

## BAZALT KESİM ATIKLARININ YER KAROSU MAT SIRLARDA KULLANIM POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Semra KURAMA<sup>1</sup>, Ege Anıl GÜRKAN<sup>1</sup>, Zahide BAYER OZTURK<sup>2\*</sup>, Yusuf KARACA<sup>3</sup>, Elif UBAY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0009-0003-8261-4814>; <https://orcid.org/0000-0002-7554-3419>

<sup>2</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-8069-0694>

<sup>3</sup>Ar-Ge Merkezi, Seranit Granit Seramik A.Ş., Bilecik, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-4885-6612>; <https://orcid.org/0000-0001-8008-7772>

Anahtar Kelimeler	Öz
<p>Basalt Seramik karo Pigment Atık değerlendirme</p>	<p>Seramik sırlarında, renk ve estetik etkileri artırmak amacıyla atık malzemelerin kullanımı önemli bir araştırma alanıdır. Bu atıkların seramik sırlarında renklendirici olarak potansiyel kullanımı, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, yer karosu mat sırlarında bazalt kesim atığı ilavesinin renk, faz ve mikroyapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bazalt kesim atığının kimyasal, faz ve tane boyut analizi ile karakterizasyonu yapılmış ve ağı. %1-9 oranında bazalt kesim atığının endüstriyel karo mat sırna eklenmesiyle, sırlar beyazdan açık kahve bej tonlarına dönüşmüş ve yüzeylerde benekli bir yapı oluşmuştur. Bazalt kesim atığının sır bünyesine ilavesinde direkt kullanımının yanı sıra 900-1100°C aralığında farklı sıcaklıklarda kalsinasyonu sonrasında kullanımı sonucu sır yapısında anortit, kristobalit ve diopsit fazları tespit edilmiştir. Standart mat sır ve ağı. %9 oranında atık (BKA) içeren mat sırlı yer karolarının mikroyapı analizlerinde (SEM/EDS) anortit kristalleri ve Ca, Fe içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, yer karosu mat sırlarının bej tonlarında bazalt atığıyla renklendirilmesinin, ekonomik açıdan avantaj sağlayabileceği ve atığın geri dönüşümüne katkıda bulunabileceği, sır üretiminde potansiyel bir renklendirici olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.</p>

## AN INVESTIGATION OF UTILIZATION POTENTIAL OF BASALT CUTTING WASTE IN FLOOR TILE MATTE GLAZES

Keywords	Abstract
<p>Basalt Ceramic tile Pigment Waste assessment</p>	<p>The utilization of waste materials in ceramic glaze formulations to enhance color and aesthetic characteristics represents a significant area of research. Emphasizing sustainability and recycling, the exploration of these waste materials as colorants in ceramic glazes hold paramount importance. This study aimed to investigate the impact of incorporating basalt-cutting waste into floor tile matte glazes on color, phase composition, and microstructure. The basalt-cutting waste was subjected to thorough characterization, involving chemical analysis, phase identification, and particle size assessment. By introducing 1-9% of this waste into the industrial tile matte glaze, shifting the glaze color from white to appealing light brown beige tones, while generating a captivating mottled surface structure. The glaze structure analysis revealed the presence of anorthite, cristobalite, and diopside phases, both from the direct incorporation of basalt-cutting waste and its usage after calcination at various temperatures ranging from 900-1100 °C, using standard matte glaze and mesh. Microstructure analyses (SEM/EDS) of the floor tiles with 9% waste addition (BKA) demonstrated an increase in anorthite crystal formation and elevated levels of Ca and Fe content. These results substantiate the feasibility of coloring floor tile matte glazes with basalt waste in attractive beige tones, offering economic advantages, contributing to waste recycling, and presenting a viable option as a colorant in glaze production.</p>

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 02.08.2023

Kabul Tarihi : 31.08.2023

Research Article

Submission Date : 02.08.2023

Accepted Date : 31.08.2023

\* Sorumlu yazar: [z.ozturk@nevsehir.edu.tr](mailto:z.ozturk@nevsehir.edu.tr)  
<https://doi.org/10.31796/ogummf.1336323>



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Giriş

Seramik endüstrisinde hijyen, temizlik ve estetik gibi özellikleri iyileştirmek ve geliştirmek amacı ile kaplama malzemesi olarak seramik sırlar tercih edilmektedir. Kullanılan seramik sırlar, belirli kompozisyondaki hammaddelerin, seramik bünye üstüne uygulanması ve pişirilmesi ile ortaya çıkan homojen silikat esaslı karışımlardır. Sırların sertlikleri, kimyasal dayanımları ve gaz ile sıvılara karşı geçirmezlikleri yüksektir, bu nedenle camlara benzerlik gösterirler. Bu özellikleri sayesinde seramik sırlar, seramik endüstrisinde kullanım için tercih edilen kaplama malzemeleridir (Parmelee ve Harman, 1973). Bu seramik sırlar, seramik ürünlerin aşınma ve mukavemet direncini artırma, kimyasallara karşı dayanıklılığını güçlendirme, yapıdaki renk hatalarını gizleme ve dekorasyon çeşitliliğini artırma gibi birçok özelliği geliştirmek için kullanılmaktadır (Eppler ve Eppler, 2000; Kartal, 1998; Taş Anlı vd., 2022).

