

Yüksek Sıcaklığın Doğal Taşların Petrografik, Parlaklık ve Pürüzlülük Özelliklerine Etkisi

Zehra Funda TÜRK MENOĞLU^{*1}, Ali ÖZVAN², Elif ERDEVE ÖZVAN³,
Mehmet TÜRK MENOĞLU⁴, İsmail AKKAYA⁵, Ogün Ozan VAROL⁶,
Mucip TAPAN⁷, Esma KAHRAMAN⁸

^{1,4,6} Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van
^{2,3} Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van
⁵ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Van
⁷ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van
⁸ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 27.11.2020

Kabul tarihi: 30.12.2020

Öz

Doğal taşlar binalarda genellikle yapı ve kaplama taşı olarak kullanılmaktadırlar. Yangın gibi dış etkenler binalara hem yapısal hem de estetik açıdan geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Yüksek sıcaklıklar doğal taşın yüzey ve içyapı özelliklerinde hasara neden olabilmektedirler. Doğal taşların bu hasardan etkilenme derecelerinin önceden bilinmesi kullanım yerinin seçilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada, yüksek sıcaklığın doğal taşların iç yapısı, parlaklık ve pürüzlülük özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, doğal taş numuneleri 100°C ile 900°C arasındaki sıcaklıklara ısıtılarak bu sıcaklıklarda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra doğal taş numunelerinin petrografik, yüzey parlaklık ve yüzey pürüzlülük özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, yüksek sıcaklığın (700°C ve üzeri) doğal taşların mineralojik yapısında bozulmalara neden olmasından dolayı numunelerin parlaklık değerlerinde azalış ve pürüzlülük değerlerinde artış gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal taşlar, Yüksek sıcaklık, Petrografik özellik, Parlaklık, Pürüzlülük

The Influence of High Temperature on the Petrographical, Gloss and Roughness Properties of Natural Stones

Abstract

Natural stones are generally used in buildings as building and covering stones. External factors such as fire cause irreversible damage to buildings both structurally and aesthetically. High temperatures can

* Sorumlu yazar (Corresponding author): Zehra Funda TÜRK MENOĞLU, fundaturkmenoglu@yyu.edu.tr

cause damage to the surface and microstructure of natural stone. It is important to know the degree of damage of natural stones in advance in terms of choosing the place of use. In this study, the effects of high temperature on the petrographical, gloss and roughness of natural stones were investigated. To this end, natural stone samples were heated between 100°C and 900°C temperatures and kept for 1 hour at these temperatures. Then, the petrographical, gloss and roughness properties of natural stone samples were determined. As a result, a decrease in the gloss values and an increase in the roughness values of the samples were observed due to the deterioration of the mineralogical structure of natural stones at 700°C and above temperatures.

Keywords: Natural stones, High temperature, Petrographical properties, Gloss, Roughness

1. GİRİŞ

Doğal taşlar binalar, köprüler ve tüneller gibi birçok yapıda yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal taşlar yangın gibi yüksek sıcaklık etkilerine maruz kaldıklarında hasar görürler. Yüksek sıcaklığa maruziyet doğal taşın fiziksel, kimyasal, mekanik ve içyapı özelliklerinde bozulmaya neden olur [1,2]. Yüksek sıcaklıklara maruz kalan mermerlerde bir dizi mikro çatlak oluşumu, parçalanma ve renk değişimi gibi değişiklikler meydana gelir. Bunlardan başka kayacın mineralojik yapı ve yüzey doku özellikleri de yüksek sıcaklıktan etkilenir. Doğal taşlar ısı gibi dış etkilere maruz kaldıklarında kristal tanelerinin sınır boylarında gerçekleşen genleşme taşın petrografik dokusunun bozulmasına neden olur [3]. Mermer ısıtıldığında, mineral taneleri arasındaki farklı termal özellikler nedeniyle, düzensiz termal gerilmeler gelişir [4]. Mineral tanelerinin termal gerilmeleri belirli bir sınırı aştığında ise taneler arasında çatlak meydana gelir. Sıcaklığın artması hem çatlak sayılarını artırır hem de taneler arası çatlakları genişletir, bu da kayacın mekanik özelliklerinin sürekli olarak zayıflamasına neden olur. Sıcaklık 600°C'nin üzerine çıktığında, çok sayıda kristaller arası çatlakların başlamasıyla birlikte taneler arası çatlaklar yayılır. Kalsit ve dolomit gibi ana mineraller 800°C'de daha dramatik bir şekilde ayrışır. Mermer, mekanik özelliklerin daha da kötüleşmesine yol açan geri dönüşü olmayan termal hasarlar oluşur [5-9]. Petrografik doku dışında taşın yüzey özellikleri de sıcaklık etkisi ile değişikliğe uğrar. Genellikle bir doğal taşın pazarlanmasında yüzey parlaklık ve pürüzlülük değerinin yüksek olması tercih edilir.

Bu amaçla da doğal taşlar piyasaya sunulmadan önce cilalama işlemine tabi tutularak yüzey kalite özellikleri iyileştirilir. Yüzey parlaklık ölçümü genellikle mermer plakalarının cilalama işlemi sonrasında yüzey kalitesini belirlemek amacıyla yapılan bir kalite kontrol parametresidir. Parlaklık tanım olarak bir yüzeye gelen ışın yoğunluğunun, yüzeyden yansıyan ışın yoğunluğuna oranıdır. Malzemenin yüzey özelliği ile ışığın yansıma kabiliyeti arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Yüzeyi pürüzlü olan malzemelerde ışık düzgün bir şekilde yansımadığından yüzey parlaklık değeri de azdır. Bunun aksine pürüzsüz yüzeylerde gelen ışın, yönünü geldiği açı ile tamamen değiştirir ve yüksek parlaklık değeri elde edilir [7]. Doğal taşların parlaklık özelliği gibi pürüzlülük özelliği de önemli bir kalite kontrol parametresidir. Yüzey pürüzlülüğü, genellikle pürüzlülük olarak kısaltılan, yüzey dokusunun bir bileşenidir. Gerçek bir yüzeyin ideal biçiminden normal vektörü yönündeki sapmalar ile ölçülür. Bu sapmalar büyükse, yüzey pürüzlüdür eğer sapmalar küçükse yüzey pürüzsüzdür. Literatür çalışmaları incelendiğinde, yüksek sıcaklıkların doğal taş özelliklerine olan etkilerinin belirlendiği birçok çalışma olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların büyük çoğunluğunda yüksek sıcaklığın taşın mekanik özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır [8-11]. Ancak, yüksek sıcaklığın doğal taşların mikroyapı, yüzey parlaklık ve pürüzlülük gibi özelliklerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır [12-20]. Chakrabarti ve arkadaşları [1] yaptıkları çalışmada yangının doğal taşın fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisini araştırmıştır. Sıcaklık artışının mermerlerin fiziksel ve mekanik

özelliklerini olumsuz yönde etkilediği ve mermerlerde ufalanma, parçalanma ve dayanım kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Özgüven ve Özçelik [9], çalışmalarında kireçtaşı ve mermerleri oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar değişen yüksek sıcaklıklara maruz bırakmışlardır. Çalışma sonunda 600°C'ye kadar doğal taşlarda renk değişimi ve hasarın çok az oranda olduğunu belirtmişlerdir. Şengün, [11] karbonatlı kayaçların yüksek sıcaklık etkisini araştırdığı çalışmada. 300°C gibi düşük sıcaklıkların kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin çok sınırlı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca. 600°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kayaçların gözeneklilik değerlerinde artış olurken dayanım ve ultrases geçiş hızı gibi özelliklerinde ise azalış olduğunu belirlemiştir. Gomez ve arkadaşları [15] çalışmalarında yüksek sıcaklığın kireçtaşlarının kimyasal bileşim, mikroyapı ve gözeneklilik özelliğine olan etkilerini araştırmışlardır. Sıcaklık değişimlerinin kireçtaşlarının içsel özelliklerini etkileyerek kayaç içinde yeni kırılmalara ve mikro çatlaklara neden olduğunu ve ayrıca sıcaklığın kireçtaşlarında renk değişikliğe sebep olduğunu belirlemiştir. Kireçtaşlarının içerisinde bulunan az miktarda demirli mineralin bile oksitlenmeden dolayı önemli renk değişikliklerine neden olduğunu belirtmişlerdir. Erdoğan [16] yaptığı çalışmada kayaçların yüzey parlaklık değerinin olumsuz yönde etkilenmesine porozite, farklı kristal sınırları, mikro çatlaklardaki dolgular, kristal yönelme ve kesme düzlemi arasındaki eğiklik gibi parametrelerin etki ettiğini bildirmiştir. Bu çalışmada, inşaat ve yapı malzemeleri alanında yaygın olarak kullanılan kireçtaşı kökenli doğal taşların yüksek sıcaklık etkisi sonrası petrografik yapı, parlaklık ve pürüzlülük özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir.

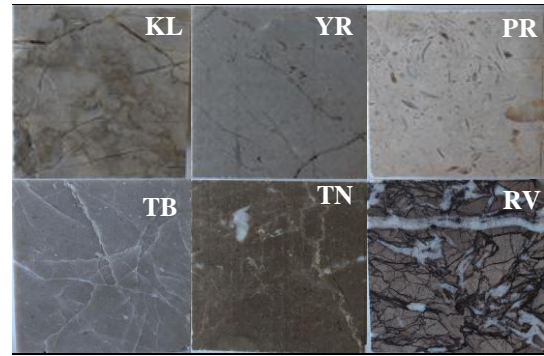
2. MATERYAL ve METOD

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Doğal Taşlar

Çalışmada, Van yöresinde bulunan bir mermer işletmesinden temin edilen altı farklı doğal taş

numunesi kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda, 5x5x2 cm ebatlarında prizma şeklinde numuneler kullanılmıştır. Numunelerin ticari isimleri sırasıyla Kalecik (KL), Yarımiş (YR), Pervari (PR), Tamara Bej (TB), Tamara Brown (TN) ve Roza Vera (RV)'dir. Yüksek sıcaklık deneylerinde kullanılan doğal taş numunelerine ait görünüm Şekil 1'de verilmiştir.

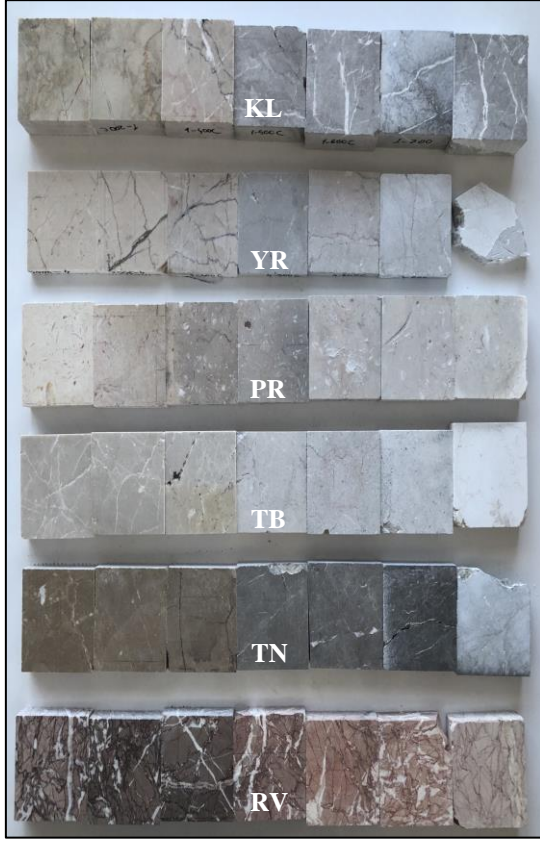


Şekil 1. Doğal taş numunelerine ait görünüm

2.2. Metod

2.2.1. Yüksek Sıcaklık Deneyi

Doğal taşlar, yangın gibi etkilere maruz kalabilirler. Sıcaklık değişiminin doğal taş özelliklerine olan etkilerini belirlemek için, genellikle laboratuvar ortamında yangın simülasyon deneyleri gerçekleştirilmektedir. Yangın sırasında sıcaklığın 1200°C'ye kadar çıktığı bilinmektedir [22,23]. Bu çalışmada, yangın sırasında sıcaklığın maksimum 900°C'ye kadar çıktığı ve bir saat sürdüğü varsayılmıştır. Doğal taş numuneleri laboratuvarında fırın içerisinde 100°C ile 900°C arasındaki sıcaklıklarda bir saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra numuneler fırından çıkarılarak desikatör içerisinde soğutulmuştur. Soğuyan numunelerin parlaklık ve pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Deneylerde, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunan Protherm Marka bir kül fırını kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık deneyi sonrası doğal taş numunelerine ait görünüm Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yüksek sıcaklık deneyi sonrası numuneler

2.2.2. Petrografik Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında farklı sıcaklık uygulanmış doğal taş numunelerinin polarizan mikroskop yöntemi yardımıyla petrografik özellikleri incelenmiştir. Petrografik analizlerde TS EN 12407 [25] standardından yararlanılmıştır.

2.2.3. Yüzey Parlaklık Ölçümü

Çalışmada kullanılan doğal taş numunelerinin yüzeylerinde yüzey parlaklık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Parlaklık ölçümleri PCE-GM100 marka bir parlaklık ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Parlaklık ölçümleri için 5x5x2 cm ebatlarında numuneler kullanılmış ve her plaka yüzeyinden 3 adet okuma yapılmıştır. Bu çalışmada 60°'lik ölçüm açısı kullanılmıştır. Doğal

taş numunelerine ait yüzey parlaklık ölçüm görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Yüzey parlaklık değeri ölçümü

2.2.4. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Doğal taşın yüzeyindeki mikro ölçekteki yükselti değişiminin belirlenmesi amacıyla yüzey pürüzlülük ölçümü yapılmıştır. Doğal taş numunelerinin pürüzlülük ölçümlerinin belirlenmesinde Ra, Rq ve Rz parametrelerini ölçebilen PCE-RT11 marka bir pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ra parametresi doğal taş kalite kontrolünde (aritmetik ortalama yüksekliği) en sık kullanılan uluslararası pürüzlülük parametresidir. Rq (karekök ortalama pürüzlülüğü) parametresi yüzey yükseklikleri dağılımının standart sapmasını göstermektedir. Rz parametresi ise, ölçülen yüzeydeki en yüksek beş nokta değeri toplamının en düşük beş nokta değeri toplamının ortalamasıyla elde edilen sayıdır. Yüzey pürüzlülük değeri ölçümü yapılan numunelere ait görünüm Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Yüzey pürüzlülük değeri ölçümü


