

Arıtma Tesisinden Geri Kazanılan Preslenmiş Atığın Seramik Yer Karosu Bünyesinde Alternatif Hammadde Olarak Kullanılması İçin Formülasyon ve Süreç Geliştirme

Nihan ERCİOĞLU¹, Gamze KARAKEDİ SAKARYA², Ayşe Gülhan KOYUNCU³, Elif UBAY⁴

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.

^{1,2,3,4} Seranit Granit Seramik San. Ve Tic. A.Ş.

⁴ Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.

e-posta: nihan.ercioglu@seranit.com.tr

gamze.sakarya@seranit.com.tr

elif.ubay@seranit.com.tr

ayse.koyuncu@seranit.com.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1528-9914>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-5769>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8008-7772>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2657-7030>

Geliş Tarihi: 27.08.2019; Kabul Tarihi: 10.09.2019

Öz

Üretim sırasında ve sonrasında oluşan atıkların yeniden kullanılarak geri dönüşüm halkasına katılması, doğanın dengesinin korunabilmesi ve doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi açısından son derece önemlidir. Seramik sektöründe, atık su arıtma tesislerinde filtre pres keki olarak elde edilen susuzlaştırılmış çamur, kaçınılmaz bir yan üründür. Bu projenin amacı seramik sektöründe önemli ölçüde sorun teşkil eden filtre pres atıklarının yer karosu bünyelerinde değerlendirilmesidir. Birincil hammadde fiyatlarındaki ve taşıma maliyetlerindeki artış işletmemizin filtre kekinden tekrar yararlanma yollarını araştırmaya yöneltmiştir. Firmamızda aylık 600 ton civarında filtre kek atığı elde edilmektedir. Yapılan optimizasyonlar sonucunda, ürün özellikleri ve atık miktarı göz önünde bulundurularak ilave edilecek kek atığının maksimum %10 olarak reçeteye dahil edilebileceği tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da, bünye reçetesine %10 oranında atık kek ilave ederek aylık 450 ton atığın tüketilebileceği hesaplanmıştır.

Proje kapsamında, arıtma tesisimizden elde edilen kek atığı kurutulmuş ve harman yapılar hazırlanmıştır. Atığın ve hammaddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri test edilerek reçeteler oluşturulmuş olup kimyasal özellikleri XRF ile karakterize edilmiştir. Reçeteye çeşitli oranlarda atık filtre kek ilavesi yapılarak farklı bünye kompozisyonları geliştirilmiştir. Geliştirilen kompozisyonlar geleneksel seramik üretim süreciyle karo haline getirilmiştir. Her bir deneme için; su emme testleri, pişme küçülme analizleri, renk ölçümü sonuçları (L,a,b), kırılma mukavemetleri ve dona dayanım özellikleri araştırılmıştır. Yapılan çalışma yeni bir reçete denenecek olması sebebiyle özgündür. Alternatif hammadde olarak atık kekinin reçeteye ilave edilmesiyle hem reçete maliyeti düşürülmüş hem de atık minimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra tedarik edilecek hammadde miktarının azalması ile harmanı yapılırken oluşan aksaklıkların giderileceği içinde ar-ge çözüm yönüne sahiptir.

Anahtar kelimeler

Atık kazanımı; Yer karosu; Mineralojik özellikler; Geleneksel seramikler; Alternatif hammadde

The Formulation and Process Development for the Use of Filter Press Cake from Treatment Plant as an Alternative Raw Material in Ceramic Floor Tiles

Abstract

The recycling of wastes generated during and after production by using recycling loop is extremely important in order to keep balance of nature and to minimize the damage to nature. In ceramic industry, dewatered sludge obtained as filter press cake is an inevitable by-product in wastewater treatment plants. The aim of this project is to evaluate the filter press cake which constitute a significant problem in the ceramic industry by adding in floor tiles. The increase in primary raw material prices and transportation costs has directed to investigate ways to reuse the waste in our company. Waste filter cake produces around 600 tons per month in factory. As a result of the optimizations, it is determined that maximum 10% of waste could be included in the recipe by taking into consideration the product properties and the amount of waste. As result, it has been calculated that 450 tons of waste can be consumed per month by adding 10% waste into recipe.

