



Makale

## Farklı Jeolojik Özellikli Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Agregası Olarak Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması

\*Hüseyin AKBULUT, \*Cahit GÜRER, \*\*Ahmet YILDIZ

\*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, ANS Kampüsü, Afyonkarahisar.

\*\*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ANS Kampüsü, Afyonkarahisar.

### ÖZET

Yol kaplamaları, konut, baraj vb. gibi hemen hemen bütün inşaat mühendisliği uygulamalarındaki hayati bileşen agregalardır. Genellikle agregalar oldukça önemli miktarlarda üretilirler ve kullanılırlar Dolayısıyla agregalarda kullanım yerlerine göre farklı mühendislik özellikleri aranır. Kullanıldıkları yerdeki malzemenin performansını büyük ölçüde belirleyen agregaların özellikleridir. Bu çalışmada iki farklı kayaçtan elde edilen agregalar ilk önce fiziksel testlere tabi tutulmuş, daha sonra mineroloji ve jeoloji yönünden tetkikleri yapılmıştır. Sıcak karışım asfalt yorulma ömürleri ve kristal boyutları arasında basit regrasyon analizi yapılmıştır. Sonuçlar agrega ve kompozit malzemenin fiziksel özellikleriyle kompozit malzemeyi oluşturan kayaçların kristal boyutları arasında lineer-ters orantılı bir ilişki olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Agregası, jeolojik ve minerolojik özellikler, sıcak karışım asfalt, agrega aşınma özellikleri.

### 1. GİRİŞ

Kaplama inşaatlarında genellikle farklı kalitelerde agrega kullanılır. Kaplama yüzey bölgesine yakın agrega kullanılacaksa agreganın daha yüksek kalitede olması arzu edilir [1]. Agregaları oluşturan kayaçların mühendislik özellikleri pek çok farklı bileşen tarafından etkilenir. Bunlar kayaçların mineral bileşimleri, minerallerin ve boşluğun dağılımı ve boyutları, yapısal özellikleri, kristal boyutları gibi özelliklerdir. Mekanik özelliklerdeki büyük değişim, granitik kayaçların petrografik özelliklerindeki değişimden kaynaklanmaktadır. Petrografik özelliklerin, mineral şekli, boyutu, birbirine kilitleme derecesi, minerolojik bileşimlerin birbirine kenetlenme biçimlerine bağlı olarak mekanik özellikleri etkilediği bilinmektedir[2] Kaliteli bir Agregası kayacının mekanik özellikleri hakkında bilgi edinebilmek için kapsamlı ve oldukça zaman alıcı agrega deneylerinin yapılması gerekmektedir. Bununla beraber bu deneyleri yapmadan da agregayı oluşturan kayacın minerolojik özelliklerinin araştırmak suretiyle, kaplama agregalarının fiziksel özellikleri hakkında bir yoruma varmak mümkün olabilir.

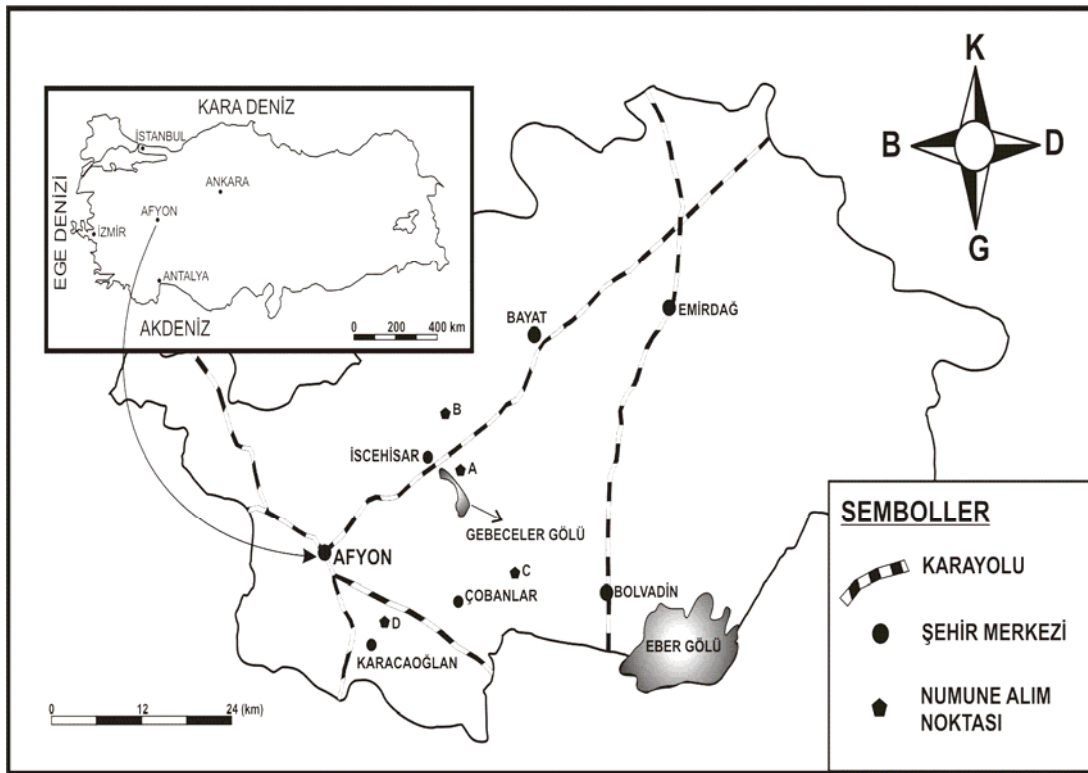
Daha önce yapılan çalışmalara göre, bazı kayaç türlerinde mineral kenetlenmesinin büyüklüğü, yüksek ortalama dayanımın birincil faktörüdür [2]. Tuğrul ve Zarif, granitik kayaçlarda kuartz içeriği arttıkça mühendislik özelliklerinin geliştiğini göstermişlerdir [3].Mineral boyutunun kayaçların mekanik özelliklerine olan etkisiyle ilgili yapılan çalışmalarda, mineral boyutunun incilmesiyle kayaçların dayanımının arttığı görülmüştür. Raisanen yapmış olduğu araştırmada hibrid kayaçların mekanik özelliklerini kristal şekilleri ve boyutları ile ilişkilendirmiş ve sonuç olarak farklı aşınma özellikleri üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir [4]. Yapılan farklı çalışmalarda modal bileşim, mineral şekli ve boyutu ve de bunların dağılımı, ince dağılmış yapı kristal miktarı agreganın parçalanma ve aşınmaya karşı olan direncini etkilediği gösterilmiştir [5; 6;7]. Aynı zamanda minerallerin uzaysal ayrılmaları da

kayaçların mekanik özelliklerine önemli etki yapar [8]. Merriam, R. ve diğerleri değişik granitik kayaçların çekme dayanımlarının ve kristal içerikleriyle ters orantı olduğunu belirtmişlerdir [9]. Aynı şekilde Gurer, Woodside ve diğerleri üst yapı agregalarının bazı fiziksel özelliklerini kayma direnç değerleri ile başarılı şekilde ilişkilendirmişlerdir [10;11].

