

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) YÖRESİNDEKİ KİREÇTAŞLARININ
DOĞAL YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisi Fatma Sinem ÖZKAN

**HAZİRAN 2015
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Fatma Sinem ÖZKAN tarafından hazırlanan**

**ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) YÖRESİNDEKİ KİREÇTAŞLARININ DOĞAL
YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

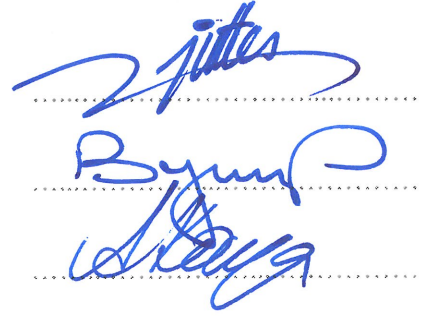
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26 / 05 / 2015 gün ve 1604 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayberk KAYA


.....
.....
.....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP'in danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanması aşamasında bana yol gösteren, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, benden her türlü yardım ve desteği esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasına yardımlarını esirgemeyen, bilgi, eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan Sayın Hocam Doç. Dr. Hakan ERSOY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen Uzman Erdoğan TİMURKAYNAK'a ve Arş. Gör. Eren KÖMÜRLÜ'ye teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, tez çalışması sırasında maddi ve manevi desteği vererek hiçbir yardımı esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Fatma Sinem ÖZKAN

Trabzon 2015

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ünlüınar (Kelkit-Gümüşhane) Yöresindeki Kireçtaşlarının Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deney/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29/06/2015

Fatma Sinem ÖZKAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Doğal Taşlar Hakkında Genel Bilgiler	6
1.2.1 Mermerlerin Sınıflandırılması	7
1.2.2. Kireçtaşı.....	8
1.2.3. Kireçtaşlarının Oluşumu.....	11
1.3. Çalışmanın Amacı	12
1.4. Çalışma Alanının Genel Özellikleri	12
1.5 Bölgesel Jeoloji	13
1.6. Literatür Özeti.....	16
1.6.1. Önceki Genel Jeoloji Çalışmaları	16
1.6.2. Önceki Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları.....	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	21
2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları.....	21
2.2. Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	21
2.2.1. Su Muhtevası	21
2.2.2. Kütlece ve Hacimce Su Emme	22
2.2.3. Porozite.....	23
2.2.4. Schmidt Çekici Sertliği.....	24

2.2.5.	Ultrasonik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı	25
2.2.6.	Özgül Ağırlık.....	25
2.2.7.	Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık.....	27
2.2.8.	Islanma-Kuruma Deneyi	28
2.2.9.	Donma-Çözülme Deneyi	28
2.2.10.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	30
2.2.11.	Dolaylı Çekme Dayanımı	30
2.2.12.	Eğilme Dayanımı.....	31
2.2.13.	Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı.....	32
2.2.14.	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi.....	35
3.	BULGULAR	37
3.1.	Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi.....	37
3.1.1.	Gümüşhane Granitoyidi.....	37
3.1.2.	Şenköy Formasyonu	39
3.1.3.	Berdiga Formasyonu	40
3.1.4.	Kermutdere Formasyonu	41
3.1.5.	Kabaköy Formasyonu.....	42
3.1.6.	Alüvyon, Taraça ve Yamaç Molozu.....	43
3.2.	Yapısal Jeoloji	44
3.2.1.	Kıvrımlı Yapılar	44
3.2.2.	Faylar.....	45
3.2.3.	Çatlaklar	45
3.2.4.	Uyumsuzluklar	45
3.3.	Kireçtaşlarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi.....	45
3.3.1.	Kireçtaşların İşletilmesi.....	46
3.3.2.	Kireçtaşların Fiziksel Özellikleri.....	49
3.3.2.1.	Su Muhtevası, Kütlece ve Hacimce Su Emme, Porozite.....	49
3.3.2.2.	Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Deneyi	50
3.3.2.3.	Özgül Ağırlık.....	53
3.3.2.4.	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi.....	53
3.3.2.5.	Islanma-Kuruma ve Donma-Çözülme Deneyleri	54
3.3.2.6.	Ultrasonik Ses Dalgalarının Boyuna Yayılma Hızı.....	55
3.3.2.7.	Schmidt Sertlik Çekici Deneyi	57

3.3.3.	Kireçtaşların Mekanik Özellikleri	59
3.3.3.1.	Tek Eksenli Basınç ve Dolaylı Çekme Dayanımları	59
3.3.3.2.	Eğilme Dayanımı	60
3.3.3.3.	Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı	61
3.4.	Kireçtaşlarının ASTM ve TSE Standartlarına Göre Değerlendirilmesi	61
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
5.	KAYNAKLAR	68
6.	EKLER (1 adet CD)	
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) YÖRESİNDEKİ KİREÇTAŞLARININ DOĞAL YAPI
TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatma Sinem ÖZKAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP
2015, 74 Sayfa, 1 CD

Bu çalışma kapsamında, Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) yöresindeki Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğal yapı taşı olarak kullanılabilirliği ve standartlara uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro değerlendirmeleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanını da içine alan bölgenin 1/25000 ölçekli detay jeoloji haritası hazırlanmıştır. Araziden derlenen bloklardan karotlar alınarak, çalışmanın amacına uygun fiziko-mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler, TSE ve ASTM standartlarında verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak incelenmiştir. Değerlendirmeler, kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri açısından ilgili standartlarda belirtilen değerleri karşıladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mermer, Kireçtaşı, Fiziko-Mekanik Özellikler, Gümüşhane, Ünlüpinar

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF USABILITY OF UNLUPINAR (KELKIT-GUMUSHANE)
LIMESTONES AS MARKETABLE NATURAL STONE

Fatma Sinem ÖZKAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Bülent YALÇINALP
2015, 74 Pages, 1 CD

In this study, the usability and compliance with standards of limestone of Berdiga formation in Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) precinct were investigated. The study was carried out in three stages performed in field, laboratory and office. A detailed geological map including the working area has been drawn with the scale of 1/25000. The physico-mechanical tests were performed by getting core samples from the rock blocks from the working area. The data obtained with the tests were assessed comparing with the limit values in the TSE and ASTM standards. The assessments confirm that the physical and mechanical specifications of the tested limestone meet the values in standards.

Key Words: Marble, Limestone, Physico-Mechanical Specifications, Gümüşhane, Ünlüpinar

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. 2004-2014 yılları doğal taş ihracatı.....	3
Şekil 1.2. 2014 yılı doğal taş ihracatının ürün gruplarına göre dağılımı.....	4
Şekil 1.3. 2014 yılı doğal taş ihracatında ilk 10 ülke	5
Şekil 1.4. Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması	8
Şekil 1.5. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	13
Şekil 1.6. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik zonları ve litolojik birliktelikleri	14
Şekil 2.1. a) Bloktan karot alımı, b) Karotun uç kısmının düzeltilmesi	22
Şekil 2.2. a) Piknometre içinde oluşan hava kabarcıkları, b) Piknometre vakumlanırken çalkalama işlemi c) Piknometre ile özgül ağırlık deneyi.....	26
Şekil 2.3. Türkiye eş donma-çözülme çevrim sayısı haritası	29
Şekil 2.4. a) Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) deneyinde kullanılan numuneler ve standart çene, b) Deney sonrasında numunenin görünümü	31
Şekil 2.5. Eğilme dayanımı deney düzeneği ve örneklerin deney sonucundaki görünümü.....	33
Şekil 2.6. a) Döner yüzey üzerine aşındırıcı toz dökülmesi, b) Dönmekte olan diske temas halindeki numunenin aşındırılması	34
Şekil 2.7. Suda dağılmaya karşı duraylılık deney düzeneği	35
Şekil 3.1. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti	38
Şekil 3.2. Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının arazideki genel görünümü (Yer: Hasandede Tepe civarı).....	41
Şekil 3.3. Kabaköy formasyonuna ait volkanik ve tortul kayaçların arazideki genel görünümü (Yer: Kelkit-Ünlüpınar yolu üzeri Mağaralar dere civarı).....	43
Şekil 3.4. Mermer ocağı yakınındaki antik yerleşim yerleri	47
Şekil 3.5. Berdiga kireçtaşlarında açılmış mermer ocağının bugünkü görünümü.....	48
Şekil 3.6. Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarında açılmış taş ocağı (Yer: Hasandede Tepe'nin doğusu).....	48

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No.</u>
Tablo 1.1. Dünya doğal taş üretim projeksiyonu.....	1
Tablo 1.2. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri	3
Tablo 1.3. Kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflama	9
Tablo 1.4. Safliklarına göre kireçtaşları	10
Tablo 3.1. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki illere göre doğal taş potansiyeli.....	46
Tablo 3.2. Su muhtevası, kütlece ve hacimce su emme ve porozite deneylerinin sonuçları	49
Tablo 3.3. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyinden elde edilen veriler.....	51
Tablo 3.4. Özgül ağırlık deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları	53
Tablo 3.5. Suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması	54
Tablo 3.6. Mermerlerin suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri ve dağılma dayanımı sınıflaması.....	54
Tablo 3.7. Kireçtaşlarına ait ıslanma-kuruma deneyinden elde edilen veriler ve tek eksenli basınç dayanım değerleri.....	55
Tablo 3.8. Kireçtaşlarına ait donma-çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile tek eksenli basınç dayanım değerleri	55
Tablo 3.9. Ultrasonik hız deney verileri	56
Tablo 3.10. Kireçtaşlarının ayrışma dereceleri, ultrasonik hız değerleri ve ayrışma katsayıları açısından değerlendirilmesi (Anon, 1979).....	57
Tablo 3.11. Kireçtaşlarının V_p değerlerine göre değerlendirilmesi (Anon, 1979)	57
Tablo 3.12. Kireçtaşlarının Schmidt çekici geri tepme sayısına göre değerlendirilmesi (Brown, 1981).....	57
Tablo 3.13. Kireçtaşlarına ait geri tepme sayısı	58
Tablo 3.14. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları	59
Tablo 3.15. Dolaylı çekme deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	60
Tablo 3.16. Eğilme dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	60
Tablo 3.17. Aşınma kaybı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları.....	61
Tablo 3.18. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri ve Türk Standartları'nda istenilen değerler açısından uygunluğu.....	62
Tablo 3.19. Kireçtaşlarının mekanik özelliklerinin Türk Standartları'na göre değerlendirilmesi	63
Tablo 3.20. Kireçtaşlarının ASTM doğal taş standartlarında istenilen değerlere göre değerlendirilmesi	63

SEMBOLLER DİZİNİ

ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği
MPa	: Megapaskal
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
a	: Örneğin aşınan yüzey alanı
A	: Örneğin kesit alanı
A _k	: Kütle kaybı
d _w	: Suyun yoğunluğu
D	: Örneğin çapı
d ₀	: Numunenin deneyden önceki ortalama kalınlığı
d ₁	: Numunenin deneyden sonraki ortalama kalınlığı
F	: Yenilme anında kaydedilen yük
F _c	: Kırılma anındaki düşey yük
g	: Yer çekimi ivmesi
G _p	: Piknometre kütlesi
G _{pn}	: (Piknometre + deney numunesi) kütlesi
G _{pns}	: (Piknometre + deney numunesi + su) kütlesi
G _{ps}	: Su ile dolu piknometre kütlesi
I _{d1}	: Birinci çevrim suda dağılma indeksi
I _{d2}	: İkinci çevrim sonrası suda dağılma indeksi
K	: Ayrışma Katsayısı
l	: Alt iki mesnet arası mesafe
L	: Örneğin boyu
M	: Kütle
M _a	: Kütlece su emme
M _d	: Örneklerin suya doymuş kütlesi
M _h	: Hacimce su emme
M _k	: Kuru örnek kütlesi
M _w	: Gözeneklerdeki suyun kütlesi
n	: Porozite

ρ	: Özgöl ağırlık
ρ_n	: Doğal Yoğunluk
ρ_d	: Doygun yoğunluk
ρ_k	: Kuru yoğunluk
T	: Süre
t_p	: P dalgasının örneği geçme süresi
V_p	: P dalga hızları
V	: Hacim
V_0	: Numunenin deneyden önceki hacmi
V_1	: Numunenin deneyden sonraki hacmi
V_b	: Boşluk hacmi
V_T	: Toplam hacmi
ω	: Su muhtevası
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık
γ_d	: Doygun birim hacim ağırlığı
γ_k	: Kuru birim hacim ağırlığı
σ_{ci}	: Tek eksenli basınç dayanımı
σ_t	: Çekme dayanımı
σ_f	: Eğilme dayanımı
Δ_v	: Numunenin Böhme hacimsel aşınma kaybı değeri
Δ_d	: Numunenin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri
%	: Yüzde

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya genelinde doğal taşların yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanması doğal taş üretiminin artmasına neden olmuştur. Özellikle son on yılda görülen artış, kazanım ve işleme teknolojisindeki gelişmelere paralellik göstermektedir. Giderek daha mükemmel hale getirilen işleme teknikleri ile taş, kolay ve ekonomik olarak istenen şekilde işlenmekte ve yeni kullanım alanları bulmaktadır (Stone World, 2005).

Doğal taştan malzemelerin mimar ve tasarımcılar tarafından daha fazla tercih edilmesi dünyadaki tüketici sayısının artmasına neden olmuştur. Önemli ölçüde düşen piyasa fiyatları, ekolojik ve estetik görünümlü malzemelere olan ilginin artması da tüketimin artmasına yardımcı olmuştur (Yılmaz ve Safel, 2004).

Dünya doğal taş üretiminin 2025 yılında 320 milyon ton ve tüketiminin ise 3.4 milyar m³'e çıkacağı tahmin edilmektedir (Genç, 2004).

Dünya doğal taş üretimindeki artış tahminleri projeksiyonu (2015-2025), Tablo 1.1'de yıllara göre değerleri gösterilmiştir. Bu şekilde sabit hızla devam edecek olursa 2025'te Türkiye'nin dünya üretimindeki payı 28 milyon tondan az olmayacaktır (Genç, 2004).

Tablo 1.1. Dünya doğal taş üretim projeksiyonu

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

Dünya doğal taş rezervleri incelendiğinde Alp-Himalaya kuşağı içinde kalan Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan gibi ülkelerde karbonatlı kayaç (mermer, kireçtaşı, traverten ve oniks) rezervlerinin fazla olduğu görülmektedir.

İspanya, Norveç, Finlandiya, Ukrayna, Rusya, Pakistan, Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika'da ise işletilebilir magmatik kayaç (sert taş) rezervlerinin yoğunlaştığı dikkati çekmektedir (Arıkan, 1968).

Türkiye sahip olduğu doğal taş rezervleri ile dünya doğal taş piyasasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle mermer, traverten, oniks ve granit doğal taş ticaretinde önemli bir yer tutar. Doğal taş ticareti taşların işleniş biçim ve basamaklarına göre gerçekleştirilir. Mermer, traverten, oniks ve granitin ham-kabaca yontulmuş, blok-kalın dilimler halinde kesilmiş, işlenmiş yontulmamış ve yontulmuş-kesilmiş olarak ticareti yapılmaktadır.

Türkiye'de işletilebilir rezerv oranı kesin olarak bilinmemekle birlikte masif niteliği gösteren metamorfik temeller içinde küçük ya da büyük yayımlı mercek şeklinde mermer yatakları bulunmaktadır. Buna ek olarak ülkeye dağılmış durumda Devoniyen, Triyas, Jura, Kretase ve Paleojen yaşlı kireçtaşları yüzeylenmektedir. Traverten ve oniks rezervleri ülkemizin bilinen kırık hatları boyunca gelişmiştir. Ayrışma, kırıklı yapı, anklav içeriği, renk ve homojenlik yönünden sorunlu olan magmatik taş (sert taş) rezervlerimiz için ayrıntılı araştırma yapılmamıştır (DPT, 2001).

Ülkemiz 80'in üzerinde değişik yapıda, 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.

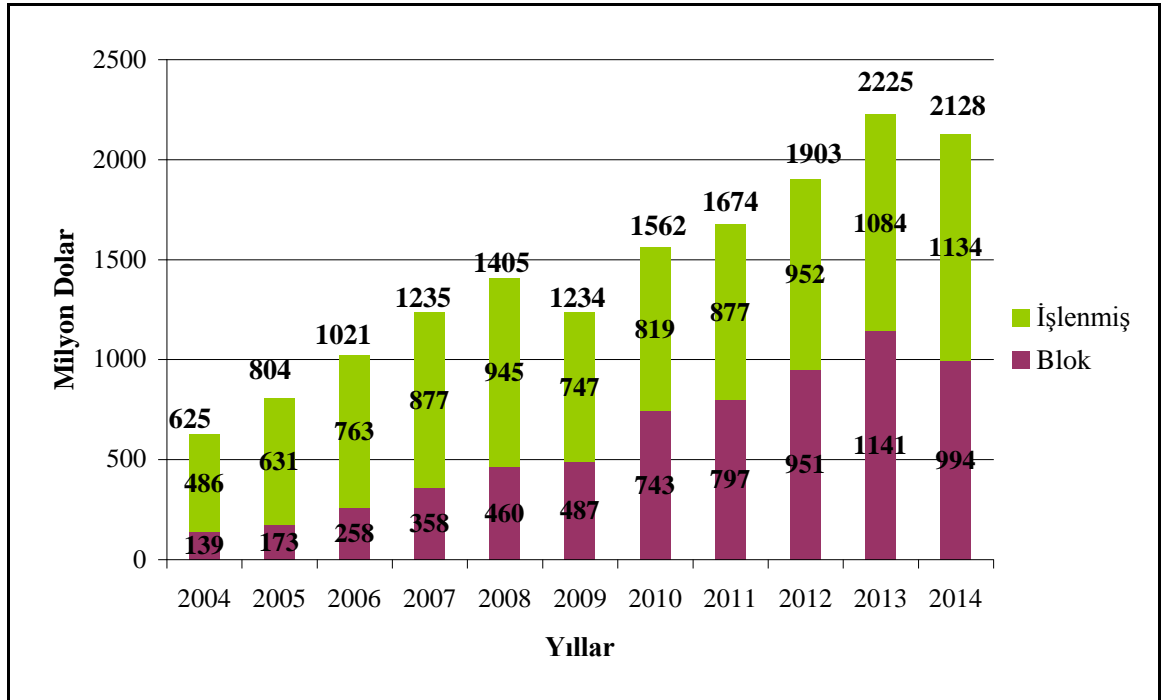
Alp-Himalaya kuşağı içerisinde yer alan Türkiye 5.1 milyar m³ doğal taş rezervine sahiptir. Bu değer 15.5 milyar m³ olduğu tahmin edilen dünya rezerv toplamının % 33'üne karşılık gelmektedir (Çavuşoğlu vd., 2006; Ersoy, 2008).

Bu mermer rezervine traverten, magmatik orijinli kayaçlar ve mermer olarak kullanılacak niteliklerde diğer kayaçlar 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 1.2'de gösterilmiştir.

2014 yılında doğal taş ihracatımız 2013 yılına göre miktarda %12,61 değerinde %4,21 oranında azalış kaydederek, 7,3 milyon ton karşılığı 2,128 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1.1'de son 11 yılda gerçekleşen doğal taş ihracatımız gösterilmektedir.

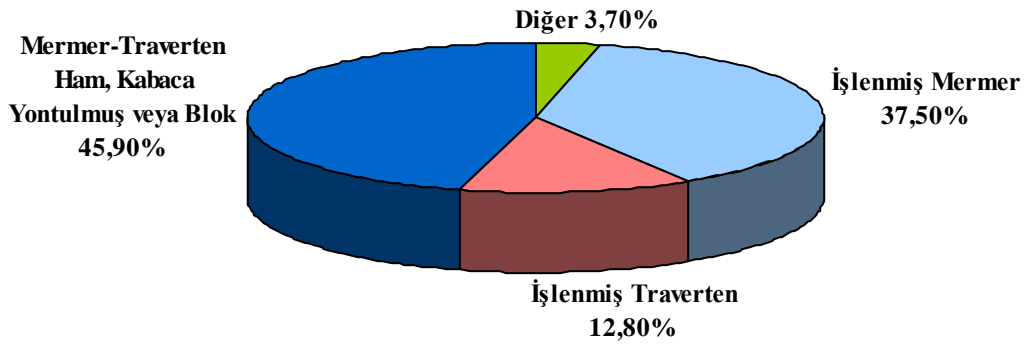
Tablo 1.2. Türkiye işletilebilir mermer rezervleri (DPT, 2001).

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



Şekil 1.1. 2004-2014 yılları doğal taş ihracatı (milyon USD) (URL-1, 2015).

Sektör ihracatı içerisinde 2014 yılında %45,90 ile en büyük payı alan mermer-traverten ham, kabaca yontulmuş veya blok ihracatı, bir önceki yılın aynı dönemine göre miktarda %13,34, değerinde de %12,9 oranında azalış göstererek, 4,9 milyon ton karşılığı 977 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Mermer-traverten ham, kabaca yontulmuş veya blok ihracatının en fazla yapıldığı ülkeler arasında Çin Halk Cumhuriyeti 826 milyon dolarla (%15,58 azalış) ilk sırada yer almış, bu ülkeyi 51 milyon dolarla Hindistan (%20,8 artış) ve 19,6 milyon dolarla Tayvan (%1,96 azalış) takip etmiştir (Şekil 1.2).

