

AKÜ FEMÜBİD 20 (2020) 035602 (498-505)

AKU J. Sci. Eng. 20 (2020) 035602 (498-505)

DOI: 10.35414/akufemubid.665232

Araştırma Makalesi / Research Article

Seramik Atıklarıyla Hazırlanan Asfalt Karışımların Soyulmaya Karşı Dayanımının Belirlenmesi

Jülide ÖNER¹

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Uşak.

e-posta: julide.oner@usak.edu.tr. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3229-152X>

Geliş Tarihi: 26.12.2019

Kabul Tarihi: 17.06.2020

Öz

Anahtar kelimeler

Endüstriyel atık; Geri dönüşüm; Granit seramik atığı; Soyulma direnci; Nicholson soyulma testi

İnsan nüfusunun hızla artması ve mevcut kaynakların tükenmesiyle birlikte, geri dönüştürülmüş malzemelerin üretimi ve kullanımı ile ilgili araştırma ve uygulama sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Atıkların yeniden kullanılması doğal hayatı ve çevreyi koruyarak ülke ekonomisine de katkıda bulunmaktadır. Asfalt kaplama endüstrisi, yol altyapılarının inşası ve korunması için bitüm ve agrega gibi yüksek miktarda doğal ve sınırlı kaynakları sürekli kullanmaktadır. Bu çalışmada, farklı yüzdelerdeki granit seramik atık kullanımının (ağırlıkça % 10,% 20,% 30,% 40 ve % 50 agrega) asfaltın soyulma direnci üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Geleneksel agrega testleri yapıldıktan sonra, farklı oranlarda granit seramik atığı ile hazırlanan asfalt karışımların soyulma mukavemetleri ASTM D 1664 standardında belirtildiği üzere Nicholson Soyulma testi ile değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre, %20 oranında granit seramik atığının geleneksel kireç taşının yerini alabileceği Nicholson Soyulma testi ile gözlemlenmiştir.

Stripping Resistance Evaluation of Asphalt Mixtures containing Ceramic Wastes

Abstract

Keywords

Industrial waste; Recycling; Granite ceramic waste; Stripping resistance; Nicholson Stripping Test

With the rapid increase in human population and the depletion of existing resources, the number of research and application related to the production and use of recycled materials increase day by day. The reuse of wastes contributes to the national economy by protecting the natural life and the environment. The road paving industry uses a high amount of natural and finite resources such as bitumen and aggregates for construction and conservation of road infrastructures. This study aims to investigate the effect of different percentage of granite ceramic waste (10%, 20%, 30%, 40%, and 50% by weight of aggregates) as virgin aggregates in the stripping resistance of hot mix asphalt. After conducting the associated tests based on traditional aggregate, stripping resistance of asphalt mixtures containing different percentages of granite ceramic waste have been evaluated by ASTM D 1664 Nicholson Stripping Test. The results of experimental study indicated that the utilization of 20% granite ceramic waste in asphalt pavement can replace the traditional limestone in some amount with respect to Nicholson Stripping Test.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Dünya genelinde nüfus yoğunluğunda hızlı bir artış yaşanmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde sanayi ve teknoloji alanlarında hammaddeye olan gereksinim ve talep artmaktadır (Rafi *et al.* 2011). Ayrıca bu hammaddelerin kullanımından ortaya çıkan atıkların doğaya bırakılmadan geri dönüşüm zincirine tekrar girebilmesi yönünde birçok çalışma ve araştırma yapılmaktadır (Muniandy *et al.* 2018).

Geri dönüşüm teknolojilerinin verimli biçimde kullanılması; ülke ekonomisine katkı sağlamak, doğal yaşamı korumak ve yaşanılabilir bir çevre yaratmak için gerekliliktir. Hammaddelerin verimli biçimde kullanılmasıyla veya üretim aşamalarında bazı atıkların yeniden geri dönüşüm döngüsüne dahil edilmesiyle ilgili araştırmalar yaygınlaşmış ve

önem kazanmaya başlamıştır (Köken vd. 2008; Gündoğan ve Özşarı 2019).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de karayolu ulaşımı en çok tercih edilen ve kullanılan bir ulaşım türüdür. Karayolu kaplamalarında en çok dizayn edilen esnek üstyapı türü bitümlü sıcak karışımlardır ve yol inşaatında maliyet açısından önemli bir paya sahiptir (Rodríguez-Fernández *et al.* 2019).

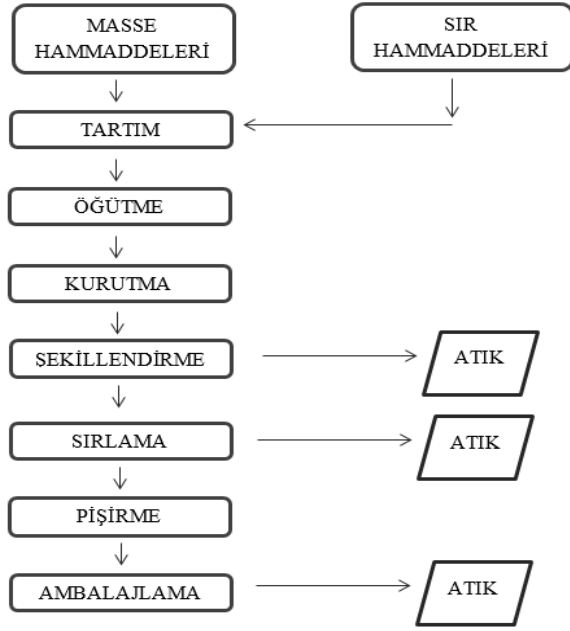
Çevre kirliliği insanların doğal kaynaklara ve yaşadıkları ortama bilinçsizce zarar vermesi sonucunda ortaya çıkan istenmeyen durumlar olarak tanımlanabilir. Dünyamız, insanların bilinçsiz üretiminden ve tüketiminden kaynaklı çok çeşitli problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunlardan bir tanesi de seramik üretimi sonucu çok ciddi boyutlara ulaşan seramik karo atıklarıdır (Kayacı 2006, Ayna 2012). Ülkemizde en çok seramik üretim payının yüksek olduğu Uşak ilinde yaklaşık olarak 11.000.000 m²/yıl seramik üretilmekte ve her yıl 5.500 ton pişmiş seramik atığı iskontoya ayrılmaktadır. Seramik endüstrisi, üretim sürecinde çevreye verebilecek zararların önceden farkında olup belli başlı önlemler alarak bu sürecin her aşamasının sürdürülebilir olması yönünde adımlar atmalıdır (Poyraz ve Yılmaz 2018, Özdağ 2015).

Seramik karolar veya diğer bir isimle fayanslar mekân döşemelerinde en çok tercih edilen malzemelerden biridir. Zamanla kullanım alanındaki artış bu ürünün üretim miktarındaki artışı da beraberinde getirmiştir (Demirkol 2010). Seramik karo üretiminde toprak ürünleri kullanılmaktadır. Seramik, dünyada kolaylıkla bulunabilen toprak ürünlerinin (kil, kaolen, feldspat gibi), sır ve boya hammaddeleriyle birleşimi sonucunda oluşan bir üründür (Okumuş 2018). Üretim şeması Şekil 1'de aşama aşama gösterilmektedir (Baltacı 2013).

Huang ve diğ., atık seramik malzemeleri asfalt karışımına ve Portlant çimentolu betona ekleyerek esnek ve rijit yol kaplamalarındaki davranışlarını araştırmışlardır. Bitümlü sıcak karışım örnekleri için yapılan performans test sonuçlarında karışıma ilave

edilen atık seramiklerin tekerlek izi oluşumuna karşı direnci arttırdığı görülmüştür (Huang et al. 2009). Kara; tamamladığı yüksek lisans çalışmasında atık fayanslarını, agrega ağırlığının %0, 10, 20, 30 ve 40'ı olacak şekilde 5 seri agrega karışımı şeklinde hazırlamış ve optimum oranda bitüm ilave ederek Marshall tasarım deneyi uygulamıştır. Sonuç olarak atık fayansın asfalt kaplamalarda agrega olarak kullanılmalarının uygun olduğunu, özellikle sıcak iklimli bölgelerde bitüm kusmalarının azaltılabileceğini belirlemiştir (Kara 2012). Silvestre ve diğ., sıcak karışım asfalt karışımlarında doğal agreganın kısmen yerini alabilecek atık porselen karoların teknik fizibilitesini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarında, %30 oranında atık porselen karo örneklerinin doğal agreganın yerini alabileceği ve bu şekilde üretilen bitümlü sıcak karışımların orta-düşük hacimli yollar için şartnamelerinde belirlenen performans gereksinimlerini karşılayabileceği vurgulanmıştır (Silvestre et al. 2013). Kara ve Karacasu; yaptıkları çalışmada atık karo seramiği ilave edilmiş asfalt karışımlarının performans özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Farklı oranlarda atık karo seramiği içeren asfalt karışımlarına statik ve dinamik sünme testleri uygulamışlardır. Deneysel çalışma sonuçları; bitümlü sıcak karışımlarda %30 oranında atık karo seramiğinin doğal agreganın yerini alabileceğini belirtmişlerdir (Kara ve Karacasu 2017).

Çalışma kapsamında; Şekil 2'de sunulan Uşak ilinde yüksek oranda atık olarak ortaya çıkartılan granit seramik atık türünün bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, seramik fabrikasında atık olarak nitelendirilen granit yer karosu karışımları %10, %20, %30, %40, %50 oranlarında asfalt karışımlarında doğal agrega yerine kullanılmıştır. Farklı oranlarda seramik atığı içeren asfalt numunelerinin soyulmaya karşı dirençleri Nicholson Soyulma deneyi ile belirlenmiştir.



Şekil 1. Seramik karo üretim şeması (Kayacı 2006).



Şekil 2. Uşak iline ait granit seramik karo atıkları.

2. Malzemeler ve Deney Yöntemleri

2.1 Malzemeler

Çalışmada kullanılan 50/70 penetrasyonlu saf bitüm Aliğa Rafinerisi'nden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bitüm örneğinin özelliklerini belirlemek amacıyla penetrasyon deneyi, yumuşama noktası deneyi, dönel ince film halinde ısıtma deneyi (RTFOT), RTFOT sonrası penetrasyon ve yumuşama noktası vb. gibi geleneksel bitüm deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Bağlayıcıların geleneksel özelliklerini tespit etmek için yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 1'de detaylı biçimde sunulmuştur.

Çizelge 1. Geleneksel bitüm deney sonuçları.

Deney	Standart	Sonuçlar	Standart Limitleri
Penetrasyon (25 °C; 0.1 mm)	ASTM D5	56	50–70
Yumuşama Noktası (°C)	ASTM D36	51	46–54
Viskozite (135 °C)-Pa.s İnce Film	ASTM D4402	0,425	–
Yaşlandırma(TFOT) (163 °C; 5 h)	ASTM D1754		
Kütle Kaybı (%)		0,04	0,5 (maks.)
TFOT sonrası Kalıcı Penetrasyon (%)	ASTM D5	27	–
TFOT sonrası Yumuşama Noktası Farkı (°C)	ASTM D36	4	7 (maks.)
Düktilite (25 °C)-cm	ASTM D113	100	–
Özgül ağırlık	ASTM D70	1,029	–
Parlama Noktası (°C)	ASTM D92	+260	230 (min.)

Çalışma kapsamında kullanılan kalker tipi doğal agregalar Uşak Oktaş Taş Ocağından alınmıştır ve seramik atığı olarak kullanılan seramikler Seranova Seramik Firmasından temin edilmiştir. Saf kalker agregasına ait geleneksel deney sonuçları Çizelge 2'de sunulmaktadır.

Çizelge 2. Kalker agregasına ait fiziksel özellikler.

Test	Şartname	Sonuç	Şartname Limitleri
Özgül Ağırlık (Kaba Agregası)			
Kuru Yüzey Doygun	ASTM C 127	2,701	–
Zahiri		2,732	–
Su Emme, %		0,423	
Özgül Ağırlık (İnce Agregası)			
Kuru Yüzey Doygun	ASTM C 128	2,692	–
Zahiri		2,739	–
Su Emme, %		0,643	
Özgül Ağırlık (Filler)			
		2,727	–
Los Angeles Aşınma (%)			
	ASTM C 131	28	Max. 30
Yassılık İndeksi (%)			
	ASTM D 4791	7,0	Max. 10
Sağlamlık (%)			
	ASTM C 88	1,45	Max. 10–20

Granit seramik atıkları Uşak Seranova Seramik Firmasından temin edilmiştir. Bu alınan artık karoların içerdiği % bileşik miktarı Çizelge 3'te detaylı biçimde sunulmaktadır. Uşak Seranova Seramik firmasından temin edilen granit seramik

atıklarını, Nicholson Soyulma testinde kullanılmak üzere 4,75-3,35 mm'lik dane boyutuna getirebilmek amacıyla çeneli kırıcılar kullanılmıştır. Çeneli kırıcılardan elde edilen granit seramik atıklarına ait fiziksel agrega deney sonuçları Çizelge 4'te sunulmaktadır.

Çizelge 3. Granit yer karosu kimyasal bileşik % miktarları.

BİLEŞİKLER	% MİKTAR
SiO ₂	62-67
Al ₂ O ₃	17-22
Fe ₂ O ₃	2,5-4,0
TiO ₂	1,0-1,5
Na ₂ O	3,5-4,5
CaO	0,5-1,0
K ₂ O	1,0-2,0
MgO	0,5-1,0
LOI	4,0-5,0

Çizelge 4. Granit seramik atıklarına ait fiziksel özellikler.

Test	Şartname	Sonuç
Özgül Ağırlık (Kaba Agrega)		
Hacim	ASTM C 127	2,247
Zahiri		2,401
Özgül Ağırlık (İnce Agrega)		
Hacim	ASTM C 128	2,387
Zahiri		2,478
Özgül Ağırlık (Filler)		
		2,617

2.2 Deney Yöntemleri

Çalışma kapsamında farklı oranlarda seramik atığı içeren asfalt numunelerinin soyulmaya karşı dirençleri Nicholson Soyulma deneyi ile belirlenmiştir. Nicholson soyulma deneyinde (ASTM D 1664); kırılmış agrega numunesinin 9,5-4,75 mm veya 4,75-3,35 mm lik elekler arasında kalan kısmından aşağı yukarı 200 gram alınır. Deney numunesi iyice yıkanıp saf su ile birkaç kere çalkaladıktan sonra 110 °C' lik etüvde kurtulur. Yıkanmış kuru agregadan 30±0,5 gr alınarak 1 saat 110 °C' lik etüvde bekletilir. Diğer taraftan 1,5±0,1 gr bitümlü malzeme (bu oran deneyde kullanılan agrega ağırlığının %5'ine denk gelmektedir), 250

cm³ beher içinde 110 °C lik etüvde ısıtılır. Bitümlü malzeme hazırlandıktan sonra derhal beherin içine dökülür ve bir cam bagele bütün mıcır tanelerin üzeri homojen bir bitüm filmi ile kaplanıncaya kadar 24 saat 60°C lik etüvde tutulur. Bu sürenin sonunda beher etüvden çıkarılıp 10 cm çapında petri kabına aktarılır ardından kaplanmış mıcırların üzeri bagele çok hafif darbelerle düzeltilir ve 10 dakika laboratuvar sıcaklığında bekletilir. Sonra petri kabı su ile doldurulur. Petri kabının üzeri cam kapak kapatıldıktan sonra tekrar 24 saat bekletilmek üzere 60°C lik etüve konur. Bu sürenin sonunda petri kabı dışarıya alınır, suyu değiştirilir, yandan gelen bir ışık altında bilhassa karışımın üst yüzü gözle incelenir. Deney sonunda soyulmamış sathın bütün satha oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir.

Granit seramik atıklarının fiziksel özellikleri belirlendikten sonra farklı yüzdelerdeki granit seramik atık kullanımının (ağırlıkça % 10,% 20,% 30,% 40 ve% 50 agrega) asfaltın soyulma direnci üzerindeki etkilerinin araştırılması aşamasına geçilmiştir.

Bu kapsamda toplam agrega gradasyonuna bağlı kalarak ve her bir elek üstü malzeme için ayrı ayrı olacak şekilde istenilen oranlarda atık; saf agregalarla harmanlanmış ve guruplara ayrılmıştır. Yıkanan ve kurutulan kalker agregası ve ağırlıkça % 10,% 20,% 30,% 40, % 50 oranlarında granit seramik atıklarıyla istenilen gradasyona uygun 30±0,5 gr'lık örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler uygun karıştırma sıcaklığında bitüm eklenerek agregaların tüm yüzeyleri bitümle kaplanmıştır. Nicholson Soyulma testi prosedürüne uygun olarak örnekler 24 saat 60°C lik etüvde bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda petri kapları dışarıya alınmış, yandan gelen bir ışık yardımıyla üst yüzü gözle incelenmiştir.

3. Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Nicholson Soyulma testi prosedürüne uygun olarak hazırlanan numunelerin on farklı kişiye sunularak soyulmaya karşı direncin yüzde cinsinden ifade edilmesi istenmiştir. Verilen cevapların ortalaması alınarak Çizelge 5'de sunulmaktadır. Ayrıca, farklı

yüzdelerde granit seramik atıklarıyla hazırlanan her bir numuneye ait soyulma görüntüleri Leica S8AP0 Stereo mikroskop yardımıyla çekilmiştir. Leica S8AP0 Stereo mikroskopa ait görseller Şekil 3'te verilmektedir.

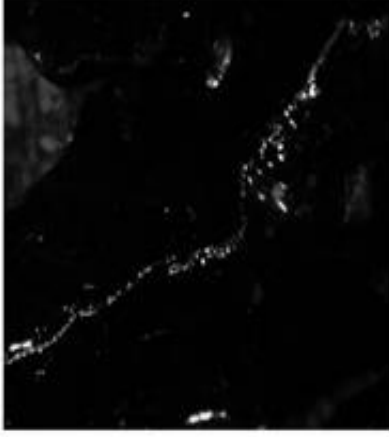
Çizelge 5. Nicholson soyulma deneyi sonuçları.

<i>Numune</i>	<i>Nicholson Soyulmaya Karşı Direnç (ASTM D 1664) (%)</i>
Kireçtaşı Agregası	95-100
Kireçtaşı+%10 Granit Seramik Atık Agregası	95-100
Kireçtaşı+%20 Granit Seramik Atık Agregası	95-100
Kireçtaşı+%30 Granit Seramik Atık Agregası	90-95
Kireçtaşı+%40 Granit Seramik Atık Agregası	85-90
Kireçtaşı+%50 Granit Seramik Atık Agregası	80-85

Farklı yüzdelerde granit seramik atıklarıyla hazırlanan numunelerin Nicholson soyulma dirençleri değerlendirildiğinde; %10 ve %20 oranlarında granit seramik agregasıyla hazırlanan asfalt karışımlarının soyulma dirençleri farklılık göstermemektedir. %10 ve %20 oranlarında atık içeren numunelerin soyulma dirençlerinin kontrol numunesine ait olan sonuçlarla aynı olduğu sonucuna varılabilmektedir. Numunelere ait soyulma dirençleri %30 ve daha fazla granit seramik atık kullanımıyla beraber düşmektedir. Bu düşüşün sebebinin, granit seramiklere üretim

aşamasında uygulanan sırlama işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek oranda kullanılan granit seramik atıkları yüksek sırlı yüzeyden dolayı asfalt karışımı içerisinde adezyon yeteneğini kaybetmektedir.

Atık malzemelerin asfalt kaplamalarda kullanımını en üst düzeye çıkarabilmek amacıyla %20 oranında granit seramik atığının geleneksel kalker agregasının yerini alabileceği Nicholson Soyulma testi ile yorumlanabilmektedir.



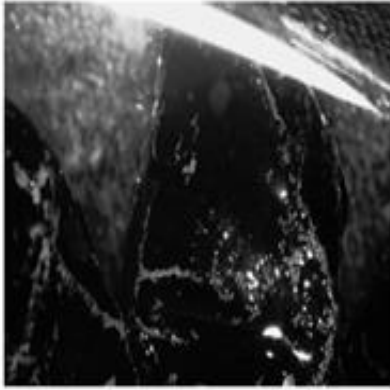
Kireçtaşı Agregası
ile hazırlanan
örnekler



Kireçtaşı Agregası+%10 Granit
Seramik Atık Agregası ile
hazırlanan örnekler



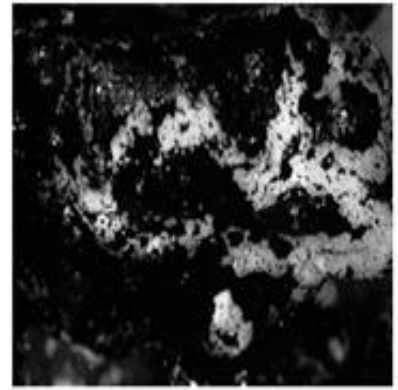
Kireçtaşı Agregası+%20 Granit
Seramik Atık Agregası ile
hazırlanan örnekler



Kireçtaşı Agregası+%30 Granit
Seramik Atık Agregası ile
hazırlanan örnekler



Kireçtaşı Agregası+%40 Granit
Seramik Atık Agregası ile
hazırlanan örnekler



Kireçtaşı Agregası+%50 Granit
Seramik Atık Agregası ile
hazırlanan örnekler

Şekil 3. Farklı yüzdelerde granit seramik atıklarıyla hazırlanan her bir numuneye ait soyulma görüntüleri.

4. Tartışma ve Sonuç

Dünyamız; insanların bilinçsiz üretiminden ve tüketiminden kaynaklı çok çeşitli problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu faaliyetlerdeki artış doğal kaynakların daha fazla kullanımına neden olurken, sürekli artan tüketim eğilimi ile oluşan atıklar çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bunlardan bir tanesi de seramik üretimi sonucu çok ciddi boyutlara ulaşan seramik karo atıklarıdır. Seramik fabrikaları, açık atık sahalarında veya büyük depolama alanlarında gereksiz yer işgal

eden, çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen seramik atıklarını maddi gelir beklemeden azaltmak istemektedir.

Çalışmanın özgün değeri, Uşak ilinde yüksek oranda var olan seramik atıklarının asfalt kaplamalarda kullanılmasını sağlayarak bir kilometre asfalt kaplama maliyetini düşürmek hem de çevresel ve görsel kirlilik oluşturan bu atık malzemelerin değerlendirilebileceklerini göstermektedir. Çalışma kapsamında seramik karo atıklarının bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılabilirliği

araştırılmış ve soyulmaya karşı mukavemetleri tespit edilmiştir.

