

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜ'NDEKİ KARBONATLI DOĞAL TAŞLARIN  
JEOLJİK VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Gözde ÇETİNER**

**MAYIS 2015**

**TRABZON**



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

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜ'NDEKİ KARBONATLI DOĞAL TAŞLARIN JEOLJİK  
VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Gözde ÇETİNER**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**  
**“JEOLJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ ”**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 04 / 2015**

**Tezin Savunma Tarihi : 07 / 05 / 2015**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hakan ERSOY**

**Trabzon 2015**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Gözde ÇETİNER Tarafından Hazırlanan**

**DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜ'NDEKİ KARBONATLI DOĞAL TAŞLARIN JEOLJİK  
VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

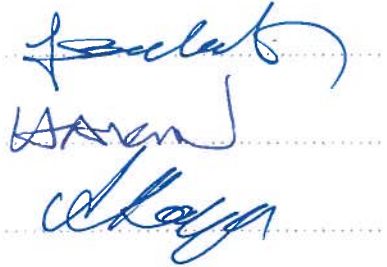
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 21 / 04 / 2015 gün ve 1599 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT**

**Üye : Doç. Dr. Hakan ERSOY**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayberk KAYA**



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Sayın Doç. Dr. Hakan ERSOY'a şükranlarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarına teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen anneme, babama ve ağabeyime maddi, manevi her türlü fedakârlığı ve destekleri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Gözde ÇETİNER  
Trabzon 2015

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Bölümü’ndeki Karbonatlı Doğal Taşların Jeolojik ve Jeomekanik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/05/2015

Gözde ÇETİNER

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Doğal Taşların Tanımı.....	4
1.2.1. Mermerlerin Sınıflandırılması.....	5
1.2.1.1. Yapı ve Dokularına Göre Mermerler .....	5
1.2.1.2. Mineral Bileşim ve Oranlarına Göre Mermerler .....	5
1.2.1.3. Mineral Tane Boyutlarına Göre Mermerler .....	6
1.2.1.4. Jeolojik Oluşumlarına Göre Mermerler.....	6
1.2.2. Kireçtaşı, Traverten ve Oniks Hakkında Genel Bilgiler .....	7
1.3. Doğu Karadeniz Bölümü Karbonatlı Doğal Taşları.....	7
1.4. Çalışmanın Amacı .....	11
1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri .....	12
1.6. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi.....	14
1.7. Literatür Özeti .....	17
1.7.1. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Genel Jeolojik Çalışmalar .....	17
1.7.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Doğal Taşları Konu Alan Önceki Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları .....	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	22
2.1. Genel Jeolojik, Stratigrafik ve Petrografik Çalışmalar.....	22
2.1.1. 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritasının Hazırlanması .....	22
2.1.2. Mikroskobik Tayinler.....	22
2.2. Kaya Mekaniği Laboratuvar Çalışmaları .....	22

2.2.1.	Su İçeriği .....	23
2.2.2.	Ağırlıkça Su Emme .....	23
2.2.3.	Görünür Porozite .....	24
2.2.4.	Yoğunluk .....	25
2.2.5.	Islanma-Kuruma Deneyi .....	25
2.2.6.	Donma-özölme Deneyi .....	26
2.2.7.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı .....	27
2.2.8.	Eğilme Dayanımı .....	27
2.2.9.	Dolaylı ekme Dayanımı .....	28
2.2.10.	Elastik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızının Belirlenmesi .....	29
3.	BULGULAR .....	30
3.1.	Çalışma Alanı ve evresinin Jeolojisi .....	30
3.1.1.	Kelkit ve Esenyurt (Gümüşhane) Kireçtaşları ve evresinin Jeolojisi .....	30
3.1.2.	Bahçecik ve Kalecik Travertenleri (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) Oniksi ve evresinin Jeolojisi .....	32
3.2.	Karbonat Kayaçların Petrografik ve Petrokimyasal Özellikleri .....	36
3.3.	Karbonat Kayaçların İndeks ve Dayanım Özellikleri .....	39
3.3.1.	Karbonat Kayaçların İndeks Özellikleri .....	39
3.3.1.1.	Su İçeriği, Su Emme, Görünür Porozite, Yoğunluk ve Elastik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı .....	39
3.3.2.	Kayaçların Dayanım Özellikleri .....	42
3.3.2.1.	Tek Eksenli Basınç, Dolaylı ekme ve Eğilme Dayanımı .....	42
3.3.2.2.	Islanma-Kuruma ve Donma-özölme .....	42
3.4.	Karbonatlı Kayaçların Türk Standartlarına Göre Değerlendirilmesi .....	44
4.	SONUÇLAR .....	46
5.	KAYNAKLAR .....	49
ÖZGEçMİş		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜ'NDEKİ KARBONATLI DOĞAL TAŞLARIN  
JEOLJİK VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Gözde ÇETİNER

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Hakan ERSOY  
2015, 55 Sayfa

7.8 milyar m<sup>3</sup>'lük görünür rezervi ile dünya doğal taş rezervinin % 40'ına sahip olan Türkiye, dünya doğal taş ihracatında ikinci sırada yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi ise, özellikle Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan rezervlerle ülkemizde doğal taş potansiyeli açısından beşinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki karbonatlı doğal taşların potansiyelini araştırmak, oluşum koşullarını incelemek, ülke ekonomisine katkıda bulunmak amacıyla bu kayaçların jeolojik ve jeomekanik özelliklerini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda Kelkit, Esenyurt, Kalecik ve Bahçecik (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) çevresindeki karbonatlı kayaçlardan 135 adet örnek derlenmiş ve bu örneklerin petrografik ve petrokimyasal özellikleri incelenmiş, indeks ve dayanım özelliklerini bulmak amacıyla örnekler üzerinde çeşitli deneyler uygulanmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan karbonatlı doğal taşların taşıma ve kaplama taşı olarak kullanılabilirlikleri araştırıldığında, Kalecik travertenin porozite değeri, Bahçecik traverteni ve Yaylapınar oniksinin ise tek eksenli basınç değeri dışında, kayaçların tüm özelliklerinin Türk Standartları'na uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz, Kireçtaşı, Traverten, Oniks, Jeomekanik



Master Thesis

SUMMARY

GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL CHARACTERIZATION OF THE  
CARBONATED NATURAL STONES IN THE EASTERN BLACK SEA REGION

Gözde ÇETİNER

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geology Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Hakan ERSOY  
2015, 55 Pages

Turkey has 40% of the world's natural stone reserve with the visible 7.8 billion m<sup>3</sup> reserve, and ranked second in the exportation of the world natural stone. The Black Sea Region, with the reserves in the Eastern Black Sea Region ranks fifth in Turkey considering to the natural stone potential. The aim of this study is to investigate the potential of carbonated natural stone in the Eastern Black Sea Region, determining the geological and geomechanical properties of these rocks in order to contribute to the national economy. For this purpose, 135 pieces of carbonated rocks were taken as sample from the districts Kelkit, Esenyurt, Kalecik and Bahçecik (Gümüşhane) and Yaylapınar (Bayburt) and petrographic and petrochemical characteristics of these samples were examined and various experiments were carried out on these carbonated rocks so as to find their strength properties. With the obtained data, the subject of work was the availability use of natural stones as hauling and coating, it has been determined that apart from Kalecik travertine porosity level and Bahçecik travertine and Yaylapınar onyx uniaxial compression values, they comply with the Turkish standards considering to the all properties of the rocks.

**Key Words:** Eastern Black Sea, Limestone, Travertine, Onyx, Geomechanics

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1.	Alp-Himalaya Dağ Kuşağı ve ülkemizin bu kuşaktaki yeri .....	2
Şekil 1.2.	Doğal taş ihracatında Türkiye'nin dünya ülkeleri arasındaki yeri .....	2
Şekil 1.3.	Türkiye'de 2004–2014 yılları arası doğal taş ihracatı .....	3
Şekil 1.4.	Türkiye 2014 yılı maden ihracatının mal gruplarına göre dağılımı .....	4
Şekil 1.5.	Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması .....	6
Şekil 1.6.	Türkiye mermer kaynakları haritası.....	8
Şekil 1.7.	Önemli mermer yataklarının bölgelere göre dağılımı .....	9
Şekil 1.8.	Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki doğal taş oluşumları ve bunların faylarla ilişkisi	10
Şekil 1.9.	Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	12
Şekil 1.10.	Türkiye'nin tektonik birlikleri .....	14
Şekil 1.11.	Doğu Karadeniz Bölümü'nün jeoloji haritası .....	15
Şekil 3.1.	Çalışma alanındaki karbonatlı doğal taşların arazi görünümleri .....	31
Şekil 3.2.	Kelkit ve Esenyurt (Gümüşhane) kireçtaşı alanlarının jeoloji haritası .....	33
Şekil 3.3.	Doğu Karadeniz Bölgesi'nde farklı tip traverten ve onikslerin oluşum modeli .....	34
Şekil 3.4.	Kalecik ve Bahçecik (Gümüşhane) travertenleri ve Yaylapınar (Bayburt) oniksi alanlarının jeoloji haritası .....	35
Şekil 3.5.	Çalışılan karbonatlı doğal taş örneklerinin mikroskobik görünümü .....	37

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Türkiye karbonatlı doğal taş üretim değerleri .....	3
Tablo 1.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde işletilen karbonatlı doğal taşlar.....	10
Tablo 3.1. Çalışılan karbonat kayaçların tüm kayaç ana (wt %) ve iz element (ppm) analiz sonuçları .....	38
Tablo 3.2. Karbonat kayaçların bazı indeks özelliklerine ait değerlerin istatistiksel olarak gösterimi .....	41
Tablo 3.3. Çalışılan karbonat kayaçların bazı dayanım özellikleri.....	42
Tablo 3.4. Çalışılan karbonat kayaçların ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deney sonuçları .....	43
Tablo 3.5. Sedimanter kökenli doğal taşlara ait Türk Standartları'nda istenilen değerler ve çalışılan karbonatlı kayaçların bu standartlar açısından uygunluğu .....	45

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: silindirik örneğin en kesit alanı
A <sub>w</sub>	: ağırlıkça su emme
D	: örnek çapı
D <sub>e</sub>	: çapsal deneylerde karotun çapı
e	: boşluk oranı
F	: örneğin yenilmesi anında uygulanan yük
g	: yoğunluk
g <sub>w</sub>	: suyun yoğunluğu
h	: kalınlık
I <sub>s</sub>	: düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi
ISRM	: international society for rock mechanics
L	: deney numunesinin mesnetler arası mesafesi
LOI	: ateşte uçucu kaybı
n	: porozite
P	: kırılma yükü
t	: örnek boyu
TOT/C	: toplam karbon
TOT/S	: toplam kükürt
V	: hacim
V <sub>p</sub>	: elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı
w	: su içeriği
W	: ağırlık
W <sub>d</sub>	: kuru örnek ağırlığı
W <sub>w</sub>	: gözeneklerdeki su ağırlığı
γ	: birim hacim ağırlık
σ <sub>c</sub>	: tek eksenli basınç direnci
σ <sub>cd</sub>	: d çapında bir örneğin sıkışma dayanımı
σ <sub>eğ</sub>	: eğilme dayanımı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Doğal taşlar insanlık tarihinin en önemli yapı malzemeleridir. Eski çağlardan bu yana kendine özgü çok sayıda doğal taş kullanılmaktadır. Eski veya yeni bütün taş yapıların görkemli ve kalıcı oluşları, taş kullanımının her kültürde ve her zaman tercih edilmesine neden olmuştur (Farrelly, 2011). Doğal taş ürünlerinin dekorasyon ve inşaat sektöründe kullanımının çoğalmasıyla doğal taşlara olan talep artmakta, yeni uygulama alanları ortaya çıkmakta ve bulunduğu bölge ve ülke için giderek büyüyen ekonomik değer oluşturmaktadır (Gökaltun, 2004; 2011).

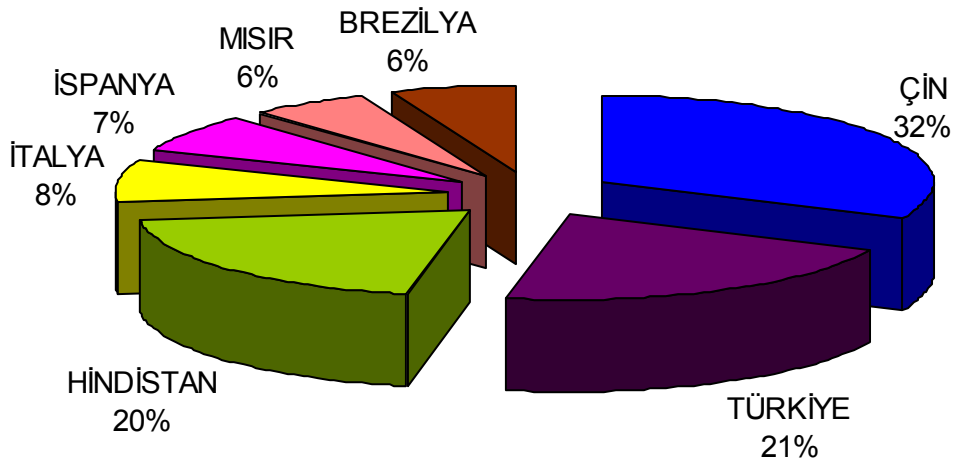
Alp-Himalaya kuşağı içinde yer alan ülkeler dünyanın en zengin doğal taş yataklarına sahiptir ve ülkemiz de bu kuşak içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Jeolojik yapısından dolayı doğal taş bakımından zengin bir potansiyele sahip olan Türkiye, 2014 yılı verilerine göre 4 milyar m<sup>3</sup> işletilebilir mermer, 2.8 milyar m<sup>3</sup> işletilebilir traverten, 1 milyar m<sup>3</sup> granit rezervi ile dünya doğal taş rezervinin yaklaşık % 40'ına sahiptir (URL-1, 2015).

Doğal taş rezervi ve çeşitliliği birlikte değerlendirildiğinde, dünya pazarlarında önemli bir yere sahip olduğumuz (Şekil 1.2) ve sektörün önemli bir istihdam kaynağı oluşturduğu görülmektedir. Türkiye’de en çok üretilen karbonatlı doğal taşların çeşitleri ve 2008–2012 yılları arasındaki üretim değerleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Bugün madencilik sektörünün en önde gelen ihracat ve önemli bir istihdam kaynağı olan doğal taş sektörü, uzun yıllar boyunca Türkiye ekonomisi içindeki gerçek değerine ulaşamamıştır. 1985 yılında mermerin “Taşocakları Nizamnamesi” kapsamında çıkarılarak, “Maden Kanunu” kapsamına alınması ile yeni bir döneme giren doğal taş sektörü, bu tarihten sonra her geçen yıl bir önceki yıla göre biraz daha büyümüş ve ülkemiz ekonomisi içindeki önemi artmıştır. Sektörün gelişme sürecindeki teknik eleman istihdamı kaliteli üretim artışını da geliştirmiştir. Doğal taş sektörü, diğer sektörlerle nazaran katma değer çok yüksek, girdi maliyetlerinin ise çok düşük olduğu bir sanayi yapısına sahiptir. Doğal olarak, ülkeye net döviz kazandıran sektörlerin en önemlisi haline gelmiş ve Türkiye’nin maden ihracatı içinde ilk sırada yer almıştır (Kocaman, 2006; URL-2, 2015).



Şekil 1.1. Alp-Himalaya Dağ Kuşağı ve ülkemizin bu kuşaktaki yeri

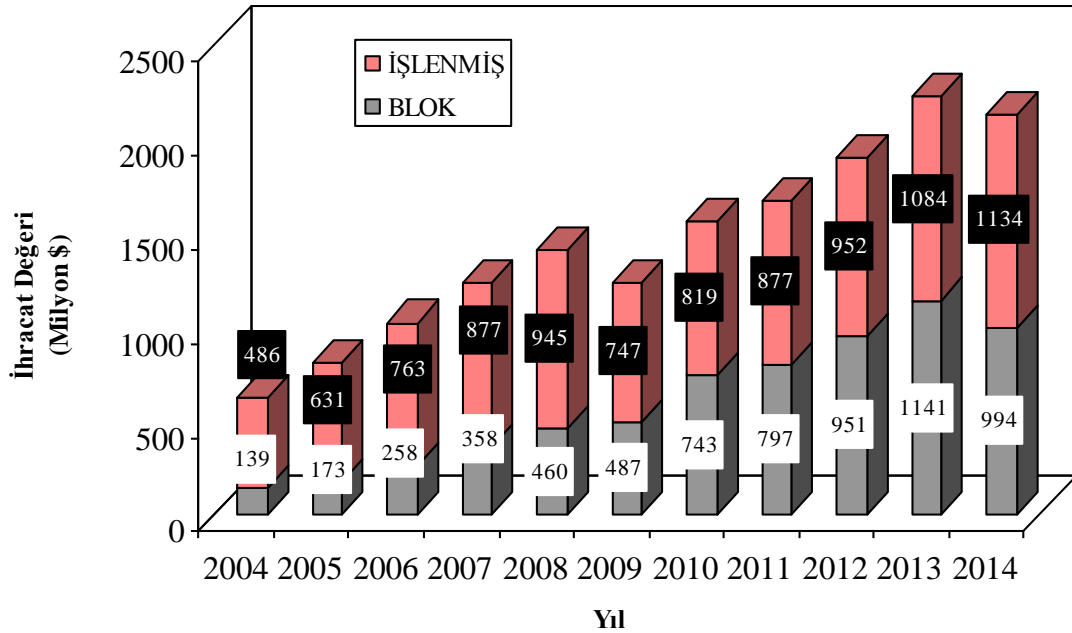


Şekil 1.2. Doğal taş ihracatında Türkiye'nin dünya ülkeleri arasındaki yeri (URL-3, 2015)

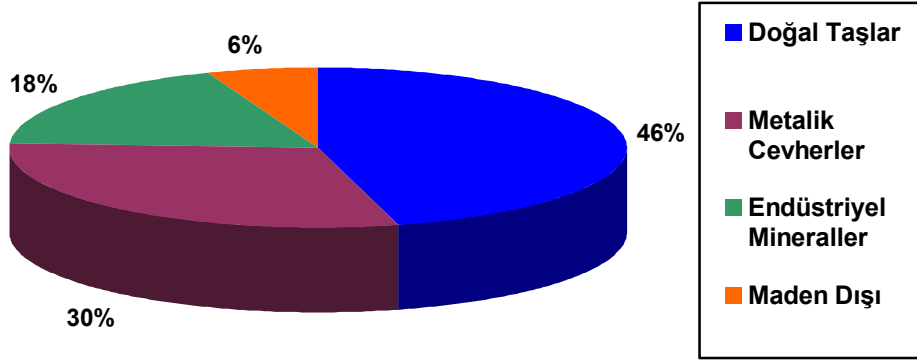
Tablo 1.1. Türkiye karbonatlı doğal taş üretim değerleri (m<sup>3</sup>) (URL-1, 2015)

Doğal Taş	Üretim (m <sup>3</sup> )				
	2008	2009	2010	2011	2012
Mermer	2.262.537	2.715.601	3.352.070	4.086.222	4.488.947
Oniks	2.145	2.322	2.113	7.678	4.867
Traverten	759.118	1.002.866	879.319	1.685.049	760.549
Toplam	3.023.800	3.720.789	4.233.502	5.778.949	5.254.363

Türkiye’de 2004–2014 yılları arasında yapılan doğal taş ihracat değerleri Şekil 1.3’te gösterilmiştir. Sektörün ihracat potansiyeli, yatırımlara paralel olarak hızla gelişmektedir. 2003–2012 yılları arasında Türkiye’nin doğal taş ihracatı % 246 artışla 1.5 milyon tondan 5.2 milyon tona yükselmiştir (URL-1, 2015). 2014 yılında doğal taşlar, 2013 yılına göre miktarda % 12.61 değerinde de % 4.21 oranında azalış kaydetse de, 2014 yılında 7.3 milyon ton ve 2.12 milyar dolarla ülkemizde en fazla ihraç edilen maden ürün grupları arasında ilk sırada yer almıştır (Şekil 1.4) (URL-4, 2015).



Şekil 1.3. Türkiye’de 2004–2014 yılları arası doğal taş ihracatı (milyon dolar) (URL-4, 2015)



Şekil 1.4. Türkiye 2014 yılı maden ihracatının mal gruplarına göre dağılımı (%) (URL-4, 2015)

Kalite, renk ve doku bakımından dünya mermerleri ile rekabet edebilecek düzeyde özelliklere sahip olan mermerlerimiz, gelişen teknolojik yeniliklerin uygulamaya geç sokulması, mermerlerimizin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde bilinçli olunmaması nedeniyle, ocaklardaki üretim ve fabrikalardaki kesim sırasında önemli miktarda üretim kayıplarına uğramaktadır (Tonçer, 2005). Bu nedenle ülkemiz doğal taş madencilik sektörünün gelişerek hak ettiği noktalara gelebilmesi için doğal taşlarımızın; rezerv hesaplamaları, jeolojik, jeoteknik, mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, ülkemiz gerek teknolojik alanda, gerekse üretim ve pazarlama stratejileri bakımından gelişmeyi hızlı bir şekilde sürdürmek durumundadır.

## 1.2. Doğal Taşların Tanımı

Bilimsel tanımıyla mermer; kireçtaşlarının ve dolomitik kireçtaşlarının zamanla doğada meydana gelen ısı ve basınç (kontak metamorfizma) etkisiyle kristalize olmuş şeklidir ve aynı zamanda "hakiki mermer" olarak da adlandırılmaktadır. Kireçtaşından oluşan mermer, hem kalsiyum karbonat, hem de magnezyum karbonat içerebilmektedir. Bunların içinde az miktarda kuvars, grafit hematit, limonit, prit, mika ve klorit gibi mineraller de bulunabilmektedir. Bu mineraller, mermerlere değişik renkler ve damarlı bir görünüm kazandırmaktadır (Bilgin ve Çakır, 1998).

Endüstriyel anlamda ise mermer blok veren, işlenebilen, cilalanabilen, parlatılabilen, albenisi olan, boyutlandırılabilen ve dekoratif amaçlı kullanılabilen her türden taş



(magmatik, sedimanter ve metamorfik) verilen isimdir. Günümüzde özellikle endüstriyel anlamda mermer yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır. Taşın cinsi ve mineral bileşimi ne olursa olsun büyük ebatta blok elde edilebilme, kesilme ve cilalanma gibi özellikler göstermesi, o taşın mermer olarak kabul edilmesi için yeterli olmaktadır (Onargan vd., 2005).

### **1.2.1. Mermerlerin Sınıflandırılması**

Doğal taşlar, yani endüstriyel anlamda mermerler, oluşumları sırasındaki şartlara bağlı olarak farklı mineralojik, kimyasal ve yapısal özellikler gösterirler. Buna bağlı olarak, mermerler aşağıda belirtildiği gibi 4 ana grupta sınıflandırılmaktadır (Bargar, 1978; Folk ve Chafetz, 1984; Guo ve Riding, 1998).

#### **1.2.1.1. Yapı ve Dokularına Göre Mermerler**

Mermerler, yapı ve dokularına göre dört alt grupta incelenirler. Bunlar masif mermerler, laminalı mermerler, şisti mermerler ve breşik mermerlerdir. Masif mermerler, kompakt görünümlü, ince veya iri taneli olabilir. Renkli şerit görünümünde olan laminalı mermerler, ince taneli şeritler halinde farklı mineraller içerirler. Şisti mermerler yapraklı yapıda olup önemli miktarda mika içermektedir. Breşik mermerlerin oluşumdan sonra gelişmiş kırıkların arasını farklı renklerde ikincil mineraller doldurabilir.

#### **1.2.1.2. Mineral Bileşim ve Oranlarına Göre Mermerler**

Mermer, kalkşist, spolen ve mermer-skarn olarak alt gruplara ayrılırlar. Mermerler % 95 oranında kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) içerirler. Masif yapıda ve taneli dokuya sahip olan mermerler kuvars ve mika gibi diğer mineralleri içerebilir. % 60–70 oranında kalsit içeren kalkşist, şisti yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Klorit, epidot, mika ve lepidolit gibi diğer mineralleri içerebilir. Spolen, % 80 oranında kalsit içerir ve şisti yapıda olup yönlü dokuya sahiptir. Flaapit, tremotil, diyopsit, plajiyoklas ve gröna gibi diğer mineralleri içerebilmektedir. Mermer-skarn ise % 80–90 oranında kalsit içerirler. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Epidot, diyopsit, gröna, olivin ve plajiyoklas gibi diğer mineralleri içerebilir.

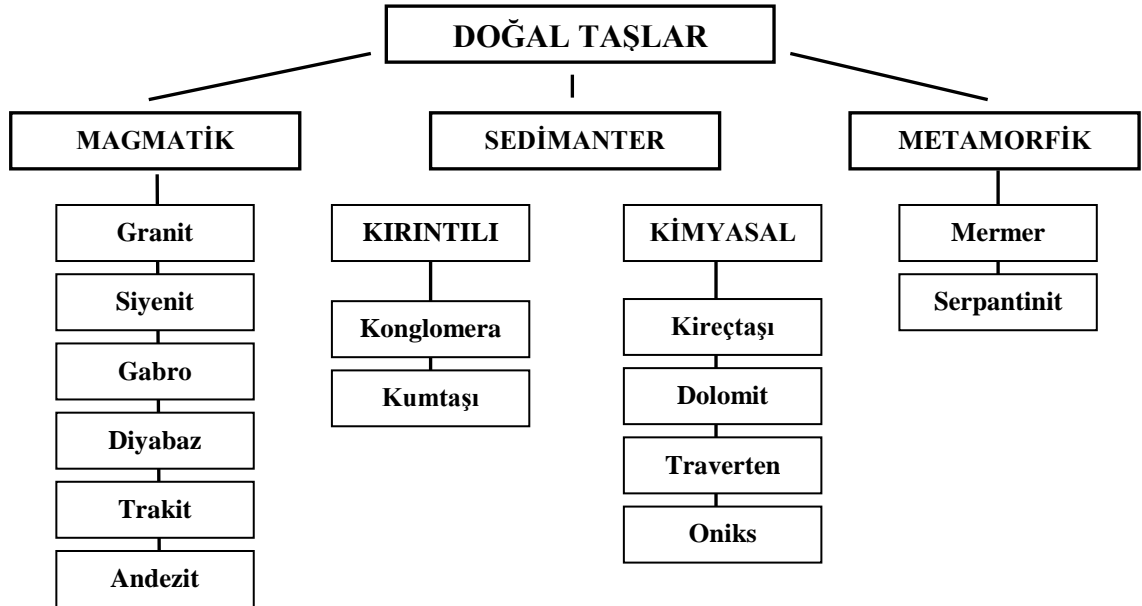
### 1.2.1.3. Mineral Tane Boyutlarına Göre Mermerler

Mineral tane boyutlarına göre mermerler, tane boyutu 1 mm olanlara ince taneli mermer, 1-5 mm arasında olanlara orta taneli mermer ve 5 mm ile 1-2 cm arasında olanlara ise iri taneli mermer demek üzere üç alt gruba ayrılırlar.

### 1.2.1.4. Jeolojik Oluşumlarına Göre Mermerler

Jeolojik oluşumlarına göre mermerler, magmatik kayalar (Granit, diyabaz, siyenit, bazalt vb.), metamorfik kayalar (Hakiki mermerler, vb.) ve sedimanter kayalar (Travertenler, tufalar, kireçtaşları, oniks mermerler vb.) olmak üzere üçe ayrılırlar.

Doğal taşların birçok sınıflandırma sistemi olmasına rağmen, oluşumlarına göre yapılan sınıflandırma daha çok kabul görmektedir. Çünkü kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri oluşum koşullarına bağlı olarak şekillenmektedir. Şekil 1.5'te oluşumuna göre yapılan doğal taş sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 1.5. Doğal taşların oluşumuna göre sınıflandırılması (TSE, 1987)

### 1.2.2. Kireçtaşı, Traverten ve Oniks Hakkında Genel Bilgiler

Kireçtaşları, kimyasal çökelme veya karbonatlı organik artıkların çökmesi sonucu oluşmaktadır. Bileşiminde % 90'dan fazla kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) bulunduran kütlelere genel olarak kireçtaşı adı verilmektedir. Kireçtaşları bazen az miktarda magnezyum karbonat da ( $\text{MgCO}_3$ ) içerebilmektedirler. Kimyasal bileşiminde % 10'dan fazla  $\text{MgCO}_3$  bulunan kireçtaşına dolomitik kireçtaşı adı verilir. Kireçtaşının içindeki kalsiyum karbonat genellikle şekilsiz olmaktadır. Ayrıca yapılarında grafit, kil, demir, manganez ve çeşitli mineral oksitler bulunabilmektedir. Bazı cinslerinde fosillere de rastlanır. Gerçek mermerlerde fosillere rastlamak mümkün olmaz (Tutuş, 2007).

Kireçtaşları gerçek mermerler olmadıkları halde, gerek renk, gerekse sağlamlık ve kullanımlarındaki uygunluk nedeni ile dünya endüstrisinde geniş bir kullanım sahasına sahiptir (Onargan ve diğ., 2005).

Sedimenter oluşumlu mermerlerden traverten ve oniksler bileşiminde erimiş halde kalsiyum bikarbonat ve karbondioksit bulunduran sulardan oluşmuş kayalardır. Bu yeraltı sularının yeryüzüne çıkması ile kayacın bileşimindeki  $\text{CO}_2$  gaz haline geçerek suyu terk eder. Bu arada kalsiyum bikarbonat bileşimli katı madde şekillenir. Bu şekillenme olayı soğuk su vasıtası ile oluşursa "oniks", sıcak su vasıtası ile oluşursa "traverten" adını alırlar. Az boşluklu ve ağır olan travertenlerin üretim, işleme ve kesilmesinin kolay olması, fazla miktarda bulunması, bazılarının metal oksitlere bağlı renklenmeleri nedeniyle değişik renklerde bu taşların kaplama işlerinde kullanılmasını sağlamaktadır.

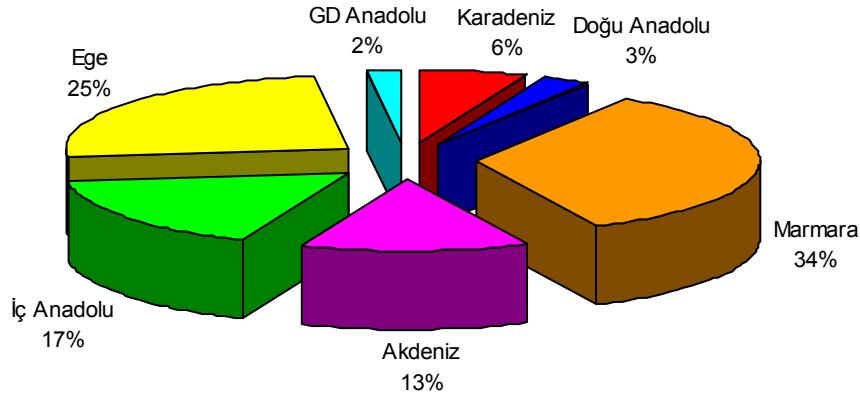
Piyasada su mermerleri adı ile de tanınan oniksler, dekoratif malzeme ve mutfak tezgâhı yapımında kullanılırlar. İyi cila kabul ederler fakat sertliklerinden dolayı kesme zorlukları vardır.

### 1.3. Doğu Karadeniz Bölümü Karbonatlı Doğal Taşları

Alp-Himalaya kuşağındaki Akdeniz ülkelerinden biri olan ülkemizde çeşitli renk ve desenlerde mermer, kireçtaşı, traverten, oniks, konglomera, breş ve magmatik kökenli kayalar bulunmaktadır. Marmara ve Ege Bölgesi başta olmak üzere, ülkemizin her yerinde dünya pazarında beğeni kazanabilecek nitelikte doğal taş rezervleri mevcuttur (Şekil 1.6). Karadeniz Bölgesi ise, özellikle Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan rezervlerle ülkemizde doğal taş potansiyeli açısından 5. sırada yer almaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.6. Türkiye mermer kaynakları haritası (URL-6, 2015)



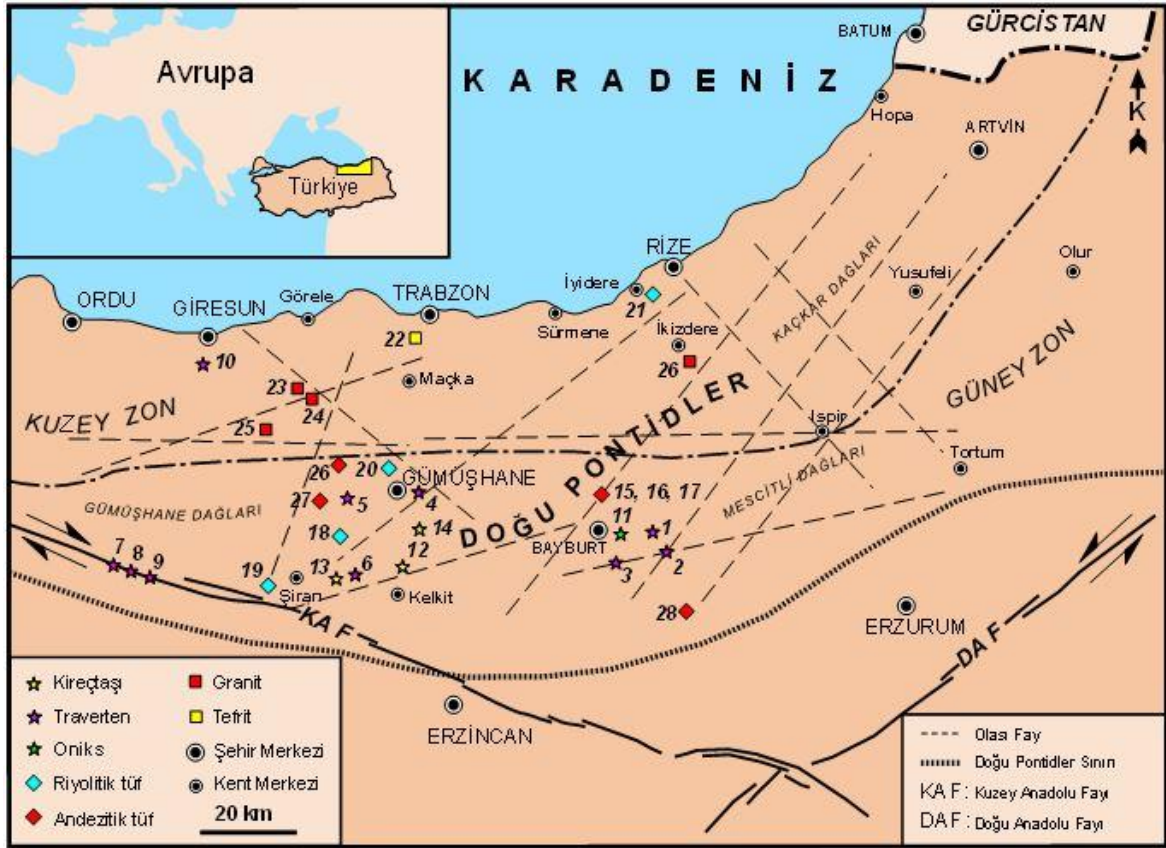
Şekil 1.7. Önemli mermer yataklarının bölgelere göre dağılımı (Yılmaz ve Safel, 2004)

Bölgedeki doğal taş yataklarının çoğu magmatik kayalardan oluşmakta ve işletilmesi hem bölgedeki arazi yapısı hem de günümüz teknolojik şartlarında oldukça zor ve maliyetli olmaktadır. Ancak mermer yataklarının ve diğer doğal taşların yeni teknolojik ilerlemeler sayesinde üretime geçirilmesi bölgeye çok ciddi bir kalkınma hızı katacaktır. Rezerv değerinin ciddi aramalarla artma ihtimali de her geçen gün önem arz etmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'nde özellikle Bayburt, Gümüşhane ve Şiran çevresinde önemli karbonatlı doğal taş oluşumları bulunmaktadır. Bunlar genel olarak Kuzey Anadolu Fayına (KAF) dik yönde gelişmiş KD-GB yönlü ana kırık sistemleriyle ilişkilidir (Şekil 1.8). Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki işletilen toplam 3 kireçtaşı yatağının rezervi 140.000 m<sup>3</sup>, 10 adet traverten yatağının rezervi yaklaşık 1.62 milyon m<sup>3</sup>, 1 adet oniks yatağının rezervi 20.000 m<sup>3</sup> olup, oniks üretimi tamamlanmıştır (Ersoy, 2011). Tablo 1.2'de bölgedeki traverten-oniks ve mermer yatakları ve bu yatakların rezervleri verilmiştir.

Tablo 1.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde işletilen karbonatlı doğal taşlar (Ersoy, 2011)

Alan	Doğal Taş Tipi	Yer	Şehir	Rezerv (m <sup>3</sup> )
1	Traverten	Yaylapınar	Bayburt	100.000
2	Traverten	Masat	Bayburt	100.000
3	Traverten	Kırathı	Bayburt	250.000
4	Traverten	Bahçecik	Gümüşhane	400.000
5	Traverten	Torul (Kalecik)	Gümüşhane	100.000
6	Traverten	Torul (Artabel)	Gümüşhane	40.000
7	Traverten	Reşadiye (Feykas)	Tokat	200.000
8	Traverten	Reşadiye (Çalğan)	Tokat	200.000
9	Traverten	Reşadiye (Kıranmelek)	Tokat	200.000
10	Traverten	Yağlıdere	Giresun	30.000
11	Oniks	Yaylapınar	Bayburt	20.000
12	Kireçtaşı	Kelkit (Halkevi)	Gümüşhane	20.000
13	Kireçtaşı	Şiran (Kisanta)	Gümüşhane	100.000
14	Kireçtaşı	Esenyurt	Gümüşhane	20.000



Şekil 1.8. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki doğal taş oluşumları ve bunların faylarla ilişkisi (Ersoy, 2011'den değiştirilerek)

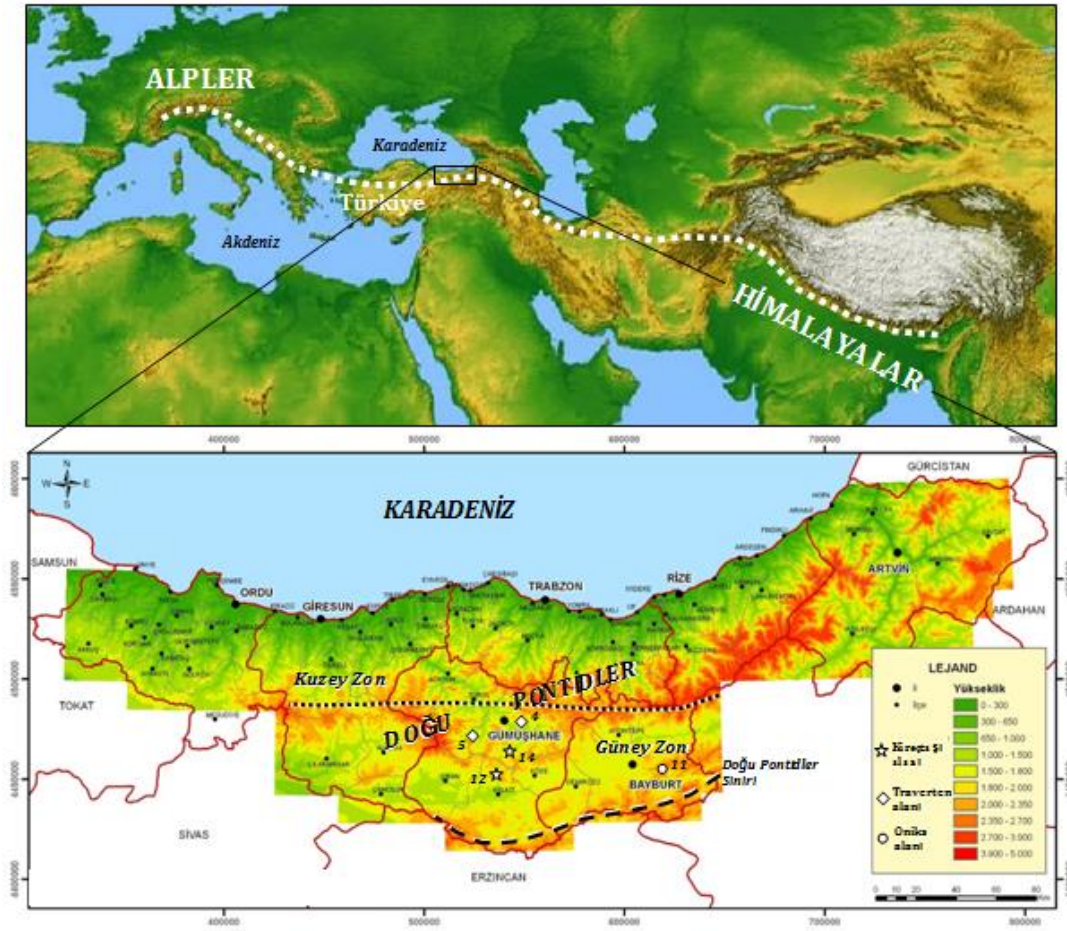
Doğu Karadeniz Bölümü traverten ve oniksleri, yağışla yeraltına süzülen suların karbonik asitçe zenginleşmesi, genel olarak Berdiga kireçtaşlarını çözmesi ve bu çözeltilerin düşey faylara bağlı olarak yüzeye çıkmasıyla beraber bünyelerindeki karbondioksit gazını bırakarak ortama  $\text{CaCO}_3$  çökeltmesi sonucunda oluşmuşlardır.

#### **1.4. Çalışmanın Amacı**

Doğal taş açısından şanslı konumda olan Türkiye’de doğal taş endüstrisinde yaklaşık 30 yıldır yaşanan değişiklikler (Sektörün Maden Kanunu’na dâhil edilmesi, teşviklerin artması, yatırımların gerçekleştirilmesi, inşaat sektörünün gelişmesi vb.) sayesinde üretim ve ihracatta çok büyük adımlar atılmış ve dünya ortalamasının üstüne çıkmıştır. Ancak, Türkiye doğal taş sektöründe son yıllarda yaşanan hızlı gelişmelere rağmen, yaklaşık 7,8 milyar  $\text{m}^3$ ’lük görünür doğal taş rezervi ile dünya pazarında daha etkin bir rol oynayabilecek konumdayken halen hak ettiği noktada değildir (Çetin, 2003). Türkiye’de doğal taş rezervleri ve işletilen ocaklar batı Anadolu’da ve ağırlıklı olarak Ege ve Marmara bölgelerinde yer almaktadır. Doğu Karadeniz Bölümü, jeolojik yapısı nedeniyle ülkenin batı bölgelerine göre sınırlı sayıda mermer ve doğal taş çeşitliliğine sahiptir. Doğu Karadeniz’de daha çok bölgenin güney kesimlerinde (Bayburt, Gümüşhane ve Şiran) önemli yatak ve rezervler mevcuttur. Bölgenin kuzey kesimlerinde ise daha küçük oluşumlar görülmektedir (Arslan vd., 2005; Alp vd., 2005; Çavuşoğlu vd., 2006; Ersoy, 2011). Mermerlerin ocakta üretim planlarının yapılmasından önce kalitesinin ve özelliklerinin, mermerin ocak içerisindeki dağılımının önceden bilinmesi çok önemlidir. Ekonomik bir üretim planının yapılması mermerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yatak içindeki dağılımının bilinmesine bağlıdır. Bütün bunlar göz önünde bulundurularak bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölümü’ndeki karbonatlı kayaçların potansiyeli araştırılmış, oluşum koşulları incelenmiş ve özellikle ülke ekonomisine katkıda bulunmak amacıyla bu kayaçların jeolojik ve jeomekanik özellikleri belirlenerek sonuçların Türk Standartları’na uygunluğu araştırılmıştır.

### 1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı Türkiye'nin doğusunda kalan Doğu Karadeniz Bölümü'nde, 1/100.000 ölçekli Trabzon H42, H43 ve H44 paftaları içerisinde yer almakta olup, Gümüşhane ve Bayburt illeri ve yakın civarındaki alanı kapsamaktadır (Şekil 1.9). Çalışma yapılan alanlar Doğu Karadeniz Bölgesi'nin orta-güney kesimlerinde yer almaktadır. Çalışma kapsamında Kelkit, Esenyurt, Kalecik ve Bahçecik (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) çevresindeki karbonatlı doğal kayaların fiziko-mekanik özellikleri incelenmiştir.



Şekil 1.9. Çalışma alanının yer bulduru haritası (4 ve 5: Bahçecik ve Kalecik traverteni, 11: Yaylapınar oniksi, 12 ve 14: Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı)

Çalışma yapılan pilot bölgelerdeki en önemli yerleşim yerleri; Gümüşhane il Merkezi, Köse, Kelkit, Şiran, Torul ilçe merkezleri, Bayburt il merkezi ve Bayburt'a bağlı



Aydıntepe, Demirözü ilçeleri ile bu ilçelere ve il merkezlerine bağlı çok sayıda köy yer almaktadır.

İnceleme alanlarına ulaşım; Gümüşhane-Bayburt-Erzurum, Gümüşhane-Kelkit-Şiran-Köse-Demirözü Devlet Yolu ile bu yollara bağlı çok sayıda stabilize yol ile sağlanır. Gümüşhane şehir merkezi ve civarı topografik olarak diğer çalışma alanlarına göre daha engebeli bir yapıya sahiptir. Bölgedeki ana morfolojik birimler, KD-GB yönündeki ana yapısal unsurlar olan kıvrım ve fayların kontrolü altında şekillenmiştir.

Çalışılan alanlarda en önemli su kaynakları Gümüşhane şehir merkezinden de geçerek kuzeybatıya doğru akan Harşit Çayı ve Gümüşhane'nin güneyinde Kelkit ve Şiran ilçelerinden geçerek batıya doğru akan Kelkit Çayı'dır. Ayrıca Bayburt şehir merkezinden geçen Çoruh Nehri de önemli su kaynakları arasındadır. Bununla beraber alanın morfolojisine bağlı gelişen birçok kuru dere bulunmaktadır.

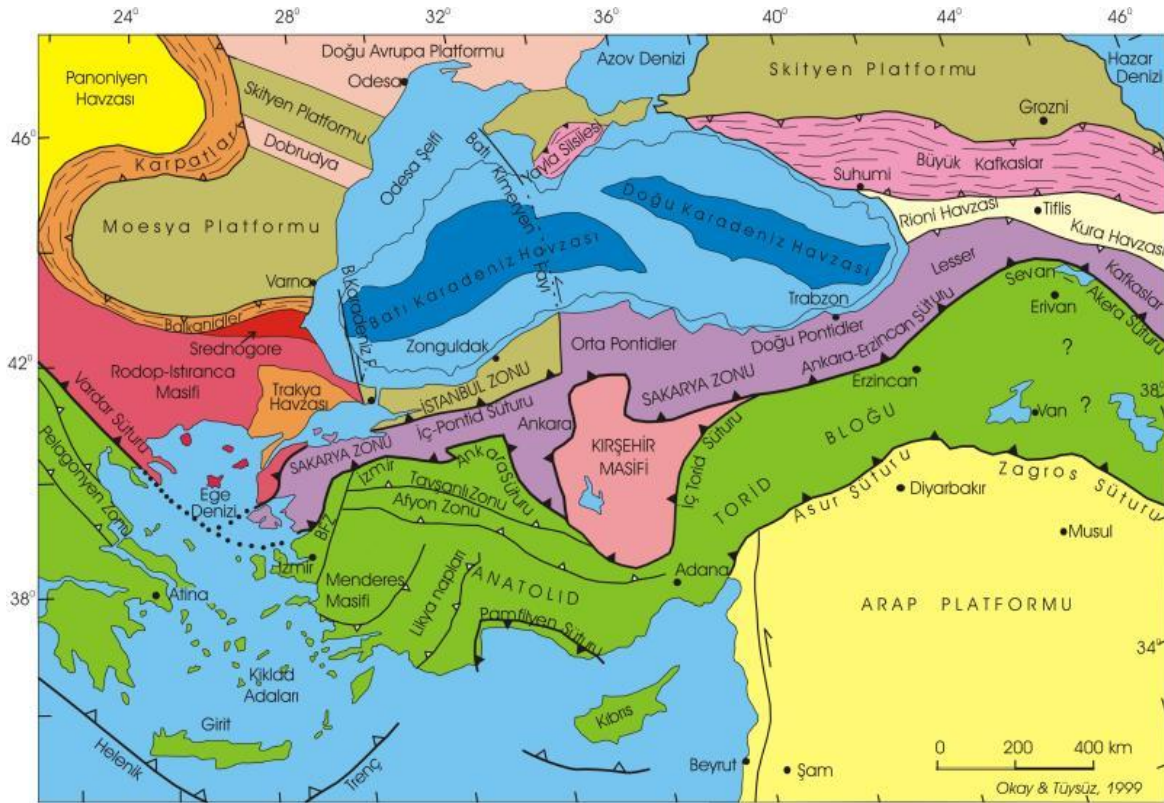
Gümüşhane ili ve çevresinde Karadeniz Bölgesi'nin ılıman iklimi ile İç Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimlerinin geçiş özellikleri hakim olup, yazlar kurak ve sıcak, bazen de serin ve hafif yağışlı geçer. Kışlar ise soğuk, sert ve yağışlıdır. Gümüşhane ili ile kıyaslandığında karasal iklime daha yakın bir iklim görülen Bayburt ilinde ise yazlar sıcak ve kurak, kış ayları ise yoğun kar yağışlı geçmektedir.

Çalışılan alanlardaki iklime bağlı olarak bitki örtüsü de farklılıklar sunmaktadır. Gümüşhane yöresinde yersel olarak çam, yaban kavakları ve meşelerden oluşan ormanlık alanlar ile ırmak boylarında kavak ve çeşitli meyve ağaçlarından oluşan bir bitki örtüsü görülmektedir. Bayburt yöresi ise bitki örtüsü bakımından çok fakir olup, kış ve bahar mevsimlerinde akan küçük dereler boyunca görülen kavak ağaçları dışında genelde bozkır olarak nitelenebilir.

Yöre halkının en önemli geçim kaynakları tarım ve hayvancılıktır. Tarımla uğraşan aileler genelde arpa, buğday ve meyve yetiştiriciliğiyle uğraşmaktadırlar. Arazinin sarp olması ulaşım güçlüğüne sebep olmakta ve dolayısıyla yöre kalkınmasını olumsuz etkilemektedir. Ekonomik koşulların zorluğu, yöre genelinde yaygın göç olgusunu sonuçlamıştır. Bununla birlikte mevsimlere göre de mevcut nüfus değişmektedir. Özellikle kış mevsimlerinde köylerden şehre göç artmaktadır.

### 1.6. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi

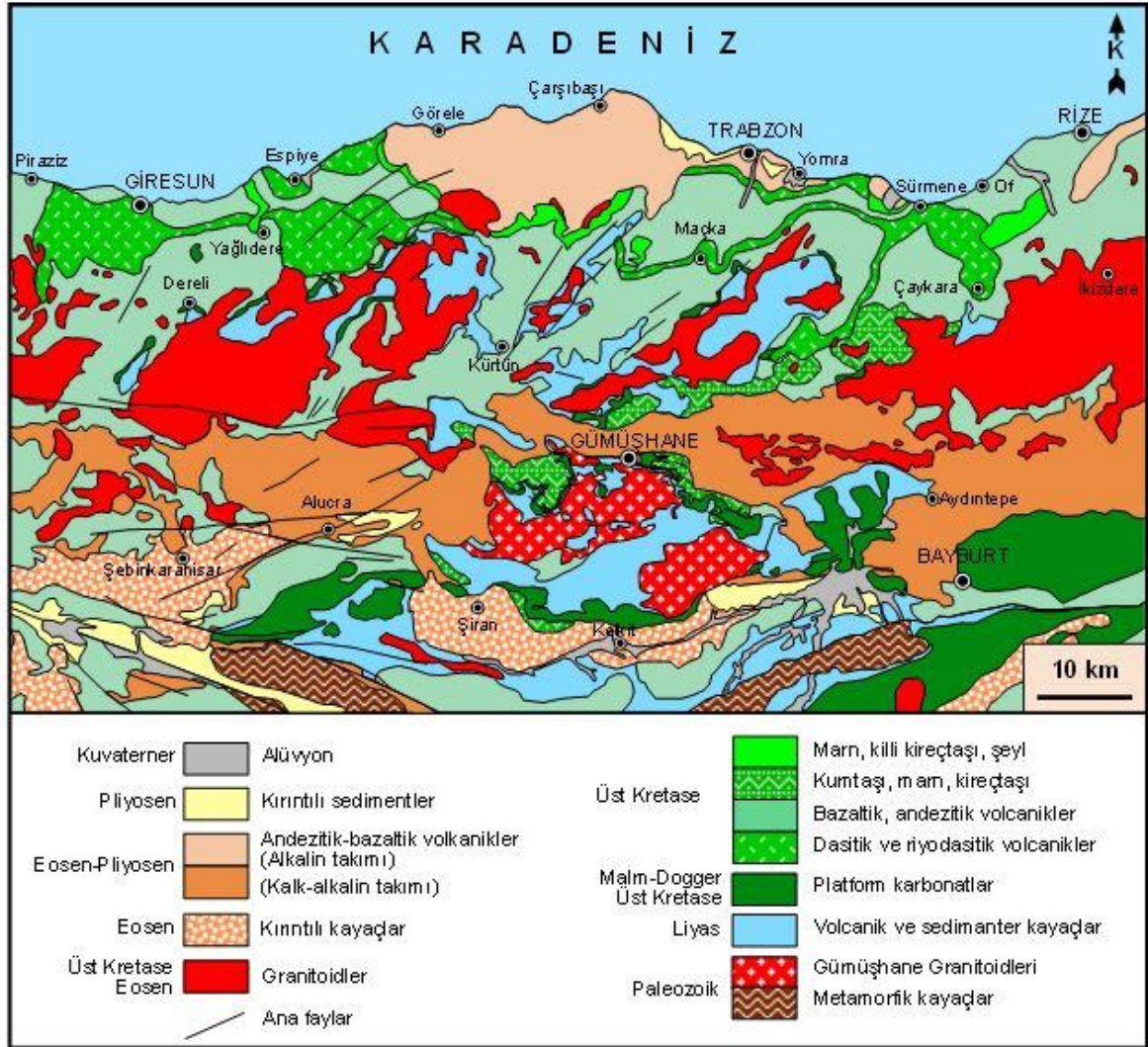
Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Dağlarına tektonik bir birlik olarak ilk kez Hamilton (1842) tarafından "Pontid" ismi verilmiştir. Ketin (1966), bu tektonik üniteleri orojenik gelişim esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Pontidler (Karadeniz Dağları), Anatolitler, Toritler ve Kenar Kıvrım Kuşağı olmak üzere dört ana tektonik birliğe ayırmıştır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Türkiye'nin tektonik birlikleri (URL-5, 2015)

Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik birimleri yeniden düzenlemiş, Pontidleri (Karadeniz Dağlarını) Doğu ve Batı Pontidler olarak iki gruba ayırmıştır. Geç Kretase yaşlı kayalar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdiği için güney (iç) ve kuzey(dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986) Doğu Karadeniz magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zon olmak üzere üç alt birliğe ayırmıştır.

Doğu Pontid'lerin temelini meydana getirdikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayaçlar, kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır (Şekil 1.11). Doğu Pontid Güney Zonu'nda baskın olan bu kayaçlar (Zankl, 1961, 1962; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978), Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda seyrek olarak görülürler (Türk-Japon ekibi, 1985; Boynukalın, 1990).



Şekil 1.11. Doğu Karadeniz Bölümü'nün jeoloji haritası (Güven, 1993'den değiştirilerek)

Temeli oluşturan metamorfik kayaçlar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayaçlar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975). Granitoidik kayaçlar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992), küçük mostralar halinde

Giresun güneyinde metamorfik kayalarla birlikte görülmektedir (Schultze-Wetsrum, 1961).

Liyas yaşlı volkano-tortul kayalar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve tabanda konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadırlar. Schultz-Westrum (1961) Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Alt Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı "Alt Bazik Seri" olarak isimlendirmişlerdir.

Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşlı volkanik kayalar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Doğu Pontid Güney Zonun'da sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zon'da mercekler ve olistrostromlar halinde bulunurlar.

Plütonik kayalar Permo Karboniferden Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granite kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayalardan oluşurlar. Bunlardan Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975). Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayalarla dokanak ilişkisindedir (JICA, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Arslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002, Arslan ve Aslan, 2006).

Doğu Pontid'lerde Üst Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda magmatik kayalar egemen iken, Doğu Pontid Güney Zonu'nda volkanotortul kayalar yer alır. Üst Kretase'de kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zon'da tek bir seviye halinde ve Üst Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zon'da ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Bektaş vd., 1984). Doğu Pontid Güney Zonu'nda Üst Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine aşılma uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi bordo renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volkano-Tortul Seri'den oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983).

Üst Kretase-Paleosen geçişi Doğu Pontidler'de yer yer gözlenmektedir. Şarman (1975), Tirebolu'nun güneydoğusunda Üst Kretase kalkerlerinin devamı olarak Paleosen tesbit etmiştir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Üst Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Kale (Gümüşhane) yöresinde Üst Kretase yaşlı

filişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999).

Eosen, Pontid'lerde genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastitler ile filiş çökellerinden oluşan seriler üstlemektedir. Gedikoğlu (1970), Çambaşı ve Gököy yörelerinde Eosenin taban konglomerası ile başladığını belirtmiştir.

Oligosen, Trabzon, Ünye ve Fatsa yörelerindeki sahil kesimlerinde görülmektedir (Schultz-Westrum, 1961; Özsayar, 1971). Neojene ait tortullar Trabzon-Akçaabat ve Rize-Pazar sahillerine yakın yerlerde mevcuttur (Yalçınlar, 1952; Özsayar, 1971). Kuvaterner yaşlı oluşuklar traverten, yamaç molozu ve alüvyonlardan oluşmaktadır.

## **1.7. Literatür Özeti**

### **1.7.1. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Genel Jeolojik Çalışmalar**

Ketin (1948, 1950 ve 1951), Aşkale, Bayburt ve Gümüşhane bölgelerinin jeolojisini çalışarak, bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaçların volkano-tortul karakterde olduğunu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu belirlemiştir.

Baykal (1952), Kelkit-Şiran yörelerindeki incelemelerde, Paleozoyik yaşlı metamorfik ve granitik temel kayaçlarıyla, Jura-Kretase, Eosen ve Neojen yaşlı tortul kayaçların ayılım ve litolojik özelliklerini ortaya koymuştur.

Erguvanlı (1952), Trabzon- Gümüşhane arasının 1/10000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Pontitler'de Senoniyen ve Lütésiyen yaşında iki kompleksin varlığından söz etmiştir.

Erguvanlı (1953), Görele-Gümüşhane arasındaki bölgede yaptığı çalışmada, Liyas, Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı birimleri ayırt etmiştir.

Gattinger (1962), Gümüşhane ve çevresinin stratigrafisini, Permiyen yaşlı metamorfikler ve granitler, Liyas yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı filişler ve Eosen yaşlı volkanikler olarak belirlemiştir.

Tokel (1974), Gümüşhane yöresinde stratigrafik çalışmalarda bulunmuştur. Ayrıca bölgede bulunan volkanik kayaları petrokimyasal yönden incelemiş, Gümüşhane Granitoid'ini üç farklı fasiyese ayırmıştır.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Granitoidi'nin yerleşimini ve birleşimini araştırmış, yaptığı petrografik incelemeler sonucunda, granitin dört farklı fasiyesten oluştuğunu ortaya koymuştur.

Özsayar ve diğerleri (1981), Doğu Pontitlerde yapmış oldukları çalışmada Üst Kretase'yi kuzey ve güney zon olarak ikiye ayırmış, güney sınırı Çorum-Amasya-Sivas-Erzurum, iki zon arasındaki sınırı Niksar-İspir-Ardanuç olarak belirlemişlerdir.

Eren (1983), Gümüşhane-Kale arasında kalan bölgeyi çalışarak, Doğu Pontid Güney Zonu'nda Liyas yaşlı birimler için ilk kez Zimonköy Formasyonu adını kullanmıştır.

Tokel (1983), Gümüşhane-Alucra-Şebinkarahisar-Gölköy yörelerinde yaptığı çalışmalarda, Eosen volkaniklerinin, ada yayı volkanizmasına ait olduklarını belirlemiştir.

Türk-Japon Ekibi (1985) inceleme alanını içine alan ve Harşit'ten Gümüşhane'ye kadar uzanan bölgenin, 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını çıkararak bölgede maden yatakları ve jeokimya ağırlıklı çalışmalar yapmıştır.

Gülibrahimoğlu vd. (1985), Trabzon- Maçka güneyini içine alan bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlayarak, stratigrafi ve cevherleşmeler ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Güven (1993), 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi adlı çalışmasında, Doğu Pontidler'e ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve Doğu jeotektonik ünitesini litostratigrafik özellikler bakımından kuzey ve güney zon olmak üzere iki farklı zonda incelemiştir.

Gedik vd. (1996), Doğu Pontitler' in en yaşlı biriminin Permo-Karbonifer öncesi kabul edilen metamorfiklerin olduğunu, bu birimin Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoidi tarafından kesildiğini ve Doğu Pontitler'deki Liyas havzalarının uzaklaşan bir transform fay sisteminin ürünü olduğunu belirlemişlerdir.

Bektaş ve Çapkinoğlu (1997), Doğu Pontitler'de yapmış oldukları çalışmada, Mesozoyik havzaların kinematikiğini ve tektonikiğini açıklamışlardır.

Yılmaz (1997), Gümüşhane bölgesinde yaptığı çalışmada, Kretase yaşlı havza gelişiminde sedimantolojik kayıtlar adlı çalışmasında Kermutdere Formasyonunun riftleşme sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Kaygusuz (2000), ‘Torul ve çevresinde yüzeyleyen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi’ adlı çalışmasında; çalışma alanına ait iki stratigrafi kurmuş ve şu şekilde açıklamıştır; çalışma alanının güneyinde, tabanı Liyas yaşlı toleyitik karakterli bazalt ve andezitler oluşturur. Malm – Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları uyumlu olarak volkanitlerin üzerine gelir. Üst Kretase genellikle volkanotortul kayaçlarla temsil edilir, ancak bu seviyelere yer yer asidik volkanitler eşlik eder. Güney Zon’un en genç kayaçları Eosen yaşlı andezitlerdir. Üst Kretase ve Eosen kayaçlarının kimyasal özellikleri tipik volkanik yay kayaçlarına benzer özellik gösterir. Çalışma alanının kuzeyi ise sadece volkanik kayaçların oluşturduğu Üst Kretase formasyonlarından oluşur. Çoğunluğunu kalk-alkalen kayaçların oluşturduğu bu volkanitler, kimyasal özellikleri bakımından yay volkanitlerine benzemektedir.

Yılmaz (2002), “Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Mesozoyik havzalarının tektonosedimantolojik kayıtları ve kontrol etkenleri” adlı çalışmalarında aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Liyas süreci çökellerinin birikiminden sonra Erken Dogger’den itibaren, Gümüşhane yöresinde Erken Kretase sonu, Bayburt yöresinde ise Malm sonuna kadar süren dönemde sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformunun oluştuğunu belirtmişlerdir. Tüm yörede duraylı tektonik koşulların sona ermesini ikinci riftleşme fazı olarak adlandırılan sedimantasyonla eş yaşlı tektonik bir süreksizlik sağlamıştır. Bayburt yöresinde Geç Malm, Gümüşhane yöresinde ise Orta Kretase sürecinde gelişen bu olayla Erken Kretase’de Bayburt yöresinde, platformun parçalanmasıyla derinlik kazanan ortamda pelajik çökeller birikirken, Gümüşhane yöresinde sığ denizel koşullarda platform karbonatlarının birikimi devam etmiştir. Her iki yörede de, farklı zamanlarda da olsa, platformun parçalanmasını sağlayan fay eteklerinde iri kırıntılılardan kondanse pelajik karbonatlara kadar değişen kayaçları içeren bir çökel prizma oluşmuştur.

Yılmaz vd. (2003), “Doğu Pontid-Doğu Torid etkileşiminin Geç Kretase’deki çökel kayıtları” adlı çalışmalarında Doğu Pontidler’in Doğu Toroslar’a, en çok yaklaştığı alan olan Maden yöresinde Geç Kretase’de diğer kesimlerin aksine tümüyle sığ denizel fasiyesteki resifal karbonatların (Kapıkaya Formasyonu) birikim alanı konumunda olduğunu belirtmişlerdir. İdeal bir resif özelliği taşıyan birimin çekirdeği başlıca hippurit, mercan ve acteonellalardan oluşan bağlamtaşı, resif çevresi çökelleri ise bol foraminifer, ekinit ve resiften türeyen biyoklastların oluşturduğu yüzentaş ve moloztaşlardan oluşur. Doğu Pontiler’deki kuzey-güney yönlü fasiyes değişikliklerine karşın Doğu Toridler’in en

kuzey ucunu oluşturan Munzur Dağları yöresinde Permiyen'den Senomaniyen'e kadar yaygın ve kalın platform karbonatları birikirken, Turoniyen-Maastrichtiyen süreci tümüyle bol pelajik foraminiferli, kondanse karakterli pelajik kireçtaşları ile temsil edilir. Araştırmacılara göre, başlangıçta iki okyanusal plato konumunda olan Doğu Pontidler ve Doğu Toridler arasında yer alan okyanusal alan Orta Kretase'de kuzey yönlü bir yitimle tüketilmiş olmalıdır. Bu yitime bağlı olarak derin denizel karakterini kaybeden Doğu Pontidler'in güney kenarı bölgesel olarak yükselerek resifal karakterli Kapıkaya Formasyonunun birikimini sağlamıştır.

Şen (2007)'e göre, Pontidler'in kuzey zonunun orta kısmında (Trabzon'un hemen güneyinde) yüzeylenen Jura volkanitleri, Pontidler'in evrimine ilişkin önemli veriler sunar. Bu volkanik kayalar, toleyitler ve kalk-alkalen kayalar arasında geçişler sunar ve çoğunlukla bazalt, bazaltik-andezit ve andezit bileşimlidirler.

### **1.7.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Doğal Taşları Konu Alan Önceki Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları**

Travertenler ve tufaların oluşum koşulları, sınıflaması, kökenleri, jeomorfolojik, sedimantolojik ve ekonomik özellikleri daha önce birçok araştırmacı tarafından çeşitli yönleriyle ele alınarak incelenmişlerdir. (Bargar, 1978; Meredith, 1980; Folk ve Chafetz 1984; Love ve Chafetz, 1988; Gua ve Riding, 1998; Ayaz ve Atalay, 2001; Ersoy, 2001; Atabey, 2002). Ancak kalsiyum karbonat bileşimli kayaların jeoteknik özellikleri ve fiziko-mekanik özelliklerinin ilişkilendirilmesine yönelik çalışmalar son derece kısıtlıdır (Başarı vd., 2004; Alp vd., 2005; Singh vd., 2007).

Ürgüp ve diğerleri (1998), Türkiye'deki mermer sektörü ve sorunlarını bir bütün halinde ele almışlar, mermerlerin ekonomik anlamda değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yaparak mermer sektörünün sorunlarıyla ilgili çözüm önerilerinde bulunmuşlardır.

Ersoy (2001), yaptığı çalışmalarda Gümüşhane İli, Torul ilçesine bağlı Kalecik Köyü'nde bulunan traverten oluşuklarının oluşum koşulları ve kökeni hakkında bilgiler vermiş, karstik su kaynaklarının fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemiştir.

Ersoy vd. (2005), Kalecik'teki (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.



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

Arslan vd. (2005), Gümüşhane ve Bayburt'ta bulunan traverten ve oniks mermerlerinin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koyarak, bu mermerlerin oluşum koşulları ve kökenleri hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır.

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

Ersoy vd. (2009), Kalecik (Gümüşhane) travertenlerinin incelemiş ve jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemişlerdir.

Ersoy vd. (2011), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki karbonatlı kayaların potansiyelini ortaya koymuş ve mermer sektörü açısından bu kayaların jeolojik özelliklerini incelemişlerdir.

Babacan vd. (2008), yaptıkları çalışmada ultrasonik ölçümlerle kayaların jeoteknik özelliklerini belirlemişlerdir.

Babacan vd. (2009), Doğu Pontidler'deki bej kireçtaşları üzerinde çalışmışlar ve kayaların doğrudan ve dolaylı yöntemlerle fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemişlerdir.

Babacan vd. (2012), Doğu Pontidler (KD Türkiye) güney zonunda geniş yayılımlar gösteren Alt Kretase-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu'na ait bej kireçtaşlarının boyuna ve enine dalga hızları ölçülmüş, elde edilen hızlardan dinamik-elastik parametreler ampirik olarak hesaplamışlardır. Bunun yanı sıra, direk laboratuvar yöntemleri ile kayaç örneklerinin porozite, su içeriği, tek eksenli basınç dayanımı değerleri belirlenmiş, gerilme-deformasyon ilişkisinden elastisite modülü değerlerini hesaplamışlardır. Bu verileri birbirleriyle istatistiksel olarak ilişkilendirilmiş, kireçtaşlarının mühendislik özelliklerini dolaylı yollardan belirlemeye çalışmışlardır.

Ersoy ve Kanık (2012), karbonat kayaların çok kriterli karar verme analizleri ile tek eksenli basınç dirençlerini tayin etmişlerdir. İstatistiksel yaklaşımlarda bulunarak, basit indeks deneylerle dayanım parametreleri arasında yüksek korelasyon katsayısına sahip ilişkiler bulmuşlardır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Genel Jeolojik, Stratigrafik ve Petrografik Çalışmalar**

#### **2.1.1. 1/25.000 Ölçekli Jeoloji Haritasının Hazırlanması**

Çalışma alanı Türkiye'nin doğusunda kalan Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Trabzon H42, H43 ve H44 paftaları içerisinde yer almakta olup, Gümüşhane ve Bayburt illeri yakın civarını kapsamaktadır. Kelkit, Esenyurt, Kalecik ve Bahçecik (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) çevresindeki karbonatlı doğal kayaçların oluşum koşulları ve fiziko-mekanik özelliklerini konu alan çalışmanın ilk aşamasında, farklı stratigrafik özelliğe sahip litolojik birimler ve bu birimlerin birbirleriyle yaptığı dokanaklar (formasyon sınırı) belirlenerek çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

#### **2.1.2. Mikroskobik Tayinler**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda yaptırılan ince kesitler, kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi ve kayaç adlamalarının yapılması amacıyla, James Swift (Model MP3500MBL) marka polarizan mikroskopta incelenmiştir. Bunun yanı sıra kayaçlardaki önemli mineralojik özelliklerin gösterilmesi amacıyla mikroskobik ölçekte fotoğraflar çekilmiştir.

### **2.2. Kaya Mekaniği Laboratuvar Çalışmaları**

Laboratuvarda yapılacak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere kireçtaşı, traverten ve oniks ocaklarından blok numuneler alınmıştır. Bu numunelerin alımı sırasında örneklerin sahayı tam olarak temsil etmesine dikkat edilmiştir. Saha çalışmaları sırasında travertenlerden alınan blok örnekler kullanılarak silindirik deney örnekleri (karot) hazırlanmıştır. Deneyler ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Bu çalışmada, su içeriği, birim hacim ağırlık, porozite tayini, ağırlıkça su emme deneyi, tek eksenli sıkışma dayanımı, ultrasonik dalga hızı deneyi, donma-çözünme deneyi ve ıslanma-kuruma deneyi gibi fiziko-mekanik deneyler yukarıda belirtilen yöntemlere uygun şekilde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

### 2.2.1. Su İçeriği

Bu deney, kayaç örneklerinin içerdiği suyun ağırlığının belirlenerek, fırında kurutulmuş örneklerin ağırlığının yüzde olarak ifade edilmesi amacıyla yapılır. Su içeriği tayini için ISRM (2007)'de belirtilen hususlar dikkate alınmıştır.

Örnek kapları ve kapakları temizlenip kurutulduktan sonra tartılarak kütleleri belirlenmiştir (A). Her biri en az 50 gr olan örneği temsil eden düzensiz şekilli numuneler metal kaplara konarak kapakları kapatılıp nemli örnek + kap + kapak kütlesi hassas terazide tartılarak belirlenmiştir (B). Kapların kapağı çıkarılarak örnekler fırına konulmuş  $105^0$  C'de 24 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan örneklere kapakları tekrar kapatılarak desikatörde 30 dakika bekletilmiş ve ardından kuru örnek + kap + kapak kütlesi belirlenmiştir (C).

$$\text{Su içeriği (\%): } w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Gözeneklerdeki suyun kütlesi (gr): } W_w = B - C \quad (2)$$

$$\text{Katı kütle (gr): } W_s = C - A \quad (3)$$

### 2.2.2. Ağırlıkça Su Emme

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin, ağırlıklarına oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılır. Yöntem şişebilen ve ıslanma-kuruma süreci sonrasında kolaylıkla dağılabilen kayaçlar için uygun değildir. Yapılan bu deney için, ISRM (2007) tarafından önerilen koşullar esas alınmıştır.

Deneyde kullanılan karot kayaç örneklerinin kullanılması halinde bunların boyları ve çapları birbirine dik iki ayrı yönde, prizmatik örneklerde ise her üç kenar kompasla ölçülür ve örneklerin hacimleri hesaplanır. Hacimleri hesaplanan örnekler, saf suda en az 12 saat bekletilir. 12 saat sonunda örnekler saf sudan çıkarılarak, suya doymun yüzeyleri kurutularak kütleleri hassas terazide tartılarak örneğin doymun kütlesi bulunur. Doymun kütlesi bulunmuş örnekler, 105<sup>0</sup> C'ye ayarlanmış fırına yerleştirilerek en az 12, tercihen 24 saat kurumaya bırakılır. Fırından çıkan örneklerin kuru kütleleri hassas terazide belirlenir.

$$\text{Ağırlıkça su emme (\%), } A_w = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100 \quad (4)$$

Burada, W<sub>s</sub>: örneklerin suya doymun kütlesi, W<sub>d</sub>: fırında kurutulmuş örneklerin kütlesidir.

### 2.2.3. Görünür Porozite

Deney düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin gözenekliliğinin tayini amacıyla kullanılır. Deney ISRM (2007)'nin önerdiği hususlar dikkate alınarak yapılmıştır. İncelenen kayaç türünü temsil edebilecek en az 3 adet silindirik örneğin çapları ve boyları kompas yöntemiyle ölçülerek 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<sup>0</sup> C'e ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde tutulduktan sonra tartılarak kuru kütlesi belirlenir. Örnek su dolu bir beherin içinde 48 saat bekletilir veya en az 1 saat süreyle 800 Pa'dan düşük bir vakum altında suya doymun hale getirilerek kurulanıp hassas terazide tartılır ve doymun kütlesi belirlenir. Bu aşamada gözeneklere giren suyun buharlaşmasına engel olmak için mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve bu işlem sırasında örneklerden parçacıkların kırılıp kaybolmamasına özen gösterilmelidir.

$$\text{Boşlukların hacmi (cm}^3\text{), } V_p = \frac{W_s - W_d}{g_w} \quad (5)$$

$$\text{Gözeneklilik (porozite)(\%), } n = \frac{V_p}{V} * 100 \quad (6)$$

$$\text{Boşluk oranı, } e = \frac{n}{100 - n} \quad (7)$$

Burada,  $W_d$ : örneğin kuru ağırlığı,  $W_s$ : örneğin doymuş ağırlığı,  $g_w$ : Suyun birim hacim ağırlığıdır.

#### 2.2.4. Yoğunluk

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kayaç örneklerinin birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Deney için ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış en az 3 deney örneğinin çapı ve boyu 0.1 duyarlılıkta ölçülür ve her bir değer için bu değerlerin ortalaması alınır. Çap ve boyları hesaplanan örneklerin hacimleri hesaplanır. Örneklerin doğal kütleleri hassas terazide tartılarak belirlenir.

Belirlenen örnek kütleleri ve hacmi kullanılarak yoğunluğu aşağıdaki formül ile bulunur:

$$\text{Yoğunluk ( gr/ cm}^3\text{), } g = \frac{W}{V} \quad (8)$$

$$\text{Birim hacim ağırlık (kN/m}^3\text{), } \gamma = 9.81 * g \quad (9)$$

#### 2.2.5. Islanma-Kuruma Deneyi

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

Hazırlanan silindirik örnekler  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat kurutulduktan sonra, fırından çıkarılarak soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir.

Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak kütleleri belirlenir. Kütleleri belirlenen örnekler saf su ile dolu behere konarak, saf su içinde en az 12 saat bekletilir. Beher içerisindeki su seviyesi örneklerin üst seviyesini geçecek şekildedir. Beherden çıkarılan örnekler 60-70<sup>0</sup> C’de en az 6 saat kurumaya bırakılır. 6 saat sonra örnekler tekrar saf su dolu beherin içine konur. Her ıslanma-kuruma bir çevrime eşittir. Örnekler 80 kez ıslanma-kuruma çevrimine tabi tutulduktan sonra, 105 ± 3<sup>0</sup>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 sonuçlarla aşağıdaki formül yardımıyla ıslanma-kuruma hesaplamaları yapılır.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = \frac{A - B}{A} * 100 \quad (10)$$

Burada, A: örneğin deney öncesi kuru ağırlığı, B: örneğin deney sonrası kuru ağırlığıdır.

### 2.2.6. Donma-Çözülme Deneyi

Bu deney donma-çözülme çevrimi koşullarında, aşınmaya karşı kayaların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasında yararlanılan yöntem olarak ISRM (2007) kullanılmıştır.

Örnekler silindirik olarak hazırlanmış olup boy ve çapları hassas olarak ölçülür. Daha sonra örnekler 105 ± 3<sup>0</sup>C’deki fırına yerleştirilir ve en az 4 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak desikatörde 30 dakika soğuma için bekletilir ve hassas terazide kütlesi ölçülür. Kütleleri belirlenen örnekler saf su içerisinde en az 12 saat bekletilerek örnek en az % 50 doygunluğa sahip olana kadar bekletilir. Deneye hazır hale gelen hazne ısısı -18<sup>0</sup>C’ye ayarlanarak en az 12 saat donmaya tabi tutulur ve daha sonra ısı + 32<sup>0</sup>C’ ye artırılır. + 32<sup>0</sup>C’de örnekler en az 8 saat süreyle en fazla 12 saat çözülmeye bırakılır. Belirlenen sonuçlarla aşağıdaki formül yardımıyla donma-çözünme hesaplamaları yapılmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = \frac{A - B}{A} * 100 \quad (11)$$

Burada, A: örneğin deney öncesi kuru ağırlığı, B: örneğin deney sonrası kuru ağırlığıdır.

### 2.2.7. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Bu deney, silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında ve tasarımlarda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli sıkışma dayanımının tahmini amacıyla yapılır. Bu çalışmada, kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenirken, ISRM (2007) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır. Deneyde kullanılacak örnek sayısı pratik gereksinimlere bağlı olmakla birlikte, ISRM (2007) tarafından her kayaç türünden en az 5 örneğin deneye tabi tutulması önerilmektedir.

Örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı ( $\sigma_c$ ) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\sigma_c = F/A \quad (12)$$

Burada, F: yenilme anında kaydedilen yük, A: silindirik örneğin en kesit alanıdır. Çalışmada NX (54.7 mm) ve 50 mm çaplı karotlar üzerinde deneyler yapılmış, deney sonuçları aşağıdaki formül kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown, 1980).

$$\sigma_c = \frac{\sigma_{cd}}{(50/D)^{0.18}} \quad (13)$$

Burada,  $\sigma_c$ : 50 mm çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı,  $\sigma_{cd}$ : D çapında bir örneğin basınç dayanımı, D: örnek çapıdır.

### 2.2.8. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı, standart boyutlardaki plaka mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerlerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plaka şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, kayaçların eğilme dayanımları belirlenirken, ISRM (2007) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır.

Eğilme dayanımının belirlenebilmesi için, mermer bloklarından 50 mm/ 100 mm/ 200 mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmalıdır. Deney numuneleri deney düzeneğinde plaka şeklinde, numuneler arası mesafe 180 mm olacak şekilde deney presi tablaları arasına, yaklaşık 5 kgf'lik yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi sağlanır. Daha sonra yük artışı dakikada 450 kg'ı geçmeyecek şekilde arttırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilir ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan deney sonuçları aşağıda verilen eşitlikte yerine konularak eğilme dayanımı değeri hesaplanır.

$$\sigma_{eğ} = 3PL/2Dh^2 \quad (14)$$

Burada;  $\sigma_{eğ}$  eğilme dayanımı (kgf/cm<sup>2</sup>), P kırılma yükü (kgf), L deney numunesinin mesnetler arası mesafesi (cm), D deney numunesinin eni (cm) ve h deney numunesinin kalınlığıdır (cm).

### 2.2.9. Dolaylı Çekme Dayanımı

Bu deney disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Bu yöntemle, doğrudan çekme deneyine göre, genellikle biraz daha yüksek çekilme dayanımları elde edilmektedir. Deneylerde ISRM (2007)'nin önerdiği yöntemler esas alınmıştır.

Çapı en az NX (54,2 mm) ve boyu yarı çapıyla hemen hemen aynı olan, sağlam ve çatlaksız silindirik örnekler hazırlanır. Örneklerin alt ve üst yüzeylerinin birbirine paralel olmalıdır. Deneyde kullanılacak örnek sayısı pratik olarak her kayaç biriminden 10 adet olması şeklinde belirlenmiştir. Örneğin çapı ve boyu birbirlerine dik iki ayrı yönde kompasla ölçülerek bu değerlerin ortalaması alınır. Örnek, yan yüzeyleri yükleme çenelerinin arasında kalacak şekilde yerleştirilir. Örnek, yenilme 15-30 saniye arasında gerçekleşecek şekilde sabit bir hızla yüklenir. Önerilen yükleme hızı 200 N/ s'dir. Örneğin yenildiği andaki yük (F), yükleme ünitesinin göstergesinden okunur. Aynı işlemler diğer örnekler için de benzer şekilde uygulanır. Dolaylı çekme dayanım indeksi sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.



$$\sigma_t = \frac{0.636 * F}{Dt} \quad (15)$$

Burada, F: örneğin yenilmesi anında uygulanan yük (kgf) , D: örnek çapı (cm), t: örnek boyu (cm)'dir.

### 2.2.10. Elastik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızının Belirlenmesi

Ölçümlerde Puntid Plus marka ultrasonik hız ölçüm cihazı kullanılmıştır. Puntid Plus ile kaya numunelerinde duyarlı ölçümler yapılabilmektedir. Boyuna dalga hızlarını belirlemek için 54 kHz'lik piezoelektriksel özellikte alıcı-verici problar kullanılırken, enine dalga hızlarını belirlemek için ise 1 Mhz'lik alıcı-verici kullanılmıştır. Verici probdan üretilen elektriksel sinyal mekanik titreşime dönüştürülerek kaya numunesine gönderilir, numune içinden geçen sinyal karşı taraftaki alıcı tarafından kaydedilir. Hız ölçümü yapılırken, alıcı ve verici başlıklar ile numune arasına bir jel sürülmesi ve numune ile alıcı-verici başlıklara belli bir kuvvet uygulanarak başlıkların numuneye iyi temas ettirilmesi çok önemlidir. Sinyalin kaya numunesi içindeki yayılım süresinden hız belirlenir. Kayaçların hızları direk, yarı direk ve indirek yöntemler olmak üzere 3 farklı yöntem ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada ultrasonik ölçüm tekniklerinden biri olan puls iletim (direk ölçüm) tekniği kullanılmıştır. Puls iletim tekniği direk iletim ölçümüdür. Bu uygulamada materyallerin puls hızı; alınan kayaç numunesinin paralel yüzeyleri üzerine alıcı ve vericileri yerleştirilerek geçiş zamanı ölçülerek belirlenir. Ultrasonik sinyalleri elde etmek için duyarlı bir osiloskop, ölçüm cihazına bağlanır ve elde edilen sinyaller sayısal olarak kaydedilir. Daha sonra kaydedilen sinyallerin spektral analizi yapılır. Ultrasonik test kullanılarak elde edilen sinyallerin, analizleri ile ölçüm yapılan materyaller içerisindeki süreksizlikler ve yerleri oldukça hassas bir şekilde belirlenebilmektedir.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi**

Çalışma alanı ve çevresindeki temel kayalar şist, gnays ve metabazaltlardan oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfikler oluşturmaktadır (Ketin, 1951). Paleozoyik yaşlı granitler, temel kayacı oluşturan birimi kesmiştir (Yılmaz, 1972). Liyas'ın volkaniklerle, Üst Jura-Alt Kretase'nin ise platform karbonatlarıyla karakterize olduğu bölgede, Üst Kretase dönemi farklı ortam koşullarında gelişmiş birimler ile belirgindir. Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları, Liyas birimlerini uyumlu olarak üstlemiştir (Ketin, 1951; Baykal, 1952; Açar, 1977). Birim orta-kalın tabakalı çökellerle karakteristiktir. Doğu Pontidler'in Güney Zonu içinde yüzeyleyen Üst Kretase fişlerinin kalınlığı 600–800 metre arasında değişmekte ve bu birim Kuzey Zon'daki 5 formasyonun yanal karşılığı olarak kabul edilmektedir. Üst Kretase boyunca Doğu Pontidler'de gelişen volkanik aktivitenin etkisi dışında kalan ve derin deniz ortamında çökelmiş olan birim, Eosen yaşlı volkano-tortul seri tarafından aşılma uyumsuzlukla örtülmektedir. Bölgede Senozoyik, genellikle kırıntılı çökellerle başlar ve üst bölümlere doğru volkano-tortul seviyeye geçiş gösterir (Güven, 1993). Geç Kretase yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ve aşılma uyumsuzlukla gelen birimler, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara katkılı andezit, bazalt ve bunların piroklastitlerinin oluşturduğu volkano-tortul bir seridir. Birim, Pliyosen yaşlı olarak kabul edilen bir birim tarafından aşılma uyumsuzlukla üstlenmektedir (Güven, 1993).

Çalışma konusu karbonat kayalar traverten, oniks ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşı örnekleri Şenköy Formasyonu ve platform karbonatları olarak bilinen Berdiga Formasyonu'na aittir. Çalışılan karbonatlı doğal taşların arazi görünüşleri Şekil 3.1'de verilmiştir.

##### **3.1.1. Kelkit ve Esenyurt (Gümüşhane) Kireçtaşları ve Çevresinin Jeolojisi**

Liyas yaşlı Esenyurt kireçtaşları Şenköy Formasyonu'na aittir. Bu formasyon farklı araştırmacılar tarafından farklı adlarla adlanmıştır. Bunlardan Açar (1977) birimi Hamurkesen, Eren (1983), Zimonköy Formasyonu adlarıyla adlandırmışlardır.



Şekil 3.1. Çalışma alanındaki karbonatlı doğal taşların arazi görünüşleri (a ve b: Yayılpınar (Bayburt) oniksi, c ve d: Gümüşhane-Kalecik ve Bahçecik traverteni, e ve f: Gümüşhane-Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı)

Bu çalışmalardaki veriler ışığında gerek verilen kesitlerde bazı birimlerin yer almaması, gerekse tam olarak birimi yansıtan bir tip kesit olmadığından yeni bir adlamaya gerek duyulmuştur. Bu vesileyle Yılmaz ve Kandemir (2003) birimi Şenköy Formasyonu adıyla yeniden adlandırmışlardır. Birim özellikle Gümüşhane-Bayburt illeri çevresinde KD-GB uzanımlı hatlar boyunca yüzeyleme vermektedir. Şenköy Formasyonu farklı litolojik birimlerden oluşmakta ve bu kayaç toplulukları farklı renkler sunmaktadırlar. Kumtaşları ve konglomeralar birimin tabanını oluştururlar ve sarı-yeşil renkleriyle tipiktirler. Karbonatlı kayaçların oluşturduğu kesimler bordo renkli görünüme sahiptir. Volkaniklerin ağırlıklı olduğu birimler ise gri-yeşil renklindedir. Volkanik kayaçlar ayrıca

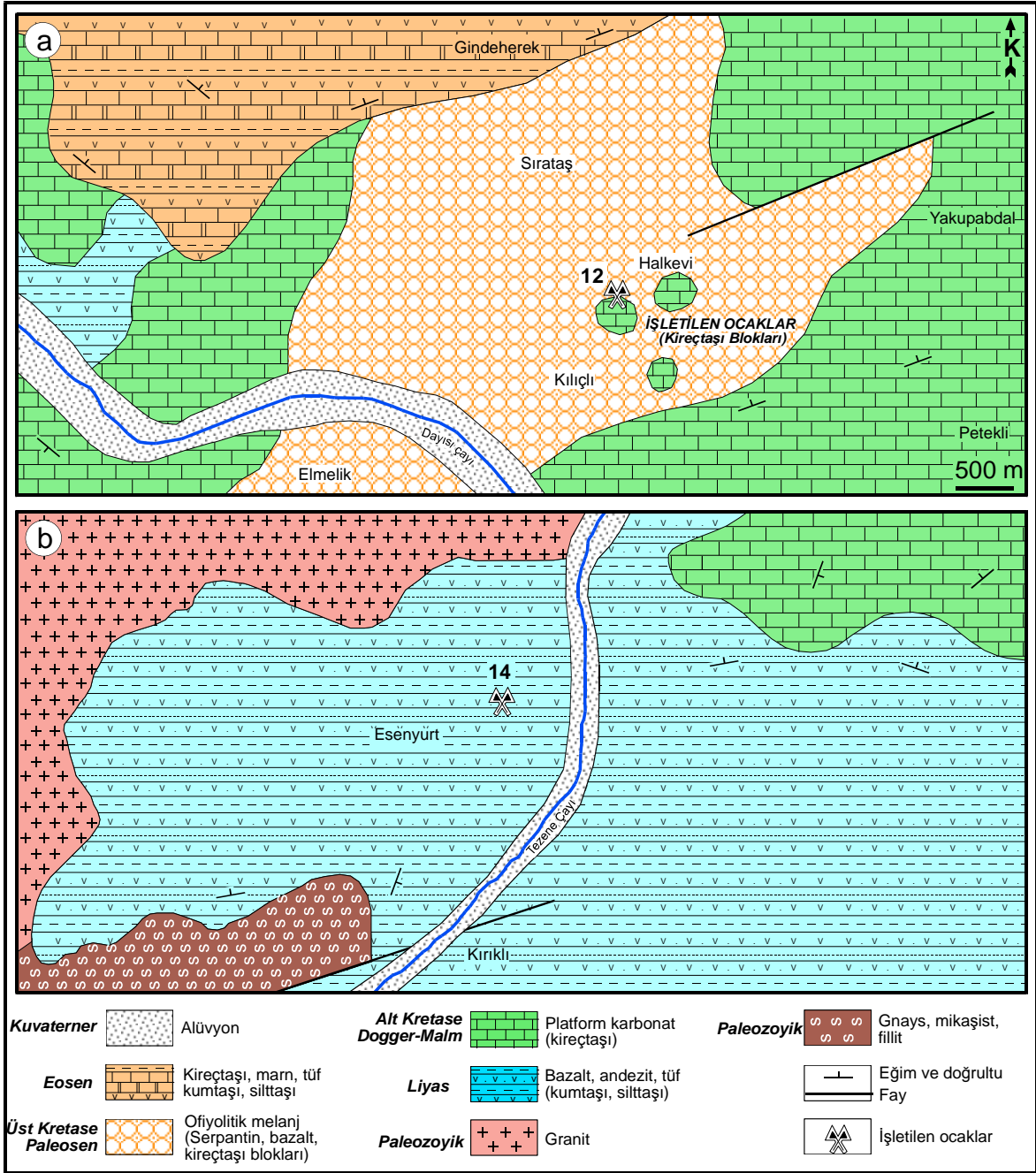
daha sert ve rölyefi yüksek birimler oldukları için bu formasyonun tanınmasında önemli rolleri vardır. Sarımsı gri renkli görünümüne sahip Şenköy Formasyonu kendinden yaşlı olan Gümüşhane Graniti'nin üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. Yılmaz ve Kandemir (2003) çalışmalarında birimin ölçülü stratigrafik kesitteki kalınlığını 1730 metre olarak belirlemişlerdir. Egemen litolojisini volkanotortul kayaçların oluşturduğu bu birimin arazideki renk ve görünüşü değişkendir. Birim tuf ve kırmızı renkli kireçtaşlarının hakim olduğu yerlerde bordo renkte iken, kumtaşı ve marnların daha yoğun olduğu yerlerde sarı-gri renklerde gözlenir. Çalışma alanında Esenyurt'da bulunan kırmızı kireçtaşı, Liyas yaşlı birim içinde gözlenmiştir (Şekil 3.2b).

Kelkit kireçtaşı örnekleri ise Berdiga Formasyonu'na ait olup, bu birim ilk kez, litostratigrafi adlama kurallarına uygun olarak Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde yayılım gösteren masif kireçtaşları için Berdiga Formasyonu adı ile tanımlanmıştır. Berdiga Formasyonu tek tip litolojiden oluştuğu için, Taslı (1984) tarafından Berdiga Kireçtaşı olarak da isimlendirilmiştir.

Çok çatlaklı ve tabakasız bir yapı gösteren birim, çoğunlukla gri, grimsi beyaz renklindedir. Dolomitik kireçtaşı ve kristalize kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu, çalışma alanı ve çevresinde yaygın olarak yüzeylemektedir ve sarp kayalıklar şeklinde gözlenmesi ile çevre kayaçlardan kolayca ayırt edilebilmektedir. Daha önceki çalışmalarda, birimin yaşı Dogger- Malm olarak verilmiştir (Pelin, 1977). Kelkit yöresinde bulunan yaklaşık 20000 m<sup>3</sup>lük rezerve sahip kireçtaşı, serpantin ve volkaniklerden oluşan Paleosen-Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj içerisinde büyük bloklar halinde bulunmaktadır. Çalışma konusu kireçtaşlarının bulunduğu bölgenin jeoloji haritası Şekil 3.2a'da verilmiştir.

### **3.1.2. Bahçecik ve Kalecik Travertenleri (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) Oniksi ve Çevresinin Jeolojisi**

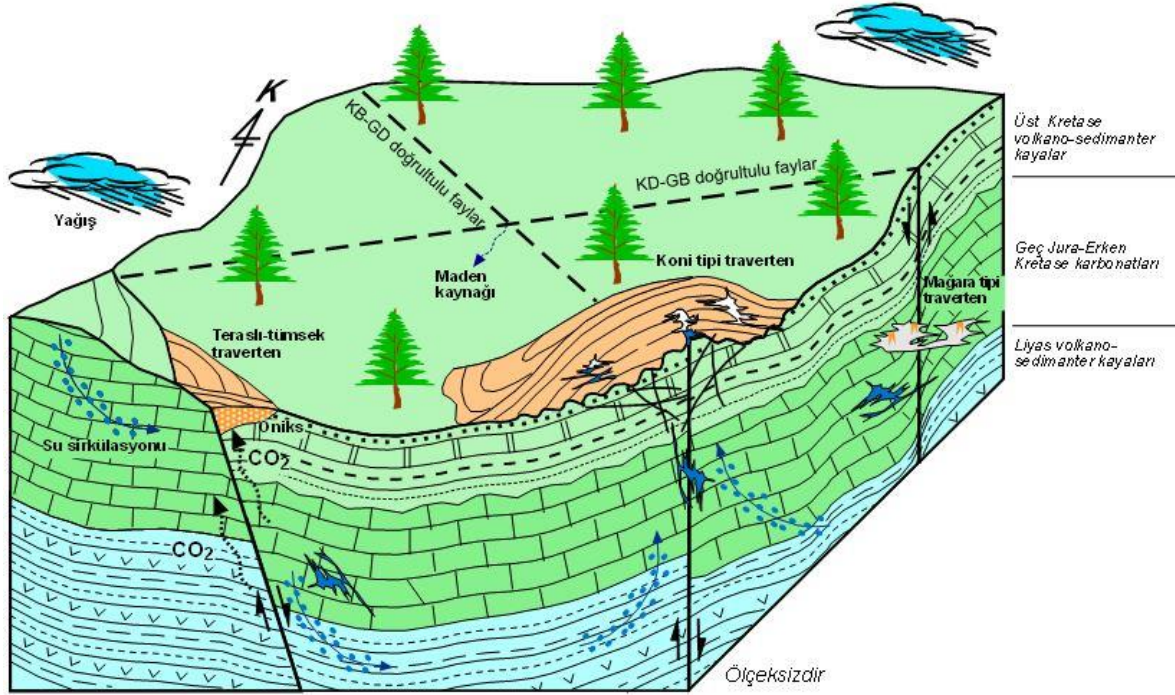
Çalışma alanı ve çevresinde oluşumunu tamamlamış ve oluşumu devam eden traverten ve onikslere rastlanmıştır. Travertenler ve oniksler yağışla yeraltına süzülen suların karbonik asitçe zenginleşmesi, Berdiga kireçtaşlarını çözmesi ve bu çözeltilerin düşey faylara bağlı olarak yüzeye çıkmasıyla beraber bünyelerindeki karbondioksit gazını bırakarak ortama CaCO<sub>3</sub> çökeltmesi sonucunda oluşmuşlardır. Doğu Karadeniz Bölümü traverten ve onikslerinin oluşum modeli Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.2. Kelkit (a) ve Esenyurt (b) (Gümüşhane) yörelerinde işletilen kireçtaşı ocakları çevresinin jeolojisi haritası

Yüze yakın yerlerde boşluklu, tabana doğru ise boşluksuz bir yapı gösteren traverten ve oniksler, genel olarak beyazımsı gri renklere ve sert bir yapıdadırlar. Yüzeysel aşınma ve karbonatlı kayaların çözünmesine bağlı olarak travertenlerin üzerinde kareler gelişmiştir. Bahçecik ve Kalecik travertenleri bölgedeki en önemli traverten çökelleridir ve Üst kretase yaşlı volkano-tortul kayalar üzerinde uyumsuz şekilde

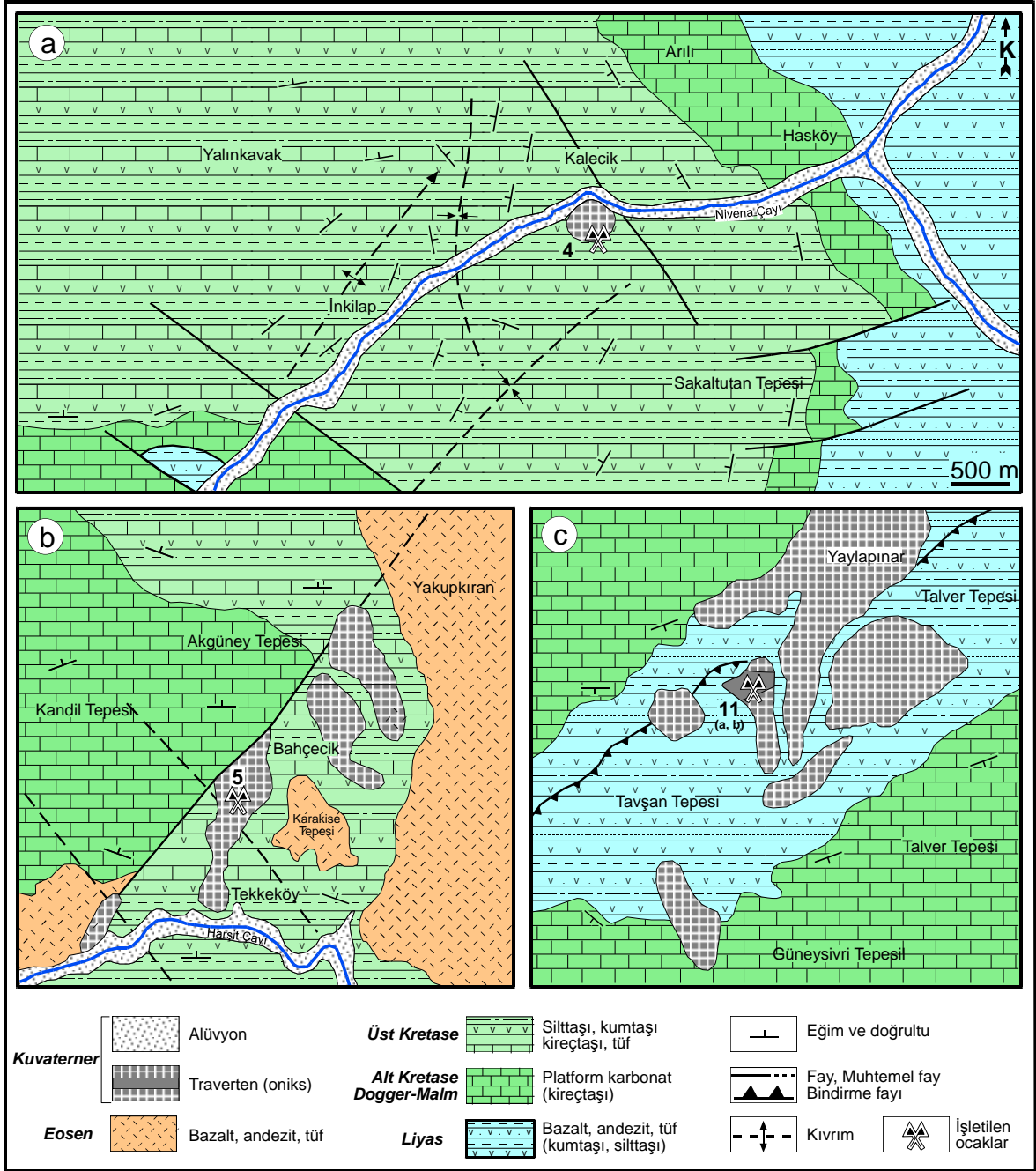
bulunmaktadır (Şekil 3.4a,b). Yaylapınar oniksi ise Liyas yaşlı volkano-tortul kayaçlarının üzerine uyumsuz olarak çökelmiştir (Şekil 3.4c).



Şekil 3.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde farklı tip traverten ve onikslerin oluşum modeli (Ersoy, 2011'den değiştirilerek)

Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılar çeşitli şekilde tanımlanabilmektedir. Makro örneklerden, mikro örneklerden ve yatak şeklinden bir travertenin morfolojisi açıklanabilir. El örneği boyutunda; oolitik-pizolitik, böbreğimsi ve bitki yapılı (Chafetz ve Meredith, 1983; Ayaz, 2002), dokusal olarak; yumrular, çubuklar, loblu kürecikler ve üzüm salkımı demetleri (Tekin vd., 1999) gibi özel morfolojik yapılar tanımlanmıştır.

Bölgede traverten-oniks oluşumları, KAF'I (Kuzey Anadolu Fayı) enine kesen KD-GB yönlü fay sistemleri ile kontrol edilir. Doğu Karadeniz Bölümü'nde yüzeylenme veren travertenler morfolojik olarak teras, mağara ve dom tipi travertenlerdir (Şekil 3.4). Teras tipi travertenler, genellikle az eğimli yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, eğim aşağı akarken teras veya setler şeklinde çökmesi sonucu, dom (koni) tipi travertenler ise, yatay veya çevreye göre hafif tümsek yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, çepeçevre yayılarak akmasıyla oluşmuşlardır.



Şekil 3.4. Kalecik (a) ve Bahçecik (b) (Gümüşhane) travertenleri ve Yaylapınar (c) (Bayburt) oniks ocakları çevresinin jeoloji haritası (Ersoy vd., 2005, 2009; Ersoy, 2011 ve Arslan vd., 2005'ten değiştirilerek)

Yatak boyutundaki morfolojik yapılar ise ilk defa Chafetz ve Folk (1984) tarafından sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre traverten yatakları; teras (set) tipi travertenler, dom (koni) tipi travertenler, sırt (semer) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, damar tipi travertenler, fay önü tipi travertenler, kanal tipi travertenler ve mağara travertenleri (damlatışlar) olmak üzere sekize ayrılmıştır.

Herhangi bir mermer işletmesinde üretime geçebilmek için mermer yeterli miktarda ve kalitede olması gerekmektedir. Burada kaliteden kasıt mermerin rengi, deseni, sertliği, sağlamlığı ve homojenliğidir. Mermerler geniş bir renk aralığı göstermektedirler. Saf mermer parlak beyaz renktedir. Gri ve siyah renk grafit ve diğer karbonlu bileşiklerden, yeşil renk klorit ve diğer silikat minerallerinden, pembe ve kırmızı renkler hematit ve mangan bileşiklerinden, sarı ve krem tonları limonitten ileri gelmektedir. Mermerlerin rengi bütün yatakta monoton ve aynı tonda dağılmış olabileceği gibi benekli veya damarlı halde de olabilmektedir. Kullanım alanlarına göre desenli veya tekdüze renkli mermerlerde tercih edilmektedir. Özellikle simetrik görünümlü desenler oluşturan, düzenli, ince damarlı ve boyuna kesilmiş ağaç gövdesine benzeyen mermerler daha pahalıdır. Renkteki homojenlik aranılan önemli bir özelliktir (Tonçer, 2005).

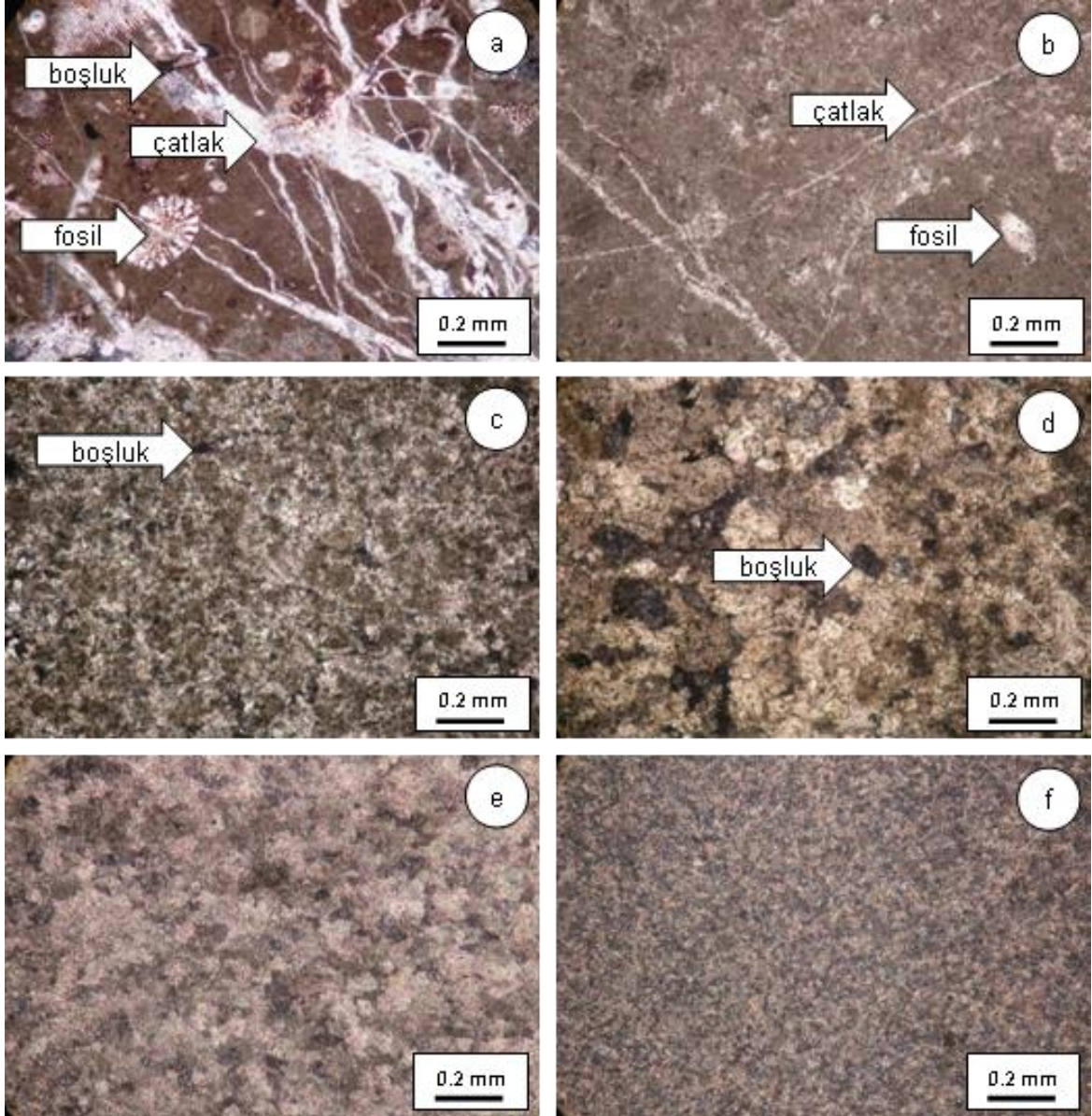
### **3.2. Karbonat Kayaçların Petrografik ve Petrokimyasal Özellikleri**

Şenköy Formasyonu'na ait kırmızı kireçtaşları, düşük-orta enerjili ortamda oluşmuş olup biyoklastlar içermekte ve kayaç mikritik bir çimentoyla bağlanmıştır. Biyoklastlar yaklaşık % 20-30 civarındadır ve kayaç içerisinde kısmen korunmuş bentik foraminifer, alg, ekinoid plakaları ve sünger parçaları bulunmaktadır. İntraklastlar kayaç içerisinde değişik şekil ve boyutlarda % 15'den daha az oranda bulunurlar. İkincil kalsit tarafından doldurulmuş bol mikro çatlaklar vardır (Şekil 3.5).

Berdiga Formasyonu'na ait kayaçların mikroskobik incelemelerinde, sparit çimentolu kireçtaşlarının biyoklast ve intraklastlardan oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 3.5). Pelesipod ve alg parçaları, ekinit plakaları ve bentik foraminiferlerden (*miliolidae s.p.*, *valvulina s.p.*) oluşan biyoklastlar, kayaç içerisinde % 15 oranında olup, genellikle parçalı halde bulunmaktadır. Kayaç içerisinde % 25 oranında bulunan intraklastlar ise keskin köşeli ve oval tanelidir. Düşük enerjili sığ deniz ortamında oluşmuş olan kireçtaşları, Folk (1962)'a göre biyointraspartik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.

Traverten ve oniks örnekleri genellikle, kalsit ile birlikte çok az miktarda kuvars ve kil içerirler. Traverten örneklerinde çoğunlukla kalsit dikkat çekmektedir. Oniks örnekleri de travertenler ile benzer şekilli mineralojiye sahiplerdir. Yaylapınar oniksi ağırlıklı olarak kalsit ve eser miktarda pirit ve mangan oksitlerden oluşur. Traverten ve onikslerin ince kesit görünümü Şekil 3.5'te verilmiştir.





Şekil 3.5. Çalışılan karbonatlı doğal taş örneklerinin mikroskobik görünümü (a: Esenyurt biomikritik kireçtaşı, b: Kelkit biyointraspartik kireçtaşı, c ve d: Bahçecik ve Kalecik traverteni, e ve f: Yaylapınar oniksi) (ÇN)

Çalışılan karbonat kayaçların petrokimyasal özelliklerini araştırmak için, kayaçları en iyi temsil eden altı örneğin ana oksit ve iz element bileşimleri ICP-MS ile ACME Analitik Laboratuvarı'nda (Kanada) analiz edilmiştir. Farklı traverten, oniks ve kireçtaşı alanlarından alınan çalışma örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Kimyasal analizler sonucunda CaO içeriğinin traverten örneklerinde % 55 ve % 56 arasında, oniks örneklerinde % 52 ve % 53 arasında, kireçtaşı örneklerinde % 47 ve % 55 arasında değiştiği görülmektedir. Araştırılan traverten, oniks ve kireçtaşı

neredeşye tamamen kalsiyum karbonattan oluştuğu görülmektedir. CaO ve LOI'ın yüksek değerleri, örneklerin mineralojik bileşimi ile tutarlıdır.

Tablo 3.1. Çalışılan karbonat kayaçların tüm kayaç ana oksit (wt %) ve iz element (ppm) analiz sonuçları

	Traverten		Oniks		Kireçtaşı	
	Kalecik	Bahçecik	Yaylapınar-a	Yaylapınar-b	Kelkit	Esenyurt
SiO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.33	5.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.17	2.10
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.04	0.05	1.66	2.45	0.10	1.29
MgO	0.40	0.56	0.17	0.69	0.61	1.69
CaO	56.02	55.33	54.28	53.20	55.00	47.86
Na <sub>2</sub> O	<0.01	<0.1	0.06	0.03	0.02	0.04
K <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.01	0.01	0.06	0.64
TiO <sub>2</sub>	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01	0.01	0.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.01	0.01	0.06	0.07	<0.01	0.04
MnO	<0.01	<0.01	0.29	0.15	<0.01	0.09
LOI*	43.5	43.5	43.5	43.5	43.6	40.7
TOT/C**	12.71	12.24	12.46	12.57	12.50	11.28
TOT/S***	0.06	0.02	0.04	0.03	0.02	<0.02
Ba	4	37.2	17	37	3	37
Nb	0.4	-	0.3	0.3	0.8	2.5
Rb	0.6	0.7	0.5	0.6	1.9	21.4
Sr	130.5	134.6	51.1	74.0	235.4	225.3
U	0.8	-	0.2	0.2	1.4	0.5
Zr	0.4	0.6	3.9	4.6	1.8	20.4
Y	0.7	0.5	10.8	7.2	0.7	6.7
Mo	<0.1	-	0.20	0.1	0.3	0.4
Cu	0.3	0.3	0.10	<0.1	0.3	6.1
Pb	<0.1	-	<0.1	<0.1	0.5	5.5
Zn	6	5	21	8	1	15
Ni	1.5	-	2.0	4.0	0.6	16.7
As	2.9	-	3.7	3.2	2.7	6.0
La	0.4	<5	1.7	0.6	0.8	5.7
Ce	0.4	-	1.4	0.9	1.7	11.2
Pr	0.13	0.04	0.24	0.21	0.25	1.34
Nd	<0.3	-	0.4	0.5	0.6	4.7
Sm	<0.05	-	0.23	0.36	0.12	1.0
Eu	0.06	-	0.14	0.22	0.08	0.27
Gd	0.08	0.06	0.55	0.91	0.15	0.98
Tb	0.05	<0.01	0.13	0.19	0.06	0.20
Dy	0.07	-	0.56	0.81	0.10	0.92
Ho	0.06	-	0.21	0.23	0.07	0.24
Er	0.08	-	0.51	0.50	0.09	0.56
Tm	0.04	-	0.10	0.09	0.05	0.13
Yb	0.07	<0.05	0.38	0.41	0.09	0.56
Lu	0.04	<0.01	0.09	0.09	0.05	0.13

\*LOI: ateşte uçucu kaybı, \*\*TOT/C: toplam karbon, \*\*\*TOT/S: toplam kükürt

### 3.3. Karbonat Kayaçların İndeks ve Dayanım Özellikleri

Laboratuvarında yapılacak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere çalışma konusu karbonatlı doğal taşlardan arazide blok numuneler alınmıştır. Bu numunelerin alımı sırasında örneklerin sahayı tam olarak temsil etmesine ve çatlaksız olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışılan karbonatlı kayaçlardan karot alımı esnasında, kayaçların homojenlik özelliğini etkileyen su akış yönü dikkate alınmış ve su akış yönüne dik karot elde edilmiştir.

#### 3.3.1. Karbonat Kayaçların İndeks Özellikleri

##### 3.3.1.1. Su İçeriği, Su Emme, Görünür Porozite, Yoğunluk ve Elastik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı

Su içeriği ve porozite tayini için ISRM (2007)'de önerilen yöntemler dikkate alınmış, su emme deneyleri için ise RILEM (1980) tarafından önerilen koşullar esas alınmıştır. Karbonat kayaçların indeks özelliklerine ait sonuçlar Tablo 3.2'de verilmiştir.

Onikslerin su içeriği değerleri yapılan deneyler sonucunda maksimum % 0.80, minimum % 0.01 ve ortalama % 0.06 olarak, ağırlıkça su emme değerleri maksimum % 0.79, minimum % 0.01 ve ortalama % 0.07 olarak, görünür porozite değerleri maksimum % 1.95, minimum % 0.06 ve ortalama % 0.19 olarak ölçülmüştür.

Bej kireçtaşlarının (Kelkit) su içeriği değerleri maksimum % 0.06, minimum % 0.03 ve ortalama % 0.05 olarak, ağırlıkça su emme değerleri maksimum % 0.18, minimum % 0.13 ve ortalama % 0.15 olarak, görünür porozite değerleri maksimum % 0.48, minimum % 0.34 ve ortalama % 0.40 olarak bulunmuştur.

Kırmızı kireçtaşlarının (Esenyurt) deneyler sonucu su içeriği değerleri maksimum % 0.46, minimum % 0.04 ve ortalama % 0.14 olarak, ağırlıkça su emme değerleri maksimum % 0.31, minimum % 0.06 ve ortalama % 0.19 olarak, görünür porozite değerleri maksimum % 0.84, minimum % 0.16 ve ortalama % 0.51 olarak hesaplanmıştır.

Bahçecik travertenlerinin yapılan deneyler sonucu su içeriği değerleri maksimum % 0.77, minimum % 0.12 ve ortalama % 0.34 olarak, ağırlıkça su emme değerleri

maksimum % 1.20, minimum % 0.48 ve ortalama % 0.77 olarak, görünür porozite değerleri maksimum % 2.89, minimum % 1.18 ve ortalama % 1.90 olarak bulunmuştur.

Kalecik travertenlerinin su içeriği değerleri maksimum % 0.37, minimum % 0.12 ve ortalama % 0.24 olarak, ağırlıkça su emme değerleri maksimum % 2.64, minimum % 0.81 ve ortalama % 1.15 olarak, görünür porozite değerleri maksimum % 7.37, minimum % 2.16 ve ortalama % 3.29 olarak belirlenmiştir.

Yoğunluk kayacın içerdiği mineral yapısına ve içeriğine bağlıdır. Deneylede ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Yapılan deneyler sonucu onikslerin yoğunluk değerleri maksimum 2.74, minimum 2.69 ve ortalama 2.72 gr/cm<sup>3</sup>; bej kireçtaşlarının (Kelkit) maksimum 2.71, minimum % 2.68 ve ortalama 2.69 gr/cm<sup>3</sup>; kırmızı kireçtaşlarının (Esenyurt) maksimum 2.74, minimum 2.66 ve ortalama 2.70 gr/cm<sup>3</sup>, Bahçecik travertenlerinin yoğunluk değerleri maksimum 2.52, minimum 2.41 ve ortalama 2.48 gr/cm<sup>3</sup> ve Kalecik travertenlerinin yoğunluk değerleri maksimum 2.54, minimum 2.38 ve ortalama 2.46 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

Bununla birlikte deneyler sonucu elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri onikslerde maksimum 6800 m/s, minimum 5063 m/s ve ortalama 5762 m/s; bej kireçtaşlarında (Kelkit) maksimum 6320 m/s, minimum 6199 m/s ve ortalama 5988 m/s; kırmızı kireçtaşlarında (Esenyurt) maksimum 6103 m/s, minimum 5562 m/s ve ortalama 5762 m/s, Bahçecik travertenlerinde boyuna dalga hızı değerleri maksimum 5072 m/s, minimum 4092 m/s ve ortalama 4598 m/s ve Kalecik travertenlerinde boyuna dalga hızı değerleri maksimum 4231 m/s, minimum 4118 m/s ve ortalama 4175 m/s olarak ölçülmüştür.

Tablo 3.2. Karbonat kayaçların bazı indeks özelliklerine ait değerlerin istatistiksel olarak gösterimi

Alan	Örnek Sayısı	Su İçeriği (%)			Ağırlıkça Su Emme (%)			Görünür Porozite (%)			Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )			Elastik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı (m/sn)*		
		Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.
4	25	0.77	0.12	0.34	1.20	0.48	0.77	2.89	1.18	1.90	2.52	2.41	2.48	5072	4092	4598
5	28	0.37	0.12	0.24	2.64	0.81	1.15	7.37	2.16	3.29	2.54	2.38	2.46	4231	4118	4175
11-a	23	0.73	0.01	0.06	0.72	0.02	0.07	1.95	0.06	0.19	2.74	2.69	2.72	6800	5063	5762
11-b	15	0.80	0.01	0.07	0.79	0.01	0.07	0.56	0.17	0.37	2.70	2.65	2.68	4942	4121	4437
12	20	0.06	0.03	0.05	0.18	0.13	0.15	0.48	0.34	0.40	2.71	2.68	2.69	6320	6199	5988
14	24	0.46	0.04	0.14	0.31	0.06	0.19	0.84	0.16	0.51	2.74	2.66	2.70	6103	5562	5762

4 ve 5: Bahçecik ve Kalecik travertenleri; 11-a ve b: Yaylapınar oniksi; 12 ve 14: Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı  
 \* P dalga hızı ölçümlerinde örnek sayısı 4 kodlu alanda 15, 5 kodlu alanda 17, 11-a kodlu alanda 14, 11-b kodlu alanda 18, 12 kodlu alanda 12 ve 14 kodlu alanda 16 tanedir.

### 3.3.2. Kayaçların Dayanım Özellikleri

#### 3.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı, Dolaylı Çekme ve Eğilme Dayanımı

Bu deneyler, silindirik bir şekle sahip kaya malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında ve tasarımlarda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli basınç, çekme ve eğilme dayanımlarının tahmini amacıyla yapılır. Deneylerde ISRM (2007)'in önerdiği yöntemler esas alınmıştır.

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

Karbonat kayaçların çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve tek eksenli basınç dayanım deneylerinin sonuçları Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Çalışılan karbonat kayaçların bazı dayanım özellikleri

Alan	Örnek Numarası	Çekme Dayanımı (MPa)			Eğilme Dayanımı (MPa)			Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		
		Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Max	Min.	Ort.
4	15	4.2	2.6	3.2	9.8	5.2	6.0	43	34	36
5	17	7.8	3.6	4.5	11.2	6.1	8.1	65	35	53
11-a	14	7.5	3.4	4.1	10.4	5.9	7.6	79	21	49
11-b	18	7.0	3.2	4.1	10.4	5.7	7.3	55	34	37
12	12	11.4	5.6	7.0	12.6	8.2	9.2	154	27	80
14	16	13.0	6.4	7.5	13.1	7.9	9.1	117	37	77

4 ve 5: Bahçecik ve Kalecik travertenleri; 11-a ve b: Yaylapınar oniksi; 12 ve 14: Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı

#### 3.3.2.2. İslanma-Kuruma ve Donma-Çözülme

Aşınmaya karşı kayaçların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deneylerinde sırasıyla ASTM (1992a) ve ASTM (1992b) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır. Bazı kaya malzemelerinin ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deneyleri sonucunda çok küçük kütle kaybı değerlerine rastlanılmıştır.

Donma-çözünme deneylerinde 30 çevrim sonrası Bahçecik traverteninde % 0.14, Kalecik traverteninde % 0.15, onikslerde % 0.14, Kelkit kireçtaşında % 0.12 ve Esenyurt kireçtaşında % 0.14 kütle kaybı görülmüştür.

Islanma-kuruma deneylerinde ise 80 çevrim sonrası Bahçecik traverteninde % 0.24, Kalecik traverteninde % 0.29, onikslerde % 22, Kelkit kireçtaşında % 0.15 ve Esenyurt kireçtaşında % 0.17 kütle kaybı görülmüştür. Çalışmada, numunelerin tek eksenli basınç dayanımı çevrim testlerinden sonrasında da saptanmıştır ve deneyler sonrasında kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarında % 5 ila % 19 oranları arasında azalma görülmüştür. Islanma-kuruma ve donma-çözülme deneylerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Çalışılan karbonat kayaçların ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deney sonuçları

Alan	Test tipi	Örnek Numarası	Kuru örnek Kütlesi (gr)		Kütle kaybı		Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	
			Test öncesi	Test sonrası	(gr)	(%)	Test öncesi	Test sonrası
4	Donma-çözülme (30 çevrim)	6	3611	3606	5	0.14	36	30
5		6	3926	3920	6	0.15	53	41
11-a		6	4076	4071	5	0.12	49	41
11-b		6	4104	4098	6	0.15	37	32
12		6	4327	4322	5	0.12	80	75
14		6	4250	4246	6	0.14	77	73
4		Islanma-kuruma (80 çevrim)	6	3715	3706	9	0.24	36
5	6		3816	3805	11	0.29	53	48
11-a	6		3998	3990	8	0.20	48	43
11-b	6		4012	4002	10	0.24	37	34
12	6		4125	4119	6	0.15	80	76
14	6		4069	4062	7	0.17	77	75

4 ve 5: Bahçecik ve Kalecik travertenleri; 11-a ve b: Yaylapınar oniksi; 12 ve 14: Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı

### 3.4. Karbonatlı Kayaçların Türk Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Standartlar, doğal taşların kullanım yerlerini belirlemede ve kullanım yerine uygun olup olmadıklarına karar vermede önemli rol oynar. Standartlara uygun olan doğal taşlar ticari olarak alınıp satılabilirken, standartlara uymayan doğal taşlar ise piyasadan çıkartılır veya yaygın kullanım imkânı bulamaz. Çünkü standartlara uygun kayaçlar kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, renk, desen, fiziksel ve mekanik etkilere karşı dayanıklı olmakta ve daha az bakım ve onarım maliyeti oluşmaktadır. Standartlara uygun olan kayaçların pazar payının sürekliliği sağlanmakta, alım-satımında üstünlük doğmakta, görünüm benzerliklerine rağmen düşük kalitedeki diğer kayaçlarla gereksiz rekabet önlenilmektedir. Bu yolla kaliteli ve dayanımı yüksek olan doğal taşlar renk, desen gibi benzerliklerinden dolayı standart dışı olan doğal taşlardan ayrılmaktadır

Türkiye’de üretilen doğal taşların iç ve dış piyasada oldukça rağbet görmesi nedeniyle, bu çalışmaya konu olan karbonat kayaçların ekonomik anlamda Türk Standartları (TSE)’na uygunluğu incelenmiş ve sonuçlar Tablo 3.5’de verilmiştir.

Kireçtaşları, travertenler ve oniksler doğal yapı taşı (taşımaya ve kaplama) olarak değerlendirildiklerinde Türk Standartları’na göre ağırlıkça su emme değerlerinin sırasıyla en yüksek % 4, % 3 ve % 0.6, porozite değerlerinin tüm tiplerde en fazla % 2, donma-çözülme sonrası kütle kaybının tüm tiplerde en fazla % 5, yoğunluklarının ise sırasıyla en düşük 2.16, 2.3 ve 2.6 g/cm<sup>3</sup> olması gerekirken, eğilme dayanımı değerlerinin tüm tiplerde en düşük 6 MPa ve çekme dayanımının değerlerinin tüm tiplerde en düşük 3 MPa olması gerekmektedir. Bununla birlikte tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin taşımaya için kireçtaşı ve onikslerde 49 MPa’dan, kaplama için 29 MPa’dan büyük olması gerekmektedir. Travertenlerde ise bu değerler taşımaya için en düşük 48 MPa ve kaplama için en düşük 29 MPa olmalıdır.

Tüm bu veriler göz önünde bulundurulduğunda çalışma konusu karbonatlı doğal taşların taşımaya ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği araştırıldığında, bunlardan Kalecik travertenin porozite değeri ve Bahçecik travertenini ile Yaylapınar oniksini tek eksenli basınç değerleri dışında Türk Standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.



Tablo 3.5. Sedimanter kökenli doğal taşlara ait Türk Standartları'nda istenilen değerler ve çalışılan karbonatlı kayaların bu standartlar açısından uygunluğu

Fiziko-mekanik Özellikler	Limit Değerler	Kayaç Tipleri	Standartlar	4	5	11-a	11-b	12	14
Ağırlıkça Su Emme (Maksimum, %)	0.6 4.0 3.0	Oniks Kireçtaşı Traverten	TS 11443 TS 11137 TS 11143	0.77	1.15	0.07	0.07	0.15	0.19
Yoğunluk (Minimum, gr/cm <sup>3</sup> )	2.60 2.16 2.30	Oniks Kireçtaşı Traverten	TS 11443 TS 11137 TS 11143	2.48	2.46	2.72	2.68	2.69	2.70
Porozite (Maksimum, %)	2	Tüm Tipler	TS 1910	1.90	3.29	0.19	0.37	0.40	0.51
Donma-Çözülme Sonrası Ağırlık Kaybı (Maksimum, %)	5	Tüm Tipler	TS 2513 TS 1910	0.14	0.15	0.12	0.15	0.12	0.14
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Minimum., MPa) (Taşıma/Kaplama)	49.0/29.0 49.0/29.0 48.0/29.0	Oniks Kireçtaşı Traverten	TS 11443 TS 11137 TS 11143	36	53	49	37	80	77
Eğilme Dayanımı (Minimum., MPa)	6	Tüm Tipler	TS 10499 TS 2513 TS 1910	6.0	8.1	7.6	7.3	9.2	9.1
Çekme Dayanımı (Minimum., MPa)	3	Tüm Tipler	TS N 1467	3.2	4.5	4.1	4.1	7.0	7.5
4 ve 5: Bahçecik ve Kalecik travertenleri; 11-a ve b: Yaylapınar oniksi; 12 ve 14: Kelkit ve Esenyurt kireçtaşı									

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Kelkit, Esenyurt, Kalecik ve Bahçecik (Gümüşhane) ile Yaylapınar (Bayburt) çevresindeki karbonatlı doğal kayaçların jeolojik ve jeomekanik özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

1. Çalışma alanı Türkiye'nin doğusunda kalan Doğu Karadeniz Bölümü'nde, 1/100000 ölçekli Trabzon H42, H43 ve H44 paftaları içerisinde yer almakta olup, Gümüşhane ve Bayburt illeri ve yakın civarındaki alanı kapsamaktadır
2. İnceleme alanı ve çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru birimler ayırt edilmiştir. Bunlar, Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu (kırmızı kireçtaşı), Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu (bej kireçtaşı) ve Kuvaterner yaşlı traverten ve onikslerdir.
3. İnceleme alanı ve çevresinde gerek oluşumunu tamamlamış gerekse oluşumu devam eden travertenler bulunmaktadır. Travertenler ve oniksler yağışla yeraltına süzülen suların karbonik asitçe zenginleşmesi, Berdiga kireçtaşlarını çözmesi ve bu çözeltilerin düşey faylara bağlı olarak yüzeye çıkmasıyla beraber bünyelerindeki karbondioksit gazını bırakarak ortama  $CaCO_3$  çökeltmesi sonucunda oluşmuşlardır.
4. Çalışma konusu karbonat kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitleri hazırlanmış, polarizan mikroskopta incelenmiş ve mikroskobik ölçekte fotoğrafları çekilmiştir. İncelemeler sonucunda, kireçtaşı örneklerinin biointraspartik ve biyomikritik kireçtaşı oldukları belirlenmiş olup, traverten ve oniks örneklerinin ise genellikle kalsit ile birlikte çok az miktarda kuvars ve kil içerdiği tespit edilmiştir.
5. Petrokimyasal analiz sonucunda CaO içeriğinin karbonat örneklerinde % 47 ila %56 arasında değiştiği görülmüştür. CaO ve LOI (Lost of Ignition) yüksek değerleri, örneklerin mineralojik bileşimi ile tutarlıdır.
6. Laboratuarda yapılacak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere araziden blok numuneler alınmıştır. Bu numunelerin alımı sırasında örneklerin sahayı tam olarak temsil etmesine ve çatlaklı olmamasına dikkat edilmiştir. Saha çalışmaları

sırasında kayaçlardan alınan blok örnekler kullanılarak silindirik deney örnekleri (karot) hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde ISRM (2007) standartlarına göre laboratuvar deneyleri yapılmış ve travertenlerin fiziksel ve dayanım özellikleri belirlenmiştir.

7. Yapılan deneyler sonucu onikslerin su içeriği değerleri ortalama % 0.065, ağırlıkça su emme değerleri ortalama % 0.07, görünür porozite değerleri ortalama % 0.28, yoğunluk değerleri ortalama 2.7 gr/cm<sup>3</sup> ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri ortalama 5100 m/s olarak ölçülmüştür. Onikslerde uygulanan dayanım deneyleri sonucu çekme direnci değerleri ortalama 4.1 MPa, eğilme dayanımı değerleri ortalama 7.45 MPa, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ise ortalama 43 MPa olarak bulunmuştur. Donma-çözülme deneyi sonrası onikslerde ortalama % 0.13, ıslanma kuruma deneyi sonrası ise ortalama % 0.22 kütle kaybı görülmüştür.
8. Bej kireçtaşlarının (Kelkit) deneyler sonucunda su içeriği değerleri ortalama % 0.05 olarak, ağırlıkça su emme değerleri ortalama % 0.15, görünür porozite değerleri ortalama % 0.40, yoğunluk değerleri ortalama 2.69 gr/cm<sup>3</sup> ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri ortalama 5988 m/s bulunmuştur. Dayanım deneyleri sonucu bej kireçtaşlarının çekme dayanımı değerleri ortalama 7.0 MPa, eğilme dayanımı değerleri ortalama 9.2 MPa ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri ortalama 80 MPa olarak ölçülmüştür. Bej kireçtaşlarında uygulanan donma-çözülme deneyi sonrası % 0.12 ve ıslanma-kuruma deneyi sonrası % 0.15 kütle kaybı ölçülmüştür.
9. Deneyler sonucu kırmızı kireçtaşlarının (Esenyurt) su içeriği değerleri ortalama % 0.14, ağırlıkça su emme değerleri ortalama % 0.19, görünür porozite değerleri ortalama % 0.51, yoğunluk değerleri ortalama 2.70 gr/cm<sup>3</sup> ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri ortalama 5762 m/s olarak ölçülmüştür. Dayanım deneyleri sonucu kırmızı kireçtaşlarının çekme dayanımı değerleri ortalama 7.5 MPa, eğilme dayanımı değerleri ortalama 9.1 MPa, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ise ortalama 77 MPa bulunmuştur. Kırmızı kireçtaşlarında donma-çözülme deneyi sonrası % 0.14 ve ıslanma-kuruma deneyi sonrası % 0.17 kütle kaybı görülmüştür.
10. Yapılan deneyler sonucu Bahçecik travertenlerinin su içeriği değerleri ortalama % 0.34, ağırlıkça su emme değerleri ortalama % 0.77, görünür porozite değerleri

ortalama % 1.90, yoğunluk değerleri ortalama  $2.48 \text{ gr/cm}^3$  ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri ortalama  $4598 \text{ m/s}$  olarak ölçülmüştür. Bahçecik travertenlerinin dayanım deneyleri sonucunda çekme dayanımı değerleri ortalama  $3.2 \text{ MPa}$ , eğilme dayanımı değerleri ortalama  $6.0 \text{ MPa}$  ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri ortalama  $36 \text{ MPa}$  olarak ölçülmüştür. Bahçecik travertenlerinde uygulanan donma-çözülme ve ıslanma-kuruma deneyleri sonrası sırasıyla % 0.14 ve % 0.24 kütle kaybına uğradığı görülmüştür.

11. Kalecik travertenlerinin su içeriği değerleri ortalama % 0.24, ağırlıkça su emme değerleri ortalama % 1.15, görünür porozite değerleri ortalama % 3.29, yoğunluk değerleri ortalama  $2.46 \text{ gr/cm}^3$ , elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı değerleri ortalama  $4175 \text{ m/s}$  olarak ölçülmüştür. Dayanım deneyleri sonucu Kalecik travertenlerinin çekme dayanımı değerleri ortalama  $4.5 \text{ MPa}$ , eğilme dayanımı değerleri ortalama  $8.1 \text{ MPa}$  ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri ortalama  $53 \text{ MPa}$  olarak bulunmuştur. Donma-çözülme deneyleri sonrasında Kalecik travertenlerinde % 0.15 ve ıslanma-kuruma deneyleri sonrasında ise % 0.29 kütle kaybı görülmüştür.
12. Yapılan deneyler sonucunda çalışmanın konusunu oluşturan karbonatlı doğal taşların taşıma ve kaplama taşı olarak kullanılabilirlikleri araştırıldığında, Kalecik traverteninin porozite değeri, Bahçecik traverteni ve Yaylapınar oniksinin ise tek eksenli basınç değeri dışında, kayaçların tüm özelliklerinin Türk Standartları'na uygun olduğu belirlenmiştir. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki doğal taşlar, genel anlamda değerlendirildiğinde, gerek rezervleri, gerekse fiziksel ve dayanım özellikleri açısından standartlarda belirtilen değerlere uygun olmaları nedeniyle, Doğu Karadeniz doğal taş ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul, 56 s.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus und Lager-Staettenbildung Im Ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik, Geologische Rundschau 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 96 s.
- 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, Turkey, 224-230.
- Arslan, M., Aslan, Z. ve Şen, C., 1999. Post-collision Granitic Intrusions of Eastern Pontides, NE Turkey: Implications to Pontide Arc Evolution During Tertiary Time In Barbarin, B. (ed.) The Origin of Granites and Related Rocks, 4th Hutton Symposium, September, 124 s.
- Arslan, M., Kolaylı, H., Temizel, İ., Çiftçi, E., Alp, İ., Yılmaz, A.O. ve Er, M. 2005. Petrography, Geochemistry and Formation Conditions of Gümüşhane and Bayburt Area Travertine and Onyx Deposits, NE Turkey, Proceeding of 1st International Symposium on Travertine, September, Denizli, Turkey, 171-176.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, Petrography and Whole-Rock Geochemistry of Tertiary Granitic Intrusion in the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 177-193.
- Atabey, E., 2002. Çatlak Sırt Tipi Laminallı Traverten-Tufa Çökellerinin Oluşumu, Mikroskobik Özellikleri ve Diyajenezi, Kırşehir İç Anadolu, MTA Dergisi, 123-124, 59-65.
- Ayaz, M.E. ve Atalay, Z., 2001. Sivas Tersiyer havzasında gelişen endüstriyel hammaddelerin dağılımları ve genel özellikleri. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 1, 21-39.
- Babacan, A.E., Gelisli, K. ve Ersoy, H., 2008. Ultrasonik Ölçümlerle Kayaçların Jeoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi, The 18th. International Geophysical Congress & Exhibition by Uctea, October, Ankara, 14-17.

- Babacan, A.E., Ersoy, H. and Gelisli, K., 2009. Determination of Physical and Mechanic Properties of Rocks with Direct and Indirect methods: A case study on the beige limestones in the Eastern Pontides, Proceedings of The 21st International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Mayıs, Antalya, Bildiriler Kitabı: 123-130.
- Babacan, A.O., 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.
- 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.
- Başarıır, H., Kumral, M. ve Özsan, A., 2004. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımının basit deney yöntemleriyle tahmini, VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ekim, Sivas, Bildiriler Kitabı: 65-71.
- Baykal, F., 1952. Recherces Geologique Dans la Region de Kelkit-Şiran (NE de Anatolie), İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, 289-304.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Manto Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolit Olgusu, Türkiye Jeoloji Kurumu: Ketin Sempozyumu, Şubat, Ankara, 175-189.
- Bektaş, O., 1986. Doğu Pontid Ark-Ark Gerisi Bölgelerinde Paleostres Dağılımı ve Çok Safhalı Riftleşme, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103-104, 25-39.
- Bektaş, O. ve Çapkinoğlu, Ş., 1997. Doğu Pontid Mağmatik Arkında Neptuniyen Dayklar ve Blok Tektoniği: Mesozoyik Havzaların Kinematığı ile İlgili Bulgular, Yerbilimleri, 30, 451-461.
- Bilgin, M. ve Çakır, E., 1998. Mermer Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, 1.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yeğingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction -and Collision- Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey, 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, Mayıs, İstanbul, Turkey, Bildiriler Kitabı: 121.
- Chafetz, H.S., Folk, R.L., 1984. Travertines: Depositional Morphology and the Bacterially Constructed Constituents, Journal of Sedimentary Research, 54.

- Çavuşoğlu, İ., Yılmaz, A.O., Varlık, R., Özkan, İ. ve Çebi, M., 2006. Doğal Taşın Önemi ve Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Mevcut Durum, Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Eylül, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 67-76.
- Çetin, T., 2003. Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi ve İhracatı, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 3, 243-256.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No. 1034, İstanbul.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane- Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ersoy, H., 2001. Kalecik (Torul-Gümüşhane) Mineralli Sularının Hidrolojisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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, 116-121.
- Ersoy, H., Özdemir, A. ve Yalçınalp, B., 2009. Geology and Geotechnical Properties of Kalecik (Gümüşhane) Travertines, Proceedings of The 21st International Mining Congress and Exhibition of Turkey, May, Antalya, Bildiriler Kitabı: 639-648.
- Ersoy, H., 2011. Gümüşhane-Bayburt Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, K.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 2010.112.005.12.
- Ersoy, H., Yalçınalp, B. ve Arslan, M., 2011. Building Stone Potential of the Eastern Black Sea Region, NE Turkey, Goldschmidt Conference, August, Prague, Czech Republic, 817.
- Ersoy, H. ve Kanik, D., 2012. Multicriteria Decision-Making Analysis Based Methodology for Predicting Carbonate Rocks' Uniaxial Compressive Strength, Earth Science Research Journal, 16, 1, 65-74.
- Farrelly, L., 2011. Mimarlığın Temelleri, Literatür Yayınları, Akademik Temeller Dizisi 01, İstanbul.
- Gattinger, T.E., 1962. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon paftası, MTA, Ankara.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedik, İ., Kırmacı, Z., Çapkınoğlu, Ş., Özer, E. ve Eren, M., 1996. Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi, KTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Dönümü, Trabzon, 654-667.

- Gedikoğlu, A., 1970. Etude Geologique de la Region de Gölköy (Province D'Ordu-Turquie), Phd Thesis, Faculte des Sciences DE l'Universite de Grenoble.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve evre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines of Geotectonic Development in the East Pontids in the Mesozoic era, Geocome-I, 555-580.
- Gökaltun, E., 2004. Atmosferik Gaz ve Asitlerin Doğal Taş Yapı Malzemeleri zerindeki Etkilerinin Deneysel Yöntemler ile Analizi, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent şubesi 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Ekim, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 149-160.
- Gökaltun, E., 2011. The Changes in the Structre of Limestones as a Result of Calcium Sulfate (gypsum stone) Formation Caused by Atmospheric Polluters, World Applied Sciences Journal, 13, 2082-2088.
- Guo, L. ve Riding, R., 1998. Hat-springs Travertine Facies and Sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Sedimentology, Italy, 45, 163-180.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 lekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara.
- Hamilton, W.J., 1842. Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia, London.
- Hoek, E. and Brown, E.T., 1980. Empirical Strength Criterion for Rock Masses, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, London, 106.
- ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM, R.Ulusay and J.A.Hudson (eds.), Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey, 628 p.
- JICA, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gmşhane Area, Phase 1, Japan International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve evresinde Yzeylenen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KT Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 253 s.
- Ketin, İ., 1950. Erzincan ve Aşkale Arasındaki Sahannın (1/100.000'lik 46/4 ve 47/3 Paftalarının) Jeolojisine Ait Memuar, MTA Raporu, 23-35.
- Ketin, İ., 1951. Über die Geologie der Gegend Von Bayburt in Wordost Antatolin, Rev. Fac. Sci. Univ. İstanbul, B 16, 113–122.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, 66, 20-34.



- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Kocaman, F., 2006. Doğal Taş Sektörü ve Pazarlama Stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) Arası Jura-Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Adayayı Granitoidlerinin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111-120.
- Love, K.M. and Chafetz, H.S., 1988. Diagenesis of Laminated Travertine Crusts, Arbuckle Mountains, Oklahoma, Journal of Sedimentary Petrology, 58, 441-445.
- Meredith, J.C., 1980. Diagenesis of Holocene-Pleistocene Travertine Deposits, Fritz Creak, Clark County and Fall Creek, Master's Thesis, Bonneville County, Idaho University, Houston, 263.
- Onargan, T., Köse, H. ve Deliormanlı, A. 2005. "Mermer", TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, No:95, ISBN 975 395 847-1, İzmir.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., 1971. Paläontologie und Geologie des Gebietes Östlich Trabzon (Anatolien), Gieben, Geol. Schrift., Gieben, 1.
- Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yerbilimleri Dergisi, Trabzon, 65-114.
- RILEM, 1980. Recommended Tests to Measure the Deterioration of Stone and to Assess the Effectiveness of Treatment Methods, Materials and Structures, 13, 75, 175-253.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Mineral Bölgesi'nin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütaalalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Şahin, S.Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey, Earth Planets Space, 56, 429-446.
- Şarman, E., 1975. İsrail ve Eseli Güneyindeki G41b1, b2, b3, b4, G42 a1, a4 Paftalarına Ait Sahanın 1/10.000 Ölçekli Jeolojik Etüd Raporu, MTA Maden Etüd Rapor No: 1259, Ankara.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in The Eastern Pontides: Is It Rift Related or Subduction Related, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.

- Tekin, E., Ayyıldız, T., Turan, C. ve Öner A., 1999. Bakteriyal Kökenli Güncel Pizoyid Oluşumları, Electron Microscopy, 14. Ulusal Elektron Mikroskopi Kongresi, Ekim, Bursa.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Tokel, S., 1974. Stratigraphical Anol Volcanic History of the Gümüşhane Area, NE. Turkey.
- Tokel, S., 1983. Distribution of the Lias Volcanites in North Anatolia and Importance, as was Revealed by the Evolution of North Tethys Island-arc System, Geological Congress of Turkey, Ankara, 42-43.
- Tonçer, M., 2005. Diyarbakır Hani Yöresindeki Mermer Ocaklarının Blok Alma Olanakları, Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
- Topuz, G., Eyüboğlu, Y. ve Dokuz, A., 2002. Petrology and Age of the Saraycık Granodiorite, Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: Preliminary results, 1st International Symposium of Istanbul Technical University the Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering, May, İstanbul, Turkey, 120.
- T.S.E. 1987. Tabii Yapıtaşlarının Muayene ve Deney Metotları, TS 699, UDK 6912, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutuş, M. ve Kılıç, A.M., 2007. Çukurova Yöresinde Bulunan Bazı Mermerlere Ait Fiziko-Mekanik Özelliklerin İstatistiksel Analizi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 17-8.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, 1, 72.
- URL-1, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Taslar>. 13 Mart 2015.
- URL-2, <http://ahika.gov.tr/assets/ilgilidosyalar/Kirsehir-Dogal-Tas-Sektor-Analizi-ve-Yatirim-Imkanlari-Raporu.pdf>. 18 Mart 2015.
- URL-3, <http://www.ekonomi.gov.tr/portal/ShowProperty?nodeId=%2FUCM%2FEK-159087>. 25 Ocak 2015.
- URL-4, <http://www.immib.org.tr/tr/birliklerimiz-istanbul-maden-ihracatcilar-birligi-maden-sektoru-ihracatinin-degerlendirilmesi.html>. 23 Mart 2015.
- URL-5, <http://www.yerbilimleri.com/turkiyenin-neotektonigi>. 16 Şubat 2015.
- URL-6, [http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye\\_maden/maden\\_yataklari/b\\_h/mermer.jpg](http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/turkiye_maden/maden_yataklari/b_h/mermer.jpg). 17 Mart 2015.

- Yalçınlar, İ., 1952. İspir-Pazar-Arhavi ve Yusufeli Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rapor No: 2022, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora tezi, London University, 260 p.
- Yılmaz, Y., 1974. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, TJK Yayını, Ankara, 485-490.
- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical Study of The Gümüşhane Granite, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Mecmuası Seri B, 39, 3-4, 173-203.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935– 956.
- 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, s.14.
- Yılmaz, C., Kandemir, R., Kılıç, N. ve Şen, C., 2003. Doğu Pontid-Doğu Torid Etkileşiminin Geç Kretase'deki Çökel Kayıtları, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20. Yıl Özel Sayısı, 7, 2, 73-82, Isparta.
- Yılmaz, H. ve Safel, R., 2004. Mermer Sektörü, Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği, Sektör Araştırmaları Serisi.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, NE Anatolien, Geol. Rdsch., 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische, Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, Heft 109, 61-91.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Gözde ÇETİNER, 1989 yılında Aksaray'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda, Kılıçaslan Ortaokulu'nda ve Aksaray Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başladı. Yazar iyi derecede İngilizce bilmektedir.