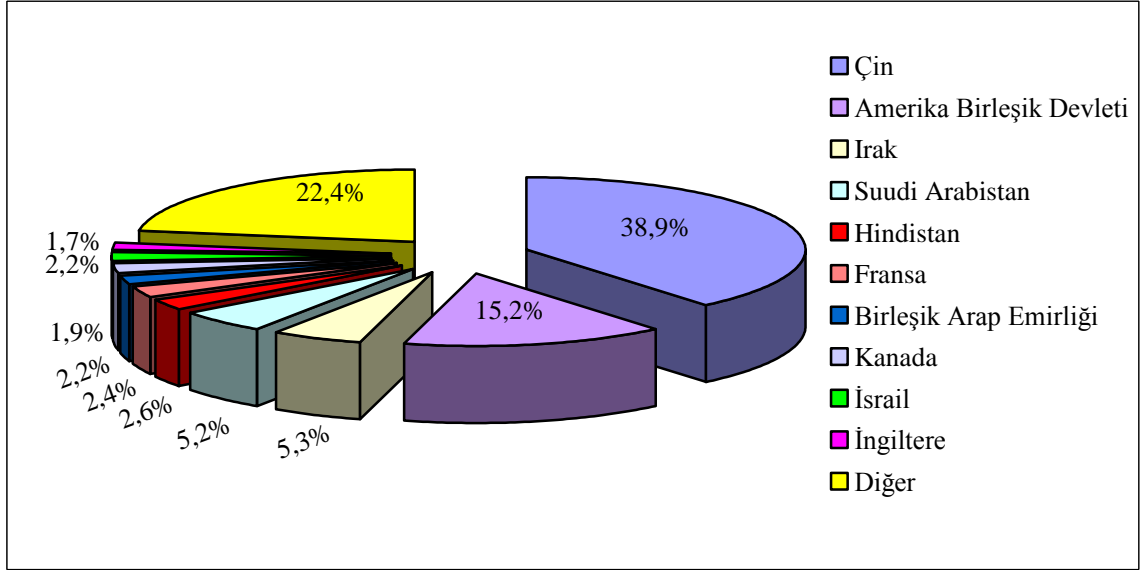


Şekil 1.2. 2014 yılı doğal taş ihracatının ürün gruplarına göre dağılımı (URL-1, 2015).

Şekil 1.2’de %37,5’lik payı ile sektör ihracatı içerisinde ikinci büyük ürün grubu işlenmiş mermer’dir. İşlenmiş mermer ihracatı ise miktarda %2,28 azalış ve değerinde %5,03 artış göstererek 1,53 milyon ton karşılığı 799 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu ürün grubunda ihracat sıralamasında ABD birinci (196 milyon dolar, %16,58 artış), Suudi Arabistan ikinci (101 milyon dolar, %13,54 artış) ve Irak üçüncü (92 milyon dolar, %12,06 azalış) olarak yer almaktadır.

İşlenmiş traverten ihracatımız 2014 yılında, %12,80’lik payı ile 522 bin ton karşılığı 273 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu ürün ihracatında bir önceki yılın aynı dönemine göre, miktarda %5,69 ve değerinde %4,88 oranında artış kaydedilmiştir. 117 milyon dolarla bu ürün grubunun en önemli pazarı durumundaki Amerika Birleşik Devletleri ithalatını, miktarda %0,54 artış ve değerinde de %2,97 oranında azalmıştır. Söz konusu ülkeyi 31 milyon dolarla Fransa ve 17 milyon dolarla Avustralya takip etmektedir (URL-1, 2015).

Söz konusu dönemde, doğal taş ihracatının yapıldığı ülkelerin başında 828 milyon dolarla Çin Halk Cumhuriyeti gelmektedir. Çin Halk Cumhuriyetini sırasıyla, 324 milyon dolarla Amerika Birleşik Devleti, 112 milyon dolarla Irak, 110 milyon dolarla Suudi Arabistan ve 55 milyon dolarla Hindistan izlemektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. 2014 yılı doğal taş ihracatında ilk 10 ülke (URL-1, 2015).

Doğal taş madenciliğine ait teknolojide ve üretimde ileri seviyeye ulaşmış ülkeler mermer ve mermer türevlerine ait ürünlerin tanıtımı esnasında, söz konusu doğal taşın petrografik, teknolojik-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler. Ancak bizim gibi gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde bu konudaki bilimsel çalışmalar henüz istenilen düzeye ulaşmamıştır. Bu nedenle ülkemiz doğal taşlarının; rezerv hesaplamaları, jeolojik, tekno-mekanik, mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi, doğal taş madencilik sektörünün gelişerek hak ettiği noktalara gelebilmesi için önem arz etmektedir (Kurtçu, 2010).

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

Bu çalışma kapsamında, Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) yöresindeki Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğal yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri araştırılmış ve doğal taş olarak ekonomik değere sahip olma durumu incelenmiştir.

1.2. Doğal Taşlar Hakkında Genel Bilgiler

Mermer, günümüzden yaklaşık 2000 yıl önce antik mermer işletmeciliğinin başladığı yer olan Marmara Adası'ndan adını almıştır. Sanatkârlar tarafından işlenerek insan hayatına giren mermer, uygarlığın ilerlemesine paralel olarak, tapınak, amfi, saray, hamam, köprü, sarnıç, cami, medrese, çeşme gibi işçiliklerde yapı taşı olmanın yanında abide ve heykelticilik gibi süsleme ve sanatsal tasarım amacıyla da kullanılmıştır (Gürsoy, 2005).

Doğal taşlar, tarih boyunca dayanıklılığı ve estetik görünümü nedeni ile değişik uygarlıklar tarafından anıtlarda, görkemli yapı malzemesi olarak kullanılmış olup; günümüzde genellikle zemin döşeme (% 40), iç ve dış cephe kaplama malzemesi (% 27) olarak inşaat sektöründe, anıt yapılarında ve mezarlıklarda (% 13) ve süs eşyası (% 8) yapımında ve diğer alanlarda (%12) kullanılmaktadır. Ayrıca, mermer toz ve parçaları çimento, boya, seramik ve yapı malzemeleri sanayinde, mozaik çalışmalarında ve sanatsal eserlerin yapımında kullanılmaktadır (TUMMER, 2006).

Mermer, kireçtaşı (CaCO_3) ve dolomitik kireçtaşlarının ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayadır (Atabey, 2002; Pedley, 1990).

Ticari ve endüstriyel anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir anlam taşımaktadır. İşlenebilen, cilalanabilen, parlayan ve boyutlandırılabilen veya dekoratif amaçlı kullanılan ve ticari değeri olan her türlü kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır. Blok verebilen, kesilerek parlatılıp cilalanabilen, dayanıklı ve göze hoş gelen her türlü kayaç (mağmatik, metamorfik, sedimanter) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeolojik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Görgülü, 1994). Günümüzde özellikle endüstriyel anlamda mermerin yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır.

1.2.1. Mermerlerin Sınıflandırılması

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

A) Mineral tane boyutlarına göre;

a) İnce taneli mermer (<1 mm)

b) Orta taneli mermer (1-5 mm)

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

B) Mineral bileşim ve oranlarına göre ;

a) Mermer: % 95 kalsit (CaCO_3) içerir. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Kuvars, opak ve mika gibi diğer mineralleri içerebilir.

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

c) Spolen: % 80 kalsit içerir. Şisti yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Flogobit, tremolit, diyopsit, plajiyoklas ve grona gibi diğer mineralleri içerebilir.

d) Kalkşist: % 60-70 kalsit içerir. Şisti yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Klorit, epidot, mika ve lepidolit gibi diğer mineralleri içerebilir.

C) Yapı ve dokularına göre;

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

b) Laminar mermer: İnce taneli, renkli şeritler görünümünde, şeritler farklı mineral içerirler.

c) Şisti mermer: Yapraklı yapıda ve önemli miktarda mika içerirler.

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

D) Jeolojik oluşumlarına göre;

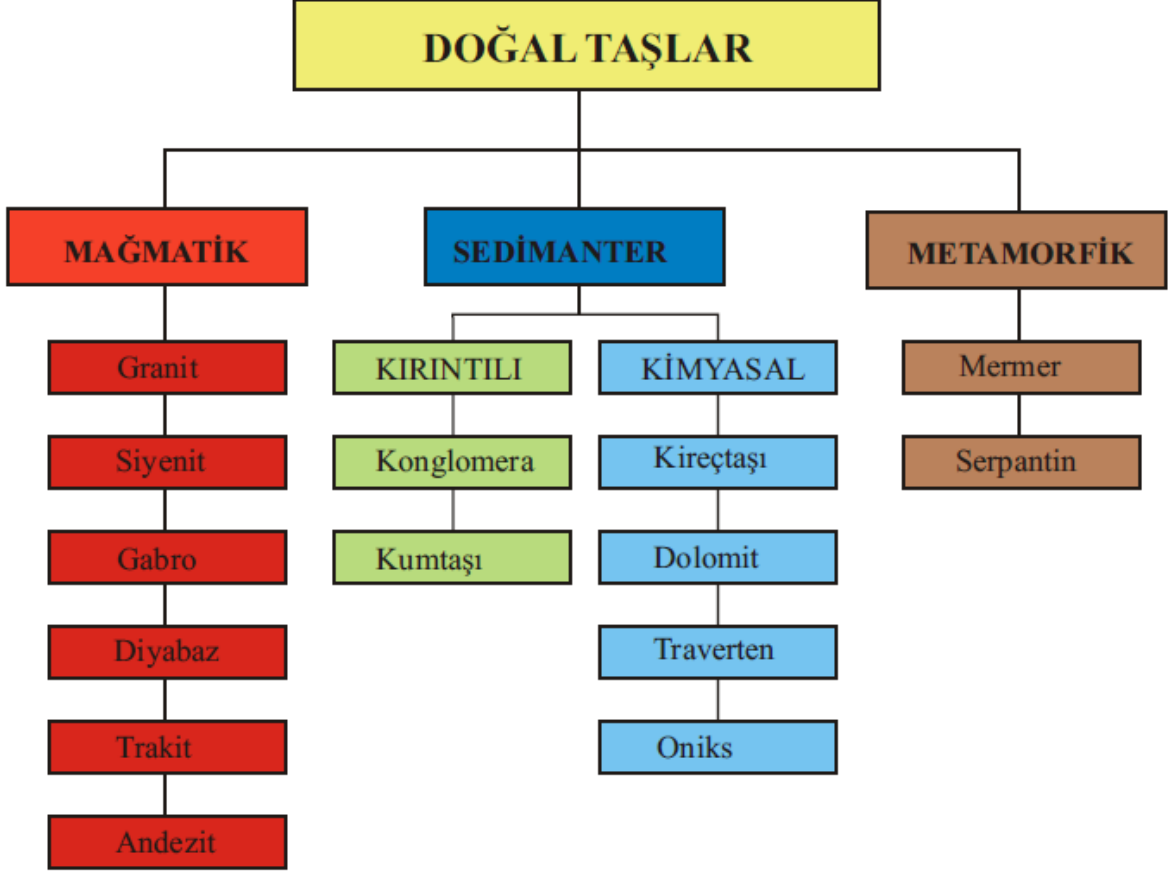
a) Magmatik kayalar (Granit, diyabaz, siyenit, bazalt vb.)

b) Metamorfik kayalar (Hakiki mermerler, vb.)

c) Sedimantar kayalar (Kireçtaşları, travertenler, tufalar, oniks mermerler vb.)

Doğal taşlar için birçok sınıflandırma sistemi geliştirilmiş olmakla birlikte oluşumlarına göre yapılan sınıflandırma daha yaygın kabul görmektedir. Oluşum koşullarına bağlı olarak fiziksel ve fiziko-mekanik dayanım özellikleri şekillenmektedir.

Aynı sınıf içerisinde yer alan kayalar birbirine yakın değerlere sahip olmakta, farklı sınıflı kayalar ise birbirleri arasında daha kolay karşılaştırılabilmektedir. Şekil 1.4'te oluşumuna göre yapılan doğal taş sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 1.4. Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması (TSE, 1987).

1.2.2. Kireçtaşı

Kireçtaşları, tabii kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit olmak üzere üç çeşittir.

- Dolomit: Bileşiminde %35'ten fazla magnezyum karbonat ($MgCO_3$) bulunduran tortul bir kayadır.

- Dolomitik kireçtaşı: Bileşiminde kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) yanında kütlece %10-%35 oranında magnezyum karbonat ($MgCO_3$) bulunduran tortul bir kayadır.

- Kireçtaşı: Bileşiminde kütlece en az %90 oranında kireçtaşı (kalsiyum karbonat, $CaCO_3$) bulunduran tortul bir kayadır.

Kimyasal bileşiminde en az % 90 kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren kayalara kireçtaşı adı verilmektedir. Ayrıca mineralojik bileşiminde en az %90 kalsit minerali bulunan kayalara da kireçtaşı denilmektedir. Kireçtaşı saf halde kalsit ve çok az miktarda aragonit kristallerinden oluşur. Kalsit ve aragonit kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal şekli olup, teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 içerir. Ancak doğada hiçbir zaman saf olarak bulunmaz. Kalsitin trigonal sistemde kristallenmesi ve sertliğinin 3 mohs olmasına karşın, 400 °C de kalsite dönüşen aragonit ortorombik sistemde kristallenir ve sertliği 3,5-4 mohs civarındadır. Kireçtaşının sertlik derecesi 3, özgül ağırlığı genellikle 2,5-2,7 gr/cm^3 arasındadır. Kireçtaşlarının kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflandırılması Tablo 1.3'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflama (DPT, 2001).

Kayaç Adı	Bileşimi
Çok Yüksek Kalsiyumlu Kireçtaşı	Min. %97 CaCO_3
Yüksek Kalsiyumlu Kireçtaşı	Min. %95 CaCO_3
Yüksek Karbonatlı Kireçtaşı	Min. %95 $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$
Kalsitik Kireçtaşı	%5 MgCO_3
Magnezyum Kireçtaşı	%5-20 MgCO_3
Dolomitik Kireçtaşı	%20-40 MgCO_3
Yüksek Magnezyumlu Dolomit	%40-46 MgCO_3

Kireçtaşları hangi yolla oluşurlarsa oluşsunlar, doğada buldukları durumları ile bileşimlerinde kalsiyum karbonatın yanı sıra; magnezyum karbonat, kil mineralleri, demir silikat-oksit ve sülfürleri, silikat asidi (SiO_2) gibi bileşikler içerirler. Bu bileşiklerin bir kısmı kireçtaşı oluşumu esnasında ve oluşum ortamının koşullarına bağlı olarak meydana gelebildiği gibi diyajenez esnasında ve etkenleri ile de gelebilir. Safılıklarına göre kireçtaşları Tablo 1.4'de verilmiştir.

Kireçtaşının ana mineralojik bileşeni kalsittir. Değişik oranlarda demir ve magnezyum karbonat, kil mineralleri ve kuvars içeriği olağandır. Resifal kireçtaşları,

genellikle saf ve klastik elemanları hiç içermemelerine rağmen yüksek dolomit içerikli olabilmektedir. Bantlı kireçtaşları, genellikle kil arakatkılıdır. Killi seviyeler çoğu kez marn ve silisli kireçtaşları ile geçişlidir. Kireçtaşı içerisinde arzu edilmeyen bileşiklerin belirlenmesinde en hızlı yöntem, bir miktar numuneyi seyreltik klorik asitte çözmektir. Dolomit ve silikatlar daha yavaş çözünürken, kalsit hemen çözünecektir. Kalsitin dolomitten ayırt edilmesinde daha yavaş, ancak daha sağlıklı yöntem, boyamadır (Kırıkoglu, 1996).

Tablo 1.4. Safliklarına göre kireçtaşları (DPT, 1996).

Adlandırma	% CaCO ₃	% CaO
Çok Fazla Saf Kireçtaşları	98,5	55,2
Çok Saf Kireçtaşları	97-98,5	54,3-55,2
Orta Saf Kireçtaşları	93,5-97,5	52,4-54,3
Az Saf Kireçtaşları	85-93,5	47,6-52,4
Saf Olmayan Kireçtaşları	85	47,6

Organik veya kimyasal karbonatlı tortul kayaç grubuna giren kireçtaşları, içerdikleri yabancı maddeler nedeniyle beyazdan-griye, sarımsı beyazdan pembeye kadar çok değişik renklerde bulunabilirler. Kömür içerenleri koyu gri veya siyah, demir içerenleri kırmızı veya kahverengi, dolomitik olanları pembe renkli olabilir.

Kireçtaşları genellikle tabakalıdır. Ancak masif yapıda kireçtaşları da mevcuttur. Tabaka kalınlıkları milimetre ölçeğinden, metrelere çok değişkendir.

Yeraltı sularında travertenler şeklinde, deniz ya da tatlı sularda ise kimyasal organik veya mekanik çökelme sonucu kireçtaşı yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kireçtaşları iki ana grup altında toplanabilmektedir.

Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, kırıntılı ve kimyasal materyaller içermektedir.

Kireçtaşları, gerçek mermer olmadıkları halde, gerek renk, gerekse sağlamlılık ve kullanımlarındaki uygunluk nedeni ile dünya endüstrisinde geniş bir kullanım sahasına sahiptir.

1.2.3. Kireçtaşlarının Oluşumu

Kireçtaşı, kimyasal ve organik etkilerle sularda çöken maddelerin oluşturduğu bir kayadır. Bütün jeologlar kireçtaşının safsızlıklar hariç; kalsit, aragonit, dolomit ve manyezit gibi 4 ana mineralden oluştuğunu belirtmektedir (Boynton, 1980; Önem, 1997).

Karbonik ve diğer mineral asitleri içeren çözeltilerin ve aşınmanın etkisiyle yapısında kalsiyum bulunduran kayalar parçalanmaktadır ve bu şekilde serbest kalan kalsiyum akarsular ile denize taşınmaktadır. Çözünmüş halde bulunan kalsiyum karbonatın bir kısmı deniz suyundaki düşük çözünürlük nedeniyle tortulaşmaktadır (Othmer, 1978).

Kireçtaşı içeren mağaralardaki diktler, kireç içeren tuzlu çözeltilerden yapısındaki karbondioksit bulunan kireçlerin çökmesi ile oluşmaktadır. Tuzlu çözelti oyuklara sızmakta ve su, ısı etkisiyle buharlaşmaktadır. Çözelti bu şekilde fazlası ile doygun hale geldiğinden, çok iyi dağılmış olan tortular ayrılmakta, yavaş yavaş sertleşmekte ve süregelen dehidrasyon sonucunda da kristalleşmektedir (Othmer, 1978).

Özellikle geniş deniz dibi bölgelerinde, kalsiyum karbonat içeren çok büyük bölgeler oluşmaktadır. Bu kütleler, ilk önce kireç çamuru halinde olmaktadır. Kurumuş deniz bitkileri ve omurgasız hayvanlar, bu kireç çamuru içindeki kirecin iskeletini oluşturmaktadır. Bütün bu maddeler daha sonra kireçtaşı haline dönüşmektedir (Betehtin, 1957).

Oluşum şekilleri organik ve inorganik olarak iki grupta incelenmektedir. Bunlar;

a) Organik oluşum: Bu tür kayacın oluşumunda doğrudan organizmalar rol oynar. Deniz ve göllerde yaşayan bitki ve hayvan organizmaları (foraminifer, alg, polip, sünger v.b.) suda çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve karbonatı özümleyerek kabuk, diş, iskelet gibi sert kısımlarında kalsiyum karbonat olarak biriktirirler. Bu sentezler sıcak ve ılıman sularda daha kolay olur. Organizmalar öldükten sonra bu birikimlerin tabakalar halinde 200-500 milyon yıllık zaman dilimleri boyunca üst üste çökmesiyle kireçtaşları oluşur.

b) İnorganik oluşum (kimyasal oluşum): Deniz ve göllerdeki azotlu organik maddelerin bozunması ve buna paralel olarak havadaki karbondioksitin yüksek sıcaklıklarda çözünmesiyle sudaki CO₂ konsantrasyonu artar. Erimiş haldeki CO₂ su ile reaksiyona girerek karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur (Çiçek, 1999).

Karbonik asidin sudaki kalsiyum iyonuna etkisiyle dönüşümlü bir kimyasal olay meydana gelir ve bunun sonucunda da zaman zaman CaCO₃ çöker.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Gümüşhane ili Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpınar beldesinde bulunan kireçtaşlarının jeolojik, mekanik ve fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara göre değerlendirilmesi yolu ile ülkemiz ve dünya piyasasında mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.

