



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi (Research Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.993330**

Geliş Tarihi:09-09-2021

Kabul Tarihi:12-10-2021



Yer Karosu Bünye Reçetesine Cüruf Atığı İlavesinin Mekanik ve Fiziksel Özelliklere Etkisinin İncelenmesi

Gamze KARAKEDİ SAKARYA ^{1*}, Elif UBAY ²

¹Seranit Granit Seramik, Ar-Ge Merkezi, İnönü/Eskişehir
ORCID:0000-0003-2766-5769

²Seranit Granit Seramik, Ar-Ge Merkezi, İnönü/Eskişehir
ORCID ID:0000-0001-8008-7772

Öz

Gerçekleşen bu projede demir ve çelik üretimi esnasında ortaya çıkan cüruf atığının endüstriyel simbiyoz kapsamında alternatif hammadde olarak seramik yer karosu bünyesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Seramik karo üretim sürecindeki aşamaları takiben farklı oranlarda cüruf içerikli masse kompozisyonları oluşturulmuştur. Cüruf, reçete kompozisyonuna %1, %3, %5, %8 ve %10 oranında dahil edilmiştir. TS EN ISO 10545 standardı kapsamında elde edilen bünyelere fiziksel testler (su emme, mukavemet, pişme küçülme) uygulanmıştır. Son olarak bünyelerin renk değerleri (L*a*b*) ölçülmüştür. Çalışma sonucunda cüruf atığının belirli bir yatırım sonucunda ve %1-3 oranında kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yer karosu, Demir ve çelik, Cüruf atığı, Geri kazanım

Investigation of Effect on Mechanical and Physical Properties by Adding Slag Waste to Floor Tile Body

Abstract

In this project, it is aimed to utilize the slag waste generated during iron and steel production as an alternative raw material within the scope of industrial symbiosis within the body of ceramic floor tiles. Following the steps in the ceramic tile production process, masse compositions containing slag in different proportions were created. Slag is included in the recipe composition at the rate of 1%, 3%, 5%, 8% and 10%. Physical tests (water absorption, strength, firing shrinkage) were applied to the bodies obtained within the scope of TS EN ISO 10545 standard. Finally, the color values (L*a*b*) of the bodies were measured. As a result of the study, it has been determined that the slag waste can be used in body recipe between 1 and 3wt.% with a certain investment.

Keywords: Floor tile, Iron and steel, Slag waste, Recycling

1. Giriş

* Sorumlu yazar e-mail: gamze.sakarya@seranit.com.tr

Atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit gazı miktarının artması, çoğalan üretim miktarına bağlı olarak, hammadde rezervlerinin tükeniyor olması, dolayısıyla sera etkisinin oluşması ve iklim değişiklikleri gibi sorunlar, alternatif ürün ve hammadde ihtiyacını arttırmıştır. Aynı zamanda, tüketimin artması ve buna bağlı olarak artan sanayi üretimi kullanılabilir doğal kaynaklarında hızlı bir azalmaya sebep olmuştur. Bu durum birçoğu geri dönüştürülemeyen büyük miktarda üretim atıkları oluşturmuştur [1]. Oluşan atıklar çevrenin kirlenmesine yol açan önemli bir unsurdur. Üretim sırasında ve sonrasında oluşan atıkların yeniden geri dönüşüm halkasına dahil edilmesi, doğanın dengesinin sağlanabilmesi ve doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi açısından son derece mühimdir.

Oluşan atık miktarının giderek büyük sorunlara yol açmasıyla birlikte geri dönüşüme verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Büyük sorun haline gelen üretim atıklardan bir tanesi de demir ve çelik üretim sürecinin ayrılmaz parçası olan cüruf atığıdır. Çelik üretim endüstrisinden gelen cüruf, entegre çelik tesislerinden veya hurdadan üretilir ve direkt indirgenmiş demir bazlı çelik üretim cürufları, yüksek fırın (BF) ve çelik üretim cürufu olarak sınıflandırılır [2]. Cüruf, metallerin veya metal cevherlerinin yan ürünü olarak tasvir edilmektedir. Metallerden daha hafif olan oksitlerin ve silikatların ergitme sırasında farklı yoğunluklar nedeniyle yüzeyde birikmesiyle oluşmaktadır [3]. Çelik cürufu, bol miktarda serbest kalsiyum/magnezyum oksit, düşük çimentolu özellikler ve yüksek ağır metal içeriği ile karakterize edilir [4]. Seramik karolar, yer ve duvar kaplamasında kullanılan seramik plakalar olarak seramik kaplama malzemesi sınıfında yer almaktadır [5]. Seramik karolar, inşaat sektörünün en önemli ürünlerindedir. Kaliteleri, TS EN ISO 14411 standartlarına göre zorunlu ve ek test yöntemlerinden oluşan standart metodolojilerine dayanmaktadır [6].

