



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 4, Temmuz/July-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Mermerlerin parlatılmasında mineralojik özelliklerin etkisi

*Sevgi GÜRCAN, Ahmet YILDIZ, R. Mete GÖKTAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü AFYONKARAHİSAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü AFYONKARAHİSAR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü ESKİŞEHİR

ÖZET

Bu çalışma, mermerlerin parlatılabilirlik özellikleri üzerine mineralojik özelliklerin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, ticari olarak üretimi yapılan üç adet mermer örneği kullanılmıştır. Polarizan mikroskop, taramalı elektron mikroskop (SEM) ve x-ışınları difraktometresi (XRD) analizleri yardımıyla mermer örneklerinin mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, kimyasal analizleri yapılmıştır. Parlatma deneyleri, 60x30x2cm boyutlarındaki mermer örneklerinde aynı abrasiv serisi, sabit bant hızı ve kafa basıncında laboratuvar ölçekli cila makinesinde yapılmıştır. Parlatılmış örnekler üzerinde pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Parlatma deneyleri sonucunda, azalan abrasiv serisine bağlı olarak pürüzlülüğün azaldığı ve parlaklığın arttığı gözlenmiştir. Mermer örneklerde bulunan karbonat dışı minerallerin ve bunların dağılımlarının pürüzlülük ve parlaklık özelliklerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Mineralojik özellik,
Parlaklık,
Pürüzlülük

THE effects of mineralogical features on the marble polishing process

ABSTRACT

In this study, polishing properties of marble have been investigated to determine the effects of mineralogical features. To achieve this goal, three different marble samples commercially available in the market were studied. Mineralogical-petrographical properties were determined by polarizing microscope, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffractometer (XRD) analysis. Besides, chemical characteristics of the samples were determined. Using a laboratory-scale polishing machine, polishing experiments were applied under constant band speed, abrasive head pressure and abrasive head rotation for samples having 60x30x2cm dimension. Roughness and brightness measurements were carried out on pre-determined surfaces of the marble samples. Polishing experiments showed that, with a few exceptions, brightness increased with decreasing roughness. It was also concluded that the amount of non-carbonate minerals present in the samples, as well as their distribution, greatly affected brightness and roughness properties of the tested marble varieties.

Key Words:

Mineralogical features,
Brightness,
Roughness

1.Giriş

Mermer sektörü Türkiye’de son yirmi yılda önemli gelişmeler göstermiş, özellikle 90’lı yıllardan itibaren çok hızlı bir gelişme trendi yakalayıp, üretim potansiyeli, ihracat ve istihdam açısından ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamıştır. Türkiye’nin işlenmiş mermer ihracatı sürekli artmakta birlikte, uluslararası piyasada henüz istenilen seviyeye ulaşmadığı görülmektedir.

Mermerlerin işlenmesinde parlatma işlemi, birim maliyetin %40’ı oranında bir paya sahiptir [1]. Özellikle uygun makine parametrelerinin belirlenmesi, abrasiv serilerinin taşa uygun seçilmesi ve mermerlerin fiziko-mekanik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin tanımlanması ile parlatmadaki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabilmesi bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda; makinenin bant hızı, abrasiv kafalara uygulanan basınç, abrasiv kafaların devir hızları gibi parametreler tanımlanarak, farklı mermer gruplarında parlaklık ve pürüzlülük değerleri elde edilmiştir [2-5].

Yine, makine parametreleri her mermer için optimize edilmemiş, çalışmalar genellikle farklı abrasiv serilerinde, bant hızında ve kafa basınçlarında yürütülmüştür [6]. Bunun yanı sıra, kayaç yapılarına ilişkin olarak sadece mineralojik özellikler tanımlanmış, kayaçta farklı minerallerin varlığı ve bu minerallerin boyut dağılımının parlaklık ve pürüzlülüğe etkisi incelenmemiştir [7,8]. Bu nedenle, aynı abrasiv serisinde, sabit bant hızı ve kafa basıncında farklı mermer türlerinin parlatma performanslarını belirlemeye yönelik çalışmaların yapılması oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, mermerlerin parlatılmasında yararlı olacağı düşüncesiyle, metamorfik kökenli mermerlerden seçilen örneklerin mineralojik ve petrografik özellikleri araştırılarak, bu özelliklerin aynı abrasiv serisinde, sabit bant hızı ve kafa basıncında parlatmaya olan etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Deneyleerde Kullanılan Mermerlerin Özellikleri

