

Öğrenci Bitirme Tasarım Projesi – 2021 BAHAR – CEVHER-1 Cam Atıklarının Yeniden Değerlendirilmesinin Araştırılması

Ayşegül Bayraktar, Prof. Dr. Gülay Bulut*

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü Maslak İstanbul

*Bitirme Tasarım Projesi Danışmanı Öğretim Üyesi



ÖZET

Bu tez, kullanılmayan kaynakların kullanılabilir hale getirilebileceği, cevher zenginleştirme yöntemleri ile geri dönüşüm tesisinde değerlendirilemeyen atıkların tekrar cam geri dönüşümüne dahil edilebilmesi ile ilgili bir yaklaşım sunmaktadır. Cam atıklarının yeniden değerlendirilmesinin araştırılması isimli bitirme çalışması kapsamında, Şişecam Çevre Sistemleri A.Ş. Bursa Yenişehir Tesisi'ndeki atıkların içerisindeki taş, seramik ve porselenin (TSP) uzaklaştırılmasına yönelik cevher zenginleştirme metodlarından, mekanik dağıtma, boyuta göre ayırma, jig deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar yorumlanarak, öneriler ile birlikte belirtilmiştir.

ABSTRACT

This thesis presents an approach in which unused resources can be made usable, with ore enrichment methods the inclusion of wastes that cannot be utilized in the recycling plant into glass recycling. Within the scope of the final study titled "Investigating of the recycling of glass waste," Şişecam Çevre Sistemleri A.Ş. Mechanical dispersion, separation according to size + jig studies were carried out, one of the ore enrichment methods for the removal of stone, ceramics and porcelain in the wastes of the Yenişehir Plant. These results and comparisons are interpreted and suggestions are stated.

