

FOÇA (İZMİR) - BİGADIÇ (BALIKESİR) VE GÖRDES (MANİSA) YÖRESİ ZEOLİTLERİNİN MİNERALojİK VE TEKNOLOjİK ÖZELLİKLERİ

Günnur ULUSOY* ve Mustafa ALBAYRAK**

ÖZ.- Kullanım alanlarına yönelik olarak zeolitlerin teknolojik analizlerinin yapılması önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışma ile değişik bölgelerden (İzmir-Foça, Balıkesir-Bigadiç, Manisa-Gördes) zeolit örnekleri derlenmiştir. Örneklerin öncelikle mineralojik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örneklerin sırasıyla seramik sanayinde (ön teknolojik), kağıt sanayinde (dolgu ve kaplama), kedi kumu olarak değerlendirilmesinde ve çimento katkı maddesi olarak kullanımına ilişkin teknolojik testleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Örneklerin bazılarının Seramik sanayinde renkli pişen seramiklerde kullanılabilirliği, kağıt sanayinde dolgu ve kaplama minerali olarak kullanım için ise yüksek beyazlık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca çimento katkı maddesi olarak ise eğilme dayanımı değerlerinin 0,94-12,85kgf/cm² ve basınç dayanımı değerlerinin ise 2,08-51,20 kgf/cm² aralığında değiştiği görülmüştür. Toprak düzenleyicisi olarak ise bazı numunelerin porozitelerinin %40 in üzerinde olduğu ve kullanılabilir nitelikte kriterlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Zeolit, Foça, Bigadiç, Gördes

ABSTRACT.-Technological analyses of zeolites are important for their areas of use. Zeolite samples were collected from different regions (İzmir-Foça, Balıkesir-Bigadiç, Manisa-Gördes) for his study. First mineralogical and chemical analyses of the samples were conducted. Later on, technological tests of the samples were made for their use in ceramic industry (pre- technological), in paper industry (filling and coating) and as cat litter. Finally the results were evaluated.

It was concluded that some samples can be used in baked ceramics in ceramic industry; however, they are too white to be used in the paper industry. As for cement additives, their flexural strength is observed to vary between 0,94 - 12,85 kgf/cm² while their compressive strength is between 2,08 - 51,20 kgf/cm². Porosity of some samples are above 40% which means they meet the criteria to be used as soil conditioners.

Key words: Zeolite, Foça, Bigadiç, Gördes

GİRİŞ

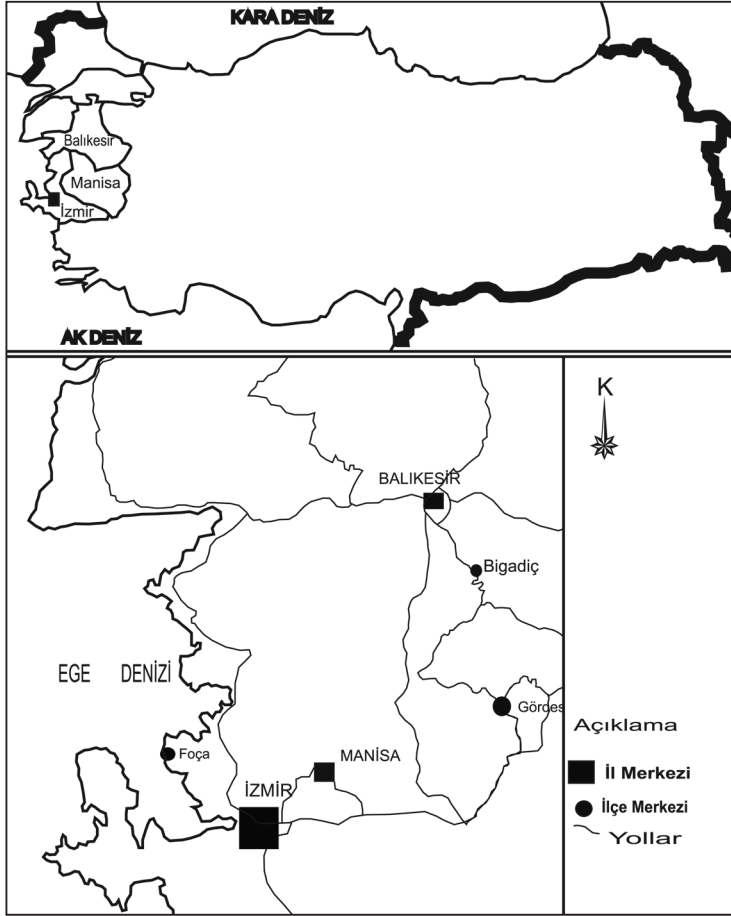
Alkali ve toprak alkali elementler içeren sulu alüminyum silikatlar olarak tanımlanan zeolitler, kristal yapıları, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle sanayinin önemli hammaddeleri arasında yer almıştır

Bu çalışmada, İzmir (Foça), Balıkesir (Bigadiç) ve Manisa (Gördes) yöresi zeolitlerinden örnekler derlenmiş, mineralojik ve teknolojik özellikleri belirlenerek kullanım alanlarının tesbiti araştırılmıştır (Şekil 1).

Bu amaçla örneklerin ince kesitleri hazırlanarak mineralojik determinasyonları yapılmış, ayrıca XRD ve XRF analizlerine tabi tutulmuşlardır. İnce kesit ve XRD analizleri ile zeolit türleri belirlenmiştir. Teknolojik özellikleri için; seramik hammaddesi ön teknolojik inceleme yöntemleri, su emme kapasitesi, yağ emme, kedi toprağı olarak kullanılabilirlik (kedi toprağı testi), beyazlık, aşındırma testi, porozite ile puzolonik özellik testleri uygulanmış ve böylece kullanım alanlarına yönelik sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Deneyler ve testler MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, 06520 Ankara ulusoy@mta.gov.tr

**Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, 06520 Ankara mustafa_albayrak@hotmail.com



Şekil 1- Çalışma bölgelerinin (Foça, Bigadiç ve Gördes) yer bulduru haritası. (Ercan ve diğerleri, 1984'den değiştirilerek).

