ve genel özellikleri olan konumları, çatlak-ara uzaklıkları ve devamlılıkları belirlenmelidir.

### **1.5.2. İkincil Jeolojik Parametreler**

İkincil jeolojik parametreler ise, blok mermer üretimi esnasında kaya üzerinde oluşan gerilmeler neticesinde, buldukları yüzeyler boyunca kırılmalara neden olan ve blok mermer üretimi dışında, üretilen kaya bloklarının fabrikalarda kesilmesi/işlenmesi aşamalarında da sorun yaratan jeolojik parametrelerdir.

### **1.5.2.1. Foliasyon Düzlemleri**

Mermer ocaklarında blok mermer üretimini etkileyen en önemli parametrelerden birisi foliasyon düzlemleridir. Bunlar, kesilen kaya bloklarının devrilmesi ya da taşınmaları esnasında gelişen darbelerin etkisiyle, buldukları yüzeyler boyunca ve genellikle birbirlerine paralel düzlemler oluşturacak şekilde kırılmalara neden olmaktadır. Diğer bir olumsuz etkisi ise, kaya blokların fabrikalarda işlenmeleri esnasında ortaya çıkabilmektedir. Bu kaya bloklarının fabrikalarda kesilmesi ve işlenmesi esnasında büyük üretim zayıfları gelişmekte ya da bloklar tümüyle değerlendirilememektedirler.

### **1.5.2.2. Kapalı-Kılcal Süreksizlikler Düzlemleri**

Mermerler içerisinde metamorfizma öncesi ya da sonrasında gelişmiş tektonik aktiviteler neticesinde oluşmuş kapalı kılcal süreksizlik düzlemleri yer alabilir. Metamorfizma öncesi gelişen türleri metamorfizmanın etkisi ve şiddetine bağlı olarak kısmen ya da tamamen kapanmış olabilir. Bu süreksizlikler kayalar içerisinde anizotropi oluşturmakta yani bu düzlemler boyunca kayaların kesme direnci zayıflamaktadır. Bunun sonucunda bu süreksizlik düzlemlerini içeren kaya blokları foliasyon düzlemlerinde olduğu gibi, devrilmeleri ya da taşınmaları esnasında gelişen darbelerin-etkisiyle, buldukları yüzeyler boyunca kırılmalara neden olmaktadır. İçerilerinde yer aldıkları kaya kütlelerini değişik açılarda kesen kapalı ve genellikle düşük devamlılığa sahip (5–50 cm) bu süreksizlik düzlemleri parlatılmış beyaz renkli mermer yüzeylerinde kahverengi ile gri renk tonlarında çizgiler şeklinde gözlenebilmektedirler. Bu süreksizlik düzlemlerinin kırılma yüzeyleri kaygan bir görünüm sunmaktadır. Bu nedenle mermer sektöründe bu düzlemler yağlı kesik tabiri ile tanımlanmaktadır. Arazide kaya mostralarında ve hatta kesilmiş kaya bloklarında bile tespiti zor olan bu süreksizlik düzlemleri mermer ocakları ile fabrikalarının üretim zayıflarını son derece yüksek oranlarda arttırmaktadırlar.

### **1.5.2.3. Dolomitik Zonlar**

Mermerler içerisinde gözlenen yönlenelemelere paralel konumlu ya da değişik boyut ve konumlarda bant ve merccekler şeklinde gelişmiş dolomitik zonlar yer alabilmektedir.



Pembe-sarımsı pembe renklerinde gözlenen dolomitik bant ve mercekleri, kayaç içerisinde renk ve desen homojenitesini bozmaktadırlar. Ayrıca içerisinde yer aldığı mermerlere oranla daha sert olan bu dolomitik zonlar, fabrikalarda ve özellikle kesilen levhaların parlatılması aşamasında sorunlar üretmektedirler. Bu nedenle, içerisinde dolomitik bantlar ya da mercekler içeren mermer blokları, genellikle değerlendirilememektedir.

#### **1.5.2.4. Zımpara Mercekleri**

Mermerler içerisinde değişik kalınlık ve devamlılık sunan zımpara mercekleri yer almaktadır. Zımpara, kayaç içerisinde değişik boyutlarda mercekler şeklinde yer alabildiği gibi, süreksizlik dolgusu şeklinde de yer alabilmektedirler. Ocak içerisinde gözlenen zımpara mercekleri blok mermer üretimini olumsuz yönde etkilemektedirler. Zımparaların oldukça sert olması nedeniyle, buldukları zonlar boyunca blok mermer üretiminde kullanılan elmas telin aşınmasına ya da kopmasına neden olmaktadır. Ayrıca zımpara içeren kaya blokları da benzer gerekçe ile fabrikalarda kesilememekte ve değerlendirilememektedirler.

#### **1.5.2.5. Kalsit Mercekleri**

Özellikle Muğla yöresinde yer alan birçok mermer ocağının pasa sahasında yapılan incelemelerde, çok sayıda mermer bloğu içerisinde, iri kalsit kristallerinden oluşmuş kalsit merceklerin yer aldığı gözlenmiştir. Ocak şev aynalarında dikkatli bir inceleme sonucunda gözlenebilen kalsit merceklerinin kalınlıkları, 10 cm ile 50 cm arasında değişmektedir. Kayaç içerisinde renk ve desen homojenitesini bozmaları ve düşük dayanıma sahip olmaları nedeniyle, kalsit merceği içeren mermer blokları kullanılamamaktadır.

#### **1.5.2.6. Ayrışma**

Ayrışma sonucunda kayacı oluşturan mineraller değişime uğrayarak yeni mineraller oluşur, kayacın yapısal özellikleri değişir ve porozitesi ile boşluk oranı artan kayacın birim hacim ağırlığı ile dayanımı azalır. Mermerlerdeki en yaygın görülen ayrışma türü şekerleme ayrışmasıdır. Kayacın orijinal görünümünü kısa sürede değiştiren ayrışma iki

ayrı şekilde gelişir. İri kristalli mermerlerde, kayacın içerdiği kalsit taneleri birbirlerinden bağımsız hale gelir ve kayacın yüzeyi iri kalsit kristallerinden oluşan bir kum halini alır. İkinci türde ise kayacın yüzeyi içerdiği kalsit parçalarından kopan kalsit tanelerinden oluşmuş bir toz ile kaplanır. Mermer işletmeciliğinde ayrışma profilinin üst seviyelerine yanık zon adı verilmektedir. Ocaklardaki üretim bu seviyenin altında yapılması nedeniyle ayrışma genel olarak ve ayrışma profilinin derinliğine bağlı olarak üretimin ilk aşamalarında, üretim maliyetini arttırmaktadır. Ancak mermer ocaklarında devamlı ve açık süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak gelişen ve kayacın iç kısımlarında da etkili olan düşey ayrışma zonları gelişmiş olabilir. Genellikle dar alanlarda gözlenen bu zonlar mermer ocaklarının üretim maliyetlerini zaman içerisinde arttırabilir (Yavuz, 2003).

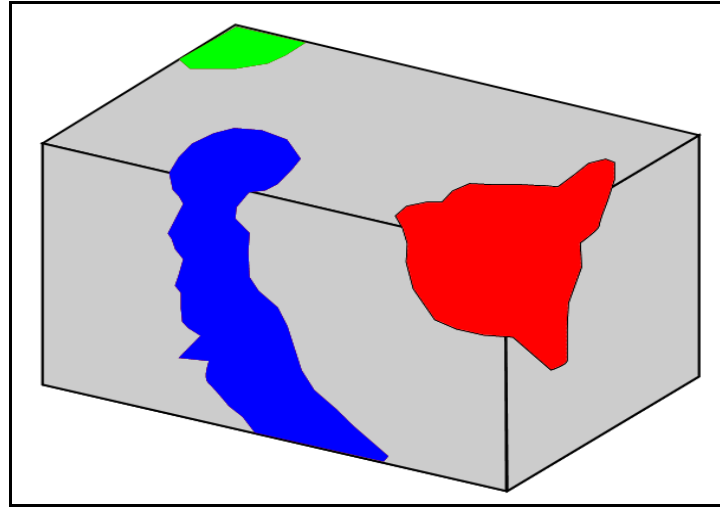
Sonuç olarak; mermer ocaklarından minimum kayıpla maksimum blok verimi elde etmek için jeolojik faktörlerin tespit edilerek, mermer ocaklarının bu faktörler göz önüne alınarak açılıp yönlendirilmesi gerekir. Bir kaya kütlelerinin doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için sadece ekonomik boyutlarda blok veriyor olması tek yeterli koşul değildir. Kayaçların fiziko-mekanik özellikleri ve buna bağlı teknolojik (kesilebilirlik, parlatılabilirlik) özellikleri doğal yapıtaşı olarak kullanımlarını etkileyen temel parametrelerden biridir. Rezerv açısından yeterli olduğu düşünülen bir mermer sahasında, detaylı mühendislik jeolojisi çalışmalarına geçilmeli ve elde edilen veriler ışığında ocak ağzı olarak seçilen noktalarda yapılacak sondajlarla, yüzey verileri ile elde edilen jeolojik-mühendislik parametrelerin, kayaç içerisindeki yatay ve düşey yönlerdeki değişimleri belirlenmelidir. Sondajlardan elde edilecek kaya numuneleri üzerinde Türk Standartlarında öngörülen laboratuvar deneyleri yapılarak, kayacın fiziko-mekanik özellikleri ve bu özelliklerindeki değişimler saptanmalıdır. Bütün bu jeolojik parametreler saptanarak ürünün kalite üzerindeki etkisi en aza indirgenebilmektedir.

### **1.6. Bloklardan Ürün Alınmasını Engelleyen Jeolojik Oluşumlar**

Mermencilikte bloklardan ürün alınmasını engelleyen jeolojik oluşumlar aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir (Önenç, 1998).

### 1.6.1. Kayacın Renk ve Deseni

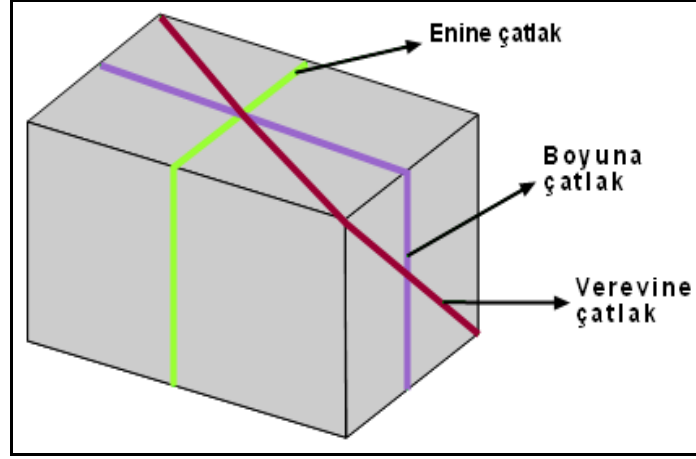
Sedimanter kayaçların renkleri, bünyelerine girmiş bulunan mineral ve elementlerin cinsine göre oluşur. Katkı maddesi bulunmayan kayaçlar genelde beyaz renkli olup, resif türü özellikler sunarlar. Kayaçlar bütünüyle tek renkli (homojen) olabildikleri gibi değişik renkler gösteren bantlar, tabakalar, damarlar, benekler halinde de bulunabilirler. Mermercilikte ürünün renk ve desen yönüyle homojen olması talep edilir. Karışık renkli de ise, ürünün tümünde aynı renk ve desen talep edilir (Şekil 1.2). Kayacın desenini kayacı oluşturan taneleri, fosilleri, çimentosu ve taşınmış yabancı maddeler belirler.



Şekil 1.2. Karışık renk ve desen içeren blok

### 1.6.2. Çatlaklar

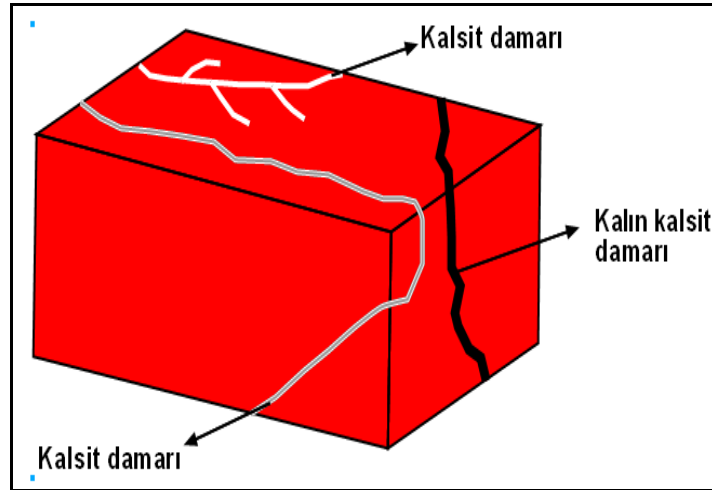
Çatlaklar, muhtemelen basınca maruz kalan kristallerin zayıf yerlerinden kırılmasıyla meydana gelir. Kayada 4 türlü çatlak sistemi oluşabilir. Bunlar; enine, boyuna, verevine ve morfolojik etkenlerle oluşmuş çatlaklardır. Boyuna çatlaklar tabakalaşmaya paralel, enine çatlaklar tabakalaşmaya dik ve verevine çatlaklarda tabakalaşmayı kat eder (Şekil 1.3). Morfolojik etkenlerle kayacın dış yüzeyinde oluşmuş devamsız çatlaklar genellikle yanık zon içinde kalırlar. Enine çatlaklarda ürün zayıflığı fazladır. Çünkü; basamak rıhtı ve kaplama alınamaz. Ancak döşemeye kesilebilir. Bloktaki boyuna çatlaklar ürün verimini düşürmez, çünkü tabakalaşmaya uygundur. Verevine çatlaklı bloklarda ise ürün alımı çok düşüktür.



Şekil 1.3. Bloktaki çatlak sistemleri

### 1.6.3. Kalsit Damarları

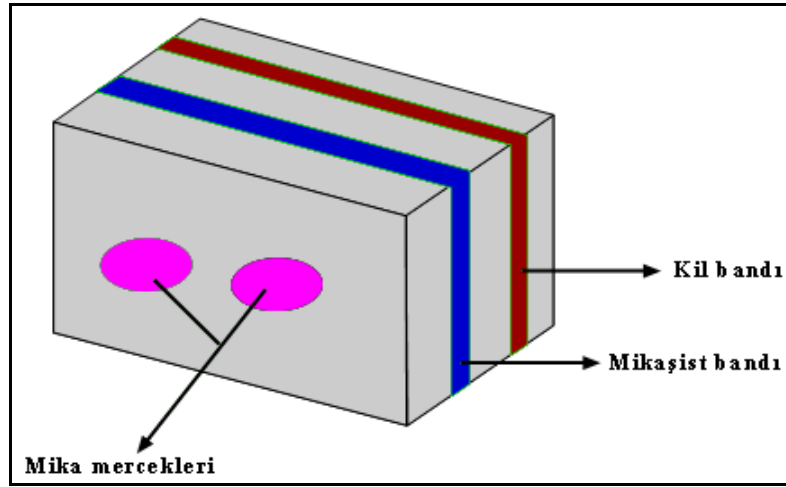
Karbonat kayalarındaki kalsit damarları; diyajenez aşamasında ve sonrasında, belirli blokların uzaklaşması, boşluklarda veya damarlarda blokların yer değiştirmesinde ve yakınlaşmaları ve yeniden kristalleşmeyle oluşurlar. Farklı renklerdeki kalsit damarları kayaç rengi ile uyumsuzluk arz ediyorsa, istenmez (Şekil 1.4). Kalsit damarlarını içeren kayacı farklı yönlerde keserek belirli desenler elde edilmesi sonucunda iç mimaride kullanılabilir.



Şekil 1.4. Bloкта istenmeyen renkteki kalsit damarları

#### 1.6.4. Zararlı Mineraller, Maddeler ve Elementler

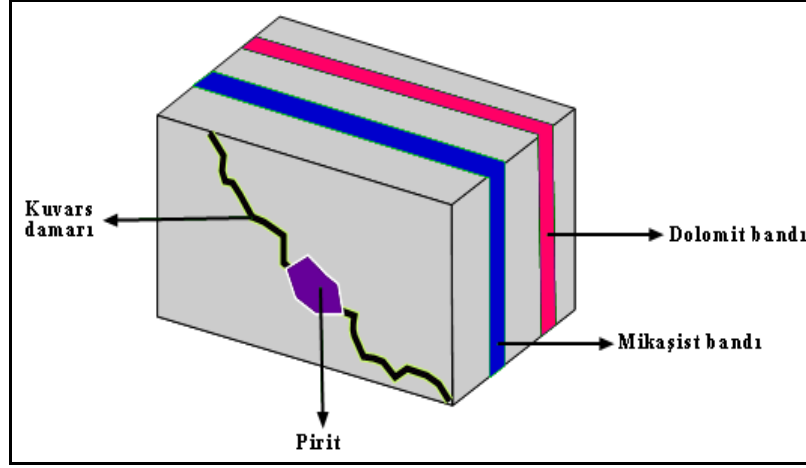
Mermercilikte bunlar; mika taneleri, bandı ve mercekleri, kil bantları ve dolguları, kuvars taneleri ve damarı, pirit ve dolomit bandı, uranyum, kükürt, demir, arsenik, kobalt ve bakırdır. Mika oluşumlarının gözlenmesine mermer iliği denir (Şekil 1.5). Kayaçta farklı sertlik oluşturduğu ve polisaj hattında çok çabuk aşınacağından dolayı boşluklar meydana getirmesi istenmez.



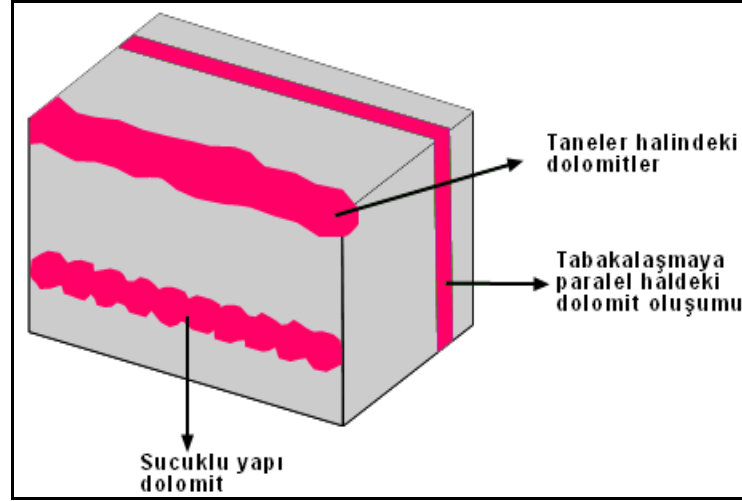
Şekil 1.5. Bloktaki zararlı mineraller

Kil veya çamurlar kayaçlarda bantlar halinde veya jeodları dolduran (elma çürüğü) şekillerde bulunur. Suya karşı duyarlı olduklarından çok çabuk aşınırlar, istenmezler (Şekil 1.5-1.6). Kuvars minerali tane, damar ve jeodları dolduran şekillerde olabilir. Farklı sertlik oluşturduklarından dolayı kaya mermerciliğinde istenmez (Şekil 1.6).

Bazen de kayaç içindeki fosil kavrıkları silisli olabilir. Dolomit kayada tane ve bant şeklinde bulunur. Mermercilikte "kemik" tabiri ile kullanılır. Bant halinde oluşmaları çok sert olup kesimde sorun yaratırlar (Şekil 1.6-1.7). Dolomit oranının artmasıyla mamul kesimlerin kenarlarında atma ve kopmalar gözlenecektir. Pirit, limonit ve hematit gibi mineraller kayaçları boyayacağından renk bozulmalarına sebebiyet verecektir. Uranyum, kobalt, arsenik, kükürt ve bakır insan sağlığı açısından zararlı olduklarından dolayı istenmez.



Şekil 1.6. Bloкта istenmeyen kuvars, pirit ve dolomit



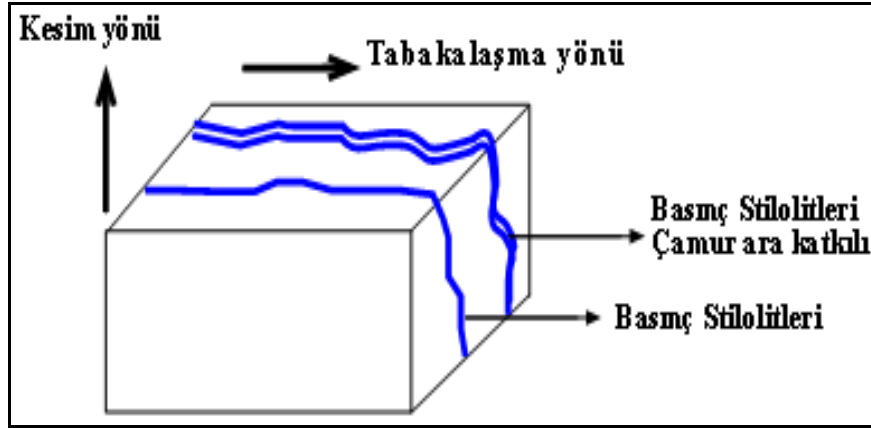
Şekil 1.7. Dolomit oluşumlar

### 1.6.5. Stilolitler

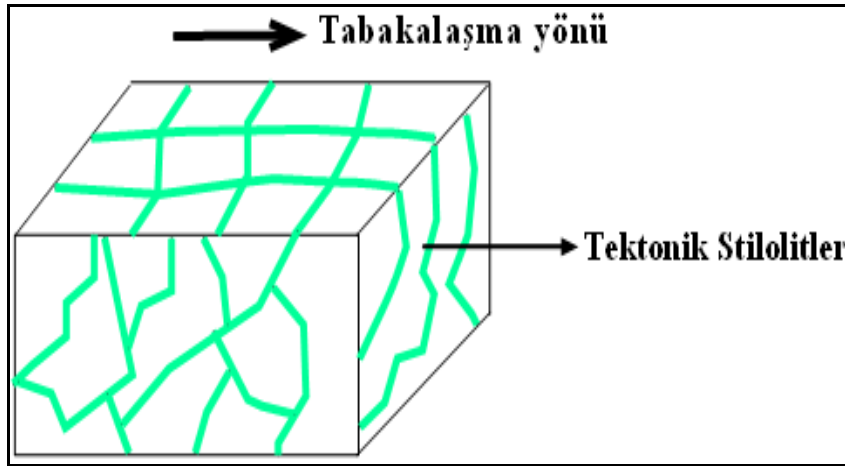
Stilolitleşmenin mermercilikteki tabiri "karınca yeniği" dir. Basınç ve tektonik stilolitler kayalarda yaygın bir şekilde izlenir. Basınç stilolitleri (Şekil 1.8) taneler arası sıkışma esnasında oluşur. Stilolitler bazen kil, çamur veya kalsit ile dolu olabilir. Tabakalaşmaya paraleldir. Basınç stilolitlerinin çamur veya kil ile dolu olanlarına katılma damarları denir.

Çamur veya kil ile dolu olan stilolitler su ile temaslarında dağılırlar ve kesmede büyük sorun yaratırlar. Bu nedenle istenmeyen bir jeolojik oluşum şeklidir. Basınç stilolitleri limonitle dolu ise fabrika kesimlerinde, bu kısımlarından atma yapacaktır. Bazı

kayaçlarda oluşan basınç stilolitleri üst seviyelerde çok sık olup derinlere doğru azalır ve kaybolur. Tektonik stilolitler tabakalaşmayı dikine, veresine ve enine keser durumda bulunurlar (Şekil 1.9) kalsitle dolu olanları açma göstermez.



Şekil 1.8. Basınç stilolitleri



Şekil 1.9. Tektonik stilolitler

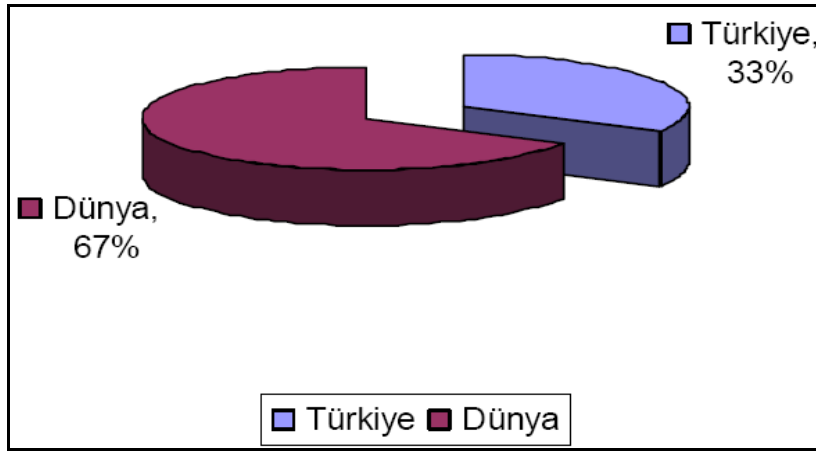
### 1.6.6. Gözeneklilik

Gözeneklilik; taneleri arasında, fosillerde, erime esnasında meydana gelir. İyi nitelikli bir mermerde gözeneklilik % 0.0002 ile % 0.5 arasında değişir. Dış etkilere maruz kalacak mermerlerde gözenekliliğin çok az olması istenir. Zira gözeneklilik fazlalığı suları emmek suretiyle mermerlerde renk değişikliğini sağlar.

## 1.7. Dünya’da Doğal Taş Sektörü

### 1.7.1. Dünya Doğal Taş Kaynakları

Dünyanın en zengin mermer yatakları Alp-Himalaya kuşağında yer almaktadır. Dünya mermer kaynaklarının 15.5 milyar m<sup>3</sup> (40.9 milyar ton) civarında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye 5.1 milyar m<sup>3</sup> (13.9 milyar ton) mermer kaynağı ile dünya üzerindeki toplam kaynağın % 33’ üne sahiptir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Dünya doğal taş kaynaklarında Türkiye’nin payı, (URL 1).

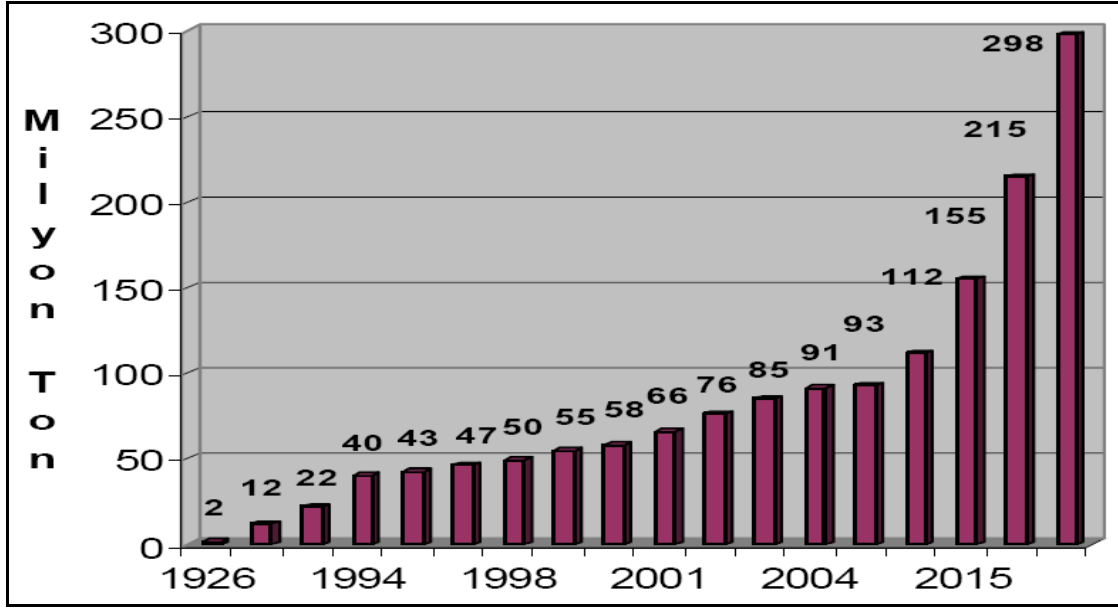
### 1.7.2. Dünya Doğal Taş Üretimi

Günümüzde doğal taş sektörü, birkaç ülkeye özgü olmayan, tümüyle uluslararası bir nitelik kazanmıştır. Özellikle 1970’lerden sonra, doğal taş alternatif olabilecek değişik yapı malzemesi üretilmesine karşın, mermer ve diğer renkli taşlar farklı yerini korumuştur. Dünya blok taş üretimi ve ticaret ile ulaşılabilen ilk sayısal bilgiler 1926 yılına aittir. Bu yılda dünyanın toplam 42 ülkesinde 1.5 milyon ton doğal taş üretildiği kaydedilmektedir.

Bu miktarın % 40’ı İtalya, diğer % 40’ı da Belçika, Fransa, ABD, Almanya ve İngiltere tarafından üretilmiştir. Bu tarihte üretilen taşların % 80’i mermer ve diğer renkli doğal taşlar, ancak % 13’ü granit türü sert taşlara aittir.

Dünya doğal taş üretimi oldukça hızlı bir artış göstermektedir. 1986 yılında 22 milyon ton olan üretim, 2005 yılında 93 milyon tona yükselmiştir (Şekil 1.11).





Şekil 1.11. Dünya doğal taş üretim miktarları ve projeksiyonu, (URL 2).

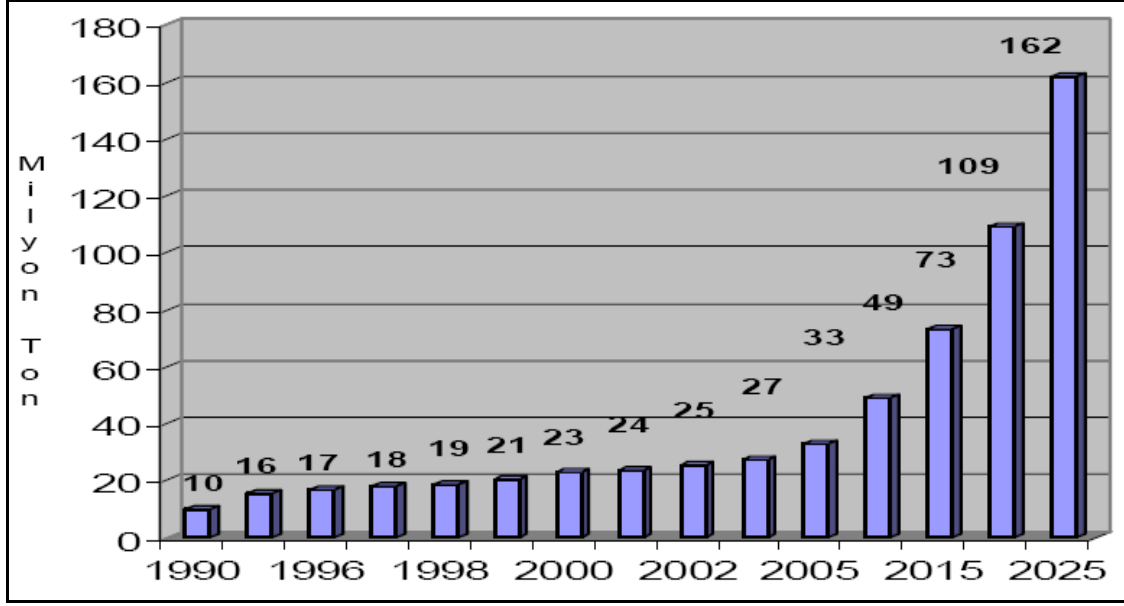
### 1.7.3. Dünya Doğal Taş Ticareti

Seçici piyasalar ve kaliteli ürünlerdeki uluslararası rekabet, geleneksel ülkeler olan İtalya, İspanya, Portekiz ve Yunanistan dışında son iki yıldır önemli gelişmeler gösteren Türkiye, Hindistan ve Çin arasında da yaşanmıştır.

2004 yılında dünya doğal taş ihracatı toplam 9.2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu değer yaklaşık 2.2 milyar doları ham blok taş ihracatına, 6.9 milyar doları ise işlenmiş ürünlere aittir.