Keywords

Filter press cake;
Traditional ceramics;
Floor tile; Alternative
raw materials

Within the scope of this project, filter press cake taken from treatment plant was prepared by drying and blending. Recipes were prepared by testing physical and chemical properties of waste and raw materials elemental composition were quantified by using X-ray Fluorescence. Different compositions have been developed by adding waste with various ratio in recipes by following traditional ceramic production process. Water absorption, shrinkage analysis, color measurement results (L, a, b), compression strength and freeze-thaw resistance properties were investigated for each trial. This study is unique since a new recipe will be tried. The recipe cost was reduced and waste minimization was realized with adding waste as an alternative raw material in the recipe. Finally, with the decrease in the amount of raw materials to be supplied, problems will be eliminated that occur while mixing.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1.Giriş

Seramik sektörü birçok sektörü etkileyen; iç hacmi yüksek, istihdam ve ekonomiye katkı açısından katma değeri olan güçlü bir sektördür. Sektörün bu katkıları göz önünde bulundurularak kalkınma bakanlığının seramik çalışma grubu raporuna göre, ülkemizde seramik sektöründe ihracat hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için %8 oranında büyümesi hedeflenmiştir. Büyümenin sağlanması için, rekabet gücünün artırılması gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda, hammadde, nakliye ve enerji alanlarında stratejik çalışmalar yapılması ön plana

çıkılmaktadır (Yılmaz 2013), (Gürlesel 2017)). Bunlardan en önemlisi sektörde yoğun enerji kullanılması sebebiyle enerji parametresidir. Maliyetlerin %30'unu enerji gideri oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra ülkemizde artan üretime bağlı olarak hammadde rezervlerinin tükeniyor olması ve hammaddelerin kalitesinin düşmesi de sektörde karşılaşılan bir diğer önemli handikaptır (Çakıcı 2014), (Yılmaz 2013)). Üretim esnasında meydana gelen bu problemler, araştırmacıları alternatif bir hammadde araştırmaya yönlendirmiştir. Alternatif hammadde olarak, üretim prosesi sonucunda elde

edilen filtre pres atık malzemelerin seramik bünye ve sır kompozisyonlarına eklenerek kullanılabilirliğine yönelik araştırmalar her geçen gün artmaktadır (Çakıcı 2014), (Ezzat Elfadaly 2010)). Seramik malzemelerin kil esaslı olmaları ve killerin büyük oranda kompozisyonel değişim göstermelerinden dolayı atıkların fazla oranlarda reçetede kullanımı, kompozisyonel dalgalanmaları ve hammadde değişikliklerini tolere edebilmektedir (Romualdo R.Menezes 2005), (Segadães 2006), (Paula Torres 2004)). Literatürde, Gur'eva ve arkadaşlarının (Gur'eva 2009) yaptığı çalışmada, maden zenginleştirme çalışmalarından elde edilen serpantin içerikli yan ürünün dekoratif seramiklerin teknolojik özelliklerine etkisini, yan ürünün belli oranlarda kil ile yer değiştirmesiyle yapılan reçeteler ile gözlemişlerdir. Kompozisyonda yan ürün miktarının artması döküm yöntemiyle üretilen numunelerin kuruma özelliklerini geliştirmiş olup aynı zamanda pişme sıcaklığını da düşürmüştür. Bunun yanı sıra, Karasu (Bekir Karasu 2001) ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada Aydın Çine yöresi flotasyon ve triyaj atıklarını seramik yer karosu bünyesinde kullanarak bünye özelliklerine etkilerini incelenmiştir. Triyaj atığının kullanımı bünyenin pişme mukavemetini % 2-3 oranında arttırırken flotasyon atığında bu artış % 8 ila 12 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, flotasyon atığının kullanımı ile bünyenin sinterlenme sıcaklığındaki 130°C'lik düşüşün endüstriyel boyutta önemli bir enerji tasarrufunu da beraberinde getireceğini saptamışlardır. Kurama ve ark. (Semra Kurama 2006)'nın yaptığı çalışmada ise kırmızı pişen bir yer karosu reçetesinde konsantre tinkal minerali atığı kullanarak farklı pişme rejimlerinde bünyenin su emme ve mukavemet değerlerini ölçmüşlerdir. Bor atığının bütün sıcaklıklarda (1050°C, 1100°C, 1150°C) sinterleşmeyi hızlandırdığı, düşük su emme ve yüksek eğme mukavemeti sağladığı tespit edilmiştir. Menezes ve ark. (Romualdo R.Menezes 2005)'nin yaptıkları çalışmada ise kaolen işleme ve granit kesim atıklarının seramik karolarda kullanımını araştırmışlardır. Granit atıklarının paketlenme ve yoğunlaşmayı olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Uygun oranda kaolen işleme ve granit kesim atığının kullanılmasıyla düşük sıcaklıkta sinterlenen

(1150 °C), %0,5 su emmeye sahip karoların elde edildiği tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada ise; "Tores ve ark. (Paula M.C. Torres 2004) endüstriyel porselen karo formülasyonlarında granit kesim tortu atıklarının kullanılması konulu araştırmayı yapmışlardır. Bu çalışmada atığın maksimum düzeyde feldspat yerine kullanımı araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar ve teorik yorumlar göstermiştir ki granit atığının uygun oranlarda kullanımı porselen karolarda su emme değerini %0,07'ye eğilme mukavemetini 50 mPa' a kadar çıkartmakta olup olumlu etki sağlamıştır. Örnek çalışmalarda da görüldüğu gibi, atıkların geri dönüştürülmesi ile hem malzemelerin fiziksel/ kimyasal özellikleri geliştirilebilmekte hem de pişirim sıcaklıkları düşürülerek meydana gelen kirletici gaz emisyonlarını ve karbondioksit gazı miktarı azaltılmaktadır. Böylece, sera gazı etkisinin oluşması en aza indirgeneceği ve enerji tasarrufunun sağlanacağı düşünölmektedir (Kaya 2003).

Bu çalışmada, fabrika atık su arıtma tesisinden elde edilen filtre pres atığının yer karosu reçetelerinde kullanılarak, ekolojik seramik yer karosu elde edilmesi amaçlanmıştır. Reçetede arıtma kekinin yer karosu reçetesinde %10 oranında kullanılması ile aylık 450 ton atık tüketimi olacak ve 450 ton hammadde kullanımı azalacaktır. Böylece, atıkların stoklanmasından doğan stoklama maliyeti, atıkların yer altı ve yer üstü sularını kirletmesi gibi problemlere çözüm yolu sağlanacaktır. Aynı zamanda hammadde ve taşıma maliyetindeki artışın meydana getireceği fiyat artışlarını minimize edeceği öngörülmüştür. Çalışma döngüsel ekonomi stratejilerini göz önünde bulundurarak planlanmış olup atık geri kazanımlarını teşvik etme özelliğine sahiptir.

2. Materyal ve Metot

Proje kapsamında, ürünün yapısal ve mekanik özelliklerinin korunularak veya geliştirilerek fırın proses optimizasyonu ile reçetelerde kullanılacak malzemelerin seçimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi planlanan yer karosu prosesinde kullanılacak hammaddeler, farklı mevki/ocaklardan temin edilen kil (Erel Madencilik ve Öncü Madencilik), albit (Sibelco madencilik) ve pegmatit (Has Özçelik

Madencilik) hammaddelerinden elde edilen harmanlar seçilerek reçeteler oluşturulmuştur. Geliştirilen çamur reçeteleri için akışkanlaştırıcı olarak NaSilikat kullanılmıştır. Geliştirilen ve uygun bulunan reçete oranları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Standart Reçete ve Atık İlaveli Reçete İçeriklerinin Ağırlıkça Yüzdeleri

Hammadde	Standart – SPK40 (%)	SPK41
Kil	20-25	20-25
Magnezyum Kili	1,2-1,5	1,0-1,5
Kil Harman	19-25	10-15
Albit	22-25	19-25
Pegmatit Harman	38-45	38-45
Filtre Pres Atık	-	10

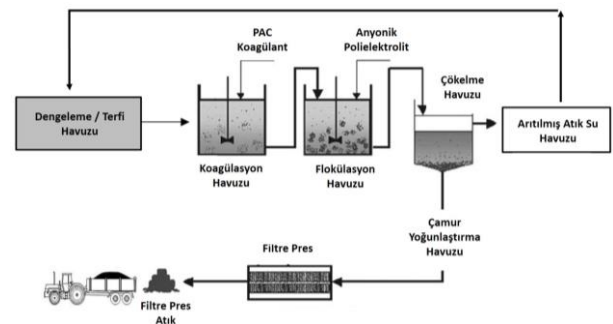
2.1 Reçete Hazırlama Çalışmaları

Hazırlanan reçetelerin 500 g üzerinden tartımları yapılarak, %45-46 oranında su ve %2 oranında NaSiO₃ ilave edilerek 25 dakika süreyle yaş öğütmesi gerçekleştirilmiştir. Reçeteler bilyalı değirmende 63 mikron elek üstü % 3-4 elek bakiye aralığına kadar öğütülmüştür. Oluşan çamur etüvde kurularak toz haline getirilmiş ve toz rutubetlendirilerek granül haline getirilmiştir. Boyutları 10x20 cm ebatlarında 153 kg/cm² ve 190 kg/cm² basınç uygulanarak preslenmiştir. Bu aşamada, farklı basınç uygulamamızın sebebi ise firmamızın sırlı porselen karo ve yer karosu reçete içeriklerinin aynı olmasına rağmen fabrikamızda farklı basınç ve sıcaklıkta pişirilmeleridir. Böylece hem sırlı porselen hem de yer karosu ürünleri elde edilmektedir.

2.3 Filtre Pres Atık Kek Eldesi

Fabrikamızda atık su arıtma tesisinin toplam kapasitesi 1350 m³/gün' dür ve 20 ton/gün filtre pres keki elde edilmektedir. Fabrikanın çamur hazırlama, sır hazırlama, pasta hazırlama, ebatlama, dekor bantları, dekor kesme ve sırlama bantları bölgelerinden gelen kullanılmış su, dengeleme/terfi havuzuna gelerek burada biriktirilerek homojen olarak karışmaları sağlanmaktadır. Bu havuzdan atık sular seviyeye bağlı olarak çalışan dalgiç tip atık su pompaları ile

kimyasal arıtmanın ilk ünitesi olan koagülasyon havuzuna sabit bir debide gönderilir. Bu üniteye koagülant olarak PAC (Poli Alüminyum Klorür) inorganik malzeme türevleri kullanılarak hızlı ve mekanik karıştırıcı ile tam karışımı sağlanır. Daha sonra atık su flokülasyon havuzuna gönderilir. Bu üniteye oluşan kimyasal küçük yumakların flokülant olarak anyonik polielektrolit kullanılarak kolay çökebilir kimyasal iri yumaklar haline getirilmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla pedallı yavaş karıştırıcı kullanılmaktadır. Flokülant ve koagülant gelen atık suyun içeriğine göre yapılan testler sonucu belirlenen dozajlarda beslenirler. Bu aşamadan sonra atık su, çöktürme havuzuna gelerek burada arıtılmış atık suyun içinde oluşan büyük çamur yumaklarının, çamurundan graviteli çökme işlemi ile ayrılması sağlanır. Çöktürme havuzundan gelen çamur partikülleri, çamur yoğunlaştırma havuzunda toplanır. Çamur havuzundaki çamurlar, pres çamur pompası aracılığıyla suyundan ayrılmak ve kek haline dönüştürülmek üzere filtre prese beslenmektedir. Filtre pres sisteminin sonucunda %28-32 rutubet değerleri arasında kek alınmaktadır. Filtre preste oluşan süzöntü suları dengeleme/terfi havuzuna geri döndürülmektedir. Filtrasyon işlemi sonunda oluşan çamur keki sistemden römörke yüklenerek çamur kurutma ve depolama alanına iletilmektedir. Bu sistemde arıtılan su, işletmede tekrar kullanılarak geri dönüşümü gerçekleştirilir. Şekil 1.'de atık su arıtma tesisinin firmamızda nasıl olduğunu gösterilmektedir (Nihan Ercioğlu 2019).



Şekil 1. Firmamızın Atık su Arıtma Tesisi Akış Şeması

2.2 Karakterizasyon çalışmaları

Ön işlem olarak reçetede kullanılacak her bir hammadde için XRD analizleri Seramik Araştırma Merkezi'nde yaptırılmıştır. Reçeteden elde edilen seramik çamurunun viskozite ve yoğunluk kontrolleri Ceramic Instruments markalı

piknometre kabı ve Lehman Viskozimetre kullanılarak ölçülmüştür. Tane boyut dağılımı ölçümü, elek bakiyesi tayini ve fırınlama prosesleri için pişme küçülme değerlerinin mühendislik çalışmaları yapılarak optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra fabrikamızın ARGE laboratuvarında bulunan LINSEIS marka L76 Platinum Series modellenli dilatometre cihazı kullanılarak seramik bünyesinin ısıl genleşme katsayılarının uygunluğu tespit edilmiştir. Fabrikamızda TS EN ISO 10545 standartları kullanıldığı için kuru preslenmiş porselen karo sınıfındaki testlerin uygunluğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, ürünlerin üç nokta eğme test değerleri Ceramic Instruments Mor/3-E modellenli cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nihai son ürünlerin su emme değerleri Ceramic Instruments marka VSVD/60 modellenli vakumlu su emme test cihazı kullanılarak 90 kPa basınç altında 1 saat süresince test edilecektir. Su emme değerlerinin uygunluğu TS EN ISO 104545-3 standardında belirtildiği aralıkta olacak şekilde belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Reçetelerden elde edilen nihai ürünler Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından günümüzdeki teknik ve uygulamasına dayanılarak hazırlanmış TS EN ISO 10545 standardına göre yorumlanmıştır.

3.1 Filtre Pres Atığın Karakterizasyon Çalışmaları

Firmamızın geçmiş deneyimleri ve literatürden elde ettiği bilgiler doğrultusunda, projemizde karşılaşılabileceğimiz en büyük zorluklardan biri kekin stabil gelmemesi olacaktır. Kek, fabrikanın farklı bütün bölümlerinden gelen atıklarından elde edildiğinden dolayı homojen olmamaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için kek yaz aylarında harman yapıp kurutularak tüketilecektir. Atığın kurutulduktan sonraki rutubet değeri maksimum %16 olması beklenmektedir.

Kimyasal analiz sonuçları elde edilen kek numunelerinin homojen gelmemesinden dolayı reçetede kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Çizelge 2.'de yaz ayı içerisinde atık su arıtma tesisimizden üçer gün arıyla alınan keklerin

kimyasal analiz sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı Zamanlarda Elde Edilen Keklerin Kimyasal Analizi (% Ağırlıkça)

Kimyasal Analiz	KEK-1	KEK-2	KEK-3
MgO	0,22	0,71	0,60
Al ₂ O ₃	12,60	15,21	15,65
SiO ₂	60,77	65,18	66,82
P ₂ O ₅	0,18	0,15	0,16
SO ₃	0,05	0,09	0,03
K ₂ O	2,64	2,28	2,40
CaO	9,55	7,53	5,95
TiO ₂	0,85	0,56	0,68
Fe ₂ O ₃	3,30	2,03	2,27
ZnO	2,14	1,02	1,02
Cr ₂ O ₃	0,11	-	-
ZrO ₂	1,38	-	1,04
BaO	-	-	0,33
Na ₂ O	-	2,26	1,45
A.Z.	6,19	2,92	1,59

Ön fizibilite çalışmamız esnasında kek atığına yapılan kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında ateş zayıtının çok yüksek olmaması, hammaddede kaybı olmayacağını ve gaz çıkışının minimum olacağını göstermektedir.

Keklerin reçeteye ilave edilmesi ile nihai üründe meydana gelecek pişmiş mukavemet, su emme ve pişme küçülme değerlerini önceden tespit etmek için atık kekler tablet halinde basılarak refrakter üzerinde işletme fırınında 1163°C sıcaklıkta 52 dakika süresince pişirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.'de verilmiştir.

Çizelge 3. Filtre Atık Keklerin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması

	KEK-1	KEK-2	KEK-3
Pişme Küçülme (%)	6,05	6,39	5,25
Pişmiş Dayanım (kg/cm ²)	351,85	344,8	346,70
Su Emme (%)	0,39	0,25	0,76

Filtre pres atığın reçetede kullanımı sırasındaki oranının tespitinde göz önünde bulundurulması

gereken kıstaslar vardır. Bunlar depolama sorunu ve kirlilik olarak adlandırılabilir. Kekin kirliliğinden dolayı sırlı yüzeyde deliklenme ve göçük gibi yüzey hatalarına rastlanma ihtimali yüksektir. Bunun yanı sıra, reçetede atık kullanımı reolojik problemlere de sebep olabilmektedir. Bu sebeple reçetede farklı oranlarda (%3, %5, %8, %10) ilave edilerek optimum oran %10 olarak tespit edilmiştir. Nihai ürünün reçete kodu firma düzenlemesi gereği SPK41 olarak belirlenmiştir.

3.2. Atık İlaveli Yer Karosu Ürünün Karakterizasyon Çalışmaları

Aritma tesisinden elde edilen filtre pres kek kurutulup harmanlandıktan sonra reçeteler içerisine ilave edilmiştir. X – ışını spektroskopisi ile malzemelerin yarı kantitatif (SQX) analiz yoluyla içeriğinin belirlenmesi için kantitatif analiz sonuçları Çizelge 4.'de verilmiştir.

Çizelge 4. Atık ilaveli Yer Karosu Numunesinin (SPK41) Kimyasal Analiz sonuçları

Kimyasal Analiz	SPK41
MgO	0,31
Al ₂ O ₃	15,94
SiO ₂	71,22
P ₂ O ₅	0,09
SO ₃	0,10
K ₂ O	2,75
CaO	0,55
TiO ₂	0,60
Fe ₂ O ₃	2,41
ZrO ₂	1,1
Na ₂ O	2,35
A.Z.	3,68

Analiz sonucunda, numune içerisindeki bileşenler belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, çıkan bileşenlerin işletme standartlarına uygun olduğu sağlığa zararlı bir bileşen içermediği görülmüştür. Ateş zayıfının kütlece %3,68 olarak ölçüldüğü ve bu değer çalışma şartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, nihai ürünlerin fiziksel testleri yapılmıştır. Sonuçlar işletmede kullanılan standart yer karosu (SPK40) ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 5.'de verilmiştir.

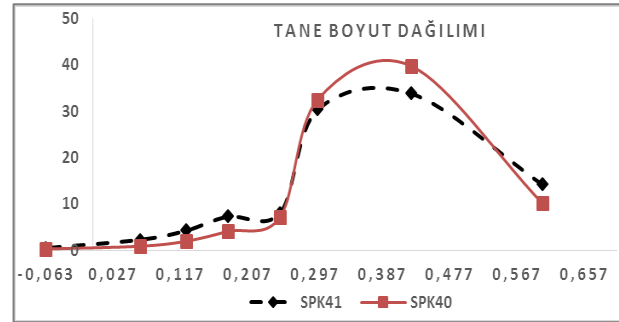
Çizelge 5. Atık ilaveli Yer Karosu Ürünün Fiziksel Özelliklerinin Standart Yer karosu ile karşılaştırılması

	SPK41	SPK40/Standart
--	-------	----------------

Pişme Küçülme (%)	6,38	6,31
Pişmiş Dayanım (kg/cm ²)	351,08	349,45
Su Emme (%)	0,22	0,35
Black Core	YOK	YOK
	51,72	51,39
L; a; b	+5,54	+5,22
	+10,74	+10,45

Testlerin sonucunda su emme değerlerinde iyileşme gözlenmiştir. Buna ek olarak atık malzemenin ilave edilmesiyle birlikte pişme küçülme değerinde artış meydana gelmiştir. Bu pişme küçülme değerini fırınların sıcaklık miktarlarını değiştirerek istenilen standartlar arasında tutmak mümkündür. Elde edilen numunelerde black core gözlenmemiş olup pişmiş dayanımları belirlenen standart değerlerin arasında olduğu tespit edilmiştir.

Standart bünye (SPK40) ve atık kullanılarak oluşturulan reçeteye üretilen (SPK41) bünyelerin elek altı miktarları ölçülerek tane boyut dağılımlarının analizi yapılmıştır. Tane boyut dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 2.'de gösterildiği şekildedir.



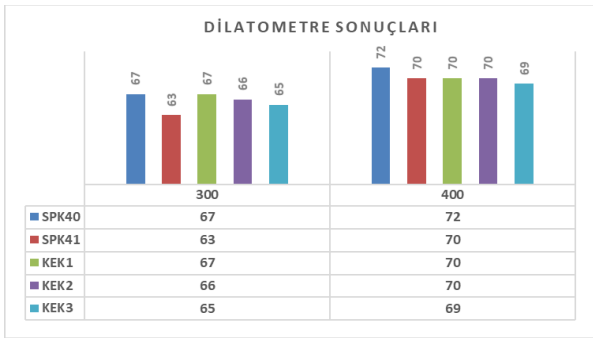
Şekil.2 Tane boyut dağılımlarının analizi

Toz boyutlarının çok ince yapıya sahip olması, reaksiyon yüzeyini artırarak sinterleşmeyi kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple, daha kısa sürelerde veya daha düşük sıcaklıklarda reaksiyonun gerçekleşmesi mümkün olacaktır. Toz boyutlarındaki farkların yanında, toz tane boyut dağılımları da büyük önem taşımaktadır. Özellikle masse yoğunluğu için bu parametreye dikkat edilmiştir. Sıkıştırma işlemi bir izostatik pres kullanılarak yapıldığından basınç bünye içerisinde homojen şekilde dağılım göstermiştir. Dolayısıyla,

elde edilen yoğunluk uniformdur. Tozların belli bir tane boyutunda olmasının yanı sıra, aynı zamanda belli tane boyut dağılımına sahip olması; işletme standartlarına uygun olması sebebiyle tercih edilmiştir.

Dilatometre cihazı kullanılarak numunelerin genleşmeleri sıcaklığa (300^o - 400^o) bağlı olacak şekilde ölçülmüştür. Farklı zamanlarda alınan atık malzemenin yer karosu reçetesine ilavesinden sonra ölçülen ısı genleşme katsayıları Çizelge 6.' da verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı Zamanlarda Alınan Atık Örneklerinin Yer Karosuna İlavesinin Isıl Genleşme Katsayısına Etkisi



Numunelerin moleküllerinin hareketleri, ısı aldıkça artmaktadır. Böylece, moleküller arasındaki uzaklığın zamanla artacağı öngörülmektedir. Bunun sonucunda da cismin hacmi artacak yani genleşecektir. Bu özellik ürünün pişme küçülme değerini dolayısıyla da kalıp boyutlarını etkilemektedir. Grafikten alınan veriler, alternatif hammadde olarak atık malzemenin yer karosu reçetesine %10 oranında katılmasının nihai ürün boyutları açısından bir sorun teşkil etmeyeceğini göstermektedir. Buna ek olarak kekin ergime davranışına göre ergime sıcaklıklarının yüksek çıkması halinde fırın rejimi optimize edilecek ve pişirim sırasında oluşacak sorunların önüne geçilecektir.

4. Sonuçlar

Seranit Fabrikası çevre koruma programı çerçevesinde sıfır atık hedeflemektedir. Üretimde kullanılan suyun arıtılarak tekrar kullanılması, oluşan atıkların geri dönüşümünün sağlanması, üretim sürecinde çevreye bırakılan gaz salımlarının azaltılmasına yönelik yatırımlar ve araştırmalar fabrikamızda sıklıkla gündeme gelen projelerdir. Bu

araştırmalar doğrultusunda filtre pres kekinin yer karosu bünyelerinde kullanılabileceği belirlenmiş ve reçete revizyonları ile üretimde kullanılabilirliği sağlanmıştır. Ekonomik ve çevre kazanımları ön planda tutularak katma değeri yüksek ürün üretilecek olup firmamız için oldukça önemli bir getiri oluşturacaktır.

Atıkların geri kazanımı, özellikle bürokratik engeller, yüksek maliyetler (özellikle ön işleme gerektirdiğinde) ve atık karakteristikleri (homojenliği) nedeniyle ideal durumdan uzaktır. Bu olumsuzlukları göz önüne alarak, farklı oranlarda atık malzemenin oluşan yer karosu reçeteleri geliştirilerek birçok açıdan bu problemlerin iyileştirilebilir olduğu tespit edilmiştir.

