

MERMER TOZ ARTIKLARI ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE FALCON GRAVİTE KONSANTRATÖRÜN ETKİSİ

Effect of the Falcon Gravity Concentrator on the Improvement of Properties of Marble Powder Wastes

Z. Ebru SAYIN (*)
Uğur AKSOY(**)

ÖZET

Çalışmada, -100 µm tane boyutuna sahip mermer toz artıklarının endüstriyel hammadde olarak kullanılabilir özellikleri sağlamada Falcon Gravite Konsantratörün etkisi araştırılmıştır. Mermer toz artıkları içerisindeki safsızlıkların giderilmesi amacıyla Falcon Gravite Konsantratörü – Yaş Manyetik Ayırıcı prosesi uygulanarak elde edilen nihai ürünlerin, kağıt ve boya endüstrilerinde hammadde olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Mermer toz artıklarının belirtilen endüstri kollarında kullanılabilirliği için özellikle tane boyut dağılımı, kimyasal bileşimi, beyazlık ve yağ absorplama değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak, %90'ı 38 µm altında olan mermer tozu atığının 1, 2, 3, 4, 5 olarak verilen, seçilmiş deney parametreleri ile elde edilen konsantre ürünlerin; uygun öğütme teknolojileri ile boyut küçültme işlemine tabi tutulduktan sonra CaCO₃ yüzdelerinin artırılıp, kağıt ve boya sektöründe kullanılabileceği, beyazlık değerlerinin ise uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Falcon konsantratörü; Mermer toz artığı; Kalsit (CaCO₃).

ABSTRACT

In this study, usage as industrial raw material of marble powder waste which have -100 µm grain size in marble factory and, was researched effect of the falcon gravity concentrator on the improvement of properties of marble powder wastes. Paper and paint industry availability as raw material which the final product that obtained for the purpose to eliminate impurity in marble dust waste using by Falcon gravity concentrator - wet magnetic separator process, were investigated. That four features analyzed for research marble dust waste availability in the industrial branches. These features are grain size distribution, chemical composition, whiteness index, oil absorption amounts. In light of this information, parameter is 1, 2, 3, 4, 5 of the products obtained from experiments the whiteness value is acceptable, Increasing the percentage of CaCO₃, products must apply milling process a little. If these conditions are provided, products of this parameter is available in paper and paint industries.

Keywords: Falcon concentrator; Marble dust waste; Calcite (CaCO₃).

(*) Yrd. Doç. Dr. Afyon Kocatepe Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., AFYONKARAHİSAR
zerkan@aku.edu.tr

(**) Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., AFYONKARAHİSAR

1. GİRİŞ

Mermer fabrikalarından üretim artığı olarak ortaya çıkan tozların kullanılabilirliği endüstriyel açıdan kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır. Bu nedenle mermer toz artıklarının değerlendirilmesi konusunda bulunabilecek alternatifler, mermer fabrika işletmecilerine ve ülke ekonomisine kaynak sağlayacağı gibi bu fabrikaların çevre kirlenici özelliğini de tamamen ortadan kaldıracaktır (Ceylan, 2000).

Mermer toz artıklarının değişik alanlarda kullanılabilmesini belirleyen en önemli özellikler, kimyasal bileşimi, tane boyutu ve renktir. Mermer tozlarının kimyasal bileşimindeki CaCO_3 oranının miktarı, kullanım alanını genişletmekte ve endüstride oldukça fazla ihtiyaç duyulan kalsitin yerine kullanılabilme imkanı oluşturmaktadır. Ancak burada kalsitin yerine kullanılabilme kriteri, yüksek CaCO_3 yüzdesi ve beyazlıktır. Tane boyutu ise kullanılan sektöre göre 1-2 μm 'dan 50-100 μm 'a kadar farklı boyutlarda istenebilmektedir.

Mermer fabrikalarında yapılan gözlemler sonucunda toz artıklarının değerlendirilemediği, hatta bertarafında çevre mevzuatı açısından sorunlar yaşandığı tespit edilmiştir. Çevre dostu, düşük fiyatlı sağlam yapı malzemesi ve endüstriyel hammadde girdisinin popüleritesinin artması yeni araştırmaları da gerektirmektedir. Söz konusu mermer tozu artıkları kullanarak, standartlara uygun, çevreye zarar vermeyen kullanım alanlarının genişletilmesi artıkların ekonomiye kazandırılması hususunda büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, mermer fabrikasından üretim artığı olarak çıkan -100 μm tane boyutundaki mermer toz artıklarının endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmede Falcon Gravite Konsantratörün etkisi araştırılmıştır.

2. MALZEME ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan mermertozu Afyonkarahisar ili içerisinde faaliyet gösteren Gençler Mermer San. ve Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir. Tesisin mermer ürünleri üretimi esnasında; %16,5 neme sahip, %99'a yakın bir kısmı 100 μm tane boyutu

altında kalan, günlük yaklaşık 90 ton ince artık elde edilmektedir. Tikiner tankı çıkışıdan alınan 140 kg numune, şirket tarafından daha önce renk testleri yaptırılmış olan gri ve bej olarak adlandırılmış iki farklı mermer bloğunun kesim esnasında oluşan toz artıklarıdır.

Numunelerin kimyasal analizleri X-ışınları Floresan (XRF) spektroskopisi ile, tane boyutu analizleri ise laser partikül sizer yönteminin kullanıldığı MALVERN Mastersizer 2000 cihazında gerçekleştirilmiştir. Mineralojik analizler Shimadzu X ışını difraktometre (XRD) cihazında yapılmıştır. Numunelerin beyazlık ve parlaklık ölçümü Hunterlab Colorflex (CFLX 45-2 Model Colorimeter, Hunterlab, Reston, VA) cihazında, özgül yüzey alanı tayini ise MALVERN Mastersizer 2000 cihazında tespit edilmiştir. Nem tayini, 105 ± 2 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmak suretiyle yapılmış; yağ absorpsiyonu testleri ise ISO 787/5 standartına göre gerçekleştirilmiştir.

Zenginleştirme çalışmaları için Şekil 1'de verilen laboratuvar ölçekli SB40 model Falcon konsantratörü Çizelge 1'de verilen deney parametreleri ön zenginleştirme, OUTOTEC WHIMS 3X4L yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırıcı ise nihai zenginleştirme amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 1. Laboratuvar ölçekli SB40 model Falcon konsantratörü.

Falcon konsantratörde, ince taneler akışkan yatak halindeki sulu ortamda merkezkaç kuvvetinin etkisiyle yoğunluk farkından yararlanılarak zenginleştirilmektedir (Falconer, 2003). Ayırmanın yapıldığı ünite kova şeklindedir. Kovanın üst orta kısmında, besleme kanalı bulunur ve ince malzeme su ile karıştırılarak belirli katı sıvı oranlarında bu kanaldan cihaza

beslenir. Kova motor tarafından döndürülen bir tabla üzerinde oturmaktadır. Kovanın çapına ve döndürme hızına bağlı olarak, kova içindeki malzemeye yerçekimi ivmesinin 300 katı fazla (300*g) merkezkaç kuvvet uygulanabilmektedir.

Çizelge 1. Falcon Konsantratörü Deney Parametreleri.

Santrifüj kuvveti	Basınç	Besleme hızı (l/dk)	Pülpte Katı Oranı (%)
20 G			
60 G			
99 G	1; 2; 4	1	20
150 G			
200 G			
300 G			

Falcon konsantratör ile mermer toz artıklarındaki yoğun mineraller uzaklaştırılmaya çalışılmış, CaCO₃'ün renk değişimi incelenerek ön konsantreler seçilmiştir. Ön konsantreler yaş manyetik ayırıcıda 17.490 Gauss'da zenginleştirilerek nihai konsantreler elde edilmiştir. Optimum çalışma parametrelerinde elde edilen 5 farklı konsantrere incelenerek kağıt ve boya üretiminde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

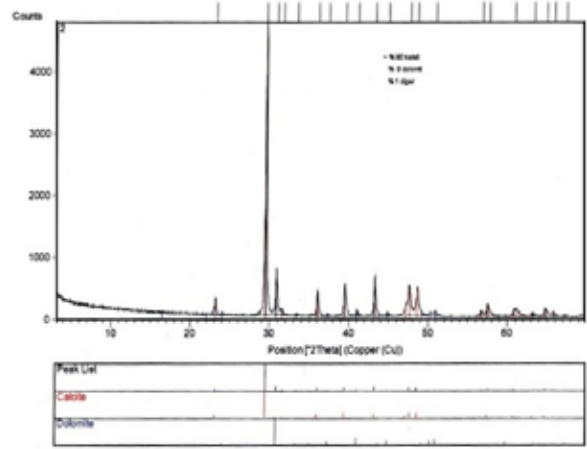
3. BULGULAR

3.1 Artığın Karakterizasyonu

Numunenin XRD piklerinden (Şekil 2) elde edilen veriler mermer tozu artık numunesinde esas mineralin yaklaşık olarak %90 oranında kalsit minerali (CaCO₃), %9 oranında dolomit minerali (CaMg(CO₃)₂) ve %1 oranında da diğer minerallerden ibaret olduğu tespit edilmiştir. Mermer toz artığına eşlik eden mineral maddeler XRD analiziyle belirlendikten sonra XRF yöntemiyle bu minerallerin kimyasal bileşimleri tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Tane boyutu; tane boyut dağılımı, özgül yüzey alanı proses kontrolünden nihai ürünün niteliklerinin belirlenmesine kadar her safhada malzeme karakterizasyonunda etkilidir. Besleme malı mermer toz artığının tane boyutu analizi yaş ortamda pülp halinde MALVERN Mastersizer 2000 cihazı ile yapılmış olup, Şekil

3'de verilen besleme malı mermer toz artığının tane boyu dağılımına göre d₁₀, d₅₀, d₉₀ değerleri sırasıyla 2,45 µm, 13,81 µm, 56,13 µm olarak saptanmıştır. Özgül yüzey alanı ise 1,09 m²/g olarak tespit edilmiştir.

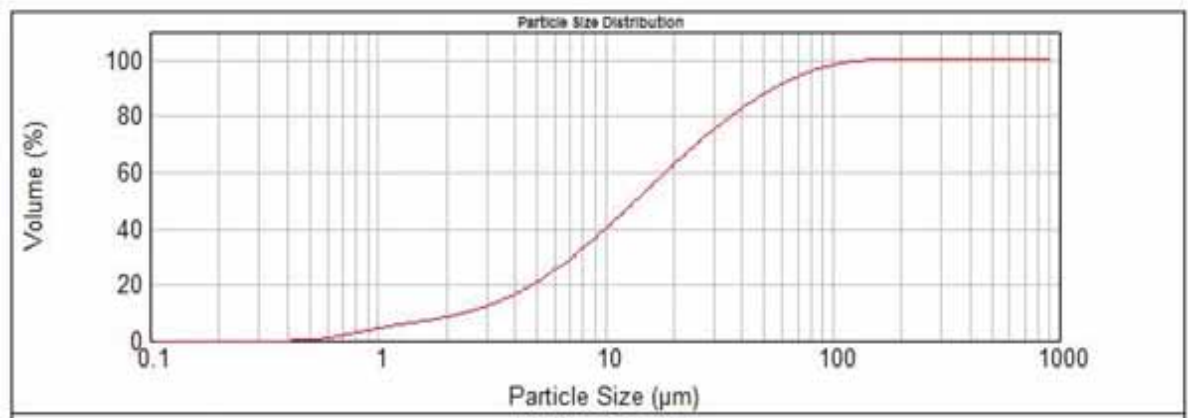


Şekil 2. Besleme malı mermer toz artığının XRD difraktogramı.

Çizelge 2. Besleme Malı Mermer Toz Artığının XRF Analiz Sonuçları.

Bileşim	%-M
F	0,10
Na ₂ O	0,02
MgO	2,75
Al ₂ O ₃	0,07
SiO ₂	0,19
P ₂ O ₅	0,06
SO ₃	0,03
Cl	0,01
K ₂ O	0,01
CaO	52,6
MnO	0,01
Fe ₂ O ₃	0,05
Kızdırma Kaybı	44,1

Besleme malının; 23 ml/100g yağ emme değerine, %93,86 beyazlık değerine, %80,60 parlaklık değerine, 2,65 g/cm³ yoğunluk değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Besleme malı mermer tozunun tane boyut dağılımı

3.2 Zenginleştirme Çalışmaları

Mermer toz artığındaki kalsit (CaCO_3) oranının Falcon konsantratörü ile artırılması hedeflenmiştir. Burada amaç yoğunluğu $2,71 \text{ g/cm}^3$ olan kalsiti (CaCO_3), yoğunluğu $2,85 \text{ g/cm}^3$ olan dolomitten ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ayırmaktır ancak malzemenin tane boyut dağılımındaki etki nedeniyle yoğunluktan ziyade tane boyutuna göre bir zenginleştirme söz konusu olmuştur. Falcon Konsantratöründen alınan

ön konsantreler beyazlık ve parlaklık sonuçlarına bağlı olarak değerlendirilmiş ve Falcon konsantratörü ön konsantreleri, yağ manyetik ayırmaya tabi tutularak elde edilen nihai ürünler; beyazlık, parlaklık, tane boyutu, özgül yüzey alanı testleriyle değerlendirilmiştir. Deney parametreleri ve sonuçları irdelendikten sonra seçilen 5 deneyin (Çizelge 3) nihai karakterizasyon testleri yapılmıştır. Deneyler %20 pülp katı oranı, 1l/dk pülp besleme hızında uygulanmıştır.

Çizelge 3. Nihai Karakterizasyon Testleri Yapılan Deneylerin Çalışma Parametreleri.

Deney No	Falcon Konsantratör Çalışma Parametreleri	
1	Gravite Kuvveti	60 G
	Yıkama suyu basıncı	1 Psi
2	Gravite Kuvveti	99 G
	Yıkama suyu basıncı	1 Psi
3	Gravite Kuvveti	200 G
	Yıkama suyu basıncı	2 Psi
4	Gravite Kuvveti	300 G
	Yıkama suyu basıncı	4 Psi
5	Gravite Kuvveti	300 G
	Yıkama suyu basıncı	1 Psi

Ön konsantrelerin her biri, Yaş Manyetik Ayırıcıda 17.490 Gauss'da nihai konsantr haline getirilmiştir.

Çizelge 4'de ise deney kodlarına bağlı olarak elde edilen nihai konsantrelerin tane boyut değişimleri verilmiştir. Çizelge 5, 6, 7, 8, 9'da ise deney kodlarına bağlı olarak nihai konsantrelerin XRF, beyazlık, parlaklık, yoğunluk ve yağ emme deney sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4. Deney Numaralarına Göre Tane Boyut Değişimleri.

Deney No	d10 (µm)	d50 (µm)	d97 (µm)	Özgül Yüzey Alanı (m ² /g)
Besleme Malı	2,45	13,81	56,13	1,09
1	1,36	7,97	31,34	1,61
2	1,86	10,54	54,49	1,30
3	1,29	6,95	27,55	1,72
4	1,30	7,65	27,85	1,66
5	1,42	7,20	24,95	1,62

Çizelge 5. Deney 1'in XRF, Beyazlık, Parlaklık, Yoğunluk ve Yağ Emme Deneyi Sonuçları.

Kimyasal Analizler	Miktar (%)
F	0,104
Na ₂ O	0,04
MgO	2,79
Al ₂ O ₃	0,07
SiO ₂	0,20
P ₂ O ₅	0,07
SO ₃	0,03
Cl	0,01
K ₂ O	0,01
CaO	52,70
MnO	0,01
Fe ₂ O ₃	0,05
ZnO	0,01
Kızdırma Kaybı	43,86
Fiziksel Analizler	Miktar
Beyazlık (L %)	96,29
Parlaklık (Z %)	86,51
Yoğunluk (g/cm ³)	2,54
Yağ Emme (ml)	23,67
CaCO ₃ (%)	93,87

Çizelge 7. Deney 3'ün XRF, Beyazlık, Parlaklık, Yoğunluk ve Yağ Emme Deneyi Sonuçları.

Kimyasal Analizler	Miktar(%)
F	0,14
Na ₂ O	0,06
MgO	2,76
Al ₂ O ₃	0,07
SiO ₂	0,204
P ₂ O ₅	0,07
SO ₃	0,03
Cl	0,02
K ₂ O	0,015
CaO	52,60
MnO	0,01
Fe ₂ O ₃	0,05
ZnO	-
Kızdırma Kaybı	43,90
Fiziksel Analizler	Miktar
Beyazlık (L %)	96,20
Parlaklık (Z %)	86,20
Yoğunluk (g/cm ³)	2,49
Yağ Emme (ml)	24,33
CaCO ₃ (%)	93,76

Çizelge 6. Deney 2'nin XRF, Beyazlık, Parlaklık, Yoğunluk ve Yağ Emme Deneyi Sonuçları.

Kimyasal Analizler	Miktar (%)
F	0,10
Na ₂ O	0,04
MgO	2,77
Al ₂ O ₃	0,06
SiO ₂	0,185
P ₂ O ₅	0,07
SO ₃	0,03
Cl	0,01
K ₂ O	0,01
CaO	52,50
MnO	0,01
Fe ₂ O ₃	0,05
ZnO	-
Kızdırma Kaybı	44,10
Fiziksel Analizler	Miktar
Beyazlık (L %)	95,62
Parlaklık (Z %)	84,81
Yoğunluk (g/cm ³)	2,60
Yağ Emme (ml)	25
CaCO ₃ (%)	93,92

Çizelge 8. Deney 4'ün XRF, Beyazlık, Parlaklık, Yoğunluk ve Yağ Emme Deneyi Sonuçları.

Kimyasal Analizler	Miktar(%)
F	0,085
Na ₂ O	0,04
MgO	2,82
Al ₂ O ₃	0,07
SiO ₂	0,20
P ₂ O ₅	0,07
SO ₃	0,03
Cl	0,01
K ₂ O	0,01
CaO	52,70
MnO	-
Fe ₂ O ₃	0,05
ZnO	0,01
Kızdırma Kaybı	43,88
Fiziksel Analizler	Miktar
Beyazlık (L %)	96,22
Parlaklık (Z %)	86,32
Yoğunluk (g/cm ³)	2,54
Yağ Emme (ml)	23
CaCO ₃ (%)	93,91

Çizelge 9. Deney 5'in XRF, Beyazlık, Parlaklık, Yoğunluk ve Yağ Emme Deneyi Sonuçları.

Kimyasal Analizler	Miktar(%)
F	0,13
Na ₂ O	0,04
MgO	2,73
Al ₂ O ₃	0,06
SiO ₂	0,15
P ₂ O ₅	0,07
SO ₃	0,03
Cl	0,01
K ₂ O	0,01
CaO	52,80
MnO	0,01
Fe ₂ O ₃	0,04
ZnO	-
Kızdırma Kaybı	43,85
Fiziksel Analizler	Miktar
Beyazlık (L %)	96,03
Parlaklık (Z %)	86,00
Yoğunluk (g/cm ³)	2,54
Yağ Emme (ml)	23,67
CaCO ₃ (%)	94,03

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Türkiye'de ince mermer artık malzemelerinin değerlendirilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Bunun sonucu olarak kaynakların kullanımında çok büyük ekonomik kayıplar olmaktadır. Çevre dostu, düşük fiyatlı, sağlam yapı malzemesi ve endüstriyel hammadde girdisinin popüleritesinin artması yeni araştırmaları da gerektirmektedir. Söz konusu mermer tozu artıkları kullanılarak, standartlara uygun çevreye zarar vermeyen malzeme üretiminde tek başına veya başka malzemelere karıştırılarak kullanım alanlarının genişletilmesi, ekonomiye kazandırılması büyük önem taşımaktadır.

Gençler Mermer San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasından alınan mermer toz artığı numunelerinin, çeşitli sektörlerde kullanılabilmesi için gerekli özellikler, tane boyut dağılımı, CaCO₃ oranı, yoğunluk, beyazlık ve yağ absorplama değeri olarak belirlenmiştir. Alınan mermer toz artıkları farklı

uygulama parametreleri ile Falcon Gravite Konsantratörden geçirilmiş ve özellikle deney 5'in verileri olan %20 kati oranı, 1l/dk besleme hızı, 300 G yerçekimi kuvveti, 1 psi yıkama suyu basıncı ile d₁₀ değeri 1,42 mikron, d₅₀ değeri 7,20 mikron, d₉₀ değeri 24,95 mikron olan tane boyutlarında ulaşılmıştır. %93,86 Beyazlık, %80,60 parlaklık ve %90 CaCO₃ değerine sahip artık toz malzemenin; %96,03 beyazlık, %86,00 parlaklık ve %94,03 CaCO₃ değerine sahip konsantreler üretilmiştir. DPT, 2001'de verilen kalsitin (CaCO₃) belirlenmiş referans değer aralıklarına göre kağıt ve boya sektörlerine uygunluğu incelenmiştir.

Kağıt ve boya sektörlerinde CaCO₃ değeri %96-98, Fe₂O₃ değeri %0,2, SiO₂ değeri %0,2, MgO değeri max %2, beyazlık değerinin min %95 olması gerekmektedir. Malzemenin tane boyutunu ise, kağıt sektörü için dolguda %42-44'ünün 2 µm altında, d₅₀ değerinin max 3 µm, d₉₇ değerinin max 18-20 µm, kaplamada ise %80-90'ın 2 µm altında, d₅₀ değerinin max 1 µm, d₉₇ değerinin max 6-8 µm arasında olması gerekmektedir. Boya sektöründe tane boyut dağılımına bakıldığında, genel kullanım için %32-34'ünün 2 µm altında, d₅₀ değerinin max 3,5 µm, d₉₇ değerinin max 36 µm, ince ürün olarak kullanımında ise %55-60'ının 2 µm altında, d₅₀ değerinin max 1,6 µm, d₉₇ değerinin max 12 µm olması istenir. Bu bilgiler ile nihai deneylerden 1, 2, 3, 4, 5'te belirtilen Falcon Gravite Konsantratör parametreleri; ürünlerin tane boyutunun öğütme işlemiyle düşürülmesi ve CaCO₃ yüzdelерinin ise tekrarlanacak bir Falcon Konsantratör çalışması ile arttırılabileceği öngörülmektedir. Konsantratörün renk verici malzemeleri rahatlıkla uzaklaştırabildiği manyetik ayırıcının ise nihai temizleme çalışmasında renk verici mineralleri uzaklaştırmada herhangi bir etkisinin olmadığı yapılan araştırma sonucu elde edilen veriler arasındadır.

Sonuç olarak, tesisin mermer ürünleri üretimi esnasında; %16,5 neme sahip, %99'a yakın bir kısmı 100 µm tane boyutu altında kalan günlük yaklaşık 90 ton ince artık elde ettiği dikkate alındığında, çalışmanın önemi ve elde edilen ürünün devamlılığı ortaya çıkmaktadır. Eylül 2012 fiyatları ile CaCO₃ sadece tane boyutu olarak incelendiğinde, Türkiye'de ocak başı fiyatının 15-20 TL/ton arasında, 50-22 mikron arası 21-26 \$/s.ton, 22-10 mikron arası 50-105 \$/s.ton, 3 mikron altının ise 170-185

\$/s.ton olduğu ve bu ürünlerin beyazlıklarının sağlanması ile (örneğin kağıt dolgu ürünü olarak kullanılan 1. kalite kaolenin satış fiyatı 209 \$/s. ton) daha yüksek fiyatlara ulaştığından (Anon, 2012); basit bir üretim planlaması, günümüz teknolojisi ve pipe-line hatları ile aşılamayacak bir sorun olmadığı anlaşılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Gençler Mermer San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne projemize verdikleri destek ve katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

Anon, Maden Mühendisleri Odası, <http://www.maden.org.tr>, 27.02.2013, Metal-Maden Fiyatları.

Ceylan, H., 2000, Mermer fabrikalarındaki toz mermer artıklarının ekonomik olarak değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, S. D. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 43 sf.

DPT, 2001, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri I, Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2618 – ÖİK: 629, 99 sf.

Falconer, A., 2003, Gravity Separation: Old Technique/New Methods, *Physical Separation in Science and Engineering*, 12(1), 31-48.