“Zeolit” kelime olarak kaynayan taş anlamındadır. Isıtıldığında patlayarak dağılması nedeni ile bu isim verilmiştir. Genel olarak doğal zeolitler hafif yapı taşı ve hafif agrega olarak inşaat sektöründe, katkı maddesi olarak kağıt sanayinde, toprak düzenleyici ve gübre katkı maddesi olarak tarım sektöründe değerlendirilmektedir (Yücel, 1987).

Zeolit mineralleri, iskelet yapılarında boşluklar ve kanallar içermektedirler. Boşluk ve kanallardaki sularını yüksek sıcaklıklarda yapıları bozulmadan kaybedebildiklerinden iskelet yapısına gevşek bağlı olarak, değiştirilebilir özellikle katyonlara sahiptirler. Bu nedenle adsorbsiyon, iyon değişimi ve dehidratasyon alanlarında başarıyla kullanılırlar.

Öner ve diğerleri (2000), MTA Genel Müdürlüğünde yapmış oldukları araştırmada “Zeolitli Tüflerin Jeolojik, Mineralojik, Kimyasal Özellikleri ve Sanayide Kullanılabilirliğinin Araştırılması” projesi ile Manisa-Gördes civarındaki tüfleri değişik yönleri ile araştırmışlardır.

Albayrak ve diğerleri (2001), “Zeolitten Hafif Yapı Gerci Üretilmesi” konulu projelerinde kuvarsit yerine zeolit (klinoptilolit) kullanarak gazbeton üretimini gerçekleştirmişlerdir.

Kalafatoğlu ve diğerleri (2002), TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde “Zeolit Araştırmaları Bibliyografyası” hazırlanmıştır. Söz konusu araştırmada Türkiye zeolitlerine ilişkin yerbilimleri

ağırlıklı çalışmalar, Türkiye zeolitlerinin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalar, Türkiye zeolitleri kullanılarak yapılmış uygulamaya yönelik araştırmalar, sentetik zeolitler ve uygulamaları ve zeolitik borofosfatlar hakkındaki çalışmalar verilmiştir.

JEOLOJİ

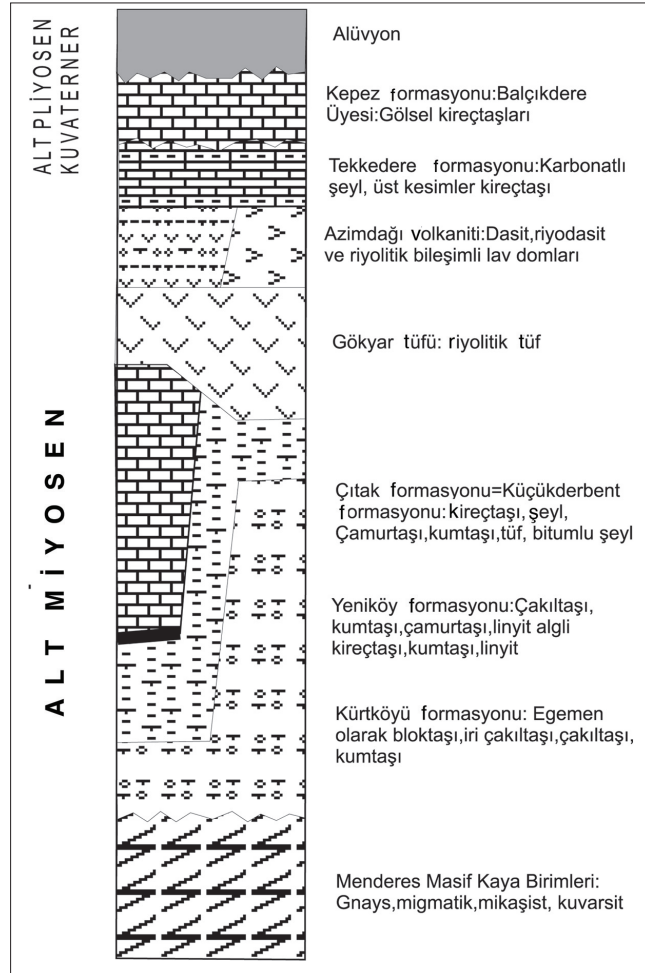
Manisa Gördes Bölgesi

Gördes zeolitleri olarak anılan volkano-sedimanter oluşumlar Gördes Kuzeyinde yer alan Kobaklar Volkanizması'ndan (Göktaş ve diğerle-

ri, 1996) kaynaklanan riyolitik, riyodasitik püskürüklerin o dönemde bir sedimantasyon havzası durumundaki Gördes Gölüne doğru akması ve depolanması ile oluşmuştur.

Gördes ve civarında temelde Menderes Masifine ait metamorfik kayalar (Gnays, migmatit, mikaşist, kuvarsit) yüzeylenmektedir (Şekil 2).

Menderes masifi üzerine Alt Miyosen yaşlı Kürtköyü, Yeniköy ve Çıtak formasyonları uyumsuz olarak gelmektedir. Kürtköyü formasyonu egemen olarak bloktaşı, iri çakıltaşı, çakıl-



Şekil 2- Gördes ve çevresi jeolojik kolon kesiti (Göktaş, 1996, değiştirilerek alınmıştır)

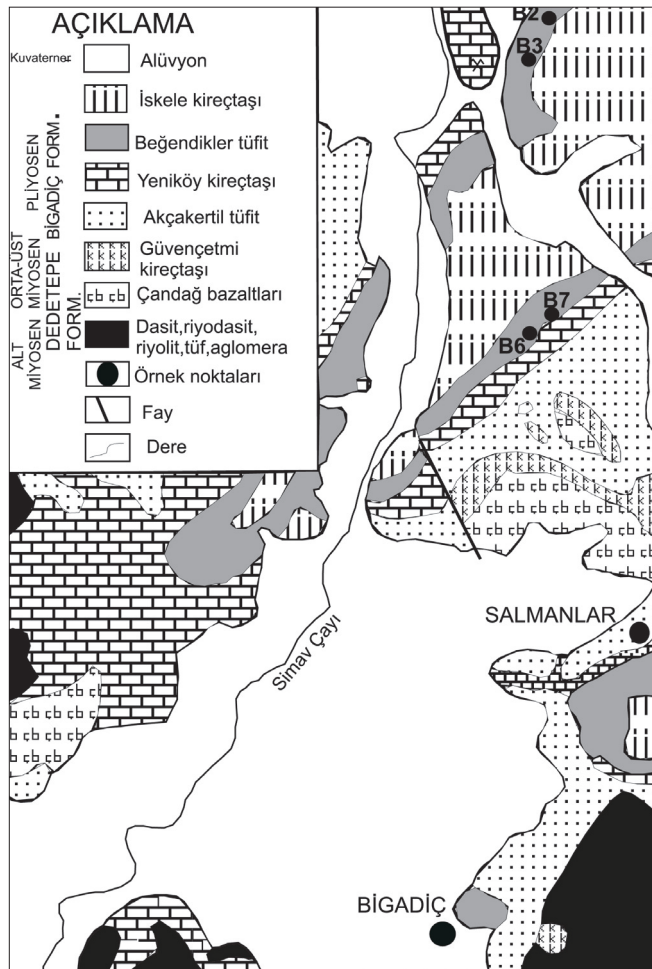
taşı ve kumtaşlarından oluşur. Kürtköyü formasyonunun üzerine olası sedimanter uyumsuzlukla egemen olarak akarsu ortamında çökelmiş çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan ayrıca linyit seviyeleri ve üst seviyelerinde de algli kireçtaşı ara düzeylerinin bulunduğu Yeniköy formasyonu gelir.

Yeniköy formasyonu üzerine Küçükderbent formasyonu uyumlu ve geçişli olarak yer alır. Küçükderbent egemen olarak gösel ortamı yansıtan killi kireçtaşı, şeyl, çamurtaşı, kumtaşı tüf ve az oranda bitümlü şeyl araldanmasından oluşur. Bu birimler üzerinde uyumsuz olarak riyolitik tüflerden oluşan Gökyar tüfü gelmektedir. Manisa Gördes bölgesinde çoğunlukla klinoptilolit mineralleri,

bunların yanında az da olsa höylandit ve anal-simli seviyelere de rastlanır (Vural ve Albayrak,2005). Erken Üst Miyosen'de etkinleşen ve başlıca dasit, riyodasit bileşimli lav ve tüflerden oluşan kalkalkalen volkanizma Küçükderbent gösel çökelimini sona erdirir. Bu volkanikler Karaboldere Volkanitleri olarak tanımlanmıştır (Ercan, 1983). Tüm bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimanter istif gelir.

Balıkesir (Bigadiç) Bölgesi

Balıkesir-Bigadiç bölgesinde yüzeyleyen istifler Ercan ve diğerleri, 1984 (a,b)'ün çalışmalarından derlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3- Bigadiç ve çevresinin Jeoloji ve örnek lokasyon haritası (Ercan ve diğerleri, 1984'den değiştirilerek).

Alt Miyosen yaşlı Dedetepe formasyonu, dasit, riyodasit, riyolit, tuf ve aglomeraden oluşmaktadır. Formasyonun alt kısmında kahve renkli, pembe, gri yer yer altere olmuş dasit, riyolit, riyodasit ve aglomeralar yer alırken, üstte tüfler egemen olur. Birim üzerinde yer alan Çandağ bazaltı altta bazalt, trakibazalt, üstte ise aglomera ve tüflerden oluşur. Kayaçların taze yüzeyleri yeşilimsi siyah renkli, bozmuş kısımları ise kızıl kahve renklidir. Oldukça sert ve yer yer de düzensizdirler. Lavlarda akma yapıları ve altıgen soğuma yüzeyleri (sütünsal çatlaklanma) görülür. Volkanik kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak oluşan gölgesel çökeller geniş yer kaplamakta olup Bigadiç formasyonu olarak adlandırılır. Formasyon beş üyeden meydana gelir. Bu üyeler: Güvemçetmi kireçtaşı üyesi, Akçakertil tüffit üyesi, Yeniköy kireçtaşı üyesi, Beğendikler tüffit üyesi, İskele kireçtaşı üyesi'dir. Bigadiç formasyonu olasılıkla Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlıdır. Çalışma alanında Güvemçetmi Kireçtaşı üyesi üzerinde uyumlu olarak yer alan Akçakertil tüffit üyesinin çok geniş yayılıma sahip olan tüffit katmanları açık gri, beyaz, sarımsı renklerde olup, dasitik ve riyodasitik bileşimlidir. Yer yer kalsit ve silis çimentoludur. Akçakertil tüffit üyesi içerisinde tüfler de yer almaktadır. Tüffitlerle ardalanmalı olan tüfler farklı tane boyulu, camsı, kalın ve düzenli bir dağılım ortaya koyarlar. Ataman (1977) tüfler içerisinde zeolit oluşumları saptamıştır. Beğendikler tüffit üyesi genellikle iri taneli, yer yer de ince taneli olup, çoğunlukla riyolitik türde camsı tüflerin gölgesel ortamda çökelmeleriyle oluşmuştur. Genellikle iri taneli, gözenekli kalın tüffitler altta, ince taneli camsı tüffitler ise üstte yer alır. Bunlarda da Akçakertil tüffit üyesinde olduğu gibi zeolit (klinoptilolit) oluşukları vardır. İnceleme alanındaki en genç birim tutturulmamış ve az tutturulmuş alüvyonlardır. Alüvyonlar daha ziyade Simav Çayı'nın çevresinde ve Bigadiç Ova'sında yer almaktadır.

Foça –İzmir Bölgesi

Foça yöresinde Miyosen ve daha genç yaşlı birimler yüzlek verir. Stratigrafik olarak çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası ve marn istifi üzerine andezit, bazalt, riyolit,dasit, tuf ve aglomeralar ge-

lir. Daha üstte kirli beyaz-bej renkli kireçtaşları mevcuttur. Alüvyonlar çoğunlukla gevşek tutturulmuş blok, çakıl, kum, silt ve kil ardalanması şeklindedir (Lengeranlı ve diğerleri, 1998)

Foça İzmir bölgesinde yüksek klinoptilolit içerikli, örneklenmiş alanda görünür+muhtemel 120 milyon ton rezerv mevcuttur (Esenli 2002).

MTA Genel Müdürlüğünde yapılan çalışmalarda foça bölgesinde klinoptilolit mineralinin yanında bu yörede höylandit ve mordenit mineralinin varlığı belirlenmiştir (Albayrak 2008).

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada; Foça, Bigadiç ve Gördes yörelerinden temin edilen, zeolitlerin (klinoptilolit) kullanım alanlarına yönelik olarak araştırılması yapılmıştır. Bu amaçla numunelerin öncelikle kimyasal ve mineralojik analizleri yapılmış olup seramik sanayinde ön teknolojik testler (orijinal durumu ve rengi, pişme durumu ve rengi-seyreltik asitle reaksiyo-suda dağılma-plastiklik durumu), kağıt sanayinde dolgu ve kaplama malzemesi, kedi kumu olarak değerlendirilmesi ve çimento katkı maddesi olarak kullanımına ilişkin testler yapılarak sonuçlar sunulmuştur.

UYGULANAN DENEYLER VE UYGULAMA AŞAMALARI

1.Kurutma.- Numunelerin 105 °C de sabit irtıma gelene kadar etüvlerde tutulması işlemidir.

2.Öğütme.- Numunelerin bilyalı değirmende istenilen tane boyutuna gelene kadar yapılan öğütölme işlemidir.

3.Seramik hammaddesi olarak Ön Teknolojik İnceleme Deneyleri

a-Orijinal rengi ve durumu.- Numunenin orijinal haldeki rengini ve ne şekilde geldiğini (parça veya öğütölmüş) ifade eder.

b-Suda dağılma.- Orijinal numuneden alınan bir parçanın suda dağılıp dağılmaması durumudur.

c-Plastiklik.- Öğütülmüş numuneden alınan örnek üzerinde az miktarda su ile karıştırılarak yapılan elle plastikliğine bakma işlemidir.

d-Seyreltik asitle reaksiyon.- Numuneye seyreltik %10 luk HCl asit damlatılarak köpürme olup olmadığına bakılır. Eğer köpürme varsa bu karbonatlı minerallerden kaynaklanır.

e-Pişme rengi ve durumu:- 1150 °C, 1300 °C, 1430oC pişme rengi ve durumuna bakılır.

4.Su Emme (Parça Halindeki Numunelerde) Deneyi.- "TS699 Ocak 1987 standardına göre yapılır.

5.Yağ Emme Deneyi.- Yağ emme deneyi, TS 2583 EN ISO 787 – 5 / Aralık 1997 standardına göre yapılır.

6.Kedi Toprağı Deneyi.- TS 12131 / Şubat 1997 "standardına göre yapılır.

7.Beyazlık Deneyi.- Beyazlık ölçümleri, TS 10521 / Aralık 1992 standardına göre Canadian Research Institute, Model CG – 166 reflektometresinde yeşil filtre kullanılarak yapılır.

8.Aşındırma Deneyi.- Aşındırma testi, "Voith Allis Valley Laboratory Equipment" cihazında 6000 devirde, TS 10521 / Aralık 1992 standardına göre yapılır.

9.Porozite Deneyi.- TS 699 Ocak 1987 standardına göre yapılır.

10.Puzolanik Çimento (Tras) Deneyi.- TS 25 / Nisan 1975 standardına uygun olarak yapılır.

Çalışmalar MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi Başkanlığı laboratuvarlarında yapılmış olup, örneklerin mineralojik tanımlamaları Mineraloji ve Petrografi Araştırmaları Birimi'nde, Kimyasal özellikleri Analitik Kimya Biriminde, Teknolojik özellikleri Endüstriyel Hammaddeler ve Seramik Malzemeleri Araştırmaları Birimi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışılan bölgelerden derlenen örneklerin örnek numarası, alındığı koordinat ve 1/100 000 ölçekli topoğrafik pafta kodları çizelge 1.de verilmiştir.

Çizelge 1- Örneklerin alındığı bölge, işaret, pafta kodu ve koordinatları

Izmir (Foça)			Balıkesir (Bigadiç)			Manisa (Gördes)		
Örnek işareti	Pafta kodu	Koordinat	Örnek işareti	Pafta kodu	Koordinat	Örnek işareti	Pafta kodu	Koordinat
FO-17	K18	X:286 Y:345	B2	J20	X:71952 Y:98052	KIR-3	K20	X:14170 Y:10225
FO-20	K18	X:356 Y:520	B-3	J20	X:71725 Y:97977	KIR-7	K20	X:11875 Y:13168
FO-23	K18	X:728 Y:958	B-6	J20	X:68442 Y:97868	KAL-1	K20	X:4762 Y:9449
Fo-35	K17	X:79465 Y:82707	B-7	J20	X:68846 Y:98338	KAL-4	K20	X:6447 Y:8311
						KAY-9	K20	X:11169 Y:3264
						KAY-14	K20	X:14228 Y:7505
						SA-2	K20	X:8585 Y:11227

MİNERALOJİ

Numunelerin XRD analiz sonuçları (Çizelge-2) de verilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında örneklerin genel olarak klinoptilolit ve höylandit minerallerini içerdikleri, bunların yanında camsi maddeler, kuvars, opal ve illit ve smektit grubu kil minerallerine de rastlanmıştır. Mineraller çizelge-2'de kayaç içindeki bolluk sırasına göre verilmiştir.

İzmir-Foça ve çevresindeki örneklerin egeyen mineralinin höylandit olduğu, buna karşın Balıkesir-Bigadiç ve Manisa-Gördes yöresi örneklerinde klinoptilolit minerallerinin daha baskın olduğu tesbit edilmiştir.

JEOKİMYA

Balıkesir, İzmir ve Manisa yörelerinden derlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve yoğunluk değerleri çizelge-3'de verilmiştir. Kimyasal analizlerde SiO_2 oranları değerlerinin %70 ve üzeri, Al_2O_3 oranının ise tüm örneklerde %10 dan büyük olduğu görülmektedir. Örneklerin yoğunluk değerleri 1.98 ile 2.40 arasında, Ateş ziyatı değerleri ise 3.40 ile 9.65 arasında değişmektedir.

ZEOLİTİN KULLANIM ALANLARININ BELİRLENMESİ

SERAMİK HAMMADESİ OLARAK ÖN TEKNOLOJİK İNCELEME DENEY SONUÇLARI

Numunelerin seramik ön teknolojik incelenmesi yapılarak sonuçları çizelge 4 de verilmiştir. Numunelerde suda dağılma testi, parça halinde alınan orijinal bir numunenin su içerisinde dağılıp dağılmamasının kontrolüdür. Numunenin göstermiş olduğu davranış tane iriliği hakkında fikir vererek, suda kolay dağılan bir numunenin öğütme masraflarının daha az olacağını göstermektedir Fakat numunelerde suda dağılma gözlenmemiştir (Çizelge 4).

Plastiklik açısından incelendiğinde, az miktarda su ile harmanlanan öğütülmüş numunelerde elle plastikliğine bakılması olup, değerlendirilen numunelerde plastikliğin az ya da olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle ise daha plastik hammaddeler ile karıştırılarak kullanılabilir sonuca varılabilir.

Asitle reaksiyon verme, birkaç damla seyreltik asit öğütülmüş numunenin üzerine damlatıla-

Çizelge 2- Numunelerin XRD analizleri sonucu belirlenen mineralojik tanımlamaları

Alındığı Yer	Numune İşareti	Mineralojik Tanımı
İzmir (Foça)	FO-17	Höylandit, Amorf madde
	FO-20	Höylandit, Kuvars, Mika, Feldispat, Smektit gurubu kil minerali.
	FO-23	Höylandit, Amorf madde.
	FO-35	Opal CT, Höylandit, Kuvars, Feldispat.
Balıkesir (Bigadiç)	B2(Tülü Ocağı)	Klinoptilolit, Amorf madde
	B3(Tülü Ocağı)	Amorf madde, illit.
	B6(Simav Ocağı)	Klinoptilolit, Kuvars, Amorf madde
	B8(Simav Ocağı)	Klinoptilolit, Amorf madde, Kuvars, illit
Manisa (Gördes)	KIR-3(KIRANKÖY)	Klinoptilolit, Amorf madde.
	KIR-7(KIRANKÖY)	Klinoptilolit, Amorf madde.
	KAL-1	Klinoptilolit, Opal CT, Smektit gurubu kil minerali, Mika, Amorf madde
	KAL-4	Klinoptilolit, Mika, Amorf madde
	KAY-9	Klinoptilolit, Amorf madde
	KAY-14	Klinoptilolit, Amorf madde
	SA-2	Klinoptilolit, Mika, Smektit gurubu kil minerali, Amorf madde

Çizelge 3 - Numunelerin kimyasal analiz sonuçları ve yoğunluk değerleri

Alındığı Yer	Numune İşareti	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	MgO %	CaO %	NaO %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	A.Z %	Yoğunluk, g/cm ³
izmir (Foça)	FO-17	70,6	0,1	11,6	1,3	0,1	0,6	2,4	0,3	5,0	K ^{0,1}	8,23	2,01
	FO-20	72,2	0,1	11,8	0,3	K ^{0,1}	0,6	3,0	0,2	4,2	K ^{0,1}	7,60	2,13
	FO-23	72,0	0,2	11,5	0,9	K ^{0,1}	0,8	3,5	0,5	2,0	K ^{0,1}	8,70	2,20
	FO-35	77,3	0,1	11,5	0,5	K ^{0,1}	0,3	0,9	0,3	6,0	K ^{0,1}	3,40	2,13
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	70,5	0,1	11,6	0,9	0,1	0,9	3,2	0,3	3,8	K ^{0,1}	9,26	2,01
	B-3	70,6	0,1	11,5	0,9	K ^{0,1}	0,9	3,0	0,4	3,9	K ^{0,1}	9,65	1,98
	B-6	72,5	0,1	12,1	0,8	K ^{0,1}	0,7	2,1	0,2	5,5	K ^{0,1}	5,88	2,31
	B-7	72,5	0,1	11,8	0,9	0,1	0,8	2,3	0,1	5,2	K ^{0,1}	6,65	2,31
Manisa (Gördes)	KIR-3	73,0	0,1	11,8	1,0	K ^{0,1}	0,5	2,1	0,5	4,0	K ^{0,1}	7,39	2,00
	KIR-7	73,5	0,1	13,5	1,2	K ^{0,1}	0,3	1,8	1,8	4,0	K ^{0,1}	3,51	2,25
	KAL-1	74,5	0,1	11,5	1,4	K ^{0,1}	0,8	2,8	0,1	1,3	K ^{0,1}	7,65	2,06
	KAL-4	73,0	0,1	11,0	1,1	K ^{0,1}	1,0	3,0	0,2	2,0	K ^{0,1}	8,98	2,30
	KAY-9	74,0	0,1	10,8	0,8	K ^{0,1}	0,8	3,0	0,3	2,0	K ^{0,1}	8,62	1,99
	KAY-14	74,0	0,1	11,6	0,3	K ^{0,1}	0,8	2,0	0,6	3,4	K ^{0,1}	7,83	2,03
	SA-2	70,5	0,1	12,3	0,7	K ^{0,1}	0,7	6,0	0,7	2,4	0,1	6,79	2,40

Çizelge 4- Numunelerde seramik ön teknolojik değerlendirme sonuçları.

Alındığı Yer	Numune İşareti	Orijinal Durumu ve rengi	Suda Dağılıma	Plastiklik	Asitte Reaksiyon Verme	Pişme Durumu / Rengi		
						1150 °C	1300 °C	1430 °C
İZMİR (FOÇA)	FO-17	İri parçalı-Sarımsı krem	yok	yok	yok	Açık kızıl kahve / erime		
	FO-20	İri parçalı-sarımsı krem	yok	az	yok	Griimsi beyaz/ erime		
	FO-23	İri parçalı- krem	yok	yok	yok	Koyu kahve/ erime		
	FO-35	İri parçalı-yeşilimsi krem	yok	yok	yok	Krem erime		
BALIKESİR (BIGADIÇ)	B-2	İri parçalı koyu yeşil	yok	yok	yok	Gri benekli kahve / erime		
	B-3	İri parçalı koyu yeşil	yok	yok	yok	Sütlü kahve erime		
	B-6	İri parçalı sarımsı yeşil	yok	yok	yok	Açık kahve/erime		
	B-7	İri parçalısiyah benekli krem	yok	az	yok	Açık kahve/erime		
MANİSA (GÖRDES)	KIR-3	İri parçalı krem	yok	az	yok	Kahverengi/ erime		
	KIR-7	İri parçalı açık yeşil	yok	yok	yok	Açık kızıl kahve/ erime		
	KAL-1	İri parçalı yeşilimsi krem	yok	plastik	yok	Sarımsı beyaz/pişme	Yeşilimsi Krem sinter	Erime açık yeşil
	KAL-4	İri parçalı yeşilimsi krem	yok	az	yok	Sütlü kahve/ erime başlangıcı	Açık yeşil/ erime	
	KAY-9	İri parçalı sarımsı yeşil	yok	yok	yok	Gri benekli kahve/pişme		
	KAY-14	İri parçalı krem	yok	yok	yok	Kirli beyaz erime		
	SA-2	İri parçalı gri benekli krem	yok	yok	yok	Koyu krem/ erime		

rak yapılı ve sonuçta numune içindeki karbonat varlığı tahmin edilir.

Numunelerde karbonat varlığı pişirme sırası ve sonrasında seramikte çatlamalara neden olur. Bu nedenle karbonat içeren hammaddeler seramikte kullanım açısından istenmez. %10 luk HCl asitte reaksiyona tabii tutulan örneklerde elde edilen sonuçlar çizelge 4 verilmiştir.

Pişme testlerinde ise 1150 °C -1300 °C -1430 °C pişirilerek pişme renklerine bakılmıştır. Şekil 4 de numunelerin 1150 °C deki pişme renkleri, çizelge-4 de ise pişme renkleri ve durumları verilmiştir.

Zeolit numunelerinin seramik sanayinde kullanılabilmesi için kimyasal analiz neticelerine göre (Çizelge 3), numunelerde Al₂O₃ oranının düşük olduğu ancak renk veren oksitler olan Fe₂O₃ ve TiO₂ yüzdelerinin TS 5396/Aralık 1987 standardına göre sınır değerler içerisinde kaldığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak bu zeolitlerin, kaolen mineralinin yanında belirli yüzdelerde kullanılarak sera-

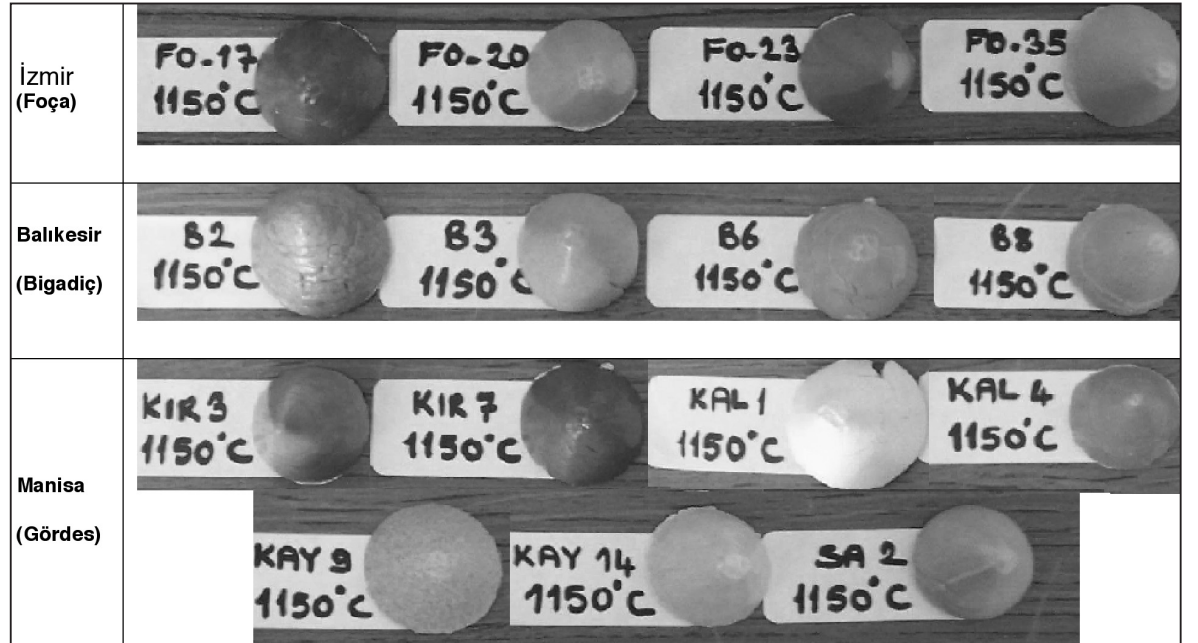
mik sanayisine ekonomik bir katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

PARÇA HALİNDEKİ SU EMME DENEYİ

Numunelerin parça halindeki su emmeleri "TS 699 Ocak 1987 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları" standardına göre yapılmış olup sonuçlar çizelge 5 de verilmiştir.

KEDİ KUMU KULLANILABİLİRLİK DENEYİ

Numunelerde kedi kumu olarak kullanılabilmesinin ön şartı, örneklerde çamurlaşmanın belirlenmesidir. Bunun için alınan bir miktar numune durgun su içinde bekletilir. Numunenin su içerisinde dağılması durumunda su emme deneyi yapılmayıp kedi kumu olarak kullanılamaz olduğu belirtilir. Eğer çamurlaşma görülmez ise su emme deneyine geçilir. Deney sonuçları çizelge 6' ya göre değerlendirildiğinde ise su emme (absorbsiyon) değerlerinin düşük olması sebebiyle numunelerin absorbanlığı daha yüksek maddeler ile belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilceği düşünülmektedir.



Şekil 4- Numunelerin pişme durumları ve renkleri (1150 °C).

Çizelge 5- Örneklerin parça halindeki su emme değerleri.

Alındığı Yer	Numune İşareti	Atmosfer Basınçlı Altında Su Emme	
		Kütlece(%)	Hacimce (%)
izmir (Foça)	FO-17	33	39
	FO-20	31	39
	FO-23	24	31
	FO-35	8,8	16
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	17	25
	B-3	20	28
	B-6	24	38
	B-7	19	28
Manisa (Gördes)	KIR-3	21	30
	KIR-7	23	32
	KAL-1	Suda Dağıldı	
	KAL-4	22	30
	KAY-9	14	21
	KAY-14	20	29
	SA-2	18	26

BEYAZLIK, AŞINDIRMA VE YAĞ EMME DENEYLERİ

Kağıt üretiminde kalsit başta olmak üzere zeolit ve diğer birçok endüstriyel hammaddeler kullanılmaktadır. Bu endüstriyel hammaddeler dolgu ve kaplama malzemeleri olarak iki ayrı amaçla kullanılmaktadırlar.

Dolgu olarak kullanılan mineraller kağıdın opaklığını ve yumuşaklığını artırmak, ağartılmış hamura katıldığında ise kağıdın beyazlığını artırmak, mürekkebin kağıdın derinliğine daha iyi emilmesini sağlayarak baskı kalitesini artırmada yararlıdır. Dolayısıyla ideal bir dolgu maddesinden beklenen özellikler arasında daha yüksek beyazlık, tane dağılımı, kağıt hamuru içerisinde yüksek derecede tutulma, suda çözünmeme, düşük sertlik(aşındırıcılık) ve ekonomik açıdan ucuz olması yer alır. Kağıt sanayinde kullanım açısından bu bağlamda örneklerde yapılan incelemede; aşındırma, beyazlık, yağ emme deneyleri yapılmıştır.

Numunelerin beyazlık ve aşındırma deneylerinin sonuçlarını çizelge 7'ye göre değerlendirecek olursak;

Çizelge 6- Kedi toprağı su emme değerleri.

Alındığı Yer	Numune İşareti	% Su Emme
izmir (Foça)	FO-17	43,4
	FO-20	49,0
	FO-23	40,2
	FO-35	29,3
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	33
	B-3	32
	B-6	32
	B-7	36
Manisa (Gördes)	KIR-3	37
	KIR-7	40
	KAL-1	Numune dağıldı
	KAL-4	40
	KAY-9	37
	KAY-14	36
	SA-2	40

Çizelge 7- TS 10521 ve TS11653 standartlarına göre beyazlık / aşındırma değerleri

Standart	Sınıfı	Beyazlık % (En az)	Aşındırma (mg/100g) (En çok)
TS 10521	Sınıf I (kaplama amaçlı)	90,2	6
	Sınıf II (dolgu amaçlı)	80	
TS11653	Sınıf I (kaplama amaçlı)	90	10
	Sınıf II (dolgu amaçlı)	85	15

(TS10521, TS11653) standartlarında belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında beyazlık değerlerinin FO-20, FO-35, ve KIR-3 işaretli numunelerde kullanılabilir sınırlarda olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, FO-20; TS 10521 ve TS 11653 'e göre dolgu amaçlı, FO-35; TS 10521'e göre dolgu amaçlı, KIR-3; TS 10521'e göre dolgu amaçlı kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

Aşındırma değerleri ise standartta belirtilen değerlerin üzerinde çıkmış olduğundan uygun olmadığı gözlenmektedir.

Genel olarak kağıt sanayinde kullanımına yönelik olarak yapılan incelemede FO-20, FO-35, KIR-3 işaretli numunelerde % beyazlık değerlerinin, dolgu amaçlı kullanımına uygun olduğunu göstermektedir. Ancak aşındırma indeksinin

yüksek olması dolgu amaçlı kullanımında üretilen kağıt cinsine göre katkı oranının düşük tutulmasını gerektirebilir.

Çizelge 8' e göre, yağ emme açısından ise bir değerlendirmenin yapılabilmesi için yağ absorblama değeri bilinen başka bir ürün ile karşılaştırılması gerekmektedir.

POROZİTE DENEYLERİ

Porozite deneyleri için örnekler $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş, TS 699 Ocak 1987 standardına göre poroziteleri ve birim hacim ağırlıkları saptanmıştır (Çizelge-9). Numunelerin, porozite değerleri incelendiğinde porozitelerinin yüksek olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 8- Numunelerin beyazlık- aşındırma- yağ emme değerleri.

Alındığı Yer	Numune işareti	Beyazlık	Aşındırma (mg/100g)	Yağ Emme $\text{cm}^3/100\text{gr}$
İzmir (Foça)	FO-17	66,4	142	60
	FO-20	85,6	-	60
	FO-23	76,1	85	60
	FO-35	82,0	96	40
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	64,2	71	45
	B-3	64,5	70	65
	B-6	71,3	194	48
	B-7	67,8	151	50
Manisa (Gördes)	KIR-3	80,2	77	55
	KIR-7	66,3	161	55
	KAL-1	76,6	52	65
	KAL-4	72,5	39	50
	KAY-9	73,0	120	48
	KAY-14	75,9	237	50
	SA-2	68,0	167	55

Çizelge 9- Numunelerin birim hacim ağırlığı ve porozite yüzdeleri.

