

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Doğal Taş Atık Depolama Sahasındaki Mermer Atıklarının Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa Yavuz Çelik¹, Şükrü Tur²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Afyonkarahisar.

²İl Özel İdaresi, Afyonkarahisar.

e-posta: mycelik@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 06 Kasım 2012; Kabul Tarihi: 31 Ocak 2013

Özet

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60,000 ton katı, 120,000 ton sulu mermer artığı açığa çıkmaktadır. Bu atıkların 45,500 ton katı ve 97,500 ton sulu atık Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından çimento üretiminde kullanılırken geri kalan kısmı Organize Sanayi Bölgesinde bulunan altyapısı tamamlanmamış yerlerde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Mermer atıklarının tane boyutlarının % 90'ı 200 µm, % 70'i 100 µm ve % 40'ı 20 µm altında olduğu tespit edilmiştir. Mermer atıkları CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, TiO₂, P₂O₅ gibi bileşenleri içerirler. Mermer atıklarının kimyasal analizlerinde, en yüksek bileşeni oluşturan CaO oranı % 49,98 ile % 55,93 arasında değişmektedir. Mermer atıklarının % 90'ı 200 µm, % 70'i ise 100 µm altındadır. 20 µm altındaki mermer atıklarının oranı ise % 40'dır.

Anahtar kelimeler

Mermer; Mermer atıkları; Atıkların değerlendirilmesi; Afyonkarahisar

Investigation of the properties of the marble waste in the natural stone waste storage field of Afyonkarahisar Organized Industrial Zone

Abstract

It is estimated that 60,000 tons solid and 120,000 tons slurry marble waste are produced annually by the 40 processing plants in the Afyonkarahisar Organized Industrial Zone. 45,500 tons solid and 97,500 tons slurry of marble waste are used annually by the Afyon Çimento T.A.Ş, the others used by the unfinished infrastructure plants in the Afyonkarahisar Organized Industrial Zone. Forty per cent of the particles were found to be less than 20 µm, seventy per cent of the particles were found to be less than 100 µm and ninety per cent of the particles were found to be less than 200 µm in diameter. Marble waste contains the chemical compounds CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, TiO₂ and P₂O₅. It can be seen in the chemical analysis of the marble wastes that the highest component is CaO which changes between values of % 49,98 and % 55,93. %90 of the marble wastes is 200 µm while % 70 of them is below 100 µm. The ratio of the marble wastes which are below 20 µm is % 40.

Key words

Marble; Marble waste; Recycling of waste; Afyonkarahisar

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

İscehisar (Afyonkarahisar) bölgesi çok uzun yıllardan beri Anadolu'nun en önemli ve dünyaca tanınan mermer üretim bölgesi olmuştur. Buradan üretilen mermerler, küçük tane boyutuna sahip olup değişik renk ve desenlerdedir. Afyon Şeker, Afyon Kaymak, Afyon Menekşe, Afyon Bal ve Afyon Kaplanpostu dünyaca bilinen en önemli mermer çeşitleridir.

Mermer sektöründe son yıllarda görülen gelişme neticesinde, mermer ocak ve tesis sayısında büyük

artışlar vardır. Bu artışlara paralel olarak mermer atıklarının miktarında da gözle görülür oranda büyük artışlar meydana gelmiştir. Çevre bilincinin ön plana çıktığı günümüzde, bu mermer atıklarının çevreye gelişigüzel atılması ve bu atık sahalarının gün geçtikçe büyümesi kamuoyunu olumsuz yönde etkilemektedir. Gerek ocak işletmeciliğinde gerekse tesislerde mermer üretimi devam ettiği sürece bu atıkların giderek çoğalması kaçınılmaz bir gerçektir.

Afyonkarahisar'da sayısı 400'ü bulan mermer işleme tesisinden yılda yaklaşık 300,000 ton

mermer çamuru, 200,000 ton mermer katı atık olarak çevreye bırakılmaktadır. Yine ildeki mermer ocaklarından yılda 270,000 ton parça mermer artığı çıkmaktadır. Ocaklardaki atıklar şu an için görsel problem dışında bir sorun teşkil etmezken tesislerde oluşan atıkların yer işgal etmesinden dolayı tesisten bir an önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Tur, 2007).

Afyonkarahisar'da mermer sektörü üç bölgede yoğunlaşmıştır; İscehisar Bölgesi, Susuz Bölgesi ve Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde 40 adet mermer işleme tesisi mevcuttur. Mermer işleme tesislerinde oluşan mermer çamuru miktarı aylık 10,000 ton – 12,000 ton civarında olup; bu miktarın yaklaşık 4,000 ton – 4,500 ton'u şlam, 7,000 ton – 7,500 ton'u filtre presten çıkan ve kek tabir edilen atıklardır (Tur, 2007).

Organize Sanayi Bölgesi içindeki tesisler de mermer atıklarının depolanması yer sıkıntısından dolayı büyük problem yaratmaktadır. Gittikçe artan miktarda açığa çıkan mermer atıklarının depolanması için Organize Sanayi Bölgesinde mermer artığı depolama sahası oluşturmak gündeme gelmiştir.

Organize Sanayi Bölgesi içerisinde yer alan mermer işleme tesislerinde proses gereği ortaya çıkan mermer çamurlarının rastgele doğaya bırakılmasının önlenmesi, düzenli depolanması, kurutulması ve çimento üretim malzemesi olarak kullanılmak üzere geri dönüşümünün sağlanması amacıyla bir depolama tesisi kurulmuştur. Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; toz boyutundaki mermer çamurlarının etrafa rastgele yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine yol açmasının yanı sıra rüzgarın da etkisiyle oluşan toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenmektedir.

Bu çalışmada, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde kurulan düzenli depolama sisteminde depolanan mermer atıklarının özellikleri incelenmiştir.

1.1. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanına en yakın yerleşim yeri güneyde 4 km mesafede Afyonkarahisar ilidir. Doğuda Susuz ve kuzeyde Erenler köyleri yer almaktadır. İnceleme alanı 1/25,000 ölçekli topografik haritada K25a4 paftasında bulunmaktadır (Şekil 1). Afyon-Eskişehir Karayolu inceleme alanının batısından geçmektedir.

Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar Belediyesi Mücavir Alanı içerisindedir. Bölgenin tamamı 490 hektardır, 230 hektarlık Mevcut Bölgenin altyapı çalışmalarına 1987 yılında başlanarak 1993 yılı itibariyle tamamlanmıştır. Sanayi parseli sayısı 431 adettir. Bunun 40 tanesi mermer işleme tesisi olup bu tesisler Şekil 2'de verilmiştir. Depolama alanının rakımı yaklaşık 1010 metredir (Tur, 2007).

Depolama sahasının bulunduğu alan; tarım dışı alanlardan ve Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde kalmaktadır. Depolama tesisi ve çevresi orman sınırları içerisinde yer almamaktadır. Bu alan peyzaj değeri yüksek yerler ve rekreasyon alanlarından da değildir. Faaliyet alanı ve yakın çevresinde göl, baraj, gölet vb. tesisler bulunmamaktadır. Yörede alüvyal düzlük ve killi tınlı toprak yapısı hakim olup, ağırlıklı olarak buğday, arpa ve şeker pancarı tarımı yapılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

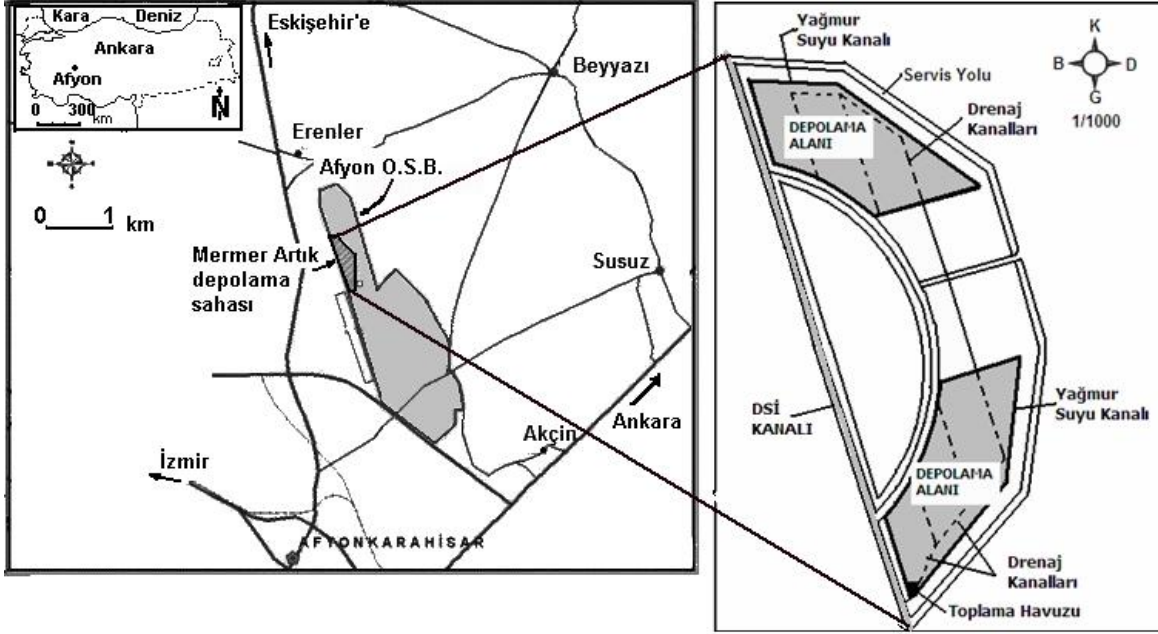
2.1. Materyal

Mermer atık depolama sahasında mermer çamuru ve parça mermer atıkları depolanmaktadır. Zaman zaman hem katı hem de çamur atıkların beraberce depolandığı da görülmektedir. Çalışmada kullanılan örnekler depolama sahasındaki katı ve sıvı mermer atıklarından alınmıştır.

2.2. Yöntem

Depolama alanında bulunan mermer çamuru ve katı mermer atıklarından örnekler alınarak kimyasal analiz yapılmıştır. Kimyasal analiz verileri yardımıyla çevre kirliliği yaratabilecek unsurların varlığı

incelenmiştir. Mermer atıklarının tane boyut analizi yapılmıştır. Bunun yanı sıra çimento üretiminde kullanılan mermer atıklarının mineralojik bileşimi XRD yöntemiyle tespit edilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının yer buldurular haritası.



Şekil 2. Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer işleme tesisleri (Tur, 2007).

3. Bulgular

3.1. Mermer Atıklarının Kimyasal Analizi

Mermer atıklarının kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla Afyon Çimento Fabrikasında XRF cihazında kimyasal analizler yapılmıştır. Katı atıkların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de, mermer çamurlarının kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Katı mermer atıklarına ait örneklerin kimyasal analizlerinde, en yüksek bileşeni oluşturan CaO oranının % 49,98 ile % 55,93 arasında değiştiği görülmektedir. Ana elementlerin dağılımları incelendiğinde, yüksek CaO içeriklerine karşılık diğer tüm bileşenlerin dağılımlarında bir azalma gözlenmektedir. Bu durum, kalsit artışına bağlı olarak diğer minerallerin azalmasının bir sonucudur. Ayrıca MgO oranı % 0,28 ile % 3,98 arasında dağılım göstermektedir.

Çizelge 1. Katı mermer atıkları kimyasal analiz sonuçları

No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	Toplam
1	0,55	0,26	0,14	53,09	0,28	0,17	0,07	0	43,75	98,31
2	0,52	0,27	0,15	53,79	0,63	0,24	0,06	0	43,78	99,44
3	0,51	0,32	0,1	52,39	1,03	0,14	0,06	0	43,55	98,1
4	0,5	0,25	0,09	53,51	0,89	0,2	0,05	0	43,73	99,22
5	0,03	0,15	0,02	54,3	0,97	0,09	0,04	0	43,53	99,13
6	0,32	0,2	0,06	52,26	0,78	0,16	0,04	0	43,5	97,32
7	0,58	0,29	0,12	53,58	0,72	0,24	0,06	0	43,4	98,99
8	0,36	0,26	0,06	53,46	1,38	0,25	0,05	0	43,14	98,96
9	0,5	0,23	0,12	55,93	0,29	0,13	0,06	0	42,45	99,71
10	0,26	0,2	0,05	53,92	0,47	0,14	0,04	0	43,28	98,36
11	0,21	0,2	0,05	53,9	0,7	0,14	0,06	0	43,45	98,71
12	0,48	0,29	0,07	49,98	3,98	0,23	0,06	0	43,43	98,52

Çizelge 2. Mermer çamurlarının kimyasal analiz sonuçları

No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	Toplam
1	0,45	0,25	0,12	53,51	0,54	0,25	0,05	0	43,57	98,74
2	0,32	0,19	0,09	53,89	0,37	0,13	0,06	0	43,42	98,47
3	0,73	0,28	0,29	52,64	0,37	0,15	0,08	0	43,37	97,91
4	1,15	0,3	0,24	52,34	0,94	0,17	0,1	0	43,52	98,76
5	0,45	0,27	0,07	53,36	0,85	0,19	0,05	0	43,46	98,7
6	1,44	0,5	0,2	52,41	1,06	0,14	0,1	0	43,36	99,21
7	0,18	0,17	0,06	52,49	1,77	0,21	0,04	0	43,91	98,83
8	0,64	0,37	0,16	52,81	1,17	0,17	0,09	0	43,3	98,71

Çizelgelerde verilen analiz sonuçlarına göre; mermer atıklarının yüksek oranda CaO içerdiği ve bu oranın en düşük % 47,82 ve en yüksek % 55,93 arasında değiştiği gözlenmiştir. SiO₂ en düşük % 0,03 ve en yüksek % 1,56; Al₂O₃ en düşük % 0,15 en yüksek % 0,55; Fe₂O₃ en düşük % 0,02 en yüksek % 0,40; MgO en düşük % 0,28 en yüksek % 5,84; SO₃ en düşük % 0,07 en yüksek % 0,25 ve K₂O en düşük % 0,04 en yüksek % 0,33 arasında değişmektedir.

Mermerler CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, TiO₂, P₂O₅ gibi bileşenleri içerirler. Mermerlerin kesim işlemi sırasında su kullanılmakta ve çıkan tozlar su ile tutulmaktadır. Kesme işlemi sırasında kullanılan su, bir atık olmayıp çöktürme havuzları veya tanklarında dinlendirildikten sonra tekrar kullanılmaktadır. İşletme sırasında ise küçük alanlarda topografik değişiklik ve bozulmalar

oluşmaktadır. Ancak daha sonra bu alanlar arazi ıslah çalışmaları ile tekrar düzenlenmektedir. Mermer ocaklarında işletme sırasında patlayıcı, parlayıcı veya değişik özellikte hiçbir kimyasal madde kullanılmamaktadır. Gerek ocak işletmesi, gerekse kesme sırasında hiçbir radyoaktif madde çıkışı da yoktur (Güngör ve Önenç 1999).

Mermer atıkları, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin "EK-1 Tehlikeli Olmayan Kimyasal Maddelerin Atıkları" listesinin "İnorganik Maddeler" bölümünde yer alan Na, K, Mg, Ca karbonatları ve B, Mg, Ca, Al, Si, Fe oksitleri; Na, K, Mg, Ca silikatları olarak tanımlanmış minerallerden bünyesinde barındırmaktadır. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin EK-7'de yer alan Tehlikeli Atık Listesinde; mermer atıkları bulunmamaktadır. Bununla birlikte yönetmeliği 48. maddesi maden

atıklarını özel atık olarak tanımlar ve bu atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertarafına ilişkin esasların Bakanlıkça belirleneceği ifade edilmektedir (Anon(a), (b)).

Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliğinin 91. maddesinde; “Maden atıkları, özel işleme tabi atıklar kapsamındadır. Maden atıklarının yönetimine ilişkin yönetmelik, Çevre ve Orman Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca müştereken çıkarılır” denilmektedir (Anon(c)).

Henüz ülkemizde madencilik atıkları ile ilgili bir yönetmelik bulunmasa da, bu konuda altyapı çalışmalarının başladığı bilinmektedir. Bu yönetmeliğin hayata geçirilmesi halinde tek mevzuat ile açıklık giderilecektir. Avrupa Birliği ülkelerinde madencilik atıkları özel işleme tabi atık olarak kabul edilmektedir (EWC 2000). Çizelge 3’de Avrupa Atık Katalogunun madencilik atıklarının ilgili bölümü yer almaktadır.

Çizelge 3’de verilen Avrupa Atık Katalogunda (EWC), yanında (*) olan 6 haneli kodlar Avrupa Ekonomik komisyonunun 91/689/EEC direktifine göre risk taşıyan atıklardır.

Çizelge 3. Avrupa atık katalogu mermer atıkları ile ilgili kodlar (EWC 2000).

EWC Kodu	Tanımlama
0104	Metalik olmayan minerallerin fiziksel ve kimyasal işlenmesinden oluşan atıklar
010407(*)	Metalik olmayan minerallerin fiziksel ve kimyasal işlenmesinden oluşan sağlık yönünden riskli atıklar
010413	010407’de sayılanlardan farklı olarak taş kesme sırasında oluşan atıklar

3.2. Mermer Atık Suyun Kimyasal Analizi

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde mermer kesme işleme tesislerinin çöktürme havuzlarından

alın atık suyun kimyasal analizi Çizelge 4’de (Sektör: Maden Sanayii (Çimento, Taş Kırma, Karo, Plaka İmalatı, Mermer İşleme, Toprak Sanayi, ve Benzerleri)) verilmiştir. Alıcı ortama deşarj edilen atık suyun “Maden sanayii atık sularının alıcı ortama deşarj standartlarına” göre öngörülen değerler içerisinde kaldığı görülmektedir.

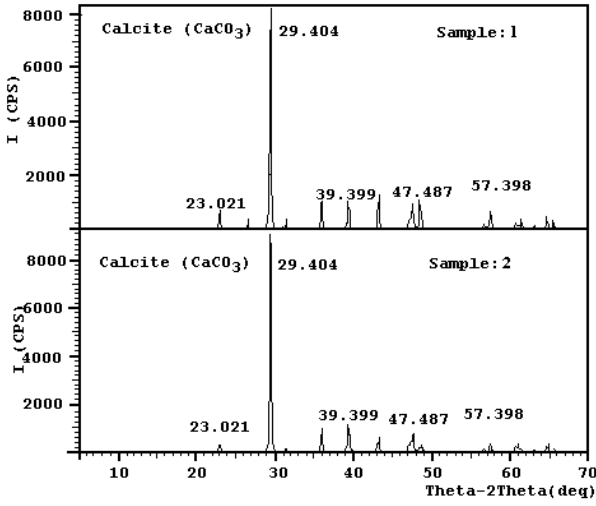
Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesindeki mermer atık depolama sahasından alınan sulu ve kek şeklindeki mermer atıklarının nem oranları da ağırlıkça sırasıyla % 65 ve % 22 olarak tespit edilmiştir. Çöktürme havuzlarından gelen mermer atıklarının nem oranı, çöktürme tanklarından gelen kek şeklindeki atıklara göre yaklaşık 3 kat daha fazladır.

Çizelge 4. Maden sanayii atık sularının alıcı ortama deşarj standartları ve Afyon OGB verileri. (Anon (d)).

Parametre	Birim	Sınır Değer	Afyon OSB
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/l)	100	80
Krom (Cr ⁺⁶)	(mg/l)	0,3	0
Yağ ve Gres	(mg/l)	10	2
pH		6--9	7,5

3.3. Mermer Atıklarının Mineralojik Analizi

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesindeki mermer atık depolama sahasından alınan 2 adet katı oranı yüksek şlam mermer numunelerinin, mineral içeriklerinin belirlenmesi amacıyla XRD analizi yapılmıştır. Örneklerin esas bileşeninin kalsit minerali olduğu saptanmış olup başka bir minerale rastlanmamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Mermer atıkları örneklerin XRD analizleri

3.4. Mermer Atıklarının Boyut Dağılımı

Mermer atık depolama sahasından alınan atık numuneleri, boyut dağılımını belirlemek amacıyla eleme işlemine tabi tutulmuştur. Eleme işlemine standarda uygun elektrikli eleme cihazı kullanılmıştır. Numunelerin nemi yüksek olduğu için etüvde kurutulmuştur. 100 gramlık toz atık numunesi eleme cihazının en üstündeki 1000 µm'lük eleğe boşaltılarak eleme işlemi başlatılmıştır. Cihaz 10 dakika çalıştırılmış ve eleme işlemi sonucunda 1000, 710, 500, 355, 250, 180, 125, 90, 63 µm'lük eleklerin ve 63 µm'nun altındaki tavanın içinde bulunan toz atıklar ayrı ayrı hassas dijital terazide tartılmıştır. Bu verilerden yararlanılarak kümülatif elek altı eğrisi çizilmiştir. Çizelge 5'de elek analiz değerleri ve Şekil 4.'de ise kümülatif elek altı eğrisi verilmiştir.

Şekil 4.'de görüldüğü gibi mermer atıklarının % 90'ı 200 µm, % 70'i ise 100 µm altındadır. 20 µm altındaki mermer atıklarının oranı ise % 40'dır. Yapılan tane boyut analizleri mermer atıklarının boyut dağılımının ince olduğunu göstermektedir. Bu durum kullanım alanında boyut küçültme işlemi ortadan kaldırdığı için ekonomiklik açısından önem taşımaktadır. Nitekim Organize Sanayi Bölgesi mermer atık depolama alanındaki

mermer atıkları, Afyon Çimento T.A.Ş.'ne çimento yapımında kullanılmak üzere gönderilmektedir. Gönderilen bu atıkların miktarı Çizelge 6'da verilmiştir.

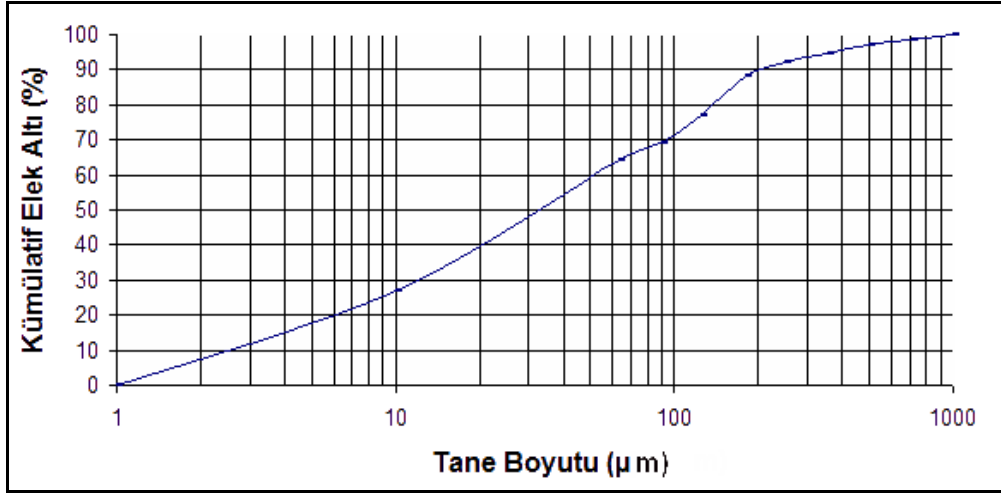
Çizelge 5. Mermer atıklarının elek analiz değerleri

Kullanılan Elekler (Mikron)	% Geçen (Ağırlıkça)
1000	100
710	98,56
500	97,15
355	94,56
250	92,32
180	88,44
125	76,87
90	69,02
63	64,23

Çizelge 6. Afyon Çimento fabrikasında kullanılan mermer atık miktarları (Çekirge, 2009).

Yıl	Mermer (toz) (t)	Mermer (parça) (t)
2005	11,000	1,826
2006	97,495	45,536
2007	81,140	52,581
2008	18,219	31,381

Afyon Çimento fabrikasında 2006 yılında 97,495 ton olan toz atık mermer kullanımı 2008 yılında 18,219 tona düşmüştür. Bunun en büyük sebebi toz atıkların içerdiği nem miktarıdır. Çimento üretiminde fırına beslenen toz atıkların istenilenden yüksek nem içeriğinin, fırın içerisinde topaklaşmalara neden olarak üretimi aksatması nedeniyle bu atık mermerlerin çimento üretimde kullanılması kısıtlanmış ve bir süre sonra da kullanımına son verilmiştir (Çekirge, 2009).



Şekil 4. Mermer atıklarının kümülatif elek altı eğrisi

4. Tartışma ve Sonuç

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi doğal taş atık depolama sahasındaki mermer atıklarının özelliklerinin incelenmesi amacıyla hem katı hem de çamur atıkların kimyasal analizlerin yanı sıra mineralojik analizleri (XRD) ve toz boyutlu atıkların tane boyutu analizleri yapılmıştır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60,000 ton katı, 120,000 ton mermer çamuru açığa çıkmaktadır. Bu atıkların bir kısmı Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından kullanılmaktadır.

Mermer atıklarının kimyasal analizleri sonucunda, artığın CaO içeriğinin ortalama % 54,09 olduğu tespit edilmiştir. Artığın SiO₂ oranı % 1,15 olup, ortalama değerlerin Al₂O₃ için % 0,42; Fe₂O₃ için % 0,20; MgO için % 0,88; SO₃ için % 0,17; K₂O için % 0,09 ve kızdırma kaybının ise % 43,52 olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre mermer atıkları çimento imalatında kullanılabilir özelliklere sahiptir.

Mermer atıklarının tane boyutu analizinde, atıkların tane boyutlarının % 90'ının 200 µm, % 70'inin ise 100 µm altında olduğu görülmüştür. 20 µm altındaki mermer atıklarının oranı ise % 40'dır.

Kaynaklar

- Anon (a), 2005. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 22.07.2005, Sayı: 25883.
- Anon (b), 2005. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 22.07.2005, Sayı: 25883.
- Anon (c), 2005. Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği, Resmi Gazete, 21.06.2005, Sayı:25852.
- Anon (d), 2005. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31.12.2004, Sayı :25687.
- COM, 2003. Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on the Management of Waste from the Extractive Industries, Commission of the European Communities, 319 final.
- Çekirge, M., 2009. Kişisel Görüşme, Afyon Çimento T.A.Ş., Afyonkarahisar.
- EWC, 2000. European Waste Catalogue & Hazardous Waste List, Avrupa Atık Katalogu.
- Güngör, N. ve Öneç, D.İ., 1999. Mermer işletmeciliğinde "atık" mı yoksa "atık" mı var!. 1.Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, s 63-69, 8-14 Mart İzmir.
- Tur, Ş., 2007. Afyonkarahisar'da Mermer Atıklarının Depolanması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 122 s.