Seramik endüstrisinde, yüzeylere parlaklık ve opaklık sağlayan sır malzemelerinin üretimi sürekli olarak artmaktadır. Ayrıca, tasarım alanındaki ilerlemelere bağlı olarak zemin-duvar kaplamaları ve sağlık gereçlerinde renkli ürünlere olan talebin arttığı gözlemlenmektedir. Özellikle mat renkli ürünlerde, siyah ve benzer tonlara olan talebin artması ile üretim ve aynı zamanda hammadde ve enerji maliyetleri büyük ölçüde etkilenmektedir (Rasteiro, Gassman, Santos ve Auntos 2006). Renkli seramik ürünlerin üretiminde yüzeye uygulanan sırların üretiminde, doğal hammaddeler, metal oksitler ve özel olarak hazırlanmış inorganik sentetik pigmentler kullanılmaktadır. Farklı renkler elde etmek için çeşitli pigmentlerin kullanıldığı bu bileşimler, farklı oksitlerden oluşmaktadır (Tanışan ve Turan, 2010). Pigmentlerin üretiminde genellikle saf oksitler kullanılmakta olup, bu da pigment maliyetini arttırmaktadır. Bununla birlikte, üretim maliyetinde önemli bir payı olan pigment maliyetini azaltmak için son yıllarda alternatif hammadde kullanımıyla ilgili çalışmalar önemli hale gelmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Pigmentler için alternatif hammadde araştırma ve kullanımı amaçlı yapılan çalışmalarda, daha ekonomik doğal hammaddeler ve/veya değerli metalleri içeren atıklar kullanılarak renkli pigmentler üretildiği ve bu pigmentlerin çeşitli sır ve malzemelerde renk performansının araştırıldığı görülmektedir. Turan, İnceefe ve Ozel (2004) dökme demir dökümhanesinden çıkan öğütme atıklarını demir kaynağı olarak kullanılarak demir-krom pigmentleri ve kromit karışımları üretmiştir. Elde edilen pigmentleri, hem duvar karosu şeffaf sırlarında hem de yer karosu saten sırlarında kullanmışlardır. Ozel, Turan, Çoruh ve Ergün (2006) bakır cürufundan flotasyon atıklarının termal yöntemle arıtılması ve seramik endüstrisinde inorganik

kahverengi ve siyah pigmentlerin üretiminde demir kaynağı olarak atıkların kullanımını incelemiştir. Pigmentler farklı miktarlarda flotasyon atıkları ile kromit, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO ve CoO karışımlarının kalsine edilmesiyle üretilmiştir. Elde edilen pigmentler şeffaf seramik sırlara ve porselen karo bünyelere katılmıştır. Bayer Ozturk ve Ay (2010); Bayer Ozturk, Pekkan, Taşçı ve Yılmaz (2020) ve Bayer Ozturk ve Dal (2022) ferrokrom uçucu kül, granüle kurşun-çinko cürufu ve kromit proses atığının karo sırlarında kullanılabilirliğini araştırmıştır. Her üç çalışmada da kahve tonlarının elde edilebilirliğinde alternatif ucuz bir pigment malzemesi olarak endüstriyel atıkların değerlendirilebileceğini tespit etmişlerdir.

Doğada kristalimsi veya camsı yapıda bulunan bazalt, esas olarak feldispat bileşeninden oluşan koyu gri ve siyah renkte bir volkanik kayadır. Bazalt bloklarının kullanım amaçlarına göre kesilip boyutlandırma sürecinde kesme işlemi sırasında, atık olarak nitelendirilen bazalt tozları ortaya çıkmaktadır. Taş işletmelerinde bu atık tozların depolanma, tozlaşma gibi sorunları için gerekli önlemler alınmalıdır (Koçyiğit ve Çay, 2019). Yapılan literatür araştırmasında bu atık tozların seramik sırlarında kullanımına ilişkin çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda bazaltın çömlek opak sırası ve düşük pişirim karo sırasında renklendirici olarak, firit sıcaklıklarının 50-100°C düşürülebilmesinde kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir (Eren Gültekin, 2020; Prstic, Acimovic-Pavlovic, Pavlovic, Andric ve Terzic, 2007). Bu çalışmada, bazalt kesim atığının literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak işleme tabi tutmadan (direkt) ve kalsine işlemine tabi tutulduktan sonra olmak üzere iki farklı uygulama ile endüstriyel bir firmada kullanılan yer karosu mat sıradaki etkisi ve pigmentle birlikte kullanımı değerlendirilmiştir.

## 3. Yöntem

Çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Pigment yerine kullanılacak olan ve Emre Taş Madencilik (Kayseri) Firmasından temin edilen bazalt kesim atığı (BKA) kimyasal analizi (XRF-Rigaku ZSX Primus) ve pigment formunda kullanılacağı için 32 mikron altına havanda öğütülen atığın tane boyut dağılımı analizi (Malvern 2000 model) yapılmıştır. Bazalt kesim atığı ve hazırlanan sırlı numunelerin kristal fazları incelemesi için XRD-Rigaku Rint 2000 marka cihaz ile (2°/dk tarama hızı ve 2θ=10° -70° açı aralığında) ölçüm yapılmıştır. Endüstriyel firmada (Seranit Seramik Fabrikası, Bilecik), yer karosu üretiminde kullanılan mat sırda farklı oranlarda (ağ. %3-9) BKA katkısı kullanılarak sır denemeleri yapılmıştır. Ayrıca, atığın sır içinde standart kompozisyonda kullanılan siyah renk pigmenti ile karşılaştırılarak renk değerleri incelenmiştir. Yer karosu mat sır içerisine ilave edilen BKA uygulaması ile ürünün renk, yüzey ve parlaklık değerleri incelenmiştir.

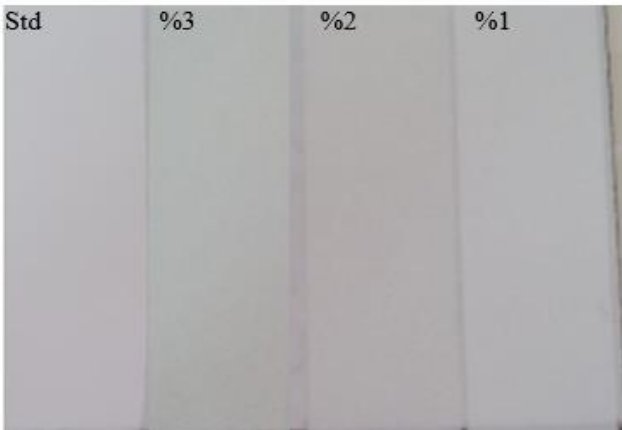
Şekil 1'de yer karosu mat sırası içerisinde ağ. %1-3 oranlarında BKA'nın ilave edilmesi ile rengin koyulaştığı gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan yer karosu mat sırası reçetesindeki hammaddeler Tablo 1'de gösterilmiştir. Hazırlanan sırlar çekme aleti yardımı ile işletme şartlarına uygun olarak yer karolarına uygulanmıştır. Şekil 2'de mat sırası içerisinde ağ. % 1-3 ilaveli bazalt kesim atığı içeren 1213°C-43 dakika endüstriyel pişirime tabii tutulan numunelerin yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 1. Yer karosu mat sırası içerisinde farklı oranlarda BKA katkısı uygulamaları (a) katkısız; (b) ağ. %3; (c) ağ. %6; (d) ağ. %9.