Seramik karo üretiminde kullanılan başlıca hammaddeler; öğütülme esnasında su ilavesiyle yapının plastikliğini sağlayan kil, şekillendirme aşamasında plastik olmayan ve sinterleme sırasında ergimeye yardımcı olan feldspat ve bünyede iskelet görevini üstlenen, ergimeye dayanıklı silika olarak kısaca özetlenmektedir [7]. Literatürde cüruf atığının seramik ürünler için yeşil hammadde olarak geri dönüştürülmesini amaçlayan birçok çalışma mevcuttur. Yi ve arkadaşları çalışmaları sonucunda elektrik ark ocağı cürufunun agrega, tuğla, seramik karo ve çimento malzemesi gibi çeşitli inşaat ve yapı malzemelerine geri dönüştürülmesini önermiştir [8]. Turan ve arkadaşları yüksek fırın cürufunun tek ve çift pişirim duvar karolarında kullanılan firit bileşimlerinde değerlendirilmesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda firit içeriğine ek olarak cam yünü ve granit bünye içeriğinde de cüruf atığının değerlendirilebilir olduğunu belirlemişlerdir [9]. Teo ve arkadaşları araştırmalarında elektrik ark fırını çelik cüruf atığının özelliklerini karakterize etmişler ve seramik karo üretiminde kullanılabilirliğinin uygunluğunu saptamışlardır [10].

Seramik kaplama malzemelerinde mevcut üretim döngüsünün esnekliği, bünyenin kimyasal ve mineralojik bileşiminin değişkenliği, atıkların değerlendirilmesi açısından yapılacak yeni araştırmalara imkân sağlamaktadır. Çelik cürufunun çöplüklerde bertarafı sadece değerli kaynakları boşa harcamakla kalmaz, aynı zamanda çevrede ciddi kirliliklere de neden olur. Son yıllarda, çevre dostu inşaat malzemeleri olarak çelik cürufunun kullanımı üzerine yapılan araştırmalar artmıştır. Bu çalışma ile demir çelik sektöründe atık olarak çıkan cürufun seramik karo sektöründe sınırlı doğal kaynaklarımızın yerine ilave malzeme olarak kullanılması ve yüksek miktarlarda çıkan atığının katma değeri daha yüksek bir ürüne dönüştürülebilirliği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma yer karoları için Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından günümüzdeki teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış TS EN ISO 10545 standart test serisine göre yapılmıştır.

2.1. Kullanılan Hammaddeler

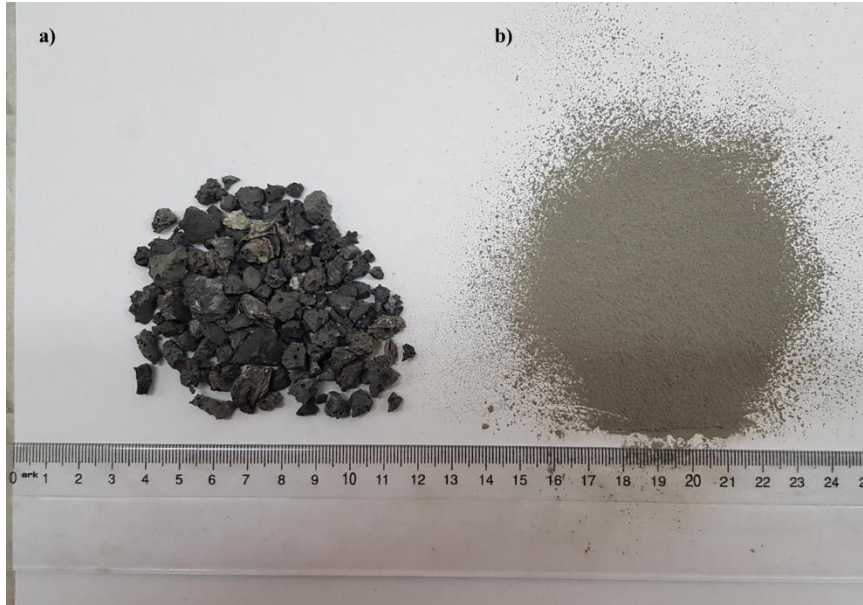
Yer karosu reçete kompozisyonu farklı mevki/ocaklardan temin edilen 3 çeşit kil, albit ve pegmatit hammaddelerini içermektedir. Cüruf atığı, Bilecik bölgesinde bulunan demir çelik tesisinden temin edilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce kullanılacak hammaddelerin ve cüruf atığının kimyasal içerikleri belirlenmiştir ve Tablo 1’ de verilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere cüruf atığının kimyasal içeriğinde tehlikeli bileşen bulunmadığı için yer karosu bünye reçetesinde kullanılmasında bir problem yoktur.

Tablo 1. Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizi (% Ağırlıkça)

Bileşenler	Kil 1	Kil 2 (Magnezyum Kili)	Kil 3	Pegmatit	Albit	Cüruf Atığı
Na ₂ O	0,20	0,21	0,33	3,23	8,75	-
MgO	0,58	30,71	0,21	0,35	0,52	3,22
SiO ₂	66,16	19,62	77,58	71,22	71,80	35,53
Al ₂ O ₃	18,68	4,21	13,25	15,87	16,39	9,03
P ₂ O ₅	0,05	0,07	-	0,14	0,27	-
SO ₃	0,22	0,30	-	-	-	-
K ₂ O	2,21	0,49	4,56	3,37	0,34	-
CaO	0,29	5,75	0,26	0,49	0,59	48,97
TiO ₂	1,05	0,20	-	0,39	0,47	0,46
Fe ₂ O ₃	3,82	1,74	1,12	2,23	0,39	1,38
MnO	0,03	-	0,10	-	-	1,28
ZnO	-	-	-	-	-	0,01
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	0,12
A.Z.*	6,70	36,72	2,59	2,71	0,48	-

* Ateş Zaiyatı

Cüruf atığının içerisinde demir gibi parçalar olduğu için kullanılmadan önce hazırlanması gerekmiştir. Cüruf atığının hammadde olarak kullanılabilmesi için öncelikle sert kırıcı ile tane boyutu küçültülmüştür. Daha sonra sulu öğütme işlemi uygulanmıştır. Öğütülmesinin sebebi çok sert olduğu için bünye kompozisyonlarının öğütülme süresi boyunca öğünmeden kalmasından kaynaklanmaktadır. Son olarak, etüvde kurutulduktan sonra hammadde olarak kullanılması için hazır hale getirilmiştir. Cüruf atığının kendisi ve öğütülmüş hali görüntüleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



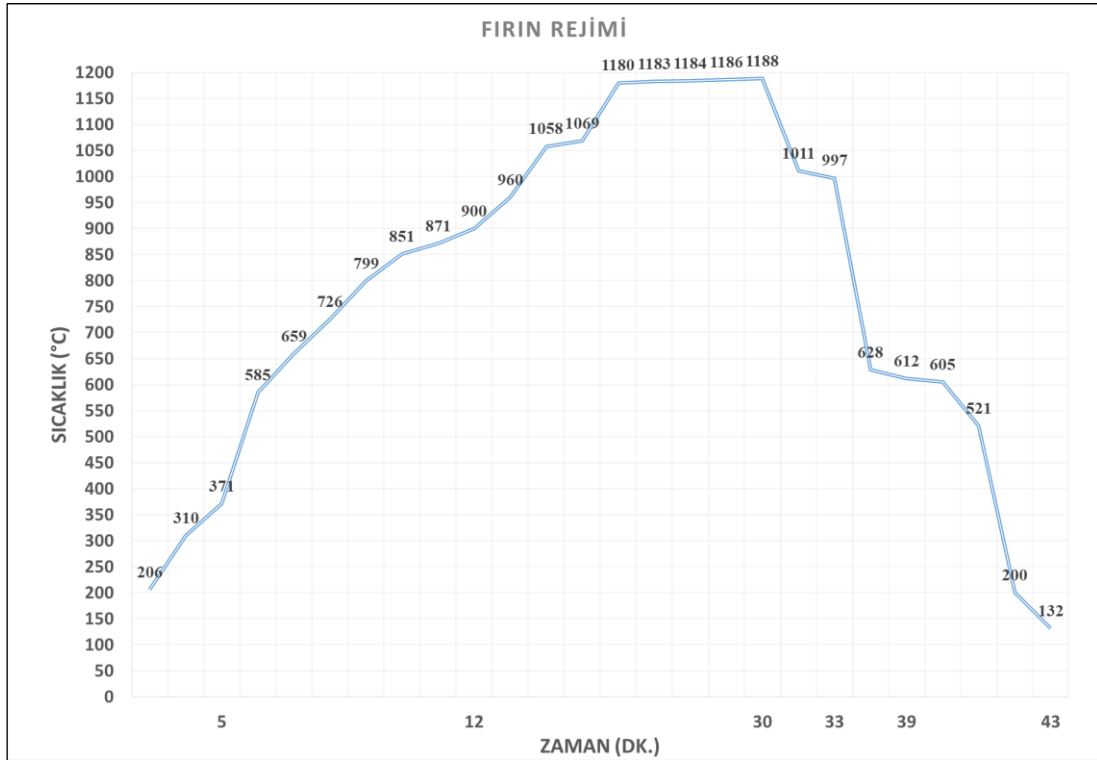
Şekil 1. Cüruf atığının görünümü a) kendi hali, b) su ile öğütülmüş hali