Çalışmada, Afyonkarahisar’da faaliyet gösteren mermer fabrikalarından mineralojik özellikler bakımından farklı özellikler gösteren üç adet metamorfik kökenli mermer örneği kullanılmıştır. Polarizan mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışınları difraktometresi (XRD) yöntemleri yardımıyla mermer örneklerinin mineralojik-petrografik özellikleri incelenmiştir. Polarizan mikroskop incelemelerinde Nikon Eclipse 2V100POL marka polarizan mikroskop kullanılmıştır. Mermer örneklerdeki karbonat dışı minerallerin kalsit mineraliyle ilişkilerini açıklayabilmek ve minerallerin mikro kimyasal analizini yapabilmek için, LEO marka, 1431-VP model taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanılmıştır. XRD analizi için, mermerlerin farklı dokusal özellik gösteren bölümlerini temsil edecek şekilde örnekler seçilerek, Shimadzu marka XRD-6000 model cihazda $2\theta=2-90^\circ$ aralığında XRD çekimleri yapılmıştır. XRD analiz sonuçları kullanılarak mermer örneklerinin yarı kantitatif mineral bollukları Chung (1974) [9] metoduna göre hesaplanmıştır. Ayrıca mermerlerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi için, örneklerin major oksit analizleri Kanada’daki ACME Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Çalışmada kullanılan mermer örneklerinin mineralojik-petrografik ve kimyasal analiz sonuçları sırasıyla Tablo 1 ve 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneyleerde kullanılan mermerlerin mineralojik-petrografik özellikleri.

Örnek Adı	Doku	Yarı Kantitatif Mineral Analiz Sonuçları								Ortalama Kalsit Kristal Boyutu (μm)
		Ka (%)	Q (%)	Fld (%)	Mi (%)	Kl (%)	Hn (%)	Epd (%)	Hm (%)	
Uşak Beyaz	Granoblastik	100	-	-	-	-	-	-	-	1710,43
Kaplan Postu (Açık)	Granoblastik	94	1	-	5	-	-	-	-	511,65
Kaplan Postu (Koyu)	Granoblastik	89	1	-	10	-	-	-	-	
Uşak Yeşili (Açık)	Granoblastik	58	13	2	17	-	-	10	-	573,46
Uşak Yeşili (Koyu)	Granoblastik	62	1	1	31	-	3	5	2	

(Ka): Kalsit, (Q): Kuvars, (Mi): Mika, (Fld): Feldspat, (Kl): Klorit, (Hn): Hornblend, (Epd): Epidot ve (Hm): Hematit.

Tablo 2. Mermerlere ait kimyasal analiz sonuçları.

Elementler	Birim	Uşak Beyaz	Kaplan Postu	Uşak Yeşili
SiO ₂	%	0.23	0.51	12,31
Al ₂ O ₃	%	<0.01	0.16	3.1
Fe ₂ O ₃	%	0.04	0.07	1.76
MgO	%	0.8	0.15	1.14
CaO	%	55.45	55.5	43.59
Na ₂ O	%	0.03	0.03	0.38
K ₂ O	%	<0.01	0.05	0.81
TiO ₂	%	<0.01	0.01	0.13
P ₂ O ₅	%	<0.01	0.03	0.06
MnO	%	<0.01	0.01	0.19
Cr ₂ O ₃	%	<0.002	<0.002	0.006
Ni	%	<20	<20	58
Sc	ppm	<1	<1	5
A.Z.	%	43.4	43.4	36.4

