

## Sıcak Agrega ile Sathi Kaplama Uygulamasının Araştırılması

Cahit Gürer<sup>1\*</sup>, Burak Enis Korkmaz<sup>2</sup>, Şule Yarcı<sup>3</sup>, Mohammad Babour Rahmany<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

\* Sorumlu Yazar

e-posta: [cgurur@aku.edu.tr](mailto:cgurur@aku.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1413-2357>

[eniskorkmaz@aku.edu.tr](mailto:eniskorkmaz@aku.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0266-7581>

[syarci@aku.edu.tr](mailto:syarci@aku.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3144-3448>

[babour.bic@gmail.com](mailto:babour.bic@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-9692>

Geliş Tarihi: 22.03.2019;

Kabul Tarihi: 26.07.2019

### Öz

Ekonomik oluşları, hızlı bir şekilde yapılabilmesi, kısa sürede trafiğe açılabilmesi, kayma direnci yüksek düzgün bir yüzey sağlamaları gibi belli başlı avantajlarından dolayı en çok kullanılan asfalt kaplamaların başında sathi kaplamalar gelmektedir. Türkiye, Güney Afrika, Avustralya, Yeni Zelanda, İngiltere gibi ülkelerde sıkıştırılmış granül zemin üzerine yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle Türkiye'de 67 333 km'yi bulan karayolu ağının 39 333 km'lik önemli bir kısmı sathi kaplamalı yollardan oluşmaktadır. Sathi kaplamalar aynı zamanda bitümlü sıcak karışım kaplamalar için koruyucu ve iyileştirme amaçlı olarak da yaygın kullanılan bir kaplama türüdür. Sathi kaplamaların performansı, yapım öncesinde ve sonrasında, bitümlü sıcak karışımlardan farklı olarak çok sayıda faktörden etkilenebilmektedir. Sathi kaplamalar için literatürde çok farklı yapım teknikleri bulunmaktadır. Fakat Türkiye'de yaygın olarak tek kat ve çift kat sathi kaplama uygulamaları tercih edilmektedir. Sathi kaplamalarda agreganın yapışma performansı yapıldığı yolun trafik hacmi, konumu, tatbik edilen agreganın nominal boyutu ve yapım yöntemi vb. faktörlerden önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında üç farklı tür agrega ve iki farklı bağlayıcı kullanılarak agregaların ısıtılmasının sathi kaplama yapışma performansına olan etkisi Vialit yapışma ve Nicholson soyulma deneyleri ile araştırılmıştır. Sonuçlar, sıcak agrega ile sathi kaplama uygulamasının adezyon performansını iyileştirdiğini göstermektedir.

### Anahtar kelimeler

Sathi kaplama;  
Adezyon; Vialit  
Yapışma Deneyi;  
Isıtılmış Agrega

## Investigation of Chip Seal Application with Heated Aggregate

### Abstract

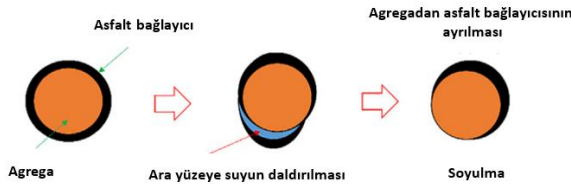
Chip seals (CS) are one of the mostly used asphalt pavement type because of the advantages of low cost, rapidly construct and opened to traffic, high friction and smooth surface properties and etc. It is widely used construct on compacted granular base in countries such as Turkey, South Africa, Australia, New Zealand, England etc. Especially in Turkey, 39 333 km of 67 333 km highway network is formed by chip sealed road pavement. CS is a pavement method which is used also to preventive and maintenance purposes for hot mix asphalt pavements. Performance of chip seals on unbound granular base can be affected by a lot of factors before and after the construction different from hot mix asphalt pavements. Different construction techniques are available in literature for chip sealed road pavements. However single or double layer chip seal applications widely preferred in Turkey. Adhesion between aggregate and bitumen in chip seal applications are significantly affected by many factors such as traffic volume of roads, location of roads, nominal dimension of chips, construction method and etc. In this study, the effect of heating of aggregates by using three different types of aggregates and two different binders on CS adhesion performance was investigated by Vialit adhesion and Nicholson stripping tests. The results show that the CS application with heated aggregate improves the adhesion performance.

