



Orijinal Araştırma / Original Research

TRAVERTENLERDE KAPİLER SU EMMENİN TANIMLANMASI VE SINIFLANDIRILMASI

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF CAPILLARY WATER ABSORPTION FOR TRAVERTINES

İbrahim Çobanoğlu^{a,*}, Sefer Beran Çelik^{a,**}

^a Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, TÜRKİYE

Geliş Tarihi / Received : 22 Mayıs / May 2018

Kabul Tarihi / Accepted : 22 Ağustos / August 2018

Anahtar Sözcükler:

Kapilarite,
Su emme,
Doğal yapıtaşı,
Traverten.

Keywords:

Capillarity,
Water absorption,
Natural building stone,
Travertine.

ÖZ

Kapilarite kavramı özellikle atmosferik koşullar sayesinde nemden etkilenebilecek doğal yapıtaşları için önem taşımaktadır. Travertenler için kapiler su emme değeri hem iç ve hem de dış mekan kullanımlarda önem taşıyan bir parametre olarak deneysel olarak belirlenmektedir. Bu anlamda doğal olarak gözenekli bir yapıya sahip olan travertenler karbonatlı diğer doğaltaşlara göre suya daha hassas doğal malzemelerdir. Suyu temas halinde yüksek kapiler su emme potansiyeline sahip doğaltaşlar atmosferik koşullardan daha fazla etkilenmektedirler. Genel su emme kavramı ele alındığında, hem ağırlıkça su emme ve hacimce su emme ve hem de kapiler yolla su emme parametrelerinin birbirleriyle yakın ilişkide olabilecekleri düşünülmektedir. Bu parametre ayrıca CE belgelendirmeleri kapsamında hem Avrupa ülkelerinde ve hem de bu ülkelere ihraç yapan ülkelerde, belgelendirmeye esas testler içinde yer almaktadır. Bu amaçla Avrupa normundan uyarlanan TS EN 1925 deney standardı 2000 yılından beri ülkemizde de kullanılmaktadır. Bu çalışma, kapiler su emmenin gözenekli bir doğal yapıtaşı olan travertenler üzerinde elde edilmiş sonuçlarını içermektedir. Elde edilen veriler kullanılarak travertenler için geçerli olabilecek 4 kategoriden oluşan bir kapiler su emme sınıflaması da bu çalışma kapsamında önerilmiştir.

ABSTRACT

The concept of capillarity is particularly important for natural building stones that can be influenced by moisture, especially through atmospheric conditions. For travertine natural stones, the values of water absorption are determined empirically as an important parameter for both indoor and outdoor use. Travertines, which have a naturally porous structure, are more sensitive natural materials than the other natural carbonate stones. Natural stones with high capillary water absorption potential in contact with water are more affected than atmospheric conditions. When the concept of general water absorption is considered, it is considered that both the absorption by weight and by volume as well as the capillary water absorption parameters may be relate to each other. This parameter is also included in the tests to be documented in CE certifications both in European countries and in countries exported to these countries. For this purpose, the TS EN 1925 test standard, adapted from the European norm, has been used in our country since 2000. This study describes the results of capillary water absorption of a porous natural building stone travertine. A capillary water sorption classification consisting of 4 categories, which may be valid for travertines using the obtained data, is also proposed in this study.

* Sorumlu yazar: icobanoglu@pau.edu.tr * <https://orcid.org/0000-0002-2747-6397>

** scelik@pau.edu.tr ** <https://orcid.org/0000-0003-1850-5229>

Bu bildiri 2017 yılında düzenlenen Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı'nda yayınlanmıştır. / This paper was published in the 9th International Marble and Natural Stones Congress of Turkey held in 2017.

Bu makalenin tüm yayın hakları TMMOB Maden Mühendisleri Odası'na aittir © 2018 / Copyright © 2018 Published by UCTEA Chamber of Mining Engineers of Turkey. All rights reserved.