## 2.MATERYAL VE METOD

### 2.1. Numuneler ve İç Yapı Tarifleri (Jeoloji)

Çalışmada kullanılan kayaçlar Afyon İscehisar-Karacaoğlan ve Çobanlar bölgesindeki taş ocaklarından elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan A kodlu mermer agregası örneği Afyon'un İscehisar ilçesinden, B kodlu mermer örneği Afyon'un Çobanlar ilçesinden ve C kodlu kireçtaşı örneği ise Afyon'un Karacaoğlan köyünden alınmıştır (Şekil 6.1). Malzemelerin alındığı 3 bölgenin jeolojik yapısı aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Lokasyon Haritası.

Bölgede yapılan önceki çalışmalarda Afyon ve çevresinde birbirinden tektonik dokanakla ayrılan 2 kayaç topluluğu ayırt edilmiştir. Bunlar "Toros kuşağı" ve "İç Toros kuşağı" birimleridir. Her 2 birim de farklı jeolojik yaşlı ve farklı oluşum özellikli kayaç topluluklarıyla temsil edilmektedir. Çalışmada kullanılan numunelerin alındığı 3 bölge de İç Toros kuşağında yer almaktadır[12]. Söz konusu 3 bölgenin jeolojik özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

#### 2.1.1.İscehisar Bölgesi

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan *Afyon metamorfileri* litolojik olarak, kuvars – muskovit – serisit, kuvars - albit – klorit şist, meta kumtaşı – meta konglomera, mermer ve kalkıştlerden oluşmuştur (Şekil 6.2). Literatürde *Afyon mermerleri* olarak isimlendirilen *İscehisar mermerleri* beyaz, sarımsı, bej, boz renkli, kalın tabakalı olup, adını mostra yakınındaki İscehisar ilçesinden almıştır. Birim beyaz, gri, alacalı, krem renkli, kalın – çok kalın tabakalanmalı, büyük bloklar verebilen, ince kristalli çok değerli bir mermer türüdür. Birim Afyon metamorfileri içinde mercek şeklindedir. Kalınlığı en fazla 300 metre kadardır. Birim İscehisar ilçe merkezinin güneyinde, KB–GD doğrultusu boyunca 6 km. uzunluğunda 1,5 km. genişliğindeki bir alanda yüzeylemektedir [13]. Deneylerde kullanılan A kodlu mermer numunesi İscehisardaki mermer ocaklarından alınmıştır.

Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaların üzerine Pliyosen yaşlı Seydiler tuf ve aglomerası uyumsuzlukla gelmektedir. Seydiler tuf ve aglomerası, dasitik, riyodasitik ve riyolitik bileşimli olup, İsehisar'ın Seydiler Kasabası ve çevresinde karakteristik olarak yüzeylenirler. Kuşcu ve Yıldız (2001) tarafından yapılan çalışmada Seydiler tuf ve aglomerasında genellikle camdan oluşan matriks içerisinde kuvars, sanidin, plajioklaslar, ve çubuğumsu şekilli biyotit fenokristalleri belirlenmiştir. Beyaz, beyazımsı sarı ve krem renkli olan birim 20 m toplam kalınlığa ulaşan diatomit ara seviyelerini içerir [14;15].

### 2.1.1.3 Karacaoğlan Bölgesi

Bölgede, farklı yaş ve litolojilerle temsil edilen farklı ortam koşulları yansıtan, metamorfik ve çökel kaya toplulukları ile bazik ve ultra bazik kaya toplulukları yer alır. Bu kaya toplulukları, stratigrafi istifleri, litoloji ayrıcalıkları ve diskordans düzlemleri göz önünde tutularak otokton ve allokton birimler olarak 2 ana grupta toplanmıştır. Otokton birimler, "Afyon Paleozoyik Grubu", "Ballçıkhisar Grubu", "Şuhut Grubu" ve kendinden yaşlı bütün birimleri uyumsuz olarak örten Kuvaterner yaşlı çökellerden oluşmaktadır [16]. Allokton birimler ise "Kükürtdağ Grubu" ve "Sazak Grubu" nun oluşturduğu "Çölovası Allokton Gruplar" ıdır.

Afyon Paleozoyik Grubu gri, kirli kahve, yer yer kırmızı renkli, orta kalın tabakalı, kuvarsit, kalkışit, fillit ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Yalnızcağaç formasyonu, orta ve kalın düzgün tabakalanmalı kireçtaşlarından oluşan Karahasan formasyonu, kahve, boz, yeşil renkli, şisti, çok kıvrımlı Afyon metamorfitlerinden meydana gelmektedir. C kodlu kireçtaşı numunesi Karahasan formasyonundan alınmıştır. Formasyon Koyu gri renkli orta ve kalın düzgün tabakalanmalı yer yer foraminifer içerikli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alt düzeyleri fillit ve kuvarsit kapsayan birim genel olarak kireçtaşı olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda formasyonun kalınlığı yaklaşık 350 m olarak belirtilmiş ve formasyonun yaşı Üst karbonifer-Üst Permiyen olarak verilmiştir [13;16].

## 2.2. Deneyel Prosedür

Bu çalışma aşağıdaki adımları içermektedir :

1. Agregaların jeolojik ve minerolojik özelliklerinin tespit edilmesi: Çalışmada kullanılan malzemelerin mineralojik bileşimi, petrografik incelemesi ile yüzey morfolojisinin belirlenmesi için polarizan mikroskop ve taramalı elektron mikroskop (SEM)'ta mikroskopik incelemeleri yapılmıştır. Polarizan mikroskop incelemeleri A.K.Ü. Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'ndeki euromex marka polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. SEM incelemeleri için, A.K.Ü. Teknoloji Araştırma Geliştirme ve Eğitim Merkezi'nde 250-300 Å'da ince altın filmle kaplanan örneklerin LEO VP-1431 model elektron mikroskobunda tanımlamaları yapılmıştır.