Dünya doğal taş ithalatı ise 2004 yılında 10 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 2.7 milyar doları ham blok taş ithalatına, 7.2 milyar doları ise işlenmiş ürün ithalatına aittir.

Dünya doğal taş ticareti 1990 yılında 10 milyon ton iken günümüzde yaklaşık 25 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 1.12).

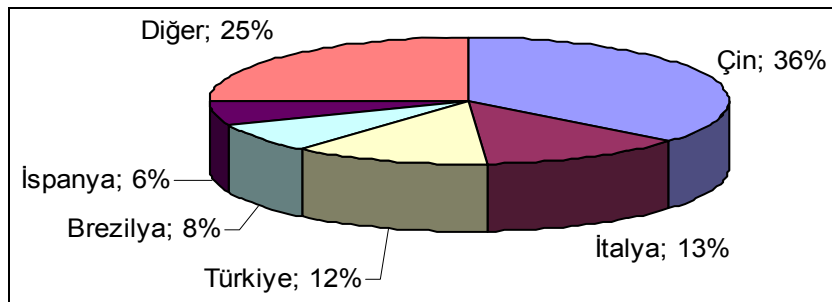


Şekil 1.12. Dünya doğal taş ticareti ve projeksiyonu, (URL 3).

#### 1.7.4. Dünya Doğal Taş İhracatı

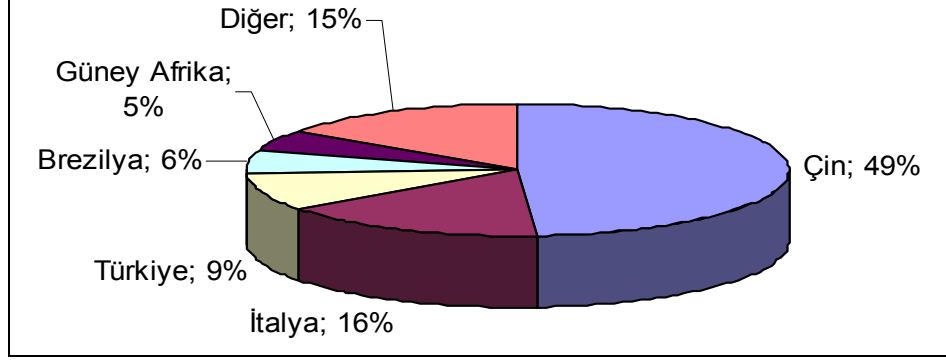
Dünya doğal taş sektöründe ihracat miktarı olarak başı çeken ilk beş ülke Çin, İtalya, Türkiye, Brezilya ve İspanya olup, değer olarak en fazla payı alan ülkeler İtalya ve İspanya'dır.

Dünya mermer ve granit ihracatında miktar olarak Çin % 36' lık pazar payı ile birinci, İtalya %13'lük pazar payı ile ikinci, Türkiye % 12' lik pazar payı ile üçüncü durumda yer almaktadır (Şekil 1.13).



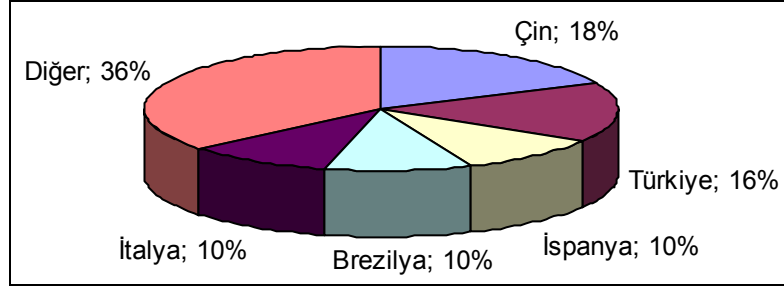
Şekil 1.13. Dünya mermer ve granit ihracatındaki ülke pazar payı oranları, (URL 3).

Dünya işlenmiş doğal taş ihracatındaki ilk üç ülke sırasıyla Çin, İtalya ve Türkiye'dir. Türkiye işlenmiş doğal taş ihracatında % 9'luk pazar payı ile 3. sırada yer almaktadır (Şekil 1.14).



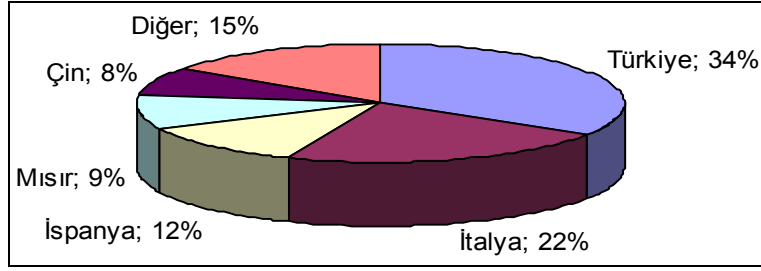
Şekil 1.14. Dünya işlenmiş doğal taş ihracatında ülke pazar payı oranları, (URL 3).

Ham / Blok doğal taş ihracatı yapan ülkeler sırasıyla Çin, Türkiye ve İspanya'dır. Dünya ham / blok doğal taş ihracatında Türkiye % 16'lık pazar payı ile ikinci durumdadır. (Şekil 1.15)



Şekil 1.15. Dünya ham doğal taş ihracatındaki pazar payı oranları, (URL 3).

Pazar payı olarak ilk üç ülke sırasıyla Türkiye (% 34), İtalya (% 22) ve İspanya (%12)'dir. Çin, Mısır ve Türkiye'nin artış yüzdeleri dikkat çekicidir (Şekil 1.16).

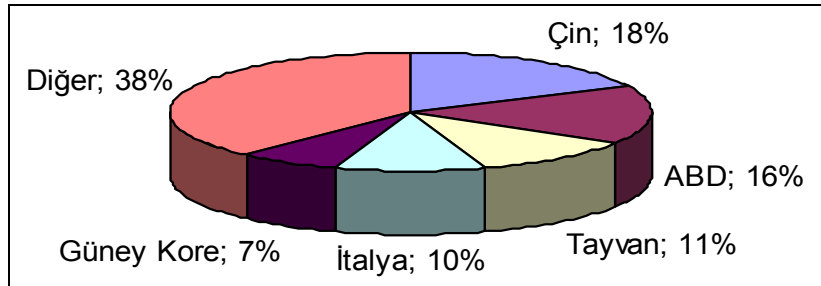


Şekil 1.16. Dünya mermer ihracatındaki ülke pazar payları, (URL 3).

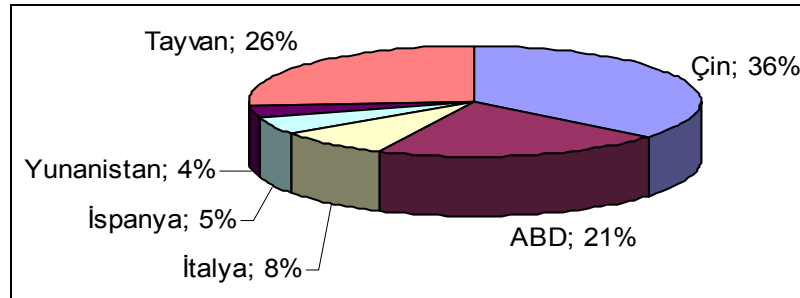
### 1.7.5. Dünya Doğal Taş İthalatı

Dünya doğal taş ithalatında Çin (% 18) başı çekmektedir. İkinci sırada ABD (% 16) gelirken, Tayvan (% 11), İtalya (% 10) ve Güney Kore (% 7) önemli ithalatçı ülke olma konumlarını sürdürmektedir. Aynı zamanda ihracatçı olan İtalya ve Çin'in işleyip ihraç etmek amacı ile önemli miktarda blok taş ithal ettikleri görülmektedir (Şekil 1.17).

Dünya mermer ithalatında Çin % 36'lık pazar payı ile birinci, ABD % 21'lik pazar payı ile ikinci, İtalya ise % 8'lik pazar payı ile üçüncü sıradadır (Şekil 1.18).



Şekil 1.17. Dünya doğal taş ithalatındaki ilk 5 ülkenin pazar payları, (URL 3).



Şekil 1.18. Dünya mermer ithalatındaki ilk 5 ülkenin pazar payları, (URL 3).

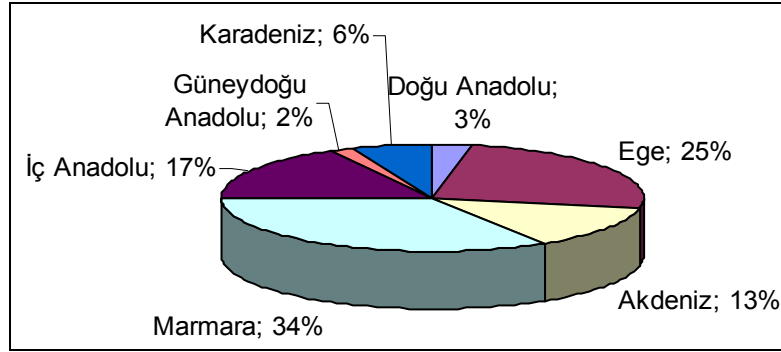
## 1.8. Türkiye’de Doğal Taş Sektörü

### 1.8.1. Türkiye Doğal Taş Sektörü Rezervleri

Dünyadaki tüm mermer rezervlerinin % 33 ‘ünün Türkiye’de olduğu tahmin edilmektedir. Toplam kaynakları 5.1 milyar m<sup>3</sup> (13.9 milyar ton) olan Türkiye’nin, 1,6 milyar ton civarındaki görünür kaynağı, dünya tüketimini 80 yıl karşılayabilecek düzeydedir.

Alp Dağları kuşağındaki Akdeniz ülkelerinden biri olarak Türkiye’de çeşitli renk ve desenlerde kristalin kalker (mermer), kalker, traverten oluşumlu kalker (oniks), konglomera, breş ve magmatik kökenli kayalar (granit, siyenit, diyabaz, diyorit, serpantin,vb..) bulunmaktadır. Marmara ve Ege Bölgeleri başta olmak üzere, Trakya’dan Doğu Anadolu’ya kadar hemen tüm coğrafi bölgelerimizde, dünya pazarlarında beğeni kazanabilecek nitelikte doğal taş rezervlerine rastlanmaktadır (Şekil 1.19).

Doğal taşlar açısından bu zenginlik, Türkiye’nin jeolojik yapısında eski kristalin masiflerin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple doğaltaş kaynakları traverten hariç yüksek rakımlı yerlerden çıkarılmaktadır.



Şekil 1.19. Türkiye'nin önemli mermer yataklarının bölgelere göre dağılımı, (URL 3).

Ülkemiz doğal taşlar sektörü uluslararası mukayeseli üstünlüğe sahip ihraç ürünleri arasında ön sıralarda bulunmaktadır. Özellikle son dönemlerde büyük firmaların yapmış oldukları yatırımlarla birlikte, entegre üretim yapan tesislerin de devreye girmesiyle, işlenmiş mermer üretiminde büyük artış kaydedilmiştir.

Uygulanmaya başlanan modern ocak üretim yöntemleri ve son teknikler sayesinde Türkiye, doğaltaş üretiminde önde gelen üretici ülkelerden biri konumuna gelmiştir. Türkiye, doğal taş üretimi yapan ülkeler arasında % 9 ağırlıkla 6. sırada, ihracatçı ülkeler sıralamasında ise % 12 ağırlıkla 3. sırada yer almaktadır. Mermer grubu doğal taşların ihracatında ise % 36 ağırlıkla 1. sıradadır. Doğal taş ithalatı, hammadde ithalatı olarak son derece sınırlı; daha çok yurtiçi inşaat sektöründe kullanmaya yönelik işlenmiş ve yarı işlenmiş sert taşlardan oluşmaktadır. Türk doğal taşlar sektörü özellikle bulunduğu coğrafi konumun da katkısıyla, kıtalararası bir köprü vazifesi görmekte ve dünya piyasasında gelecek yıllarda önemli bir aktör olma yolunda emin adımlarla ilerlemektedir.

Ülkemizde 80'in üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Uluslararası piyasalarda en tanınmış mermer çeşitleri, Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Ege Bordo, Milas Leylak, Gemlik Diyabaz ve Afyon Şeker'dir. Bu mermerler genellikle dünya pazarlarında üstün kalitesiyle ilgi çeken mermer tipleridir. Ancak bu potansiyelin yaklaşık % 1'lik bir kısmını kullanmaktadır. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri bölgelere göre dağılımı Tablo 1.9'da gösterilmiştir.

Tablo 1.10'da Türkiye'nin mermer rezervindeki en önemli beş il sıralaması verilmiştir. Mermer üretim yapan bu beş ilimiz toplam üretim içinde % 73 civarında pay almaktadır. Bu üretim bölgeleri içerisinde Ege bölgesinde yer alan 3 ilin rezerv ve potansiyel miktarları toplam 131 milyon m<sup>3</sup> düzeyinde olup, toplamda yine bu beş il içinde % 83'lük bir paya sahiptir.

Tablo 1.9. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri, (DPT, 1996).

Bölge	İl	İşletilebilir Rezerv (* 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Marmara	Balıkesir	1.300
	Bursa	135
	Kırklareli	33.5
Ege	Afyon	135
	Aydın	9
	İzmir	1.5
	Muğla	181
	Kütahya	200
	Uşak	500
	İç Anadolu	Ankara
Eskişehir		960
Kırşehir		165
Niğde		250
Toplam		3.872

Tablo 1. 10. Türkiye'nin mermer rezervindeki en önemli beş ili, (DPT, 1996).

<b>İl</b>	<b>Rezerv + potansiyel (* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)</b>	<b>Toplam içindeki payı (%)</b>
Balıkesir	1.850	36
Denizli	652	13
Afyon	629	12
Tokat	410	8
Çanakkale	252	5
Toplam	3.793	74

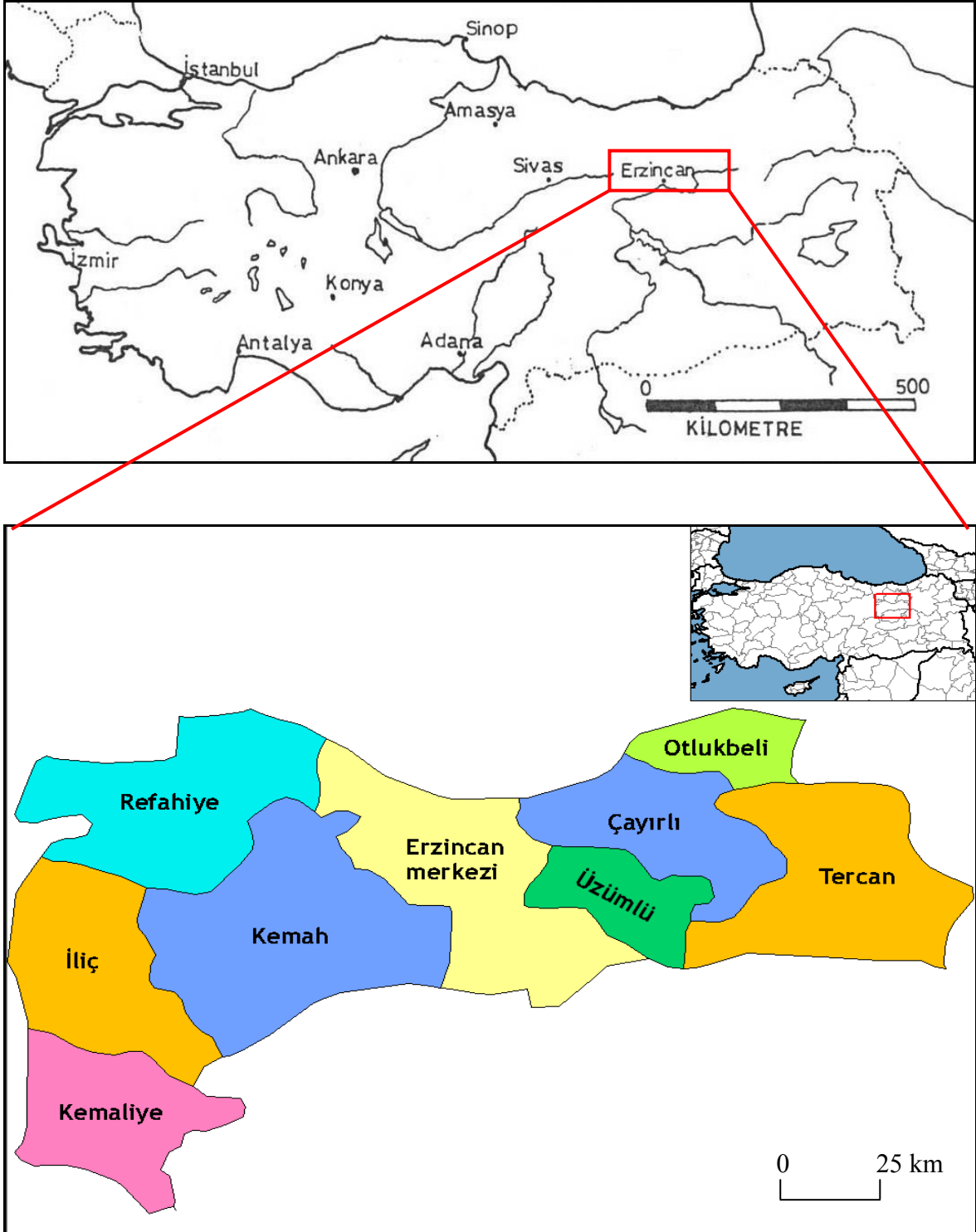
### 1.9. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde doğal taş sektörü 1980'li yıllarda gelişme süreci içerisine girmiş, ihracatta büyük atılımlar yapılarak 2003 yılında yaklaşık 500 milyon dolar ihracat gerçekleştirilmiştir. Türkiye doğal taş sektöründe son yıllardaki hızlı gelişmesine rağmen, günümüz koşullarında gelmiş olduğu nokta yeterli değildir ve yaklaşık 7 milyar m<sup>3</sup>'lük görünür doğal taş rezervi ile dünya pazarında daha etkin bir rol oynayabilecek bir konumdadır (Çetin, 2003). Doğu Anadolu Bölgesi, jeolojik yapısı nedeniyle sınırlı sayıda mermer ve doğal taş çeşitliliğine sahiptir. Bu çalışmada tüm bunlar dikkate alınarak, Erzincan ili Tercan ilçesine bağlı Demirkapı Köyü civarında bulunan ve hala işletilmekte olan mermerlerin oluşum koşulları ve kökeni incelenmiş, ekonomik anlamda değerlendirilmesine yönelik fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte belirlenen bu özelliklere göre bu mermerlerin ülkemiz ve dünya piyasasındaki kalitesi vurgulanmak istenmiştir.

### 1.10. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı olarak Erzincan ili, Tercan İlçesine bağlı, Demirkapı köyünün kuzeyinde bulunan, Erzincan İ44 B3-C2 paftasında yer alan Granit Mermer Ve Madencilik şirketine ait mermer ocağı seçilmiştir (Şekil 1.20 – 1.21).

Tercan ilçesi, doğu-batı doğrultusunda, Erzincan ve Erzurum il merkezlerinin hemen hemen ortalarında, Erzincan'ın yaklaşık olarak 93 km doğusunda bulunur. Günümüzde Tercan ovası olarak bilinen sahanın en büyük yerleşme birimidir.



Şekil 1.20. Çalışma alanının yer buldur haritası





Şekil 1.21. Çalışma alanının uydudan görünümü

Bölgemizi Karadeniz'e bağlayan yol, Tercan'ın hemen kuzey doğusunda, Aşkale'den kuzeybatıya yönelerek, 2600 m. yüksekliğindeki dağdan ziyade bir platoyu andıran Kop Geçidi'ni aşarak Bayburt'a ulaşır. Bayburt'tan sonra, Vauk geçidi (1910 m)-Gümüşhane-Torul üzerinden Zigana Geçidi (2030 m) yardımıyla Maçka-Trabzon güzergâhını takip ederek Karadeniz'e ulaşır. Bu yol aynı zamanda Doğu Anadolu'daki ana güzergâha, kuzey-güney doğrultusunda bağlanan en eski ve en işlek yoldur (Özdemir,2005). Tercan ovası ve çevresinin ulaşım haritası Şekil 1.22'de verilmiştir.

Erzincan da akarsu boylarında görülen kavak ve söğütlerin dışında genel olarak kısa ömürlü cılız otsu bitkiler yaygındır. Ormanlar seyrek ve ortadan kalkmış durumdadır. Refahiye ve Kemah çevresinde meşe, gürgen, diş budak ve sarı çama rastlanmaktadır. İİ topraklarının yaklaşık yüzde 76.57 si erozyona maruzdur.



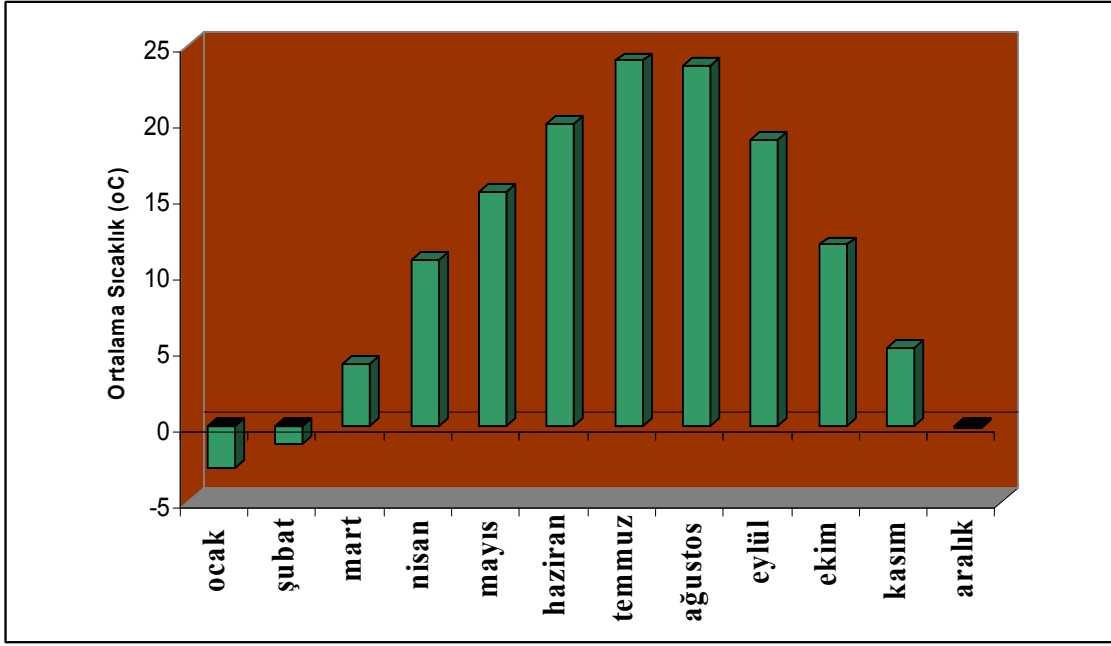
Genel iklim özellikleri açısından Tercan Ovası ve çevresinin iklimi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin iklim özellikleri ile bazı farklılaşmalar dışında aynıdır. Konumu itibari ile Doğu Anadolu, Asya Kıtası'nın sert iklim bölgelerine doğru sokulmuş durumdadır. Bununla birlikte, bölgeyi kuşatan yüksek sıradağlar, Karadeniz ve Akdeniz iklim etkilerinin bölgeye ulaşmasını engeller. Sert karasal iklim olarak tabir edilen iklim koşullarının hâkim olduğu bölgede, yükseltiye bağlı olarak kışlar şiddetli, karlı ve uzun, yazlar kısa ve kuraktır. Bu nedenle yıllık sıcaklık farkları genellikle 25°C'den fazladır. Bu bakımdan Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile birlikte yurdumuzda sıcaklık farkı en yüksek Bölgesidir (Yazıcı, 1993)

Ortalama sıcaklık 10.8° dir. En sıcak ay 40.6° ile Temmuz, en soğuk ay ise -25.2° ile Şubat ayıdır. Yağış itibariyle, 379.4 mm. lik (kg/m<sup>2</sup>) yağış ortalamasına sahip olan il, yıl içerisinde en fazla yağışı mayıs ayında, en az yağışı ise ağustos ayında alır. En yağışlı mevsim İlkbahar olup, alınan yağışın % 39 u bu mevsimde, % 27'si Sonbahar, % 22'si Kış ve % 12'si de Yaz mevsiminde kaydedilmektedir. Erzincan Meteoroloji Gözlem İstasyonundan alınan yıllık sıcaklık ve yağış değerleri Tablo 1.11'de ve Şekil 1.23-1.24'te verilmiştir.

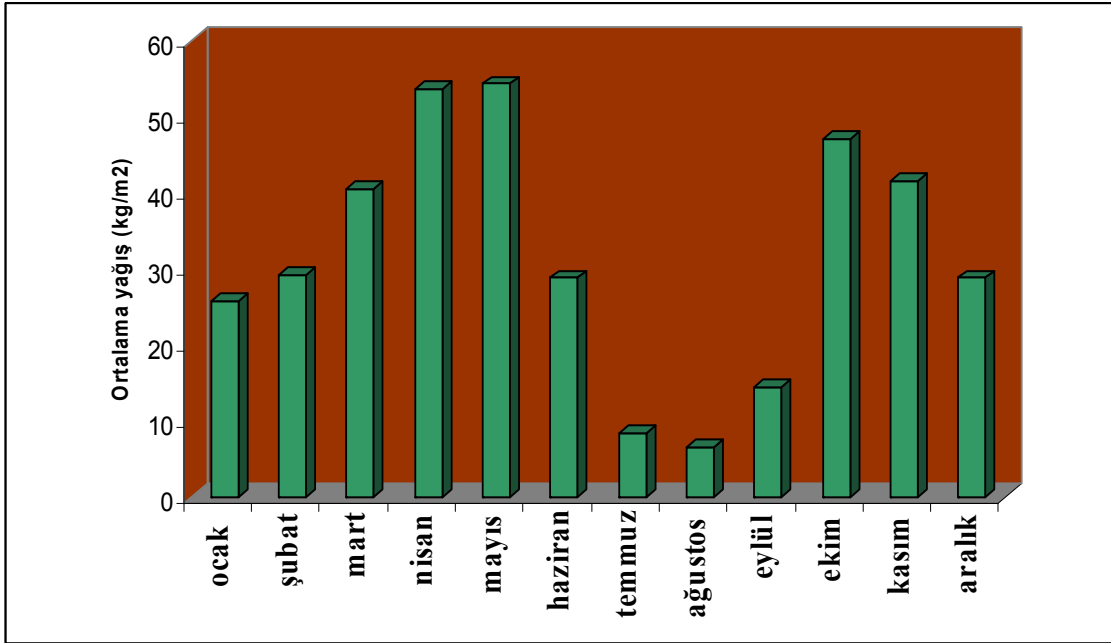
Erzincan birinci derecede deprem kuşağı üzerindedir. 1939 depreminden sonra şehir merkezi şimdiki yerinde yeniden kurulmuştur. En son önemli deprem 13 Mart 1992 tarihinde rihter ölçeğine göre 6,8 şiddetinde meydana gelmiş ve 657 kişi hayatını yitirmiştir. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. derecede Deprem Bölgesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.25).

Tablo 1.11. Erzincan iline ait meteorolojik veriler

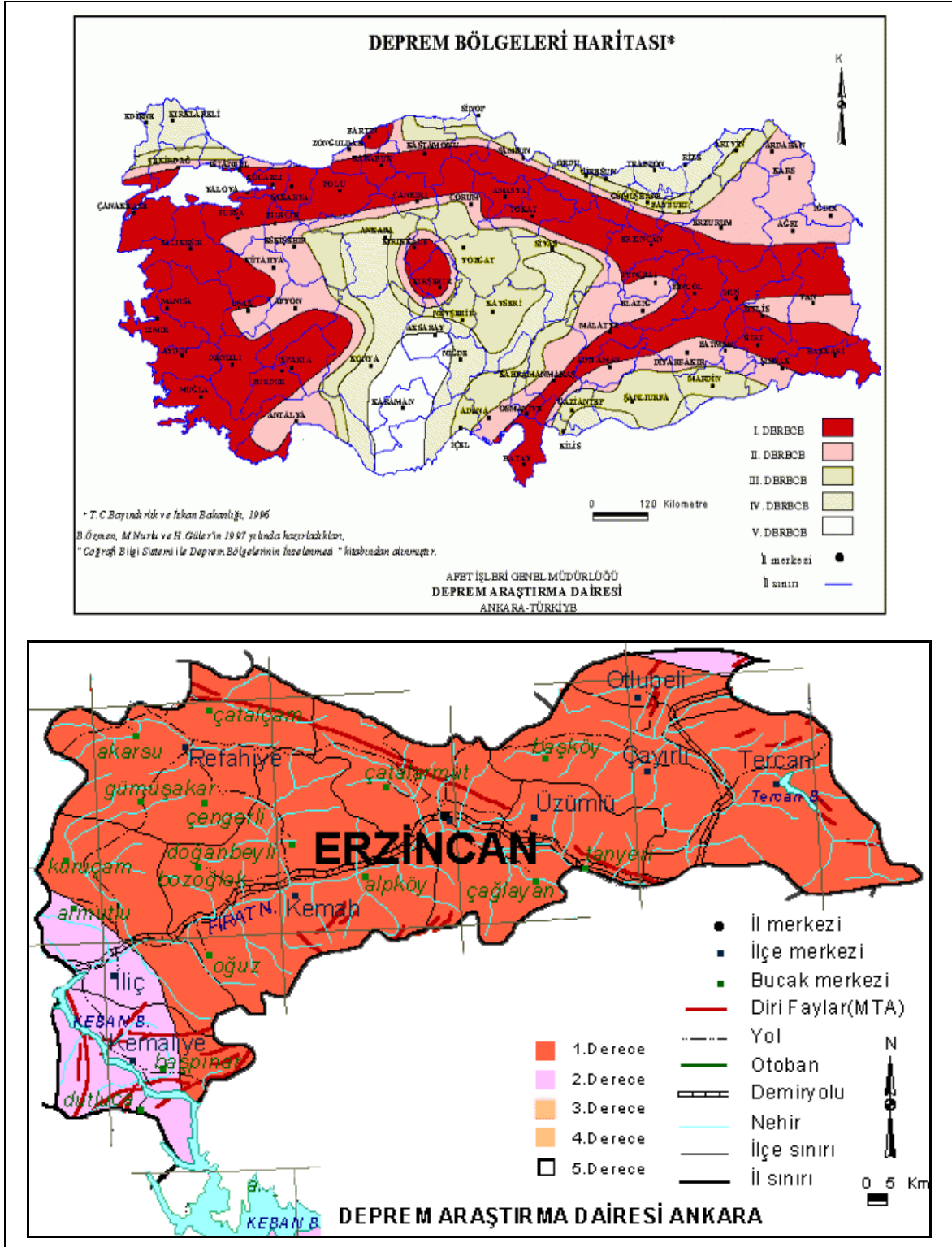
Erzincan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<b>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler ( 1975-2008)</b>												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,7	-1,2	4,1	10,9	15,4	19,8	24,0	23,7	18,8	11,9	5,1	-0,1
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m <sup>2</sup> )	25,8	29,3	40,6	53,7	54,3	28,8	8,5	6,6	14,4	47,0	41,6	28,8
<b>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler ( 1975-2008)</b>												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	14,0	17,2	25,2	28	32,5	35	40,6	38,8	36,2	30,8	22,5	16,4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24,4	-25,2	-22,4	-8,2	-0,4	4,2	5,0	6,4	0,9	-5,4	-11,0	-25,0



Şekil 1.23. Erzurum ili yıllık ortalama sıcaklık grafiği, (2008).



Şekil 1.24. Erzurum ili yıllık ortalama yağış grafiği, (2008).



