

Bazı Mermer Birimlerinde Değişik Koşullarda Gerçekleştirilen Laboratuvar Yüzey Aşındırma Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi

K.Görgülü & A.Ceylanoğlu

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, öncelikle aşınma ve aşındırma işlemlerinin tanımları verilmiştir. Daha sonra literatür araştırması ışığında oluşturulan laboratuvar yüzey aşındırma deney düzeneği ve geliştirilen deney yöntemi açıklanmıştır. Yedi farklı mermer birimi üzerinde değişik aşındırma süresi, yükü ve aşındırıcı serilerle gerçekleştirilen laboratuvar yüzey aşındırma deneylerinin sonuçları sunulmuştur. Pürüzlülük, parlaklık ve aşınma miktarı değerlerinin aşındırma aşamalarındaki değişimi aşındırma süresi ve baskısı dikkate alınarak incelenmiştir.

ABSTRACT: In this study, firstly the descriptions of wear and abrading operations were given. Then a laboratory surface abrading test system set up in the light of literature survey and the developed test method were explained. The results of laboratory surface abrading tests carried out with different abrading time, load and abrasives series for seven different marble units were presented. The variations of roughness, gloss and abrasion values for each abrading case were investigated considering the abrading time and abrading load.

1 GİRİŞ

Aşındırma olayının tanımlanmasından önce aşınma ile aşındırma arasındaki farklılığın ortaya konulmasında yarar görülmektedir. Deutsches Institut für Normung (DIN) 50320 (1970) 'ye göre aşınma; cisimlerin yüzeyinden mekanik etkenlerle mikro taneciklerin kopup ayrılması nedeniyle, istenmeyen bir değişikliğin meydana gelmesidir şeklinde tanımlanmakta iken DIN 50320 (1976) 'ya göre aşınma; katı cismin yüzey bölgesinden tribolojik zorlama sonucu sürekli ilerleyen malzeme kaybı diye ifade edilmektedir. Akkurt (1985) 'a göre aşınma; sürtünen yüzeylerde malzemenin mekanik etkenlerle ve istenmediği halde kopup ayrılmasıdır. Önder (1995) 'e göre ise aşınma; katı cisimlerin yüzeyinden ufak parçaların veya ince tabakaların ayrılması ile meydana gelen malzeme kaybıdır. Bu tanımlardan da anlaşılacağı gibi aşınma, istem dışı gerçekleşen bir olaydır ve değişik şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, değişik malzemelerin yüzey pürüzlülüklerinin ortadan kaldırılarak parlatılması, makina parçalarının alıştırılması vb. olaylar aşınma olayının dışında tutulmalıdır. Aşındırma ise; malzemelerin yüzeylerinde imalatı ve/veya işlenmesi sonucunda oluşan ve bu yüzeylerde varlığı istenmeyen

pürüzlülüklerin ortadan kaldırılması amacıyla, aşındırma özelliği olan malzemeler yardımıyla değişik koşullarda gerçekleştirilen yüzey düzeltme ve/veya şekillendirme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Aşındırma işlemi tamamlandıktan sonra cilalama (parlatma) işlemi yapılmaktadır. Burada amaç, aşındırıcılarla pürüzlülüğü mümkün olduğunca minimum seviyeye indirilmiş malzemenin yüzeyine parlaklık kazandırmaktır. Cilalama işleminde çok küçük pürüzler de cila ile dolmakta ve yüzeyin parlaması sağlanmaktadır.

Mermer aşındırma-cilalama, adım adım daha ince aşındırıcı taneleri kullanarak mermer yüzeyinin aşamalı düzeltilmesini ve parlatılmasını ifade etmektedir. Mermer işlemeciliğinde aşındırma ve cilalama işlemlerinin toplam üretim (işleme) maliyeti içindeki payı uygun çalışma koşullarının sağlanıp sağlanmadığına bağlı olarak % 10-30 arasında değişmektedir. Günümüzde mermer işleme tesislerinin (atölye ve fabrika) sayılarının ve kapasitelerinin artışı dikkate alındığında, bu maliyet aralığı büyük önem taşımaktadır. Mermer birimlerinin malzeme özelliklerini gözönüne alarak uygun aşındırıcı türü ve serisinin seçimi ve optimum çalışma koşullarının belirlenmesi, diğer bir deyişle aşındırma verimliliğinin artırılması toplam üretim maliyetinde belirgin düşüşler sağlayabilecektir. Bu

nedenle, yerinde yapılabilecek deneysel çalışmalardan önce laboratuvar deneylerinin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Oldukça geniş kapsamlı bir araştırmanın belirli bir bölümünün sunulduğu bu çalışmada, oluşturulan laboratuvar mermer yüzey aşındırma deney düzeneği ve geliştirilen deney yöntemi açıklanmış, ülkemizdeki yüksek rezervli yedi değişik mermer birimi üzerinde farklı koşullarda gerçekleştirilen laboratuvar yüzey aşındırma deney sonuçları sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

2 LABORATUVAR MERMER YÜZEY AŞINDIRMA DENEYLERİ

2.1 Deney düzeneği

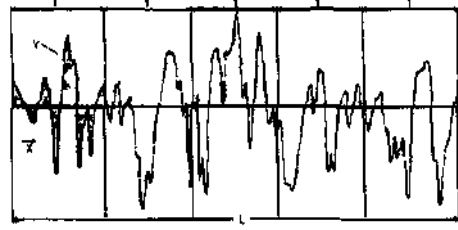
Oluşturulan laboratuvar aşındırma deney düzeneği üç ana cihazı içermektedir (Görgülü 1998, Ceylanoğlu vd. 1999). Bunlar; aşındırma cihazı, pürüzlülük ölçer ve parlaklık ölçerdir.