Öncelikle atık harman olarak hazırlanacağı için reçetenin stabilitesi korunacaktır. Filtre pres atığının %10 oranında kullanılmasıyla birlikte, hali hazırda günlük 20 ton civarında proses çıktısı olarak elde edilen arıtma kekinin (atık) çevreye olan zararının önlenmesi planlanmıştır. Bunun yanı sıra, fabrikamızın 4500 ton/ay yer karosu masse tüketimi olup arıtma kekinin yer karosu reçetesine %10 ilave edilmesiyle aylık 450 ton atık tüketimi olacaktır. Böylece, 450 ton hammadde kullanımı azalacaktır. Bu sayede, yıllık 5400 ton hammadde daha az sevk edilerek nakliye ve hammadde bedeli daha az ödenecektir.

Bu çalışmanın kısa vadede kuruluşumuz hammadde maliyetlerine olumlu yönde etki edeceği gibi uzun vadede de atığın geri dönüşümünün sağlanmasıyla çevreye verilen zararın en aza indirilmesini sağlayacağı tespit edilmiştir.

Teşekkür

Proje çalışmaları süresince finansal destek sağlayarak çalışmanın ortaya çıkmasını sağlayan Sinpaş Holding yönetim kuruluna ve Seranit Seramik Fabrikası yönetim kuruluna teşekkür ve saygılarımı sunarım.

5.Kaynaklar

Karasu, B ve Kara, G., 2001. Aydın Çine Bölgesi Albit Triyaj Atığının Seramik Bünyelerde

- Kullanımının Bünyeye  zelliklerine Etkisi. *V.Uluslararası Katılımlı Seramik Kongresi*, İstanbul, 144-151.
- Çakıcı, R. İ., 2014. Seramik  retiminde Alternatif Hammaddelerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması ve Maliyet Azaltma alışmalarının Yapılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstit s *, 1-97.
- Elfadaly, E., Breka, M.A., 2010. Recycling of Ceramic Industry Wastes in Floor Tiles Recipes. *Journal of American Science*, 241-247.
- Ercioğlu, N., Koyuncu, A., Ubay E., 2019. Development of The Low Density (Light) Color Gas Ceramic Floor Tile For Outdoor Floor Applications Using With Recovered Ceramic Waste Treatment. *Journal of the Turkish Chemical Society Section B:Chemical Engineering*, 2(2), 87-96.
- Gur'eva, V.A., 2009. Application of magnesium-bearing technogenic raw material in the production of decorative-finishing ceramics. *Glass and Ceramics*, 95-98.
- G rlesel, C.F., 2017. Seramik Sekt r  Makro Pazar Araştırması. Türkiye seramik sektörü ve ihracat performansı değerlendirmesi, İstanbul, *Ekonomi ve Strateji Danışmanlık Hizmetleri*, 1-210.
- Kaya, G., 2003. Yüksek Fırın Cürufu ve Bor Atıklarının Frit  retiminde Değerlendirilmesi. Eskişehir, *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Torres, P., Fernandes, H., Agathopoulos, S. A., Ferreira, J., 2004. Incorporation Of Granite Cutting Sludge In Industrial Porcelain Tile Formulations. *Journal of European Ceramic Society*, 3177-3185.
- Torres, P., Ferreira, J., 2004. Incorporation Of Granite Cutting Sludge In Industrial Porcelain Tile Formulations. *Journal of the European Ceramic Society*, **24**, 10-11, 3177-3185.
- Menezes, R., Ferreira, H., 2005. Use Of Granite Sawing Wastes In The Production Of Ceramic Bricks and Tiles. *Journal Of European Ceramic Society*, **25**, 1149-1158.
- Segad es, Ana M., 2006 . Use of phase diagrams to guide ceramic production from wastes. *Advances in Applied Ceramics*, **105**, 46-54.
- Kurama, S., Kara, A., 2006. The effect of boron waste in phase and microstructural development of a terracotta body during firing. *Journal of the European Ceramic Society*, 755-760.
- Yılmaz, C., 2013. Seramik alışma Grubu Raporu. Onuncu Kalkınma Planı, Ankara, *Kalkınma Bakanlığı*, 1-153.