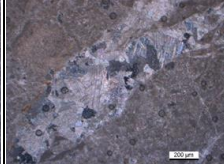
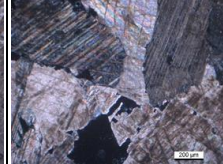
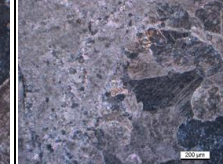
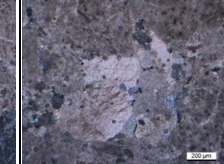
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Petrografik Analiz Sonuçları

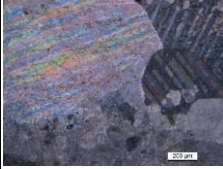
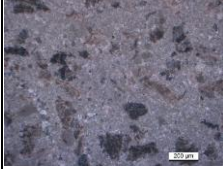
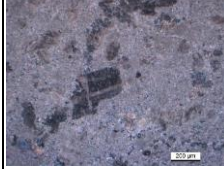
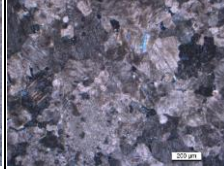
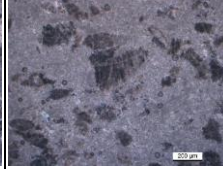
Petrografik analizler, 200°C, 600°C, 700°C, 800°C ve 900°C sıcaklığa maruz kalmış doğal taş

numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yüksek sıcaklıklara maruz kalmış doğal taş numunelerine ait petrografik tanımlama ve ince kesit görüntüleri Çizelge 1 ile Çizelge 6 arasında verilmiştir. Petrografik analizler neticesinde tüm kireçtaşı numunelerinin ana bileşeninin kalsit olduğu tespit edilmiştir. Petrografik analizler neticesinde tüm kireçtaşı numunelerinin ana bileşeninin kalsit olduğu tespit edilmiştir. Petrografik incelemeler neticesinde, genel olarak 700°C sıcaklıktan itibaren tüm numunelerde kalsit kristallerinde irileşme ve granoblastik doku oluşumu görülmüştür. Bu da kireçtaşı numunelerinde rekristalizasyonun başladığını göstermektedir. Ayrıca, tüm numunelerin hamur renginde koyulaşma ve fosil izlerinde değişim gözlenmiştir. 800°C sıcaklıkta ise tüm numunelerin içindeki fosil kavkuların büyük oranda yok olduğu ve kalsit mineralinde bozulma olduğu tespit edilmiştir. 900°C sıcaklık sonrasında ise tüm numunelerde kalsit kristallerinin kaybolduğu ve karbonatlı yapının tamamen altere olduğu gözlenmiştir.



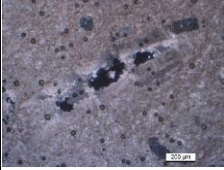

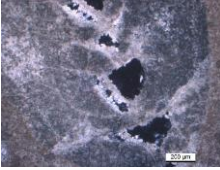
Çizelge 1. Kalecik numunesine ait petrografik analiz

200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
Kayacın hamuru karbonat matrikslidir. Çatlaklar içerisinde kalsit dolgular ve fosil kavkuları net olarak gözlenmektedir.	Kayacın hamurundaki karbonat matriksi irileşmiş olup. çatlaklardaki kalsit dolguları ve fosil kavkular ilksel varlığını korumuştur.	Hamurdaki kalsitler irileşmiş ve granoblastik doku oluşturmuştur. Rekristalizasyon başlamıştır. Çatlaklar içerisinde kalsit dolgular korunmakta ancak sıcaklık artışıyla birlikte fosil kavkular varlığını kaybetmeye başlamıştır	Kayacın hamuru içerisindeki kalsit dolgular irileşmiş ve rekristalizasyon belirgin hale gelmiştir. Fosil kavkular büyük oranda gözlenmemektedir.	Çatlaklarda kalsit dolgular varlığını korurken. rekristalizasyon mevcuttur. Fosil kavkular ise yok olmuştur.

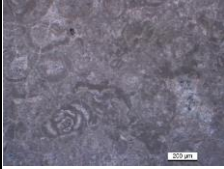

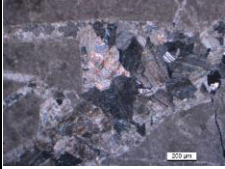
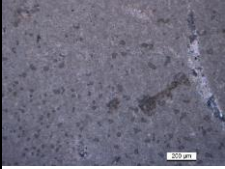
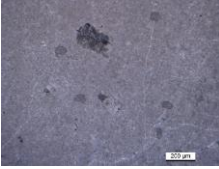
Çizelge 2. Yarımiş numunesine ait petrografik analiz

