

DOI: [10.38027/N92020ICCAUA316395](https://doi.org/10.38027/N92020ICCAUA316395)

Investigation of the Usability of Plastic Origin Wastes Used in the Furniture Industry in Hot Asphalt Mixture

Yousif Rashad Qader and Assoc. Prof. Dr. Ufuk KIRBAŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Turkey

E mail: zanganayusuf@gmail.com , E mail: ufuk.kirbas@omu.edu.tr

Abstract

Bituminous mixes are most widely used in flexible paving construction around the world. This consists of asphalt or bitumen (used as binder) and a mixture of minerals that is blended together, coated and so compacted. Under common circumstances, standard bituminous pavements perform very satisfactorily if planned and implemented properly; however, the performance of bituminous mixtures is extremely poor in various situations. Today's asphalt concrete pavements are expected to perform higher as they face increased traffic volume, increased loads and increased daily or seasonal temperature fluctuations over past experiences. Additionally, in wet induced circumstances the efficiency of bituminous pavements is found to be terribly low. Given that much work was performed on the use of additives in bituminous mixtures as well as on bitumen alteration. In today's lifestyle, plastics are everywhere, and are rising rapidly in particular. As these are non-biodegradable, the disposal of these solid wastes poses a big problem for the community. Waste plastic has proved to be a strong bitumen additive.

This work would help to increase the longevity of the flexible paving lifetime. This study is a representation of the behavior of modified bitumen mix with waste membrane. As contrasted with traditional flexible pavements, the use of waste plastic in flexible pavements shows positive performance. This has added interest in reducing plastic waste disposal as an environmentally sustainable technique. The introduction of waste membrane in asphalt mix design has resulted in many benefits which ultimately help improve the quality of flexible pavement.

Different percentages of waste membrane are used to prepare mixtures with a specified aggregate gradation. The role of waste membrane in the mix is studied by preparing samples for Marshall stability test and Indirect tensile strength of dry conditioned and wet conditioned test with and without waste plastic membrane rate changes for the different engineering properties. To evaluate optimum bitumen content, marshall properties such as stability, flow value, unit weight, air voids are utilized. Studying the actions of changing bitumen mix with waste plastic membrane found that the modified mix possesses improved characteristics of Marshall. The Indirect Tensile (IDT) strength test is used to obtain the compacted and cured specimens dry and wet conditions. IDT_{wet} to IDT_{dry} ratio is the ratio of tensile strength used to determine the sample's resistance to moisture.

Keywords: Hot Asphalt Mixtures, Marshall Stability, Waste Plastic, Conditioning, Membrane Modified Bituminous mixture,

Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Plastik Kökenli Atıkların Sıcak Asfalt Karışımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması **ÖZET**

Bitümlü karışımlar dünya genelinde çoğu zaman esnek kaplamalı yapılarda kullanılır. Bu yapılar asfalt veya bitüm ve mineral (ikisinin birleşimi) kombinasyonu karıştırılır, katmanlar kurulur (aralarında) ve böylece sıkıştırılır. Geleneksel koşullar altında, standart bitümlü kaplamalar, uygun şekilde tasarlanır ve uygulanırsa oldukça tatmin edici performans gösterir; bununla birlikte, çeşitli durumlarda bitümlü karışımların performansı son derece zayıftır. Günümüz asfalt karışım kaplamaları; artan trafik hacmini, tahakkuk eden yükleri ve günlük veya mevsimsel sıcaklıkta artan varyasyonları yaşadıkları için, geçmiş tecrübelerle göre daha yüksek performans göstermeleri beklenmektedir. Ayrıca, bitümlü kaplamaların performansının ıslak kaynaklı durumlarda çok kötü olduğu görülmüştür. Bu dikkate alındığında, bitümlü karışımlarda ve yanı sıra bitüm modifikasyonundaki katkı maddelerinin kullanımı konusunda çok emek harcanmıştır. Plastikler günümüzde yaşam tarzının her yerinde ve git gide hızla artmaktadır. Bunlar biyolojik olarak parçalanamaz olduğundan, bu katı atıkların yönetimi ile ilgili olarak toplumda ortaya çıkan büyük bir sorun vardır. Ayrıca atık plastiğin iyi bir bitüm modifiye edici olduğu bulunmuştur.

Bu çalışma, dayanıklılığı ile esnek kaplama ömrünün artırılmasına yardımcı olacaktır. Bu tez, atık membran ile modifiye edilmiş bitüm karışımının davranışını temsil etmektedir. Esnek kaplamalarda atık plastik kullanımı, geleneksel esnek kaplamalarla karşılaştırıldığında iyi sonuç verir. Bu yöntem, plastik atıkların çevre dostu bir teknik ile imha edilmesi oranını yükseltmek için daha fazla değer katmıştır. Asfalt karışım tasarımına atık membranın eklenmesi birçok avantajla sonuçlanmış ve bu da sonuçta esnek kaplama kalitesini artırmaya yardımcı olmuştur. Seçilen derecelendirmeli agrega ile karışımların hazırlanması için çeşitli atık membran yüzdeleri kullanılır. Atık membranın karışımdaki rolü, Marshall stabilite deneyi ve atık membran oranları olmadan hasarlı ve hasarsız durumdaki dolaylı çekme dayanımı deneyi numuneleri hazırlamak gibi çeşitli mühendislik özellikleri için incelenmiştir. Marshall

özellikleri stabilite, akma değeri, birim ağırlık, hava boşlukları gibi optimum bitüm içeriğini belirlemek için kullanılır. Bitümün karışımının atık membran ile modifiye edilmesindeki davranışı çalışmasından , modifiye karışımın Marshall özelliklerini erişmiş olduğu bulunmuştur. Dolaylı çekme (IDT) dayanım deneyi, sıkıştırılmış ve kürlenmiş numunelerin hasarlı ve hasarsız koşullarını elde etmek için kullanılır. IDT hasarlı / IDT hasarsız oranı, numunenin nem duyarlılığını belirlemek için kullanılan çekme dayanımı oranıdır.

Anahtar Kelimeler: Asfalt Karışımı, Marshall Stabilitesi, Atık Plastik, Koşullandırma, Modifiyeli Bitümlü Membran karışımı.

1. GİRİŞ

Karayolu trafik hacmi dünya çapında artmaktadır ve bu talebin artmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu nedenle, yol ağının sıkıntısını erken önlemek için, esnek kaplamaların performansı iyileştirilmelidir. Son zamanlarda, asfalt karışımının mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek için, katkı maddesi olarak farklı malzemeler eklenerek birçok çalışma denenmiştir. Polimerler bu katkı maddelerinden biridir. Bitüm, sertlik ve sıcaklık duyarlılığı açısından polimerlerin eklenmesi ile geliştirilebilir. Sıcak iklimlerde sertliğin artmasıyla karışımın sürtünme direncinin arttığı gözlenmiştir ve sertlik artışı, daha iyi bir düşük sıcaklık performansı sağlayan nispeten daha yumuşak baz bitümünün kullanılmasına izin verir. Geliştirilmiş yapışma ve kohezyon özelliği, uygulanan polimer modifiye bağlayıcıların bir sonucu olarak da gözlenmiştir. Atık plastik, asfalt karışımının bir modifikatörü olarak da kullanılabilir, bu modifiye edilmiş bağlayıcı kalıcı deformasyona karşı daha dirençli hale gelir ve plastik atıkların yeniden dolaşımına katkıda bulunur, yanı sıra katı atık imha problemini nispeten çözer. Araştırmacılar, asfalt bağlayıcılara bazı atık maddelerin ve bazı polimerlerin eklenmesiyle asfalt karışımının performansını artırdığını bulmuşlardır.

Bu araştırmanın temel amaçları:

- Atık plastik karıştırıldıktan sonra sıcak asfalt karışımının değişen özelliklerini bulup çıkarmak.
- Modifiye edilmiş bağlayıcının yol yapımı için uygun olup olmadığını kontrol etmek.
- Sıcak asfalt karışımında asfalt ve atık plastiğin optimum yüzdesini belirlemek.

Asfalt karışımlarına polimerlerin eklenmesi , kaplamaların kalitesini büyük ölçüde artıracak bir yöntemdir. Asfalt karışımlarına polimer eklemenin iki ana yöntemi vardır, özellikle bitüm modifikasyonu ile (hasarlı işlem) ve asfalt karışımlarına katı polimerlerin ilave edilmesiyle (hasarsız işlem). Ancak , bitümün modifikasyonu, bu amaç için en yaygın olarak uygulanan işlem olmuştur.

Bitümün polimerler veya plastik atıklarla modifikasyonu, asfalt karışımlarında performans gelişimi ,sürtünme deformasyonuna karşı artan direnç, yüksek sıcaklıklarda daha yüksek sertlik ve sıcaklık değişimine karşı daha az duyarlılık ile sonuçlanmıştır. Bazı durumlarda, kullanılan polimerin tipine bağlı olarak daha iyi bir yorulma direnci de bulunmuştur. Bitüm modifikasyonu için plastik atıkların kullanımı ile ilgili olarak, bu polimerlerin hepsinin yüksek sıcaklıklarda bitüm modifikasyonu için çok uygun olmadığı bulunmuştur.Örneğin, PVC'nin yüksek sıcaklıklarda ısıtılması, atmosfer için tehlikeli klorür emisyonlarına neden olabilir. Bu çözümün ekonomik değerlendirmesi ,polimer modifiye edilmiş bitüm üretmek için atık plastik kullanmanın uygunluğunu değerlendirmek için de yapılmalıdır. Bu çalışma, atık plastiklerle modifiye bitümün olası avantajlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Plastiğin ortadan kaldırma sorunu ,zemin seviyesinde kullanışlı durumlar başlatılıncaya kadar çözülmeyecektir. Saha testleri strese dayanmış ve uygun işlemden sonra katkı maddesi olarak kullanılan plastik atıkların yolların ömrünü uzatacağını ve ayrıca çevre sorunlarını çözeceğini kanıtlamıştır. Plastik çok yönlü bir malzemedir. Sanayi devrimi ile büyük ölçekli üretimi nedeniyle plastik daha ucuz ve etkili bir hammadde gibi görünüyordu. Bugün ekonominin her hayati sektörü, tarımdan ambalaj, otomobil, elektronik, elektrik, bina inşaatı, iletişim sektörlerine kadar sektörler, plastik uygulamaları ile gerçek anlamda devrim yaratmıştır. Plastik, kimyasal olarak parçalanması yıllar alan bir malzemedir ve araştırmacılar, malzemenin bozulmadan 4500 yıl boyunca yeryüzünde kalabileceğini bulmuşlardır. Birçok çalışma, plastik atıkların yanlış imha edilmesinden kaynaklanan sağlık tehlikesini kanıtlamıştır. Sağlık tehlikesi insan ve hayvanlarda üreme problemlerini, genital anormallikleri vb. İçerir. Şimdiki yaşam tarzı senaryosuna bakıldığında plastik kullanımına tam bir yasak getirilemez, ancak yakın ve gelecek zamanda plastik atıkları devasa büyüklükteki zararlı yüzünü gösterecektir. Bundan dolayı plastik kullanımını yasaklayamayız ancak plastik atıkları yeniden kullanabiliriz.

Çizelge 1.1. Plastik Atıklar ve Kaynakları (Gawande et. al., 2012)

Plastik atık	Kullanıldığı ürünler
Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	Taşıma çantaları, şişe kapakları, ev eşyaları vb.
Düşük Yoğunluklu Polietilen (DYPE)	Taşıma çantaları, çuvallar, süt torbaları, kutu astarı, kozmetik ve deterjan şişeleri vb.

Polipropilen (PP)	Şişe kapakları ve kapakları, deterjan, bisküvi, gofret paketleri, hazır yemek için mikrodalga tepsiler vb.
Poliyeten Tereftalat (PET)	İçme suyu şişeleri vb.
Polistiren (PS)	Yoğurt kapları, açık yumurta paketleri, Şişe kapakları. Köpüklü Polistiren: gıda tepsileri, yumurta kutuları, tek kullanımlık bardaklar, koruyucu ambalajlar, vb.
Poli Vinil Klorür (PVC)	Maden suyu şişeleri, kredi kartları, oyuncaklar, borular ve oluklar; elektrikli bağlantı parçaları, mobilya, klasörler ve kalemler, tıbbi tek kullanımlık malzemeler, vb.

2. LİTERATÜR

Bindu ve ark. taş mastik asfalt (TMA) karışımının rendelenmiş atık plastik ile esnek kaplamada stabilize edilmesinin yararlarını araştırır. Normal (Sıradan ,plastiksiz) ve stabilize edilmiş TMA karışımları; Marshall Stabilitesi testini, gerilme mukavemeti ve basınç mukavemeti testlerini içeren performans testlerine tabi tutulmuştur.

Üç eksenli testler ayrıca mineral agreganın ağırlıkça bitümün değişen yüzdeliğine (% 6 ila% 8) ve karışımın ağırlıkça plastiğin değişen yüzdeliğine (% 1'lik bir artışla% 6 ila% 12) göre de yapıldı. Taş Mastik Asfalt karışımlarının performansının iyileştirilmesi için ağırlığının % 10 nu kadar bitüm plastik içermesi önerilir. Normal TMA karışımına kıyasla % 10 plastik içeriklisi, kararlılıkta, gerilme mukavemeti ve basınç mukavemeti dayanımında sırasıyla % 64, % 18 ve % 75'lik bir artış sağlar. Üç eksenli test sonuçları, kesme kuvvetinde artış olduğunda kohezyonda % 44'lük bir artış ve kesme direnci açısından % 3'lük bir azalma gösterir. Plastik içeriğindeki artışla akma değeri azalır ve sadece %10 luk plastik içeriğinde değer %0.09 olur ve böylelikle plastiğin TMA karışımlarında etkili bir stabilize edici katkı maddesi olduğu kanıtlanmıştır. Taş Mastik Asfalt, yüksek oranda kaba agrega ve dolgu maddesi içeren aralıklı bitümlü bir karışımdır. Döşendiğinde düşük hava boşluklarına ile yüksek seviyede makro dokuya sahiptir, bu da iyi yüzey drenajı olan su geçirmez bir tabakaya neden olur. Bağlayıcının karışımdan aşağı akmasını önlemek için bağlayıcı içeriği bakımından zengin olan mastikte stabilize edici katkı maddelerine ihtiyaç vardır. Polimerler ve fiberler TMA'da yaygın olarak kullanılan stabilize edici katkı maddeleridir. Birçok araştırma raporuna ve mühendislik durum çalışmalarına dayanarak, yol yüzeylerinde taş mastik asfalt (TMA) kullanımının daha iyi sürtünme direnci ve dayanıklılık sağlayabileceği gösterilmiştir. Asfalt kaplamadaki agregaların %15inin yerini alan 0.30 ile 0.92 mm arasında bir boyuttaki geri dönüştürülmüş DYPE, Marshall katsayısını neredeyse iki katına çıkardı ve daha iyi sürtünme ve su direnci anlamına gelen % 15 oranında tutulan stabiliteyi arttırdı. Bu durumda bağlayıcı içeriğinde % 20'lik bir artış olması beklenir. (Gawande et. al., 2012).

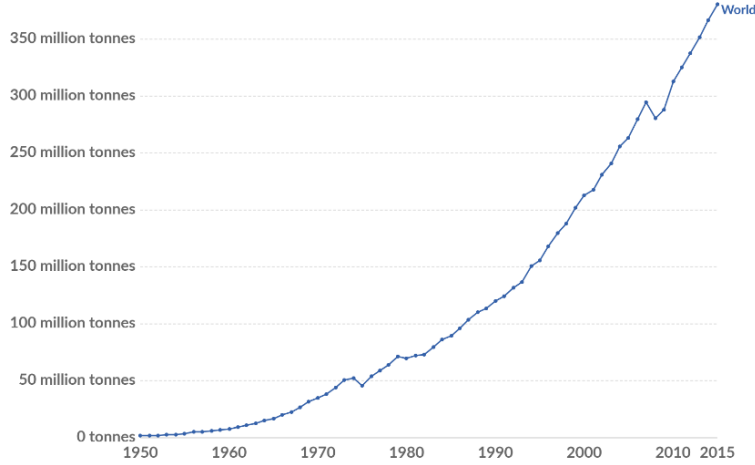
Bangalore Süreci (2002), plastik yollarla ilgili sunulan çalışmadır. Bangalore'de 25 km'lik plastik bir yol döşendi. Plastik yol, aynı zamanda döşenen plastik içermeyen bir yola kıyasla üstün pürüzsüzlük, homojenlik ve daha az sürtünme gösterdi, bu da kısa bir süre sonra "timsah çatlakları" iyileşmesini geliştirmeye başladı. Süreç 2003 yılında Delhi Yol Araştırma Enstitüsü Merkezi tarafından da onaylandı. Bitümlü karışımın yapışkanlığı ve viskozitesi geliştikçe taşları daha sıkı bir şekilde birbirine bağlar ve karışımın yağmura karşı suya dayanıklılığını geliştirir , böylece yol ömrü iyileşir. Justo ve ark. (2002), Bangalore Üniversitesi Ulaştırma Mühendisliği Merkezinde, işlenmiş plastik torbaların bitümlü beton karışımlarında bir katkı maddesi olarak kullanılması konusunda çalışmalar yaptılar. Modifiye bitümün özellikleri, sıradan bitüm ile karşılaştırıldı. Modifiye bitümün penetrasyon ve süneklik değerlerinin, eklenen plastik katkı maddesinin oranındaki artış ile ağırlıkça % 12'ye kadar azaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle, modifiye bitüm kullanan kaplama parkurunun yüzey ömrünün, sıradan bitüm kullanımına kıyasla önemli ölçüde artması beklenmektedir.

Mohammad ve ark.(2007), asfalt karışım özelliklerini geliştirmenin olası ihtimallerini araştırmak için, bir tür polimer olan polietileni kullandılar. Araştırmalar ayrıca kullanılacak en iyi polietilen tipinin ve oranının belirlenmesini de içerdi. Agregaya Yüksek Yoğunluklu Polietileni (YYPE) ve Düşük Yoğunluklu Polietileni (DYPE) olmak üzere kaplamak için iki tip polietilen ilave edildi. Sonuçlar öğütülmüş YYPE polietilen modifikasyonunun daha iyi mühendislik özellikleri

sağladığını gösterdi. Modifikasyonun önerilen oranı, bitüm içeriğinin ağırlığına göre% 12'dir. Eklentinin stabiliteyi arttırdığı, yoğunluğu azalttığı ve hava boşlukları ile mineral agrega boşluklarını kısmen arttırdığı bulunmuştur.

2.1 Global plastik üretimi

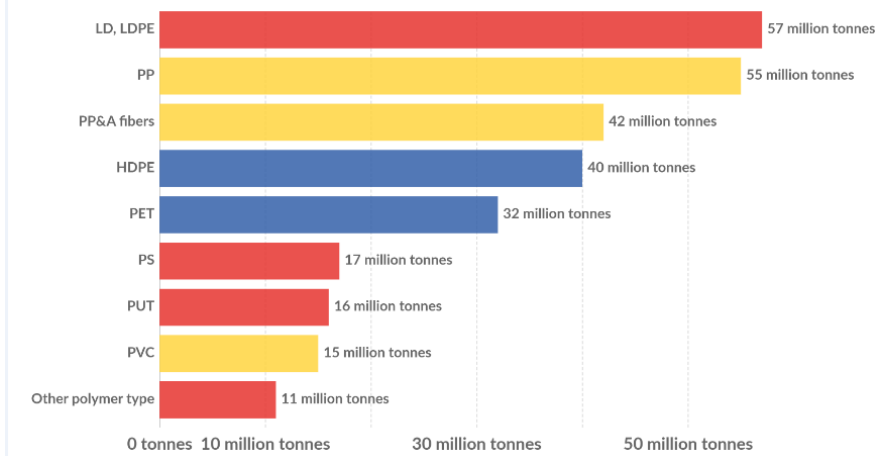
Şu anda sahip olduğumuz küresel plastik üretiminin resmi verileri 1950-2015 tarihleri arasındadır. Şekil 2.1'den tüm dünyadan plastik üretiminin yıllık olarak arttığını görebiliyoruz, örneğin 2015 yılında 350 milyon tondan fazla üretildi.



Şekil 2.1. Yıllık küresel polimer reçine ve elyaf üretimi (plastik üretimi), yılda metrik ton cinsinden ölçülür (Geyer et al., 2017)

Polimerle birincil plastik atık üretimi, 2015

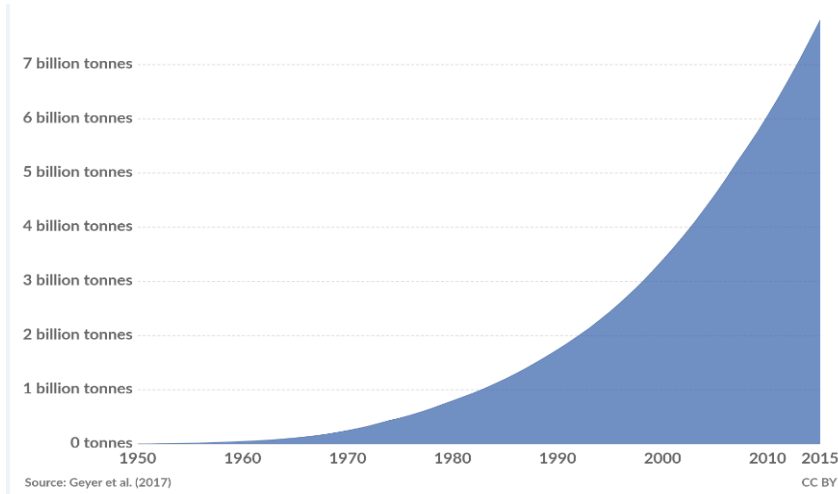
Yılda ton olarak ölçülen polimer tipine göre küresel birincil plastik atık üretimi. Polimer türleri aşağıdaki gibidir: DYPE (Düşük yoğunluklu polietilen); YYPE (Yüksek yoğunluklu polietilen); PP (Polipropilen); PS (Polistiren); PVC (Polivinil klorür); PET (Polietilen tereftalat); PUT (Poliüretanlar); ve PP&A elyafları (Poliftalamid elyafları). Polimerler, mavinin yaygın olarak geri dönüştürüldüğü ; sarı, yerel bağlama bağlı olarak bazen geri dönüştürülür; ve kırmızı genellikle geri dönüştürülemez gibi geri dönüştürülebilirliğe göre renklendirilmiştir.



Şekil 2.2. Polimer tipine göre küresel plastik atık üretimi (Geyer et al., 2017)

Kümülatif üretim

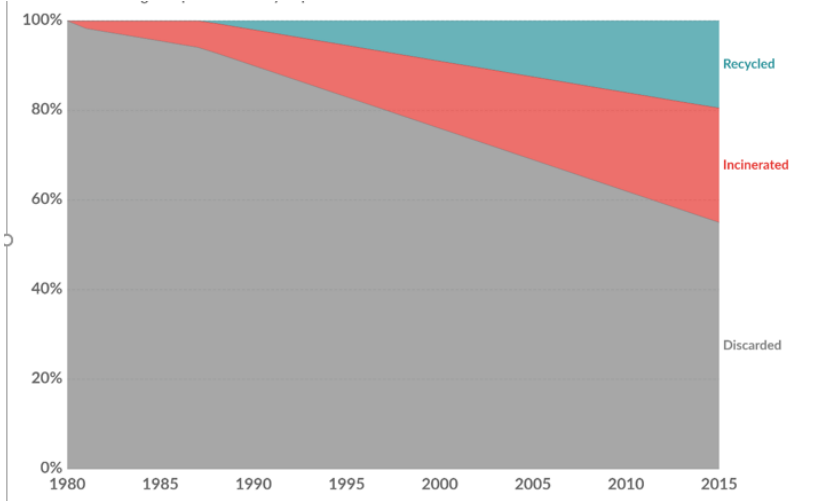
Dünya kümülatif olarak ne kadar plastik üretti? Aşağıdaki Şekil, 2015 yılına kadar dünyanın 7,8 milyar ton plastik ürettiğini gösteriyor - buda bugün yaşayan her insan için bir tondan fazla plastik demektir.



Şekil 2.3. Ton olarak ölçülen kümülatif küresel plastik üretimi (Geyer et al., 2017)

Plastik imha yöntemleri

Küresel plastik atık imha yöntemi zaman içinde nasıl değişti? Aşağıdaki grafikte 1980'den 2015'e kadar atılan, geri dönüştürülen veya yakılan küresel plastik atıkların oranlarını görüyoruz.



Şekil 2.5. Bertaraf yöntemiyle küresel plastik atıkların tahmini payı (Geyer et al., 2017)

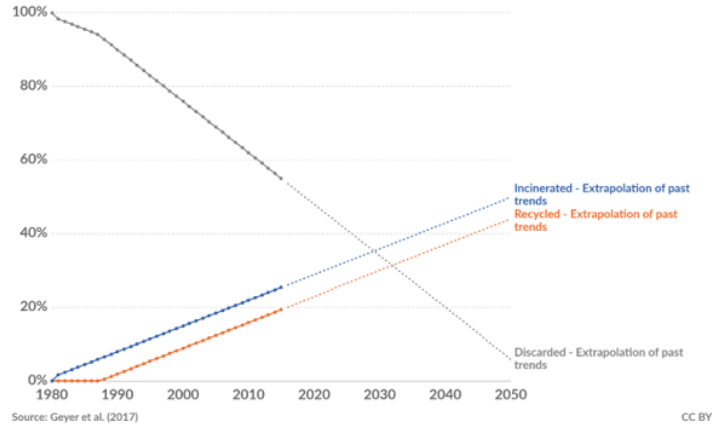
1980'den önce, plastiğin geri dönüşümü ve yakılması önemsizdi; Bu nedenle yüzde 100 atıldı. Yakma için 1980'den ve geri dönüşüm için 1990'dan itibaren oranlar yılda ortalama yüzde 0.7 arttı.

2015 yılında, küresel plastik atıkların yaklaşık yüzde 55'i atıldı, yüzde 25'i yakıldı ve yüzde 20'si geri dönüştürüldü.

Tarihsel eğilimleri 2050 yılına kadar tahmin edersek -Aşağıdaki Çizelgede görülebileceği gibi -2050 yılına kadar, yakma oranları yüzde 50'ye çıkacaktır; yüzde 44'e kadar geri dönüşüm; ve atılan atıklar yüzde 6'ya düşecektir. Bununla birlikte, bunun tarihsel eğilimlerin basit bir şekilde tahmin edilmesine dayandığını ve somut projeksiyonları temsil etmediğini unutmayın (Geyer et al., 2017).

Plastiğin ömür değişimi 2050'ye kadar değişime uğrayacak

Küresel plastik imha yönteminde (1980'den 2015'e kadar) tahmini tarihi eğilimler, 2050'ye kadar olan geçmiş değişim oranlarının tahmin edilmesi ile hesaplanmıştır. Bu, sürekli değişim oranlarına dayanan gelecekteki senaryoların bazılarını verir, ancak doğrudan geleceğe yönelik tahminler olarak yorumlanmamalıdır (zaman içinde tutarlı bir değişiklik kabul edemez).



Şekil 2.6. Plastik kaderde 2050'ye kadar ekstrapole değişimi (Geyer et al., 2017)

3. SONUÇ

Bu makalenin temel amacı, atık membran stabiliteyi sağlamak için sıcak asfalt karışımında, kaplamanın maliyet azaltma mukavemetindeki artış ve dayanıklılık artışlarının önemini tartışmaktır. Karışımında, daha yüksek Marshall Stabilite değeri gösterdiğinden esnek kaplama yapımı için daha iyi malzeme oluşturur. Bu nedenle esnek kaplama için atık membran ve plastiklerin kullanılması tavsiye edilir.

Modifiye edilmiş karışımın aşağıda belirtildiği gibi geliştirilmiş Marshall Karakteristiklerine sahip olduğu bulunmuştur. Marshall akış değerinin atık membran ilavesi üzerine azaldığını, yani ağır tekerlek yükleri altında deformasyonlara karşı direncin arttığını gözlemliyoruz. Modifiye bitüm karışımı, kaplama konstrüksiyonları için geliştirilmiş özellikler gösterir. Bu, aksi takdirde ortamın hijyeni için bir tehdit olarak kabul edilen plastik atık miktarını da azaltabilir. Plastik kaplama ayrıca karışımında bulunan boşluklarını da azaltır. Bu, hapsolmuş havanın bitümün nem emilimini ve oksitlenmesini önler. Yol yoğun trafiğe dayanabilir ve daha iyi hizmet ömrü gösterebilir. Bu çalışma, yakma ve arazi doldurma yoluyla atılacak plastik atık hacmini azaltacağından çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacaktır. Sadece plastik atıklara değer katmakla kalmayacak, aynı zamanda çevre dostu bir teknoloji geliştirecektir.

Atık membranı kullanmak, atık plastik olarak, çevredeki plastik atık malzemelerinin azalmasına katkıda bulunur. Bu çözümlerin yanı sıra, kullanılıp atılan plastik parçaların veya bir ömür boyu atılması gereken parçaların geri dönüştürülmesi aşağıdaki gibi çeşitli avantajlar sağlayabilir:

- Üretim sırasında sınırlı fosil kaynakların korunması,
- Enerji tüketiminin azaltılması,
- Atılan katı maddelerin azaltılması ve Karbondioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılması.

Yukarıda tartışılan hususlar göz önüne alındığında, plastik atık malzemelerin geri dönüşümü, çevreye atılan plastik malzemelerde önemli bir düşüşe katkıda bulunmanın yanı sıra, dünyadaki plastik üretim ve üretiminin ana kaynağını oluşturan doğal fosil kaynaklarının korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, atık plastiklerin kullanılması, modifiye olarak harcamaları azaltmanın ve yol kaplama projelerinin toplam maliyetini düşürmenin birkaç yolundan biridir.

KAYNAKLAR

- Speight, J. G. (2015). *Asphalt materials science and technology*. Butterworth Heinemann.
- Fuentes-Auden, C., Sandoval, J. A., Jerez, A., Navarro, F. J., Martínez-Boza, F. J., Partal, P., & Gallegos, C. (2008). Evaluation of thermal and mechanical properties of recycled polyethylene modified bitumen. *Polymer Testing*, 27(8), 1005-1012.
- Ahmadinia, E., Zargar, M., Karim, M. R., Abdelaziz, M., & Ahmadinia, E. (2012). Performance evaluation of utilization of waste Polyethylene Terephthalate (PET) in stone mastic asphalt. *Construction and Building Materials*, 36, 984-989.
- Costa, L., Peralta, J., Oliveira, J., & Silva, H. (2017). A new life for cross-linked plastic waste as aggregates and binder modifier for asphalt mixtures. *Applied Sciences*, 7(6), 603.
- Justo C.E.G., Veeragavan A "Utilization of Waste Plastic Bags in Bituminous Mix for Improved Performance of Roads", Centre for Transportation Engineering, Bangalore University, Bangalore, India, 2002.
- T. Awwad Mohammad and Sheeb Lina The Use of Polyethylene in Hot Asphalt Mixtures, *American Journal of Applied Sciences* 4 (6) pp-390-396, 2007
- Yadav, A. (2016). Use of Waste Plastic in Flexible Pavement Construction-A Case Study. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-2, Issue-9, ISSN, 2454-1362*.
- Naskar M., Chaki T.K. Chaki, Reddy S. K. (2010). *Thermochimica Acta*, Volume 509, Issues 1–2, 20 September, Pages 128-134.

- Johnston, A., Da Silva, M., Soleymani, H., Yeung, C., 2006. An early evaluation of the initial Canadian experience with warm asphalt mix. In: Proceedings. Annual General Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, May.
- Austerman, A., Mogawer, W., Bonaquist, R., 2009. Evaluating the effects of warm mix asphalt technology additive dosages on the workability and durability of asphalt mixtures containing recycled asphalt pavement Proceedings. 88th Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Bennert, T., Reinke, G., Mogawer, W., Mooney, K., 2010. Assessment of workability/compactability of warm mix asphalt Proceedings. 89th Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Abbas, A.R., Ali, A., 2011. Mechanical properties of warm mix asphalt prepared using foamed asphalt binders Report No. FHWA/OH-2011/6. University of Akron/Ohio Department of Transportation, Akron, OH/Columbus, OH.
- MASHAAN, N. S., Rezagholilou, A., & Nikraz, H. (2019). A Review on Using Waste Polymer as Additive in Asphalt Mixture. *International Journal of Advances in Science, Engineering and Technology (IJASEAT)*, 7(2).
- Rahman, M. N., Ahmeduzzaman, M., Sobhan, M. A., & Ahmed, T. U. (2013). Performance evaluation of waste polyethylene and PVC on hot asphalt mixtures. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 1(5), 97-102.
- Gawande, A., Zamare, G., Renge, V. C., Tayde, S., & Bharsakale, G. (2012). An overview on waste plastic utilization in asphaltting of roads. *Journal of Engineering Research and Studies*, 3(2), 01-05.
- Yadav, R. S., Batra R. K. (2016). An innovative technique for road construction by waste plastic. Volume-3. International journal of current engineering and scientific research.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7), e1700782.