

# BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN SUYA KARŞI DUYARLILIĞIN TEKERLEK İZİ METODU İLE İNCELENMESİ

Burak KORZAY<sup>1</sup> Fatma Hilal NACAR<sup>2</sup>, Mustafa UÇUM<sup>3</sup>, İ.Ömer ÇAĞLAYAN<sup>4</sup>

## ÖZET

Bitümlü sıcak karışımların suya karşı duyarlılığı, performansı etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu için uzun yıllardır araştırma konusu olmuştur. Çalışmada farklı test metotları kullanılarak karışımın suya karşı duyarlılık incelenmiştir. Performans testleri farklı koşullandırma ortamlarında yapılarak sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Laboratuvar ortamında hazırlanan karışımlar soyulma önleyici katkı ve katkısız olmak üzere iki set halinde oluşturulmuştur. Katkı ve katkısız numuneler; soyulma mukavemeti, suya duyarlılığın tayini ve farklı sıcaklıklarda koşullandırma suretiyle tekerlek izi testlerine tabi tutulmuştur. Test sonuçları değerlendirildiğinde, havada koşullandırılan katkı ve katkısız karışımların kalıcı deformasyon performansı farkı daha azken, suda yapılan testlerde soyulma önleyici katkının performansa etkisinin çok daha fazla olduğu belirlenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Esnek yol üstyapıları ülkemizde en çok kullanılan üstyapı tipidir. Yol üst yapısında zaman içerisinde trafik ve çevre koşulları sebebiyle tekerlek izi oluşumu, yorulma ve düşük sıcaklık çatlakları ve suya karşı duyarlılık gibi bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozulmaların başlıcaları ağır trafik yükleri, yetersiz sıkışma, ağır iklim şartları, tabakalarının yetersiz kalınlığı veya drenaj eksikliği gibi sebeplerden meydana gelmektedir. İklim şartlarına bağlı olarak kaplama bünyesinde kalan nem kaynaklı deformasyonlar, bağlayıcı-agrega arasındaki bağın zayıflamasıyla birlikte adhezyon kaybına ve bağlayıcının özelliklerinin negatif yönde değişmesiyle kohezyon kaybına neden olmaktadır [1].

- 
- 1..Makine Mühendisi, İsfalt A.Ş. İstanbul
  2. Kimya Yüksek Mühendisi, İsfalt A.Ş. İstanbul
  3. Maden Mühendisi, İsfalt A.Ş. İstanbul
  4. Jeoloji Mühendisi, İsfalt A.Ş. İstanbul

Sıcak karışımlarda nemden dolayı bitümün agregaya yüzeyine yapışma kabiliyetindeki azalma konusu yirminci yüzyılın başlarında incelenmeye başlanmıştır. Karışımların neme karşı duyarlılıklarının tespiti için birçok test ve koşullandırma yöntemi geliştirilmiştir. Araştırmacıların yıllar içinde yaptığı çalışmalarla nem hasarı probleminin tek bir yöntemle tespit edilmesinin zor olduğu sonucuna varılmıştır [2,3].

Geliştirilen test yöntemleri genel olarak; kaynama testi, statik ve dönen şişe metoduyla soyulma mukavemeti gibi gevşek numuneler üzerine yapılan nitel yöntemler ve dolaylı çekme mukavemeti, tekerlek izi, elastisite modülü, basınç dayanımı, donma çözülme gibi sıkıştırılmış numuneler üzerine yapılan nicel yöntemler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Gevşek numuneler üzerine yapılan test yöntemleri daha basit ve hızlı olması gibi avantajlara sahipken, göreceli değerlendirmeye dayanması ve tam olarak trafik yüklerini ve karışımın özelliklerini kapsamaması en büyük dezavantajlarıdır [4].

Sıkıştırılmış numuneler üzerine yapılan test yöntemlerinin, karışımın uygulama sonrası sahada maruz kaldığı koşulları daha iyi temsil etmesi yönü araştırmacılar için çoğu zaman tercih sebebi olmuştur. Subjektif değerlendirmeleri minimize eden bu yöntemlerin dezavantajı, daha maliyetli ve kompleks olmalarının yanı sıra, daha uzun süren test prosedürlerine sahip olmalarıdır [2,5].

Bu çalışmada soyulma önleyici katkı kullanılan ve kullanılmayan olmak üzere iki grup sıcak karışım numuneleri hazırlanmıştır. Nem hasarını azaltmak için kullanılan soyulma önleyici katkılar, bitümün yüzey gerilimini düşürerek, agregaya ve bitüm arasındaki fiziko-kimyasal bağın iyileştirilmesini sağlayan en yaygın yöntemlerden biridir. Çok sayıda çalışma soyulma önleyici katkılarının, karışımın suya karşı duyarlılığını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir [6].

Laboratuvarda hazırlanan karışımlar üzerinde Statik Soyulma Mukavemeti (EN 12697-11) Testi, sıkıştırılmış numuneler üzerinde de Hamburg Tekerlek İzi Deneyi (EN 12697-22) ve Suya Duyarlılığın Tayini (AASHTO T 283) gerçekleştirilmiştir.

Tekerlek izi testi ile suya duyarlılığın tespiti için henüz standardize edilmiş bir deney yöntemi olmamasına rağmen tekrarlanabilirliği yüksek ve tutarlı sonuçlar ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir [7]. Suya duyarlılığın tespiti için kullanılan, saha performansı ile laboratuvar performansı korelasyonu daha düşük olan standart test metodlarında olduğu gibi tekerlek izi testi de numunelerin suda koşullandırma suretiyle yapılabilmektedir [8]. Çalışmada tekerlek izi testi suda ve havada olmak üzere iki farklı sıcaklıkta çalışılarak hem yüksek sıcaklığın etkisi hem de suyun varlığının etkisi incelenmek istenmiştir.

## **2. MALZEME VE METOT**

### **2.1 Malzemeler**

Çalışmada kullanılan dizaynda İstanbul Ömerli bölgesinde bulunan Koç Taş Ocağından temin edilen kalker agregaya ve 50/70 penetrasyon bitüm kullanılmıştır. Agregaya ve bitüme ait karakteristik özellikleri Tablo.1 ve Tablo.2 verilmiştir.

Tablo 1. Agregada Fiziksel Özellikler

Özellikler	Deney Metodu	Sonuç
Los Angeles Aşınma Kaybı, %	TS EN 1097-2	16
Yassılık İndeksi, %	TS EN 933-3	16
Kaba agregada zahiri özgül ağırlık (Mg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1097-6	2,75
Kaba agregada hacim özgül ağırlık (Mg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1097-6	2,72
Kaba agregada su emme yüzdesi	TS EN 1097-6	0,5
İnce agregada zahiri özgül ağırlık (Mg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1097-6	2,77
İnce agregada hacim özgül ağırlık (Mg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1097-6	2,7
İnce agregada su emme yüzdesi, %	TS EN 1097-6	0,9
Filler zahiri özgül ağırlık (Mg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1097-7	2,72
Metilen Mavisi	TS EN 933-9 A1	1,3

Tablo 2. Bitüm Özellikleri

Özellikler	Deney Metodu	Sonuç
Penetrasyon, 0,01mm	TS EN 1097-2	66
Yumuşama Noktası, C	TS EN 1427	50,7
Parlama Noktası	TS EN ISO 2592	332
Özgül ağırlık (d <sub>25/25</sub> )	TS EN 15326+A1	1,018
Yoğunluk, Kg/ m <sup>3</sup>	TS EN 15326+A1	1015
Çözünürlük, %	TS EN 12592	100

## 2.2 Karışım Dizaynı

Marshall dizayn metoduna uygun olarak, (12mm – 19mm), (5mm – 12mm) ve (0mm–5mm) dane boyutu agregalar, B50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılarak 2x75 darbeyle 135-140°C’de sıkıştırılan numuneler üzerinde yapılan Aşınma Tabakası Tip 1 dizaynı sonucunda, optimum bitüm; kuru agregaya göre ağırlıkça %4,6±0,2 olarak bulunmuştur. Katkılı karışımlarda soyulma önleyici katkı (DOP) bitümün %0,3 oranında ilave edilmiştir. Tablo.3’te optimum bitüm değerinde dizayn kriterleri verilmiştir.

Tablo 3. Dizayn Kriterleri

Özellikler	Deney Metodu	Sonuç
Marshall Stabilite, kg	TS EN 12697-34	1300
Akma, mm	TS EN 12697-34	3,1
Boşluk, %	TS EN 12697-34	4
Asfaltla dolu boşluk, %	TS EN 12697-34	70
Agregalar arası boşluk (VMA), %	TS EN 12697-34	14

### 2.3 Statik metot ile soyulma mukavemeti

Agrega ve bitüm arasındaki adezyonun, soyulmaya olan etkisini belirlemek için yapılan metottur. Isıtılmış karıştırma kabının içerisine agrega konulduktan sonra agreganın ağırlıkça %5'ine eşit miktarda ısıtılmış bitüm numunesi agrega üzerine dökülerek karıştırma kabında agregalar bitüm ile tamamen kaplanması sağlanır. Kaplanan karışım numunesi petri kabında birbirinden tamamen ayrı olacak şekilde yerleştirilir. Soğuması beklendikten sonra petri kaplarının üzerinde en az 3 cm olacak kadar saf su eklenir ve 24 saat bekletilmek üzere 60 °C'lik etüvde bekletilir. Bu sürenin sonunda da etüvden çıkarılan petri kabının suyu değiştirilir ve yandan gelen ışık altında gözle incelenir.

50/70 penetrasyonlu bitüm ile soyulma önleyici katkı (DOP) bitümün, agrega ile bağını nem etkisini belirleyen soyulma mukavemeti test sonucu Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Soyulma Mukavemeti Test Sonuçları

Numune	Deney Metodu	Sonuç
50/70 Bitüm + Agrega	TS EN 12697-11	70
50/70 Bitüm + Agrega + DOP	TS EN 12697-11	80

### 2.4 Suya duyarlılığın tayini (Dolaylı çekme mukavemeti oranı)

Karışımın suya karşı duyarlılığı, kaplamadaki nemin varlığının koşullandırılmış ve koşullandırılmamış numunelerin dolaylı çekme mukavemetlerinin oranlanması esasına göre belirlenmektedir. Briket haline getirilmiş numuneler suda koşullandırılmış ve koşullandırılmamış olmak üzere ıslak/kuru şeklinde iki gruba ayrılır. Kuru numuneler 25±2°C sıcaklıkta 2 saat koşullandırılırken, ıslak numuneler hava boşlukları %60-80 su ile dolacak şekilde vakum işlemine tabi tutulduktan sonra streç film ile sarılarak -18°C sıcaklıkta 16 saat bekletilir ve süre sonunda 60°C sıcaklıktaki 24 saat su banyosunda bekletildikten sonra çıkarılan numuneler 25°C sıcaklıktaki 2 saat banyosunda bekletilir.

Islak ve kuru numunelerin dolaylı çekme mukavemetleri (ITS), Marshall Test cihazında tespit edildikten sonra, ıslak numunelerin kuru numune mukavemetlerine oranı suya duyarlılık oranı ifade edilmektedir.

Hazırlanan ikişer adet katkılı ve katkısız karışımlara ait ıslak ve kuru numunelerde AASHTO T283'e uygun olarak gerçekleştirilen test sonuçları ve dolaylı çekme mukavemeti oranı (ITSR) Tablo.5'te ve Tablo.6'da verilmiştir.

Tablo 5. %0,3 DOP Katkılı Karışımın Suyu Duyarlılık Test Sonuçları

	Kuru Numuneler			Islak Numuneler		
	1	2	3	4	5	6
Çekme Mukavemeti (psi)	190,6	191,9	195,2	166	157	158
Ortalama Çekme Mukavemeti (psi)	192,57			160,35		
Çekme Mukavemeti Oranı %	83,3					

Tablo 6. Katkısız Karışımın Suyu Duyarlılık Test Sonuçları

	Kuru Numuneler			Islak Numuneler		
	1	2	3	4	5	6
Çekme Mukavemeti (psi)	163,6	154,4	172,5	137,0	128,0	129,0
Ortalama Çekme Mukavemeti (psi)	163,49			131,32		
Çekme Mukavemeti Oranı %	80,3					

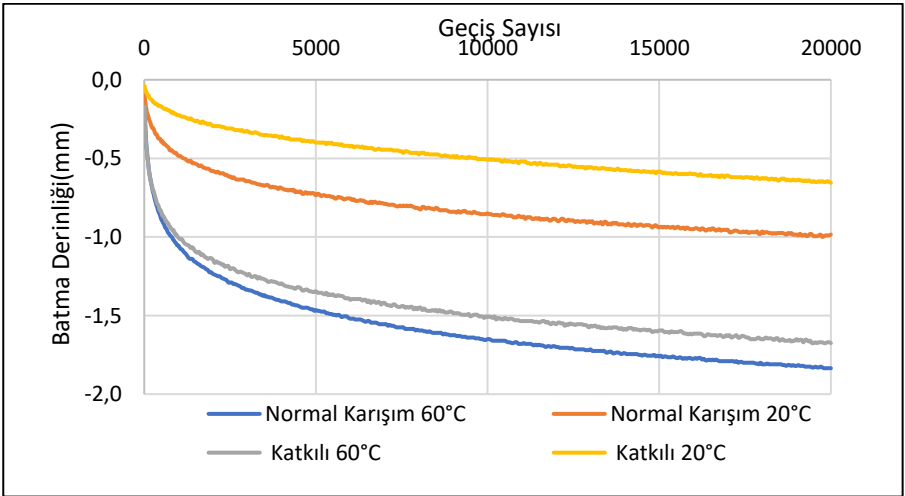
#### 2.4 Tekerlek izi deneyi

Tekerlek izi metodu ile sıcak karışımların kalıcı deformasyona karşı dirençlerinin belirlenmesi, bir tekerleğin sabit bir sıcaklıkta tekrarlanan geçişleriyle oluşan tekerlek izi derinliğini ölçülmesi esasına dayanır.

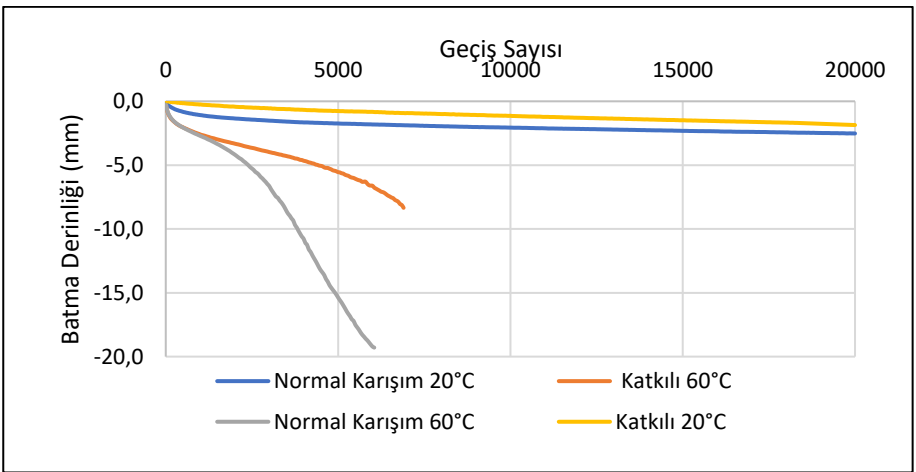
Çalışmada hava ve su olmak üzere iki farklı ortamda, 20°C ve 60°C sıcaklıklarda koşullandırılmak üzere, %0,3 soyulma önleyici katkılı ve katkısız karışımlar üretilip, kalıp haline getirilmiştir. Hava ortamında 20°C ve 60°C sıcaklıkta koşullandırılan dört adet numune kauçuk kaplamalı tekerlek, su ortamında 20°C ve 60°C sıcaklıkta koşullandırılan dört adet numune çelik tekerlek kullanılarak test edilmiştir. Yapılan testlere ait sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. Grafik 1'de havada 20°C ve 60°C sıcaklıkta test edilen karışımların tekerlek izi grafiği, Grafik 2'de 20°C ve 60°C suda test edilen karışımların tekerlek izi grafiği verilmiştir.

Tablo 7. Karışımların Tekerlek İzi Sonuçları

Karışım	Tekerlek İzi Derinliği		Tekerlek İzi Derinliği	
	Havada		Suda	
	20° C	60 °C	20° C	°60 C
Katkısız Karışım	1 mm	1,8 mm	2,5 mm	19,5 mm
%0,3 DOP Katkılı Karışım	0,7 mm	1,7 mm	1,7 mm	8,3 mm

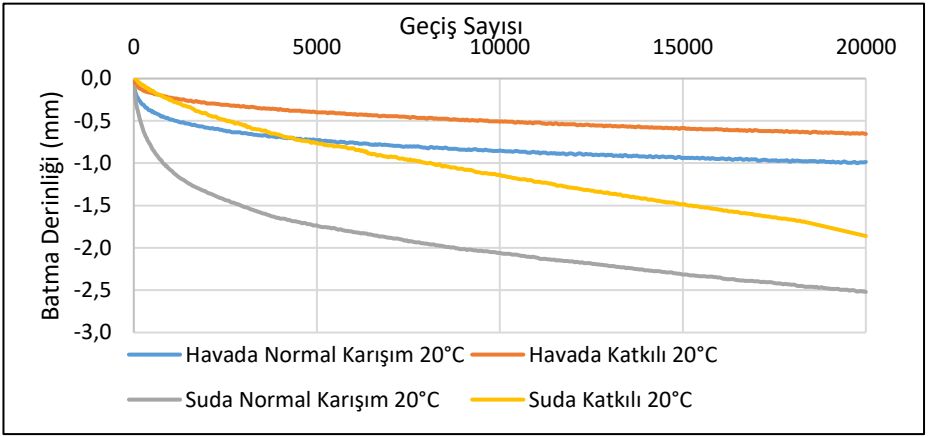


Grafik 1. Tekerlek İzi Derinliği / Havada, 20°C ve 60°C



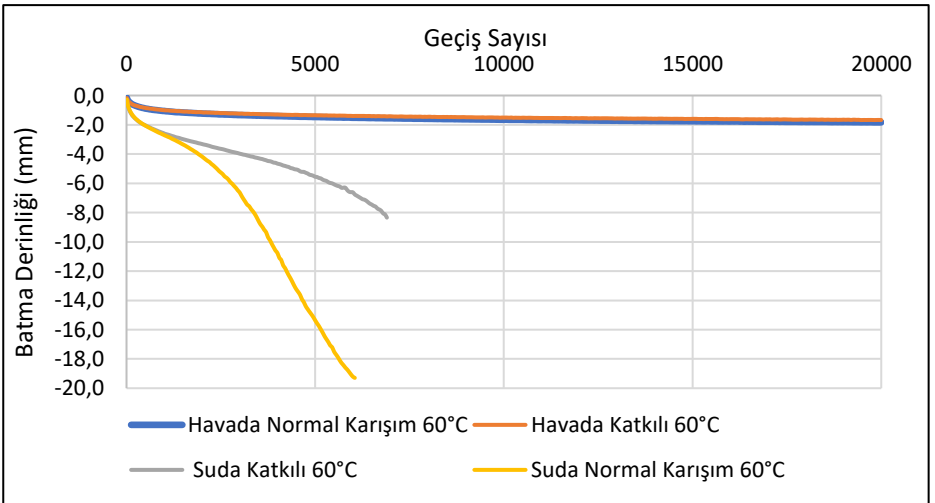
Grafik 2. Tekerlek İzi Derinliği / Suda, 20°C ve 60°C

Grafik 1 ve Grafik 2 de görüldüğü üzere %0,3 DOP katkıli karışımın havada ve suda diğer karışımlardan daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Havada yapılan test sonuçlarında katkıli ve katkısiz karışımların kalıcı deformasyon performansı farkı minimalken, suda yapılan testlerde soyulma önleyici katkıli performansına etkisinin çok daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Grafik.3 Tekerlek İzi Derinliği / Havada Suda, 20°C

Grafik 3'te 20°C'de havada ve suda koşullandırılan karışımların test sonuçları karşılaştırıldığında, katkısiz numunelerin su varlığında katkıli numunelere göre daha kötü bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Bu da soyulma önleyici katkıli suya karşı duyarlılığı azalttığına önemli bir göstergesi olmuştur.



Grafik.4 Tekerlek İzi Derinliği / Havada Suda, 60°C

Grafik 4'te 60°C'de havada ve suda test edilen karışımların tekerlek izi performans test grafiği verilmiştir. 60°C'de yapılan tekerlek izi performans testinde su ortamında katkılı ve katkısız karışımların standardın öngördüğü 20000 geçişi tamamlamadığı, yine de katkılı numunelerin suya karşı katkısız karışımlara oranla daha dirençli olduğu görülürken, hava ortamında her iki karışımın da iyi sonuç verdiği görülmüştür.

### **3.DEĐERLENDİRME**

Çalışmada bitümlü sıcak karışımlarda, su ve hava ortamında asfalt kaplamaların kalıcı deformasyona karşı direnci ve soyulma önleyici katkılı bitümlü sıcak karışım üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu amaçla 50/70 penetrasyon bitüm kullanılan sıcak karışıma bitüm ağırlığının %0,3'ü oranında DOP katkısı ilave edilerek, katkılı ve katkısız olmak üzere iki set karışım hazırlanmıştır. DOP katkısının etkisini görmek üzere gevşek numuneler üzerinde statik metot ile soyulma mukavemeti deneyleri yapılmış ve katkının bitüm ve agregası arasında bağlanmayı artırdığı gözlemlenmiştir. Suya duyarlılık test sonuçlarında, %0,3 DOP katkılı karışımın, katkısız karışıma oranla hem dolaylı çekme mukavemetinin daha yüksek olduğu hem de sudan kaynaklı bozulmalara karşı dayanımının daha iyi olduğu görülmüştür.

Hamburg Tekerlek İzi Deneyi (HWTD) uygulanarak katkılı ve katkısız karışımlarda oluşan tekerlek izi derinlikleri karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu 20°C sıcaklıkta tekerlek izi derinliğinin daha az olduğu, DOP'lu karışımlarda ise tekerlek izi derinliklerinin bir miktar azaldığı görülmüştür. 60°C'de suda yapılan tekerlek izi testleri sırasında oluşan deformasyonun çok fazla olmasından dolayı, standardın ön gördüğü geçiş sayısı tamamlanamadan testler sona erdirilmiştir. Su ortamında koşullandırılan karışımların kalıcı deformasyona karşı direncinin önemli derecede azaldığı görülmüştür.



## **KAYNAKLAR**

1. Lu, Q., Harvey, J. T., & Monismith, C. L. (2007). Investigation of Conditions for Moisture Damage in Asphalt Concrete and Appropriate Laboratory Test Methods: Summary Version. UC Davis: University of California Pavement Research Center.
2. Hend Ali Omar, Nur Izzi Md. Yusoff, Muhammad Mubarak, Halil Ceylan, Effects of moisture damage on asphalt mixtures, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 7, Issue 5, 2020, Pages 600-628
3. Rice, J. M. "Relationship of aggregate characteristics to the effect of water on bituminous paving mixtures." Symposium on effect of water on bituminous paving mixtures. ASTM International, 1959.
4. Solaimanian, Mansour & Harvey, J. & Tahmoressi, M. & Tandon, V.. (2003). Test methods to predict moisture sensitivity of hot-mix asphalt pavements. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements: A National Seminar. 77-110.
5. Taib, Adaweiah & Mohd Jakarni, Fauzan & Rosli, Muhammad & Md Yusoff, Nur Izzi & A. Aziz, Md. Maniruzzaman. (2019). Comparative study of moisture damage performance test Comparative study of moisture damage performance test. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 512. 1-10. 10.1088/1757-899X/512/1/012008.
6. Tripathi, Purnima. (2020). Optimization of Different Anti Stripping Agents in Construction of Flexible Pavement. International Journal of Engineering Research and. V9. 10.17577/IJERTV9IS070208.
7. Izzo, R. P., & Tahmoressi, M. (1999). Use of the Hamburg Wheel-Tracking Device for Evaluating Moisture Susceptibility of Hot-Mix Asphalt. Transportation Research Record, 1681(1), 76–85.
8. Rafiq, W.; Bin Napih, M.; Hartadi Sutanto, M.; Salah Alaloul, W.; Nadia Binti Zabri, Z.; Imran Khan, M.; Ali Musarat, M. Investigation on Hamburg Wheel-Tracking Device Stripping Performance Properties of Recycled Hot-Mix Asphalt Mixtures. *Materials* 2020, *13*, 4704.