1.4. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

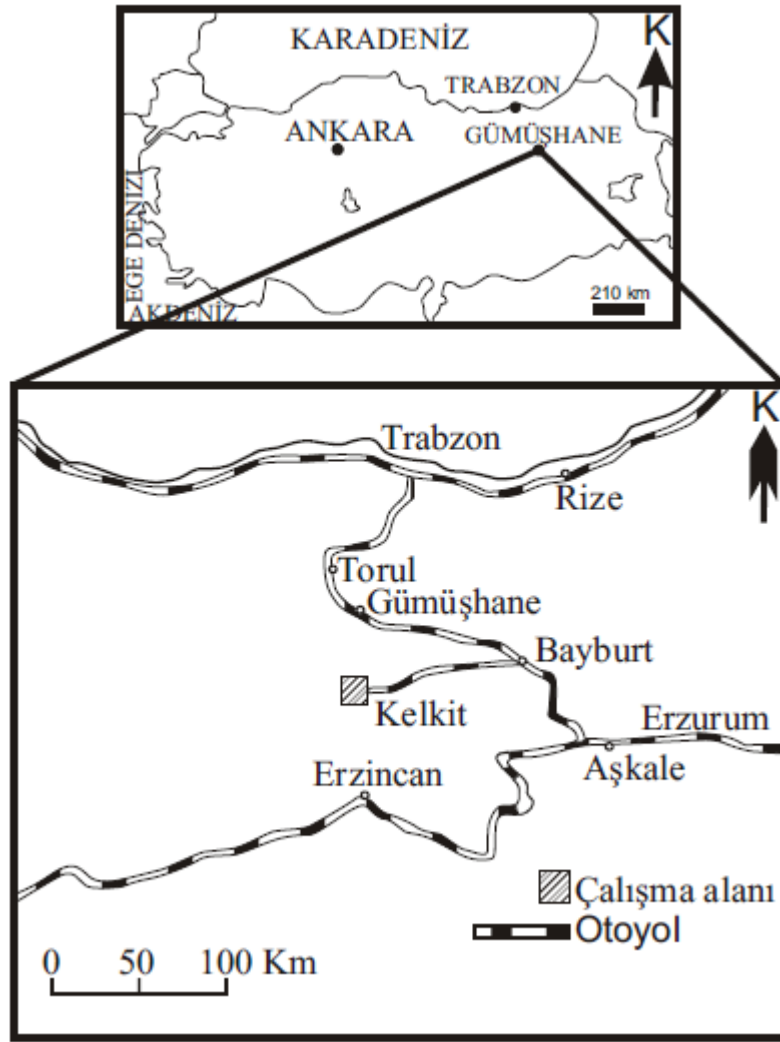
İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane İli, Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpınar beldesi ve çevresini içeren H42-c2 paftası içerisinde yer almaktadır. Şekil 1.5'te çalışma alanına ait yer bulduru haritası verilmiştir.

Gümüşhane ili doğuda Bayburt, batıda Giresun, güneyde Erzincan ve kuzeyde Trabzon illeri ile çevrilidir. İnceleme alanının kuzeyinde Gümüşhane güneyinde Kelkit batısında Şiran doğusunda Köse yer alır. İnceleme alanına ulaşım, Gümüşhane-Kelkit-Erzincan ve Şebinkarahisar-Şiran-Kelkit-Bayburt karayolları ile bu yollara bağlı çok sayıda stabilize yol ile sağlanır. Gümüşhane'ye 59 km, Trabzon'a 155 km, Erzincan'a ise 76 km uzaklıktadır.

İnceleme alanı Kelkit Çayı'nın kuzeyinde yer alır ve yeryüzü şekilleri bakımından yüksek bir plato özelliği gösterir. Kelkit yöresindeki belirgin yükselimler; Kalebaşı Tepe (2299 m), Çiftetepeler (2249 m), Koludağ Tepe (2018 m), Mağaranınüstü Tepe (2189 m), Göllerinkıran Tepe (2001 m), Kalenin Tepe (1901 m)'dir.

Bu bölge Karadeniz'in ılıman iklimi ile İç Anadolu'nun karasal ikliminin geçiş bölgesi konumundadır. Genel olarak iklim, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçerken bazen de serin ve hafif yağışlı geçer. İlkbaharda ise yoğun yağmurlar etkilidir. İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Değişen iklime bağlı olarak bitki örtüsü de farklılıklar göstermektedir. Gümüşhane bölgesinde yersel olarak çam, yaban kavakları ve meşelerden oluşan ormanlık alanlar ve akarsu vadileri boyunca söğüt, kavak ve meyve ağaçlarından oluşan bir bitki örtüsü yer almaktadır. Doğu Karadeniz'in daha güneyine yakın kesimlerde ise bozkır alanlar hakimdir.

Yöre ekonomisinin büyük bir kısmını tarım ve hayvancılık oluşturur. Başlıca tarım ürünleri şeker pancarı, arpa, buğday ve meyvelerdir.



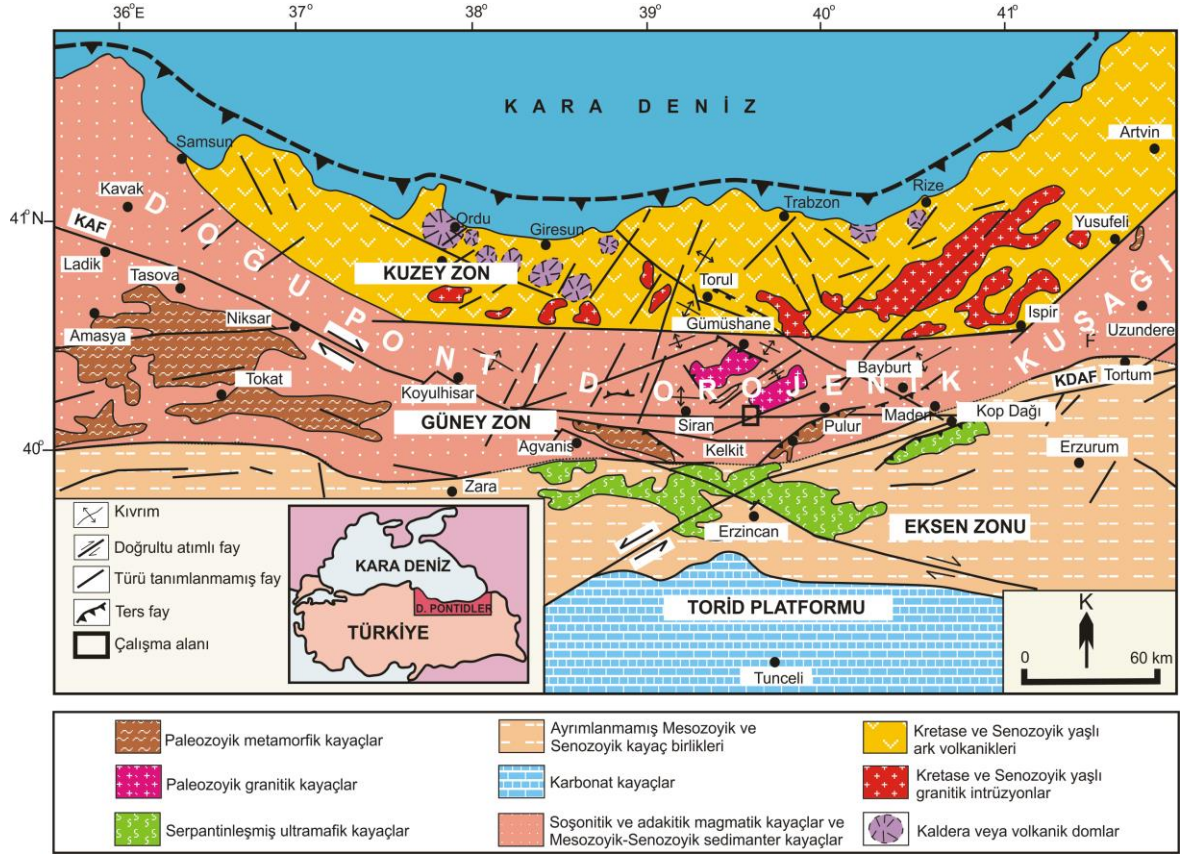
Şekil 1.5. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 3. derece deprem bölgesi içinde kalan Gümüşhane ilinde depremsellik kuzeyden güneye doğru Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'na bağlı olarak artış göstermektedir.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Doğu Pontid Tektonik Birliği farklı kayaç toplulukları ve fasiyesleri açısından Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olmak üzere üç alt gruba ayrılmaktadır (Bektaş vd., 1995) (Şekil 1.6). Kuzey Zon, Mesozoyik-Senozoyik yaşlı volkanik kayaçlar ve granitik sokulumlar ile karakteristiken; Güney Zon ise metamorfik masifler (Tokat, Ağvanis ve Pulur masifleri), Paleozoyik yaşlı granitik sokulumlar, Jura-Kretase yaşlı sedimanter

kayaçlar ve Eosen yaşlı volkanik kayaçlar ile tipiktir. Eksen Zonu'nda ise özellikle Kop Dağı (Bayburt) ve Erzincan civarında geniş alanlarda görülen ultramafik kayaçlar ve metamorfik kayaç kalıntıları yüzeylemektedir.



Şekil 1.6. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana tektonik zonları ve litolojik birliktelikleri (Eyüboğlu vd., 2006).

Doğu Pontidler'in taban kayaçlarını içinde bulunduran Pulur Masifi bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Korkmaz ve Baki, 1984; Akdeniz, 1988; Tanyolu, 1988; Topuz vd., 2003 ve 2004). Masif, başlıca kordierit-sillimanit-garnet gnays, mikrognays, migmatit, metakuvarsit, amfibolit, metadunit, metaharzburgit ve metadiyoritten oluşmaktadır (Okay ve Şahintürk, 1997). Topuz vd. (2003 ve 2004) masif üzerinde yaptığı detaylı çalışmada Pulur Masifi'nin Liyas öncesi bindirme düzlemi ile birbirlerinden ayrılan iki tektono-metamorfik birlikten meydana geldiğini belirtmiştir. Başlıca metabazit, fillit, mermer ve metaçörtlerden oluşan düşük dereceli Doğankavak biriminin metamorfizma yaşının 260 milyon yıl, Petekli, Pirörenler ve Serenli alt

birimlerinden oluşan yüksek dereceli metamorfik kayaların (Cenci Birimi) metamorfizma yaşının ise Karbonifer olduğunu izotopik yöntemler ile belirlemiştir.

Doğu Pontid Orojenik Birliği'nin Güney Zonu içinde yer alan en yaşlı birimi Paleozoyik yaşlı Pulus Metamorfikleridir (Ketin, 1951). Temeli oluşturan bu metamorfikler Geç Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi tarafından kesilmiştir (Yılmaz, 1972). Gümüşhane graniti, başlıca granodiyorit, granit, kuvarslı mikrodiorit ve dasitlerden oluşmaktadır.

Hersiniyen temel üzerine gelen Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter birimler uyumsuz olarak örtülür. Bu kayalar Güney Zon'da Seymen (1975) tarafından Karatepe Formasyonu, Turan (1978) tarafından Telmeyaylası Formasyonu, Pelin (1977) tarafından Hacıören Formasyonu, Ağar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu, Kesgin (1983) tarafından Balkaynak Formasyonu, Eren (1983) tarafından Zimonköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir (2003) tarafından Şenköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tuf ve tüfitlerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yerel çakıltaşı, dereceli kumtaşı, marn, kiltası ve kumlu kireçtaşı ile "Calcar Ammonitico Rosso" (CAR) fasiyesinde gelişmiş, bol ammonit, belemnit, bivalv, sünger, crinoid, gastropod içeren; kırmızı renkli ve yumrulu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Yılmaz, 2002). Birim yukarıda belirtilen kaya türlerinin yanında taban ve tavana yakın seviyelerde kömürlü oluşuklar da içermektedir. Çok geniş alanlarda yüzeyleme veren ve kısa mesafelerde kalınlık ve ani fasiyes değişimleri sunan birimin tipik bir rift ortamında çökeldiği konusunda fikir birliği vardır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002) Aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Erken-Orta Jura çökellerinin birikiminden sonra Geç Jura'dan Erken Kretase sonuna kadar süren dönemde, sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformu oluşmuştur (Yılmaz, 2002).

Tüm Doğu Pontidler'de olduğu gibi inceleme alanında da geniş yüzleme veren bol fosilli, sığ denizel kireçtaşları, dolomitler ve dolomitik kireçtaşları tipik bir karbonat platformu ürünüdürler (Yılmaz ve Bektaş, 1995; Yılmaz, 1997 ve 2002). Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı birim, tabaka kalınlığı güneye doğru gittikçe azalan, genel olarak gri, bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin küçük bentik foraminifer fosilleri içeren, üst seviyeleri çört yumru ve bantları içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitik karbonatlardan oluşmaktadır.

Geç Kretase dönemi, Doğu Pontidler’de kuzeyden güneye doğru litolojik özellikler açısından önemli farklılıklar gösterir. Geç Kretase döneminde Kuzey Zon yoğun magmatik aktivitenin etkisi altındayken, Güney Zon magmatik aktiviteden uzak türbiditik karakterli çökeller ile temsil edilir. Gümüşhane yöresinde tabanda, ince orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralar ile başlayıp, üste doğru ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikritik kireçtaşlarına geçer ve gri-yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kıltaşı ve marn ardalanması ile son bulur. Bu birim Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Senozoyik Doğu Pontidler’in kuzeyinde volkanik, güneyinde ise sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir. Bu dönem Pontidlerde tektonik hareketlerle özellikle de yükselmelerle karakteristiktir. Geç Paleosen-Erken Eosen dönemi Güney Zon’da adakitik magmatizma ile karakteristiktir. Gümüşhane ve yakın yöresinde adakitik magmatizma, taban konglomerası ile başlayıp, üste doğru nummulitli kireçtaşlarına geçen ve yoğun andezitik-bazaltik volkanizma ile son bulan Alibaba Formasyonu’nun oluşumu ile takip edilir (Eyüboğlu vd., 2012). Gümüşhane ve yakın çevresinde Kermutdere Formasyonu Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu (Tokel, 1972) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Alibaba Formasyonunun yaşı, içerisinde bulunan Nummulit fosillerine dayandırılarak belirlenmiştir (Eren 1983; Özer, 1983). Bölgenin en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı traverten, taraça ve alüvyonlardan oluşturmaktadır.

1.6. Literatür Özeti

1.6.1. Önceki Genel Jeoloji Çalışmaları

Stchepinsky (1946), Bayburt-Koyulhisar arasındaki Kelkit Çayı havzasında paleontolojik bulgularla çeşitli kayaç birimlerinin stratigrafik konumlarını saptamıştır. Çalışmada Paleozoyik yaşlı mermerleşmiş kireçtaşları ve şistlerin tabanı oluşturduğu ve Liyas’ın Domeriyen’le temsil edildiğini belirterek, Liyas’tan Kretase başlangıcına kadar geniş bir zaman aralığını kapsayan bir stratigrafik boşluk olduğunu ileri sürmüştür.

Ketin (1951), MTA adına Aşkale-Bayburt ve Gümüşhane bölgesinin jeolojisini çalışarak, bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaçların volkano-tortul karakterde olduğunu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerine transgresif olarak geldiğini belirtmiştir. Volkano-tortul istifin kalınlığının 2000 metre

olduğu ve birime içerdiği Ammonit'lerden dolayı Sinemuriyen-Torsiyen yaşı verildiği belirtilmektedir.

Erguvanlı (1951), Trabzon-Gümüşhane arasındaki alanın jeolojisini incelemiş ve Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istif içerisinde kireçtaşı merceklerinin bulunduğunu belirtmiştir.

Baykal (1952), Kelkit-Şiran yörelerindeki çalışmalarda, 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak yöre jeolojisinin genel özelliklerini ortaya koymuştur. Paleozoyik'in granitle karmaşık metamorfik seri ile temsil edildiği ve bu serinin daha sonra andezit ve ofiyolitik kayalarla kesildiğini belirterek, granitlerin orojenez ile yükseldiğini ileri sürmüştür.

Erguvanlı (1952), Trabzon-Gümüşhane arasının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Pontidler'de Senoniyen ve Lütésiyen yaşında iki kompleksin varlığından söz etmiştir. Senoniyen kompleksi, fliş kalker ve marnlı kalkerleri içermektedir. Lütésiyen kompleksi ise, porfirik yapılu andezitlerle aralarında mercekler halinde bulunan Lütésiyen flişini içermektedir.

Gattinger (1962), hazırladığı 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasında, Trabzon paftasında yer alan sahanın jeolojisine kabaca değinmektedir. Gattinger, Gümüşhane yöresinde Permiyen yaşlı metamorfik seriler ve granitler, Liyas yaşlı kireçtaşları, Geç Kretase yaşlı flişler ve Eosen yaşlı volkanik ve fliş seri olmak üzere 4 ayrı stratigrafik birim ayırt etmiştir.

Wedding (1963), Kelkit ve Bayburt civarındaki çalışmasında, Jura yaşlı çökellerin, Paleozoyik yaşlı granitler üzerine transgresif olarak geldiğini belirtmiştir. Liyas çökellerinin piroklastlar, fliş, kumtaşı ve marnlardan oluştuğunu saptamıştır. Wedding, aynı çalışmada kalkerli kumtaşı içinde yeşil kil katkıları ve kömür damarları bulunan birime Dogger, açık renkli beyaz masif kalkerli birimlere de Malm-Erken Kretase yaşı vermiştir.

Çoğulu (1970), Gümüşhane-Rize bölgelerinde geniş alanlara yayılmış bulunan Gümüşhane Plütönu'nun yaşını Geç Paleozoyik olarak belirlemiştir. Çoğulu, mikroskobik analizler sonucu plütönu granodiyorit, kuvars monzonit ve granit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır.

Tokel (1972), Gümüşhane yöresinin stratigrafisini çıkarmış ve volkanik tarihçesini de araştırarak, Geç Kretase ve Eosen volkanikleri üzerinde petrokimyasal incelemelerde

bulunmuştur. Yazar tarafından Geç Kretase yaşlı filişler Kermutdere Formasyonu, Eosen yaşlı volkano-tortul birim ise Alibaba Formasyonu olarak ilk kez tanımlanmıştır.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Granitoyidi'nin yerleşimi ve bileşimi ile ilgili çalışma yapmıştır. Gümüşhane Granitoyidi'nin petrografik incelemesini yaparak birimi; Granodiyorit, Çamlıca Adamelliti, Gümüşhane Adamelliti ve Porfiritik Mikrogranit olmak üzere dört fasiyese ayırmıştır. Bu fasiyeslerin, kimyasal analizler sonucunda aynı kökenli granitik bir magmadan oluştuğunu tespit etmiştir.

Ağar (1977), "Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi" konulu çalışmasında 450 km²'lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik, tortul ve metamorfik kayaçları ayırt etmiştir.

Pelin (1977), "Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi" adlı çalışmasında, Geç Kretase yaşlı oluşukları 3 formasyon altında incelemiştir. Bunlar sırasıyla; kumlu kireçtaşlarından oluşan Kındıralık Dere Formasyonu, kırmızı kireçtaşlarında oluşan Elmalı Dere Formasyonu ve türbiditlerden oluşan Tepeköy Formasyonu'dur.

Eren (1983), "Gümüşhane-Kale arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi" adlı çalışmasında, Doğu Pontid Güney Zonunda yer alan Liyas yaşlı birimler için ilk kez Zimonköy Formasyonu adını kullanmıştır. Paleozoyik yaşlı Gümüşhane granitoyidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile Liyas yaşlı volkano-tortul Zimonköy formasyonu gelmekte, Zimoköy Formasyonu Dogger-Malm yaşlı dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonunca üstlenmektedir. Çalışmada, Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında ve Kermutdere Formasyonu ile Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu arasında açısız uyumsuzluk olduğu tespit edilmiştir. Eosen'de, bölgede şiddetli bir volkanik etkinliğin görüldüğünü ve bu evrede denizin yüksek enerjili, sığ ortam karakterinde olduğunu belirtmektedir.

Hacıoğlu (1983), "Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi" adlı çalışmasında Geç Kretase yaşlı kayaçları tabandan tavana kadar ayrıntılı olarak tanıtmış ve başlangıçta sığ ortam özelliğinde olan yörenin Geç Kretase sonlarına doğru derin deniz ortamına dönüştüğünü vurgulamıştır.

Yılmaz (1985), "Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi" adlı çalışmasında Geç Kretase döneminde yörenin Hankırı Tepe dışındaki kesimlerinin kara halinde kaldığını, denizin inceleme alanının batısında egemen olduğunu ve Geç Kretase sonunda derin bir

aşınmaya uğradığını belirtmiştir. Paleosen oluşuklarının ise, sığ ortamdan derin deniz ortamına kadar değişik fasiyelerde çökellerle temsil edilmesini ve yer yer volkanizmanın egemen olmasını, bu dönemde duraysız bir ortamın varlığı şeklinde yorumlamıştır. Ayrıca Paleosen yaşlı kayaçların aşınmaya karşı dayanımsız olmalarını ve stratigrafik istifin üst seviyelerinde yer almasını, geçen zaman sürecinde aşınarak artık gözlenememesi şeklinde yorumlamıştır.

Taşlı (1990), Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki Geç Jura-Alt Kretase yaşlı platform tipi karbonat istiflerinin (Berdiga Formasyonu) stratigrafik, paleocoğrafik ve mikropaleontolojik incelemesini yapmıştır. Litostratigrafik incelemeler sonucu, ortak mikrofasiyes ve litolojik özellikleri ile tanımlanan 9 litofasiyes belirlemiştir.

Yılmaz (1997), Kretase yaşlı havza gelişiminde sedimantolojik kayıtlar adlı çalışmasında, Keremutdere Formasyonunun riftleşme sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Yılmaz ve Korkmaz (1999), Gümüşhane ile Trabzon yöresindeki mesozoyik havzaların gelişimini irdeleyerek her iki yörede de benzer fasiyeste kayaçların geliştiğini ve bu fasiyelerin sığ eşiklerle birbirinden ayrıldığını belirtmişlerdir.

