

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HARŞİT (GİRESUN) GRANİTLERİNİN MERMER OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Müh. Mehmet ÇAPIK

TEMMUZ 2008
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HARŞİT (GİRESUN) GRANİTLERİNİN MERMER OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Maden Müh. Mehmet ÇAPIK

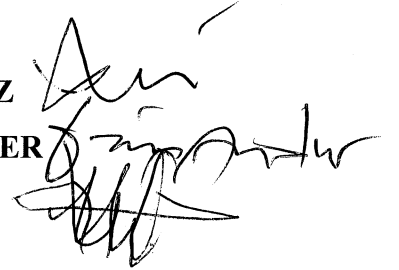
**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Maden Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.07.2008
Tezin Savunma Tarihi : 17.07.2008**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL



Enstitü Müdürü V.:Doç Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÜZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma, K.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenen "Harşit (Giresun) Granitlerinin Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi" isimli proje kapsamında gerçekleşmiştir.

Bu çalışmanın her aşamasında yaptığı yardım ve katkılarından dolayı danışmanım Sayın Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin laboratuvar çalışmalarının Fiziko-Mekanik deneylerinin yapımında ve yorumunda yönlendirici olan D.E.Ü. Torbalı Meslek Yüksekokulu Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeki KARACA, Arş. Gör. Hakan ELÇİ, Öğr. Gör. Nurcihan TAŞKIN ve Teknisyen İrfan SAYGIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda desteğini eksik etmeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim ALP'a, tezin Mineroloji-Petrografi kısmında yardımlarını esirgemeyen K.T.Ü. Jeoloji Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL ve Yrd. Doç. Dr. Hasan KOLAYLI'ya; tezimin Radyoaktivite bölümünden K.T.Ü. Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi Nevzat DAMLA ve Necati ÇELİK'e; Tezimin değişik aşamalarında yardımlarını gördüğüm Jeoloji Yüksek Mühendisi Ayberk KAYA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında gerekli numunelerin sağlanmasında her türlü kolaylığı gösteren, Sayın Oktay ELMAS'a ve tüm İG-TAŞ Granit Madencilik İnş. Tic. A.Ş. çalışanlarına göstermiş oldukları yakın ilgiden ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının yazım aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen Yüksek İnşaat Mühendisi Abdurrahman ŞAHİN, Arş. Gör. Gökhan AYDIN, Arş. Gör. Oktay CELEP, Ahmet MUSLU ve tüm arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi, yüksek lisans çalışmamda da destek, sabır ve hoşgörülerini benden esirgemeyen aileme en içten teşekkürleri sunarım.

Mehmet ÇAPIK

Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Mermerin Tanımı.....	1
1.1.1. Bilimsel Tanımı	1
1.1.2. Endüstrideki Ticari Tanımı.....	1
1.1.3. Türk Maden Kanununda.....	1
1.2. Mermerlerin Sınıflandırması	1
1.2.1. Mermerlerin Genel Sınıflandırılması.....	2
1.2.1.1. Magmatik Kökenli Mermerler.....	2
1.2.1.2. Metamorfik Kökenli Mermerler	3
1.2.1.3. Sedimanter Kökenli Mermerler	3
1.2.2. Mermerlerin Mineralojik Özelliklerine Göre Sınıflandırması.....	4
1.2.3. Mermerlerin Sertliklerine Göre Sınıflandırılması	5
1.3. Mermerin Özellikleri	6
1.4. Mermerin Kullanım Alanları	8
1.5. Dünya Mermer Potansiyeli.....	10
1.6. Türkiye'nin Mermer Potansiyeli	12
1.7. Doğu Karadeniz Bölgesi Doğaltaş Potansiyeli.....	16
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	17
2.1. İnceleme Alanının Konumu	17
2.2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi	18
2.3. Önceki Çalışmalar	20
2.4. Deneysel Çalışmalar	21
2.5. Amaç ve Yöntem.....	21

2.6.	Fiziksel Özellikler.....	21
2.6.1.	Özgül Ağırlık.....	22
2.6.2.	Birim Hacim Ağırlık.....	24
2.6.3.	Su Emme Oranı	27
2.6.4.	Porozite.....	28
2.7.	Mekanik Özellikler	31
2.7.1.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	31
2.7.2.	Nokta Yük Dayanımı.....	34
2.7.3.	Yarmada Çekme (Brazilian) Dayanımı	37
2.7.4.	Eğilme Dayanımı.....	39
2.7.5.	Darbe Dayanımı.....	42
2.7.6.	Aşınma Dayanımı (Böhme Yöntemi).....	45
2.7.7.	Aşınmaya Karşı Dayanıklılık	47
2.7.8.	Los Angeles Aşınma Dayanımı.....	50
2.7.9.	Tabii Don Tesirine Karşı Dayanım	53
2.7.10.	Don Sonu Basınç Dayanımı	54
2.7.11.	Ultrasonik Hız Deneyi.....	56
2.7.5.	Sertlik Derecesi (Schmidt çekici).....	59
2.8.	Mineralojik ve Petrografik Özellikler	61
2.8.1.	Mikroskobik Özellikler.....	61
2.8.2.	Harşit Granitlerinin Diğer Özellikleri.....	64
2.9.	Harşit Granitlerindeki Radyoaktivite Seviyesi	69
2.9.1.	Radyum Eşdeğer Aktivitesi (R_{eq})	72
2.9.2.	Dış Tehlike İndeksi (H_{ex}).....	72
2.9.3.	İç Tehlike İndeksi (H_{in})	72
3.	DEĞERLENDİRME	73
4.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	79
5.	KAYNAKLAR.....	80
6.	EKLER.....	85

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu araştırmanın esas konusunu oluşturan “Harşit Granitleri” bu güne kadar çeşitli araştırmacılar tarafından, sadece bölgenin jeolojik ve petrografik yönden incelenmesi yapılmış buna karşın, mermer özellikleri açısından herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle Harşit granitlerinin mermer olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarda, malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri TS 699’a göre belirlenmiştir. Söz konusu granitlerden, örnekler alınarak fiziksel özelliklerden, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, porozite, atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme, mekanik özelliklerden ise tek eksenli basınç dayanım, sürtünmeyle aşınma dayanımı, ultrasonik hız, dona karşı dayanımı, dondan sonra basınç direnci, eğilme dayanımı, darbe dayanımı parametreleri belirlenmiştir. Bu deneyler sonucunda kayaçların sınıflandırılması yapılır ve istenilen koşullara uygun olup olmadıkları araştırılmıştır.

Mineralojik ve petrografik analiz için polarizan mikroskopta optik incelemeler yapıldı. Aynı zamanda bu çalışmada Harşit granitlerinin radyoaktivite seviyesinin ölçümü için, HPGe detektörü kullanılarak örneklerin doğal radyoaktivite seviyesi tayin edildi.

İncelemeler sonucunda Harşit Granitlerinin TSE Standartlarına göre limit değerler üzerinde olduklarından mermer olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir. Ancak granitlerin mermer olarak kullanılmadan önce anklavdan ve pas etkisinden dolayı iyi pazar araştırması yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Granit, Fiziko-Mekanik Özellikler, Mineraloji – Petrografi ve Radyoaktivite

SUMMARY

Investigation on the Utilization of Harşit (Giresun) Granites as Marble

Harşit granites that are the main topic of this research, have been investigated by several researches merely its geological and petrographic characteristics until now. However, any investigations based on the potential use of the granites as marble has not been found. Hence, this study has been carried out to find the potential use of Harşit granites as marble.

The mechanical and physical properties of the granites were defined according to the national standards called TSE 699 when the experimental studies were carried out. The samples obtained from Harşit granites were used to define the physical properties such as dried and saturated unit volume weight, porosity and water absorption under the atmospheric pressure. Also, the mechanical properties of the granites such as uniaxial compressive strength, abrasion strength, ultrasonic velocity, resistance against freezing, compressive strength after freezing, bending strength, impact resistance have been defined as well. According to the results of the experimental studies, the granites' samples have been classified and investigated if they have suitable conditions required for marble. In addition, to get the mineralogical and petrographic properties, the samples were analyzed using a polarized microscope. The measurement of the level of the natural radioactivity of Harşit granites was carried out by using of HPGe detector.

The results were evaluated according to the national standards TSE and it has been seen that Harşit granites have higher values than the limit values of TSE. In conclusion, Harşit granites can be used as marble. However, due to the its enclave and corrosion effects, the market research should be done very well before processing of the granites.

Key Words: Granite, Physico-Mechanic Properties, Mineralogical – Petrographically and Radioactivity

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Dünya doğal taş kaynaklarında Türkiye'nin payı	13
Şekil 2.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	17
Şekil 2.2. Harşit (Doğankent) granit ocağı çevresine ait 1/25000 ölçekli jeoloji harita	19
Şekil 2.3. Balon joje içindeki su malzeme görünümü	22
Şekil 2.4. Arşimet terazisiyle numune tartımı	25
Şekil 2.5. Tek eksenli basma dayanımı deney düzeneği	32
Şekil 2.6. Tek eksenli basınç deneyinin yapılışı.....	32
Şekil 2.7. Nokta yük deney düzeneği	35
Şekil 2.8. Nokta yük dayanımı sonucu örneklerin kırılma şekilleri	37
Şekil 2.9. Geçerli ve geçersiz yenilme şekilleri, a, b, c geçerli d geçersiz kırılma.....	37
Şekil 2.10. Yarmada çekme deneyinin yapılışı	38
Şekil 2.11. Yarmada çekme dayanımı deneyinin örneklerin kırılma şekilleri	39
Şekil 2.12. Eğilme dayanımı deney örnekleri.....	40
Şekil 2.13. Eğilme dayanımı deneyine numunenin yerleştirilmesi	40
Şekil 2.14. Eğilme dayanımı numunelerin kırılış şekilleri	42
Şekil 2.15. Darbe dayanımı deney numuneleri.....	42
Şekil 2.16. Darbe dayanımı deney düzeneği	43
Şekil 2.17. Darbe dayanımı deneyinde numunenin gösterimi.....	45
Şekil 2.18. Böhme yüzey aşındırma deney düzeneği	46
Şekil 2.19. Aşındırma cihazının prensibi (TS 1341,)	48
Şekil 2.20. Disk aşındırma deney düzeneği.....	48
Şekil 2.21. Oyuk açılmış numune örneğinin deneyden sonraki görünüşü	49
Şekil 2.22. Los Angeles aşınma deney düzeneği.....	50
Şekil 2.23. Los Angeles aşınma deney numuneleri.....	51
Şekil 2.24. Ultrasonik darbe ölçüm yöntemleri.....	57
Şekil 2.25. Ultrasonik hız deneyinin yapılışı.....	58
Şekil 2.26. Laboratuarda Schmidt Çekici ile sertlik belirlenmesi	60
Şekil 2.27. Harşit granitinin parlak kesit incelenmesi	62
Şekil 2.28. Harşit granitinin ince kesit incelenmesi	63
Şekil 2.29. Parke taşı olarak kullanılan Harşit graniti a) paslı parke taşı	66

Şekil 2.30. Granit üzerindeki anklavların görünümü a) anklav.....	67
Şekil 2.31. Cilalama işlemi için kullanılan taşlama diskleri.....	68
Şekil 2.32. (a) Cilalanmış ve parlatılmış numune, (b) her hangi bir işleme tabii tutulmayan numune.....	69
Şekil 2.33. Radyoaktivite seviyesi ölçek için hazırlanan numuneler	71
Şekil 2.34. Ortec GEM55P4 Model HPGe dedektörü.....	71

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Magmatik oluşumlu serttaşların özellikleri (DPT, 1996).....	3
Tablo 1.2. Mermerlerin tane boyutlarına göre sınıflandırılması	4
Tablo 1.3. Mermerin mineral bileşim ve oran özellikleri.....	5
Tablo 1.4. Mermerlerin yapı ve dokularına göre sınıflandırılması.....	5
Tablo 1.5. Mermerlerin sertliklerine göre sınıflandırma	6
Tablo 1.6. Doğal taşların kullanım alanları	10
Tablo 1.7. Dünya doğaltaş üretim ve tüketim tahminleri	11
Tablo 1.8. Dünya doğal taş üretim projeksiyonu	12
Tablo 1.9. Türkiye'nin mermer rezervleri (Onargan vd., 2004).	13
Tablo 1.10. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri (DPT 2001).	14
Tablo 1.11. Türkiye'nin mermer rezervinde en önemli beş ili (İTO, 2003).	15
Tablo 1.12. Türkiye'nin doğal taş sektöründe toplam ihracatı.....	15
Tablo 1.13. İllere göre doğaltaş potansiyeli (Yılmaz, 2006).	16
Tablo 2.1. Suyun birim hacim ağırlığının ve sıcaklık katsayısı (α) değişimi.....	23
Tablo 2.2. Özgül ağırlık deney sonuçları	24
Tablo 2.3. Numunelerin birim hacim ağırlık deney sonuçları.....	26
Tablo 2.4. Su emme oranı deney sonuçları	28
Tablo 2.5. Porozite deney sonuçları	30
Tablo 2.6. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989).	30
Tablo 2.7. Tek eksenli basınç dayanımı deney sonucu	33
Tablo 2.8. Kayaçların basınç dayanım değerlerine göre sınıflandırılması	34
Tablo 2.9. Nokta yükleme deneyi sonucu	36
Tablo 2.10. Kayaçların nokta yük dayanım direncine göre sınıflandırılması	36
Tablo 2.11. Yarmada çekme dayanımı deneyi sonucu.....	39
Tablo 2.12. Eğilme dayanımı deney sonuçları	41
Tablo 2.13. Darbe dayanımı deney sonuçları	44
Tablo 2.14. Böhme yüzey aşındırma deney sonuçları.....	47
Tablo 2.15. Disk aşınma deney sonuçları.....	49
Tablo 2.16. Los Angeles aşınma deneyinde deney numunesi tane büyüklüğü sınıfları ve alınacak deney numunesi miktarları ile çelik bilye adetleri	50

Tablo 2.17. Los Angeles aşınma deney sonuçları	52
Tablo 2.18. Tabii don sonrası ağırlık kaybı.....	54
Tablo 2.19. Don öncesi ve don sonrası basınç dayanımı değişimi (silindir).....	55
Tablo 2.20. Don sonrası basınç dayanımı değişimi deney sonuçları (küp).....	55
Tablo 2.21. Ultrasonik hız değerleri	58
Tablo 2.22. Ultrasonik hız sınıflandırılması (Anon,1979).	59
Tablo 2.23. Ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri ile ayrışma katsayıları arasındaki ilişkiler (Anon, 1979).....	59
Tablo 2.24. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması (Brown 1981).....	60
Tablo 2.25. Harşit Granitlerinin Radyonüklit Aktivite Konsantrasyonları	73
Tablo 3.1. Harşit granitlerinin fiziksel özellikleri	74
Tablo 3.2. Harşit granitlerinin mekanik özellikleri	75

SEMBOLLER DİZİNİ

MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlar
MPa	: Mega paskal
kgf	: Kilogramkuvvet
HPGe detektörü	: Yüksek Saflıkta Germanyum Detektörü
\bar{X}	: Aritmetik ortalaması
x_{\min}	: Minimum değer
x_{\max}	: Maksimum değer
s	: Standart sapma
V	: Değişken katsayısı, %.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Mermerin Tanımı

Mermerin bilimsel, endüstrideki ticari ve Türk maden kanununda olmak üzere üç ayrı tanımı yapılmaktadır.

1.1.1. Bilimsel Tanımı

Mermer, kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayadır. Safılık derecesi; saydamlık ve beyaz renkli oluşu ile paralel olmaktadır.

1.1.2. Endüstrideki Ticari Tanımı

Ticari standartlara uygun boyutlarda blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, işlenebilen, dayanıklı ve dekoratif görünümlü her türlü kalkerli kayalar bazı serpantin türlerini kapsayan kayalardır. Günümüzde özellikle endüstriyel anlamda mermerin yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır.

1.1.3. Türk Maden Kanununda

Mermer, kesilip parlatılabilen ve ticari değeri olan her türlü kayalar olarak tanımlanır. Buradan anlaşılacağı üzere maden kanunundaki mermer tanımı ile endüstrideki ticari tanımı hemen hemen aynıdır. Buradan taşın cinsi ne olursa olsun, kesilip parlatılabilen kayalar mermer olarak tanımlanabilir.

1.2. Mermerlerin Sınıflandırması

Mermer ve mermer olarak kullanılan doğal taşlar, jeolojik oluşum, mineralojik özellikleri ve sertlik özellikleri bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Şentürk vd., 1996; Kun, 2000).

1.2.1. Mermerlerin Genel Sınıflandırılması

1.2.1.1. Magmatik Kökenli Mermerler

Magmanın yeryüzüne çıkması veya yer kabuğuna sokulması ile oluşurlar. Bu tip mermerler sedimanter mermerlere göre daha sert ve dayanıklı olup dört grupta toplanırlar.

I) Derinlik kayaçları: Çıkartılması kolay, ancak işlenmesi çok güç olan ve iyi cila kabul eden granit adı verilen kayaçlardır. Granitin dışında siyenit, gabro, serpantin vb. gibi kayaçlarda magmatik derinlik kayaçlarıdır.

II) Yüzey kayaçları: Yer kabuğunun derinliklerinde yer alan magmanın yüzeye yakın etkisi ile katı halde mineralojik ve dokusal başkalaşıma uğramaları sonucu oluşurlar. Hem işlenmesi hem de işletilmesi çok zor olan kayaçlardır. Dayanıklı olmaları ve cilalarını uzun süre koruyabilmeleri nedeni ile inşaat birimlerinde kullanılmaktadırlar. Kuvars porfir, bazalt, andezit, trakit ve diyabaz gibi kayaçlar bu gruba girmektedirler.

III) Damar kayaçları: Yer kabuğunun derinliklerinde yer alan magmanın yüzeye yakın kayaçların yarık ve çatlaklarına sokularak, burada soğuması sonucu meydana gelen kayaçlardır. Porfir ve aplit gibi kayaçlar bu guruba girmektedirler.

IV) Magmatik kayaçlarda yaygın kullanılan diğer bir sınıflandırma ise kimyasal bileşimlerinde bulunan SiO_2 oranına göre yapılan sınıflamadır. Kayaçlar bileşiminde bulunan SiO_2 yüzdesine göre dört grupta toplanır.

- % 66 dan fazla SiO_2 içerenler Asidik,
- % 66-% 52 arası SiO_2 içerenler Nötr,
- % 52- % 45 arası SiO_2 içerenler Bazik,
- % 45 den az SiO_2 içerenler Ultrabazik,

kayaçlar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu kayaçlar içerisinde mermer olarak değerlendirilenler daha ziyade granit, siyenit, gabro ve serpantin gibi derinlik kayaçlarıdır (Şentürk vd., 1996; Kun, 2000). Tablo 1.1'de magmatik oluşumlu serttaşların (mermer amaçlı kullanılan) kuvars içerikleri, mineraller çeşitleri ve doku özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.1. Magmatik oluşumlu serttaşların özellikleri (DPT, 1996).

Kayaç Cinsi	Kuvars	Diğer Mineraller	Yapı-Doku
Granit	%25-30	Feldspat+mika+amfibol	İri taneli-holokristalin
Siyenit	%5-7	Feldspat+mika+amfibol	İri taneli-holokristalin
Labrodorit	-	Labrador+piroksen	İri taneli-holokristalin
Serpantin	-	Serpantin	Ağsı
Anortozit	-	Anortit+piroksen	İri taneli
Diyabaz	-	Piroksen+plajiyoklaz+amfibol	Ofitik
Andezit	%5-10	Plajiyoklaz+feldspat+mika+amfibol+piroksen	Porfiritik

1.2.1.2. Metamorfik Kökenli Mermerler

Sedimanter ve magmatik kökenli kayaçların değişen basınç ve sıcaklık şartlarının etkisi sonucu katı halde, mineralojik ve dokusal başkalaşıma uğramaları sonucu oluşurlar. Mermercilik açısından çok önemli olan ve petrografide mermer olarak tanımlanan kayaç gerçek mermer tanımına uygun doğal taş içerir. Başkalaşım sonucu, kalker ve dolomitik kalkerlerin yeniden kristalleşmesi ile meydana gelmiş mermerlerdir. Başkalaşıma uğraması sonucunda oluşmuştur. Renkleri genellikle beyaz ve açık gridir. İçerdikleri yabancı maddelerin etkisiyle sarı, pembe ve siyah gibi değişik renklerde de olabilirler. Bileşimini % 95 oranında kalsiyum karbonat oluşturmaktadır. Gnays, amfibolit, spolen, şist, fillit ve eklojit gibi kayaçlar bu grup mermerler içerisinde yer alırlar.

1.2.1.3. Sedimanter Kökenli Mermerler

Bu mermerler adından da anlaşılacağı gibi magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlardan kopan parçaların sürüklenerek bir yerde birikmesi ve daha sonra çimento maddesi ile birleşmesi sonucu oluşan kalkerin yanı sıra konglomera, kumtaşı, arduvaz gibi detritik veya klastik kökenli mermerler olabileceği gibi, su kaynaklarından meydana gelen oniks mermeri, traverten ve kireçtaşı gibi organik veya kimyasal kökenli mermerlerdir. Bu

tür mermerler genellikle tabakalıdırlar ve çoğu kez fosil içerirler. Fosil jeolojik devirlerde yaşamış canlıların korunmuş olan kalıntıları veya izleridir (Şentürk vd., 1996; Kun, 2000).

Traverten ve oniks mermeri birleşiminde erimiş halde kalsiyum bikarbonat $[Ca(HCO_3)_2]$ bulunduran sulardan oluşan kayalardır. Bileşiminde kalsiyum bikarbonat ve karbondioksit bulunan yeraltı sularının yeryüzüne çıkması ile bileşimindeki CO_2 gaz haline geçerek suyu terk eder. Bu sırada $CaCO_3$ bileşimli katı madde şekillenir. Bu olay soğuk su vasıtasıyla oluşursa oniks mermeri, sıcak su vasıtasıyla oluşursa traverten meydana gelir. Traverten ve oniks mermerleri kimyasal tortul kayaları arasında yer alırlar (Şentürk vd., 1996).

1.2.2. Mermerlerin Mineralojik Özelliklerine Göre Sınıflandırması

Mermerlerin sedimanter kökenli kireçtaşlarının başkalaşıma uğraması sonucu yerin değişik derinliklerinde, değişik sıcaklık ve basınç altında mineralojik, kimyasal ve yapısal değişiklikler sonucunda oluşmuştur. Buna göre mermeri mineralojik özelliklerine göre, üç grupta sınıflandırılabiliriz.

I) Mermerlerin Mineral Tane Boyutlarına Göre Sınıflandırılması; Kayaç cinsi ve tane boyutuna göre sınıflandırılması (Tablo 1.2) (Köktürk, 2002).

Tablo 1.2. Mermerlerin tane boyutlarına göre sınıflandırılması

Mermer	Tane Boyutu (mm)
İnce Taneli	1 mm
Orta Taneli	1 mm- 5 mm
İri Taneli	5 mm- 1-2 cm

II) Mermerlerin Mineral Bileşimi ve Oranlarına Göre Sınıflandırma; Mermerler mineral bileşim oranlarına göre sınıflandırılması (Tablo 1.3) (Mermer ve Granit Sanayi Sektör Araştırması, 1995).

Tablo 1.3. Mermerin mineral bileşim ve oran özellikleri

Kayaç Cinsi	Diğer Mineraller	Kalsit (%)	Yapı ve Doku
Mermer	Mika, Opak, Kuvars, vs.	% 95	Masif taneli doku
Kalkşist	Klorit, Epidot, Mika, Lepidolit	%60-70	Şist, yönlü
Sopolen	Flogobit, Tremolit, Diyopsit Plajiyoklas, Grana	%80	Şist, yönlü
Mermer Skarn	Epidot, Grone Olivin, Plajiyoklas Diyopsit	%80-90	Masif taneli

III) Mermerlerin Yapı ve Dokularına göre Sınıflandırılması; Mermerleri yapı ve doku sınıflandırılmaları için kayaç cinsi ve görünüm özelliklerine göre (Tablo 1.4) (Köktürk, 2002).

Tablo 1.4. Mermerlerin yapı ve dokularına göre sınıflandırılması

Kayaç Cinsi	Görünüm ve Özellikleri
Masif Mermer	Kompakt, ince ve iri taneli
Laminal Mermer	İnce taneli, renkli şeritler görünümünde, şeritler farklı mineral veya element içerirler.
Şistli Mermer	Yapraklı yapıda, önemli oranda mika içerirler.
Breşik Mermer	Kırıklanmış, tekrar ikincil minerallerle dolgulanmıştır. Ara dolgular farklı renk ve mineral içerikli olabilirler.

1.2.3. Mermerlerin Sertliklerine Göre Sınıflandırılması

Ticari yönden güzel görümlü iyi cila kabul eden gerekli ölçülerde iyi blok verebilen daha çok magmatik kökenli kayaçlar sert taş olarak değerlendirilir. Mermerlerin çizilebilirlik esası ve sertlik özelliklerine göre Moh's Sertlik Skalası'na göre sınıflandırılması, Tablo.1.5.'de gösterilmiştir (Onargan vd., 2004).

Tablo 1.5. Mermerlerin sertliklerine göre sınıflandırma

Yumuşak Mermerler		Sert Mermerler	
Moh's Değeri: 3,5 - 4		Moh's Değeri: 6 - 7	
Açık Renkli	Koyu Renkli	Açık Renkli	Koyu Renkli
Mermerler	Renkli Mermerler	Granit	Diyabaz
Metamorfik Kalker	Renkli Metamorfik Kayaçlar	Siyenit	Gabro
Şistler	Yeşil Şistler	Kuvars	
Diğerleri	Diğerleri	Diyorit	Serpantin Ultrabazik

1.3. Mermerin Özellikleri

Mermerlerin doğal taş olarak kullanılmasında aranan önemli özellikler; renk, desen, doku, cila tutma, sertlik, porozite ve çözülme özelliğidir. Kullanım alanına veya taşın türüne göre gerekli özel şartlar ayrıca aranmalıdır.

I. Renk: Mermerlerin doğal yapı taşı olarak kullanılmasında en önemli özelliği renkleridir. Çünkü estetik-tasarım (dekorasyon amaçlı) kullanıldığı için, blok rengi ve desen görünüşü kullanım yerine bağlı olarak çekici olması gereklidir.

Mermerlerin renkleri bağlı oldukları bileşiklerin rengini taşır. Demirli bileşikler mermere sarı, kahverengimsi-kırmızı ve bazense yeşil ve tonlarını verir. Kuvars (silis, alüminyum oksit ve silikatla birlikte) çoğunlukla gri ve kırmızımsı, karbonlu bileşikler (bitüm, grafit, kömür vb.) siyah ve siyahımsı grinin farklı tonlarını mermere verir. Sülfürlü bileşikler mermere sarı rengi, sodalitler yeşil rengi verir. Ayrıca Ni, Cu, Cr, mermerde yeşil renklenmeye neden olurken Co, Cu, Na ve Cl mavi, Mn menekşe Ti siyah renk kaynaklarıdır (Karaca, 2001).

II. Desen: Mermerleri, kullanma alanlarına göre desen ve renk yönünde homojenliğe sahip olmaları, yani bir yataktan alınan blokların yatağın her yerinde aynı olması istenilen bir özelliktir.

III. Doku: Mermerler dokuları, kristal yöntemler ve gözeneklilik özellikleri ile belirlenir. Diğer bir deyişle doku, mermerin küçük ölçekteki (el numunesi veya mikroskop altında) özelliklerini tanımlar. Mermerin karakterini belirleyen tüm içsel parametreler

mermerin dokusu olarak değerlendirilir. Dokuya yönelik çalışmaların sonucunda, mermerin fiziko – mekanik ve mineralojik özellikleri hakkında bilgilere ulaşılır. Bu özellikler her mermer için farklılık gösterdiği gibi, aynı mermer yatağının farklı bölümlerinde de farklılık gösterebilir.

IV. Cila Tutma ve Sertlik: Ticari anlamda mermer, kesilip cilalandığında parlayabilen dayanıklı ve güzel görümlü her türlü kayadır. Buradan mermerlerin kesilme ve cilalama özelliği ile sertlikle ilgisi olduğu görülür. Sert mermerler, daha iyi cila tutarlar ancak çok zaman, çok emek ve işçilik isterler. Mermerin sertliği cinsine göre değişir. Silikat minerallerinin çokluğu sertliği artırır.

V. Porozite: Porozite mermerlerdeki gözeneklerdir. Bu gözenekler ne kadar büyük olursa mermerin ekonomikliği o derece azalır. En iyi mermerlerin porozitesi % 0,00002 - % 0,5 arasında olmalıdır. Gözeneklerin birbirleriyle fazla irtibatlı olması bünyesine su girmesine, bunun sonucunda donma, çözülme ve mikro çatlakların ortaya çıkmasına neden olduğu için istenmeyen bir özelliktir.

VI. Çözülme Özelliği: mermerlerin çözülmesi özellikle inşaatların dış kısımlarında dış cephe kaplamada kullanılanlar için önemli bir husustur. Çünkü bütün taşlar atmosfere temas ettikleri zaman yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkiler altında kalarak değişmeye uğrarlar. Çözülmenin şiddeti her mermerde aynı olmayıp mermerlerin kimyasal bileşimine, fiziksel özelliklerine, bünyesine ve su absorbe etme özelliğine bağlıdır. En az su absorbe eden mermer binaların dış kaplamaları için en ideal mermerlerdir (Onargan vd., 2004).

VII. Mermerde Oluşan Fiziksel Kusurlar:

a) Boşluklar: Mermerde boşluğun bulunması istenmeyen bir durumdur. Ancak özel tip mermerlerde ve travertenlerde bu durum bir kusur teşkil etmez. Siyah mermerlerde daha çok kömür, şist, bitüm ve grafit içeriğinden dolayı meydana gelen boşluklar kusur sayılır.

b) Çatlaklar: Mermer bloklarında doğal çatlakların açık olup olmaması önemlidir. Çatlakların açık olması veya çatlakları dolduracak solüsyonlu suların çatlağı tümden kapatmaması büyük bir sakıncadır.

c) Damarlar: Mermerlerde tektonik olaylardan sonra meydana gelen çatlak ve kırıkların sonradan dolmasıyla çok değişik renkte ve karakterlerde damarlar oluşur. Damarların daha çok demir oksitli sularla meydana gelmiş olanları çoğunlukla mermerin sağlamlığını etkiler. Oniks mermerlerinde damarların olması bile benimsenir. Çünkü damarların birbirine paralel olması ve değişik renkler göstermesi taşta daha gösterişli bir görünüş kazandırır (Akar, 1987).

d) Paslanma: Pirit, pirotin, markasit, hematit ve limonit, Fe ve S içeren mineraller olup mermer ve yapı taşlarında paslanma yaparlar. Bu taşlar standartlara göre yapı taşı olarak kullanılmaz.

1.4. Mermerin Kullanım Alanları

İnsanoğlu geçmişten günümüze kadar tarih boyunca doğal taş kullanmış ve bundan yararlanmışır. Bu kullanım alanı tapınaklardan barınaklarına, heykelticilikten iç ve dış dekorasyona kadar kullanmışlardır.

Mermerin başlıca kullanım alanları; En geniş kullanım alanını inşaat sektörü, güzel sanatlar alanı ve dekorasyondur. Binaların iç ve dış kaplamaları, iç döşemelerde, merdiven ve giriş kısımları ile mutfak ve banyolarda, özellikle binaların iç kısımlarında yer döşemesi ve duvar kaplamaları, merdiven basamakları, sütunlar, şömine, mutfak ve banyolarda kullanılır. İç dekorasyon malzemesi olarak masa, sehpa ve çeşitli mobilyalar yapımında yer alır. Hediyeelik eşya, el sanatları dalında ve süslemede ise; vazolar, satranç taşları, kalemlik, biblo, avize, şekerlik, küllük, isimlik, çakmak altlığı, yapımında özellikle güzel desenli, renkli göze hitap eden mermer ve oniks taşları kullanılmaktadır. Dekorasyon işleri, anıtlar, heykeller ile süs ve hediyeelik eşya imalatı önemli tüketim alanlarını oluşturur.

Dış kaplamada kullanılan mermer hava kirliliği, ısı farklılığı gibi dış etkenlerin etkileneceği ve fazla basınçla karşılaşacağı için titizlikle seçilmeli uygun kaplama teknikleri kullanılmalıdır. Dış kaplamada kullanılacak mermerlere fiziksel ve mekanik testler uygulandıktan sonra hangisinin mermer çeşidinin kullanılacağı karar verilmelidir. Aksi takdirde yanlış kullanma sonucunda yapıların dış kaplaması kötü bir görünüm arz edebilir.

Dış dekorasyon parke olarak kullanımı oldukça eskilere dayanır. Üretimin kolay ve basit olması nedeniyle yıllardan beri kullanımına devam edilmiştir. Ayrıca birçok dekoratif eşya yapımında, park ve bahçe yapımında da kullanılmaktadır.

Mezar taşı, anıtlar, mabetler ve çevreleri gibi yapılar büyük kullanım alanını teşkil etmekte olup, buralarda daha çok granit türleri kullanılmaktadır. Dış etkenler, inşaat sektöründe olduğu gibi, mezarlık alanını da etkilemektedir.

Mermer kimyasal bileşiminde kalsiyum karbonat içerdiği için kimya, yem-gübre sanayinde, karayolu, beton, asfalt, paledyan, mozaik ve suni mermer yapımında kullanılmaktadır (Uyanık, 2001).

Bugün kullanılan doğal taşların iç ve dış kaplamada, döşemede ve dekorasyonda kullanım alanları az çok değişmektedir. Örneğin traverten dış yapıları kaplamada ve döşemede, gerçek mermerler iç mekânlarda ve dekorasyonda kullanılırken son yıllarda granitin üstünlüğü her iki yönde de artmaktadır. İyi cila alma, renk, desen çekiciliği ve sağlamlığı nedeniyle aynı zamanda figür işleciliğinde de kullanılmaktadır.

Granitin ana kullanım alanı da dekoratif taşlara ihtiyaç duyulan inşaat sektörüdür. Binaların içinde; yer döşemesi ve duvar kaplamasında, basamaklarda, sütunlarda, şöminelerde, mutfak ve banyolarda, binaların dışında ise; dış cephe kaplamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca dış zeminlerde parke olarak kullanıldığı gibi bir çok dekoratif eşya yapımında ve mezar taşlarında da kullanılmaktadır. Hijyenik koşulların gerekli olduğu umuma açık ortamlarda ve/veya üretim tesislerinde granit kullanımı artmaktadır (örneğin hastaneler, hava alanları vb). Granit özellikle hem desen (dekorasyon) hem de dayanıklılık açısından titizlik gerektiren işlerde kullanılmaktadır (DPT, 1996).

Mermer yerine kullanılabilir niteliklerde bir ürün bugüne kadar yapılmamıştır. Ancak, seramik ve yer karoları mermer yerine kullanılsa da mermer kadar avantajlı değildir. Ayrıca seramik ürünlerinin üretimi pahalı olup, mermerin yerini alması zordur. Doğal malzeme olarak mermer, canlı sağlığına zararlı ışınları absorbe ettiği halde, diğer malzemelerin (beton vs.) ışınları yansıtarak iletme özelliklerinin bulunduğu bilimsel araştırmalar sonucu ortaya çıkmış bir gerçektir. Dünya sağlıklı bir yaşam için mermer kullanmaktadır (DPT, 1996).

Kullanım alanlarını göre bir sıralama yapıldığında doğal taşlar en çok taban döşemelerinde kullanılmaktadır. İkinci sırayı ise mezar taşları yapımı almaktadır. Tüketicilerin isteklerine bağlı olarak özel işçilik yapılmakta ve istenildiği şekilde üretilip kullanılmaktadır. Yüzdeler oranlarına göre diğer kullanım alanları Tablo 1.6'da verilmiştir.

Mermerler oluşum Şekillerine bağlı olarak bünyelerinde mikrop, virüs ve her türlü hastalıklara karşı koruyucu özellik taşımaktadırlar. Tarih öncesinde de mermer kullanımının yaygın olmasının nedenlerinden biriside bu özelliğidir. Günümüzde de yapay malzemelerden bir kaçış yaşanmaktadır. Çünkü doğal olmayan her malzeme belli bir süre sonra insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir (URL-1, 2007).

Tablo 1.6. Doğal taşların kullanım alanları

Kullanıldığı Alan	%
Taban Döşemeleri	36,5
Mezar Taşları	17,5
Özel İşler	13
Heykel	10
İç Duvar Kaplamaları	9,5
Dış Duvar Kaplamaları	7,5
Basamaklar	3,5
Diğerleri	2,5
Toplam	100

1.5. Dünya Mermer Potansiyeli

Dünya’da mermere olan talep her geçen zaman artmakta ve mermercilik sektörü, en cazip haline gelmektedir.

Dünya doğal taş ticaretine ilişkin yapılan projeksiyonlarda önemli artışlar göze çarpmaktadır. Projeksiyonlar, 2003 yılında yaklaşık 75 milyon ton olan dünya doğal taş üretiminin, 2010 yılında 116 milyon tona, 2025 yılında ise 320 milyon tona çıkacağını göstermektedir (Tablo 1.7) (Mermer Sektörü Araştırmaları 2004).

2003 yılında yaklaşık 736 milyon m³ olan dünya doğal taş tüketiminin, 2010 yılında 1.2 milyar m³, 2025 yılında ise 3.4 milyar m³’e çıkacağı tahmin edilmektedir. Rakamlar, üretilecek doğal taşların yarısının ihraç edileceğini göstermektedir (URL-3, 2008).

Tablo 1.7. Dünya doğaltaş üretim ve tüketim tahminleri

Yıllar	Üretim (x10 ⁶ ton)	Tüketim (m ³)
2003	75	736 milyon
2010	116	1,2 milyar
2025	320	3,4 milyar

İtalya ve İspanya gibi başı çeken ülkelerde rezervlerin azalması, Çin, Hindistan, Brezilya ve Güney Afrika gibi ülkelerde ise esas olarak granit üretilmesi nedeni ile, Türkiye'nin sahip olduğu mermer ve traverten rezervlerinin giderek daha fazla önem kazanacağı ve dünya ticaretinden alacağı payın artacağı düşünülmektedir (URL-3,2003).

Dünyanın en zengin mermer yatakları Alp-Himalaya kuşağında yer almaktadır. Dünya mermer rezervlerine ilişkin sağlıklı sayısal verilere ulaşmak oldukça güçtür. Yapılan çalışmalar dünya mermer kaynaklarının 15.5 milyar m³ (40.9 milyar ton) civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu kuşağın içinde kalan Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran ve Pakistan gibi ülkeler karbonatlı kayaç (mermer, kireçtaşı, traverten ve oniks) rezervleri açısından büyük potansiyele sahiptirler. İspanya, Norveç, Finlandiya, Ukrayna, Rusya, Pakistan, Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ise işletilebilir magmatik kayaç (sert taş) potansiyeli yüksek olan ülkelerdir.

İtalya ve İspanya gibi başı çeken ülkelerde rezervlerin azalması, Çin, Hindistan, Brezilya ve Güney Afrika gibi ülkelerde ise esas olarak granit üretilmesi nedeni ile, Türkiye'nin sahip olduğu mermer ve traverten rezervlerinin giderek daha fazla önem kazanacağı ve dünya ticaretinden alacağı payın artacağı düşünülmektedir (URL-3, 2003).

Mermerin dünyadaki dağılımına bakıldığında zaman Alp Orojenizi (dağ oluşumu) çok önemli bir yer tutmaktadır. Avrupa'dan başlayıp Türkiye ve İran'ın kuzey ve güneyinden geçerek Himalayalar'a ulaşan daha sonra Çin'in batısından güneye yönelerek Sumatra Adası'ndan Yeni Gine'ye uzanan bu büyük dağ oluşumu hareketinde, sıkışma alanında bulunan kalın kalker kütleleri veya daha eski olup ta henüz mermerleşmemiş kristalin kalkerler, başkalaşımını tamamlayarak mermere dönüşmüşlerdir. Bu nedenle Alpin Kuşağı dünyada en çok mermeri üretmiş bir jeolojik evrim kabul edilir (ÖNEM, 1997).

Granit, diyorit, siyenit vb. gibi mermer olarak kullanılabilir niteliklerdeki magmatik orijinli kayaçlar eski kristalin masiflerle ilgili olarak bulunur. Bazı kıtalarda örneğin; Kuzey Avrupa'da, İsveç, Finlandiya ve Güney Afrika'da olduğu gibi çok geniş

alanlarda granit oluşumlarının bulunduğu jeolojik olarak bilinmektedir. Siyenit adı ise Mısır'daki Siena' dan gelmekte olup, Piramitler Eski Mısırlılar tarafından siyenitlerden inşa edilmişlerdir.

Dünya doğal taş üretimindeki artış tahminleri projeksiyonu (2010-2025), Tablo 1.8'de yıllara göre değerleri gösterilmiştir. Bu şekilde sabit hızla devam edecek olursa 2025'te Türkiye'nin dünya üretimindeki payı 28 milyon tondan az olmayacaktır (Mermer Sektörü Araştırmaları 2004).

Tablo 1.8. Dünya doğal taş üretim projeksiyonu

Yıllar	Ham Blok (x10 ⁶ ton)	Artık (x10 ⁶ ton)	İşlenmiş Blok (x10 ⁶ ton)	Toplam (x10 ⁶ ton)
2010	116	47	69	232
2015	163	67	96	326
2020	228	93	135	456
2025	320	131	189	640

1.6. Türkiye'nin Mermer Potansiyeli

Ülkemizde mermerin tarihçesi oldukça eskiye dayanmaktadır. Efes kazılarında M.S. 2. yüzyılda doğal taş tarihinde blok kesiminde kullanılan ilk lamalı katrik bulunmuştur. Yine Selçuk (İzmir) yakınlarında antik ocaklarda tel kesmenin ilk prototipinin izine rastlanılmıştır. Bu bulgular bize Türkiye topraklarında yaklaşık 2000 yıldır doğal taş işletme teknolojisinin dolayısıyla mermerciliğin varlığını ispatlamaktadır (Çetin, 2003).

Türkiye'de çeşitli renk ve desenlerde olmak üzere mermer olarak değerlendirilebilecek niteliklerde kristalin kalker (mermer), kalker, traverten oluşumlu kalker (oniks mermeri), konglomera, breş ve magmatik kökenli kayalar (granit, siyenit, diyabaz, diyorit, serpantin vb.) bulunmaktadır. Bunlar genellikle dünya pazarlarında üstün kalite ve beğeni kazanabilecek mermer tiplerini oluşturmaktadır. Mermer açısından bu zenginlik Türkiye'nin jeolojik yapısında yer alan eski kristalin masiflerin varlığı ile izah edilebilir.

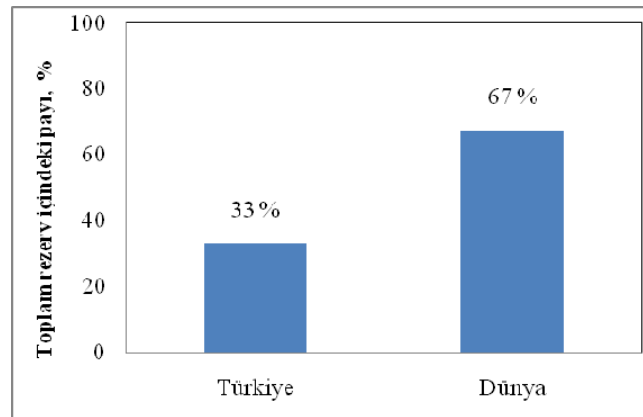
Dünyanın en zengin doğal taş oluşumlarının bulunduğu alp dağları kuşağındaki Akdeniz ülkelerinden biri olarak Türkiye’de mermer yatakları genellikle paleozoik yaşlı masiflerin bulunduğu bu alanlar özellikle Batı Anadolu’da Menderes Masifi, Menteşe Masifi, Kazdağı, Istranca, İç Anadolu’da Kırşehir, Doğu Anadolu’da Bitlis Masifleri, Elazığ ve çevresi oldukça zengin mermer yataklarına sahiptir.

Ülkemizdeki mermerlerin bir kısmı da Mezozoik dönemde oluşmuştur. Bunlar da mezozoik arazilerin yaygın olduğu alanlarda yer almaktadır. Bunun yanında traverten, granit, oniks, bazalt, serpantin, diyorit gibi kayalarda işlenerek yapı taşı olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'nin geniş alanları kaplayan mermer oluşumlarının rezervleri henüz kesin olarak ortaya çıkarılmamıştır. Çeşitli kaynaklar taranarak ve jeolojik etüd raporları incelenerek Tablo 1.9’da Türkiye mermer rezervleri gösterilmiştir. Buna göre Türkiye'nin mermer rezervleri; 5,2 milyar m³ (13,9 milyar ton) toplam mermer rezervine sahiptir. Şekil 1.1’de gösterildiği gibi dünya mermer rezervlerinin yaklaşık % 33’ünün ülkemizde bulunduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 1.9. Türkiye'nin mermer rezervleri (Onargan vd., 2004).

Rezerv Miktarı	Milyar (m ³)	Milyar (ton)
Görünür	589	1590
Muhtemel	1545	4171
Mümkün	3027	8172
Toplam potansiyel	5.161	13.934



Şekil 1.1. Dünya doğal taş kaynaklarında Türkiye'nin payı

Ülkemizde 80'den fazla değişik yapıda ve 120'nin üzerinde değişik renk, doku ve desenlerde mermer rezervi ile dünya mermer potansiyeline sahiptir. Bu mermerler genellikle dünya pazarlarında üstün kalitesiyle ilgi çeken mermer tipleridir. Ancak bu potansiyelin yaklaşık % 1'lik bir kısmını kullanmaktadır.

Bu mermer rezervine traverten, magmatik orijinli kayalar ve mermer olarak kullanılabilir niteliklerde diğer kayalar da dahildir. Bu rezervlerin büyük bir bölümü Afyon, Balıkesir, Muğla, Eskişehir, Denizli, Tokat, Çanakkale, Konya, İzmir, Kırşehir ve Elazığ illerinde bulunmaktadır. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri bölgelere göre dağılımı Tablo 1.10'da gösterilmiştir.

Tablo 1.10. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri (DPT 2001).

Bölge	İl	İşletilebilir Rezerv (x10 ⁶ m ³)
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	2
	Eskişehir	960
	Kırşehir	165
	Niğde	250
Toplam		3.872

Tablo 1.11'da Türkiye'nin mermer rezervindeki en önemli beş il sıralaması verilmiştir. Mermer üretim yapan bu beş ilimiz toplam üretim içinde yüzde 73 civarında pay almaktadır. Bu üretim bölgeleri içerisinde Ege bölgesinde yer alan 3 ilin rezerv ve potansiyel miktarları toplamı 131 milyon metreküp düzeyinde olup, toplamda yine bu beş il içinde yüzde 83'lük bir paya sahiptir.

Türkiye'nin uluslararası piyasalarda en tanınmış mermer çeşitleri arasında Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Ege Bordo, Milas Leylâk, Gemlik Diyarbaz ve Afyon Şekeri sayılabilir.

Tablo 1.11. Türkiye'nin mermer rezervinde en önemli beş ili (İTO, 2003).

İl	Rezerv+potansiyel, (x 10 ⁶ m ³)	Toplam içindeki payı, %
Balıkesir	1.850	36
Denizli	652	13
Afyon	629	12
Tokat	410	8
Çanakkale	252	5
Toplam	3.793	74

Ülkemizde mermercilik 1980'li yıllardan sonra gelişmeye başlamıştır. sektörü son yıllarda doğal taş önemli bir ivme kazanmıştır.80'li yılların başında 4 milyon dolar civarında olan doğal taş ihracatı, 90'lı yılların başında yaklaşık 40 milyon dolar, 2000 yılında 189 milyon dolar ve 2006 yılında 1 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Tablo1.12'da 1998-2006 yılları arası doğal taş sektörü ihracatı verilmiştir (URL-3, 2008).

Tablo 1.12. Türkiye'nin doğal taş sektöründe toplam ihracatı

Yıllar	İhracat (x10 ⁶ \$)	İhracat artış hızı, %
1998	128	-
1999	150	17
2000	188	25
2001	223	18
2002	302	35
2003	431	42
2004	626	45
2005	805	28
2006	1027	27

2007 yılının verilerine baktığımızda, 2007 yılında ülkemizin en fazla ihraç ettiği maden ürün grupları arasında doğaltaşlar 1,2 milyar dolar ile ilk sırada yer almaktadır. İşlenmiş traverten 767 bin ton ve 433 milyon dolarla en fazla ihraç edilen ürün olurken, İşlenmiş mermer 770 bin ton ve 415 milyon dolarla ikinci sırada yer almıştır. Söz konusu dönemde, ülkeler bazında doğal taş ihracatımıza bakıldığında ise ilk beş sırada ABD, Çin, İngiltere, İspanya ve Kanada oluşturmaktadır (Ar-Ge, 2008).

1.7. Doğu Karadeniz Bölgesi Doğaltaş Potansiyeli

Doğu Karadeniz Bölgesi, Ordu ilinden Artvin iline kadar uzanan geniş alanda başta granit olmak üzere değişik renk ve desenlerde önemli ölçüde doğaltaş rezervine sahiptir. Bölge başta granit olmak üzere Önemli ölçüde doğaltaş rezervine de sahiptir. Bilinen doğaltaş sahalarının toplam rezervi 435 milyon ton seviyesindedir. Bu doğaltaş rezervinin yaklaşık değeri 90 milyar dolar civarındadır (Korkmaz, 1996).

Tablo 1.13’de doğu Karadeniz bölgesinde illere göre doğal taş potansiyelini incelediğimizde, belirlenen alanlarda tespit edilen toplam rezerv 246 milyon m³tür. Rezervin % 88.32 gibi önemli bölümünü granit, % 7,8’ini kireçtaşı, % 3.86’sını traverten ve çok az % 0.02 kısmını da metamorfik yataklar oluşturmaktadır.

Tablo 1.13. İllere göre doğaltaş potansiyeli (Yılmaz, 2006).

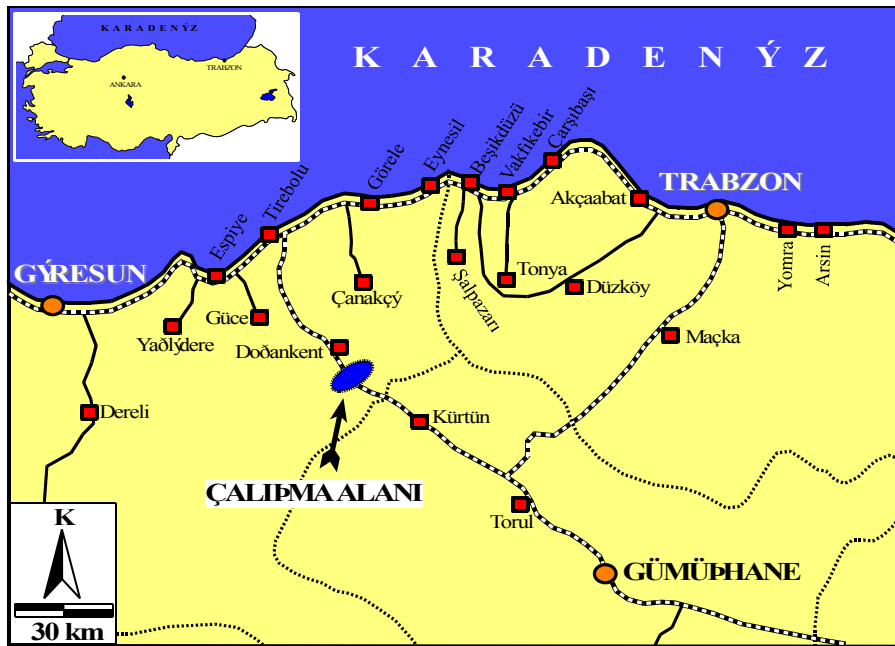
İl	Muhtemel Rezerv (x10 ³ m ³)	Genel Özellik
Rize	32.100	Çatlaklı ve kırıklı
Trabzon	14.760	Az çatlaklı-kırıklı
Bayburt	9.840	Az çatlaklı-kırıklı
Giresun	115.965	Blok verebilen, az çatlaklı
Ordu	64.025	Blok verebilen, çeşitli renk ve desenlerde
Gümüşhane	9.300	Genelde sert, gevşek ve bozunmalar da var

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

Harşit granitlerinin mermer olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi için yapılan laboratuvar ve arazi çalışmaları sonucunda, granitlerinin fiziko-mekanik özellikler, radyoaktivite içeriği, ve mineraloji – petrografi özellikleri belirlenmiştir.

2.1. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölümü'nün Giresun iline bağlı Doğan kent ilçesi merkezinin 4 km kuzeyinde 10 km güneyine kadar Harşit vadisi boyunca uzanmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Sahilden 30 km içerde bulunan Doğan kent ilçe merkezi dağlarla çevrilmiştir. Doğan kent'e ulaşım ya Karadeniz sahilinde Trabzon-Giresun karayolu üzerinde yer alan Tirebolu (Giresun)'dan 33 km uzunluğundaki asfalt yolla veya Trabzon Gümüşhane Karayoluna 25 km uzaktaki Kurtün (Gümüşhane'den) 26 km uzunluğundaki yolla sağlanmaktadır. Doğan kent'in komşu il ve ilçelere ulaşımı, Tirebolu- Torul Devlet Karayolu ile sağlanmaktadır. İl olarak; Doğan kent – Giresun arası 80 km olup, tamamı asfaltdır.

Doğankent- Gümüşhane arası 80 km olup tamamı asfalttır. Doğankent – Trabzon arası 115 km olup tamamı asfalttır.

2.2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi

Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Liyas-Dogger yaşlı Hamurkesen Formasyonu, Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı Yavuzkemal Formasyonu, Üst Kretase-Eosen yaşlı Harşit Granitoyidi ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yüzeylenme vermektedir

Hamurkesen ismi Doğu Karadeniz’de yapılan çalışmalarda ilk kez Açar (1977) tarafından kullanılmıştır. Hamurkesen Formasyonu andezit, bazalt ve bunların piroklastitlerinden oluşmakta olup çalışma alanında Harşit Granitoyidi tarafından kesilmiştir.

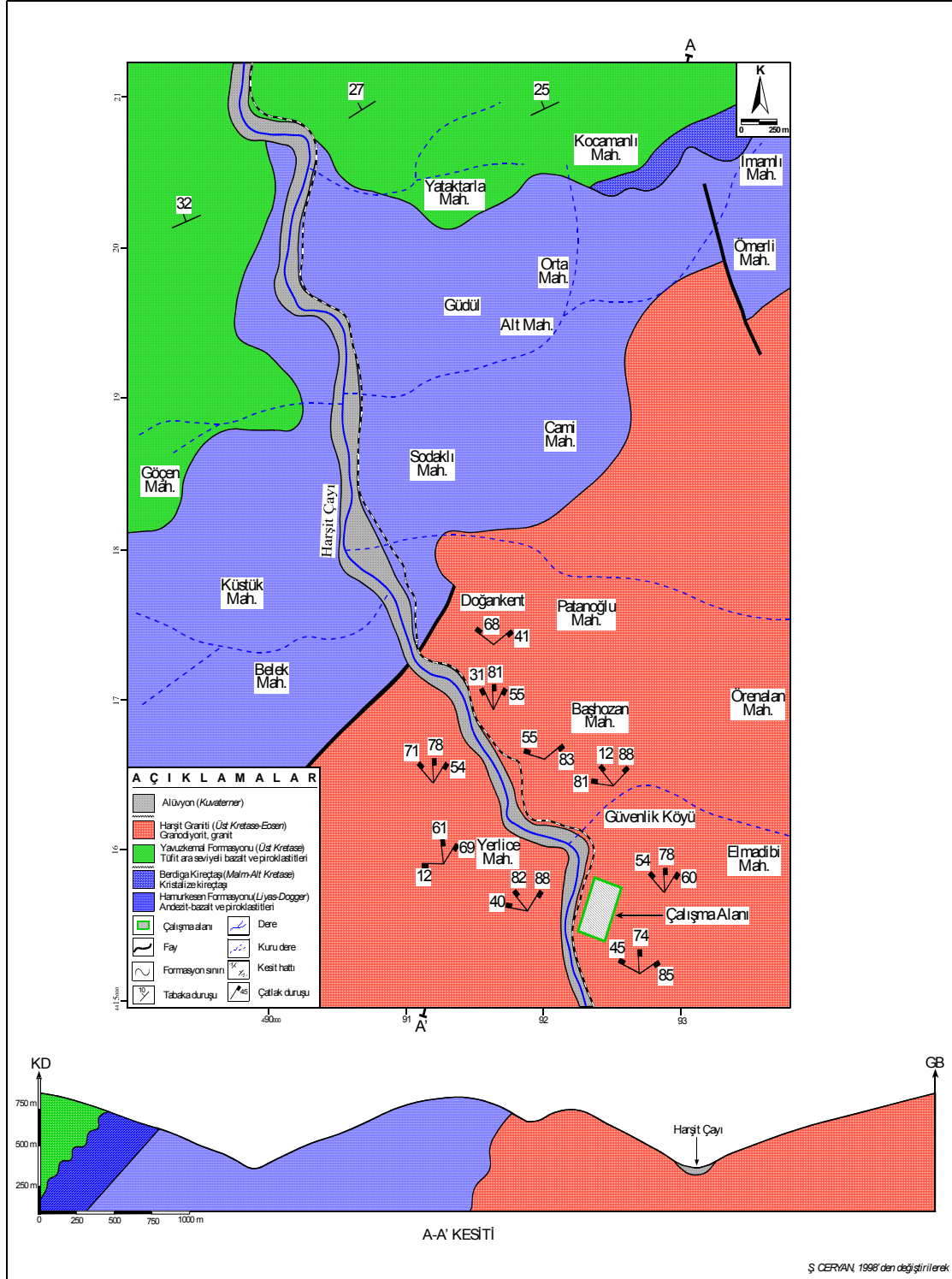
Berdiga Kireçtaşı ismi ilk kez Pelin (1977) tarafından Alucra-Giresun yöresindeki kireçtaşı yüzeylemelerine dayanarak adlandırılmıştır. Formasyon, genellikle kristalize kireçtaşından ve dolomitik kireçtaşından oluşmakta olup uyumlu olarak Hamurkesen Formasyonu üzerine oturmaktadır. Berdiga Kireçtaşları çalışma alanının kuzeydoğusunda çok az bir alanda Kocamanlı ve İmamlı mahallerinde yüzeyleme vermektedir.

Yavuzkemal Formasyonu ismi ilk kez Doğankent’in batısında yer alan Dedeli-Giresun yöresinde çalışan Boynukalın (1991) tarafından kullanılmıştır. Formasyon volkano-tortul nitelikli olan tüfit ara seviyeli bazalt ve piroklastitlerinden oluşmakta olup uyumsuz olarak Berdiga Kireçtaşları üzerine oturmaktadır.

Harşit Granitoyidi ismi diyoritten granite kadar bileşim değişikliği gösterdiği için ilk kez Köprübaşı (1992) tarafından kullanılmıştır. Genellikle granodiyoritten oluşmakta olup Hamurkesen Formasyonunu keserek yerleşmiştir. Çalışma alanının içinde yer alan mermer ocağındaki şevlerden yapılan hat etüdü ölçümleri ile ortama süreksizlik ara uzaklığı 95 cm olarak belirlenmiş ISRM (1981) tarafından yapılan tanımlamalara göre ocak alanında yüzeyleyen granodiyoritlerin “geniş ara uzaklıklı” sınıfına girdiği belirlenmiştir. Bu da ocak alanından maksimum 95 cm genişliğinde blokların üretilebileceğini göstermektedir.

Çalışma alanındaki en genç oluşukları ise Harşit vadisi boyunca kumlu, siltli, çakıllı ve bloklu malzemelerden oluşan alüvyonlar oluşturmaktadır. Şekil 2.2’de Harşit

(Doğankent) mermer ocağı ve çevresine ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası gösterilmiştir (Ceryan, 1999).



Şekil 2.2. Harşit (Doğankent) mermer ocağı çevresine ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası

2.3. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ile ilgili pek çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar daha çok maden arama ve bölgenin jeolojik yapısının belirlemeye yöneliktir. Bunların bazıları aşağıda verilmiştir.

Gedikoğlu (1978): “Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları” bu bölgede yüzeyleme veren kayaçları yaşlıdan gence doğru, Alt Bazik Volkanik Seri ve mermerler (Jura-Alt Kretase), dasitik tüf ve breşler, (Senoniyen), Volcano-tortul seri (Senoniyen), iri kuvarslı porfiri dasitler ve klastik ürünleri (Senoniyen) ve Üst Bazik Volkanik Seri (Üst Senoniyen-Tersiyer) olarak vermiştir. Harşit granit karmaşığına ait kayaçlar Alt Kretase ile Üst Kretase arasında, alt Bazik Seri’yi keserek sokulum yapmışlardır. Granitler Üst Kretase oluşuklarını kesmemiştir. Harşit granit karmaşığının oluşumu sırasında yükselme oluşmuş yöre horst niteliği kazanmış ve meydana gelen aşınma sonucu Senoniyen yaşlı oluşuklar daha eski oluşuklar üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. Harşit granit karmaşığının esas kütlesi homojen nitelikteki granodiyorit bileşimindedir.

Aslaner ve diğerleri (1982), “Harşit Vadisi Polimetalik Mineralizasyonlarının Ayrıntılı Araştırılması” isimli çalışmalarında bölgenin 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamış ve cevherleşmelerin volkanojenik domlardaki dasitik lav ve piroklastlar ile kontrol edildiğini, büyük domların ise NE ve NW makaslama zonlarının kesişme zonlarında yer aldıklarını belirterek yeni yatakların araştırıp bulunmasına ışık tutmuştur.

Türk – Japon Ekibi (1985): Doğan kent-Gümüşhane arasında kalan bölgede maden aramasına yönelik yaptıkları çalışmada, Doğan kent civarında yayılım gösteren granitik kayaçları da Kürtün Granodiyoriti olarak haritalamışlar ve bu granodiyoritin yaşının izotop analizleriyle 68 MS (Üst Kretase) olarak bulmuşlardır.

Köprübaşı (1992): “Aşağı Harşit Bölgesinin Magmatik Petrojenezi ve Masif Sülfidlerde Jeokimyasal Hedef Saptama Uygulamaları” çalışmasında, inceleme alanındaki tüm cevherleşmenin magmatik hidrotermal kökenli ve genelde volkanik eşlikli polimetalik masif sülfid birikimleri olduğunu ve hemen hepsinin aynı stragrafik seviyede, Üst Kretase yaşlı mineralize dasit ve pümis tüfler içerisinde yer aldıklarını vurgulamıştır.

Ceryan (1999): Harşit Granitoidi’nin Ayrışması, Sınıflandırılması ve ayrışmanın granitik kayaçların fiziko-mekanik özelliklerine etkisini belirlenmiştir. İnceleme alanında belirlenen litositratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru; Hamurkesen Formasyonu,

Berdiga Formasyonu, Yavuzkema Formasyonu, Harşit Granitoyidi vs. şeklinde sıralamıştır.

Harşit Granitoyidi'ni oluşturan minerallerdeki ayrışmanın mümkün gelişim şekli ve ayrışma ürünleri belirtilmiş ve granitik kayaların ana oksit miktarının ayrışmasıyla değişimi ortaya koymuştur. CaO, Na₂O, K₂O ve MgO'in önemli miktarlarda kimyasal yıkanmaya uğradığı, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃ ve toplam FeO'nun büyük kısmının ayrışma ürünlerinde yer aldığı belirtilmiştir.

2.4. Deneysel Çalışmalar

Harşit Granitlerinin malzeme özelliklerinin belirlenmesi için Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Kaya ve Zemin Mekaniği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fizik ve Jeoloji Bölüm Laboratuvarlarında, TS standartlarına uygun olarak gerçekleştirmiş ve bulunan sonuçlar TS standartlarına göre yorumlanmıştır.

2.5. Amaç ve Yöntem

Günümüzde doğal taşların, mermer olarak kullanılabilmesine karar verilmesi için bazı deneyler, analizler ve fiziko-mekanik parametrelerin uygulanması gerekir. Bu parametreleri göz önünde bulundurarak, Harşit Graniti'nin mermer olarak kullanılabilmesi için fiziksel, mekanik, mineralojik-petrografik ve radyoaktivite özellikleri, başlığı altında incelenmektedir.

2.6. Fiziksel Özellikler

Deneysel çalışmalardan fiziksel özellikler aşağıda verilmiştir;

- Özgül ağırlık
- Birim hacim ağırlık
- Su emme oranı
- Porozite, gözeneklilik ve doluluk oranı

2.6.1. Özgül Ağırlık

Deney numunesi malzemenin tümünü temsil edecek şekilde, alınan parçalar çeneli kırıcıyla kırıldıktan sonra 4,75 mm elekten geçen malzemeyi 105 ± 5 °C'de 24 saat etüvde kurutulur. Kurutulup soğutulmuş olan malzemedan hassas (0.1 g duyarlılıkta) teraziyle $250 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$ kadar alınarak kuru bir huni yardımı ile ağırlığı belirlenmiş balon jojenin içine konulur ve tekrar tartılır. Huninin içinde malzeme parçaları kalmayacak şekilde pipet yardımı ile su püskürterek balon jojenin içine gitmesini sağlar. Balon jojenin 1/3 – 1/2 sine kadar su doldurulur ve balon jojenin altında kuru malzeme kalmayacak şekilde çalkalanarak içindeki havanın çıkması sağlanır. Su karışımını içeren malzemeyi yaklaşık 10-15 dakika ocakta kaynatılır. Buradaki amaç malzemenin su karışımından bulunan hava kabarcıklarını çıkartmaktır. Hava alma işlemi sonunda balon joje oda sıcaklığına gelene kadar bekletilir. Balon joje içindeki karışıma, kalibrasyon çizgisine kadar saf su eklenir. Şekil 2.3'de kalibrasyon çizgisine kadar su ile doldurmuş üç balon joje içindeki su ve malzeme görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Balon joje içindeki su malzeme görünümü

Farklı sıcaklık değerlerine karşılık gelen α sıcaklık katsayısı bulmak için kalibrasyon çizgisine kadar su ile doldurmuş balon jojenin içindeki karışımın ağırlığını tespit edildikten sonra bir termometreyle karışımının sıcaklığını 0.1°C hassasiyetle bulunur. Bulunan sıcaklığa göre α sıcaklık katsayısı belirlenip bu sıcaklığa karşılık gelen

balon joje + su ağırlığını bulmaktır. Tablo 2.1’de farklı sıcaklık değerlerine denk gelen sıcaklık katsayısı ve suyun birim hacim ağırlığını verilmiştir (Akdağ, 2008).

Balon joje + saf su ağırlığını bulmak için, kuru ve temiz balon jopenin ağırlığı 0.1 g hassasiyetle ölçüldükten sonra, kalibrasyon çizgisine kadar su ile doldurulup kaynatılır, daha sonra belli aralıklarla termometreyle suyun sıcaklığı ölçülüp buna karşılık gelen balon joje + su ağırlığı 0,01 g hassasiyetle tartılıp kaydedilir. Deney sıcaklığında suyun ve balon jopenin ağırlığı aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılmıştır. Özgül ağırlık deney sonuçları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Suyun birim hacim ağırlığının ve sıcaklık katsayısı (α) değişimi

Sıcaklık, T, °C.	Sıcaklık Katsayısı (α)	Suyun Birim Hacim Ağırlığı, g/ml.
16	1.0007	0.9990
18	1.0004	0.9986
19	1.0002	0.9984
20	1.0000	0.9982
22	0.9996	0.9978
24	0.9991	0.9973
26	0.9986	0.9968
28	0.9980	0.9962
30	0.9974	0.9957

$$W_{\rho wt} = W_p + (V_p \cdot \gamma_{ws}) \quad (1)$$

Burada;

$W_{\rho wt}$: Deney sıcaklığında suyun ve balon jopenin ağırlığı (T_t), g.

W_p : Kuru balon jopenin ortalama ağırlığı, g.

V_p : Kalibre edilmiş balon jopenin ortalama hacmi, ml.

γ_{ws} : Deney sıcaklığında suyun birim hacim ağırlığı (T_t), g/ml.

T_t : Deney sıcaklığı, °C.

Numunenin deney sıcaklığındaki özgül ağırlığı (G_t) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$G_t = W_s / (W_{\rho wt} - (W_{\rho wst} - W_s)) \quad (2)$$

Burada:

W_s : Numunenin kuru ağırlığı, g.

W_{pwt} : Balon joje + su + numunenin deney sıcaklığındaki ağırlığı, (T_t), g.

W_{pwt} : Deney sıcaklığında suyun ve balon jojenin ağırlığı (T_t), g.

Tablo 2.2. Özgül ağırlık deney sonuçları

Özgül ağırlık deney adımları		Deney No			TS 2513 Sınır değeri
		1	2	3	
1	Balon joje hacmi, ml.	1000	1000	1000	
2	Hava çıkartma yöntemi	Kaynatma	Kaynatma	Kaynatma	
3	Kuru numune ağırlığı, g.	250,10	249,70	249,80	
4	Balon joje+su+zemin ağırlığı, g.	1367,8	1390,70	1404,70	
5	Sıcaklık, °C.	23	23	23	
6	Balon joje + su ağırlığı, g.	1208,27	1230,96	1245,56	
7	Özgül ağırlık, gr/cm ³ .	2,761	2,776	2,755	
8	Düzeltilme katsayısı α	0,99933	0,99933	0,99933	
Düzeltilmiş özgül ağırlık, gr/cm ³ .		2,760	2,774	2,754	
\bar{X} , g/cm ³ .		2,762			≥ 2,55

\bar{x} : Aritmetik ortalama

TS 699 baz alınarak, yapılan deney sonuçlarından Harşit granitlerinin özgül ağırlığı 2.76 g/cm³ olarak bulunmuştur. Doğal yapıtaşlarında bulunacak özgül ağırlık, 2,55 g/cm³ den küçük olmamalıdır (TS 2513). Bu durum göz önüne alındığında Harşit granitlerinin TS 2513 belirtilen sınırların üstünde görülüyor, doğal yapı taşı olarak kullanılabilir.

2.6.2. Birim Hacim Ağırlık

Kaya numunelerinin kuru birim hacim ağırlığı ve doymuş birim hacim ağırlığı olmak üzere iki farklı birim hacim ağırlık belirlenmiştir.

I) Doymuş birim hacim ağırlık: 70 x 70 x 70 mm boyutlarında hazırlanan 20 adet küp şeklindeki numuneler bir fırça yardımıyla yıkanıp tozları alındıktan sonra, içerisinde 20°C ± 5°C sıcaklıkta su bulunan bir kap içerisine su ile örtülecek şekilde, en az 24 saat

süre ile su içerisinde bırakılır. Bu şekilde, Arşimet terazisi ile su içinde yapılacak tartım sırasında su emerek sonuçları etkilemeyecek derecede doymun hale getirilmiş bulunan deney numuneleri sudan çıkarılarak Arşimet terazisinde su içinde 0,01 g hassasiyetle tartılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Arşimet terazisiyle numune tartımı

Bundan sonra deney numunesi üzerindeki su damlaları, ıslatılıp sıkılmış bir bez veya süngerle alınır ve bekletilmeksizin havada 0,1 g hassasiyetle tartılır. Bulunan bu değerler bağıntı 3’de yerine yazılarak hesaplanır.

$$D_h = G_d / (G_d - G_{ds}), \text{ g/cm}^3. \quad (3)$$

Burada;

D_h : Doygun birim hacim ağırlığı, g/cm^3 .

G_d : Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi, g.

G_{ds} : Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi, g.

II) Kuru birim hacim ağırlık: 70 x 70 x 70 mm boyutlarında düzgün küp şeklinde hazırlanan numuneler deney numuneler doymun haldeki kütle tartımından sonra, değişmez kütleye gelinceye kadar $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de en az 24 saat etüvde kurutulur ve 0,01 g hassasiyetle

tartılarak kurutulmuş numunenin kütlesi bulunur. Bağıntı 4’de gösterilen formülleri yerine yazılarak birim hacim ağırlığı bulunur. Tablo 2.3’de doymun birim ve kuru birim hacim ağırlık deney sonuçları verilmiştir.

$$D_h = G_k / (G_{dh} - G_{ds}), \text{ g/cm}^3. \quad (4)$$

Burada;

D_h : Kuru birim hacim ağırlığı, g/cm^3 .

G_k : Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi, g.

G_{dh} : Doymun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi g.

G_{ds} : Doymun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi, g.

Tablo 2.3. Numunelerin birim hacim ağırlık deney sonuçları

Birim hacim ağırlık deney adımları	n	İstatistiksel Veriler					TS 1910 Sınır değer
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	
1 Doymun ağırlığı, g.	20	908,27	1046,25	42,44	4,38	969,66	
2 Kuru ağırlığı, g.		904,48	1041,72	42,20	4,37	965,64	
3 Su içindeki ağırlığı, g.		574,48	661,74	26,78	4,37	613,11	
4 Hacim, cm^3 .		333,60	384,51	15,67	4,39	356,55	
Kuru birim hacim ağırlığı, g/cm^3 .		2,70	2,72	0,0038	0,141	2,708	Kaplama $\geq 2,55$
Doymun birim hacim ağırlığı, g/cm^3 .		2,71	2,73	0,0039	0,143	2,720	

n: Numune sayısı, x_{min} :Min değer, x_{max} :Max değer, s:Std sapma, V:Değişken katsayısı, %, \bar{x} :Arit. ort.,

Tablo 2.3’de görüldüğü gibi deney neticesinde Harşit granitlerin kuru birim hacim ağırlığı $2,708 \text{ gr/cm}^3$, doymun birim hacim ağırlığı $2,72 \text{ gr/cm}^3$ bulunmuştur. TS 1910’a göre kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşın en az 2.55 gr/cm^3 birim hacim ağırlığında olmalıdır. Tablo 2.3 incelendiğinde Harşit granitlerinin birim hacim ağırlığının TS 1910 standart değerine uyduğu gözlenmektedir.

2.6.3. Su Emme Oranı

Doğal taşlarda su emmenin az veya çok oluşu diğer fiziksel özellikleri etkilemektedir. Kayaçlarda su emme miktarının hesabı, kütlece ve hacimce yapılmaktadır.

Kütlece su emme oranı, etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş numunenin, absorbe edebildiği su kütlesinin numunenin tüm kütlesine oranı, hacimce su emme oranı, numunenin bünyesine absorbe edebildiği su hacmini numunenin boşlukları dahil tüm hacmine oranı olarak tanımlanır (TSE 8615).

Su emme deneyi için taş kesme makinesinde ıslak kesilmek suretiyle küp şeklinde kesilen 70 x 70 x 70 mm boyutlarında 20 adet granit örneğin su emme oranı, TS 699' a uygun olarak hazırlanmıştır. Numunelerin yüzeyleri sert bir fırça ile fırçalanıp yıkanarak temizlenen numuneler oda sıcaklığında içerisinde su bulunan bir kaba numunelerin yüksekliklerinin 1/4 kadarı suya daldırılmıştır. Bu durumda 1 saat bekletilen numunelerin sırasıyla 1/2, 3/4'ü suya batacak şekilde üzerine su ilave edilerek 1'er saat bekletilmiştir. Daha sonra numunenin tamamını batacak şekilde su ilave edilir. Bu durumda 45 saat süre ile bekletilir. Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat sonunda sudan çıkarılan numuneler, Arşimet terazisinde 0,01 g hassasiyetle tartılarak su içindeki kütlesi bulunmuştur. Su içerisinde çıkarılıp ıslak bir bez ile yüzeyi silindikten sonra doygun ağırlığı 0,01 g hassasiyetli tartılır. Deney örnekleri bu ölçme işlemleri sonunda değişmez kütleye gelene kadar etüvde kurutulup, desikatörde laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0,01 g hassasiyet ile tartılıp kütlesi bulunmuştur. Tartılan numuneler aşağıdaki formüllerdeki değerlerin yerine konulmasıyla numuneye ait kütlece su emme oranı ve hacimce su emme oranı hesaplanmaktadır. Granitlerin ağırlıkça ve hacimce su emme oranı tayini için, yapılan deneylerde, atmosfer basıncı altında su emme tayini ağırlıkça, hacimce yüzde oranları istatistik sonuçları, TS 1910 ve TS 2513'de gösterilen sınır değerler Tablo 2.4'de verilmiştir.

$$S_k = [(G_d - G_k / G_k)] \times 100 \quad (5)$$

$$S_h = [(G_d - G_k / G_d - G_{ds})] \times 100 \quad (6)$$

Formülde;

S_k : Örneğin kütlece su emme oranı, %.

S_h : Örneğin hacimce su emme oranı, %.

G_d : Örneğin doygun haldeki kütlesi, g.

G_k : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş örneğin kütlesi, g.

G_{ds} : Doygun haldeki örneğin su içindeki kütlesi, g.

Tablo 2.4. Su emme oranı deney sonuçları

Su emme oranı deney adımları		n	İstatistiksel Veriler					TS sınır değer	
			x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 1910	TS 2513
1	Doygun ağırlığı, g.	20	908,27	1046,25	42,44	4,38	969,66		
2	Kuru ağırlığı, g.		904,48	1041,72	42,20	4,37	965,645		
3	Su içindeki ağırlığı, g.		574,48	661,74	26,78	4,36	613,11		
4	Boşluk hacmi		3,63	4,53	0,30	7,43	4,01		
Ağırlıkça su emme oranı, %			0,38	0,45	0,02	4,86	0,41	< 0,75	≤ 1,8
Hacimce su emme oranı %		1,03	1,20	0,05	4,69	1,12			

n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.

Tablo 2.4 incelendiğinde ağırlıkça ve hacimce su emme oranı tayini aritmetik ortalaması, sırasıyla % 0,41 ve % 1,12 olduğu gözlenmiştir.

Doğal taşlarında binaların dış kaplaması için su emme oranı ne kadar az olursa o kadar idealdir. TS 1910'a göre doğal taşların atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme oranı % 0,75'den az olmalıdır. TS 2513'e göre doğal yapı taşlarında ağırlıkça su emme oranı % 1,8 den büyük olmamalıdır. Granitlerin su emme oranı TS 2513 ve TS 1910'da gösterilen sınırlar içerisinde yer almaktadır.

2.6.4. Porozite

Mermerler için porozitenin artması ekonomik olma özelliğini azaltır. Çünkü atmosfer etkilerine dayanım özelliği porozitenin artması ile azalır. Bu ise istenmeyen bir durumdur (Köse ve Onargan, 1997).

Gözenekliliğin fazla olması durumunda gece- gündüz ısı farklarında mermer çatlayabilir ve pislik barındırabilir (Önenç, 1997).

I) Görünen Porozite: Görünen Porozite, değişmez kütleyle kadar kurutulmuş kayaç numunesinin absorbe edebildiği su miktarına karşılık gelen hacminin boşlukları dahil hacmine (tüm hacim) oranı olarak tanımlanır (TSE 8615).

Numunenin hacimce su emme oranı, aynı zamanda numunenin görünen porozitesi olup, aşağıdaki formüle hesaplanır (TS 699).

$$P_g = \left(\frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \right) \quad (7)$$

P_g : Görünen porozite, %.

G_d : Doygun haldeki kütle, g.

G_k : Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın kütlesi, g.

G_{ds} : Doygun haldeki mermerin su içindeki kütlesi, g.

a) Gerçek Porozite (Gözeneklilik): Porozite, değişmez kütleyle kadar kurutulmuş numunenin, boşluk hacminin boşlukları dâhil hacmine (tüm hacim) oranıdır. Diğer bir deyişle porozite taşı oluşturan tanelerin arasındaki ve içindeki boşlukların toplam hacmidir. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$P = \left(1 - \frac{d_h}{d_o} \right) \times 100 \quad (8)$$

P : Numunenin porozitesi, %.

d_h : Numunenin hacim kütlesi, g/cm³.

d_o : Numunenin özgül kütlesi, g/cm³.

Porozite (gözeneklilik) değerinin düşük olması istenmektedir. Gözenekliliğin yüksek olması su emme yoluyla renk bozulmalarına ve donma ile çatlamalara neden olabilmektedir. Porozitenin artmasıyla doğal taşların atmosfer etkilerine olan direnci zamanla azalmaktadır. TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal taşlarda gözeneklilik % 2'yi aşmamalıdır. Yapılan deneysel çalışmalarda Harşit Granitlerinin görünür porozitesinin %1.123 olduğu ve gerçek porozitesinin % 1,942 olarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin belirtilen TS standartlarına uygun olduğu görülür. Tablo 2.5'de gerçek

ve görünen porozite deneylerinin istatistik sonuçları ve TS 1910'a göre kaplama taşı olarak kullanacak numunelerde belirtilen sınır değerler verilmiştir.

Tablo 2.5. Porozite deney sonuçları

Porozite deney adımları		n	İstatistiksel Veriler					TS Sınır değer
			x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{x}	TS 1910
1	Doygun ağırlığı, g.	20	908,27	1046,25	42,44	4,376	969,66	
2	Kuru ağırlığı, g.		904,48	1041,72	42,20	4,371	965,645	
3	Su içinde ağırlığı		574,48	661,74	26,78	4,367	613,11	
4	Özgül Ağırlık, g/cm ³ .		2,755	2,776	0,010		2,762	
5	Hacim Kütlesi, g/cm ³ .		2,70	2,72	0,0038	0,141	2,708	
Görünür Porozite, %.			1,03	1,20	0,056	4,862	1,123	Kaplama ≤ 2
Porozite (Gözeneklilik), %.		1,53	2,21	0,1321	6,806	1,942		

n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

Tablo 2.6'de kayaların poroziteye göre sınıflandırılması incelendiğinde, granit örneklerinin fiziksel özelliklerinden poroziteye (gözeneklilik) göre sınıflandırılmasında Harşit granitlerinin % 1,942 ile "az boşluklu" kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir.

Tablo 2.6. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989).

Kaya sınıfı	Porozite %
Çok Kompakt	<1
Az Boşluklu	1-2,5
Orta Boşluklu	2,5-5
Oldukça Boşluklu	5-10
Çok Boşluklu	10-15
Çok Fazla Boşluklu	>20

2.7. Mekanik Özellikler

Deneysel çalışmalardan, mekanik dayanımlı deneyler aşağıda verilmiştir;

- Tek eksenli basınç dayanımı
- Nokta yük dayanımı
- Yarmada çekme (Brazilian) dayanımı
- Eğilme dayanımı
- Darbe dayanımı
- Aşınma (Böhme) dayanımı
- Disk aşındırma
- Los Angeles aşınma dayanımı
- Tabii don tesirine dayanımı
- Don sonu basınç dayanımı
- Ultrasonik hız
- Sertlik derecesi (Schmidt Çekici)

2.7.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı, belirli boyutlardaki kayaçların farklı doğrultularda etkiyen gerilmeler karşısında davranışlarına karşı gösterdiği dirençtir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde mermerlerin tek yönlü gerilme ortamında, düşey eksen doğrultusunda etkileyen yükler karşısında davranışları ve dayanımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı, üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kaya numunelerinin, kırılmadan önce dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Deneydeki amaç kırılmadan önceki silindir veya prizma şeklinde hazırlanan numunelerin, tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırının bulunmasıdır (Karpuz, 1986).

Deney için, Arazi çalışmaları sırasında ocakta temin edilen muhtelif büyüklükte blok numunelerinde alınan gerekli standartlara uygun karot ve küp numuneler hazırlanmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı için 70 x 70 x 70 mm boyutlarında küp ve boyu çapının iki katı olacak şekilde hazırlanan karot numuneler, 110 ± 5 °C’de sıcaklık etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur. Deney numunelerinin boyutları kumpasla 0,01 mm duyarlılıkla ölçülerek basınç uygulanacak yüzeyin boyutları ölçülür.

Tek eksenli basınç dayanımı için hazırlanan numuneler Şekil 2.5’de gösterilen 300 ton basınç uygulayabilen bilgisayar programlı tek eksenli basınç aletiyle yapılmıştır.



Şekil 2.5. Tek eksenli basma dayanımı deney düzeneği

Numuneleri basınç yükleme plakası arasında işaretli yüzeyleri yani boyutları ölçülmüş, üstü temizlenmiş numuneler basınç etkisinde kalacak şekilde ortalanarak yerleştirir. Yerleştirme işlemi yapılırken numunenin basınç yükleme plakası arasında her tarafına eşit ve düz şekilde basınç yüklenmesi olacak şekilde numune yükleme tablalarına yerleştirilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Tek eksenli basınç deneyinin yapılışı

Numuneleri basınç yükleme plakası yerleştirmeden önce numunenin yükleme plakalarına değecek kısımları iyice silinerek temizlenir ve varsa yabancı maddeler uzaklaştırılır. Numuneler yükleme plakaları arasına yerleştirildikten sonra bilgisayarda yükleme hız programı başlatılmadan önce, numunenin hangi boyutlarda olduğunu ve kırılma şekli programdan gösterildikten sonra yükleme başlatılır.

Basınç gerilmesi altında numuneler kırılıncaya kadar bir yükleme yapılarak her bir numunenin yenilme şekli ve yenilme yük değerleri belirlenir. Tek eksenli basınç dayanımı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır. Tek eksenli basın dayanımına ait istatistik sonuçlar Tablo 2.7’de verilmiştir.

$$\sigma_c = P/A = P/\pi r^2 \quad (9)$$

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı, MPa.

P : Kırılma anındaki yük değeri, N.

A : Numune yüzey alanı, cm^2 .

$A : \pi r^2$

r : Numune yarıçapı, cm.

Tablo 2.7. Tek eksenli basınç dayanımı deney sonucu

Örnek şekli	n	İstatistiksel Veriler					TS Sınır değer	
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 2513	TS 10449
Küp	5	193	238	17	7,7	217	$\geq 117,68$	Döşemede >50 Kaplama >30
Silindir		205	236	13	5,6	221		

n: Numune sayısı, x_{min} :Min değer, x_{max} :Max değer, s:Std sapma, V:Değişken katsayısı, %, \bar{x} :Arit. ort.,

TS 699’a göre yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen sonuçlara göre, TS 10449’ a göre mermerlerin basınç dayanımı, döşeme kaplaması, merdiven basamağı, yer döşemesinde kullanılacak mermerlerde 50 MPa, duvar kaplamada kullanılacak mermerlerde 30 MPa’dan büyük olmalıdır. TS 2513’a göre doğal taşlardan granit, siyenit, diorit, melafir, diabaz ve andezit gibi taş cinslerinden basınç dayanımı en az

117,68 MPa olmalıdır. Tablo 2.7 tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları incelendiğinde, küp ve silindir numunelerin kırılmaları sonucunda sırasıyla 217 ve 221 MPa olduğu ve bu sonuçların TS 2513 ve TS 10449’da gösterilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülüyor.

Deere ve Miller (1966), tarafından gerçekleştirilen ve Tablo 2,8’de gösterilen tek eksenli basınç dayanımına göre yapılan sınıflandırmada Harşit Granitlerinin küp ve silindir numunelerin kırılmaları sonucunda sırasıyla 217 ve 221 MPa ile “çok yüksek dayanımlı” kaya sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Tablo 2.8. Kayaçların basınç dayanım değerlerine göre sınıflandırılması

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı, MPa.
Çok düşük dayanımlı	> 25
Düşük dayanımlı	25-50
Orta dayanımlı	50-100
Yüksek dayanımlı	100-200
Çok yüksek dayanımlı	< 200

2.7.2. Nokta Yük Dayanımı

Nokta yük deneyi, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yük dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Nokta yük dayanım indeksi tek eksenli basma ve çekme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılır. Deney sonucu esas alınarak kayacın “Nokta yük dayanım indeksi” ve ayrıca “Dayanım anizotropi indeksi” de belirlenir (Topal, 2000).

Nokta yük dayanımı deneyi için 15 adet küp blok kullanılmış, hazırlanan numuneler nokta yük deney düzeneğindeki konik uçlar arasına yerleştirilmesi (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Nokta yük deney düzeneği

Nokta yük deney aletine yerleştirilen numuneler üzerine, devamlı bir yük etkisi verilerek, numunenin 10-60 saniye içerisinde yenilecek şekilde yük uygulanmıştır. Yenilme anındaki yükün değeri (P) yük göstergesinden okunarak kayacın nokta yük dayanım indeksi yöntemi kullanılarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$I_s = P / (D_e)^2 \quad (10)$$

I_s : Nokta yük dayanımı, MPa.

P : Yenilme-kırılma yükü, kN.

D_e : Numune çapı, cm².

Nokta yük dayanımı deney bulgularına hareket, tek eksenli basınç dayanımı değeri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$\sigma_c \approx 24 \times I_s \quad (11)$$

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı, MPa.

Granit örneklerinden alınan küp bloklar üzerinde yapılan nokta yükleme dayanımı deneylerinde ISRM (1985) Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlarında ön görülen yöntem kullanılmış ve elde edilen istatistik sonuçlar Tablo 2.9'de verilmiştir. Tablo 2.9 incelendiğinde nokta yük dayanımı 10 MPa ve nokta yük dayanımı aletiyle bulunan yaklaşık tek eksenli basınç dayanımı 231 MPa olarak bulunmuştur.

Tablo 2.9. Nokta yükleme deneyi sonucu

Açıklama	n	İstatistiksel Veriler				
		\bar{X}	x_{min}	x_{max}	s	V
Yenilme yükü, kgf.	13	5085	4315	5921	470	9,2
Nokta yük dayanımı, MPa.		10	8,06	11,32	0,84	8,7
Tek eksenli basınç dayanımı, MPa.		231	193	272	20	8,7
Kaya sınıfı		Çok yüksek dayanımlı				

n: Numune sayısı, \bar{x} : Arit. ort., x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %,

Deney bulguları sonucuna göre, Bieniawski (1975) tarafından nokta yük dayanımına göre yapılan sınıflandırmada Harşit Granitlerinin “çok yüksek dayanımlı” kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir (Tablo 2.10).

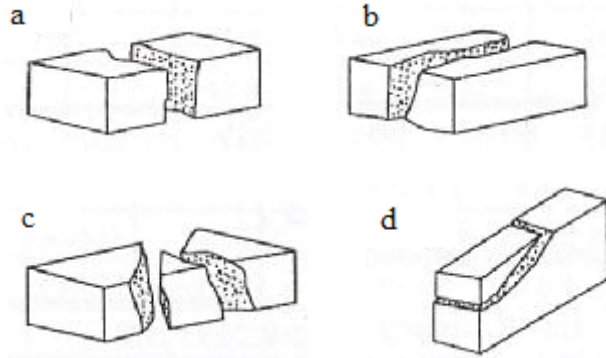
Tablo 2.10. Kayaçların nokta yük dayanımlarına göre sınıflandırılması

Kaya Sınıfı	Nokta Yük Dayanımı, MPa.
Çok düşük dayanımlı	<1
Düşük dayanımlı	1-2
Orta dayanımlı	2-4
Yüksek dayanımlı	4-8
Çok yüksek dayanımlı	>8

Nokta yükleme dayanımı sonucu örneklerin kırılma şekilleri Şekil 2.8’da gösterilmektedir. Kırılan şekillerin ISRM, 1985’e göre Şekil 2.9’da gösterilen kırılma şekillerine göre kırılan Harşit granitleri geçerli kırılma şekilleri içinde yer almaktadır.



Şekil 2.8. Nokta yük dayanımı sonucu örneklerin kırılma şekilleri



Şekil 2.9. Geçerli ve geçersiz yenilme şekilleri, a, b, c geçerli kırılma, d geçersiz kırılma

2.7.3. Yarmada Çekme (Brazilian) Dayanımı

Çekme dayanımı, kayaçların çekme gerilmesine karşı gösterdikleri dirençtir. Yarmada çekme dayanımı için, taş kesme testeresiyle silindir şeklinde boyutları boy/çap 0,5 olan 11 adet numune hazırlanır. Yarmada çekme deneyi, nokta yük deney aletiyle yapılır. Numuneler yerleştirilmeden önce bu aletin konik başlıkları çıkartıp yerine silindirik başlıklar monte edilir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Yarmada çekme deneyinin yapılışı

Silindir plakalar arasına yerleştirilen örnekler 10-30 saniye arasında yenilmeleri gerçekleşecek şekilde sabit bir yükleme yapılır. Örneğin yenildiği andaki yük değeri kaydedilir. Bağıntı 12’de gösterilen formül yardımıyla yarmada çekme dayanımı hesaplanır.

$$\sigma_t = 2F_t / \pi DL \quad (12)$$

Burada;

σ_t : Yarmada çekme dayanımı, MPa.

F_t : Yarılma yük değeri, kgf.

D : Numunenin çapı, cm.

L : Numunenin boyu, cm.

Yarmada çekme dayanımı deneyinde örneklerin tabakalaşma yönüne dikkat edilmeden yapılan deneyin sonucunda örneklerin kırılma şekilleri (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Yarmada çekme dayanımı deneyinin örneklerin kırılma şekilleri

Deney sonucunda yapılan hesaplamalarda yarmada çekme dayanımında numunelerin istatistik sonuçları Tablo 2.11’de verilmiştir.

Tablo 2.11. Yarmada çekme dayanımı deneyi sonucu

Açıklama	n	İstatistiksel Veriler				
		\bar{x}	x_{min}	x_{max}	s	V
Yenilme yükü, kgf.	13	3439,27	2970,4	3813,3	277,27	7,42
Yarmada çekme dayanımı, MPa.		14,01	12,4	15,3	1,04	7,42

n: Numune sayısı, \bar{x} : Arit. ort., x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %

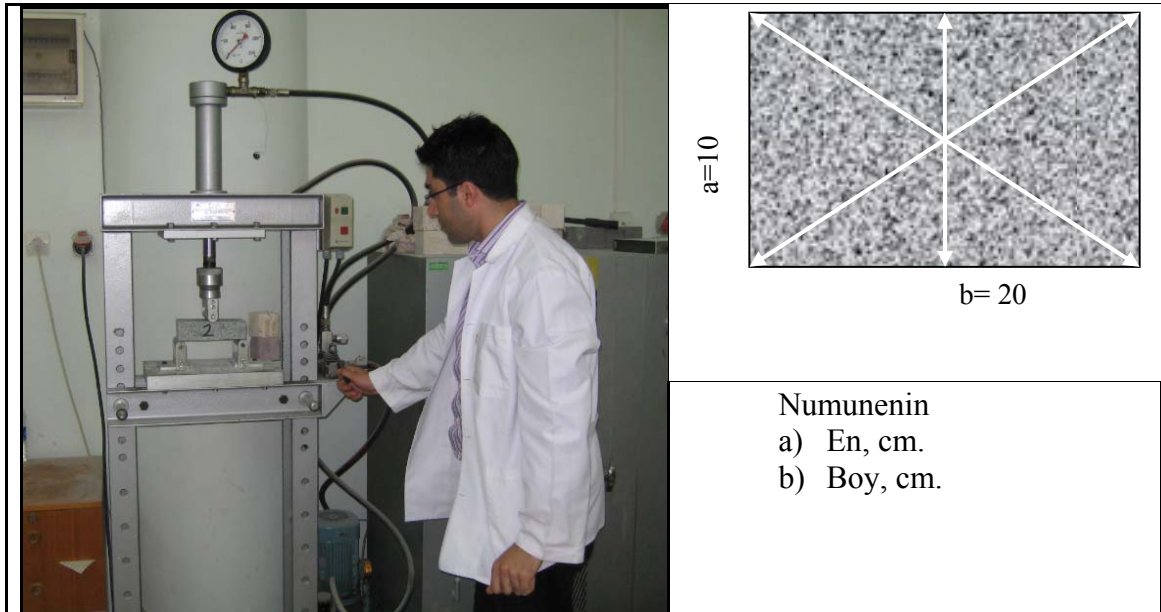
2.7.4. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki plaka mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerlerin kullanım yerlerine göre belirli boyut ve kalınlıkta olması istenildiği için eğilme dayanımı, kayaçların kırılmaya karşı gösterdiği dayanım, son derece önemli bir parametre olduğu ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.12’de eğilme dayanımı deneyinde kullanılacak örnekler gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Eğilme dayanımı deney örnekleri

Eğilme dayanımı deneyi için kesilen parçaların, taş kesme testeresi ile ıslak kesilmek suretiyle 50 x 100 x 200 mm boyutlarına sahip 10 adet numune hazırlanmıştır. Deney numunelerin uzun kenarlarının orta noktasından kenarlara dik bir çizgi çizilerek orta noktası bulunmuştur. Plakanın alt dayanakları arasındaki mesafe 180 mm olduğu için her yanda bu çizgiye paralel 9 cm uzakta çizgiler çizilmiştir. Hazırlanan numuneler, eğilme dayanımı deneyi düzeneğindeki yükleme plakası arasına yük tam ortadan uygulanabilecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Eğilme dayanımı deneyine numunenin yerleştirilmesi

Örneklerin eğilme dayanımını tespit edilirken tabakalaşma yönü dikkate alınmamıştır. Numunenin üzerine pres yardımıyla yük uygulanmış ve bu yük artışıyla numunenin kırılma anındaki yük değeri okunarak kaydedilmiş ve aşağıda açıklandığı gibi eğilme dayanımı hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = 3PL/2bh^2 \quad (13)$$

Burada;

σ_e : Eğilme dayanımı, kgf/cm².

P : Kırılmaya neden olan en büyük yük, kgf.

L : Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm.

b : Deney numunesinin genişliği, cm.

h : Deney numunesinin kalınlığı, cm.

TS 699'a göre yapılan eğilme dayanımı deneyi sonucunda, örneklerin istatistik sonuçları Tablo 2.12'de verilmiştir. Tablo 2.12 incelendiğinde Harşit Granitin eğilme dayanımındaki yenilme değerinin aritmetik ortalaması 20 MPa olarak bulunmuştur. Mermerlerin eğilme dayanımı TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımı 6 MPa'dan büyük olmalı, TS 2513'e göre granit, siyenit, diorit, melafir, diyabaz ve andezit gibi kayalarda eğilme dayanımı en az 7,36 MPa olmalıdır. Bu standartları göz önünde bulundurduğumuzda Harşit Granitleri verilen TS standartlarına uygun nitelik göstermektedir.

Tablo 2.12. Eğilme dayanımı deney sonuçları

Açıklama	n	İstatistiksel Veriler					TS Sınır değer	
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 10499	TS 2513
Yenilme yükü, kgf.	10	1621	2575	276	12,6	2181		
Eğilme dayanımı, MPa.		16,38	22,65	2,03	10,21	20	Mermer > 6	$\geq 7,36$

n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

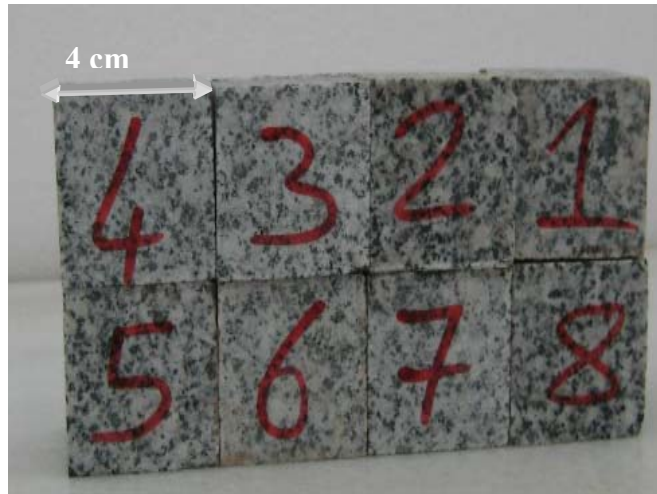
Şekil 2.14’de eğilme dayanımı sonrasında numunelerin kırılış şekilleri verilmiştir. Tabakalaşma yönüne dikkat edilmeden, yapılan deney sonucunda örneklerin tümünde kırılma şekillerinde her hangi bir yönelme olmadan dik kırıldığı gözlenmiştir.



Şekil 2.14. Eğilme dayanımı numunelerinin kırılış şekilleri

2.7.5. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki kayaçların belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Darbe dayanımı için TS 699’a uygun bir şekilde, taş kesme testeresi ile ıslak kesilmek suretiyle 40 x 40 x 40 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmıştır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Darbe dayanımı deney numuneleri

Darbe dayanımı deney cihazının örsü üzerindeki başlığın ortasına yerleştirilir. Üzerine, çelik plaka deney numunesi kenarlarından eşit miktarda taşacak şekilde konulduktan sonra, deney, tokmağın ardı ardına ve deney numunesinin kırıldığı, çatladığı varsayılanaya kadar serbestçe düşürülmesi şeklinde yapılır (Şekil 2.16).

Birinci darbeden sonraki her darbede tokmağın düşme yüksekliği, bir önceki yüksekliğin, ilk düşme yüksekliği kadar artırılmasıyla ayarlanmıştır. Deney numunesi kırılıncaya kadar bu işleme devam edilmekte ve darbe sayısı tespit edilmektedir. Deney sırasında düşme yüksekliğinin artırılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artması veya azalması, durumundan deney numunesi parçalanmış sayılır ve buna sebep olan darbe dikkate alınmaz.



Şekil 2.16. Darbe dayanımı deney düzeneği

Sıçrama değerlerinde bir azalma olmadığı halde son darbede kırılma veya çatlama veya önemli derecede pullanma olursa, deney numunesi yine kırılmış sayılır ve buna sebep olan son darbe (n) sayısının hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı sayısı aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$D_n = n(n+1) \quad (14)$$

D_n : Numunenin darbe dayanımı, kg.cm/cm^3 .

n : Kırılmaya sebep olan darbe sayısı

TS 699'a göre yapılan darbe dayanımı deneyinde, numunelerin istatistik sonuçları ve TS değerleri Tablo 2.13'de verilmiştir. Tablo 2.13 incelendiğinde örneklerin darbe mukavemeti aritmetik ortalaması $52,5 \text{ kgf.cm/cm}^3$ olarak bulunur. TS 2513'e göre doğal yapı taşları üzerinde darbe dayanımı deneyi uygulandığında bulunacak bu taş yol parkesi, bordürü vb. aşırı darbe etkilerine karşı bulunan yapı kısımlarında kullanılacak ise darbe dayanımı değeri 12 kgf.cm/cm^3 'den küçük olmamalıdır. TS 10449'da belirtilen döşeme kaplaması, merdiven basamağı yer döşemesinde kullanılacak mermerlerde 6 kgf.cm/cm^3 , duvar kaplamasında kullanılacak mermerlerde 4 kgf.cm/cm^3 büyük olmalıdır.

Tablo 2.13. Darbe dayanımı deney sonuçları

Açıklama	n	İstatistik Veriler					TS Sınır değer	
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 10499	TS 2513
Darbe dayanımı, kgf.cm/cm^3 .	10	42	56	6,48	12,34	52,5	Döşemesi ≥ 6 Kaplama ≥ 4	Yol Parkesi ≥ 12
Darbe sayısı		6	7	0,46	6,86	6,75		

n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

Deney sonucunda, bulunan darbe mukavemeti değerinin TS standartlarında gösterilen minimum değerlerin üstünde olduğu ve darbe dayanımı yüksek kaya sınıfında yer aldığı görülür. Şekil 2.17'de darbe dayanımı deneyinin yapışı gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Darbe dayanımı deneyinde numunenin yapılışı

2.7.6. Aşınma Dayanımı (Böhme Yöntemi)

Aşınma dayanımı; mermerlerin yüzeyindeki aşındırıcı maddelere karşı aşınmaya gösterdiği dirençtir. Mermerlerin aşınma dayanımı özelliği mermer kalitesi bakımında son derece önemlidir. Taban döşemesi ve merdiven basamaklarında kullanılacak mermer plakalarda oluşabilecek aşınma kayıplarının önceden laboratuvar koşullarında ölçülmesi ve yerine uygun taş seçimine imkan sağlamaktadır. Sürtünmeden kaynaklanan aşınma kayıpları, genellikle karbonatlı kayalarda yüksek, mineral içeriği ve içerdiği minerallerin özellikleri nedeniyle sert taş olarak nitelenen magmatik kökenli taşlarda ise düşüktür.

Mermerlerin aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 71 x 71 x 71 mm boyutlarında olan ve hassasiyet oranı $\pm 1,5$ mm olan, 5 adet küp numune hazırlanmıştır. Deney numunelerinin her birinin önce hacimleri tayin edilir. Bunun için deney numuneleri, içerisinde $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta su bulunan bir kap içerisine yarısına kadar daldırılır. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra, 20 mm ± 5 mm kalınlıkta su ile örtülecek şekilde 48 saat süre ile su içerisinde bırakılır. Bu şekilde su ile doymun hale getirilen deney numuneleri sudan çıkarılarak Arşimet terazisinde su içinde 0,01 g hassasiyetle tartılır. Bundan sonra deney numunesi üzerindeki su damlaları ıslatılıp sıkılmış bir bez veya süngerle alınır ve bekletilmeksizin havada 0,1 g hassasiyetle tartılır. Doymun ve su içindeki ağırlıkları alınır. Daha sonra bu numuneler $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulup tartıldıktan sonra Böhme yüzey aşındırma cihazının deney numunesi tutucu çerçevesi içine yerleştirilir (Şekil 2.18). Numunenin disk yüzeyinde döndüğü şerit boyunca, aşındırmayı sağlamak için $20 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$ zımpara tozu serpilir. Deney numunesinin sürtünme şeridine $0,6 \text{ kgf/cm}^2$ bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilir. Diskin dönme hareketi, sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları uygun bir alet ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır.

Böhme yüzey aşındırma cihazı her 22 devir sonunda otomatik olarak durur ve disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınmadan dolayı deney numunesinden ayrılan kısımlar, uygun bir fırça ile temizlenir ve tekrar sürtünme şeridi üzerine $20 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$ zımpara tozu serpilir ve deney numunesi düşey eksenini etrafında 90° çevrilmek suretiyle 22 şer devirlik 20 periyodu yani toplam olarak 440 devir uygulanır.

440 devir sonunda deney numunesi, tel bir fırça ile iyice temizlendikten deney numunesinin deneyden sonraki hacmi, deneyden önce yapıldığı gibi su ile doymun hale

getirildikten sonra Arşimet terazisinde su içinde ve havada 0,01 g hassasiyetle tartıldıktan sonra aşağıdaki formül yardımıyla yüzey aşınma değeri hesaplanır.



Şekil 2.18. Böhme yüzey aşındırma deney düzeneği

$$\Delta_m = \left(\frac{V_0 - V_1}{A} \right) \times 100 \quad (15)$$

Δ_m : Numunenin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$.

V_0 : Numunenin deneyden önceki hacmi, cm^3 .

V_1 : Numunenin deneyden sonraki hacmi, cm^3 .

A : Numunenin aşınma uygulanan yüzünün alanı, cm^2 .

Böhme yöntemine göre yapılan aşınma dayanımı deneyi sonucunda, Harşit granitlerinin hacimce aşınma dayanımı $3,14 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur (Tablo 2.14).

TS 10449'a göre, mermerlere sürtünmeden dolayı aşınan miktarı, döşeme kaplaması, merdiven basamağı gibi yer döşemesi olarak kullanacaklar için $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'den, duvar kaplamasında kullanılacak mermerlerde $25 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'den büyük olmamalıdır. TS 2513'e göre ise; döşeme kaplaması, merdiven basamağı gibi aşındırıcı etkiler karşısında kalacak yapı kısımlarında sürtünmeden dolayı aşınma deneyi için kullanılacak doğal taşlarda en fazla $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ yol parkesi ve bordür olarak

kullanılacaklarda ise en fazla $10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ fazla olmamalıdır. Verilen TS standartları sınırlarına göre Harşit Granitlerinin aşınma değerleri öngörülen değerleri sağlamaktadır.

Tablo 2.14. Böhme yüzey aşındırma deney sonuçları

Açıklama	n	İstatistik Veriler					TS Sınır değer	
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 10499	TS 2513
İlk hacim, cm^3 .	5	334	360	10,9	3,15	346		
Son hacim, cm^3 .		332	357	10,7	3,13	343		
Böhme aşınma, $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$.		2,15	4,04	0,74	23,61	3,14	Kaplamada ≤ 25 Döşeme ≤ 15	Döşemede ≤ 15 Yol parkesi ≤ 10

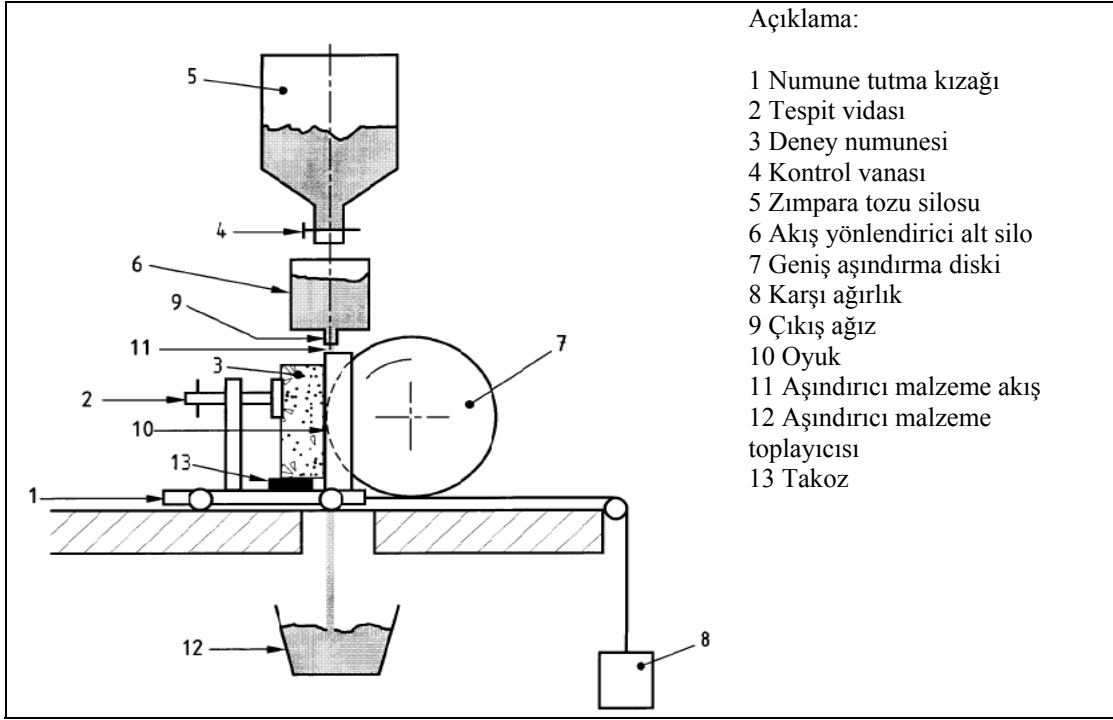
n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

2.7.7. Aşınmaya Karşı Dayanıklılık

Mermerlerin aşınma karşı dayanıklılık deneyinin belirlemesi için kullanılan aşındırma cihazı (Şekil 2.19). Aşınmaya karşı dayanıklılık deneyi için TS 1341'e göre, orijinal ölçülerdeki kaplama elemanlarına veya kaplama elemanından, üst yüzü de ihtiva eden $100 \times 100 \text{ mm}$ boyutlarında ıslak taş kesme kesteresiyle hazırlanmış 5 adet numune kullanılmıştır.

Deney numunelerinin, işlem yapılacak yani aşınma uygulanan yüzeyin birbirine dik doğrultuda, 100 mm mesafede ölçülen tolerans, $\pm 1 \text{ mm}$ olacak şekilde yüzey düzeltilir ve disk aşınma deney aletine yerleştirir.

Aşındırma tozu silosu, rutubeti % 1,0'den daha fazla olmayan kuru aşındırma tozu ile doldurulur. Kullanılan aşındırıcı toz malzemesi olarak zımpara tozu kullanılır. Tozun tane büyüklüğü $80 \mu\text{m}$ olan erimiş beyaz alüminyum oksitten yapılmış tozdur. Deney numunesi, yüzeyi geniş aşındırma diskinde temas edecek şekilde yaklaştırılır. Aşınma tozu kontrol vanası açılır ve aynı anda motor, geniş aşındırma diski, (60 ± 3) saniye sürede 75 dönüş yapacak şekilde çalıştırılır. Akış yönlendirici silodan, geniş aşındırma diski üzerine zımpara tozu akış debisi, en az $2,5 \text{ litre/dakika}$ olacak şekilde sabit bir akış ayarlanır. Diskin 75 dönüş yapmasından sonra, aşındırma tozu akışı durdurulur ve disk otomatik olarak durur (Şekil 2.20).



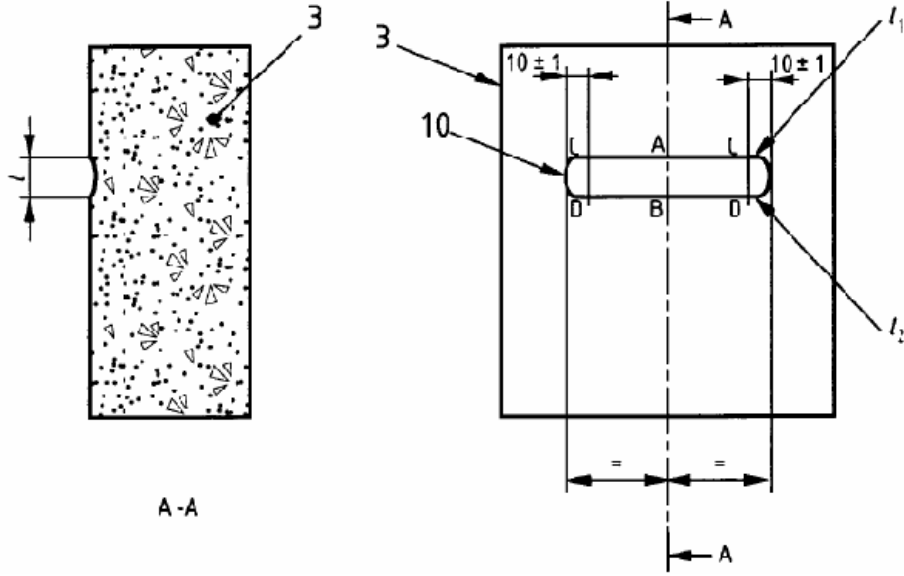
Şekil 2.19. Aşındırma cihazının prensibi (TS 1341).



Şekil 2.20. Disk aşındırma deney düzeneği

TS 1341'e göre uygun bir şekilde yapılan disk aşınma deneyinde, numunelerde meydana gelen oyuk boyutlarının ölçülmesi için, anma büyütmesi en az 2 x olan büyük boyutlu büyüteç altına konular, oyuk boyutlarının daha kolay ölçülebilmesini sağlamak ışıklandırma donanımı bulundurulur. Oyuğun her iki uzun kenarının (l_1 ve l_2) sınırları, kurşun kalemle, bir cetvel kullanılarak çizilir (Şekil 2.21). Daha sonra, oyuk uzun

kenarlarının orta noktaları birleştirilerek, boyuna eksene dik doğrultuda (AB) doğru çizilir. Sayısal göstergeli kumpasın ölçme uçları, uzun kenar (l_1 ve l_2) sınırlarının iç kısmına



Şekil 2.21. Oyuk açılmış numune örneğinin deneyden sonraki görünüşü

A ve B noktalarına, oyuk içine doğru yerleştirilir ve boyut $\pm 0,1$ mm yaklaşımla ölçülerek kaydedilir. Bu şekilde üç ölçme sonucu elde edilmiş olur. Ölçümler sonucunda bulunan disk aşınma deney sonuçları Tablo 2.15'de verilmiştir.

Tablo 2.15. Disk aşınma deney sonuçları

Deney No	m	İstatistik Veriler				
		\bar{X}	x_{min}	x_{max}	s	V
1	3	15,17	13,93	16,24	1,16	7,68
2		15,10	14,13	16,06	0,97	6,39
3		13,45	13,36	13,50	0,08	0,58
4		14,66	13,52	15,60	1,06	7,20
5		13,40	13,15	13,77	0,33	2,44

m: Ölçüm sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma,

V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

2.7.8. 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 2.22 Los Angeles aşınma deney düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Los Angeles aşınma deney düzeneği

TS 699'a göre yapılan Los Angeles aşınma deneyini yapmak için araziden getirilen bloklar önce bir çekiçe parçalandıktan sonra, laboratuvar tipi çeneli kırıcıyla parçalar daha küçük boyutlara indirildi. Kırılan numuneler elek açıklığı 20 mm, 12,5 mm ve 10 mm olan eleklerden elenerek 2500 ± 10 g olacak şekilde 3 seri hazırlanır (Tablo 2.16).

Tablo 2.16. Los Angeles aşınma deneyinde deney numunesi tane büyüklüğü sınıfları ve alınacak deney numunesi miktarları ile çelik bilye adetleri

Tane büyüklüğü sınıfı	Bilye sayısı	Elek aralığı	Alınacak miktarı, g.	Toplam miktarı, g.
B ¹	11 ²	20 mm-12,5 mm	2500 ± 10	5000 ± 10
		12,5 mm-10 mm	2500 ± 10	

¹ Deney numunesi tane büyüklüğü sınıfı, A,B, C ve D olmak üzere 4 sınıfa ayrılır.

² B sınıfı için gerekli bilye sayısı

Hazırlanan deney numuneleri ayrı ayrı kaplara konularak 110 ± 5 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulan deney numunelerinin 0,1 g hassasiyetle tartılarak 12,5 mm elek üstüyle 10 mm elek üstü aynı numune kabına alınarak toplam kütlesi 5000 g olacak şekilde karışım hazırlanır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Los Angeles aşınma deney numuneleri

Hazırlanan numuneler Los Angeles aşınma deneyine tabii tutulması için, önce 100 devirlik aşınmaya, sonra 400 devir olmak üzere iki defa Los Angeles aşınma aletinde aşınmaya bırakılır. 100 devirlik aşınma için, alınan $5000 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ deney numunesi 11 çelik bilyeyle birlikte Los-Angeles aşındırma cihazı içerisine konularak aşınmaya bırakılır. 100 devir sonunda cihazdan çıkarılan deney numunesi parçalarının tümü göz açıklığı 1,6 mm olan kare gözlü elekten elenir elek üstü 0,1 g hassasiyetle tartılır ve elek üstü ağırlığı kaydedilir. Daha sonra 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan ve geçen tüm malzeme, çelik bilyelerle birlikte tekrar Los Angeles aşındırma cihazı içerisine konular ve 400 devir daha yaptırılır. Bu şekilde toplam 500 devir yaptırılmış olur. Cihazdan çıkarılan deney numunesi yukarıda açıklandığı şekilde göz açıklığı 1,6 mm olan kare gözlü elekten elenir, elek üstü tartılıp kaydedilir. Deney yapılırken, numunenin hiç bir parçasının kaybolmamasına dikkat edilir. Los Angeles aşınma deneyi aşağıdaki bağıntı 16-17 formülleri yardımıyla bulunur. Deney sonuçlarının istatistik değerleri Tablo 2.17'de verilmiştir.

$$K_{100} = \left(\frac{G_0 - G_{100}}{G_0} \right) \times 100, \% \quad (16)$$

$$K_{500} = \left(\frac{G_0 - G_{500}}{G_0} \right) \times 100, \% \quad (17)$$

Burada;

K_{100} : 100 devir sonundaki aşınma kaybı, %.

K_{500} : 500 devir sonundaki aşınma kaybı, %.

G_0 : Deney numunesinin deneyden önceki kütlesi, g.

G_{100} : Deney numunesinin 100 devir onunda göz açıklığı 1,6 mm olan elek üzerinde kalan kısmının kütlesi, g.

G_{500} : Deney numunesinin 500 devir onunda göz açıklığı 1,6 mm olan elek üzerinde kalan kısmının kütlesi, g.

Tablo 2.17. Los Angeles aşınma deney sonuçları

Deney No	İlk kuru ağır, g.	K^3_{100} g.	K^4_{500} g.	K_{100} - Los Angeles Aşınma, %	K_{500} - Los Angeles Aşınma, %	TS 706
1	5000	4683	3743,3	6,34	25,13	
2	5000	4613,1	3852,3	7,74	22,95	
3	4985,3	4585,2	3727,5	8,03	25,23	
İstatistiksel veriler			\bar{X}	7,37	24,44	≤ %50
			s	0,90	1,29	
			x_{min}	6,34	22,95	
			x_{max}	8,03	25,23	
			V	12,24	5,27	

\bar{x} :Arit. ort., x_{min} :Min değer, x_{max} :Max değer, s:Std sapma, V:Değişken katsayısı, %,

³ 100 devir sonundaki aşınma kaybı

⁴ 500 devir sonundaki aşınma kaybı

Tablo 2.17’de aşınma sonucu deney sonuçlarından Harşit Granitlerinin, 100 devir sonunda % 7,37’si aşınmaya uğramış, 500 devir sonunda ise % 24,44 aşınmaya uğramış. Sonuçların TSE 706 / Beton Agregaları standartlarında belirtilen 500 devir sonunda % 50 değerinin altında bulunması, elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilceği göstermektedir.

2.7.9. Tabii Don Tesirine Karşı Dayanım

Tabii don tesirine dayanım deneyi için ıslak taş kesme makinesiyle 70 x70 x 70 mm 5 adet küp ve boyu çapının 2 katı olan, 50 x 10 mm boyutlarında olan karot numuneler hazırlanmıştır. Su emme deneyi uygulanmış deney numunelerine, TS 699’da anlatıldığı şekilde tabii don tesirlerine dayanıklılık deneyi uygulanmıştır. Deney örnekleri değişmez kütleyle kadar 100 ± 5 °C’de etüvde kurutularak 0,1 g hassasiyetli terazide tartılmış ve normal atmosfer şartlarında su emme deneyinde olduğu gibi $20 + 5$ °C de suya doygun hale getirilmiştir.

Su emdirilmiş numuneler, sudan çıkarılıp soğuk soğutma hızı 4 saate -20 °C ye düşecek şekilde ayarlanan derin dondurucuya konulmuştur. -20 °C’ de 12 saat süre ile bekletilen örnekler süre sonunda derin dondurucudan çıkarılarak tekrar suya daldırılmış ve 12 saat süre ile bekletilerek buzların tamamen erimesi sağlanmıştır. Bu donma – çözülme işlemi numuneler üzerine 25 kez tekrarlanmıştır. Donma – çözülme işlemlerinin sonrasında etüvde 100 ± 5 °C’de kurutulmuş ve 0,1 g hassasiyetle tekrar tartılmıştır. Tartım sonuçları ve tabii don tesiri dayanım sonuçları aşağıdaki formülle hesaplanıp ve deney sonuçlarının istatistik değerleri Tablo 2.18’de verilmiştir.

$$D_k = \left(\frac{G_0 - G_1}{G_0} \right) \times 100 \quad (18)$$

D_k : Don kaybı, %.

G_0 : Numunenin deneyden önceki kütlesi, g.

G_1 : Numunenin deneyden sonraki kütlesi, g.

Tablo 2.18. Tabii don sonrası ağırlık kaybı

Numune şekli	n	İstatistik veriler					TS sınırlı değer	
		x_{min}	x_{max}	s	V	\bar{X}	TS 10499	TS 2513 TS 1910
Küp	5	0,012	0,017	0,003	18,94	0,014	Mermer ≤ 1 %	Kaplama ≤ 5 %
Silindir		0,57	0,78	0,074	10,29	0,08		

n: Numune sayısı, x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %, \bar{x} : Arit. ort.,

TS 2513 ve TS 1910'a göre doğal yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşın, üzerinde don deneyi yapıldığında bulunacak ağırlık azalması % 5 den fazla olmamalıdır. TS 10449'a göre mermerlerin don dayanımı %1'den küçük olmalıdır. Yapılan deneylerde Harşit Granitlerinin tabii don tesiri dayanım deneyi sonucun örneklerde gözle görülebilecek çözülmenin olmadığı örneklerde tane düşmeleri görülmemiştir. Harşit granitlerinin don sonrası ortalama ağırlık kaybı Tablo 2.18'de görüldüğü gibi Harşit Granitlerinin ağırlıkça azalma küp ve silindirlerde ihmal edilecek kadar bir azalma olup verilen standartlara uygundur.

2.7.10. Don Sonu Basınç Dayanımı

Doğal taşları dış mekanlarda kullanan, sektörlerde don etkisine dayanıklı olmaları istenilir. Tabii don tesirine dayanımı deneyi için hazırlanan numunelerden 5 adet küp şeklindeki örnekler kullanarak, tabii don tesiri sonucu basınç dayanımında meydana gelen azalma aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır. Buradan don öncesi tek eksenli basınç dayanım değerleri ile dondan sonraki tek eksenli basınç dayanımı değerleri formül yardımıyla karşılaştırılarak aralarındaki azalma % değeri hesaplanmıştır.

$$\Delta\sigma_{cd} = \left(\frac{\sigma_c - \sigma_{cd}}{\sigma_c} \right) \quad (19)$$

$\Delta\sigma_{cd}$: Tabii don tesiri ile basınç dayanımında meydana gelen azalma, %.

σ_c : Tabii don deneyi uygulanmamış numunelerin tek eksenli basınç dayanımı, kg/cm².

σ_{cd} : Tabii don sonrası deneyi, numunelerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımı, kg/cm².

Deney sonucunda don öncesi, don sonrası basınç dayanımları ve basınç direnci değerleri arasındaki azalma yüzdeleri küp ve silindir numuneler için sırasıyla Tablo 2.19 ve Tablo 2.20’de verilmiştir.

Tablo 2.19. Don öncesi ve don sonrası basınç dayanımı değişimi (silindir)

		n	Don öncesi basınç dayanımı, MPa.	Don sonrası basınç dayanımı, MPa.	Basınç dayanımı azalması, %.	TS 10449
İstatistiksel veriler	\bar{X}	5	221	205	7,09	≥ 30 MPa
	s		12,56	14,90	2,01	
	x_{min}		205,67	184,74	4,79	
	x_{max}		235,95	221,54	10,18	
	V		5,67	7,24	28,43	

n: Numune sayısı, \bar{x} : Arit. ort., x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %,

Mermerlerin don sonrası basınç dayanımı TS’ 10449’a göre 30 MPa’dan büyük olmalıdır. TS 699’a göre yapılan deneyler sonucunda don sonrası basınç dayanımı silindir ve küp numunelerde sırasıyla 205 ve 192 MPa olup TS 10449 standartlarına göre uygundur.

Bulunan sonuçların, Deere ve Miller’in tek eksenli basınç dayanımına göre yaptığı sınıflamada, Harşit Granitlerinin don öncesi olduğu gibi don sonrası da silindir numuneler “çok yüksek dayanımlı” kaya sınıfında yer aldığı, küp numuneler ise don öncesi “çok yüksek dayanım” don sonrası “yüksek dayanım” sınıfında yer almaktadır.

Tablo 2.20. Don sonrası basınç dayanımı değişimi deney sonuçları (küp)

		n	Don öncesi basınç dayanımı, MPa.	Don sonrası basınç dayanımı, MPa.	Basınç dayanımı azalması %.	TS 10449
İstatistiksel veriler	\bar{X}	5	217	192	11,56	≥ 30 Mpa
	s		16,9	18,7	2,26	
	x_{min}		193	165	8,68	
	x_{max}		238	211	14,52	
	V		7,77	9,72	19,58	

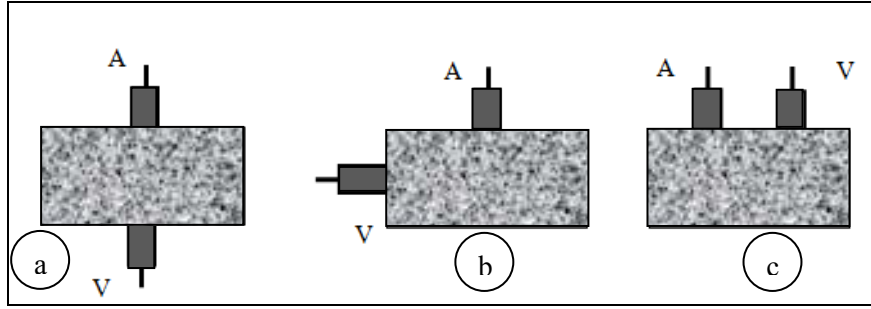
n: Numune sayısı, \bar{x} : Arit. ort., x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %,

2.7.11. Ultrasonik Hız Deneyi

Kayaçlarda ve özellikle mermer madenciliğinde yüzeyden görülen süreksizliklerin devamlılığının sınırı, boyutları ve konumlarının öğrenilebilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Çoğu zaman çatlak ve kırıklardaki yoğunluk mermer yatağının kalitesini olumsuz yönde etkiler. Günümüzde çatlak ve kırık sistemlerinin tespiti sağlayan herhangi bir direkt yöntem mevcut değildir Bunun için en güvenilir yöntem sondaj yardımıyla elde edilen bilgilerdir. Ancak bu oldukça pahalı ve zaman alıcı bir yöntemdir. Aynı zamanda mermeri tahrip ederek kalitesini düşüren bir yöntemdir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak ve mermer içerisindeki süreksizliklerin daha kolay bulunmasını sağlamak için, kayaç içerisindeki ses yayılma hızı farklılıklarının ölçülmesinden yararlanılmaktadır. Ses, homojen kayaçlarda belirli bir hızda hareket ederken kayaçlarda süreksizlik olması durumunda yayılma hızında bir yavaşlama olur. Bu sayede çatlak yoğunluğu ve sıklığı hakkında genel bir bilgi elde edilebilir (Davis, 1972).

Özellikle çok tektonizma geçirmiş (renk ve desen bakımından) mermerlerde blok veriminin, işletmeye başlamadan önce süreksizliklerin yerlerinin saptanması ile hesaplanabilen işle mümkün olmaktadır Bunun yanında özellikle daha az metamorfizma geçirmiş mermerler yapılarında bulunan büyük karstik boşlukların ocakla saplanması oldukça önem kazanmaktadır. Zira içerisinde bu tip hatalar içeren mermer blokları ocaktan fabrikaya nakledilir ve burada kesme esnasında bu hatalar bulunabilir. Bu ise hem bıçak aşınmaları bakımından ekonomik kayıplara, hem de zaman kayıplarına yol açar (Onur vd., 1997).

Alıcı ve vericiler malzemenin yüzeyinde uygun yerlere konumlandığında cihaz, darbenin vericiden çıktığı zamanla alıcıdan ilk olarak algılandığı (en erken gelen darbe) zaman dilimini ölçerek dijital olarak ekranda gösterir. Ölçüm direkt, indirekt ve endirekt olmak üzere, test edilen örnek yüzeyi üzerinde Şekil 2.24'de görüldüğü gibi düzenlenebilir. Direkt iletim düzeni diğer ölçme şekline nazaran daha güvenlidir. Çünkü boyuna dalgalar alıcı yüzeyine dik olarak yayılarak ulaşırlar. Endirekt ölçüm tekniği kullanıldığında, aynı yol uzunluğunda direkt yöntemle ölçüme göre tespit edilen darbe tesiri % 1-2 oranında azalma gösterir (Leslie, 1976).



Şekil 2.24. Ultrasonik darbe ölçüm yöntemleri, a) direkt, b) indirekt, c) endirekt ölçüm

Ultrasonik hız deneyi için, ıslak taş kesme makinesiyle 70 x 70 x 70 mm boyutlarında 7 adet küp şeklindeki numuneler hazırlanmıştır. Deney numuneleri değişmez kütleye kadar 100 ± 5 °C’de etüvde 24 saat kurutulduktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmektedir. Daha sonra düzeltilmiş iki yüzeyine bir jelle yağlayarak ultrasonik deney aletinin metalden yapılmış alıcı-verici kafaları arasına yerleştirilip elastik dalganın örnekten geçiş süresi mikro saniye cinsinden ölçülmüştür. Bulunan bu değerler kullanılarak, örneğin elastisite modülü bağıntı 20’de yerine yazılarak hesaplanmıştır. Şekil 2.25’de ultrasonik hız deneyinin yapılışı görülmektedir.

$$V_p = X/t. \text{ m/sn.} \quad (20)$$

Burada,

V_p : P dalga hızı

X : Numunenin boyu, m.

t : Sinyalin örnek içindeki geçiş süresi, sn.

Ultrasonik hız deneyi ISRM 1981 standartlarına göre yapılarak numunenin içerisinden geçen P-dalga hızı, kuru ve doymun numunelerde geçiş süresi belirlenmiştir. Tablo 2.21’de Ultrasonik hız deneyinde P-dalga hızı kuru ve doymun hız değerlerinin istatistik sonuçları verilmiştir. Tablo 2.21 incelendiğinde Harşit granitlerine ait P-dalga hızı kuru ve doymun değerleri sırasıyla (V_{pk}) 4060 m/sn, (V_{pd}) 5186 m/sn olarak bulunmuştur.



Şekil 2.25. Ultrasonik hız deneyinin yapılışı, a) prop, b) 7 x 7 x 7 cm numune

Tablo 2.21. Ultrasonik hız değerleri

		n	t-kuru, □s.	t-doygun, □s.	P-dalga hızı, m/sn. (kuru)	P-dalga hızı, m/sn. (doygun)
İstatistik veriler	\bar{X}	7	15,66	12,26	4060	5186
	s		0,86	0,28	136	308
	x_{min}		14	11,7	3915	4560
	x_{max}		16,6	12,5	4335	5584
	V		5,47	2,30	3,37	5,94

n: Numune sayısı, \bar{x} : Arit. ort., x_{min} : Min değer, x_{max} : Max değer, s: Std sapma, V: Değişken katsayısı, %,

Tablo 2.21’de gösterilen ultrasonik hız değerleri, Tablo 2.22’de Ultrasonik hız sınıflandırmasıyla deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, etüvde kurutulmuş numunelerin ultrasonik hız sınıflandırmasında “yüksek hız” kaya sınıfında yer aldığı, aynı numunelerin su içindeki doygun halindeki ultrasonik hız sınıflandırılmasında ise “çok yüksek hız” sınıflandırmasında yer aldığı görülüyor. Tablo 2.23’de P-dalga hızlarıyla ayrışma dereceleri arasındaki ilişkinin Harşit granitleriyle karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 2.22. Ultrasonik hız sınıflandırılması (Anon,1979).

Sınıf	Ultrasonik hız, m/sn.	Tanımlama	Harşit granitleri P-Dalga hızı, m/sn.
1	<2500	Çok düşük hız	
2	2500-3500	Düşük hız	
3	3500-4000	Orta hız	
4	4000-5000	Yüksek hız	4060 (kuru)
5	>5000	Çok yüksek hız	5186 (doygun)

Tablo 2.23. Ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri ile ayrışma katsayıları arasındaki ilişkiler (Anon,1979).

Ayrışma Derecesi	Ultrasonik Hız, m/sn.	Ayrışma katsayısı (K)	Harşit granitleri P-Dalga hızı ,m/sn.
Taze kaya	>5000	0	5186 (doygun)
Az ayrılmış	4000-5000	0-0,2	4060 (kuru)
Orta derecede ayrılmış	3000-4000	0,2-0,4	
Oldukça ayrılmış	2000-3000	0,4-0,6	
Aşırı derecede ayrılmış	<2000	0,6-1,0	

2.7.5. Sertlik Derecesi (Schmidt çekici)

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

Schmidt çekici, kayaların tek eksenli basınç dayanımlarını dolaylı olarak tayininde kullanılan pratik bir araçtır. Granitin sertliği için kaya blokları üzerine N tipi Schmidt çekici kullanılarak ölçülmüştür (Şekil. 2.26). 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 okunan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak bu değerlerin %50'si iptal edilip geri kalan sertlik değerlerin aritmetik ortalaması sonucunda Harşit granitin Schmidt sertlik değeri 57 geri tepme sayısı olarak bulunmuştur (Tablo 2.24).



Şekil 2.26. Laboratuarda Schmidt Çekici ile sertlik belirlenmesi

Tablo 2.24. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılması (Brown 1981).

Kaya sınıfı	Schmidt Çekici geri tepme sayısı	Harşit granitinin geri tepme sayısı
Yumuşak	0-10	
Az yumuşak	10-20	
Az sert	20-40	
Sert	40-50	
Oldukça sert	50-60	57
Çok sert	>60	

Her bir kaya numunesi üzerinde en az 20 ayrı deney yapılmalıdır. Schmidt çekici ile sertliği belirlenen numunenin üzerinde deney sırasında çatlama veya diğer görünen bozulmalar olması durumunda deney iptal edilir. (Bamford vd.,1977).

Tablo 2.24’de Schmidt test çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılmasını göz önünde bulundurduğunda 57 geri tepme sayısı olarak hesaplanan Harşit granitlerinin, “oldukça sert” kaya sınıfında olduğunu görülür.

2.8. Mineralojik ve Petrografik Özellikler

Kayaçların çeşitli iç yapı ve özelliklerinin tanınmasında kullanılan petrografik analizler, mermerlerde ocaktan kullanım yerine kadar, mermer karakterizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Mermerlerde sertlik, kırılabilirlik, kesilebilirlik, parlatılabilirlik, cila alma gibi parametreler malzemenin iç yapısıyla ilgilidir.

Mikroskop ve X-ışınları yardımı ile petrografik analizler yapılarak mermerlerin makroskobik olarak belirlenemeyen bileşenleri belirlenebilmektedir. Petrografik analiz ile mermerlerde iç yapı (dokümantasyon) özelliklerinin tanınması yanında içerdiği mineral tür ve boyutları belirlenir.

2.8.1. Mikroskobik Özellikler

Harşit Granitlerinin mineralojik bileşimini belirlemek amacıyla, granitin özelliğinin temsil edecek şekilde 6 adet parlak kesit, 11 adet ince kesit polarizan mikroskopta incelenmiştir. Kesit incelemeleri sonucunda, Harşit granitlerinde bulunan mineraller ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Bazı granitlerde yazı strüktürü görülür. Bu tür granitler diğer granitlere nazaran daha az kuvars içerirler. Bunların kimyasal bileşimi, kuvars ve potasyumlu feldispatın ötektik karışımına çok yakındır ve dolayısıyla yazı strüktürü çoğu kez bu iki mineralin ötektik eriyikten beraber kristallenmesine bağlıdır (Aslaner, 1989). Harşit granitlerinin ince kesitlerinin incelenmesi sonucunda yazı dokusu olan kesitler görülmektedir.

Granit Plütonlarında genellikle minerallerin yönlenmesi gözlenmez. Ancak plütonun kenarlarında uzanım gösteren minerallerin uzun eksenlerinin az çok birbirine paralel olduğu görülür. Hatta bazen feslik veya Mafik minerallerin hakim olduğu kısımların birbiriyle ardalanmasına bile rastlanabilir (Aslaner, 1989).

Plajiyoklaz; açık renkli minerallerin yaklaşık % 60'ını oluşturur. Bazen ters zonlu yapıda olup dış kesimleri genellikle andezin, iç kısımları albit bileşimlidir. Yer yer ortoklaz kristalleri tarafından çevrelenirken, genellikle dengesiz dokular içerir.

Ortoklaz; kayaçta yaklaşık % 20-25 oranında bulunur. Genellikle plajiyoklazları çevreleyen pozisyondadır. Ayrışma yok pertifik özellik gösterip içlerinde alkit inklüzyonları taşırlar

Kuvars, açık renkli minerallerin yaklaşık % 15-20 sini oluşturur. Öz şekilsiz olup yer yer yazı dokusu oluşturacak şekilde ortoklazla beraber bulunur.

Hornblend; Kayaçta yaklaşık % 15-20 oranında, yarı öz ve özşekilsiz olarak bulunurlar. Yer yer ayrışarak opak mineralleri (limonit- manyetit) dönüşürler yer yerde kloritleşmişler. Genellikle yarı öz şekilli birincil opak mineral (manyetit) içerirler.

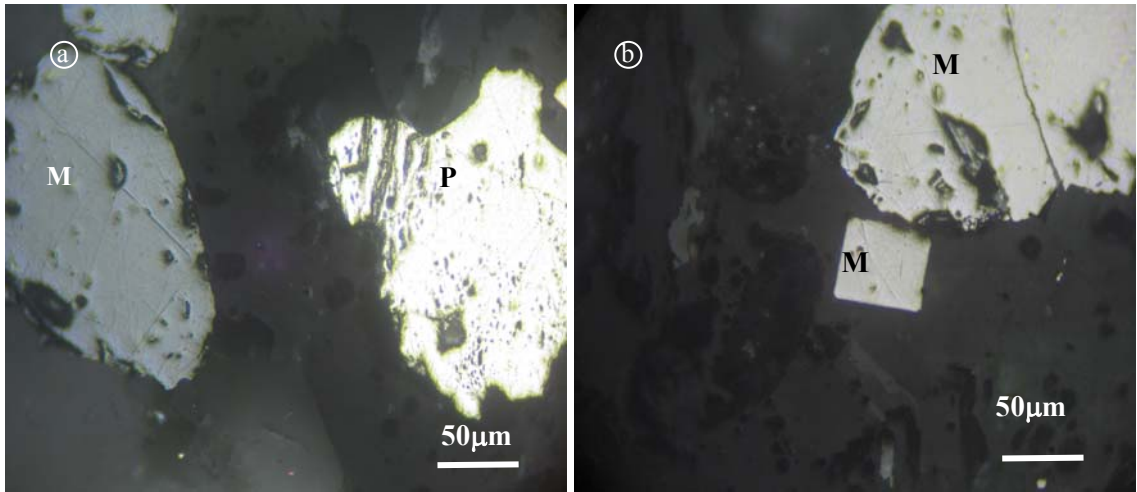
Biyotit; Kayaçta % 3-5 oranında yer yer kloritleşmiş, yer yer de opaklaşmış olarak görülür.

Opak mineral; Bir bölümü birincil bir bölümünde ikincil olarak belirlenir. Birincil olanlar öz şekilli, ikincil olanlar ferromagnezyon mineralleri (hornblend, biyotit) ayrışma ürünü olarak gelişmektedir.

Klorit; kayaçta ikincil mineral olarak genellikle hem hornblend hem de biyotitin ayrışma ürünü olarak bulunur.

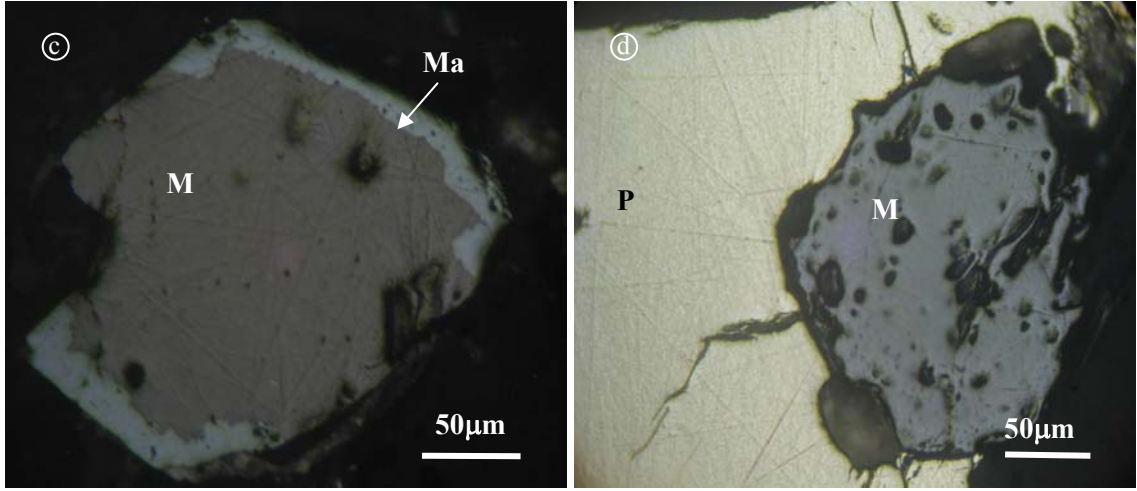
Mikro çatlaklı yapıları; kayaç içindeki mineraller de mikro çatlak oranı son derece düşüktür. Ve kayaçta klorit dışında önemli bir ayrışma minerali yoktur.

Şekil 2.27'de parlak kesitleri ve Şekil 2.28'de ince kesitler verilmiştir.

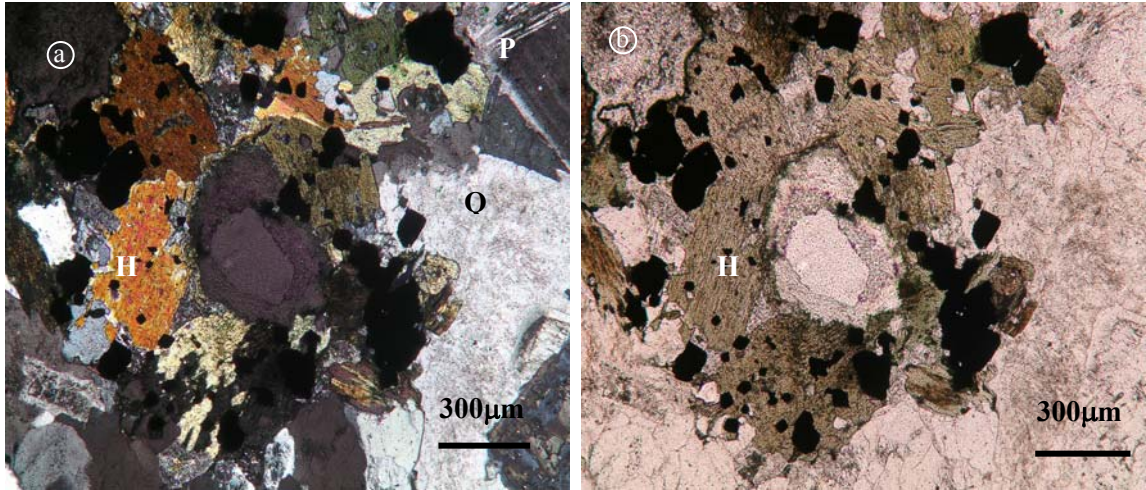


Şekil 2.27. Harşit granitinin parlak kesit incelenmesi

Şekil 2.27'nin devamı

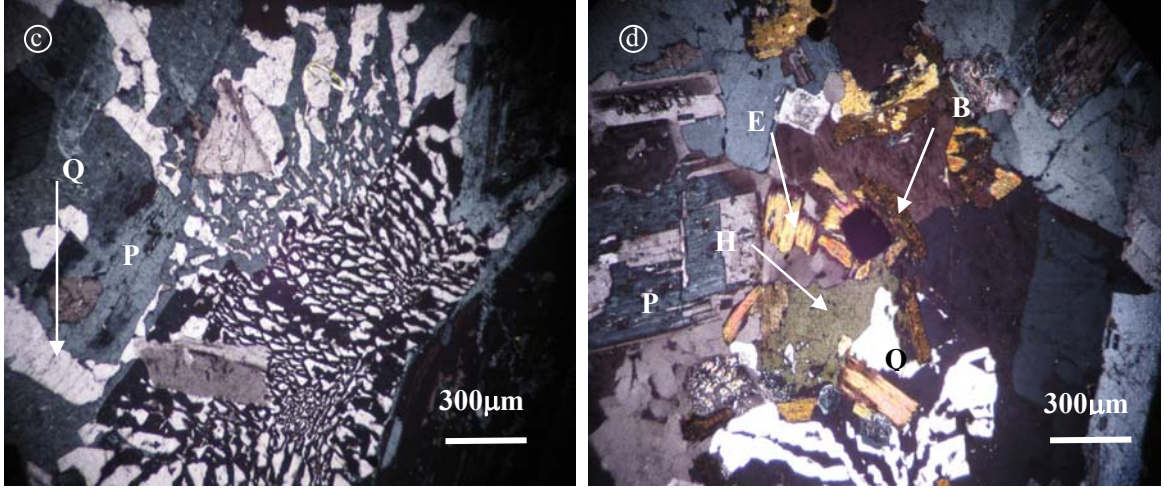


Şekil 2.27' Harşit granitine ait parlak kesit incelendiğinde; a) yarı öz biçimli ve öz biçimsiz, pirit ve manyetitler mevcut, b) öz şekilli ve öz şekilsiz manyetitler, c) ortada manyetit etrafında hematite dönüşmüş martitleşmeler var, d) manyetit piriti sarmış, piritler büyük ve kırıklı yapıya sahiptir. (P: Pirit; M: Manyetit; Ma: Martitleşme).



Şekil 2.28. Harşit granitinin ince kesit incelenmesi

Şekil 2.28'nin devamı



Şekil 2.28 incelendiğinde a) Çift nikoldeki farklı renlerde hornblendler, kuvars ve plajoklazlar mevcut, b) Tek nikoldeki tek mineral hornblend, c) Çift nikoldeki yazı dokusu üzerindeki kuvars ve plajoklazlar, d) çift nikoldeki koyu yeşil hornblend, plajoklazlardaki zonlanma, epitot ve biyotit gösterilmiştir. (P: Plajoklaz; Q: Kuvars; H: Hornblend; E: Epitot; B: Biyotit).

2.8.2. Harsit Granitlerinin Diğer Özellikleri

Her cins mermerde doğal olayların etkisinde dolayı bazı arıza ve kusurlar bulunur. Bunların bir kısmı mermerin satışına engel olabilecek kadar belli ve önemlidir. Bir kısmı ise tolere edilebilecek düzeydedir.

Mermerlerde doğal etkilerden dolayı oluşan bazı yapılar, mermerin üretim ve satış koşullarına olumlu etki yaparlar. Bundan dolayı bu yapılar pozitif özellik taşırlar

I) Pas Oluşumu: Bu deney yapı taşlarını meydana getiren mineraller arasında hava etkileri ile paslı renk bozukluklarının meydana gelmesine sebep olabilecek pirit, markasit, pirotin, magnetit, demir karbonat karışımları ve biyotit gibi minerallerin leke! Oluşturacak miktar ve durumda olup olmadıklarını, havanın ve nemin etkisi ile ortaya çıkabilecek sülfürik asitin taşıdaki diğer mineralleri etkileyip etkilemeyeceğinin tayini amacı ile yapılır (TS699).

Özellikle, yapıların hava etkileri karşısında bulunan dış kaplamaları, dış merdiven basamakları, gibi yerlerinin yapımında kullanılması düşünülen doğal yapı taşlarını

oluşturan mineraller arasında pirit, manyetit, pirotin, demir karbonat, biyotit vb. Minerallerin bulunması halinde veya böyle bir ihtimal söz konusu olduğunda. Yapılan paslanma deneyinde parçaların sarımtırak kahverengiden kırmızımtırak kahverengiye kadar değişebilen renk bozulmaları meydana gelmemelidir (TS 2513).

Pirit (FeS_2), hematit (Fe_2O_3) ve manyetit (Fe_3O_4) mermer içerisinde sıkça karşılaşılan minerallerdir. Bu minerallerin bileşiminde yer alan demirin bozuşması sonucunda mermer yüzeyinde istenmeyen sarı renklenmeler ortaya çıkar, paslanmalar görülür (Karaca, 2002).

Pas tehlikesi için, sahil yolunda parke taşı olarak kullanılan Harşit Granitlerini, gözle inceleyerek, yüzeylerinde sarımtırak kahverengiden kırmızımtırak kahverengiye kadar değişen renklerin belirip belirmediğine bakıldı. Renk değişikliği ve renk bozukluğunun olup olmadığına, parke taşları üzerinde çekilen fotoğraflarla belirlenmeye çalışıldı.

Şekil 2.29'da Trabzon sahil yolunda parke taşı olarak kullanılan Harşit granitlerinden çekilen fotoğraflarda gözle inceleyerek, yüzeylerinde sarımtırak kahverengiden kırmızımtırak kahverengiye kadar değişen renklere bakıldı ve paslanmaların gözle görüldüğü görülmüştür. Pas görünmesinin nedeni granitin yapısında bulunan pirit, manyetit, biyotit, epitot ve hematit gibi minerallerin bulunması ve bu minerallerin bileşiminde yer alan demirin bozuşması sonucunda kayanın yüzeyinde istenmeyen sarı renklenmeler ortaya çıkmasıdır.



Şekil 2.29. Parke taşı olarak kullanılan Harşit graniti, a) paslı parke taşı

II) Anklav Oluşumu: Mermer blok kalite kontrolünde önemli olan konu, yabancı elemanlardır. Mermer cinsinin genel jeolojik özellikleri dışında mermer içerisinde bulunan ve üretimin herhangi bir aşamasında verim ve kapasite düşüşüne, maliyet arttırıcı ya da kullanım aşamasında farklı sorunlara neden olan sert veya yumuşak mineraller, jeolojik süreçten kaynaklanan arıza olarak adlandırılan materyal ve diğer tüm malzemeler mermer için yabancı eleman olarak tanımlanır. Farklı mermer cinslerinin jeolojik özelliklerine göre farklı şekillerde mermer içerisinde bulunabilen pirit, arsenopirit, manyetit, hematit, epidot, feldspat, kuvars, dolomit, talk, şist, klorit, kil, çört, zımpara taşı ve fosiller karşılaşılan önemli yabancı elemanlardır. Anklav, mağmatik kökenli mermerler için önemli bir yabancı elemandır (Karaca, 2003).

