

Cam Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

T. Kavas, M. Y. Çelik & A. Evcin

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

ÖZET: Bu çalışmada, ince tane boyutlarına kadar öğütülmüş cam atıklarının çimento sanayiinde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ilk olarak tamamı 200 / μm ' nin altına öğütülmüş cam atıklarının aktivasyon deneyi sonucunda puzolanik aktivite değerleri belirlenmiş ve daha sonra Portland Çimentosu (PC 42.5) bünyesine % 5, 10, 15, 20, 25, ve 30 oranlarında cam atık ilavesi yapılarak harç hazırlanmıştır. Hazırlanan farklı miktarlarda atık cam içerikli numunelere kimyasal analiz, yoğunluk, % su, 40-90 ve 200 / μm 'lik eleklerdeki elek üstü bakiyesi, incelik (cm^2/g), genleşme (mm), priz başı ve sonu (dak.), 2-7-28-90 günlük basınç ve eğilme dayanımı (N/mm^2) deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonrasında, atık cam katkısının artmasına paralel olarak tüm üretilen çimento gruplarında 90 günlük basınç dayanımı değerlerinde % 9 ve eğilme dayanımı değerlerinde ise ortalama % 2.4 azalma belirlenmiştir. Bu sonuçlara rağmen, atık cam katkılarının % 30 değerlerine kadar çimento bünyesine ilavesi, çimentonun mekanik özellikleri açısından kayıp teşkil etmesine rağmen, saha betonları gibi mukavemet değerlerinin ön plana çıkmadığı durumlarda, rahatlıkla kullanılabilmesi, katkı maddesinin bir atık malzeme olması ve bu yolla çimento sanayiine kazandırılabilmiş olması düşünüldüğünde, atık camların çimento sanayiinde değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT: In this study, it was investigated of usability fine particle sized glass waste in cement industry as an additive material. For this purpose, at first the puzzolan activity value of glass waste which was ground under 200 / μm particle sizes was determined. After that activation test, glass waste was added to Portland Cement 42.5 (PC 42.5) in proportion of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 %. Experiments of chemical analysis, density, water %, % oversize of 40, 90 and 200 μm sieves, fineness, soundness, setting time (initial and final), compressive and bending strength (2, 7, 28 and 90 days) were made on cement samples. After the tests results, it was determined that values of compressive and bending strengths of all cement groups decreased in parallel to increasing of glass waste addition and decreasing proportion of PC 42.5. As a conclusion, glass waste can be use as an additive material until 30 % in production of Portland cement in spite of losing 9 % in comprehensive strength and 2.4 % in bending strength in situation in which not importance comprehensive and bending strength at the first step. In addition to, by this way glass waste was gained to cement industry and evaluated as an additive material in cement industry.

1. GİRİŞ

Son yıllarda çimento sanayiindeki öğütme kapasitesinin hızlı artışına bağlı olarak arz-talep dengesi bozulmuş ve bu durum üreticileri istenilen standart değerlere bağlı kalmak koşulu ile çimentoya ilave edilebilen ucuz, yeni katkı maddeleri arayışına yönlendirmiştir. Atık

maddelerden bir çoğu ya da en azından bir kısmı ise çimento veya diğer sanayi kollarında hammadde olarak değerlendirilebilecek kimyasal ve fiziksel değerlere sahiptir.

Sanayileşme ile beraber refah artışı olarak nitelendirilen hayat seviyesinin yükselmesi, birtakım sorunları da beraberinde getirmiştir.

Tüketim artışına bağlı olarak oluşan katı atıkların miktarı da artarak çevreyi kirletici boyutlara ulaşmıştır. Tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde katı atıklar sosyal, ekonomik ve çevresel sorunların en büyüğünü oluşturmaktadır. Son yıllarda, özellikle büyük kentlerde atıkların denetim ve kontrol altına alınmasına yönelik çalışmalar hızlandırılmıştır. Bu amaçla üzerinde önemle durulan konulardan birisi de kentsel katı atıkların geri kazanılarak, ekonomiye bir katkı sağlanmasıdır (Anon(a),2001).

Çizelge 1. Türkiye katı atık kompozisyonu (Anon(a),2001).

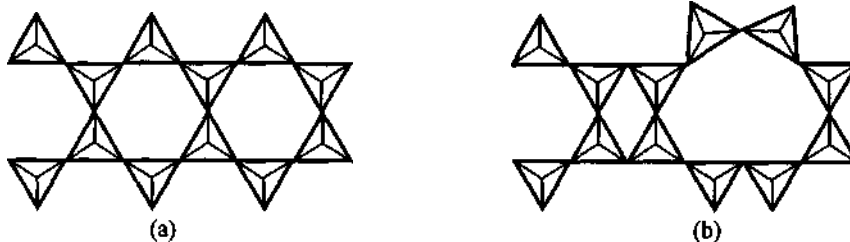
Atık Cinsi	%
Organik atık (mutfak, park, bahçe)	65.45
Kül, cüruf, taş, toprak	22.48
Gen kazanılabilir malzeme	12.05
Toplam	99.98
Gen kazanılabilir malzeme komp.	%
Kağıt, karton	45.48
Metal	8.62
Cam	18.46
Plastik	13.19
PET, PVC	6.15
Lastik, Kauçuk	3.35
Tekstil	4.88

Çizelge 1'e göre evsel atıkların % 12.05'i geri kazanılabilir nitelikte olup bunun da % 18.46'sı camdır. Gen kazanılabilir atık miktarı yıllık 2-2.5 milyon ton iken bunun yaklaşık 360-450 bin tonu da cam atıklardan oluşmaktadır. Bir çok yerleşim yeri için çok büyük problem teşkil eden katı atıkların önemli bir miktarını oluşturan cam atıklar, bazı durumlarda kaynağında özel olarak ayrılırken, bir miktarı da çöplüklerden ayrıt edilmek suretiyle

yeniden değerlendirme için toplanmaktadır. Bu atıkların önemli bir bölümü cam eşya üretiminde değerlendirilmektedir.

Bu amaç için özellikle büyük kentlerde katı atıkların kaynağında ayn-ayn toplanması için bir takım çalışmalar yürütülmüş ve halen bu amaç doğrultusunda çalışılmaktadır. Çünkü, katı atıkların yeniden değerlendirilmesi çalışmalarının başarısı büyük ölçüde bu çalışmalara bağlıdır. Ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi katı atıkların içerisinde en büyük oranı cam atıkları oluşturmaktadır. Cam agregalan ile cam hamuru arasındaki kuvvetli alkali-silis reaksiyonundan dolayı, kullanımı problemlidir. Günümüzde cam, bir çok değişik alanda kullanılmakla beraber inşaat, oto ve mutfak eşyası alanlarında yoğunlaşmıştır. Cam sektörü ürünleriyle inşaat, otomotiv, beyaz eşya, gıda, içki, meşrubat, ilaç, kozmetik, turizm, mobilya, boru, elektrik ve elektronik gibi bir çok sektöre ve ev kesimine girdi vermektedir (Anon (b), 2001). Gerek kullanım sırasında gerekse değişik nedenlerle sanayide ve evlerde çok miktarda cam atık madde olarak atılmaktadır.

Cam, büyük çoğunluğu kuvarsit olmak üzere, feldspat, dolomit, kireçtaşı ve sodanın belirli oranlarda karışımından meydana gelir. Bu maddelerin eritilerek ani soğutulması sonucunda cam oluşur. Ergimiş halde yüksek viskozite değerine sahip olan bu karışım, ani soğutma sonucunda sıvı haldeki molekül yapısını koruyarak katılaşır. Bu sırada yüksek viskozite ve ağır molekül hareketleri nedeniyle yeni bir molekül yapı oluşturacak zaman bulamayan cam molekülleri, katı halin düzgün kristalli yapısına gelemmez. Dolayısı ile pek çok maddeden sert olan ve katı gibi görünen camın molekül yapısı, bir sıvınınki gibi düzensizdir (Şekil 1).



Şekil 1. a) Bir kristalde düzenli iç yapı (SiO4 dört yüzlü), b) Bir camda düzensiz iç yapı.

Ticari cam ürünleri kimyasal içeriklerine göre siika camlar, soda-kireç-sihka camlar, kurşunlu-alkali siika camlar ve borsılıkalı camlar olarak sınıflandırılabilir. Bu içeriklerine ve kullanım özelliklerine göre imalat sırasında camların içerisine değişik kimyasal bileşikler ve

renklendirici maddeler ilave edilebilir. Renkli ve renksiz cam atıklarının gen kazanımı sırasında bu özelliğe dikkat edilmesi ve kullanım amacına göre içerdiği kimyasal bileşimin incelenmesi gereklidir (Ott, 1986). Çeşitli camların tipik kimyasal bileşimleri çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 Çeşitli camların tipik kimyasal bileşimleri (Anon (d), 2001)

Cam Tipi	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	BaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	PbO (%)	B ₂ O ₃ (%)
Soda-kireç	70-73	1-7-2	0-06-0-24	0-1	9-1-9-8	1-1-1-7	0-14-0-18	13-8-14-4	0-55-0-68		
Kurşun	60-70		-	-	1	-	-	7-10	7	15-25	-
Borsılıkat	60-80	1-4	-	-	-	-	-	45	-	-	10-25

Cam, agrega-alkali reaksiyonuna karşı hassastır. Çimento içerisinde varolan yüksek alkali miktarı büyük genleşmelere yol açar. Mesela kum-çakıl agregalı betonda 12 ayda % 0-018 genleşme olurken bu oran atık camdan yapılan betonlarda % 0-3'dur. Ancak, atık camlar, betonlar için düşük yoğunluklu agrega olarak bir avantaj sağlar (528 kg/m³). Bu agrega ile yapılan betonlar 28 günlük basınç dayanımı olarak 17 MPa bir değer verir. Atık cam kullanımı sırasında bir takım problemlerin de çözülmesi gereklidir. Mesela, camlar değişik kimyasal bileşimlerinin yanı sıra etiket, metal kapak gibi cama bağlı olan ve taşıdığı maddelerden kaynaklanan kirlilikler vardır. Mesela şeker içeren bir kavanozun kullanımından önce mutlaka temizlenmesi gereklidir (Ramachandran, 1981).

2. MALZEME VE YÖNTEM

Cam atıkları katkılı çimento üretiminde evlerde pencere camı olarak kullanılan camların atıkları kullanılmıştır. Katkı olarak kullanılan malzemenin XRF yöntemiyle yapılan kimyasal analiz sonuçları çizelge 3'de verilmiştir.

Atık cam katkılı çimento üretmek amacıyla, bilyalı değirmenlerde tamamı 200^μm'nin altında olacak şekilde öğütülerek hazırlanmış atık cam numuneleri, Afyon Set Çimento Fabrikasında üretilen PC 42.5 çimento klinkerinin, laboratuvar çaplı değirmenlerinde öğütülmesi sırasında % 5 alçıtaşı ile birlikte % 5, % 10, % 15, % 20, % 25 ve % 30 oranlarında katılmıştır. Öğütme sonrasında Portland Katkılı Çimentosu (PKÇ 42.5) numunesi üretilmiştir.

Çizelge 3 Atık camların kimyasal analizi

Bileşim	%
SiO ₂	73-90
Al ₂ O ₃	1-69
Fe ₂ O ₃	0-98
CaO	9-89
MgO	2-96
SO ₃	1-72
K ₂ O	0-45
Na ₂ O	7-86
Çözünemeyen Kalıntı	0-55

Üretilen 6 değişik cam katkılı ve standart çimento numunesine kimyasal analiz, elek analizi (40, 90 ve 200/μm'lik eleklerdeki elek ustü bakiyesi), blaine, % H₂O, genleşme, priz başı ve sonu ile basınç ve eğilme dayanımı testleri yapılmıştır. Numuneler 40 ve 90 mikronluk elekte elek bakiyesi sırasıyla % 15 ± 1 ve % 0.7 ± 0.1 olacak şekilde öğütülmüştür. Öğütülen bu numuneye TS 687'ye göre kimyasal ve TS 24'e göre fiziksel ve mekanik testler uygulanmıştır. Kimyasal analiz sonuçları çizelge 4 de, fiziksel testler çizelge 5 de ve mekanik test sonuçları ise çizelge 6 da verilmiştir.

PC 42.5 şahit numunesi ile altı değişik atık cam katkısı ile üretilen farklı PKÇ 42.5 numuneleri analiz ve deney sonuçları karşılaştırılmış ve kazanılan yada kaybedilen değerler incelenerek sonuçlar bölüm 3 de verilmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çimento sanayiinde kullanılan katkı maddelerinin bünyesine gireceği çimento özelliklerine katkı sağlaması için puzolanik aktivite özelliklerinin bulunması gerekir. Bu nedenle kimyasal, fiziksel ve mekanik testlere başlamadan önce atık cam katkılarının puzolanik aktivite deneyi yapılmıştır (Çizelge 4)

Çizelge 4. Atık camın puzolanik aktivitesi.

