



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
1974 - 1999

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

# FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Afyon Kocatepe University  
Journal of Science

CİLT/VOLUME:1  
SAYI/NUMBER:1

ISSN 1302 - 1680

1999

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
*Afyon Kocatepe University*  
*Journal of Science*

**SAHİBİ**

Prof. Dr. Şan ÖZ-ALP  
(*Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektör V.*)

**EDİTÖR**

Prof.-Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU  
(*Teknik Eğitim Fakültesi Dekanı*)

**YAYIN KURULU**

Prof. Dr. Fikri ŞENOL  
Prof. Dr. Galip SAİD  
Prof. Dr. Rıza AŞIKOĞLU  
Prof. Dr. V. Kemal CEYLAN  
Doç. Dr. Yaşar KİBİCİ

**YAYIN KOORDİNATÖRLÜĞÜ**

Y. Doç. Dr. Abdurrahman KARABULUT  
Y. Doç. Dr. Süleyman TAŞGETİREN  
Arş. Gör. Kubilay ASLANTAŞ

**ADRES**

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Ali Çetinkaya Kampusü  
Teknik Eğitim Fakültesi / AFYON



## İÇİNDEKİLER

	SAYFA
<b>Faz dönüşüm prosesi ile asimetrik polimer membranlarının hazırlanması</b> Atilla EVCİN, Osman TUTKUN	1
<b>Jeotermal sularda kabuk oluşumunun önlenmesi ve kontrolü</b> Yalçın BOSTANOĞLU, Osman TUTKUN	13
<b>Sol-Jel metodu ile alumina esaslı seramik membranların hazırlanması</b> Ahmet HELVACI, Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU	23
<b>Mermer atıklarından polyester bağlayıcı suni mermer blok ve levha üretiminin araştırılması</b> Mustafa Yavuz ÇELİK, Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU	35
<b>Isparta güneyinde (Isparta çayı) oluşan detritik minerallerin araştırılması</b> Yaşar KİBİCİ, Erkan KARAMAN, Ahmet YAMIK, Mithat VICİL	51
<b>Seydiler (Afyon) Diyatomitinin İzolasyon Tuğlası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması</b> Ahmet Yıldız, Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU	65
<b>Nematik Sıvı Kristal (Kevlar) Sentezi ve Özellikleri</b> Mustafa YALÇIN, Ahmet HAMAMCIOĞLU, Fuat KAR	77
<b>Dönme ve ötelenme hareketi yapan otomobil ön cam sileceğinin kinematik yönden incelenmesi</b> Ahmet Nazim TUNUR, Abdurrahman KARABULUT	87
<b>Tarım alanında kullanılan traktörlerin insan vücuduna yaptığı titreşimin etkisi</b> Abdurrahman KARABULUT	101

## MERMER ATIKLARINDAN POLYESTER BAĞLAYICILI SUNİ MERMER BLOK VE LEVHA ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa Yavuz ÇELİK<sup>(1)</sup>, Ö.Faruk EMRULLAHOĞLU<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> A.K.Ü.Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyon

<sup>(2)</sup> A.K.Ü.Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon

### ÖZET

Bu çalışmada; mermer ocakları ve işleme tesislerinde oluşan mermer atıklarının bağlayıcı olarak polyester kullanarak, mermer atıklarından oluşan ve plaka olarak kesilebilen blok üretimi konusu incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan mermer parçaları, kırma ve eleme işlemleri sonucunda tane gruplarına göre ayrılmış ve çeşitli tane boyutlarından oluşan 3 ayrı agrega grubu elde edilmiştir. Bağlayıcı olarak polyester değişik oranlarda kullanılmak suretiyle en uygun agrega/bağlayıcı oranı elde edilmeye çalışılmıştır. Agrega grupları ve polyesterin preslenmesi sonucu elde edilen plakaların, fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilerek standart değerler ile kıyaslanmıştır. Üretilen plakaların ağırlıkça su emmesi % 0,19, basınç mukavemeti ise 877 kg/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiş olup bu değerler standart değerlerin üzerindedir. Sonuç olarak bu yöntem ile doğal mermerin renk ve yapısına benzer özellikte, istenilen boyutlarda mermer plakaları üretmek mümkündür.

**Anahtar Sözcükler:** Suni Mermer, Mermer Atıkları, Atıklarının Değerlendirilmesi

### INVESTIGATION OF THE PRODUCTION OF SYNTETICH MARBLE BLOCKS AND SLABS WITH POLYESTER BINDER BY USING WASTE OF MARBLE

### ABSTRACT

In this study, it was investigated that the production of syntetich marble blocks and slabs by using waste of marble quarries and

factories. Polyester were used as binder in the experiments. Marble particles, crushed and screened, were classified as dimension of grains. In this way, three different group of agregas was produced. Polyester were mixed at various ratios to the samples of the marble wastes, in order to find out the most suitable ratio of agregas/binder. Some of the mechanical and physical characteristics of these products are too much under the ones of the natural marble. However, some characteristics of slabs binded with polyester are nearly the ones of the natural marble. For example, the water absorption % by weight of the samples binded with polyester are 0,19 % and compressive strength of this is 877 kg/cm<sup>2</sup>. It is possible with this method to produce artificial marble blocks and slabs whose colors and structure are similar to the ones of the natural marble. The blocks can be produced with the all required dimensions.

**Keywords:** Artificial Marble, Waste of Marble, Recycling Waste

## 1.GİRİŞ

Mermer ocaklarında blok üretimi sırasında büyük oranda mermer parçaları açığa çıkmaktadır. Bu oran mermerin jeolojik özelliklerine göre % 40-60 arasında değişmektedir [1] Bu atıklar, ocak üretim maliyetlerini büyük ölçüde artırırken, çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Aynı şekilde mermer işleme tesislerinde de bu atıklar oluşmaktadır. Oluşan bu atıkları kullanmak suretiyle mermerin yerine kullanılabilir bir ürünün imalatı sonucunda atıkların değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması söz konusu olacaktır. Ayrıca bu atıkların oluşturduğu olumsuz görüntülerin bir miktar da olsa önüne geçilmiş olacaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda çeşitli bağlayıcılar kullanarak mermer atıklarından oluşan ve plaka olarak kesilebilen suni blok mermer üretimi gündeme gelmektedir. Bağlayıcı olarak polyester kullanılması suretiyle değişik tane boyutundaki mermer parçaları birleştirilerek suni blok mermer elde edilmektedir. Bu yöntemle tabii mermerin renk ve yapısına benzer özellikte, sağlam, boşluksuz ve istenilen ebatta blok mermerleri üretmek mümkündür.

Elde edilen bu ürünler, ocaklardaki atıkların ekonomiye kazandırılması ve çevre kirliliğini önlemesi bakımından önemlidir. Estetik ve ekonomik değeri olan ancak yeterli ebatta blok alınamaması nedeniyle işletilemeyen değerli mermer ocakları da bu teknoloji sayesinde işletilebilirlik kazanacaktır. Bu tür mermer ocakları renk, görünüş ve mineralojik olarak iyi kalitede olmasına rağmen yetersiz blok veriminden dolayı kullanılamamaktadır. Bu tür bir teknoloji uygulanması durumunda, ocaklardaki üretim metodu da hem çok kolay, hem de çok daha ucuz olacaktır. Çünkü blok alınması için yapılan yatırımlar burada söz konusu olmayacak, sadece ocaktan parça taş üretimi gerçekleştirilecektir [2].

Bu çalışmada mermer atıklarının değerlendirilmesi amaçlanmış ve bunun için seçilen çeşitli mermer parçaları; kırma, eleme, karıştırma, kalıplama, presleme ve kütleme işlemlerinden geçirilerek suni blok mermerler elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

## **2. MALZEME VE YÖNTEM**

### **2.1. Malzeme**

Deneylerde kullanılan mermer, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mermer Fabrikası atık sahasından temin edilmiştir. Bu numuneler Afyon Beyaz, Afyon Şeker, Afyon Bal, Eskişehir Süpren mermerleri kırıkları ve parçalarından oluşmaktadır. Üretilen suni mermerlerin güzel renk ve desende olması için ihtiyaç duyulan Diyabaz, Akşehir Siyahı, Ege Bordo, Uşak Yeşili gibi renkli mermer kırıkları ve parçaları Afyon Organize Sanayii bölgesinde kurulu bulunan ASMERSAN mermer fabrikasının atık sahasından sağlanmıştır. Deneylerde kullanılan mermerlerin fiziksel özellikleri Tablo .1 de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan mermerlerin fiziksel özellikleri [3,4,5].

Mermer Cinsi	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Su emme (%)	Basınç Mukaveme (kg/cm <sup>2</sup> )	Donsonras BasınçMu (kg/cm <sup>2</sup> )	Darbe mukaveme (cm)	Eğilme Mukavem (kg/cm <sup>2</sup> )
Afyon Beyaz	3	2,75	0,1	701	590	23	151
Afyon Şeker	3	2,75	0,1	701	590	23	151
Afyon Bal	4	2,73	0,1	648	447	11	65
Esk. Süpren	3-4	2,76	0,1	688	535	8	183
Ege Bordo	3-4	2,84	0,2	522	479	6	133
Akş.Siyah	4	2,72	0,1	807	657	15	145
Uşak Yeşil	4	2,75	0,1	697	575	15,5	138
Diyabaz	-	2,8-2,9	0,1-0,4	1800-2940	-	-	150-250

Tablo 2. deneylerde kullanılan polyeşterin özellikleri [6].

GENEL ÖZELLİKLER		SERTLEŞMİŞ POLYEŞTER ÖZELLİKLERİ	
Görünüm	Berrak	Sertlik	45
Renk	200	Su absorpsiyonu (5)	0,2
25°C de viskozite (Cps)	400+/-50	Çekme dayanımı (Kg/cm <sup>2</sup> )	450
Katı madde miktarı (%)	Min.58	Eğilme dayanımı (Kg/cm <sup>2</sup> )	850
Asit sayısı(mgKOH/g)	Max.24	Lineer çekme(%)	Max.2,5
Spesifik ağırlık	1,115-1,15		
20°C de stabilite (ay)	4		
Peak exoterm (°C) (*)	180+/-10		
Jelleşme süresi (dk) (*)	8+/-1		
(*)Jelleşme süresi ve Peak exoterm tayini 50 mm çapında bir beherglassa konan 100 gram reçineye 25 °C de % 0,25 oranında % 6 lık kobalt naftanat (katalizör) ve % 2 oranında % 50 aktif metil keton peroksit (hızlandırıcı) ilavesi ile yapılır.			

Deneylerde bağlayıcı olarak, Camsar A.Ş. nin ürettiği genel amaçlı orta reaktiviteli, Neoxil CE 92 N 8 markalı ekonomik tip ortoflatik polyeşter reçine kullanılmıştır[6]. Bu polyeşter reçine elyaf takviyesiz ve döküm polyeşteri olarak kullanılabilir özelliktedir. Bu polyeşterin özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Deneylerde kullanılan 15 x 15 x 15 cm ebatlarında 12 mm kalınlığındaki çelik saçtan 3 adet kalıp, Afyon Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi Tesviye Bölümünde yaptırılmıştır. Kalıp içindeki malzemelerin sıkılığının sağlanması ve taneler arasında

boşluk kalmaması için bütün deneylerde 25 ton'luk hidrolik pres kullanılmış ve bu preste numunelere  $100 \text{ kg/cm}^2$  basınç uygulanmıştır.

## 2.2. Yöntem

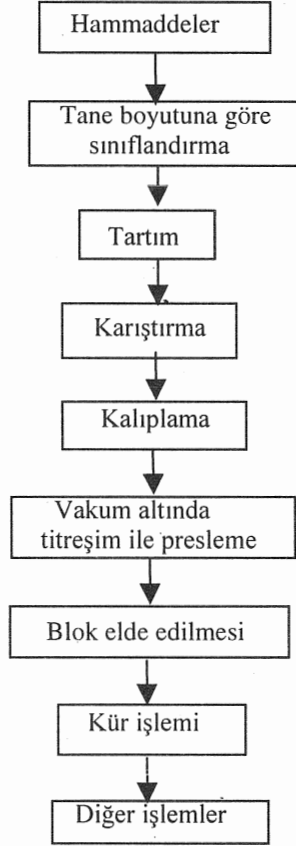
Mermer atıklarından suni mermer blok elde etmek için yapılan çalışmalar 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada; mermer parçaları kırma eleme işlemleri ile tane boyutu gruplarına göre sınıflandırılmıştır. Mermer agregaları her bir çeşit mermer için ayrı ayrı kırma ve eleme işlemlerine tabi tutularak hazırlanmıştır. Suni blok mermerlerin yapılması için seçilen mermer agregalarından, deneylerde kullanmak üzere 3 ayrı reçete hazırlanmış ve 1. grup (0-2 mm), 2. grup (0-4 mm), 3. grup (0-8 mm) olarak adlandırılmıştır [7].

İkinci aşamada bu reçetelere ait grupların her bir fraksiyonundan değişik oranlarda agrega alınarak karıştırma ve kalıplama işlemlerinden sonra preslenmiştir. Hazırlanan agrega reçetesine uygun olarak tartılan mermer agregaları uygun bir kapta, karışım iyice homojen hale gelinceye kadar kuru olarak karıştırılmıştır. Reçeteye göre tartılan polyester reçine ise ayrı bir kapta önce polyester ve katalizör, pembe bir renk alıncaya kadar iyice karıştırılmıştır. Daha sonra pembe bir renk alan karışıma hızlandırıcı da ilave edilerek tekrar karıştırılmıştır. Hızlandırıcı ve katalizör karışım oranlarının tespitinde üretici firma tavsiyesi esas alınmıştır [6]. Renkli döküm yapmak istendiğinde polyester içine % 4 oranında toz boya katılarak polyesterin renk alması sağlanmıştır. Her iki karışım ayrı bir kapta homojen hale gelinceye kadar iyice karıştırılarak, bağlayıcı polyesterin bütün taneler ile temas etmesi sağlanmıştır.