2.2. Bünye Reçetelerinin Hazırlanması

Reçete çalışmaları kapsamında, %1, %3, %5, %8 ve %10 oranlarında cüruf atığı ilave edilerek bünye reçeteleri oluşturulmuştur (Tablo 2). Oluşturulan reçete kompozisyonları toplam reçete ağırlığı 500 g üzerinden hesaplanarak bilyalı değirmenlere %45-46 oranında su, %0,5-0,6 oranında sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve 500 g alübit bilya eklenerek yaş olarak öğütülmesi sağlanmıştır. Öğütüldükten sonra çamur elde edilmiştir. Çamur etüvde rutubet değeri sıfır oluncaya kadar bekletilmiştir. Etüvden çıkan kurumuş çamur %5-6 oranında rutubetlendirilip el merdanesiyle toz haline getirilmiştir. Son olarak tozlar, 325 μm elek açıklığına sahip elekten geçirilerek granül elde edilmiştir. Daha sonra, 100 mm×200 mm boyutunda dikdörtgen kalıp kullanılarak 285 kg/cm² pres basıncı altında Gabrielli marka tek yönlü kuru pres cihazı ile şekillendirme işlemi uygulanmıştır. Şekillendirme işlemi biten karolar işletme şartlarında parlak rejim için 1186°C sıcaklık 46 dakika fırın rejiminde pişirilmiştir. Fırın; kurutma (ön bölge), ön ısıtma, ateş bölgesi, kritik soğutma (direk soğutma), dolaylı soğutma (indirek soğutma) ve son soğutma bölgelerinden oluşmaktadır ve fırın rejim sıcaklıkları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hazırlanan bünye reçeteleri

Hammadde	STD	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
Kil 1	20	19	17	20	20	18
Kil 2(Mg Kili)	1,0	1,0	-	-	0,5	1,0
Kil 3	19	18	15	19	19	18
Albit	22	20	22	18	21,5	22
Pegmatit Harman	38	37	38	33	38	38
Cüruf Atığı	-	5	8	10	1	3



Şekil 2. Yer karosu fırın rejimi

2.3. *Pişme Küçülmesi Değerinin Belirlenmesi*

Karolar fırında sinterlendikten sonra 0.01 mm hassasiyet ile kumpas yardımıyla boyutları ölçülmüştür ve L4 değeri olarak kaydedilmiştir. Denklem 1 ile pişme küçülmesi değeri hesaplanmıştır. Burada; L4 Pişmiş karo boyutunu ve L1 Pres kalıp boyutunu ifade etmektedir.

$$\%R = \frac{L4-L1}{L1} \times 100 \quad (1)$$

2.4. *Su Emme Değerinin Belirlenmesi*

Su emme, karonun içerebileceği su miktarının, karo ağırlığına oranı olarak nitelendirilir ve yüzde (%) olarak ifade edilmektedir. Karoların su emme değeri TS EN ISO 10545-3 standardında bahsedildiği şekilde gerçekleştirilmiştir [11]. Sinterlenen karolarından kesilen numuneler 100×100 mm² ebatlarında kesilerek tartılmıştır ve parçanın kuru ağırlığı (WK) olarak kaydedilmiştir. Ceramic Instruments marka VSVD/60 modeli vakumlu su emme test cihazı kullanılarak 90 kPa basınç altında 1 saat süresince test uygulanmıştır. Test sonucunda karolar tekrar tartılarak su emiş ağırlığı (WD) olarak kaydedilmiştir. Denklem 2’de belirtilen şekilde su emme değeri hesaplanmıştır.

$$\%W.A. = \frac{WD-WK}{WK} \times 100 \quad (2)$$

2.5. *Mukavemet Değerinin Belirlenmesi*

Sinterleme işleminden sonra ölçülen mukavemet değeri pişmiş mukavemet olarak tanımlanmaktadır. Karoların mukavemet ölçümleri TS EN ISO 10545-4 standardında belirtildiği şekilde Ceramic Instruments marka MOR 3-E modeli 3 nokta eğme testi cihazı ile belirlenmiştir. Pişmiş mukavemet değeri Denklem 3’te belirtildiği şekilde hesaplanmıştır [12]. Destekler arası uzaklık 18 cm olarak ayarlanmıştır.

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2} \quad (3)$$

Burada;

P: Kırılma kuvveti (kg),

L: Destekler arası uzaklık (cm),

b: Kırılma yönündeki kenar uzunluğu (cm),

d: Karo kesitinin kalınlığıdır (cm).

2.6. *Renk Değerlerinin Ölçülmesi*

Renk ölçümü CIE tarafından bulunan CIELAB sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Konica Minolta marka CM-2600d model spektrofotometre cihazı ile 60°’lik tarama açısıyla renk değerleri (L, a, b) belirlenmiştir. Renk değeri belirlemek için ölçüm cihazına yüzeyin üç farklı yerinden L, a, b değeri okutulmuş ve ortalama değer alınmıştır. L* açıklık eksenini tanımlamaktadır. L* değeri sıfıra yaklaştıkça siyah, yüze yaklaştıkça beyaz rengi ifade etmektedir. Yeşil ve kırmızı renklerini a*, mavi ve sarı renklerini b* koordinatı verir [13]. a* değeri eksiye yaklaştıkça yeşili, artıya yaklaştıkça kırmızıyı tanımlar. Aynı şekilde b* değeri eksiye yaklaştıkça mavi ve artıya yaklaştıkça sarı rengini ifade eder. Renk değerleri L*, a* ve b*’nin birbirlerine göre farkları karşılaştırılmaktadır ve ΔE* olarak tanımlanmaktadır. ΔE* değeri küçüldükçe karşılaşılan renklerin arasındaki fark da o kadar azdır [14].

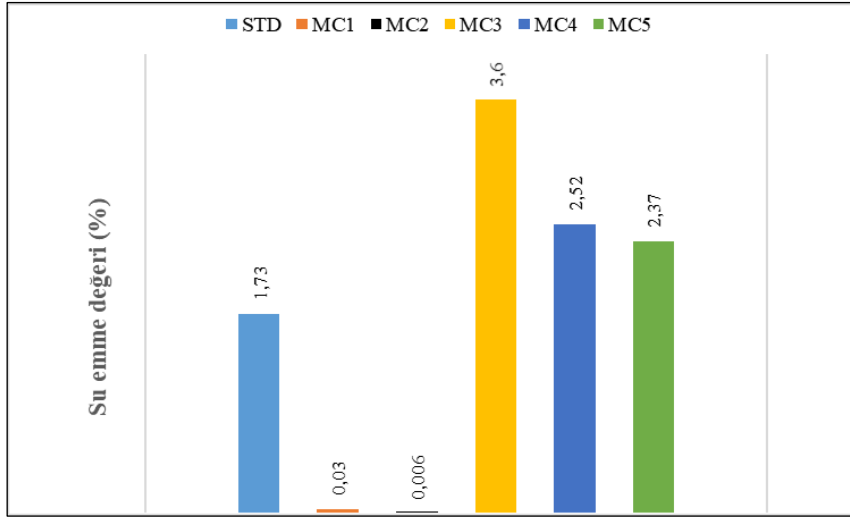
3. Bulgular

Standart ve %1, %3, %5, %8 ve %10 oranlarında cüruf atığı ilave edilerek elde edilerek oluşturulan bünye reçetelerinin pişmiş boyut ve Denklem 1’de ifade edildiği gibi hesaplanan pişme küçülme değerleri Tablo 3’te gösterilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde MC1 bünyesinde kil, pegmatit ve albit oranları azaltılarak cüruf atığı ilave edilmiştir. Pişme küçülmesi değerine bakıldığında standarda yakın olduğu görülmektedir. MC2 bünyesinde magnezyum kilinin (Kil 2) çıkartılması pişme küçülme değerini azaltmıştır. Bu oranda karo boyutu büyümüştür. MC3 bünyesinde %10 cüruf atığı ilavesi pişme küçülme değerine bakıldığında karonun büyüme eğilimine girdiği ortaya çıkmıştır. MC4 bünyesinde magnezyum kili ve albit oranı azaltılarak cüruf atığı reçeteye eklenmiştir ve pişme küçülme değerini azaltmıştır. MC5 bünyesinde kil oranı azaltılarak cüruf atığı reçete eklenmiştir. Pişme küçülme değerinin %6,27 değeri ile standarda en yakın bünye reçetesi olduğu görülmektedir.

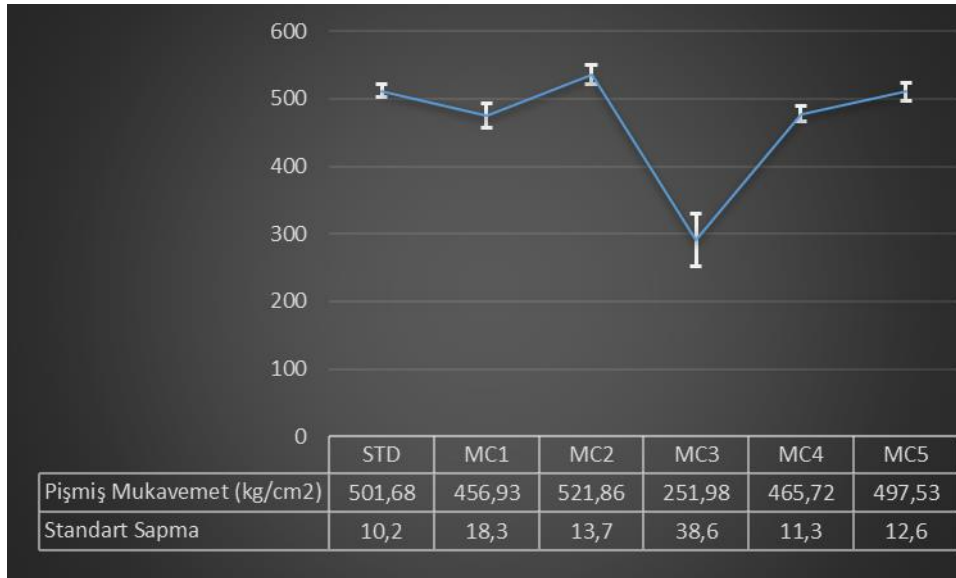
Tablo 3. Bünye reçetelerinin pişmiş boyut ve pişme küçülme değerleri

Reçete Kodu	Pişmiş Boyut (mm)	Pişme Küçülme (%)
STD	186,3×94,2	6,36
MC1	186,2×93,0	6,95
MC2	192,7×96,2	3,73
MC3	198,9×101,5	+0,05
MC4	190,2×95,4	4,78
MC5	187,5×93,8	6,27

Şekil 3 ve Şekil 4’te bünye reçetelerinin su emme (%) ve pişmiş mukavemet (kg/cm^2) değerleri verilmiştir. Tüm bünyelerin mukavemet değeri 3 adet karo için ölçülerek ortalaması alınmıştır ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. STD bünye reçetesi ile kıyaslandığına %5 cüruf ilavesi MC1 bünyesinde %98 su emme değerinin düşmesine sebep olmuştur. MC2 bünyesinde cüruf ilavesine takiben magnezyum kilinin çıkarılması ve kil oranının azaltılması su emme değerini %99 azalttığı ve pişmiş mukavemet değerini yükselttiği sonucu ortaya çıkmıştır. MC3 bünyesinde su emme değerinin yüksek çıkması ve buna bağlı olarak mukavemet değerinde düşüş meydana gelmiştir. MC4 bünyesinde magnezyum kili ve albit oranı azaltılarak cüruf atığı reçeteye eklenmiştir. MC4 bünyesinde su emme değerinin %45 oranında arttığı ve pişmiş mukavemet değerini %7 azalttığı görülmüştür. MC5 bünyesinde kil oranı azaltılarak cüruf atığı reçeteye eklenmiş olup su emme değerinin %37 oranında arttığı ve mukavemet değerinin %0,87 oranında azaldığı görülmektedir. ISO 10545-3 standardında kuru preslenmiş yer karolarında su emme değeri $0,5 < E_b \leq 3$ olarak tanımlanmıştır [11]. MC3 bünyesinde su emme değeri standart dışı çıkmıştır. Ayrıca, MC1 ve MC2 bünyelerinin su emme değeri %0,5’ten küçük çıkmıştır. Bu değer ISO 10545-3 standardında tanımlanan porselen karolarda beklenen su emme değerine eş değerdir. ISO 10545-4 standardında kuru preslenmiş yer karolarında mukavemet değeri 357 kg/cm^2 (35 N/mm^2) olarak belirtilmiştir [12]. Şekil 4 incelendiğinde %10 cüruf atık ilaveli MC3 bünyesinde mukavemet değeri standardın altında iken diğer tüm bünyelerde standart değerlerin hala üzerindedir.



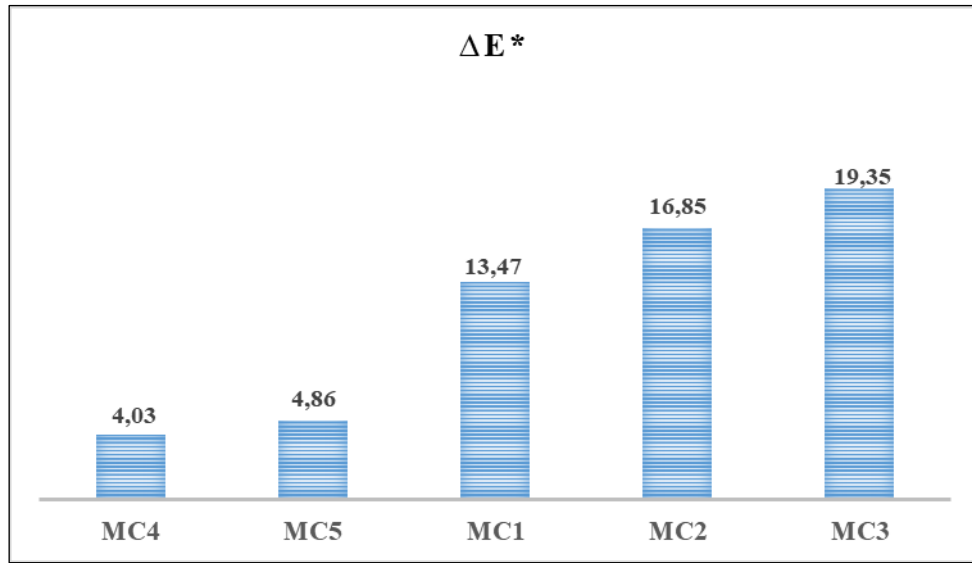
Şekil 3. Bünye reçetelerinin su emme değerleri (%)

Şekil 4. Bünye reçetelerinin pişmiş mukavemet değerleri (kg/cm²)

Tablo 4'te bünye reçetelerinin kromatik koordinatları ve Şekil 5'te renk değerleri arasındaki fark (ΔE^*) verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde genellikle cüruf oranına ters orantılı olarak L^* değeri değişmiştir. Örneğin, STD ile kıyaslandığında MC1 bünyesinde %33 ve MC5 bünyesinde %2,8 oranlarında beyazlık derecesinde azalma meydana gelmiştir. MC5 bünyesinde kil oranı azaldığı için MC4 bünyesine göre beyazlık değeri 1,07 daha fazla çıkmıştır. Tablo 4'te görüldüğü üzere cüruf atığı ilavesiyle bünye renginin yeşil ve mavi renklerine kaymıştır. Renk değerlerinin bu şekilde çıkması cüruf atığından gelen kirlilik kaynaklı olduğu düşünülmektedir. MC1, MC2 ve MC3 bünyelerinde STD ile kıyaslandığında parlaklık değerleri (GU) reçete içeriğindeki cüruf atığı miktarı ile doğru orantılı şekilde artmıştır. Ancak, MC4 ve MC5 bünyelerinde sırasıyla %1 ve %3 cüruf atığı ilave edilmiştir ve parlaklık değerinde azalma meydana gelmiştir. Cüruf atığı %5 ilavesinden sonra parlaklık değerini artırıcı etkiye sebep olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Şekil 5'te görüldüğü üzere reçete içeriğindeki cüruf oranı arttıkça ΔE^* değerinin arttığı buna bağlı olarak standart reçetenin renk değerinden uzaklaştığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Bünye reçetelerinin kromatik koordinatları

Reçete Kodu	STD	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
Kromatik Koordinatlar						
L*	54,11	42,12	38,85	36,13	51,51	52,58
a*	6,51	3,91	4,01	4,48	5,34	3,25
b*	13,25	7,70	6,55	6,37	10,39	9,98
GU	1,19	1,29	2,66	3,04	1,07	1,17
ΔL^*	-	-11,99	-15,26	-17,98	-2,60	-1,53
Δa^*	-	-2,60	-2,49	-2,02	-1,16	-3,26
Δb^*	-	-5,54	-6,70	-6,88	-2,85	-3,27
ΔE^*	-	+13,47	+16,85	+19,35	+4,03	+4,86
ΔGU	-	+0,11	+1,48	+1,85	-0,12	-0,02

**Şekil 5.** Bünyelerin ΔE^* değerinin karşılaştırılması

Şekil 6' da bünye reçetelerinin pişirim sonrası görüntüleri ve Şekil 7' de kesitten çekilmiş görüntüleri verilmiştir. MC3 kompozisyonunda cüruf miktarının artması sebebiyle numunenin çok fazla ergidiği görülmüştür Şekil 7'de görüldüğü üzere cüruf miktarının artmasına bağlı olarak bünyede köpükleşme eğilimi ortaya çıkmıştır. Köpükleşme eğilimi su emme değerinin yüksek ve mukavemet değerinin düşük çıkmasını doğrulamaktadır. MC2 bünyesinde de köpükleşme görülmektedir ancak MC3 ile kıyaslandığında daha az miktardadır. Bu sonuçlara göre kullanılan yer karosu içeriğinde %8 ile %10 cüruf atığının köpükleşmeye sebep olduğu ortaya çıkmıştır. MC5 bünyesinin grimsi renkte olduğu görülmektedir. Renk olarak STD bünyeye en yakın reçete MC4 bünyesidir.



Şekil 6. Bünye reçetelerinin pişirim sonrası yüzey görüntüleri



Şekil 7. Bünye reçetelerinin pişirim sonrası kesit görüntüleri

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, yer karosu bünyesine farklı oranlarda cüruf atığı ilave edilerek reçeteye ve bünyenin özelliklerine etkisi incelenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde cüruf atığının seramik yer karosu bünyesinde kullanılması belirli bir yatırım sonucunda ancak mümkün olduğu kanısına varılmıştır. Cürufun hammadde olarak kullanılması için ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Çünkü cüruf atığı içerisinde çok miktarda demir parçacıkları bulunmuştur. Bunların öğünme sırasında değirmenlerin aşınmasına dolayısıyla değirmen ömrünün kışalmasına sebep olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda içerisindeki kirlilik temizlenmediğinde kirlilik sebebiyle üretim esnasında sırlı yüzeyde göçük, delik gibi problemlere sebep olacaktır. Son olarak, içeriğindeki kalsit miktarının fazla olması sebebiyle cüruf atığının çok miktarda kullanılması karonun gözenekliliğini arttırmıştır. Yer karolarında, gözenek miktarı arttıkça su emme arttığından dolayı gözeneklilik istenmeyen durumdur. Bu sebepten dolayı %10 oranında cürufun yer karosu bünye içeriğinde kullanılması

olası değildir. Ancak, sinterleme sıcaklığının düşürülmesi ile küçülme değerinin ayarlanıp reçeteye dahil edilebilir. Çalışma sonucunda pişme küçülmesi, mukavemet ve su emme değerleri göz önüne alındığında cüruf miktarının yer karosu bünye reçetesinde %1-3 arasında kullanılabilirliğinin mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda cüruf atığının gaz seramik üretimlerinde köpükleştirici ajan olarak SiC gibi karbon içeren bileşenlerin yerine alternatif olarak kullanımı araştırma konusu olabileceği düşünülmektedir.

5. Teşekkür ve Katkı Beyanı

Bilecik Demir Çelik A.Ş. firmasına çalışmamızda kullandığımız cüruf atıklarını bizimle paylaştıkları için teşekkür ederiz. Yazarlar, Seranit Granit Seramik firmasına çalışmayı finansal olarak desteklediklerinden dolayı teşekkürlerini sunmaktadır. E.U: Danışman, G.K.S: Deneysel düzeneğinin hazırlanması, laboratuvar çalışmaları ve makale yazımı aşamalarına katkı sağlamıştır.

6. Kaynaklar

- [1] Torres P., Fernandes H.R., Agathopoulos S., Tulyaganov D.U., and Ferreira J.M.F., “Incorporation Of Granite Cutting Sludge In Industrial Porcelain Tile Formulations” *Journal of European Ceramic Society*,24, 3177-3185, 2004
- [2] Joulazadeh M.H., Joulazadeh F.,” Slag; Value Added Steel Industry By Products “*Archives of Metallurgy and Materials*, 55, 1137-1145, 2010
- [3] Ünal S., Yücel O., Kurt M., Gül S. GÜL, “Atık’tan Ürün’e Demir-Çelik Cürufu”, İleri Teknolojiler Çalıştay, sy. 255-267, 2014
- [4] Song Q., Guo M.Z., Wang L., and Ling T.C.,” Use of Steel Slag as Sustainable Construction Materialas: A Review of Accelerated Carbonation Treatment” *Conservation and Recycling*, 173, 105740, 2021
- [5] Baycık S., “Granüle Yüksek Fırın Curuflarının Karo Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması” İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138s, İstanbul, 2003
- [6] Türkiye Seramik Federasyonu, “Seramik Sektörü Yerli Katma Değer Raporu-8. Dönem Faaliyet Raporu”, sy. 13-25, 2019
- [7] Reed J.S.,” Introduction to The Principles of Ceramic Processing” JohnWiley & Sons., 1998
- [8] Yi H., Xu G., Cheng H., Wang J., Wan Y., and Chen H., “An Overview of utilization of steel slag” *Procedia Environ Sci.*, 16, 791-801, 2012
- [9] Kaya G., Turan S., “ Yüksek Fırın Cüruflarının Seramik Sektöründe Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Eldesinde Değerlendirilmesi” *Mühendis ve Makine*, 45, 536, 48-60, 2003
- [10] Teo P.T., et al., “Characterization of EAF Steel Slag Waste: The Potential Green Resource for Ceramic Tile Production” *Procedia Chemistry*, 19, 842-846, 2016
- [11] TS EN ISO 10545-3 Seramik Karolar-Su Emme, Görünür Gözeneklilik, Bağlı Yoğunluk ve Hacim Kütlesinin Tayini
- [12] TS EN ISO 10545-4 Seramik Karolar- Seramik Karolar Eğilme Dayanımı ve Kırılma Dayanımı Tayini
- [13] Berns R.S.,” Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology” J. Wiley/New York, 2000
- [14] Özcan A., “Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün L* a * b * değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi” *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7, 53-61, 2008