Mermer işletmelerinin temel politikası, kaliteli üretim ve ihracatı sürekli yapan sürdürülebilir standart üretim olmalıdır. Sürdürülebilir standart üretim dünya standartlarına uygun, mümkün olduğunca homojen ve aynı kalitedeki ürünlerin uluslararası piyasalara sunulması ile mümkün olabilir. Sürdürülebilir standart üretim birim zamanda, ekonomik ve kaliteli birim ürün üretimi olarak tanımlanabilir. Anlaşılacağı üzere sürdürülebilir standart üretimde temel faktör kaliteli üretimdir (Karaca, 2003).

Arazi ve petrografik gözlemler sonucunda Harşit Granitinin içerisinde farklı dokuda ve bileşiminde anklavların olduğu saptanmıştır. Bu anklavlar köşeli ve oval şekilli olup birkaç santimetre boyutlarındadır. Bileşimleri diyoritten, kuvars diyorit ve monzodiyorit kadar değişip opak minerallerinde pirit manyetit mevcuttur. Çalışma alanındaki magmatik anklavları “bireysel anklav” adlandırılabiliriz. Çünkü bireysel anklavlar kütle içerisinde her tarafta dağılım gösterir.

Çalışma alanındaki granitlerin üzerinde anklavların varlığı renk ve desen homojenitesini bozmaktadır. Bu durum sahanın ekonomik değerinin kaybolmasına neden olabilir. Şekil 2.30’da mermer olarak kullanılan granitin üzerindeki anklavlardan dolayı şekil, desen ve homojen görünümündeki lekelenmeler gösterilmiştir.



Şekil 2.30. Granit üzerindeki anklavların görünümü, a) anklav

III) Cilalama ve Parlatma: Cilalama işleme, mermerciliğin vitrini olarak kabul edilir. Ve oldukça önemli bir yere sahiptir. Bütün kayalar cila alma özelliğine sahiptir. Ama her kayacın cila alma kapasitesi farklıdır. Kayaç ne kadar sertse cila tutma kapasitesi o kadar fazladır.

Bugün inşaat sektöründe dekoratif amaçlı kullanılan doğal taşlarda aranılan önemli özelliklerden biri cila kalitesi yani parlaklığıdır. Cila kalitesi doğal taşın kimyasal ve mineralojik bileşimine fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olduğu gibi doğal taş işleme tesislerinde gerçekleştirilen aşındırma ve parlatma işlemlerinin doğru bir şekilde yapılmasına da bağlıdır (Kulaksız, 2005).

Doğada her cins taş cilalanabilir. Ancak cila alma kapasitesi değişiktir. Bunlardan bir kısmı iyi cila kabul ettikleri halde, bir kısmı bu özelliğe sahip değildir. Bunun yanı sıra, bazı taşlar kolayca cilalanabildikleri halde, bazılarının cilalanması çok uzun zaman ve özel işlemleri gerektirir. Ayrıca mermerlerin bir kısmının iyi cila alıp diğer kısımlarının cila almaması büyük bir sakınca doğurur (Onargan, vd, 2005).

Sert mermerler daha iyi cila tutarlar. Ancak bu işlem çok zaman ve işçilik ister. Sertliği az olan mermerlerde ise cilada donuklaşmalar ve renkte açılmalar daha sık gözlenir (Köse vd., 1997).

Işık, parlak ve düzgün bir yüzeye geldiğinde düzgün biçimde yansır. Donuk ve pürüzlü bir yüzeye geldiğinde ise dağınık biçimde yansıyacaktır. Mafik kayalar ışığı yutarlar, felsik kayalar ise ışığı yansıtırlar. Yansımanın yoğunluğu ve netliği ışığın geliş

açısına ve ışık demetlerinin vurduğu zeminin özelliklerine bağlıdır. Yansıtıcı yüzey ışığı yansıtmayacak durumdaysa da başlangıçta iyi cilalanmadığı veya yüzeyi zamanla kullanımdan dolayı aşınıp karardığı için ve gelen ışığı yansıtılmaktan çok emdiği veya dağıttığı için, zemin parlak olmak yerine, donuk, yapışkan, kötü bir görünüm alacaktır. Uzun vadeli kullanımdan sonra ışığı tamamen yansıtamaz duruma gelecektir (Önenç, 1997).

Harşit Granitlerinin cila kabul etme yeteneği için, ıslak taş kesme testeresiyle kesilmiş 200 x 100 mm boyutundaki plaka üzerinde sırasıyla 60, 120, 220, 300, 600 ve 900 mesh numaralı taşlama diskleriyle taşlanmıştır (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Cilalama işlemi için kullanılan taşlama diskleri

Bu diskler üzerindeki numara sırasına göre, önce numune üzerindeki kaba pürüzleri temizler, daha sonra plaka üzerindeki mesh numarası büyüdükçe daha ince pürüzleri temizler. Cilalama plakasıyla numune cilası yapılarak parlatma işleme ve cila alma durumu belirlenmiştir.

Parlatma bir tür aşındırma işlemidir ve bir yüzey üzerinde bulunan pürüzlerin ve gözle görülebilen çiziklerin aşındırıcı malzeme kullanılarak ortadan kaldırılması olarak tanımlanmıştır (Coes, 1971).

Şekil 2.32'de cilalanmış ve parlatılmış numune ile herhangi bir işleme tabi tutulmayan numuneyle karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 2.32 incelendiğinde cilalanmış ve parlatılmış (a) örneğin, ile herhangi bir işleme tabi tutulmamış (b) örneği ile karşılaştırıldığında Harşit granitlerinin cila alma kapasitesi ve parlatılmasının çok iyi

olduğu görüldü. Granit sert olduğu için, parlatma ve cilalama çok iyi olan bir kayadır. Ancak bütün sert kayalarda olduğu gibi granitinde cilalanması, parlatılması ve işlenmesi zahmetli bir iş olmakla birlikte çok fazla zaman ister.



Şekil 2.32. a) Cilalanmış ve parlatılmış numune, b) her hangi bir işleme tabii tutulmayan numune

2.9. Harşit Granitlerindeki Radyoaktivite Seviyesi

Bilindiği üzere insan yaşamının önemli bir kısmı (ofis, ev) kapalı mekanlarda geçmektedir. Binalar; dışarıdan gelen kozmik ve kıtasal orijinli radyasyona karşı koruyucu olmakla beraber, bazen yapı malzemelerindeki radyasyon içeriğine bağlı olarak içerdeki radyoaktivite dışarıdan fazla olabilir. Yapı malzemeleri gerek doğal yollarla (yapı taşları, mermerler v.b), gerekse de çeşitli ham maddeler kullanılarak yapay olarak üretilir (çimento, kompoze taş, mermerit v.b). Her iki durumda da hammaddenin özelliklerinden kaynaklanan radyoaktivite içeriği söz konusudur. Bu nedenle gelişmiş ülkeler, toplum sağlığını korumak ve bina malzemelerinin spesifik aktivitelerini karşılaştırmak amacı ile tüm dünyada ortak bir indeks kullanmaktadırlar (Türkmen, 2003).

Bilindiği gibi, insan ve çevre sağlığının radyasyondan etkilenmesi 3 temel nedenden kaynaklanmaktadır. Bunlar; toprak ve atmosferde bulunan doğal radyoaktif elementler, nükleer silah denemeleri ve nükleer reaktör kazalarıdır. Toprak ve atmosferde bulunan doğal radyoaktif elementlerin çevreye yaydığı radyasyonu önlemek mümkün değildir. Topraklar oluştukları ana materyalde bulunan radyoaktif elementler nedeniyle bir

miktar radyasyon içerirler. Bu elementlerin suda çözünerek su kaynaklarına ve bitkilere geçtiği bilinen bir olaydır. Atmosferde kozmik ışınlardan kaynaklanan radyoaktif maddeler de bitkiler tarafından özümленerek organik yapıya geçerler ve bu yolla insanlara transfer olurlar. Ayrıca, toprak kökenli yapı malzemelerinde de (kum, çimento, tuğla vb.) bir miktar radyasyon vardır. Görülüyor ki, insan doğal çevresinde radyasyonla iç içe yaşamaktadır. Miktarı az olan bu radyasyon insan sağlığını önemli ölçüde etkilemez. Fakat radyasyonun hangi kaynaktan ve ne kadar sürede alındığı önem taşımaktadır (Dyson, 1993).

Ülkemizin son yıllarda doğal taş endüstrisindeki hızlı gelişimi dış pazarda dikkatle izlenmekte ve diğer ihracatçı ülkeleri tedirgin etmektedir. Bu bağlamda ihracatımızın ilk sıralarda yer alan Türk taşlarının radyasyonlu olduğu yolunda çeşitli söylemler yapılmaktadır. Özellikle Amerika ihracatlarında Türk firmalarından, üretilen ve/veya ihraç edilmekte olan taşla ilişkin radyasyon analizleri talep edilmektedir (Türkmen, 2003).

Rn-226 ve kısa yan ömürlü ürünlerinin neden olduğu içsel maruz kalmanın yanında bina malzemelerinde bulunan ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra radyonüklidlerinden yayımlanan gamalar da bina içinde dışsal maruz kalmaya katkıda bulunurlar. Bu nedenle Ra, K, Th içeren bina malzemelerinin spesifik aktivitelerini karşılaştırmak için radyum eşdeğer aktivitesi Ra(eq) adı verilen ortak bir indeks kullanılmaktadır ve Ra (eq) aktivitesinin 370 Bq/kg'ını geçmemesi istenmektedir (Petropouios vd., 2002).

Radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi için, Harşit Granit ocağını 6 farklı noktada alınan numuneler, çekiçle küçük parçalara kırıldıktan sonra 100 ± 5 °C'de etüvde kurutularak halkalı değirmende 2 dakika öğütülüp çapı 6 cm ve yüksekliği 5 cm olan plastik kutuların içine bırakılıp kutuların ağızlar sıkıca kapatılarak 1 ay süreyle bekletilir. Böylece ^{238}U ve ^{232}Th ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması sağlanır ve numuneler sayıma hazır hale gelir. Şekil 2.33'de içinde radyoaktivite seviyesi ölçek için alınan numuneler kaplar içinde gösterilmiştir.



Şekil 2.33. Radyoaktivite seviyesi ölçek için hazırlanan numuneler

Alınan numuneler, Yüksek Saflıkta Germanyum Dedektörü kısaca HPGe Detektörü olarak adlandırılan gama spektroskopik ölçümleri için ORTEC GEM55P4 Model HPGe'e detektörü kullanıldı. Bu detektör özden yarı iletken prensibine göre çalışan yarı iletken kristalden oluşmaktadır (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. Ortec GEM55P4 Model HPGe dedektörü

HPGe detektörlerinde cm^3 'te yaklaşık olarak 10^{10} safsızlık atomu vardır. Özden yarıiletkenler için elektron ve delik oranı yaklaşık 1'dir. HPGe detektörünün çalıştırılırken karakteristik özelliği gereğince yarı iletken kristal düşük sıcaklıklarda tutulmalıdır. Çünkü düşük sıcaklıklarda termal gürültü azalır ve bu da piklerin düzgün oluşmasına neden olur. HPGe detektörü %55 relatif verime sahip olup 1700 voltta çalışmaktadır. Gama

spektroskopisi sisteminde önyükseltici, yüksek voltaj kaynağı, analog dijital dönüştürücü (ADC) ve çok kanallı analizör (MCA) digidart adı verilen bir sistem de bulunup aynı zamanda detektörün taşınabilir (portatif) olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Ayrıca ölçümler Gama Vision yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

2.9.1. Radyum Eşdeğer Aktivitesi (Ra_{eq})

^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'in numunelerdeki dağılımı birbirlerinden farklıdır. Farklı miktarlardaki bu spesifik aktivitelerinden radyasyona maruz kalmayı standartlaştırmak için radyum eşdeğer aktivitesi (Ra_{eq}) aşağıdaki ifade ile tanımlanmaktadır (Beretka ve Mathew, 1995).

$$Ra_{eq}(\text{Bq/kg}) : C_{Ra} + 1.43 C_{Th} + 0.07 C_K \quad (20)$$

Burada C_{Ra} , C_{Th} ve C_K sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'in Bq/kg biriminde spesifik aktiviteleridir. Örneklerin ölçülen Ra_{eq} değerleri 370 Bq/kg'den küçük olmalıdır (Petropoulos vd., 2002).

2.9.2. Dış Tehlike İndeksi (H_{ex})

Beretka ve Mathew, (1995) tarafından tanımlanan dış tehlike indeksi;

$$H_{ex} = C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \quad (21)$$

ifadesiyle verilmektedir. Burada C_{Ra} , C_{Th} ve C_K sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'in Bq/kg biriminde spesifik aktiviteleridir. Radyasyon zararının önemsiz olabilmesi için H_{ex} 'in değeri 1 den küçük olmalıdır.

2.9.3. İç Tehlike İndeksi (H_{in})

Beretka ve Mathew, (1995) tarafından tanımlanan iç tehlike indeksi;

$$H_{in} = C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \quad (22)$$

ifadesiyle verilmektedir. Burada C_{Ra} , C_{Th} ve C_K sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın Bq/kg biriminde spesifik aktiviteleridir. Radyasyon zararının önemsiz olabilmesi için H_{in} 'in değeri 1 den küçük olmalıdır. Tablo 2.25 Harşit granitlerinin radyoaktivite deneylerinin istatistiksel sonuçları verilmiştir.

Tablo 2.25. Harşit Granitlerinin Radyonüklit Aktivite Konsantrasyonları

Deney No	^{226}Ra , Bq/kg.	^{232}Th , Bq/kg.	^{40}K , Bq/kg.	Ra_{eq} , Bq/kg.	H_{ex}	H_{in}
1	54±4	57±5	770±30	194	0,52	0,67
2	52±3	80±7	774±23	225	0,61	0,75
3	39±3	63±5	671±20	182	0,49	0,60
4	48±4	47±4	770±22	175	0,47	0,60
5	25±2	59±5	617±19	157	0,42	0,49
6	50±3	50±5	747±29	179	0,48	0,62

Tablo 2.25 incelendiğinde alınan granit örnekleri üzerinde Gama Spektrometrik Analizi sonucu saptanan Ra (eq) aktivitesi değerinin ortalaması 185 Bq/kg, olarak bulunmuştur. Örneklerin ölçülen Ra_{eq} değerleri bina materyalleri için 370 Bq/kg'den küçük olmalıdır (Petropoulos vd., 2002). Bulunan sonuçlar bina materyalleri için öngörülen 370 Bq/kg değerinin altındadır.

Beretka ve Mathew, (1995) tarafından tanımlanan (Petropoulos vd., 2002). için H_{ex} ve H_{in} 'in değeri 1 den küçük olmalıdır. Tablo 2.25'de verilen H_{ex} 0,5 ve H_{in} 0,62 değerlerini göz önünde bulundurduğumuzda Harşit Granitlerinin bulunan H_{ex} ve H_{in} değerleri 1'den küçük olduğu bulunmuştur.

3. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Harşit (Giresun) Granitlerinin Fiziko-Mekanik Özellikler, mineralojik- petrografi ve radyoaktivite özellikleri belirlenmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda, standartlara göre karşılaştırılmasında aşağıdaki Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Harşit granitlerinin fiziksel özellikleri

Kayacın Fiziksel Özellikleri	Aritmetik Ortalama	TS Sınır Değerler			
		TS 1910	TS 2513	TS 10449	TS 6234
Özgül ağırlık, gr/cm ³ .	2,76		Yapı taşı ≥ 2,55		
Birim hacim Ağırlığı (Kuru), gr/cm ³ .	2,708	Kaplama ≥ 2,55			
Birim hacim Ağırlığı (Doygun), gr/cm ³ .	2,720				
Ağırlıkça su emme oranı, %.	0,414	Doğal Taş < 0,75	Yapı Taş ≤ 1,8	Mermer < 0,4	Granit ≤ 0,75
Hacimce su emme oranı, %.	1,123				
Görünür porozite, %.	1,123	Doğal Taş ≤ 2			
Porozite (Gözeneklilik), %.	1,942				

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 incelendiğinde şu sonuçlar çıkartılabilir.

- TS 2513’de mermer ve doğal yapı taşları için özgül ağırlık değeri 2,55 g/cm²’den küçük olmamalıdır. Harşit granitlerinin özgül ağırlığı 2.76 g/cm² olarak bulunmuştur. Özgül ağırlık değeri standartların üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

- TS 1910’ a göre kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşın en az 2.55 gr/cm³ birim hacim ağırlığında olmalıdır. Çalışılan sahanın kuru birim hacim ağırlığı 2,708 gr/cm³, doygun birim hacim ağırlığı 2,72 gr/cm³ bulunmuştur. Bulunan bu değerler TS standartlarında belirtilen değer in üstünde olduğu görülüyor.

- TS 1910’a göre doğal taşların atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme oranı % 0,75 ‘den az olmalıdır. TS 2513’e göre doğal yapı taşlarında ağırlıkça su emme oranı % 1,8 den büyük olmamalıdır. TS 10449’a göre mermerlerin atmosfer basıncında kütlece su

emmesi % 0,4'den küçük olmalıdır. TS 6234'e göre granitlerin kütle su emme oranı max % 0,75 olmalıdır. Harşit Granitlerin ağırlıkça su emme oranı % 0,414 olarak bulunmuştur. Granitlerin su emme oranı TS 2513, TS 1910 ve TS 6234'de gösterilen sınırların altında olduğu ve TS 10499'da ise sınır değeri içinde olduğu görülüyor.

• TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal taşlarda gözeneklilik % 2'yi aşmamalıdır. Çalışma deneylerinin görünür porozitesinin %1.123 olduğu ve gerçek porozitesinin % 1,942 olarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin belirtilen TS standartlarının altında olduğu görüldüğü ve kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989) göre "az boşluklu" kaya sınıfında yer aldığı görünmektedir.

Tablo 3.2. Harşit granitlerinin mekanik özellikleri

Kayacın Mekanik Özellikleri		Aritmetik Ortalama	TS Sınır Değerler		
			TS 2513	TS 10449	TS 706
Tek eksenli basınç dayanımı, MPa.	Küp	217	$\geq 117,68$	Döşemede >50 Kaplama >30	
	Silindir	221			
Nokta yük dayanımı, MPa.		9,62			
Yarmada çekme dayanımı, MPa.		14,01			
Eğilme dayanımı, MPa.		19,9	Granit $\geq 7,36$	Mermer > 6	
Darbe dayanımı, kgf.cm/cm ³ .		52,5	Yol Parkesi ≥ 12	Döşemesi ≥ 6 Kaplama ≥ 4	
Böhme aşınma, cm ³ /50cm ² .		3,14	Döşemede ≤ 15 Yol parkesi ≤ 10	Kaplama ≤ 25 Döşeme ≤ 15	
Los Angeles aşınma, %.	K-100	7,37			Agrega \leq %50
	K-500	24,44			
Tabii don sonrası ağırlık kaybı %	Küp	0,009	Kaplama $\leq 5\%$	Mermer $\leq 1\%$	
	Silindir	0,08			
Don sonrası basınç dayanımı, MPa.	Küp	192			Mermer ≥ 30
	Silindir	205			
Ultrasonik hız, m/sn.	P-kuru	4060			
	P-doygun	5186			

- TS 10449' a göre mermerlerin basınç dayanımı, döşeme kaplaması, merdiven basamağı, yer döşemesinde kullanılacak mermerlerde 50 MPa, duvar kaplamada kullanılacak mermerlerde 30 MPa'dan büyük olmalıdır. TS 2513'a göre doğal taşlardan granit gibi sert taş cinslerinden basınç dayanımı en az 117,68 MPa olmalıdır. Harşit Granitlerinin küp ve silindir numunelerin kırılmaları sonucunda sırasıyla 217 ve 221 MPa olarak bulunmuş ve bu standartlara göre Harşit Granitleri, TS standartlarında gösterilen sınır değerlerinin üstündedir. Aynı zamanda bu granitler Deere ve Miller (1966)'e göre "çok yüksek dayanımlı " kaya sınıfına girdiği belirlenmiştir.

- Harşit Granitin Schmidt sertlik değeri 57 olarak bulunmuştur. Schmidt test çekici geri tepme sayısına göre kaya sertliği sınıflandırılmasını (Brown 1981), göz önünde bulundurduğumuzda Harşit Granitlerinin oldukça sırt kaya sınıfında olduğunu görürüz.

- Bieniawski (1975) tarafından nokta yük dayanımına göre yapılan sınıflandırmada Harşit Granitlerinin "çok yüksek dayanımlı kaya" sınıfında yer aldığı görülmektedir. Nokta yük dayanım indeksi ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasında uyumlu bir ilişkinin olduğu anlaşılıyor.

- TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımı 6 MPa'dan büyük olmalı, TS 2513 ve TS 6234'e göre granit, gibi magmatik kökenli doğal taşlarda, taşıma ve kaplama olarak kullanılabilmesi için kayalarda eğilme dayanımı en az 7,36 MPa olmalıdır. Harşit Granitin eğilme dayanımı 19,9 MPa olduğu ve bu değer TS belirtilen değer çok üstündedir.

- TS 2513'e göre doğal yapı taşları üzerinde darbe dayanımı deneyi uygulandığında darbe dayanımı değeri 6 kg. cm/cm³ den, eğer bu taş yol parkesi, bordürü vb. aşırı darbe etkilerine karşı bulunan yapı kısımlarında kullanılacak ise darbe dayanımı değeri 12 kg. cm/cm³ den küçük olmamalıdır. TS 10449'da belirtilen döşeme kaplaması, merdiven basamağı yer döşemesinde kullanılacak mermerlerde 6 kgf cm/cm³, duvar kaplamasında kullanılacak mermerlerde 4 kgf cm/cm³ büyük olmalıdır. Buna göre deney örneklerin darbe mukavemeti 49,2 kgf.cm/cm³ olarak bulundu ve standart değerlere uygundur.

- TS 10449'a göre, mermerlere sürtünmeden dolayı aşınan miktarı, döşeme kaplaması, merdiven basamağı gibi yer döşemesi olarak kullanacaklar için 15cm³/50cm² den, duvar kaplamasında kullanılacak mermerlerde 25 cm³/50cm²'den büyük olmamalıdır. TS 2513'e göre ise; döşeme kaplaması, merdiven basamağı gibi aşındırıcı etkiler karşısında kalacak yapı kısımlarında sürtünmeden dolayı aşınma deneyi için kullanılacak

doğal taşlarda en fazla $15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ yol parkesi ve bordür olarak kullanılacaklarda ise en fazla $10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olmamalıdır. Verilen TS standartları sınırlarına göre Harşit Granitlerinin aşınma değerleri $3,143 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ve öngörülen değerleri sağlamaktadır.

- TSE 706 / Beton Agregaları standartlarında belirtilen 500 devir sonunda %50 değerinin altında bulunması, elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilceği sonucunu doğurmuştur. Deneylerde 500 devir sonunda %24,44 olarak bulunmuştur.

- TS 2513 ve TS 1910'a göre doğal yapı taşları üzerinde açılan don deneyi yapıldığında bulunacak ağırlık azalması % 5 den fazla olmamalıdır. TS 10449'a göre mermerlerin don dayanımı %1'den küçük olmalıdır.

- Mermerlerin don sonrası basınç dayanımı TS' 10449'a göre 30 MPa'dan büyük olmalıdır. Bulunan sonuçların, Deere ve Miller'in tek eksenli basınç dayanımına göre yaptığı sınıflamada, Harşit Granitlerinin dondan önce olduğu gibi "çok yüksek dayanımlı" kaya sınıfında yer almaktadır.

- Ultrasonik hız için, etüvde kurutulmuş numuneler için; (V_{pk}) 4060 m/sn, su içerisinde doymuş hale gelmiş numuneler için; (V_{pd}) 5186 m/sn olarak bulunmuştur. Etüvde kurutulmuş numunelerin ultrasonik hız sınıflandırmasında (Anon,1979) "yüksek hız", doymuş halindeki ultrasonik hız sınıflandırılmasında ise "çok yüksek hız" değerinde olduğu görülür.

Mineralojik ve petrografik özelliklerine göre sonuçların sunumu;

- Yapılan parlak kesit sonuçlarında Harşit Granitinin içinde, Pirit (FeS_2), Hematit (Fe_2O_3) ve Manyetit (Fe_3O_4) gözlemlendi. Bu minerallerin bileşiminde yer alan demirin bozuluşu sonucunda mermer yüzeyinde istenmeyen sarı renklenmeler ortaya çıkar, paslanmalar görülür. Paslanma, magmatik derinlik kayaları içerisinde demir içerikli minerallerin su ile teması kayalar içinde paslanmaya neden olmaktadır. Türk ve dünya doğal yapı taşı standartlarına göre su ile temas sonucunda paslanan kayalar doğal yapı taşı olarak kullanılmazlar.

- Trabzon sahil yolunda parke taşı olarak kullanılan Harşit granitlerinden paslanmaların açık bir şekilde görüldüğü çekilen fotoğraflarla gösterilmiştir.

- Harşit Granitlerinde anklav bulunduğunda, bu anklavlar granitin renk ve desen homojenitesini bozmaktadır. Granitlerin içinde anklavların varlığı sahanın mermer için blok verdiğinde, onun ekonomik değerinin düşmesine neden olabilir.

- Doğada her cins taş cilalanabilir. Ancak cila alma kapasitesi değişiktir. Bunlardan bir kısmı iyi cila kabul ettikleri halde, bir kısmı bu özelliğe sahip değildir. Harşit Granitlerinin parlatılıp cilalandıktan sonra iyi cila aldığı ve parlatılmasının iyi olduğu görüldü. Ancak granit sert bir kayaç olduğu için, parlatma ve cilalama çok zahmetli bir iş olmakla birlikte fazla zaman ister.

Radyoaktivite seviyesine sonuçların sunumu;

- Gama Spektrometrik Analizi sonucu Harşit granitlerinde saptanan Ra (eq) aktivitesi değerinin ortalaması 185 Bq/kg olup, bina materyalleri için (Petropoulos vd., 2002). tarafından öngörülen 370 Bq/kg değerinin altındadır.

- Beretka ve Mathew, (1995) tarafından tanımlanan iç ve dış tehlike indeksi, Radyasyon zararının önemsiz olabilmesi için H_{ex} ve H_{in} 'in değeri 1 den küçük olmalıdır. Sonuçlar göz önünde bulundurduğumuzda Harşit Granitlerinin bulunan H_{ex} ve H_{in} sırasıyla 0,5 ve 0,62 olarak bulunmuş ve bu değerlerin 1'den küçük olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Harşit (Giresun) granitlerinin fiziksel, mekanik, mineralojik-petrografi ve radyoaktivite özellikleri belirlenmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda, aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- Mekanik ve fiziksel özellikleri değerlendirildiğinde TS 10449, TS 1910, TS 2513, TS 6234 ve TS 706 standart değerlerine göre uygun olduğu, özellikle basma, eğilme, aşınma ve don sonrası dayanımı deneylerinde TS standartlarının gösterdiği değerlerden daha yüksek sonuçlar bulundu. Bu sonuçlarda Harşit granitinin yüksek dayanımına sahip olduğunu, yapı taşı olarak kaplama ve döşemede kullanılabileceği sonucuna varıldı.

- Harşit granitlerinin radyoaktivite seviyesi deney sonuçları bina materyalleri için (Petropouios vd., 2002) ve iç ve dış kaplama kullanılmasında (Beretka ve Mathew, 1995) göre radyasyon zararının önemsiz olabilmesi için gösterilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

- Mineralojik- petrografi Çalışma sırasında, polarizan mikroskopta yapılan ince kesit ve parlak kesit analizlerinde granit içerisinde manyetit, pirit, rutil, hematit gibi metalik minerallerin varlığı belirlenmiştir. Yerinde yapılan gözlemlerde, Harşit Graniti'nin pas etkisine kısmen maruz kaldığı görülmektedir. Granitin paslanma ihtimaline karşın, açık alanlarda, sulu ve nemli yerlerde kullanımı tercih edilmemelidir. Çünkü paslanma, doğal yapı taşlarında istenilmeyen bir durumdur.

- Granitin içinde, kimi noktalarda mermer olarak kullanıldığında istenilmeyen, yabancı madde olarak anklav bulunur. Anklav, magmatik kökenli yapı malzemelerinde karşılaşılan bir sorundur. Granitin içinde az olsa anklavların olması, doğal taş pazarında çok tercih edilmeyebilir. Çünkü bir taşın mermer olarak dünya pazarında satıla bilmesi ve tercih edilebilmesi için, renk ve desen yönünde homojenliğin olması tercih edilir.

- Dünyada en yaygın granit rengi, Harşit Graniti'nin de sahip olduğu gri renktir. Dünya taş ticaretinde kırmızı, pembe, siyah, mavi ve yeşil renkli granitler aranmaktadır.

- Sonuç olarak, yürürlükteki standartlara uygun deney sonuçlarının alınması, bir doğal taşın yapı taşı olarak değerlendirme kararında yetersiz olduğudur. Doğal taş yatırım kararı öncesinde deney sonuçları ve ilgili standartlarına göre değerlendirmenin yanı sıra mutlaka pazar araştırması yapılmalı, benzer taşların ekonomik durumu ve talebi araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Akar, A., 1987. Endüstriyel Hammaddeler ve Zenginleştirme Yöntemleri Kitabı, D.E.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi MM/MAD-87 EY 142, İzmir, 210.
- Akdağ, C.T. ve Taşkın, C., 2008. Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Yayını, İzmir.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Trabzon.
- 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.
- Aslaner, M., Gedikoğlu, A. ve Tülümen, E., 1982. Harşit, Vadisi Polimetallik Mineralizasyonlarının Ayrıntılı Araştırılması, TÜBİTAK Matematik – Fizik ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-390.
- Aslaner, M., 1995. Mineraloji I (Kristallografi), K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, Trabzon.
- Bamford, W. E., Van Duyse, H., Nieble, C., Rummel, F., Broch, E. ve Franklin, J. A., 1977. Rock Characterization Testing & Monitoring. In Brown, E. T. (Ed.), Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rock, 20, 1, 57-85.
- Beretka, J. ve Mathew P.J., 1985. Natural Radioactivity of Australian Building Materials, Industrial Wastes and By-products, Health Phys, 48, 1, 87.
- Boynukalın, S., 1990, Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Brown, E. T., 1981. Suggested Methods of Rock Characterization Testing and Monitoring, International Society for Rock Mechanics, Portugal, 53.
- Ceryan, Ş., 1999. Harşit Granitoyidi'nin Ayrışması, Sınıflandırması Ayrışmanın Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Coes, L., 1971. Abrasives, Springer- Verlag, New York, 177.
- Çelik, Y.M., 2003. İncehisar- Bolvadin (Afyon Doğusu) Arasındaki Paşadağ Yöresinin Jeolojisi ve Paşadağ Mermerlerinin Değerlendirilebilirliğinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Çetin, T., 2003. Doğal Ortam-Ekonomik Faaliyet İlişkisine Bir Örnek, Kozak Yöresi (Bergama). Gazi Üniv. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 23, 1, 23-46.
- Damla, N., 2005, Doğu Karadeniz Bölgesi İçme Sularında Toplam Alfa, Toplam Beta ve Gama Aktivitesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Davis W. R. and Brough R.,1972. Ultrasonic Techniques in Ceramic Research and Testing, Ultrasonics, May.
- Deere, D.U. and Miller, Rp., 1966. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock, Technical Report No: AFNL-TR-65-116 Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, USA.
- Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracat Genel Müdürlüğü Ar-Ge ve Değerlendirme Dairesi 2007.
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt KomisyonuÇimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt-III (Mermer), Yayın No: DPT: 2434-ÖİK: 491, Ankara.
- Dyson, N., 1993. Radiation Physics With Applications in Medicine And Biology, Ellis Horwood Limited, 121, 23, 11876.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granitik Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods, E. T. Brown (Ed.) Pergamon Press, 43, 2, 211.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strenght, Int. J. Rock . Mech. Min .Sci. Geomech. Abstr., 22, 51,60.
- Iliev, I G., 1967. An Attempt to Estimate the Degree of Weathering of Intrusive Rocks From Their Physico-mechanical Properties, in Proceedings of the 1st Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon. 23, 109,114.
- Kara, A., 2008. Karaca ve Çal Mağarası'nda Radon Konsantrasyonlarının ve Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karaca, Z., 2001. Mermer Madenciliği, Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Yayını, İzmir.
- Karaca, Z., 2002. Mermerlerin Basınç Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Karaca, Z., 2003. Mermer Blok Kalite Kontrolü, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Karpuz, C., Özenoğlu A., Tutluoğlu, L. ve Ünal, E., 1986. Kaya Mekaniği İlkeleri, O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı, Seminer No: 6-7, 50-56.
- Koçal, F., 1999. Trabzon-Maçka Başar Taşocağındaki Kireçtaşının Agrega Olma Açısından İncelenmesi, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, 279-285.
- Korkmaz, S., 1996. Doğu Karadeniz Bölgesi Madencilik Potansiyeli, Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, Trabzon.
- Köktürk, U., 2002. Endüstriyel Hammaddeleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayını, İzmir.
- Köprübaşı, N., 1992. Aşağı Harşit Bölgesinin Mağmatik Petrojenezi ve Masif Sülfidlerde Jeokimyasal Hedef Saptama Uygulamaları, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köse, H. ve Onargan, T., 1997. Mermer, İzmir.
- Köse, H. ve Kahraman, B., 1999. Kaya Mekaniği, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Basım Ünitesi, İzmir.
- Kulaksız, S., 2005. Doğal Taş (Mermer) Maden İşlemciliği ve İşletme Teknolojileri, Ankara, 502-503 s.
- Kum, N., 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi Kitabı, İzmir, 149 s.
- Leslie H.N., 1976. Site Testing of Concrete, British Journal of Non-Destructive Testing, 4, 46.
- Mermer ve Granit Sanayi Sektör Araştırması, 1995. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Mermer İşleme Makinaları Sektör Araştırması, 2006. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1979. Exposure to Radiation From the Natural Radioactivity in Building Materials, Report by a Group of Experts of the OECD Nuclear Energy Agency.
- Onargan, T., Köse, H. ve Deliormanlı, A.H., 2005. Mermer, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.

- Onur, A H. ve Bakraç, S., 1997. Mermer Bloklarında Mevcut Çatlak ve Kırıkların Pundit Cihazı ile Tespiti, Türkiye IS.Madencilik Kongresi ISBN 975-395-216-3.
- Önenç, D.İ., 1997. Mermer işletmeciliğinde ideal Ocak Yerinin Saptanmasında Dikkate Alınacak Hususlar, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 1-2, 44-48.
- Önenç, D.İ., 1997. Mermer Cilası Nasıl Kaybolur ve Rengi Nasıl Bozulur, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 1-2, 54-55.
- Önemi Y., 1997. Sanayi Madenleri, Kazan Ofset Matbaacılık, Ankara 340.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doçençlik Tezi, K.T.Ü. Trabzon.
- Petropoulos, N.P., Anaenostakis, M.J. ve Simopoulos. S.E., 2002. Photon Attenuation. Natural Radioactivity Content and Radon Exhalation Rate of Building Materials, Journal of Radioactivity, 61, 257-269.
- Samuels, L.E., 1971. Metallographic Polishing by Mechanical Methods, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York, 2, 4, 224.
- Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ. ve Sarıışık, A., 1996. Mermer Teknolojisi Kitabı, S.D.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta, 242.
- Tarhan, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Topal, T., 2000. Nokta Yükleme Deneyi ile İlgili Uygulamada Karşılaşılan Problemler, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 24, 1, 73-86.
- T.S.E., 1977. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, TS 1910 UDK 691.215, Ankara.
- T.S.E., 1977. Doğal Yapı Taşları, TS 2513 ICS 91.100.15, Ankara.
- T.S.E., 1987. Tabii Yapı Taşları - Muayene ve Deney Metotları, TS 699, ICS 91.100.01; 91.100.15, Ankara.
- T.S.E., 1990. Kayaçlar - Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite Tayini, TS 8615, Ankara.
- T.S.E., 2000. Doğal Taşlar, Deney Metotları - Basınç Dayanımı Tayini, TS EN 1926, ICS 73.020;91.100.15., Ankara.
- T.S.E., 2003. Beton Agregaları, TS 706 EN 12620, ICS 91.100.15;91.100.30, Ankara.
- T.S.E., 2003. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Dona Dayanım Tayini, TS EN 12371, ICS 73.020;91.100.15., Ankara.

- T.S.E., 2003. Doğal Taşlar, Deney Metotları, Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, TS EN 13755, ICS 73.020;91.100.15., Ankara.
- T.S.E., 2004. Dış Zemin Döşemeleri İçin Tabii Kaplama Taşları - Özellikler ve Deney Metotları, TS 1341, ICS93.080.20, Ankara.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1 Metal Mining of Japan.
- Türkmen, F., Kum, N. ve Yaprak, G., 2003. Ülkemizde Üretilen ve Amerika - Uzak Doğu Pazarlarında İlgi Gören Bazı Doğal Taşların Radyoaktivite Özellikleri, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, 75s, Afyon.
- Ulusuy, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgileri, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No: 38, 131s.
- URL-1: <http://www.tummer.org.tr/index.php?n>, Aralık 2007.
- URL-2: <http://www.immcarrara.com/stat/english-version/index-schede-paesi.html>., IMMC SpA, IMMC Statistics about World Stone Sector. Erişim: Aralık 2007.
- URL-3: <http://www.immib.org.tr>, Mayıs 2008.
- Uyanık, T., 2001. Doğaltaşlar Dış Pazar Araştırması, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi Yayını, Ankara.
- Yılmaz, A.O, Çavuşoğlu, İ., Alp, İ., Kaya, R. ve Vıçıl, M., 2003. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Doğaltaş Potansiyeli ve Doğaltaş İşletmeciliği ile İlgili Sorunlar, Türkiye Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Yılmaz, H. ve Safel, R., 2004. Mermer Sektörü, Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmenliği Sektör Araştırmaları Serisi, No:31 Temmuz.

6. EKLER

Ek 1. Harşit granitlerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçları

Fiziksel özellikler													
Örnek No	Doğun	Kuru	Su içinde	Hacim	BoşlukH.	Katı H.	K.B.H.A.	D.B.H.A	Gbr. Por. (%)	e(%)	Ağır S.E.%	Hacim S.E.%	Porozite
1	958,97	954,86	606,22	352,75	4,11	348,64	2,71	2,72	1,17	1,18	0,43	1,17	1,99
2	973,12	968,80	614,44	358,68	4,32	354,36	2,70	2,71	1,20	1,22	0,45	1,20	2,21
3	1029,50	1025,04	651,30	378,20	4,46	373,74	2,71	2,72	1,18	1,19	0,44	1,18	1,87
4	941,82	937,78	595,40	346,42	4,04	342,38	2,71	2,72	1,17	1,18	0,43	1,17	1,99
5	911,07	907,30	577,47	333,60	3,77	329,83	2,72	2,73	1,13	1,14	0,42	1,13	1,53
6	920,04	916,14	582,28	337,76	3,90	333,86	2,71	2,72	1,15	1,17	0,43	1,15	1,80
7	978,75	974,76	618,25	360,50	3,99	356,51	2,70	2,71	1,11	1,12	0,41	1,11	2,10
8	1019,16	1014,92	644,31	374,85	4,24	370,61	2,71	2,72	1,13	1,14	0,42	1,13	1,97
9	1046,25	1041,72	661,74	384,51	4,53	379,98	2,71	2,72	1,18	1,19	0,43	1,18	1,91
10	1016,53	1012,05	643,33	373,20	4,48	368,72	2,71	2,72	1,20	1,22	0,44	1,20	1,82
11	919,77	916,07	581,22	338,55	3,70	334,85	2,71	2,72	1,09	1,10	0,40	1,09	2,03
12	908,27	904,48	574,48	333,79	3,79	330,00	2,71	2,72	1,14	1,15	0,42	1,14	1,89
13	934,97	931,34	590,95	344,02	3,63	340,39	2,71	2,72	1,06	1,07	0,39	1,06	1,98
14	978,06	974,34	618,10	359,96	3,72	356,24	2,71	2,72	1,03	1,04	0,38	1,03	2,00
15	964,53	960,88	610,07	354,46	3,65	350,81	2,71	2,72	1,03	1,04	0,38	1,03	1,85
16	955,33	951,32	603,95	351,38	4,01	347,37	2,71	2,72	1,14	1,15	0,42	1,14	1,98
17	959,85	956,07	606,78	353,07	3,78	349,29	2,71	2,72	1,07	1,08	0,40	1,07	1,96
18	1026,74	1022,45	649,16	377,58	4,29	373,29	2,71	2,72	1,14	1,15	0,42	1,14	1,96
19	961,36	957,45	607,50	353,86	3,91	349,95	2,71	2,72	1,10	1,12	0,41	1,10	2,04
20	989,01	985,20	625,22	363,79	3,81	359,98	2,71	2,72	1,05	1,06	0,39	1,05	1,95

Ek 2. Küp numunelerde basma dayanımı deney sonuçları

Tek Eksenli Basınç Direnci (Küp numuneler)						
Örnek No	En, cm.	Boy, cm.	Alan, cm ² .	Max yük	T.E.B.D.	T.E.B.D MPa.
1	6,90	7,10	49,01	96608,29	1971,18	193,31
2	7,16	7,21	51,62	125311,90	2427,41	238,05
3	7,04	7,37	51,88	120260,10	2318,11	227,33
4	7,01	7,16	50,23	110812,80	2206,24	216,36
5	7,16	6,67	47,78	103070,70	2157,25	211,56

Ek 3. Silindir numunelerde basma dayanımı deney sonuçları

Tek Eksenli Basınç Direnci (Silindir numuneler)						
Örnek No	Çap, cm.	Boy, cm.	Alan, cm ² .	Max yük	T.E.B.D.	T.E.B.D MPa
1	5,38	10,84	22,76	53766,04	2362,81	231,72
2	5,48	10,84	23,56	51272,93	2176,58	213,45
3	5,48	11,19	23,57	52847,52	2241,78	219,85
4	5,48	11,14	23,57	56718,41	2405,99	235,95
5	5,49	11,13	23,69	49693,05	2097,24	205,67

Ek 4. Nokta yükleme deney sonuçları

Nokta Yükleme Dayanımı										
Örnek No	En, cm.	Boy, cm.	Alan, cm ² .	Katsayı	Kuvvet, bar.	Kuvvet, kg.	N.Y.D	Nok, MPa.	T.E.B.D	
1	6,99	7,10	49,57	20,07	245,00	4917,15	99,20	9,73	233,49	
2	7,24	7,09	51,28	20,07	295,00	5920,65	115,45	11,32	271,74	
3	7,32	7,29	53,37	20,07	269,00	5398,83	101,16	9,92	238,09	
4	7,28	7,54	54,82	20,07	288,00	5780,16	105,44	10,34	248,18	
5	7,15	7,31	52,24	20,07	230,00	4616,10	88,37	8,67	207,98	
6	7,24	7,46	53,98	20,07	252,00	5057,64	93,69	9,19	220,52	
7	7,24	7,25	52,48	20,07	215,00	4315,05	82,22	8,06	193,51	
8	7,23	7,12	51,48	20,07	238,00	4776,66	92,79	9,10	218,40	
9	7,18	7,08	50,83	20,07	239,00	4796,73	94,36	9,25	222,09	
10	7,23	7,11	51,36	20,07	265,00	5318,55	103,55	10,15	243,72	
11	7,20	7,20	51,84	20,07	250,00	5017,50	96,79	9,49	227,80	
12	7,15	7,25	51,77	20,07	273,00	5479,11	105,84	10,38	249,12	
13	7,07	6,97	49,28	20,07	235,00	4716,45	95,71	9,39	225,27	

Ek 5. Numuneler üzerinde yapılan yarmada çekme (Brezilya) deney sonuçları

Yarmada çekme (Brazilian) deneyi							
Örnek No	Çap, cm.	Boy, cm.	Katsayı	Kuvvet, bar.	Kuvvet, kg.	Çekilme Day, kgf/cm ² .	Çekme Day, MPa.
1	5,4	2,7	20,07	177	3552,4	153,7	15,1
2	5,4	2,8	20,07	148	2970,4	126,1	12,4
3	5,4	2,7	20,07	150	3010,5	130,6	12,8
4	5,4	2,7	20,07	178	3572,5	154,0	15,1
5	5,5	2,8	20,07	188	3773,2	153,7	15,1
6	5,5	2,8	20,07	169	3391,8	138,5	13,6
7	5,5	2,8	20,07	190	3813,3	155,8	15,3
8	5,5	2,9	20,07	180	3612,6	146,4	14,4
9	5,5	2,9	20,07	169	3391,8	137,4	13,5
10	5,5	2,8	20,07	161	3231,3	132,7	13,0
11	5,5	2,9	20,07	175	3512,3	142,3	14,0

Ek 6. Eğilme dayanımı deney sonuçları

Eğilme Dayanımı										
Örnek No	En cm.	Boy, cm.	Kalınlık, cm.	Mesnet, cm.	H, cm ² .	Yenilme yük, bar.	Katsayısı	Y.yük, kgf.	Y.yük, kg/cm ² .	E.D. MPa
1	10,20	19,63	5,56	18	30,87	67,00	31,80	2130,33	182,73	17,92
2	10,18	19,50	5,15	18	26,56	60,00	31,80	1907,75	190,44	18,68
3	10,30	19,86	5,27	18	27,80	70,00	31,80	2225,71	209,84	20,58
4	9,99	19,59	5,12	18	26,26	51,00	31,80	1621,59	167,01	16,38
5	10,29	19,73	5,48	18	30,05	81,00	31,80	2575,47	224,80	22,05
6	10,19	19,58	5,74	18	32,90	75,00	31,80	2384,69	192,06	18,84
7	10,26	19,55	5,28	18	27,89	77,00	31,80	2448,28	230,97	22,65
8	9,94	19,69	5,23	18	27,35	65,00	31,80	2066,73	205,24	20,13
9	10,09	19,60	5,40	18	29,16	68,00	31,80	2162,12	198,43	19,46
10	9,98	19,63	5,23	18	27,35	72,00	31,80	2289,30	226,36	22,20

Ek 7. Böhme yüzey aşındırma deney sonuçları

Böhme Yüzey Aşındırma												
Örnek no	Boyutları			İlk hacim				Son hacim				Böhme aşınma %
	En (cm)	Boy (cm)	Alan(cm ²)	Doygun	Su içinde	Hacim	Doygun	Su içinde	Hacim	Doygun	Su içinde	
1	6,84	6,95	47,53	919,77	581,22	338,55	904,7	569,58	335,12	3,608		
2	7,1	6,67	47,38	908,27	574,48	333,79	894,15	562,4	331,75	2,153		
3	7,11	6,88	48,91	934,97	590,95	344,02	922,67	582,6	340,07	4,038		
4	7,2	7,29	52,47	978,06	618,1	359,96	966,29	609,16	357,13	2,697		
5	7,25	7	50,76	964,53	610,07	354,46	952,77	601,58	351,19	3,221		

Ek 8. Disk aşınma deney sonuçunda meydana gelen oyuk uzunluğu

Disk Aşınırma						
Örnek No	İlk ağırlık, g.	Son ağırlık, g.	m_1-m_2	I. ölçü	II. ölçü	III. ölçü
1	1466,69	1466,16	0,53	13,93	16,24	15,34
2	1512,53	1512,01	0,52	16,06	15,1	14,13
3	1449,86	1449,27	0,59	13,49	13,5	13,36
4	1512,57	1512,06	0,51	13,52	14,87	15,6
5	1290,68	1290,19	0,49	13,77	13,15	13,28

Ek 9. Los Angeles deney sonuçları

Los Angeles				
Örnek No	İlk kuru ağır, g	K-100 devir, g.	K-500 Devir, g.	K 100- Los Angeles aşınma, %.
1	5000	4683	3743,3	6,34
2	5000	4613,1	3852,3	7,74
3	4985,3	4585,2	3727,5	8,03
				25,13
				22,95
				25,23

Ek 10. Silindir numunelerde don sonrası basma dayanımı deney sonuçları

Don Sonrası (Silindir numuneler) Basma Dayanımı									
Örnek No	Çap, cm.	Boy, cm.	İlk Kuru Ağırlık	Son Kuru Ağırlık	Don Kaybı	Alan, cm ² .	Max yük	T.E.B.D.	T.E.B.D.-MPa
1	5,38	10,90	660,60	659,91	0,104	22,69	42738,00	1883,76	184,74
2	5,37	10,86	660,11	659,54	0,086	22,65	49922,00	2204,51	216,19
3	5,38	10,86	663,86	663,10	0,114	22,70	45630,00	2009,74	197,09
4	5,53	11,16	712,94	712,16	0,109	23,99	54192,00	2259,07	221,54
5	5,49	11,10	705,87	705,15	0,102	23,69	50551,00	2134,23	209,30

Ek 11. Küp numunelerde don sonrası basma dayanımı deney sonuçları

Don Sonrası (Küp numuneler) Basma Dayanımı									
Örnek No	En, cm.	Boy,cm.	İlk Kuru Ağırlık, g.	Son Kuru Ağırlık, g.	Don Kaybı, g.	Alan, cm ²	Max yük	T.E.B.D.	T.E.B.D.-MPa
1	7,18	6,74	916,14	916,12	0,0022	48,44	102545,00	2116,87	207,60
2	7,15	7,28	974,76	974,59	0,0174	52,03	97658,00	1876,94	184,07
3	7,18	7,56	1014,92	1014,70	0,0217	54,32	91525,00	1685,00	165,24
4	7,27	7,58	1041,72	1041,69	0,0029	55,12	118783,00	2154,94	211,33
5	7,46	7,25	1012,05	1012,03	0,0020	54,09	106908,00	1976,42	193,82

Ek 12. Ultrasonik hız deney sonuçları

Ultrasonik hız					
Örnek No	En, cm.	t-kuru, □ s.	t-doygun, □ s.	P hızı (Kuru), m/sn.	P hızı (Doygun), m/sn.
1	6,98	16,1	12,5	4335,40	5584,00
2	6,16	15,2	11,7	4052,63	5264,96
3	6,25	15,6	12,1	4006,41	5165,29
4	6,5	16,6	12,3	3915,66	5284,55
5	6,5	15,9	12,4	4088,05	5241,94
6	6,4	16,2	12,3	3950,62	5203,25
7	5,7	14	12,5	4071,43	4560,00

Ek 13. Darbe dayanımı deney sonuçları

Darbe Dayanımı		
Örnek No	D. Sayısı	D. Dayanımı
1	7	56
2	7	56
3	7	56
5	6	42
6	7	56
8	6	42
9	7	56
10	7	56

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Kars'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kars'da tamamladı. 2000 yılında K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne kayıt oldu. 2004 yılında aynı fakülteden Maden Mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında K.T.Ü. Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek lisans Öğrenimine Başladı. 2007 yılında aynı üniversiteden Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. İyi derece İngilizcede bilmektedir.