2.2. Parlatma Performansının Ölçülmesi

Deneylerde kullanılan tam otomatik bilgisayar kontrollü cila makinesi, iki kalibre ve dört adet abrasiv kafadan oluşan bir makinedir. Makinenin kalibre genişliği 500 mm, abrasiv genişliği ise 400 mm'dir. Görgülü ve Ceylanoğlu [10] ile İnka'nın [11] çalışmaları dikkate alınarak, mermer grubu için en uygun bant hızı 0.80 m/dk olarak seçilmiştir. Kalibrasyon için uygun devir hızı 1200 D/D olarak tespit edilmiştir. Parlatma işlemi sırasında açığa çıkan ısı ve atıkları ortamdaki uzaklaştırmak için kafa başına en uygun su miktarı 50 lt/dk olarak alınmıştır. Mermer fabrikalarındaki şartlara uyumlu bir çalışma yapılabilmesi için, her bir abrasiv numarasında 60x30x2 cm boyutundaki plakalardan beş adet kullanılmıştır. Deneylerde, Frankfurt tipi 60 nolu, 80 nolu, 120 nolu, 220 nolu, 320 nolu manyezit bağlı, 400 nolu, 600 nolu, 800 nolu sentetik abrasivler ve 5-ekstra cila taşı kullanılmıştır. Kullanılan cila makinesinin özellikleri dikkate alınarak her aşındırıcı kafada beş adet abrasiv kullanılmış ve abrasiv kafaların dönme hızı 500 D/D olarak belirlenmiştir. Kalibre işleminden sonra, abrasiv serisindeki her abrasiv numarası için beş adet örnek kullanılmıştır.

Aşındırıcılarla ilk temas ve son temas eden plakalar ölçüm dışı bırakıldığından, bu plakalar üzerinde herhangi bir ölçüm yapılmamıştır. Diğer üç plaka temiz su ile yıkanarak kurumaya bırakılmış, bu işlemler her örnek ve abrasiv numarası için tekrarlanmıştır. İşlemi tamamlanan plakaların yüzeylerinde, pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır.

Mermer örneklerinin pürüzlülük değerleri PHYNIX Manuel TR200 marka pürüzlülük ölçer ile yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümlerinde, her bir abrasiv numarasında parlatılan üç adet mermer plakası kullanılmıştır. Plakaların yüzeyleri 3x3 cm boyutlarında kare şeklindeki 105 bölgeye ayrılmış, her bölgenin orta noktasından pürüzlülük değeri (Ra) ölçülmüştür (Şekil 1). Pürüzlülük ölçümlerinde, ölçüm uzunluğu 2.5 mm ve cut-off değeri ise 0.8 olarak alınmıştır.



Şekil 1. Pürüzlülük değeri ölçümü.

Çalışmadaki mermer örneklerine ait parlaklık değerleri ise, Novo Gloss Trio marka glossmetre ile ölçülmüştür. Parlatma işlemi yapılan tüm doğal taşlarda abrasiv numaraları dikkate alınarak, parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Her plaka yüzeyinde 45 adet noktadan 60°'lik açıda parlaklık değeri elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen mermerlere ait pürüzlülük ve parlaklık değerlerine ait ortalama sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Mermerlerin pürüzlülük değerleri.

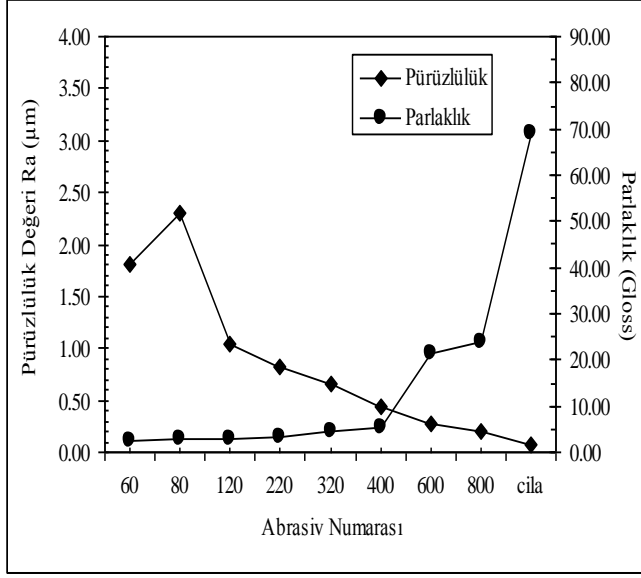
Örnek/Abrasiv Serisi	60	80	120	220	320	400	600	800	Cila
Uşak Beyaz (µm)	1.807	2.294	1.037	0.828	0.664	0.446	0.266	0.195	0.073
Kaplan Postu (µm)	2.313	1.893	1.241	0.858	0.612	0.341	0.334	0.243	0.119
Uşak Yeşili (µm)	2.742	2.118	1.712	1.094	0.931	0.800	0.676	0.599	0.499

Tablo 4. Mermerlerin parlaklık değerleri.

Örnek/Abrasiv Serisi	60	80	120	220	320	400	600	800	Cila
Uşak Beyaz (Gloss)	2.38	2.84	3.00	3.43	4.36	5.16	21.52	23.82	68.98
Kaplan Postu (Gloss)	1.20	1.62	1.79	2.19	2.53	7.97	13.85	30.57	73.98
Uşak Yeşili (Gloss)	1.92	2.11	2.04	3.00	2.14	4.89	15.91	21.57	63.84

3. Bulgular ve tartışma

Sabit makine parametrelerinde üç farklı mermer örneğine ait ortalama pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin abrasiv serisine göre değişimi incelenmiştir. Uşak Beyaz mermerinde yüzey pürüzlülüğünün abrasiv numarasına bağlı değişiminin verildiği Şekil 2 incelendiğinde, 60 nolu abrasiv sonrası elde edilen pürüzlülük değeri 1.807 μm , 80 nolu abrasivde bu değer ise 2.294 μm olarak ölçülmüştür. 60 ve 80 nolu abrasivlerde gözlenen bu farklılık nedenini belirlemek için, Uşak Beyaz mermeri yüzeyinde SEM analizleri yapılmıştır (Şekil 3).

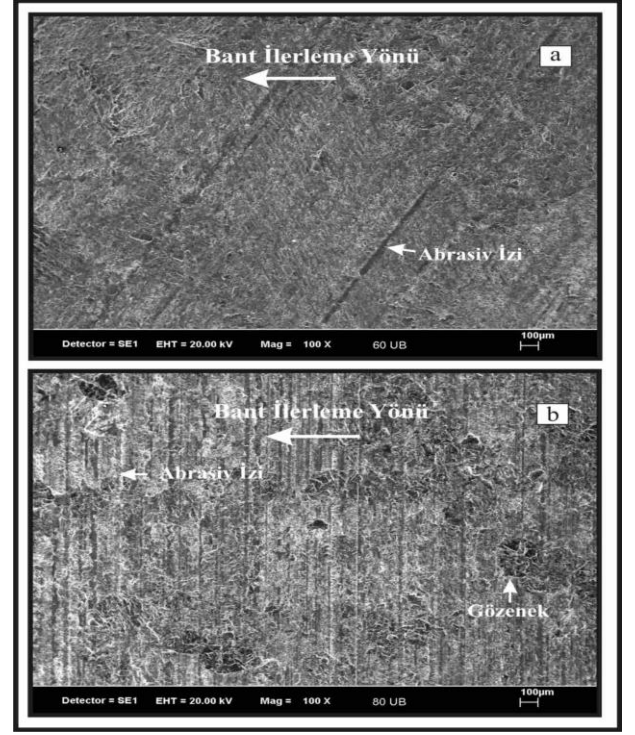


Şekil 2. Uşak Beyaz mermerinde abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük-parlaklık değerlerinin değişimi.

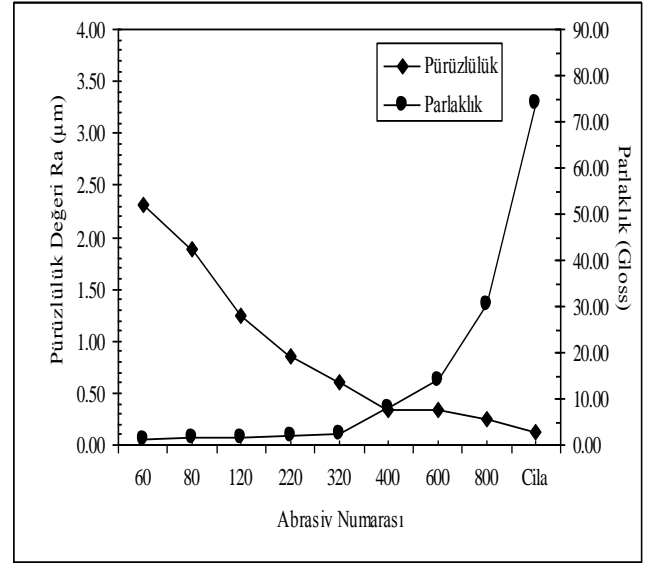
Şekil 3-a'da abrasiv izlerinin bant ilerleme doğrultusuna göre belirli bir açıda olduğu, Şekil 3-b'de ise, bant ilerleme yönüne dik doğrultuda ve daha yoğun olduğu görülmektedir. Şekil 3-b incelendiğinde, 80 nolu abrasivle parlatılan yüzeyde abrasiv izlerinin ve mermer yapısındaki gözeneklerin daha fazla olduğu görülmektedir.

Karbonat dışı mineralin hemen hemen hiç gözlenmediği Uşak Beyazında 60 ve 80 nolu abrasivlerde gözlenen davranış farklılığının en önemli sebebinin kalsit kristallerinin tane boyutunun, diğer örnekler göre büyük olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Şekil 2 incelendiğinde, parlaklık değerinin 400 nolu abrasivden sonra yükselmeye başladığı görülmektedir.

Kaplan Postu mermeri plakalarında ölçülen yüzey pürüzlülüğü ve parlaklık değerlerine ait değişimler Şekil 4'de verilmiştir. Artan abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük değerlerinde azalmalar görülmekle birlikte, 400 ve 600 nolu abrasivlerle parlatılan plaka yüzeyindeki pürüzlülük değerleri birbirine çok yakındır. Kaplan Postu mermerinde yapılan mineralojik incelemelerde, koyu renkli minerallerin kalsit kristal sınırları ve değişik doğrultulardaki çatlak düzlemleri boyunca ikincil olarak oluştuğu görülmektedir (Şekil 5-a).

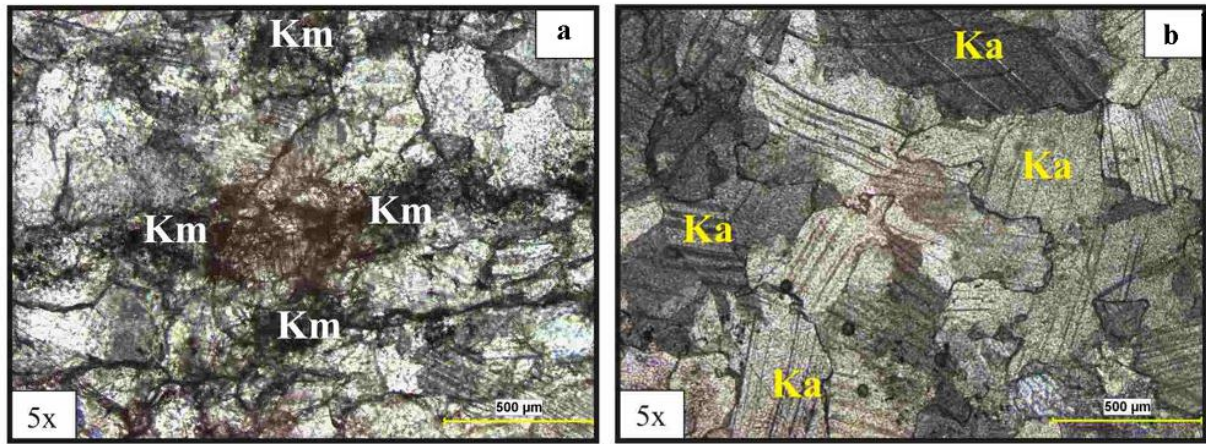


Şekil 3. Farklı abrasivlerle parlatılmış Uşak Beyaz mermerine ait SEM görüntüleri (a) 60 nolu abrasiv, (b) 80 nolu Abrasiv.



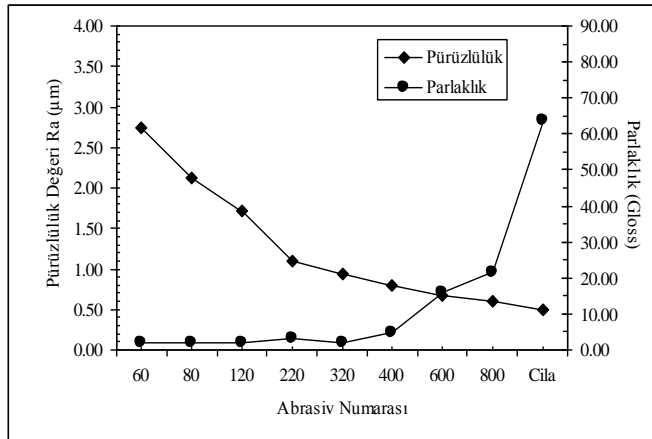
Şekil 4. Kaplan Postu mermerinde abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük-parlaklık değerlerinin değişimi.

Bunun yanı sıra, c-eksenine paralel kristallerde mikro tektonizmanın etkisiyle oluşmuş bükülmeler gözlenmektedir (Şekil 5-b). Kaplan Postu mermerindeki artan pürüzlülük değerlerinin ikincil koyu renkli mineraller ve kalsit kristallerindeki bükülmelerle ilişkili olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Kaplan Postu mermerine ait ince kesitlerin polarizan mikroskop görüntüleri. a) Kalsit (Ka) kristal sınırları ve çatlaklar boyunca ikincil olarak oluşmuş koyu renkli mineraller (Km) (Ç.N.x5), b) Granoblastik dokulu kayaçtaki kalsit (KA) kristallerinde gözlenen mikrotektonizma etkisiyle oluşmuş bükülmeler (Ç.N.x5).

Uşak Yeşil mermerinde yapılan parlatma işlemi sonucunda elde edilen pürüzlülük-parlaklık değerleri, abrasiv numarasına bağlı olarak Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi, artan abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük değeri azalmıştır. Ancak, Uşak Yeşil mermerinde diğer mermerlere kıyasla dikkat çeken en önemli durum, parlatma sonrası pürüzlülük değeri en yüksek olan mermer olmasıdır.



Şekil 6. Uşak Yeşil mermerinde abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük-parlaklık değerlerinin değişimi.

Yapılan mineralojik incelemelerde, Uşak Yeşil mermerinde kalsit sınırları boyunca kuvars ve epidot minerallerinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Yapılan SEM-EDX analizinde; 1 nolu Spektrum'da da görüleceği üzere, mineralin MgO ve Fe₂O₃ bakımından zengin olması, çubuksu ve öz şekilli kristal şekli bu mineralin epidot olduğunu gösteren mineralojik-petrografik verilerdir (Şekil 8). Ayrıca 2 nolu spektrumdaki yüksek CaO değeri de kalsit mineralini işaret etmektedir. Diğer yandan, Mohs sertliği 3 olan kalsit mineralinin tane sınırları boyunca oluşmuş kuvars ve epidot minerallerinin Mohs sertliği 7'dir [12]. Uşak Yeşil mermerinde farklı sertliğe sahip minerallerin bulunmasından dolayı, parlatılan yüzeylerde farklı pürüzlülük değerlerinin elde edileceği söylenebilir. Örneğin; özellikle prizmatik kristal sistemine sahip epidot mineralleri koparak yüzeyde boşluklar oluşturacak ya da parlatma aşamasında koparak diğer mineral yüzeylerini çizerek yüzeyde derin izler bırakabilecektir.

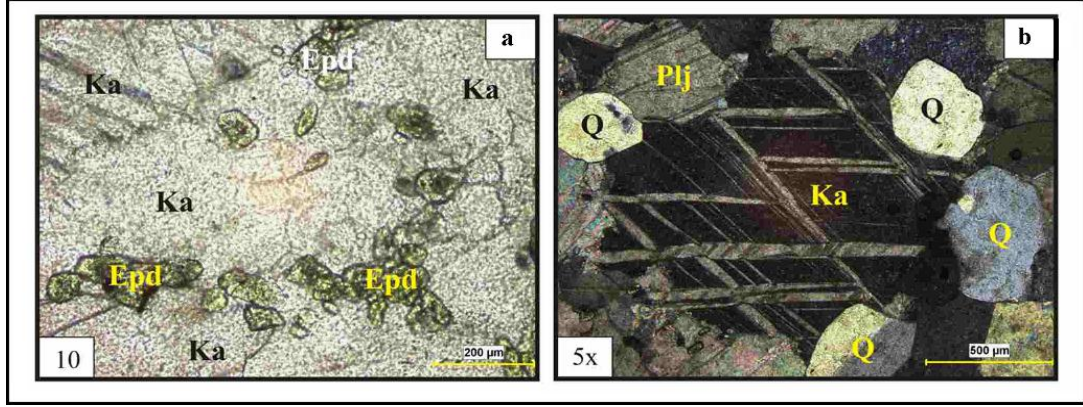
Daha önceki çalışmalarda da, birden fazla farklı sertlikte minerallere sahip granitlerin parlatma veriminde, kayacı oluşturan minerallerin farklı sertliğe sahip olmasının kayacın parlatma özelliğini olumsuz etkilediği belirtilmiştir [13].

Uşak Yeşil mermerinin kimyasal analiz sonucu incelendiğinde, diğer mermer örneklerine göre farklı bileşime sahip olduğu görülmektedir (Tablo 2). Mermerlerin en önemli bileşeni olan CaO oranı diğer örneklerde %55.45 – 55.50 arasında değişirken, Uşak Yeşil mermerinde %43.59'dur. Diğer yandan MgO içeriğinin %1.14, SiO₂ içeriğinin %12.31, Al₂O₃ içeriğinin %3.10, Fe₂O₃ içeriğinin %1.76 olması da Uşak Yeşili'nde epidot mineralinin varlığından kaynaklanmaktadır. Daha önceki çalışmalarda, MgO oranının artmasıyla birlikte pürüzlülük ve parlaklık değerinin olumsuz yönde değiştiği belirtilmiştir [6].

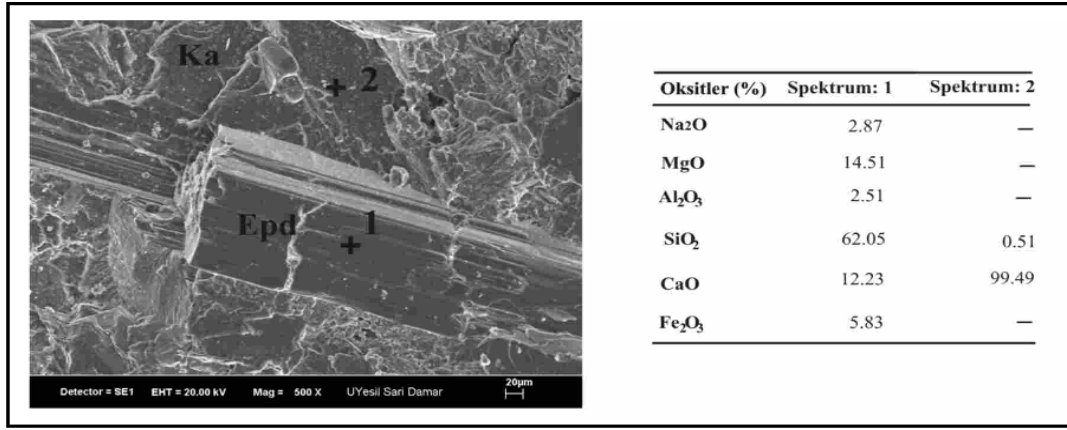
Bu değerlendirmeler doğrultusunda, Uşak Yeşil mermerinin mineralojik bileşimiyle ilişkili olan kimyasal bileşiminden dolayı, pürüzlülük değerinin arttığı buna karşı parlaklık değerinin azaldığı söylenebilir. Ayrıca, Uşak Yeşil mermerinin yapısındaki açık ve koyu yeşil renkli damarlar XRD analizi ile incelenmiş, açık yeşil renkli damarda kalsit yanında mika, kuvars, feldispat ve epidot minerallerine rastlanmıştır. Koyu yeşil renkli damarda ise, açık renkli damardaki minerallerin yanında, hornblend ve hematit mineralleri tespit edilmiştir. Bu tür minerallerin sertliği, kristal sistemi ve element içerikleri gibi mineralojik ve kimyasal özelliklerinden dolayı, parlatma işleminde de farklılıklar meydana gelmiş, konu ile ilgili yapılan çalışma sonuçlarına benzer şekilde, Uşak Yeşil mermerinde yüksek pürüzlülük ve düşük parlaklık (63.84 gloss) değerleri elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, aynı abrasiv serisinde, sabit bant hızı ve kafa basıncında metamorfik kökenli üç adet mermer türünün parlatma performansları incelenerek mineralojik-petrografik özelliklerinin etkisi araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:



Şekil 7. Uşak Yeşil mermerindeki mineraller (a): Kalsit (Ka) sınırlarındaki epidot (Epd) mineralleri (T.N.x10), (b) Kalsit (Ka) sınırlarındaki kuvars (Q) mineralleri (Ç.N.x5).



Şekil 8. Uşak Yeşil mermerindeki epidot mineralinin SEM-EDX görüntüsü.

