

TÜRKİYE'DE SATHİ KAPLAMALARDA KULLANILAN BİTÜMLERİN PERFORMANS SINIFLARININ BELİRLENMESİ

Ahmet SAĞLIK*, Ebru ARIKAN ÖZTÜRK**

* KGM AR-GE Dairesi Bşk., Üstyapı Şubesi Müd.

**Gazi Üniversitesi Trafik Planlaması ve Uygulaması A.B.D.

asaglik75@gmail.com, eozturk@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 18.04.2013; Kabul/Accepted: 18.09.2014)

ÖZET

Bitüm endüstrisi hızlı bir şekilde bitümün; yüksek, orta ve düşük sıcaklık olmak üzere maruz kalabileceği bütün sıcaklık şartlarında, performansının, fiziksel özelliklerinden ziyade mekanik ve reolojik özelliklerine bağlı olarak test edildiği bitüm sınıflamasına doğru yönelmektedir. Türkiye'de ise halen tek bir sıcaklıkta yapılan penetrasyon deneyine bağlı sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Kırıkkale, İzmit, Alağa ve Batman rafinerilerine ait farklı penetrasyon sınıfındaki bitümlerin, Teksas Karayolu İdaresi tarafından geliştirilen "Sathi Kaplamalı Yollar İçin Performans Sınıfı Bitümlü Bağlayıcı Şartnamesi"ne göre SPG (Surface Performance Grade) performans sınıfları tespit edilmiş ve maksimum-minimum kaplama sıcaklıklarına göre Sathi kaplamalarda hangi bitümün kullanılabileceğini gösteren SPG bitüm seçim tablosu oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Sathi Kaplama, sathi kaplama performans sınıfı, SUPERPAVE

DETERMINATION OF THE PERFORMANCE-GRADES OF SURFACE TREATMENT BINDERS IN TURKEY

ABSTRACT

Bitumen industry inclines rapidly to grading of the performance of bitumen for all temperature conditions that may affect bitumen such as high, medium, and low temperatures by tests depending on mechanical and rheological properties rather than physical properties. Contrarily in Turkey, the grading system that depends on the penetration test for one single temperature value is still being utilized. In this study, Surface Performance Grades (SPG) are determined according to "Performance-Graded Binder Specification for Surface Treatments" developed by Texas Highway Department; and SPG bitumen selection table that shows which bitumen can be used in the surface treatments is established according to the maximum and minimum pavement temperatures for different penetration grade's bitumen samples belonging to Kırıkkale, İzmit, Alağa, and Batman refineries.

Keywords: Surface treatment, surface performance grade (SPG), SUPERPAVE

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bitümlü bağlayıcıların tanımlanmasında penetrasyon değerine bağlı bir sınıflama sistemi, söz konusu bitümün 25°C'den farklı sıcaklıklardaki davranışı konusunda çok sınırlı ölçüde bilgi vermekte, yük altındaki davranışı hakkında ise hiçbir bilgi vermemektedir [1]. Geleneksel sınıflandırma sistemlerinin bu yetersizlikleri nedeniyle, Amerika Birleşik Devletleri'nde, Stratejik Karayolu Araştırma Programı çerçevesinde, performans esaslı

SUPERPAVE (SUPERior PERforming Asphalt PAVements) bağlayıcı sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir [2]. SUPERPAVE yönteminde bitümler, sıcaklık koşullarında gösterdikleri performanslara göre sınıflandırılmıştır. Bu nedenle, bu tür bitümlere "Performans Sınıfı (Performance Grade-PG)" bitüm adı verilmiştir. Sistemde, bağlayıcının tanımlanması için yapılan deneylerde bitümden beklenen özellikler ayırdır. Ancak bu özelliklerin beklendiği sıcaklıklar farklılık gösterir. Yani, performans sınıfı bitümlerde fiziksel özellikler

sabit kalır; ancak, bu özelliklerin elde edileceği sıcaklıklar kaplamanın yapılacağı yerdeki iklim şartlarına göre farklılık gösterir. PG simgesini takip eden rakamlar, bağlayıcının hizmet vereceği yerdeki ortalama en yüksek ve ortalama en düşük kaplama sıcaklıklarını göstermektedir [2, 3].

Sathi kaplama ile Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) kaplamaların dizayn ve yapım yöntemleri birbirinden farklıdır. Ayrıca her iki kaplama türünün maruz kaldıkları bozulma türleri ve bozulma kriterleri de farklılık göstermektedir. PG bitüm sınıflaması BSK tabakalarında kullanılan bitümler için geçerli olup, bu sınıflamanın sathi kaplama uygulamalarında aynı kullanılması uygun değildir. Sathi kaplamalarda kullanılan bitümlerin performans sınıflarını belirlemek üzere, 2000 yılında Teksas Karayolu İdaresi tarafından bir araştırma projesi gerçekleştirilmiş ve bu konuya yönelik bir şartnamenin ilk versiyonu yayınlanmıştır. Daha sonra arazi çalışmaları ile birlikte arazi kalibrasyonu yapılmış ve 2005 yılında şartname, ikinci bir rapor olarak yayınlanmıştır. Sathi kaplama bitümü performans sınıflaması olarak (Surface Performance Grading-SPG)” adlandırılan bu sınıflama şartnamesinin 2005’teki son versiyonu da taslak olup, henüz SUPERPAVE ve AASHTO standartlarında yer almamaktadır [4, 5, 6].

Sathi kaplamalı yollarda kullanılan bitümlü bağlayıcının özellikleri; yolun ömrünü, hizmet seviyesi ve maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Türkiye’de Karayolları Genel Müdürlüğü’nün sorumluluğundaki karayollarının büyük bir bölümünü (%70-2013 yılı itibarı ile) oluşturan sathi kaplamaların bitüm seçiminde, penetrasyon değerine bağlı bir sınıflama sistemi kullanılmaktadır. BSK kaplamalarda olduğu gibi sathi kaplamalarda da doğru bitüm seçiminin önemi büyüktür.

Türkiye’de BSK ve sathi kaplamalarda kullanılacak bitümler ile farklı bitümlerin SUPERPAVE sistemine göre sınıflandırılmasına yönelik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kaşak, S. ve diğerleri (2004) çalışmalarında; bitümlü kaplama tabakalarında sürüş güvenliği ile konforunu artırmak, bakım ve onarım maliyetlerini azaltmak amacıyla, TS 1081 EN 12591 standardında yer alan bitüm sınıfları seçiminin, kaplamanın yapılacağı bölgenin iklim koşulları göz önünde bulundurularak yapılması gerektiğini ifade etmişler ve Türkiye’deki bölgelerin iklim özelliklerine göre, BSK ve Sathi Kaplamalarda kullanılacak öneri bir bitüm sınıfı tablosu oluşturmuşlardır (Tablo 1) [7].

Ahmedzade, P. ve diğerleri (2008) çalışmalarında; TÜPRAŞ rafinesinden elde edilen iki sınıf bağlayıcı (B 70/100 ve B 100/150) üzerinde Dinamik Kayma Reometresi (DSR) deneyini uygulayarak tekerlek izi

dayanımı bakımından Bingöl için uygun bağlayıcıyı belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma ile B 70/100 bağlayıcısının bölge hava şartlarında tekerlek izi dayanımı bakımından uygun olduğu, B 100/150 bağlayıcısının ise uygun olmadığı belirlenmiştir [8].

Tablo 1. Kaşak, S.’ye göre bitüm sınıfı seçim tablosu [7] (Bitumen selection table according to Kaşak, S.)

Bitüm sınıfı		Bitümün kullanılacağı Yerler
BSK için	Sathi kaplama için	
B 40/60 B 50/70	B 70/100	Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü kesimler ve Güney Doğu Anadolu’nun güney kesimleri.
B 50/70	B 100/150	Karadeniz, Marmara, İç Anadolu, İç Batı Anadolu, Güney doğu Anadolu’nun kuzey kesimleri, Doğu Anadolu’nun batı kesimleri.
B 70/100	B 100/150	Yukarıda belirtilen bölgelerin çok soğuk kesimleri ile Doğu Anadolu’nun soğuk ve yüksek kesimleri.

Kuloğlu N. ve diğerleri (2008) çalışmalarında; TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen dört farklı penetrasyon sınıfındaki asfalt çimentosunun (B 50/70, B 70/100, B 100/150 ve B 160/220) SUPERPAVE sistemine göre tekerlek izi dayanımları ve yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerini, Dinamik Kayma Reometresi (DSR) ile belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma ile SUPERPAVE sistemine göre tekerlek izine karşı dayanım parametresi bakımından bağlayıcıların; yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerinin, yüksek penetrasyondan düşük penetrasyona doğru (PG 58, PG 64, PG 64 ve PG 70) olduğu belirlenmiştir. DSR deneyleri sonucunda B 70/100 ve B 100/150 bitümlü bağlayıcılarının penetrasyon sınıflandırmasına göre farklı sınıflarda yer almalarına rağmen, SUPERPAVE sistemine göre aynı performans seviyesinde yer aldıkları tespit edilmiştir [9].

Sağlık, A., (2009) tarafından yapılan, “Türkiye’de Üretilen Rafineri Bitümlerinin Karayolu Üstyapılarında Kullanımı İçin Performans Sınıflarının Belirlenmesi” başlıklı Yüksek Lisans tez çalışmasında, Kırıkkale, İzmit, Batman ve Aliğa rafinerilerine ait farklı penetrasyon sınıfındaki bitümlere, SUPERPAVE Performans Sınıflama Sisteminin öngördüğü deneyler uygulanmış ve BSK tabakasında kullanılacak bitümlerin PG performans sınıfları, AASHTO M320 Şartnamesine uygun olarak belirlenmiştir [1].

Geçkil, T. ve diğerleri (2011) çalışmalarında; uygulama bölgesi olarak seçtikleri Elazığ için, Meteoroloji İl Müdürlüğü hava sıcaklık veri tabanı kullanılarak SUPERPAVE sistemine göre uygun

Performans Dereceli (PG) bağlayıcı sınıfını seçmiş ve seçilen bağlayıcının performans seviyesini ölçerek uygunluğunu araştırmışlardır. Çalışmada, TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen B 70/100 ve B 160/220 penetrasyon sınıfındaki iki bağlayıcıdan B 70/100 bağlayıcısının Elazığ bölge iklim şartlarında tekerlek izi ve düşük sıcaklık çatlağı dayanımı bakımından uygun performans özellikleri gösterdiği, B 160/220 bağlayıcısının performans özelliklerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir [10].

Arslan ve diğerleri (2011, 2012a, 2012b, 2013) trietilenglikol esaslı polibor bileşiği ve organik esaslı sentetik metal bileşikler ile modifiye edilmiş bitümün, Çubuk ve diğerleri (2009) ise epoksi reçinesi modifiyeli bitümün, BSK performansını arttırdığını belirtmişlerdir [11, 12, 13, 14, 15]

Bu çalışmada, Sathi Kaplamalı Yollar İçin Performans Sınıfı Bitümlü Bağlayıcı Şartnamesine göre, Kırıkkale, İzmit, Aliağa ve Batman rafinerilerine ait farklı penetrasyon sınıfındaki bitümlerin SPG performans sınıfları tespit edilmiş, maksimum-minimum kaplama sıcaklıkları belirlenmiş sathi kaplamalı bir yolda, hangi bitümün kullanılabileceğini gösteren SPG Bitüm Seçim Tablosu oluşturulmuştur.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Türkiye’de petrol, Kırıkkale, İzmit, Aliağa (İzmir) ve Batman olmak üzere başlıca dört rafineride işlenmektedir. Çalışmada Kırıkkale, İzmit ve Batman rafinerilerine ait B 50/70, B 70/100 ve B 160/220 penetrasyon sınıfı bitümler ile Aliağa rafinerisine ait B 50/70, B 100/150 ve B 160/220 penetrasyon sınıfı bitümler kullanılmış olup, söz konusu bitümlü bağlayıcılara, orijinal bitüme yapılan dönel viskozite deneyi (Rotational Viscometer RV) ile dinamik kesme deneyi (Dynamic Shear Rheometer, DSR) ve sadece basınçlı yaşlandırma kabı deneyi (Pressure Aging Vessel, PAV) ile yaşlandırılan bitüme yapılan kırış eğilme deneyi uygulanmıştır. Söz konusu deneyler, Karayolları Genel Müdürlüğü Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvarında yapılmıştır. Bitüm numunelerine uygulanan deneyler ve ilgili deney standartları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tektaş Karayolu İdaresi tarafından geliştirilen ve Tablo 3’de verilen SPG şartnamesinde görüldüğü gibi, performans deneyleri; orijinal bitüme yapılan dönel viskozite deneyi ile DSR deneyi ve sadece PAV ile yaşlandırılan bitüme yapılan BBR deneyidir. SPG şartnamesinde, RTFOT ile yaşlandırma kaldırılmıştır. Emülsiyon kullanıldığı durumlarda, uygulama sıcaklığının düşük olduğu penetrasyon sınıfı bitüm kullanıldığında ise sathi kaplama uygulamasındaki serpmiş işleminin çok daha hızlı bir şekilde yapıldığı ve bitümün inşaat öncesinde BSK uygulamasından

çok daha kısa bir süre yüksek sıcaklığa maruz kaldığı kabul edilmektedir [1, 4].

Tablo 2. Deneyler ve deney standartları (Tests and test standards)

Deneş Adı	Kullanım amacı	Deneş Standardı
Dönel Viskometre (RV)	İşlenebilirlik sıcaklığı	AASHTO T 316 ASTM D 4402
Dinamik Kesme Deneş (DSR)	Yüksek sıcaklıktaki davranış	AASHTO T 315
Basınçlı Yaşlandırma Kabı (PAV)	Uzun dönemli yaşlanma	AASHTO R28-02 TS EN 14769
Kırış Eğilme Deneş (BBR)	Düşük sıcaklıktaki davranış	AASHTO T 313

PG bitüm sınıflama sisteminde dönel viskozite deneyi, yeterli pompalama ve taşıma kapasitesini temin etmek amacıyla, tüm bitüm sınıfları için 135°C sıcaklıkta yapılmaktadır. Sathi kaplamalarda bitümlerin püskürtme sıcaklığı, bitümün kıvamına göre çok değişken olması nedeniyle çok daha geniş bir sıcaklık aralığında ısıtıldığından, SPG şartnamesinde değişken deneş sıcaklığı kullanılmıştır. Bitüm püskürtme sıcaklığının 0,10 ila 0,15 Pa.s (Pascal saniye) bir viskoziteye tekabül ettiği kabul edilmiştir [1].

SUPERPAVE ve SPG şartnamelerine göre bitümlerin performans sınıflaması yapılırken gerçekte bir deneme yanılma metodu takip edilmektedir. Bitümün önceden performans sınıfı bilinmediğinden, yaklaşık tahmin edilen bir sıcaklık değerinde deneşlere başlanır. Başlangıç deneş sonucunun gerekli şartname değerlerini sağlayıp sağlamaması durumuna göre bir sonraki deneş sıcaklığı belirlenir. Eğer başlangıç deneş sonucu şartname değerlerini sağlıyorsa sağlamadığı sıcaklığa kadar, sağlamıyorsa sağladığı sıcaklığa kadar deneş sıcaklığı altışar derece ara ile değiştirilir, böylece kritik sıcaklık değeri bulunmuş olur [1, 3].

3. DENEŞ SONUÇLARI (TEST RESULTS)

Kırıkkale, İzmit, Aliağa ve Batman rafinerilerine farklı penetrasyon sınıfındaki bitümlere, SPG şartnamesinde öngörülen performans deneşleri uygulanmış olup, deneşlere ait sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

3.1. Bitümlerin Yüksek Sıcaklık Performansları (High Temperature Performance of Bitumens)

SPG sınıflamasında, yüksek sıcaklıklarda orijinal bitüm üzerinde yapılan DSR deneşinde 10 rad/s frekans ve %10-12 deformasyon seviyesi kullanılmaktadır.

Tablo 3. Sathi kaplamalı yollar için performans sınıfı bitümlü bağlayıcı şartnamesi [4] (Performance-graded specification for surface treatment binders)

Performans Sınıfı	SPG 58			SPG 61			SPG 64			SPG 67			SPG 70			SPG 73		
	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22
7 Gün Maks.Kaplama Dizayn Sıcaklığı, °C	<58			<61			<64			<67			<70			<73		
Minimum Kaplama Dizayn sıcaklığı, °C	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22
ORJİNAL BİTÜM																		
Viskozite, ASTM D4402 Maksimum 0,15 Pa.s Minimum 0,10 Pa.s Deney Sıcaklığı, °C	≤205			≤205			≤205			≤205			≤205			≤205		
Dinamik Kesme, AASHTO TP 315 G*/sinδ ≥ 0,65 kPa Sıcaklık @ 10 rad/s, °C	58			61			64			67			70			73		
PAV DENEY KALINTISI (PP 1)																		
PAV Deney Sıcaklığı, °C	90			100			100			100			100 (110)			100 (110)		
Sünme Sertliği, AASHTO TP 313 S ≤500 MPa, m ≥ 0,240 Sıcaklık @ 8s, °C	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22

Tabloda örnek olarak 6 SPG sınıfı gösterilmiştir. Sıcaklık aralıkları düşük sıcaklıklarda 6 °C, yüksek sıcaklıklarda 3 °C olmak üzere her iki yönde uzatılabilir.

Tablo 4. Dene sonuçları tablosu (Table of test results)

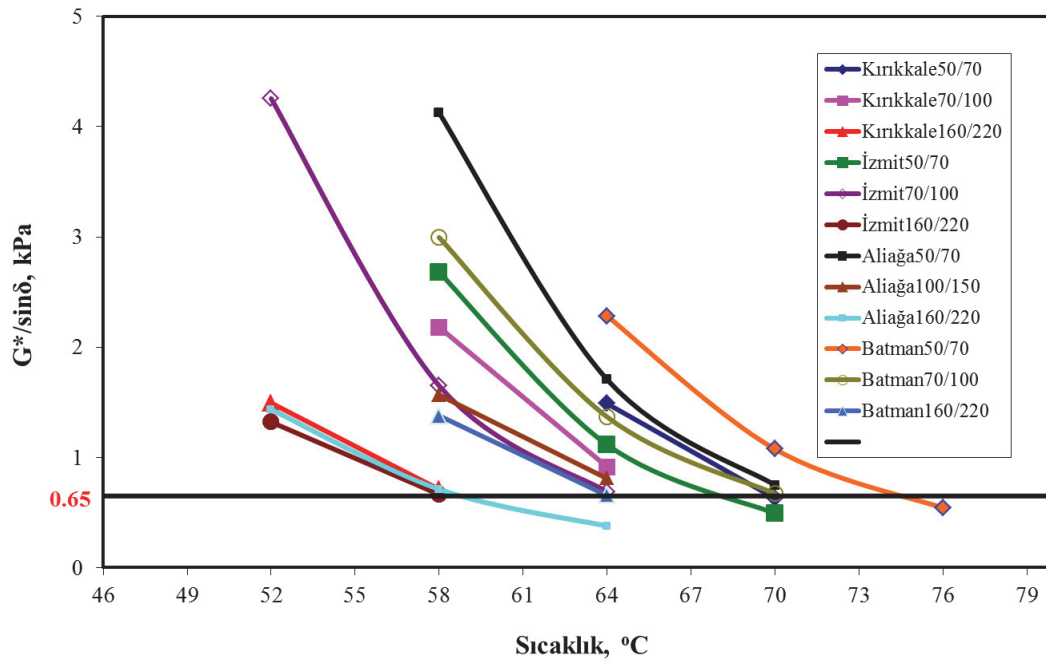
Rafineri		Kırıkkale			İzmit			Aliğa			Batman				
		B 50/70	B 70/100	B 160/220	B 50/70	B 70/100	B 160/220	B 50/70	B 100/150	B 160/220	B 50/70	B 70/100	B 160/220		
Orjinal Bitüm Deneyle ri	Penetrasyon Sınıfı	Penetrasyon													
		66	73	180	71	97	190	59	117	198	70	95	184		
	Yumuşama Noktası, °C	48,8													
		48	48	40	51,4	48	39,6	49,8	46,5	40	50,8	47	40,4		
	Penetrasyon İndeksi, PI	-0,85													
		-0,85	-0,81	-0,52	0,021	0,020	-0,452	-0,868	0,192	-0,0812	-0,171	-0,340	-0,246		
	RV 135°C, 20 rpm	Viskozite, cP			372,5	332,5	165	407,5	297,5	200	540	407,5	235		
		Kesme Gerilmesi SS			69,3	61,8	30,7	75,8	55,3	37,2	100,4	75,8	43,7		
	DSR	Sıcaklık (G*/sinδ > 0,65 kPa), °C			69,8	68,5	58,1	70,6	65,3	59,1	74,8	70,2	64		
		Yüksek Sıcaklık PG Sınıfı			67	64	58	70	64	58	73	70	64		
PAV	Rijitlik, S (≤500MPa, 8 sn)	-12 °C			248	177	142	344	272	-	480	153	-		
		-18 °C			465	344	281	535	501	362	774	255	240	162	
	-24 °C			-	-	496	-	858	574	-	-	387	271		
	m değeri (≥0,240, 8 sn)	-12 °C			0,285	0,290	0,332	0,275	0,265	-	0,228	0,315	-	-	
		-18 °C			0,224	0,231	0,289	0,202	0,232	0,270	0,173	0,276	0,268	0,256	0,300
	-24 °C			-	-	0,212	-	0,150	0,225	-	-	0,236	0,197	-	0,230
SPG BİTÜM SINIFI		67-16	64-16	58-22	67-16	64-16	58-22	70-10	64-22	58-22	73-22	70-22	64-22		

SPG şartnamesinde, bitümlerin yüksek sıcaklıklarda meydana gelen bozulmalara karşı dayanımı DSR deneyi ile tespit edilen $G^*/\sin\delta$ değerine bağlanmış ve sathi kaplama bitümünün $G^*/\sin\delta$ değerinin en az 0,65 kPa olması istenmiştir [1, 4]. Bu doğrultuda, öncelikle penetrasyon, yumuşama noktası ve 135°C 'de Brookfield dönel viskozite değerleri belirlenen orijinal bitümlere, 6°C 'lik artışlarla DSR deneyleri yapılarak $G^*/\sin\delta$ değerinin 0,65 kPa'dan büyük olduğu en küçük sıcaklık değeri belirlenmiştir. Bitümlere ait $G^*/\sin\delta$ değerinin değişimi Şekil 1’de verilmiştir.

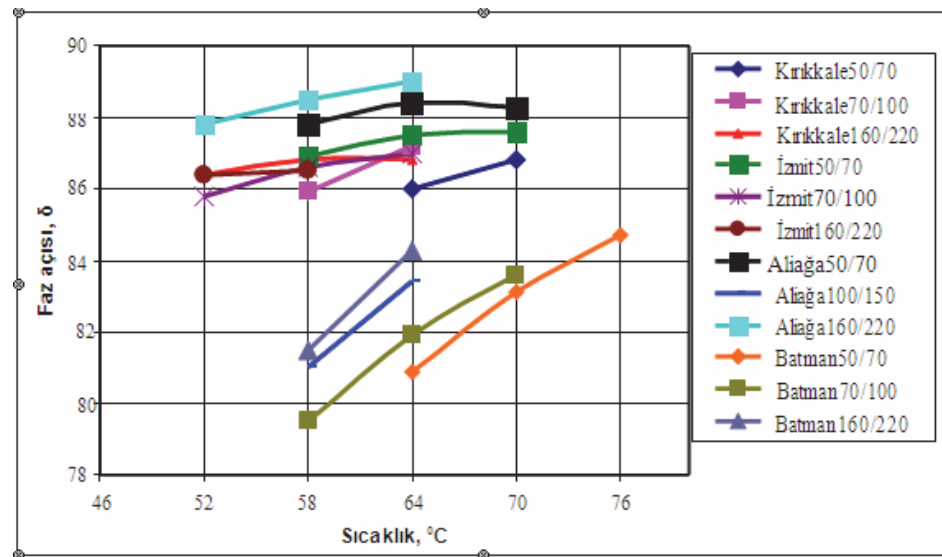
Tablo 4’de verilen DSR deneyi sonuçlarına göre, bitümlere ait yüksek sıcaklık performans sınıfları şu şekildedir: Kırıkkale ve İzmit rafinerilerine ait B 50/70 penetrasyonlu bitümler SPG 67, Kırıkkale

ve İzmit rafinerilerine ait B 70/100 penetrasyonlu, Aliğa rafinerisine ait B 100/150 penetrasyonlu ve Batman rafinerisine ait B160/220 penetrasyonlu bitümler SPG 64, Kırıkkale, İzmit ve Aliğa rafinerilerine ait B160/220 penetrasyonlu bitümler SPG 58, Aliğa rafinerisine ait B 50/70 ve Batman rafinerisine ait B70/100 penetrasyonlu bitüm SPG 70 ve Batman rafinerisine ait B50/70 penetrasyonlu bitüm SPG 73 olarak belirlenmiştir.

Bitümlerin faz açıları, elastik davranış özellikleri bakımından önemli ipuçları vermektedir. Faz açısı ne kadar düşüğe yani deformasyondaki gecikme ne kadar az ise bitümlü bağlayıcı o nispete elastik demektir. Bitümlere ait elde edilen faz açılarının değişimi de Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bitümlerin yüksek sıcaklık $G^*/\sin\delta$ değişimi (Variation of high temperature stiffness of bitumens)