Bundan sonraki diğer işlemlerde; agrega/polyester karışımı kalıplama işlemine tabi tutulmuş ve bunun için  $15 \times 5 \times 5 \text{ cm}$  ebadındaki kalıplara 3 kademe doldurularak hidrolik preste  $100 \text{ kg/cm}^2$  basınç ile sıkıştırılmıştır. Kalıplarda preslenen numuneler 1 gün sonra kalıptan çıkarılarak sertleşmesi için



beklemeye alınmıştır. Polyesterin yapıştırıcı olarak kullanıldığı durumlarda sertleşme için normal şartlarda 1 gün yeterli olmaktadır. Sertleşme işleminin hızlandırılması için numuneler 40-45 °C sıcaklığındaki etüvde 4 saat süre ile tutulmuştur [2]



Şekil 1. Suni mermer blok üretimi akım şeması[7].

Üçüncü aşamada ise; presleme işleminden sonra numuneler kesilerek levha haline getirilmiş ve bu numunelerden 3'er adet hazırlanarak fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için, TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotlarına uygun olarak aşağıdaki testlere tabi tutulmuştur [8].

1. Su emme deneyi,
2. Eğilme mukavemeti,
3. Basınç mukavemeti,
4. Dona dayanıklılık,
5. Don sonrası eğilme mukavemeti,
6. Birim hacim kütlesi, doluluk oranı, porozite, görünen porozite,

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ**

Polyester bağlayıcılı numunelerin hazırlanması işlemlerinde hacimce % 12-14-16-18-20 polyester kullanılmış ve elde edilen numunelere çeşitli testler uygulanarak en uygun karışım oranı bulunmuştur. Bunun için sözü edilen karışım oranlarında ve 3 ayrı agrega grubunda toplam 15 adet deney yapılmıştır. Bu deneylerde kullanılan malzemeler ve miktarları Tablo 3.'de gösterilmiştir.

#### **3.1. Su Emme Deneyi**

110±5°C'de kurutulmuş numuneler tartılarak kuru kütle ağırlıkları hassas terazide tartılarak tespit edilmiştir. Tartılan numuneler, su dolu kap içerisine konularak 5 saat süre ile kaynatılmış ve soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra tekrar tartılan numunelerin su emdirilmiş kütleleri bulunmuş ve su emme oranları tespit edilmiştir.

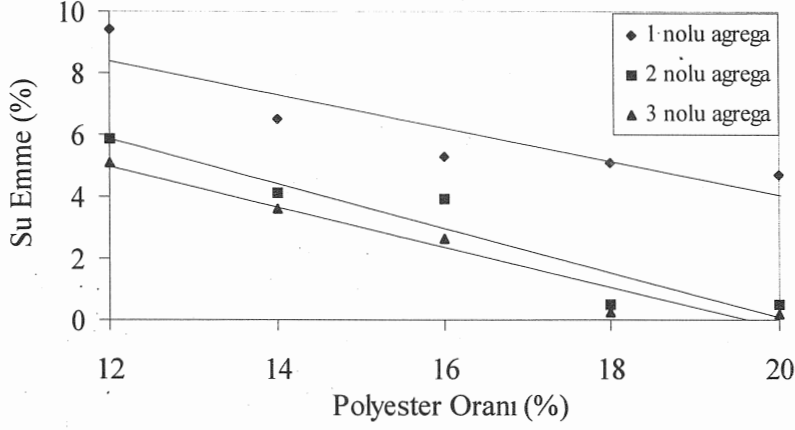
TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları'na göre yapılan su emme deneylerinde[8], numunelerin su emme oranlarının kullanılan polyester miktarının artışına bağlı olarak azaldığı Şekil 2'de görülmektedir. Elde edilen ürünler en iyi sonucu P-15 nolu deneyde vermiştir, hacimce % 20 polyester kullanarak % 0,19 su emme oranı elde edilmiştir.

Tablo 3. Polyester bağlayıcılı numunelerde kullanılan malzemeler ve oranları.