2. Agregaların Mekanikl Özelliklerinin Tespit Edilmesi: Bu kısım kaba-ince ve filler agregaların özgül ağırlıklarının tespit edilmesi (ASTM C127, C128, D854); Los Angeles Aşınma testi (CEN EN 1097-2); Bu deney aşınma ve darbelenme etkileri sonucu mineral agreganın standart gradasyonunun bozulmasının ölçümü deneyidir. Deney, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır. Agregada Darbelenme Değeri tayini testi (AIV) (CEN EN 1097-2); Agreganın ani şok ve çarpma etkilerine karşı dayanımının belirlenmesini sağlayan diğer bir deney türü de agregada darbelenme deneyidir. Bu deney 14 mm BS eleğinden geçip 10 mm BS eleğinde kalan agregalara uygulanır. Donma-Çözülme ve Donma Çözülme Sonrası LA Aşınma testi (CEN EN 1367-1); Agregaların donma-çözülme etkisine dayanımı için 8-16 mm arası tane büyüklüğünde, yıkanmış üç adet 2000 gr, agregada numunesi hazırlanarak 10 defa donma çözülme döngüsüne tabi tutulur ve Donma Çözülme deneyine tabi tutulan agregalar aşınma testine tabi tutularak donma çözülme sonrası LAV aşınma kayıplarına bakılır. Son olarak ise Cilalanma deneyi (PSV) (BS 812, 1989) içermektedir. Bu deneyin amacı, çeşitli yol agregalarının trafik altında sürtünme ile aşınarak ne dereceye kadar cilalanacaklarını laboratuarda kısa bir zamanda saptamaktır.

3. Marshall metodu ile optimum asfalt çimentosu miktarının tespit edilmesi suretiyle sıcak karışımların mekanik özelliklerinin tespit edilmesi:Yapılan bu deneyle ilgili ayrıntılı bilgi için ASTM D 1559 incelenebilir. Bu kısımda agregaların sıcak karışım asfalttaki stabilite ve akma özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca dolaylı çekme deneyi ile tespit edilen yorulma ömürleri agregada ortalama kristal boyutlarıyla ilişkilendirilmiştir.

### 3.BULGULAR

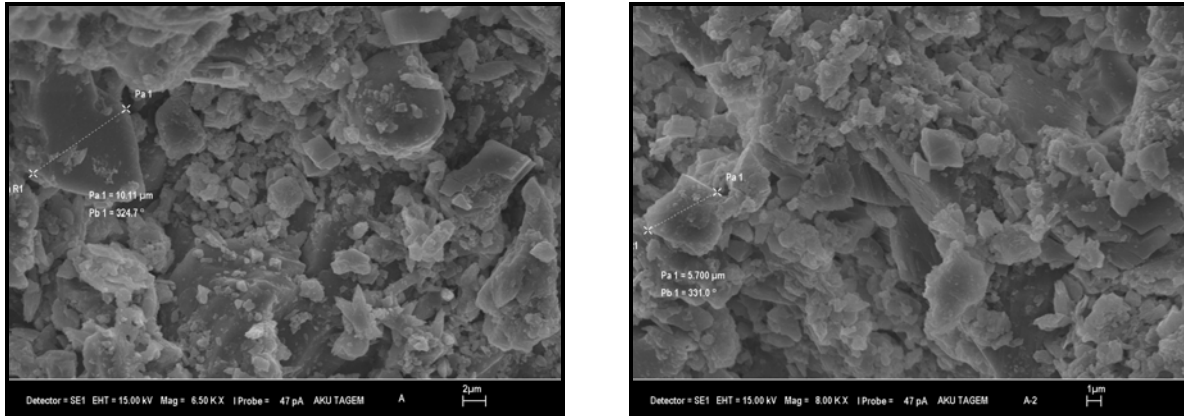
#### 3.1.Mineralojik İnceleme

Çalışmada kullanılan malzemelerin mineralojik bileşimi, petrografik incelemesi ile yüzey morfolojisinin belirlenmesi için polarizan mikroskop ve taramalı elektron mikroskop (SEM)'ta mikroskobik incelemeleri yapılmıştır.

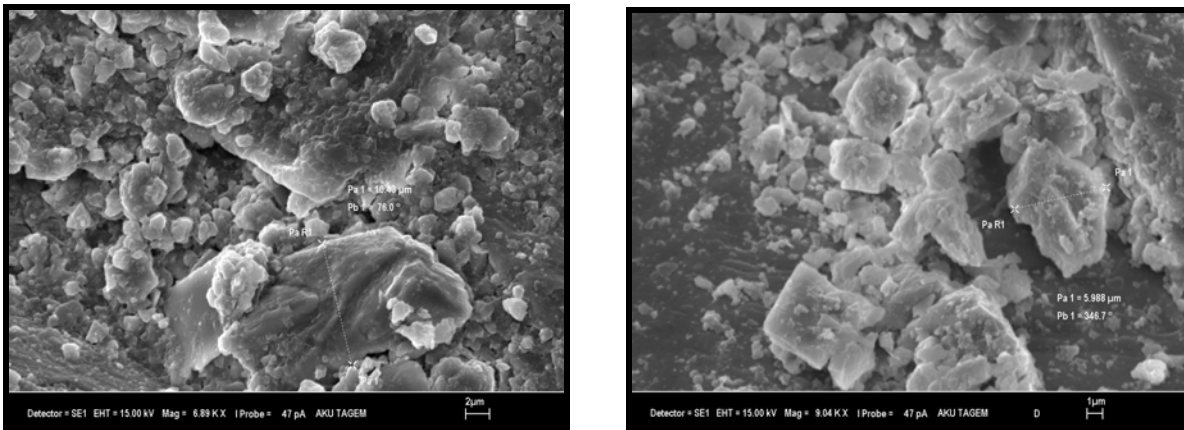
A agregası kayacı kataklastik doku göstermektedir ve tane boyutu farklı kalsit kristallerinden meydana gelmektedir. Kalsit kristalleri mükemmel dilinimlenme göstermekte olup yönlü basınçlar nedeniyle kristaller dilinim düzlemleri boyunca ufalanmıştır. Tane sınırları boyunca nüfuz eden demirli eriyikler nedeniyle kayaçta hematit ve limonit mineralleri gözlenmiştir. 5-20µm arasında değişen tane boyutuna sahip küçük kalsit kristalleri arasında tane boyutu 30-60 µm arasında değişen yer yer iri kalsit kristaller bulunmaktadır. Ayrıca kayaçta yönlü basınçların etkisiyle oluşan polisentetik ikizler izlenmektedir.

