

Bahçecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Jeolojik Ve Jeoteknik Özellikleri

Geological And Geotechnical Properties Of Bahçecik Travertine (Gümüşhane)

Bülent YALÇINALP, Hakan ERSOY, Arzu FIRAT ERSOY, Canan KEKE

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

Makale Geliş Tarihi: 5 Ekim 2007, Kabul Tarihi : 5 Ocak 2008

Received: 5 October 2007, Accepted 5 January 2008

Öz

Doğu Karadeniz Bölümü'nde özellikle Bayburt, Gümüşhane ve Şiran çevresinde önemli traverten oluşumları bulunmaktadır. Bölgede son 10 yılda gözle görülebilir şekilde doğal taş üretimi artmış, bu rakam 2003 yılı itibariyle 450 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. Travertenler genel olarak Kuzey Anadolu Fayına (KAF) dik yönde gelişmiş KD-GB yönlü ana kırık sistemleriyle ilişkilidir. Bu çalışmada, günümüzde işletilen ve Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki en büyük traverten yatağı olan Bahçecik traverteninin oluşum koşulları ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Bahçecik travertenleri, 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. Az eğimli topoğrafyada, yüzeye çıkan kalsiyum bikarbonatlı sular eğim aşağı akarken geniş yayılımlar gösteren teras veya setler şeklinde morfolojik yapılar oluşturmuştur. Morfolojik özelliklerine ve oluşum koşullarına göre teras tipi traverten olarak tanımlanan Bahçecik travertenin rezervi yaklaşık 400000 m^3 'dür.

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı belirlemede, gerek örneklerin deneye hazır hale getirilmesi gerekse deneyin zaman alıcı olması nedeniyle, Bahçecik travertenlerine ait örneklerinin dayanım özellikleri ile indeks özellikleri arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığı test edilmiştir. Sonuç olarak tek eksenli basınç direnciyle boyuna dalga hızları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeolojik ve jeoteknik özellikler, Bahçecik traverteni

Abstract

There are important travertine deposits in the eastern Black Sea Region, especially in Bayburt, Gümüşhane and Şiran. In the region, production of natural stones has been increased in the last decade and production of travertine reached to 450 millions tons in 2003. Traverten formations are controlled with NE-SW directed fault systems crosscutting NAF. In this study, physico-mechanical properties and formation condition of Bahçecik travertine as the biggest travertine deposit in the region were determined.

Bahçecik travertine was formed with carbonic acid-rich water percolated through rocks in limestone, the water dissolved the Berdiga limestones and becomes saturated with it. When the water resurfaced related with vertical faults, the sudden drop in pressure caused the water to release the carbon dioxide gas and the calcium carbonate then recrystallized. Widely outcropping terraced-mount type travertine

was formed by saturated water resurfaced on the low slopes topographical surface. Considering to its morphological properties and formation condition, reserve of terraced-mount type Bahçecik travertine is about 400000 m³.

Determination of uniaxial compressive strength of intact rocks can be quite difficult owing to time consuming and expensive to prepare specimens and to conduct this test. Thus, if there is a linear correlation between strength and index properties of travertine samples is tested. As a result of this study, it is concluded that there is a linear correlation between uniaxial compressive strength and sonic velocity test results.

Key words: *Properties of geotechnical and geological, Bahçecik travertine*

GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi, jeolojik yapısı nedeniyle sınırlı sayıda mermer ve doğal taş çeşitliliğine sahiptir. Daha çok bölgenin güney kesimlerinde önemli yatak ve rezervler mevcuttur. Bölgede özellikle Bayburt, Gümüşhane ve Şiran çevresinde önemli traverten ve oniks oluşumları bulunmaktadır. Bölgenin kuzey kesimlerinde ise daha küçük oluşumlar görülmektedir (Arslan vd., 2005; Alp vd., 2005, Çavuşoğlu vd., 2006). Bölgede 10 adet traverten ocağı yaklaşık 600000 m³ işletilebilir rezerve sahiptir.

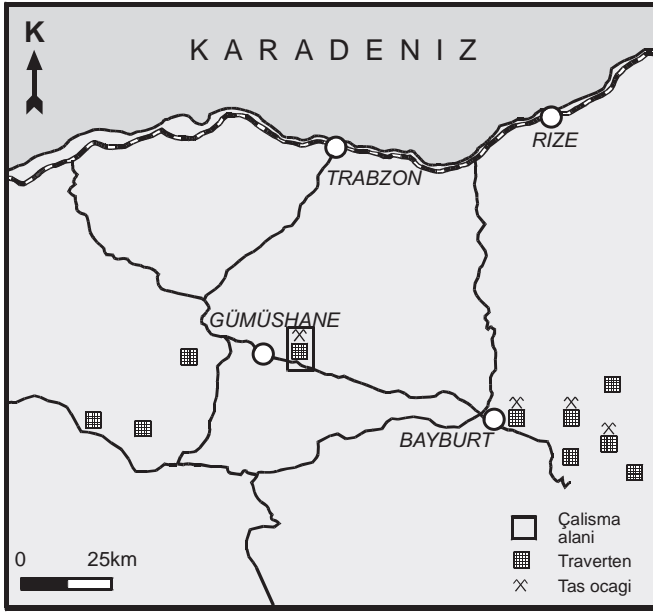
Travertenler, yağışla yeraltına süzülen ve karbonik asitçe zenginleşen suların karbonatlı kayaları çözmesi, bunu takiben kalsiyum karbonat veya kalsiyum bikarbonat içeriği artan suların bünyelerindeki karbondioksit gazını bırakarak ortama CaCO₃ çökeltmesi sonucunda oluşan genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıları kayalardır. Kalsitik tufa, kalk tufa, sinter kabuk, bitki tufası gibi adlarla bilinirler (Atabey, 2002). Tufa ile traverten birbirinden farklı kılan fiziksel ve dokusal özellikler bulunmaktadır. Tufa, gözenekli, süngerimsi, odunsu dokulu soğuk su karbonat birikimlerini olarak tanımlanırken, traverten iyi taşlaşmış spari kalsit dokulu, diyajenetik eski kalkerli tufa çökeli olarak tanımlanabilir (Pedley, 1990)

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. Başarır vd. (2004), Alp vd. (2005), Singh vd. (2007) yapmış oldukları çalışmalarda kayaların fiziksel ve indeks özelliklerini, dayanım özellikleriyle ilişkilendirmişler genel olarak karbonat bileşimli kayaların dayanım özelliklerinin indeks özellikleriyle doğrusal ilişki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki toplam 10 adet traverten yatağının işletilebilir rezervi yaklaşık 600000 m³'dür. Bahçecik travertenleri (Gümüşhane) ise 400000 m³ rezervle bölgedeki en büyük traverten sahasıdır (Şekil 1). Bölgedeki toplam traverten rezervinin yarısından fazlasına sahip olduğu için, bu çalışmada Bahçecik travertenlerinin (Gümüşhane) oluşum ortamı, kökeni araştırılmış, travertenlerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiş, deney sonuçlarından yararlanılarak indeks ve dayanım özellikleri arasında doğrusal bir ilişkinin olup olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki travertenler sahaları ve çalışma alanının konumu
Figure 1. Travertine deposits in the eastern Black Sea Region and location of study area

GENELJEOLJİ

Çalışma alanı ve çevresinde Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu, Kuvaterner yaşlı travertenler ve alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 2 ve 3)

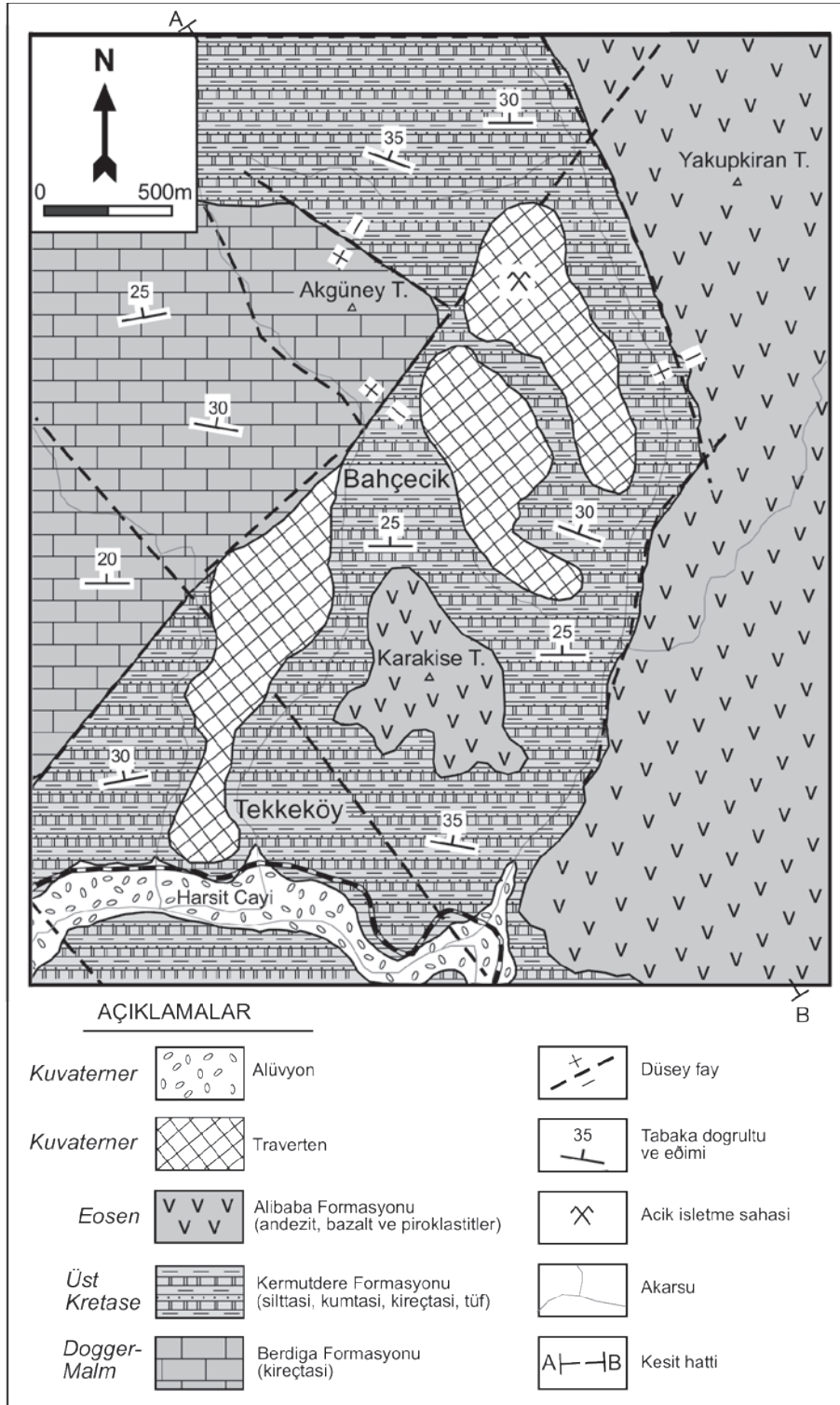
Pelin (1977) tarafından tanımlanan Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu Akgüney Tepesi çevresinde geniş yayılımlar göstermekte ve dolomitik kireçtaşı ve kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim, yanal ve düşey yönde değişik litofasiyesler sunan platform karbonatlarından oluşmaktadır. Genel olarak gri, grimsi beyaz renklerde olup, yoğun çatlaklı, masif olması (yer yer tabakalı) ve sarp kayalıklar şeklinde gözlenmesi ile çevre birimlerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Tokel (1972) tarafından tanımlanan Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu, Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Çalışma alanında özellikle Bahçecik ve Tekkeköy çevresinde geniş yayılımlar gösteren birimin en alt kesiminde kumtaşları ve kumlu kireçtaşları bulunmaktadır. Çoğunlukla kırılğan bir yapı gösteren ve koyu gri, gri renkli kumtaşları ve kireçtaşları üst

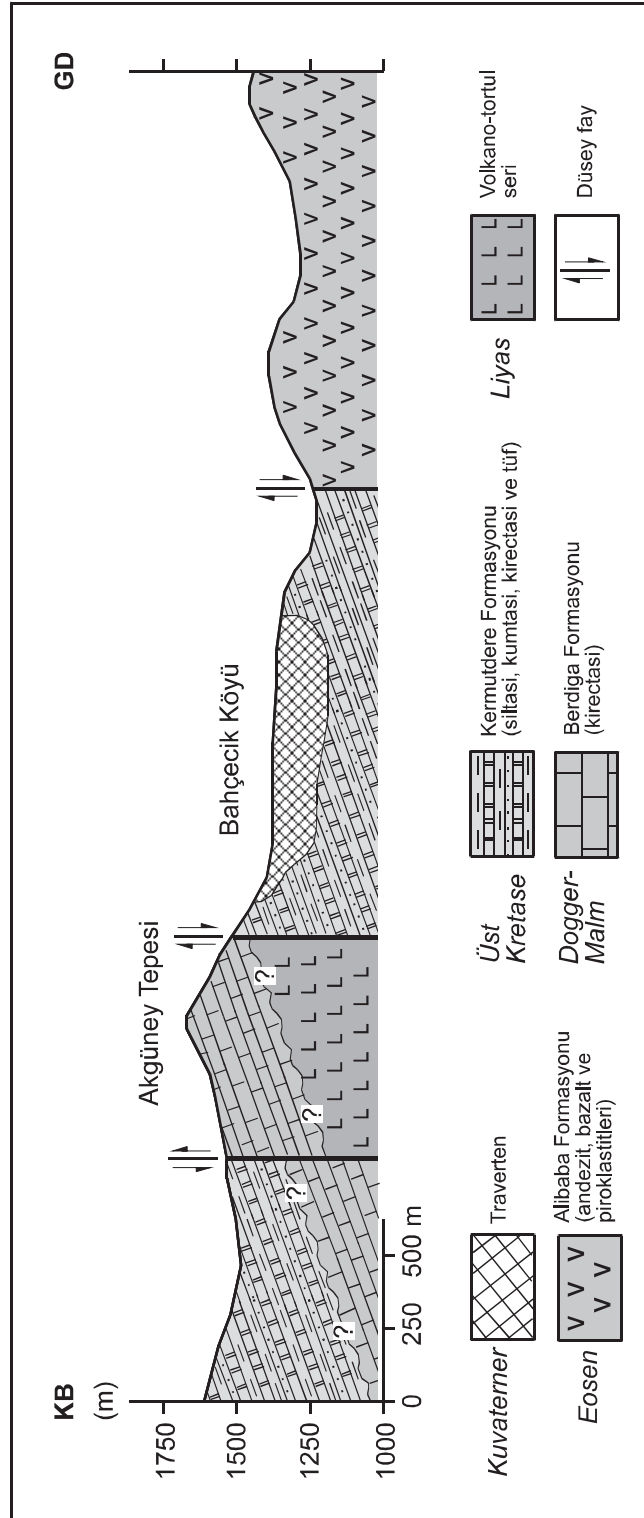
kesimlere doğru daha açık renkli silttaşları ve killi kireçtaşlarına geçmektedir. Açık gri, bej renkli siltli kireçtaşları ile silttaşları ardışıklı bulunmaktadır. Bu kayalar, formasyonun taban kesiminde bulunan kayalara nazaran daha kırılğan özelliktedir. Bunlar üzerine kırmızı renkli kireçtaşları ara seviyeler halinde gelmektedir.

Tokel (1972) tarafından tanımlanan Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Yakupkıran Tepesi'nin güney kesimlerinde geniş yayılımlar gösteren birim, bazalt, andezit ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Birim içindeki tüfler volkanik breşlerle ardalı olarak bulunmaktadır. Formasyon volkano-tortul birimlerden sonra kuzeye doğru andezitlere ve tüfit ara katkılı piroklastitlere geçiş göstermektedir.

İnceleme alanında, birçok alanda gerek oluşumu sona ermiş, gerekse de güncel oluşumu devam eden travertenler bulunmaktadır. Bahçecik çevresinde (Şekil 3a) geniş yayılımlar sunan beyazımsı gri renkli, nispeten az boşluklu ve sert bir yapı gösteren travertenlerin kalınlıkları 8-10 metre arasındadır (Arslan vd., 2005).



Şekil 2. Çalışma alanına ait jeoloji haritası (Güven, 1993'den değiştirilerek)
Figure 2. General geological map of study area (Modified from Güven, 1993)



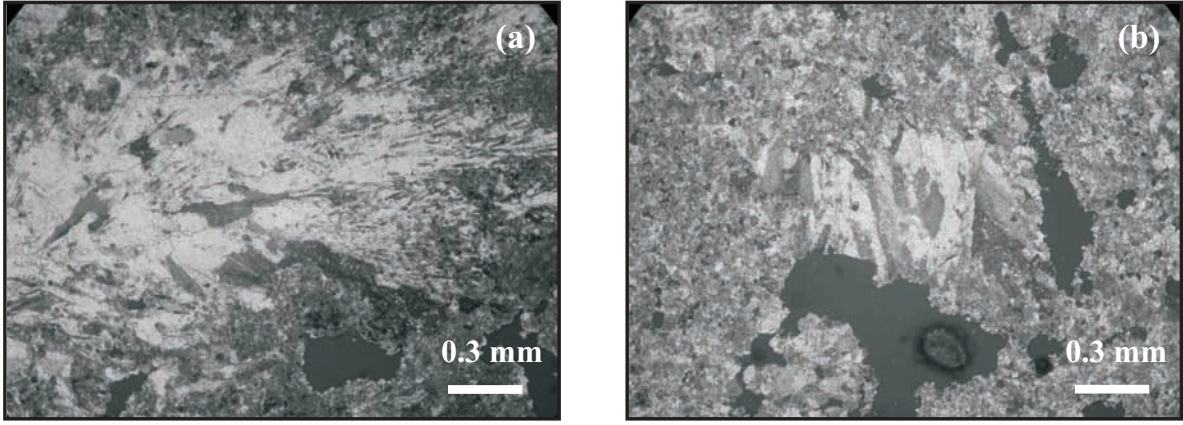
Şekil 3. Çalışma alanına ait jeolojik kesit
Figure 3. Geological cross section of study area

PETROGRAFİK ÖZELLİKLER

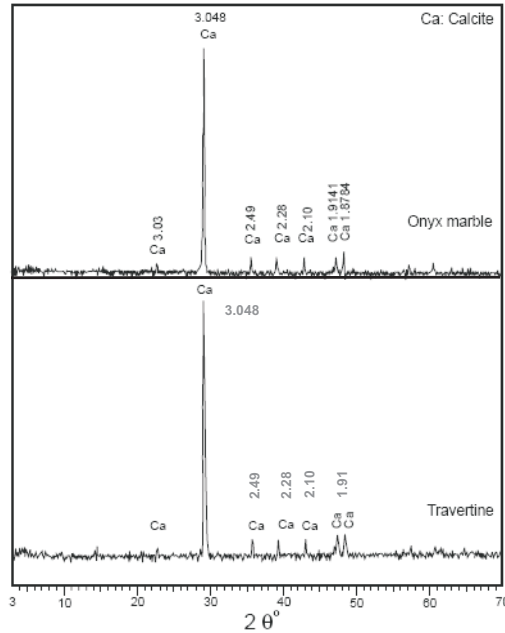
Çalışmada travertenlerin petrografik özelliklerini belirlemek için örneklere ait ince kesitler James Swift (Model MP3500MBL) marka polarize mikroskopta incelenmiş, XRD incelemeleri Rigaku marka DMAX IIIC model X ışınları difraktometreleri kullanılarak yapılmıştır. İncelemeler sonucunda, kayacın büyük çoğunluğunun kalsit kristallerinden oluştuğu ve

buna az oranda aragonitin eşlik ettiği görülmüştür. Kuvars ve kil mineralleri ise çok az miktarda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra yer yer fosil veya bitki izlerine de rastlanılmıştır (Şekil 4). Kalsitler tek nikolde röliyef pleokroizması ve dilinimleriyle tipiktir.

Traverten örneklerine ait XRD incelemeleri sonuçları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Travertenlerin polarizon mikroskoptaki görünüşleri (a: tek nikol, b: çapraz nikol)
Figure 4. Microphotos of travertine samples (a: plane polarized light, b: cross polarized light)

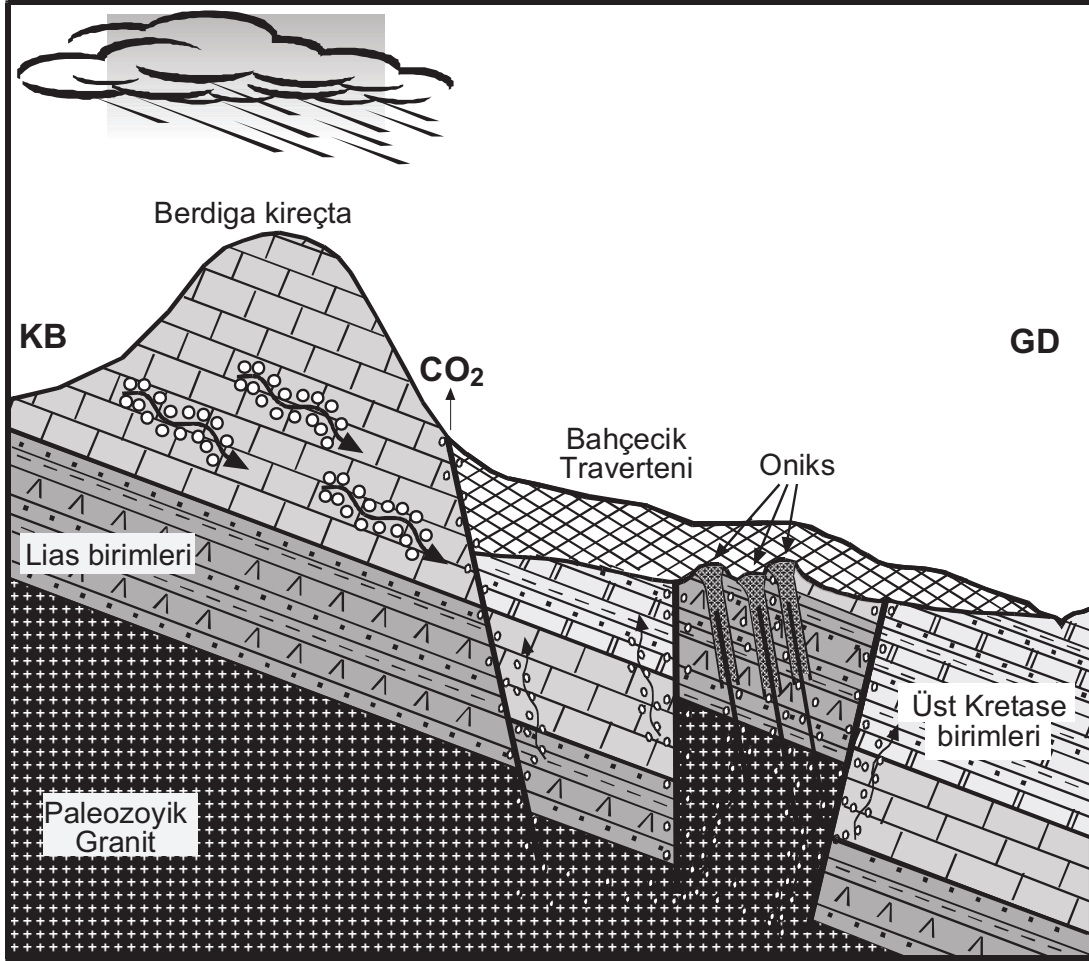


Şekil 5. Travertenlere ait XRD incelemeleri sonuçları (Arslan vd., 2005)
Figure 5. XRD patterns of travertine

MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Traverten yataklarında gözlenen morfolojik yapılar, teras (set) tipi travertenler, sırt (semer) tipi travertenler, dom (koni) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, damar tipi travertenler, fay önü travertenleri, kanal tipi travertenler ve mağara travertenleri (damlataşlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayrılırlar (Ayaz, 2002). Bahçecik traverteni ise yağışla yeraltına süzülen suların karbonik asitçe zenginleşmesi, yüksek falezler şeklinde yüzeylenme veren Bergida Formasyonu'na ait kireçtaşlarını

çözmesi ve bu çözeltilerin faylara bağlı olarak yüzeye çıkmasıyla beraber bünyelerindeki karbondioksit gazını bırakarak ortama kalsiyum karbonat çökeltmesi sonucunda oluşmuşlardır. Bahçecik travertenleri başlangıçta, az eğimli bir topoğrafya üzerinde akan suların, tabandaki çakıl veya blok birikintileri ile kaya çıkıntıları ya da akışa dik eksenli küçük tümseklerle karşılaşması sonucunda çökelen teras tipi travertenlerdir. Bahçecik travertenlerinin oluşumunu gösteren blok diyagram Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Çalışma alanındaki travertenlerin oluşum mekanizmasını gösteren blok diyagram (Arslan vd., 2005'den değiştirilerek)
Figure 6. Schematic model showing formation condition of Bahçecik travertine in the study area (Modified from Arslan et al., 2005)

JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

Kayacın dokusu ve tane özelliği ile ilgili olarak kayaç malzemesini tanımlamaya yönelik özellikler, fiziksel özellikler olarak bilinmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2002). Bu çalışmada, travertenlerden alınan karot örneklerinin doğal su içeriği, yoğunluk, birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, ağırlıkça su emme, Schmidt çekici geri tepme sayısı gibi fiziksel ve indeks özellikleri belirlenmiştir. Deneylerde ISRM

(1981), ASTM (1992a ve b; 1994), CANMET (1997a ve b), TSE (1975, 1987 ve 1990) ve RILEM (1980) önerilen standartlardan yararlanılmıştır.

Bunun yanı sıra karot örnekleri üzerinde sonik hız ve tek eksenli basınç deneyleri ISRM (1981) standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 1, 2 ve 3'te sunulmuştur.

Çizelge 1. Bahçecik travertenlerinin fiziksel özellikleri
Table 1. Physical properties of Bahçecik travertine

Örnek No	Porozite $n=V_b/V$ (%)	Boşluk Oranı $e=n/(100-n)$ (%)	Ağırlıkça Su Emme $A_w=((w_d-w_k)/w_k)*100$ (%)	Birim Hacim Ağırlık $\gamma = 9.81 \times r$ (KN/m ³)	Su İçeriği $w=(w-w_k)/w_k$ (%)
P-1	2,93	3,02	1,21	23,95	0,29
P-2	3,65	3,79	1,56	23,06	0,28
P-3	3,63	3,77	1,60	22,32	0,13
P-4	3,33	3,45	1,41	23,27	0,26
P-5	4,04	4,21	1,78	22,38	0,15
P-6	3,16	3,27	1,33	23,37	0,29
P-7	5,93	6,31	2,78	21,00	0,16
P-8	4,33	4,53	1,89	22,53	0,32
P-9	4,29	4,49	1,88	22,52	0,26
P-10	5,32	5,63	2,35	22,25	0,22
P-11	3,69	3,83	1,54	23,66	0,33
P-12	3,64	3,78	1,57	22,77	0,17
P-13	4,34	4,54	1,84	23,23	0,32
P-14	4,89	5,15	2,13	22,60	0,28
Ortalama değer	4,09	4,3	1,78	22,778	0,247
D-1	4,407	4,6	1,88	22,88	0,29
D-2	4,603	4,8	1,99	26,32	0,21
D-3	3,601	3,7	1,51	20,42	0,14
D-4	4,537	4,8	1,96	23,68	0,14
D-5	4,877	5,1	2,10	22,72	3,48
D-6	5,720	6,1	2,47	23,63	0,15
D-7	3,943	4,1	1,77	21,93	0,17
Ortalama değer	4,53	4,7	1,95	23,08	0,66

Not: P nolu örnekler su akış çizgisine paralel, D nolu örnekler ise dik doğrultuda alınmıştır.

Çizelge 2. Traverten örneklerine ait tek eksenli basınç direnci değerleri
Table 2. Uniaxial compressive strength of Bahçecik travertine samples

Örnek No	Tek eksenli basınç direnci (kg/cm ²)	Örnek No	Tek eksenli basınç direnci (kg/cm ²)
P -2	438,10	D -1	277,63
P -3	247,07	D -2	249,61
P -4	379,52	D -3	323,48
P -5	374,42	D -4	257,25
P -6	355,27	D -5	170,65
P -8	362,35	D -6	281,50
P -10	376,97	D -7	224,14
P -11	399,23		
P -12	374,42		
Ortalama	367,48	Ortalama	254,89

Ayrışmamış yüzeyler için ortalama Schmidt geri tepme Sayısı 54, ayrıışmış yüzeyler için 47'dir.

Not: P nolu örnekler su akış çizgisine paralel, D nolu örnekler ise dik doğrultuda alınmıştır.

Çizelge 3. Traverten örneklerine ait sonik hız değerleri
Table 3. Sonic velocity values of travertine samples

Karot No	Vp (kuru) (m/sn)	Vp (doygun) (m/sn)	Karot No	Vp (kuru) (m/sn)	Vp (doygun) (m/sn)
P -1	4597	5286	D -1	4749	5263
P -2	4693	5263	D -2	4220	4980
P -3	4100	5098	D -3	4942	4910
P -4	4710	5394	D -4	4193	4980
P -5	4304	5019	D -5	4448	5208
P -6	4529	5416	D -6	4304	5000
P -7	4452	5058	D -7	4237	5060
P -8	4676	5200			
P -9	4780	5263			
P -10	4529	5220			
P -11	4832	5349			
P -12	4498	5138			
P -13	4580	5172			
P -14	4642	5284			
Ortalama	4566	5226	Ortalama	4442	5057

Not: P nolu örnekler su akış çizgisine paralel, D nolu örnekler ise dik doğrultuda alınmıştır.

Doğal taşların kullanım alanlarının ve kullanım alanına göre uygun olup olmadıklarının belirlenmesinde bozunma durumlarının bilinmesi yapı ve kaplama taşı olarak kullanımlarında önemli rol oynamaktadır. Kayaçların dayanımın tahmin edilmesi ve kayaçların bozunma derecesinin belirlenmesi amacıyla Schmidt çekici geri tepme sayısından yararlanılmaktadır. Bozunma indeksi Gökçeoğlu (1997) tarafından önerilen aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$W_c = R_f / R_w \quad (1)$$

Burada, R_f : taze yüzeyin Schmidt geri tepme sayısı, R_w : bozunma sınıflaması yapılan süreksizlik yüzeyinin Schmidt geri tepme sayısıdır.

Bu formüle göre travertenlerin bozunma indeksi 1.149 olarak hesaplanmıştır. Bu değere göre Bahçecik travertenleri, ISRM (1981)

tanımlama ölçütlerine göre "çok az bozunmuş-bozunmamış kayaç" sınıfında yer almaktadır.

Çalışmada fiziko-mekanik deneyler sonucunda elde edilen verilerle sismik hızlar arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı test edilmiştir (Şekil 7). Örneklerin tek eksenli basınç dirençleriyle sonik hızları arasında anlamlı doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Buna karşın sonik hızlarla fiziksel özellikler arasında bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

Tek eksenli basınç direnci-sonik hız verilerine ait regresyon eşitlikleri ve regresyon katsayısı değerleri aşağıda verilmiştir.

Su akış çizgisine dik alınan örnekler için:

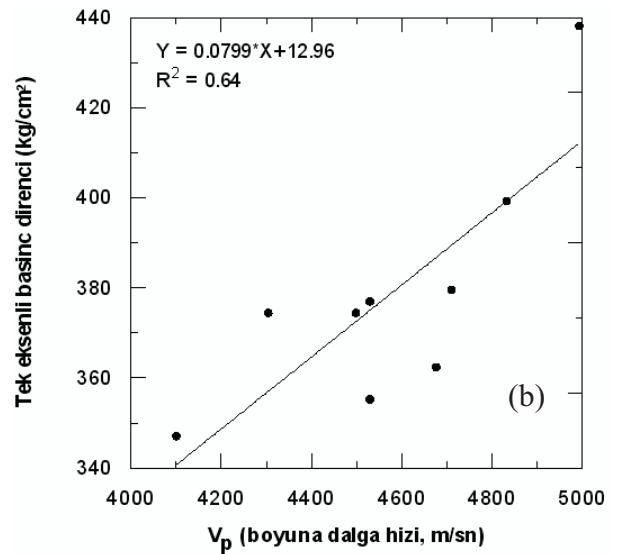
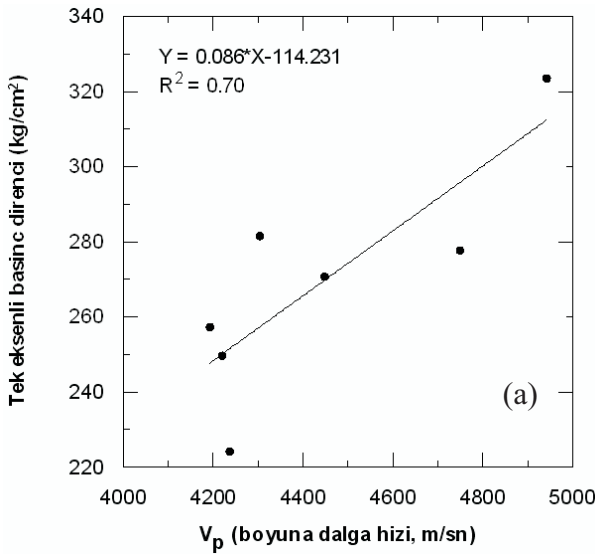
$$Y = 0.086 X - 114.231$$

$$R^2 = 0.70 \text{ ve } R = 0.84$$

Su akış çizgisine paralel alınan örnekler için:

$$Y = 0.0799 X + 12.96$$

$$R^2 = 0.64 \text{ ve } R = 0.80$$



Şekil 7. Traverten örneklerine ait sonik hız değerleriyle tek eksenli basınç direnci değerleri arasındaki lineer ilişki (a: su akım yönüne dik alınan örnekler, b: su akım yönüne paralel alınan örnekler)

Figure 7. Linear correlation between uniaxial compressive strength and sonic velocity test results (a: samples with perpendicular to water flow direction, b: samples with water flow direction)