

ASFALT KAPLAMALARDA KULLANILAN SOĞUK YAMA KATKILARIN TANIMLANMASI VE UYGULAMA YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba ÖZTÜRK¹ S. Nedim TUTAN² Serdar KAŞAK² Muhammet KOMUT²

ÖZET

Asfalt kaplama tabakalarında kullanılan malzemelerin seçimi, yol yapım ve kullanımını önemli oranda etkilemektedir. Yapım teknikleri ve malzeme özelliklerinde sağlanan gelişmelere rağmen artan taşıt sayısı, çevresel etkiler nedeniyle karayollarında yapısal ve yapısal olmayan bozulmalar örneğin lokal oturma, çukurlar oluşabilmektedir. Meydana gelen bu bozulmaların onarımı sırasında küçük miktarlarda Bitümlü Sıcak Karışım üretimi yapmak ve depolamak mümkün olmamaktadır. Bu yüzden stoklama ve ani kullanıma olanak veren soğuk karışım asfaltların kullanımı tercih edilmektedir. Ülkemizdeki asfalt tabakalarında kullanılan soğuk yama katkılarının üretici firmaların katalog/spesifikasyon bilgilerinin dışında ürün bileşimi ve özellikleri ile ilgili belirli bir standart veya teknik şartname bulunmamaktadır. Bu çalışmada, 516G601 nolu yukarıda adı verilen proje kapsamında TÜBİTAK-MAM Kimyasal Teknoloji Enstitüsü ile birlikte deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Üstyapı malzemesi olarak kullanılan asfalt karışımı, kaba ve ince agregalar ile yapışkan özelliğe sahip bitümlü bağlayıcı karışımıdır. Soğuk karışımlar emülsiyon asfalta veya sıvı asfalta mineral agregalar karıştırılarak yapıldığı gibi bitüme ilave edilen flux oil adı verilen akışkan yağlar ya da cut-back katkısı adı verilen yağlar kullanılarak yapılabilir. Flux oil kullanılması durumunda, agregalar ve bitüm düşük sıcaklıklarda karıştırılır ve karışıma flux oil ilave edilir.

Flux oil katkıların cut-back asfaltlardan farkı daha yüksek buharlaşma sıcaklığına sahip olmaları sebebiyle içindeki uçucuların asfalt hazırlama sıcaklığında buharlaşmayarak çevreye zarar vermemesidir. Soğuk asfalt karışımlarda flux oil katkıları daha uzun süre ile bağlayıcının viskozitesini düşürürler.[1]

Bağlayıcıya ek olarak flux oil ya da cut-back asfalt katkısı kullanılması durumunda, asfalt paketlenip depolanabilir. Paketlenen asfalt hava almaması koşuluyla 6 ay kadar özelliklerini kaybetmeden muhafaza edilebilir.

1. İnş. Müh., KGM, ARGE, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, Ankara

2. İnş. Yük. Müh., KGM, ARGE, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, Ankara

2. SOĞUK YAMA KATKISINDAN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Soğuk asfalt karışımlarda uygulamadan kaynaklı sorunların yanında karışımdan beklenen özelliklerin sağlanamaması da karışımların performansını olumsuz etkiler. Soğuk yama karışımından beklenen özellikler;

- Yama karışımı serilip, sıkıştırıldıktan sonra trafik yükü altında yatay ve dikey kaymalara dirençli olmalı,
- Karışımın yapışkanlığı iyi olmalı, özellikle tozlanmanın yoğun olduğu ve iyi temizlenmeyen çukur yüzeylerinde yapışmayı sağlayabilmeli,
- Suyu dayanıklılığı iyi olmalı, bağlayıcı-agrega soyulmaları azaltmalı ve engellemeli,
- Trafik yükleri altında yama yapılan çukur içerisindeki asfalt karışımının dayanıklılığı zamanla azalarak, sökülmele sebev olur. Yama karışımında agrega ve karışım kohezyonu iyi olmalı, zamanla meydana gelen sökülmeleleri azaltmalı,
- Özellikle uzun ve geniş çukurlarda yeterli kayma direnci olmalı,
- Yama karışımı yeterince yumuşak ve işlenebilir olmalı, karışım içinde topaklanma olmamalı
- Yama karışımı depolandıktan 6-12 aylık periyotta işlenebilirliğini koruyabilmeli,
- Donma-çözünme döngülerine dayanıklı olmalıdır.[2]