B numunesindeki kayaç mükemmel dilinimli mikrokristalen kalsit kristallerinden oluşmaktadır (Şekil3). Granoblastik (Grift) doku sunan kayaçta kalsit kristalleri düzensiz sınırlar boyunca kenetlenmiştir. Değişik yönlerde gelişmiş ve birbirini kesen çatlakların kayaç içerisindeki sürekliliği bir hayli fazladır. Kalsit kristallerinin tane boyutu birbirine yakın olup 5-30 µm arasında değişmektedir. Kalsit kristallerinde polisentetik ikizlenme gözlenmektedir. Değişik yönlerde gelişen çatlaklar yer yer sekonder kalsit mineraliyle dolmuştur.

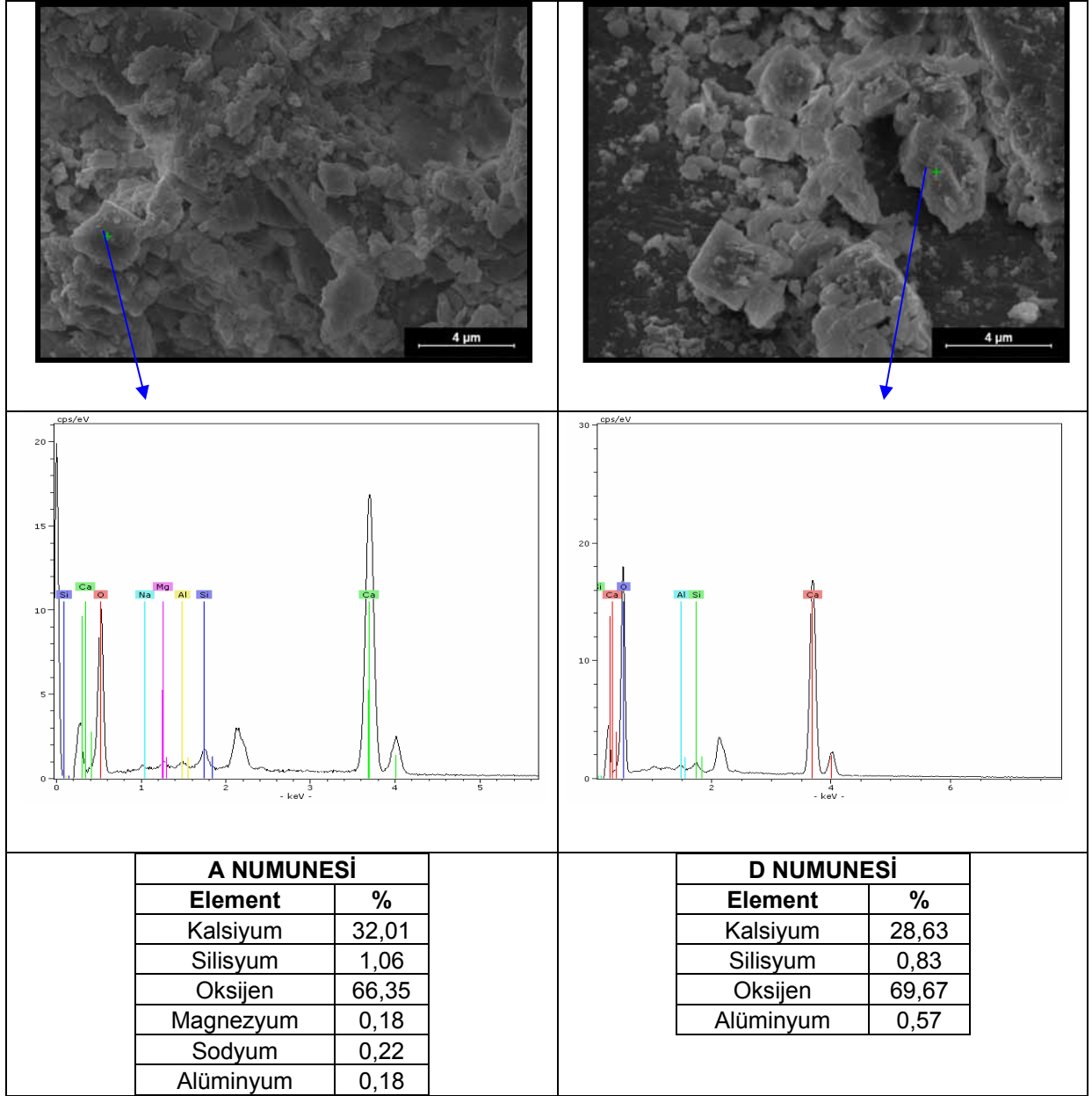
Deneylerde kullanılan malzemelerin mineralojik bileşimlerini ve morfolojik özelliklerini belirlemek için taramalı elektron mikroskopta incelemeleri yapılmıştır. Yapılan incelemelerde A ve B örneklerinin poligonale kalsit kristallerinden meydana geldiği tespit edilmiştir. A numunesinde 5-15 µm boyutundaki mikro kalsit kristalleri arasında daha büyük boyutlu kalsit kristalleri gözlenmektedir. Kayaçta dilinim düzlemleri boyunca ufalanmalar ve polisentetik ikizlenmeler belirgindir(Şekil 2.).



Şekil 2. A Numunesine Ait SEM Görüntüleri.



Şekil 3. Mikrokristalin kalsit kristalleri



Şekil 4. A ve D numunelerine ait EDX Sonuçları.

B numunesi mikrokristalen kalsit kristallerinden meydana gelmiştir (Şekil 3.). Kalsit kristallerinin tane boyutu 1-2  $\mu\text{m}$ 'den 5-10  $\mu\text{m}$ 'ye kadar değişmektedir. A ve D numunesinin hakim mineralinin kalsit olduğu EDX grafiğindeki yüksek Ca ve O miktarından da anlaşılmaktadır (Şekil 4).

### 3.2. Mekanik ve Fiziksel Testler

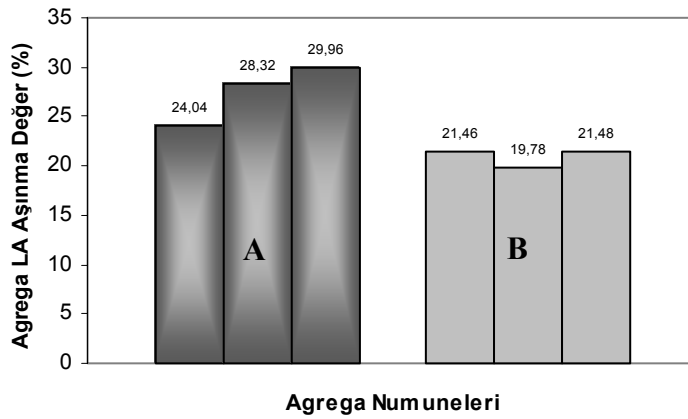
Bu kısımda agrega numuneleri üzerinde yapılan mekanik fiziksel testlerden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Agrega numunelerine ait özgül ağırlık değerleri tablo 1.'de görülmektedir.

