

PROCEEDING BOOK



International Eurasian Conference on
Science, Engineering and Technology
(EurasianSciEnTech 2018)

22-23 November 2018
Ankara / Turkey

EurasianSciEnTech 2018

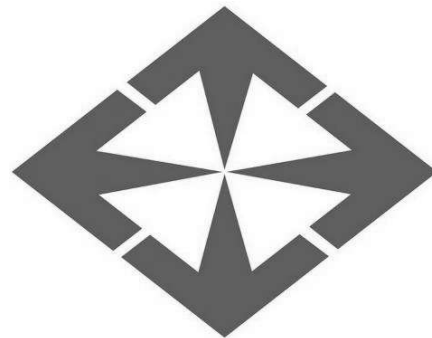
www.eurasiansciencetech.org

International Eurasian Conference on
Science, Engineering and Technology
(EurasianSciEnTech 2018)

November 22-23, 2018 / Ankara, Turkey
www.EurasianSciEnTech.org



PROCEEDING BOOK



BAŞKENT UNIVERSITY

Farklı atık plastiklerin birlikte pirolizinden elde edilen katkının bitümün kıvamı ve viskozitesine etkisi

Muhammet Mevlüt Akmaz^{1*}, Osman Nuri Çelik²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

² Konya Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: mmakmaz@selcuk.edu.tr

Özet

Bitümlü bağlayıcılar, asfalt yol kaplamalarının önemli bileşenlerindedir. Genelde karışım ağırlığının % 4–6'sını oluşturmalarına rağmen, kaplamalarının davranışlarında önemli rol oynarlar. Bu çalışmada; polipropilen (PP), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polietilen tereftalat (PET) atık plastikleri belirli bir oranda (PP/YYPE/PET=3/2/1) karıştırılmış ve plastik karışımı 300–350 °C sıcaklık aralığında piroliz edilmiştir. Pirolizden elde edilen ürünlerin (katı, sıvı ve gaz) verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen piroliz katı ürünü (çar-katı), saf 50/70 penetrasyon dereceli bitümle % 2, 4, 5 ve 6 oranlarında karıştırılarak modifiye bitümler elde edilmiştir. Katkının saf bitümlü bağlayıcıya etkisini incelemek amacıyla; saf ve modifiye bitümlere penetrasyon, yumuşama noktası ve RV (dönel viskozimetre) deneyleri uygulanmıştır. Deneyler sonucunda; saf bitüme göre, PP–YYPE–PET katkılı modifiye bitümlerin penetrasyon değerlerinin azaldığı ve yumuşama noktası değerlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca; saf bitüme göre 60–105 °C sıcaklık aralığında vizkozite değerlerinin arttığı, diğer sıcaklıklarda ise (120–165 °C) viskozitenin saf bitüme yakın olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bitüm, birlikte piroliz, plastik atıklar, modifiye bitüm

1. GİRİŞ

Çeşitli katkıların belirli oranlarda ve şartlarda bitümlü bağlayıcı içerisine veya karışım plentinde bitümlü sıcak karışım (BSK) içerisine katılmasıyla, modifikasyon işlemi yapılmaktadır. Kullanılmakta olan bitümler modifiye edilerek, gerek bağlayıcının gerekse karışımın performansı artırılmaya çalışılmaktadır.

Esnek yol kaplamasının performansını artırmak, oluşan problemlere karşı çözümler getirmek ve yol yapım–bakım–onarım maliyetlerini azaltmak amacıyla bitümlü bağlayıcının modifiye edilerek iyileştirilmesi, karayolu ağındaki her yılki artıştan dolayı giderek önem kazanmaktadır. Fakat bilinçsiz katkı maddesi kullanımı, hem beklenen özelliklerde bir düşüş hem de maliyette artış anlamına gelmektedir. Katkı maddesi, bitümlü bağlayıcının özelliğini iyileştirse bile maliyeti artırdığı zaman ekonomik ve uygulama olarak önemli bir etki oluşturmayacaktır. Bu yüzden, bitüm modifikasyonunda maliyeti olmayan atık plastiklerin kullanılması çalışmanın önemli bir noktasıdır. Böylece, atık plastiklerin farklı bir uygulama ile değerlendirilmesi sonucu çevre ve insan sağlığına ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlanmış olacaktır.