200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
<p>Kayacın doğal yapısında kısmen rekristalizasyon mevcut iken çatlaklarda iri kalsit dolguları gözlenmektedir. Fosil kavkuları ise gözlenmemektedir.</p>	<p>Kayacın doğal yapısında çok ciddi değişim gözlenmemektedir. Kayaç içerisinde fosil kavkılar gözlenmemektedir.</p>	<p>Genel olarak bir değişim görülmemiştir aynı zamanda kalsit ve kalsit dolguları mevcuttur.</p>	<p>Hamurda gözlenen kalsitler sıcaklık artışıyla birlikte irileşmiş iken granoblastik dokuya doğru geçiş görülmektedir.</p>	<p>Kalsit kristallerinde renk değişimleri başlamış ve aynı zamanda dilinim izleri ovalleşmiştir. Kalsitin dıştan içe doğru girişim rengi, 4. diziden (parlak. Canlı, pastel tonlar), 2. diziye (donuk ve mat tonlar) geçiş göstermiştir.</p>


Çizelge 3. Pervari numunesine ait petrografik analiz

200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
<p>Hamuru karbonattan oluşmaktadır. İri ve bol fosilli bir örnek olup kalsit kristalleri nummulite fosilini içermektedir.</p>	<p>Nummulite fosilleri kısmen korunmakta ancak kavkularında renk değişimleri başlamıştır.</p>	<p>Hamurun genel görünümünde koyulaşma hakimdir. Halen fosil kavkuları görülürken fosiller parçalanmış, renk değişimine uğramış, miktarca azalmış ve iriliğini kaybetmiştir.</p>	<p>Fosil kavkılar ovalleşmeye doğru eğilim gösterirken, 700 °C'de gözlenen özellikler varlığını korumaktadır.</p>	<p>Örneğin genel fiziki özelliklerinde değişim geliştiği gözlenmekte ve ayrıca, fosil kavkularında ise daha fazla merkezden kırılma gözlenmektedir.</p>

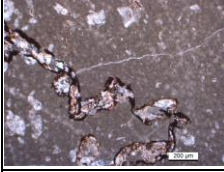
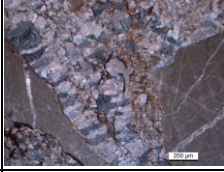

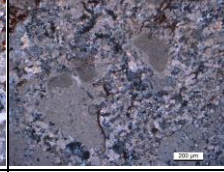
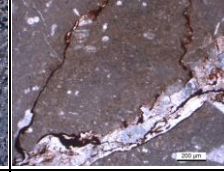
Çizelge 4. Tamara Bej numunesine ait petrografik analiz

200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
Hamurda karbonat matriksi görülmekte ve küçük kalsit kristalleri mevcuttur. Çatlaklar az da olsa kalsit dolgusu içermektedir.	Hamurda ciddi bir değişim gözlenmemektedir. Ancak fosil kavkuları şekil değişikliğine uğramaya başlamıştır.	Çatlaklarda kalsit dolgusu mevcut iken kalsit kristalleri irileşmiş ve granoblastik yapı oluşmaya başlamıştır. Fosil kavkuları varlığını kaybetmeye yüz tutmuştur.	Örnek tamamen karbonat matriksinden oluşmaya başlamış ve çatlaklarda kalsit kristalleri oldukça azalmıştır. Kalsitlerde dilinim izleri net olmayıp bozunmaya uğramış, rengi 4.diziden 3.diziye geçiş göstermiştir.	Örnek tamamen hamurdan oluşmuştur. Bünyesinde çok küçük kalsit kristalleri bulunurken bozunmaya uğramış, fosiller ise tamamen yok olmuştur.

Çizelge 5. Tamara Brown numunesine ait petrografik analiz

200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
Hamur karbonat matriksli olup bünyesinde kalsit kristalleri bulunmaktadır. Örnek bol fosilli olup Tamara bej örneğine göre farklı fosil kavkuları mevcuttur.	Hamurda kalsit kristallenmesi artmakta ve kalsitler irileşmektedir. Aynı zamanda kalsit dolgular ve fosil kavkılar gözlenmektedir.	Hamur karbonatlı yapıdadır. Fosil kavkılar fiziksel olarak değişime uğramış ve netliğini kaybetmeye başlamıştır. Ancak bazı fosil kavkuları halen ilksel şeklini korumaktadır.	Hamur bu sıcaklıkta biraz daha kalsitten arınmış ve kahverengiye dönüşmeye başlamış olup çatlaklarda kalsit dolgusu görülürken bazı fosiller korunmaktadır.	Hamur yapısı tamamen bozunmuş ve kahverengi görünüm belirginleşmiştir. Fosil kavkılar ise yüksek sıcaklığa rağmen varlığını korumuş ancak fiziki şekilleri ciddi değişime uğramıştır.