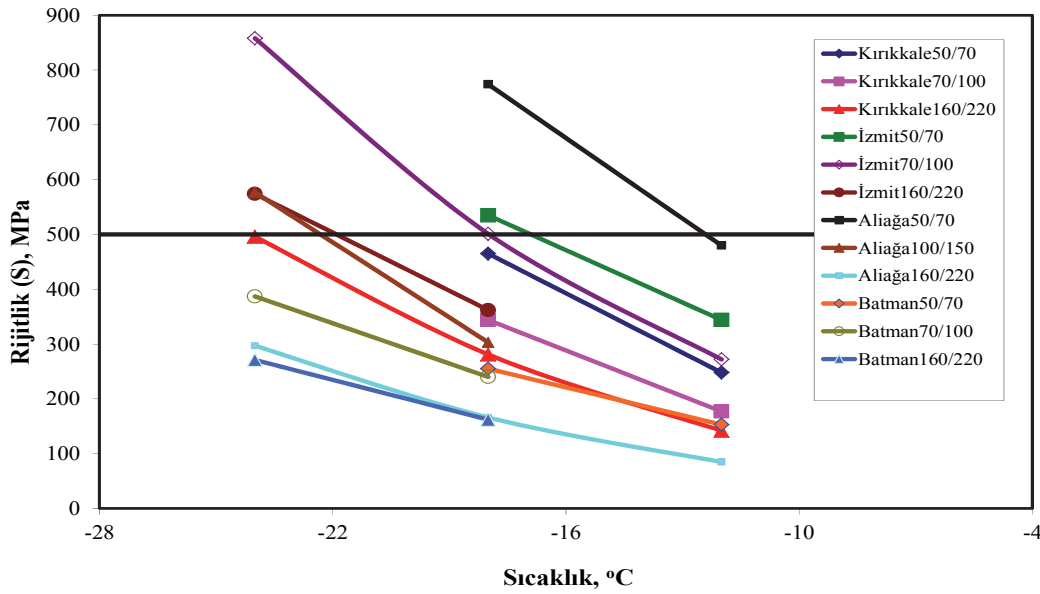
Şekil 2. Bitümlerin yüksek sıcaklık faz açılarının değişimi (Variation of high temperature phase angles of bitumens)

3.2. Bitümlerin Düşük Sıcaklık Performansları (Low Temperature Performance of Bitumens)

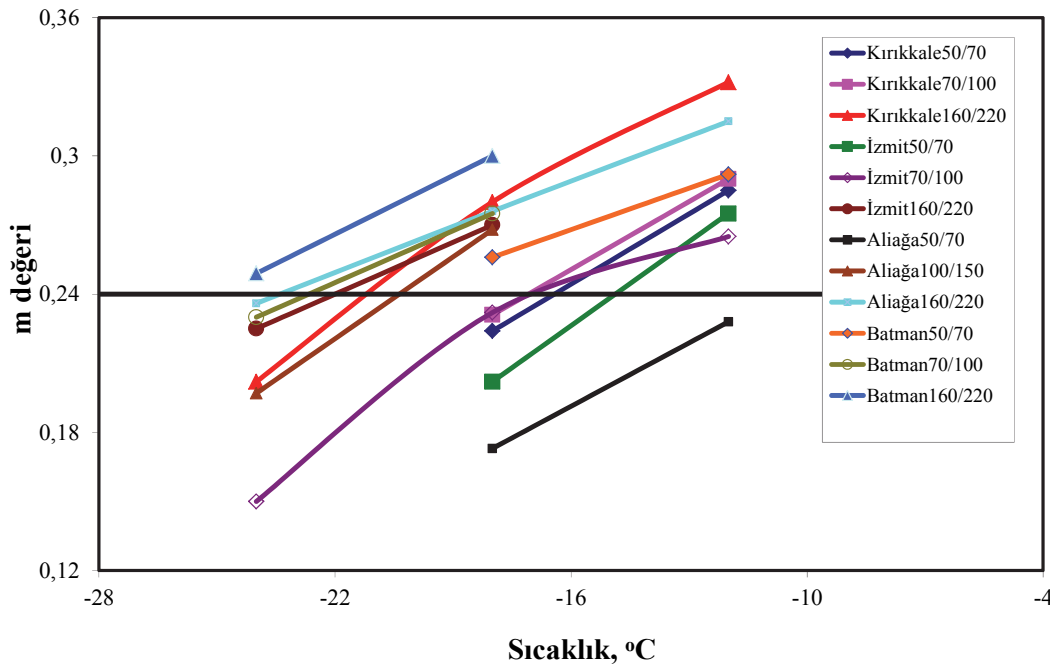
Düşük sıcaklıklarda bitümlü bağlayıcılardan kaynaklanan sathi kaplama bozulmaları aşırı rijitlik nedeniyle agregaya kaybı, agregaya taneleri altında kırılma şeklinde görülmektedir. SPG şartnamesinde de PG şartnamesinde olduğu gibi BBR deneyi esas alınmıştır. Ancak BBR deneyi, SPG sınıflamasında sadece PAV ile yaşlandırılmış bitüme yapılmaktadır. SPG şartnamesine göre BBR deneyinde 8 saniye sonunda rijitliğin maksimum 500 MPa, m değerinin ise minimum 0,240 olması istenmektedir [1, 4]. Çalışmada, 8 saniyelik bir yükleme sonucunda rijitlik modülünün 500 MPa’dan küçük ve m değerinin

0,240’dan büyük olduğu en düşük sıcaklık, düşük sıcaklık SPG sınıfı olarak belirlenmiştir. Deney sonucu bulunan S ve m değerlerinin bitüm sınıfı ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi Şekil 3 ve 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4’de verilen BBR deney sonuçlarına göre, Aliğa rafinerisine ait B 50/70 penetrasyonlu bitümün düşük sıcaklık performans sınıfının SPG-10, Kırıkkale ve İzmit rafinerilerine ait B 50/70 ve B70/100 penetrasyonlu bitümlerin düşük sıcaklık performans sınıflarının SPG-16, diğer bitümlere ait düşük sıcaklık performans sınıflarının ise SPG -22 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Bitümlerin düşük sıcaklıklardaki sünme sertliği değişimi (Variation of creep stiffness at low temperature)



Şekil 4. Bitümlerin m değerinin değişimi (Variation of m values of bitumens)

4. SPG BİTÜM SEÇİMİ TABLOSU (SPG BITUMEN SELECTION TABLE)

Karayolları Genel Müdürlüğü Sathi Kaplama El Kitabında, sathi kaplamalar için her bölgenin iklim şartlarına uygun bitümlü bağlayıcı seçilmesi gerektiği ifade edilmekte, bağlayıcı malzeme seçilirken; kaplama yapılacak bölgenin en yüksek ve en düşük hava sıcaklıkları ve yağış miktarı gibi iklim durumları, tatbik edileceği andaki hava koşulları, güzergâhın trafik hacmi, rutubet ve rüzgâr durumu, tatbik edilecek yüzeyin durumu, tatbik edilecek agreganın tipi, cinsi ve durumu gibi hususların göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir [16].

Bir bölgedeki en yüksek hava sıcaklığını belirlemek üzere öncelikle her yıl için hava sıcaklığının en yüksek olduğu 7 günlük periyot ve bu periyottaki ortalama sıcaklık hesaplanır. En düşük hava sıcaklığını belirlemek için ise her yıla ait bir günlük en düşük sıcaklık belirlenerek yıllara göre ortalaması ve standart sapması hesaplanır. Bu hesaplamalarda 20 yıldan az veriye sahip olan istasyonlar göz önüne alınmazlar [17]. Bitüm performans sınıfının seçilmesinde kullanılacak dizayn sıcaklığı hava sıcaklığı değil, kaplamanın kendi sıcaklığıdır. Bu nedenle, en düşük ve en yüksek hava sıcaklıkları bulunduktan sonra bu sıcaklıkların kaplama sıcaklığına çevrilmesi gereklidir. Bu kaplama sıcaklıklarını hesaplamak için, SPG şartnamesinde yer alan ilgili eşitlikler kullanılır [4].

Çalışmada, en yüksek ve en düşük kaplama sıcaklıkları belirlenmiş bir yolda, hangi performans sınıfı bitümün kullanılacağını tespit edebilmek için, Tablo 4’te sunulan deney sonuçları kullanılarak bir tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan tabloda, deney sonuçlarından elde edilen en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ile SPG şartnamesinde öngörülen sıcaklık aralıkları kullanılmış olup, ilgili sıcaklık aralığında deney sonuçlarına göre kullanılması önerilen bitümler tablo içerisine yerleştirilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5’te farklı bölümlerde gösterilen bitümler, sadece ilgili bölümün bulunduğu maksimum ve minimum kaplama sıcaklıkları için geçerli olmayıp, bitümün ait olduğu SPG sınıfının maksimum sıcaklığından daha düşük ve minimum sıcaklığından daha yüksek olan sıcaklıklar için de geçerlidir. Örneğin sathi kaplama bitümü performans sınıfı SPG 70-22 olan Batman rafinerisine ait B 70/100 sınıfı bitüm, maksimum kaplama sıcaklığı 70°C ve daha düşük sıcaklıklar (67, 64, 61, 58, 55, 52°C) ile minimum kaplama sıcaklığı -22°C ve daha yüksek sıcaklıklar (-16, -10°C) için de kullanılabilir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışmada; Kırıkkale, İzmit, Aliğa ve Batman rafinerilerine ait farklı penetrasyon sınıfındaki bitümlerin, SPG şartnamesine uygun olarak performans sınıfları belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 6’da özetlenmiştir.

Tablo 5. SPG Bitüm Sınıfı seçim Tablosu (Trafik yükü ve süresi dikkate alınmamıştır). (SPG Bitumen Selection Table - Traffic volume and duration were not taken into consideration)

		Maksimum Sıcaklık SPG sınıfı °C							
		52	55	58	61	64	67	70	73
Minimum Sıcaklık SPG Sınıfı °C	-10	Dört rafineriye ait tüm penetrasyon sınıfındaki bitümler			KK 160/220 İZ 160/220 AA 160/200 dışındaki diğer tüm bitümler		KK 50/70 İZ 50/70	AA 50/70	BAT 50/70
	-16	KK 70/100 İZ 70/100							
	-22	KK 160/220 İZ 160/200 AA 160/200		AA 100/150 BAT 160/200		BAT 70/100			
	-28	Modifiye Bitüm							

KK : Kırıkkale Rafinerisi
İZ : İzmit Rafinerisi
AA : Aliğa Rafinerisi
BAT : Batman Rafinerisi

Tablo 6. Bitümlerin SPG performans sınıfları (SPG performance classifications of bitumens)

Bitüm	SPG Sınıfı	
Kırıkkale	B50/70	67-16
	B70/100	64-16
	B160/220	58-22
İzmit	B50/70	67-16
	B70/100	64-16
	B160/220	58-22
Aliğa	B50/70	70-10
	B100/150	64-22
	B160/220	58-22
Batman	B50/70	73-22
	B70/100	70-22
	B160/220	64-22

Kırıkkale, İzmit ve Aliğa rafinerilerine ait bitümler hemen hemen aynı performans özelliklerine sahiptir. Batman rafinerisinden elde edilen bitümler ise diğer rafineri bitümlerine göre daha iyi performans göstermiş ve genel olarak performansı bir sınıf fazla olmuştur.

Türkiye’de üretilen rafineri bitümleri, yüksek sıcaklıklarda 70°C’ye, düşük sıcaklıklarda ise -25°C’ye kadar değişen aralıkta bir performans göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde; Doğu Anadolu Bölgesinin yüksek kesimlerindeki aşırı soğuk bölgeler ile Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin alçak kesimlerindeki aşırı sıcak bölgeler haricinde kalan kesimlerin büyük bir çoğunluğunda, rafinerilerimizden elde edilen bitümlerin herhangi bir modifikasyona gerek duyulmadan kullanılabilir performans özellikleri gösterdikleri görülmektedir.

6. SEMBOLLER (SYMBOLS)

AASHTO : Amerikan Devlet Otoyolları ve Resmi Taşımacılık Birliği
 ASTM : Amerikan Test ve Materyaller Topluluğu
 BBR : Bitüm Kiriş Eğilme Deneyi
 BSK : Bitümlü Sıcak Karışım
 DSR : Dinamik Kesme Reometresi Deneyi
 G* : Elastik Modül
 PAV : Basınçlı Yaşlandırma Kabı Deneyi
 PG : Performans Sınıfı
 RTFOT : Döner İnce Film Isıtma Deneyi
 RV : Dönel Viskometre Deneyi
 SPG : Sathi Kaplama Performans Sınıfı
 SUPERPAVE : Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama
 δ : Faz açısı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sağlık, A., **Türkiye’de Üretilen Rafineri Bitümlerinin Karayolu Üstyapılarında Kullanımı İçin Performans Sınıflarının Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

- “Superpave Mix Design”, **Asphalt Institute**, Superpave Series No: 2 First Edition, Lexington, Kentucky, 1996.
- Sağlık, A., Orhan, F., Güngör, A.,G., **BSK Kaplamalı Yollar için Bitüm Seçim Haritaları**, Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü Yayını, 2012.
- Walubita, L.F., Martin, A.E., Glover, C.J., **A Surface Performance Graded (SPG) Specification for Surface Treatment Binders: Development and Initial Validation**, Texas Transportation Institute, FHWA/TX-05/0-1710-2 Report, Virginia, 2005.
- Martin, A.E., Glover, C.J., Barcena, R., **A Performance Graded Binder Specification For Surface Treatments**, Texas Transportation Institute, FHWA/TX-02/1710-1 Report, Virginia, 2001.
- Vijaykumar, A., Arambula, E., Freeman, T J., Martin, A.E., **Revision and Further Validation of Surface-Performance Graded Specification for Surface Treatment Binders**, Texas Transportation Institute, FHWA/TX-12/0-6616-1, Virginia, 2013.
- Kaşak, S., Eribol, S., Orhan, F., Güngör, A.,G., “Yeni Bitüm Standardı” **4. Ulusal Asfalt Sempozyumu**, Karayolları Genel Müdürlüğü, Yollar Türk Milli Komitesi, Ankara, 405-413, 25-26 Kasım 2004.
- Ahmedzade, P., Yılmaz, M., Geçkil, T., “SUPERPAVE Sistemine Göre Uygulama Bölgesine Uygun Bağlayıcı Seçimi: Bingöl Örneği”, Yıldız Teknik Üniversitesi, **Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences**, Cilt 25, Sayı 4, 338-348, 2008.
- Kuloğlu, N., Mehmet Yılmaz, M., Kök, B.V., “Farklı Penetrasyon Derecelerine Sahip Asfalt Çimentolarının Kalıcı Deformasyona Karşı Dayanımlarının ve İşlenebilirliklerinin İncelenmesi”, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 13, Sayı 1, 81-91, 2008.
- Geçkil, T., Alataş, T., Ahmedzade, P., “Superpave Sisteminde Bölge Meteorolojik Hava Verileri Kullanılarak Performans Dereceli (PG) Bağlayıcı Sınıfı Seçimi”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt 27, Sayı 1, 88-106, 2011.
- Arslan, D., Gürü, M., Çubuk, M.K., Çubuk, M., “Improvement of bitumen and bituminous mixtures performances by triethylene glycol based synthetic polyboron”, **Construction and Building Materials**, Cilt 25, Sayı 10, 3863-3868, 2011.
- Arslan, D., Gürü, M., Çubuk, M.K., “Bitüm ve bitümlü karışımların performans özelliklerinin organik esaslı çinkofosfat bileşiği ile geliştirilmesi”, **Journal of the Faculty of**

- Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 27, Sayı 2, 459-466, 2012a.
13. Arslan, D., Gürü, M., Çubuk, M.K., “Performance assessment of organic-based synthetic calcium and boric acid modified bitumens”, **Fuel**, Cilt 102, 766-772, 2012b.
 14. Arslan, D., Gürü, M., Çubuk, M.K., “Improvement of hot mix asphalt performance in cold regions by organic-based synthetic compounds”, **Cold Regions Science and Technology**, Cilt 85, 250-255, 2013.
 15. Çubuk, M., Gürü, M., Çubuk, M.K., “Improvement of bitumen performance with epoxy resin”, **Fuel**, Cilt 88, Sayı 7, 1324-1328, 2009.
 16. “Sathi Kaplama Uygulama El Kitabı” **Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını**, Basılmamış Kitap, 2012.
 17. Öztürk, E.A., Çubuk, M.K., “Karayolu Esnek Üstyapı Tasarımında Yeni Bir Yöntem: Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 19, Sayı 2, 175-184, 2004.