Kaplamalarda kullanılacak agregaların kompaksiyon ve trafik yükleri altında kırılma ve aşınmaya karşı direncini tespit etmek amacıyla EN 1097'ye göre yapılan Los Angeles aşınma deneyi sonuçları, karşılaştırmalı olarak şekil 1.'de görülmektedir.

Tablo 1. Agregaların Özgül Ağırlıkları

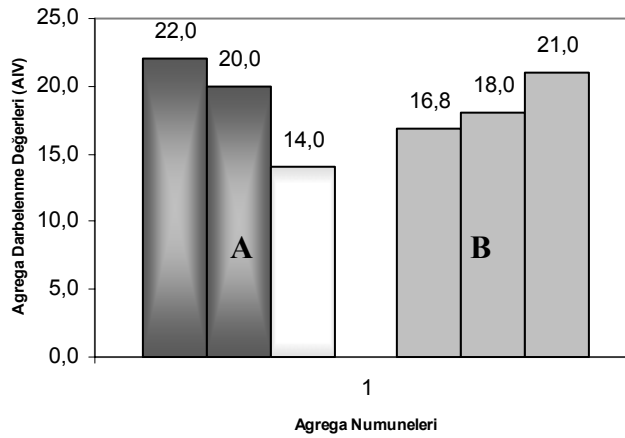
Agrega Derecesi	Özgül Ağırlıklar (gr/cm <sup>3</sup> )				Standart
	Zahiri Özgül Ağırlık		Hacim Özgül Ağırlık		
	A	B	A	B	
Kaba agrega	2,705	2,691	2,695	2,677	ASTM C127
İnce agrega	2,724	2,703	2,684	2,655	ASTM C128
Filler agrega	2,742	2,757	-	-	ASTM C128
Agrega karışımı efektif özgül ağırlığı	2,703	2,685	-	-	ASTM D 2041
Agrega karışımı hacim özgül ağırlığı	2,692	2,671			
Agrega karışımı zahiri özgül ağırlığı	2,714	2,699			

Deney üç grup agrega numunesi için (A,B) üçer kez yapılmıştır. Ortalama Los Angeles aşınma kayıpları sırasıyla % 27,44, % 20,91 olarak bulunmuştur. Buna göre en fazla aşınma kaybını mermer artıklarından üretilen A numunesi göstermekle beraber, aşınma kaybı % 35 olan limit değerini (ASTM C 131-89, 1992) altındadır (Şekil 5.).



Şekil 5. Agregasyon Numunelerinin LA Değerleri.

Agregaların kırılmalarına ve parçalanmalarına karşı fiziksel dayanımını belirlemede kullanılan önemli deneylerden bir diğeri de agregasyon darbelene deneyidir. İki farklı numunede (A, B) yapılan üç adet deney sonucuna göre ortalama agregasyon darbelene kayıpları sırasıyla % 18,66, % 18,60 olarak bulunmuştur. Şekil 6.'da Agregasyon Darbelene değerleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

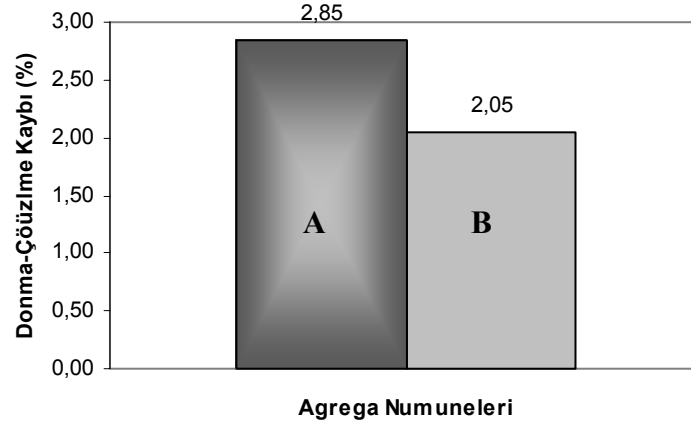


Şekil 6. Agregasyon Numunelerinin AIV Değerleri.

Esnek yol üst yapılarında kullanılan agregalarda aranan önemli bir özellik de agregaların donma-çözülme etkisine dayanımlarıdır. Türkiye gibi don etkisinin sık görüldüğü bölgelerde agregaların donma çözülme etkisinde

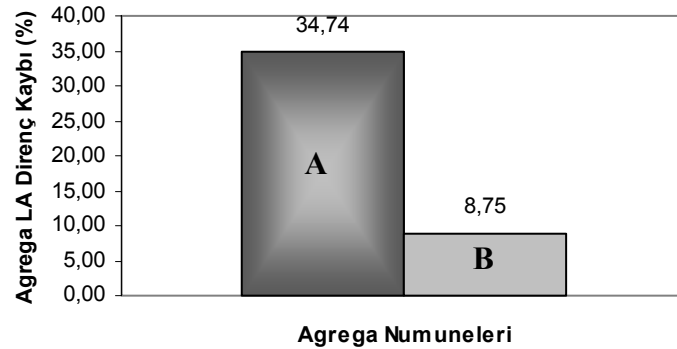
parçalanmaması gerekir. Donma-Çözölme etkisi yol katmanlarındaki etkisi farklı farklıdır. Aşınma tabakasında kullanılan agreganın binder tabakasında kullanılan agregaya göre daha dayanıklı olması istenir.

Türkiye Yollar Fenni şartnamesine göre yol üst yapılarında kullanılacak agregalardaki donma-çözölme kaybının %0-12 arasında olması arzu edilir [17]. Üç farklı numune üzerinde CEN EN 1097-2'ye göre yapılan donma çözölme kayıpları şekil 7.'de görölmektedir. Bu sonuçlara göre donma çözölme kayıpları tüm numunelerde % 12'nin altındadır.