Bu amaçla, seramik fabrikasında atık olarak nitelendirilen granit seramik karosu atığı %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında doğal agregaya yerine kullanılmıştır. Maksimum oranda atık kullanımının hem çevresel hem de ekonomik avantajları göz önüne alındığında; %20 oranında granit yer karosunun asfalt karışımlarda doğal agreganın yerini alabileceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında doğal ve atık seramiklere ait detaylı agregaya karakteristikleri ortaya çıkarılmış ve farklı oranlarda kullanılan seramik atıklarıyla hazırlanmış asfalt kaplamaları üzerinde Nicholson Soyulma testi uygulanmıştır. İleriki çalışmalara ışık tutmak amacıyla; fayda-maliyet analizinin yapılması, agregaya mukavemeti, fiziksel ve mekanik özellikleri açısından bir değerlendirilmenin yapılması ve çeşitli oranlarda atık seramiklerle üretilen asfalt karışımların mekanik mukavemetlerinin de incelenmesi önerilmektedir.

5. Kaynaklar

- Ayna, O.M., 2012. Hidrojenle Zenginleştirilmiş Yakma Sistemleri ve Seramik Sektörü Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak, 160.
- Baltacı, Y., 2013. Yer Karosu Opak Mat Sırlarında Karıştırıcı Bilyalı Değirmen (Atritör) Öğütme Parametrelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 149.
- Demirkol, İ., 2010. Zirkonyum Seramiklerinin Üretilmesi ve Mekanik Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 97.
- Gündoğan, K. ve Özşarı, A.R.B., 2019. Basınçlı İnfiltrasyon Yöntemiyle Üretilen AA2024 ve AA6061 Matrisli, B4C ve SiC Takviyeli Kompozit Malzemelerin Mikroyapı, Mekanik ve Isıl İletkenlik Özelliklerine Basıncın Etkisi. *Ulusal Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, **11**, 657-669.

- Huang, B., Dong, Q., and Burdette, E. G., 2009. Laboratory evaluation of incorporating waste ceramic materials into Portland cement and asphaltic concrete. *Construction and Building Materials*, **23**:12, 3451-3456.
- Kara, Ç., 2012. Fayans atıklarının bitümlü sıcak karışımların performans özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 153.
- Kara, Ç., ve Karacasu, M., 2017. Investigation of waste ceramic tile additive in hot mix asphalt using fuzzy logic approach. *Construction and Building Materials*, **141**, 598-607.
- Kayacı, B., 2006. Proses Ham Atığının Seramik Karo Bünyelerde Kullanımı. Yüksek Lisans, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 102.
- Köken, A., Köroğlu, M.A. ve Yonar, F., 2008. Atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği. *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi*, **7**, 86-97.
- Muniandy, R., Ismail, D.H. and Hassim, S., 2018. Performance of recycled ceramic waste as aggregates in hot mix asphalt (HMA). *Journal of Materials Cycles Waste Management*, **20**:8, 44-849.
- Okumuş, H., 2018. Seramik Tasarım ve Üretiminde Sağlık Açısından Alınması Gereken Önlemler. Sanatta Yeterlilik Tezi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul, 196.
- Özdağ, D.E., 2015. Cam ve Metal Malzemelerin Seramik Sanatında Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 96.
- Poyraz, M. ve Yılmaz, Z., 2018. Seramik Karo Sektöründe Sürdürülebilirlik. *Anadolu Üniversitesi Sanat & Tasarım Dergisi*, **6**, 256-270.
- Rafi, M.M., Qadir, A. and Siddiqui, S.H., 2011. Experimental testing of hot mix asphalt mixture made of recycled aggregates. *Waste Management & Research*, **29**, 1316-1326.
- Rodríguez-Fernández, I., Lastra-González, P., Indacochea-Vega, I. and Castro-Fresno, D., 2019. Recyclability potential of asphalt mixes containing reclaimed asphalt pavement and industrial by-

products. *Construction and Building Materials*, **195**, 148-155.

Silvestre, R., Medel, E., Garcia, A. And Navas, J., 2013. Using ceramic wastes from tile industry as a partial substitute of natural aggregates in hot mix asphalt binder courses. *Construction and Building Materials*, **45**, 115-122.