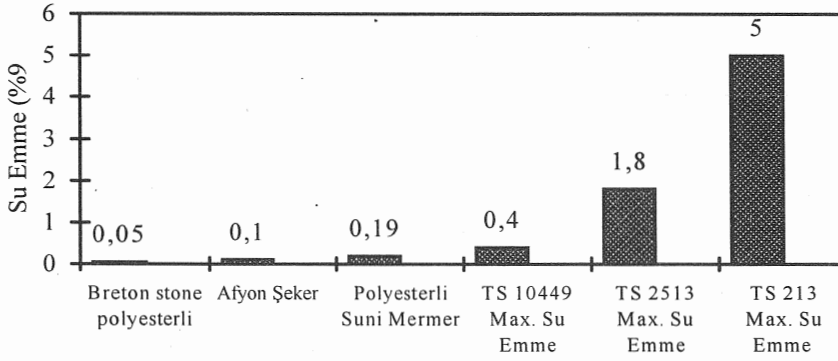
DENEY NO	POLYESTER ORANI HACİMCE %	AGREGA ORANI HACİMCE %	AGREGA GRUBU
P-1	12	88	1. grup
P-2	12	88	2. grup
P-3	12	88	3. grup
P-4	14	86	1. grup
P-5	14	86	2. grup
P-6	14	86	3. grup
P-7	16	84	1. grup
P-8	16	84	2. grup
P-9	16	84	3. grup
P-10	18	82	1. grup
P-11	18	82	2. grup
P-12	18	82	3. grup
P-13	20	80	1. grup
P-14	20	80	2. grup
P-15	20	80	3. grup

Elde edilen polyester bağlayıcılı suni mermerlerin su emme oranlarının, doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması Şekil 3.'de görülmektedir. TS 2513 Doğal Yapı Taşları standardına göre ağırlıkça su emmenin en fazla % 1,8 olması istenmektedir[8].

Üretilen polyesterli numunelerin su emme oranları, hem doğal mermerin hem de Breton'un [2] ürünlerinin su emme oranları ile aynı sınırlar içinde olduğu görülmektedir. TS 10449 Mermer - Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan standardında ise atmosfer basıncında su emmesinin ağırlıkça % 0,4 'den küçük olması istenmiştir[8]. Polyesterli numunelerde bu standardın altında değer elde edilmiştir.



Şekil 2. Polyester bağlayıcılı numunelerin kullanılan polyester oranına göre ağırlıkça % su emme değerleri.



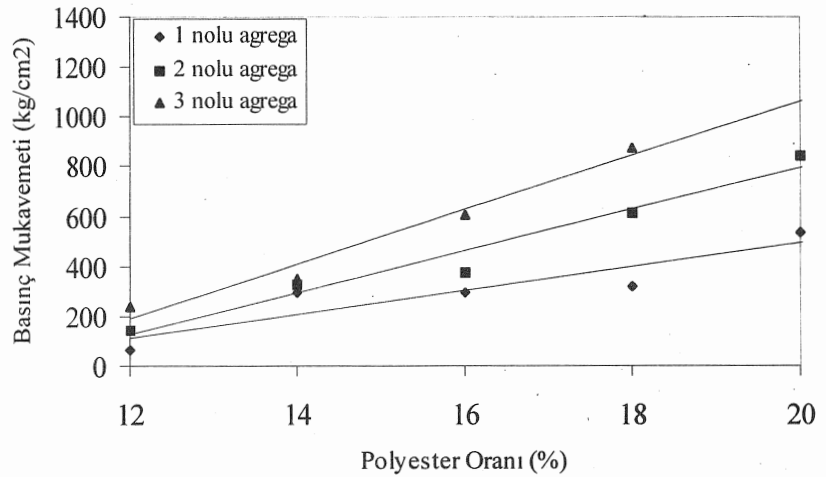
Şekil 3. Elde edilen polyester bağlayıcılı suni mermerlerin su emme oranlarının, doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması.

### 3.2. Basınç Mukavemeti

Numunenin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği mukavemet, tek eksenli basınç mukavemeti olarak tanımlanır. Bu da mermerlerin veya suni mermerlerin, kullanım yerlerinin belirlenmesi açısından çok önemli bir faktördür. Tek eksenli basınç mukavemeti deneyleri, Türk Standartları Enstitüsü'nün

Afyon Şubesi laboratuvarında 200 tonluk, dijital göstergeli, numune üzerine verilen yükü kontrol kumandalı ALŞA markalı presinde gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan 71x71x71 mm  $\pm$  1,5 mm boyutlu numuneler, etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuştur. Daha sonra numunelerin basınç uygulanacak yüzeyinin boyutları kumpas ile hassas bir şekilde ölçülerek yüzey alanı bulunmuştur (A). Numuneler deney yapılacak presin tablaları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilmiş ve numune üzerine saniyede yaklaşık 10 kg/cm<sup>2</sup> artacak şekilde darbesiz olarak numune kırılıncaya kadar yük uygulanmıştır (P). Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilerek numunelerin tek eksenli basınç mukavemetleri  $F=P/A$  formülü ile hesaplanmıştır.



