

## PAPER DETAILS

TITLE: Kars-Ani Harabeleri Bölgesindeki Traverten Tasların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

AUTHORS: Metehan Ardahanlı, Türkay Kotan

PAGES: 299-313

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4003149>

## Kars-Anı Harabeleri Bölgesindeki Traverten Taşların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Metehan ARDAHANLI<sup>1\*</sup>, Türkay KOTAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25050, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25050, Erzurum, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8091-2792>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9125-8220>

\*Sorumlu yazar: metehan.ardahanli@erzurum.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 13.06.2024

Kabul tarihi: 19.09.2024

Online Yayınlanma: 15.01.2025

#### Anahtar Kelimeler:

Traverten

Fiziksel özellikler

Mekanik özellikler

Aşınma direnci

### ÖZ

Doğal taşların kullanılması ile inşa edilen tarihi yapılar zamanla birçok faktöre bağlı olarak zarar görebilmektedir. Bu tarihi yapıların mevcut durumlarının korunması için restorasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada; Kars-Anı harabeleri bölgesindeki kırmızı ve siyah renge sahip 2 farklı traverten taşın birim ağırlık, yoğunluk, porozite, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultrases hızı, dinamik elastisite modülü, kılcal su emme, böhme aşınma dayanımı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; siyah traverten taşının, kırmızı traverten taşına göre yüksek basınç ve çekme dayanımına, düşük porozite ile kılcal su emme miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her iki traverten taşının böhme aşınma kayıp miktarları yaklaşık eş değer olarak elde edilmiştir.

## Investigation of Physical and Mechanical Properties of Travertine Stones in the Kars-Anı Ruins Region

### Research Article

#### Article History:

Received: 13.06.2024

Accepted: 19.09.2024

Published online: 15.01.2025

#### Keywords:

Travertine

Physical properties

Mechanical properties

Abrasion resistance

### ABSTRACT

Historical buildings built with the use of natural stones can be damaged over time due to many factors. Restoration is needed to preserve the current condition of these historical buildings. In this study, two different red and black travertine stones in the Kars-Anı ruins area; unit weight, density, porosity, compressive strength, splitting tensile strength, ultrasound velocity, dynamic elasticity module, capillary water absorption, Bohme abrasion resistance were examined. According to the results obtained; It was determined that black travertine stone has higher compressive and tensile strength, lower porosity and capillary water absorption than red travertine stone. In addition, the Bohme abrasion loss amounts of both travertine stones were obtained as approximately equivalent.

**To Cite:** Ardahanlı M., Kotan T. Kars-Anı Harabeleri Bölgesindeki Traverten Taşların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2025; 8(1): 299-313.

### 1. Giriş

Doğal taşlar sahip oldukları yüksek dayanım, dayanıklılık ve farklı renk çeşitlikleri sayesinde geçmişten günümüze kadar birçok tarihi yapıda tercih edilmiştir (Gürdal ve Özgünler, 2016; Süer ve Yakar, 2020; Li ve ark., 2024). Bu doğal taşlar çoğunlukla bazalt, granit, andezit ve traverten olabilmektedir. Bu doğal yapı malzemelerinden birisi olan traverten taşları kullanıldıkları yerlerde birçok avantaja sahiptir (Kahraman ve Eser, 2015). Bu avantajlar başlıca homojen boşluklu yapılara sahip olmaları,

işlenmelerinin kolay ve ucuz olması (Demirdağ, 2009), yüksek boşluk oranından dolayı hafif ve düşük özgül ağırlıklı olmaları (Erdoğan, 2011) şeklinde sıralanabilmektedir.

Traverten taşının tarihi yapılardaki ilk kullanımları eski Mısır tarihine kadar ulaşmaktadır. Bu taşın kullanıldığı dünyadaki örneklerine Antik Roma zamanlarında da rastlanmaktadır. Roma’da bulunan Concordia Tapınağı, Kolezyum ve Sant'Angelo Katedrali en bilinen örnekleridir (Huertas, 2005; Jackson ve ark., 2005; Pentecost, 2005). Ülkemizde ise Selçuklu ve Osmanlı dönemine ait birçok tarihi yapıda traverten taşı mevcuttur (Demir ve ark., 2023). Günümüzde ise traverten taşı çoğunlukla restorasyon ve dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Traverten taşının özelliklerine ait literatür incelenirse;

Doležel ve ark. (2004) deneyler için uygun boyuta getirdikleri traverten taşı numunelerinin basınç dayanımlarının 51 MPa ve elastisite modüllerinin ise 20,19 GPa seviyesine ulaşabileceğini tespit etmiştir. Ayaz ve Karacan (2000) Sivas’ın batısında yer alan travertenlerin yüzey kaplaması olarak kullanılabileceğini, Özdemir (2021) ise kaplama olarak kullanılan traverten taşlarının olumsuz iklim şartları altında mekanik özelliklerinin zayıflayabileceğini belirlemiştir. Török ve Vásárhelyi (2010) çalışmalarında, traverten taşının boşluk miktarının travertenin dayanımı ve dayanıklılığında doğrudan etkili olduğu, az boşluklu daha homojen yapıdaki traverten taşlarının daha yüksek dayanım ile ultrases hızına sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca Distelhorst (2002) çalışmasında, travertenlerin sertlik, yoğunluk ve boşluk oranı açısından büyük farklılıklara sahip olabileceğini ifade etmiştir.