### Keywords

Chip Seal; Adhesion;  
Vialite Adhesion Test;  
Heated Aggregate

## 1. Giriş

Sathi kaplamalar 1920'li yıllarda Yeni Zelanda'da uygulanmaya başlanan ve düşük trafik hacimli yollarda yaygın olarak kullanılan hem mevcut bozulmuş bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamaların önleyici bakım onarımında hem de sıkıştırılmış ve astar tatbik edilmiş granüler temel üzerinde kaplama yapımında kullanılan uygun maliyetli bir esnek kaplama türüdür. Sathi kaplamaların performansını etkileyen en önemli parametre agregata ve bağlayıcı arasındaki yapışma olarak da isimlendirilen adezyondur (Güreer 2010, Akıllı vd. 2012). Trafik, iklim ve agregata özellikleri gibi parametrelerin etkisinden dolayı agregata-bağlayıcı arasındaki adezyonun azalmasının bir sonucu olarak sökölme (agregata kaybı) adı verilen bozulmalar meydana gelir. Agregata-bağlayıcı adezyonunu doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek birçok faktör mevcuttur. Örneğin su, asfalt filmi ile agregata arasına nüfuz ederek bağlayıcı ile agregatanın arasındaki adezyon bağı zayıflamasına ve buna bağılı olarak kaplamanın bozulmasına neden olabilir (Gransberg and James 2005, You *et al.* 2019). Şekil 1'de Sathi kaplama uygulamasında agregata-bağlayıcı arasındaki bağı soyulması gösterilmiştir.



Şekil 1. Sathi kaplama uygulamasında soyulma (You *et al.* 2019).

Adezyonu etkileyebilecek diğere faktörler ise;

- Bağlayıcının yetersiz olması,
- Çok düşük yüzey sıcaklığı,
- Serilme sonrası sıcaklıktaki ani düşüş,
- Serilme sonrası yağış,
- Yapım tekniklerinin yetersizliği,
- Tozlu, nemli ve kötü kalitedeki agregata kullanımı,
- Agregata bağlayıcı arasındaki etkileşimdir (Louw *et al.* 2004, Güreer 2010).

Kaplamada kullanılan agregatanın köşeli bir yapıya sahip olması, kaplamanın performansına önemli bir katkı sağlar. Kübik malzeme, birbirine daha uzun süreli kenetlenme ve stabilite sağlama eğilimi gösterdiğinden tercih edilmektedir (Janisch and Gaillard 1998). Hidrofobik (asidik agregalar) ve hidrofilik (bazik agregalar) olarak sınıflandırılan agregata türlerinin de adezyon özelliklerine büyük bir etkisi vardır (Tarrer and Wagh 1991). Sathi kaplama agregalarının yüzeyindeki tozun varlığı, agregata ve bağlayıcı arasında iyi bir yapışmaya izin vermediğinden agregata kaybının bir diğere sebebidir. Bu sorunun üstesinden gelmek için benimsenen en yaygın çözüm, önceden kaplanmış agregaların kullanılmasıdır. Önceden kaplanmış agregata, sathi kaplama işleminden önce, agregatanın genellikle ağırlıkça %0.5 ila %1.5 arasında çok ince bir bitümlü bağlayıcı film ile kaplanmasıdır (Kandhal and Motter 1987, Karaşahin *et al.* 2011). Asfalt bağlayıcılar, kirli veya tozlu agregalara yapışmakta güçlük çekerek, trafiğe açıldıktan sonra agregaların yerinden çıkmasına neden olmaktadır (McLeod 1969).

Türkiye Karayolları Şartnamesine göre 1960'ların başlarında geliştirilen agregata ile bitüm arasındaki adezyon performansını değerlendirmek için Fransız Vialit yapışma deneyi kullanılmaktadır. Genel olarak, bu deney yönteminde, bağlayıcı (çoğu zaman emülsiyon) bir metal plaka üzerine dökülür ve agregalar üzerine düşürülür. Plaka, bağlayıcı ve agregalar araştırmanın amacına bağılı olarak şartlandırılır ve daha sonra plaka ters bir konuma yerleştirilir. Çelik bir bilya, plakanın üzerine belirli mesafeden birçok kez düşürülür ve sonuçta ortaya çıkan toplam kayıp kaydedilir (Jordan and Isaac 2010). Buna ek olarak Texas agregata tutunma testi (Tex-216-F), AustRoads pull-out testi (RTA T-238), Pennsylvania agregata tutunma testi, Sweep testi (ASTM D7000) gibi yöntemler de mevcuttur. Her bir yöntem çeşitli numune üretim sürecine sahip olmakla birlikte bu numuneler farklı şekillerde mekanik enerji uygulamasına tabii tutulurlar (Karaşahin vd. 2011, Rahman *et al.* 2012, Yi *et al.* 2013, Paliukaitė *et al.* 2016, Boz *et al.* 2018).

Agregata ve bağlayıcı arasındaki adezyon hakkında birçok araştırma mevcuttur. Örneğin, Güreer ve

Karaşahin (2014) yaptıkları çalışmalarında beş farklı agrega türü kullanarak tozlu, nemli ve temiz agregalar ile hazırladıkları numuneler üzerinde Vialit yapışma, Modifiye yapışma ve Nicholson soyulma deneyleri yaparak, tozlu ve nemli agregalara ait numunelerin adezyonu olumsuz etkilediğini gözlemlemişlerdir. Louw *et al.* (2004) bağlayıcıların düşük sıcaklık performansını ve Vialit deneyinin uygunluğunu değerlendirmek amacıyla bir dizi bağlayıcı üzerinde çeşitli sıcaklıklarda bir dizi detaylı deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Yaptıkları çalışmada 80/100 penetrasyonlu bitüm ve %3 Styrene Butadiene Rubber (SBR) modifiye bitüm kullanılarak ve 5°C ve 50°C sıcaklıklarda hazırladıkları numuneler üzerinde yaptıkları Vialit yapışma deney sonuçlarında yüksek sıcaklıklarda adezyon özelliğinin olumlu yönde etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, önceden kaplanmış agregalar üzerinde yaptıkları deney sonuçlarına göre adezyon özelliğinde iyileşme gözlemlemişlerdir. Yol yüzeyinden agrega kaybına yol açarak sathi kaplamanın performansına etkiyen önemli problemlerden birisi de tozdur. Agregaya, özellikle kireçtaşı kökenli kırmataş ve hafif agregalarda, ocakta üretilirken yıkanmasına rağmen taşıma ve agregaların işlenmesi sırasında önemli miktarda toz açığa çıkar. Senadheera *et al.* (2006) tozun agrega ve bağlayıcı arasındaki adezyon özelliklerine olan etkisini araştırmak için tozsuz, orta tozlu ve yüksek oranda tozlu üç farklı toz oranında olmak üzere sathi kaplama numunesi hazırlamışlardır. Tozlu agrega numuneleri ile bitüm arasında zayıf bir bağ oluşmaktadır. Akıllı vd. (2012), sathi kaplamalı yolların en çok kullanılan kaplama türlerinden birisi olduğunu belirtmişler ve bu tip kaplamalarda agrega-bağlayıcı adezyonunun performans üzerindeki en etkili parametre olduğunu söylemişlerdir. Çalışmalarında, Vialit adezyon deneyine alternatif bir deney yöntemi olan ve Süleyman Demirel Üniversitesinde geliştirilen Pull-Out deney yöntemi ile adezyon özelliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada, 24 saat sonra çelik levha üzerindeki bitüm numunelerine gömülü agrega numuneleri üzerinde çekme testi gerçekleştirilmiştir. Agregaların maksimum kopma kuvvetleri, çekme gerilmeleri ve bitüm film uzamaları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 13

farklı agrega ve dört farklı bitüm numunesi ile deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, agrega ve bitüm değişkenlerinin adezyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deney sonuçları agrega tipinin adezyon üzerinde etkili olduğunu aynı zamanda modifiye bitüm numunelerinin de adezyon özelliklerini geliştirdiği bununla birlikte farklı modifikatörlerin adezyon üzerinde farklı etkileri olduğu belirlenmiştir. Liu vd. (2018), sonlu elamanlar modeline göre agregaların yüzeye tutunmasında etkili olan faktörleri araştırmışlardır. Araştırmacılara göre sathi kaplama uygulamalarında, agregaların yol yüzeyine tutunması, kaplama performansı açısından kritik bir öneme sahiptir. Agregaya tutunması üzerine yapılan çoğu değerlendirmede, agrega-bağlayıcı adezyonuyla ilgili laboratuvar deneylerine odaklanılmış ancak, tüm bu etkenlere ilaveten araştırılması gereken birçok başka faktörün de mevcut olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı sathi kaplamalardaki agrega-bağlayıcı arasındaki adezyonun, bitüm içerisinde pahalı bir katkı maddesi veya modifiye bitüm kullanmaksızın, sıcak agrega kullanmak suretiyle arttırmak bu sayede sathi kaplama imalat sezonunun uzatılması ve sathi kaplamalardan daha yüksek performans alınmasının sağlanmasıdır. Ayrıca sathi kaplamalarda yapışma performansının artmasıyla bakım ve onarım giderlerinin azalmasına da katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu amaç doğrultusunda üç farklı tür agrega ve iki farklı tür bağlayıcı kullanılarak dört farklı agrega sıcaklığında üçer adet olmak üzere toplamda 90 numune üretilerek Vialit yapışma deneyleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kendi içerisinde karşılaştırılarak ısıtılmış agrega uygulamasının adezyon üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Materyal**

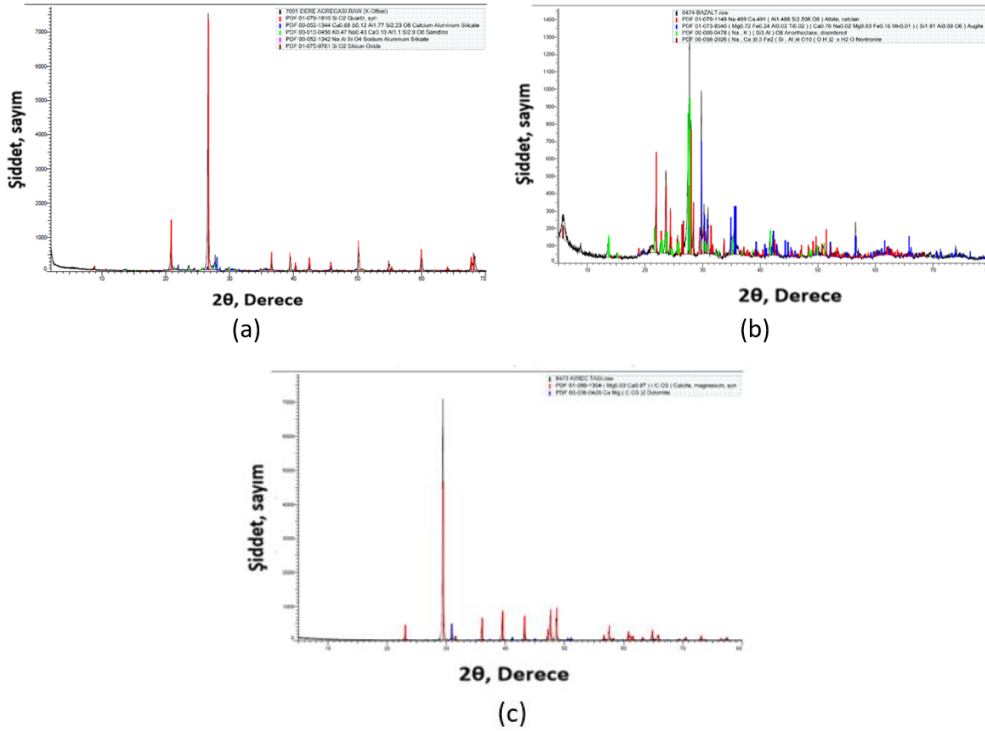
Çalışmada agrega olarak 19-12.5 mm elek aralığında kalan dere, bazalt ve kireçtaşı olmak üzere üç farklı

agrega türü kullanılmıştır. Kireçtaşı kökenli agregalar KOLSAN firmasından, bazalt agregaları Afyonkarahisar Asfalt Tesislerinden ve dere agregası da Afyonkarahisar'dan temin edilmiştir. Dere agregası kırılmamış dere agregasıdır. Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1' verilmiştir.

Agrega numuneleri için ana oksit, iz ve nadir element analizleri yapılmıştır. Agregaya numunelerinden 120'şer gramlık temsili numuneler seçilip yıkanarak kurutulmuşlar, No:200 elekten geçecek şekilde öğütülmüşlerdir. Ana oksit, iz ve nadir element analizi AKÜ Maden Mühendisliği, Doğal Taş Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler (ppm) olarak ölçülmüştür. Agregaların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan agrega numunelerinin XRF analizleri AKÜ TUAM Laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve agrega numuneleri içerisindeki ağırlıklı mineral bileşimleri belirlenmiştir. X-ışını kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına

dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-ışını kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar. X-ışını kırınım cihazıyla kayaların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılabilir (İnt Kyn. 1). Dere, bazalt ve kireçtaşı numunelerine ait AKÜ TUAM Laboratuvarlarında yapılan XRD analizi neticesinde kireçtaşı numunesinde ağırlıklı olarak magnezyum oksit (MgO), kalsit (CaCO<sub>3</sub>) ve az miktarda dolomit [CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] tespit edilmiştir. Bazalt numunelerinde ise ağırlıklı olarak sırasıyla albit [NaCa(AlSi<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)], ojit [(Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>], anortoklaz [(Na,K)AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>] ve nontronit [(CaO<sub>0.5</sub>,Na)O<sub>3</sub>Fe<sub>3</sub>+2(Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O] belirlenmiştir. Dere agregası numunelerinde ise ağırlıklı olarak sırasıyla kuartz (SiO<sub>2</sub>), kalsiyum aliminyum silikat (CaOAlSiO<sub>8</sub>), sanidin (KNaCaOAlSiO<sub>8</sub>), sodyum aliminyum silikat (NaAlSiO<sub>4</sub>) ve silikon oksit (SiO<sub>2</sub>) tespit edilmiştir. Dere, bazalt ve kireçtaşı numunelerine ait XRD spektrumları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Agregaların yüzeyine ait XRD spektrumu, a) Dere. b) Bazalt. c) Kireçtaşı.

Bağlayıcı malzeme olarak ise 50/70 ve 160/220 türü penetrasyon sınıfı bitümler kullanılmıştır.

Kullanılan bitümler TÜPRAŞ İzmir-Aliğa Rafinerisinde üretilmiş olup Afyonkarahisar

Belediyesi Asfalt Üretim Tesisleri ve Afyonkarahisar İl Özel İdaresine ait Asfalt üretim tesislerinden alınmıştır. Kullanılan bitümün özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

## **2.2. Metot**

### **2.2.1. Vialit Yapışma Deneyi**

Sathi kaplama agregaları için agrega-bitüm adezyonunun suyun etkisiyle azalmasını tespit etmek için yapılan bir deney yöntemidir. Bu deney ile agregaların soyulma direnci hakkında da fikir edinilebilir. 19 mm elekten geçip 12.5 mm elek üzerinde kalan agregalar elendikten sonra yıkanmış ve 100 °C’lik etüvde 24 saat kurutulmuştur. Bu suretle toz, nem gibi adezyonu olumsuz etkileyebilecek faktörlerin tüm numuneler için elimine edilmesi sağlanmıştır. Temiz ve kuru numuneler içerisinde yassı ve uzun olmayan kübik şekilli 100 adet agrega ayrılır. Agregaların düşmemesi için, sericinin hemen altına metal plaka yerleştirilir ve mekanik sericinin yüz adet gözünün her birine birer adet kübik agrega numunesi yerleştirilir. Serici içerisindeki agregaların silindirme sıcaklıklarına (80, 90, 110 ve 120 °C) ulaşması için etüve konur. Kullanılacak bitüm deneye başlamadan en az 2 saat önce 145-150 °C’lik sıcaklıktaki etüvde ısıtılır. Ayrıca çelik deney levhaları da 145-150 °C’lik etüvde 30 dakika ısıtılır. Isıtılan levhalar üzerine 40 gr asfalt dökülüp, spatula ile levhanın her tarafına düzgün bir şekilde yayılır. Asfaltlı deney levhası mekanik sericinin altına yerleştirildikten sonra, agrega gözlerinin altındaki metal plaka süratle çekilerek agregaların, 20×20 cm’lik metal plaka üzerindeki asfalt tabakası üzerine serbestçe düşmesi sağlanır. Numuneler silindirme sıcaklıklarına ulaştığında silindirme işlemi yapılır. Silindirme, lastik bandajlı silindir, agrega serilmiş levha üzerinden üç defa bir yöne ve üç defa da buna dik yönde olacak şekilde altı geçiş ile yapılır. Şekil 3’de Vialit deneyi aşamaları görülmektedir.

Silindirilmiş deney levhaları oda sıcaklığında bir saat bekletildikten sonra 35 °C’lik su banyosunda 24 saat bekletilir. Daha sonra bilya düşürme platformu, ayar vidaları yardımı ile yatay duruma getirilir. Banyodan çıkarılan deney levhası, agregalar alta gelmiş olarak platformun üç sivri ucunun üzerine yerleştirilir. Bilya, 50 cm yükseklikteki hafif eğimli kısmında serbestçe bırakılarak levhanın tam ortasına 10 saniye ara ile 3 defa düşürülür. Düşürüldükten sonra levha yerinden çıkarılır ve düşen agregalar sayılır. Düşen agrega sayısı, toplam mıcır sayısının yüzdesi olarak hesaplanır. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) (2013)’e göre bu değer 12’den küçük olmalıdır (Önal ve Kahramangil 1993, Gürer ve Kardeşin 2014).

### **2.2.2. Nicholson Soyulma Deneyi**

Nicholson deney yöntemi için kırılmış agrega numunesinin 9.5-4.75 mm veya 4.75-3.35 mm’lik elekler arasında kalan kısmından yaklaşık 200 gr kullanılır. Deney numunesi iyice yıkanıp saf su ile birkaç kere çalkaladıktan sonra 110 °C lik etüvde kurutulur. Yıkanmış kuru agregadan 30±0.5 gr alınarak 1 saat 110 °C lik etüvde bekletilir. Diğer taraftan 1.5±0.1 gr bitümlü malzeme, 250 cm<sup>3</sup> beher içinde 110 °C lik etüvde ısıtılır. Bitümlü malzeme eriyince etüvde ısıtılmış agrega hızlı bir şekilde sıcak beher içine dökülür ve yine ısıtılmış cam bagetle bütün agrega tanelerinin üzeri homojen bitüm filmiyle kaplanıncaya kadar sıcak bir yüzey üzerinde iyice karıştırılır. Bundan sonra bitümlü agrega beher içinde kür işlemine tabi tutulmak üzere 24 saat 60 °C’lik etüvde, beher içinde tutulur. Bu sürenin sonunda beher etüvden çıkarılıp, içindeki bitümlü kaplanmış agrega numuneleri 10 cm çapındaki petri kaplarına aktarılır.

Bitümlü kaplanmış agregaların üzeri bagetle çok hafif darbelerle düzeltilir ve 10 dakika laboratuvar sıcaklığında bekletilir. Şekil 4’te petri kabına aktarılmış numuneler görülmektedir. Daha sonra

**Çizelge 1.** Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri.

Agrega	Özgül Ağırlık ve Su Emme Değerleri	Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Los Angeles Aşınma
--------	------------------------------------	--	--------------------

	Zahiri Özgöl Ağırlık	Hacim Özgöl Ağırlık	Yüzey Kuru Suya Doygun Özgöl Ağırlık	Efektif Özgöl Ağırlık	Su emme (%)	Gevşek	Sıkışık	(%)
Dere	2.62	2.52	2.56	2.57	1.62	1.36	1.45	31.43
Bazalt	2.81	2.65	2.70	2.73	2.12	1.49	1.58	12.69
Kireçtaşı	2.72	2.69	2.70	2.71	0.39	1.39	1.52	23.55

**Çizelge 2.** Agregaya numunelerinin kimyasal birleşeni.

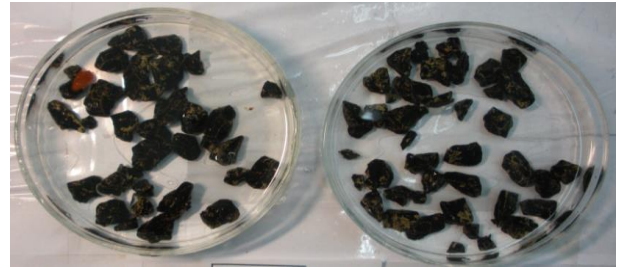
Agrega	Mineral Bileşeni (%)										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Dere	85.04	6.01	1.71	0.41	1.29	0.91	2.22	0.16	0.17	0.12	0.02
Bazalt	50.57	16.11	9.02	4.12	9.76	2.34	2.27	0.94	0.37	0.19	0.02
Kireçtaşı	0.407	0.18	0.07	1.59	55.04	0.04	0.03	-	0.01	-	-

**Çizelge 3.** 50/70 ve 160/220 penetrasyon dereceli bitümlerin özellikleri.

Özellikler	Birim	50/70	160/220	Standart
Penetrasyon (25 °C, 100g, 5 s)	0.1 mm	55.2	178.3	ASTM D5-06e1
Yumuşama Noktası (Yüzük ve Bilya)	°C	49.1	37.9	ASTM D36/D36M-09
Viskozite 135 °C	cP	250.0	125.0	
Viskozite 165 °C	cP	67.8	42.5	ASTM D4402-06

petri kabı su ile doldurulur ve üzeri bir cam kapakla kapatılarak tekrar 24 saat bekletilmek üzere 60 °C'lik etüve konur.

Bu sürenin sonunda petri kabı dışarı alınarak suyu değiştirilir. Yandan gelen bir ışık altında bilhassa karışımın üst yüzü gözle incelenir. Deney sonunda soyulmamış yüzeyin bütün yüzeye oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir.



**Şekil 4.** Petri kabına aktarılmış bir Nicholson soyulma deneyi numunesi.

Karayolları Teknik Şartnamesine göre deney sonunda numunelerin en az %50'si soyulmadan kalmalıdır (Gürer ve Kardeşin 2014).

### 3. Bulgular

#### 3.1. Vialit Yapışma Deneyi Sonuçları

Beş farklı sıcaklık, üç farklı agregaya ve iki farklı bitüm kullanılarak yapılan Vialit yapışma deneyi sonuçları B50/70 ve B160/220 bağlayıcıları için sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

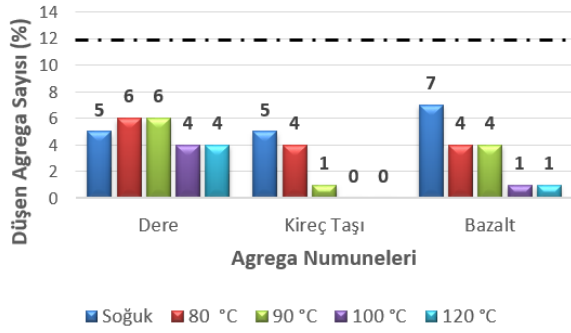
B160/220 bağlayıcısının B50/70 bağlayıcısına göre yapışmada daha etkili olduğu görülmüştür. Agregaların ısıtılmasının B160/220 bağlayıcısı kullanılarak yapılan deneylerde B50/70 bağlayıcısına göre daha etkili sonuçlar verdiği görülmüştür.



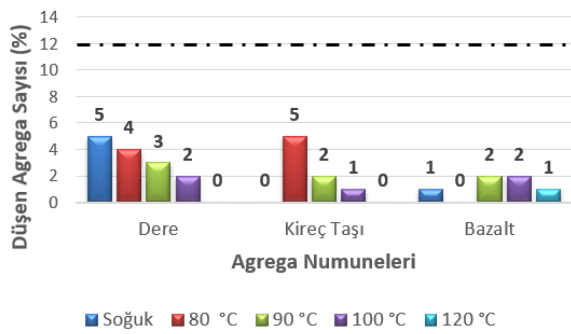
**Şekil 3.** Vialit deney aşamaları, a) Vialit deney aparatları. b) Agregaya serici. c) Numunenin silindirenmeden önce klavuzlanması. d-e-f) Bilya düşürme aşamaları.



Özellikle bitümlerin aynı sıcaklıkta ısıtılması sebebiyle viskozite değerlerinin farklı olduğu ve bitüm viskozitesinin, düşük olmasının agregaya yüzeyinde daha iyi absorbe edildiği ve elde edilen ince bitüm film kalınlıklarının sonuçları olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Dere agregası içeriğinde silis yüzdesinin yüksek oluşunun, her iki bağlayıcı türünde, soğuk agregaya ile yapılan deneylerdeki, düşen agregaya sayısının yüksek oluşunda etkili olduğu düşünülmektedir. B160/220 bağlayıcısı ile bazalt agregası ile yapılan deneylerde bir kararlılık elde edilememiştir. Deney sonuçları bitümlü bağlayıcı türünün, agregaya cinsinin ve agregaların ısıtılmasının adezyon üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Tüm numune sonuçlarının şartnamede belirtilen değerlerin altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 5. B50/70 Bitüm numunesi için Vialit yapışma deneyi sonuçları.

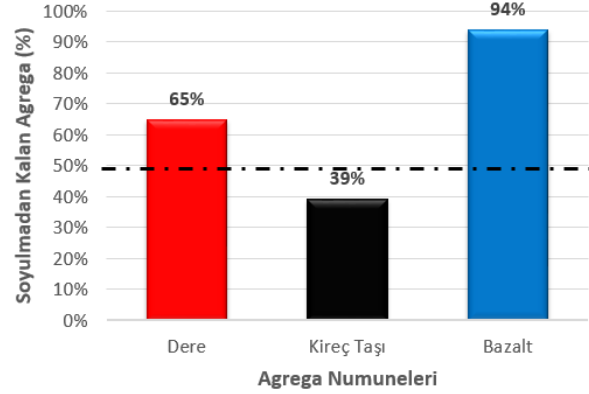


Şekil 6. B160/220 Bitüm numunesi için Vialit yapışma deneyi sonuçları.

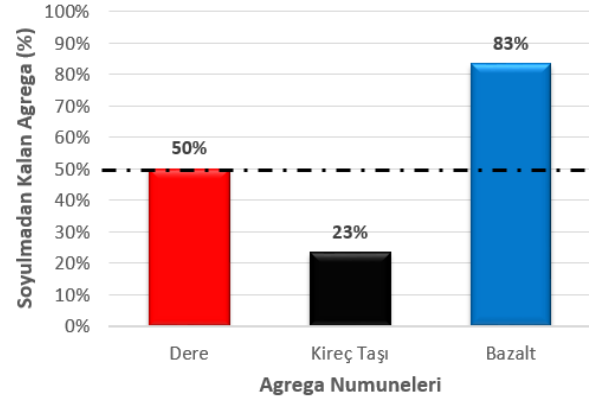
### 3.2. Nicholson Soyulma Deneyi Sonuçları

Kullanılan iki farklı bitüm ve üç farklı agregaya numunesi için üçer tane Nicholson soyulma deneyi gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar, aritmetik

ortalaması alınarak sütun grafiği halinde Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. B50/70 bitümü ile yapılan Nicholson soyulma deneyi sonuçları.



Şekil 8. B160/220 bitümü ile yapılan Nicholson soyulma deneyi sonuçları.

Elde edilen sonuçlara göre kireçtaşı numunelerinin şartname değerlerinin üstünde bir soyulma sergilendikleri görülmüştür. Dere ve bazalt agregaları ise şartname değerlerini karşılamışlardır. Dere ve bazalt agregalarının her ikisi de yüksek oranda silis bulunmakla beraber soyulma yüzdeleri düşüktür. Dere ve bazalt agregaya yüzeylerinin pürüzlü olmasının soyulma etkisini azalttığı düşünülmektedir.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Agregaların ısıtılmasının, kullanılan bağlayıcıya, sıcaklığa ve agregaya cinsine göre, yapışma davranışını nasıl etkileyeceğini belirlemek için yapılan Vialit ve Nicholson deneyleri neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Adezyon üzerinde agrega cinsi kadar kullanılan bağlayıcının da oldukça etkili olduğu belirlenmiştir.
- Her iki bağlayıcı türünde de agregaların  $\geq 100$  °C'ye kadar ısıtılmalarının adezyonu etkili bir şekilde geliştirdiği görülmüştür.
- Özellikle adezyon özelliğini güçlendirmek için kullanılan katkı maddelerinin ve bazı modifikatör katkılarının maliyetlerinin yüksek oldukları göz önüne alındığında, adezyon problemi yaşanabilecek sathi kaplama uygulamalarında agregaların ısıtılması bu tip adezyon problemlerinin önlenmesi açısından yararlı olabilir. Agregaların ısıtılması asfalt plentlerinde gerçekleştirilebileceğinden bu uygulama pratikte herhangi bir özel makine veya teçhizat gerektirmeyecektir.
- Bundan sonraki çalışmalarda agrega ısıtılmalarının uzun dönem adezyon davranışlarını nasıl etkileyebileceği laboratuvar ortamındaki farklı deneyler ve sahada yapılacak uygulamalarla detaylı bir şekilde araştırılmalıdır.

## Teşekkür

Yazarlar çalışmaya 16 KARIYER 183 nolu projeye destek olan Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, malzeme temini için Afyonkarahisar Belediye'si, KOLSAN A.Ş.'ye ve Kumcuoğlu Şti'ye teşekkür ederler.

## 5. Kaynaklar

- Akıllı, A., Saltan, M., Kardeşahin, M. and Güreer, C., 2012. Investigation of adhesion properties in chip seals with pull out test. 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, İstanbul.
- ASTM D36M-09., 2009. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus), Annual Book of Standards.
- ASTM D4402-06., 2002. Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM D5-06e1., 2006. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials.
- ASTM D7000., 2011. Standard test method for sweep test of bituminous emulsion surface treatment samples,

- Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Boz, I., Kumbarger, Y., Kutay, M.E. and Haider, S.W., 2018. Establishing Percent Embedment Limits to Improve Chip Seal Performance. Contract, 2013, Final Report, Michigan State University, 100-108.
- Gransberg, D.D. and James, D.M.B., 2005. Chip seal best practices, Transportation Research Board, 26-32.
- Güreer, C., 2010. Sathi kaplamaların performansına etki eden parametrelerin incelenmesi ve performans modeli geliştirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 379 s.
- Güreer, C. and Kardeşahin, M., 2014. Sathi kaplama agregalarının adezyon özelliklerinin araştırılması, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **10**, 1-11.
- Janisch, D.W. and Gaillard, F.S., 1998. Minnesota seal coat handbook (No. MN/RC-1999-07,), Minnesota Department of Transportation, Office of Research Services, 19-39.
- Jordan III, W.S. and Howard, I.L., 2011. Applicability of modified vialit adhesion test for seal treatment specifications, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, **5**.
- Kandhal, P.S. and Motter, J.B., 1987. Criteria for accepting precoated aggregates for seal coats and surface treatments. *Transportation Research Record*. **1300**, 80-89.
- Kardeşahin, M., Aktaş, B. and Güreer, C., 2011. Determining of Precoated Aggregate Performance on Chip Seals Using Vialit Test, 90th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington DC, US.
- Liu, L., Xie, W., Wang, Y. and Wu, S., 2018. Evaluation of significant factors for aggregate retention in chip seals based on mesostructured finite element model, *International Journal of Pavement Research and Technology*, Article in Press.
- Louw, K., Rossmann, D. and Cupido, D., 2004. The Vialit adhesion test: Is it an appropriate test to predict low temperature binder/aggregate failure, Proceedings of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04), 12, 1- 16.
- Mcleod, N.W., 1969. A general method of design for seal coats and surface treatments, *TRID*, **38**, 537-628.
- Önal, M.A. and Kahramangil, M., 1993. Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 136-137.
- Paliukaitė, M., Vorobjovas, V., Bulevičius, M. and Andrejevas, V., 2016. Evaluation of different test methods for bitumen adhesion properties, *Transportation Research Procedia*, **14**, 724-731.
- Rahman, F., Islam, M.S., Musty, H. and Hossain, M., 2012. Aggregate retention in chip seal, *Transportation Research Record*, **2267**, 56-64.
- Senadheera, S., Tock, R.W., Hossain, M.S., Yazgan, B. and Das, S., 2006. A testing and evaluation protocol to assess seal coat binder-aggregate compatibility, Research Report (No. FHWA/TX-06/0-4362-1), Center for Multidisciplinary Research in Transportation, Texas Tech University, 79-108.



- Tarrer, A.R. and Wagh, V., 1991. The effect of the physical and chemical characteristics of the aggregate on bonding (No. SHRP-A/UIR-91-507), Washington, DC, USA: Strategic Highway Research Program, National Research Council, 1-18.
- Yi, J.Y., Feng, D.C., Bi, H.T. and Yu,F., 2013. Investigation on adhesive behavior between binder and aggregate by Vialit test under low temperature, *Advanced Materials Research*, **723**, 389-396.
- You, L., You, Z., Dai, Q., Xie, X., Washko, S. and Gao, J., 2019. Investigation of adhesion and interface bond strength for pavements underlying chip-seal: Effect of asphalt-aggregate combinations and freeze-thaw cycles on chip-seal, *Construction and Building Materials*, **203**, 322-330.

***İnternet kaynakları***

- 1-<http://merlab.metu.edu.tr/tr/x-isini-difraktometresi>,  
(19.11.2018)