Yılmaz (2002), “Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Mesozoyik havzalarının tektono-sedimantolojik kayıtları ve kontrol etkenleri” adlı çalışmalarında aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Liyas çökellerinin birikiminden sonra Erken Dogger'den itibaren, Gümüşhane yöresinde Albiyen sonu, Bayburt yöresinde ise Malm sonuna kadar süren dönemde sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformu oluştuğunu belirtmiştir.

Kandemir (2004), Gümüşhane ve yakın çevresinde Gümüşhane Graniti üzerinde uyumsuzlukla yer alan üstten ise Berdiga Formasyonu tarafından uyumlu üstlenen birimleri Şenköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada elde edilen paleontolojik-palinolojik ve fasiyes bulgularına dayandırılarak yaşı Hettangiyen?-Bathoniyen olarak sınırlandırılmıştır.

1.6.2. Önceki Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Tüdeş (2001), “Gümüşhane kenti ve yakın çevresinin yerleşime uygunluk açısından araştırılması” adlı doktora tez çalışmasında, 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılım ve donanım vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktararak sorgulama ve analizleri yapılmıştır. Mühendislik jeolojisi, eğim zonlama ve taşkın haritaları ve bu haritaların karşılaştırılmasıyla yerleşime uygunluk haritası ve kent

topografyasının tam olarak ortaya çıkarılması amacıyla şehrin üç boyutlu sayısal arazi modeli oluşturulmuştur.

Alp ve diğerleri (2005), Gümüşhane ve Bayburt traverten ve oniks mermerlerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini araştırarak, bunların tabaka şeklinde kesilmelerinin ve cilalanmalarının uygunluğu kaya mekaniği deneyleri ile test edilmiştir.

Ersoy ve diğerleri (2005), Kalecik'deki (Torul-Gümüşhane) karstik yapılar ve fay sistemleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucu karstik yapıların ve kaynakların KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylarla ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

Çavuşoğlu ve diğerleri (2006), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan doğal taşların ekonomik anlamda değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda bulunmuşlar ve maden ihracatında doğal taşların ülke ekonomisi için önemini vurgulamışlardır.

Özdemir (2009), Kalecik Köyü'nde (Torul-Gümüşhane) bulunan ve işletilmekte olan travertenlerin oluşum koşulları ve kökeni incelemişler, ekonomik anlamda değerlendirilmesine yönelik fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte TSE ve ASTM Standartlarına göre Kalecik travertenlerinin taşıma ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmış, bunların fiziko-mekanik özellikleri bakımından Türk Standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.

Babacan ve diğerleri (2012), yapmış oldukları çalışmada Doğu Pontidler güney zonunda yüzeyleyen bej kireçtaşlarına ait örnekler üzerinde basit deney yöntemleri ve tek eksenli basınç dayanım deneyleri uygulanmış, kayacın tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü sonuçları ile basit deney sonuçları arasında istatistiksel ilişkiler kurulmuştur. Çalışmalar sonucunda doğrudan ve dolaylı yöntemlerle belirlenen kayaç özellikleri arasında anlamlı istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları

Çalışma alanı; Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane İli, Kelkit İlçesi'ne bağlı Ünlüpinar Beldesini ve çevresini içeren H42-c2 paftası içinde bulunan bir alanı kapsamaktadır. Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) kireçtaşlarının fiziko-mekanik özelliklerini konu alan çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanındaki litolojik birimler ve bu birimlerin birbirleriyle olan formasyon sınırları belirlenerek, çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve Ek Şekil 1'de verilmiştir.

2.2. Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kireçtaşı ocağından araziye iyi temsil etmesine dikkat edilerek alınan blok numuneler deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere laboratuvara getirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kireçtaşlarından alınan blok örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Karot Alma laboratuvarında bulunan silindirik karot alma ve taş kesme makineleri vasıtasıyla, silindirik numuneler elde edilmiştir (Şekil 2.1). Bu numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Maden Mühendisliği Bölüm laboratuvarında mevcut olan ekipmanlar kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Su Muhtevası

Su muhtevası, kaya örneklerinin içerdiği su kütlesinin kuru numune (etüvden alınan) kütlesine olan yüzdesi olarak ifade edilir. Su muhtevası tayini amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda TSE (1987) tarafından belirtilen hususlar dikkate alınmaktadır.

Deney prosedürüne göre, örnek kapları temizlenip kurutulduktan sonra tartılarak kütleleri (A) belirlenir. Her biri en az 50 gram ağırlığında ve örneği temsil eden en az beş adet düzgün şekilli olmayan numuneler seçilir. Örnekler metal kaplara konarak "nemli örnek+kap" kütlesi (B) hassas terazide tartılarak belirlenir. Kaplarında fırına konan

örnekler 105 °C’de 24 saat bekletilerek kurutulur. Kurutma işleminden sonra “kuru örnek+kap” kütlesi (C) belirlenir.



Şekil 2.1. a) Bloktan karot alımı, b) Karotun uç kısmının düzeltilmesi

$$\omega = \frac{M_w}{M_k} \times 100 \quad (1)$$

$$M_w = B - C \quad (2)$$

$$M_s = C - A \quad (3)$$

Burada, ω su muhtevasını (%), M_w gözeneklerdeki suyun kütlesi (gr), M_k ise kuru örnek kütlesi (gr) ifade etmektedir.

2.2.2. Kütlece ve Hacimce Su Emme

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kaya örneklerinin kütlelerine ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılır. Yöntem, şişebilen ve ıslanma-kuruma süreci sonucunda kolaylıkla dağılabilen kayalar için uygun değildir. Yapılan bu deney için, TSE (1987) tarafından önerilen koşullar esas alınmıştır.

Deneyde karot örneklerinin kullanılması durumunda boy ve çapın birbirine dik iki ayrı yönde, prizmatik örneklerde ise her üç kenar kompas ile ölçülür ve örneklerin hacimleri hesaplanır.

Hacimleri hesaplanan örnekler, saf su doldurulmuş beherde en az 12 saat bekletilir. 12 saat sonunda örnekler saf sudan çıkarılarak, suya doymuş yüzeyleri kağıt havlu ile kurulandıktan sonra, ıslak kütleleri hassas terazide tartılarak doymuş kütleleri tayin edilir. Doymuş kütlesi bulunmuş örnekler, 105 °C'ye ayarlanmış fırına yerleştirilerek en az 12, tercihen 24 saat boyunca kurumaya bırakılır. Fırından çıkan örneklerin kuru kütleleri hassas terazide tartılarak belirlenir. Kütlece ve hacimce su emme değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır:

$$M_a = \frac{M_d - M_k}{M_k} \times 100 \quad (4)$$

$$M_h = \frac{M_d - M_k}{V} \times 100 \quad (5)$$

Burada, M_d örneklerin suya doymuş kütlesi (gr), M_k fırında kurutulan örneklerin kütlesi (gr), V hacim (cm³), M_a kütlece su emme (%), M_h hacimce su emmedir (%).

2.2.3. Porozite

Porozite, bir kayacın içerisinde bulunan boşluk hacminin, kayacın tüm hacmine olan oranı olarak ifade edilir. Porozite değerinin artmasıyla kayacın basınç dayanımı ve su emme yeteneği olumsuz yönde etkilenmekle beraber, kayacın atmosferik şartlara olan dayanımını da azalmaktadır. Bu durum kayacın ekonomikliğinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar ince kristalli mineraller tercih edilmektedir.

Deney düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin gözenekliliğinin tayini amacıyla yapılır. Deney TSE (1987)'nin önerdiği hususlar dikkate alınarak yapılmıştır. İncelenen kayaç türünü temsil edebilecek en az üç adet silindirik örneğin çapı ve boyu kompasla birbirine dik iki ayrı yönde ölçülür ve bu değerlerin ortalaması alınır. Her birinin kütlesi en az 50 gr olan veya çapları içerdikleri en büyük tane boyunun en az 10 katı büyüklüğündeki örnekler seçilmelidir.

Örnek, 105 °C fırında en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde tutulduktan sonra tartılarak kuru kütlesi belirlenir (M_k). Örnek, su dolu bir beherin içinde 48 saat bekletilerek suya doymun hale getirilir, kurulanıp hassas terazide tartılır ve doymun kütlesi (M_d) belirlenir. Bu aşama, gözeneklere giren suyun buharlaşmasına engel olmak için mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve bu işlem sırasında örneklerden parçacıkların kırılıp kaybolmamasına özen gösterilmelidir.

$$V_b = \frac{M_d - M_k}{d_w} \quad (6)$$

$$n = \frac{V_b}{V_T} \times 100 \quad (7)$$

Burada, d_w suyun yoğunluğu (gr/cm^3), n porozite (%), V_b boşluk hacmi ve V_T toplam hacimdir (cm^3).

2.2.4. Schmidt Çekici Sertliği

Sertlik, kayaçların aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Doğal taşların sertliğinin, kesilme, işlenme ve cilalanma konuları ile yakın ilgisi vardır. Sert doğal taşların kesilmesi, işlenmesi ve üretilmesi, yumuşak cinslere nazaran zor olmasına rağmen çok iyi cila kabul ederler. Sert mermerler kolay yıpranmadığı için en çok tercih edilen cinstir. Binalarda daha çok dış cephe kaplamada, kapı eşiklerinde ve taban döşemelerinde kullanılırlar.

Schmidt çekici deneyi, kayaların geri sıçrama sertlik değerinin tayini ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarının saptanması amacıyla yapılır. Deney yöntemi olarak, TSE (1987) tarafından izlenmesi önerilen yöntem esas alınmıştır.

Betonlarda N tipi, kayaçalarda ise 0,74 Nm çarpma enerjisine sahip L tipi Schmidt çekici kullanılması tercih edilir (ISRM, 2007). Çekiç, en az NX çapındaki karot örnekleri veya bir kenarı en az 6 cm olan blok örnekler üzerinde kullanılmalıdır. Karot veya bloğun yüzeyleri düzgün olmalı ve çatlak içermemelidir. Bu çalışmada, L tipi Schmidt sertlik çekici kullanılmıştır. Numunelerin sertliği ölçülmeden önce yüzeyleri temizlenip, zımpara taşı ile düzeltilmeli ve numunenin test sırasında titreme ve kaymasını önlemek için taban ünitesine sağlam olarak oturtulmalıdır. Schmidt çekici aşağıya doğru dik tutulur ve her

numune yüzeyinde yirmi geri tepme sayısı okunur. Daha sonra değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak bu değerlerin küçük olan %50'si iptal edilir ve geri kalan sertlik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak sertlik derecesi bulunur.

2.2.5. Ultrasonik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik biliminde ve jeoteknik uygulamalar da kullanılmaktadır. Bu yöntem, kayaçların dinamik özelliklerinin laboratuarda saptanmasında da tercih edilmektedir. Yöntemin, uygulanmasındaki kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır.

Ultrasonik ses dalgasının kayaçlardaki yayılma hızı, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş örnekler, alıcı ve verici uçlar arasına yerleştirilerek, P dalga hızının örneğin bir ucundan diğer ucuna geçmesi için gerekli net süreler belirlenir. Bulunan bu değerler kullanılarak ultrasonik ses dalgasının boyuna yayılma hızı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$V_p = L/t_p \quad (8)$$

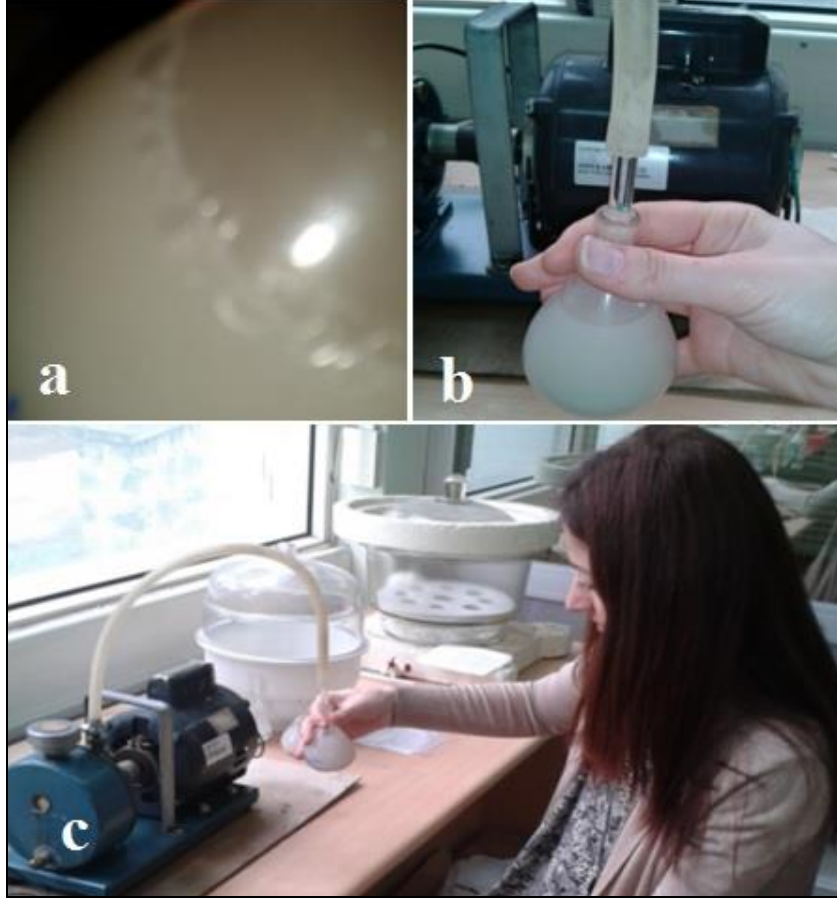
Burada, V_p P dalga hızı (m/sn), L örneğin boyu (m), t_p ise sırasıyla dalganın örneği geçme süresidir (sn).

2.2.6. Özgül Ağırlık

Numuneyi temsil edecek şekilde, değişik parçalardan kırılarak alınan numune, tamamı göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü elekten geçirilecek şekilde öğütülür ve değişmez kütleye kadar kurutulur (ISRM, 2007). Ardından örneklerden yarılanma metodu ile 8-10 gr alınır ve piknometreye konularak tartılır.

İçinde deney numunesi bulunan piknometre hacminin $\frac{1}{4}$ 'üne kadar su ile doldurulur. Vakum pompası kullanıldığı takdirde vakum pompası ile hava alma işlemi piknometre sık

sık çalkalanarak kolaylaştırılır ve işleme hava kabarcıkları çıkmayınca kadar devam edilir (Şekil 2.2). Kapağı kapatılarak üzeri kurulanır ve 0,01 gr hassasiyetle tartılır.



Şekil 2.2. a) Piknometre içinde oluşan hava kabarcıkları, b) Piknometre vakumlanırken çalkalama işlemi c) Piknometre ile özgül ağırlık deneyi

$$\rho = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (9)$$

Burada, ρ özgül ağırlık, G_{pn} piknometre + deney numunesi kütlesi (gr), G_p piknometre kütlesi (gr), G_{pns} piknometre + deney numunesi + su kütlesi (gr), G_{ps} su ile dolu piknometre kütlesidir (gr).

2.2.7. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kaya örneklerinin birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Bu deney için TSE (1987) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış (silindirik) en az üç deney örneğinin çapı (D) ve boyu (L), kompasla birbirine dik iki ayrı yönde 0,1 mm duyarlılıkla ölçülür ve her bir örnek için bu değerlerin ortalaması alınır. Benzer şekilde prizmatik örneklerin kullanılması halinde, bunların kısa ve uzun kenarları ile kalınlıkları birbirine dik yönde ikişer kez ölçülerek ortalamaları alınmalıdır. Silindirik karot örnekleri için boy ve çap değerleri, prizmatik örnekler için de üç ayrı yönde ölçülmüş değerler kullanılarak örneklerin hacimleri (V) hesaplanır.

Örneklerin ağırlıkları hassas terazide tartılarak belirlenir. Kuru birim hacim ağırlık tayin edilecek ise, örnekler 105 °C'ye ayarlanmış fırında ve en az 12 saat kurutulduktan sonra soğumaları için 30 dakika süre ile desikatörde bekletilir. Daha sonra hassas terazi kullanılarak örneklerin kuru kütleleri (M_k) belirlenir. Doygun birim hacim ağırlıkları belirlenecek ise, örnekler saf su dolu bir kap içerisine yüzeyleri tamamen su ile kaplanacak şekilde konulur. 12 saat sonunda sudan çıkarılan örnekler hassas terazide tartılarak doygun kütleleri (M_d) bulunur. Aşağıda verilen formüller yardımıyla gerekli hesaplamalar yapılır:

$$\gamma_k = \frac{M_k \times g}{V_T} \quad (10)$$

$$\gamma_d = \frac{M_d \times g}{V_T} \quad (11)$$

Burada, γ_k kayanın kuru birim hacim ağırlığı (kN/m^3), γ_d kayanın doygun birim hacim ağırlığı (kN/cm^3), V_T toplam hacim (cm^3) ve g yer çekimi ivmesidir (m/sn^2).

2.2.8. Islanma-Kuruma Deneyi

Bu deney, ıslanma-kuruma çevrimi koşullarında aşınmaya karşı kayaların duraylılığının belirlenmesi amacı ile yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır.

Bu prosedüre göre, hazırlanan silindirik örnekler 110 ± 5 °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat süreyle kurutulduktan sonra, fırından çıkarılarak soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak kütleleri belirlenir. Ağırlıkları belirlenen örnekler saf su ile dolu behere konularak, saf su içerisinde en az 12 saat bekletilir. Beher içindeki su seviyesi örneklerin üst seviyesini geçecek şekildedir. Beherden çıkarılan örnekler 110 ± 5 °C'de en az 12 saat kurumaya bırakılır. 12 saat sonra örnekler tekrar saf su ile dolu beherin içine konur. Her ıslanma-kuruma bir çevrime eşittir. Örnekler 80 defa ıslanma-kuruma çevrimine tabi tutulduktan sonra, 110 ± 5 °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak, soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örneklerin kütleleri hassas terazide belirlenir. Belirlenen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla ıslanma-kuruma hesaplamaları yapılır:

$$A_k = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (12)$$

Burada, A_k kütle kaybı (%), A örneğin deney öncesi kuru kütlesi (gr) ve B örneğin deney sonrası kuru kütlesidir (gr).

2.2.9. Donma-Çözülme Deneyi

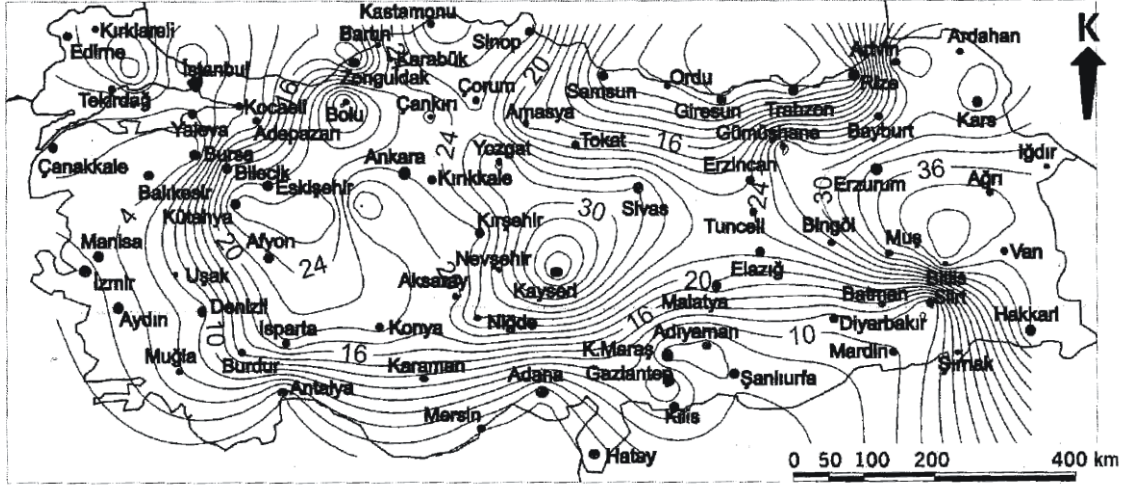
Bu deney, donma-çözülme çevrimi koşullarında, kayaların aşınmaya karşı duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak ASTM (1992b) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır.

Örnekler, 105 ± 5 °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 4 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak desikatörde 30 dakika soğuma için bekletilir. Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak kütleleri belirlenir.

Kütleleri belirlenen örnekler saf su içerisinde en az 12 saat süresince örnek en az %50 doygunluğa sahip olana kadar bekletilir. Su ile doyurulmuş örnekler, sudan çıkarılıp soğutma hızı 4 saatte $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düşecek şekilde ayarlanan derin dondurucuya konulur. Ardından, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 12 saat süre ile bekletilen örnekler bu süre sonunda derin dondurucudan çıkarılarak, oda sıcaklığında içinde damıtık su bulunan kaba konulur ve tekrar en az 8 saat en fazla 12 saat süre ile suda çözülmeye bırakılır. Bu döngü bir donma-çözülme çevrimine eşittir. Bu çalışmada donma-çözülme işlemi Gümüşhane ilinin güney kısmı için önerilen çevrim sayısı dikkate alınarak 30 defa tekrarlanmıştır (Şekil 2.3). 30. çevrim sonucunda örnekler $105 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki fırında 24 saat kurutularak deney sonu kuru kütlesi belirlenir. Belirlenen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla donma-çözülme sonucu oluşan kütle kaybı hesaplamaları yapılmaktadır:

$$A_k = \frac{A - B}{A} * 100 \quad (13)$$

Burada; A_k kütle kaybı (%), A örneğin deney öncesi kuru kütlesi (gr), B örneğin deney sonrası kuru kütlesidir (gr).



Şekil 2.3. Türkiye eş donma-çözülme çevrim sayısı haritası (Binal, 2009).

2.2.10. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Bu deney, kaya malzemesi örneklerinin dayanımını belirlemek amacı ile uygulanır. Kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli basınç dayanımının tayini için bu çalışmada TSE (1987) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır. Deneyde kullanılacak örnek sayısı, pratik gereksinimlere bağlı olmakla birlikte, ISRM (2007) tarafından her kayaç türünden en az beş örneğin deneye tabi tutulması önerilmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı, doğrudan yöntem ile silindirik şekilde hazırlanmış deney numunelerinin tek eksenli preste yüklenmesi ile belirlenmektedir. Deneyde boyu çapının 2-2,5 katı olan silindirik örnekler kullanılmıştır.

Yük, basınç gerilmesi saniyede 0,17 kN/s olacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilir.

Örneklerin tek eksenli basınç dayanımları (σ_{ci}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$\sigma_{ci} = \frac{F}{A} \quad (14)$$

Burada, σ_{ci} tek eksenli basınç dayanımı (MPa), F yenilme anında kaydedilen yük (N), A silindirik örneğin kesit alanıdır (cm^2).

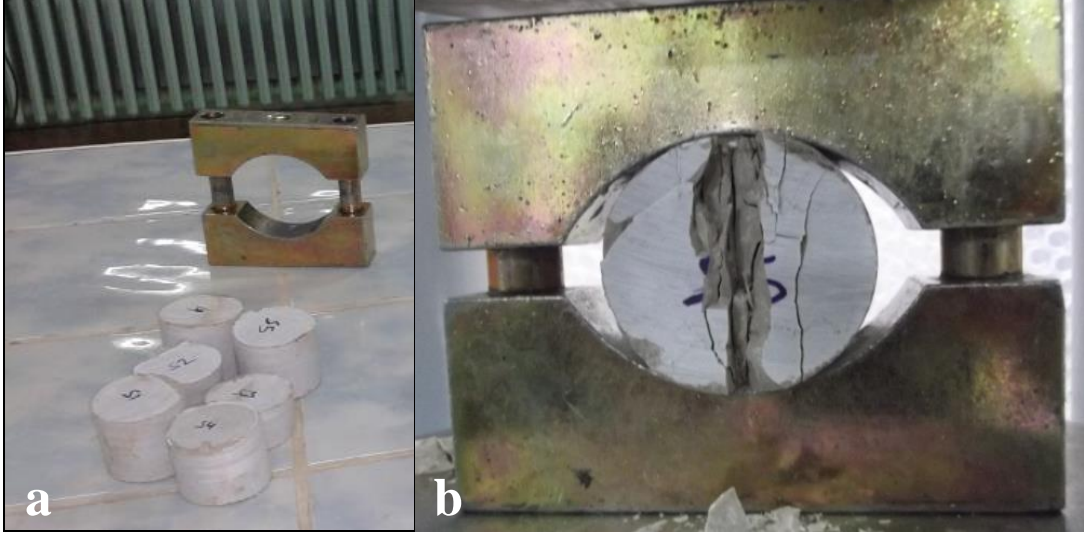
2.2.11. Dolaylı Çekme Dayanımı

Bu deney, disk şeklinde hazırlanmış kaya örneklerinin çapsal yükleme altında çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Bu yöntemle, silindirik kayaç örneklerinin uçlarından sabitlenerek çekilmesi şeklinde uygulanan doğrudan çekme deneyine göre, genellikle biraz daha yüksek çekme dayanımları elde edilmektedir. Deneyler TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır.

Çekme dayanımı için yaygın olarak iki farklı deney yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler, doğrudan ve dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) deneyleridir.

Ünlüpınar yöresindeki kireçtaşlarının dolaylı çekme dayanımını bulmak için Brazilian deneyi yapılmıştır. Bu deney için silindir şeklinde dış yüzeyleri düzgün boy/çap oranı 0,5-1 arasında çapı 50 mm'den az olmayan disk numuneleri kullanılmıştır (Şekil

2.4). Bu çalışma kapsamında, toplam 8 adet numuneden elde edilen ortalama değer dolaylı çekme dayanımı olarak esas alınmıştır.



Şekil 2.4. a) Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) deneyinde kullanılan numuneler ve standart çene, b) Deney sonrasında numunenin görünümü

Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) numunesi için önerilen yükleme hızı 200 N/s'dir. Örneğin yenildiği andaki maksimum yük yükleme ünitesinin göstergesinden okunur. Dolaylı çekme dayanımı aşağıdaki Eşitlik 15 yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi DL} \quad (15)$$

Burada, σ_t örneğin çekme dayanımı (MPa), F örneğin yenilme anındaki yük değeri (kN), D mermer numunesinin çapı (cm) ve L numune boyudur (cm).

2.2.12. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Doğal taşların kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe

mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir. Deney, TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır.

Silindirik veya prizmatik numuneye üç noktada yük uygulayan düzenek kullanılarak, kırılma yükleri belirlenir. Yükleme düzeneğindeki alt iki mesnet arası açıklık (l) silindirik numuneler için $3L/5$ olmalıdır. Numune çapı 2,22 cm ile 5,40 cm arasında ve en az 15 cm uzunluğunda olmalıdır. Deney yapılacak numune deney düzeneğine yerleştirilir ve numune üzerine düşey yük sabit bir yükleme hızı ile uygulanır. Kırılma yükü kaydedilir ve Eşitlik 18'e göre silindirik numunelerin eğilme dayanımı değerleri hesaplanır. Uygulanan çalışmayı gösteren fotoğraflar Şekil 2.5'de verilmiştir. Eşitlik 18 üç noktadan yükleme koşulları için geçerlidir.

$$\sigma_f = \frac{8F_c l}{\pi D^3} \quad (16)$$

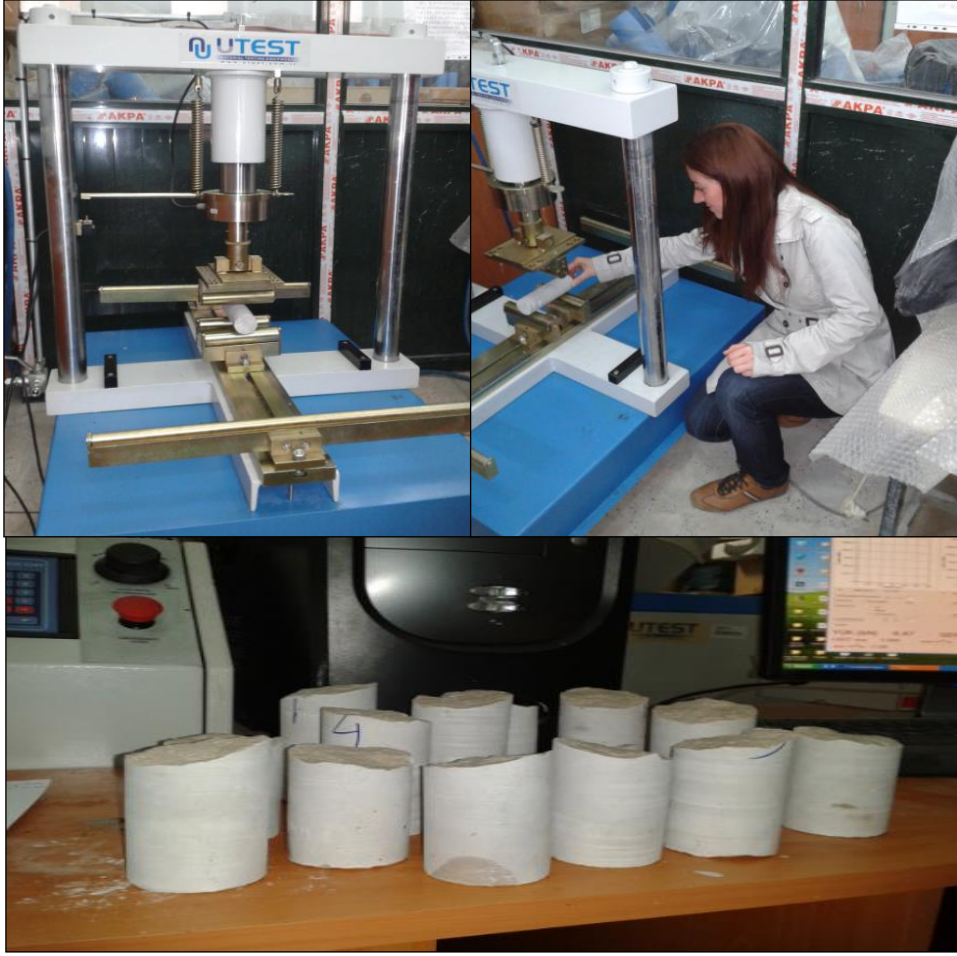
Burada, σ_f eğilme dayanımı (kg/cm^2), F_c kırılma anındaki düşey yük (kg), l alt iki mesnet arası mesafe (cm), D silindirik numune çapıdır (cm).

2.2.13. Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı

Yüzeysel aşınma dayanımı, kayaçların yüzeyinde aşındırıcı maddeler ve sürtünmeler nedeni ile oluşan malzeme kaybına karşı gösterilen dirençtir. Kayaçların aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TSE (1987)'ye uygun olarak kenar uzunluğu 71 mm ebadında küp numuneler hazırlanmıştır.

Deneyde kullanılan Böhme yüzey aşındırma cihazı devir hızı ayarlanabilen, 750 mm çapında bir aşındırma diskinde, devir sayısını gösteren bir numarator ve her 22 devir tamamlandığında cihazı otomatik olarak durduracak tertibata sahip olmalıdır. Uygulanan testlerde devir hızı olarak 30 devir/dakika ve 294 N aşındırma kuvveti uygulanmıştır.

Numunenin disk yüzeyinde döndüğü şerit boyunca, aşındırmayı sağlamak için $20 \pm 0,5$ gr zımpara tozu serpilir. Deney numunesi sürtünme şeridine 294 N'luk bir kuvvet ile bastırılması sağlandıktan sonra cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilir. Diskin dönme hareketi sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları kıl fırça ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır. Böhme yüzey aşındırma cihazı her yirmi iki devir sonunda disk



Şekil 2.5. Eğilme dayanımı deney düzeneği ve örneklerin deney sonucundaki görünümü

otomatik olarak durur ve disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınmadan dolayı deney numunesinden ayrılan kısımlar, uygun bir fırça ile temizlenir ve tekrar $20 \pm 0,5$ gr zımpara tozu sürtünme şeridi üzerine serpilmiştir. Her periyotta yeniden zımpara tozu konulur ve küp numune düşey eksen etrafında 90° çevrilir. Her örnek için 22 devirlik 20 aşınma periyodu yani 440 devir uygulanır. İşlem sonunda sert bir kıl fırça ile iyice temizlenen örnek kalınlık ölçümlerine hazır hale getirilir.

Deneyde aşınma kaybı aşınan numune kalınlığındaki azalmanın ölçülmesi yolu ile tayin edilir. Bunun için deney uygulanmış numunelerin her birinin 9 farklı yerdeki kalınlıkları 0,01 mm hassasiyetle ölçülür ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak deney sonrası kalınlık bulunur.

Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden aşağıdaki eşitlikler yardımı ile belirlenebilir:

$$d = d_0 - d_1 \quad (17)$$

Veya

$$\Delta_d = \frac{V_0 - V_1}{a} \quad (18)$$

Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise:

$$d_v = (d_0 - d_1) \times 50 \quad (19)$$

Veya

$$\Delta_v = \left(\frac{V_0 - V_1}{a} \right) \times 50 \quad (20)$$

Elde edilen sonuçlar $0.01 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ hassasiyeti ile belirtilir. Burada, Δ_d numunenin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm), d_0 numunenin deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm), d_1 numunenin deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm), Δ_v numunenin Böhme hacimsel 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 ise numunenin aşınan yüzey alanıdır (cm^2). Böhme aşınma deneyinin yapılışı Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. a) Döner yüzey üzerine aşındırıcı toz dökülmesi, b) Dönmekte olan diske temas halindeki numunenin aşındırılması

2.2.14. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi

Bu deneyde amaç, kaya örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda parçalanma, kütle kaybı ve zayıflamaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (2007)'nin önerdiği yöntemler kullanılmıştır. Her biri 40-60 gr olan, toplam 450-550 gr kütleyle sahip 10 adet parçaya test uygulanır. Seçilen bu örneklerin köşelerinin birbirine çarparak mekanik parçalanmaya neden olmaması için mümkün olduğunca küresele yakın şekle sahip olması istenir.

Hazırlanan örnekler öncelikle 105 °C'lik sabit sıcaklıkta 6 saat, tercihen 12 saat kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda kuru kütleleri bulunan örnekler soğutulduktan sonra tambura konularak deneye başlanır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Suda dağılmaya karşı duraylılık deney düzeneği

Tambur şeffaf hazne içine yerleştirilir ve tamburun dönme ekseninin 2 cm altında bulunan kırmızı seviyeye kadar saf su doldurulur. Deneye hazır hale gelen tambur dakikada 20 devir yapacak şekilde 10 dakika süre ile döndürülür. 10 dakika sonunda tambur haznedan alınarak örnekler tekrar 105 °C sıcaklıktaki fırına yerleştirilir ve 12 saat süreyle yeniden kurumaya bırakılır. Ardından, örneklerin tekrar kuru kütleleri tartılarak kütle kaybı hesaplanır. Yapılan işlemler dört çevrim olacak şekilde yinelenerek tamburda en son kalan malzemenin kütesinin deneyin başlangıcındaki malzeme kütesine oranı hesaplanır. Elde edilen birinci ve ikinci çevrim sonrası suda dağılma indekslerine bağlı olarak kayaçların suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması Tablo 3.5'de verildiği gibi yapılır. Birinci ve ikinci suda dağılma indeksleri aşağıdaki eşitliklerde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$I_{d1} = 100 \times (B / A) \quad (21)$$

$$I_{d2} = 100 \times (C / A) \quad (22)$$

Burada, A deney öncesi kuru kütle (gr), B birinci çevrim sonrası kuru kütle (gr), C ikinci çevrim sonrası kuru kütle (gr), I_{d1} birinci çevrim suda dağılma indeksi (%), I_{d2} ikinci çevrim sonrası suda dağılma indeksidir (%).

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırt edilmiştir.

- Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi
- Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu
- Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu
- Geç Kretase yaşlı Keremutdere Formasyonu
- Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu
- Kuvaterner yaşlı taraça, alüvyon ve yamaç molozu

Ek Şekil 1’de çalışma alanı ve çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, Ek Şekil 2’de jeolojik kesiti ve Şekil 3.1’de stratigrafik kolon kesiti verilmiştir.

3.1.1. Gümüşhane Granitoyidi

Gümüşhane ve yakın yöresinde yüzeylenen granitik kayaçlar topluluğuna ilişkin ilk bilgiler Erguvanlı (1951), Ketin (1951) ve Baykal (1952) tarafından verilmiştir. Yılmaz (1972)’in Gümüşhane Graniti, Coğulu (1975)’nun Gümüşhane Plütönu olarak tanıttığı granitik kayaçlar topluluğunu; Tokel (1972), Kesgin (1983), Eren (1983), Hacıoğlu (1983) ve Bergougnan (1987) Gümüşhane Graniti ve Topuz vd., (2010) Gümüşhane Batoliti gibi değişik adlar altında incelemişlerdir. Bu çalışmada Gümüşhane Granitoyidi adlaması benimsenmiştir ve kullanılmıştır.

Gümüşhane Granitoyidi, inceleme alanında Gödül köyü kuzeyinde ve Kom mahallesi güneydoğusunda yüzeylemektedir. Topografyada az eğimli yamaç ve sırtları oluşturur.

ÜST SİSTEM		SENOZOİK		MESOZOİK		PALEOZOYİK		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	KUV.	TERSİYER	K.	G.K.	K.D.	
			25 50 25		EOSEN				Yamaç Molozu Alüvyon Taraça Konglomera, kiltası, kumtaşı, kömür Kumtaşı, tüfit, marn, kiltası, bazalt
		Kabaköy	250-375						Nummulitli, orta-kalın katmanlı, kumlu kireçtaşı
			50						Konglomera Gri renkli, kalın-masif katmanlı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit
		Dogger-Malm	306						Kumlu-kireçtaşı
		Berdiga							Tortul volkanik istif
		Liyas	350-500						Kumtaşı, kiltası, kumlu kireçtaşı, marn, kireçtaşı, tuf, tüfit, andezit, aglomera, kömür bandları
		Şenköy							
		Gümüşhane Granitoyidi	200						Granit

Ölçeksiz

Şekil 3.1. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (kömür bandlarının kalınlıkları abartılarak çizilmiştir) (Yılmaz, 1992'den düzenlenmiştir).

Gödöl köyü kuzeyinde Şenköy Formasyonu, Kom mahallesinin güneydoğusunda Kabaköy Formasyonu tarafından uyumsuzlukla üstlenir.

Gümüşhane Granitoyidi, granitik bir magmanın petrografik yönden farklı fasiyes ürünlerinden oluşmuştur (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975). İnceleme alanında granitlerde sık aralıklarla gözlenen çatlaklar birime ayırtman bir özellik kazandırmıştır. Granitlerin taze kırık yüzeyleri pembe renkte gözlenirken, ayrışmanın etkili olduğu kesimlerde ise sarımsı pembe renkte gözlenmektedir.

Gümüşhane Granitoyidi inceleme alanının temelini oluşturur. Bu birim üzerine Şenköy Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Gümüşhane yöresinde, Gümüşhane granitoyidi üzerinde incelemelerde bulunan Çoğulu (1975) birimin mutlak yaşını toplam kurşun yöntemiyle 298-338 milyon/yıl olarak bulmuştur. Bu sonuçlar ile Gümüşhane Granitoyidi'nin Paleozoyik yaşlı olduğu ortaya çıkar.

3.1.2. Şenköy Formasyonu

Volkano-tortul kayaçlarla tanınan formasyon, benzer litofasiyes ve yaştaki kayaçlar için, inceleme alanının dışında, Gümüşhane yöresinde Eren (1983) tarafından Zimonköy Formasyonu adı ile tanımlanmıştır. Birçok araştırmacı tarafından Zimonköy Formasyonu için farklı adlar kullanılmışsa da (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Balkaynak Formasyonu, Kesgin, 1983; Şenköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir, 2003) bu çalışmada Şenköy Formasyonu (Kandemir, 2004) adı benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Birim, Kelkit vadisi kuzeyindeki Gödöl Köyü yöresinde yüzeylenir. Çoraklar mevkiinde Gümüşhane granitoyidi aşınma uyumsuzluğu ile üstler. İnceleme alanında uzaktan griden siyaha kadar değişen alacalı renklerde görünürler. Genellikle aşınmaya karşı duraysız kayaçlardan oluşan formasyon topografyada düşük rölyefler oluşturur.

Şenköy Formasyonu, başlıca gri-kahverengi renkli, orta katmanlı, gevşek çimentolu kumtaşı, gri renkli, orta-kalın katmanlı kumlu kireçtaşı, gri-bej renkli, ince-orta katmanlı sert kireçtaşı, açık yeşilimsi gri renkli, orta katmanlı dağılğan yapılı marn, taze kırık yüzeyi sarı, ayrışma yüzeyi renkli, kirli sarı-kahverengi renkli, orta-kalın katmanlı sert tüfit, çoğunlukla küt köşeli, az yuvarlanmış ve kötü boylanmış andezit parçalarından oluşan

aglomera, masif yapılı, bol çatlaklı, sert andezitlerden ve mat siyah renkli ince katmanlı kömürlerden oluşur.

Gümüşhane Granitoyidi üzerine uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Liyas'tır (Eren, 1983).

Şenköy Formasyonu'nun tabanını oluşturan kumtaşı, kiltası ve kömür mercekleri sığ denizel ve bataklık ortamını karakterize eder. Daha üst kesimlerde yer alan türbiditik özellikler sunan kumtaşı, kiltası ardalanması denizel ortamın biraz derinleştiğini gösterir. Özellikle formasyon içerisinde volkanik kayaçların yer alması volkanizmanın zaman zaman etkin olduğunu gösterir.

Şenköy Formasyonu'nun yayılım, kalınlık ile çökel yapı-doku özellikleri birimin tipik bir rift havzasında biriktiğinin kanıtlarını taşır (Yılmaz, 1995).

3.1.3. Berdiga Formasyonu

İlk kez Pelin (1977) tarafından formasyonun tipik olarak yüzeylediği yer olan Berdiga Dağları'na atfen (Giresun-Alucra) Berdiga Formasyonu adı ile adlandırılmış ve bu birim, Berdiga formasyonu ile benzer litolojik özelliklere sahip olması ve aynı stratigrafik konumda bulunması nedeniyle aynı isim ile adlandırılmıştır. Formasyon, çeşitli araştırmacılar tarafından farklı adlarla tanıtılmıştır (Ferhatkaya Formasyonu, (Alp, 1972); Hankırıtepe Formasyonu, (Seymen, 1975); Çalıktaş Formasyonu, (Yüksel, 1976); Hozbirikyayla Formasyonu, (Ağar, 1977); Danzot Formasyonu, (Kesgin, 1983); Ardıçlıgüney Formasyonu, (Özer, 1983)). Ancak Pelin (1977) tarafından adlandırılan Berdiga Formasyonu adı yerbilimciler arasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnceleme alanında Berdiga Formasyonu, Kelkit ilçesinin kuzeyinde Koludağ Tepe, Hasandede Tepe, Mağaranınüstü Tepe, Çiftetepeler, Kalenin Tepe, İskah ve Alansa köylerinin sınırladığı bir alanda yüzeylemektedir (Şekil 3.2). İnceleme alanında, birimin çatlaklı olması, düzgün tabakalar sunması ve yüzeyleyen diğer birimlerle karşılaştırıldığında daha dik topografyaya sahip olması nedeni ile arazide kolayca tanınabilmektedir.

Berdiga Formasyonu, Çoraklar mevkiinde Şenköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır. Ziyarettepe'nin güneyi ve İskah Köyü, Kabaköy Formasyonu ile sınırı faylıdır.



Şekil 3.2. Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının arazideki genel görünümü
(Yer: Hasandede Tepe civarı)

İnceleme alanında Berdiga Formasyonu'nun tabanını kumlu kireçtaşları oluşturur. Bunun üzerine gelen seviyeler dolomitik kireçtaşı, dolomit ve kireçtaşı ardışımı ile devam eder ve kalın bir kireçtaşı istifıyla sona erer. Kalın katmanlı kumlu kireçtaşının taze kırık yüzeyi mavi-gri renkli, ayrışma yüzeyi ise gri renklidir Orta-kalın tabakalı dolomitlerde pembe renk egemen olup şeker dokusu belirgindir. Kireçtaşları gri-bej renkli, yer yer masif katmanlıdır.

Yılmaz (1992) tarafından yapılan paleontolojik çalışmalar sonucunda Berdiga Formasyonu'na Dogger-Malm yaşını vermiştir. Birimin, çökel yapı-doku, fosil içeriği, yayılım ve dağılım özellikleri Berdiga Formasyonu'nun sığ, yüksek enerjili bir deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir.

3.1.4. Kermodere Formasyonu

Birim ilk kez, litostratigrafi adlama kurallarına uygun olarak Tokel (1972) tarafından Gümüşhane ve yakın yöresinde Kermodere Formasyonu olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanında, Alansa köyü güneyinde Hankırı Tepe'de doğuya doğru daralan bir kama şeklinde

yüzeylenir. Belirgin kırmızı rengiyle diğer birimlerden kolayca ayırtlanır. Berdiga ve Kabaköy Formasyonları ile dokanakları faylıdır.

Kermutdere Formasyonu, tabanda ince orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralar ile başlayıp üste doğru ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikritik kireçtaşları ile devam eder ve gri-yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kiltası ve marn ardalanması ile son bulur (Tokel, 1972, Pelin vd., 1982, Eren, 1983). İnceleme alanında, Kermutdere Formasyonu'nu büyük çoğunluğu Berdiga Formasyonu'ndan türemiş, iyi yuvarlanmış, orta-kötü boylanmalı çakıllardan oluşan, kırmızı rengin egemen olduğu konglomeralar oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra Şenköy Formasyonu'ndan türemiş kumtaşı ve andezit çakıllarını da içerir.

Birimin yaşı içerdiği pelajik fosil topluluğuna dayandırılarak Geç Kretase olarak belirlenmiştir (Eren, 1983, Taslı, 1990, Yılmaz, 1993a, Yılmaz, 1997).

İnceleme alanında yüzeyleyen kırmızı renkli konglomeraların Geç Kretase denizinin çok sığ kıyı ortamını belirler.

Geç Kretase denizinin inceleme alanındaki çökellerini temsil eden kırmızı renkli konglomeraların büyük çoğunluğunu Berdiga Formasyonu'ndan türemiş blok ve çakılların oluşturması karasal alanların büyük çoğunluğunun Berdiga Formasyonu'ndan oluştuğunu ortaya koyar. İyi yuvarlanmış çakıllar uzun bir aşınma dönemini, orta-kötü boylanma hızlı bir taşınma ve çabuk çökmenin kanıtlarını taşır (Yılmaz, 1992).

3.1.5. Kabaköy Formasyonu

Kabaköy Formasyonu ilk kez Güven (1993) tarafından Gümüşhane ve yakın çevresinde tanımlanmıştır. İnceleme alanında benzer litolojik özellik gösteren ve aynı stratigrafik konumda bulunan birim için de aynı ad kullanılmıştır (Şekil 3.3). İnceleme alanında Kelkit Çayı'nın kuzeyinde Üzümlük mevki, Korukardıçlı Tepe, Kom Mahallesi, Hanege, Morokom, Persor ve İskah Köyleri civarında yüzeylemektedir. Kabaköy Formasyonu'nun Kermutdere ve Berdiga Formasyonları ile olan dokanağı faylıdır. Kom mahallesinin güneydoğusunda Gümüşhane granitoidini uyumsuz olarak üstler. Kelkit çayının kuzeyinde alüvyon ve taraçalar tarafından uyumsuz olarak üstlenir.



Şekil 3.3. Kabaköy Formasyonuna ait volkanik ve tortul kayaçların arazideki genel görünümü (Yer: Kelkit-Ünlüpınar yolu üzeri Mağaralar dere civarı)

Kabaköy Formasyonu tabanda kumlu ve nummulitli kireçtaşı, kumtaşı ve marn bulunduran üste doğru volkanik ara katkılı kumtaşı, marn ve tüfitlerle tedrici olarak kömür bantları içeren çakıllı, kumtaşı, konglomera ve kilaşlarına geçerler. Kumlu kireçtaşları pembe-gri renkli, kalın katmanlıdır. Kumtaşları gri renkli, tüfitler açık yeşil renkli, marnlar ise mavi renklidir. Kömürler siyah renkli, homojen yapılı ve serttir. Konglomera çakıllarının tümü Berdiga Formasyonu'ndan türemiştir. Çakıllar küt köşeli ve az yuvarlanmıştır.

Birimin yaşı içerdiği nummulitlere dayandırılarak Eosen olarak belirlenmiştir (Eren, 1983; Özer, 1983).

Birim küçük çökme ortamlarında ve yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesi ile sığ deniz ve karasal ortamlarda birikmiştir.

3.1.6. Alüvyon, Taraça ve Yamaç Molozu

Yöredeki en genç birimleri oluşturan alüvyon ve taraçalar Kelkit Vadisi boyunca geniş alanlarda gözlenmiştir ve bu birimlerin içinde çevre kayaçların bloktan kil boyutuna

kadar değişen parçalarına rastlamak mümkündür. Alüvyon ve taraçaları oluşturan elemanlar değişik boyutlarda çoğunluğu yuvarlaktır. Kireçtaşlarından oluşan çakıl ve blok boyutundaki elemanlar yoğun bir biçimde gözlenmektedir.

Ünlüınar Köyü'nün güney bölümündeki alanda yoğun bir biçimde izlenen yamaç molozları, kum boyutundan çakıl boyutuna kadar değişen değişik ebatlardaki elemanlardan oluşmaktadır.

3.2. Yapısal Jeoloji

Alp-Himalaya sisteminin önemli kısımlarından biri olan ve jeodinamik gelişimi üzerine tartışmaların devam ettiği Doğu Pontid Orojenik Kuşaağı'nda yüzeyleyen birimler Hersinyen ve Alpin dağ oluşum hareketlerinin etkisi altında kalmış ve buna bağlı olarak da bölgede önemli yapısal unsurlar gelişmiştir. İnceleme alanı bu orojenik kuşaağın güneyinde yer alır ve her iki orojenizmadan etkilenmiş birimler içerir. Bu hareketler sonucunda inceleme alanında kırıklı ve kıvrımlı yapılar ile uyumsuzluklar gelişmiştir.

3.2.1. Kıvrımlı Yapılar

İnceleme alanında bütün sedimanter birimlerde küçük veya büyük ölçekli kıvrımlı yapılara rastlanmaktadır. Büyük ölçekli kıvrımlanmalar hazırlanan jeolojik haritada gösterilmiş olup, kıvrım eksenleri genellikle KD-GB uzanımlı olarak görülürler.

Liyas-Dogger-Malm yaşlı kayaçlar, monoklinal ve geniş periyodlu kıvrımlı yapı kazanmışlardır. Aynı zaman aralığında üç ayrı fasiyeste gelişen Alibaba formasyonuna ait kumlu kireçtaşları monoklinal yapı kazanırken daha sünümlü olan tüfit-kumtaşı-marn ardışımı küçük periyodlu kıvrımcıklardan oluşan antiklinal ve senklinaller oluşturmuşlardır (Yılmaz, 1985). Bu kıvrımcıklar Persor köyü civarında ve Üzümlük mevkiinde belirgindir.

Hasandede Tepe'nin kuzeyinde yer alan senklinalin ekseni doğu-batı uzanımlı ve simetriktir. Üzümlük mevkiinde bulunan senklinallerin ekseni yaklaşık doğu-batı uzanımlı asimetric ve güneyinde yer alan diğer senklinal ve antiklinallerin eksenleri ise simetric ve doğu batı uzanımlıdır. Kom mahallesinin kuzey batısında yer alan senklinalin ekseni kuzeydoğu-güneybatı uzanımlıdır. Germürü mahallesi kuzeyinde doğu-batı uzanımlı bir senklinal bulunur.

3.2.2. Faylar

Çalışma alanının kuzey kesiminde yer alan fay yaklaşık doğu-batı doğrultuludur. Fay düzleminin kuzeyindeki blok yükselmiş, güneyindeki blok ise düşmüştür. Hankırı Tepe'nin güneyinde yer alan fay ile kuzey blok yükselerek Geç Kretase yaşlı kırmızı konglomeralar yüzeylenme kazanmışlardır. Persor köyü kuzeyinde K30B doğrultulu ve yaklaşık 2 km uzunluğunda doğrultu atımlı bir fay yer alır ve yanal atımı yaklaşık 1500 m'dir (Yılmaz, 1985).

İskah köyü kuzeyinde kuzey-güney sıkıştırma güçlerinin etkisi ile eş yaşlı kireçtaşlarının birbirleri üzerine itilmesi ile bindirme fayı oluşmuştur.

3.2.3. Çatlaklar

İnceleme alanında yüzeyleyen bütün birimlerde çatlaklı yapılar gelişmiştir. Çatlaklı yapılar genellikle dolgusuz, kireçtaşlarında kalsit dolgulu, granitik kayaçlarda ise kuvars dolgusu olağandır. Çatlaklar genellikle makaslama şeklinde gelişmiş olup, KD ve KB doğrultulu olarak gelişmişlerdir ve bu uzanımları ile Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın ana kırık sistemi ile uygunluk gösterirler.

3.2.4. Uyumsuzluklar

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan Paleozoyik yaşlı granitik kayaçlar, Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Çalışma alanındaki yüzeyleyen Mesozoyik yaşlı birimler geçişli dokanaklar sunarken, Paleosen yaşlı birimlerin bölgede bulunmaması nedeniyle Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu inceleme alanındaki Mesozoyik birimlerini uyumsuz olarak örter. Kuvaterner yaşlı olup, güncel olarak oluşmaya devam eden alüvyonlar ise bölgedeki tüm birimleri uyumsuz olarak üzerler.

3.3. Kireçtaşlarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi

Doğu Karadeniz Bölgesi, jeolojik yapısı nedeniyle sınırlı sayıda mermer ve doğal taş çeşitliliğine sahiptir. Ordu ilinden Artvin iline kadar uzanan geniş alanda başta granit

olmak üzere değişik renk ve desenlerde önemli ölçüde doğal taş rezervine sahiptir. Bilinen doğal taş sahalarının toplam rezervi 435 milyon ton civarındadır. Bu doğal taş rezervinin yaklaşık değeri 90 milyar dolardır (Korkmaz, 1996).

Tablo 3.1’de Doğu Karadeniz Bölgesi için illere göre verilen 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. Ayrıca rezervin illere göre dağılımı ise şöyledir; Rize 32 milyon m³ (%13), Trabzon 15 milyon m³ (%6), Bayburt 8 milyon m³ (%4), Giresun 115 milyon m³ (%47), Ordu 64 milyon m³ (%26) ve Gümüşhane 9 milyon m³ (%4)’tür (Yılmaz vd., 2003).

Çalışma konusunu oluşturan ve 1998 yılında işletilmeye başlanılan kireçtaşları, yaklaşık 400.000 m³ rezerve sahiptir.

Tablo 3.1. Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki illere göre doğal taş potansiyeli (Yılmaz vd., 2003).

İl	Muhtemel Rezerv (x 10 ³ m ³)	Genel Özellik
Rize	32.100	Çatlaklı ve kırıklı
Trabzon	15.875	Az çatlaklı-kırıklı
Bayburt	8.750	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 bozunmalarda var

3.3.1. Kireçtaşların İşletilmesi

İnceleme yapılan yörede Berdiga kireçtaşlarına ait nispeten sağlam olan bir kesim 1998 yılında özel bir teşebbüs tarafından elmas tel kesme yöntemi ile üretime başlanmış ve yaklaşık 1200 m³ blok elde edilmiştir. Bu blokların bir çoğu Erzincan’daki mermer fabrikalarına gönderilerek levha olarak kesilmiştir. Mermer ocağı açılan yörenin 1 km yakınında antik yerleşim yerleri olduğu görülmektedir (Şekil 3.4). Mermer ocağının çalışması sırasında Gümüşhane Kültür Müdürlüğü’nün uyarısı ile ocak çalışmasına

Bakanlıkça son verdirilmiştir ve mermer ruhsatı iptal edilmiştir (Şekil 3.5). Geride kalan pasa malzeme 1 km uzakta bulunan taş kırma ve öğütme tesisinde mıcır ve kum elde edilmesinde kullanılmıştır (Şekil 3.6). Ancak çalışma sahasında geniş yüzeyler kaplayan Berdiga Formasyonu'nun çeşitli yörelerinde yapılan jeolojik incelemeler sonucunda tüm kireçtaşı yüzeylemesinin ocak açılan yöredeki kireçtaşları ile aynı mineralojik ve yapısal özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumda inceleme alanındaki Berdiga kireçtaşlarının uygun kesimlerinde yapılacak olan madencilik çalışmalarında ortaya çıkartılan olumlu sonuçların ilgili diğer lokasyonlar için paralellik göstereceği öngörülmektedir.



Şekil 3.4. Mermer ocağı yakınındaki antik yerleşim yerleri



Şekil 3.5. Berdiga kireçtaşlarında açılmış mermer ocağının bugünkü görünümü



Şekil 3.6. Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarında açılmış taş ocağı (Yer: Hasandede Tepe'nin doğusu)

3.3.2. Kireçtaşların Fiziksel Özellikleri

3.3.2.1. Su Muhtevası, Kütlece ve Hacimce Su Emme, Porozite

Su muhtevası, kütlece ve hacimce su emme ve porozite tayini için TSE (1987)'de belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Bu başlık altındaki deney sonuçları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Su içeriği, kütlece ve hacimce su emme ve porozite deneylerinin sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm ³)	Örnek Kütle M (gr)	Suya Doygun Kütle M _d (gr)	Kuru Kütle M _k (gr)	Su İçeriği ω (%)	Kütlece Su Emme Oranı M _a (%)	Hacimce Su Emme Oranı M _h (%)	Porozite n (%)
1	106,19	50	208,50	557,88	558,52	557,53	0,063	0,178	0,475	0,47
2	104,9	50	205,97	552,74	553,38	552,44	0,054	0,170	0,456	0,46
3	107,12	50	210,33	565,74	566,33	565,45	0,051	0,156	0,418	0,42
4	105,37	50	206,89	557,38	558,05	557,14	0,043	0,163	0,440	0,44
5	105,53	50	207,21	558,47	559,08	558,24	0,041	0,150	0,405	0,41
6	104,25	50	204,69	549,75	550,32	549,38	0,067	0,171	0,459	0,46
7	104,29	50	204,77	548,17	548,75	547,95	0,040	0,146	0,391	0,39
8	103,87	50	203,95	548,94	549,52	548,69	0,046	0,151	0,407	0,41
9	104,76	50	205,70	553,54	554,16	553,23	0,056	0,168	0,452	0,45
10	104,53	50	205,24	551,69	552,33	551,52	0,031	0,147	0,395	0,39
11	104,56	50	205,30	551,89	552,47	551,55	0,062	0,167	0,448	0,45
12	104,78	50	205,74	554,06	554,49	553,86	0,036	0,114	0,306	0,31
13	107,14	50	210,37	565,91	566,51	565,56	0,062	0,168	0,452	0,45
14	104,74	50	205,66	553,55	554,13	553,29	0,047	0,152	0,408	0,41
15	105,86	50	207,86	558,86	559,49	558,54	0,057	0,170	0,457	0,46
16	105,67	50	207,48	559,51	560,04	559,25	0,046	0,141	0,381	0,38
17	104,12	50	204,44	551,02	551,55	550,83	0,034	0,131	0,352	0,35
18	105,69	50	207,52	559,05	559,49	558,84	0,038	0,116	0,313	0,31
19	108,69	50	213,41	572,69	573,27	572,36	0,058	0,159	0,426	0,43
20	109,82	50	215,63	579,08	579,7	578,71	0,064	0,171	0,459	0,46
21	104,57	50	205,32	552,9	553,54	552,58	0,058	0,174	0,468	0,47
22	105,04	50	206,25	554,84	555,62	554,43	0,074	0,215	0,577	0,58
23	106,9	50	209,9	563,55	563,97	563,34	0,037	0,112	0,3	0,3
24	102,47	50	201,2	543,07	543,7	542,86	0,039	0,155	0,417	0,42
25	102,49	50	201,24	542,85	543,5	542,57	0,052	0,171	0,462	0,46
26	102,58	50	201,42	541,72	542,25	541,52	0,037	0,135	0,362	0,36

Tablo 3.2'nin devamı

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm ³)	Örnek Kütle M (gr)	Suya Doygun Kütle M _d (gr)	Kuru Kütle M _k (gr)	Su İçeriği ω (%)	Kütlece Su Emme Oranı M _a (%)	Hacimce Su Emme Oranı M _h (%)	Porozite n (%)
27	102,54	50	201,34	540,34	540,85	540,1	0,044	0,139	0,373	0,37
28	101,69	50	199,67	537,57	538,26	537,23	0,063	0,192	0,516	0,52
29	101,52	50	199,33	537,81	538,38	537,59	0,041	0,147	0,396	0,4
30	102,1	50	200,47	539,78	540,41	539,36	0,078	0,195	0,524	0,52
31	100	50	196,35	529,27	529,76	529	0,051	0,144	0,387	0,39
32	99,4	50	195,17	525,96	526,49	525,67	0,055	0,156	0,42	0,42
33	99,5	50	195,37	521,22	521,91	520,98	0,046	0,179	0,476	0,48
<i>Ortalama Değer</i>							<i>0,051</i>	<i>0,158</i>	<i>0,424</i>	<i>0,42</i>
<i>En Küçük Değer</i>							<i>0,031</i>	<i>0,112</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>
<i>En Büyük Değer</i>							<i>0,078</i>	<i>0,215</i>	<i>0,577</i>	<i>0,58</i>
<i>Standart Sapma</i>							<i>0,012</i>	<i>0,023</i>	<i>0,061</i>	<i>0,061</i>

Yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının ortalama su muhtevası değeri %0,051, kütlece su emme oranı %0,158, hacimce su emme oranı %0,424 ve porozite değeri %0,42 olarak belirlenmiştir.

ASTM C97'ye göre kütlece su emme oranı (%0,2) sınır değerini yapılan deneysel çalışmalarda bir örneğin sağlamadığı görülmüştür.

3.3.2.2. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler hacim ağırlık deneyine tabii tutulmuştur. Bu deney için TSE (1987) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda ortalama doğal birim hacim ağırlık değerinin 26,389 kN/m³, kuru birim hacim ağırlık değerinin 26,369 kN/m³ ve doymuş birim hacim ağırlık değerinin 26,409 kN/m³ olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçları Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyinden elde edilen veriler

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm ³)	Örnek Kütle M (gr)	Doygun Kütle M _d (gr)	Kuru Kütle M _k (gr)	Doğal Yoğunluk ρ _n (gr/cm ³)	Doygun Yoğunluk ρ _d (gr/cm ³)	Kuru Yoğunluk ρ _k (gr/cm ³)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ _n (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık γ _d (kN/cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ _k (kN/cm ³)
1	106,19	50	208,50	557,88	558,52	557,53	2,676	2,679	2,674	26,248	26,278	26,232
2	104,9	50	205,97	552,74	553,38	552,44	2,684	2,687	2,682	26,326	26,356	26,312
3	107,12	50	210,33	565,74	566,33	565,45	2,690	2,693	2,688	26,387	26,414	26,373
4	105,37	50	206,89	557,38	558,05	557,14	2,694	2,697	2,693	26,429	26,460	26,417
5	105,53	50	207,21	558,47	559,08	558,24	2,695	2,698	2,694	26,440	26,469	26,429
6	104,25	50	204,69	549,75	550,32	549,38	2,686	2,688	2,684	26,347	26,374	26,329
7	104,29	50	204,77	548,17	548,75	547,95	2,677	2,680	2,676	26,261	26,289	26,250
8	103,87	50	203,95	548,94	549,52	548,69	2,692	2,694	2,690	26,404	26,432	26,392
9	104,76	50	205,70	553,54	554,16	553,23	2,691	2,694	2,690	26,399	26,429	26,385
10	104,53	50	205,24	551,69	552,33	551,52	2,688	2,691	2,687	26,369	26,400	26,361
11	104,56	50	205,30	551,89	552,47	551,55	2,688	2,691	2,687	26,371	26,399	26,355
12	104,78	50	205,74	554,06	554,49	553,86	2,693	2,695	2,692	26,419	26,440	26,410
13	107,14	50	210,37	565,91	566,51	565,56	2,690	2,693	2,688	26,390	26,418	26,373
14	104,74	50	205,66	553,55	554,13	553,29	2,692	2,694	2,690	26,405	26,432	26,392
15	105,86	50	207,86	558,86	559,49	558,54	2,689	2,692	2,687	26,376	26,406	26,361
16	105,67	50	207,48	559,51	560,04	559,25	2,697	2,699	2,695	26,454	26,479	26,442
17	104,12	50	204,44	551,02	551,55	550,83	2,695	2,698	2,694	26,441	26,466	26,432
18	105,69	50	207,52	559,05	559,49	558,84	2,694	2,696	2,693	26,427	26,448	26,418
19	108,69	50	213,41	572,69	573,27	572,36	2,683	2,686	2,682	26,325	26,352	26,310
20	109,82	50	215,63	579,08	579,70	578,71	2,686	2,688	2,684	26,345	26,373	26,328
21	104,57	50	205,32	552,90	553,54	552,58	2,693	2,696	2,691	26,417	26,447	26,401

Tablo 3.3'ün devamı

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm ³)	Örnek Kütlesi M (gr)	Doygun Kütle M _d (gr)	Kuru Kütle M _k (gr)	Doğal Yoğunluk ρ _n (gr/cm ³)	Doygun Yoğunluk ρ _d (gr/cm ³)	Kuru Yoğunluk ρ _k (gr/cm ³)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ _n (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık γ _d (kN/cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ _k (kN/cm ³)
22	105,04	50	206,25	554,84	555,62	554,43	2,690	2,694	2,688	26,391	26,428	26,371
23	106,90	50	209,90	563,55	563,97	563,34	2,685	2,687	2,684	26,339	26,358	26,329
24	102,47	50	201,20	543,07	543,70	542,86	2,699	2,702	2,698	26,479	26,510	26,469
25	102,49	50	201,24	542,85	543,50	542,57	2,698	2,701	2,696	26,463	26,495	26,449
26	102,58	50	201,42	541,72	542,25	541,52	2,690	2,692	2,689	26,385	26,410	26,375
27	102,54	50	201,34	540,34	540,85	540,10	2,684	2,686	2,683	26,328	26,353	26,316
28	101,69	50	199,67	537,57	538,26	537,23	2,692	2,696	2,691	26,412	26,446	26,395
29	101,52	50	199,33	537,81	538,38	537,59	2,698	2,701	2,697	26,468	26,496	26,457
30	102,10	50	200,47	539,78	540,41	539,36	2,693	2,696	2,690	26,414	26,445	26,393
31	100,00	50	196,35	529,27	529,76	529,00	2,696	2,698	2,694	26,443	26,468	26,430
32	99,40	50	195,17	525,96	526,49	525,67	2,695	2,698	2,693	26,437	26,463	26,422
33	99,50	50	195,37	521,22	521,91	520,98	2,668	2,671	2,667	26,172	26,207	26,160
Ortalama Değer							2,690	2,692	2,688	26,385	26,413	26,372
En Küçük Değer							2,668	2,671	2,667	26,172	26,207	26,160
En Büyük Değer							2,699	2,702	2,698	26,479	26,510	26,469
Standart Sapma							0,0068	0,0068	0,0067	0,0668	0,0663	0,0672

3.3.2.3. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık deneylerinde ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ortalama özgül ağırlık değerinin 2,64 olduğu belirlenmiştir. Özgül ağırlık deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.

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

Piknometre Kütlesi G_p (gr)	Piknometre ve Örnek Kütlesi G_{pn} (gr)	Piknometre, Su ve Örnek Kütlesi G_{pns} (gr)	Piknometre ve Su Kütlesi G_{ps} (gr)	Özgül Ağırlık ρ
48,64	56,89	154,45	149,34	2,63
48,65	56,9	154,18	149,05	2,64
48,53	56,83	153,31	148,13	2,66
<i>Ortalama Değer</i>				2,64
<i>En Küçük Değer</i>				2,63
<i>En Büyük Değer</i>				2,66
<i>Standart Sapma</i>				0,0152

3.3.2.4. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi

Bu deneyde amaç, kayaç örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (2007)’nin önerdiği yöntem esas alınmıştır. Suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması ve deneylerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da verilmiştir.

Suda dağılmaya karşı duraylılığı yüksek olan kayalar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bu tür kayaçların değerlendirilmesi için ikiden daha fazla, tercihen 4 çevrim yapılarak, bu çevrimlerden elde edilen I_d değerlerinin esas alınması önerilmiştir (Gamble, 1971; Ulusay vd., 1995; Gökçeoğlu vd., 2000). Bu öneri henüz standartlarda yer almamış olsa da, deneysel çalışmalarda dikkate alınmıştır.

Tablo 3.5. Suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması (ISRM, 2007).

I_{d1} (%)	I_{d2} (%)	Sınıfı
<60	0-30	Çok Düşük
60-85	30-60	Düşük
85-95	60-85	Orta
95-98	85-95	Orta-Yüksek
98-99	95-98	Yüksek
>99	>98	Çok Yüksek

Tablo 3.6. Mermerlerin suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri ve dağılma dayanımı sınıflaması

Örnek No	Örnek Kütlesi A (gr)	Kalan Örnek Kütlesi (gr)				I_{d1} E/A %	I_{d2} E/A %	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık Sınıflaması
		1.Çevrim B (gr)	2.Çevrim C (gr)	3.Çevrim D (gr)	4.Çevrim E (gr)			
1	489,06	487,6	487	486,47	485,92	99,70	99,36	Çok Yüksek
I_{d1} : Birinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi								
I_{d2} : Dördüncü çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi								

3.3.2.5. Islanma-Kuruma ve Donma-Çözülme Deneyleri

Aşınmaya karşı kayaçların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deneylerin her biri için en az 5 tane silindirik örnek gereklidir. Islanma-kuruma koşullarında deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standardında önerilen yöntem esas alınmıştır. Deney sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.7’de verilmiştir.

Donma-çözülme çevrimi koşullarında, aşınmaya karşı kayaçların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan deneyde ise ASTM (1992b) standartları kullanılmıştır. Donma çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Kireçtaşlarına ait ıslanma-kuruma deneyinden elde edilen veriler ve tek eksenli basınç dayanım değerleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Kütle (gr)	Deney Sonrası Kuru Kütle (gr)	Islanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı (gr)	Islanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı (%)
1	5	10,49	552,44	551,79	0,65	0,12
2	5	10,54	557,14	556,27	0,87	0,16
3	5	10,46	551,55	550,55	1	0,18
4	5	10,46	552,58	551,84	0,74	0,13
5	5	10,15	537,59	536,43	1,16	0,22
6	5	9,94	525,67	525,11	0,56	0,11
Islanma-Kuruma Sonrası Ağırlık Kaybı (%)						0,15
Deney Öncesi Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı : 65,007 MPa						
Deney Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı : 57,750 MPa						

Tablo 3.8. Kireçtaşlarına ait donma-çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile tek eksenli basınç dayanım değerleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Kütle (gr)	Deney Sonu Kuru Kütle (gr)	Donma-Çözülme Sonrası Kütle Kaybı (gr)	Donma-Çözülme Sonrası Kütle Kaybı (%)
1	5	10,71	565,45	564,85	0,60	0,11
2	5	10,55	558,24	557,66	0,58	0,10
3	5	10,43	547,95	547,35	0,60	0,11
4	5	10,71	565,56	564,97	0,59	0,10
5	5	10,87	572,36	571,8	0,56	0,10
6	5	10,5	554,43	553,77	0,66	0,12
Donma-Çözülme Deneyi Sonrası Ağırlık Kaybı (%)						0,11
Deney Öncesi Tek Eksenli Basınç Direnci : 65,007 MPa						
Deney Sonrası Tek Eksenli Basınç Direnci : -						

3.3.2.6. Ultrasonik Ses Dalgalarının Boyuna Yayılma Hızı

İnceleme alanından alınan doğal haldeki numunelerin, ultrasonik hız deneyi için yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.9’da verilmiştir.

ANON (1979) tarafından yapılan sınıflamaya göre kireçtaşları ayrışma derecesi açısından “taze kaya”, V_p hızı açısından ise “çok yüksek hızlı” olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 3.10 ve 3.11).

Tablo 3.9. Ultrasonik hız deney verileri

Örnek No	Boy L (mm)	Süre T (μ sn)	Sonik Hız V_p (m/sn)
1	106,19	17,4	6102,9
2	104,9	16,9	6207,1
3	107,12	16,9	6338,5
4	105,37	16,9	6234,9
5	105,53	17,4	6064,9
6	104,25	16,9	6168,6
7	104,29	16,4	6359,1
8	103,87	16,9	6146,2
9	104,76	16,9	6198,8
10	104,53	16,4	6373,8
11	104,56	16,9	6187,0
12	104,78	16,4	6389,0
13	107,14	17,4	6157,5
14	104,74	16,9	6197,6
15	105,86	16,9	6263,9
16	105,67	16,9	6252,7
17	104,12	16,4	6348,8
18	105,69	16,9	6253,8
19	108,69	17,4	6246,6
20	109,82	17,9	6135,2
21	104,57	16,9	6187,6
22	105,04	16,9	6215,4
23	106,9	16,9	6325,4
24	102,47	16,4	6248,2
25	102,49	16,4	6249,4
26	102,58	16,4	6254,9
27	102,54	16,4	6252,4
28	101,69	16,4	6200,6
29	101,52	15,9	6384,9
30	102,1	16,4	6225,6
31	100	15,9	6289,3
32	99,4	15,9	6251,6
33	99,5	15,4	6461,0
Ortalama V_p (m/sn)			6248
En Küçük Değer			6064,9
En Büyük Değer			6461
Standart Sapma			88,166

Tablo 3.10. Kireçtaşlarının ayrışma dereceleri, ultrasonik hız değerleri ve ayrışma katsayıları açısından değerlendirilmesi (Anon, 1979).

Ayrışma Derecesi	Ultrasonik Hız (m/sn)	Ayrışma Katsayısı (K)	Ortalama V_p (m/sn)
Taze kaya	>5000	0	6248
Az ayrılmış	4000-5000	0-0,2	
Orta ayrılmış	3000-4000	0,2-0,4	
Oldukça ayrılmış	2000-3000	0,4-0,6	
Aşırı derecede ayrılmış	<2000	0,6-1,0	

Tablo 3.11. Kireçtaşlarının V_p değerlerine göre değerlendirilmesi, (Anon, 1979).

Sınıf	Ultrasonik Hız (m/sn)	Tanımlama	Ortalama V_p (m/sn)
1	<2500	Çok Düşük Hız	
2	2500-3500	Düşük Hız	
3	3500-4000	Orta Hız	
4	4000-5000	Yüksek Hız	
5	>5000	Çok Yüksek Hız	6248

3.3.2.7. Schmidt Sertlik Çekici Deneyi

Yapılan deneyler sonucunda ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısının 43,12 Schmidt çekici sertliği olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.13). Brown (1981) tarafından yapılan sınıflamaya göre kireçtaşlarının “sert kaya” sınıfında olduğu saptanmıştır (Tablo 3.12).

Tablo 3.12. Kireçtaşlarının Schmidt çekici geri tepme sayısına göre değerlendirilmesi, (Brown, 1981).

Kaya Sınıfı	Schmidt Çekici geri tepme sayısı	Ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısı (R)
Yumuşak	0-10	43,12
Az yumuşak	10-20	
Az sert	20-40	
Sert	40-50	
Çok sert	50-60	

Tablo 3.13. Kireçtaşlarına ait geri tepme sayısı

Örnek No	Geri Tepme Değerleri	Ortalama Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı (R)
1	43-42-43-46-45-44-44-44-43-46	44
2	42-40-40-43-40-42-41-41-40-40	41
3	44-40-41-43-42-40-40-43-41-44	42
4	41-42-40-40-40-40-41-43-42-42	41
5	40-41-38-38-40-38-38-40-36-40	39
6	40-43-41-40-42-42-47-45-44-42	43
7	42-43-43-44-46-44-45-44-44-45	44
8	44-44-46-44-44-44-44-43-44-44	44
9	46-44-44-45-44-45-44-44-45-44	45
10	43-43-43-45-43-44-43-44-43-44	44
11	42-45-42-42-41-46-43-42-40-43	43
12	48-48-46-47-46-46-47-45-47-47	47
13	41-41-40-41-40-40-42-43-42-43	41
14	45-43-47-44-44-45-44-44-44-43	44
15	46-45-45-45-47-47-46-46-45-45	46
16	44-45-45-45-44-44-44-46-44-43	44
17	47-45-46-45-45-44-42-45-43-42	44
18	40-41-40-46-42-40-44-42-44-40	42
19	46-43-40-41-43-40-40-41-40-40	41
20	46-41-43-42-43-43-42-42-43-44	43
21	42-46-43-45-44-44-46-44-40-48	44
22	40-45-40-42-42-44-42-44-42-44	43
23	45-45-46-44-44-45-43-43-44-44	44
24	45-43-44-45-44-43-41-43-43-43	43
25	42-43-44-42-44-43-41-44-46-42	43
26	41-43-41-45-42-45-43-43-42-43	43
27	45-44-45-44-44-45-43-43-43-45	44
28	43-44-44-43-44-43-43-43-43-43	43
29	42-40-41-43-44-41-43-41-46-43	42
30	42-41-41-40-41-41-41-41-44-44	42
31	42-43-42-42-42-43-43-44-43-42	43
32	43-44-43-42-44-42-44-46-46-44	44
33	43-44-42-44-43-43-42-42-44-41	43
Ortalama (R)		43,12
En Küçük Değer		39
En Büyük Değer		47
Standart Sapma		1,536

3.3.3. Kireçtaşların Mekanik Özellikler

3.3.3.1. Tek Eksenli Basınç ve Dolaylı Çekme Dayanımları

Tek eksenli basınç deneyi, kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda kullanılmak amacıyla yapılır.

Yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarına ait tek eksenli basınç dayanım değerinin ortalama 65,007 MPa olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.14).

Tablo 3.14. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Kesit Alanı A (m ²)	Yenilme Yüğü F (KN)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı σ_{ci} (MPa)
1	104,25	50,0	0,0019635	88,2	44,920
2	100	50,0	0,0019635	125,1	63,713
3	103,87	50,0	0,0019635	161,6	82,302
4	104,74	50,0	0,0019635	143,2	72,931
5	109,82	50,0	0,0019635	120,1	61,166
Ortalama Değer					65,007
En Küçük Değer					44,920
En Büyük Değer					82,302
Standart Sapma					13,980

Tablo 3.14'te görüldüğü üzere, tek eksenli basınç dayanımı TS 1910 (≥ 50 MPa), TS 2513 (≥ 50 MPa), TS 10449 (döşeme için > 50 MPa) ve TS 11137 (taşımaya için ≥ 49 MPa) standartlarında belirtilen sınır değerlerini bir örneğin sağlamadığı görülmüştür.

Dolaylı çekme (Brazilian) deneyi, disk şeklinde hazırlanmış kaya örneklerinin çapsal yükleme altında çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Deneylerde TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlerden yararlanılmıştır.

Dolaylı çekme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3.15'de verilmiştir. Buna göre, kireçtaşlarına ait ortalama çekme dayanımı değerinin 8,61 MPa olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.15. Dolaylı çekme deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Yenilme Yüğü F (kN)	Çekilme Dayanımı σ_t (MPa)
1	50	45,24	30,94	8,71
2	50	26,9	18,63	8,82
3	50	39,86	28,47	9,09
4	50	43,4	29,78	8,74
5	50	46,93	20,65	5,60
6	50	32,43	22,39	8,79
7	50	28,24	22,13	9,98
8	50	33,85	24,52	9,22
Ortalama Değer				8,62
En Küçük Değer				5,60
En Büyük Değer				9,98
Standart Sapma				1,290

3.3.3.2. Eğilme Dayanımı

Üç noktadan eğilme dayanımı deneyinin yapılması sırasında elde edilen kırılma yükleri, numune boyutları, mesnetler arası mesafe ve hesaplanan eğilme dayanımı değerleri Tablo 3.16’da verilmiştir. Buna göre, kireçtaşlarına ait ortalama eğilme dayanımı değerinin 15,494 MPa olduğu belirlenmiştir.

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

Örnek No	Çap D (cm)	Boy L (cm)	Mesnet mesafesi L (cm)	Kırılma Yüğü P (kN)	Eğilme Dayanımı σ_f (MPa)
1	5	17	10,5	6,54	13,988
2	5	17	10,5	7,31	15,635
3	5	17	10,5	6,84	14,630
4	5	17	10,5	6,97	14,908
5	5	15	10,5	8,12	17,367
6	5	15	10,5	8,42	18,009
7	5	15	10,5	6,51	13,924
Ortalama Eğilme Dayanımı					15,494
En Küçük Değer					13,924
En Büyük Değer					18,009
Standart Değer					1,616

3.3.3.3. Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı

Aşınma dayanımı, mermerlerin yüzeyinde aşındırıcı maddeler ile oluşturulan aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. TSE (1987)'ye göre yapılan yüzeysel aşınma deneyinden elde edilen sonuçlar Tablo 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.17. Aşınma kaybı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	İlk boy d_0 (cm)	Son Boy d_1 (cm)	Hacim kayıp ΔV (cm ³)	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm ³ /50 cm ²)
1	7,09	6,92	8,5	8,5
2	7,09	6,95	7	7
3	7,04	6,87	8,5	8,5
4	7,09	6,95	7	7
5	7,09	6,96	6,5	6,5
Ortalama Böhme Aşınma Değeri				7,5
En Küçük Değer				6,5
En Büyük Değer				8,5
Standart Sapma				0,935

Buna göre kireçtaşlarının ortalama yüzeysel aşınma dayanımı değeri 7,5 cm³/50cm² olarak belirlenmiştir.

3.4. Kireçtaşlarının ASTM ve TSE Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Standartlar doğal taşların kalite değerlerini, kullanım yerlerini ve kullanım yerine uygun olup olmadıklarını belirlemede etkin rol oynarlar. Standartlara uygun olan doğal taşlar ticari olarak alınıp satılabilirken, standartlara uygun olmayan doğal taşlar ise piyasadan çıkartılmakta veya yaygın kullanım olanağı bulamamaktadır. Zira standartlara uygun kayaçlar kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, renk, desen, fiziksel ve mekanik etkilere karşı dayanıklı olmakta ve daha az bakım onarım maliyeti oluşmaktadır. Standartlara uyan kayaçların alım-satımında üstünlük doğmakta, pazar payının sürekliliği sağlanmakta, görünüm benzerliklerine rağmen düşük kalitedeki diğer kayaçlarla gereksiz rekabet önlenilmektedir. Bu yolla daha kaliteli ve dayanımı yüksek olan doğal taşlar renk,

desen gibi benzerliklerinden dolayı standart dışı olan doğal taşlardan ayrılmaktadır (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Türkiye'deki doğal taşlar için Amerikan Standartları (ASTM)'nda verilen sınırlamaları kullanarak mevcut düzenlemeleri getirmiştir. Ancak, TSE ile ASTM standartlarının beklentileri aynı grup kayalar için birbirine uymamakta ve farklılıklar göstermektedir.

Kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 1910, kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 2513, mermer ve kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 10449, sedimanter kökenli doğal taşlara ait Türk Standartları'nda istenilen değerler TS 11137 ve kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan ASTM (C97, C170, C99, C241) standartlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır.

İncelenen kireçtaşlarının TSE standartlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 3.18 ve 3.19'da, ASTM standartlarına göre Tablo 3.20'de topluca verilmiştir.

Tablo 3.18. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri ve Türk Standartları'nda istenilen değerler açısından uygunluğu

Kayacın Fiziksel Özellikleri	Bulunan Değer	TS Değerleri			
		TS 1910	TS 2513	TS 10449	TS 11137
Yoğunluk, gr/cm ³	2,69	Kaplama ≥ 2,55	≥ 2,55		≥ 2,16
Kütlice Su Emme, %	0,158	Doğal Taş ≤ 0,75	Yapı Taş ≤ 1,80	Mermer ≤ 0,4	≤ 4
Porozite, %	0,42	Doğal Taş ≤ 2			
Özgül Ağırlık	2,64		Yapı Taşı ≥ 2,55		
Donma-Çözülme, %	0,11	Doğal Taş ≤ 5	Yapı Taşı ≤ 5	Mermer ≤ 1	
Sonik Hız (m/sn)	6248				
Islanma-Kuruma (%)	0,15				

Tablo 3.19. Kireçtaşlarının mekanik özelliklerinin Türk Standartları'na göre değerlendirilmesi

Kayacın Mekanik Özellikleri	Bulunan Değer	TS Değerleri			
		TS 1910	TS 2513	TS 10449	TS 11137
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, MPa	65,007	≥ 50	≥ 50	Döşeme >50 Kaplama >30	Taşıma ≥ 49 Kaplama $\geq 29,4$
Dolaylı Çekme Dayanımı, MPa	8,62				
Eğilme Dayanımı, MPa	15,494	≥ 5	≥ 5	Mermer >6	$\geq 2,94$
Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı, $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	7,5	Döşeme ≤ 15 Kaplama ≤ 10	Döşeme ≤ 15 Kaplama ≤ 10	Döşeme ≤ 15 Kaplama ≤ 25	Taşıma ≤ 15 Kaplama ≤ 25
Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi, (%)	99,7				

Tablo 3.18 ve 3.19'daki veriler göz önünde bulundurulduğunda Ünlüpinar kireçtaşlarının doğal yapı taşı, kaplama, ve taşıma olarak Türk Standartlarına göre uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.20. Kireçtaşlarının ASTM doğal taş standartlarında istenilen değerlere göre değerlendirilmesi

Fiziko-Mekanik Özellikler	Sınır Değerler	Sınıflandırma	ASTM Test Metodu	Ünlüpinar Kireçtaşları
Kütlece Su Emme (Maksimum, %)	0,2	I, II, III, IV	C97	0,158
Yoğunluk (Minimum, gr/cm^3)	2,595 2,800 2,690 2,305	I II III IV	C97	2,69
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Minimum, MPa)	52	I, II, III, IV	C170	65,007
Eğilme Dayanımı (Minimum, MPa)	7	I, II, III, IV	C99	15,494
Böhme Yüzeysel Aşınma Dayanımı (Maksimum, $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$)	10	I, II, III, IV	C241	7,50
I: Kireçtaşı-mermer, II: Dolomit, III: Serpantin, IV: Traverten				

ASTM doğal taş standartlarına göre kireçtaşlarının sınır değerler içinde olduğu belirlenmiştir.

TSE'de doğal taşlar oluşumlarına göre değerlendirilerek daha sağlıklı bir yaklaşım getirilirken ASTM'de ise gruplandırmalara ve genellemelere gidilmiştir. TSE mevcut doğal taşların mevcut değerlerini gerçekçi yansıtırken ASTM'de ise istenen değerler o gruba ait yüksek değerlere karşılık gelmekte bir kayaç sınıfından oldukça üstünde bir değer beklenilmektedir. ABD'nin oldukça büyük bir doğal taş ithalatçısı ülke olduğu dikkate alındığında ise yapılarının uzun ömürlü olabilmesi için ülke dışından gelen doğal taşların standart değerlerinin yüksek olmasını istediği düşünülebilir (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).

4. SONUÇLAR

Gümüşhane ili Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpinar beldesinde bulunan kireçtaşlarının jeolojik, mekanik ve fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara göre değerlendirilmesi yolu ile ülkemiz ve dünya piyasasında mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırt edilmiştir.

- Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi
- Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu
- Malm-Dogger yaşlı Berdiga Formasyonu
- Geç Kretase yaşlı Kerutdere Formasyonu
- Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu
- Kuvaterner yaşlı taraça, alüvyon ve yamaç molozu

2. Ortalama yoğunluk değeri 2.690 gr/cm^3 , ortalama kütlece su emme oranı miktarı % 0,158, ortalama porozite değeri %0,42 ve don sonrası kütle kaybı değeri % 0,11 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpinar (Gümüşhane) yöresinden alınan kireçtaşları, TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olması gereken kütlece su emme oranı ($< \%0,75$) sınır değeri, yoğunluk ($\geq 2,55 \text{ gr/cm}^3$) sınır değeri, porozite ($< \%2$) sınır değeri ve don sonrası ağırlık kaybının ($< \%5$) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.

3. Ortalama yoğunluk değeri $2,690 \text{ gr/cm}^3$, ortalama kütlece su emme oranı %0,158, özgül ağırlık $2,64 \text{ gr/cm}^3$ ve don sonrası ağırlık kaybı %0,11 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpinar (Gümüşhane) yöresinden alınan kireçtaşları, TS 2513'e göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli yoğunluk değeri ($\geq 2,55 \text{ gr/cm}^3$), kütlece su emme sınır değeri ($\leq \%1,80$), özgül ağırlık sınır değeri ($\geq 2,55$) ve don sonrası ağırlık kaybı sınır değeri ($\leq \%5$) sağlanarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.

4. Ortalama kütlece su emme oranı %0,158 ve don sonrası ağırlık kaybı %0,11 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpinar (Gümüşhane) bölgesinden alınan kireçtaşları, TS 10449'a göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli

olan kütlece su emme oranı miktarı ($< \%0,4$) sınır değerini ve don sonrası ağırlık kaybının ($< \%1$) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.

5. Ortalama yoğunluk değeri $2,690 \text{ gr/cm}^3$, ortalama kütlece su emme oranı $\%0,158$ olarak bulunan kireçtaşlarının TS 11137'ye göre sahip olması gereken yoğunluk ($\geq 2,16$) sınır değerini ve kütlece su emme oranı ($\leq \%4$) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir. Ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri $65,007 \text{ MPa}$, ortalama eğilme dayanımı $15,494 \text{ MPa}$, ortalama yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı $7,50 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak bulunan kireçtaşları TS 11137'ye göre kireçtaşlarının sahip olmaları gereken tek eksenli basınç dayanımı (taşımaya için $\geq 49 \text{ MPa}$, kaplama için $\geq 29,4 \text{ MPa}$), eğilme dayanımı ($\geq 2,94 \text{ MPa}$) ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (taşımaya için $\leq 15 \text{ MPa}$, kaplama için $\leq 25 \text{ MPa}$) sınır değerlerini sağladığı belirlenmiştir. Yapılan deneylerde 1 örnek tek eksenli basınç dayanımı (taşımaya için $\geq 49 \text{ MPa}$) sınır değerini sağlamamıştır.

6. Ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri $65,007 \text{ MPa}$, ortalama eğilme dayanımı $15,494 \text{ MPa}$, ortalama yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı $7,50 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpınar (Gümüşhane) yöresi kireçtaşları, TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken tek eksenli basınç dayanımı ($\geq 50 \text{ MPa}$) sınır değerini, eğilme dayanımı ($\geq 5 \text{ MPa}$) sınır değerini ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı ($\leq 15 \text{ cm}^3/50^2$) sınır değerlerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Yapılan deneylerde 1 örnek tek eksenli basınç dayanımı ($\geq 50 \text{ MPa}$) sınır değerini sağlamamıştır.

7. Ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri $65,007 \text{ MPa}$, ortalama eğilme dayanımı $15,494 \text{ MPa}$, ortalama yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı $7,50 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpınar (Gümüşhane) yöresi kireçtaşları, TS 2513'e göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç dayanımı ($\geq 50 \text{ MPa}$) sınır değerini, eğilme dayanımı ($\geq 5 \text{ MPa}$) sınır değerini ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (döşeme için $\leq 15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$, kaplama için $\leq 10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Yapılan deneylerde 1 örnek tek eksenli basınç dayanımı ($\geq 50 \text{ MPa}$) sınır değerini sağlamamıştır.

8. Ortalama tek eksenli basınç değeri $65,007 \text{ MPa}$, ortalama eğilme dayanımı $15,494 \text{ MPa}$, ortalama yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı $7,5 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Ünlüpınar (Gümüşhane) yöresi kireçtaşları, TS 10449'a göre kayaçların

doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç dayanımı (kaplama için >30 MPa, döşeme için >50 MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci (>6 MPa) sınır değerini taşıdığı ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (döşeme için ≤ 15 cm³/50cm², kaplama için ≤ 25 cm³/50cm²) sınır değerlerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde 1 örnek (döşeme için >50) sınır değerini sağlamamıştır.

9. ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç dayanımı (>52 MPa) sınır değerini, eğilme dayanımı (>7 MPa) sınır değerini, yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (<10 cm³/50cm²) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca kütlece su emme ($<0,2$) sınır değerini ve yoğunluk ($>2,595$ gr/cm³) sınır değerini de taşıdığı görülmektedir. ASTM C97'ye göre kütlece su emme oranı ($0,2$) sınır değerini yapılan deneysel çalışmalarda 1 örneğin sağlamadığı görülmüştür.

10. Gümüşhane-Ünlüpinar yöresi kireçtaşları, sonik hız ölçümlerine göre ayrışma derecesi olarak taze ve çok yüksek ultrasonik hız sınıfına dahildir. Ayrıca, ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısına göre Ünlüpinar kireçtaşları “sert” kaya sınıfında bulunmaktadır.

11. Mermer ocağı açılan yörenin 1 km yakınında antik yerleşim yerleri vardır. Mermer ocağının çalışması sırasında Gümüşhane Kültür Müdürlüğü'nün uyarısı ile ocak çalışmasına Bakanlıkça son verdirilmiştir ve mermer ruhsatı iptal edilmiştir. Geride kalan pasa malzeme 1 km uzakta bulunan taş kırma ve öğütme tesisinde mıcır ve kum elde edilmesinde kullanılmıştır. Ancak çalışma sahasında geniş yüzeyler kaplayan Berdiga Formasyonu'nun çeşitli yörelerinde yapılan jeolojik incelemeler sonucunda tüm kireçtaşı yüzeylemesinin ocak açılan yöredeki kireçtaşları ile aynı mineralojik ve yapısal özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumda inceleme alanındaki Berdiga kireçtaşlarının uygun kesimlerinde yapılacak olan madencilik çalışmalarında ortaya çıkartılan olumlu sonuçların ilgili diğer lokasyonlar için paralellik göstereceği öngörülmektedir.

12. Yürürlükteki ulusal ve uluslararası standartlara göre deney sonuçlarının alınması ile Ünlüpinar (Gümüşhane) yöresindeki kireçtaşlarının doğal yapı taşı olarak ekonomik değer taşıdığı görülmüştür. Değerlendirmenin olumlu olarak sonuçlanması neticesinde gelen bu aşamada, doğal taş yatırım kararı öncesinde, detaylı pazar araştırması yapılması, benzer taşların ekonomik durumu ve talebin değerlendirilmesi, aynı zamanda madencilik faaliyetleri için gerekli maliyetlerin ilgili kişiler ile ortak çalışmalar kapsamında incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akdeniz, N., 1988. Demirözü Karboniferi ve Bölgesel Yapı İçindeki Yeri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 31, 1, 70-80.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İ.Ü. Monografın, No: 22, İstanbul, 100s.
- Alp, İ., Yılmaz, A.O., Arslan, M., Kolaylı, H. ve Er, M., 2005. Physical and Mechanical Properties of Gümüşhane and Bayburt (Turkey) Travertine and Onix Marble, Proceeding of 1st International Symposium on Travertine, September, Denizli, 224-230.
- 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.
- Arıkan, M., 1968. Mermer ve Mermercilik, Ankara Basım ve Ciltevi, Ankara.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992a. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions (ASTM D5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 189-190.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992b. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Freezing and Thawing Conditions (ASTM D5312-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 1344-1346.
- ASTM C 99, 1987. Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 170, 1990. Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 241, 1990. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Stone Subjected to Foot Traffic, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 97, 1996. Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.
- Atabey, E., 2002. Çatlak Sırt Tipi Laminallı Traverten-Tufa Çökellerinin Oluşumu, Mikroskopik Özellikleri Ve Diyajenezi, Kırşehir İç Anadolu, MTA Dergisi, 123-124.

- Babacan, A.E., Ersoy, H. ve Gelişli, K., 2012. Kayaçların Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özelliklerinin Ultrasonik Hız Tekniği ve Zaman-Frekans Analiziyle Belirlenmesi: Bej Kireçtaşları (KD Türkiye) Üzerine Örnek Bir Çalışma, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 36, 1, 63-73.
- Bargar, K.E., 1978. Geology and Thermal History of Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, Bulletin of the U.S. Geological Survey, 1444, 1-55.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu, No. 2205, Ankara.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous, Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey); The Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57.
- Bergougnan, H., 1987. Etudes Geologiques Dans l'Est Anatolien, Universite P.et M. Curie, Memoires Des Sciences de la Terre, Doctorat Etat, Paris, 606 p.
- Betechtin, A.G., 1957. Deutsche redaction : Leutwein. H,F. Sommer M., Prescher, H., Tölle, H., Lehibuch der Speziellen Mineralogie, Porta Verlag München, 346-356.
- Binal, A., 2009. A New Laboratory Rock Test Based On Freeze-Thaw Using A Steel Chamber, Quarterly Journal Of Engineering Geology And Hydrogeology, 42, 2, 179-198.
- Boynton, R. S., 1980. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., Newyork.
- Brown, E. T., 1981. Suggested Methods of Rock Characterization Testing and Monitoring, International Society for Rock Mechanics, Portugal, 53.
- Büyüksağış İ.S. ve Gürcan S., 2005. ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması, Madencilik, 44, 1, 33-41.
- Chafetz, H.S. and Folk, R.L., 1984. Travertines: Depositional Morphology and The Bacterially Constructed Constituents, Jour. Sedimentary Petrology, 54, 1 289–316.
- Çavuşoğlu, İ., Yılmaz, A. O., Varlık, R. ve Özkan, İ., 2006. Doğal Taşın Önemi ve Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Mevcut Durum, Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Eylül, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 67-75,
- Çiçek, T., 1999. Kireç ve Kullanımı, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ekim İzmir, Bildiriler Kitabı: 184-194.

- Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü., Maden Fakültesi, 186 s. İstanbul.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No:1034, İstanbul.
- Demirer, T., 1991. Kozagaç Köyü Oruçoğlu Mermer Sahasının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, A. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- D.P.T., 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Ankara, 3, 1-50.
- D.P.T., 2001. Madencilik Özel ihtisas Komisyonu Raporu, Yayın No:2616, ÖİK:627, Ankara.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 197s.
- Erguvanlı, K., 1951. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisine Ait Rapor, M.T.A. Raporu, No.1926, Ankara.
- Erguvanlı, K., 1952. Trabzon-Gümüşhane Arasındaki Pontidlerin Bir Kesiti, TJK Bülteni, 3, 65-68.
- Ersoy, H., Dilek, R., Gültekin, F. and Fırat Ersoy, A., 2005. Relationship Between Karstic Structures and Fault Systems in Kalecik (Torul-Gümüşhane), Proceeding of 1st International Symposium on Travertine, September, Denizli, Turkey, Bildiriler Kitabı: 116-121.
- Ersoy, H., 2008. Doğal Yapı Taşları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ders Notları, 55 s.
- Eyüboğlu, Y., Bektas, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. and Özer, R., 2006. Three-directional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the eastern Pontides (NE Turkey), Geologica Carpathica, 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O. and Kwon, S., 2012. Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt and revised geodynamic model for the late Cenozoic Evolution of eastern Mediterranean region, Lithos, 146-147, 218-232.
- Gamble, J.C., 1971. Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks, PhD Thesis, University of Illinois (unpublished).
- Gattinger, T.E., 1962. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve izahnamesi, MTA yayını, Ankara, 75s.
- Genç, Ö., 2004. Blok Mermer ve İşleme Sektörü, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., 24 s.

- Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. and Sönmez, H., 2000. Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey with particular emphasis on the influence of the drying and wetting cycles, Engineering Geology, 57, 215-237.
- Görgülü, K., 1994. Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 95 s.
- Guo, L. and Riding, R., 1998. Hat-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy, Sedimentology, 45, 163-180.
- Gürsoy, S., 2005. Muğla İlinde Mermercilik Sektörünün Gelişimi ve İl Ekonomisine Katkıları.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25000 Ölçekli Jeolojik ve Metalojenik Haritası, MTA, Ankara.
- Hacıalioğlu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 121.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, Turkey, 628 p.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonunun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 272 s.
- Kesgin, Y., 1983. Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Aksar Köyü ve Güneybatısının Jeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 94 s.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü., Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt No:16, İstanbul.
- Kırıkoğlu, M.S., 1996. Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Ekim, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 19-32.
- Korkmaz, S., 1996. Doğu Karadeniz Bölgesi Madencilik Potansiyeli, Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, Trabzon.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi, TJK Bülteni, 5, 107-115.

- Kurtçu, H., 2010. Babadat (Sivrihisar-Eskişehir) Kireçtaşlarının Jeolojik ve Fizikomekanik Özellikleri ile Mermer Olarak Değerlendirme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 93 s.
- NACS (North American Commission on Stratigraphy), 1983. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 67, 5, 841-875.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.,G. (ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Mem, 68, 291-311.
- Othmer, K., 1978. Encyclopedia of Chemical Technology, 14, 3rd Edition John.
- Önem, Y., 1997. Sanayi Madenleri, Ankara.
- Özdemir, A., 2009. Kalecik Travertenlerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri ve Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özer, E., 1983. Bayburt Yöresinin Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107 s.
- Pedley, H.M., 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas: Sedimentary Geology, 68, 143-154.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, KTÜ yayını, 87, 103
- Pelin, S., Özsayar, T., Gedikoğlu, A. ve Tülümen, E., 1982. Doğu Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Biyomikritlerin Oluşumu, KTÜ , Jeoloji Dergisi, 2, 69-81.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Stchepinsky, V., 1946. Yukarı Kelkit Çayı Havzasının Stratigrafisi, MTA Dergisi, 1, 33-141, Ankara.
- Stone World 2005. Natural Stones, 215, 2.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Tanyolu, E., 1988. Pulur Masifi (Bayburt) Doğu Kesiminin Jeolojisi, MTA Dergisi, 108, 1-17.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerinde Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 223 s., Trabzon (yayınlanmamış).

- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N.E. Turkey, Ph. D Thesis, University of College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. and Schwarz, WH, 2003. Low-Grade Metamorphic Rocks from the Pulur Complex, NE Turkey: Implications for the Pre-Liassic Evolution of the Eastern Pontides, Int. J. Earth Sci., 93, 72–91.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O. and Schwarz, WH., 2004. Aluminous Granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: a Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallisation, Lithos, 72,183–207.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeek, A., Barth, M., Satır, M. and Şen, C., 2010. Carboniferous High-Potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides, The Gümüşhane Pluton, NE Turkey, Lithos, 116, 92–110.
- T.S.E., 1977. Doğal Yapı Taşları, TS 2513 ICS 91.100.15, Ankara.
- T.S.E., 1977. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, TS 1910 UDK 691.215, Ankara.
- T.S.E., 1987. Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, TS 699, UDK 6912, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1992. Mermer–Kalsiyum Karbonata Esaslı–Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanımı, TS 10449, Ankara.
- T.S.E., 1993. Kireçtaşı Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan, 11137 TSE, Ankara
- TUMMER, 2006. Doğaltaş Sektöründeki Gelişmeler ve Türkiye Doğaltaş Sektör Profili, Ankara.
- Turan, M., 1978. Şiran (Gümüşhane) Doğu Yöresinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tüdeş, Ş., 2001. Gümüşhane Kenti ve Yakın Çevresinin Yerleşime Uygunluk Açısından Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 203.
- Ulusay, R., Arıkan, F., Yoleri, M., F., and Çağlan, D., 1995. Engineering Geological Characterization of Coal Mine Waste Material and An Evaluation in the Context of Back-Analysis of Spoil Pile Instabilities in a Strip Mine, SW Turkey, Engineering Geology, 40, 77-101.
- URL-1,<http://www.immib.org.tr/tr/birliklerimiz-istanbul-maden-ihracatcileri-birligi-maden-sektoru-ihracatinin-degerlendirilmesi.html>, 2 Nisan 2015
- Wedding, H., 1963. Kelkit Hattı Jeolojisine Ait Düşünceler ve Bayburt-Kelkit Çevresindeki Jura Stratigrafisi, MTA. Dergisi, 61, 30-37.

- 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, Aralık, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 435-448.
- Yılmaz, C., 1985. Kelkit (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 166.
- Yılmaz, C., 1992. Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Stratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği, 40, 50-62.
- Yılmaz, C, 1993a. Accumulation rates of Jurassic- Lower Cretaceous sediments in the southern zone of the eastern Pontides. *Giornale di Geologia*, 55, 2, 131-145.
- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye), *Yerbilimleri*, 26, 119-128.
- Yılmaz, C. and Bektaş, O., 1995. Platform to basin facies in the eastern Pontides during Cretaceous. *Sym. on the 30th Ann. Geol. Dep. Proceedings*, 602-609.
- Yılmaz, C, 1997. Sedimentological records Cretaceous platform-basin transition Gümüşhane region (NE Turkey), *Geologie Mediterran.*, 24,1-2, 125-135.
- Yılmaz, C. ve Korkmaz, S., 1999. Basin development in the eastern Pontides, Jurassic to Cretaceous, NE Turkey. *Zbl. Geol. Palaeont. Teil I. H 10-12*, 1485-1494.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003. Şenköy Formasyonu: Yeni Bir Formasyon Adlaması. 3. Stratigrafi Çalıştayı Bildiri Özleri, Ankara, 14.
- Yılmaz, H. ve Safel, R., 2004. Mermer Sektörü, Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O., İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği, Sektör Araştırmaları Serisi, No:31.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane: Granite and the Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Ph.D Thesis, University of London, İngiltere, 260.
- Yılmaz, Y., 1974. Geology of the Gümüşhane Granite (Petrography), İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, Seri B, 39, 57-172.
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi, Doç. Tezi, KTÜ, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Fatma Sinem ÖZKAN 1986 yılında Milas'ta doğdu. İlköğrenimini Selimiye ilköğretim okulunda, orta öğrenimini İzmir İnönü Lisesi'nde tamamlayarak 2009 yılında Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlayan yazar orta derecede İngilizce bilmektedir.