Tablo 1. Endüstriyel mat sırası içeriği

Hammaddeler	Oranlar (ağ.%)
Frit 1	20-25
Frit 2	8-10
Dolomit	18-20
Alümina	8-10
Zirkonyum Silikat	5-7
Wollostonit	7-10
Albit	26-30
Kaolin	8-10



Şekil 2. BKA katkılı mat sırası yer karosu.

Pişirme sonrası yüzey renginin %3 ilaveden sonra koyulaştığı görülerek mat sırası ağ. %3, 6 ve 9 oranlarında bazalt kesim atığı ilave edilerek uygulama yapılmıştır. Sırlı numune kodları ve tanımları Tablo 2'de verilmektedir. Yer karosu (YK) mat sırası ile ağ. %3-6-9 oranında atık ilavesi ile karıştırılarak 0,4'lük çekme aleti yardımı ile yer karosu mat engoplu karo üzerine

uygulanmıştır. Denemeler standart ağ. %3 oranında boya içeren YK mat sırası ve boya içermeyen standart mat sırası ile beraber karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Numuneler, yer karosu mat rejiminde (1201°C-43') pişirilmiştir. Ayrıca, BKA'nın farklı sıcaklıklarda kalsinasyonu yapılarak mat sırası etkileri incelenmiştir. BKA numunesi, 900, 1000 ve 1100°C'de Protherm marka kül fırınında (15 dakika tepe noktasında bekleme süresi) kalsine edilmiştir. Mat sırası reçete çalışmalarının numune kodları Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 2. Sırlı numuneler ve kodları

Kodlama	Numuneler İçeriği
STD	YK Mat sırası
BM-P	ağ. %3 STD Siyah boya + Mat sırası
BM-3	ağ. %3 BKA + Mat sırası
BM-6	ağ. %6 BKA + Mat sırası
BM-9	ağ. %9 BKA+ Mat sırası

Tablo 3. Kalsine Edilmiş BKA Katkılı Reçete Kodları ve Tanımlaması

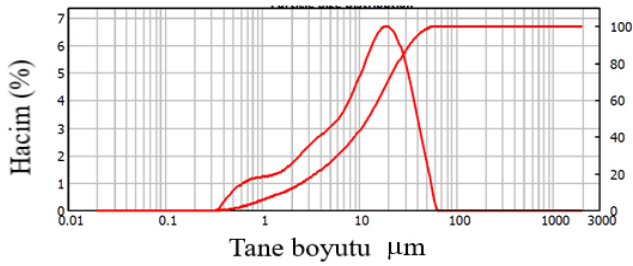
Kodlama	Kalsinasyon sıcaklığı, (°C)	BKA, (ağ. %)
B93	900	3
B96	900	6
B99	900	9
B103	1000	3
B106	1000	6
B109	1000	9
B113	1100	3
B116	1100	6
B119	1100	9

#### 4. Bulgular

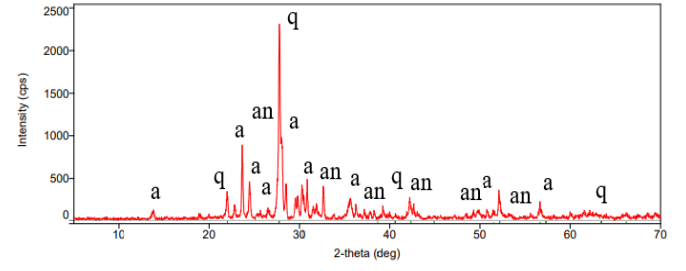
Bazalt taşı kesim atığının kimyasal analiz sonuçları Tablo 4'de, tane boyut dağılımı grafiği Şekil 3'de sunulmuştur. Kimyasal analiz sonucuna göre bazalt kesim atığı ağ. %10 üzerinde demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) içermektedir. Tane boyut dağılımı  $d(0,5 \mu m)$ : 12,3;  $d(0,9 \mu m)$ : 33,3 olarak belirlenmiştir olup, bazalt kesim atığının X-ışını kırınımı ile belirlenen kristal fazları andesin, anortit ve kuvars olarak tespit edilmiştir (Şekil 4).

Tablo 4. BKA'nın XRF analiz sonucu

Bileşen	Bileşim (ağ.%)
Na <sub>2</sub> O	3,42
MgO	6,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,24
SiO <sub>2</sub>	49,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22
SO <sub>3</sub>	0,07
Cl	0,04
K <sub>2</sub> O	0,61
CaO	10,35
TiO <sub>2</sub>	1,33
MnO	0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,26
AZ.	0,53