2. MATERYAL VE METOD

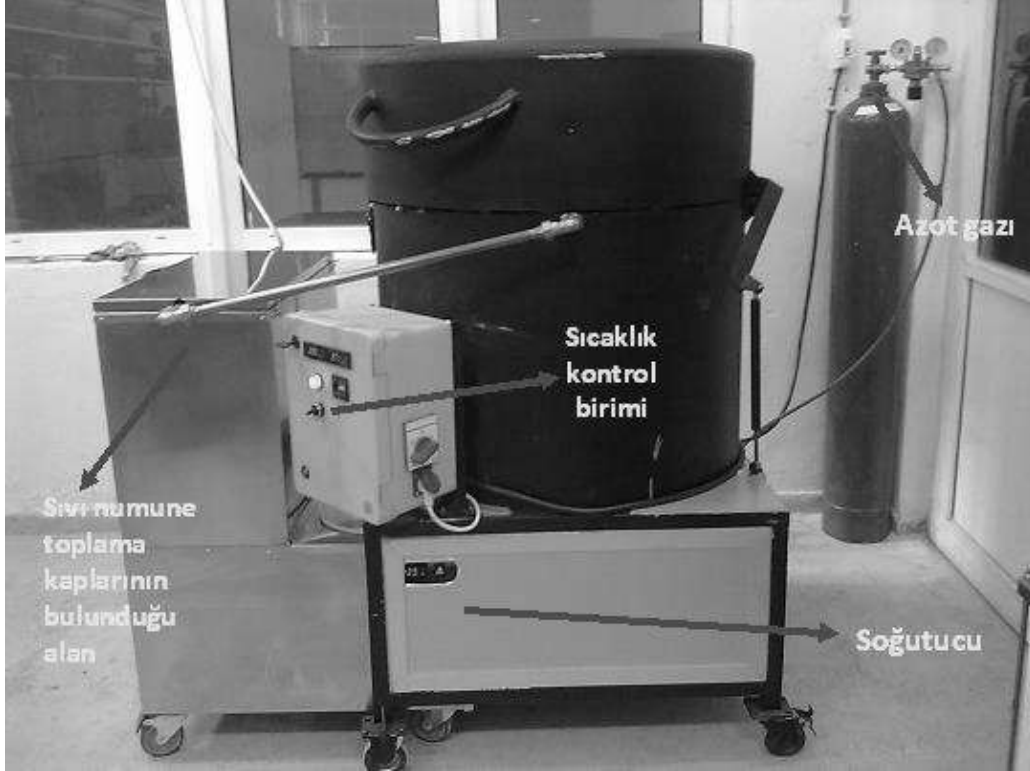
Bu çalışma kapsamında; PP, YYPE ve PET atık plastikleri birlikte piroliz edilmiştir. PP atık plastiği olarak siyah renkli meyve–sebze kasaları, YYPE atık plastiği olarak koyu renkli madeni yağ bidonları ve PET atık plastiği olarak berrak renkli PET şişeler seçilmiştir. Atıklar, Konya Sanayi Bölgesinde belirli yerlerden; saf 50/70 penetrasyon dereceli bitüm, Kırıkkale Rafinerisinden temin edilmiştir. Piroliz katı ürünü saf 50/70 penetrasyon dereceli bitümle belirli oranlarda karıştırılmış ve modifiye bitümler elde edilmiştir. Daha sonra saf ve modifiye bitümlü bağlayıcılara penetrasyon, yumuşama noktası ve RV deneyleri uygulanmış ve katkının bitümlü bağlayıcı üzerinde oluşturduğu etkiler araştırılmıştır.

2.1 Piroliz Deneyleri

Piroliz, uzun zincirli polimer moleküllerini ısı ve basınç yoluyla daha küçük, daha az karmaşık moleküllere termal olarak indirgeme sürecidir. Süreç, daha kısa süre ve oksijensiz yoğun ısı gerektirir. Piroliz sırasında üretilen üç

ana ürün, özellikle üretim ve rafineriler başta olmak üzere sanayiler için değerli olan petrol (sıvı), gaz ve çar (katı-kalıntı)'dır (A. Sharuddin ve ark., 2016).

Çalışma kapsamında belirlenen atıkların piroliz işlemi Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma laboratuvarında bulunan ve şekil 1'de gösterilen piroliz deney sisteminde yapılmıştır. Bu deney sistemi üç farklı birimden oluşmaktadır. Bu birimler reaktör (fırın), yoğunlaştırma (sıvı ürünleri toplama) ve kontrol birimidir.



Şekil 1. Piroliz deney sistemi ve birimleri

Piroliz işleminde; plastik karışım grubundaki plastiklerin birbirleri arasındaki oran, plastiklerin türlerine göre kullanım oranlarından yola çıkarak belirlenmiş ve bu oranlar tablo 1'de gösterilmiştir (Anonymous, 2016). Tablo 1 dikkate alınarak; PP/YYPE/PET için 3/2/1 oranı seçilmiştir.

Tablo 1. Plastiklerin türlerine göre kullanım oranı (Anonymous, 2016)

Plastik Türü	Kullanım Oranı (%)
PP (Polipropilen)	19,1
YYPE (Yüksek yoğunluklu polietilen)	12,1
PET (Polietilen tereftalat)	7,1

2.2. Modifikasyon İşlemleri

PP–YYPE–PET karışımının pirolizi sonucunda; reaktör tabanında elde edilen katı ürün, saf 50/70 penetrasyon dereceli bitümle karıştırılmıştır. Bitüm ağırlığının % 2, 4, 5 ve 6'sı miktarındaki katkı bitüme ilave edilerek değişik oranlarda modifiye bitümler elde edilmiştir. Modifikasyon parametreleri: 160–180 °C sıcaklık, 15 dak. 500 rpm ön karıştırma (katkı ilave süreci) ve 45 dak. 1300 rpm yüksek karıştırma (katkı ilavesi tamamlandıktan sonra hızlı karıştırma) olarak belirlenmiş ve yüksek kesmeli polimer modifiye mikseri kullanılarak, her bir katkılı modifiye bitüm için aynı işlemler uygulanmıştır.

2.3. Bitüm Deneyleri

Saf ve % 2, 4, 5 ve 6 katkılı modifiye bitümlere penetrasyon, yumuşama noktası ve RV deneyleri uygulanmıştır. Bitümlü bağlayıcının penetrasyon değeri, milimetrenin onda biri kadar mesafe olarak ifade edilir. Penetrasyon deneyinde; standart bir iğnenin, dikey olarak örneğin yüzeyine nüfuz etmesi sağlanmış ve 25 °C sıcaklık, 5 sn. süre ve 100 gr yükleme şeklinde bilinen koşullar altında deneyler uygulanmıştır (ASTM D5, 2013).

Yumuşama noktası deneyinde; iki adet, disk şeklindeki halkalar içerisinde bitümlü bağlayıcı örnekleri bir sıvı banyosunda kontrollü bir hızda ısıtılmış ve her bir örnek üzerine çelik bilye yerleştirilmiştir. Bitümün ısınmasından dolayı her bir çelik bilyenin, bitüm içine sarılması ve 2,5 cm yükseklikten düşüp deney düzeneğine değmesi ile yumuşama noktası değerleri elde edilmiştir (ASTM D36, 2014).

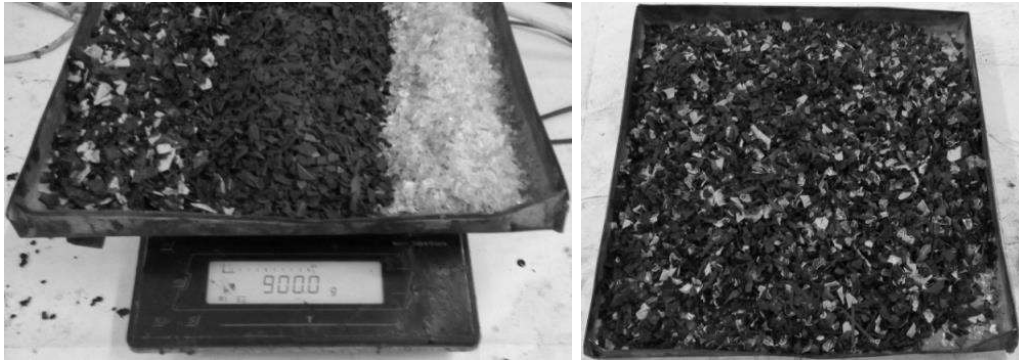
Saf ve katkılı bitümlerin viskozite değerleri, “Brookfield Viscometer” olarak tanımlanan deney cihazı kullanılarak belirlenmiştir. 27 numaralı spindle kullanılarak ve gerekli deneysel koşullar uygulanarak viskozite ölçümleri yapılmıştır. 60–165 °C sıcaklık aralığında ve her 15 °C artan sıcaklıklarda viskozite okumaları yapılmıştır (ASTM D4402, 2015).

3. SONUÇ

Plastik karışımlarının pirolizleri 300–350 °C sıcaklık aralığında yapılmıştır. Piroliz ve bitüm deneyleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

3.1. Piroliz Deneylerinin Sonuçları

Yapılan deneyde, şekil 2’de görülen 450 gr. PP, 300 gr. YYPE ve 225 gr. PET’den oluşan (3/2/1 oranı) 900 gr. plastik karışımı reaktöre kondu. Gerekli bağlantılar takılarak cihaz hazır hale getirildi. Cihazın kontrol biriminde; sıcaklık ayarlandı, ısıtma kademesi de 1’e getirildi. Isıtmanın başlatılmasıyla birlikte, 20 dakika civarında sisteme N₂ (azot) gazı akışı sağlandı. Deney tamamlandıktan ve reaktör belli bir soğukluğa geldikten sonra, bağlantılar söküldü. Reaktörden ve sıvı toplama kaplarından elde edilen katı ve sıvı ürünler tartıldı ve ürün verimleri aşağıdaki formüllerle hesaplandı.



Şekil 2. PP-YYPE-PET plastik karışımı

$$\%KATI = \frac{\text{Katı ürün miktarı (gr.)}}{\text{Toplam hammadde (gr.)}} \times 100 \longrightarrow \%KATI = \frac{450}{900} \times 100$$

$$\%SIVI = \frac{\text{Sıvı ürün miktarı (gr.)}}{\text{Toplam hammadde (gr.)}} \times 100 \longrightarrow \%SIVI = \frac{286}{900} \times 100$$

$$\%GAZ = 100 - (\% \text{ Katı ürün} + \% \text{ Sıvı ürün})$$

Yapılan hesaplamalara göre: katı ürün verimi % 50; sıvı ürün verimi % 31,78 ve gaz ürün verimi de % 18,22 olarak bulunmuştur. Deney sonunda elde edilen ürünler şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. PP-YYPE-PET plastik karışımının pirolizi sonucu elde edilen katı ve sıvı ürün

3.2. Bitüm Deneylerinin Sonuçları

Saf ve katkıli bitümlerin penetrasyon deneylerinin sonuçları tablo 2’de, yumuşama noktası deneylerinin sonuçları tablo 3’de ve RV deneylerinin sonuçları tablo 4’de verilmiştir. Tablo 2 ve 3’de görüldüğü gibi; saf bitüme göre, katkıli bitümlerin penetrasyon değerleri düşmüş ve yumuşama noktası değerleri yükselmiştir.

Tablo 2. Saf ve Katkıli Bitümlerin Penetrasyon Değerleri

Bitümlü Bağlayıcı	Penetrasyon Değeri
50/70 Saf Bitüm	56
% 2 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	51
% 4 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	49
% 5 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	48
% 6 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	45

Tablo 3. Saf ve Katkıli Bitümlerin Yumuşama Noktası Değerleri

Bitümlü Bağlayıcı	Yumuşama Noktası Değeri
50/70 Saf Bitüm	51,5 °C
% 2 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	55,0 °C
% 4 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	57,5 °C
% 5 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	61,5 °C
% 6 PP-YYPE-PET Katkıli Bitüm	62,5 °C

Tablo 4. Saf ve Katkıli Bitümlerin Viskozite Değerleri

Sıcaklık (°C)	Saf Bitüm	VİZKOZİTE DEĞERLERİ (cp = mPa.s)			
		% 2 Katkıli	% 4 Katkıli	% 5 Katkıli	% 6 Katkıli
60	262.000	373.633,3	454.833,3	587.500	675.266,7
75	41.430	53.096,7	63.070	75.560	85.150
90	9.536,7	10.446,7	11.850	13.113,3	14.210
105	2.897	2.928	2.982	3.179,7	3.197,3
120	1.084	1.064,7	1.053,3	1.086	1.060
135	474,2	473,4	467,6	475,8	469,1
150	241,2	239,6	236,7	239,2	238,8
165	130,9	131,3	128,8	133,4	130,4

Tablo 4’de verilen saf ve katkıli bitümlerin viskozite değerlerinden yola çıkarak, katkı ilavesi ile saf bitümün viskozitesindeki değişim tablo 5’de yüzde (%) olarak gösterilmiştir. Tablo 5’de görülen negatif (–) değerler viskozite azalışını ifade etmektedir.

Tablo 5. Katkı İlavesiyle Saf Bitümün Viskozitesindeki Değişim

Sıcaklık (°C)	VİZKOZİTE DEĞİŞİMİ (SAF BİTÜME GÖRE-%)			
	% 2 Katkılı	% 4 Katkılı	% 5 Katkılı	% 6 Katkılı
60	42,6	73,6	124,2	157,7
75	28,2	52,2	82,4	105,5
90	9,5	24,3	37,5	49,0
105	1,1	2,9	9,8	10,4
120	-1,8	-2,8	0,2	-2,2
135	-0,2	-1,4	0,3	-1,1
150	-0,7	-1,9	-0,9	-1,0
165	0,3	-1,6	1,9	-0,3

4. TARTIŞMA

Yapılan piroliz ve bitüm deneyleri sonucunda şu tespitlere ulaşılmıştır:

- Plastik karışımının piroliz deneyi sonucunda katı ürün verimi % 50 olarak bulunmuştur. Böylelikle; pirolizden elde edilen katkının veriminin % 50 olduğu görülmüştür.
- Tablo 2 ve Tablo 3 incelendiğinde, saf bitüme kıyasla tüm katkıli bitümlerin penetrasyon değerlerinin azaldığı ve yumuşama noktası değerlerinin arttığı görülmüştür. Katkı miktarları arttıkça penetrasyon değerleri azalmış ve yumuşama noktası değerleri de artmıştır. Yumuşama noktası ve penetrasyon deney sonuçları; katkıli bitümlerin kıvamının saf 50/70 bitüme göre daha sert olduğunu göstermektedir.
- Tablo 4 ve Tablo 5 incelendiğinde; katkıli modifiye bitümlerin viskozite değerleri, saf bitüme göre özellikle 60 ve 75 °C sıcaklıklarda oldukça iyi bir artış göstermiş ve 90 ile 105 °C sıcaklıklarda da bu artış devam etmiştir. Fakat diğer sıcaklıklarda (120–165 °C) viskozite değerleri oldukça karmaşık bir durum sergilemekle birlikte, saf ve katkıli bitümlerin vizkozite değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Viskozite artışıyla, bitümün yüksek sıcaklıklardaki performansının ve tekerlek izi direncinin artması beklenmektedir. Ayrıca Tablo 5 incelendiğinde; tüm sıcaklıklarda (60–165 °C) viskozite değişiminin en yüksek değerinin % 5 katkıli bitümde olduğu görülmektedir. Bu yüzden, katkının optimum oranı % 5 olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, 17101012 no’lu S.Ü. B.A.P. proje desteğinden yararlanılmış ve bildiri M. Mevlüt Akmaz’ın doktora tezinin bir kısmından faydalanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- A. Sharuddin SD, Abnisa F, Wan Daud WMA and Aroua MK 2016. A review on pyrolysis of plastic wastes. Energy Conversion and Management, 115: 308–326.
- Anonymous 2016. Plastics—the facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels, Belgium: PlasticsEurope–Association of Plastics Manufacturers.
- ASTM D5/D5M–13 2013. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials.
- ASTM D36/D36M–14^{E1} 2014. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and Ball Apparatus).
- ASTM D4402/D4402M–15 2015. Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer.