



**Murat Okubay**

Elazığ İl Özel İdaresi, muratokubay@gmail.com, Elazığ-Turkey

**Mustafa Sinan Yardım**

Yıldız Teknik University, sinan.yardim@gmail.com, İstanbul-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2016.11.3.1A0364>

## **MERMER ATIKLARININ BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN STABİLİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

### **ÖZ**

Bu çalışmada; karayolu üst yapısında bitümlü sıcak karışımlarda (BSK) mermer atıklarının hem agregata hem de filler malzeme olarak BSK'nın temel agregata hammaddesi olan kalker ile kombine halde kullanımının uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma içerisinde deneylerde kullanılacak olan bitüm üzerinde standart bağlayıcı ve Superpave bağlayıcı performans deneyleri yapılmış, agregaların fiziksel özellikleri belirlenmiş ve her bir karışım türünün optimum bitüm içeriği, Marshall yöntemine göre tespit edilmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde; Marshall stabilite ve akma deneyi ve kalıcı Marshall stabilitesi deneyi yapılarak sonuçları analiz edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıl halde depolanan mermer atıklarının stabilite özelliklerinin, şartnamelerin limit değerlerini sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitümlü Sıcak Karışım, Agregata,  
Mermer, Atık, Stabilite

## **THE EFFECTS OF MARBLE WASTE ON THE STABILITY PROPERTIES OF BITUMINOUS HOT MIXES**

### **ABSTRACT**

In this paper, the suitability of the combined using of waste marble in highway pavement as both aggregate and filler materials, and limestone which is the main component of the bituminous hot mixes was investigated. For this purpose, firstly, performances of standard binder and superpave binder tests were carried out, and then physical properties of aggregates were determined. At last, optimum bitumen contents were determined for each mixture. Marshall Stability, flow and retained Marshall stability tests were utilized for all samples and results from these tests were analyzed. Finally, analysis of results has revealed that stability properties of waste of idle marble have provided the limit values of the specifications.

**Keywords:** Bituminous Hot Mix, Aggregate,  
Marble, Waste, Stability



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel gelişmeler, beraberinde bir takım sorunları da ortaya çıkarmaktadır. Gelişmiş dünya ülkeleri, daha önceleri yarattıkları atıkların bir miktarını kendi ülkelerinde kullanıp geriye kalanları az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere göndermekte idi. Bu doğrultuda, bilim insanları, biriken atıkların sadece ülkeler arasında hareket gördüğünü ancak, dünya kaynaklarına zarar vermeye devam ettiğini fark etmeleri sonrasında, atıkların uygun yöntemlerle ve ülkelerinde geri kazanılması ya da yok edilmesi için çalışmalara başlamışlardır. Bu süreç, atık madde tanımını da ortaya koymuş ve üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddeye atık denilmiştir. Günümüzde ekonomik gelişmelerin şehirleşmeye olan etkisi ile yapılaşma da sürekli artış göstermiş ve inşaat sektörü temel ihtiyaçların ötesinde konfor ve lüks tüketimi de beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda dünyanın birçok noktasında kesin rakamların bilinmemesine rağmen doğal taştan üretilen malzemeler hem çıkarıldıkları ülkelerde hem de dünyanın gelişmiş bölgelerine ihraç yolu ile ulaştırılmakta ve geniş bir tüketim hacmine ulaşmaktadır. Bu bağlamda birçok sektörde olduğu gibi mermer sektöründe ortaya çıkan atık malzemelerin endüstriye kazandırılması gerek çevre sağlığı gerekse ülke ekonomisine yaptığı katkılar ile önem arz etmektedir [1 ve 2].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Ülkemizde neredeyse şehirlerin üçte birinde mermer yatakları ve mermer ocakları bulunmakta ve bu ocaklardan yaklaşık 50 farklı çeşit (Elazığ Vişne, Hazar Bej, Afyon Beyaz, vb.) mermer elde edilmektedir. Mermercilik sektöründe ocak işletmecisi ve mermer imalatçısı olan büyük ölçekli işletmecilik yapan 500'ü aşkın firmanın yanı sıra atölye olarak faaliyet gösteren kuruluşlar ile birlikte bu sayının her geçen gün arttığı aşikârdır [3 ve 4]. Ocaklarda tonajlı büyük bloklar halinde kesildikten sonra işlenmek üzere fabrikalara getirilen mermer bloklar; su soğutma sistemli kesiciler yardımıyla istenilen boyutlarda kesilirler. Bu kesim işlemi sırasında su ile karışan mermer tozundan, mermer çamuru oluşur. İşletmeler bu atığı bir havuzda toplamakta ve havuzdaki çamur kuruyunca, kamyonlarla yerleşim yerlerinden uzak yerlere atmaktadırlar. Çevresel anlamda büyük bir sorun olan mermer çamurunun yanı sıra bir de kullanılmayacak büyüklükte olan mermer parçaları da atık malzeme sınıfına girmekte ve bu atık malzemeler de moloz depolama alanlarında doğaya bırakılmaktadır [5 ve 6]. Sürekli arttığı için depolanması işletmeler için mümkün olmayan bahse konu atıkların değerlendirilmesi; çevre sağlığı, çevre temizliği ve ekonomik açıdan büyük bir kazanç olacaktır.