Şekil 4. Polyester bağlayıcılı numunelerin kullanılan polyester oranına göre basınç mukavemeti değerleri.

Polyester bağlayıcılı numunelerin, TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları'na göre elde edilen tek eksenli basınç mukavemeti değerleri, kullanılan hacimce polyester miktarına ve agrega grubuna göre Şekil 4 'de görülmektedir. Genel olarak kullanılan polyester miktarındaki artışa paralel

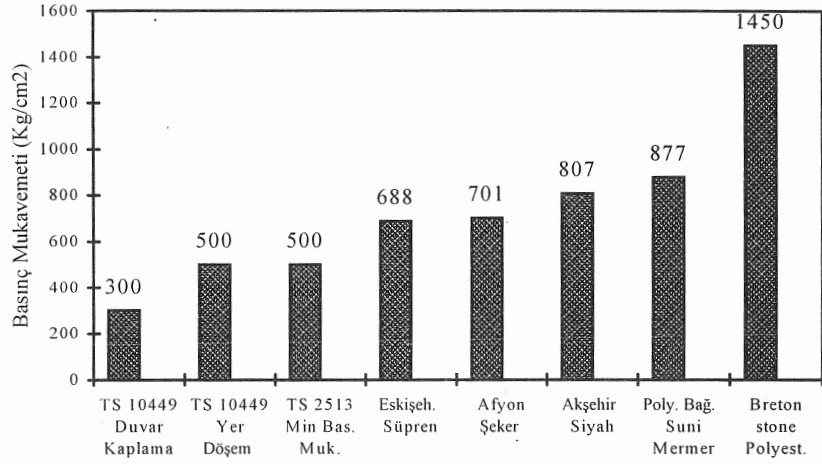


olarak basınç mukavemetlerinde de bir artış olduğu görülmektedir.

TS 10449 Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan isimli standarda göre; en az basınç mukavemeti, döşeme kaplaması ve merdiven basamağı vb. yer döşemelerinde kullanılacak mermerlerde  $500 \text{ kg/cm}^2$ , duvar kaplamada kullanılacak mermerlerde ise  $300 \text{ kg/cm}^2$  den büyük olmalıdır[8]. Yine TS 2513 Doğal Yapı Taşları isimli standarda göre bu değer  $500 \text{ kg/cm}^2$  den büyük olmalıdır[8]. Buna göre polyester bağlayıcılı numunelerin basınç mukavemetleri incelendiği zaman yer döşemesi olarak kullanılacak olanlarda istenilen  $500 \text{ kg/cm}^2$  den büyük olan basınç mukavemeti değerleri 1. grup agrega kullanılan numunelerde % 20 polyesterli karışımlar, 2. grup agrega kullanılan numunelerde % 18 ve % 20 polyesterli karışımlar, 3. grup agrega kullanılan numunelerde ise; % 16, % 18 ve % 20 polyesterli karışımlar uygun sonuçlar vermiştir. Elde edilen polyester bağlayıcılı suni mermerlerin basınç mukavemetinin doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması Şekil 5' de görülmektedir.

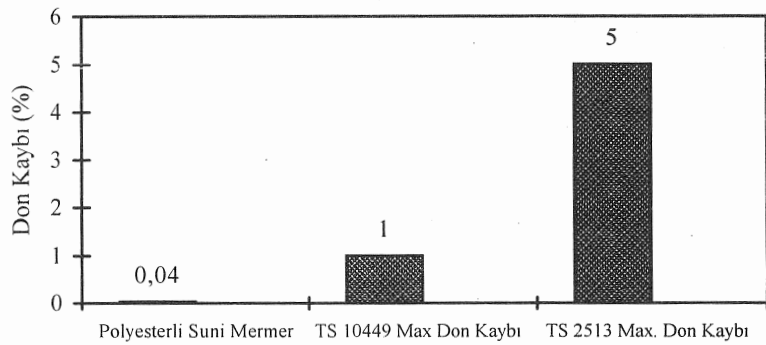
### 3.3 Dona Dayanıklılık

Polyester bağlayıcılı numunelerin dona dayanıklılık deneyleri sonunda bulunan ağırlık azalması değerleri % 0,04 ile % 0,82 arasında değişmektedir. Bu değerler TS 2513 Doğal Yapı Taşları standardında öngörülen % 5 ağırlık azalması değerinin altında kalmaktadır. TS 10449 sayılı Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan isimli standardın öngördüğü don kaybı ise % 1 'den küçük olmalıdır[8].



Şekil 5. Polyester bağlayıcılı numunelerin basınç mukavemetlerinin doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması.

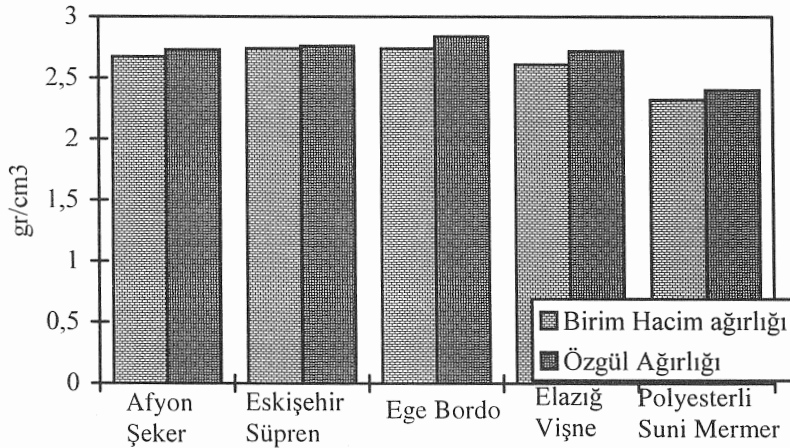
Polyester bağlayıcılı bütün numuneler bu standarda göre de uygundur. (Şekil 6) En fazla ağırlık kaybı 1.grup agregalı numunelerde görülürken en az ağırlık kaybı ise, 3. grup agrega kullanılan numunelerde görülmektedir. Bu durum polyester bağlayıcılı numunelerin normal atmosfer şartlarında dış kaplama malzemesi olarak rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil.6 Polyesterli numunelerin don kaybı değerlerinin standartlarla karşılaştırılması.

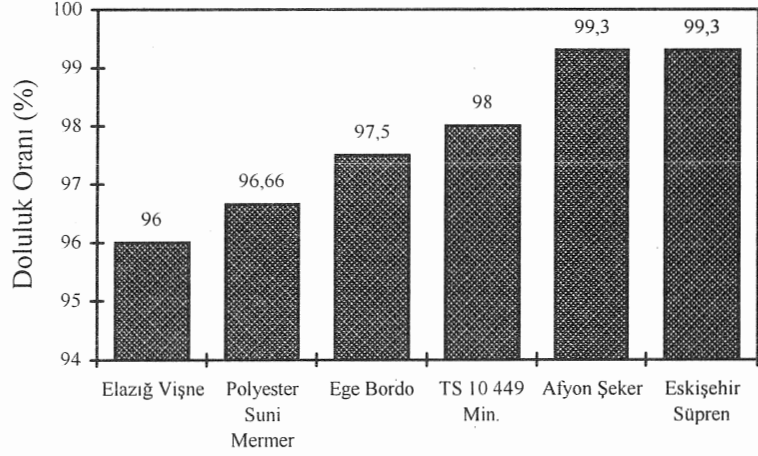
### 3.4 Birim Hacim Ağırlığı, Doluluk Oranı, Porozite ve Görünen Porozite

Düzgün geometrik şekilli numunelere uygulanan birim hacim ağırlığı deneyi sonucunda numunelerin birim hacim ağırlığı bulunmuştur. Numunelerin özgül kütleleri, kullanılan malzemelerin farklı yoğunluklarda olmasından dolayı, karışım oranlarında yer aldıkları miktarlara göre hesaplanmıştır. Numuneler tam anlamıyla boşluksuz olarak sıkıştırılmadığı için arada bir miktar boşluk kalmıştır. Bu nedenle polyesterli numunelerin birim hacim ağırlıkları, doğal mermerlerden daha düşüktür. Doğal mermerlerin tanımında özgül ağırlığın 2,55–2,8 g/cm<sup>3</sup> arasında olması istenmektedir[8]. Üretilen suni mermerlerin özgül ağırlığı 2,4 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Üretilen suni mermerlerin, doğal mermerlerin özgül ağırlığından daha düşük değerlerde olması hafifliğinden dolayı bir takım avantajlar sağlamaktadır. Şekil 7’de polyesterli suni mermerlerin birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık değerlerinin diğerleri ile kıyaslanması verilmiştir.

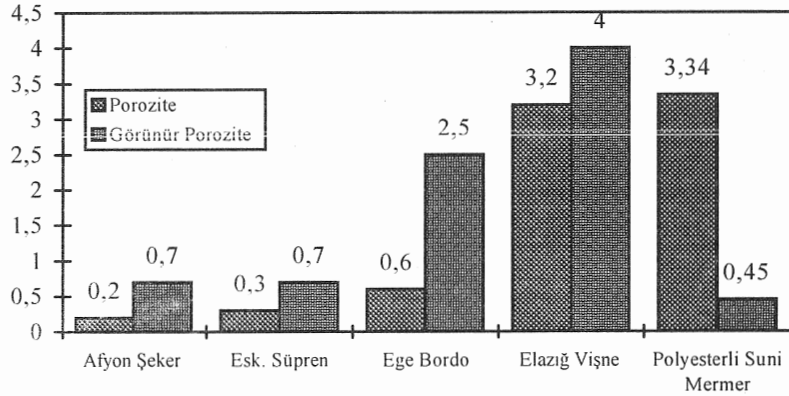


Şekil 7. Polyesterli suni mermerlerin birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık değerlerinin doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması.

TS 10449 sayılı standarda göre mermerlerde doluluk oranı (k) % 98'den büyük olmalıdır[8]. Elde edilen polyesterli suni mermerlerin doluluk oranı % 96,66 olarak bulunmuştur. Şekil 8'de polyesterli suni mermerlerin doluluk oranlarının doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 8. Polyesterli suni mermerlerin doluluk oranlarının doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması.



Şekil 9. Polyesterli suni mermerlerin porozite ve görünür porozite değerlerinin doğal mermer, literatürdeki benzer özellikteki ürünler ve standartlar ile karşılaştırılması.

Numuneler tam anlamıyla boşluksuz olarak sıkıştırılmadığı için arada bir miktar porozite kalmıştır. Fakat üretilen polyesterli suni mermerlerin görünür porozite değerlerinin doğal mermerlere yakın değerler taşıdığı Şekil 9'da görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bağlayıcı olarak polyester kullanmak suretiyle mermer atıklarından oluşan ve istenilen ebatlarda plaka olarak kesilebilen blok üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürünlerin fiziksel-mekanik ve renk özellikleri doğal mermerler ile aynı oranlarda olup hatta bazı durumlarda onlardan daha iyidir. Bu durumda organik bağlayıcılar kullanarak, mermer agregalarından doğal mermerlerinin renk ve yapısına benzer özelliklerden suni mermer levha üretmek mümkündür.

Polyesterli suni mermerler için % 16-18-20 polyester oranları tane boyutuna göre en uygun karışım oranları olarak tespit edilmiştir. Polyesterli numunelerin ağırlıkça su emme oranı ise kullanılan polyester miktarının artışına paralel olarak azalmıştır. Hacimce % 20 polyester oranlı 3. grup agregalı numunelerde % 0,19 su emme oranı ile doğal mermerlerin su emme oranına yakın bir değer elde edilmiştir.

Üretilen suni mermerlerde kullanılan polyester oranı arttıkça numunelerin basınç mukavemeti değerleri de artış göstermektedir. % 18 polyester oranında  $877 \text{ kg/cm}^2$  basınç mukavemeti değeri elde edilmiştir. Bu değer doğal mermerlerin basınç mukavemetleri ile karşılaştırıldığında standartların üzerinde yer almaktadır.

Polyesterli numunelerin don kaybı değerleri standart değerlerin altında bulunmuştur. Dolayısı ile elde edilen suni mermerler normal atmosfer şartlarına dayanıklı olup dış mekanlarda kullanılabilir özelliktedir.



Mermer ocaklarındaki çatlak sistemlerine bağlı olarak elde edilen blok ebatlarında sınırlamalar vardır. Bu nedenle büyük ebatlı blok alınması her zaman için mümkün değildir. Bu yöntem ile elde edilen suni mermerlerde ise istenilen renk ve ebatlarda blok üretimi mümkündür.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada yapılan deney ve testlerin gerçekleştirilmesinde katkıda bulunan Afyon TSE ve A.K.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi ilgililerine teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

- [1] KÖSE, H. ve ONARGAN, T., Mermer, Üretimi, Kesme Teknolojisi, Ekonomisi 9 Eylül Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Yayınları, (1992).
- [2] Bretonstone System Tanıtıcı Katalogları.
- [3] MTA, Türkiye’de Kaplamada Kullanılabilecek Sert Yapı Taşları Araştırmaları ile İlgili Proje Teklifi, (1989) (yayınlanmamış).
- [4] İMİB, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Mermer Katalogu, (1990).
- [5] Demmer A.Ş. Katalogu, (1993).
- [6] Camsar Sanayi Ara Malları Pazarlama A.Ş., Cam Elyafi Takviyeli Polyester Kalıplama Teknikleri, Tanıtım Broşürleri. (1994).
- [7] ÇELİK, M.Y., Mermer Atıklarının (Parça-Tozların) Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 138 s., 1996
- [8] Türk Standartları Enstitüsü Standartları,  
TS 2513 Doğal Yapı Taşları.  
TS 706 Aralık 1980 Beton agregaları.  
TS 213/Nisan 1994 Döşeme Kaplama Plakları-Beton.  
TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları.  
TS 10449 Mermer -Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan.