



# ORGANİK ILIK KARIŞIM ASFALT KATKI MADDESİNİN BİTÜMLÜ KARIŞIMLARIN YAŞLANMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

## A LABORATORY STUDY OF AN ORGANIC WARM MIX ASPHALT ADDITIVE ON AGING CHARACTERISTICS OF BITUMINOUS MIXTURES

Peyman AGHAZADEH DOKANDARI<sup>1\*</sup>, Jülide ÖNER<sup>1</sup>, Ali TOPAL<sup>2</sup>, Burak ŞENGÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.  
peyman.aghazadeh@ogr.deu.edu.tr, julide.oylumluoglu@deu.edu.tr

<sup>2</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.  
ali.topal@deu.edu.tr, burak.sengoz@deu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 19.03.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 07.08.2014

doi: 10.5505/pajes.2014.02411

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

### Öz

Son yıllarda araştırmacılar, bitümlü sıcak karışım asfaltın yerini alacak benzer veya tercihen daha yüksek performanslı, üretim maliyetlerini azaltan, doğal kaynakları koruyan, çevreye daha az zararlı ve uygulamada daha verimli bitümlü karışımlar elde etme yolunda çalışmalar yürütmektedirler. Ilık karışım asfalt sistemlerinin kullanımı ile asfalt numunelerinin karıştırma ve sıkıştırma derecelerinde fark edilebilir düşüş gözlenmektedir. Uygulama sıcaklıklarındaki belirgin düşüşlerin, asfalt kaplamalarda meydana gelebilecek yaşlanmadan kaynaklanan bozulmaları azaltacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada, organik ılık karışım asfalt katkı maddesinin bitümlü karışımların yaşlanma özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çeşitli oranlarda organik ılık karışım asfalt katkı maddesi içeren bitüm ile hazırlanan asfalt karışımları ve kontrol karışımları; kısa dönem ve uzun dönem yaşlanmaya tabi tutulduktan sonra yaşlanma oranları ve yaşlanma indeksleri, indirekt çekme mukavemeti deneyleri ile belirlenmiştir. Deney sonuçları, bitümlü sıcak karışımlara kıyasla organik katkı içeren ılık karışım asfalt numunelerinin yaşlanmaya karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ilık karışım asfalt, Organik katkı, Kısa dönem yaşlanma, Uzun dönem yaşlanma, İndirekt çekme mukavemeti.

### Abstract

In recent years, researchers have been conducting studies in order to discover new alternative technologies for hot mix asphalts. These new technologies are expected to be higher in performance, lower in costs, sustainable over natural resources, environmentally friendly and easy to apply. With utilization of warm mix asphalt technologies, it is possible to decrease mixing and compaction temperatures of asphalt applications. In warm mix asphalt pavements, it is expected that ageing induced failures be less than hot mix asphalt pavements due to lower application temperatures. Within the scope of this study, the effects of an organic warm mix asphalt additive over ageing characteristics of bituminous mixtures have been investigated. In order to estimate the proportion of hardening of warm mix asphalt specimens containing different contents of organic additive and control specimens with no additive content, all specimens have been subjected to short- and long-term ageing. Afterwards, ageing indices have been calculated considering the ratio of indirect tensile strength values of both short- and long-term aged specimens over un-aged specimens. The results show that the aging indices of specimens containing organic warm mix asphalt additive are rather less than the indices of hot mix asphalt specimens.

**Keywords:** Warm mix asphalt, Organic additive, Short term ageing, Long term ageing, Indirect tensile strength.

## 1 Giriş

Trafik hacmindeki ve dingil yüklerindeki artışlar, üretim hataları ve iklim koşulları, yollarda tekerlek izi oluşumu, yorulma çatlakları ve düşük sıcaklık çatlakları ve suya karşı duyarlılık gibi bozulmalara sebep olmakta, bu durum da yolun öngörülen ömür ve konfor düzeyini düşürmektedir. Bitümlü bağlayıcının asfalt kaplama performansını doğrudan etkileyen en önemli özelliği dayanıklılığıdır. Bitümlü bağlayıcının dayanıklılığı, sertleşmeye karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmektedir. Bitümlü bağlayıcının çeşitli nedenlerden dolayı sertleşmesi ve kırılğan hale gelmesine de "yaşlanma" veya "zamana bağlı yaşlanma" denilmektedir [1]. Yapılan ayrıntılı çalışmalar, yaşlanmanın iki aşamada oluştuğunu göstermektedir. Kısa dönem yaşlanma, sıcak karışımın depolanma, plente taşınma, plente karıştırılma, şantiyeye taşınma, serilme ve sıkıştırılma işlemleri sırasında; uzun dönem yaşlanma ise, yolun servis ömrü boyunca oluşmaktadır [2].

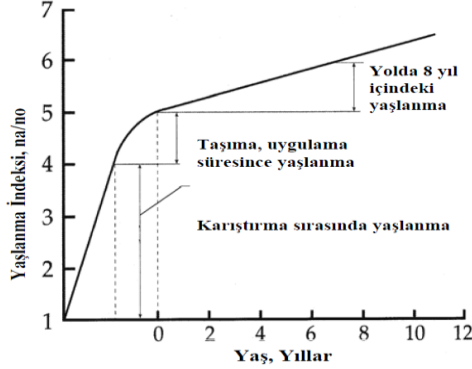
Bitümlü bağlayıcının zamanla sertleşmesi ve giderek özelliklerini kaybetmesi üzerinde etkili faktörler ilk kez Dow tarafından ortaya atılmıştır [3]. Dow, yaptığı çalışmada, sıcak karışımdan geri kazanılan bitümlü bağlayıcının ağırlık ve penetrasyon özelliklerini incelemiştir. Traxler bağlayıcının yaşlanma özelliklerini etkileyen faktörleri; oksidasyon, buharlaşma veya uçucu madde kaybı, polimerizasyon ve yoğunlaşma olarak dört sınıfta incelemiştir [4].

Bitümlü Sıcak Karışımlarda (BSK) kullanılan bitümlü bağlayıcı, rafineriden çıkışından yol üzerinde hizmete başlayıncaya kadar yapılan işlemlerde önemli derecede oksidasyona uğramaktadır. Bu durum bağlayıcının reolojik davranışını, performansını ve dayanıklılığını büyük ölçüde etkilemektedir.

### Servis Ömrü Boyunca Bitümlü Bağlayıcı Yaşlanması

Şekil 1'de bitümlü bağlayıcının yıllara bağlı yaşlanma indeksi değerleri görülmektedir. Kısa dönem yaşlanma süresince oksidasyonun yaklaşık %70'inin meydana geldiği; uzun dönem yaşlanma süresince de oksidasyonun yavaşlayarak 8 yılda yalnızca %30 civarında gerçekleştiği görülmektedir.

Şekilden de görüldüğü gibi hızlı yaşlanma karışımının hazırlanması, serilmesi ve sıkıştırılması sırasında meydana gelmekte, bu süreç yolda düşük sıcaklıklarda yavaşlamaktadır.



Şekil 1: Agregaya ile karıştırmadan itibaren göreceli viskozite artışı [5].

Asfalt katkıları büyük ölçüde karışımın özelliklerini değiştirmektedirler. Oysaki bazı Ilık Karışım Asfalt (IKA) katkılarının bitümde modifikasyon etkilerinin yanı sıra, daha düşük uygulama ve taşıma sıcaklıklarından dolayı BSK'ye kıyasla IKA'da yaşlanmadan kaynaklanan bozulmaların daha az meydana geleceği beklenmektedir.

Son yıllarda araştırmacılar, BSK'nin yerini alacak aynı veya tercihen daha yüksek performanslı, üretim maliyetlerini azaltan, doğal kaynakları koruyan, çevreye daha az zararlı ve uygulamada daha verimli bitümlü karışımlar elde etme yolunda çalışmalar yürütmektedirler [6]. Bu çalışmalarda benimsenen en önemli yaklaşım, malzemenin üretim sıcaklığının düşürülmesidir [7]. Bu nedenle araştırmacılar, ılık karışım asfaltlara (IKA) yönelmişlerdir. Burada amaç, daha az enerji tüketimi ile emisyon miktarını düşürüp çevresel etkileri azaltmak, viskoziteyi düşürüp daha düşük sıcaklıklarda uygun karışım ve sıkıştırma koşullarını sağlayarak geleneksel sıcak karışım asfaltlarla en azından aynı stabilite ve daha yüksek durabilite değerlerine erişmektir.

IKA'da asıl amaç, karışımdaki agregaya yüzeylerinin düşük sıcaklıklarda tamamen kaplanması, yoğunluğun korunması ve en az BSK kadar iyi performans sağlamasıdır. Düşük sıcaklıkta asfalt üretimi ve seriminin başlıca yararı enerjinin korunumudur. Ayrıca kaplamanın kısa dönem yaşlanması yavaşlatılarak sertleşmenin önüne geçilmiş olur. Bu önemli faydalarının yanında IKA'ların çevresel faydaları, sıkıştırma kolaylığı, nakliye kolaylığı, geri dönüşüme katkısı ve performans etkisi gibi önemli özellikleri bulunmaktadır [8].

Çalışma kapsamında, organik kökenli IKA katkısının bitümlü karışımların yaşlanma özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çeşitli oranlarda organik IKA katkı maddesi içeren bitüm ile hazırlanan asfalt karışımları ve kontrol karışımları; kısa dönem ve uzun dönem yaşlanmaya tabi tutulduktan sonra yaşlanma oranları ve yaşlanma indeksleri, indirekt çekme mukavemeti deneyleri ile belirlenmiştir.

## 2 Deneysel Çalışmalar

### 2.1 Malzemeler

Deneysel çalışmalarda, bitümlü bağlayıcı olarak İzmir Aliğa Rafinerisinden temin edilen 50/70 penetrasyon sınıfı bağlayıcı kullanılmıştır. Saf bitümlü bağlayıcı üzerinde bağlayıcının

geleneksel özelliklerini tespit etmek için penetrasyon, yumuşama noktası, duktilite, viskozite, parlama, ince film halinde ısıtma, ince film halinde ısıtma deneyi sonrası penetrasyon ile ince film halinde ısıtma deneyi sonrası yumuşama noktası deneyleri uygulanmış olup, deney sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

IKA karışımlarında kullanılmak üzere agregalardan kalker, Dere Madencilik İnşaat Yapı Malz. Petrol San. Tic. A.Ş. Belkahve/İzmir taş Ocağı'ndan, bazalt ise Dere Madencilik Aliğa/İzmir taş ocağı'ndan temin edilmiştir. Agregaların özelliklerini belirlemek amacıyla agregaya grupları üzerinde deneyler uygulanmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde aşınma tabakaları için belirtilen Tip 1 gradasyon limitlerine göre elek analizi (ASTM C 136) yapılmıştır. Agregaların fiziksel özellikleri Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1: Saf bitüme uygulanan klasik bitüm deneyleri sonuçları.

Test	Standartlar	Sonuçlar	Limitler
Penetrasyon (25 °C; 0.1 mm)	ASTM D5	55	50-70
Yumuşama noktası (°C)	ASTM D36	49	46-54
Viskozite (135 °C)	ASTM D4402	412,5	-
Viskozite (165 °C)	ASTM D4403	137,5	-
TFOT (165 °C)	ASTM D1754		
Kütle değişimi (%)		0,04	<0,5
Penetrasyon değişimi (%)	ASTM D5	25	-
TFOT sonrası yumuşama noktası (°C)	ASTM D36	54	48<
Duktilite (25 °C; cm)	ASTM D113	100	-
Özgül Ağırlık	ASTM D70	1,03	-
Parlama Noktası (°C)	ASTM D92	+260	230<

Tablo 2: Kalker ve bazalt agregalarının fiziksel özellikleri.

Test	Şartname	Kalker	Bazalt	Şartname Limitleri
Özgül Ağırlık (KabaAgrega)	ASTM C 127			
Hacim		2.686	2.666	-
Kuru Yüzey Doygun		2.701	2.810	-
Zahiri		2.727	2.706	-
Özgül Ağırlık (İnce Agregaya)	ASTM C 128			
Hacim		2.687	2.652	-
Kuru Yüzey Doygun		2.703	2.770	-
Zahiri		2.732	2.688	-
Özgül Ağırlık (Filler)		2.725	2.731	-
Los Angeles Aşınması (%)	ASTM C 131	24.4	14.2	< 45
Yassılık İndeksi (%)	ASTM D 4791	7.5	5.5	< 10
Sağlamlık Yüzdesi (%)	ASTM C 88	1.47	2.6	10-20
İnce Agreganın Köşeliliği	ASTM C 1252	47.85	58.1	40<

Çalışma kapsamında kullanılmak üzere temin edilen agregalara ait elek çaplarına göre seçilen gradasyon değerleri ile şartname limitleri Tablo 3'te verilmiştir.