3. ARAŞTIRMA ÇALIŞMALARI

3.1 Soğuk Yama Katkılarının Belirlenmesi

Karayollarındaki kaplama tabakalarında meydana gelen çukur tamirinde kullanılan Soğuk Yama Karışımların içerisinde bulunan agrega, bitüm ve katkı tipinin özelliklerinin belirlenmesi yolun tamir sonrası performansı için en önemli unsurlardan biridir. Soğuk Yama Katkı üretimi sırasında atık yağ kullanıldığı da bilinmektedir. Ülkemizde kullanılan Soğuk Yama Katkıların üretici tarafından beyan edilen dışında yeterince bilgi bulunmamasından dolayı öncelikle katkıların kimyasal özellikleri belirlenmek için çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında kaplama tabakalarında en çok kullanılan yedi farklı Soğuk Yama Katkısı SYK1,SYK2,SYK3,SYK4,SYK5,SYK6 ve SYK7 olarak kodlanmıştır.

3.2 Soğuk Yama Katkıları Ağır Metal Analizi

Seçilen beş tip katkıda atık yağ olup olmadığı ağır metal analizi sonucu belirlenebilmektedir. SYK1,SYK2,SYK3,SYK4,SYK5,SYK6 ve SYK7 katkılara ağır metal analizi yapılmış ve sonuçları tabloda verilmiştir.

ASTM D 6595 yöntemine uygun olarak soğuk asfalt katkılarında askıda ya da çözünmüş halde bulunan ağır metal miktarları optik emisyon spektrometresi (OES) ile 22 elementin (Fe, Pb, Cu, Cr, Al, Sn, Si, Na, Zn, Ag, P, Ca, Ba, Mg, Mo, Ti, V, B, Ni, As, Mn, Cd) analizi yapılmıştır.



Şekil.1 Ağır Metal Tayin Cihazı

Tablo.1 Ağır Metal Tayini Deneylerin Sonuçları

	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag	Si	B	Na
SYK1	0,52	0,0	0,18	0,0	0,0	0,18	1,34	0,36	0,0	0,0	0,98
SYK2	45,7	0,0	0,0	0,5	1,04	1,19	1,34	0,38	0,0	0,0	16,8
SYK3	10,2	0,0	0,09	0,0	12,1	0,74	1,19	0,35	1,64	0,0	0,22
SYK4	0,41	0,23	0,0	0,23	9,4	0,12	0,0	0,0	0,87	0,1	0,0
SYK5	1,53	1,95	0,08	0,75	3,6	0,0	0,05	0,0	6,83	0,08	6,62
SYK6	126	< 1	0,0	1,4	46,3	12,0	0,0	0,0	< 1	< 1	32,0
SYK7	< 1	< 1	< 1	0,0	1,1	0,0	< 1	< 1	< 1	0,0	1,0

	Mg	Ca	Ba	P	Zn	Mo	Ti	V	Mn	Cd	As
SYK1	0,00	0,00	0,24	37,50	0,61	0,29	1,14	0,00	3,11	0,00	0,85
SYK2	0,56	0,00	0,22	106,5	0,16	0,65	1,52	0,00	3,27	0,00	1,34
SYK3	0,00	0,15	0,32	0,19	0,28	0,75	1,25	0,00	3,25	0,00	0,81
SYK4	0,00	0,00	0,05	0,00	0,26	0,81	0,02	0,49	0,15	0,18	0,00
SYK5	0,42	0,56	0,03	0,00	1,33	0,52	0,94	0,00	0,00	0,16	0,76
SYK6	< 1	< 1,1	0,00	33,4	< 1	< 1	< 1	0,0	0,0	< 1	0,0
SYK7	0,0	0,0	< 1	0,0	< 1	< 1	0,0	< 1	< 1	0,0	0,0

Tablo 1 incelendiğinde katkı malzemelerinin hiç birinde belirgin bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır.

3.3 Soğuk Yama Katkılarına Yapılan Deneyler

Kinematik Viskozite

Soğuk asfalt katkı malzemelerinin kinematik viskozite değerleri otomatik viskozimetre cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm için 1,5 ml numune alınarak viskozimetre kolonuna enjekte edilir. Cihazda okunan değer, cihazın kalibrasyon sabiti ile ortalama akış süresinin çarpımı ile belirlenmiş olan kinematik viskozite değeridir.



Şekil 2. Kinematik Viskozite Cihazı

Yoğunluk Tayini

Soğuk asfalt katkıları yoğunluk ölçümü U-tüpü prensibine dayalı olarak hesaplanmıştır. Örnekler cihazının ölçüm hücresine cihazın kendisinde bulunan pipet stili pompa veya şırınga kullanılarak doldurulur. Bir sıcaklık sensörü örnek sıcaklığını ölçüm hücresinde ölçer.

Toplam Asit Sayısı

Katkıların asit sayısı potansiyometrik titrasyon yapılarak belirlenmiştir. Tartımı yapılan katkı numunesi hazırlanan çözütü (hacimce %50 toluen + %49 isopropanol alkol + %1 su) içerisinde çözülerek isopropanol alkoldeki 0,1M potasyum hidroksit çözeltisi ile titre edilir. Titrasyonun dönüm noktası olarak titrasyon eğrisinde son dönüm noktası alınır ve titrasyon sonlandırılır.

Toplam Su Tayini

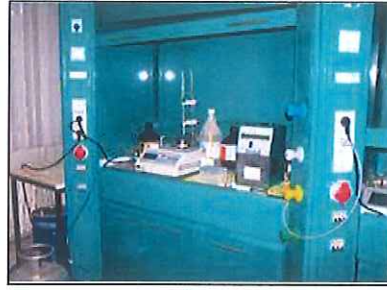
Katkılar deney numunesi olarak tartılır ve anotta kulometrik olarak iyodun açığa çıktığı bir cihazının titrasyon kabına enjekte edilir. Su tamamen titre edildiğinde elektrometrik dönüm noktası detektörü kullanılarak iyodun ilk açığa çıktığı dönüm noktası tayin edilir ve titrasyon sona erdirilir.

Kırılma İndisi Tayini

Katkıların kırılma indisi refraktometre ile belirlenmiştir. Cihaz 589,3 nm dalga boyunda ışıktaki refraktif indeks değerini belirlemede kullanılır.

Parlama Noktası Tayini

Numunelerin parlama noktası cihazı ile 1 veya 2 ml numune ile kapalı kap yöntemine göre belirlenmiştir.



Şekil 3. Asit-baz sayısı, su tayin cihazları otomatik titratör sistemi

Ph Ölçümü

pH ölçümü, pH metre ile yapılmıştır. Örnekler seyreltilmeden doğrudan ölçüm alınmıştır.



Şekil 4. Ph ölçüm cihazı

Tablo.2 Soğuk Asfalt Katkıları Analiz Sonuçları

Analiz	SYK1	SYK2	SYK3	SYK4	SYK5	SYK6	SYK7
Kinematik Viskozite (cst (mPa.s); 37,8 °C	37,5	8,79	5,11	2,64	4,81	8,23	1,498
Kinematik Viskozite (cst (mPa.s); 40 °C	34	8,32	4,92	2,534	4,65	7,86	1,463
Kinematik Viskozite (cst (mPa.s); 100 °C	5,52	2,75	1,79	-	2,07	49,0	30,0
Yoğunluk (gr/cm ³ ; 15 °C	0,878	0,899	0,876	0,814	0,866	2,69	0,756
Yoğunluk (gr/cm ³ ; 15,6 °C	0,877	0,898	0,875	0,814	0,865	34,0	28,0
Yoğunluk (gr/cm ³ ; 20 °C	0,875	0,895	0,873	0,811	0,862	0,894	0,805
Asit Sayısı (mg KOH/gr)	-	0,024	0,772	0,095	1,365	0,893	0,804
Toplam su (ppm)	2720,2	1078,9	1763,4	353,8	1933,5	0,891	0,802
Kırılma indisi (n)	1,49	1,46	1,47	1,45	1,46	11,93	0,022
Parlama Noktası (Kapalı Kap) (°C)	200	186	122	111	88	2680,6	417,1
pH (25°C, doğrudan)	8,35	3,6	6,4	4,36	9,05	1,45	1,45