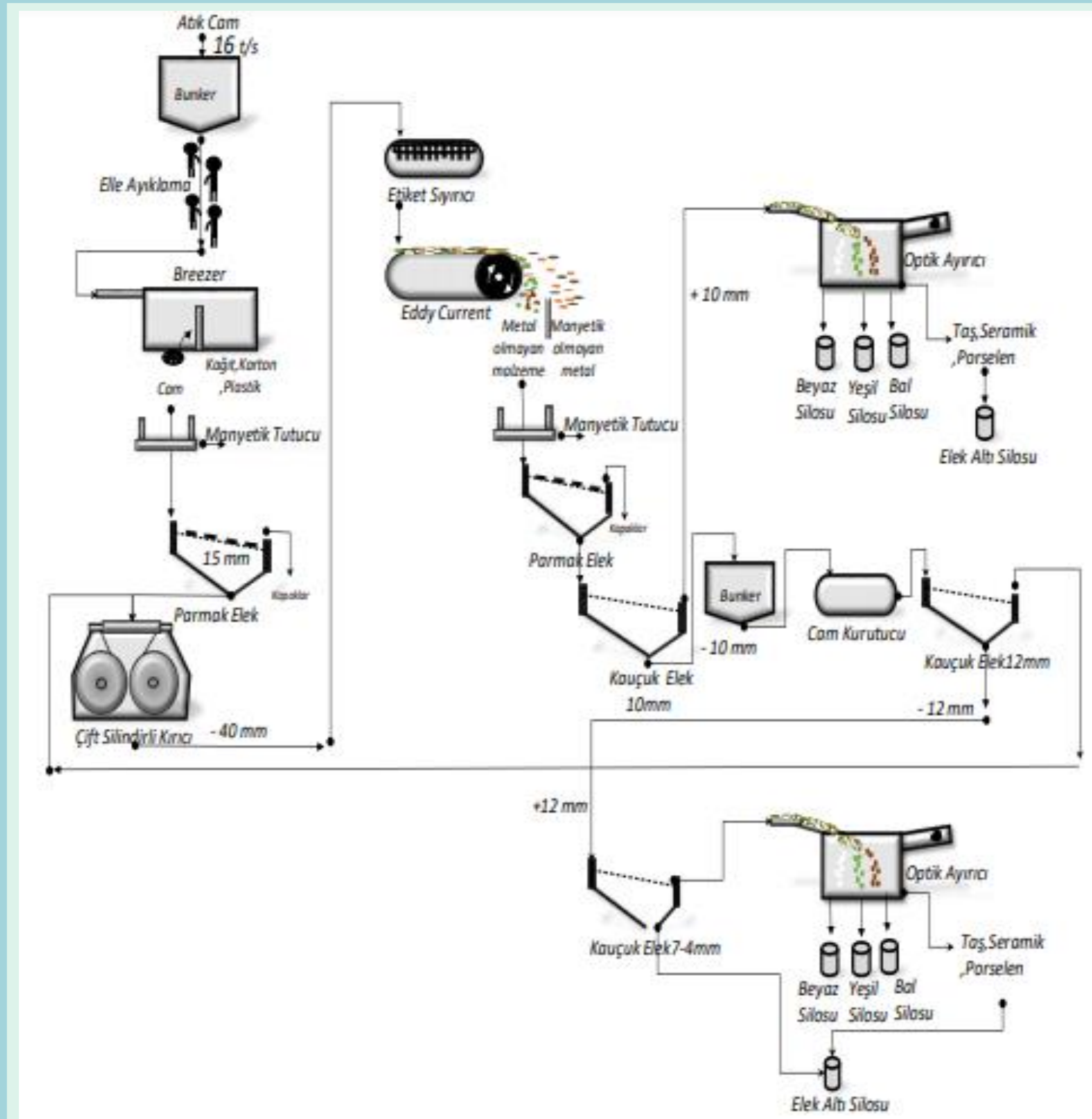
CAM GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Değerlendirilebilir katı atıklardan olan cam atıklarının fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesinde cam geri dönüşümü adı verilmektedir. Cam geri dönüşüm tesislerinde fırına beslenecek hazır cam kırığının yanında, istenmeyen madde içerdikleri nedeniyle kullanılmayan fakat cam içeriği fazla olan atık ürün çıkmaktadır. Cam ergitme fırınına beslenecek cam kırığı içerisinde özellikle taş, seramik ve porselen (TSP) istenmeyen maddelerdir. Bu atık maddeler cam üretimi sırasında fırın içerisinde tamamen erimemekte ve ürünlerde estetiksel ya da yapısal hatalar oluşturarak kalitesiz cam üretimine neden olmaktadır. Cam atıkları yapısal özelliklerinin getirisi olarak kalitesini kaybetmeden geri kazanılabilmektedir (Han, 2008). Cam geri dönüşüm süreci, "fırına hazır cam kırığı" adı verilen kırılmış bir cam ürünüdür. Camın geri dönüşüm süreci tamamen üretilecek camın türüne bağlıdır. Pencere camları, ampuller, aynalar, seramik tabaklar ve kaplar, kristal ve fiberglas, geri dönüştürülemeyen bazı temsili cam türleridir (Nijkerk, 1995). Cam geri dönüşümü sırasında uyulması gereken bazı temel kurallara sahiptir, bu nedenle yeniden kullanılacak atık cam içerisinde metal içeren maddeler, taş, seramik ve porselen bulunmamalı ve rengine göre tasnif edilmelidir. 1 ton fırına hazır cam kırığı haline getirilen atık cam içindeki seramik, porselen ve taş içeriği 25 gram, metal içeriği ise 5 gramı geçmemeli ve 1 mm den büyük ışık kırıcı madde, 10 cm'den büyük kâğıt, plastik, tahta veya diğer organik kirleticiler bulunmamalıdır (Karasu, 2013). İstenmeyen bu maddelerin çıkarılmaması durumunda üretilen cam kusurlu olabilir.

Carvalho ve diğ. (2015), cam ile taş arasındaki tane şekil farkını kullanarak 6 ila 12 mm boyutundaki parçacıkları ayırabilen ucuz ve basit bir bantlı ayırıcı ile atık camın yeniden değerlendirilmesini üzerine deneyler yapmışlardır ve yaptıkları çalışmada taş içeriği Valnor örneğinde yaklaşık % 17'den % 5'e ve Traloxo örneğinde yaklaşık % 5'ten % 2,5'e düşmüştür.

ŞİŞECAM ÇEVRE SİSTEMLERİ A.Ş. BURSA YENİŞEHİR TESİSİ

Şekil 1'de Şişecam Yenişehir Cam Geri Dönüşüm Tesisi akım şeması yer almaktadır. 16 ton/saat besleme kapasitesine sahip cam geri dönüşüm tesise gelen cam atıkları bunkere beslenmektedir. Breezer ünitesi öncesinde bant üzerinden manuel ayıklama (triya) yapılmakta naylon poşet vb. yabancı büyük maddeler ayrılmaktadır. Sonrasında atıklar breezer (hafif malzeme ayırıcı) makinesinden geçirilmektedir ve içerisindeki hafif malzemelerin ayrıştırılması sağlanmaktadır. Breezer iki bölüme ayrılmaktadır. Birinci bölüme altından ikinci bölme yönünde fan ile hava verilmektedir. Camın ağırlığı fazla olduğu için birinci göze cam düşerken ikinci göze kâğıt, karton, plastik gibi maddeler düşmektedir. Kalan cam ambalaj kaynaklı atıkların içerisindeki manyetik olan metal malzemeler bant üzerinde bulunan manyetik tutucular sayesinde ayrılmaktadır. 15 mm'lik parmak eleğe gelen cam ambalaj atıkları içerisinde 15 mm den küçük olanlar elek altına geçer ve kırıcıya beslenir, elek üstünde kalan şişe kapağı, şişe mantarı, plastik parça, tahta parçası gibi malzemeler burada camdan ayrılır. Kırılma ile küçülen cam ambalaj kaynaklı atıklar etiket makinasından geçirilmektedir. Etiket sıyırma işlemi sonrası cam atıklar eddy current ve manyetik tutuculardan geçirilmektedir. Manyetik olmayan metaller eddy currentta, manyetik metaller ise manyetik tutucuda ayrılmaktadır. Kalan cam kırıkları 10 mm'lik kauçuk elek yardımı ile boyutlarına ayrılır. Elek üstü ayırma makinesi olan optik ayırıcılara alınmaktadır ve TSP (Taş, seramik, porselen) ve renk ayrımları (bal, beyaz ve yeşil) yapılmaktadır. -10 mm malzeme, cam kurutucudan geçirilip elek ile boyuta göre sınıflandırılıp başka bir optik ayırıcıdan geçirilmektedir. Fakat tesiste bugünkü koşullarda -10 mm altı ile çalışılmamaktadır. -10 mm altı atık olarak atılmaktadır.



Şekil 1. Şişecam Çevre Sistemleri A.Ş. Yenişehir Tesisi

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İstanbul Teknik Üniversitesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümüne Şişecam Çevre Sistemleri A.Ş. Yenişehir Tesisi'nden 60 kg atık numune gelmiştir (Şekil 2). Gelen numune bir önceki bölümde bahsedilen tesisten çıkan -10 mm atık olarak atılan kısımdır. 1 tondaki cam atığında maksimum 20 gr taş (20 ppm), seramik ve porselen bulunması hedefi ile cevher zenginleştirme metodlarından eleme, mekanik dağıtma ve jig yöntemleri uygulanmıştır.



Şekil 2. Cam Kırığı Görüntüsü

Eleme

Numunenin boyut dağılım özelliklerinin belirlenmesi için Elek analizi yapmak amacıyla 1850 gr numune, numune bütücü ile alınmıştır. Yaş elek analizi uygulanmıştır. Numune sırasıyla 5,60, 4,76, 3,35, 2,83, 2, 1,19 ve 0,595 mm elek açıklığına sahip elekler ile elenmiş ve boyut gruplarına ayrılmıştır.

Mekanik Dağıtma

Mekanik Dağıtma 1 kg numune 450 g su (pko=%70) ile birlikte mekanik dağıtma makinesine ile işlem görmüştür. Yarım saat boyunca 800 devir/ dakika'da dağıtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Mekanik Dağıtma + Jig

Numuneye jig deneyleri öncesi, yarım saat 600 rpm %70 pko ile mekanik dağıtma yapılmıştır. Dağıtma sonrasında yaş eleme yapılmış ve +5,60, -5,60+3,35, -3,35+1,19 olarak 3 farklı boyut grubuna ayrılmış ve jig deneyleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'de -3,35+1,19 boyut grubuna ait akım şeması gösterilmektedir.

DENEYSEL SONUÇLAR

- 1) Yapılan tane boyutu dağılım analizinde, ortalama tane boyutunun 3,7 mm olduğu saptanmıştır.
- 2) Cam atığı numunesinin genel olarak %46-50'lik kısmını beyaz renkte cam, %25-31'lik kısmını yeşil renkte cam, %19-24'lük kısmını bal renkte cam ve %0,39-0,94'lük kısmını mavi renkte camın oluşturduğu saptanmıştır.
- 3)Yapılan yaş eleme sonucu TSP'nin -3,36 mm boyutunda yoğunlaştığı görülmektedir. TSP miktarı toplam malzemenin % 0,28'ni oluşturmaktadır. Ayrıca cam miktarı toplam malzemenin %90,65'ini oluşturmaktadır. Toplam malzemedeki TSP miktarı 2814,21 ppm olarak saptanmıştır. Yaş eleme sonrası -4,76 +3,35 mm boyut dağılımına sahip malzeme tane sayımı Şekil 3' de, -2 +1,19 mm Şekil 4' de gösterilmektedir.



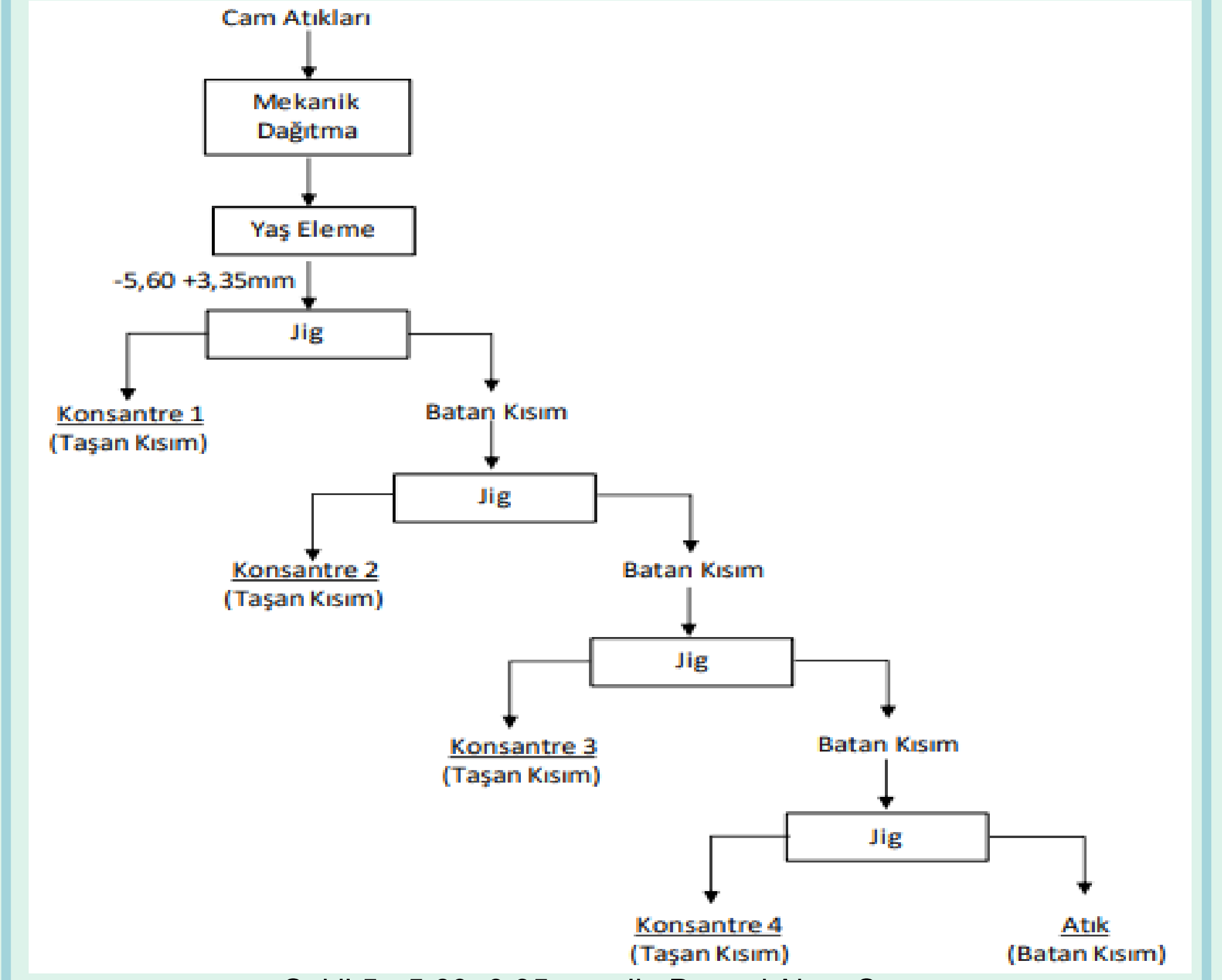
Şekil 3. -4,76 +3,35 mm Boyut Dağılımına Sahip Malzemenin Tane Sayımı Görüntüsü



Şekil 4. -2 +1,19 mm Boyut Dağılımına Sahip Malzemenin Tane Sayımı Görüntüsü

- 4)Yapılan mekanik dağıtma sonrası tane boyutu dağılım analizinde, ortalama tane boyutunun 3,7 mm olduğu saptanmıştır.
- 5) Mekanik dağıtma + eleme sonrası yapılan tane sayımı sonucunda toplam malzemenin cam miktarı %93,24, TSP miktarı % 0,14 olarak saptanmıştır. Toplam malzemedeki TSP miktarı 1362,48 ppm olarak saptanmıştır. 6)Eleme ile mekanik dağıtma + eleme sonrası yapılan tane sayımı sonuçları karşılaştırıldığında mekanik dağıtma + eleme işleminde, toplam malzemedeki TSP miktarının %51,6 azaldığı görülmektedir. Bu azalma numune alınmadan kaynaklı fark olabileceği gibi, TSP'nin dağıtma sonrası ince boyuta geçmesi de olabilir.

- 7) +5,60 mm Mekanik Dağıtma + Jig Deneyleri sonucu Konsantre1'de 636,5 ppm, Konsantre2'de 0 ppm, Konsantre3'de 1083,0 ppm TSP olduğu saptanmıştır. Atık'da 3675,6 ppm TSP %67,08 verim ile uzaklaştırılmıştır.
- 8) +5,60 mm'de yapılan mekanik dağıtma +jig deneyinde Konsantre1-2-3 birleştirilmek istenirse %77,20 miktar ile toplam konsantredeki TSP içeriğinin 532,7 ppm olacağı saptanmıştır.
- 9) -5,60+3,35 mm Jig Deney Sonuçları Tablo 1'de gösterilmektedir. -5,60+3,35 mm Mekanik Dağıtma + Jig Deneyleri sonucu Konsantre1'de 0 ppm, Konsantre2'de 126,0 ppm, Konsantre3'de 293,5 ppm, Konsantre4'de 474,7 ppm TSP olduğu saptanmıştır. Atık'da 10597,2 ppm TSP %94,97 verim ile uzaklaştırılmıştır. -5,60+3,35 mm jig konsantre 3 görüntüsü, Şekil 7'de -5,60+3,35 mm jig atık görüntüsü gösterilmektedir.
- 10) -5,60+3,35 mm'de yapılan mekanik dağıtma +jig deneyinde Konsantre1-2-3-4 birleştirilmek istenirse %77,25 miktar ile toplam konsantredeki TSP içeriğinin 165,1 ppm olacağı saptanmıştır. Konsantre1-2 birleştirilmek istenirse %48,69 miktar ile toplam konsantredeki TSP içeriğinin 52,1 ppm olacağı saptanmıştır.
- 11) -3,35+1,19 mm Mekanik Dağıtma + Jig Deneyleri sonucu Konsantre1'de 1605,8 ppm, Konsantre2'de 1194,1 ppm TSP olduğu saptanmıştır. Atık'da 3517,8 ppm TSP %51,75 verim ile uzaklaştırılmıştır.
- 12) -3,35+1,19 mm'de yapılan mekanik dağıtma +jig deneyinde Konsantre1-2 birleştirilmek istenirse %69,24 miktar ile toplam konsantredeki TSP içeriğinin



Şekil 5. -5,60+3,35 mm Jig Deneyi Akım Şeması

Tablo 1. -5,60+3,35 mm Jig Jig Deney Sonuçları

Ürünler	Miktar, %	TSP İçerik, %	TSP, ppm	TSP Dağılım %
Konsantre1	28,54	0,0000	0,0	0,00
Konsantre2	20,15	0,0126	126,0	1,00
Konsantre3	18,43	0,0293	293,5	2,13
Konsantre4	10,14	0,0475	474,7	1,90
Atık	22,75	1,0597	10597,2	94,97
Toplam	100,00	0,2539	2538,7	100,00



Şekil 6. -5,60+3,35 mm Jig Konsantre 3 Görüntüsü



Şekil 7. -5,60+3,35 mm Jig Atık Görüntüsü

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan tüm deneysel çalışmalarda cam atığındaki toplam TSP miktarının azaldığı sonucuna varılmıştır fakat 1 tonda 20 gram TSP bulunması hedefine ulaşılamamıştır. Jig ile ayırmada tane şekil faktöründen yararlanılarak bir ayırma gerçekleştirileceği düşünülmüştür. Yapılan jig deneyleri sonucunda genellikle konsantrelerin içerisinde istenmeyen ürünlerden olan seramik ve porselen bulunmaktadı. Cam atığındaki seramik ve porselenin tane kırılma şekli köşelidir, cam ile benzerlik gösterdiğinden etkili bir ayırma gerçekleştirilememiştir. Buna kıyasla yuvarlak

şekilli olan taş taneleri jig içerisinde alt tabakalarda konumlanmıştır.

1 ton cam atığında 20 gram TSP bulunması hedefine ulaşmak için;

- 1) Cam geri dönüşümü bölümünde bahsedilen bantlı bir ayırıcı denenebilir, bu tez çalışması kapsamında denemesi düşünülen bantlı ayırıcı Covid-19 etkilerinden dolayı yapılamamıştır.
- 2) Birbirini takip eden farklı prosesler denenebilir. Örneğin jig ve optik ayırıcı kullanılabilir.

- 3) Bu tez çalışması kapsamında yapılan jig deneylerinin daha büyük çapta yapılar ve numuneye bağlı hataların minimize edilmesi sağlanabilir.

TSP içeriğinden dolayı tekrar cam sektörü girdisi olamayacak durumdaki cam atıkları asfalt kaplama karışımlarında ince agreganın parçası olarak kullanılabilirler ve buradan sıfır atık yönetimini sağlanabilir.

Kaynaklar

- Carvalho, M.T., Dias, N., Brogueira, P., 2015. Separation by particle shape — The RecGlass device. International Journal of Mineral Processing 140 Elsevier, s. 1–7.
- Han, G.S., 2008. Ambalaj Atıklarının Yeniden Değerlendirilebilirliği ve Küçükçekmece Örneği. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71, Gebze.
- Karasu, A., 2013. "Çevresel Atıklar, Nedenleri, Çevresel Atıkların Geri Dönüştürülmesi Ve Yenilenebilir Enerji Olanaklarının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, B.Ş.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, s.49-56.
- Nijkerk, A.A. 1995. Wealth in garbage: Recycling, past, present and future. Recycling and cleaner production, pp. 145–156. International Organization of Biopolitics, BIO, Athens.