Bu çalışmada, Kars il sınırların içerisinde yer alan Ani Harabeleri (Şekil 1) bölgesindeki kırmızı ve siyah renge sahip 2 farklı traverten taşının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.



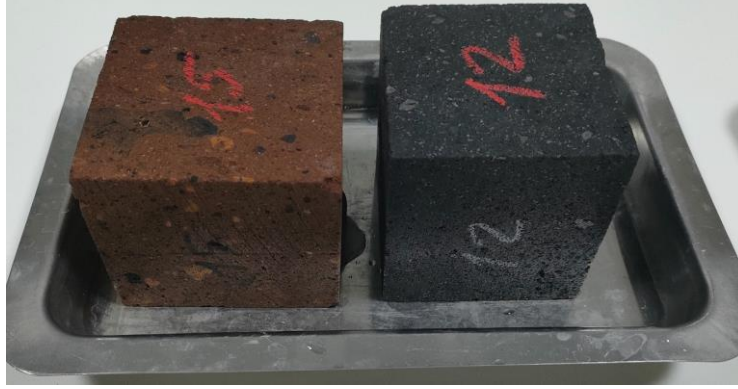
Şekil 1. Ani Harabeleri (Anonim, 2023; Anonim, 2024; Anonim, 2024)

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Traverten Taşı

Çalışmada, kırmızı traverten taşı Kars Arazoğlu köyü çevresinden, siyah traverten taşı ise Kars Yalçınlar köyü çevresinden temin edilerek (Şekil 2) kullanılmıştır. Bu doğal taşların yöntem kısmında belirtilen deneyler ile fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 2. Kırmızı ve siyah renkli traverten taşı

### 2.2. Metot

Kars il sınırları içerisinde bulunan Ani Harabeleri bölgesindeki 2 farklı renk ve dokudaki traverten taşları, yapı malzemesi laboratuvarında kesilerek fiziksel ve mekanik deneyler için uygun numune boyutlarına getirilmiştir. Numunelere; birim ağırlık, yoğunluk, porozite, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultrases hızı, dinamik elastisite modülü, kılcal su emme, böhme aşınma dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

#### 2.2.1. Birim Ağırlık, Yoğunluk, Porozite ve Su Emme Oranı Deneyleri

Traverten taş numunelerin birim ağırlıkları TS EN 1936 (Anonim 2007)'ye göre belirlenmesi için;  $110 \pm 5$  °C'de 24 saat etüv kurusu ağırlıkları ile hava ve suda doymuş kuru yüzey durumundaki ağırlıkları belirlenmiş ve numunelerin birim ağırlıkları Denklem (1) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Birim Ağırlık (BA)} = W_d / V_g \quad (1)$$

Denklem (1)'de;  $W_d$ ; etüv kurusu ağırlığı,  $V_g$ ; görünür numune hacmini (en×boy×yükseklik) ifade etmektedir.

Numunelerin görünür yoğunlukları TS EN 1097-6 (Anonim 2022)'e göre hazırlanan toz örnekleri üzerinde piknometre metodu kullanılarak aşağıdaki Denklem (2) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Yoğunluk (D)} = M_4 / [M_4 - (M_2 - M_3)] \quad (2)$$

Denklem (2)'de;  $M_2$ ; Doygun durumdaki deney numunesi ve piknometrenin kütlesini,  $M_3$ ; Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesini,  $M_4$ ; Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesini ifade etmektedir.

Önceki adımlarda belirlenen birim ağırlık ve yoğunluk değerleri kullanılarak numunelerin porozite değerleri Denklem (3) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Porozite (P)}=1-(BA/D) \quad (3)$$

Taş numunelerin hacimsel ve ağırlıkça su emme oranları TS EN 699 (Anonim 2009)'a göre Denklem (4) ve Denklem (5) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Hacimsel Su Emme Oranı (Sh)}=(W_{ssd}-W_d)/V_g \quad (4)$$

$$\text{Ağırlıkça Su Emme Oranı (Sa)}=(W_{ssd}-W_d)/W_d \quad (5)$$

Denklem (4) ve Denklem (5)'de;  $W_d$ ; numunenin etüv kurusu ağırlığını,  $W_{ssd}$ ; doygukuru yüzey durumunda numunenin havadaki ağırlığını,  $V_g$ ; görünür numune hacmini ( $en \times boy \times yükseklik$ ) ifade etmektedir. .

### 2.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyi  $100 \times 100 \times 100$  mm boyutlu numunelerde TS EN 12390-3 (Anonim, 2019) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde, standarda uygun olarak yükleme hızı 0,4 MPa/s olarak alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Basınç dayanımı deneyi

### 2.2.3. Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi

Yarmada çekme dayanımı deneyi kesilen  $100 \times 100 \times 100$  mm boyutlu prizma numuneler üzerinde, bilgisayar kontrollü ve çok üniteli hidrolik bir cihaz kullanılarak TS EN 12390-6 (Anonim, 2024) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde, standarda uygun olarak yükleme hızı 0,4 MPa/s olarak alınmıştır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Yarmada çekme dayanımı deneyi

#### *2.2.4. Ultrases Hızı Deneyi*

Ultrases hızı deneyi 100×100×100 mm boyutlu küp numunelerde ve her iki grup içinde üçer numune üzerinde TS EN 12504-4 (Anonim, 2021) standardına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 5). Ultrases hızı ölçümü yapılan bu cihaz (Şekil 5) yardımıyla traverten taş numunelerin dinamik elastisite modülleri de ölçülmüştür.