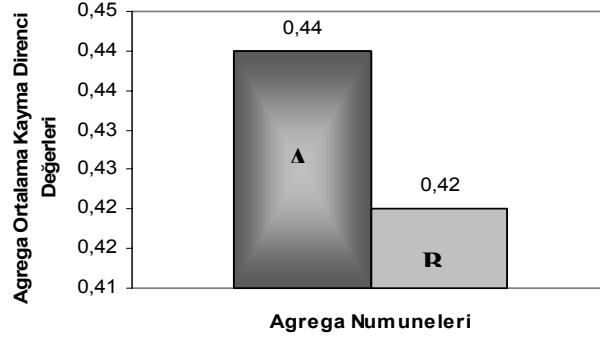
Şekil 7. Agrega Numunelerinin Donma-Çözölme Kayıpları.

Agregalarda donma-çözölme etkisinden sonra fiziksel etkilerinde azalma olabilir. Yol kaplamalarında kullanılacak agregalar için bu azalmanın mümkün olduğunca düşük seviyede olması istenir. A ve B numunelerine ait donma-çözölme sonrası Los Angeles Aşınma Direnç kaybı değerleri şekil 8.'de görölmektedir.



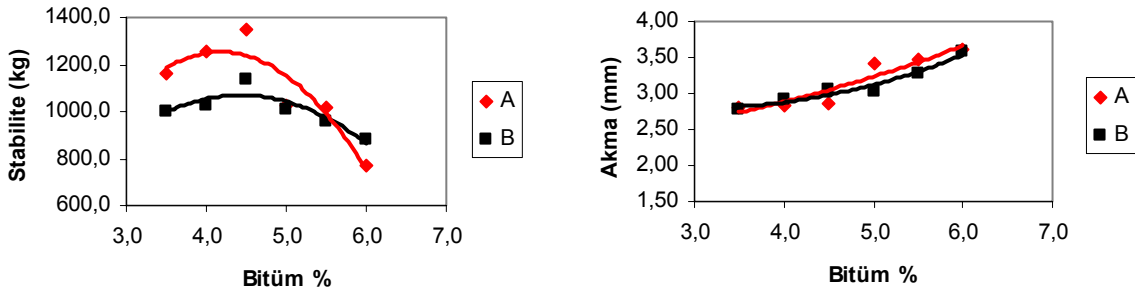
Şekil 8. Agregal Numunelerinin Donma-Çözölme Sonrası LA Direnç Kayıpları.

Kaplamanın yüzey yapısı hem sürüş konforunu hem de sürüş emniyetini belirleyen en önemli husustur. Kaplamayı kullanacak taşıtlar için kaplama yeterince düzgün ama gerekli sürtünme direncini sağlayacak kadar da pürüzlü olmalıdır. Yüzey düzgünlüğü hızlı hareket eden taşıtların kayma direncinden sorumludur. Kaplamanın toplam kayma direnci yüzeyinin sahip olduğu makro ve mikro pürüzlülüğe bağlıdır. Mikro pürüzlülük, agreganın petrografik özellikleri ve yüzey yapısı ile ilgili olup cilalanma deneyi ile tayin edilir. Şekil 9.'da cilalanma deneyi sonuçları görölmektedir [1].



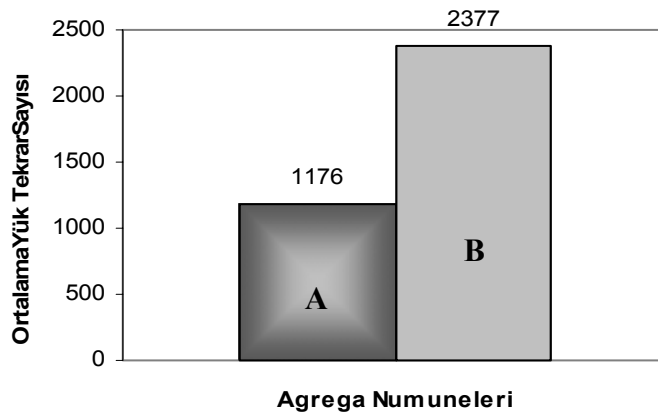
Şekil 9. Cilalanma Deneyi Sonuçları.

Çalışmanın son aşamasında agregata numunelerinin ASTM D 1559'a göre sıcak karışım dizaynları yapılarak optimum bitüm oranları tespit edilmiştir. A ve B numunelerinin optimum bitüm oranları sırasıyla % 4,68 ve % 4,53 olarak bulunmuştur. Stabilite-Bitüm ilişkisi açısından B numunesinin diğerine göre daha fazla kararlılık gösterdiği görülmüştür. Orta trafik hacminde binder tabakasında kullanılacak karışımlar için 600 kg olan minimum stabiliteyi bütün numunelerin sağlamasıyla birlikte en yüksek stabilite değeri 1345 kg ile mermerden üretilen A numunesinden üretilen karışımlarda kaydedilmiştir. A karışımının stabilite değeri B ve C karışımlarından yüksektir. Bütün karışımlarda şartnamenin üstünde bir stabilite değeri elde edilmiştir. Elde edilen akma ölçümleri, büyüklük sırasıyla A>B şeklinde olmuştur. Şekil 10.'da karşılaştırmalı stabilite ve akma değerleri görülmektedir.



Şekil 10. Karşılaştırmalı Stabilite –Bitüm %, Akma-Bitüm % İlişkileri.

Kaplamanın yorulma ömrünün ölçülmesi açısından önem taşıyan plastik deformasyon deneyinde, her bir karışım türünde kendi optimum bitüm yüzdesinde üretilen üç adet Marshall numuneleri teste tabi tutulmuşlardır. Numunelerin ortalama yorulma ömürleri şekil 11.'de görülmektedir.



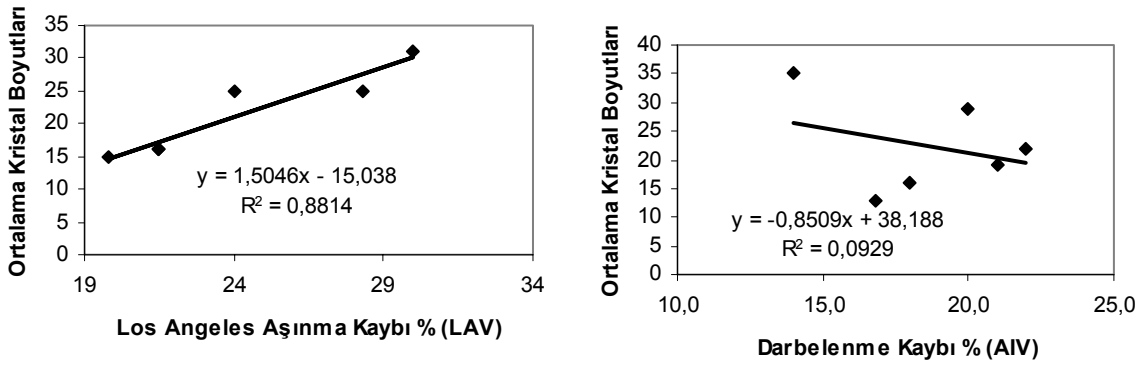
Şekil 11. Karışım Numunelerine Ait Ortalama Yorulma Ömürleri.