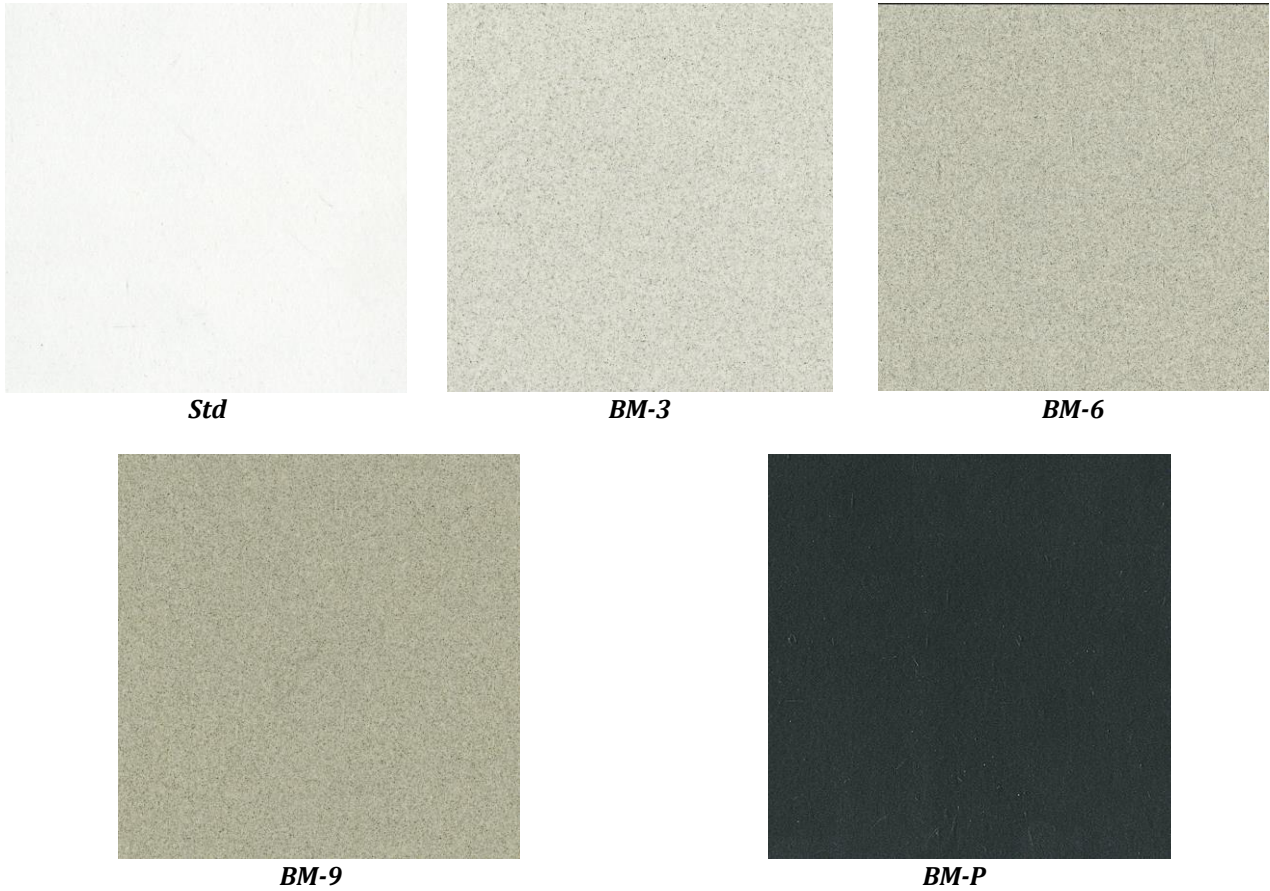
Şekil 3. BKA'nın tane boyut dağılım grafiği



Şekil 4. BKA'nın kristal fazları (an: Andesin, a: Anortit, q: Kuvars)

#### 4.1. Ağırlıkça %3-9 bazalt atığı içeren mat sırlı yüzeyler

Pişme sonrası yüzey renginin ağ. %3 ilaveden sonra koyulaştığı görüldüğü mat sıra ağ. %3, 6 ve 9 oranlarında BKA ilave edilerek uygulama yapılmıştır. Şekil 5'de pişirilen karoların yüzey görünümleri verilmiştir. BKA miktarının artması ile yüzeyde benekler meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra ağ. %3 oranında siyah pigment ilaveli sır ile karşılaştırıldığında renk şiddetinin siyah boya kadar etkili olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. BKA ilavesinin mat karosu parlak sırda renk ve dokuya etkisi

#### 4.2. Kalsinasyon sonrası bazalt kesim atıklarının mat sırda kullanımı

Benek dokusunun bazı seramik yüzeylerde farklı etki (efekt) oluşturabilmesi nedeniyle denemelerde BKA'nın farklı sıcaklıklarda kalsinasyonu yapılarak mat sırda etkileri incelenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kalsine edilen bazalt kesim atıklarının içeriğinde oluşan fazları tespit etmek için XRD analizi yapılmıştır. Şekil 6'da farklı sıcaklıklarda kalsine edilen bazalt atığının mat sırda uygulaması ve endüstriyel pişirim (1206°C-43 dakika) sonrası yüzey görüntüleri gösterilmiştir. Farklı sıcaklıklarda kalsinasyon yapılmasının renk değişimine etkisi olmamakla birlikte sır içinde bulunma oranının artması ile rengin koyulaştığı ve beneklerin arttığı tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yapılan kalsinasyon işlemi sonrası (900-1100°C) bazalt kesim atıklarının (kalsinasyon sıcaklığına göre sırasıyla kodlaması B-900; B-1000, B-1100 olan) XRD ile tespit edilen faz analizi sonuçları Şekil 7' de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sır bünyesinde üç ana faz olarak anortit, hematit ve diopsit fazları gözlemlenmektedir. 900-1110°C sıcaklık aralığında kalsine edilen bazalt kesim atıklarının faz analiz eğrilerinin genel olarak benzer eğilim sergilediği, kalsinasyon sıcaklığının artışıyla anortit ve diopsit fazlarının çok etkilenmediği ancak hematit fazına ait pik şiddetinin arttığı göze çarpmaktadır. BKA'nın kalsine işlemi öncesi ve sonrası kullanıldığı mat sırlı yüzeylerin renk analiz sonuçları Tablo 5'de görülmektedir. Numunelerin L değerlerine bakıldığında karışımdaki atık katkı miktarının artışıyla ve kalsinasyon sıcaklığı artışı ile rengin koyulaştığı açıkça görülebilmektedir. Ayrıca yüzeylerde benekli bir dokunun olduğu göze çarpmaktadır. Standartta bu yüzeyin görülmemesi, diğer sırlarda benekli yüzeyin oluşması, BKA içeriğindeki demir oksit kaynaklı olarak bu oluşumun gerçekleştiğini düşündürmektedir. Kalsine BKA'nın kristal faz analizinde tespit edilen hematit fazı bu düşünceleri destekler niteliktedir.

Kalsinasyon sonrası yer karosu mat sırlı içerisinde oluşan benek dokusunu görmek için ağırlıkça değişen oranlarda BKA'nın ilavesi ile hazırlanan sırlı yer karolarının endüstriyel pişirimi (1206°C-43') yapılmıştır. BKA'nın farklı sıcaklıklarda, kalsinasyon işlemine tabi tutulması ile sır yüzeylerinde belirgin bir renk değişimi veya benek efekti oluşumu etkisi gözlemlenmemiştir. Bunun yanı sıra, sır içinde ki BKA

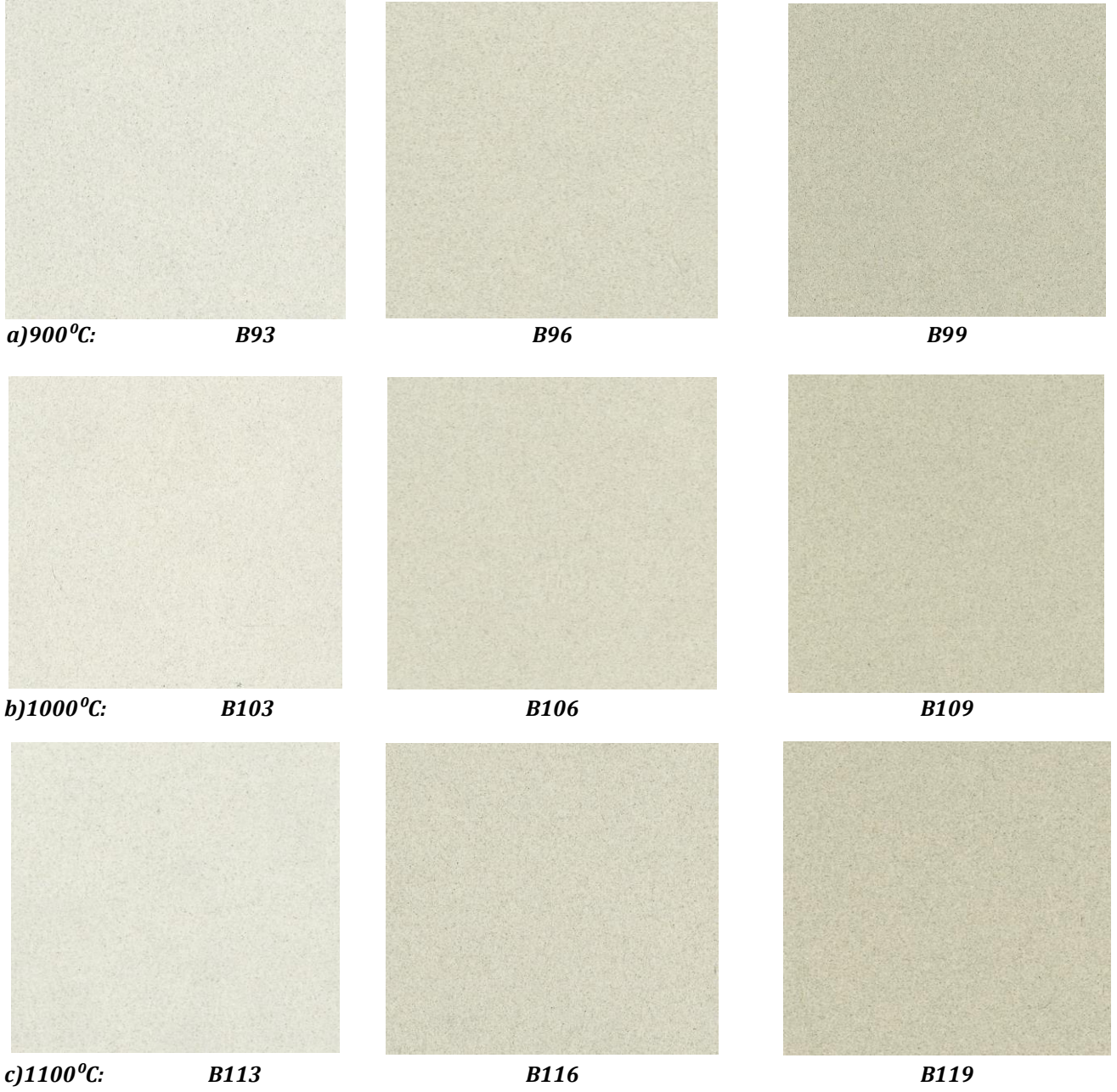
oranının artması ile yüzey renginin koyulaştığı ve benek efektinin arttığı tespit edilmiştir. Sırlı yüzeylerin sertlikleri karşılaştırıldığında 1100°C'de kalsine edilen numune ile yapılan denemenin yüzeyinin sertleştiği (dokusal olarak) ve leke tutacağı, 1000 °C'de kalsine edilen numunenin yüzey yumuşaklığı (dokusal olarak) bakımından en uygun yüzey olduğu, 900°C'de kalsine edilen numunenin yüzeyinde ise küçük iğne deliği hatalarının oluştuğu tespit edilmiştir.

STD mat sır numunesinin XRD analiz sonucu Şekil 8' de verilmiştir. Tespit edilen fazlar; anortit, zirkon ve diopsit olarak görülmektedir. Farklı sıcaklıkta kalsine bazalt atığı içeren sırlı numunelerin XRD sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi, 900°C'de kalsine edilmiş, B-900 katkılı sır numunelerinde farklı oranlarda (ağ. %3-9) anortit (a), kristobalit (c) ve diopsit (d) fazları meydana gelmiştir. B96 numunesinde ağ. % 6 oranında BKA ilavesi kristobalit fazı oluşumu ile ağ. % 9 oranında BKA ilavesinde ise diopsit fazı oluşumu ile sonuçlanmıştır. Aynı fazlar 1000°C ve 1100°C'de kalsinasyon işlemine tabi olan diğer numunelerin sır içerisine katıldığı mat sırlı numunelerde de tespit edilmiştir. Sırlı numunelerin XRD analizlerinde, anortit ve diopsit fazlarının yanı sıra kristobalit fazının bulunmasının nedeni olarak, bazalt atığı ilavesi ile artan SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğine bağlı olarak sırlı erime sıcaklığının arttığı düşünülmektedir.

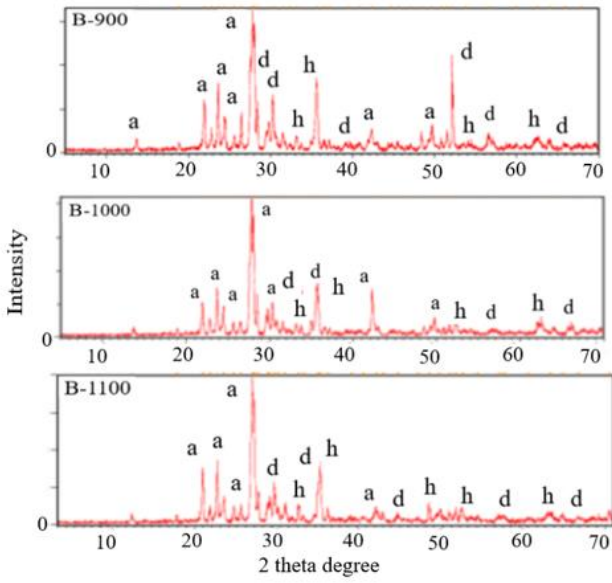
Tablo 5. Sırlı numunelerin renk parametreleri

Kodlama	L	a	b
STD	91,73	-0,11	-1,96
BM1	89,70	-0,21	-0,49
BM2	87,96	-0,25	0,75
BM3	86,44	0,26	1,53
BM6	75,29	-0,15	5,09
BM9	70,28	-0,09	7,53
B93	84,64	-0,28	3,98
B96	81,18	-0,22	5,78
B99	78,81	-0,15	7,55
B103	84,90	-0,33	4,34
B106	86,46	-0,29	6,18
B109	77,42	-0,20	8,05
B113	84,92	-0,35	3,72
B116	80,90	-0,18	5,85
B119	76,84	0,09	7,84

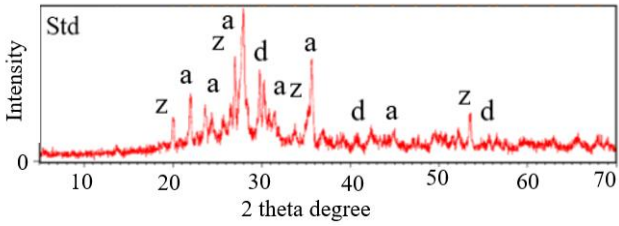




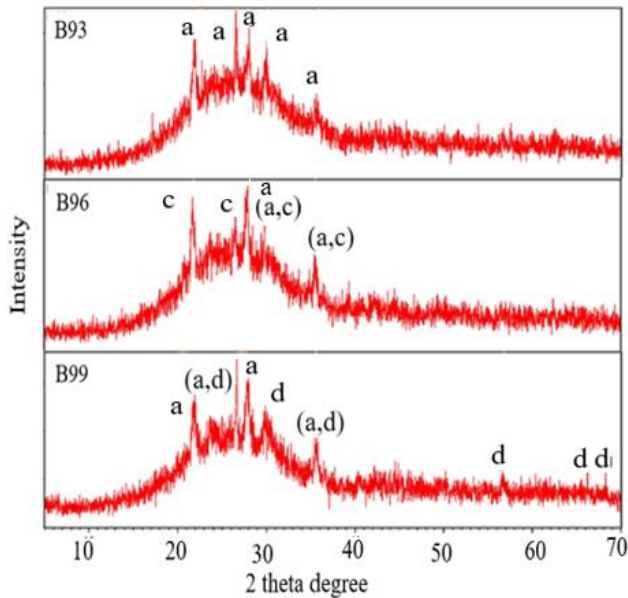
Şekil 6. (a)900°C'de (b)1000°C'de (c) 1100°C'de Kalsine-BKA katkılı mat sır yüzey görüntüsü: ağ. %3; ağ. %6 ve ağ. %9



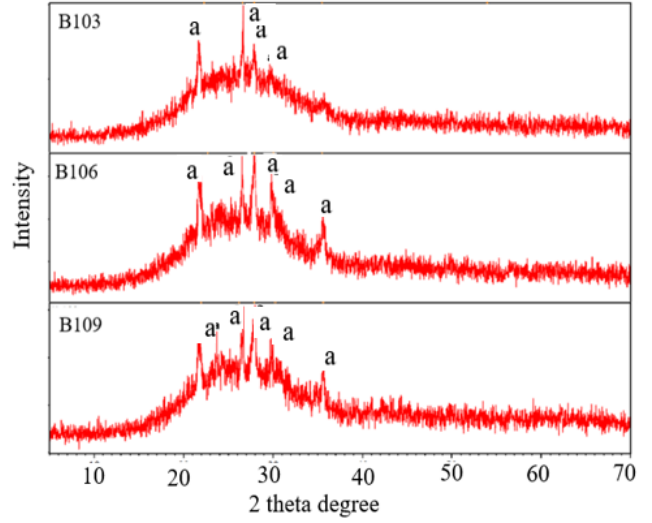
Şekil 7. Kalsine edilmiş BKA'nın XRD faz analiz sonuçları (a: Anortit, d: Diopsit, h: Hematit)



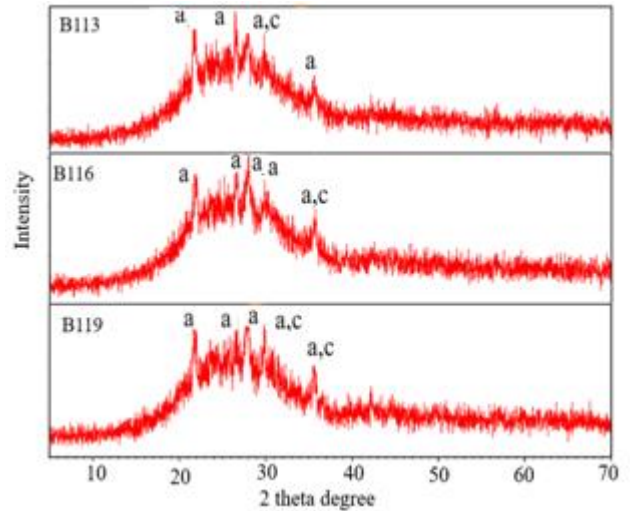
Şekil 8. Mat sırtın faz analiz sonucu (a: Anortit, z: Zirkon, d: Diopsit)



Şekil 9a. B-900 katkılı sırlı mat yüzeylerin faz analizi (a: Anortit, d: Diopsit, c: Kristobalit)

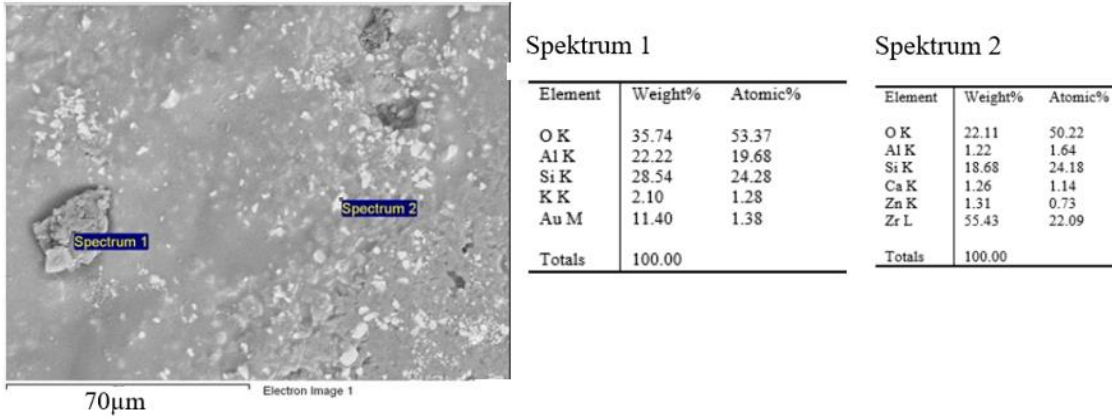


Şekil 9b. B-1000 katkılı sırlı mat yüzeylerin faz analizi (a: Anortit)

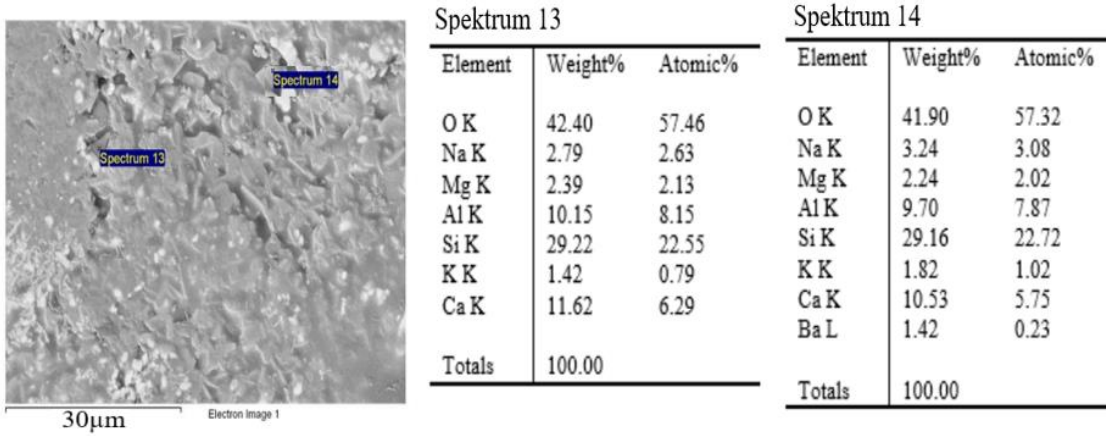


Şekil 9c. B-1100 katkılı sırlı mat yüzeylerin faz analizi (a: Anortit, c: Kristobalit)

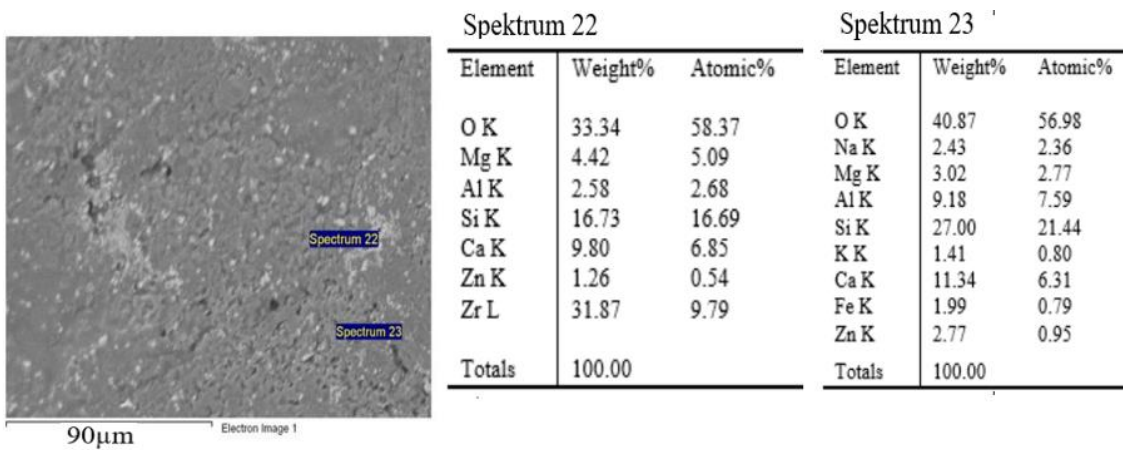
Mikroyapı analizleri için standart mat sırlı yüzey (STD) ve 1000°C'de kalsine edilen, minimum miktarda, ağırlık %3 (B103) ve maksimum miktarda, ağırlık %9 (B109) BKA katkısı ile geliştirilen sırt numunelerinin yüzeyleri SEM/EDS analizi ile incelenmiştir (Şekil 10). SEM sonuçlarında çoğunlukla kuvars, anortit fazları ve sırdan gelen zirkon fazlarına rastlanmıştır. Özellikle EDS analiz sonuçlarına göre BKA katkısının ağırlık %3 olduğu numunede STD'ye göre kalsiyum içeriği, ağırlık %9 katkılılandırılmış sırlı numunede ise her iki numuneye kıyasla demir içeriği ve anortit kristallerine bağlı Ca içeriğinin yüksekliği dikkat çekmektedir.



Şekil 10a. Standart mat sırlı numunenin (STD) mikroyapısı (SEM/EDS analizi)



Şekil 10b. B103 mat sırlı numunenin mikroyapısı (SEM/EDS analizi)



Şekil 10c. B109 mat sırlı numunenin mikroyapısı (SEM/EDS analizi)



## 5. Tartışma

Prstic ve diğ. (2007) bazaltı 980-1020°C'ye ulaşan hızlı pişirim karo sırlarının içindeki frit içeriğinde ağırlık % 25-60 oranında kullanmıştır ve sır içeriğinde ticari demir oksit, kobalt ve mangan oksit pigmentleri ile birlikte değerlendirmişlerdir. Bazaltın daha az pigment kullanımı sağlaması, frit pişirim sıcaklığını da 50-100°C düşürebildiğini, hammaddelere bağlı olarak daha ucuz, kaliteli sırların elde edilebildiği tespit edilmiştir. Ögütülmüş bazaltın, %0, %5, %10, %15, %20, %40, %60 oranlarında opak çömlek sırasına ilave edildiği çalışmada ise bazalt içeriğine bağlı olarak sır içeriğindeki zirkon fazına ek olarak anortit fazının elde edildiği, sırların L\* parametrelerinin düştüğü tespit edilmiştir. Doğal bir pigment olarak çömlek sırlarının renklendirilmesinde bazaltın kullanılabilir olduğu belirlenmiştir (Eren Gültekin, 2020). Bu çalışma, katkı miktarı artışı ile L\* değerinin düşmesi, anortit fazının oluşması sonuçları ile literatürü destekler nitelikte olup, mat sırda kullanımının değerlendirilmesi, benekli bir sır yüzeyi oluşumu ile farklı dekorlama etkileri, ham ve kalsine edilerek kullanım koşullarının incelenmesi özellikleri ile literatürdeki çalışmalardan farklıdır.

## 6. Sonuçlar

Yer karosu mat sırasına BKA'nın ağırlık % 3-9 oranında ilave edilmesiyle sırlı yüzey renginde beyazdan açık kahve bej tonlarına dönüşüm sağlandığı gözlenmiştir. Bu durum aynı zamanda yüzeylerde benekli bir efekt etkisinin elde edilmesini de sağlamıştır. Bu çalışma ile alternatif bir ürün olarak benekli dekoratif kaplamaların da kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Bazalt kesim atığının 900, 1000 ve 1100 °C'de kalsine edilmesiyle, diopsit, kuvars ve anortit içeren mat sır reçetesi üzerine ağırlık %3-6-9 oranlarında ilave edildiğinde, anortit, kristobalit ve diyopsit fazlarının tespit edildiği görülmüştür.

Mikroyapısal analizlerde, 1000°C'de kalsine edilen %9 oranında bazalt atığı içeren sırlı örneklerin, standart mat sırlara kıyasla anortit kristalleri ve kimyasal bileşimde artan Ca, Fe içeriği ile dikkat çektiği belirlenmiştir.

Mat sırların renklendirilmesinde bej tonlarında bazalt atığının kullanımının, aynı zamanda farklı pigmentlerle karıştırılarak kullanılmasının maddi açıdan katkı sağlayabileceği ve atığın geri dönüşümüne de yardımcı olabileceği tespit edilmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "Kayseri Yöresi Bazalt Kesim Atığının Renkli Karo Üretiminde Kullanımının İncelenmesi", No:22ADP321 nolu proje ve "Seramik Surlarda Siyah/Kahverengi Pigmentlere Alternatif Olarak Kayseri Yöresi Bazalt

Kesim Atığının Kullanımının İncelenmesi" TÜBİTAK Projesi 2209-B Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Destekleme Programı - B (2022/2 Dönemi), Proje No: 1139B412201419 kapsamında desteklenmiştir. Endüstriyel süreçler ve hammadde temini desteği için Seranit Granit Seramik Ar-Ge Merkezine, bazalt kesim atığı temini desteği için Emre Taş Madencilik A.Ş.'ye (Kayseri) ve Tanju ÇALIMLI'ya çok teşekkür ederiz.

## Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; E.A. Gürkan deney sürecinin planlanması, temin edilen ve hazırlanan numunelerin karakterizasyonu, makalenin düzenlenmesi, S.Kurama sonuçların takibi, deneylerin gerçekleştirilmesi, Z.Bayer Ozturk endüstriyel üretim sürecinin takibi, bilimsel yayın araştırması ve makalenin oluşturulması, Y.Karaca ve E.Ubay endüstriyel denemelerin gerçekleştirilmesi, ilgili standartlara uygunluğunun kontrolü konularında katkı sağlamışlardır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

Bayer Ozturk, Z. and Ay, N. (2010) The effect of ferrochromium fly ash as a pigment on wall tile glaze, *Adv. Sci. Tech.* 68, 213-218. Erişim adresi: <https://www.scientific.net/AST.68.213>

Bayer Ozturk, Z. and Dal, S. (2022). Characterization of industrial ceramic glazes containing chromite processing waste: Experimental factorial design effects on color parameters, *Materials Chemistry and Physics*, 282, 125928. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.125928>.

Bayer Ozturk, Z., Pekkan, K., Taşcı, E. and Yılmaz, S. (2020). The effect of granulated lead-zinc slag on aesthetic and microstructural properties of single-fired wall tile glazes, *Journal of Australian Ceramic Society*, 56, 609-617. doi: <https://doi.org/10.1007/s41779-019-00372-0>.

Eppler, R.A. ve Eppler, D.R. (2000). Glazes and Glass Coatings. *American Ceramic Society*.

Eren Gultekin, E. (2020) Investigation of Basalt Addition to Opaque Pottery Glaze, *International Journal of Engineering Research and Development*, 12, 91-97. Doi: <https://doi.org/10.29137/umagd.481501>

Kartal, A. (1998). Sır ve Sırlama Teknikleri. Çizgi Matbaacılık.

- Koçyiğit, S. and Çay, V.V. (2019) Investigation of mechanical and thermal behavior cutting waste added clay brick, *European Journal of Technique*, 9 (2), 209-2018. Doi: <https://doi.org/10.36222/ejt.643209>
- Ozel, E., Turan, S., Çoruh, S. and Ergun, O.N. (2006). Production of brown and black pigments by using flotation waste from copper slag, *Waste Manage. Res.*, 24, 125-133. Doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X06062690>
- Parmelee, C.W. ve Harman, C.G. (1973). Ceramic Glazes. 3rd ed. Cahnners Books.
- Prstic, A., Acimovic-Pavlovic, Z., Pavlovic, L., Andric, L. and Terzic, A. (2007) The application of basalt in the manufacturing of ceramic glazes, *Journal of Mining and Metallurgy*, 43 A (2007) 53 - 60. Erişim adresi: <https://www.jmma.tfbor.bg.ac.rs/Volumes/2007/06.pdf>.
- Rasteiro, M.G., Gassman, T., Santos, R. & Auntes, E. (2006). Crystalline phase characterization of glass-ceramic glazes, *Ceramic International*, 33, 345-354.
- Taş Anlı, S., Taplı, M.C., Köroğlu, A., Gülalan, F.N., Korkmaz, A., Yağcı, T., Çulha, O. (2022). Recipe development for matte glaze application on floor tiles, 13. UBAK Kongresinde sunulmuş bildiri, Ankara.
- Tanışan, B., Turan, S. (2010) Use of ferrochrome in Fe-Cr Black ceramic pigment production, *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, 23 (2), 53-65. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/320345>
- Turan, S., Inceefe, Y., and Ozel, E. (2004) Production and characterisation of pigments produced using grinding waste from cast iron foundry, *Key Eng. Mater.*, 264-268, 2473- 2476. Erişim adresi: <https://www.scientific.net/KEM.264-268.2473>.