Çalışma kapsamında; organik IKA katkı maddesi olan, Güney Afrikalı Sasol Wax tarafından üretilen ve "modifiye edici" veya "asfalt akış düzenleyicisi" olarak tariflenen organik IKA katkısı kullanılmıştır. Organik IKA katkısı, Fischer-Tropsch (FT) işlemi ile kömürün karbonizasyonu sırasında elde edilen, ince kristalize, uzun alifatik bir hidrokarbondur. FT parafin mumu olarak da bilinir [9].

Organik IKA katkısı üreticileri, doğal olarak oluşan bitüm esaslı mumlar ile FT mumlarının yapıları ve fiziksel özellikleri göz önüne alındığında, aralarında oluşan farklılıkları özellikle

vurgulamaktadırlar. Bu farklılıklar, FT mumlarının daha uzun zincir ve ince kristalize yapılarından kaynaklanmaktadır. Organik IKA katkısı bitümün viskozitesini düşürerek, üretim sıcaklığının düşmesine imkân sağlar. Sıcaklık erime noktasının altına düştüğünde ise FT mum kristalize olarak kafes bir yapı oluşturur ve karışımın stabilitesini artırır. Yapılan çalışmalarda organik IKA katkısının yol trafiğe açıldıktan sonra kaplamada meydana gelen tekerlek izi oluşumuna karşı direnci arttırdığı saptanmış, sıkıştırmaı kolaylaştırdığı tespit edilmiştir [10].

Çalışma kapsamında yapılan deneysel çalışmalarda, üretici firmanın önerileri doğrultusunda organik IKA katkısı %2, %3 ve %4 oranlarında kullanılmıştır [7],[8],[10].

Tablo 3: Bazalt-kalker agregalarının birlikte kullanılacağı karışımlar için seçilen gradasyon ve şartname limitleri.

Test	19-12,5mm (Bazalt)	12,5-5mm (Bazalt)	5-0mm (Kalker)	Karışım Gradasyonu (%)	Şartname Limitleri
Karışım (%)	15	45	40		
Elek No:					
(3/4)"	100	100	100	100	100
(1/2)"	35.7	100	100	90.5	83-100
(3/8)"	2.5	89	100	80.5	70-90
No. 4	0.4	16	100	47.3	40-55
No. 10	0.3	1.2	81	33	25-38
No.40	0.2	0.7	33	13.5	10-20
No. 80	0.15	0.4	22	9	6-15
No. 200	0.10	0.2	13	5.3	4-10

## 2.2 Deney Planı

Deneysel çalışmalarda, farklı sıcaklık ve üretim sürelerinde organik IKA katkı maddesi ile üretilen bitüm örnekleri üzerinde viskozite deneyleri uygulanmıştır. Öncelikli olarak, üretim sıcaklıkları sabit tutulan organik IKA katkılı bitümler farklı sıcaklıklarda karıştırılarak viskoziteleri belirlenmiştir. Üretim süreleri organik IKA katkı için 5'er derece artırılmış ve viskozite değerleri sabit olana kadar bu işleme devam edilmiştir. Viskozite değerlerinin sabit kaldığı üretim süre ve sıcaklığı, ilgili IKA katkısı için üretim süre ve sıcaklığı olarak belirlenmiş ve deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Organik IKA katkısı için üretim süre ve sıcaklıkları.

Üretim Süreleri (dk.)	120 °C'de Organik Katkı Maddesi için Viskozite Değerleri (mPa.s)
5	675
10	650
15	650
20	650
25	650
30	650
35	650
40	650

Organik IKA katkısı ile hazırlanan bitüm örnekleri üzerinde bağlayıcının fiziksel özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla uygulanan; penetrasyon, yumuşama noktası, duktilite, viskozite, yanma ve parlama noktası, ince film halinde ısıtma (TFOT), TFOT sonrası penetrasyon ve yumuşama noktası deneylerinin sonuçları Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5: Organik IKA katkı maddesiyle hazırlanan bitüme uygulanan klasik bitüm deneyleri sonuçları.