Yapılan araştırmalarda mermer atıklarının inşaat sektöründe özellikle de beton üretiminde kullanılabilirliği üzerine çalışmalar ve uygulamaların devam ettiği görülmüştür. Benzer şekilde mermer atığının bitümlü sıcak karışımlarda da kullanılabilirliği hem atık malzemenin çevresel etkilerini azaltmak hem de BSK üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi noktasında büyük önem taşıyacaktır [7 ve 12].

Yapılan bu çalışma ile literatürde mermer atıklarının BSK'larda kullanılabilirliği üzerine çalışmalar derlenmiş ancak bu güne kadar yapılan birçok çalışmaya rağmen mermerin bitümlü sıcak karışımların tamamında hem agrega, hem filler olarak kullanıldığı hem de BSK'ya esas kalker malzemeler ile kombine halde kullanılabilirliğine ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda yaptığımız bu çalışma ile atık mermerin stabilite özelliklerinin tespiti ile ülkemizde kabul gören Karayolları Genel Müdürlüğü Şartnameleri standartlarına uygun bir agrega olduğunun tespiti amaçlanmıştır. Bu sayede atıkların

hesaplı bir agrega olarak ekonomiye kazandırılmasının yanı sıra atık yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde de büyük faydalar sağlayacağı hedeflenmiştir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (Experimental Study)

#### 3.1. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Çalışmada öncelikle TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen saf bitüm (B 160/220) standart bağlayıcı deneylerine (penetrasyon, yumuşama noktası, özgül ağırlık) tabi tutularak kullanılabilirliği tespit edilmiş, ayrıca Superpave bağlayıcı performans deneyleri (dinamik kayma reometresi, kiriş eğme reometresi, dönel ince film halinde ısıtma, dönel viskozimetre) ile bitümlü bağlayıcının reolojik davranışının daha geniş bir çerçevede incelenmesi sağlanmıştır. Agrega malzemesi olarak Elazığ Karayazı Bölgesi'nden temin edilen kalker kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan agrega malzemesinin fiziksel özellikleri tespit edilmiş ve agrega gradasyonu, Karayolları Teknik Şartnamesine (KTŞ) uygun olarak Tip-2 şeklinde belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca iki farklı tür atık mermer kullanılmıştır. Bu mermerler; Elazığ bölgesinde üretilen ve uluslararası literatüre Elazığ Vişne olarak girmiş mermer ile yine ülkenin büyük bir bölümünde üretimi yapılan beyaz mermerdir. Çalışmada; kalker ve mermer kullanılmak suretiyle 9 farklı karışım oluşturulmuş ve sonuçları irdelenmiştir. Çalışma kapsamında Kaba Agrega, İnce Agrega ve Filler olarak kullanılan agregalar; "Kalker", "Elazığ Vişne Mermer" ve "Beyaz Mermer" olmak üzere üç agregadan toplam 9 farklı karışım tipi elde edilmiştir. Aşağıdaki tabloda agrega türlerine göre oluşturulan alternatifler gösterilmiştir. Çalışmada; Kalker agrega "K" harfi ile Elazığ Vişne Mermeri "V" harfi ile ve Beyaz Mermer "B" harfi ile sembolize edilmiştir.