i. *Aşındırma cihazı*: Aşındırma deneylerinde C.Ü. Sivas Meslek Yüksek Okuluna ait yüzey aşındırma deney cihazı kullanılmıştır. Cihaz 220 volt ile çalışmakta olup, boş devri 340 dev./dak.'dır. Numune tutma kolu deney süresince sabittir. Numune üzerine yük bir yay aracılığıyla uygulanabildiği gibi ölü ağırlık kullanılarak ta uygulanabilmektedir. Disk çapı 203.2 mm'dir. Cihaz üzerinde sulu çalışmaya uygun su tertibatı ve disk üzerinde aşındırıcı kağıdını sıkıştırmak için bir çember mevcuttur. Cihazda numunenin yerleştirildiği yuvanın iç çapı mermer numunelerini yerleştirmeye uygun olmadığından cihaza iç çapı 25.4 mm olan bir numune tutma ünitesi eklenmiştir. Ayrıca, cihaz üzerinde devir sayacı bulunmadığından, devir ölçümleri için Kane-May marka KM 6002 model Microprocessor Tachometer kullanılmıştır.

ii. *Pürüzlülük ölçer*. Pürüzlülük ölçümleri C.Ü. Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'ne ait Taylor Hobson marka Surtronic 3+ model Talysurf ile yapılmıştır. Cihaz üzerinde ölçüm yapılan yüzeye direkt temas halinde çalışan bir adet kaydedici iğne mevcuttur. Söz konusu iğne bir düzlem boyunca hareket ettirilirken yüzeyde varolan pürüzlerin içerisine girip çıkmakta ve yüzeyin pürüzlülük profilini mikron düzeyinde çıkarmaktadır. Cihazın maksimum ölçüm uzunluğu 25 mm'dir. Ölçüm sonuçları cihazın monitöründen okunabildiği gibi yazıcısından da alınabilmektedir.

Yüzey pürüzlülüğünün ifade edilmesinde ortalama pürüzlülük (Ra) en sık kullanılan parametredir ve aşağıda verildiği gibi tanımlanmaktadır (Şekil 1).

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx$$



Şekil 1 Yüzey pürüzlülüğü (Anon 1992)

iii. *Parlaklık ölçer*. Yüzey parlaklığının sayısal olarak belirlenmesi için kullanılan parlaklık ölçerler (Gloss meter), ölçüm yapılan yüzeye belirli bir açıyla ışın göndermekte ve ışının geri gelme açısına göre yüzeyin parlaklığını sayısal olarak belirlemektedir.

Parlaklık ölçümlerinde Horiba marka IG-330 model parlaklık ölçer kullanılmıştır. Cihaz parlaklık değerini 100 üzerinden ölçmektedir. 20° ve 60°'lik açılarla ölçüm yapılabilmektedir. Ölçümün 60°'lik açıyla olması durumunda 6x3 mm'lik, 20°'lik açıyla olması durumunda 4x3 mm'lik alanda değerlendirme yapmaktadır (Anon 1997).

2.2 Çalışılan mermer birimleri ve deney yöntemi

Bu çalışmada çalışılan yüksek rezervli yedi değişik mermer birimini (Muğla beyaz, Afyon şeker, Afyon gök, Akköy bej, Zile bej, Yıldız siyah ve Sivas sarı traverten) temsil ve karakterize eden blok numuneler, arazi çalışmaları sonucunda C.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'na getirilmiştir. Aşındırma deneyleri için yaklaşık 20x20x20 mm boyutlarında kübik ve 25 mm çapında, 25 mm boyunda silindirik numuneler hazırlanmıştır. Laboratuvar yüzey aşındırma deneyleri, mermer kesme makinelerinden çıkan plakaların yüzey kalitesindeki kübik ve silindirik mermer numuneleri üzerinde mermer fabrikalarında uygulanan serilere benzer aşındırıcı seriler oluşturularak gerçekleştirilmiştir.

Kübik numuneler mermer işleme tesislerinde ST makinasından çıkmış plakalardan alınmıştır. Hazırlanmaları sırasında köşelerinde kırılmalar oluşmuş, ayrıca boyutlarını tam ölçülerde hazırlamak ve aşındırma cihazının numune yuvasına sıkı bir şekilde tutturmak pek mümkün olamamıştır. Bu nedenle, kübik numuneler ön deneylerde, silindirik numuneler ise asıl çalışmalarda kullanılmıştır. Silindirik numuneler deneylerden önce düzeltme işlemine tabi tutulmuştur. Düzeltme işleminde 60 numaralı aşındırıcı kağıtları kullanılmıştır. Bu aşındırıcılarla yapılan düzeltmeler sonucunda yüzeylerde oluşan pürüzlülük değerlerinin ST makinelerinden çıkmış plakaların

yüzey pürüzlülük değerlerine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir (Ra 5-8 μ m aralığında).

Aşındırma deney düzeneğinin oluşturulmasından ve numunelerin hazırlanmasından sonra öncelikle aşındırma işleminin toz aşındırıcılarla mı yoksa aşındırıcı kağıtlarıyla mı yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Toz aşındırıcıların disk yüzeyinde serbest halde olması ve diskin dönme hareketiyle birlikte kenarlara doğru savrulacağı, homojen bir dağılım sağlanamaması nedeniyle aşındırma işleminde etkinliğinin azalacağı ve tüketimlerinin fazla olabileceği, ayrıca aşındırma süresinin artacağı düşünülerek aşındırma işlemlerinde aşındırıcı kağıtlarının kullanımının daha uygun olacağına karar verilmiştir.

Numune üzerine yük önce yay ile uygulanmıştır. Ancak numune aşınmaya başladığında yayda uzama meydana geldiği için aşındırma işlemi süresince yükü sabit tutmanın mümkün olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, yükün ölü ağırlık kullanılarak numune üzerine verilmesi uygun bulunmuştur. Aşındırma işlemine tabi tutulan numunenin ağırlık ve boyut kaybı ile elde edilecek yüzey kalite değerlerinde yük ve aşındırma süresinin etkisini belirleyebilmek amacıyla üç değişik yükün üç değişik aşındırma süresinde uygulanmasına karar verilmiştir. Bu nedenle tüm birimlerde herbir aşındırıcı serisi için 9'ar adet numune kullanılmıştır.

Bu işlemlerin tamamlanmasından sonra aşağıda verilen deney yöntemi öngörülmüş ve uygulanmıştır,

- Numuneler hazırlandıktan sonra etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur ve 0.0001 gr hassasiyetle tartılır ve boyutları 0.01 mm hassasiyetle ölçülür,
- Numunelerin aşındırma işlemine tabi tutulacak yüzeylerinin pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri gerçekleştirilir. Pürüzlülük ölçümlerinde pürüzlere dik ölçüm alınır,
- Numuneler aşındırma deney düzeneğine yerleştirilerek öngörülen yük ve aşındırma süresine uygun olarak aşındırma işlemi yapılır. Bu işlem sırasında aşındırma cihazının disk devir değerleri kaydedilir,
- Herbir aşındırma aşamasından sonra numuneler 4 saat 105 °C sabit sıcaklıkta kurutulur ve desikatörde soğutduktan sonra ağırlık ve boyut ölçümleri yapılır,
- Herbir aşındırma aşamasından sonra yüzey pürüzlülüğü ölçülür,
- Herbir aşındırma aşamasından sonra yüzey parlaklığı ölçülür.

2.3 Gerçekleştirilen deneyler

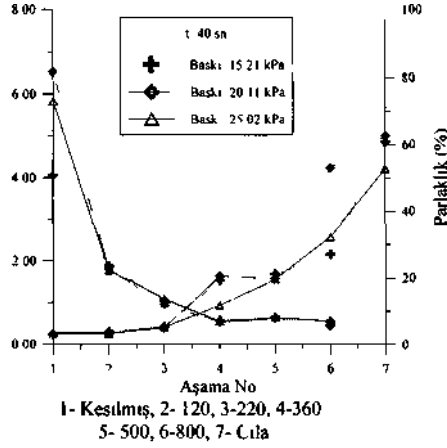
Muğla beyaz, Yıldız siyah, Zile bej ve Afyon gök mermer birimlerinden hazırlanan kübik numunelerle yapılan ön deneylerde 120, 220, 360, 500 ve 800 numaralı aşındırıcılar ve son aşamada sıvı cila kullanılmıştır. Numuneler üzerine 650, 850 ve 1050 gr'lık yükler uygulanmıştır. Herbir yük için üç değişik aşındırma süresi (20, 30 ve 40 sn) denenmiştir. Pürüzlülük ölçümleri numunelerin orijinal halinden başlanarak tüm aşamalardan sonra aşındırılan yüzeyin herbir köşesinden 8 mm'lik uzunluklarla gerçekleştirilirken parlaklık ölçümleri de yine aynı yönlerde yapılmıştır. Pürüzlülük ve parlaklık değerleri herbir aşamada en az dört ölçüm sonucunun ortalaması alınarak belirlenmiştir. Yine herbir aşındırma aşamasından sonra numunelerin boyut kayıpları ölçülmüştür.

Yedi farklı mermer biriminden hazırlanan silindirik numunelerle yapılan deneylerde 120, 220, 320, 400, 500, 600, 800 ve 1000 numaralı aşındırıcıların kullanımından sonra sıvı cila ile parlatma işlemi yapılmıştır. Aşındırma aşamaları 25, 40 ve 55 sn'lık periyotlar halinde, numuneler üzerine 650, 950 ve 1250 gr'lık yüklerle gerçekleştirilmiştir.

3 DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Ön deney sonuçları ve değerlendirilmesi

Muğla beyaz, Zile bej, Afyon gök ve Yıldız siyah mermer birimlerine ait kübik numunelerle yapılan ön aşındırma deneyleri 120, 220, 360, 500 ve 800 numaralı aşındırıcıları takiben cilalama işlemiyle tamamlanmıştır. Söz konusu deneyler sonucunda Ra ve parlaklık değerlerinin, aşındırma deney sürelerinin ve numune üzerine uygulanan yüklerin değişiminden çok fazla etkilenmedikleri belirlenmiştir. Şekil 2'de Muğla beyaz mermer birimine ait 40 saniye süreli 3 değişik baskıda herbir aşındırma aşamasından sonraki Ra ve parlaklık değerleri verilmiştir. Farklı aşındırma sürelerinin uygulandığı (t=20 ve t=40 sn) deneylerde de Ra ve parlaklık değerlerinin aşındırma aşamalarındaki değişiminde belirgin bir fark elde edilememiştir. Bu nedenle, silindirik numunelerde üç değişik aşındırma süresi 25, 40 ve 55 saniye olarak seçilmiştir. Aynı şekilde herbir aşındırma süresindeki baskılar ise 13.29, 19.43 ve 25.67 kPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 2 Muğla beyaz mermer birimine ait aşındırma süresinin 40 sn olduğu aşındırma aşamalarındaki uç değişik baskı için Ra ve parlaklık değerleri

Kubik numunelerle yapılan aşındırma deneylerinde 360 numaralı aşındırıcıdan sonra kullanılan 500 numaralı aşındırıcının tüm mermer bınmelerinde pürüzlülüğü (Ra değerini) artırdığı, parlaklık değeri ise düşürdüğü saptanmıştır. Bu durum Muğla beyaz mermer birimi için çizilen Şekil 2'de de görülmektedir. Aşındırıcı tane boyutunun büyük olduğu küçük aşındırıcı numaralarında aşınma miktarının arttığı, aşındırıcı tane boyutunun küçülmesine paralel olarak da aşınma miktarının azaldığı görülmüştür. Aşındırma süresinin ve numune üzerine uygulanan baskının artışına paralel olarak aşınma değerlerinin lineer bir artış gösterdiği belirlenmiştir.

Aşınma değerleri karşılaştırıldığında, Muğla beyaz mermerinin daha az aşınma değerleri verdiği, baskı ve aşındırma süresi artışından daha az

etkilendiği, Zile bej ve Afyon gök mermer bınmelerinin aşınma değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, baskı ve aşındırma süresi artışından hemen hemen aynı oranda etkilendikleri, Yıldız siyah mermer biriminin ise en yüksek aşınma değeri verdiği, baskı ve aşındırma süresi artışından en fazla etkilenen birim olduğu belirlenmiştir.

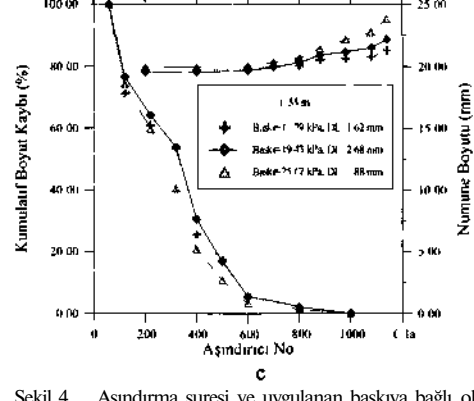
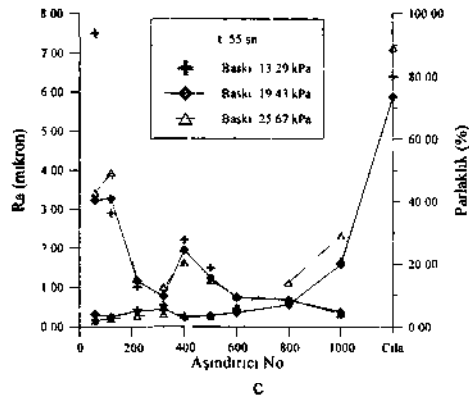
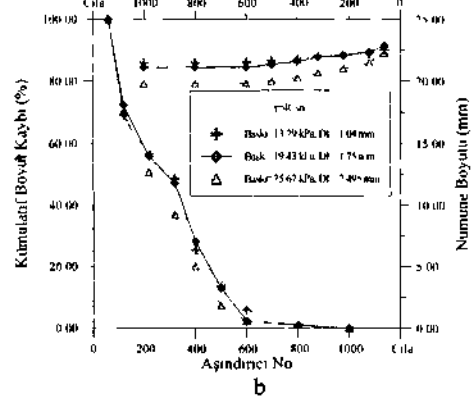
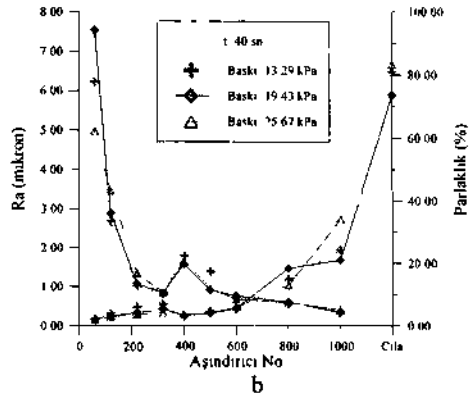
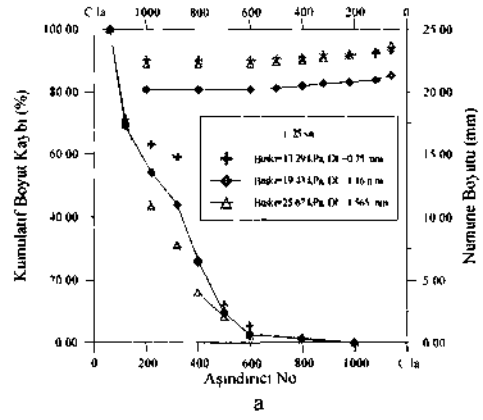
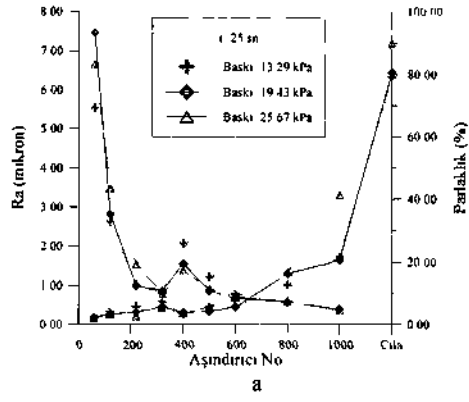
3.2 Birinci adım deney sonuçları ve değerlendirilmesi

Silindirik numunelerle yapılan aşındırma deneyleri 60 numaralı aşındırıcı ile numunelerin hazırlanmasından sonra iki adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adım deneyleri yedi değişik mermer bınmünde 120, 220, 320, 400, 500, 600, 800 ve 1000 numaralı aşındırıcıların kullanımını müteakip cilalama işlemiyle tamamlanmıştır. Elde edilen ilk adım deney sonuçlarının değerlendirilmesinden sonra uç değişik aşındırıcı sensör kullanılarak Muğla beyaz ve Yıldız siyah mermer birimlerinde ikinci adım aşındırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak Muğla "beyaz mermer biriminde gerçekleştirilen birinci adım deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 3 a, b ve c'de bu birimde gerçekleştirilen deneyler sonucunda aşındırma süresi ve uygulanan baskıdaki değişime paralel olarak aşındırma aşamalarında elde edilen Ra ve parlaklık değerlerinin değişimi görülmektedir. Şekil 4 a, b, c'de Muğla beyaz mermer bınmünde gerçekleştirilen aşındırma deneylerinde uygulanan değişik aşındırma süresi ve baskı değerlerinde, herbir aşamada belirlenen kumulatif boyut kaybı (%) ve numune boyutu (mm) gösterilmiştir. Ayrıca herbir deneyde 0.01 mm hassasiyetle ölçülen numunenin toplam boyut azalması (DL) da Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 1 Laboratuvar yüzey aşındırma birinci adım deney sonuçları (Muğla beyaz).

		Numune Adı= Muğla Beyaz																				
		Uygulanan Yük= 650 gr							Uygulanan Yük= 950 gr							Uygulanan Yük= 1250 gr						
		Numune Çapı= 25 05 mm							Numune Çapı= 24 90 mm							Numune Çapı= 24 70 mm						
i		2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7			
t=25 sn	60	23 30	31 7342	-	5 54	2 00	60	21 34	28 3018	-	7 47	2 25	60	23 79	30 9489	-	6 67	2 00				
	120	23 08	31 5024	337	2 63	4 00	120	20 97	27 9248	337	2 82	3 25	120	23 32	30 3923	336	3 48	3 25				
	220	23 02	31 3918	338	1 02	5 75	220	20 80	27 7075	337	0 99	4 00	220	22 89	29 8325	336	1 55	2 50				
	320	22 99	31 3249	337	0 80	7 25	320	20 68	27 5318	336	0 86	5 50	320	22 70	29 5711	335	0 78	5 00				
	400	22 74	30 9871	336	2 07	3 00	400	20 48	27 2373	336	1 55	3 75	400	22 47	29 2777	335	1 38	3 25				
	500	22 64	30 8667	338	1 21	5 50	500	20 29	27 0147	337	0 86	4 00	500	22 35	29 1420	337	0 91	3 75				
	600	22 59	30 7721	338	0 77	5 50	600	20 21	26 9065	337	0 66	5 50	600	22 26	29 0395	336	0 70	8 50				
	800	22 56	30 7569	338	0 58	12 75	800	20 20	26 8901	338	0 58	16 25	800	22 24	29 0158	337	0 58	16 75				
	1000	22 55	30 7453	339	0 39	21 50	1000	20 18	26 7377	338	0 39	20 50	1000	22 23	28 9983	338	0 36	41 25				
		Cıla	-	-	339	-	79 25	Cıla	-	-	338	-	80 75	Cıla	-	-	338	-	90			
t=40 sn	60	22 55	30 4910	-	6 25	2 00	60	22 88	30 6036	-	7 54	2 00	60	22 30	29 7837	-	4 98	2 00				
	120	22 22	30 1463	337	2 68	4 00	120	22 38	29 9988	336	2 89	3 00	120	21 52	28 8430	336	3 49	3 00				
	220	22 09	29 9302	336	1 02	6 00	220	22 09	29 6671	337	1 08	4 25	220	21 03	28 1806	336	1 35	3 50				
	320	22 01	29 7990	336	0 81	6 75	320	21 94	29 3804	336	0 83	5 25	320	20 69	27 6460	334	0 84	4 00				
	400	21 77	29 4784	338	1 79	2 75	400	21 61	28 9428	336	1 57	3 25	400	20 28	27 1303	335	1 63	3 75				
	500	21 65	29 3194	338	1 38	4 00	500	21 35	28 5650	337	0 90	4 00	500	19 98	26 7305	336	0 95	4 75				
	600	21 57	29 1934	338	0 71	5 25	600	21 17	28 3377	337	0 76	5 50	600	19 86	26 5521	336	0 66	6 00				
	800	21 52	29 1589	338	0 56	14 75	800	21 15	28 2934	337	0 60	18 25	800	19 83	26 5035	338	0 59	12 75				
	1000	21 51	29 1386	338	0 34	24 25	1000	21 13	28 2579	339	0 35	21 00	1000	19 81	26 4726	338	0 40	34 00				
		Cıla	-	-	338	-	81 00	Cıla	-	-	338	-	73 50	Cıla	-	-	338	-	83 25			
t=55 sn	60	21 29	28 5979	-	7 05	2 00	60	22 19	29 8090	-	3 24	4 00	60	23 82	31 0390	-	3 43	2 00				
	120	20 81	28 0880	337	2 91	3 00	120	21 53	28 9929	336	3 28	3 25	120	22 75	29 7097	336	3 95	2 50				
	220	20 64	27 8125	338	1 02	5 50	220	21 19	28 5366	337	1 18	5 00	220	22 17	28 9427	336	1 20	3 50				
	320	20 52	27 6272	337	0 78	6 75	320	20 91	28 1257	336	0 77	5 50	320	21 42	27 9139	334	1 00	4 00				
	400	20 07	27 0367	336	2 22	3 25	400	20 29	27 2730	336	1 95	3 00	400	20 68	26 9353	336	1 64	3 50				
	500	19 94	26 8125	338	1 49	3 50	500	19 93	26 7943	337	1 24	3 50	500	20 32	26 4621	337	1 18	3 50				
	600	19 75	26 6121	338	0 74	4 75	600	19 65	26 4209	337	0 75	4 50	600	20 05	26 1205	336	0 77	6 25				
	800	19 69	26 5422	338	0 68	8 50	800	19 56	26 3113	338	0 68	7 00	800	19 98	26 0173	337	0 70	14 00				
	1000	19 67	26 5042	339	0 33	20 50	1000	19 51	26 2525	339	0 38	19 75	1000	19 94	25 9719	336	0 33	29 00				
		Cıla	-	-	339	-	80 00	Cıla	-	-	338	-	73 50	Cıla	-	-	337	-	89 25			

1. Aşındırma süresi, 2. Aşındırıcı No, 3. Numune Uzunluğu (mm), 4. Ağırlık (gr),
5. Devir (dev/dak), 6. Ortalama Ra (µm), 7. Ortalama Parlaklık (%)



Şekil 3 Aşındırma süresi ve uygulanan baskıya bağlı olarak Ra (im) ve parlaklık (%) değerlerinin aşındırma aşamalarındaki değişimi (Muğla beyaz)

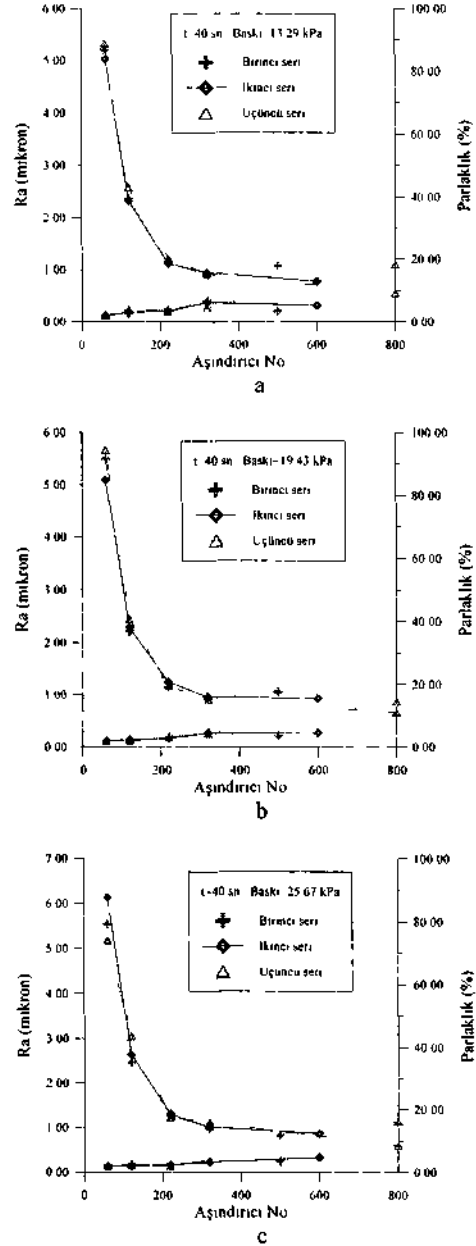
Şekil 4 Aşındırma süresi ve uygulanan baskıya bağlı olarak kumulatif boyut kaybının (%) ve numune boyutunun (mm) aşındırma aşamalarındaki değişimi (Muğla beyaz)

3.3 İkinci adım deney sonuçları ve değerlendirilmesi

Birinci adım deneylerinde görülen yüzey kalitesindeki bozulmanın farklı aşındırıcı serilerinin kullanımı ile ortadan kaldırılabileceği düşünülerek iki değişik mermer biriminde üç farklı aşındırıcı serisinin denenmesine karar verilmiştir. İkinci adım deneylerinde aşındırma süresi 40 sn olarak sabit tutulmuş, uygulanan baskı değerlerinin de birinci adım deneylerdeki gibi 13.29, 19.43 ve 25.67 kPa olmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu deneylerde Muğla beyaz ve Yıldız siyah mermer birimlerine ait numuneler kullanılmıştır. Birinci aşındırıcı serisi 120, 220, 320 ve 500 numaralı, ikinci aşındırıcı serisi 120, 220, 320 ve 600 numaralı, üçüncü aşındırıcı serisi ise 120, 220, 320 ve 800 numaralı aşındırıcı kağıtlardan oluşturulmuştur. Yer darlığı nedeniyle yine örnek olarak Muğla beyaz mermer biriminde gerçekleştirilen deney sonuçları verilmiştir (Çizelge 2). Şekil 5.a, b ve c bu birimde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sabit aşındırma süresinde uygulanan baskıdaki ve aşındırıcı serisindeki değişime bağlı olarak aşındırma aşamalarında elde edilen Ra ve parlaklık değerlerinin değişimini göstermektedir. Şekilden de görüleceği gibi en iyi Ra ve parlaklık değerleri üçüncü aşındırıcı serisinde sağlanmıştır. Birinci serinin 500 numaralı aşındırıcısı 13.29 ve 19.43 kPa'lık baskı değerlerinde, ikinci serinin ise 600 numaralı aşındırıcısı 19.43 kPa'lık baskı değerinde yüzey kalitesini bozmuştur. Bu deneyler sonucunda yüzey kalitesi açısından en uygun üçüncü serinin olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca en düşük aşınma değerleri üçüncü serinin uygulandığı deneylerde elde edilmiştir (Çizelge 2).

3.4 Genel değerlendirme

Muğla beyaz, Zile bej, Afyon gök ve Yıldız siyah mermer birimlerine ait kübik numunelerle yapılan ön aşındırma deneylerinde 120, 220, 360, 500 ve 800 numaralı aşındırıcılardan oluşan seri kullanılmış ve son aşamada sıvı cila ile parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. 20, 30, 40 sn'lik aşındırma süreleri ve 15.21, 20.11, 25.02 kPa'lık baskıların denendiği bu aşındırma deneylerinde 360 numaralı aşındırıcıdan sonra kullanılan 500 numaralı aşındırıcının pürüzlülüğü (Ra değerini) artırdığı, parlaklık değerini ise düşürdüğü saptanmıştır. Ra ve parlaklık değerlerinin uygulanan aşındırma deney



Şekil 5. Sabit aşındırma süresinde uygulanan baskıya ve kullanılan aşındırıcı serisine bağlı olarak Ra (um) ve parlaklık (%) değerlerinin aşındırma aşamalarındaki değişimi (Muğla beyaz).

Çizelge 2 Laboratuvar yüzey aşındırma ikinci adım deney sonuçları (Muğla beyaz).

Numune Adı= Muğla Beyaz															
Uygulanan Yük= 650 gr						Uygulanan Yük= 950 gr					Uygulanan Yük= 1250 gr				
Numune Çapı= 25.05 mm						Numune Çapı= 25.05 mm					Numune Çapı= 24.9560 mm				
I	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
t=40 Sn	60	23.44	-	5.21	2.00	60	23.60	-	5.50	2.00	60	23.75	-	5.55	2.00
	120	23.19	337	2.38	2.75	120	23.10	337	2.22	2.00	120	22.88	337	2.47	2.50
	220	23.04	339	1.14	4.00	220	22.73	338	1.16	3.25	220	22.34	337	1.29	2.50
	320	22.99	339	0.91	6.75	320	22.57	338	0.93	4.50	320	22.05	338	0.98	3.50
	500	22.78	338	1.07	3.50	500	22.32	337	1.06	3.50	500	21.64	337	0.83	3.50
Numune Çapı= 25.00 mm					Numune Çapı= 24.90 mm					Numune Çapı= 25.00 mm					
t=40 Sn	60	22.77	-	5.03	2.00	60	23.37	-	5.09	2.00	60	24.02	-	6.14	2.00
	120	22.58	338	2.33	3.25	120	22.85	338	2.30	2.50	120	23.11	338	2.64	2.00
	220	22.40	339	1.12	3.50	220	22.49	338	1.25	2.75	220	22.48	338	1.31	2.50
	320	22.30	339	0.95	6.25	320	22.32	338	0.97	4.50	320	22.16	337	1.02	3.25
	600	22.13	338	0.78	5.25	600	22.08	336	0.93	4.50	600	21.87	335	0.87	4.75
Numune Çapı= 25.05 mm					Numune Çapı= 25.00 mm					Numune Çapı= 24.90 mm					
t=40 Sn	60	22.25	-	5.33	2.00	60	24.32	-	5.67	2.00	60	23.23	-	5.19	2.00
	120	22.01	338	2.58	4.00	120	23.74	338	2.45	2.00	120	22.41	337	3.06	2.50
	220	21.83	338	1.22	3.50	220	23.36	338	1.19	3.25	220	21.72	338	1.24	2.00
	320	21.74	339	0.93	4.50	320	23.18	338	0.92	4.25	320	21.33	337	1.11	4.00
	800	21.70	337	0.55	18.25	800	23.14	337	0.67	14.50	800	21.28	337	0.60	16.25

1. Aşındırma süresi, 2. Aşındırıcı No, 3. Numune Uzunluğu (mm), 4. Devir (dev/dak),
5. Ortalama Ra (µm), 6. Ortalama Parlaklık (%)

süresi ve baskı değişiminden çok fazla etkilenmedikleri belirlenmiştir. Bu nedenle, silindirik numunelerde üç değişik aşındırma süresi 25, 40 ve 55 saniye ve herbir aşındırma süresindeki baskılar ise 13.29, 19.43 ve 25.67 kPa olarak seçilmiştir. Ön deneylerde ölçülen aşınma değerleri karşılaştırıldığında; Muğla beyaz mermerinin daha az aşınma değerleri verdiği, baskı ve aşındırma süresi artışından daha az etkilendiği, Zile bej ve Afyon gök mermer birimlerinin aşınma değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, baskı ve aşındırma süresi artışından hemen hemen aynı oranda etkilendikleri, Yıldız siyah mermer biriminin ise en fazla aşınma değeri verdiği, baskı ve aşındırma süresi artışından en fazla etkilenen birim olduğu belirlenmiştir. Kübik numunelerin deney cihazına yerleştirilmesi sırasında karşılaşılan bazı güçlükler, istenen ölçülerde kesme zorluğu ve numune köşelerinde kırılmaların olması nedeniyle deneylerin silindirik numunelerle sürdürülmesine karar verilmiştir.

Silindirik numunelerle yapılan aşındırma deneyleri 60 numaralı aşındırıcı ile numunelerin hazırlanmasından sonra iki adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adım deneyler yedi değişik mermer biriminde 120, 220, 320, 400, 500, 600, 800 ve 1000 numaralı aşındırıcıların kullanımını müteakip cilalama işlemiyle tamamlanmıştır. Elde edilen ilk adım deney sonuçlarının değerlendirilmesinden sonra üç değişik aşındırıcı serisi kullanılarak Muğla beyaz ve Yıldız siyah mermer birimlerinde ikinci adım aşındırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. *

Birinci adım aşındırma deneylerinde uygulanan herbir aşındırma süresi ve baskıda 320 numaralı aşındırıcıdan sonra kullanılan 400 numaralı aşındırıcının pürüzlülüğü (Ra değerini) artırdığı, parlaklık değerini ise düşürdüğü belirlenmiştir. Bu durum sadece sarı traverten mermer biriminde baskının 25.67 kPa olarak uygulandığı aşındırma deneylerinde görülmüştür. Birinci adım deneylerde ölçülen aşınma değerleri karşılaştırıldığında; Muğla beyaz mermerinin en az aşınma değerleri verdiği, baskı ve aşındırma süresi artışından daha az etkilendiği, Afyon şeker, Akköy bej ve Afyon gök mermer birimleri ile Yıldız siyah, Zile bej ve sarı traverten mermer birimlerinin birbirlerine yakın değerlerde aşınma davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu birimler içerisinde en fazla % aşınma değeri verenler Zile bej ile sarı traverten mermer birimleridir. Baskı ve zaman artışından en fazla etkilenen mermer birimi Yıldız siyah olup bu birimi sırasıyla sarı traverten, Zile bej,

Akköy bej, Afyon gök ve Afyon şeker mermer birimleri takip etmiştir.

İkinci adım deneylerinde aşındırma süresi 40 sn olarak sabit tutulmuş, uygulanan baskı değerlerinin de birinci adım deneylerdeki gibi 13.29, 19.43 ve 25.67 kPa olmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Birinci aşındırıcı serisi 120, 220, 320 ve 500 numaralı, ikinci aşındırıcı serisi 120, 220, 320 ve 600 numaralı, üçüncü aşındırıcı serisi ise 120, 220, 320 ve 800 numaralı aşındırıcı kağıtlarından oluşturulmuştur. Bu deneyler sonucunda yüzey kalitesi ve aşınma değerleri açısından her iki mermer birimi için de (Muğla beyaz ve Yıldız siyah) en uygun üçüncü serinin olduğu anlaşılmıştır.

Aşındırıcı tane boyutunun büyük olduğu küçük aşındırıcı numaralarında aşınma miktarının arttığı, aşındırıcı tane boyutunun küçülmesine paralel olarak da aşınma miktarının azaldığı görülmüştür. Diğer yandan, aşındırıcı seride fazla sayıda aşındırıcı kullanımı yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca, serideki aşındırıcı sayısının artması mermer birimlerinde meydana gelen aşınma miktarını artırmıştır. Aşındırma süresinin ve numune üzerine uygulanan baskının artışına paralel olarak aşınma değerleri genellikle lineer bir artış göstermiştir. Aşındırma süresi ve baskı değişiminin yüzey kalitesi değerleri üzerindeki etkisi kesin bir şekilde belirlenememiştir. Ancak Muğla beyaz, Afyon şeker, Yıldız siyah ve Akköy bej mermer birimleri için 13.29 kPa'lık baskı ve 25 sn'lik aşındırma süresinin uygun olduğu, diğer birimler için daha düşük aşındırma süresi ve baskı değerlerinde daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir.