Şekil 1.25. Erzurum ili deprem haritası

### 1.11. Benzer Çalışmalar

Ankara Haymana Karahoca Köyü Emiççe Mevkii Mermerlerinin Jeolojisi, Mühendislik Özellikleri ve İşletilebilirlik Durumu adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Karahoca köyü ve Emiççe mevkiinin jeolojisi incelenmiş, Emiççe Haymana arasında kalan alanda mermer potansiyeli üzerinde durulmuştur. Bölge mermerlerinin fiziksel özelliklerinden birim hacim ağırlığı  $2.66 \text{ g/cm}^3$  olarak elde edilmiştir. Yöre mermerinin kütlece su emme oranı ortalaması %0.23, hacimce su emme ortalaması %0.62, doluluk oranını %99.63 ve porozite değeri %0.37 olarak elde edilmiştir. Mekanik özelliklerinden basınç mukavemeti değeri ortalamasını  $1128.30 \text{ kgf/cm}^2$ , eğilme ortalamasını  $138.24 \text{ kgf/cm}^2$ , sürtünme ile aşınma mukavemeti değerlerini kalınlık azalması cinsinden  $0.16 \text{ cm/50cm}^2$  veya %2.28 olarak, hacim azalması cinsinden aşınma miktarı  $8.00 \text{ cm/50cm}^2$  veya %2.33 olarak tespit edilmiştir. Don kaybı %0.28 olarak ve don sonrası basınç mukavemeti ortalaması  $1112.02 \text{ kgf/cm}^2$  ve don deneyi sonu basınç azalması ise %1.44 olarak bulunmuştur (Araz, 1991).

Dümrek (Sivrihisar) mermerlerinin özelliklerinin belirlenmesi ve üretim yönteminin seçimi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Sivrihisar bölgesinin jeolojisi, coğrafi durumu, bölgenin genel jeolojisi ve yapısal jeolojisi, mermerin tanımı ve sınıflandırılması hakkında, bilgiler sunmuştur. Sivrihisar bölgesine yaklaşık 25 km uzaklıkta ve kuzeydoğusunda bulunan Dümrek, Zeyköy bölgesi mermerlerinin fiziksel özelliklerinden; Dümrek bej ve pembe renkli mermerlerinin özgül ağırlıkları  $2.70 \text{ g/cm}^3$ , bej mermerin birim hacim ağırlığının ortalamasını  $2.69 \text{ g/cm}^3$  ve pembe renkli mermerin birim hacim ağırlığının ortalamasını  $2.68 \text{ g/cm}^3$  olarak elde edilmiştir. Bej mermerin doluluk oranını %99.63 ve pembe mermerin ise %99.26 bulunmuştur. Bej mermerin porozitesini % 0.37 ve pembe mermerin ise %0.74 olarak bulunmuş ve yapılan sertlik deneyinde yöre mermerlerinin sertliğinin 4 değerinde olduğu tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerden; Bej mermerin tek eksenli basınç mukavemeti ortalama değeri  $767 \text{ kgf/cm}^2$ , pembe renkli mermerin ise  $908 \text{ kgf/cm}^2$ , eğilme mukavemeti ortalaması bej mermer için  $148 \text{ kgf/cm}^2$  ve pembe mermer için  $151 \text{ kgf/cm}^2$ , bej renkli mermerin darbe mukavemeti ortalaması  $9.6 \text{ kgf/cm}^2$ , pembe renkli mermer için  $7.6 \text{ kgf/cm}^2$ , aşınma mukavemet değerlerinin ortalaması bej mermer için  $17.90 \text{ cm/50cm}^2$  ve pembe mermer için ise  $20.39 \text{ cm/50cm}^2$ , çekme mukavemeti değerleri ise bej mermerin ortalaması  $84 \text{ kgf/cm}^2$ , pembe mermer  $85 \text{ kgf/cm}^2$ , makaslama mukavemeti deney sonuçları ortalaması ise bej mermer için  $150 \text{ kgf/cm}^2$  iken pembe

mermer için  $120 \text{ kgf/cm}^2$ , tabii don kaybı değerleri ortalaması bej mermer için % 0.11 ve pembe mermer için ise % 0.13 ve don sonrası tek eksenli basınç mukavemeti değerleri ortalaması bej mermer için  $692 \text{ kgf/cm}^2$  ve pembe mermer için  $870 \text{ kgf/cm}^2$  olduğu saptanmıştır (Tombul, 1992).

Kırşehir, Kaman, Demirli yöresi mermerlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında mekanik ve fiziksel deneyler yapılmıştır. Hacim kütle değerlerinin  $2.684 \text{ g/cm}^3$ , ağırlıkça su emme miktarı aritmetik ortalamasının %0.055 ve hacimce su emme miktarı aritmetik ortalamasının ise %0.148 olduğu, Doluluk oranı aritmetik ortalaması %99.56 olduğu belirlenmiştir. Görünür porozite deneyi ile elde edilen verilerin aritmetik ortalaması %0.14 ve boşluk oranının ise %0.44 olduğu tespit edilmiştir. Schmidt geri tepme sayıları aritmetik ortalamaları 37 ve Shore yüzey sertlik aritmetik ortalamaları 44.8 olarak belirlenmiştir. Brown' a göre de tas sertliğinin Schmidt geri tepmem sayısı ile sınıflandırılmasında deney örnekleri az sert tas sınıfında olduğu, özgül kütle deneyi ile elde edilen verilerinin aritmetik ortalaması  $2.696 \text{ g/cm}^3$ , basınç mukavemeti verilerinin aritmetik ortalamasının  $615.38 \text{ kgf/cm}^2$  olduğu, eğilme mukavemeti verilerinin aritmetik ortalaması  $44.1 \text{ kgf/cm}^2$ , Ultrases geçiş hızı verilerinin aritmetik ortalaması  $4.20 \text{ km/sn}$ , Ultrases geçiş hızı değerleri ile elde edilen elastik parametrelerden dinamik elastisite modülü aritmetik ortalaması  $60439.8 \text{ kgf/cm}^2$ , dinamik poisson oranı aritmetik ortalaması 0.19, dinamik kayma modülü aritmetik ortalaması  $36006.25 \text{ kgf/cm}^2$  ve dinamik young modülü aritmetik ortalamasının  $68207.7 \text{ kgf/cm}^2$  olduğu, Rezonans frekansı deneyi sonuçlarının aritmetik ortalamasının 2.03 Khz olduğu, Rezonans frekansıyla elde edilen dinamik elastisite modülü değerlerinin aritmetik ortalamasının  $16858.5 \text{ kgf/cm}^2$  olduğunun görüldüğü belirtilmiştir (Kırgız, 2002).

Mucur-Kırşehir Yöresi Mermerlerinin Jeomekanik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında Mucur Beji ve Mucur Traverteninin sırası ile birim hacim ağırlığı  $2.7 - 2.37 \text{ gr/cm}^3$ , özgül ağırlığı  $2.72 - 2.72$ , ağırlıkça su emme oranı %2 - %1.4, görünür porozitesi %0.54 - %3.318, doluluk oranı %99 - %87, Shore selereskop sertliği 55-54 olarak bulunmuştur. Mucur Beji ve Mucur Traverteninin sırası ile eğilme dayanımı  $213.967 - 247.338 \text{ kg/cm}^2$ , darbe dayanımı  $3.3 - 8 \text{ kg.cm/cm}^3$ , tek eksenli basma dayanımı  $904 - 492 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunduğu belirtilmiştir. Yapılan sayısal hesaplamalar sonucu Mucur Beji mermerinin darbe dayanımının ve istenen özellikte olmadığı ve kaplama olarak kullanılamayacağı görülmüştür (Çavumirza, 2002).

Kaman Akpınar Yöresi Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve Ekonomik Potansiyelinin Tespiti adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Kaman-Akpınar yöresi mermerlerinin jeoteknik özelliklerinden, mekanik özellikleri için tek eksenli basınç mukavemeti değeri ortalamalarını siyenit için  $1063.03 \text{ kgf/cm}^2$ , diyabaz için  $1536.04 \text{ kgf/cm}^2$ , granit için  $1508.05 \text{ kgf/cm}^2$  ve mermer için  $856.64 \text{ kgf/cm}^2$ , çekme mukavemeti değeri ortalamalarını siyenit için  $657.70 \text{ kgf/cm}^2$ , diyabaz için  $189.37 \text{ kgf/cm}^2$ , granit için  $134.49 \text{ kgf/cm}^2$  ve mermer için  $95.48 \text{ kgf/cm}^2$ , makaslama mukavemeti değeri ortalamalarını siyenit için  $126.25 \text{ kgf/cm}^2$ , diyabaz için  $312.75 \text{ kgf/cm}^2$ , granit için  $255.04 \text{ kgf/cm}^2$  ve mermer için  $178.61 \text{ kgf/cm}^2$  olduğunu belirlemiştir (Karahana, 1993).

Emiçce (Ankara Haymana) Bölgesi Mermerinin Mühendislik ve Teknolojik Özellikleri adlı yüksek lisans tez çalışmasında; mermerin fiziksel özelliklerinden birim hacim ağırlığını  $2.66 \text{ g/cm}^3$ , özgül ağırlığını  $2.73$  olarak tespit edilmiştir. Kompozitesi %99,3 ve gözenekliliği %0.37 olduğu hacimce su emme oranı % 0.61 olarak bulunmuş. Mekanik özelliklerinden hava kuru serbest basınç mukavemeti değeri  $623.70 \text{ kgf/cm}^2$ , çekme mukavemeti değeri kuru örnekler için  $86.0 \text{ kgf/cm}^2$ , su emdirilmiş örnekler için ise  $78.9 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur. Darbe mukavemeti  $64.6 \text{ kgf/cm}^2$ , sürtünme ile aşınma mukavemeti  $8.820 \text{ cm/50cm}^2$ , don mukavemeti % 0.09 ve don sonu serbest basınç mukavemeti  $618 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur (Yeşilyurt, 1989).

Atlas-Çaykoz (Sivrihisar-Eskişehir) Dolayının Jeolojisi ve Mermer Yatakları adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Atlas siyahı ve Atlas beyazı; birim hacim ağırlığı  $2.77 \text{ gr/cm}^3 - 2.79 \text{ gr/cm}^3$ , özgül kütle  $2.82 \text{ gr/cm}^3 - 2.81 \text{ gr/cm}^3$ , porozite %1.08 - %0.7, atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme %0.7 - %0.13, tek eksenli basınç deneyi  $709.9 \text{ kgf/cm}^2 - 938.6 \text{ kgf/cm}^2$ , çekme dayanımı,  $23 \text{ kgf/cm}^2 - 98.0 \text{ kgf/cm}^2$ , kayma direnci (c) 150 – 140, pas tutma deneyi renk değişikliği yok -renk değişikliği yok, Asit etkisi deneyi olumsuz etki gözlenmiyor- olumsuz etki gözlenmiyor olarak tespit edilmiştir (Türkay, 1989).

Altıntaş-Üçhüyük-Abya-Genişler (Altıntaş-Kütahya) Bölgesinin Jeolojisi ve Altıntaş Menekşe Mermerlerinin incelenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Altıntaş-Menekşe mermerinin fiziksel özellikleri; özgül ağırlık  $2.73 \text{ gr/cm}^3$ , birim hacim ağırlığı  $2.72 \text{ gr/cm}^3$ , porozitesi %0.36, ağırlıkça su emme oranı %0.112, hacimce su emme oranı %0.3, sertlik derecesi 4 Mohs sertliği olarak belirlenmiştir (Yiğit, 1998).

Baltaşı-Palu (Elazığ) Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; tekno-mekanik özellikleri



saptanarak, birim hacim ağırlık:  $2.31 \text{ gr/cm}^3$ , özgül ağırlık:  $2.61 \text{ gr/cm}^3$ , görünür porozite: %11.5, Tek eksenli basma dayanımı: 43.208 MPa, darbe dayanımı:  $0.56 \text{ Nmm/mm}^3$ , sürtünme ile aşınma kaybı:  $18.3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ , sodyum sülfat don kaybı %0.897, dolaylı çekme dayanımı: 4.67 MPa, eğilme dayanımı: 8,884 MPa, nokta yük dayanımı: 2.69 MPa bulunmuştur (Şen, 2006).

Burdur ili Yeşilova ilçesi Kağılcık Mevkii kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla Kağılcık mevkiinden örnekler alınmış ve laboratuarda incelenerek temel karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bulunan ortalama  $2.75 \text{ gr/cm}^3$ 'lük birim hacim ağırlık ile  $2.77 \text{ gr/cm}^3$  olan özgür ağırlık bakımından TS 699'a göre her ortamda kaplama ve yer döşemesi olarak kullanılabilceği, ayrıca ağırlıkça su emme yüzdesinin 0,34 olarak bulunması da TS 2513'e göre iç ve dış ortamlarda güvenle kullanılabilceğini göstermektedir. Don sonrası mukavemetinin de TS 10449'a göre her bölgede rahatlıkla kullanılabilceğini yansıtmaktadır. Tek eksenli basınç dayanımı değerinin 80.24 MPa, eğilme direncinin de  $91.05 \text{ kg/cm}^2$  olması hem taşıma ve hem de eğilmelere karşı mukavemetli olduğunu gösterir (Boztaş, 2009).

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritasının Hazırlanması**

Çalışma alanı Doğu Anadolu Bölgesi, Erzincan ili, Tercan ilçesine bağlı Demirkapı Köyü ve çevresini içeren ve İ44 B3-C2 paftası içinde bulunan bir alanı kapsamaktadır. Demirkapı mermeleri'nin oluşum koşulları ve fiziko-mekanik özelliklerini konu alan çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanındaki litolojik birimler ve bu birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri belirlenerek, çalışma alanının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

### **2.2. Arazi Çalışmaları**

2009 yılı bahar döneminde sürdürülen arazi çalışmalarında, çalışma konusu mermerlerin bulunduğu mermer ocağı yerinde incelenmiştir (Şekil 2.1). Bu bölgeden gerekli laboratuvar deneylerini yapmak için sistematik olarak yeterli miktarda örnek alınmıştır.

Araziden alınan örnekler laboratuvarda çalışmak üzere uygun boyutlara getirilmek için mermer kesme atölyesinde işleme tabii tutulmuştur.

### **2.3. Laboratuvar Çalışmaları**

Araziden alınan numuneler, Granit Mermer ve Madencilik şirketine ait mermer fabrikasında bulunan taş kesme makineleri vasıtasıyla, deneyler için silindirik ve küp numuneler şekline getirilmiştir. Bu numunelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu Uygulamalı Jeoloji laboratuvarlarında mevcut olan deney aletleri kullanılarak sonuçlar tespit edilmiş ve kullanılan standartlara göre karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 2.1. Demirkapı Mevkine ait mermerlerin arazideki görünümü

## **2.4. Büro Çalışmaları**

Büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmalarından önce başlatılmış ve tüm tez çalışmasının sonuna kadar sürdürülmüştür. Çalışma konusu ile ilgili benzer rapor, derleme, yayın, makale ve diğer bilimsel çalışmalar araştırılmıştır. Bunlara ek olarak çeşitli kurumların kütüphaneleri, arşivleri, internet taranarak çalışma alanı ile ilgili bilgiler elde edilmiştir.

Yapılan deneylerle ilgili TSE, ISRM, RILEM, CANMET, ASTM gibi standartlar elde edilerek Erzincan-Tercan mermerinin fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar sonrasında tez yazımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

## **2.5. Metod**

Mermer ocağından alınan numuneler deneyler için, Granit Mermer & Madencilik Fabrikasında bulunan taş kesme makineleri vasıtasıyla silindirik ve küp numuneler şekline getirilmiş ve bu numunelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri deney aletleri kullanılarak sonuçlar tespit edilmiş olup, kullanılan standartlara göre karşılaştırma yapılmıştır.

## **2.6. Mermerlerin Tekno-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler**

Mermerlerin tekno-mekanik özellikleri; fiziksel, mekanik, kimyasal ve petrografik özellikleridir. Bu özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak numune boyutlandırması, deney türleri bazında TSE (699, 1978, 1097-2, 1987), RILEM (1980), CANMET (1997a), ISRM (1981) ve ASTM (1992a) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

## **2.7. Mermerlerin Fiziksel Özellikleri**

Mermerlerin fiziksel özellikleri ise; sertlik, özgül ağırlık, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça ve hacimce su emme oranı, porozite, sertlik, donma-çözülme, ıslanma – kuruma,

sıkışma dayanımı gibi özelliklerdir. Bu aşamada mermerlerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

### 2.7.1. Su Emme Oranı

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin, ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılır. Yöntem şişebilen ve ıslanma- kuruma süresi sonunda kolaylıkla dağılabilen kayaçlar için uygun değildir. Yapılan bu deney için, RILEM (1980) ve TSE (1978) tarafından önerilen koşullar esas alınmıştır.

Deneyde karot kayaç örneklerinin kullanılması halinde bunların boyları ve çapları birbirine dik iki ayrı yönde, prizmatik örneklerde ise her üç kenarı kumpasla ölçülür ve örneklerin hacimleri hesaplanır ( $V$ ).

Hacimleri hesaplanan örnekler saf sudan çıkarılarak, suya doymun yüzeyleri kurutulur ve ıslak ağırlıkları hassas terazide tartılarak örneğin doymun ağırlığı bulunur ( $W_d$ ). Doymun ağırlığı bulunmuş örnekler, 105°C'ye ayarlanmış fırına yerleştirilerek en az 12, tercihen 24 saat kurumaya bırakılır. Fırından çıkan örneklerin kuru ağırlıkları hassas terazide tartılarak belirlenir ( $W_k$ ). Aşağıdaki formüller kullanılarak ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri hesaplanır.

$$\text{Ağırlıkça Su Emme (\%)} A_w = \frac{[W_d - W_k]}{W_k} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Hacimce Su Emme (\%)} H_w = \frac{[W_d - W_k]}{V} * 100 \quad (2)$$

Burada;  $W_d$ : Örneklerin suya doymun ağırlığı,  $W_k$ : Fırında kurutulan örneklerin ağırlığı,  $V$ : Hacimdir.

### 2.7.2. Özgül Ağırlık

Numuneyi temsil edecek şekilde, çeneli kırıcı ile kırılarak alınan numune, tamamı göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde öğütülür ve değişmez kütleye kadar kurutulur (ISRM,1981). Ardından örneklerden yarılama metodu ile 8-10 gr alınarak piknometreye konularak tartılır ( $G_{pn}$ ). Sonra örneğin üzerini örtecek kadar saf su ilave edilir.

Oda sıcaklığındaki su ile doldurulan piknometre, kapağı kapandıktan ve üzerindeki su damlaları kuru bir bez ile alındıktan sonra 0,01gr hassasiyet ile tartılır ( $G_{ps}$ ). Piknometre içindeki su tamamen boşaltıldıktan ve etüvde kurutulup soğutulduktan sonra tekrar tartılarak piknometre (kapağı ile birlikte) kütlesi bulunur ( $G_p$ ).

İçinde deney numunesi bulunan piknometre hacminin  $\frac{1}{4}$ 'üne kadar su ile doldurulur ve yaklaşık 10–15 dakika vakum pompası yardımı ile havası alınır. Vakum pompası kullanıldığı takdirde vakum pompası ile hava alma işlemi, piknometre sık sık çalkalanarak kolaylaştırılır ve işleme hava kabarcıkları çıkmayınca kadar devam edilir. Hava alma işlemi sonunda piknometre su ile tamamen doldurulur (Şekil 2.2). Kapağı kapatılarak üzeri kurulanır ve 0,01 gr hassasiyetle tartılır ( $G_{pns}$ ). Aşağıdaki formül yardımıyla hesaplama yapılır.

$$D_o = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (3)$$

$D_o$  = Taşın özgül kütlesi,

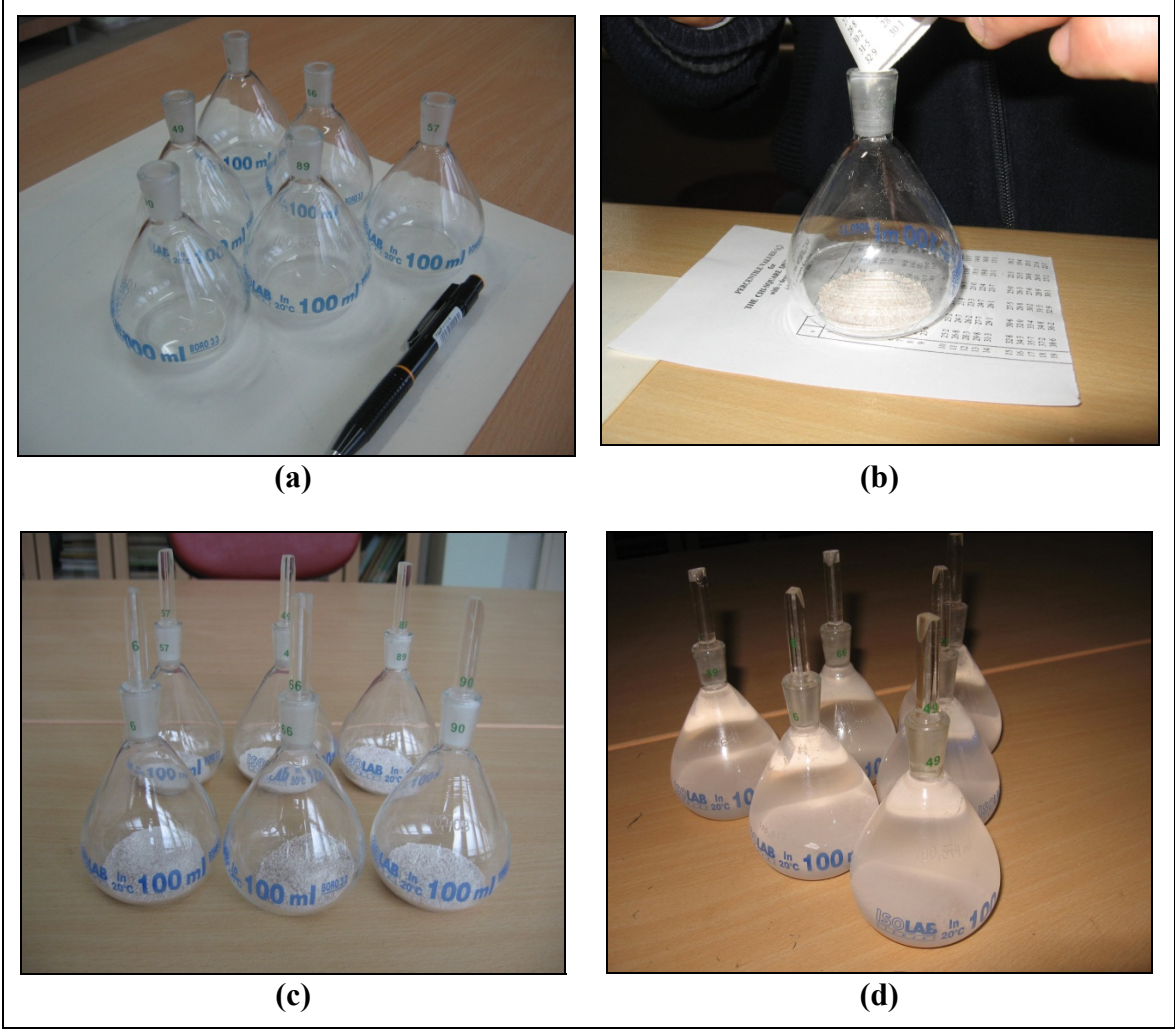
$G_{pn}$  = (Piknometre + deney numunesi) kütlesi (gr),

$G_p$  = Piknometre kütlesi (gr),

$G_{pns}$  = (Piknometre + deney numunesi + su) kütlesi (gr),

$G_{ps}$  = Su ile dolu piknometre kütlesi (gr).





Şekil 2.2. Deneyde kullanılan piknometreler

(a), örneğin koyulması (b), piknometre + örneğin görünümü  
(c) ve piknometre+su+örneğin (d) görünümü

### 2.7.3. Su İçeriği

Bu deney, kayaç örneklerinin içerdiği suyun ağırlığının belirlenerek, fırında kurutulmuş örneklerin ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilmesi amacıyla yapılır. Aşağıda sunulan yöntem için ISRM (1981) ve CANMET (1977a) tarafından belirtilen hususlar dikkate alınmıştır.

Örnek kapları ve kapakları temizlenip kurutulduktan sonra tartılarak ağırlıkları belirlenir (A). Her biri en az 50 g ağırlığında ve en az 5 adet düzensiz şekilli ve örneği temsil eden parça seçilir. Örnekler metal kaplara konarak kapakları kapatılır ve “nemli

örnek + kap + kapak” ağırlığı hassas terazide tartılarak belirlenir (B). Kapların kapağı çıkarılarak fırına konan örnekler 105<sup>0</sup>C’de 24 saat bekletilerek kurutulur.

Kurutma işleminden sonra kaplara kapakları takılarak örnekler desikatörde 30 dakika bekletilir ve daha sonra “kuru örnek + kap + kapak” ağırlığı belirlenir (C).

$$\text{Su içeriği ( \% ) } w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (4)$$

$$\text{Gözeneklerdeki suyun ağırlığı (g): } W_w = B-C \quad (5)$$

$$\text{Katı tane ağırlığı (g): } W_s = C-A \quad (6)$$

#### 2.7.4. Birim Hacim Ağırlık

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kayaç örneklerinin birim hacim ağırlıklarının tayini amacıyla yapılır. Bu deney için ISRM (1981) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış (silindirik) en az 3 deney örneğinin çapı ( $D$ ) ve boyu ( $L$ ), kumpasla birbirine dik iki ayrı yönde, 0.1 mm duyarlılıkta ölçülür ve her bir örnek için bu değerlerin ortalaması alınır. Benzer şekilde prizmatik örneklerin kullanılması halinde, bunların kısa ve uzun kenarları ile kalınlıkları birbirine dik yönde ikişer kez ölçülerek ortalamaları alınmalıdır. Silindirik karot örnekleri için boy ve çap değerleri, prizmatik örnekler için de üç ayrı yönde ölçülmüş değerler kullanılarak örneklerin hacimleri hesaplanır ( $V$ ).

Örneklerin ağırlıkları ( $W$ ) hassas terazide tartılarak belirlenir. Kuru birim hacim ağırlık tayin edilecek ise, örnekler 105<sup>0</sup>C’ye ayarlanmış fırında ve en az 12 saat kurutulduktan sonra soğumaları için 30 dakika süreyle desikatörde bekletilir. Daha sonra hassas terazi kullanılarak örneklerin kuru ağırlıkları belirlenir ( $W_k$ ). Doygun birim hacim ağırlık belirlenecek ise, örnekler saf su dolu bir kap içerisine yüzeyleri tamamen su ile kaplanacak şekilde konular. 12 saat sonunda sudan çıkarılan örnekler hassas terazide tartılarak doygun ağırlıkları bulunur ( $W_d$ ). Aşağıda verilen formüller yardımıyla gerekli hesaplamalar yapılır.

Tabii yapı taşının kuru birim hacim ağırlığı,

$$\gamma_k = W_k / V \quad (7)$$

Tabii yapı taşının doygun birim hacim ağırlığı,

$$\gamma_d = W_d / V \quad (8)$$



Burada:

$\gamma_k$ : Kaya biriminin kuru birim hacim ağırlığı (gr /cm<sup>3</sup>)

$\gamma_d$ : Kaya biriminin doymun birim hacim ağırlığı (gr /cm<sup>3</sup>)

$W_k$ : Deney numunesinin kuru ağırlığı (gr)

$W_d$ : Deney numunesinin doğal ağırlığı (gr)

$V$ : Deney numunesinin hacmi (cm<sup>3</sup>)

### 2.7.5. Görünür ve Gerçek Porozite

Deney düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin gözenekliliğinin tayini amacıyla yapılır. Deney ISRM (1981)'in önerdiği hususlar dikkate alınarak yapılmıştır. İncelenen kayaç türünü temsil edecek kadar en az 3 adet silindir örneğin çapları ve boyları kumpas yöntemiyle ölçülerek bu değerlerin ortalaması alınır. Her birinin ağırlığı en az 50 g olan veya çapları içerdikleri en büyük tane boyunun en az 10 katı büyüklüğündeki örnekler seçilmelidir.

Örnekler 105°C'ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlığı belirlenir ( $W_k$ ). Örnek su dolu bir beherin içinde 48 saat bekletilir veya en az 1 saat süreyle 800 Pa'dan düşük bir vakum altında suya doymun hale getirilerek kurulanıp hassas terazide tartılır ve doymun ağırlığı belirlenir ( $W_d$ ). Bu aşamada gözeneklere giren suyun buharlaşmasına engel olmak için mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve bu işlem sırasında örneklerden parçacıkların kırılıp kaybolmamasına özen gösterilmelidir.

$$\text{Boşlukların Hacmi ( cm}^3\text{), } V_p = \frac{W_d - W_k}{g_w} \quad (9)$$

$$\text{Gözeneklilik ( porozite) (\%), } n = \frac{V_p}{V} * 100 \quad (10)$$

$$\text{Boşluk oranı, } e = \frac{n}{100 - n} \quad (11)$$

Burada,  $W_d$ : Örneğin doymun ağırlığı,  $W_k$ : Örneğin kuru ağırlığı,  $g_w$ : Suyun yoğunluğudur.

### 2.7.6. Sertlik Derecesi (Schmidt Çekici)

Bir kayacın sertlik derecesi, o kayaca dıştan gelen herhangi bir mekanik etkiye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Doğal taşlar için sertlik, aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir.

Schmidt çekici, kayaların tek eksenli basınç dayanımlarını dolaylı olarak tayininde kullanılan pratik bir araçtır. Deney yöntemi olarak, ISRM (1981) tarafından izlenmesi önerilen yöntemin yanı sıra, yazarların deneyimleri de esas alınmıştır.

Betonlarda N tipi, kayalarda ise 0.74 Nm çarpma enerjisine sahip L tipi Schmidt çekici kullanılması tercih edilir (ISRM, 1981). Mümkün olduğu durumlarda, deney için daha büyük karot parçaları kullanılmalıdır.