Karışımların stabilite değerlerine bakılarak da yorulma ömürleri hakkında tahminde bulunulabilir [18]. Buna göre maksimum stabilite değeri yüksek olan numunenin yük etkisinde deformasyona karşı direncinin daha az olacağı ve bunun sonucu olarak tekerlek izi deformasyonuna engel olamayacağı sonucuna varılabilir.

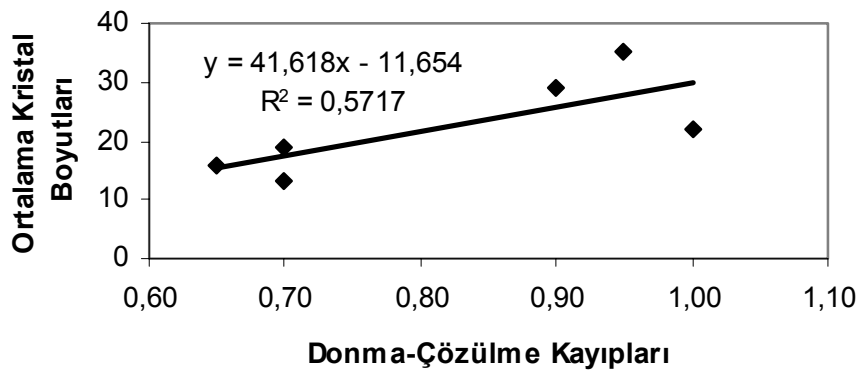
#### 4.Tartışma

Çalışmanın bu kısmında agrega kayaçlarının kristal boyutları aşınma, ortalama kayma direnci ve asfalt karışımların deformasyon dayanım ömürleri gibi mekanik özellikleriyle regrasyon analizi kullanılmak suretiyle ilişkilendirilmiştir. Şekil 12.'de iki farklı ölçüm tekniği kullanılarak bulunan agrega aşınma özelliklerinin kristal boyutlarıyla ilişkilendirilmesi görülmektedir. Buna göre, agrega ortalama kristal boyutu ile LAV arasında lineer bir ilişki olduğu elde edilen korelasyon katsayısından da görülmektedir (0,88). Fakat darbelenme aşınması ve kristal boyutu arasında bir ilişki görülmemiştir. Bunun nedeni kayaçlarda bulunan farklı minerolojik bileşimdir.

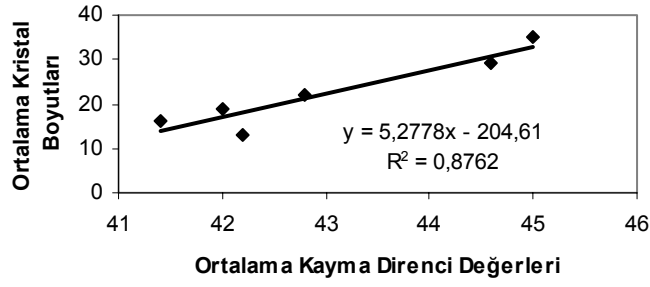


Şekil 12. Agrega Aşınma Kayıplarıyla Kayaç Kristal Boyutları Arasındaki İlişkiler

Agregalardaki diğer önemli bir aşınma kaybı da donma-çözülme sonrası meydana gelen kayıptır. Yol kaplaması devamlı olarak atmosferik etkilere, dolayısı ile donma ve çözülmeye daimi olarak maruz kaldığı için agrega partikülleri zamanla parçalanarak üzerine gelen yükü alt katmanlara taşıma özelliğini kaybeder ve devamlı kırılmalar nedeni ile agrega-bitüm arasındaki ilişki zayıflar. Şekil 13.'de donma-çözülme kaybı ve kristal boyutları arasındaki ilişkiler görülmektedir. Buna göre LAV ve kristal boyutu arasındaki ilişkide olduğu gibi, donma-çözülme ve kristal boyutu arasında da lineer ters orantılı bir ilişki vardır.

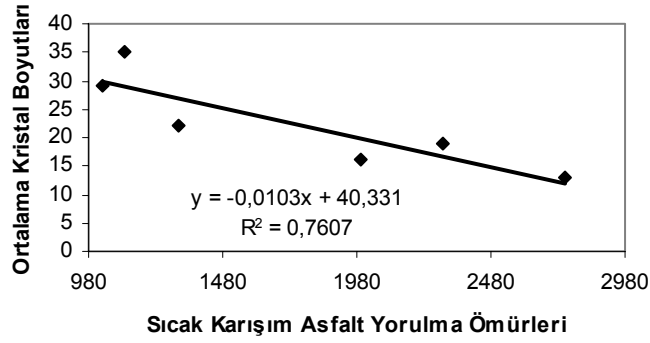


Şekil 13. Donma-Çözülme Kaybı ve Kristal Boyutları Arasındaki İlişkiler.



Şekil 14. Ortalama Kayma Direnci ve Kristal Boyutları Arasındaki İlişkiler.

Vallius'a göre (11-995) kristal boyutu inceldikçe kayaçlar daha kolay cilalanmaktadır. Şekil 14'de ortalama kristal boyutu ile ortalama kayma direnci arasındaki ilişkiler Vallius'un çalışmasına uymaktadır. Elde edilen güçlü korelasyon katsayısı iki özellik arasında lineer –doğru orantılı bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 15. Ortalama Kayma Direnci ve Asfalt Yorulma Ömrü Arasındaki İlişki.

Hem kaplamanın stabilitesine olan büyük katkısı hemde ağırlıkça% 95'e varan oranlarda kullanımıyla, agregalar asfalt kaplamaların iskeletini oluştururlar. Dolayısıyla agregaların fiziksel, minerolojik ve petrografik özellikleri kaplamanın performansını büyük ölçüde etkiler. Son olarak asfalt karışım haline gelen kompozit malzemelerin yorulma ömürleri agrega kristal boyutlarıyla ilişkilendirilmiş ve LAV ve donma-çözülme kayıplarındaki ilişkilerde olduğu gibi lineer-ters orantılı bir ilişki elde edilmiştir. Şekil 15.'de yorulma ömrü ve ortalama kristal boyutları arasındaki ilişkiler görülmektedir. Merriam ve diğerleri (1970) inceledikleri kayaçların çekme dayanımları ve kristal içerikleri arasında yukarıdaki ilişkileri doğrulayan sonuçlara ulaşmışlardır. Onda ve Asoka Kumara'ya göre kristal boyutunun artması, kayaçların mekanik özellikleri belirgin şekilde azalmaktadır [19]. Şekil-12-13 ve 15'deki ilişkiler bu çalışmayı bir kez daha doğrulamaktadır.