Tablo 1. Gradasyona göre kullanılan agrega kombinasyonları  
(Table 1. Aggregate combinations according to gradation)

Sıra No	Kaba Agrega 19-4,75 mm	İnce Agrega 4,75-0,075 mm	Filler <0,075 mm	Gösterim
1	K	K	K	KKK
2	K	K	V	KKV
3	K	V	K	KVK
4	V	K	K	VKK
5	V	V	V	VVV
6	K	K	B	KKB
7	K	B	K	KBK
8	B	K	K	BKK
9	B	B	B	BBB

Her bir karışım türünün optimum bitüm içeriği Marshall yöntemine göre belirlenmiştir. Optimum bitüm içeriklerinde her bir deney için üç numune hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde;

- Marshall stabilite ve akma deneyi (ASTM D-1559),
- Kalıcı Marshall stabilitesi deneyi yapılarak sonuçları analiz edilmiştir.

#### 3.2. Malzeme Karakteristiklerinin Belirlenmesi (Determination of Material Characteristics)

##### 3.2.1. Bağlayıcı Üzerinde Uygulanan Deneyler (Binder Test Results)

Çalışmada bağlayıcı olarak TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen B 160/220 sınıfı bitüm kullanılmıştır. Bu bağlayıcının seçilmesinde, mermer atıklarının ülkenin birçok bölgesinde bulunmasına bağlı olarak bitümün de ülkenin büyük bölümünde kullanılabilir olması göz önünde

bulundurulmuştur. Bağlayıcıya uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan bağlayıcının TS 1081 EN 12591 standardında belirtilen şartname limitlerini sağladığı belirlenmiştir. Bitümlü sıcak karışımların karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarını belirlemek amacıyla B 160/220 bağlayıcısı iki farklı sıcaklıkta (135°C ve 165°C) dönel viskozimetre (RV) deneyine tabi tutulmuştur. 170±20 cP, ve 280±30 cP viskozite değerlerine karşılık gelen sıcaklık değerleri sırasıyla karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Bağlayıcıya uygulanan deneyler ve sonuçları  
(Table 2. Results and experiments applied to binders)

Özellikler	Standart	Sonuç	Şartname Limiti
Penetrasyon 0,1 mm, 100 g, 5 s	ASTM D5	190	160-220
Yumuşama Noktası (°C)	ASTM D36	40,9	35-43
Penetrasyon İndeksi (PI)	-	0,123	-
Viskozite (cP, 135°C)	ASTM D4402	237,5	Mak.3000
Viskozite (cP, 165°C)	ASTM D4402	87,5	-
Karıştırma Sıcaklığı Aralığı (°C)	-	142-149	-
Sıkıştırma Sıcaklığı Aralığı (°C)	-	127-133	-
G*/sinδ 52 °C (Pa)	ASTM D7175		Min.1000
G*/sinδ 58 °C (Pa)	ASTM D7175		Min.1000
RTFOT Sonrası			
Kütle Kaybı (%)	ASTM D2872	0,935	Mak.1,0
Penetrasyon 0,1 mm, 100 g, 5 s	ASTM D5	97	-
Kalıcı Penetrasyon (%)	-	51	Min.37
Yumuşama Noktası (°C)	ASTM D36	50,3	Min.37
Yumuşama Noktasındaki Artış (°C)	-	9,4	Mak.11
G*/sinδ 52°C	ASTM D7175		Min.2200

### 3.2.2. Agregada Üzerinde Uygulanan Deneyler (Aggregate Test Results)

Çalışmada agregada olarak, Elazığ Karayazı Bölgesi’nden temin edilen kalker (kireçtaşı) türü kırmataş ve Elazığ Organize Sanayi Bölgesi atık depolama sahasından temin edilen mermer atıkları kullanılmıştır.

Mermer atığı olarak, mermer işleme tesislerinden “Elazığ Vişne” ve “Beyaz Mermer” kullanılmıştır. Agregada temininde kalker, karayolu inşaatlarına malzeme veren ocaklarda üretilmesi sebebiyle, kaba eleklerde sınıflandırılmış olarak elde edilebilmiş olsa da mermer malzemeler için benzer bir süreç izlenememiştir. Bu nedenle Resim 1’de de görüldüğü üzere Elazığ Organize Sanayi bölgesinden temin edilen atık mermer parçaları konkasörlere taşınmış ve burada kırılarak kaba eleklerde sınıflandırılması sağlanmıştır.