**Şekil 5.** Ultrases hızı deneyi ve dinamik elastisite modülü ölçümü

#### *2.2.5. Kılcal Su Emme Deneyi*

Kılcal su emme deneyi TS EN 13057'e (Anonim, 2004) göre yapılmıştır (Şekil 6). Traverten taş numuneler, 24 saat kadar 105 °C etüvde tutulduktan sonra alt yüzeyleri yaklaşık 5 mm suya batacak şekilde konulup bekletilen numunelerin 5, 10, 20 dakika, 1, 2, 4, 8, 24 saat sonunda kapilarite ile emdikleri su miktarı belirlenir.



**Şekil 6.** Kılcal su emme deneyi

#### *2.2.6. Böhme Aşınma Deneyi*

Böhme aşınma dayanımı deneyi (Şekil 7), TS 2824 EN 1338 (Anonim, 2005) standardına göre; her yüzeye 88 tur olacak şekilde ve her bir numune için toplam 352 tur uygulanmıştır. Deney sonunda ağırlık kaybı belirlenerek aşınma miktarı belirlenmiştir.



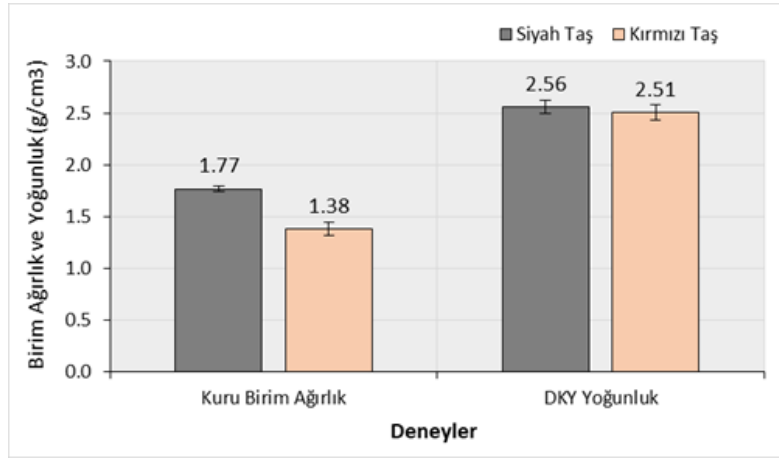
**Şekil 7.** Böhme aşınma deneyi

### **3. Bulgular ve Tartışma**

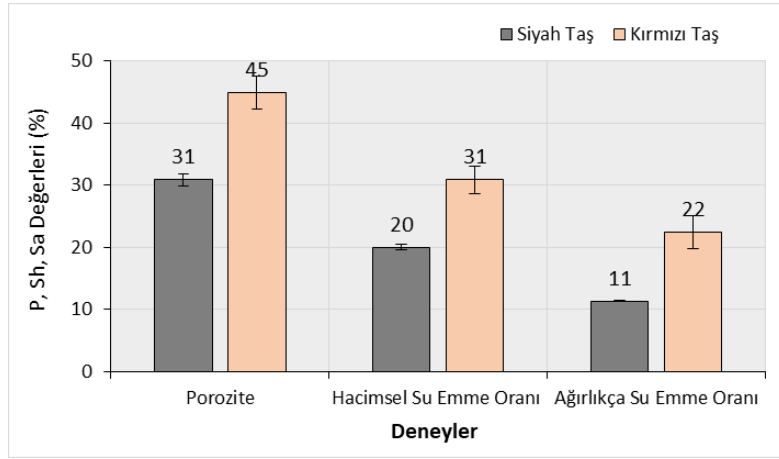
#### *3.1. Birim Ağırlık, Yoğunluk, Porozite ve Su Emme Oranı Sonuçları*

Traverten taş numunelere ait birim ağırlık ve yoğunluk sonuçları Şekil 8’de, porozite ve su emme oranı sonuçları ise Şekil 9’da verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde, siyah traverten taşına ait birim ağırlık ve yoğunluk değerlerinin kırmızı traverten taşından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca birim ağırlık ve yoğunluğu daha fazla olan siyah taşın iç yapısında sahip olduğu boşluk miktarının kırmızı taştan daha az olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). Traverten taş numunelerine ait bu porozite değerleri birim ağırlık ve yoğunluk sonuçlarını destekler niteliktedir. İç yapısındaki boşluk oranı daha fazla olan kırmızı traverten taşın birim ağırlık ve yoğunluk değerlerinin düşük çıkması beklenen bir sonuçtur.





**Şekil 8.** Birim ağırlık ve yoğunluk sonuçları

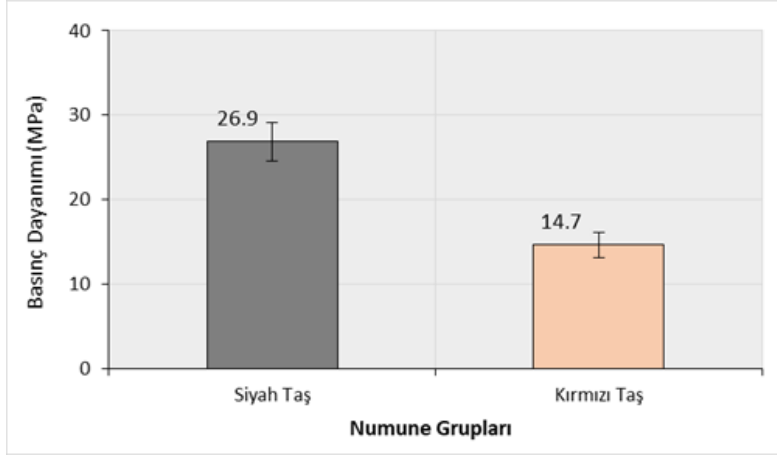


**Şekil 9.** Porozite ve su emme oranı sonuçları

### 3.2. Basınç Dayanımı Sonuçları

Traverten taş numunelere ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 10'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde, siyah traverten taşın basınç dayanımının kırmızı traverten taşa göre daha yüksek olduğu ve her iki traverten taşında da elde edilen basınç dayanımı değerlerinin doğal taşların sahip olabileceği yüksek basınç dayanım değerlerine (Mohammed ve ark., 2021) göre daha düşük kaldığı belirlenmiştir. Bu durumun temel sebebi olarak, taşların iç yapılarındaki boşluk miktarının fazla (Şekil 9) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Traverten taşları, sahip oldukları boşluk miktarına göre çok çeşitlilik göstermekte olup boşluk miktarı fazla olan türlerinde basınç dayanımı sonuçlarının düştüğü (Distelhorst, 2002) literatür ile desteklenmektedir.

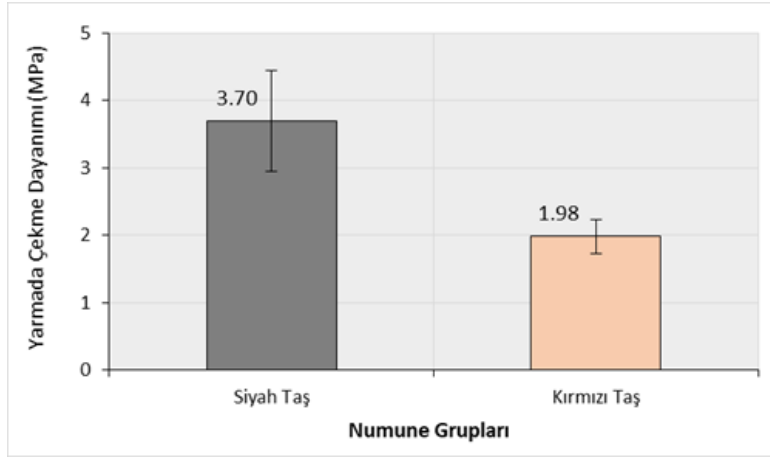




**Şekil 10.** Basınç dayanımı sonuçları

### 3.3. Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları

Traverten taş numunelere ait yarmada çekme dayanımı sonuçları Şekil 11’de verilmiştir. Düşük boşluk oranına (Şekil 9), yüksek birim ağırlık, yoğunluk (Şekil 8) ve basınç dayanımına (Şekil 10) sahip olan siyah traverten taşın yarmada çekme dayanımının, kırmızı traverten taşından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Siyah traverten taşının sahip olduğu düşük porozitenin, basınç dayanımı sonuçlarında olduğu gibi yarmada çekme dayanımı sonuçlarına da olumlu etki yaptığı düşünülmektedir. Öyle ki, Chentout ve ark. (2015)’e göre; genel olarak porozite arttıkça basınç dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülünün azalması, büyük ölçüde daha yüksek heterojenlik ve çok gözenekli kayalardaki gözenekler, boşluklar ve mikro çatlaklar sonucu oluşan zayıf bağların varlığı ile açıklanabilir.

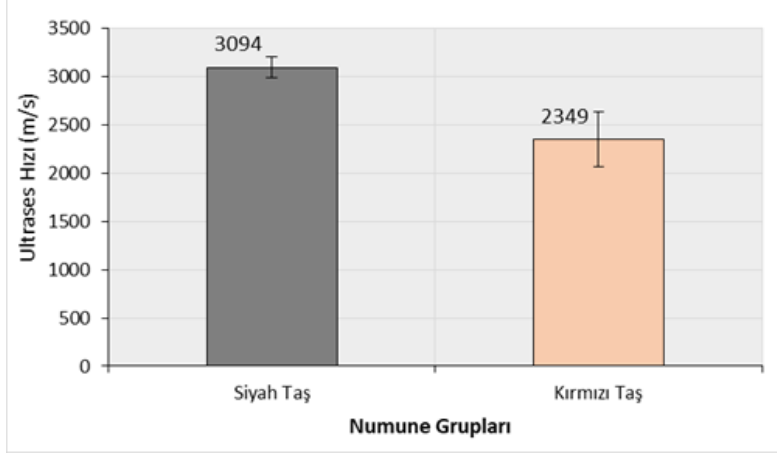


**Şekil 11.** Yarmada çekme dayanımı sonuçları

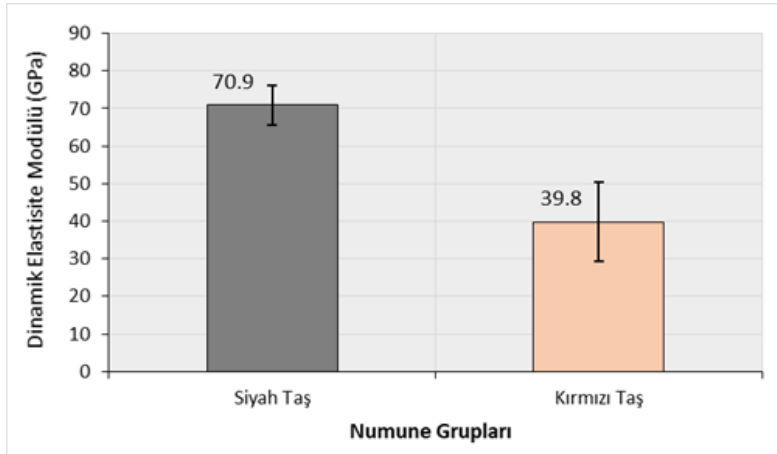
### 3.4. Ultrases Hızı Sonuçları

Traverten taş numunelere ait ultrases hızı sonuçları Şekil 12’de, dinamik elastisite modülü sonuçları ise Şekil 13’te verilmiştir. Siyah traverten taşından elde edilen ultrases hızı ile dinamik elastisite modülünün kırmızı traverten taşına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Siyah traverten taşın kırmızı traverten taşına göre sahip olduğu yüksek basınç ve çekme dayanımı ile daha düşük porozite özellikleri, elde edilen daha yüksek ultrases hızı sonuçlarını desteklemektedir. Bu bulgular, Chentout ve ark. (2015)’in;

travertenler için porozite arttıkça ultrases hızının azaldığını ve Brotons ve ark. (2016)'nın; çeşitli kayalarda porozitenin artması ile ultrases hızı ve dinamik elastisite modülünün azaldığını, ayrıca Palchik (1999)'un; gözenekli kumtaşı kayalarında basınç dayanımı ve elastisite modülünün doğrusal ilişkisini ortaya koyan bazı önceki çalışmalar ile doğrulanmaktadır.



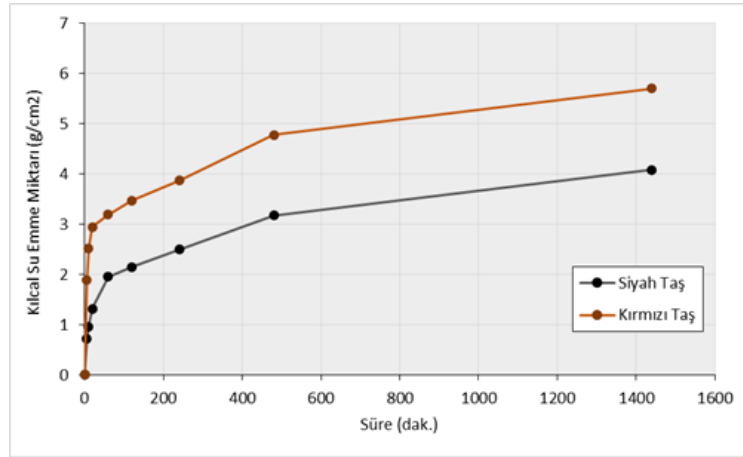
**Şekil 12.** Ultrases hızı sonuçları



**Şekil 13.** Dinamik elastisite modülü sonuçları

### 3.5. Kılcal Su Emme Sonuçları

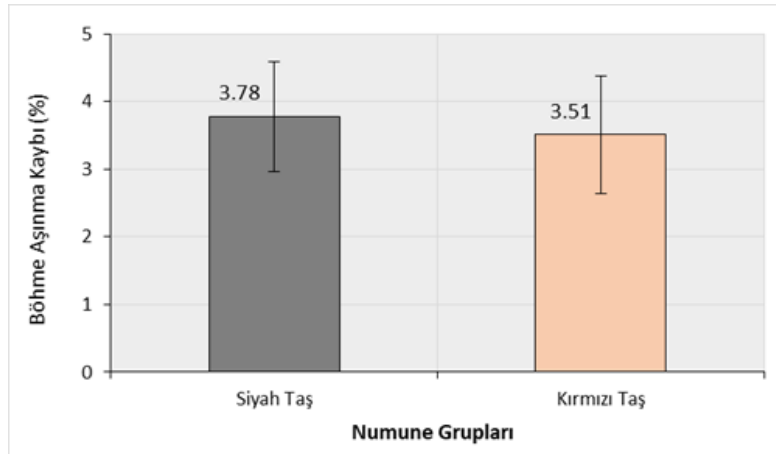
Anı Harabeleri bölgesindeki traverten taş numunelerine ait kılcal su emme miktarları Şekil 14'te verilmiştir. Şekil 14 incelendiğinde, kırmızı traverten taş numunelerin kılcal su emme miktarlarının siyah traverten taş numunelerin kılcal su emme miktarlarından fazla olduğu görülmektedir. Kırmızı traverten taşın iç yapısındaki boşluk oranının siyah traverten taşa göre fazla olduğu (Şekil 9) ve ayrıca Şekil 14'te görüldüğü üzere kırmızı traverten taşındaki kapiler boşluk miktarının da siyah traverten taşa göre fazla olduğu belirlenmiştir. Çobanoğlu (2015) önceki çalışmasında, Denizli (Türkiye) yöresi travertenlerinde porozite ile kapiler su emme özellikleri arasında belirlenen doğrusal ilişki, bu bulguyu destekler niteliktedir.



Şekil 14. Kılcal su emme miktarları

### 3.6. Böhme Aşınma Deneyi Sonuçları

Traverten taş numunelerine Böhme aşınma deneyi uygulanmış ve numunelerin deney sonundaki ağırlık kayıpları yüzde olarak Şekil 15’te verilmiştir. Siyah traverten taş numunelerin Böhme aşınma kayıpları kırmızı traverten taş numunelere göre kısmen daha yüksek elde edilmiştir. Numuneler arasındaki bu aşınma kaybı farkının yüksek olmamasından dolayı her iki taş türünün de böhme aşınma kayıplarının yaklaşık eş değer olduğu kabul edilebilir. Adam Mohammed ve ark. (2021) önceki çalışmasında, aralarında traverten örneklerinin de bulunduğu Orta Anadolu’dan alınan kayaçların yoğunluk ve Böhme aşınma hızı arasında güçlü bir ters logaritmik ilişki belirlenmiş olup, bu çalışmadaki siyah ve kırmızı traverten taşların yoğunluk ve aşınma kaybı sonuçları yakın değerlerle bu eğilime uymaktadır.

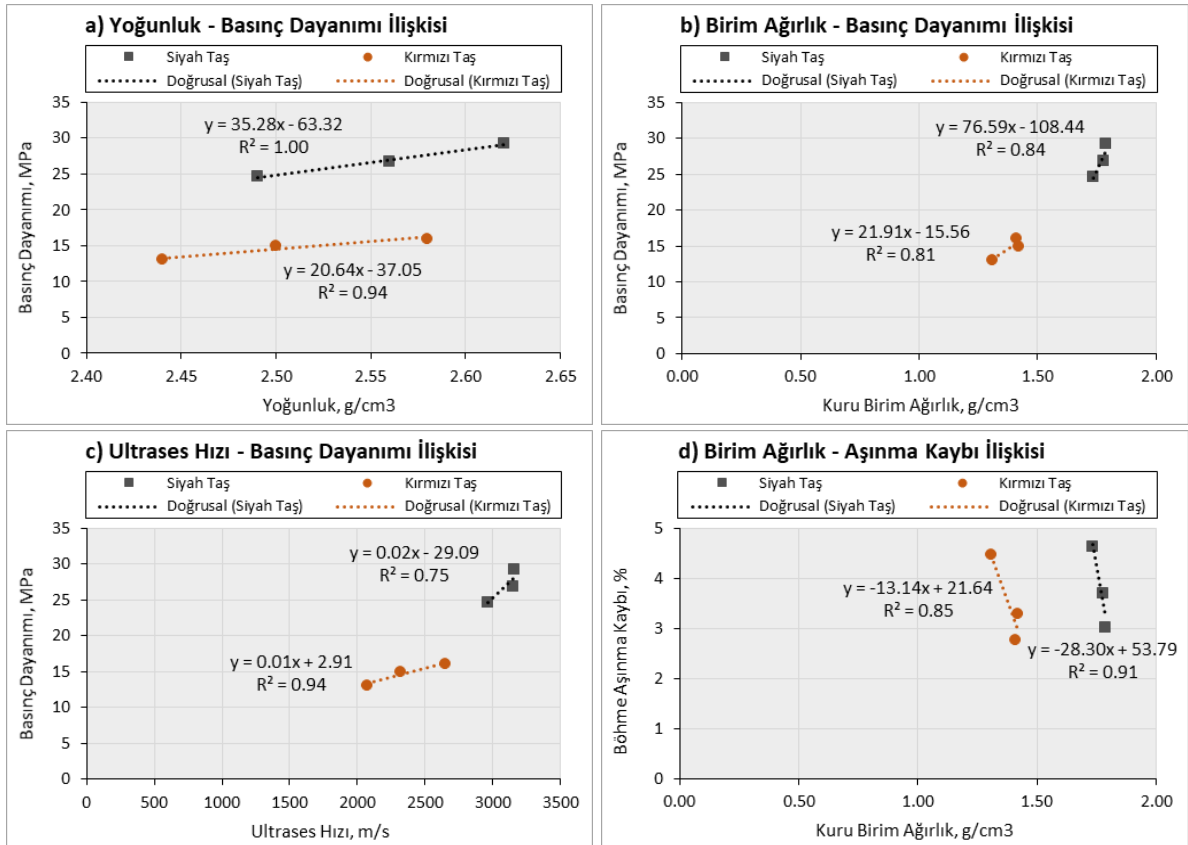


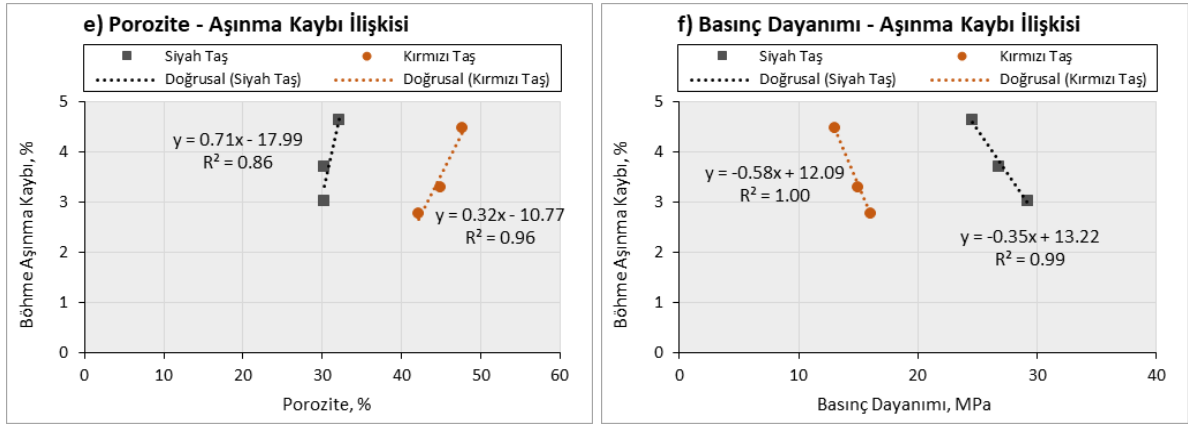
Şekil 15. Böhme aşınma kaybı sonuçları

### 3.7. Fiziksel ve Mekanik Özellikler Arası İstatistiksel İlişki Sonuçları

Çalışmada ayrıca, traverten taş numunelerinin belirlenen fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenerek elde edilen bulgular Şekil 16’da gösterilmiştir. Siyah ve kırmızı traverten taşların, Şekil 16 (a)’da yoğunluk ile basınç dayanımı, Şekil 16 (b)’de kuru birim ağırlık ile basınç dayanımı ve Şekil 16 (c)’de ultrases hızı ile basınç dayanımı özellikleri arasında belirlenen çok güçlü pozitif doğrusal ilişkiler görülmektedir. Bu bulgular, Török ve Vásárhelyi (2010) önceki çalışma

sonuçları ile benzer eğilimdedir. Nitekim bu gözenekli malzemelerin içyapısındaki boşluk miktarının artması, beklendiği üzere birim hacmi dolduran katı malzeme kütlelerinin azalmasına, basınç altında daha küçük katı parçacık en kesitlerinde büyüyen ve daha kolay yayılan iç gerilmeler ile daha boşluklu iç yapıda ultrases dalgaların daha dolambaçlı ve uzun bir katı parçacık yolu izleyerek yayılması ilişkileri açıklayan muhtemel nedenler olabilir. Traverten taş numunelerinin, Şekil 16 (d)'de birim ağırlık ile böhme aşınma kaybı, Şekil 16 (e)'de porozite ile böhme aşınma kaybı ve Şekil 16 (f)'de ise basınç dayanımı ile böhme aşınma kaybı özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler görülmektedir. Her iki tür traverten taşların, porozite ile böhme aşınma kaybı özellikleri arasında (Şekil 16 (e)) çok güçlü pozitif doğrusal ilişkiler belirlenmiş iken, Şekil 16 (d) ve Şekil 16 (f)'deki özellikler arasında çok güçlü negatif doğrusal ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Bu ilişkiler de gözenekli gevrek malzemeler için genel literatürdeki beklentiye uygun ve Adam Mohammed ve ark. (2021) önceki çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir. Öyle ki traverten taşların birim ağırlık ve porozite ile aşınma kaybı özellikleri arasındaki bu ilişkiler, içyapıdaki boşluk miktarının artması ile azalan katı parçacık en kesitlerinde ve boşluk cidarlarında abrasif etki ile oluşan iç gerilmelerin büyümesi sonucu aşınma kayıplarının artması şeklinde açıklanabilir.





**Şekil 16.** Özellikler arası istatistiksel ilişkiler (**a:** Yoğunluk – Basınç dayanımı ilişkisi, **b:** Birim ağırlık – Basınç dayanımı ilişkisi, **c:** Ultrases hızı – Basınç dayanımı ilişkisi, **d:** Birim ağırlık – Böhme aşınma kaybı ilişkisi, **e:** Porozite – Böhme aşınma kaybı ilişkisi, **f:** Basınç dayanımı – Böhme aşınma kaybı ilişkisi)

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Ani Harabeleri bölgesindeki 2 farklı renk ve dokuda olan (kırmızı ve siyah) traverten taşların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar özetlenirse;

- Siyah traverten taşının birim ağırlığı ve yoğunluğu kırmızı traverten taşına göre daha yüksektir.
- Siyah traverten taşının iç yapısındaki boşluk oranı kırmızı traverten taşına göre daha düşüktür.
- Siyah traverten taşının basınç ve çekme dayanımları kırmızı traverten taşına göre daha yüksek elde edilmiştir.
- Kırmızı traverten taşının kılcal su emme miktarının siyah traverten taşına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Her iki traverten taşının da Böhme aşınma kayıpları yaklaşık eş değerdir.
- Siyah ve kırmızı traverten taşların birim ağırlık, yoğunluk, porozite, ultrases hızı, basınç dayanımı ve Böhme aşınma kaybı özellikleri arasında yüksek dereceli istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.
- Siyah ve kırmızı traverten taşların TS 10449 (Anonim 1992), TS 11143 (Anonim 1993) ve TS 11443 (Anonim 1994) standartlarında döşeme ve duvar kaplama taşı olarak kullanım için belirtilen 2,3 ve 2,6 g/cm<sup>3</sup> birim ağırlık ile 510, 489 kgf/cm<sup>2</sup> (döşeme kaplama) ve 305 kgf/cm<sup>2</sup> (duvar kaplama) basınç dayanımı sınırlarını sağlayamadıklarından bu amaçlarla kullanıma elverişli olmadıkları belirlenmiştir.
- Öte yandan, siyah ve kırmızı traverten taşlar sahip oldukları hafiflik, yüksek gözeneklilik, kolay işlenebilirlik, üniform ve estetik yüzey dokusu özellikleri nedeniyle, yapılarda konsantre yük etkilerine maruz kalmayacak şekilde dekoratif amaçlı kullanılabilir.

Sonraki çalışmalarda her iki taşın,

- Donma-çözülme altındaki davranışlarının incelenmesi,

- Kılcal su emmelerin oluşturduğu duruma bağlı olarak sülfat etkisi altındaki davranışının incelenmesi önerilmektedir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Her bir yazar makaleye %50 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

### **Kaynakça**

- Adam Mohammed AA., Fener M., Comakli R., İnce İ., Balci MC., Kayabalı K. Investigation of the relationships between basic physical and mechanical properties and abrasion wear resistance of several natural building stones used in Turkey. Journal of Building Engineering 2021; 42.
- Anonim. Ani Katedrali kültür envanteri. <https://kulturenvanteri.com/yer/?p=11952> 2023. Erişim 9 Mayıs 2024.
- Anonim. Ani. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ani> 2024.
- Anonim. Kars. <https://tr.pinterest.com/pin/56928382798031780/> 2024.
- Anonim. TS 10449: Mermer-kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü 1992; Ankara.
- Anonim. TS 11143: Traverten-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü 1993; Ankara.
- Anonim. TS 11443: Oniks mermeri- kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan tadil 1. Türk Standartları Enstitüsü 1994; Ankara.
- Anonim. TS 2824 EN 1338: Zemin döşemesi için beton kaplama blokları-gerekli şartlar ve deney metotları. Türk Standartları Enstitüsü 2005; Ankara.
- Anonim. TS EN 1097-6: Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 6: tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini, Türk Standartları Enstitüsü 2022; Ankara.
- Anonim. TS EN 12390-3: Beton-sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 3: deney numunelerinin basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2019; Ankara.
- Anonim. TS EN 12390-6: Beton-sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 6: deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2024; Ankara.
- Anonim. TS EN 12504-4: Yapılarda beton deneyleri- bölüm 4: ultrasonik atımlı dalga hızının tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2021; Ankara.
- Anonim. TS EN 13057: Beton yapılar- koruma ve tamir için mamul ve sistemler-deney metotları- kılcal su emmeye direncin tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2004; Ankara.
- Anonim. TS EN 1936: Doğal taşlar- deney yöntemleri- gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini. Türk Standartları Enstitüsü 2007; Ankara.

- Ayaz E., Karacan E. Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. *Jeoloji Mühendisliği* 2000; 24(1): 87-99.
- Brotons V., Tomás R., Ivorra S., Grediaga A., Martínez-Martínez J., Benavente D., Gómez-Heras M. Improved correlation between the static and dynamic elastic modulus of different types of rocks. *Materials and Structures* 2015; 49: 3021-3037.
- Chentout M., Alloul B., Rezouk A., Belhai D. Experimental study to evaluate the effect of travertine structure on the physical and mechanical properties of the material. *Arabian Journal of Geosciences* 2015; 8: 8975-8985.
- Çobanoğlu İ. Prediction and identification of capillary water absorption capacity of travertine dimension stone. *Arabian Journal of Geosciences* 2015; 8: 10135-10149.
- Demir BG., Özdoğan AK., Akbulut A. Türkiye'deki travertenlerin tarih, turizm, madencilik ve doğal taş ihracatı açısından değerlendirilmesi. *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi* 2023; 7(2): 291-302.
- Demirdağ S. The effect of using different polymer and cement based materials in pore filling applications on technical parameters of travertine stone. *Construction and Building Materials* 2009; 23(1): 522-530.
- Distelhorst G. The beauty of natural stone—elegant, enchanting, enduring and more affordable than ever before. *Architectural Record Continuing Education Series, Marble Institute of America Setting the Standards in the Natural Stone Industry* 2002.
- Doležel T., Drdácý M., Konvalinka P., Kopecký L. Experimental analysis of sandstone and travertine. *Acta Polytechnica* 2004; 44(5-6).
- Erdoğan Y. Engineering properties of Turkish travertines. *Scientific Research and Essay* 2011; 6(21): 4551-4566.
- Gürdal E. Özgünler AS. Tarihi yapıların onarımında doğal taş seçimi ve kullanımı. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi* 2016; 16: 27-35.
- Güroca Z., Alemdağ S. Pelte (Elazığ) bölgesindeki traverten ve oniks mermerlerin yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2009; 21(1): 85-94.
- Huertas BS. El travertino rojo de Mula, (Murcia) definición de un mármol local. *Región De Murcia* 2005; 141.
- Jackson MD., Marra F., Hay RL., Cawood C., Winkler EM. The Judicious selection and preservation of tuff and travertine building stone in ancient Rome. *Archaeometry* 2005; 47(3): 485-510.
- Kahraman E., Eser A. Elazığ bölgesi travertenlerinin kaplama taşı olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2015; 30(2): 243-253.
- Li T., Tang X., Xia J., Gong G., Xu Y., Li M. Investigation of mechanical strength, permeability, durability and environmental effects of pervious concrete from travertine waste material. *Construction and Building Materials* 2024; 426.



- Özdemir E. Farklı pH çözeltileri ve donma çözülmenin travertenlerin fiziko-mekanik özelliklerine birlikte etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021; 32: 1-6.
- Palchik V. Influence of porosity and elastic modulus on uniaxial compressive strength in soft brittle porous sandstones. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 1999; 32: 303-309.
- Pentecost A. *Travertine*. Springer 2005.
- Süer M., Yakar, F. Alaşehir (Manisa) bölgesi traverten atıklarının yol alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilirliğinin araştırılması. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 2020; 8(2): 388-395.
- Török Á., Vásárhelyi B. The influence of fabric and water content on selected rock mechanical parameters of travertine, examples from Hungary. *Engineering Geology* 2010; 115(3-4): 237-245.