## 5.Sonuçlar

Bu çalışmada iki farklı yol agregası ve bu agregalardan oluşan asfalt karışımların farklı mühendislik özellikleri arasındaki ilişkiler üzerine basit regrasyon analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir.

- Bu çalışmanın sonuçları kristal boyut özellikleri ve mekanik özellikler arasındaki ilişkilere farklı bir bakış getirmiştir. LAV değeri AIV değerinden daha çok kristal sınır boyutlarına bağlıdır. İnce daneli kristallerin boyutsal dağılımı ve miktarı LAV değerini etkiler.AIV ile ilgili çalışma sonuçları geliştirilmelidir.
- Donma-Çözülme ve kristal boyutu arasındaki ilişki LAV ve kristal boyutu arasındaki ilişkiye benzetmekle birlikte korelasyon katsayısı o kadar kuvvetli değildir.

- Agregalar asfalt karışımların ağırlıkça % 95’ni oluşturduklarından, agregaların üretildiği kayaç türleri kaplamanın performansını doğrudan etkileyecektir. Nitekim A ve B agregalarından yapılan karışımların yorulma ömürleriyle agrega kristal boyutları arasında lineer ters orantılı bir ilişki bulunmuştur.
- Bu çalışmanın sonuçlarına göre kristal boyutu küçüldükçe kayaçların ve bu kayaçlardan meydana gelen malzemelerin aşınma direnci gibi mekanik mukavemetleri iyileşmektedir. Fakat cilalanma direnci kristal boyutu küçüldükçe azalmaktadır. Darbelenme kaybı ile ilgili sağlıklı bir korelasyon elde edilememiştir
- Bir kayacın kaliteli bir agrega kaynağı olup olmadığını anlamak için genellikle çok kapsamlı deneyler gerekmektedir. Kayaçların mineralojik ve petrografik analizleri yapılmak suretiyle, deney yapmaksızın mekanik özellikleri hakkında tahminde bulunulabilir.
- Farklı kayaç tiplerinin mekanik ve petrografik özellikleri belirgin şekilde değişiklik gösterir. Diğer kayaç tiplerinin mekanik özelliklerini tahmin etmek için nicel petrografi kullanıldığında bu çalışmanın sonuçları yararlı olabilir, fakat sonuçlar tüm kayaç tiplerine genellendirilemez.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Fonu tarafından desteklenen bir araştırmadır. Yazarlar bu araştırmaya fırsat verdikleri için Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkürü bir borç bilirler.

### **Kaynaklar**

1. ACMA Product Group of the British Aggregate Construction Materials Industries (BACMI), 1992, “Bituminous Mixes and Flexible Pavements”, London, England.
2. Johnson, R.B., De Graff, V.J., 1988. Principles of Engineering Geology. Wiley, New York.
3. Tuğrul, A., Zarif, I., H., 1998 “Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Selected Granitic Rocks From Turkey”, Engineering Geology, Vol:51, pp 303-317.
4. Raisanen, M., 2004, “Relationships between texture and mechanical properties of hybrid rocks from the Jaalalitti complex, southeastern Finland”, Engineering Geology, Vol:74, pp 197-211.
5. Vallius, P., 1995. The suitability of rapakivi granite varieties of Wiborg batholith for the production of asphalt pavement. PhD dissertation. FinnRA Research Report 1.109 pp.
6. French, W.J., Kermani, S., Mole, C.F., 2001, Petrographic evaluation of aggregate parameters. Proceedings of the 8th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials. Athenes departement de geologie, Athens, pp.557-564.
7. Ersoy, A., Waller, M.D., 1995. Textural characterisation of rocks. Engineering Geology Vol: 39, 123-39.
8. Akesson, U., Lindqvist, J.E., Göransson, M., Stigh, J., 2001. Relationship between texture and mechanical properties of granites, central Sweden, by use of image-analysing technique. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 60, 277-284.
9. Merriam, R., Rieke, H.H., and Kim, C.Y., 1970 “Tensile strength related to mineralogy and texture of some granitic rocks”, Engineering Geology, Vol:4, I:2, pp 155-160.
10. Gürer, C., Ocak 2005, Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
11. Woodside, A. R., Lyle, P., Woodward, W., D., H., Perry, M., J., 1998, “Possible Problems with High PSV Aggregate of the Gritstone Trade Group”, Advances in Aggregates and Armoustone Evaluation, Geological Society, Engineering Geology Special Publications, vol:13, p:159-167, London.

12. Metin, S., Genç, Ş. & Bulut, V., 1987, Afyon ve yakın dolayının jeolojisi, M.T.A. Rap. No: 8103, Ankara.
13. Kibici, Y., Yıldız, A. ve Bağcı, M., 2001, Afyon kuzeyinin jeolojisi ve mermer potansiyelinin araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu, (MERSEM '2001), 73 - 85, Afyon.
14. Çelik, M. Y., 2003, “İscehisar-Bolvadin (Afyon doğusu) arasındaki Paşadağ yöresinin jeolojisi ve Paşadağ mermerlerinin değerlendirilebilirliğinin incelenmesi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 183 s, Ankara.
15. Yıldız, A. Kibici, Y. ve Emrulloğlu Ö. F., (1999). Seydiler (Afyon) diatomit yatağının jeolojisi ve mineralojisi. I. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu (BAKSEM' 99), s: 96 – 104, İzmir.
16. Özgül, E.B., 2000, “Şuhut ovasının (Afyon) hidrojeoloji incelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 110 s, Isparta.
17. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yollar Fenni Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1994.
18. Tığdemir, M., Karaşahin, M., Kurbanoğlu, C., 1998. “Asfalt Betonu Testi İçin Devirli Bir İndirekt Çekme Aletinin Geliştirilmesi”, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, sayfa:43-51, Isparta.
19. Ondera, T. F. Asoka Kumara, H.M., 1980. Relationship between texture and mechanical properties of chrystalline rocks. Bull.Int.Assoc.of Eng.Geology. Vol:22, pp.173-177.