Uygulanan aşındırma süresinin ve baskının aşınma miktarı üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla, birinci adım deney verileri kullanılarak Statgraph V.5 paket programı ile çoklu regresyon analizleri yapılmış ve oldukça yüksek korelasyonlu ilişkiler elde edilmiştir (Çizelge 3).

4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deney sonuçları değerlendirildiğinde; aşındırıcı tane boyutunun büyük olduğu küçük aşındırıcı numaralarında aşınma miktarının arttığı, aşındırıcı tane boyutunun küçülmesine paralel olarak da aşınma miktarının azaldığı görülmüştür. Diğer yandan, aşındırıcı sende fazla sayıda aşındırıcı kullanımı yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca, serideki aşındırıcı sayısının artması mermer birimlerinde meydana gelen aşınma miktarını artırmıştır. Aşındırma süresinin ve numune

üzerine uygulanan baskının artışına paralel olarak aşınma değerleri genellikle lineer bir artış göstermiştir. Aşınma miktarı ile uygulanan aşındırma süresi ve baskı arasında oldukça yüksek korelasyonlu ($r > 0.89$) ilişkiler elde edilmiştir (Çizelge 3). Aşındırma süresi ve baskı değişiminin yüzey kalitesi değerleri üzerindeki etkisi kesin bir şekilde belirlenmemiştir. Ancak Muğla beyaz, Afyon şeker, Yıldız siyah ve Akköy bej mermer birimleri için 13.29 kPa'lık baskı ve 25 sn'lik aşındırma süresinin uygun olduğu, diğer birimler için daha düşük aşındırma süresi ve baskı değerlerinde daha iyi sonuçlar alınabileceği anlaşılmıştır. Aşındırma aşamalarında; pürüzlülük (Ra) değerleri başlangıçta hızlı, sonraki aşamalarda giderek azalan, parlaklık değerleri ise başlangıçta az sonraki aşamalarda giderek artan bir davranış göstermiştir. Yüzey kalitesi ve aşınma miktarları açısından denenen koşullar içinde en uygun aşındırıcı serisinin 120, 220, 320 ve 800 numaralı aşındırıcıları ihtiva eden seri olduğu belirlenmiştir.

Laboratuvar ölçekli bir bantlı silme-cilalama makinası geliştirilerek (baskı, aşındırma süresi ve devri değiştirilebilen ve elektronik çeviricilerle sayısal olarak ölçülebilen) mermer birimleri için farklı aşındırıcı türleri ve senlerinin değişik koşullardaki performansları ortaya konulmalıdır. Ayrıca su, enerji ve aşındırıcı tüketimlerinin bu makinaya eklenecek elektronik sistemlerle ölçülmesi aşındırma-cilalama değişken birim maliyetlerinin daha sağlıklı ortaya konulmasını sağlayabilecektir. Benzer çalışmaların mermer fabrikalarında da yapılmasında büyük yarar görülmektedir. Ayrıca mermer fabrikalarında çalışma koşullarının uygunluğunun ve üretimin kontrolü için gerek aşındırma aşamalarında gerekse nihai üründe yüzey kalitesini belirleme ölçümleri yapılmalı ve bu ölçümleri daha güvenilir ve hızlı gerçekleştirebilecek ölçüm sistemleri ve/veya aletleri geliştirilmelidir.

Çizelge 3 Aşınma miktarı ile aşındırma süresi ve baskı arasındaki ilişkiler

Mermer Birimi	Regresyon Denklemi Y : Aşınma miktarı (mm) t : Aşındırma süresi (sn) P : Baskı (kPa)	Korelasyon Katsayısı (r)
Muğla Beyaz	$Y = 0.024405 \times t + 0.054489 \times P$	0.9750
Afyon Şeker	$Y = 0.034941 \times t + 0.038427 \times P$	0.9235
Afyon Gök	$Y = 0.036750 \times t + 0.068969 \times P$	0.9374
Akköy Bej	$Y = 0.035811 \times t + 0.048515 \times P$	0.9384
Zile Bej	$Y = 0.065406 \times t + 0.084469 \times P$	0.9552
Yıldız Siyah	$Y = 0.030507 \times t + 0.083614 \times P$	0.8942
Sarı Traverten	$Y = 0.052241 \times t + 0.151343 \times P$	0.9486

TEŞEKKÜR

Yazarlar, TÜBİTAK ve C.Ü. Araştırma Fonuna maddi destekleri nedeniyle teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Akkurt, M 1985. Takımı tezgahlan talaş kaldırma yöntemleri ve teknolojisi. *Birsen Yayınevi İstanbul* 671
 Anon, 1992 Surrtronic 3+ operating instructions *Rank Taylor Hobson Limited Leicester* 53

- Anon, 1997 Handy gloss checker IG-330 Instruction Manuel *Honba Ltd Japan* 15
 Ceylanoğlu, A Görgülü, K. Arpa/, E & Duruturk, Y S 1999 Bazı mermer birimleri için optimum aşındırma-cilalama koşullarını belirleme çalışmaları *TUBITAK-MISAG Proje No 108 Sivas*, 252
 Gorgulu, K 1998. Bazı mermer birimleri için optimum aşındırma-cilalama koşullarının araştırılması ve malzeme özellikleri ile ilişkilendirilmesi *C U Fen Bil Ens Doktora Tezi Sivas* 178
 Önder, A , 1995. Silindirik parçaların yüzey tornalanmasında elde edilen yüzey pürüzlülüğünün aşınmaya etkisi. *C Ü Fen Bil Ens Yuk Lis Tezi Sivas* 72