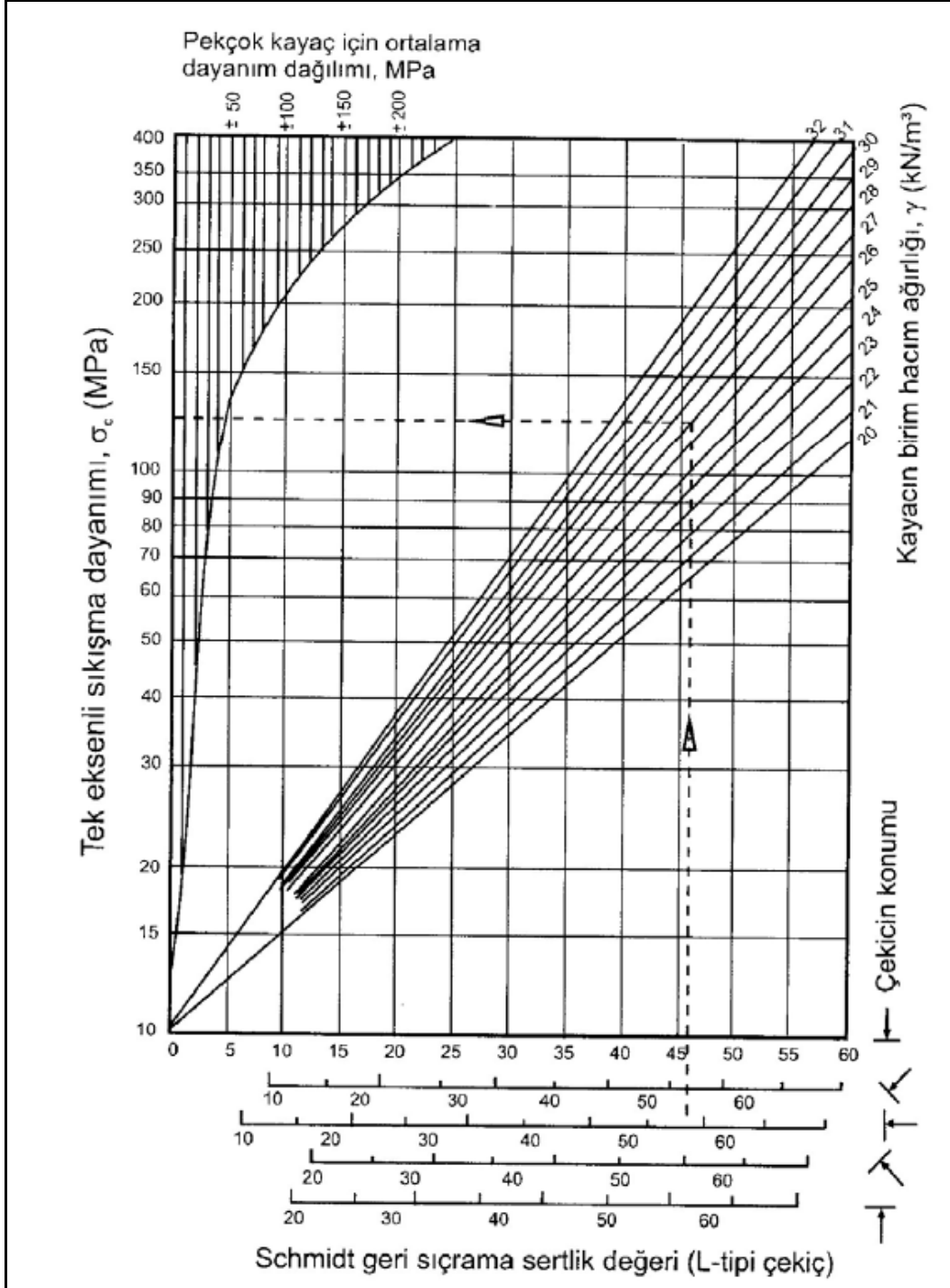
Çekiç, en az NX çapındaki karot örnekleri veya bir kenarı en az 6 cm olan blok örnekler üzerinde kullanılmalıdır (Şekil 2.3). Karot veya bloğun yüzeyleri düzgün olmalı ve herhangi bir çatlak içermemelidir. Mevcut Tercan mermerleri için L tipi Schmidt çekici kullanılmıştır. Numunelerin sertliği ölçülmeden önce yüzeyleri temizlenip, zımpara taşıyla düzeltilmeli ve numunenin test sırasında titreme ve kaymasını önlemek için taban ünitesine sağlam olarak oturtulmalıdır. Schmidt çekici aşağıya doğru dik tutulmuş ve her noktada 20 geri tepme sayısı okunmuştur. Daha sonra değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak bu değerlerin %50'si iptal edilip geri kalan sertlik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak sertlik derecesi bulunur.

Deney örneğinin dolaylı yoldan tek eksenli sıkışma dayanımı ( $\sigma_c$ ) da saptanmak isteniyorsa, örneğin birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) ve Schmidt sertliği değerleri çekicinin deney sırasındaki konumuyla birlikte esas alınarak, Şekil 2.4'te verilen grafikten  $\sigma_c$  belirlenir.

Bu grafikten tayin edilecek  $\sigma_c$  değerinin, Schmidt sertliğinin artmasına koşut olarak, belirli bir aralıkta sapma göstereceği ve ortalama bir değer olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2.3. Sertlik derecesi (Schmidt çekici)'nin belirlenmesi



Şekil 2.4. Schmidt sertliği-tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi, (Deere,1963).



### 2.7.8. Sonik Hız Deneyi

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik biliminde ve jeoteknik uygulamalar içinde kullanılmaktadır. Bunlar, jeofizik çalışma alanlarında ve kayaçların dinamik özelliklerinin laboratuardaki saptanmasında kullanılır. Bu teknikler, uygulanmasının kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır. Denemeler, dolgu tayininde, kaya saplaması donatılarında, kaya kütlelerindeki püskürme etkinliğinde ve kaya sınıflamalarında sismik hızın saptanması ile yapılmaktadır. Kaya kütle deformasyonu ve basıncının tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu), kayacın su içirme derecesinin saptanması ve çatlak kaya kütle karakteristiği sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır.

P dalga hızı laboratuarlarda doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülebilir. Dolaylı yöntemler doğrudan yöntemlere göre daha kolaydır. Bu nedenle eğer doğrudan P dalga hızı ile dolaylı P dalga hızı arasında güçlü bir ilişki kurulabilirse, doğrudan P dalga hızı değeri, dolaylı ölçümlerden tahmin edilebilir ve böylece ölçümleri daha da kolaylaştırabilir (Kahraman, 2002).

Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde ultrasen ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş örnekler, bu yüzeylere gres sürülerek sismik analizatörü (alıcı-verici) arasına verici yerleştirilerek impuls'un geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılır (Şekil 2.6). Sonrasında, deney örnekleri her iki transdüsur uçları arasına yerleştirilerek, P ve S dalga hızlarının örneği bir uçtan diğer geçmesi için gerekli net süreler belirlenerek kaydedilir. Bulunan bu değerler kullanılarak dalga hızları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$V = \frac{L}{T} \quad (13)$$

Burada;

V= P ve S dalga hızı ( m/sn )

L= Örneğin boyu ( m )

T= Dalganın, örneği geçme zamanı ( sn )



Şekil 2.6. Ultrasonik deney aleti

### 2.7.9. Islanma-Kuruma

Aşınmaya karşı kayaların duyarlılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır.

Hazırlanan silindirik örnekler  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat süreyle kurutulduktan sonra, fırından çıkarılarak soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak ağırlıkları belirlenir. Ağırlıkları belirlenen örnekler saf su ile dolu behere konarak, saf su içerisinde en az 12 saat bekletilir. Beher içindeki su seviyesi örneklerin üst seviyesini geçecek şekildedir. Beherden çıkarılan örnekler  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de en az 12 saat kurumaya bırakılır. 12 saat sonra örnekler tekrar saf su dolu beherin içine konur. Her ıslanma kuruma bir çevrime eşittir. Islanma-kuruma işlemi numuneler üzerine 25 kez tekrarlanmıştır.

Örnekler 25 çevrime tabi tutulduktan sonra,  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak, soğuması için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örneklerin ağırlıkları hassas terazide belirlenir. Belirlenen sonuçlarla aşağıdaki formül yardımıyla ıslanma-kuruma hesaplamaları yapılır.

$$A_k: \text{Ağırlık kaybı (\%)} = [(A - B) / A] * 100 \quad (14)$$

$A_k$ : Ağırlık kaybı (%)

A: Numunenin deneyden önceki kuru ağırlığı (gr)

B: Numunenin deneyden sonraki kuru ağırlığı (gr)

## 2.8. Mermerlerin Mekanik Özellikleri

### 2.8.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Mermerlerin tek eksenli basınç dayanımı belirli ve farklı doğrultularda etkiyen gerilimler karşısındaki davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı için TSE 699 ve ISRM standartları kullanılmaktadır. Boyu çapının 2- 2.5 katı olan silindirik veya dikdörtgenler prizma şeklinde hazırlanmış deney numuneleri tek eksenli preste yüklenmesi ile belirlenmektedir.

Tek eksenli basınç dayanımı tabaka doğrultusuna ve dikine gelecek şekilde uygulanır. Döşemede kullanılan mermerler için büyük önem taşır. Mermerlerin, parlatma (polisaj) hattındaki baskıya dayanıp dayanamadıklarına yardımcı olur. Tek eksenli sıkışma deneyleri, parlatma (levha veya fayans) hatlarındaki basınç dayanımına ait bilgiyi verir. Bazı mermerler polisaj kafalarının baskısına dayanamayıp çatlar. Bu nedenle mamulün arka tarafına özel koruyucular konularak dayanım artırılır (Şekil 2.7 – 2.8).

Yük, basınç gerilmesi saniyede 0.17 Kn/sn olacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilir ( $P_k$ ) (Şekil 2.9 – 2.10).

Tabii yapı taşının tek eksenli basınç dayanımı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$\sigma_c = \frac{P_k}{A} \quad (15)$$

$\sigma_c$ : Tek eksenli basınç dayanımı (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_k$ : Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf),

A: Taşın yük uygulanan yüzünün alanı (cm<sup>2</sup>).





Şekil 2.7. Tek eksenli basınç dayanımı belirlemede kullanılan deney aleti



Şekil 2.8. Örneğin deney aletine yerleştirilmesi



Şekil 2.9. Örneklerin başlangıçtaki görünümü



Şekil 2.10. Örneklerin deney sonucundaki görünümü

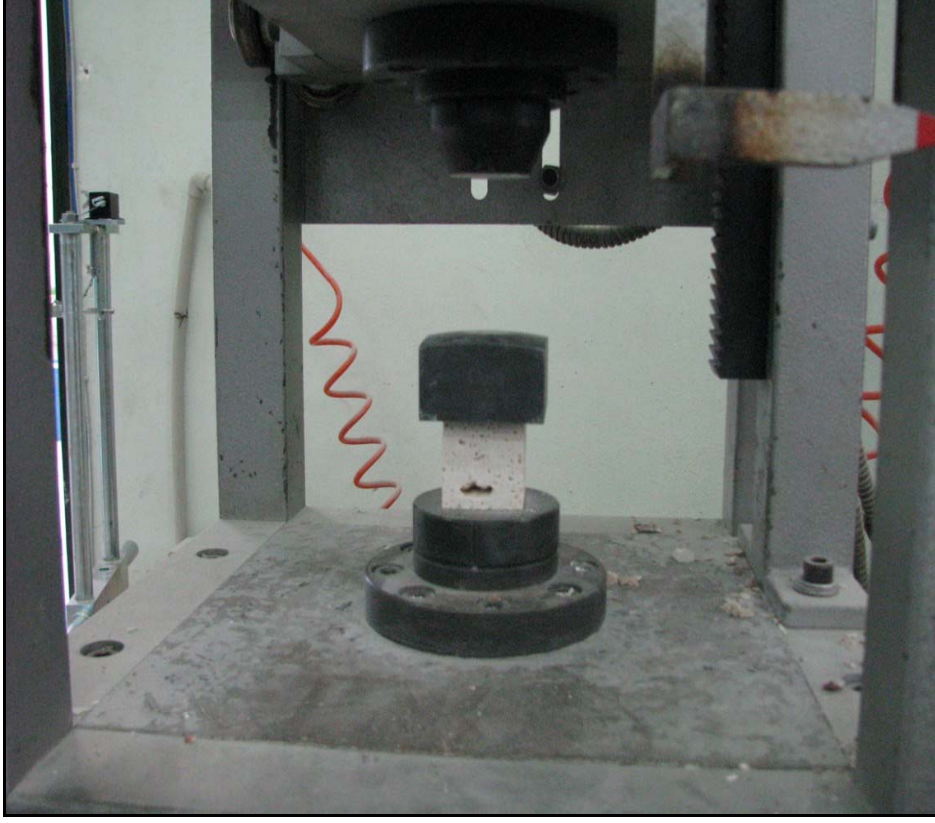
### 2.8.2. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki mermerin belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir. Mermerin darbe dayanımlarının belirlenmesi için şistozite düzlemine paralel veya dik konumda alınan 40 mm x 40 mm x 40 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmaktadır. Örnek numuneler darbe dayanımı deney düzeneğinde örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilir ve bunun üzerine çelik plaka konularak deney tokmağı aşağıdaki hesaplanan yükseklikten düşürülür (Şekil 2.11 – 2.12).



Şekil 2.11. Darbe dayanımı deney aletinin görünümü





Şekil 2.12. Darbe dayanımı deney aletinin yakından görünümü

$$H= 0,04V \quad (16)$$

H: Tokmağın düşme yüksekliği (cm),

V: Deney numunesinin hacmi (cm<sup>3</sup>),

Birinci darbeden sonraki takip eden her darbeye düşme yüksekliği, bir önceki yüksekliğin ilk düşme yüksekliği (H) kadar arttırılmasıyla elde edilir. Deney numunesi kırılıncaya kadar bu işleme devam edilir ve darbe sayısı tespit edilir.

Düşme yüksekliğinin arttırılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artmaz veya azalır, kırılma, çatlama veya pullanma olursa deney numunesi kırılmış sayılır. Bu son darbe, darbe sayısının ( $n$ ) hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı ise aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir (TS 699).

$$Dn: n(n+1) \quad (17)$$

Dn: Mermerin darbe dayanımı (Nmm/mm<sup>3</sup>),

n: Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.

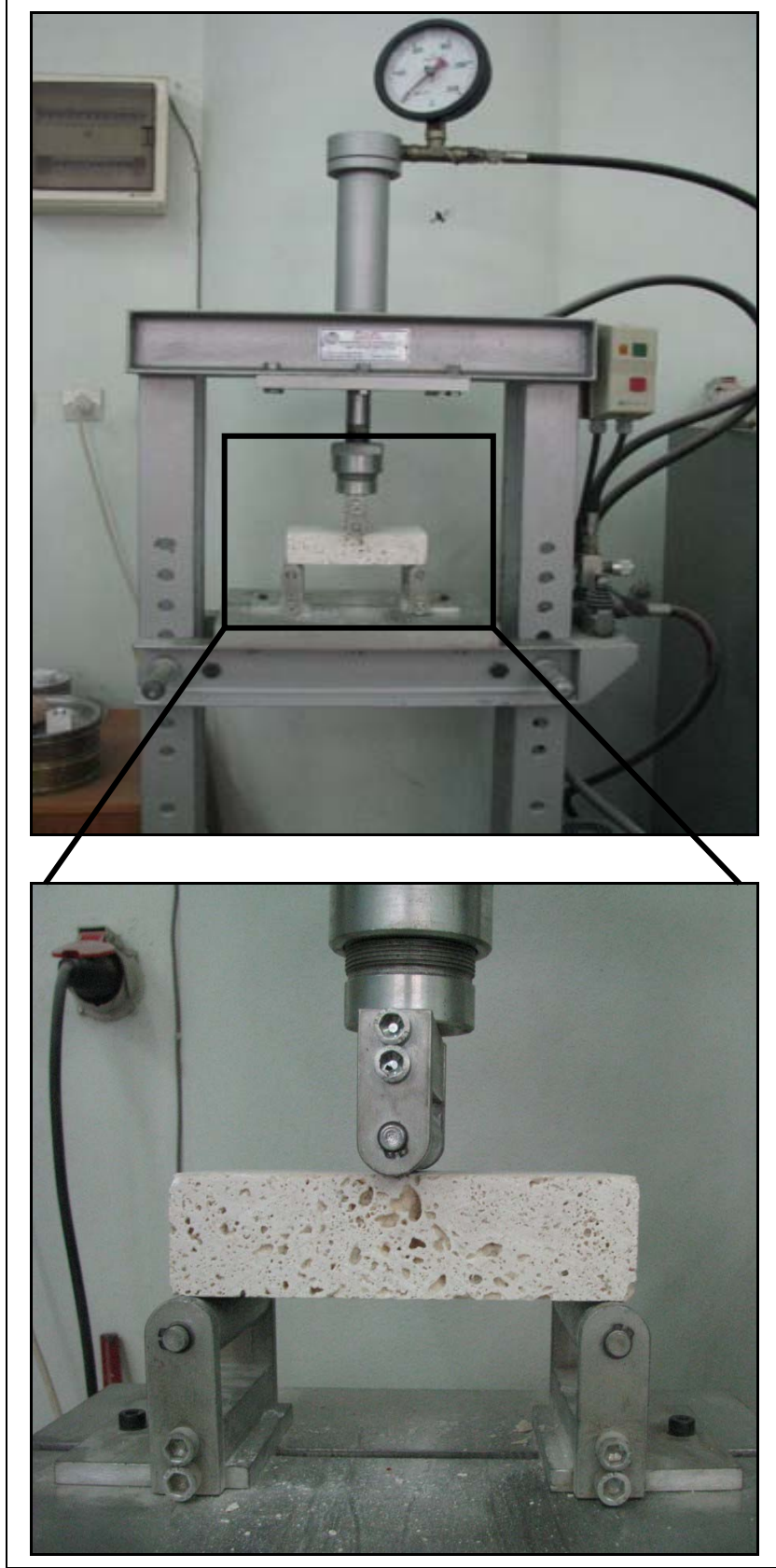
### 2.8.3. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir.

Eğilme dayanımının belirlenmesi için mermer bloklarının tabakalaşma (sistozite düzlemlerine) yönü dikkate alınarak 50 mm x 100 mm x 200 mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmaktadır (TS 699).

Deney numuneleri deney düzeneğinde plaka şeklinde numuneler arası açıklık 180 mm olacak şekilde deney presi tabakaları arasına, yükleme ortadan uygulanabilecek biçimde yerleştirilir. Deney numunesi üzerine yaklaşık 5 kg'lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi ve kondisyonlanması sağlanır. Sonrasında yük artışı dakikada 450 kg'ı geçmeyecek şekilde arttırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilir ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin olduğu noktada ölçülür.

Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konarak eğilme dayanım değeri hesaplanır. Şekil 2.13'te Eğilme dayanım deneyi için kullanılan donanım verilmiştir.



Şekil 2.13. Eğilme dayanımı deney aleti düzeneği

$$\sigma_{eğ} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (18)$$

$c_{eğ}$ : Mermerin eğilme dayanımı (kg/cm<sup>2</sup>),

P: Kırılmaya neden olan en büyük yük (kg),

L: Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi (cm),

b: Deney numunesinin genişliği (cm),

h: Deney numunesinin kalınlığı (cm).

#### 2.8.4. Sürtünme ile Aşınma Kaybı (Böhme)

Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi en az 5 deney numunesi üzerinde yapılır.

*Böhme Aşındırma Cihazı*: Döner bir aşındırma diski ile deney numunesinin yerleştirildiği ve numuneyi dönen disk üzerine belirli bir basınç ile bastırarak donanımdan oluşturulur.

Cihazın yaklaşık 750 mm çapındaki diskin, çalıştırıldığında 30 devir /dk  $\pm$  1 devir /dk hızla dönmesini sağlayan ve devir sayısını gösteren bir numaratör ve her 22 devir tamamlandığında, cihazı otomatik olarak durduracak tertibata sahip olmalıdır.

Döner diskin üzerinde, düşey dönme eksenine 120 mm - 320 mm uzaklıkta, halka biçiminde 200 mm genişliğinde dökme demirden yapılmış, gerektiğinde çıkartılıp değiştirilebilecek biçimde sürtünme şeridi bulunmalıdır. Sürtünme şeridinin Brinell sertlik değeri 190 kgf/mm<sup>2</sup> – 220 kgf/mm<sup>2</sup> arasında olmalı ve kullanmadan dolayı meydana gelen aşınma derinliği 0.3 mm'den fazla olmamalı, sürtünme yüzeyinde meydana gelebilecek yarıkların derinliği 0.2 mm'den fazla olmamalıdır. Bu sınırlardan daha çok aşınmış sürtünme şeritleri çıkarılarak yenileri ile değiştirilmelidir. Sürtünme şeritleri kullanılmadan önce sertlikleri ölçülerek yukarıda açıklanan sınır değerler içinde olup olmadıklarına bakılır. Sürtünme şeritleri, iki yüzü de kullanılabilir şekilde yapılmış olabilir.

Cihazda, deney numunesinin yerleştirilebileceği yaklaşık 40 mm yükseklikte, bir tarafı açık dökme demir veya çelikten yapılmış bir tutucu çerçeve olmalı ve çerçevenin alt kenarları dönen disk yüzeyinden 5 mm  $\pm$  1 mm yukarıda bulunmalıdır. Çerçevenin ortasından geçen düşey eksen, diskin dönme ekseninden 220 mm uzaklıkta olacak şekilde ayarlanabilir olmalı ve deney numunesini herhangi bir titreşime neden olmadan, gevşek bir durumda tutacak şekilde yapılmış bulunmalıdır.

Malzeme olarak büyük kısmı korund (kristalize  $Al_2O_3$ )’dan oluşan zımpara tozu kullanılmalıdır. Böhme yüzey aşındırma deneyi, deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında veya hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesi suretiyle yapılır.

Aşınma kaybı, kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi yolu ile tayin edilmek istendiğinde hazırlanmış olan deney numunelerinin her birinin 9 farklı yerdeki kalınlıkları 0,01mm hassasiyetle ölçülerek kaydedildikten sonra deney uygulanır ( $d_0$ ). Aşınma kaybı hacim azalmasının ölçülmesi yolu ile tayin edilmek istendiğinde ise, deney numunelerinin her birinin önce hacimleri tayin edilir. Kalınlığı veya hacmi bulunmuş olan deney numuneleri en az 48 saat süre ile oda sıcaklığında ve %40- %60 bağıl nemli ortamda bekletilmek suretiyle havada kurutulduktan sonra, Böhme yüzey aşındırma cihazının deney numunesi tutucu çerçevesi içine yerleştirilir.

Şekil 2.14’te Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi için kullanılan donanım verilmiştir.



Şekil 2. 14. Sürtünme ile aşınma kaybı deney aleti düzeneği

Sürtünme şeridi üzerine  $20 \text{ gr} \pm 0.5 \text{ gr}$  zımpara tozu serpilir. Deney numunesine çelik manivela aracılığıyla  $30 \text{ kgf} \pm 0.3 \text{ kgf}$  ( $300\text{N}-3\text{N}$ )’lik yük uygulanarak deney numunesinin sürtünme şeridine  $0.6 \text{ kgf} / \text{cm}^2$  ( $0.06 \text{ N} / \text{mm}^2$ )’lik bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilir.



Disk'in dönme hareketi sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları uygun bir tertibat ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır. Her 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınma ile deney numunesinden ayrılan kısımlar uygun bir fırça ile temizlenir. Sürtünme şeridi üzerine yeniden 20 gr  $\pm$  0.5 gr zımpara tozu serpilir ve deney numunesi düşey eksenine etrafına 90° çevrilmek suretiyle 22'şer devirlik 20 aşındırma periyodu yani toplam olarak 440 devir uygulanır. 440 devir sonunda deney numunesi, sert bir fırça ile iyice temizlendikten sonra kalınlığının yine daha önce seçilen 9 farklı yerden 0.01 mm hassasiyetle ölçülür. Bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak deney numunesinin deneyden sonraki kalınlığı bulunur ( $d_1$ ).

Sürtünme yüzeyinin kenarları da 0.1 mm hassasiyetle ölçülerek bu yüzün alanı hesaplanır ve 0.01 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Aşınma kaybı değeri, numunelerde meydana gelecek hacim azalmasının ölçülmesi suretiyle tayin edilmesi halinde, deney numunesinin deneyden sonraki hacmi, deneyden önce yapıldığı gibi su ile doymun hale getirildikten sonra Arşimet terazisinde su içinde ve havada 0.1 gr hassasiyetle tartılması yolu ile hesaplanır. Bulunan sonuçlar 0.1 cm<sup>3</sup>'e yuvarlatılarak kaydedilir ( $V_1$ ).

Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$d = d_0 - d_1 \quad (19)$$

veya

$$\Delta_d = \frac{V_o - V_1}{A} \quad (20)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır ve bulunan sonuçlar 0.01 cm<sup>3</sup> / 50 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak belirtilir (TSE 699).

Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$d_v = (d_0 - d_1) * 50 \quad (21)$$

veya

$$\Delta_v = \left( \frac{V_o - V_1}{A} \right) * 50 \quad (22)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır. Bulunan sonuçlar 0.01 cm<sup>3</sup> / 50 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak belirtilir (TSE 699).

$\Delta_d$  = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm / 50 cm<sup>2</sup>),

$d_0$  = Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm),

$d_1$  = Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm),

$V$  = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm<sup>3</sup> / 50 cm<sup>2</sup>),

$V_0$  = Taşın deneyden önceki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),

$V_1$  = Taşın deneyden sonraki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),

$A$  = Taşın aşınmaya uygulanan yüzünün alanı ( $\text{cm}^2$ )

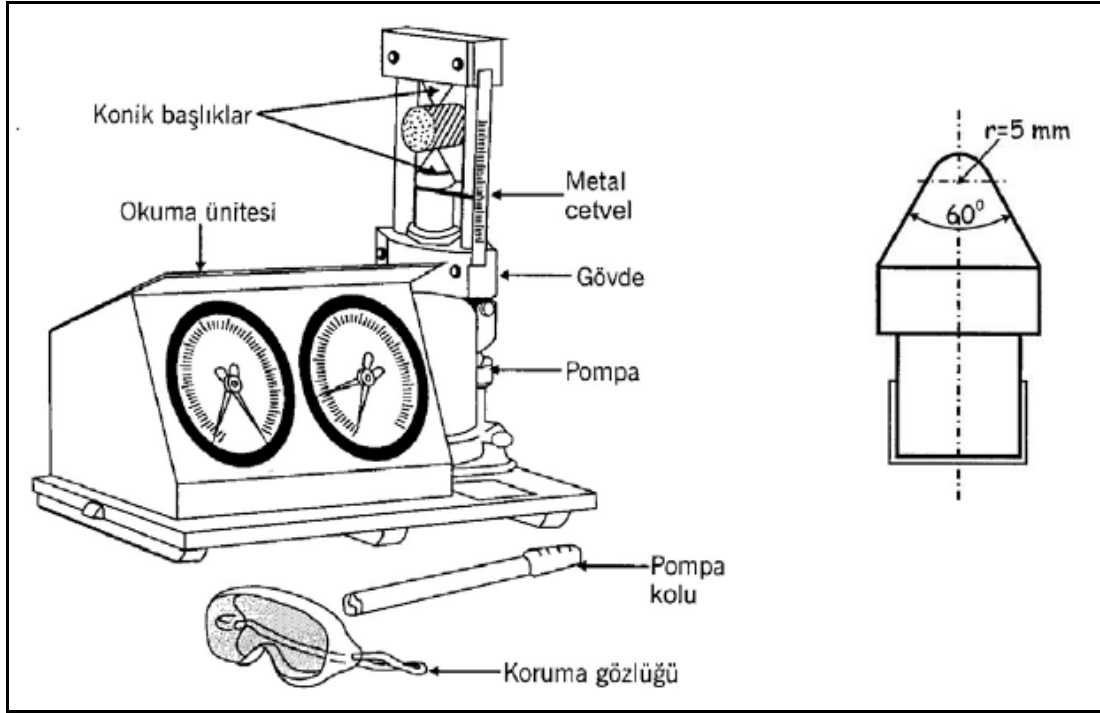
### 2.8.5. Nokta Yük Dayanımı

Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta-yükü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak kullanılır. Bununla birlikte, günümüzde nokta yükü dayanım indeksinin tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla pek kullanılmaması yönünde bir eğilim mevcuttur. Yöntemin aşağıda verilen ayrıntıları için ISRM (1985)'den yararlanılmıştır.

Bu deney, için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örnekler de kullanılabilir. Karot örneği, konik yükleme başlıklarının arasına karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi,

- a) Çapsal deney (karot eksenine dik yönde yükleme)
- b) Eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme)
- c) Blok ve düzensiz örneklerle deney olmak üzere, üç farklı şekilde yapılabilmektedir.

Laboratuar çalışmasında blok ve düzensiz örneklerde deney uygulanmıştır. Deney sırasında koruma gözlüğü takılmalıdır. Konik yükleme başlıkları, örnek yerleştirilmeden önce birbirleriyle temas halindeyken kesinlikle yükleme yapılmamalıdır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Nokta yükleme deney aleti ve konik yükleme başlığı, (ISRM, 1985).

### 2.8.5.1. Çapsal Deney

Bu deney için karot örneğinin uzunluğunun ( $L$ ) çapına ( $D$ ) oranı Şekil 2.16'da gösterildiği gibi, 1'den büyük olmalıdır ( $L/D > 1.0-1.4$ ). Kayaç örneği heterojen ve anizotrop ise, deney en az 10 örnek üzerinde yapılmalıdır. Çapı ve uzunluğu kumpas ile ölçülen örnek, konik uçların arasına karot'un eksenine dik yönde yerleştirilir. Konik uçlar ile örnek arasında açıklık kalmaması için pompa kullanılarak silindirik yükleme tablası yükseltilir. Örnek 10-60 saniye arasında yenilecek şekilde yükleme yapılır ve yenilme anındaki yük ( $P$ ), yük göstergesinden okunarak forma kaydedilir.

NOT: Yenilme anında oluşan kırık, karot yüzeyinde tek bir yükleme noktasından geçiyorsa deney iptal edilir.

### 2.8.5.2. Eksenel Deney

Bu deney için  $W/D$  oranı 0.3–1.0 arasında olan karot örnekleri kullanılmalıdır (Şekil 2.17). Kayaç örneği heterojen ve anizotrop ise, deney en az 10 örnek üzerinde yapılmalıdır. Örnek, çapı ve boyu kumpasla ölçüldükten sonra, konik uçlar arasında

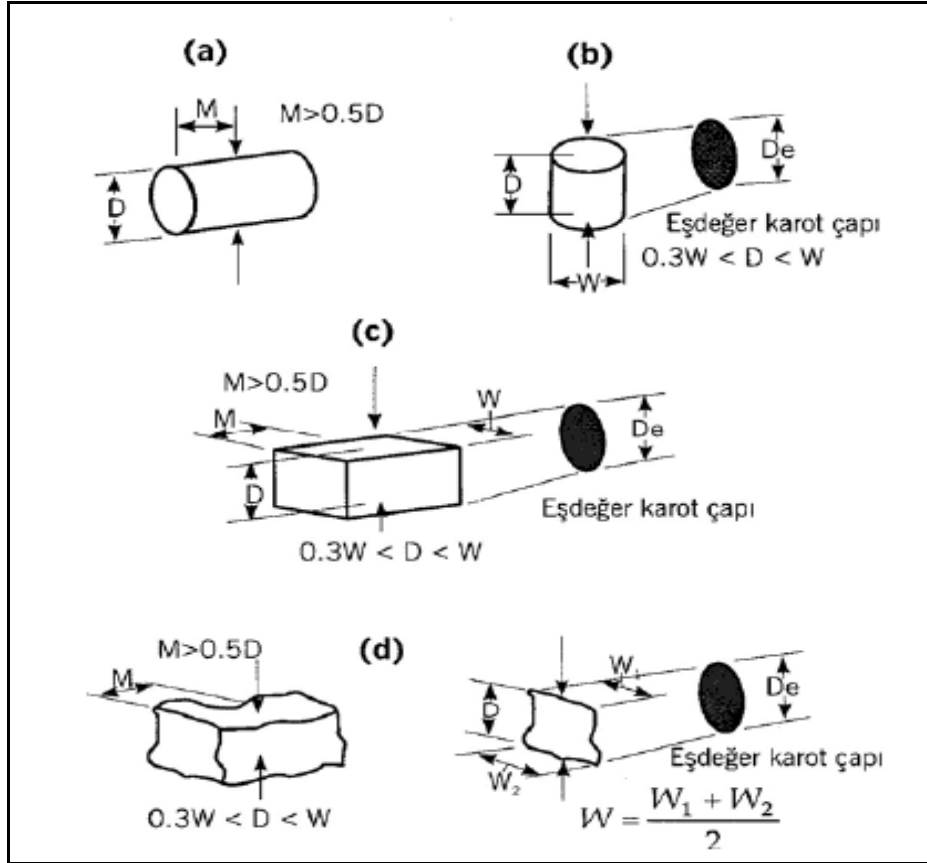
yüklemeye yönüne paralel olacak şekilde yerleştirilir. Çapsal deney için belirtilen uygulama burada da yapılır.

NOT: Yenilme şekli Şekil 2.17'de gösterildiği gibi ise, deney iptal edilir.

### 2.8.5.3. Blok ve Düzensiz Örneklerle Deney

50 ±35 mm boyutundaki ve Şekil 2.16'da gösterilen blok ve düzensiz şekilli örnekler bu tür deney için uygundur. Kalınlık (W) ve genişlik (D) oranı 0.3 ile 1.0 arasında, tercihen 1'e yakın, Şekil 2.16'da gösterilen ve konik uçların temas noktası ile en yakın serbest uç arasındaki mesafeyi tanımlayan M mesafesi ise, en az 0.5D olmalıdır. Bu örneklerin eşdeğer çaplarının yaklaşık 50 mm olması tercih edilir. Kayaç örneğinin heterojen ve anizotrop olması koşulunda, en az 10 örnek kullanılarak deney yapılmalıdır. Örnek, konik başlıkların arasına yerleştirilir. Yükleme yönüne dik konumdaki en küçük örnek genişliği  $W \pm \%5$  duyarlılıkta, konik başlıkların örnekle olan temas noktaları arasındaki D mesafesi de Şekil 2.16'da gösterilen aletin gövdesindeki metal cetvel kullanılarak,  $\pm \%2$  duyarlılıkla ölçülür. Örneğin kenarları birbirine paralel değilse, W uzunluğu, Şekil 2.16'da gösterildiği gibi,  $W = (W1+W2)/2$  eşitliğinden belirlenir. Çapsal ve aksenal deneylerde belirtildiği şekilde yükleme yapılarak yenilme yükü saptanır.

NOT: Kırık, Şekil 2.17'de d, e, f'de gösterildiği gibi, sadece bir yükleme noktasından geçerse, deney iptal edilir.



Şekil 2.16. Örnek şekilleri: (a) çapsal, (b) aksenal, (c) blok ve (d) düzensiz şekilli örnekler (ISRM, 1985).

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (23)$$

$$F = \left[ \frac{D_{e(\min)}}{50} \right]^{0.45} \quad (24)$$

$I_{s(50)} = F \times I_s$  formülleri kullanılarak nokta yük dayanım indeksi hesaplanır.

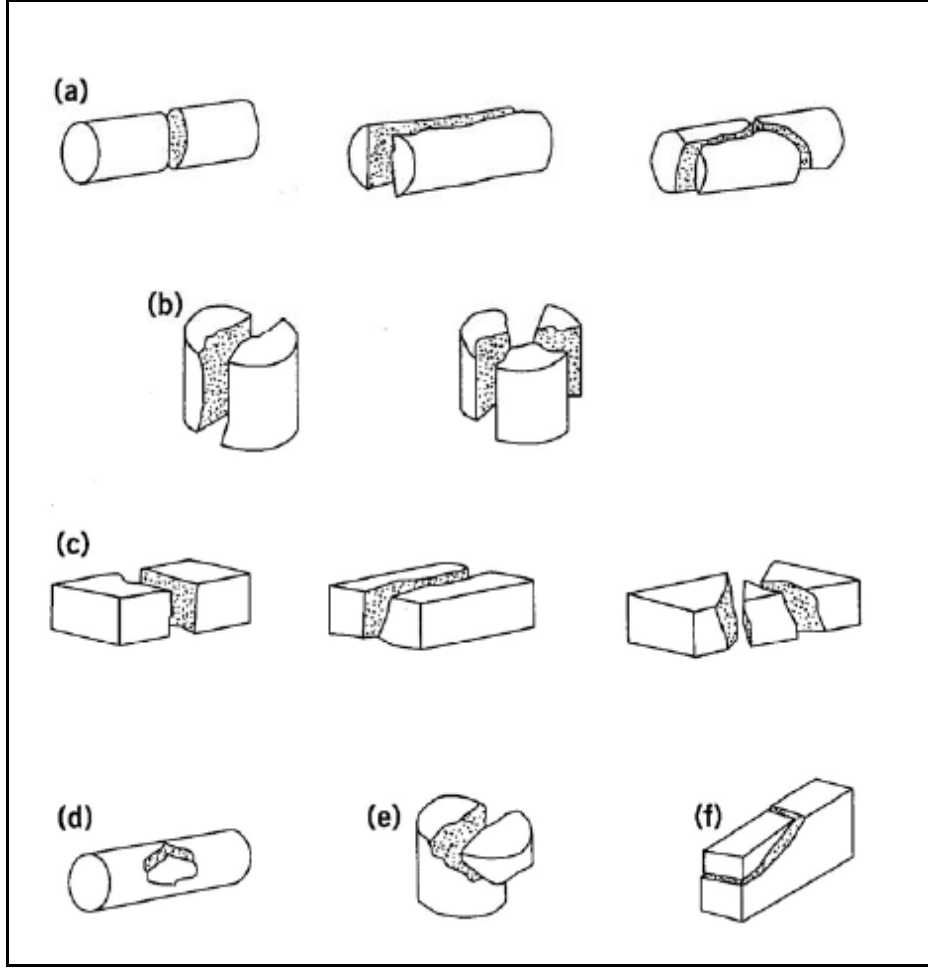
$D_e$  = Eşdeğer çap (mm),

$P$  = Yenilme yükü (kN),

$F$  = Boyut düzeltme faktörü,

$I_s$  = Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa),

$I_{s(50)}$  = Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi (MPa).



Şekil 2.17. Geçerli ve geçersiz deneylere ait tipik yenilme şekilleri: (a) çapsal deney için geçerli, (b) aksenal deney için geçerli, (c) blok örnekler için geçerli, (d) karot örnekler için geçersiz, (e) aksenal deney için geçersiz ve (f) blok örneği için geçersiz.



Şekil 2.18. Nokta yük deneyinde kullanılan numunelerin görünümü



Şekil 2.19. Nokta yük deneyinin yapılışı



Şekil 2.20. Nokta yük deneyi sonucu kırılmış örneklerin görünümü

### 2.8.6. Dolaylı Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı; mermerlerin çekme gerilmeleri karşısındaki direncidir.

Çekme dayanımı için iki farklı deney yöntemi kullanılmaktadır.

Direkt çekme dayanımı deneyi,

Yarmada çekme dayanımı (Brazilian) deneyi.

Tercan mermerlerinin dolaylı çekme dayanımını bulmak için Yarmada çekme dayanımı (Brazilian) deneyi yapılmıştır.

Bu deney için silindir şeklinde dış yüzeyleri düzgün ve nominal boy/çap oranı ( $h/d$ ) 2-2,5 arasında çapı 50 mm'den az olmayan en az 5 adet deney numunesi kullanılmıştır (Şekil 2.21).

Deney numuneleri etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutularak sonrasında oda sıcaklığına kadar soğutulur. Sonrasında yükün yüzeye eşit olarak dağılması için örneklerin kenarlarına simetrik olarak çıtalar yapıştırılır (Şekil 2.21).

Mermer örneğinin yarmada çekme dayanım değeri;

Örnek, yenilme 15–30 saniye arasında gerçekleşecek şekilde sabit bir hızla yüklenir. Önerilen yükleme hızı 200N/s'dir. Örneğin yenilme andaki yükü ( $F_t$ ), yükleme ünitesinin göstergesinden okunur. Aynı işlemler diğer örnekler içinde benzer şekilde uygulanır.



Dolaylı çekme dayanım indeksi sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (TSE 699).

$$c_t = (2F_t) / (\pi DL) \quad (25)$$

$c_t$  = Mermerin yarmada çekme dayanımı (MPa),

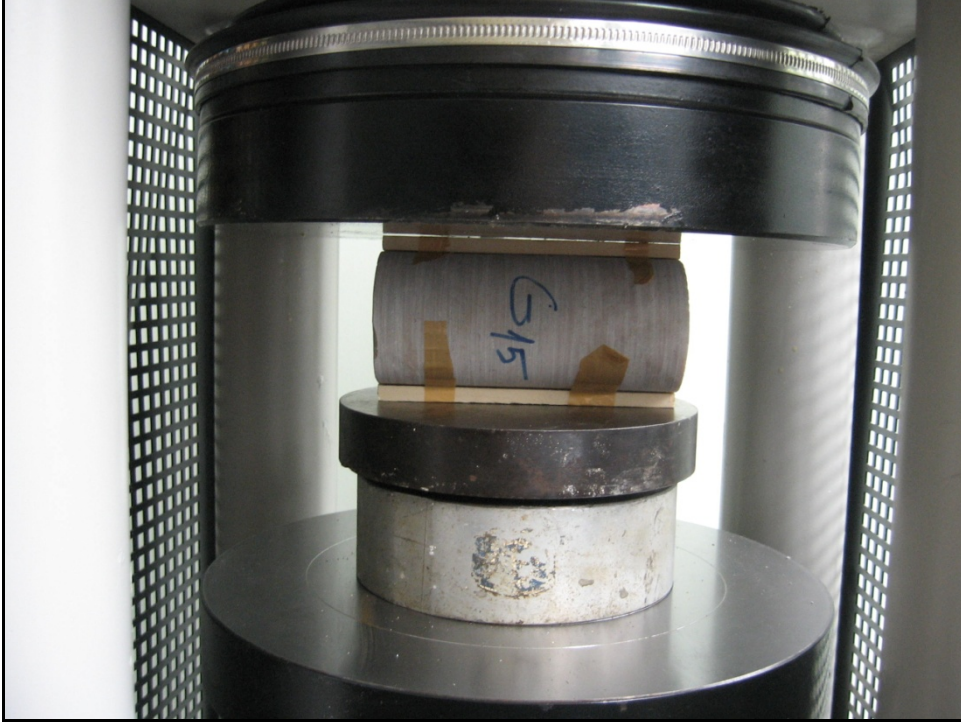
$F_t$  = Mermerin yenilme yük değeri (kN),

$D$  = Mermer numunesinin çapı (m),

$L$  = Mermer numunesinin boyu (m) bulunmaktadır.



Şekil 2.21. Çekme dayanımında kullanılan örneklerin görünümü



Şekil 2.22. Örneğin deney aletine yerleştirilmesi



Şekil 2.23. Örneklerin deney sonrasındaki görünümü

### 2.8.7. Suda Dağılmaya Karşı Duyarlılık Deneyi

Bu deneyde amaç, kayaç örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflanmaya karşı gösterdiği duyarlılığın belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (1981)'nin önerdiği yol esas alınmıştır.

Her biri 40–50 gr olan, toplam 450–550 gr kadar örneği temsil eden yaklaşık 10 adet parça seçilir (Şekil 2.24). Seçilen bu örneklerin köşelerinin birbirine çarparak mekanik parçalanmaya neden olmaması için köşelerinin mümkün olduğunca küresele yakın olması istenir.

Hazırlanan örnekler öncelikle 105°C'lik sabit sıcaklıkta 6 saat, tercihen 12 saat kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda örneklerin kuru ağırlıkları tartılarak bulunur. Kuru ağırlıkları bulunan örnekler soğutulduktan sonra tambura konularak deneye başlanır (Şekil 2.25).

Tambur, şeffaf hazne içine yerleştirilir ve hazne üzerinde kırmızı işaretli çizgiye kadar saf su ile doldurulur. Deneye hazır hale gelen tambur dakikada 20 devir yapacak şekilde 10 dakika süre ile döndürülür (Şekil 2.26). 10 dakika sonunda tambur haznedan alınarak örnekler tekrar çok hassas olarak fırına yerleştirilerek 105°C' de 12 saat süreyle yeniden kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda örneklerin tekrar kuru ağırlıkları tartılarak madde kaybına bakılır. Yapılan işlemler 5 çevrim olacak şekilde yinelenerek tamburda kalan malzemenin ağırlığının deneyin başlangıcındaki malzeme ağırlığına oranı hesaplanır.

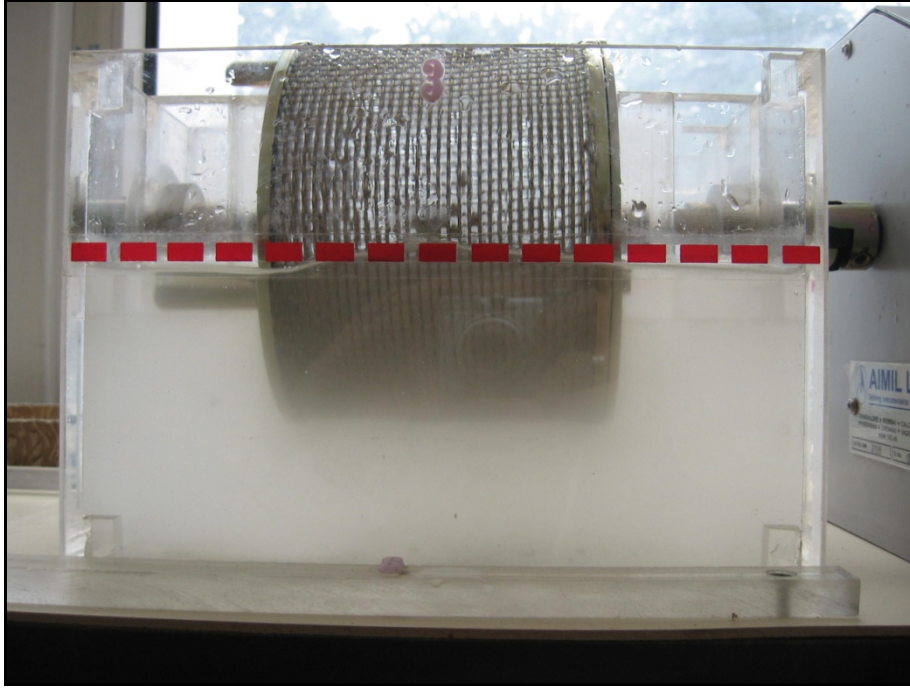




Şekil 2.24. Duraylılık deneyi için hazırlanan örneklerin görünümü



Şekil 2.25. Suda dağılmaya karşı duyarlılık deney aleti düzeneği



Şekil 2.26. Örneklerin deney düzeneği içindeki görünümü

### 2.8.8. Los Angeles Aşınma Dayanımı

Los Angeles aşınma dayanımı deneyi, bir silindir alet yardımıyla hazırlanan örneklerin, belli sayıdaki çelik bilyelerle birlikte, silindir içinde dönmesiyle meydana gelen serbest düşmeden dolayı numunelerin kırılması veya zayıf parçaların kopması prensibine dayanır. Şekil 2.27’de Los Angeles deney düzeneği gösterilmektedir.

TSE 1097-2’ye göre yapılan Los Angeles aşınma deneyini yapmak için araziden getirilen bloklar önce bir çekiçle parçalandıktan sonra, laboratuvar tipi çeneli kırıcıyla parçalar daha küçük boyutlara indirilir. Kırılan numuneler elek açıklığı 19.1 mm, 12.7 mm ve 9.52 mm olan eleklerden elenerek  $2500 \pm 10$  g olacak şekilde hazırlanır.

Tablo 2.1. Los Angeles Aşınma dayanımı için kullanılan elek aralıkları ve numune miktarları, (TSE 1097 – 2).

Tane Sınıfı	Bilye Sayısı	Bilye Ağırlığı (g)	Elek Aralığı	Alınacak Miktar (g)	Toplam Miktar (g)
B*	11**	4575	19.1mm – 12.7 mm	2500±10	5000±10
			12.7 mm – 9.52 mm	2500±10	

\* Deney numunesi tane sınıfı: A, B, C, D ( $2500 \pm 10$  g) ve E, F, G ( $2500 \pm 10$ ) olmak üzere 7 sınıfa ayrılır.  
 \*\* B sınıfı için gerekli bilye sayısı



Şekil 2.27. Los Angeles deney aleti ve kullanılan bilyelerin görünümü

Hazırlanan deney numuneleri ayrı ayrı kaplara konularak  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa kadar ayarlanmış etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulan deney numuneleri 0.1 g hassasiyetle tartılarak 12.7 mm elek üstüyle 9.52 mm elek üstü aynı numune kabına alınarak toplam kütlesi en az  $5000\pm 10$  g olacak şekilde karışım hazırlanır.

Hazırlanan numuneler Los Angeles aşınma deneyine tabii tutulmak amacıyla 11 çelik bilyeyle birlikte 500 devir olmak üzere Los Angeles aşındırma cihazı içerisine konularak aşınmaya bırakılır. 500 devir sonunda cihazdan çıkarılan deney numunesi parçalarının tümü göz açıklığı 1.7 mm olan kare gözlü elekten elenir. Elek üstü 0.1 g hassasiyetle tartılır ve elek üstü ağırlığı kaydedilir. Deney yapılırken, numunenin hiçbir parçasının kaybolmamasına dikkat edilir. Los Angeles deneyi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$K_{500} = \left( \frac{G_0 - G_{500}}{G_0} \right) * 100, \% \quad (26)$$

Burada;

$K_{500}$  : 500 devir sonunda aşınma kaybı, %.

$G_0$  : Deney numunesinin deneyden önce kütlesi, g.

$G_{500}$  :Deney numunesinin 500 devir sonunda göz açıklığı 1.7 mm olan elek üzerinde kalan kısmının kütlesi, g.

### 2.8.9. Kimyasal Analiz

Mermerlerde Si, Fe, Ca, Al, Mg, tayini:

250  $\mu$  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 kağıdından süzülerek  $\text{SiO}_2$  kristalleri ile çözelti ayrılır. Çözelti üzerine amonyak eklenerek Fe ve Al oksitleri halinde çöktürülür. Beyaz bant filtre kağıdından süzülerek çözeltiden ayrılır.

Çözeltide Ca ve Mg deneyleri EDTA titrasyonu ile belirlenir. Beyaz bant filtre kağıdı üzerindeki katı asit ilavesi ile çözülür. Çözeltideki Fe ve Al miktarı yüksek ise titrasyon ile değilse atomik absorpsiyon spektrometresinde tayin edilir. Mavi bant filtre kağıdı 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.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi**

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1993) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında tek birim olarak Anadolu volkano-sedimanter serisi ayırt edilmiştir.

Şekil 3.1'de çalışma alanı çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, Şekil 3.2'de dikme kesite ve Şekil 3.3'te kesiti görülmektedir.

#### **3.2. Anadolu Volkano-Sedimanter Serisi**

Gerek çalışma alanında ve gerekse bölgede yaygın ve sürekli yüzeylenimleri olan Anadolu volkano-sedimanter serisi ofiyolitli melanj (Yılmaz, 1981, 1983, 1985; Yılmaz ve diğ., 1985) veya ofiyolitli karışık (Koçyiğit, 1985) şeklinde adlanmış ve tanımlanmıştır. Genellikle düzenli sedimantolojik bir iç yapı ve istif sunan bu birimlerin çökeli mi esnasında, ortamın tektonizma-vulkanizma özelliklerinden ötürü, ortama yerli ve yabancı (ofiyolit, metamorfit) bazı olistolitler aktarılmıştır. Bu nedenle, seri bazı kesimlerde blokl u bir görünüm arz eder. Bu özellikler, tektono-stratigrafik ilişkilerden kaynaklanmaktadır.

Anadolu volkano-sedimanter seri olarak adlandırılmış olan bu birim, farklı bölgelerde yaş, kaya türü, stratigrafik, tektonizma-vulkanizma önceliklerine göre üye, formasyon ve grup alt başlıkları altında, daha sonraki araştırmalarda ayrıca adlanmalıdır. Anadolu volkano-sedimanter seri, farklı kökenli kaya türlerinden (magmatik, volkanik, sedimanter), farklı fasiyes ve ortamlarda (karasal, sığ, neritik, şelf ve derin deniz) çökelmiş yaygın ve sürekli kaya stratigrafi birimlerinden oluşur. Tüm bu kaya stratigrafi birimleri Paleozoik-Mezozoik gibi geniş bir zaman aralığında oluşmuş, birbirleriyle düşey ve yanal geçişli olup, ayırtlanmamış bu kaya stratigrafi birimlerin tümü Anadolu volkano-sedimanter serisi kapsamına konulmuştur.

Anadolu volkano-sedimanter serisini oluşturan birimler olasılıkla ensimatik ada yayı kökenlidir. Bölgede ada yayı birimlerinin yüzeylendiği kesimlerde heterojen bir iç yapı sergiler. Bazı alanlarda yerli ve yabancı (ofiyolit, metamorfit) olistolitleri içeren lav,

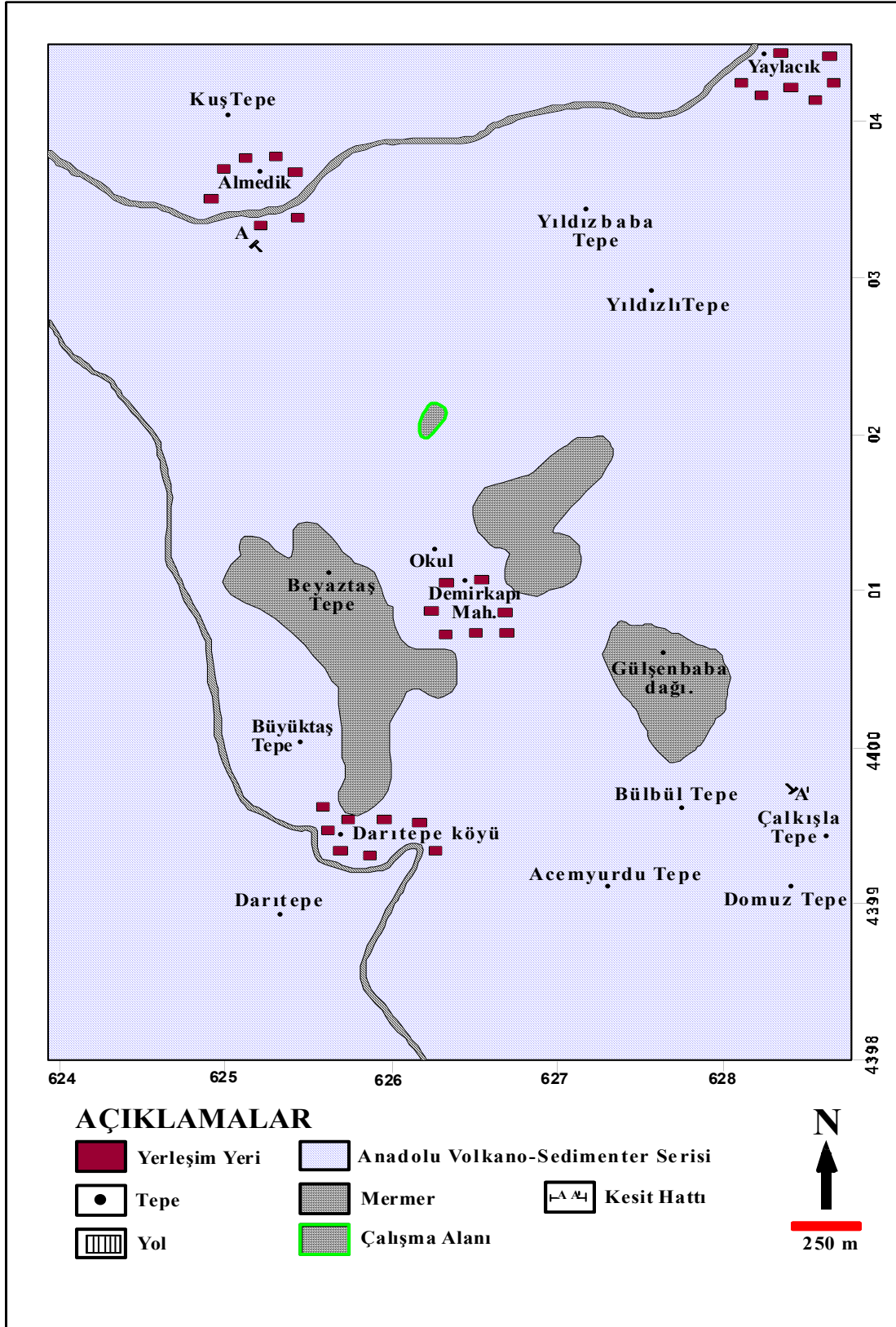


piroklastik kayalardan oluşur. Bazı kesimlerde az olistolit içeren veya hiç içermeyen fliş, volkano-sedimanter, karasal kaba ve ince kırıntılardan oluşur. Bazı kesimlerde ise türbiditik ve derin deniz pelajik çökel ve platform tipi kireçtaşlarının yaygın ve sürekli yüzeylemlerinden oluşurlar. Anadolu volkano-sedimanter serisini oluşturan benzer fasiyes ve ortamlarda çökelmiş kaya stratigrafik birimleri farklı yaş konaklarında oluşmuşlardır. Başka bir deyişle, benzer kayatürü özellikleri gösteren bazı birimlerin farklı zaman aralıklarında geliştikleri ve oluştukları gözlenir. Anadolu volkano-sedimanter serisini oluşturan birimlerin, belli bir yaş konağında bir alan veya bölgede karasal-sığ ortamlarda oluşmuş ince-kaba kırıntılardan oluşurken, bir başka alan veya bölgede aynı yaş konağında şelf veya derin deniz pelajik çökel, kireçtaşı, volkanit, volkano-sedimanter birimlerden oluştukları görülür.

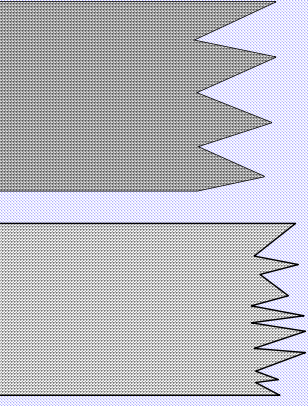
Volkano-sedimanter seri farklı fasiyes, ortam ve farklı kökensel kayatürlerin'den oluşmaları nedeniyle heterojen bir iç yapı sunarlar. Söz konusu birimlerin, K-G yönlü tektonik sıkışmalarla kıvrımlanma, bindirmeler geliştirerek yerleşmesi heterojen iç yapısını daha da arttırmıştır. Bu nedenle, bazı alanlarda şiddetli tektonik deformasyonlar nedeniyle kayatürleri ezilmiş makaslanmış bir iç yapı gösterirken, bir başka kesimde artan basınç/sıcaklıklar nedeniyle ada yayı birimlerinin farklı seviyelerde, farklı yaş ve kayatürleri içerisinde, farklı derecede metamorfik kaya bölüm, bant, mercek ve seviyelerinin geliştiği gözlenmiştir. Söz konusu metamorfiklerin içinde bulunduğu ada yayı kökenli Anadolu volkano-sedimanter serisini oluşturan kaya stratigrafik birimleriyle düşey ve yanal geçişli oldukları görülür (M.T.A 2007).

Çalışma alanının genel bölümünü kapsayan Anadolu volkano-sedimanter serisi içerisinde rekristalize kireçtaşı seviyeleri gözlenir. Bu seviyeler tektonik deformasyonlara rağmen içinde bulunduğu birimlerle sedimanter ilişkilidir. Ada yayı birimleri içerisinde 10 metreden birkaç yüz metreye varan kalınlıkta olup, ada yayı birimleri içimde mercek, seviye ve bantlar şeklinde ara katkılar yaptıkları gözlenir, içinde bulunduğu birimle düşey ve yanal geçişli ve giriktir.

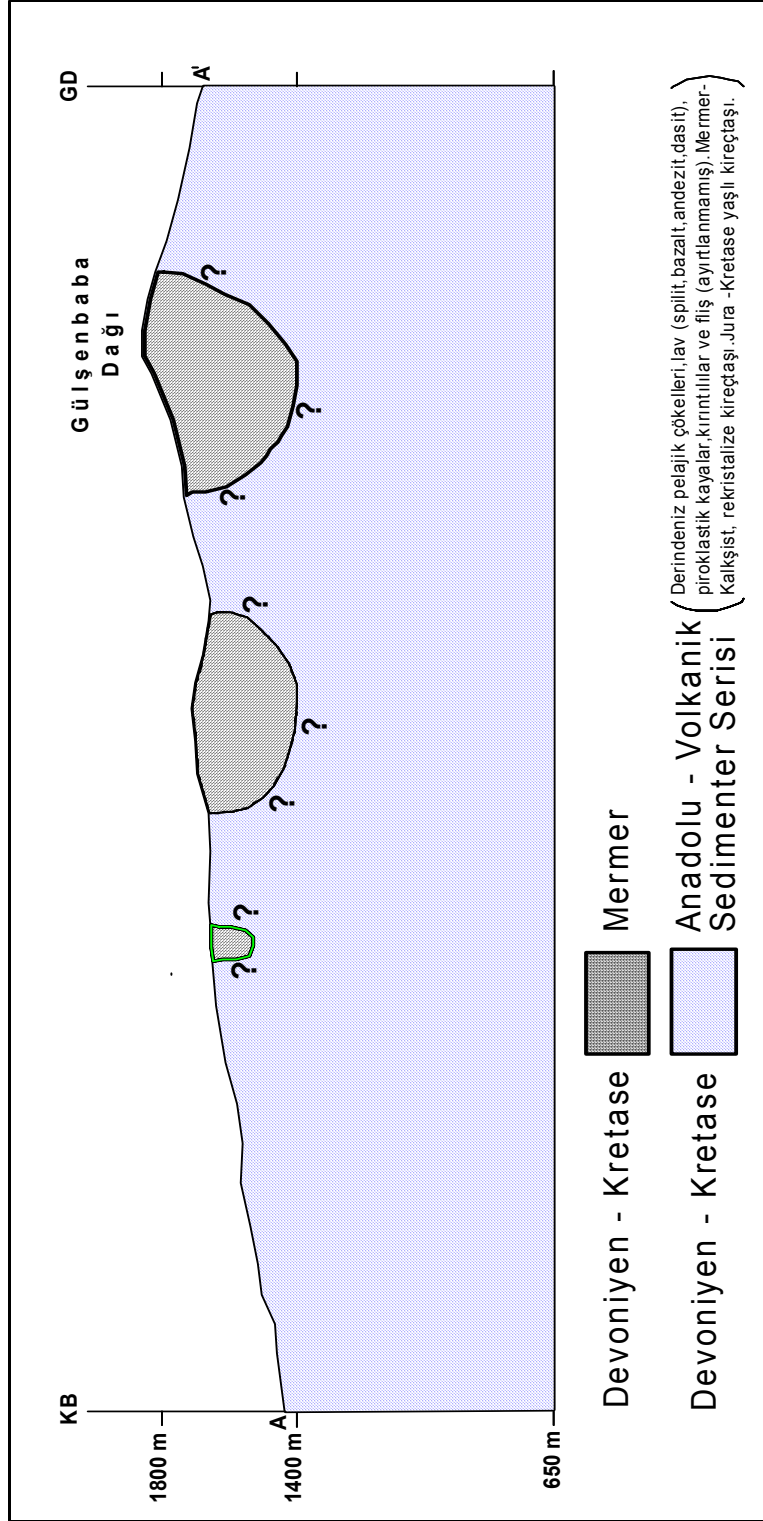
Araziden alınan örnekler, beyazımsı renkte ve kompakt (masif) bir yapıdadır. Çıplak gözle bakıldığında belirgin bir şistozite özelliği yoktur. Yer yer orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kayacı nispeten daha ince kalsit kristallerinden oluşan damarcıkların katettiği el örneklerinde gözlenmektedir. %10'luk HCl asit altında hızla köpürmektedir. 10X büyütme lup altında da benzer görünüm elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının ve çevresinin genel jeoloji haritası

S İ S T E M	S E R İ	FORMASYON	L İ T O L O J İ	AÇIKLAMALAR
Ü. PALEOZOYİK - MESOZOYİK	DEVONİYEN - KRETASE	ANADOLU VOLKANİK SEDİMENTER SERİSİ		<p>Derin deniz pelajik çökelleri, lav( split, bazalt, andezit, dasit), piroklastik kayalar, kırıntılar ve fliş (ayırtlanmamış).</p> <p>Mermer Kalkşist Rekristalize kireçtaşı</p> <p>Jura - Kretase yaşlı kireçtaşı</p>

Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresine ait dikme kesit

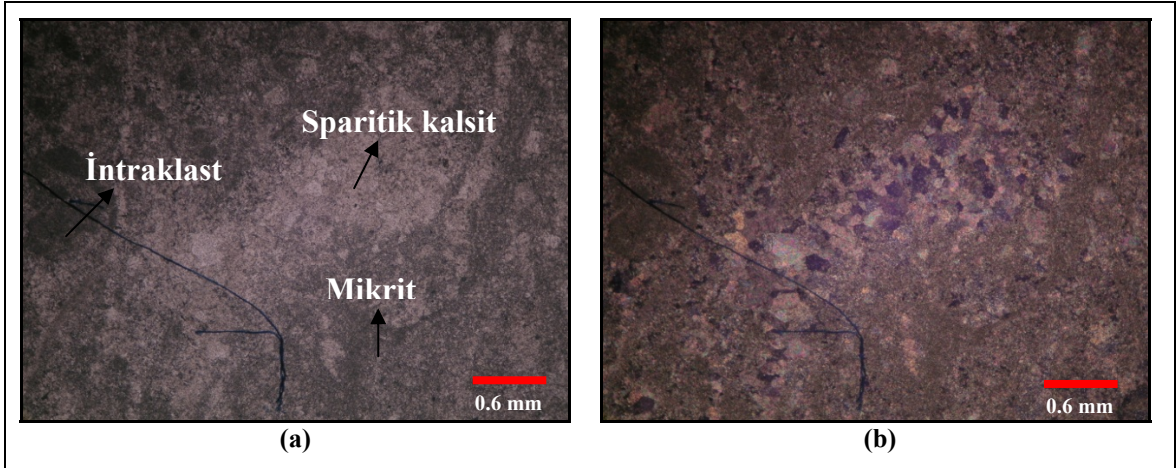


Şekil 3.3. Çalışma alanı ve çevresine ait enine kesit

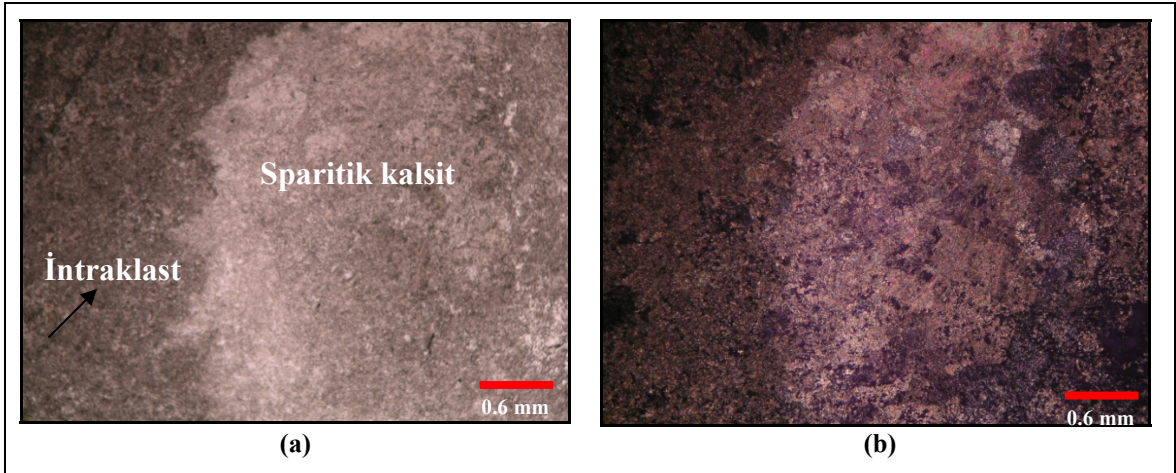
Mikroskop altında ise kayacın esas olarak mikritik bir doku içinde yer yer sparitleşme alanları hemen hemen her doğrultuda görülebilmektedir. Bazı alanlarda ilksel mikritik dokunun korunmuş olduğu görülür. Çok nadir olarak kalsitleşmiş kavkı parçalarına rastlamak mümkündür. Kesitlerde çok az miktarda opak mineral gözlenmiştir.

Kayaç içinde bazı alanlarda saçılmış halde intraklastlar mevcuttur. Organik bileşikler tanınmamakta olup yaş için herhangi bir bulgu yoktur.

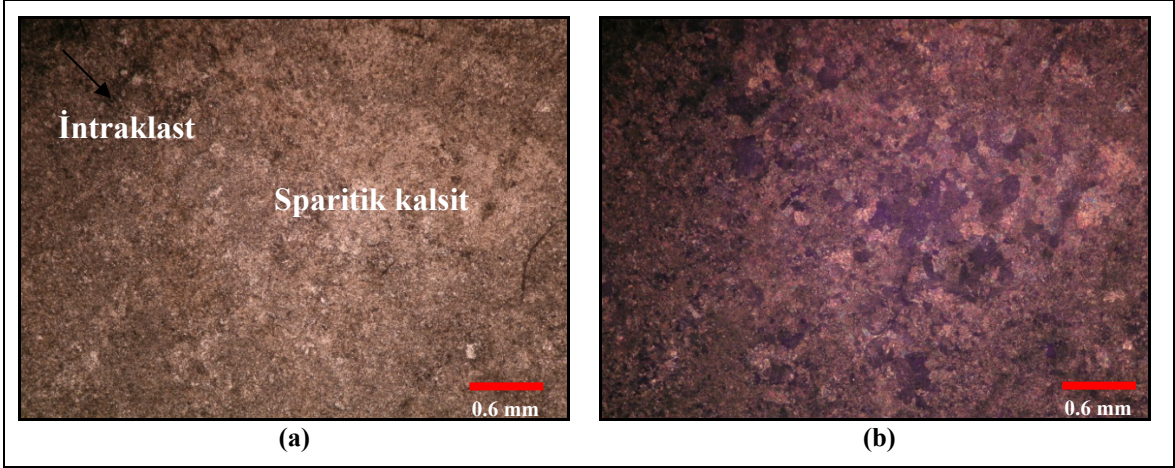
Düşük enerjili, derin deniz ortamında oluşan kireçtaşları, Folk'a (1962) göre mikritik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6).



Şekil 3.4. Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N'de (b) görünümü.



Şekil 3.5. Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N'de (b) görünümü.



Şekil 3.6. Tercan mermerlerinin mikroskop altında T.N., (a) ve Ç.N’de (b) görünümü.

### 3.3. Tercan Mermerlerinin Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi

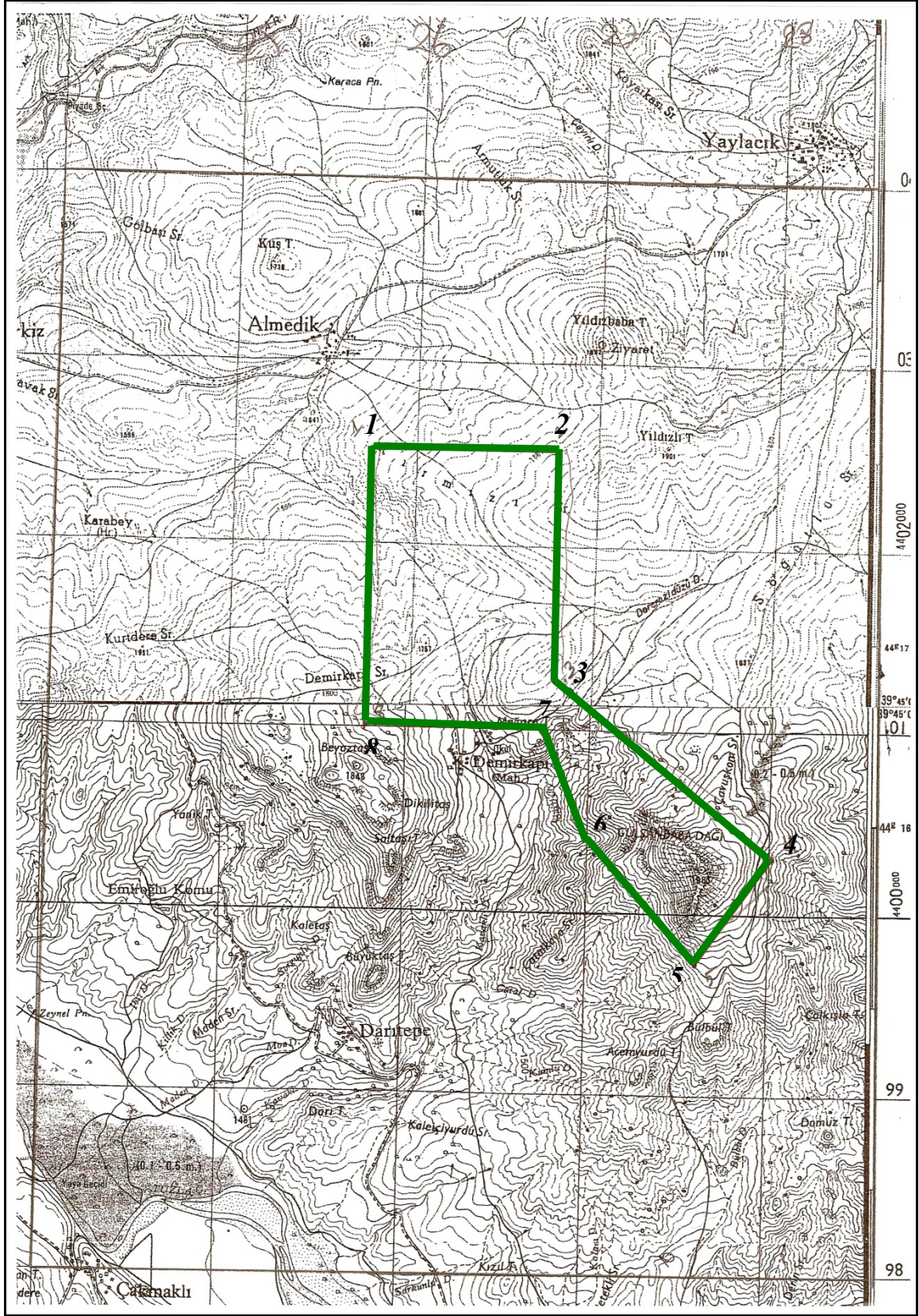
#### 3.3.1. Sahanın Hakiki Durumu

Ruhsat Sahibi	: Rıza Karip
Ruhsat Grubu	: II. Grup (Mermer)
Ruhsat No	: AR: 83551
Erişim No	: 2479706
Ruhsat Yürürlük Tarihi	: 16-10-2002
İl	: Erzincan
İlçe	: Tercan
Köy	: Demirkapı
Pafta No	: 24İ44B3-C2
Ruhsat Alanı	: 223,87 hektar

Tablo 3.1. Ruhsat alanının koordinatları

	1. NOKTA	2. NOKTA	3. NOKTA	4. NOKTA
Sağa (Y)	625750	626750	626750	626000
Yukarı (X)	4402500	4402500	4401250	4400300
	5. NOKTA	6. NOKTA	7. NOKTA	8. NOKTA
Sağa (Y)	627600	627000	627750	625750
Yukarı (X)	4499750	4400400	4401000	4401000





Şekil 3.7. Mermer ocağı ruhsat alanının topoğrafik haritadaki konumu

### 3.3.2. Cevher Zonunun Boyutları

Sahada 3 ayrı yerde cevher bulunmaktadır. Gülşenbaba dağında 700 metre boyunda, 200 metre eninde, 70 metre kalınlığında bir kütle vardır. Demirkapı Mahallesi'nin kuzeydoğusunda 400 metre boyunda, 200 metre eninde, 50 metre kalınlığında 2. bir kütle vardır. Yine Demirkapı Mahallesi kuzeyinde ise 150 metre boyunda, 75 metre eninde, 20 metre kalınlığında 3. bir kütle vardır.

### 3.3.3. Cevher Zonunun Doğrultu ve Eğimi

Cevher tabakasız masif görünümlü olup, Gülşenbaba dağındaki kütle kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda, diğer iki kütle ise kuzeydoğu-güneybatı doğrultusundadır.

Görünür rezervi tespit edilen kütlede çalışma yapılmış ve dolayısıyla ekonomik önem taşıyan bu kütlelerin görünür rezerv olduğuna karar verilmiştir. Koordinatları aşağıdaki gibidir:

Tablo 3.2. Rezervli alanın koordinatları

	1. NOKTA	2. NOKTA	3. NOKTA	4. NOKTA
Sağa (Y)	626118	626154	626213	626151
Yukarı (X)	4401742	4401884	4401840	4401680

Bu alandaki görünür rezerv 20 metre kalınlık ve koordinat hesabına göre 381.720 m<sup>3</sup> dür. Muhtemel rezerv diğer iki kütlelerin yüzeysel boyutları hesaplandığında 13.800.000 m<sup>3</sup> dür. Mümkün rezerv olarak bu miktarın artması muhtemeldir.

## 3.4. Mermerlerin İşletilmesi

### 3.4.1. İşletme Yöntemi

Bir mermer ocağında blokların çıkarılması için hangi yöntemin uygulanacağını mermer yatağının karmaşıklığı, yapısı, konumu, çatlak durumu gibi bir dizi jeolojik faktörler belirler. Mermer işletmeciliğinde esas amaç ocağı tahrip etmeden kırksız, çatlaksız,



sağlam blok çıkarmaktır. Ülkemizde mermer işletmeciliği açık ocak işletmesi şeklindeyken, dünyanın bazı yörelerinde mermer, kapalı işletme yöntemiyle de üretilmektedir.

Çalışma alanında üretim açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Mermer üretimi için önce üst tabakalardaki bozulmuş kısımlar alınmakta daha sonra üretime geçilmektedir.

Mermer ocağında açık işletmenin hedeflenmesinin amacı masif ve genellikle düzgün prizmatik yapıda blok elde etmektir. Elde edilecek bloğun boyutları değişkendir. Ancak piyasa şartlarında en az 2.5–3 m<sup>3</sup> iç piyasa, 5–7 m<sup>3</sup> dış piyasa blok istemektedir. Karayollarında 15 ton üzeri taşıma yasak olduğundan üreticiler 15 ton üzeri üretim yapamamaktadırlar (Şentürk, 1996).

Ocakta mermer üretimi tamamen elmas tel kesme yöntemi uygulanarak yapılmaktadır. Tel kesme ile ana kütlede ayrılan bloklar uygun boyutlara getirilerek daha sonra sayalama (ebatlama) işleminden geçirilerek blok üzerindeki işe yaramaz kısımlar temizlenmektedir. Bu işlemden sonra mermer blokları stok sahasına taşınarak satışa hazır hale getirilmektedir.

#### **3.4.1.1. Elmas Tel Kesme Yöntemi**

Son 10 yılda içinde özellikle gelişi güzel kütlelerden blok almak amacı ile elmas tel ile kesme yöntemi geliştirilmiştir (Şekil 3.8).

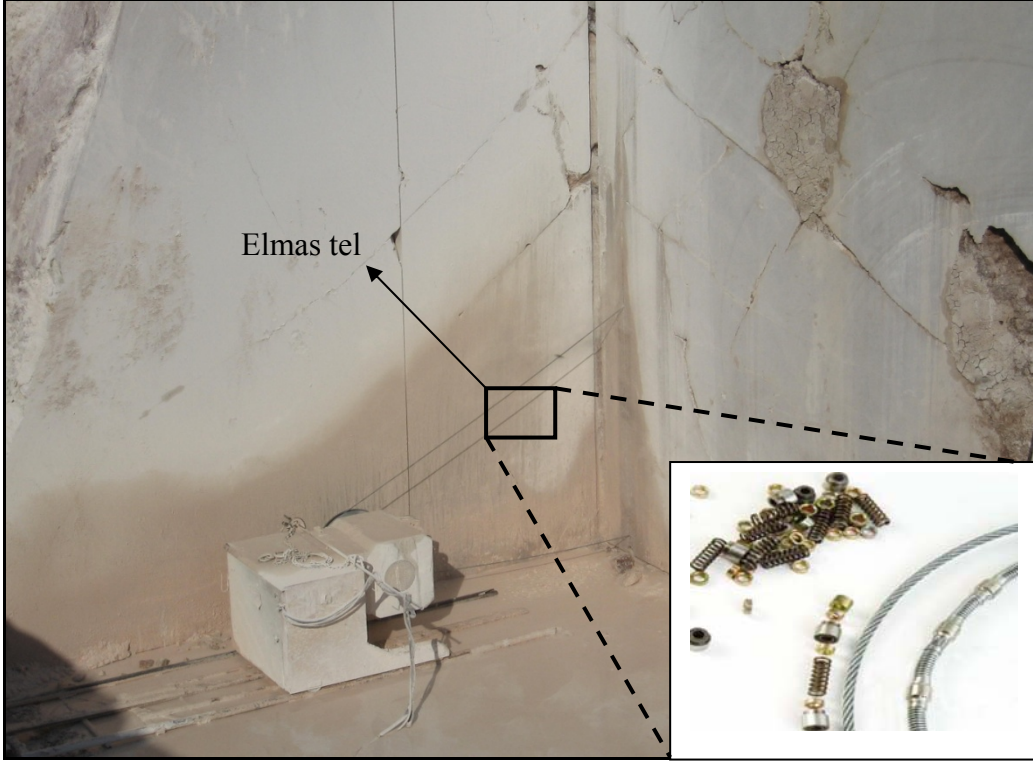
Elmas telin kullanılması ile gerek ocaktan blok almada gerekse çıkarılmış olan bloklara düzgün şekil vermek için gereken zaman önemli ölçüde kısalmıştır.

Kesim işlemi, 20–60 m uzunluğundaki elmaslı telin her yöne dönebilen 30–40 HP gücündeki elektrik motoru tarafından döndürülmesi ile sağlanır. Elmas tel kesme makinesinin çalışması için gerekli yatay ve düşey delikler hidrolik delici makinelerle, genellikle 9 cm açılmaktadır. Yatay ve düşey delik boyları 8–15 cm arasında değişmektedir.

Kullanılan elmas tel, 5 mm çaplı çelik tel üzerine 10 mm çaplı elmas boncukların takılması ile oluşturulmaktadır (Şekil 3.9). Elmas boncukların birbirine yaklaşmasını önlemek ve telin deliklerden kolayca geçmesini sağlamak amacıyla boncuklar arasına çelik yaylar takılmıştır. Bu yayları korumak içinde pullar takılır. Çalışma esnasında tel hızı 0–40 m/sn, tel gerginliği 0–200 kg'dır. Kesim alanı 3–6 m<sup>2</sup>/h'tir. Kesme işlemi sırasında ısınan telin sıcaklığı su kullanılarak giderilir (Onargan vd, 2006).

İlk olarak çıkarılacak bloğun iki yanından düşey ve yatay delikler açılarak yan kesimler yapılır (Şekil 3.9, 3.10). Daha sonra üstten ve ayna önünde tabandan 6–7 cm aralıklarla delikler delinip kamalar vasıtasıyla ilk blok çıkartılır (Şekil 3.11). İlk bloğun alınmasında delme kamalama ve tel kesme birlikte kullanılmaktadır. İlk bloktan sonraki arka ve taban kesimleri elmas tel kullanılarak yapılır. Kesim işlemine basamak sonuna kadar aynı şekilde devam edilir.

Delinen deliklerin çapı 6 inç'tir. Elmas teli bu deliklerden geçirmek için delik dibine kadar bir ip halat uzatılır. Sonra bu tip halat delik içersine sıkılır. Delik ağzına basınçlı hava verilerek diğer delik ağzından ip halatın çıkması sağlanır. Sonra ipin ucuna elmas tel bağlanarak deliklerden geçmesi sağlanır.



Şekil 3.8. Elmas tel kesme yöntemiyle yapılan üretim yöntemi



Şekil 3.9. Bloкта delikler açmada kullanılan sondaj alet kısımları



Şekil 3.10. Üretim aşamasında bloktaki düsey delinen delik izleri





Şekil 3.11. Yan kesim yapıp çıkartılmaya hazır bloğun görünümü

#### 3.4.1.2. Sayalama

Tel kesme yöntemiyle üretilen parçalar, çoğu kez değişik şekil ve büyüklükte olur. Bu kütleler, kesilip devrildikten sonra gerek jeolojik gerekse fiziksel özellikleri göz önüne alınarak blok veya moloz boyutlarında ikinci bir kesmeye tabi tutulurlar. Bu işlem sırasında kesilen kütlenin özelliklerine bağlı olarak, alınabilecek en büyük boyutlu ve düzgün geometrili parçalar kesilir. Ocaklarda ikinci, fabrikalarda ise ön kesme işlemi olarak yapılan bu kesme işlemine “*sayalama*” adı verilir (Şekil 3.12).

Blokların en az 2 m<sup>3</sup>, en çok 12m<sup>3</sup> olacak şekilde köşelendirilmesine özen gösterilerek sayalama yapılır. 2 m<sup>3</sup>’ün altındaki bloklar ekonomik sayılmazlar.

Ayrıca büyük kütlelerin ocaktan nakliyesi mümkün olmadığı için sayalama makinesi yardımıyla büyük blokların uygun ölçüklere indirgenmesi sağlanır (Onargan vd, 2006 ).



(a)



(b)

Şekil 3.12. Sayalama makinesi ve sayalama işlemi

### 3.4.2. Mermer İşleme Makineleri

Ocak işletmesinden üretilen mermer blokların biçilerek dilimlere ayrılması mermer kesme ve işleme tesislerinde yani mermer fabrikasında yapılır.

Mermer ocaklarından düzgün geometrik şekillerde mermer fabrikasına gelen bloklar çeşitli makine ve teçhizat kullanılarak kesilmekte ve kesilerek levha mermer haline gelen mermer istenilen boyutlarda küçültülerek pürüzlü yüzeyler silinerek pürüzsüz duruma getirilip parlatılarak piyasaya sunulmaktadır. Bazı durumlarda isteğe bağlı olarak ocaktan çıkarılan bloklar işleme tabi tutulmadan yurt dışına sevkiyatı yapılmaktadır.

#### 3.4.2.1. Elmas Lamalı Katraklar

Mermer ocaklarından gelen bloklardan levha üretimi için, işleme tesislerinde çeşitli yöntemler ve bu yöntemlere uygun makineler kullanılmaktadır.

Mermer işlemeciliğinde, ocaktan gelen ham mermer bloklarının fiziki durumları göz önünde bulundurularak işleme yöntemi seçilmektedir. Bu işleme yönteminin belirlenmesinde, blokların şekilleri, boyutları, kırık ve çatlak sistemleri önemli olmaktadır.

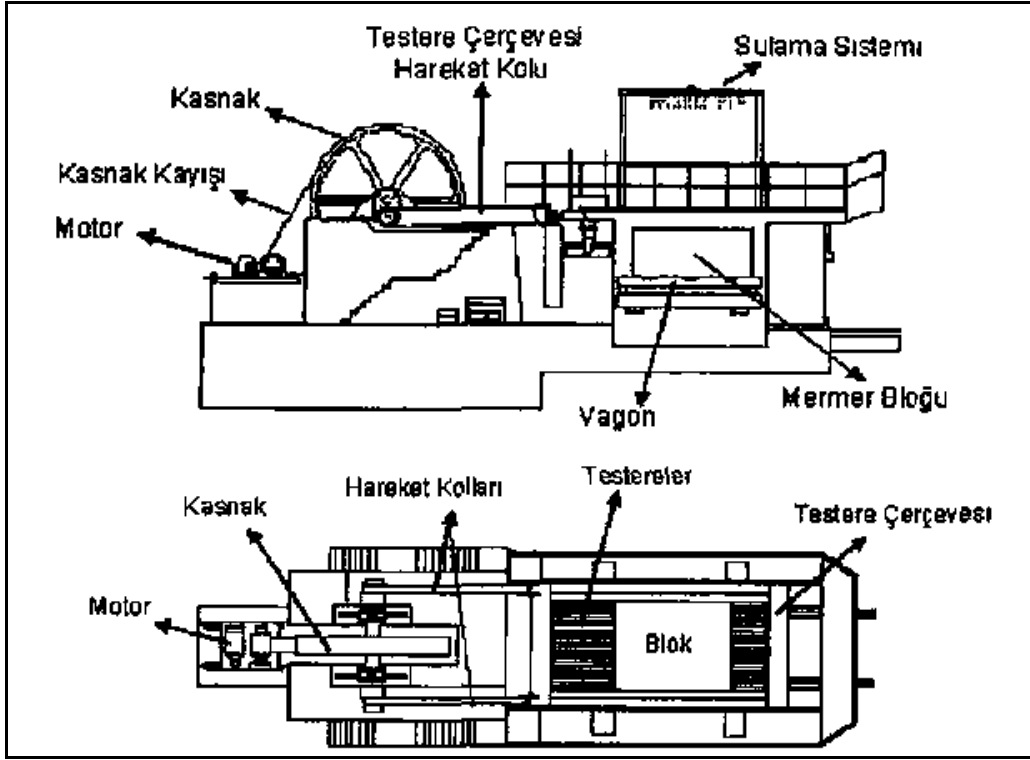
Elmas lamalı katraklar, sayalanmış veya ocaklardan gelen düzgün mermer bloklarından levha elde edilmesinde kullanılan makinelerdir. Raylar üzerinde hareket edebilen çerçeveli araba üzerine sağlam ve sarsıntıdan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilen mermer blokları üzerinde ayrı bir tablaya monte edilmiş lamalar (testere, bıçak) bulunur.

Kesme işlemi, testerele özel kaynakla monte edilmiş, yaklaşık 20-30 mm uzunluğunda, 4-5 mm genişliğinde ve 6-7 mm yüksekliğinde dikdörtgen prizma şeklinde özel alaşım ortamında elmas içeren *socket* adı verilen kesici uçlarla yapılmaktadır. Lamalı bir tablaya çevirici bir kuvvet tarafından doğrusal hareket verilerek mermer bloğunun üzerinde bir sürtünme sağlanır. Bu şekilde derinlemesine kesilme meydana gelir (Şekil 3.13).

Bu katraklarda kesim işlemi makine yapısına bağlı olarak iki tipte gerçekleştirilmektedir.

Bunlardan birincisinde blok sabittir ve testerele ileri-geri hareketin yanında, kesim için aşağıya doğru hareket etmektedir (Şekil 3.14). Diğer tipte ise, bloğun bulunduğu vagon yukarıya doğru hareket etmekte ve testerele yatay düzlemde sadece ileri-geri hareket etmektedirler.

Üretim kapasitesinin yüksek, üretim maliyetinin düşük oluşu elmas lamalı katrakların mermer işleme tesislerinde kullanımını artırmaktadır. Elmas lamalı katrakların verimli olarak kullanılmasında önemli olan, kesim sırasında etken parametrelerin en uygun şekilde ayarlanarak en az maliyetle üretimin gerçekleştirilmesidir.



Şekil 3.13. Katrağın yandan ve üstten şematik görünümü





Şekil 3.14. Birinci tip kesim işleminde katrağın önden görünümü

#### 3.4.2.2. Diskli Mermer Blok Kesme Makineleri (ST)

ST'lerde kesici diskleri taşıyan gövde aşağı-yukarı, sağa-sola hareket edebilmekte ancak kesim doğrultusundaki hareketi blok taşıyıcı vagon tarafından bir hidrolik lift vasıtasıyla sağlanmaktadır. Seri plaka kesimlerinden çok özel siparişlerde kullanılmaktadır. Genelde tek dikey testere bağlanmakta ve çeşitli ihtiyaçlara cevap verebilmeleri için büyük çaplı dikey testereler bağlanabilecek şekilde de imal edilmektedirler (Şen, 2006).

ST'de kesici tanelerin ucunda elmas soketler bulunmaktadır. Soketler çeşitli büyüklükte, formda; elmas ve metal yapı olarak çeşitli sertlikte olabilmektedirler. Bu özellikler, kesilecek malzemeye, kesim hızına ve şekline bağlıdır. ST'de kullanılan soğutma suyunun miktarı ve en az kullanım sınır değerinin belirlenmesi, makine performansını etkileyen önemli parametrelerden biridir. Suyun bol olarak kullanımı, basınç değerinin yüksek olmasından çok daha önemlidir. Az su kullanımı veya kullanılmaması, elmas uçların ömrünü önemli derecede azaltmakta ve kesim performansının ekonomikliğini en aza indirmektedir. Soğutma suyu temiz olmalı ve efektif kullanım için filtre edilmelidir. Aksi takdirde, kullanma suyunun bulunabilecek parçacıklar, testerenin



aşınmasına ve testere ömrünü azalttığı gibi gövdenin de aşınmasına neden olabilmektedir (Çelik ve Kavuşan, 2001).

ST’de kesme işleminde diğer önemli bir faktör de kesim hızıdır. Kesim hızının yüksek olduğu durumlarda, soketler üzerinde bulunan elmas taneciklerinin bir kısmının henüz yeterli kesim işini yapmadan bağlantı yerinden kopmakta ve testerenin çabuk tükenmesine sebep olmaktadır. Düşük hızlarda ise elmasın kesme olayını gerçekleştirebileceği çarpma sürati düşeceğinden uyumsuz bir çalışma ortamı oluşmakta ve testerenin körelmesine neden olmaktadır (Şen, 2006).

Şekil 3.15 (a)’da ST makinesi üstten, Şekil 3.15 (b)’de ise yandan görülmektedir.

### **3.4.2.3. ST’nin Avantajları ve Dezavantajları**

Blok mermerden levha üretimi günümüzde iki tip makine ile yapılmaktadır. Birincisi katrik ikincisi ST makinesidir. ST makinesinde kesilen derinlik aynı zamanda elde edilen levhanın genişliğini teşkil ettiğinden işlem sırasında tekrar genişlik taramasına gerek yoktur. ST’den çıkan parça katrağa göre işlem açısından bir adım daha ileridedir. Makine küçük boyutlu blokların işlenmesine elverişlidir.

Küçük boyutlu bloklar katrikta kesilemezler veya kesildikleri zaman verim düşer. ST’nin bir başka avantajı da bir yandan makinede kesilen malzeme hemen akabinde diğer işleme tezgâhlarında işleme tabi tutulur, böylece bekleme süresi kısalmış ve üretimde akıcılık sağlanır. Hâlbuki katrikta mermerin ikinci bir işleme tabi tutulması için bloğun tamamen kesilmesi gerekir bu da üretimin yaklaşık bir gün gecikmesi demektir. ST’ler ayrıca az yer kaplamakta ve maliyetleri de katriklara göre oldukça düşüktür.

Bütün bu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi mermere verilebilecek paso derinliğin max 65 cm’de sınırlanmasıdır. Dolayısıyla ST’den 65 cm’den geniş levha elde etmek mümkün olmamaktadır. Makinenin boy yönündeki kesme uzunluğu da katrağa oranla düşüktür (Çelik ve Kavuşan, 2001).



(a)



(b)

Şekil 3.15. ST makinesinin üstten ve yandan görünümü

#### 3.4.2.4. Kafa Kesme Makinesi

Bu cihazlara plakaların uç kısımlarının kesilip düzeltilmesinden dolayı bu isim verilmiştir. ST'den çıkan plakaların başlarının kesilmesinde bazen de istenilen ölçüğe getirilmesinde kullanılır (Şekil 3.16). Bu makinelerde önemli olan ST'den gelen levhalardan maksimum işe yarayacak parça çıkartabilmektir. 40 ile 75 cm enlerinde kesim yapabilirler.

Mermerlerin standart boyutlarda kesimini gerçekleştirirler. Ebatlama hassas gönyelerle ve dayama sistemi ile sağlanır. Testere bir hidrolik sistem tarafından tahrik edilmekte olup, mermerin köşelerinde kırılmayı önleyici fren tertibatı bulunmaktadır. Mermerlerin makineye giriş ve çıkışını kolaylaştıran rulo sistemi bulunmaktadır. Bu makinelerin ST çıkış hattına yakın olmaları gerekir aksi takdirde iş gücü kaybı doğmaktadır (Çelik ve Kavuşan, 2001).



Şekil 3.16. Kafa kesme makinesi

### 3.4.2.5. Cila Makineleri

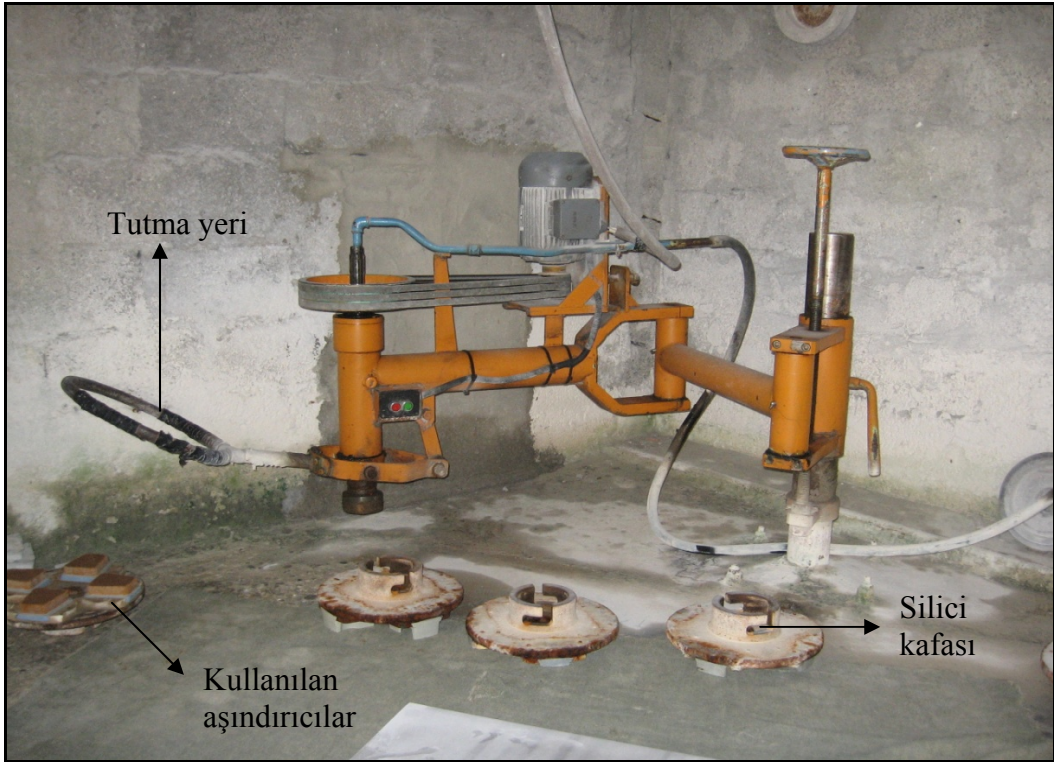
Cila makineleri, mermer fayansların, plakaların, levhaların cilalanmasında kullanılırlar. Bu makineler yatay bir tablaya yatırılan mermer plakaları silmek üzere yapılmış yuvarlak silici kafalardan oluşur (Şekil 3.17). Genel olarak 70 cm'ye kadar silim yapan makinelerdir. Bu silici kafalara özel imal edilen abrasivler (zımpara taşı, aşındırıcılar) monte edilmiştir. Silici kafalar mermer yüzeyi üzerinde dairesel hareket ederek sürtünürler. Bu da mermerin her noktasında belli oranda silinmesini sağlar. Silme sırasında kafaların merkezlerinden su verilir. El ile kullanılanları da mevcuttur. Bunlara “*perdah*” (*laplap*) adı verilir. El perdahı, yatay bir tabla üzerine yerleştirilmiş mermer plakanın üzerine, bir diske takılı olan aşındırıcıların ve cila taşlarının belirli bir baskı ve devirle temas ettirilmesi şeklinde çalışmaktadır. Diskin sağa-sola ve ileri-geri hareketi insan gücü ile yapılmaktadır. Hareket alanları sınırlı olup 1–3 m kadar olabilmektedir (Şekil 3.18).

Mermer plakalar, bant üzerinde ard arda verilir. Elmaslı tarama ile plakalar arası kalınlık farkı giderilir. Abrasiv kafaları pnömatik veya hidrolik olarak malzeme üzerine basarlar. Her kafanın basınç ve su ayarı farklıdır. Bu makinelerde bant hızı bazılarında da salınım hızları ayarlanabilmektedir (Çelik ve Kavuşan, 2001).





Şekil 3.17. Cila makinesi ve kullanılan silici kafaların görünümü



Şekil 3.18. El perdah makinesinin görünümü

### 3.4.2.6. Pah Makineleri

Bu makineler, kesilmiş, ebatlanmış, cilalanmış fayans mermeri 4 veya istenildiği takdirde iki taraflı pah kırar. Altına yapıştırma kanalı açar, kurutur ve siler. Bu işlem bir hat boyunca devam etmektedir. Pah kafaları pnömomatik olarak çalışırlar.

Genellikle bu işlemden sonra kurutma ve silme bölümleri vardır. Günümüzde pah kırma makineleri halen geliştirilmekte olup, pah kırma ile beraber merdiven basamakları, süpürgelikler, denizlikler ve paramedlerde mermer yüzeyinin cilası ile birlikte, mermerin alım cilası da yapılabilmektedir. Bandın altında 1 ve üzerinde ise 1 testere veya tarama diski bağlanabilecek kafalar mevcuttur. Şekil 3.19’da bir pah kırma makinesi görülmektedir. Bu makinelerle 45 derecelik cilalı pah yağmur damlalığı ve eviye oturma boşluğu da oluşturulabilmektedir. Genelde bu tip makinelerin özellikleri, mermerin üst yüzeyine pah kırıp cila yapılabilmesi, kalibre ile 30–600 arasında istenilen derinlikte pah kırılıp cila, cila kafaları ile de cila yapılabilmesidir.

Üst pah ünitesinden sonra da, mermerin altına kesim hatlarından kaynaklanan çapaklar bir abrasiv ile yok edilebilmekte ve mermerin görünümünü güzelleştirmektedir. Makine ile ayrıca, altına ve üst yüzeyine kanal açılabilir.

Band üzerinde mermerin stabilitesini sağlayan üst baskı ve alın dayama sistemleri ile 7–140 cm genişlikte, 1–5 cm yüksekliği bulunan mermerler rahatlıkla işlenebilmektedir. Alın dayama ünitesi ile 65 cm genişliğe kadar mermerin band üzerinde yatay hareketleri önlenmekte ve bu sayede genişliği 5 cm’ye kadar mermerler hassas olarak işlenmektedir. Genişliği 140 cm olan mermerlerin, alın dayama sisteminin eksenine etrafında 90 derece döndürmek suretiyle üzerindeki tekerleklerin mermer ağırlığına band üzerinde hafifletmesinin sonucunda rahatlıkla işlenebilmektedir (Çelik ve Kavuşan, 2001).



Şekil 3.19. Pah kırma makinesinin görünümü

### 3.4.2.7. Eskitme İşlemleri

Mermerler antik çağlardan beri kullanılan bir yapı malzemesi olduğundan günümüze kadar ulaşmış ancak doğanın yıpratıcı etkilerinden dolayı yüzeysel aşınma-ayrışma bozuşmalara maruz kalmıştır. Bu nedenle yüzeydeki görünümün yıpranmışlık derecesi onun antik değerini daha da artırmıştır. Bunun için bazı mermer türlerinin küçük ebatlı ve yüzeyleri pürüzlü parçalarının (1x1 cm =30x30 cm) yıpranmış ve eskitilmiş bir görüntüye kavuşması için uygulanan bir işlemdir. Mermer yüzeylerinin eskitilmesi işlemi ya eskitme tamburları aracılığıyla ya da titreşimli (sallantılı) makinelerle yapılmaktadır (Şekil 3.20). Tamburla eskitme işleminde; silindirik veya çokgen kesitli tamburların içerisine boyutları birbirine yakın olan ebatlı mermerler yerleştirilmekte, aşınmayı hızlandırmak ve kolaylaştırmak amacıyla silis kökenli kum - küçük çakıllar da konulmaktadır. Tambur kenarında bulunan vanalar aracılığıyla tambura su ilave edilmektedir. Tambur şasesinin üzerinde bulunan rulmanlar yardımıyla döndürülür. Bu rulmanlar ise küçük bir motor tarafından döndürülmekte, tamburun dönüş hızının düzenlenmesi için hız kontrol üniteleri de kullanılmaktadır. Tamburun dönüşüyle su içerisinde mermerler hem birbiriyle hem de diğer aşındırıcı malzemelerle sürtünmekte ve böylece eskitilmiş taşların kenar ve



köşelerindeki keskin yüzeylerin yerini daha yuvarlak bir görüntü almaktadır. Tambur içerisindeki mermerler, aşındırıcı maddelerin etkisiyle kenar ve köşelerinden küçük taneler koparılarak keskinlikleri giderilmekte, eskimiş ve antik bir görüntüye kavuşturulmaktadır (Şekil 3.21).

Sallantılı makinelerde ise içerisi özel sert plastik kaplanmış bir hazne bulunmakta ve bu haznenin üzerine oturduğu ayaklar yaylarla desteklenmiştir. Haznenin alt kısmında bulunan bir titreşim düzeneği ile hazne titreştirilmekte ayaklarda bulunan yaylarla salınım artırılmaktadır. Haznenin içerisine eskitilecek malzemelerle birlikte değişik sertlik ve geometrideki aşındırıcı seramik parçalar da eklenerek hazne su ile doldurulmaktadır. Titreşim süresi kayaç cinsine bağlı olmaktadır. İşlem süresince malzemeler bir arada sallanırken belli bir yönde dönüş hareketi de yaparlar. İşlem sonucunda mermerler elle seçilerek haznedan alınırken, aşınmış ve etkisini yitirmiş olan seramik parçaların da ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Çünkü aşınma sonucu oluşan kırıntılar ve seramik parçacıkları yüzeyler arasına girerek yastık görevi görmekte yüzeylerin temasını engelleyerek aşınma etkisini azaltmaktadır.

Oldukça hızlı ve etkili bir yöntemdir. Diğer taraftan oldukça pahalı ve işletme maliyetleri yüksektir (Çelik ve Kavuşan, 2001).



Şekil 3.20. Eskitme tamburunun görünümü



Şekil 3.21. Eskitme uygulanmış taşların görünümü

### 3.4.2.8. Doldurma (Macunlama) İşlemleri

Kayaçların yüzeyinde, oluşumundan kaynaklanan çeşitli boyutlarda gözenekler vardır. Kesme ve cilalama işlemleri sonucunda bu gözenekler daha da belirgin hale gelir ve taşın görünüşünü bozar. Bunu önlemek için taşa suni yollarla dolgu yapılır ve gözenekler kapatılır.

Gözenekleri doldurmak amacıyla genellikle polyester esaslı ve çimento bileşimli dolgu maddeleri kullanılır. Ancak gözenek maddesi gözenek çapına göre sıvı veya akışkan olarak hazırlanır. Sık ve küçük ebatlı gözenekler için sıvı dolgu maddesi kullanılırken, seyrek ve iri boyutlu gözenekler için katı dolgu maddesi kullanılır. Kullanılan dolgu maddesinin rengi taşın orijinal rengi ile aynı olmalıdır. Aksi durumda fosil görüntüsü verir (Çelik ve Kavuşan, 2001). Şekil 3.22’de macunlama makinesi görülmektedir.



Şekil 3.22. Macunlama makinesinin karşıdan görünümü

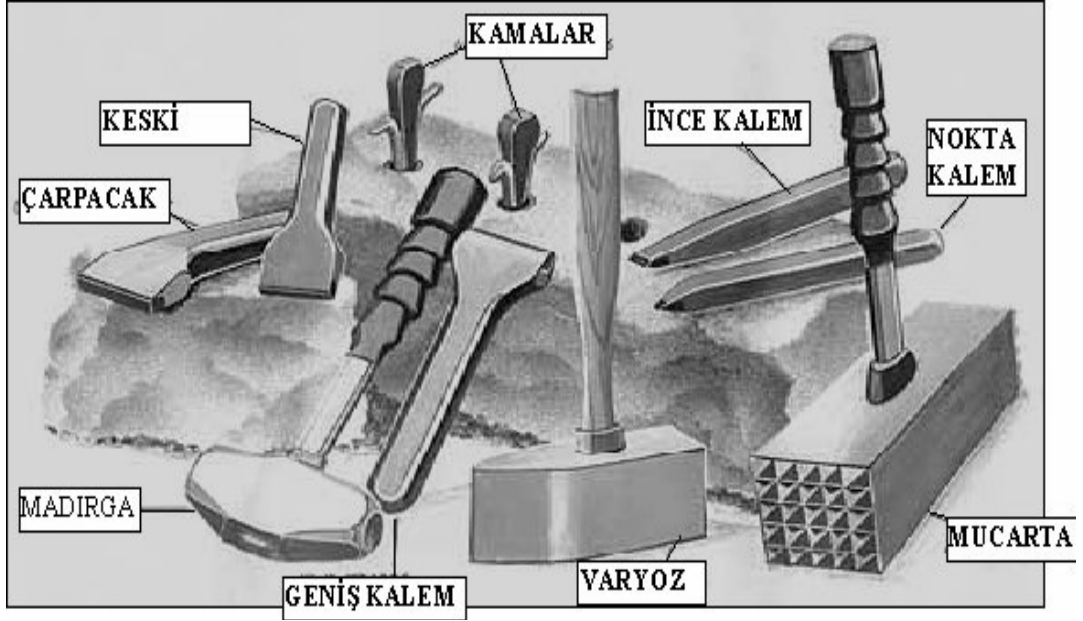
### 3.4.2.9. Çekiçleme

Çekiçlemede kullanılan aletler; madırğa (çekiç), ahşap tokmak, varyoz, mucarta (taraklı çekiç), çarpacak (keski), yassı kalem, dişli kalem, murç (sivri kalem), tarak, dişli tarak ve çarpmadır. (Şekil 3.23). Bu aletler kullanım yerlerine göre değişik özelliklerde sert çelik malzemelerden yapılmıştır. Sert taşlar mucarta ve kalemler ile işlenirken tuf gibi daha az sert taşların işlenmesinde tarak ve keski kullanılır. Zayıf ve yumuşak taşlar ise kumdan bir yatak içerisinde işlenir. Çekiçleme yöntemi gerekli tedbirler alınması koşuluyla her tür mermer ve doğal taşlarda uygulanabilen bir yöntemdir. Çekiçleme, taşın yüzeyine alışılmış yüzeylerin dışında kabartılmış bir özellik vermek amacıyla yapılır.

Çekiçleme işlemi el ile ya da otomatik makineler yardımıyla yapılabilir. Çekiçleme yapılırken dikkat edilecek bir husus çekiçlemenin derinliğini fazla tutarak taşın kalınlığının gereğinden fazla azaltılmamasıdır. Çünkü gereğinden fazla kalınlığı azaltılan taşların dayanımı da azalır (Çelik ve Kavuşan, 2001).

#### 3.4.2.9.1. El ile çekiçleme

Bu tip yüzey işlemleri “çırpma taş” olarak da isimlendirilmektedir. El ile çekiçlemede taşın yüzeyine değişik açılardan ardı ardına çekiç darbeleri indirilerek taş yüzeyine kabartma şekli verilmektedir. Kullanılan çekiçler özel olarak uçları sivriltilmiş ve bu amaç için tasarlanmıştır. Çekiçlenecek taşın özelliğine göre taş yüzeyinden kaldırılacak talaş yüksekliği de ayarlanabilmektedir. İsteğe göre alçak (ince) ya da yüksek (kaba) kabartma şeklinde taş yüzeyi yontulmaktadır.



Şekil 3.23. El ile çekiçlemede kullanılan el aletleri, (Anon (g), 2001).

#### 3.4.2.9.2. Makine ile çekiçleme

Çekiçleme makinelerinde bulunan çekiçler, bir ya da daha fazla uç (keski) ile donatılmıştır. Bu uçlar bir köprü boyunca hareket ederler (Şekil 3.24). Sert metal uçların taşın yüzeyine çarparak aşındırması ve bir miktar parça koparması ile yüzeye doğal ve değişik bir görünüm kazandırmaktadır. İstenilen görünüm ve yüzey şekline bağlı olarak bu uçlar değişik boyut ve şekillerde değiştirilebilecek tiptedir. Çalışma basıncı, çekiç hızı ve darbe sayısı mermer özelliklerine bağlı olarak ayarlanabilmektedir.

Kırılma ihtimali olan hassas yüzeylerde düşük hızlarda, uygun basınçta ve daha hafif darbelerle işlem yapılması gerekmektedir (Çelik ve Kavuşan, 2001).





Şekil 3.24. Çekiçleme makinesi ve sert uçların görünümü

### 3.4.3. Tercan Mermerlerin Fiziksel Özellikleri

Araziden alınan örnekler, fabrikada ve laboratuarda standartlara uygun olarak kesilerek hazırlanan örnekler üzerinde deneyler gerçekleştirilmiş olup sonuçlar ayrı ayrı tablolarda verilmiştir.

### 3.4.3.1. Su Emme Oranları Deney Sonuçları

Erzincan Tercan Demirkapı bölgesinden alınan numunelerin ağırlıkça ve hacimce su emme oranının belirlenmesi için RILEM (1980) ve TSE (1978)'e göre yapılan deney sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Deneyle sonuçunda ağırlıkça su emme değerleri maksimum %0.243, minimum %0.062 ve ortalama %0.125'dir. Hacimce su emme değerleri ise maksimum %0.662, minimum %0.168 ve ortalama ise %0.337 olarak bulunmuştur.

Erzincan Tercan Demirkapı bölgesinden alınan numunenin ortalama ağırlıkça su emme oranı %0.125 bulunmuştur. Bu değer, TSE 2513'a göre sınır değeri (< %1.80), TSE 1910' a göre sınır değeri olan < %0.75'i kolaylıkla sağlamaktadır.

Tablo 3.3. Su emme oranı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Doğal Ağırlık w (gr)	Kuru Ağırlık w <sub>k</sub> (gr)	Doğgun Ağırlık w <sub>d</sub> (gr)	Ağırlıkça Su Emme Oranı w = (w <sub>d</sub> - w <sub>k</sub> ) / w <sub>k</sub> (%)	Hacimce Su Emme Oranı w = (w <sub>d</sub> - w <sub>k</sub> ) / V (%)
1	131.8	63	410.85	1091.11	1090.80	1092.18	0.126	0.336
2	132.6	63	413.35	1127.26	1126.86	1128.52	0.147	0.402
3	129.5	63	403.68	1101.89	1101.60	1102.32	0.065	0.178
4	129.4	63	403.37	1096.37	1096.05	1097.14	0.099	0.270
5	127.4	63	397.14	1080.18	1079.98	1082.61	0.243	0.662
6	131.5	63	409.92	1114.86	1114.58	1115.27	0.062	0.168
7	125.9	63	392.46	1071.35	1071.15	1072.44	0.120	0.329
8	133.7	63	416.78	1099.09	1098.83	1100.17	0.122	0.321
9	129.7	63	404.31	1075.70	1075.42	1076.23	0.075	0.200
10	132	63	411.48	1121.30	1121.11	1122.13	0.091	0.248
11	125	63	389.66	1064.11	1063.63	1065.72	0.196	0.536
12	128.3	63	399.94	1043.37	1043.15	1044.01	0.082	0.215
13	128.9	63	401.81	1042.13	1041.85	1043.46	0.154	0.401
14	139.4	63	434.54	1156.40	1156.13	1157.69	0.135	0.359
15	140	63	436.41	1149.60	1149.32	1150.86	0.134	0.353
16	149.6	63	466.34	1259.49	1259.21	1261.61	0.191	0.515
17	152.8	63	476.31	1295.53	1295.24	1296.95	0.132	0.359
18	146.3	63	456.05	1236.24	1235.73	1237.48	0.142	0.384
19	142	63	442.65	1220.19	1219.85	1222.62	0.227	0.626
20	149	63	464.47	1244.93	1244.68	1245.91	0.099	0.265
21	147.8	63	460.73	1253.85	1253.61	1254.40	0.063	0.171
22	149.7	63	466.65	1269.02	1268.76	1269.66	0.071	0.193
23	145.8	63	454.49	1236.83	1236.36	1237.85	0.120	0.328
24	148.7	63	463.53	1230.49	1230.30	1231.56	0.102	0.272
<b>Ortalama Değer</b>							<b>0.125</b>	<b>0.337</b>

### 3.4.3.2. Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

Erzincan – Tercan bölgesinden alınan numuneler, TSE 699'a uygun olarak piknometre yardımı ile gerçekleştirilmiş ve deney sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Doğal yapı taşlarının özgül ağırlıkları 2.55'den az olmamalıdır. Bulunan 2.72 değeri tüm alanlarda kullanılacak mermerler için oldukça iyimser bir rakamdır.

Tablo 3.4. Özgül ağırlık deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Numune No	Gp (gr)	Gpn (gr)	Gps (gr)	Gpns (gr)	D <sub>o</sub>	Ort. D <sub>o</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
1	48.42	56.43	148.23	153.30	2.72	2.72
2	48.64	56.87	149.34	154.41	2.71	
3	48.53	56.79	148.13	153.20	2.73	
4	48.94	57.15	149.39	154.59	2.72	
5	48.65	56.87	149.05	154.24	2.71	
6	49.38	57.58	149.51	154.69	2.71	

### 3.4.3.3. Su İçeriği Deney Sonuçları

Yapılan deney sonucunda Erzincan-Tercan-Demirkapı yöresine ait mermerlerin su içeriği değerleri maksimum %0.045, minimum %0.015, ortalama %0.026 olarak bulunmuştur. ISRM (1981) ve CANMET (1977a) tarafından belirtilen hususlar dikkate alınarak elde edilen sonuçlar Tablo 3.5'te verilmiştir.

### 3.4.3.4. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarları'nda birim hacim ağırlık, deneyine tabii tutulmuştur. TSE 2513 ve TSE 1910 sonuçları kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Tablo 3.6'da verilmiştir.

Erzincan Tercan Demirkapı bölgesinden alınan numunenin ortalama birim hacim ağırlığı 2.692 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak bulunmuştur. Bu değer TSE 2513 ve TSE 1910'a göre döşeme ve kaplama yapılabilecek sınır değer olan 2.55'ten büyüktür.



Tablo 3.5. Su içeriği deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Doğal Ağırlık w (gr)	Kuru Ağırlık w <sub>k</sub> (gr)	Su İçeriği w = (w - w <sub>k</sub> ) (%)
1	131.8	63	410.85	1091.11	1090.80	0.028
2	132.6	63	413.35	1127.26	1126.86	0.035
3	129.5	63	403.68	1101.89	1101.60	0.026
4	129.4	63	403.37	1096.37	1096.05	0.029
5	127.4	63	397.14	1080.18	1079.98	0.019
6	131.5	63	409.92	1114.86	1114.58	0.025
7	125.9	63	392.46	1071.35	1071.15	0.019
8	133.7	63	416.78	1099.09	1098.83	0.024
9	129.7	63	404.31	1075.70	1075.42	0.026
10	132	63	411.48	1121.30	1121.11	0.017
11	125	63	389.66	1064.11	1063.63	0.045
12	128.3	63	399.94	1043.37	1043.15	0.021
13	128.9	63	401.81	1042.13	1041.85	0.027
14	139.4	63	434.54	1156.40	1156.13	0.023
15	140	63	436.41	1149.60	1149.32	0.024
16	149.6	63	466.34	1259.49	1259.21	0.022
17	152.8	63	476.31	1295.53	1295.24	0.022
18	146.3	63	456.05	1236.24	1235.73	0.041
19	142	63	442.65	1220.19	1219.85	0.028
20	149	63	464.47	1244.93	1244.68	0.020
21	147.8	63	460.73	1253.85	1253.61	0.019
22	149.7	63	466.65	1269.02	1268.76	0.020
23	145.8	63	454.49	1236.83	1236.36	0.038
24	148.7	63	463.53	1230.49	1230.30	0.015
<i>Ortalama Değer</i>						<b>0.026</b>

Tablo 3.6. Birim hacim ağırlık deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Doğal Ağırlık w (gr)	Kuru Ağırlık w <sub>k</sub> (gr)	Doygun Ağırlık w <sub>d</sub> (gr)	Kuru Birim Hacim Ağırlık $\gamma_k = w_k/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun Birim Hacim Ağırlık $\gamma_d = w_d/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )
1	131.8	63	410.85	1091.11	1090.80	1092.18	2.655	2.658
2	132.6	63	413.35	1127.26	1126.86	1128.52	2.726	2.730
3	129.5	63	403.68	1101.89	1101.60	1102.32	2.729	2.731
4	129.4	63	403.37	1096.37	1096.05	1097.14	2.717	2.720
5	127.4	63	397.14	1080.18	1079.98	1082.61	2.719	2.726
6	131.5	63	409.92	1114.86	1114.58	1115.27	2.719	2.721
7	125.9	63	392.46	1071.35	1071.15	1072.44	2.729	2.733
8	133.7	63	416.78	1099.09	1098.83	1100.17	2.636	2.640
9	129.7	63	404.31	1075.70	1075.42	1076.23	2.661	2.663
10	132	63	411.48	1121.30	1121.11	1122.13	2.725	2.727
11	125	63	389.66	1064.11	1063.63	1065.72	2.730	2.735
12	128.3	63	399.94	1043.37	1043.15	1044.01	2.608	2.610
13	128.9	63	401.81	1042.13	1041.85	1043.46	2.593	2.597
14	139.4	63	434.54	1156.40	1156.13	1157.69	2.661	2.664
15	140	63	436.41	1149.60	1149.32	1150.86	2.634	2.637
16	149.6	63	466.34	1259.49	1259.21	1261.61	2.700	2.705
17	152.8	63	476.31	1295.53	1295.24	1296.95	2.719	2.723
18	146.3	63	456.05	1236.24	1235.73	1237.48	2.710	2.713
19	142	63	442.65	1220.19	1219.85	1222.62	2.756	2.762

Tablo 3.6'nın devamı

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Doğal Ağırlık w (gr)	Kuru Ağırlık w <sub>k</sub> (gr)	Doygun Ağırlık w <sub>d</sub> (gr)	Kuru Birim Hacim Ağırlık $\gamma_k = w_k/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun Birim Hacim Ağırlık $\gamma_d = w_d/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )
20	149	63	464.47	1244.93	1244.68	1245.91	2.680	2.682
21	147.8	63	460.73	1253.85	1253.61	1254.40	2.721	2.723
22	149.7	63	466.65	1269.02	1268.76	1269.66	2.719	2.721
23	145.8	63	454.49	1236.83	1236.36	1237.85	2.720	2.724
24	148.7	63	463.53	1230.49	1230.30	1231.56	2.654	2.657
<b>Ortalama Değer</b>							<b>2.692</b>	<b>2.696</b>

### 3.4.3.5. Porozite Deney Sonuçları

Deneyler sonucunda mermerlerin porozite değerleri maksimum %0.66, minimum %0.17 ve ortalama %0.34 olarak bulunmuştur.

Tablo 3.7. Porozite deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Kuru Ağırlık w <sub>k</sub> (gr)	Doygun Ağırlık w <sub>d</sub> (gr)	Porozite $n = (w_d - w_k)/V$ (%)
1	131.8	63	410.85	1090.80	1092.18	0.34
2	132.6	63	413.35	1126.86	1128.52	0.40
3	129.5	63	403.68	1101.60	1102.32	0.18
4	129.4	63	403.37	1096.05	1097.14	0.27
5	127.4	63	397.14	1079.98	1082.61	0.66
6	131.5	63	409.92	1114.58	1115.27	0.17
7	125.9	63	392.46	1071.15	1072.44	0.33
8	133.7	63	416.78	1098.83	1100.17	0.32
9	129.7	63	404.31	1075.42	1076.23	0.20
10	132	63	411.48	1121.11	1122.13	0.25
11	125	63	389.66	1063.63	1065.72	0.54
12	128.3	63	399.94	1043.15	1044.01	0.21
13	128.9	63	401.81	1041.85	1043.46	0.40
14	139.4	63	434.54	1156.13	1157.69	0.36
15	140	63	436.41	1149.32	1150.86	0.35
16	149.6	63	466.34	1259.21	1261.61	0.51
17	152.8	63	476.31	1295.24	1296.95	0.36
18	146.3	63	456.05	1235.73	1237.48	0.38
19	142	63	442.65	1219.85	1222.62	0.63
20	149	63	464.47	1244.68	1245.91	0.26
21	147.8	63	460.73	1253.61	1254.40	0.17
22	149.7	63	466.65	1268.76	1269.66	0.19
23	145.8	63	454.49	1236.36	1237.85	0.33
24	148.7	63	463.53	1230.30	1231.56	0.27
<b>Ortalama porozite</b>						<b>0.34</b>

Tablo 3.8. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması, (Tarhan, 2002).

Kaya Sınıfı	Porozite (%)	Tercan- Demirkapı mermerlerinin porozitesi (%)
<b>Çok Kompakt</b>	<1	<b>0.34</b>
Az Boşluklu	1–2.5	
Orta Boşluklu	2.5–5	
Oldukça Boşluklu	5–10	
Çok Boşluklu	10–20	
Çok Fazla Boşluklu	>20	

Mermer örneklerinin fiziksel özelliklerinden poroziteye (gözeneklilik) göre sınıflandırılmasında Tercan- Demirkapı Mermerleri %0.34 ile “Çok Kompakt” kaya sınıfında yer almaktadır.

#### 3.4.3.6. Sertlik Derecesi Deney Sonuçları

Bir kayacın sertlik derecesi, o kayaca dıştan gelen her hangi bir mekanik etkiye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır.

Schmidt çekici geri tepme sayısı Brown’a göre kaya sertliği sınıflandırılması göz önünde bulundurulduğunda, 43.2 geri tepme sayısı olarak hesaplanan Tercan mermerlerinin, “sert” kaya sınıfında olduğunu görülür (Tablo 3.9).

Tablo 3.9. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması, (Brawn 1981).

Kaya sınıfı	Schmidt Çekici geri tepme sayısı	Tercan mermerlerinin geri tepme sayısı
Yumuşak	0–10	
Az yumuşak	10–20	
Az sert	20–40	
<b>Sert</b>	<b>40–50</b>	<b>43.2</b>
Çok sert	50–60	

### 3.4.3.7. Donma – Çözünme Deney Sonuçları

Aşınmaya karşı kayaçların duyarlılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deney için en az 5 tane silindirik örnek gereklidir (TSE 699). Deney sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.10’da verilmiştir.

Bu sonuç TS EN 1367’ye göre numunelerin agrega olarak kullanılabilceğini göstermektedir. TS 10449’a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak mermerlerin, don kaybı değerinin %1’den küçük olması gerekmektedir. Bulunan deney sonuçlarına göre don kaybı değeri bu standardı sağlamaktadır.

Tablo 3.10. Mermerlere ait donma - çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile deney başlangıcı ve deney sonu boyuna dalga hızları ve tek eksenli basınç dirençleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Ağırlık (gr)	Deney Sonrası Kuru Ağırlık (gr)	Donma-Çözünme Sonrası Ağırlık Kaybı (gr)	Donma-Çözünme Sonrası Ağırlık Kaybı (%)
1	6.3	12.95	1101.60	1098.88	2.72	0.25
2	6.3	13.37	1098.83	1096.78	2.05	0.19
3	6.3	12.97	1075.42	1073.19	2.23	0.21
4	6.3	13.20	1121.11	1117.78	3.33	0.30
5	6.3	12.83	1043.15	1040.20	2.95	0.28
<b>Donma – Çözünme Deneyi Sonrası Ağırlık Kaybı ( % )</b>						<b>0.25</b>
<b>Deney Öncesi Ortalama Boyuna Dalga Hızı (kuru/doygun): 5957/6252</b>						
<b>Deney Sonrası Ortalama Boyuna Dalga Hızı (kuru/doygun): 5506/5793</b>						
<b>Deney Öncesi Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci: 85.616 Mpa</b>						
<b>Deney Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci: 70.514 Mpa</b>						

### 3.4.3.8. Sonik Hız Deney Sonuçları

İnceleme alanından alınan numunelerin sonik hız deneyi yapılmış ve bulunan sonuçlar Tablo 3.11’ de verilmiştir. Deney sonucunda Tercan mermerleri ayrışma derecesi olarak taze kayadır (Tablo 3.12). Ultrasonik hız sınıflandırılmasında ise çok yüksek hızlıdır (Tablo 3.13).

Tablo 3.11. Sonik hız deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Süre (Kuru) T ( $\mu$ sn)	Süre (Doğgun) T ( $\mu$ sn)	Sonik Hız (Kuru) $V_k$ (m/sn)	Sonik Hız (Doğgun) $V_d$ (m/sn)
1	131.8	22.9	21.5	5755	6130
2	132.6	22	21.2	6027	6255
3	129.5	20.7	20.3	6256	6379
4	129.4	21.1	20.6	6133	6281
5	127.4	21.7	21	5871	6067
6	131.5	23.8	22.6	5525	5819
7	125.9	21.8	20.1	5775	6264
8	133.7	22.6	21.4	5916	6248
9	129.7	23.2	21.3	5590	6089
10	132	21.6	20.7	6111	6377
11	125	22	20.6	5682	6068
12	128.3	21.7	20.8	5912	6168
13	128.9	22.9	21.2	5629	6080
14	139.4	23.8	22.4	5857	6223
15	140	25.3	23.4	5534	5983
16	149.6	25.6	24.7	5844	6057
17	152.8	26	24.6	5877	6211
18	146.3	25.2	24.6	5806	5947
19	142	25	24.5	5680	5796
20	149	24.6	23.8	6057	6260
21	147.8	24	23.7	6158	6236
22	149.7	24.1	23.3	6212	6425
23	145.8	25.6	24.1	5695	6050
24	148.7	24.9	23.5	5972	6328
<b>Ortalama Sonik Hız <math>V_{s.ort}</math> (m/sn)</b>				<b>5870</b>	<b>6156</b>

Tablo 3.12. Ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri ile ayrışma katsayısı arasındaki ilişkiler, (Anon, 1979).

Ayrışma Derecesi	Ultrasonik Hız (m/sn)	Ayrışma Katsayısı (K)	Tercan mermerleri Ortalama Sonik Hız (m/sn)
<b>Taze kaya</b>	<b>&gt;5000</b>	<b>0</b>	<b>5870 (kuru) 6156 (doğgun)</b>
Az ayrılmış	4000–5000	0–0.2	
Orta ayrılmış	3000–4000	0.2–0.4	
Oldukça ayrılmış	2000–3000	0.4–0.6	
Aşırı derecede ayrılmış	<2000	0.6–1.0	

Tablo 3.13. Ultrasonik hız sınıflandırılması, (Anon, 1979).

Sınıf	Ultrasonik Hız (m/sn)	Tanımlama	Tercan mermerleri Ortalama Sonik Hız (m/sn)
1	<2500	Çok düşük hız	
2	2500–3500	Düşük hız	
3	3500–4000	Orta hız	
4	4000–5000	Yüksek hız	
5	>5000	Çok yüksek hız	5870 (kuru) 6156 (doygun)

### 3.4.3.9. İslanma - Kuruma Deney Sonuçları

Aşınmaya karşı kayaçların duyarlılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır. Deney sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Mermerlere ait ıslanma - kuruma deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile deney başlangıcı ve deney sonu boyuna dalga hızları ve tek eksenli basınç dirençleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Ağırlık (gr)	Deney Sonrası Kuru Ağırlık (gr)	İslanma–Kuruma Sonrası Ağırlık Kaybı (gr)	İslanma –Kuruma Sonrası Ağırlık Kaybı (%)
1	6.3	15.28	1295.24	1294.47	0.77	0.06
2	6.3	14.63	1235.73	1235.10	0.63	0.05
3	6.3	14.20	1219.85	1219.29	0.56	0.05
4	6.3	14.90	1244.68	1244.03	0.65	0.05
5	6.3	14.78	1253.61	1252.91	0.70	0.06
6	6.3	14.58	1236.36	1235.65	0.71	0.06
<b>İslanma – Kuruma Deneyi Sonrası Ağırlık Kaybı (%)</b>						<b>0.06</b>
<b>Deney Öncesi Ortalama Boyuna Dalga Hızı (kuru/doygun): 5879/6083</b>						
<b>Deney Sonrası Ortalama Boyuna Dalga Hızı (kuru/doygun): 5663/5861</b>						
<b>Deney Öncesi Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci: 85.616 Mpa</b>						
<b>Deney Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci: 73.798 Mpa</b>						

### 3.4.4. Tercan Mermerlerin Mekanik Özellikleri

#### 3.4.4.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Mermerlerin tek eksenli basınç dayanımı belirli ve farklı doğrultularda etkiyen gerilimler karşısındaki davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı için TSE 699 ve ISRM standartları kullanılmaktadır.

Çalışma alanından alınan numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.15. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Kesit Alanı A (m <sup>2</sup> )	Yenilme Yüğü F (KN)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı $\sigma_c = (F/A) \cdot 10^{-3}$ (MPa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	128.6	63	0.0031157	244.7	78.537	800.85
2	129.6	63	0.0031157	315.6	101.10	1030.93
3	129.7	63	0.0031157	262.3	84.186	858.46
4	131.9	63	0.0031157	253.4	81.330	829.33
5	131.7	63	0.0031157	257.7	82.710	842.41
<i>Ortalama Değer</i>					<b>85.616</b>	<b>872.39</b>

#### 3.4.4.2. Darbe Dayanımı Deney Sonuçları

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki mermerin belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde TS 699'a göre yapılan darbe dayanımı deneyi sonuçları Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. Darbe dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanımı (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ort. Darbe Dayanımı (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	5	30	28
2	4	20	
3	5	30	
4	5	30	
5	5	30	

#### 3.4.4.3. Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır.

TS 699'a göre yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçları Tablo 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.17. Eğilme dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Kalınlık h (cm)	Mesnet Mesafesi L <sub>m</sub> (cm)	Kırılma Yüğü P (kg)	Eğilme Dayanımı c <sub>eğ</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Eğilme Dayanımı c <sub>eğ</sub> (MPa)
1	10.1	20.251	5.378	18	1430.816	132.2466	12.96
2	10.137	20.258	5.153	18	1303.632	130.7642	12.81
3	10.236	20.03	5.195	18	1367.224	133.6294	13.10
4	10.214	20.256	5.146	18	1589.795	158.6973	15.56
5	10.091	20.261	5.292	18	1589.795	151.8906	14.88
<b>Ortalama Eğilme Dayanımı</b>						<b>141.4456</b>	<b>13.86</b>

#### 3.4.4.5. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme) Deney Sonuçları

Aşınma dayanımı, mermerlerin yüzeyinde aşındırıcı maddeler ile oluşturulan aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerlerin aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 71 mm ebatlarında küp numuneler (en az 5 tane) hazırlanmıştır.

TS 699' a uygun olarak yapılan Sürtünme sonrası aşınma kaybı (Böhme) deney sonuçları Tablo 3.18'de verilmiştir.



Tablo 3.18. Aşınma kaybı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	İlk Hacim V <sub>0</sub> (cm <sup>3</sup> )	Son Hacim V <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )	Böhme Yüzeysel Aşınma Değeri (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )
1	7.445	7.202	53.61889	408.72	395.71	12.13192
2	7.459	7.205	53.7421	419.14	408.73	9.685145
3	7.591	7.225	54.84498	431.32	420.7	9.681835
4	7.425	7.215	53.57138	419.94	410	9.277343
5	7.458	7.205	53.73489	412.15	402	9.444515
<b>Böhme Yüzeysel Aşınma Değeri</b>						<b>10.04415</b>

#### 3.4.4.6. Nokta Yük Dayanımı Deney Sonuçları

Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta-yükü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde sıkça kullanılan bir parametredir.

Nokta yük dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.19. Nokta yük dayanım indeksi deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Yenilme Yükü P (kg/cm <sup>2</sup> )	Nokta Yükü Dayanımı I <sub>s</sub> (Mpa)	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Yenilme Yükü P (kg/cm <sup>2</sup> )	Nokta Yükü Dayanımı I <sub>s</sub> (Mpa)
1	50	83.4	8.18	11	50	110.1	10.80
2	50	105.3	10.33	12	50	94.2	9.24
3	50	108.2	10.61	13	50	108.8	10.67
4	50	88.1	8.64	14	50	95.2	9.33
5	50	108.9	10.68	15	50	97.4	9.55
6	50	97.4	9.52	16	50	90.4	8.87
7	50	92.3	9.05	17	50	100.1	9.81
8	50	96.4	9.45	18	50	93.4	9.16
9	50	94.6	9.28	19	50	94.1	9.23
10	50	94.1	9.23	20	50	83.7	8.21
<b>Ortalama Değer</b>							<b>9.49</b>

### 3.4.4.7. Dolaylı Çekme Dayanımı

Bu deney disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır.

Deney sonucunda elde edilen veriler Tablo 3.20’de verilmiştir.

### 3.4.4.8. Suda Dağılmaya Karşı Dayanım İndeksi

Bu deneyde amaç, kayaç örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflanmaya karşı gösterdiği duyarlılığın belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (1981)’nin önerdiği yol esas alınmıştır. Deney sonuçları Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.20. Dolaylı çekme dayanım deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Yenilme Yüğü F (KN)	Dolaylı Çekme Dayanımı $c_t = (2Ft) / (\pi DL) * 10^{-3}$ (MPa)	Dolaylı Çekme Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	128.9	63	85.2	6.679	68.107
2	139.4	63	106.9	7.749	79.018
3	140	63	123	8.878	90.530
4	149.6	63	109.2	7.376	75.214
5	148.7	63	130	8.834	90.082
<b>Ortalama Değer</b>				<b>7.903</b>	<b>80.603</b>

Tablo 3.21. Mermerlerin suda dağılmaya karşı duyarlılık indeks değerleri ve dağılma dayanım sınıflandırılması

<b>SUDA DAĞILMAYA KARŞI DUYARLILIK İNDEKSİ DENEYİ</b>									
Örnek No	Örnek Ağırlığı A (gr)	Kalan Örnek Ağırlığı (gr)					I <sub>d5</sub> F/A (%)	Kayaç Tanımı	Suda Dağılma Dayanımı Sınıflaması (Gamble, 1971)
		1.Çevrim B (gr)	2.Çevrim C (gr)	3.Çevrim D (gr)	4.Çevrim E (gr)	5.Çevrim F (gr)			
1	517.66	515.92	515.14	514.44	513.85	513.27	99.16	Mermer	Yüksek

I<sub>d5</sub>: Beşinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi

### 3.4.4.9. Los Angeles Aşınma Dayanımı Deney Sonuçları

Los Angeles aşınma dayanımı deneyi, bir silindir alet yardımıyla hazırlanan örneklerin, belli sayıdaki çelik bilyelerle birlikte, silindir içinde dönmesiyle meydana gelen serbest düşmeden dolayı numunelerin kırılması veya zayıf parçaların kopması prensibine dayanır. Deney sonuçları Tablo 3.22’de verilmiştir.

Deney sonucunda Los Angeles aşınma dayanımı %23.9 olarak bulunmuştur. Bu değer, TSE 706 / Beton Agregaları standartlarında belirtilen 500 devir sonunda  $\leq$  %50 değerinin altında olduğundan, elde edilen agregalar beton agregası olarak kullanılabilir.

Tablo 3.22. Los Angeles aşınma dayanım deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Numunenin İlk Ağırlığı (g)	Numunenin Son Ağırlığı (g)	Fark (g)	Aşınma Yüzdesi (%)
1	6386	4861	1525	23.9

### 3.4.4.10. Kimyasal Analiz Deney Sonuçları

Erzincan ili, Tercan ilçesi, Demirkapı bölgesine ait mermer örnekleri öğütülerek klasik analiz yöntemleriyle kimyasal analize tabi tutulmuştur.

Bulunan sonuçlar Tablo 3.23’te verilmiştir.

Tablo 3.23. Kimyasal analiz deney sonuçları

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Kızdırma Kaybı
55.79	0.08	0.17	0.17	0.026	0.065	E	0.12	0.048	43.26
E: Çok az									

### 3.5. Tercan Mermerlerinin ASTM ve TSE Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Doğal taşların kullanım yerlerini belirlemede ve kullanım yerine uygun olup olmadıklarını saptamada standartlar belirli rol oynar. Standartlara uygun olan doğal taşlar ticari olarak alınıp satılırken, standart dışı olan doğal taşlar ise piyasadan çıkarılmakta veya

yaygın kullanım olanağı bulmamaktadır. Zira standartlara uygun kayaçlar kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, renk, desen, fiziksel ve ekonomik etkilere karşı dayanıklı olmakta ve daha az bakım onarım maliyeti oluşmaktadır. Standartlara uygun kayaçların alım satımında üstünlük doğmakta, pazar payının sürekliliği sağlanmakta, görünüm benzerliklerine rağmen düşük kalitedeki diğer kayaçlarla gereksiz rekabet önlenilmektedir. Bu yolla daha kaliteli ve dayanımı yüksek olan doğal taşlar renk, desen gibi benzerliklerden dolayı standart dışı olan doğal taşlardan ayrılmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'de Türkiye'deki doğal taşlar için ASTM kaynaklı olan ilgili standartlara uyarlanarak mevcut düzenlemeleri getirmiştir. Ancak, TSE ile ASTM standartlarının beklentileri aynı grup kayaçlar için birbirine uymamakta ve farklılıklar göstermektedir.

İncelenme alanından alınarak incelenen Tercan (Erzincan) mermerlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri TSE standartlarına göre Tablo 3.24- 3.25'te; ASTM standartlarına göre Tablo 3.26'da topluca verilmiştir.

Tablo 3.24. Tercan mermerlerinin fiziksel özelliklerinin TSE standartlarına göre değerlendirilmesi

TSE Standartları		Sınır Değer	Bulunan Değer	Değerlendirme
Su Emme	TS 2513 TS 1910 TS 10449	$\leq \%1.80$ $< \%0.75$ $< \%0.4$	0.125	UYGUN
Özgül Ağırlık	TS 699 TS 2513	$\geq 2.55 \text{ gr/cm}^3$ (Yapı taşı)	2.72 $\text{gr/cm}^3$	UYGUN
Birim Hacim Ağırlık	TS 2513 TS 1910	$\geq 2.55 \text{ gr/cm}^3$ (Kaplama)	2.692 $\text{gr/cm}^3$	UYGUN
Porozite	TS 1910	$< \%2$	0.34	UYGUN
Shore Sertlik			43.2	-----
Donma – Çözülme	TS 10449 TS 1910 TS 2513	$< \%1$ $< \%5$	$\%0.25$	UYGUN
Sonik Hız			5870 m/sn (Kuru) 6156 m/sn (Doygun)	-----
Islanma - Kuruma			$\% 0.06$	-----

Tablo 3.25. Tercan mermerlerinin mekanik özelliklerinin TSE standartlarına göre değerlendirilmesi

TSE Standartları		Sınır Değer	Bulunan Değer	Değerlendirme
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı	TS 10449 TS 2513 TS 1910	Döşeme > 50 MPa Kaplama > 30 MPa	85.616	UYGUN
Darbe Dayanımı	TS 2513 TS 10449	Yol parkesi $\geq 12 \text{ kg/cm}^2$ Döşeme $\geq 6 \text{ kg/cm}^2$ Kaplama $\geq 4 \text{ kg/cm}^2$	28 kg/cm <sup>2</sup>	UYGUN
Böhme Aşınma	TS 2513 TS 1910  TS 10449	Döşeme $\leq 15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ Kaplama $\leq 10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$  Döşeme $\leq 15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ Kaplama $\leq 25 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$	10.04	UYGUN
Nokta Yük Dayanımı			9.49 MPa	-----
Dolaylı Çekme Dayanımı	TS N 1467	> 3 MPa	7.903	UYGUN
Suda Dağılmaya Karşı Dayanım			%99.16	-----
Los Angeles Aşınma Dayanımı (% 500 devir)	TS 706	Agregada $\leq \%50$	23.9	UYGUN
Eğilme Dayanımı	TS 10449 TS 2513 TS 1910	Mermer > 6 MPa	13.86	UYGUN

Tablo 3.26. Tercan mermerlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin ASTM C 97, C 170, C 99, C 241 standartlarına göre değerlendirilmesi

Fiziko-Mekanik Özellikler	Sınır Değer	Sınıflandırma	ASTM Test Metodu	Tercan Mermerleri
Ağırlıkça Su Emme (Maksimum,%)	0.2	I,II,III,IV	C97	0.125
Birim Hacim Ağırlık (Minimum,gr/cm <sup>3</sup> )	2.595 2.800 2.690 2.305	I II III IV	C97	2.692
Tek Eksenli Basınç Direnci (Minimum,MPa)	52	I,II,III,IV	C170	74.879
Eğilme Direnci (Minimum,MPa)	7	I,II,III,IV	C99	13.86

Tablo 3.26'nın devamı

<b>Fiziko-Mekanik Özellikler</b>	<b>Sınır Değer</b>	<b>Sınıflandırma</b>	<b>ASTM Test Metodu</b>	<b>Tercan Mermerleri</b>
Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (Maksimum, $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	10	I,II,III,IV	C241	10.04
I: Kireçtaşı-Mermer, II: Dolomit, III: Serpantin, IV: Traverten				

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Erzincan ili, Tercan ilçesi ve Demirkapı köyü sınırları içerisinde kalıp üzerinde maden işletme ruhsatı bulunan inceleme alanındaki mermerler üzerinde yapılan inceleme çalışmaları ışığı altında 1/25000 topoğrafik zemin üzerine yeniden oluşturularak mermer sahasını kuzeybatı ve güneydoğu yönlerinde kateden enine kesit çıkarılmıştır. Ayrıca alanın numuneler üzerinde petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilerek bu mermerlerin tüm özellikleri belirlenmiş ve ilgili standartlara göre değerlendirilmiştir.

Yapılan bu değerlendirmelere göre:

1. Ortalama ağırlıkça su emme oranı miktarı %0.125, don sonrası ağırlık kaybı değeri % 0.25 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri TS 10449'a göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli olan ağırlıkça su emme oranı miktarı ( $< \%0,4$ ) sınır değerini ve don sonrası ağırlık kaybının ( $< \%1$ ) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.
2. Ortalama birim hacim ağırlık değeri  $2.692 \text{ gr/cm}^3$ , ortalama ağırlıkça su emme oranı miktarı %0.125, ortalama porozite değeri %0.34 ve don sonrası ağırlık kaybı değeri %0.25 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri, TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olması gereken ağırlıkça su emme oranı ( $< \%0.75$ ) sınır değeri, birim hacim ağırlığı ( $\geq 2.55 \text{ gr/cm}^3$ ) sınır değeri, porozite ( $< \%2$ ) sınır değeri ve don sonrası ağırlık kaybının ( $< \%5$ ) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.
3. Ortalama birim hacim ağırlık değeri  $2.692 \text{ gr/cm}^3$ , ortalama ağırlıkça su emme oranı % 0.125 ve don sonrası ağırlık kaybı %0.25 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri, TS 2513'e göre kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için gerekli birim hacim ağırlık sınır değeri ( $\geq 2.55 \text{ gr/cm}^3$ ), ağırlıkça su emme sınır değeri ( $\leq \%1.80$ ) ve don sonrası ağırlık kaybı sınır değeri ( $< \%5$ ) olan bu değerleri sağlayarak bu standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.

4. Ortalama tek eksenli basınç değeri 85.616 MPa, ortalama eğilme direnci 13.86 MPa, ortalama böhme yüzeysel aşınma direnci  $10.04 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , ortalama darbe dayanımı  $28 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri, TS 2513'e göre kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç direnci ( $>50 \text{ MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $>6 \text{ MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $<15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı ( $\geq 12 \text{ kg/cm}^2$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.
5. Ortalama tek eksenli basınç değeri 85.616 MPa, ortalama eğilme direnci 13.86 MPa, ortalama böhme yüzeysel aşınma direnci  $10.04 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri, TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci ( $>50 \text{ MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $>6 \text{ Mpa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $<15 \text{ cm}^3/50^2$ ) sınır değerlerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.
6. Ortalama tek eksenli basınç değeri 85.616 MPa, ortalama eğilme direnci 13.86 MPa, ortalama böhme yüzeysel aşınma direnci  $10.04 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , ortalama darbe dayanım değeri  $28 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Erzincan Tercan Demirkapı bölgesi mermerleri, TS 10449'a göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç direnci ( $>30 \text{ MPa}$ ) sınır değerini (kaplama için) taşıdığı, ( $>50 \text{ MPa}$ ) sınır değerini (döşeme için) taşıdığı, eğilme direnci ( $>6 \text{ Mpa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci Döşeme  $\leq 5 \text{ cm}^3 /50\text{cm}^2$  sınır değerlerini (döşeme için), ( $\leq 25 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerlerini (kaplama için) taşıdığı, darbe dayanımı ( $\geq 4 \text{ kg/cm}^2$ ) sınır değerini (kaplama için), ( $\geq 6 \text{ kg/cm}^2$ ) sınır değeri (döşeme için) taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.
7. ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç direnci ( $>52 \text{ MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direncinin ( $>7 \text{ MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı, böhme yüzeysel aşınma direnci ( $<10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerini kılıpayı taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca ağırlıkça su emme ( $< \%0.2$ ) sınır değerini ve birim hacim ağırlık ( $>2.595 \text{ gr/cm}^3$ ) sınır değerini'de taşıdığı görülmektedir.



8. Araziden alınan kayaç örneklerine yapılan kimyasal analiz sonucunda CaO miktarı 55.79, MgO miktarı 0.08, SiO<sub>2</sub> miktarı 0.17, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı 0.17, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı 0.065, Na<sub>2</sub>O miktarı 0.12, K<sub>2</sub>O miktarı 0.048, MnO miktarı 0.026 ve kızdırma kaybı 43.26 olarak bulunmuştur.
9. İnceleme alanı ve çevresinde gerek oluşumu tamamlanmış gerekse oluşumu devam eden mermerlere rastlanmıştır. İşletilmekte olan Demirkapı Köyü'nde yüzeyleme veren çalışma konusu mermerlerinin kalınlığı yaklaşık 20 metre ve koordinat hesabına göre görünür rezervi 381.720 m<sup>3</sup> dür. Muhtemel rezerv diğer iki kütlenin yüzeysel boyutları hesaplandığında 13.800.000 m<sup>3</sup> dür. Mümkün rezerv olarak bu miktarın artması muhtemeldir. Ve bu miktar ülke şartları göz önüne alındığında iyimser bir rakamdır.
10. Sahada üretilen bloklar (mermer) işletme tarafından Trabzon'da bulunan mermer fabrikasına getirilmektedir. Mermer fabrikasına getirilen mermerler blok halinde satıldıkları gibi plaka ve fayans haline getirildikten sonra da satışa sunulmaktadır. Sahada üretilmekte olan mermerlerin bilinen ve aranan mermer oluşu nedeniyle piyasada kolay alıcı bulunabilmektedir.
11. Mermerlerin en iyi yüzlek verdiği bölge olan Demirkapı Köyü mevkiinde açılmış ocakta işletme yapılmaktadır. Çalışma alanında üretim açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Mermer üretimi için önce üst tabakalardaki bozulmuş kısımlar alınmakta daha sonra üretime geçilmektedir. Mermer ocağında açık işletmenin hedeflenmesinin amacı masif ve genellikle düzgün prizmatik yapıda blok elde etmektir. Ocakta mermer üretimi tamamen elmas tel kesme yöntemi uygulanarak yapılmaktadır. İlk olarak çıkarılacak bloğun iki yanından düşey ve yatay delikler açılarak yan kesimler yapılır. Tel kesme ile ana kütleden ayrılan bloklar uygun boyutlara getirilerek daha sonra sayalama (ebatlama) işleminden geçirilerek blok üzerindeki işe yaramaz kısımlar temizlenmektedir. Bu işlemde sonra mermer blokları stok sahasına taşınarak satışa hazır hale getirilmektedir.
12. Tercan mermerlerinin Schmidt sertlik değeri 43.2 olarak bulunmuştur. Schmidt test çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılmasını (Brown 1981), göz önünde bulundurduğumuzda Tercan mermerlerinin sert kaya sınıfında olduğunu görürüz.
13. Ultrasonik hız için, etüvde kurutulmuş numuneler için; ( $V_{sk}$ ) 5870 m/sn, su içerisinde doygun hale getirilmiş numuneler için ( $V_{sd}$ ) 6156 m/sn olarak

bulunmuştur. Söz konusu numunelerin ultrasonik hız sınıflamasında (Anon,1979) “çok yüksek hız” değerinde olduğu görülür.

14. Doğada her cins taş cilalanabilir. Ancak cila alma kapasitesi değişiktir. Bunlarda bir kısmı iyi cila kabul ettikleri halde, bir kısmı bu özelliğe sahip değildir. Tercan mermerlerinin parlatılıp cilalandıktan sonra iyi cila aldığı ve parlatılmasının iyi olduğu görüldü. Ancak parlatma ve cilalanma çok zahmetli bir iş olmakla birlikte fazla zaman ister.

## 5. KAYNAKLAR

- Altaş, Z., Üçtepeler (Bünyan-Kayseri) Traverten Ocağının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimlerim Enstitüsü, Adana, 2006.
- Anon(g), 2001; “Tools for Stone Masonry” <http://www.masterwholesale.com/one/cat14.html>
- Anon, 1979. Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Part 1- Rock and Soil Materials. Bull. Int. Ass. Eng. Geo. 19, 364-371.
- Araz, A.H., “Ankara Haymana Karahoca köyü Emiççe mevki mermerlerinin jeolojisi, mühendislik özellikleri ve işletilebilirlik durumu”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 131 (1991).
- ASTM C 503-79, Standart Specification for Marble, Building Stone (Exterior), Annual Book of A.S.T.M. Standarts, 1980
- ASTM ( American Society for Testing and Materials), 1992a. Standart Test Method for Evolution of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions (ASTM D 5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication,189-190.
- Bargar, K.E., Geology and Thermal History of Mammoth Hot Sprindgs, Yellowstone National ;Park. Bulletin of the U.S. Geological Survey, 1444 (1978) 1–55.
- Binal, A., 1996. Aksaray - Ihlara Vadisindeki Volkanosedimanter Kayaçalarda GörülenDuraysızlık Mekanizmalarının Araştırılması, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 95 s, Ankara.
- Bilgin, M., Çakır, E., Mermer Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul, 1998.
- Bilir, N. M; Ankara Haymana (Demirözü) Yöresi Mermerlerinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- Brown, E. T., 1981. Suggested Methods of Rock Characterization Testing and Monitoring, International Society for Rock Mechanics, Portugal, 53.
- Boztaş, C.S., “Burdur ili Yeşilova ilçesi Kağlıcık Mevkii kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 78, (2009).

- CANMET, 1997a. Laboratory Classification Tests. In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-1. Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report 77-26,74.
- Chafetz, H. S. And Folk, R. L., Travertines: Depositional Morphology and The Bacterially Constructed Constituents. Jour. Sedimentary Petrology, 54, 1 (1984) 289–316.
- Conditions (ASTM D 5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication,189-190.
- Çavumirza, M., "Mucur Kırşehir yöresi mermerlerinin jeomekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 91-102 (2002).
- Çelik, M.Y. ve Kavuşan, G., 2001; "Doğal Taş ve Mermerlere Uygulanan Yüzey Şekillendirme Teknikleri", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, (Editör: Köse vd.), s. 77-86.
- Çetin, T., 2003, Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi Ve İhracatı, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 3, 243-256.
- Deere, D.U. (1963), Technical Description of Rock Cores for Engineering Purpose. Rock Mech. And Engng. Geol.1, pp. 16-22.
- Demirer, T., Kozağaç Köyü Oruçoğlu Mermer Sahasının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1991.
- D.P.T., Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Gurubu Raporu Cilt-III (Mermer), Yayın No: DPT 2434-ÖİK: 491, Ankara, 1996.
- Görgülü, K., Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları. C.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü Y.L. Tez. Sivas, 1994
- Guo, L. Ve Riding, R., Hat-springs Travertine Facies and Sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, İtaly. Sedimentology, 45 ( 1998 ) 163–180.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brownm (ed.), Pergamon Press, London, 211,pp.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985.Suggested Methods for Determining Point Load Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 22, 53-60.

- Kahraman, S., 2002. Estimating the P-Wave Velocity Value of İntact Rock From İndirect Laboratory Measurements, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 39: 723-728.
- Karahan, D.S., “Kaman-Akpınar yöresi mermerlerinin Jeomekanik özellikleri ve ekonomik potansiyelinin tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 63, (1993).
- Kırgız, S., “Kırşehir Kaman Demirli yöresi mermerlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 79-80, (2002).
- Onargan, T., Köse, H., ve Deliormanlı, H. A; Mermer, ISBN 975-395-847-1, 4. Baskı, TMMOM Maden Mühendisleri Odası , Ankara, 2006.
- Osmanlıoğlu, A.H., Ersoy, H.T., Konya-Ladik Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 1993.Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Maden Tetkik Arama Enstitüsünce Bilinen Yer Altı Kaynakları Envanteri, Yayın No:168, Ankara, 1997.
- Önenç, D., İ., Sedimanter Kaya Mermerciliğinde Bloklarda Ürün Alınmasını Engelleyen Jeolojik Olusumlar, Maden Tetkik ve Arama Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Yayın No:12, Ankara, 1998.
- Özdemir, Ö., İlkçağ Tarihinde Tercan Ve Yakın Çevresi, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- Özdemir, A., Kalecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri Ve Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.
- RILEM, 1980. Recommended Tests to Measure The Deterioration of Stone and to Assess The Effectiveness of Treatment Methods. Commission 25-PEM, Material and Structures, Vol.13,175-253.
- Şen, S., “Baltaş-Palu (Elazığ) Kayaönü Köyü traverten mermerlerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 93, (2006).
- Şentürk, A., Mermer Teknolojisi , Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Yayınları, Isparta, 1996.
- Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri , Yayın No: 145, 3. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Trabzon, 2002.
- Tarhan, N., 2007, 1/100000 ölçekli açıksama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Erzurum İ -44 paftası: MTA Genel Müd. Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 67, Ankara.

- Tombul, M., “Dümrek (Sivrihisar) mermerlerinin özelliklerinin belirlenmesi ve üretim yönteminin seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, , Ankara, 96 (1992).
- Türkay, O., “Atlas-Çaykoz (Sivrihisar-Eskişehir) dolayının jeolojisi ve mermer yatakları”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 42- 47 (1989).
- TSE., 2000. TS EN 1097-2 Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Kimyasal Analiz, Ankara.
- TSE., 2003. TS 706 EN 12620 Beton Agregaları , Nisan 2003 , Ankara
- TSE 2513, Doğal Yapı Taşları, T.S.E., Ankara, Şubat 1975
- TSE 1910, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Yapı Taşları, T.S.E., Ankara, Şubat1977
- TSE 10499, Mermer – Kalsiyum Karbonat Esaslı – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanımı, T.S.E., Ankara, Ekim 1991
- TSE., 1999. TS EN 1367-1 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direnç Tayini, Ankara
- TSE., 1987. Tabii Yapıtaşlarının Muayene Ve Deney Metodları. TS 699,UDK 6912, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE., 1992. TS 10449 Mermer – Kalsiyum Karbonata Esaslı – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan, Ankara.
- URL–1, [www.maden.org.tr](http://www.maden.org.tr). Doğal Taş ve Mermer Raporu. 10 Mart 2008.
- URL–2, [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Türkiye’de Mermer Sektörü. 11 Mart 2008.
- URL–3, [www.merfes.com/mermer.htm](http://www.merfes.com/mermer.htm). Mermerin Kullanım Alanları. 11 Mart 2008.
- Yazıcı, H., 1993, “Tercan Ovası Ve Çevresinin Başlıca Coğrafi Özellikleri”, Cumhuriyetin 75. Yılında Tercan, Ankara, 265-309.
- Yeşilyurt, E., “Emiçce (Ankara-Haymana) bölgesi mermerinin mühendislik ve teknolojik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 50 (1989).
- Yılmaz, A., 1981, Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşı: TJK Bült., 24/1, 31-38, Ankara.
- Yılmaz, A., 1983, Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çetelekdağı) dolayının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu: MTA Derg., 99-100, 1-18, Ankara.

- Yılmaz, A., 1985, Yukarı Kelkit çayı ve Munzur dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi: TJK Bült., 28/2, 79-92, Ankara.
- Yılmaz, A., Okay, A., ve Bilgiç, T., 1985, Yukarı Kelkit çayı yöresi ve güneyinin temel jeoloji özellikleri ve sonuçları: MTA Rap. No: 7777 (yayınlanmamış), Ankara.
- Yiğit, M., “Altıntaş-Üçhüyük-Abya-Genişler (Altıntaş-Kütahya) bölgesinin jeolojisi ve Altıntaş menekşe mermerlerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 41, (1998).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Günay SÖNMEZ 1985 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Trabzon İskender Paşa İlköğretim Okulunda, orta öğrenimini Trabzon Cumhuriyet Ortaokulunda ve lise öğrenimini Trabzon Lisesi'nde tamamlayarak 2003 yılında Trabzon Lisesinden mezun oldu. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2008 yılında Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Nişanlı olan SÖNMEZ İngilizce bilmektedir.