GİRİŞ

Kapiler su emme deneyi, CE belgelendirmeleri kapsamında hem Avrupa ülkelerinde ve hem de bu ülkelere ihraç yapan ülkelerde, belgelendirmeye esas testler içinde yer alan bir deneydir. Avrupa normundan uyarlanan TS EN 1925 deney standardı 2000 yılından beri Türkiye’de de kullanılmaktadır. Deney, sabit kütleye gelinceye kadar kurutulan örneklerin bir yüzeyinin 3 ± 1 mm su içine daldırılarak su emdirilmesi ve kütledeki artışın zamanın fonksiyonu olarak ölçülmesi ilkesine dayanır. Deney ile elde edilen kapiler su emme katsayısı $g/m^2.s^{0.5}$ birimi ile ifade edilecek şekilde sunulur. Bu çalışmada, deney uygulamalarında karşılaşılan zorluklar ele alınarak traverten üzerindeki uygulama sonuçları değerlendirilmiştir. Doğaltaşlar için öngörülen TS EN 1925 deney standardı gerçekte kendi içinde açıklığa kavuşturulması gereken bir kısım hususlara ihtiyaç duymaktadır. TS EN 1925 standardında; (i) “Yüksek emiş” ve “Düşük emiş” kavramları ile ilgili açıklık bulunmamaktadır. (ii) Deney süresinin hangi tür kayaçlar için ve ne şekilde belirleneceği belirtilmemiştir. (iii) Elde edilen ve $g/m^2.s^{0.5}$ birimi ile ifade edilen parametrenin neyi ifade ettiği tanımlanmamıştır. (iv) Bu anlamda deney, hem yapılması uzun süre alan ve hem de değerlendirilmesi belirsizlikler içeren bir deney halinde uygulama bulmaktadır. Bunun yerine, yine bu deney kadar önem taşıyan ağırlıkça su emme deneyi ile korelasyonu olan bir ifadenin tanımlanması ve kullanıma sunulması uygulamalar açısından da büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu çalışma, yukarıda adı geçen hususları ele alarak kapiler su emmenin gözenekli bir doğal yapıtaşı olan travertenler üzerinde elde edilmiş sonuçlarını içermektedir. Bu amaçla bir traverten şehri olan Denizli ilinde yer alan traverten doğal yapıtaşları kullanılarak elde edilmiş su emme değerleri yorumlanmıştır.

Literatürde, kapiler su emme çalışmalarının büyük çoğunluğunun betonlar ve sıva malzemeleri üzerinde yapılmış olduğu görülmektedir (Hall, 1981; Reinhardt ve Jooss, 1998; Turk vd, 2007; Arslan, 2001; Camoes vd, 2003; Lanzon ve Garcia-Ruiz, 2009). Doğaltaşlar üzerinde kapiler su emmenin incelendiği çeşitli çalışmalar da bulunmaktadır (Kırgız vd, 2003).

1. MALZEME VE METOT

Travertenler, karstik veya sıcak su kaynaklarının çevresinde, küçük nehirler ve bataklıklarda aynı zamanda bir kırık boyunca yeryüzüne çıkan karbonatlı sular ile oluşmuş, ince tabakalı ve laminalı karbonat çökelleridir (Atabey, 2003). Bünyelerindeki boşluklardan dolayı ses ve ısıya karşı izolasyon özelliği, nefes alabilen, ışığı emebilen ve hafif bir doğal malzeme olması, insan sağlığına zararlı herhangi bir madde içermemesi ve ekonomik olması bu taşı değerli yapıtaşlarından biri haline getirmektedir. Bu olumlu özelliklerine karşın, yüksek gözenekliliğe sahip olmaları, $CaCO_3$ bakımından zengin olmaları, kimyasal ve fiziksel ayrışma koşullarında dirençlerinin düşük olmasına neden olmaktadır. Denizli havzası, doğal taş ve özellikle de traverten açısından ülkemizin en önemli bölgesidir. 1980’li yılların başında sadece birkaç ocak işletmesine sahip olan Denizli, günümüzde 50’yi aşan sayıda ocak ve çok sayıda fabrika ile traverten üretimi ve pazarlanmasında dünyada da önemli bir yere sahiptir. Bölgede yer alan antik traverten ocakları, geçmişte antik şehirlerde (Hierapolis, Laodikeia, Tripolis) bile bu taşın kullanıldığını göstermektedir. Denizli havzası traverten üretimi açısından zengin bir potansiyele sahip olmasından ötürü dünyada da önemli bir yere sahiptir. Yenice, Gölemezli, Karahayıt, Pamukkale, Ballık, Yeniköy, Irlıganlı, Kocabaş, Aşağı Dağdere, Emirazizli, Ovacık ve Karateke bölgeleri belli başlı traverten üretim sahalarıdır (Şekil 1).



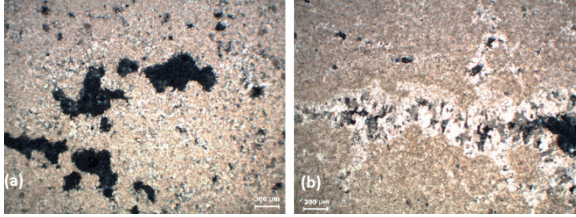
Şekil 1. Örneklemeye yapılan Kaklık bölgesi traverten havzasının genel görünümü.

1.1. Petrografik Özellikler

Yapılan ince kesit incelemeleri, travertenlerin mikrit ve mikrosparit çimentolu olduğunu ortaya

koymuştur. Boşluklu yapı kayaç genelinde hakim olup bir çoğu bağlantısız boşluklar şeklindedir.

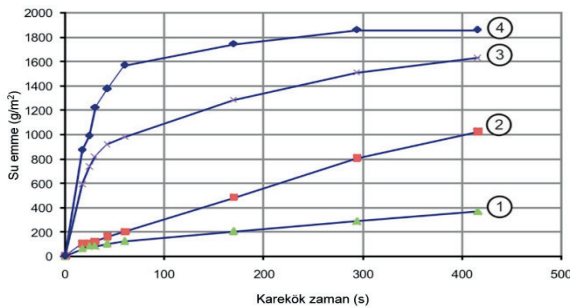
Boşlukların içinde bazen hiçbir mineral gelişimi görülmezken (Şekil 2a) bazen de ikincil olarak gelişmiş ışınal kalsit minerallerinin olduğu görülmektedir (Şekil 2b). Boşlukların kalsit mineralleri ile doldurulduğu durumda kayaçta boşluklu yapının azaldığı belirlenmiştir. Boşluk geometrileri çoğu kez düzensizdir.



Şekil 2. Traverten örneklerine ait ince kesit fotoğrafları: Mikrosparit çimento ve içi boş gözeneklilik (a), boşluklarda ikincil kalsit oluşumları (b).

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Kapiler su emme deneyi ile ilgili standart (TS EN 1925, 2000) kenar uzunluğu 70 ± 5 mm veya 50 ± 5 mm olan küp veya 70 ± 5 mm veya 50 ± 5 mm çapında ve çapı boyuna eşit silindirik şekilli örneklerin kullanılmasını önermektedir. Deneylerde kapiler su emme zamanı için örneklerin kapiler doygunluğa eriştiği zaman esas alınmıştır. Zira numune doygun hale gelmeden deneye son verilmesi durumunda doygun koşula ait deney eğrisi elde edilememektedir (Şekil 3'de 3 ve 4 nolu eğriler). Şekil 2'deki 1 ve 2 nolu eğriler ise yetersiz deney süresi nedeniyle elde edilmiş eğrileri göstermektedir. Bu eğriler için kapiler su emmenin doğru bir şekilde tanımlanması mümkün olmamaktadır.



Şekil 3. Kapiler su emme deneyleri ile elde edilen farklı türdeki test grafikleri.

Bu çalışmada 212 adet $7.0 \times 7.0 \times 7.0$ cm boyutlarında küp şekilli numune kullanılmıştır. Örnekler üzerinde aynı zamanda birim hacim ağırlığı, ağırlıkça ve hacimce su emme deneyleri de gerçekleştirilmiştir.

TS EN 1925 (2000) standardı kapiler su emme deneyi için $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$ birimini kullanmaktadır. Ancak deney parametresi çeşitli araştırmacılar tarafından $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$ ve $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0.5}$ şeklinde de tanımlanmaktadır (Yıldız vd, 2010, García-del-Cura, 2012, Vázquez vd, 2013). Bu çalışma, kapiler su emme (KSE) katsayısı değerinin $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$ birimi yerine % olarak da tanımlanabileceğini de ortaya koymuştur.

2.1. Deney Prosedürü

Kapiler su emmenin belirlenmesi için, alanı m^2 cinsinden ifade edilen küp şekilli ($7.0 \times 7.0 \times 7.0$ cm) deney numuneleri, tabanı 3 ± 1 mm yüksekliğinde su dolu bir tank içine yerleştirilir. Deney boyunca gerektiği kadar su eklenerek tanktaki su seviyesinin sabit kalması sağlanır. Numunelerin nemini buharlaşma yoluyla kaybetmemeleri amacıyla tankın kapağı kapatılır. Çeşitli zaman aralıklarında, her bir numune sudan çıkartılır, kuru bölümlerinden hafifçe tutularak nemli bir bez kullanılarak bütün su damlacıkları yüzey üzerinden uzaklaştırılır ve 0.01 g yaklaşımla tartılır (Şekil 4a ve b). Sonra yeniden tanka yerleştirilir. Deneyin başlangıcından itibaren her bir tartım arasında geçen zaman kaydedilir (TS EN 1925, 2000).

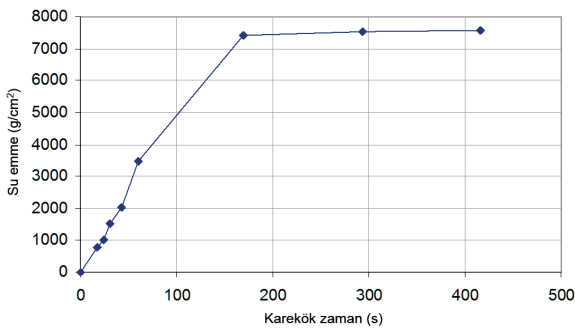


Şekil 4a. Kapiler su emme deneyi sırasında tabandan su almış örneklerin görünümü.



Şekil 4b. Kapiler su emme deneyi sırasında tabandan su almış örneklerin görünüşleri.

İlgili standarda göre, zaman seçimi kayaç tipine bağlı olarak değiştirmektedir. Oldukça yüksek emişli bir kayaç için uygun süreler 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 ve 1440 dakika ve düşük emişli bir kayaç için ise 30, 60, 180, 480, 1440, 2880 ve 4320 dakika olarak alınmaktadır. Bu süreler % 5 yaklaşımla ölçülmekte ve değerlendirmeler için minimum 7 ölçüm gerekmektedir. Ardışık iki tartım arasındaki fark, numunenin emdiği su kütlelerinin % 1'inden az olduğunda deneye son verilir. Emilen suyun gram cinsinden kütlesi, numunenin m² cinsinden taban alanına bölünerek, saniye cinsinden sürenin kareköküne karşı çizilmiş bir grafik olarak gösterilir. Genellikle grafikler Şekil 5'dekine benzerdir. Tipik bir deney grafiğinin genel olarak iki doğruyla gösterilebildiği görülür.



Şekil 5. Kılcal etkiyle su emmenin tespit edildiği bir deneyde, kılcal su emmenin zamanın karekökünün fonksiyonu olarak gösterilmesi.

Grafiğin birinci bölümündeki ölçülmüş noktalar ve bu birinci bölümün regresyon doğrusu arasındaki korelasyon katsayısı sırasıyla grafiğin birinci bölümünde en az 5 ölçüm alındığında 0.90'dan

veya sadece 4 ölçüm alındığında 0.95'ten büyükse, kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı C₁ veya C₂ (g/m².s^{0.5}) sırasıyla regresyon doğrusunun eğiminden bulunur.

Su emme katsayısı bu doğru üzerindeki herhangi bir noktadaki yatay ve düşey eksen değerlerinin oranı olarak Eşitlik (1) ile hesaplanır;

$$C_{1,2} = \frac{m_i - m_d}{A\sqrt{t_i}} \text{ (g/m}^2\text{.s}^{0.5}\text{)} \quad (1)$$

Bu bağıntıda; m_d: Kuru deney numunesinin kütlesi, g, m_i: Deney numunesinin deneydeki su emmiş kütlesi, g, A: Suya batırılmış yüzeyin alanı, m², t_i: Deney başlangıcından ardışık m_i kütlelerinin ölçüldüğü süreler, s, C₁: Kayacın anizotropi düzlemlerine dik kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, g/m².s^{0.5}, C₂: Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, g/m².s^{0.5} değerleridir.

3. BULGULAR

Kapiler su emme katsayısının kapiler su emme yüzdesi, ağırlıkça su emme ve görünür porozite (hacimce su emme) ile olan ilişkilerinin sorgulanması amacıyla tekli regresyon analizleri yapılmıştır. Yapılan tekli regresyon analizleri, kapiler su emmenin, diğer su emme parametreleri olan ağırlıkça ve hacimce su emme parametreleri ile doğrusal bir ilişkinin var olduğu görülmüştür.

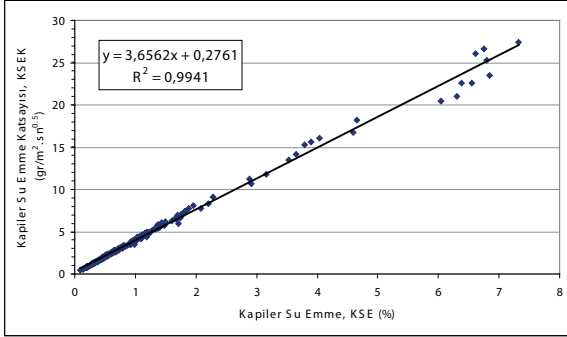
3.1. Tekli Regresyon Analizleri

Tekli regresyon analizleri ile kapiler su emmenin, ağırlıkça kapiler su emme yüzdesi, görünür porozite ve ağırlıkça su emme ilişkileri tanımlanmıştır.

Su emmenin bir diğer ifade şekli ağırlıkça emmenin yüzde olarak tanımlanmasıdır. Bu kullanım su emmenin hesap mantığına daha fazla uygundur. Zira hem atmosfer basıncında su emme ve hem de hacimce su emme değerleri % olarak tanımlanan ifadelerdir. Kapiler su emmenin bir katsayısı (KSEK) ile tanımlanması herhangi bir kolaylık sağlamamakta, tam tersine işlem karışıklığı getirmektedir. Ayrıca her iki parametre arasında doğrusal bir ilişkinin var olduğu bu çalışma ile de belirlenmiştir (Şekil 6). Elde edilen ilişki Eşitlik 2 ile ifade edilmiştir.

$$\text{KSEK (g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}) = 3.65 \cdot \text{KSE (\%)} + 0.27 \quad (2)$$

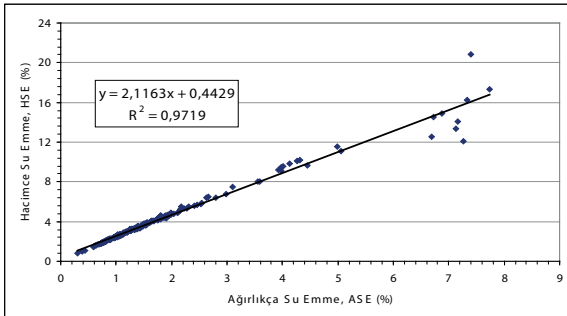
Bu çalışmada ele alınan kapiler su emme değerleri ağırlıkça yüzde şeklinde tanımlanmış su emme değerlerini ifade etmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Kapiler su emme katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$) – kapiler su emme yüzdesi (%) ilişkisi.

Deney prosedürünün zaman alıcı olması nedeniyle kapiler su emmenin (KSE) atmosfer basıncında su emme (ASE) ve hacimce su emme (HSE, n) parametreleri ile olan ilişkileri ortaya konulmuştur. Ağırlıkça ve hacimce su emme parametreleri arasında doğrusal ve oldukça anlamlı bir ilişli belirlenmiş ve aşağıdaki Eşitlik (3) ile tanımlanmıştır (Şekil 7).

$$\text{HSE} = 2.1163 \text{ ASE} + 0.4429 \quad (3)$$



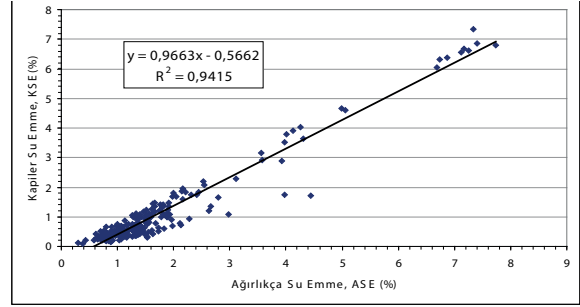
Şekil 7. Travertenler için tanımlanmış ağırlıkça ve hacimce su emme ilişkisi.

Kapiler su emme değerlerinin ağırlıkça veya hacimce su emme değerlerinden tahmin edilebilirliğinin belirlenmesi için ilişkiler incelenmiştir. Oldukça gözenekli bir doğaltaş türü olan travertenler için geçerli olacak bu ilişkilerin aynı örnek üzerinde elde edilmiş parametreler kullanılarak oluşturulması geçerliliklerinin de

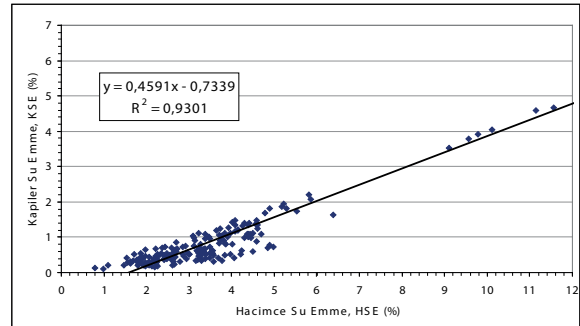
yüksek olmasını sağlamıştır. Şekil 8, ağırlıkça su emme – kapiler su emme, Şekil 9 ise hacimce su emme – kapiler su emme ilişkilerini ortaya koymaktadır 4 ve 5 Bu ilişkiler aşağıda tanımlanmıştır.

$$\text{KSE} = 0.9663 \text{ ASE} - 0.5662 \quad (4)$$

$$\text{KSE} = 0.4591 \text{ HSE} - 0.7339 \quad (5)$$



Şekil 8. Kapiler su emme – ağırlıkça su emme ilişkisi.



Şekil 9. Kapiler su emme hacimce su emme ilişkisi.

3.2. Kapiler Su Emmenin Tanımlanması ve Sınıflandırılması

EN 1925 (2000) standardı görünür porozitesi < % 1 olan doğaltaşlar için kapiler su emme deneyini gerekli görmemektedir. Literatürde porozite çeşitlerine ve değerlerine bağlı olarak yapılmış çeşitli sınıflamalar bulunmaktadır. Lucia (1983) karbonat kayaların petrofiziksel özelliklerine göre sınıflandırmıştır. Moos-Quervain (1948) ve Anon (1979) ise kayaçları porozite değerlerine göre sınıflamaktadır. Anon (1979) sınıflaması halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde Anon (1979) porozite sınıflaması esas alınarak elde edilen ilişkiler yardımı ile doğaltaşların kapiler su emme değerleri ile ilgili bir sınıflama ortaya konulmuştur. Sınıflamanın oluşturulmasında porozitenin kapiler

su emme katsayısı ve kapiler su emme yüzdesi parametreleri ile ilişkiler tanımlanmıştır. Önerilmiş olan sınıflama Çizelge 1’de görülmektedir.

Deneysel olarak belirlenen kapiler su emme değerleri ($g/m^2 \cdot s^{0.5}$, %) ortaya konulan ilişkiler kullanılarak tahmin edilmiş, uyumlulukları grafik olarak tanımlanmıştır. Veri grubu geneli içinde dağılım oldukça doğrusala yakındır.

Önerilen tablonun geçerliliği incelenen travertenler için porozite ortalama değeri (4.19 %) alınarak sınımlanmıştır. Sonuçlar Çizelge 2’de gösterilmiştir. Ortalama değer ele alındığında travertenlerin düşük porozite ve kapiler su emme değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

Çizelge 1. Travertenler için önerilmiş olan kapiler su emme sınıflaması.

Anon (1979) sınıfı			Önerilen KSE sınıfı		
Sınıf	Porozite (%)	Tanım	KSE ($gr/m^2 \cdot s^{0.5}$)	KSE (%)	Tanım
1	> 30	Çok yüksek	> 68	> 13	Çok yüksek
2	30-15	Yüksek	68-22	13-6	Yüksek
3	15-5	Orta	22-5	6-2	Orta
4	5-1	Düşük	< 5	< 2	Düşük
5	< 1	Çok düşük	*	*	*

* İlgili deney standardına göre, < %1 gözenekliliğe sahip kayalarda kapiler su emme deneyi yapılmamaktadır.

EN 1925 (2000) standardında kapiler su emme deneyi sırasında su emmenin zamana bağlı değişimi de ele alınmaktadır. Yüksek emişli kayalar için 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 ve 1440 dakika değerlerinin, düşük emişli kayalar için ise 30, 60, 180, 480, 1440, 2880 ve 4320 dakika değerlerinin okuma zamanlamaları için uygun olduğu belirtilmiştir. Ancak hangi kaya grubunun “düşük” hangisinin ise “yüksek” emiş grubunda olduğu ifade edilmemiştir. Bu çalışma, düşük ve yüksek su emme kapasitesi değerlerinin tanımlanmasına da ışık tutmuştur. Buna göre porozite ve kapiler su emme katsayısı değerleri < 5 olan kayalar düşük emişli, porozitesi > 15, kapiler su emme katsayısı > 22 olan kayalar ise yüksek emişli kayalar olarak belirlenmelidir.

Çizelge 3, bu çalışma ile belirlenmiş olan ortalama değerleri içerecek şekilde literatürde var olan ve farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuş olan kapiler su emme değerlerinin farklı kaya türleri için değişimlerini ifade etmektedir.

Çizelge 2. Ortalama porozite değeri için deneysel ve teorik olarak elde edilmiş kapiler su emme parametreleri.

Değerler	n (%)	KSE ($g/m^2 \cdot s^{0.5}$)	KSE (%)	Tanım
Deneysel	4.19	4.47	1.14	Düşük
Regresyon	---	4.26	1.18	Düşük

Çizelge 3. Farklı kaya türleri için literatürde tanımlanmış porozite ve kapiler su emme parametreleri.

Litoloji	n (%)	KSE	Birim	Kaynak
Kireçtaşı	---	3.81-11.12	kg/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Benavente vd. (2004)
Kireçtaşı	---	0.91-3.66	kg/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Benavente vd. (2004)
Konglomera	---	6.47-10.94	kg/ $m^2 \cdot h^{0.5}$	Benavente vd. (2007)
Kalsit kumtaşı	---	2.10	kg/ $m^2 \cdot h^{0.5}$	Benavente vd. (2007)
Dolomit kumtaşı	---	8.40	kg/ $m^2 \cdot h^{0.5}$	Benavente vd. (2007)
Mermer	0.21	---	---	Sarıışık vd. (2010)
Traverten	5.00	---	---	Sarıışık vd. (2010)
Andezitik tüf	---	5.06	kg/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Yıldız vd. (2010)
Marn	---	1.72	kg/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Yıldız vd. (2010)
Jura Kireçtaşı	0.23	---	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Tomasic vd. (2011)
Kretase Kireçtaşı	2.15	---	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Tomasic vd. (2011)
Traverten	---	3.69	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	García-del-Cura (2012)
Tufa	---	227.99	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	García-del-Cura (2012)
Kumtaşı	19.50	31.0	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Vázquez vd. (2013)
Dolomit	11.00	3.7	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Vázquez vd. (2013)
Kireçtaşı	28.40	166.0	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Vázquez vd. (2013)
Traverten	14.30	4.4	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Vázquez vd. (2013)
Traverten	1.77	4.47	g/ $m^2 \cdot s^{0.5}$	Bu çalışma*

*Ortalama değerleri ifade etmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğaltaşlardaki kalite belirlemeye yönelik deneylerin kullanımı gün giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışma, uzun, zaman alıcı ve değerlendirme güçlükleri olan bir deney olan kapiler su emmenin doğrudan ilgili parametrelerden ağırlıkça su emme (ASE) ve hacimce su emme (HSE) değerleriyle tahmin edilebilme durumunu araştırmıştır. Çalışmalar traverten doğaltaşları için geçerli olabilecek oldukça anlamlı ilişkilerin elde edilmesini sağlamıştır. Çalışmada Denizli havzasında halen çalışmakta olan 27 ocaktan elde edilmiş toplam 212 adet deney numunesi kullanılmıştır. Regresyon analizleri ile elde edilen sonuçlar kapiler su emmenin ASE ve KSE değerleri ile oldukça kolay bir şekilde belirlenebilir olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, KSEK ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{sn}^{0.5}$) ile KSE (%) değerleri arasında doğrusal ve tutarlı bir ilişki belirlenmiştir. Bu yüzden KSEK yerine KSE değerinin bulunması ve kullanılması uygulama açısından daha kolay olmaktadır. Bu çalışma sonucunda, traverten grubu gözenekli doğaltaşlar için geçerli olacak bir kapiler su emme sınıflaması ortaya konulmuştur. Benzer çalışmaların farklı doğaltaş grupları için yapılması, bilimsel anlamda da büyük katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 107Y213 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, destekleri için ilgili kuruluşa teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Anon, 1979. Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Part I – Rock and Soil Materials. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., 19, 364–371.

Atabey, E., 2003. Tufa ve Traverten, JMO Yayını, Kasım 2003, 106 s., Ankara.

Benavente D., García-del-Cura, M.A., Fort, R., Ordóñez, S., 2004. Durability Estimation of

Porous Building Stones From Pore Structure and Strength. Engineering Geology, 74, 113-127.

Benavente, D., Cueto, N., Martínez, J.M., García-del-Cura, M.A., Canaveras, J.C., 2007. The Influence of Petrophysical Properties on the Salt Weathering of Porous Building Rocks. Environmental Geology, 52, 215-224.

García-del-Cura, M.A., Benavente, D., Martínez J.M., Cueto, N., 2012. Sedimentary Structures and Physical Properties of Travertine and Carbonate Tufa Building Stone. Construction and Building Materials, 28, 456 – 467.

Lucia, F.J., 1983. Petrophysical Parameters Estimated From Visual Description of Carbonate Rocks: A Field Classification of Carbonate Pore Space. Journal of Petroleum Technology, 35, 626–637.

Moos, A.V., De Quervain, F.De, 1948, Technische Gesteinkunde. Verlag Birkhauser, Basel.

Vázquez, P., Alonso, F.J., Esbert, R.M., Ordaz, J., 2010. Ornamental Granites: Relationships Between P-Waves Velocity, Water Capillary Absorption and the Crack Network. Construction and Building Materials, 24, 2536 – 2541.

Sarıışık, A., Sarıışık, G., Şentürk, A., 2010. Characterization of Physical and Mechanical Properties of Natural Stones Affected by Ground Water under Different Ambient Conditions. Ekoloji, 19, 88-96.

TS EN 1925, 2000. Doğal taşlar - Deney Metotları - Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini, TSE Yayını, 9 s., Ankara.

Tomasic, I., Lukic, D., Pecek, N., Krsinic, A., 2011. Dynamics of Capillary Water Absorption in Natural Stone. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70(4), 673-680.

Yıldız, M., Özşahin, E.Y., Soğancı, A.S., 2010. Balwois Conference, Republic of Macedonia (http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-2069.pdf)