- Parlatma deneyleri sonucunda, azalan abrasiv serisine bağlı olarak pürüzlülüğün azaldığı ve parlaklığın arttığı gözlenmiştir.
- Uşak Beyaz mermeri karbonat dışı mineral içermemesine rağmen, Kaplan postu mermerinden daha düşük parlaklık değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Uşak Beyaz mermerini oluşturan kalsit kristallerinin boyutunun Kaplan Postu mermerindeki kalsit kristallerine göre yüksek olmasından dolayı, yüzey parlatma işlemini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.
- Çatlak ve kristal yüzeyleri boyunca oluşan ve kalsit mineraline göre daha sert olan koyu renkli minerallerden dolayı, Kaplan Postu mermerinde görece yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.
- Uşak Yeşil mermeri, incelenen diğer örnekler göre oldukça farklı mineralojik-petrografik özellikler ve kimyasal bileşime sahip olup bileşimindeki epidot, kuvars gibi farklı kristal yapısına sahip minerallerden dolayı, diğer mermer örnekleri kadar etkili bir parlatma işlemi gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle, Uşak Yeşil mermerinde yüksek pürüzlülük (0.499 µm) ve düşük parlaklık (63.84 gloss) değerleri elde edilmiştir.
- Elde edilen deneysel bulgular ışığında, mineralojik-petrografik özelliklerin önceden belirlenmesiyle, mermer işleme tesislerinin parlatma işlemlerini daha verimli bir şekilde organize edebilecekleri anlaşılmıştır.

5. Teşekkür

Yazarlar, parlatma deneylerinde ve mineralojik deneylerde kullanılan mermer örneklerini sağlayan BAŞOĞLU Mermer, A.Ş.K: Mermer ve MERSAN A.Ş. firmalarına ve 10.MUH.11 nolu projeye maddi katkılarından dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Çapık, M., Çavuşoğlu, İ., Yılmaz, A.O., Türkiye Doğaltaş Sektörüne Genel Bir Bakış, MERSEM 7. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 107-116, 13-15 Ekim, Afyonkarahisar, 2010.
- Yavuz, H., Ozkahraman, T., Demirdağ, S., Doğaltaş Plakalarının Yüzey Kalitesine Bazı Silim Parametrelerinin Etkisi, 7. Uluslararası Mermer Sempozyumu, 419-426, 13-15 Ekim, Afyonkarahisar, 2010.
- Uğur, İ., Gündüz, L., Mermer İşleme Fabrikalarında Dar Silim - Geniş Silim ve Honlama İşlemlerinde Silim Karakteristiklerinin İrdelenmesi, IV. Mermer Sempozyumu, 99-116, Afyonkarahisar, 2003.
- Erdogan, M., Measurement of Polished Rock Surface Brightness by Image Analysis Method, Engineering Geology, 57, 65-72, 2000.
- Görgülü, K., Bazı Mermer Birimleri İçin Optimum Aşındırma-Cilalama Koşullarının Araştırılması ve Malzeme Özellikleri ile İlişkilendirilmesi, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 1998.
- Karaca, Z., Effect of Head Pressure and Abrasive Series on Surface Roughness of Marbles. Surface Modification

- Technologies XXII, University West, 289-296, 2008.
7. Güneş, A. N., Türkiye'deki Bazı Mermerlerin Mineralojik ve Petrografik Özelliklerine Göre Kesilebilme ve İşlenebilme Parametrelerinin Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2005.
 8. Kanbalta, E., Sorunlu Mermerlerin Parlatılabilme Özelliklerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1992.
 9. Chung, F.H., Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures, II. Adiabatic principle of X-ray diffraction analysis of mixtures, Journal of Applied Crystallography, 7, 526-531, 1974.
 10. Görgülü, K., Ceylanoğlu, A., Evaluation of Continuous Grinding Tests on Some Marble and Limestone Units with Silicon Carbide and Diamond Type Abrasives, Journal of Materials Processing Technology, 204, 264-268, 2008.
 11. İnka, Mermer-Traverten-Granit Yüzey İşleme Güçlendirme Dolgu Koruma&Atık Su Arıtma Sistemleri, TÜMMER, Ankara, 2005.
 12. Klein C., Hurlbut C. S., Manual of Mineralogy, s.681, John Wiley & Sons Inc., America, 1993.
 13. Xie, J., Tamaki, J., Parameterization of Micro-hardness Distribution in Granite Related to Abrasive Machining Performance, Journal of Materials Processing Technology, 186, 253-258, 2007.