Alındığı Yer	Numune işareti	Birim Hacim Ağırlığı (B.H.A) (gr/cm ³)	Porozite (%)
izmir (Foça)	FO-17	1,26	37,3
	FO-20	1,33	37,5
	FO-23	1,36	38,1
	FO-35	1,88	11,7
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	1,60	20,4
	B-3	1,48	25,2
	B-6	1,29	44,1
	B-7	1,59	31,1
Manisa (Gördes)	KIR-3	1,48	26,0
	KIR-7	1,53	32,0
	KAL-1	Suda dağıldı	
	KAL-4	1,42	38,2
	KAY-9	1,62	18,5
	KAY-14	1,39	31,5
	SA-2	1,51	36,6

Tarımda Kullanılan “Organik, Organomineral, Özel Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalat, İhracat, Piyasaya Arz ve Denetimine dair 04.05.2004 tarih – 25452 sayılı resmi gazetede yayımlanan yönetmelik gereğince toprak düzenleyici olarak malzemenin kullanılması için; porozite en az % 40 olmalıdır.

Araştırmalarımız, bu yönetmelik esas alınarak yapılmış olup; porozite testleri yapılan numunelerden B-6 nolu örneğin toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilceğini sözkonusu yönetmelikte belirtilen koşulları taşıdığını göstermiştir.

PUZOLANİK ÇİMENTO (TRAS) DENEYLERİ

Doğal zeolitler içerdikleri SiO₂ ve Al₂O₃ sayesinde potansiyel bir çimento katkı maddesidir. Yüksek miktardaki SiO₂ ve Al₂O₃ içeriklerinden dolayı sönmüş kireç (Ca(OH)₂) ve su ile reaksiyona girerek bağlayıcı ürünler oluşturabilme olarak tanımlanan puzolanik özelliğe de sahip olmaları, bunların çimento ve betonda puzolan olarak kullanımını mümkün kılmaktadır. Çimento ve be-

ton sistemlerine doğal puzolanların dahil edilmesi, betona işlenebilirlik, geçirimsizlik gibi özelliklerini geliştirmekte, alkali silika reaksiyonu ve sülfat etkisi gibi kimyasal dış etmenlere karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Uzal ve diğerleri, 2003).

Puzolanik aktivite deneylerinde öğütülmüş tras (silisli ve alüminö silisli bir tuf kayacı olup, yalnız başına bulunduğu zaman hidrolik özellik göstermediği halde çok ince öğütüldüğünde sulu ortamda ve kalsiyum hidroksit ile birlikte normal sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girerek hidrolik özellik gösteren doğal puzolanik bir madde), sönmüş kireç karışımı ve standart kum kullanılır.

Çimento katkı maddesi olarak kullanımına ilişkin deneyler “TS 25- Nisan 1975 Tras” standardına göre yapılmıştır. Çimento katkı maddesi olarak kullanılıp kullanılamayacağını ön şartı olarak,

% SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	toplamı	% 70	den fazla
% MgO	en çok	%5,0	
% SO ₃	en çok	%3,0	
% A.Z.	en çok	%5,0	

olmalıdır. Deneylerde örneklerin puzolanik aktivitesi TS 25 Nisan 1975 standardına göre hesaplanmıştır. TS 25' e göre eğilme dayanımının en az 10 kgf/cm₂ ve basınç dayanımının en az 40 kgf/cm₂ olması gerekmektedir.

Zeolitin çimento katkı maddesi olarak değerlendirilmesi deneylerine, numunelerin yoğunluk ve kimyasal analizlerinde çıkan sonuçların uy-

gunluğuna göre başlanmıştır. Standarda göre değerlendirilen numunelerde istenen en az değer 7 günlük basınç dayanımının 40 kgf/cm², 7 günlük eğilme dayanımının ise en az 10 kgf/cm² olması gerekliliğidir (TS 25).

Buna göre çizelge 10 incelendiğinde FO-35 ve B-2 işaretli numunelerin çimento katkı maddesi olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 10- Numunelerin eğilme ve basınç dayanımı sonuçları.

Alındığı Yer	Numune İşareti	Eğilme Dayanımı (kgf/cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
İzmir (Foça)	FO-17	2,50	7,29
	FO-20	0,94	2,08
	FO-23	2,81	7,94
	FO-35	12,85	51,20
Balıkesir (Bigadiç)	B-2	10,45	43,20
	B-3	4,26	13,98
	B-6	5,06	16,17
	B-7	2,75	10,39
Manisa (Gördes)	KIR-3	2,68	15,62
	KIR-7	3,25	23,64
	KAL-1	1,09	8,23
	KAL-4	0,74	3,33
	KAY-9	3,78	14,38
	KAY-14	3,28	11,98
	SA-2	4,37	15,73

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İzmir-Foça, Balıkesir-Bigadiç ve Manisa-Gördes yörelerinden temin edilen zeolitlerin kullanım alanlarına yönelik olarak mineralojik ve teknolojik araştırılması yapılmıştır.

Çalışılan yörelerden temin edilen örneklerin İnce kesit ve XRD analizleri sonucu belirlenen mineraller ve XRF analizleri sonuçları Çizelgeler halinde verilmiştir.

Teknolojik kullanım alanlarına yönelik olarak yapılan bu çalışmada Zeolitin, seramik sanayi, kağıt sanayi, kedi kumu ve çimento katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmış, yapılan çalışmalarda bazı örneklerin seramik, kağıt ve çimento sanayine uygun olduğu görülmüştür.

Yapılan mineralojik ve teknolojik analizler sonucunda FO-35 ve B-2 işaretli numunelerin çimento katkı maddesi olarak kullanılabilir olduğu, B-6 işaretli numunenin 04.05.2004 tarih – 25452 sayılı resmi gazete gereğince, tarımda toprak düzenleyici olarak kullanılabilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. FO-20, FO-35 ve KIR-3 işaretli numunelerin ise kağıtta dolgu minerali olarak kullanılmak üzere yüksek beyazlık değerleri göstermiş olduğu tesbit edilmiştir, ancak bu minerallerin yüksek aşındırma indeksine sahip olması dolayısıyla dolgu amaçlı kullanımında, üretilen kağıt cinsine göre % miktarının düşük tutulması gerektiği kanısına varılmıştır.

Yayına verildiği tarih, 14 Mayıs 2008