Resim 1. Atık mermer malzemelerin temini ve konkasörlerde kırılarak elenmesi  
(Photo 1. Provision of waste marble material and obtained by crashing)

Elde edilen kalker ve mermer agregaların fiziksel özellikleri belirlenerek şartnamelere uygun olduğu tespit edilmiştir. Agregalara ait deney sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Agregaların özgül ağırlık değerleri  
(Table 3. Specific gravity of aggregate)

Özgül Ağırlıklar (g/cm <sup>3</sup> )	Kalker	Beyaz Mermer	Elazığ Vişne
Kaba Agreg, Hacim Özgül Ağırlığı	2,544	2,539	2,541
İnce Agreg, Hacim Özgül Ağırlığı	2,561	2,552	2,556
Filler, Zahiri Özgül Ağırlığı	2,613	2,600	2,607

Tablo 4. Agregaların fiziksel özellikleri  
(Table 4. Physical properties of aggregate)

Aşınma ve Donma Kaybı Özelliği	Kalker	Beyaz Mermer	Elazığ Vişne
Aşınma Kaybı (%) (Los Angeles)	26,4	2,539	29,5
Aşınma Kaybı (%) (Micro Deval)	14,1		8,50
Donma Kaybı (%) (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	11,75	2,05	37,91

Deneylerde agrega gradasyonu olarak, çalışmaların başladığı dönemde yürürlükte olan KGM teknik şartnamesi aşınma tabakası Tip 2 gradasyon limitleri ortalaması kullanılmıştır. Agregada gradasyonu Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Karışımlarda kullanılan agrega gradasyonu  
(Table 5. Aggregate gradation used in mixtures)

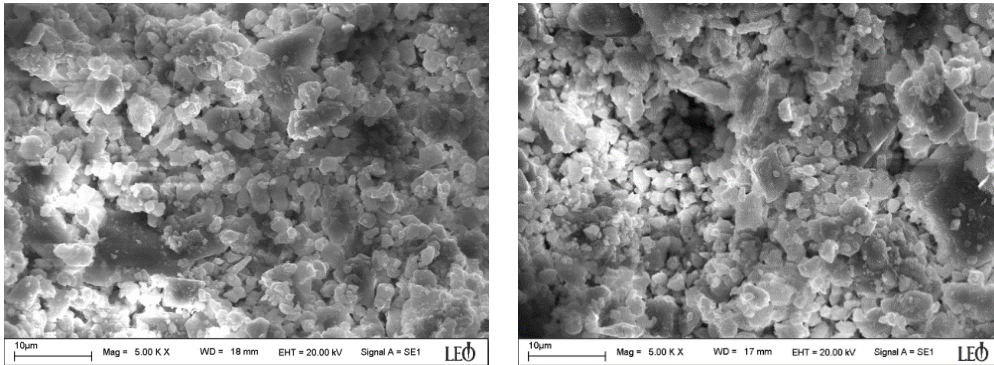
Elek Açıklığı (mm)	25	19	12,5	9,5	4,75	2	0,425	0,18	0,075
Geçen (%)	100	90	72,5	63	49	36,5	19,5	12	4,5

Karışımlardaki kaba agrega oranı %44, ince agrega oranı %49, filler oranı ise %7'dir. Agregaların fiziksel özellikleri üzerine yapılan çalışmalar mermer numunelere ait mineralojik analizler ile devam etmiş ve sonuçlar ile SEM görüntüleri elde edilmiştir. Yapılan araştırmada Mermer numunelerinin genellikle benzer fiziksel ve kimyasal özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Elazığ il sınırları içerisinde farklı ocaklardan elde edilmiş 2 çeşit mermer malzemenin özellikleri Tablo 6'da sunulmuştur. Elazığ Vişne, yöreye has dünyaca ünlü bir mermer çeşididir. Beyaz Mermer ise Türkiye'nin tüm bölgelerinde çıkarılmakta ve yaklaşık aynı özellikteki mermer çeşitleridir.

Tablo 6. Mermerin fiziksel ve kimyasal özellikleri  
(Table 6. Physical and chemical properties of marble)

Özellik	Elazığ Vişne	Beyaz Mermer
Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,60	2,61
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3924	4372
SiO <sub>2</sub> (%)	28,35	0,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	9,70	0,46
CaCO <sub>3</sub> (%)	60,48	97,35

Elektron mikroskobu ile yapılan tespitlerde mermer tozlarının mikroskobik yapısının köşeli ve düzensiz olduğu görülmüş aynı zamanda incelenen her iki tür mermerin oldukça yakın karakteristik özellikler taşıdığı tespit edilmiştir. Her bir mermer tozu çeşidinin de elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.

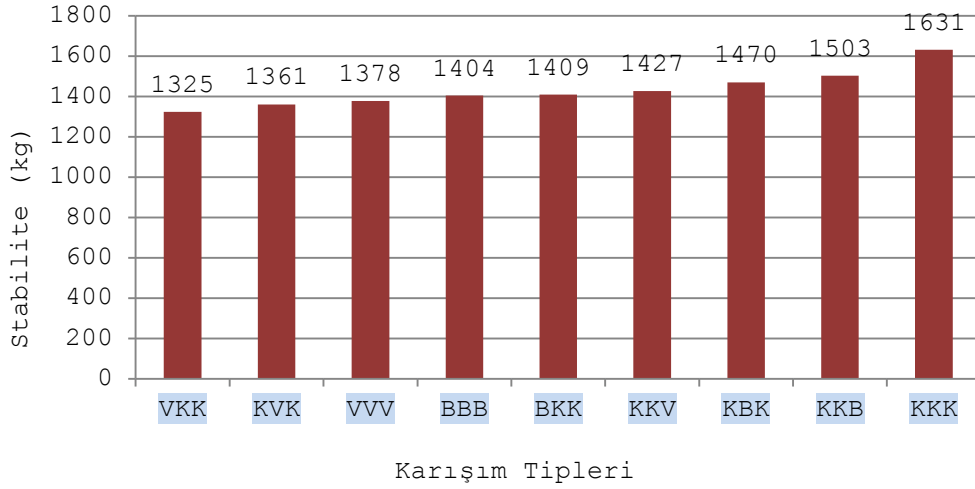


Şekil 1. Beyaz mermer ve Elazığ vişne mermer numunelerine Ait SEM görüntüleri

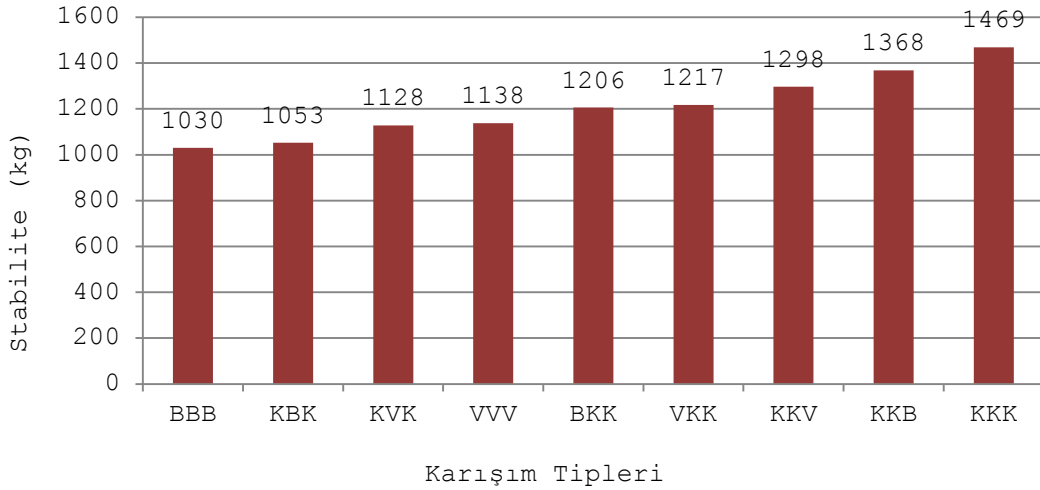
(Figure 1. SEM images of white and Elazığ Cherry marble specimens)

#### 4. MARSHALL STABİLİTE VE AKMA DENEY SONUÇLARI (MARSHALL STABILITY AND FLOW TEST RESULTS)

Deneyde numuneler koşullandırılmamış ve koşullandırılmış olmak üzere iki grupta teste tabi tutulmuşlardır. Şekil 2'de koşullandırılmamış yani 60°C'lik su banyosunda 40 dakika bekletilmiş numunelerin stabilite ve akma değerleri verilmiştir. Şekil 3'de ise koşullandırılmış yani 60°C'lik su banyosunda 24 saat bekletilmiş numunelerin stabilite ve akma değerleri verilmiştir. Her iki durumda da (koşullandırılmamış ve koşullandırılmış) numunelerin stabilite değerleri küçükten büyüğe doğru sıralı olarak verilmiştir.



Şekil 2. Koşullandırılmamış numunelerin stabiliteledeki değişim  
(Figure 2. The variation on the stability of unconditioned specimens)



Şekil 3. Koşullandırılmış numunelerin stabillerindeki değişim  
(Figure 3. The variation on the stability of conditioned specimens)

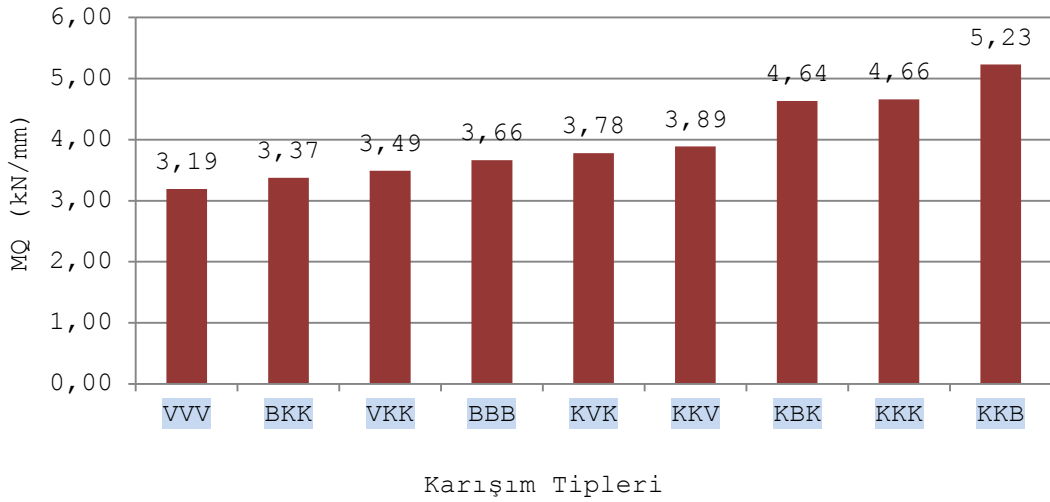
Şekilden görüldüğü üzere bütün karışım tipleri standardın belirtmiş olduğu minimum 950 kg alt sınır değerinden daha yüksek stabilite değerleri vermiştir. En yüksek stabilite değerine agregasının tamamı kalkerden oluşan kontrol karışımı vermiştir.

İçinde mermer bulunan karışımların stabilite değerleri ise birbirinden çok farklı sonuçlar vermemiştir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz ve vişne mermerin filler olarak kullanılması, ince agrega ve kaba agrega olarak kullanılmasından daha iyi sonuçlar vermektedir. Mermer tipleri arasında ise beyaz mermer vişne mermere göre bir derece daha yüksek stabilite değerleri vermiştir. En kötü performansı kaba agrega olarak vişne mermerin kullanıldığı karışım vermiştir.

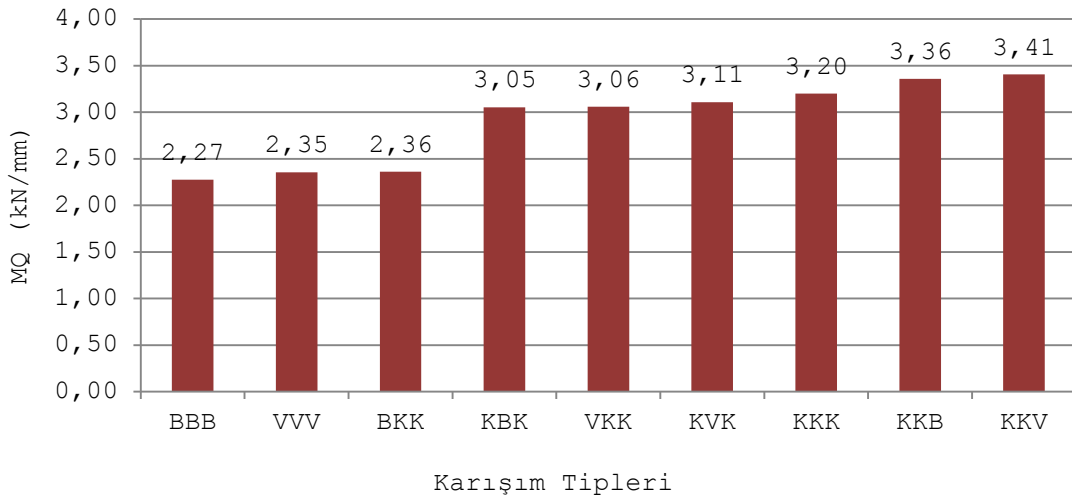
Şekil 4'de koşullandırılmış numunelerin stabilite değeri küçükten büyüğe doğru sıralı olarak verilmiştir. Burada sıralamanın koşullandırılmamış numunelerindekine göre değiştiği tespit edilmiştir. Ancak yine burada da hiçbir mermer içeren karışımın kontrol karışımından daha yüksek stabilite vermediği görülmekte ve kontrol

karışımından sonra en yüksek stabilite değeri yine filler olarak beyaz mermerin kullanıldığı karışımda olmuştur. En düşük stabilite değerini agregasının tamamı beyaz mermerden oluşan karışım vermiştir. Koşullu ve koşulsuz numuneler birlikte değerlendirildiğinde her iki mermerinde filler olarak kullanıldığı karışımların kontrol karışımına yakın değerler verdiği görülmektedir.

Şekil 4 ve 5’de sırasıyla koşullandırılmamış ve koşullandırılmış numunelerin stabilite/akma değerleri küçükten büyüğe doğru sıralı olarak verilmiştir. Rijitliğin bir göstergesi olan MQ değerlerine bakıldığında stabilitede olan sıralamanın değiştiği görülmektedir. Hem koşullu hemde koşulsuz durumda beyaz mermerin filler olarak kullanılması kontrol karışımından daha yüksek MQ değerleri vermektedir. Her iki durum birlikte değerlendirildiğinde en kötü sonucu agregasının tamamı vişne mermer olan karışıma ait olduğu görülmektedir. Stabilitede olduğu gibi burada da mermerlerin fillerden kaba agregaya doğru kullanım sıralamasında MQ değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.



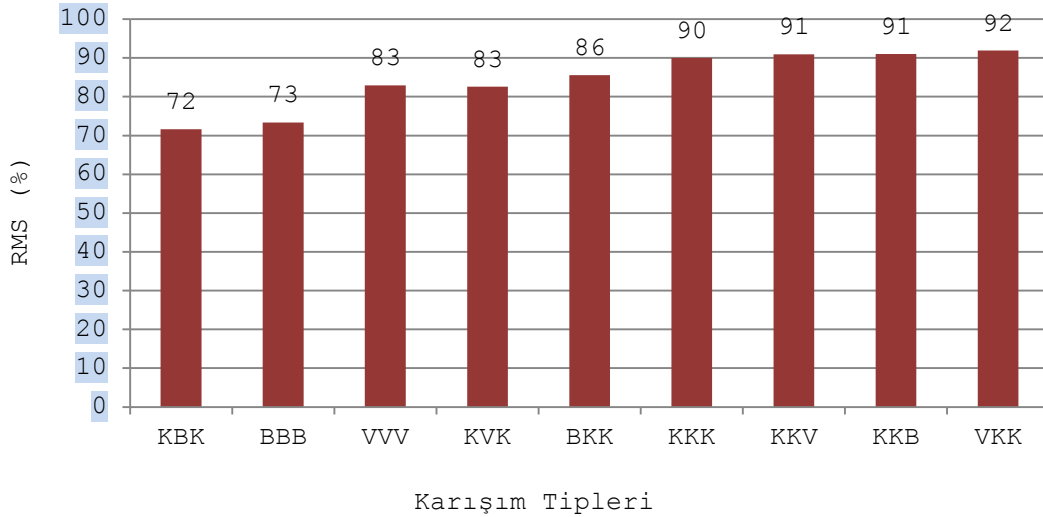
Şekil 4. Koşullandırılmamış numunelerin MQ değerleri  
(Figure 4. MQ values of unconditioned specimens)



Şekil 5. Koşullandırılmış numunelerin MQ değerleri  
(Figure 5. MQ values of conditioned specimens)



Şekil 6'da koşullandırılmış numunelerin stabilite değerlerinin koşullandırılmamış numunelerin stabilitelere oranı olan RMS değerleri küçükten büyüğe doğru sıralı olarak verilmiştir. Beyaz mermerin gradasyonun tamamında ve ince agrega olarak kullanıldığı numuneler dışındaki numuneler %80 değerinin üstünde ve birbirine yakın sonuçlar vermiştir. RMS sonuçlarına göre mermerin gradasyondaki kullanım sıralamasının fillerden kabaya doğru olması durumunda RMS değerlerinde düzenli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. Numunelerin RMS değerleri  
(Figure 6. RMS values of specimens)

Marshall stabilite ve akma deney sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde gradasyonun tamamında ve ince agrega olarak beyaz mermerin kullanıldığı numuneler hariç bütün mermer içeren karışımların minimum stabilite ve nem hasarı gereksinimlerini karşıladığı, mermerin en iyi sonuçları filler olarak kullanılması durumunda verdiği, stabilite ve MQ sonuçlarına göre beyaz mermerin vişne mermere göre bir derece daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

##### 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, bitümlü sıcak karışımların temel agrega hammaddesi olan kalker yerine atıl durumda depolanan mermer atıklarının agrega olarak kombinasyonlu olarak kullanımı, gerek mermer atık mermer agregaların fiziksel özelliklerinin BSK'larda kullanımına esas değerleri, gerekse Marshall stabilite ve akma deneyi (ASTM D-1559) ve Kalıcı Marshall stabilitesi deneyi sonuçları dikkate alındığında, Karayolları Teknik Şartnamesi'nde belirlenen limitler dâhilinde salt kalker numuneler ile üretilen BSK numunelerinden elde edilen değerler ile şartname alt limitlerini sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla mermer atıklarının bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabilirliği kanaati oluşmuştur. Bu durum atık mermer tozundan elde edilen filler malzeme olarak hem de atıl durumdaki mermer parçalarının konkasörlerde kırılması ile elden edilen agrega olarak doğrudan bitümlü karışımlarda kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır.

Ayrıca, ülkenin üçte birlik bölümünde mermer işleme tesisleri olduğu göz önünde bulundurulduğunda tesislere ya da atık depolama alanlarına yakın yerlerde mermer atıklarının bitümlü sıcak karışımlarda kullanımı çevre kirliliğini düşürecektir. Ayrıca mermer işleme



tesislerinin genellikle şehre yakın bölgelerde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, şehrin daha uzak bölgelerinde bulunan taş ocaklarından gelen kalker agregaya göre nakliye maliyetlerinin düşük olacağı aşikârdır.

Bu nedenle özellikle mermer atığı depolama alanlarında kurulacak konkasör tesisleri ile hem atıl malzemenin ekonomiye kazandırılması sağlanacak hem atığın çevreye olan zararlı etkileri bertaraf edilecek hem de kalker ve benzeri agrega ocaklarına göre nakliye maliyetleri düşürülebilecektir.

Yapılan bu çalışma neticesinde kompozit halde depolanan mermer atıklarının bitümlü sıcak karışımlarda özellikle düşük ve orta hacimdeki trafik yükü olan yollarda kaplamanın binder tabakasında değerlendirilebileceği görülmektedir. Yüksek hacimli ve ağır taşıt kompozisyonu bulunan yollarda kullanımına ilişkin BSK'lara uygulanan diğer deneyler ile birlikte sonuçların yeniden analiz edilmesi uygun olacaktır.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012).  
<http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/>.
2. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Resmi İnternet Sayfası.  
<http://www.turkishstones.org>.
3. Alyamaç, K.E. ve İnce, R., (2007). Atık mermer çamurunun kendiliğinden yerleşen betonda toz madde olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, TÇMB (Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği) 3. Uluslararası Çimento ve Betonda Sürdürülebilirlik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss:821-832, İstanbul.
4. Alyamac, K.E. and Ince, R., (2009). A Preliminary Concrete Mix Design for SCC with Marble Powders, Construction and Building Materials 23, ss:1201-1210.
5. Akbulut, H., İçağa, Y. ve Gürer, C., (2003). Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları, III Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul.
6. Akbulut, H. and Gürer, C., (2007). Use of Aggregates Produced From Marble Quarry Waste in Asphalt Pavements, Building and Environment. Volume:42, Issue:5, May 2007, pp:1921-1930.
7. Kardeşahin, M. and Terzi, S., (2007). Evaluation of Marble Waste Dust in the Mixture of Asphaltic Concrete, Construction and Building Materials, Volume:21, Issue:3, March:2007, Pp:616-620.
8. Choudhary, R. and Chandra, S., (?) Granite and Marble Dusts as Filler in Asphalt Concrete, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, India 247667.  
(<http://www.civil.uminho.pt/ismarti/08icti/papers/pl60.pdf>)
9. Ali, N., Ramli, M.I., and Hustim, M., (2012). Influences of Flood Puddle on Durability of The Asphalt Concrete Using Marble Waste as Filler. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:12, No:04.
10. Terzi, S., (2000). Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonunda Filler Malzemesi Olarak Kullanımının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta.
11. Yıldız, A.H., (?) Mermer Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi. Tez No:179767, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
12. Kandhal, P.S., (1992). Waste Materials in Hot Mix Asphalt, National Center for Asphalt Technology, NCAT Report No:92-6.