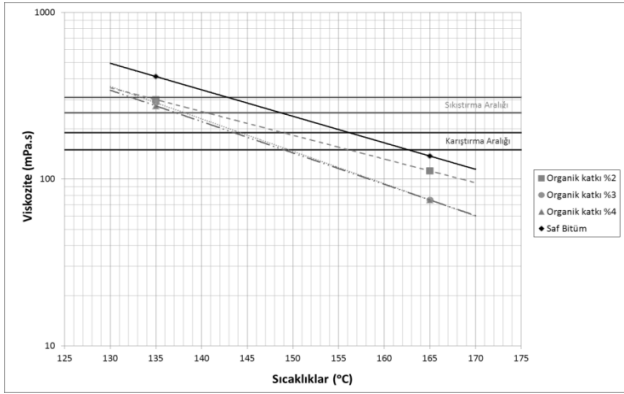
Deney Adı	Organik IKA Katkı Maddesi Oranı (%)			
	0%	2%	3%	4%
Penetrasyon (1/10 mm)	55	43	37	31
Yumuşama noktası (°C)	49	61	69	80
Viskozite (135 °C, mPa.s)	412,5	300	287,5	275
Viskozite (165 °C, mPa.s)	137,5	112	75	75
Parlama Noktası (°C)	260	260	260	260
Duktilite (25 °C, cm)	100	100	100	100
Penetrasyon İndeksi (PI)	-1.20	0.89	1.95	3.07
İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (165 °C, 5 sa.)				
Kütle değişimi (%)	0.04	0.07	0.07	0.08
Penetrasyon Farkı (%)	25	14	13	6
Yumuşama Noktası Farkı (°C)	5	4.3	4.0	2.5

Penetrasyon kıvamlılığın bir göstergesi olmakla birlikte, IKA katkıların viskoziteyi düşürerek işlenebilirliği artırma özellikleri nedeniyle, katkı içeriği arttıkça bitüm örneklerinin viskozitesi düşmüştür. Bunun nedeni, organik katkının soğumasıyla birlikte içerdiği parafin yapısının kristalize lateral hale gelerek sertliğinin artırmasıdır [7]. Sertlikteki artışa ek olarak, organik IKA katkısı ile hazırlanan bitümün penetrasyon indeksiindeki artış, katkı içeriği arttıkça bitümün sıcaklığa karşı duyarlılığının önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. IKA katkıların en önemli özelliği olan viskozite değerleri göz önüne alındığında, %3 organik IKA katkı maddesi ilavesinden sonraki yüzdelerde önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, organik IKA katkısı içeren 50/70 penetrasyonlu bitümler için yumuşama noktası, penetrasyon, penetrasyon indeksi ve viskozite değerleri dikkate alındığında %3 katkı içeriğinin optimum olduğu söylenebilir.

Bunlarla birlikte, organik IKA katkı oranı arttıkça, penetrasyon indeksi de artmaktadır. Bu durum, katkı oranı arttıkça numunelerin sıcaklığa bağlı hassasiyetlerinin azaldığını ve tekerlek izi oluşumuna karşı dirençlerinin arttığını göstermektedir.

Organik IKA katkısı içeren bitümle hazırlanan IKA'ların karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarının tespit edilmesi amacıyla, organik IKA katkısının farklı yüzdeleri ile hazırlanan bitüm örneklerinin 135-165 °C'deki viskozite değerleri bulunmuştur. ASTM D2493-09'a göre karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarının tayininde kullanılan viskozite değerleri sırasıyla 170±20 mPa.s ve 280±30 mPa.s'dir. Seçilen saf bitüm ve organik IKA katkısı ile hazırlanan bitümlü karışımlara ait karıştırma-sıkıştırma sıcaklıkları sırasıyla Şekil 2'de verilmiş ve bunlara bağlı düşüşler Tablo 6'da özetlenmiştir.

Organik IKA katkı maddesiyle üretilen bitümün klasik bitüm deney sonuçları elde edildikten sonra uygun karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarında IKA karışımları hazırlanmıştır. Saf ve organik katkı içeren bitümlerle hazırlanan karışımların optimum bitüm içerikleri Marshall yöntemiyle sırasıyla %4.72 ve %4.25 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2: Saf bitüm ve farklı oranlarda organik IKA katkı bitümlere ait karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları.

Tablo 6: IKA katkılarına ait karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları.