Tablo.2’de verilen analizlerden kinematik viskozite, yoğunluk, toplam asit sayısı, toplam su, kırılma indisi, parlama noktası ve pH sonuçları verilmiştir.

Gaz Kromatografisi

Gaz kromatografisi (GC) analizi; kromatografik ayırmada, maddeler karışmayan iki faz arasında dağılırlar. Fazlardan biri hareketli faz diğeri sabit fazdır. Hareketli fazda daha çok dağılıma uğrayan maddeler daha hızlı hareket ederken sabit fazda dağılımı yüksek olan maddeler daha yavaş hareket ederler. Kolon olarak adlandırılan birbirine yakın gözenekli partiküller sabit faz olarak tanımlanır. Hareketli faz ise bu partiküller arasındaki boşluğu doldurur. Hareketli faz kolon boyunca maddeleri sürükler. Kolondan çıkan her maddenin konsantrasyon profili pik olarak adlandırılır, piklerin oluşturduğu tabloya da kromatogram adı verilir.

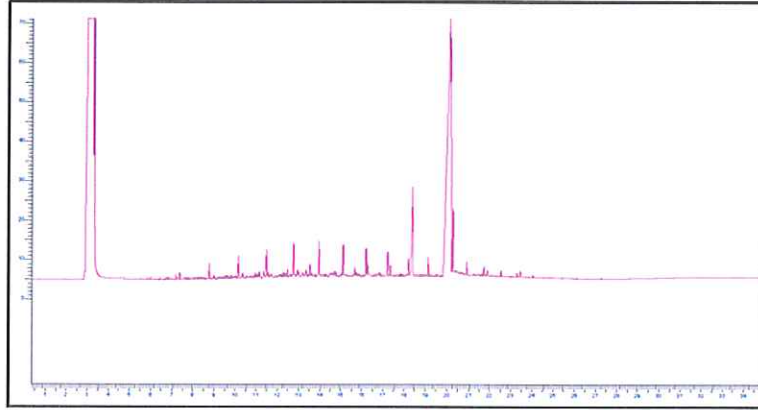


Şekil 5. Gaz kromatografi cihazları

Tablo.3 Bitkisel Esaslı ürünleri GC analiz sonuçları

Yağ Asidi Kombinasyonu	SYK2	SYK3	SYK5	SYK6
Palmitic acid	9,32	6,28	6,07	16,05
Stearic acid	3,14	3,45	4,64	7,65
Oleic acid	34,79	19,54	35,33	33,36
Linoleic acid	43,38	46,25	16,09	33,92
α -Linoleic Acid	4,93	2,2	4,23	1,44
Diğer	4,44	22,28	33,64	7,58

Tablo.3 'te bitkisel esaslı ürünlerin raf ömrü tayininde yağ asidi değişikliği takip edilecektir.



Şekil 6. SKY3 katkı malzemesi destilatı kromatogramı yatay eksen zamanı (dakika) dikey eksen ise dedektör sinyalini (mV) temsil eder.

Destilasyon

Petrol ürünleri karakterizasyon metodlarından birisi de destilasyondur. Destilasyon ile elde edilen kaynama noktası eğrisi molekül ağırlığı, yoğunluk ve kritik diğer özelliklerin temelini oluşturur. Katkıların destilasyon karakteristiği, onların zararları ile ilgili bilgi veren aynı zamanda katkıların sınıflandırılmasında kullanılacak olan önemli bir parametredir.

Destilasyonunun temeli olan uçuculuk soğuk asfalt katkıları için de ayırt edici bir parametre olduğundan soğuk asfalt katkıları basit destilasyon yöntemi ile destile edilmiştir. Bu amaçla sıvı katkıların destilasyonun atmosferik koşulda ya da vakum altında yapılmasının belirlenmesi için numunelerden rastgele SYK3 seçilerek laboratuvar deneylerine başlanmıştır.

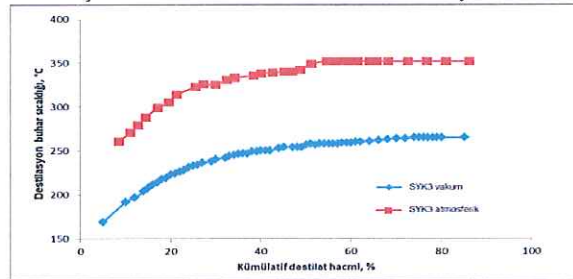
SYK3 Atmosferik ve Vakum Destilasyonu

Atmosferik destilasyon ASTM D86 standardına, vakum destilasyonu ise ASTM D1160-15 standardına göre yapılmıştır.

Sistem; katkının bulunduğu bir cam balonun ısıtıcı üzerinde ısıtılması, sıcaklığın etkisiyle buharlaşan uçucuların soğutmalı cam kolondan geçerek yoğunlaşması ve bir mezür içinde toplanması için gerekli araçlardan oluşmuştur. Destilat sonrası çıkan ürün kırmızı daire içerisinde görülmektedir.



Şekil 7. Asmosferik Vakum Destilasyon cihazı



Şekil 8. SKY3 Asmosferik ve Vakum Destilasyon sonuçları

Şekil 8 incelendiğinde destilasyon karakterinin vakum altında ve atmosferik destilasyonda aynı numune için benzer olduğu görülmüştür. Ancak destilasyon sırasında sıvı sıcaklıkları karşılaştırıldığında aynı miktarda destilatın toplanması için vakum altında düşük sıvı sıcaklıkları yeterli iken atmosferik destilasyonda sıvı sıcaklıkları 424°C'ye kadar çıkmıştır. Diğer numunelerle yapılan ön denemelerde destilasyon için gerekli buhar sıcaklıklarına çıkabilmesi için çok yüksek sıvı sıcaklıklarına ihtiyaç duyulduğu gözlenmiştir. Bu sebeple, tüm numuneler için vakum altında destilasyon yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo.4 Vakum destilasyonu sonucu elde edilen farklı sıcaklardaki destilat yüzdeleri

Destilasyon Aralığı (°C)	SYK1	SYK2	SYK3	SYK4	SYK5	SYK6	SYK7
100	-	-	-	-	10	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	20	-	-	-
160	-	-	5	66	-	-	-
180	2	-	-	-	-	-	-
200	4	-	14	68	20	-	-
220	21	-	19	70	24	-	-
225	60	-	-	-	-	-	-
240	-	20	30	94	36	-	-
250	-	-	42	-	84	-	-
260	-	68	61	-	-	-	-
265	-	-	85	-	-	-	-

Tablo.4 incelendiğinde SYK5, SYK3 ve SYK2 katkılarının yaklaşık 250°C, SYK1 katkısının ise 225°C buhar sıcaklığında hacimsel olarak %60-80 arasındaki miktarının distile edilebildiği görülür. SYK4 katkı numunesi ise 150°C ve 240°C civarında buharlaşan iki ayrı malzemenin karışımından oluşmuştur.

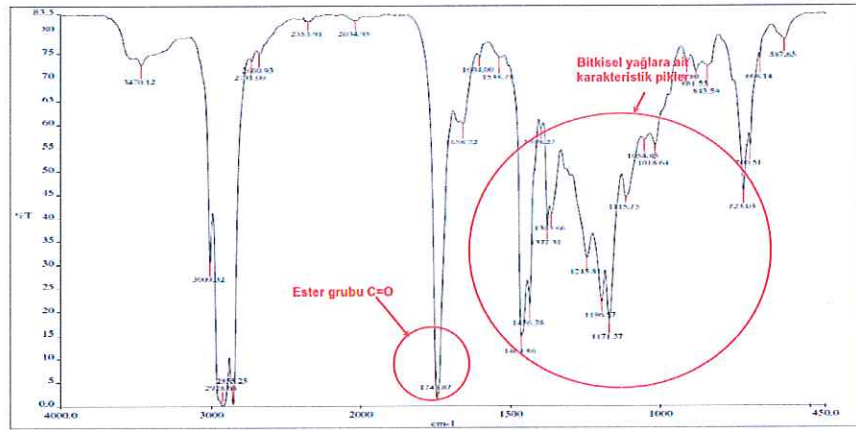
FTIR Yapı Aydınlatma

FTIR spektrum cihazı organik bileşiklerin tanımlanmasında kullanılır. Optik izomerler dışında bütün bileşiklerin IR spektrumu birbirinden farklıdır. IR bölgesi elektromanyetik spektrumun görünür bölgesi ile mikro dalga bölgesi arasında yer alır. Bu bölge 4000-450 cm⁻¹ dalga boyu arasındadır. IR spektrumu organik maddenin strüktürü ile ilgili direkt bilgiler sağlar. Ancak bir maddenin saf olup olmadığı hakkında bilgi vermez.

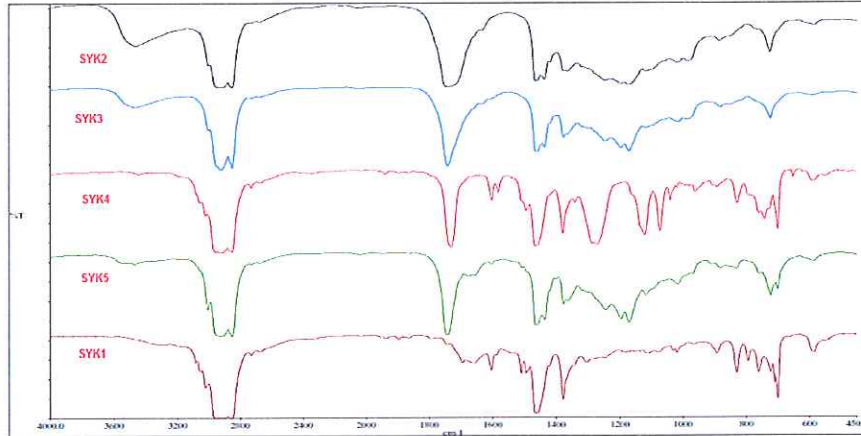
Cam, infraredi kuvvetli olarak absorpladığından deneyler için KBr, AgCl, NaCl veya CaF₂'den yapılmış kaplar veya prizmalar kullanılır. Katı maddeler KBr ile toz haline getirilerek ve belli bir ölçüde preslenerek IR spektrumu alınır veya nujol ve ya

çözeltide incelenir. Bu amaç için çözücü olarak sadece CCl_4 veya CS_2 gibi çok az absorpsiyon bandları gösteren çözücüler kullanılır. Ölçümlerde eğer örnek katı ve film özelliği var ise örnek uygun çözeltide çözülerek çözücüsü uçurulduktan sonra film elde edilir ve bu film FTIR'ın uygun aksesuarına yerleştirilerek çekim için hazırlanır. Eğer örnek film ise film yine FTIR'ın uygun çekim aksesuarına yerleştirilir ve çekime hazır hale getirilir. Yöntem, hesaplama işlemi gerektirmez.

FTIR spekturumunda yatay eksen dalga boyu (cm^{-1}) dikey eksen ise %T temsil eder.



Şekil 9. SKY5 FTIR Spektrumu



Şekil 10. SKY2,SKY3,SKY4,SKY5 ve SKY1 FTIR Spektrumu

Şekiller incelendiğinde SKY2, SKY3, SKY5 ve SKY6 örneklerinin bitkisel yağ esaslı, diğer örneklerin ise kimyasal esaslı olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Araştırma çalışmaları kapsamında yürütülen laboratuvar deney sonuçlarına göre elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- Kromatogram sonuçları incelendiğinde katkı malzemesi ve destilat ürünü sonuçlarının benzer olduğu görülmüştür. Destilasyon işlemi vakum altında yapıldığı ve farklı sıcaklıklarda gelen distilatlar ayrı ayrı toplanmadığı için bu beklenen bir sonuçtur. Gaz kromatografi analizleri destilasyon sonuçları ile de uyumlu olduğu görülmüştür.
- Genel olarak analiz sonuçları değerlendirildiğinde tüm değerler açısından uygun çıkan tek numunenin SYK4 katkı malzemesi olduğu görülmüştür.
- Tüm örnekler incelendiğinde atık madeni yağ kategori belirleme parametreleri ve sınır değerlerine göre fosfor (P) değerlerinin sınır değerlerini karşılamadığı görülmüştür. Soğuk yama katkı malzemelerinin hazırlanmasında atık madeni yağların kullanılması göz önünde bulundurulduğunda bu değerlerin madeni yağlara katılan fosfor esaslı katkı maddelerinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır.
- Soğuk yama katkılarının kimyasal yapısının belirlenmesi amacı ile FTIR analiz yapılmıştır. FTIR analiz sonuçlarından SYK2, SYK3, SYK5 ve SYK6 örneklerinin bitkisel yağ esaslı, diğer örneklerin ise kimyasal esaslı olduğu belirlenmiş ve daha detaylı yapı tanımlanması için Gaz Kromatografi (GC) cihazında analiz edilmiştir. Bitkisel esaslı ürünlere TÜBİTAK MAM Gıda Enstitüsü'nde yağ asidi kompozisyonu belirleme çalışmaları yapılmış ve ürünlerin madde içeriklerindeki farklılıkların, üretimde kullanılan yağların kaynağının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.
- Destilasyon sonuçları KTŞ 2013'e göre değerlendirildiğinde SYK4 marka numunenin 260-360°C aralığında istenen koşulları sağlamadığı görülmüştür. Destilasyon sonuçları Amerika Queensland MRST19 teknik standardı incelendiğinde atmosferik destilasyonunda fluks yağlar için 350°C'nin altında en az %80'nin toplanması gerektiği bildirilmiştir.

Mevcut çalışmaların geliştirilerek, piyasada en çok kullanılan ticari ürünlerde ilgili ürünleri tanımak adına yapılan çalışmanın devamında Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü Laboratuvarlarında karışım performansının belirlenmesi için gerekli deneylerin yapılması ve uygulama şartnamesinin geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. State of Queensland Department of Transport and Main Roads., (2009) MRTS19 Cutter and Flux Oils, Main Roads Technical Standard,
2. CHATTERJEE S., WHITE R.P., SMIT A., PROZZI J., (2006) Development of Mix Design and Testing Procedures for Cold Patching Mixtures, Center for Transportation Research at the University of Texas.
3. ASTM D 6450-05,(2010) Standard Test Method for Flash Point by Continuously Closed Cup (CCCFP) Tester.
4. ASTM D 7094-16,(2013) Standard Test Method for Flash Point by Modified Continuously Closed Cup (MCCCFP) Tester.
5. ASTM D86-16a, (2016) Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure.
6. ASTM D1160-18, (2018) Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure.
7. ASTM D 5002,(2005) Standard Test Method for Density and Relative Density of Crude Oils by Digital Density Analyzer.
8. ASTM D 6595-00,(2005) Standard Test Method for Determination of Wear Metals and Contaminants in Used Lubricating Oils or Used Hydraulic Fluids by Rotating Disc Electrode Atomic Emission Spectrometry.
9. ASTM D 88,(2013) Standard Test Method for Saybolt Viscosity.
10. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2008) Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği.
11. ISO: 12966-2,(2011), Animal and vegetable fats and oils - Gas Chromatography of Fatty Acid Methyl Esters - Part 2: Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids.
12. Strateji Geliştirme Başkanlığı,(2016) Karayolları Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
13. Karayolları Genel Müdürlüğü, (2013) Karayolu Teknik Şartnamesi.