Çizelge 6. Roza Vera numunesine ait petrografik analiz

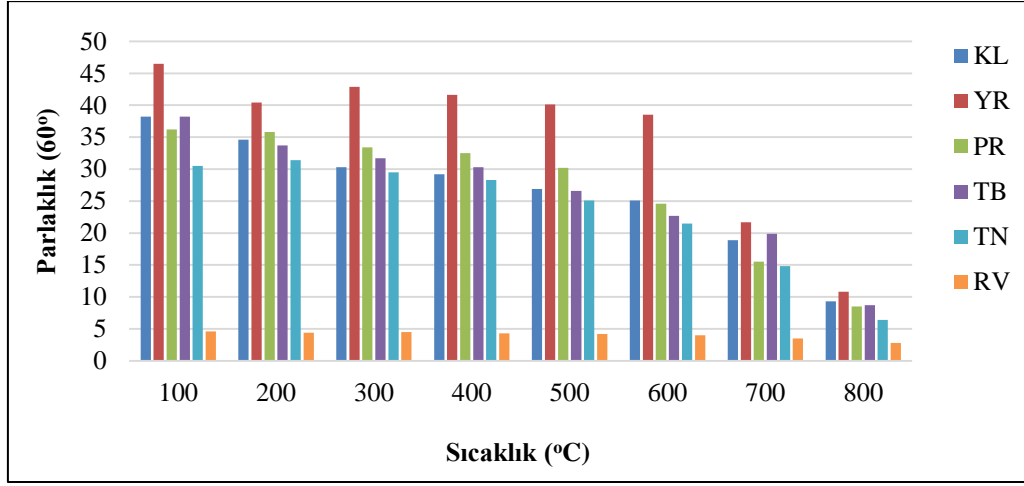
200°C	600°C	700°C	800°C	900°C
				
<p>Petrografik adı kireçtaşı mermeridir. Bol çatlaklı olup çatlaklarda kalsit ve demir oksitler bulunmaktadır. Hamur, ince taneli ve karbonat-kil? katkıdır. Hamurun içinde irili ufaklı kalsit kristalleri mevcuttur.</p>	<p>Çatlaklardaki kalsitler irileşerek granoblastik yapıya dönüşmektedir ve 200°C'deki örnek ile hemen hemen aynı özellikler gözlenmektedir.</p>	<p>Hamurda biraz daha kalsit kristalleri belirginleşmiştir. Çatlaklardaki kalsit kristalleri 600°C sıcaklıktaki örnek ile aynı düzeydedir.</p>	<p>Hamurda killeşmeler (kil minerallerinin bozulması) gözlenmekte ve kalsit kristalleri irileşmektedir. Demir oksit hala mevcuttur.</p>	<p>Hamurda kalsit kristalleri hala mevcuttur fakat karbonatlı yapı tamamen altere olmuş ve killeşmiştir. Damarlarda yer alan kalsit ve demir oksit hakimiyetini korumaktadır.</p>

3.2.Yüzey Parlaklık Ölçüm Sonuçları

Doğal taş numunelerine ait yüzey parlaklık ölçüm sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Bu çalışmada, parlaklık okuma değerleri için 60°'lik ölçüm açısı kullanılmıştır. Yüzey parlaklık ölçüm sonuçları incelendiğinde, tüm numunelerin sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey parlaklık değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Parlaklık değerlerinde en fazla düşüşün olduğu sıcaklık 700 C'dir. Bu sıcaklıktan itibaren kalsit mineralinin yapısının hızla bozulduğu ve taşın yüzey parlaklık değerinde azalışa neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, RV numunesi en düşük parlaklık değerine sahip olan numunedir. Bu numune diğerlerine kıyasla farklı mineralojik bileşenlere sahiptir ve içeriğinde kalsit minerali dışında mineral (demir) içermektedir. Gürcan ve arkadaşları [19] ana mineral kalsitin dışında biyotit gibi demirce zengin minerallerin varlığının taşların yüzey parlaklık özelliğini azalttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 7. Yüzey parlaklık ölçüm sonuçları

°C	Parlaklık (60°)					
	KL	YR	PR	TB	TN	RV
100	38,2	46,5	36,2	38,2	30,5	4,5
200	34,6	40,4	35,8	33,7	31,4	4,6
300	30,3	42,9	33,4	31,7	29,5	4,4
400	29,2	41,6	32,5	30,3	28,3	4,2
500	26,9	40,1	30,2	26,6	25,1	4,5
600	25,1	38,5	24,6	22,7	21,5	4,0
700	18,9	21,7	15,5	19,9	14,8	3,5
800	9,3	10,8	8,5	8,7	6,4	2,8
900	-	-	-	-	-	-



Şekil 7. Yüksek sıcaklık ve parlaklık değişimleri

3.3. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları

Doğal taş numunelerine ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

Ölçüm sonuçları incelendiğinde 100°C ile 600°C sıcaklıklar için pürüzlülük değerleri arasında doğrusal bir ilişki gözlenmemiştir. Numunelerin

Ra pürüzlülük değerleri 600°C’ye kadar 0,05 µm ile 0,15 µm arasındadır. 700°C ve üzerindeki sıcaklıklarda tüm numunelerin pürüzlülük değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Bunun nedeni çatlak oluşumunun artması ve kristal kararlılığın azalması olabilir. Ayrıca, 900°C sıcaklıkta doğal taşlarda bozunma fazla

Çizelge 8. Yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

		Sıcaklık (°C)								
		100	200	300	400	500	600	700	800	900
KL	Ra	0,08	0,10	0,12	0,13	0,11	0,13	0,18	0,20	-
	Rq	0,10	0,12	0,13	0,16	0,11	0,14	0,17	0,24	-
	Rz	0,55	0,61	0,65	0,65	0,64	0,58	0,70	0,85	-
YR	Ra	0,05	0,09	0,12	0,11	0,14	0,13	0,15	0,16	-
	Rq	0,12	0,15	0,15	0,24	0,17	0,11	0,35	0,09	-
	Rz	0,45	0,56	0,60	0,62	0,57	0,47	0,68	0,39	-
PR	Ra	0,07	0,09	0,14	0,11	0,13	0,12	0,16	0,19	-
	Rq	0,10	0,13	0,18	0,14	0,19	0,21	0,19	0,23	-
	Rz	0,52	0,64	0,70	0,68	0,78	0,75	0,82	0,88	-
TB	Ra	0,10	0,11	0,12	0,14	0,10	0,14	0,15	0,17	-
	Rq	0,14	0,18	0,20	0,20	0,17	0,15	0,23	0,32	-
	Rz	0,58	0,79	0,75	0,77	0,72	0,62	0,84	0,86	-
TN	Ra	0,08	0,10	0,09	0,12	0,13	0,14	0,17	0,19	-
	Rq	0,08	0,16	0,32	0,20	0,18	0,24	0,25	0,30	-
	Rz	0,50	0,75	0,60	0,68	0,74	0,76	0,79	0,80	-
RV	Ra	0,12	0,13	0,12	0,14	0,15	0,15	0,21	0,25	-
	Rq	0,16	0,20	0,24	0,21	0,18	0,11	0,18	0,20	-
	Rz	0,65	0,75	0,88	0,87	0,80	0,86	0,87	0,91	-

olduğundan dolayı pürüzlülük değeri ölçülemedi. RV numunesinin pürüzlülük değerleri diğer numunelere kıyasla fazladır. RV numunesi içerisinde kalsit minerali dışında ikincil koyu renkli (demir minerali) mineral bulunmaktadır. Demir mineralinin varlığı ve kayaç içerisindeki dağılım ve oranının pürüzlülük değerininin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklığın doğal taş pürüzlülük özelliklerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda sıcaklığın minerallerin genişmesine neden olarak kayaçta mikro çatlak oluşumunu artırdığı ve mineral ayrılmasına yol açtığı belirtilmiştir [14,22].

4. SONUÇLAR

Yüksek sıcaklığın doğal taşların petrografik, parlaklık ve pürüzlülük özelliklerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmanın sonuçlarından elde edilen verilere göre;

- Genel olarak, tüm numunelerde 700°C sıcaklıktan itibaren kalsit kristallerinde irileşme ve granoblastik dokuya geçiş görülmüştür. Bu olay numunelerde rekristalizasyon olayının başladığının göstergesidir. Ayrıca fosil izlerinde değişim ve fosil miktarında azalma olduğu gözlenmiştir. 800°C sıcaklıkta ise tüm numunelerde fosil kavkuların büyük oranda yok olduğu ve kalsit kristalinde bozulma olduğu tespit edilmiştir. 900°C sıcaklık sonrasında ise tüm numunelerde kalsit kristallerinin kaybolduğu ve karbonatlı yapının tamamen altere olduğu gözlenmiştir.
- Tüm numunelerin yüzey parlaklık değerlerinin sıcaklık artışıyla birlikte azaldığı ve bu azalışın özellikle 700°C sıcaklıktan itibaren belirginleştiği gözlenmiştir. Bunun nedeni kalsit mineralinin yapısında bu sıcaklıktan itibaren bozulmanın daha fazla gerçekleşmesidir. Ayrıca, numuneler arasında en düşük parlaklık değeri RV numunesine aittir. Bu numune kalsit minerali dışında mineral (demir) içermektedir. Demir minerali varlığının doğal taş numunelerinin parlaklık değerini azalttığı düşünülmektedir.

- Yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları incelendiğinde 700 °C sıcaklıktan itibaren tüm numunelerde belirgin bir şekilde pürüzlülük artışı gözlenmiştir. Bunun nedeni, sıcaklıkla birlikte minerallerin genişmeye uğraması ve dolayısıyla da numunelerde mikro çatlak oluşumunun artmasıdır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2018-6808 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Chakrabarti, B., Yates, T., Lewry, A., 1996. Effect of Fire Damage on Natural Stonework in Buildings. *Construction and Building Materials*, 10 (7), 539-544.
2. Dong, Z., Sun, Q., Ye, J., Zhan, W., 2020. Changes in Color and Roughness of Red Sandstone at High Temperatures, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 79, 1959-1966.
3. Sanmartín, P., Siva, B., Prieto, B., 2011. Effect of Surface Finish on Roughness, Color and Gloss of Ornamental Granites, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 1239-1248.
4. Zhang, W, Sun, Q., Zhu, S., Wang, B., 2017. Experimental Study on Mechanical and Porous Characteristics of Limestone Affected by High Temperature, *Applied Thermal Engineering*, 110, 356-362.
5. Kılıç, O., 2006. The Influence of High Temperatures on Limestone P Wave Velocity and Schmidt Hammer Strength, *Technical note, International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences*, 43, 980-986.
6. Guo, Q., Su, H., Li, J., Yin, Q., Jing, H., Yu, L., 2020. An Experimental Study on the Fracture Behaviors of Marble Specimens Subjected to High Temperature Treatment, *Engineering Fracture Mechanics*, 225, 106862.
7. Sarı, D., Yavuz, H., 2001. Mermer Parlaklığının Nicel Tanımı. *Türkiye III.*

- Mermer Sempozyumu (MERSEM '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001/Afyon.
8. Kılıç, Ö., 2014. Application of Ultrasonic Velocity Measurement and Thermal Analysis for Determination of Limestone Quality, Physical Problem of Mineral Processing 50, 525-533.
 9. Ozguven, A., Ozcelik, Y., 2013. Investigation of Some Property Changes of Natural Building Stones Exposed to Fire and High Heat, Constr. Build. Mater. 38, 813-821.
 10. Kılıç, O., 2006. Effects of Limestone Characteristics Properties of Calcination Temperature on Lime Quality, Asian Journal of Chemistry, 18(1), 655-666.
 11. Sengun, N., 2014. Influence of Thermal Damage on The Physical and Mechanical Properties of Carbonate Rocks, Arab J Geosci., 5543-5551.
 12. Kompanikova, Z., Heras, M.G., Michnova, J., Durmekova, T., Vlcko, J., 2014. Sandstone Alterations Triggered by Fire-Related Temperatures, Environ Earth Sci., 72, 2569-2581 DOI 10.1007/s12665-014-3164.
 13. Biró, A., Hlavicka, V., Lubló, E., 2019. Effect of Fire-Related Temperatures on Natural Stones, Construction and Building Materials, 212, 92-101.
 14. Vazquez, P., Acuña, M., Benavente, D., Gibeaux, S., Navarro, I., Heras, M.G., 2016. Evolution of Surface Properties Of Ornamental Granitoids Exposed To High Temperatures, Construction and Building Materials 104 (1), 264-275.
 15. Gómez, W.S.G., Quintana, P., Pat, A.M., Avilés, F., Crespoa, J.M., Gil, J.J.A., 2015. Thermal Effects on the Physical Properties of Limestones from the Yucatan Peninsula. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 75, 182-189.
 16. Erdogan, M., 2000. Measurement of Polished Rock Surface Brightness by Image Analysis Method, Engineering Geology, 57, 65-72.
 17. Heras, M.G., Vazquez, P., Carrizo, L., For, R., Alonso, F.J., 2010. Effects of High Temperatures in Building Granites: Micro-Cracking Patterns and Ultrasound Velocity Attenuation, Geologica Balcanica, 39(1-2), 138.
 18. Cevheroğlu, S., Dağ, A., Karakuş, A., 2018. Investigation of the Effects of Marble Material Properties on the Surface Quality, Advances in Materials Science and Engineering, 4, 1-7.
 19. Gürçan, S., Goktan, R.M., Yıldız, A., 2014. Effect of Mineralogical and Microstructural Properties on Surface Roughness and Gloss of Some Ornamental Marbles Subjected to Polishing Process, X-Ray Spectrometry, 43, 70-78.
 20. Hajpál, M., 2006. Thermal Stresses. In Fracture and Failure of Natural Building Stones. Springer, Netherlands, 439-445.
 21. Karaca, Z., 2012. Relationship Between The Mechanical Properties and The Surface Roughness of Marble, International Journal of Materials Research, 103 (5), 633-637.
 22. Öcal, A.D., Dal, M., 2012. Doğal Taşlardaki Bozunmalar, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, Muka Matbaası.
 23. Allison, R.J., Bristow, G.E., 1999. The Effects of Fire on Rock Weathering: Some Further Considerations of Laboratory Experimental Simulation, Earth Surface Processes and Landforms, 24(8), 707-713.
 24. Goudie, A.S., Allison, R.J., McLaren, S.J., 1992. The Relations Between Modulus of Elasticity and Temperature in the Context of The Experimental Simulation of Rock Weathering by Fire, Earth Surface Processes and Landforms, 17, 605-615.
 25. TS EN 12407, 2019. Doğal taşlar-Deney yöntemleri-Petrografik inceleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