IKA Katkılar	Katkı İçeriği (%)	Karıştırma Sıcaklığı (°C)	Sıkıştırma Sıcaklığı (°C)
Saf Bitüm	0	157-164	144-150
Organik Katkı Maddesi	2	147-153	134-139
	3	142-147	133-138
	4	142-147	132-137

Farklı içeriklerde organik IKA katkısı içeren bitümler üretildikten sonra AASHTO R 30 standardına göre kısa ve uzun dönem yaşlandırma işlemi yapılarak numuneler hazırlanmıştır. Bunun için tüm numuneler 135 °C sıcaklığa ayarlanmış olan havalandırılmalı etüvde 4 saat gevşek (sıkıştırılmamış) karışım olarak kısa dönem yaşlandırılmış. Karışımın homojen bir şekilde yaşlandırılması için her saat başı gevşek karışım etüvden çıkartılıp karıştırıldıktan sonra tekrar etüve yerleştirilmiştir. Uzun dönem yaşlandırma işlemi için kısa dönem yaşlandırma işlemi yapıldıktan sonra Marshall tokmağıyla numunenin her iki yüzeyine 75 darbe uygulanması şeklinde sıkıştırılmış numuneler standartta belirtildiği gibi 16 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra kriko yardımıyla kalıplardan çıkarılarak, 5 gün boyunca 85 °C sıcaklıktaki havalandırılmalı bir etüv içerisinde bekletilmiştir. Numunelerin altında bitümün birikmesini engellemek için numuneler her gün etüvden çıkartılıp ters çevrilerek tekrar etüve konulmuştur. Şekil 3'te kısa ve uzun dönem yaşlandırma akış şeması verilmiştir.

Asfalt kaplamalarının mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde, çekme mukavemeti açısından Marshall stabilitesi yerine indirekt çekme mukavemeti değerleri kullanılmaktadır. İndirekt çekme mukavemeti (ITS) kaplamanın rijitliğinin belirlenmesinde en önemli parametrelerden biridir. Marshall cihazının yükleme hızı indirekt çekme deneyine göre ayarlanmalıdır. Bunun için Marshall cihazı menüsünde yükleme hızı 51 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. ITS deneyi, asfalt numunesinin çekme gerilmelerini belirlemek için uygulanmaktadır. Marshall cihazından okunan ve numunenin dayanabildiği en yüksek yük değeri dikkate alınarak, aşağıda belirtilmiş olan denklem yardımı ile indirekt çekme mukavemeti (kPa) hesaplanmıştır.

$$S_t = \frac{2000 \times P}{\pi \times t \times D} \quad (1)$$

$S_t$  = İndirekt çekme mukavemeti (ITS), kPa.

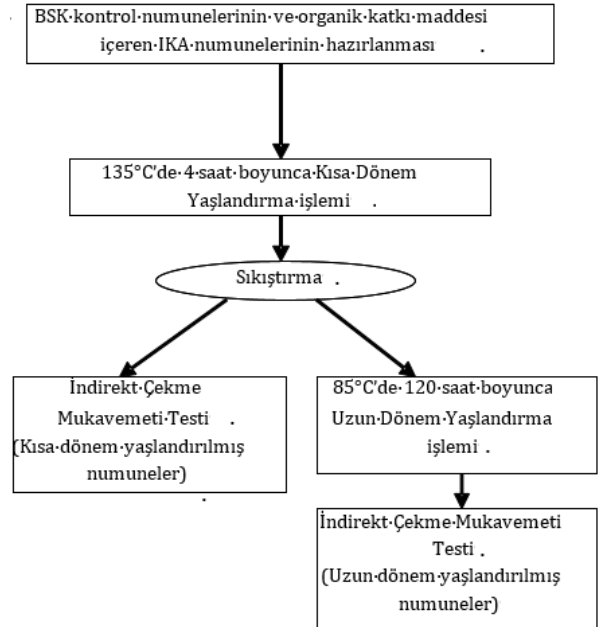
$P$  = Uygulanan maksimum yük, N.

$t$  = Numunenin kalınlığı, mm.

$D$  = Numunenin çapı, mm.

ITS deneyinde izlenen adımlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Asfalt briketin kalınlığı, ASTM D3549 uygun olarak 0,02mm hassasiyetli kumpas yardımıyla, ağırlıkları ise 0,1gr hassasiyetindeki terazi ile ölçülerek kaydedilir.
- Asfalt briketi poşetlendikten sonra vakum cihazı yardımı ile 2 saat 25 °C sıcaklıkta olan su banyosunda bekletilir.
- Asfalt briketi su banyosundan çıkartıldıktan sonra, poşet içerisinden çıkarılıp indirekt çekme çerçevesine yerleştirilir. Çerçevenin üst ve alt kısımlarının numunenin tam çapı hizasında olmasına ve ayrıca çerçevenin yan tarafında bulunan demirlerin birbirleri ve yükleme ünitesinin demirleri ile paralel olmasına dikkat edilmelidir.
- Asfalt briketi doğru bir şekilde yükleme çerçevesine yerleştirildikten sonra, yük uygulanarak numunenin eksenel kırılması sağlanır. Maksimum yük miktarı cihaz ekranından okunup kaydedilir.



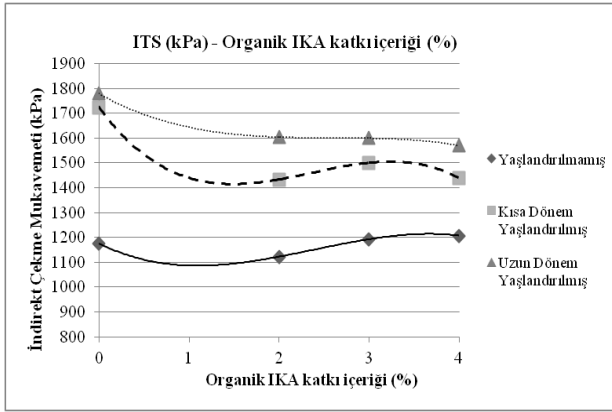
Şekil 3: Kısa ve uzun dönem yaşlandırma akış şeması.

### 3 Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Kısa ve uzun dönem yaşlandırılmış numunelere ait ITS test sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4'te, %0 katkı içeriği saf bitüm değerlerini ifade etmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, yaşlandırılmamış numunelerde organik katkı kullanımı ile numunenin ITS değerinin arttığı tespit edilmiştir. Organik IKA katkısı kullanımı, asfalt betonunun çekme gerilmelerine karşı

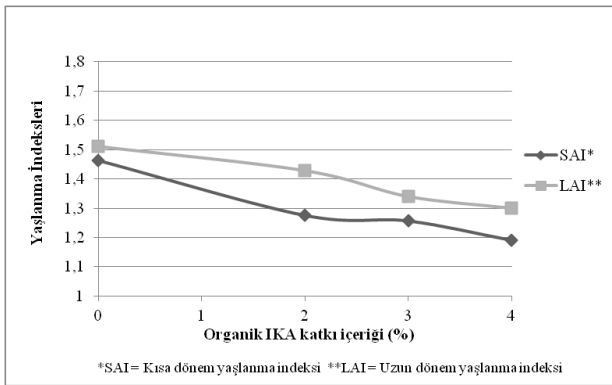
dayanımını arttırdığını göstermektedir. Bu artış, %3 ve %4 oranında organik IKA katkısı kullanımı durumunda daha belirgindir. Yaşlandırılmamış numuneler için yüksek ITS değeri, içsel bağ kuvvetlerinin güçlü olduğunu ifade etmektedir. IKA katkılarının kullanımı, bitüm ile agrega arasındaki adezyonu artırarak yüksek içsel bağ sağlamaktadır [11],[12].

Şekil 4'te görüldüğü üzere, yaşlandırılmamış ve yaşlandırılmış numunelere ait ITS değerleri arasındaki fark, katkı içeriği arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni, organik IKA katkısının kullanımı ile asfalt betonunun daha az yaşlanmasıdır. Yaşlanmayı daha iyi yorumlamak için aşağıdaki formüller kullanılarak Yaşlanma İndeksleri tanımlanmıştır.



Şekil 4: Organik IKA katkısına ait ITS sonuçları.

Kısa ve uzun dönem yaşlandırılmış numunelerin indirekt çekme mukavemeti (ITS) değerleri ile yaşlandırılmamış kontrol numunelerinin ITS değerleri arasındaki oran yaşlanma indeksi olarak hesaplanmıştır (Denklem 2-3). Kısa dönem yaşlanma indeksi (SAI) ve uzun dönem yaşlanma indeksi (LAI) Şekil 5'te görüldüğü gibidir.



Şekil 5: Organik IKA katkısı için kısa ve uzun dönem yaşlanma indeksleri.

$$SAI = \frac{\text{Kısa dönem yaşlandırılmış numune ITS değeri}}{\text{Kontrol numunesi ITS değeri}} \quad (2)$$

$$LAI = \frac{\text{Uzun dönem yaşlandırılmış numune ITS değeri}}{\text{Kontrol numunesi ITS değeri}} \quad (3)$$

Elde edilen sonuçlara göre, organik IKA katkısı kullanılarak hazırlanan karışımların yaşlanma indeksleri, BSK'lere göre daha düşüktür. Tanımlanan yaşlanma indeksi göreceli bir değer olup, bitümlü karışımlardaki yaşlanma indeksi ne kadar

düşük ise, yaşlanmaya karşı dayanımın o kadar yüksek olduğunu ifade eder.

#### 4 Sonuçlar

Asfalt kaplamalar trafik yükü ve çevresel faktörlere bağlı olarak belli bir hizmet ömrüne sahiptir. Bu hizmet ömrü ne kadar uzun ise, üstyapı kaplaması bir o kadar ekonomik olacaktır. Mühendislik ekonomisi açısından, bir yapının sadece ilk yapım maliyetinin az olmasını dikkate almaktansa, yapının hizmet süresince göstereceği performans ve buna bağlı olarak bakım ve onarım giderleri de önemli bir kriter olarak dikkate alınmalıdır. Enerji tüketimi açısından, IKA teknolojilerinin ilk yapım maliyetleri BSK'lerden daha az olmaktadır. Ancak bu tür teknolojilerin hizmet ömrü açısından BSK'ye göre ne kadar ekonomik olduklarını araştırmak gereklidir. Bu çalışma kapsamında, bir organik IKA katkısının, bitümün yaşlanma özellikleri üzerindeki etkisi incelenerek, sonuçlar hizmet ömrü açısından BSK'ler (kontrol) ile karşılaştırılmıştır.

DeneySEL çalışma sonuçları, organik IKA katkılarıyla üretilen asfaltların yaşlanma açısından, BSK'ye alternatif olabileceğini göstermektedir. Organik IKA katkısının daha düşük uygulama sıcaklarında asfalt üretimine imkân vermesi, yaşlanma açısından en büyük avantajı oluşturmaktadır.

#### 5 Teşekkür

Çalışma, 110M567 no.lu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmektedir. Yazarlar, desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'ne teşekkür eder.

#### 6 Kaynaklar

- [1] Bell CA, Sosnovske D, Wieder JA. "Aging, Binder Validation". National Research Council, Washington D.C, SHRP A-384 Report, 1994.
- [2] Şengöz B, Açar E. "Asfalt Film Kalınlığının Bitümlü Karışımların Yaşlanmasına Etkisi". *İTÜ Dergisi/D: Mühendislik*, 4(1), 71-82, 2005.
- [3] Dow AW. "Asphalt Experiments at Washington". *Engineering News Record*, 47(18), 18-25, 1903.
- [4] Traxler RN. "Relation between Asphalt Composition and Hardening by Volatilization and Oxidation". *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 30, 359-377, 1961.
- [5] Read J. *The Shell Bitumen Handbook*, University of Nottingham, London, England, 1990.
- [6] Zaumanis M, Haritonovs V. "Research on Properties of Warm Mix Asphalt". *Scientific Journal of Riga Technical University Construction Science*, 11, 77-84, 2010.
- [7] Newcomb D. "An Introduction to Warm-Mix Asphalt". National Asphalt Pavement Association, 2007.
- [8] Chowdhury A, Button JW. "A Review of Warm Mix Asphalt". Texas A&M University System College Station, Texas Transportation Institute, USA, Report, 2008.
- [9] Hurley GC, Prowell BD. "Evaluation of Sasobit® for Use in Warm Mix Asphalt" National Center for Asphalt Technology, Auburn University, USA, NCAT Report 05-06, 2005.
- [10] D'Angelo J, Harm E, Bartoszek J, Baumgardner G, Corrigan M, Cowsert J, Harman T, Jamshidi M, Jones W, Newcomb D, Prowell B, Sines R, Yeaton B. "Warm-Mix Asphalt: European Practice". American Trade Initiatives, USA, Report FHWA-PL-08-007, 2008.

[11] Prowell BD, Hurley GC. "Warm-Mix Asphalt: Best Practices". Report, National Asphalt Pavement Association, 2007.

[12] Lai JS, Tsai JY. "Evaluating Constructability and Properties of Advera and REVIX Warm Mix Asphalt: Final Report". Forest Park, Ga: Georgia Dept. of Education Office of Materials & Research, USA, Report, 2008.