% Elek Üstü			Yoğ. (gr/cm ³)	Eğilme Day. (N/mm ²)	Basınç Day. (N/mm ²)
40LI	90p.	200u			
15.4	0.2	0.0	3.33	2.2	5.7

Atık camların puzolanik aktivite değerinin bulunmasının ardından, PC 42.5 ve elde edilen tüm PKÇ 42.5 çimento karışımların atık cam miktarının artmasına paralel olarak hangi oksit değerlerinde azalma ya da artış olduğunu saptamak ve bu oksitlerin fiziksel ya da mekanik testler üzerindeki etkilerini görebilmek açısından kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. PC 42.5 ve atık cam katkısıyla elde edilen karışımın kimyasal analiz sonuçları.

No	PC 42.5 %	Atık Cam %	Jips %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	K ₂ O %	Na ₂ O %	K.K %
1	100			19.96	5.20	2.85	62.20	2.56	3.03	1.06	0.25	2.10
2	90	5	5.0	22.55	4.86	2.83	59.95	2.56	2.92	1.02	0.57	2.10
3	85	10	5.0	24.83	4.77	2.72	57.84	2.65	2.80	0.99	0.95	1.90
4	80	15	5.0	27.45	4.50	2.62	54.56	2.70	2.62	0.93	1.44	1.88
5	75	20	5.0	30.06	4.52	2.55	51.88	2.85	2.50	0.88	1.87	1.90
6	70	25	5.0	31.80	4.30	2.38	49.00	2.96	2.30	0.83	2.26	1.77
7	65	30	5.0	34.68	3.96	2.32	46.56	2.97	2.16	0.80	2.70	1.80

Çizelge 5'de yer alan kimyasal analiz değerleri incelendiğinde, 1 no'lu numune olan PC 42.5 numunesinin SiO₂ değerinin % 19.96 değeri ile en düşük değer olduğu ve 7 no'lu numunenin ise % 34.68 değeri ile en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Bu doğrudan katkımızın bir atık cam katkısı olmasından ve kimyasal içeriğinde % 73.90 gibi yüksek miktarda SiO₂ değeri bulunmasından kaynaklanmaktadır. Fe₂O₃, MgO

Kimyasal analizlerin ardından fiziksel testlere başlanmış ve testler sırasında her çimento tipinin 40, 90 ve 200µm'lik eleklerdeki elek üstü bakiyeleri, özgül yüzey alanları (Blaine), % su ve üretilen çimento numuneleri içerisinde serbest kalan CaO ve MgO değerlerinden kaynaklanan genleşme değerleri bulunmuştur (Çizelge 6).

Daha sonra mekanik deney çalışmalarına geçilmiş ve bu testlerde priz zamanı (başlangıç ve bitiş), basınç ve eğilme dayanım değerleri bulunmuştur (Çizelge 7). Bilindiği gibi bir çimento tipi ne olursa olsun basınç ve eğilme dayanımları ilk olarak değerlendirilir. Bunun nedeni çimento özelliklerinde yer alan diğer kriterlere az yada çok hakim olunabilmesi sayılabilir. Örneğin; Blaine değeri öğütmeye bağlı bir kriterdir ve ayarlanabilir. Yine aynı şekilde priz süresi alçı taşının % ilave miktarına bağlı olarak süre açısından kısaltılabilir yada uzatılabilir.

Bu nedenlerden dolayı ilk olarak atık cam katkısı miktarına bağlı olarak basınç ve eğilme dayanım değerleri temel değerler olarak ele alınmalıdır.

değerlerinde klinker ve katkı değerlerinin birbirine yakın oksit değerleri içermelerinden dolayı dikkate değer bir değişiklik görülmemektedir. Al₂O₃, CaO, SO₃, K₂O değerlerinde artan atık cam katkısına bağlı olarak azalma görülmüştür. Bunun nedeni ise klinkerin bu oksitler açısından katkıdan daha zengin içeriklere sahip olmasıdır. Na₂O değerindeki artış ise atıktaki % içeriğin 7.86 gibi yüksek değere sahip olmasıdır.

Çizelge 6. PC 42.5 ve atık cam katkılı çimento numunelerine yapılan fiziksel testler.

No	% Elek Üstü			Blaine (cm ² /g)	H ₂ O (%)	Genleşme (mm)
	40u	90u	200 x			
1	15.3	0.7	0.0	4194	27.6	3
2	15.0	0.6	0.0	4247	27.6	3
3	15.1	0.6	0.0	4252	27.8	2
4	14.9	0.7	0.0	4283	27.8	1
5	15.0	0.7	0.0	4341	28.0	1
6	15.1	0.7	0.0	4390	27.8	2
7	15.2	0.7	0.0	4196	27.8	2

Çizelge 6 incelendiğinde 40, 90 ve 200 /im'lik eteklerdeki elek üstü bakiye değerlerinin, özgül yüzey alanı (Blaine) değerlerinin ve % su değerlerinin birbirine çok yakın değerler olduğu

görülmüştür. Bunun nedeni olarak, kriterlerin sabitlenmesi ve atık cam katkı miktarına bağlı olarak diğer özelliklerdeki değişikliklerin gözlenmesi gösterilebilir.

Çizelge 7. PC 42.5 ve atık cam katkılı numunelere yapılan mekanik testler.

No	Priz Zamanı (dak.)		Basınç Dayanımı (N/mm ²)				Eğilme Dayanımı (N/mm ²)			
	Başlangıç	Bitiş	2G	7G	28 G	90 G	2G	7G	28 G	90 G
1	192	330	27.3	39.6	46.8	55.2	5.8	7.4	8.6	8.9
2	204	324	23.9	36.8	44.7	52.0	5.0	7.1	8.0	8.6
3	216	348	22.2	33.8	43.7	49.7	5.0	6.8	7.8	8.5
4	210	354	19.0	30.0	38.7	49.0	4.3	6.3	7.6	8.5
5	216	378	17.1	29.2	38.5	48.9	4.1	6.0	7.8	8.2
6	282	366	15.9	27.3	37.6	48.7	3.8	5.8	7.2	8.5
7	294	378	13.9	24.2	34.4	47.2	3.6	5.3	•6.7	8.9

Üretilen çimento numuneleri priz zamanı, basınç ve eğilme dayanımları açısından irdelendiğinde; atık cam katkısı miktandaki artışa paralel olarak priz başlangıcı ve sonu sürelerinin uzadığı görülmektedir (Çizelge 7). Bunun nedeni olarak katkı miktarının artışına paralel olarak bünyedeki ana bağlayıcı matriks olan PC 42.5 miktandaki azalmadır. Bu yolla karışımın hidrasyon kabiliyetinde sürekli bir kayıp söz konusu olacaktır.

Basınç ve eğilme dayanımlarında ise yine artan cam katkı miktarına paralel olarak genelde düşme görülmüştür. Bunun nedeni de bağlayıcı miktandaki azalmadır. Çimento sanayiinde katkı tipi ne olursa olsun katkı miktarının artmasına bağlı olarak değerlerde, özellikle ilk yaşlarda hızlı bir düşüş gözlenir. Bunun nedeni ise katkıların puzolanik aktivitelerini 21 gün ve daha ileri yaşlarda kazanmalarındır. Bu nedenle özellikle katkılı çimentolarda 90 günlük basınç ve eğilme

dayanımları önem kazanmaktadır. Yine çizelge 7 değerleri incelendiğinde 90 günlük basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde katkı miktarı artsa bile değerlerdeki düşüş oranının azaldığı görülmüştür (numune no:3,4,5,6,7).

4. SONUÇLAR

Cam atıklarının PC 42.5 bünyesine sırasıyla % 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında katılmasıyla Portland Katkılı Çimento üretilmiştir. Çalışmada katkı oranının % 30 oranının üzerinde ilave edilmemesi, çimento sanayiinde katkı miktarının genelde % 30 oranlarına kadar kullanılması ve bu oranın üzerinde katkının ilave edildiği durumlarda çimentonun genel özelliklerinin değişmeye başlaması gösterilebilir.

Çalışma sonrasında elde edilen 6 değişik katkı miktarına sahip çimento numunelerinin kimyasal, fiziksel ve mekanik değerleri PC 42.5 şahit numunesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrasında kazanılan ve kaybedilen değerlerin birbirleriyle kıyaslamalı olarak değerlendirilmesinden;

i-) Atık cam miktarının artmasına paralel olarak kimyasal içerikte sadece % SiO₂ ve % Na₂O oksit değerlerinde artış olmuştur. Bu durum böyle bir çimentodan yapılacak olan betonda bulunan agrega ile SİO₂ reaksiyonunu geliştirebilir. Ancak, çimento sanayiinde bu durum büyük endişelere yol açmaz. Çünkü; çimento sanayiinde yoğun olarak kullanılan trasların da kimyasal içeriklerinde yüksek % SİO₂ miktarları söz konusudur. Buna rağmen, çimento sanayiinde alkali-agrega reaksiyonları beton bünyesinde hızlı ve kötü niyetli bozulmalara neden olduğu için bu reaksiyonlardan korkulur. Kısacası bu durum çimentonun kalitesi üzerinde olumsuz bir sorun oluşturmaktadır.

ii-) Atık cam katkısının artmasına paralel olarak fiziksel deneylerde herhangi bir sorun oluşmamıştır. Sadece genleşme değerlerinde atık cam katkısının değişim miktarına bağlı olarak farklı değerler elde edilmiştir. Bu durum çimento sanayi için kabul edilen % genleşme değerlerinin oldukça altındadır (% 10 dan küçük olması istenir). Böylece fiziksel deneyler sırasında atık cam katkısının olumsuzluğu söz konusu değildir.

iii-) Cam atık katkısının kullanıldığı ve artırıldığı çimento numunelerinin mekanik testlerden elde edilen değerler irdelendiğinde, basınç eğilme dayanımlarında ilk önceleri hızlı bir düşüş gözlenirken (2 ve 7 günlük değerlerde) daha sonraları katkının puzolanik aktivitesinin devreye girmesiyle değerlerde bir iyileşme görülmüştür (28 ve 90 günlük değerlerde). Bu durum çimento hidratasyonunun uzun yıllar azalarak devam ettiği düşünüldüğünde (yaklaşık olarak 50 yıl ve daha üzeri yıllar) olumlu olarak kabul edilebilir. Ayrıca her çimento tipinde yukarıda verilen TS standart değerlerinde (TS 24) basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde yaklaşık % 10'a kadar kayıplar kabul edilebilir tolerans aralığındadır. Böylece mekanik testler açısından çok olumsuz sonuçlar elde edilmemiştir.

iv-) Yapılan bu çalışma ile, katı atıkların içerisinde büyük oranı oluşturan cam atıkların çimento sanayiine kazandırılması ve çevremizin kirlenmekten az da olsa kurtarılması mümkündür.

v-) Günümüzde ülkemizde artan çimento öğütme kapasitesine bağlı olarak arz-talep dengesindeki bozulma nedeniyle çimento sanayiinde kar oranları % 1 oranının altına düşmüş ve bu durum çimento üreticilerini çimentoya ilave edilebilen yeni katkı arayışına itmiştir. Bu çalışma çimento sanayi çalışanlarına bir ışık tutmaktadır.

Böylece atık camların çimento sanayiinde şartlar ve kullanım yerleri de dikkate alınmak koşuluyla % 30 değerlerine kadar kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anon (a), 2001; "VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı İçme Suyu, Kanalizasyon, Arıtma Sitemler ve Katı Atık Denetimi İhtisas Komisyonu, Katı Atık Denetimi Alt Komisyonu Raporu", D.P.T.Yayınlan, Ankara, 136 s.
- Anon (b), 2001; "VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Cam sanayii) D.P.T.Yayınlan, Ankara, 30 s.
- Anon (c), 2001; "Alternative Uses of Glass"
<http://www.ex.ac.uk/CMS/wtrc/glas.htm>
- Anon (d), 2001; "Waste Glass, Material Description"
<http://www.thfr.gov/hnr20/recycle/waste/wgl.htm>
- Meyer, C, 2001; "Cracking an ASR Barrier",
http://www2.worldconcrete.com/pdf/j01_D040.pdf
- Ott, R. W., 1986; "Understanding Glass Recycling" Volunteers in Technical Assistance, Technical Paper 43, Virginia.
- Ramachandran, V.S., 1981; "Waste and By-products as Concrete Aggregates", Canadian Building Digest, <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd-e.html>.