

## Profillit ve Zeolit Katkılı Yapı Malzemelerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Nil YAPICI\*<sup>1</sup> ORCID 0000-0001-9761-9122

Hakan GÜNEYLİ<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-8707-762X

Ebubekir MEHMETOĞLU<sup>2</sup> ORCID 0000-0003-3376-2960

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 08.02.2022

Kabul tarihi: 30.06.2022

Atıf şekli/ How to cite: YAPICI, N., GÜNEYLİ, H., MEHMETOĞLU, E., (2022). Profillit ve Zeolit Katkılı Yapı Malzemelerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(2), 419-427.

### Öz

Bu araştırmada bazalt agregalı yapı malzemesine zeolit ve profillit katkıları eklenerek performans etkileri karşılaştırılmıştır. Malzeme olarak, Adana/Osmaniye bazaltları, Malatya/Pütürge profillitleri ve Manisa Gördes zeolitleri kullanılmıştır. Beton deneylerinde Su-çimento oranı sabit tutularak, ana bazalt agregası oranı %80, 75, 70, 65 ile profillit ve zeolit oranları % 0, 5, 10 ve 15 olarak ayarlanmıştır. Katkısız beton (sadece %80 bazalt) ve 6 farklı reçete ile (bazalt+profillit ve bazalt+zeolit) beton üretilmiştir. 28 günlük kür bekleme sonucunda beton numuneleri üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, ısı iletkenlik ve kuru yığın yoğunluk deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlara göre; %5'lik profillit ve zeolit basınç ve eğilme dayanımlarının en yüksek seviyelerde olduğu saptanmıştır. %75 bazalt ve %5 zeolit oranında basınç dayanımı 27,65 MPa, eğilme dayanımı 5,45 MPa, ısı iletkenlik değeri 1,21 W/m.K ve kuru yığın yoğunluk 2052 kg/m<sup>3</sup> olarak saptanmıştır. %75 bazalt ve %5 profillit oranında basınç dayanımı 21,65 MPa, eğilme dayanımı 5,95 MPa, ısı iletkenlik 1,21 W/m.K ve kuru yığın yoğunluk 2029 kg/m<sup>3</sup> değerinde ölçülmüş ve malzemenin hafif beton üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir. Dayanıklı hafif beton eldesi için her iki malzeme (zeolit ve profillit)'nin aynı beton reçetesinde kullanılması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Profillit, Bazalt, Doğal zeolit, Yapı malzemeleri

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Nil YAPICI, nyapici@cu.edu.tr

## Comparison of the Physical and Mechanical Properties of Construction Materials Added Profillite and Zeolite

### Abstract

In this study, the performance effects were compared by adding zeolite and profillite additives to the basalt aggregate building material. Adana/Osmaniye basalts, Malatya/Pütürge profilelites and Manisa Gördes zeolites were used as materials. In the concrete tests, the cement-water ratio was kept constant and the main basalt aggregate ratio was adjusted as 80, 75, 70, 65%, and the profiled and zeolite ratios were set as 0.5, 10, 15%. Concrete without additives (only 80% basalt) and 6 different recipes (basalt+profillite and basalt+zeolite) were made. After 28 day of curing, compressive strength, flexural strength, thermal conductivity and dry bulk density tests were performed on the concrete samples. According to the results of this experiment; compressive and flexural strengths of 5% profillite and zeolite were found to be at the highest levels. Compressive strength is 27.65 MPa, flexural strength is 5.45 MPa, thermal conductivity is 1.21 W/m.K, and dry bulk density value is 2052 kg/m<sup>3</sup> at 75% basalt and 5% zeolite ratio. Compressive strength is 21.65 MPa, flexural strength is 5.95 MPa, thermal conductivity value is 1.21 W/mK and dry bulk density value is 2029 kg/m<sup>3</sup> at 75% basalt and 5% profillite ratio of the light weight concrete. In order to obtain durable lightweight concrete, it would be appropriate to use both materials (zeolite and profillite) in the same concrete design.

**Key Words:** Pyrophyllite, Basalt, Natural zeolite, Construction materials

### 1. GİRİŞ

Çimento ve betona çeşitli mineral katkıların ilavesi eskiden beri uygulanmaktadır. Mineral katkıların çimento ve betonda kullanımı ile kolay işlenebilme, dayanıklılıkta ve özellikle ileri yaş dayanımda artış-hidratasyon ısısında azalış gibi teknik avantajlara ilaveten enerjiden tasarrufunda ve doğal kaynakların ve çevrenin korunması sağlanmakta ve ürün maliyeti azalmaktadır [1].

Bu çalışmada doğal katkılar (zeolit, profillit) ile yapılan yapı malzemeleri standardize edilmiş, test sonuçları ele alınmış, uygun katkılar ve tane boyutu kullanılması durumunda hem çimento kullanımından tasarruf hem de yapı malzemelerinde performans artırışı hedeflenmiştir. Agregata olarak bazalt kullanımının dayanımı artırdığı, çimento kullanımını azalttığı ve böylece ekonomik, teknik ve ekolojik faydalar sağladığı bilinmektedir. Kayacın dayanımı, içerisindeki mineral kompozisyonuna ve minerallerin dokusal ilişkisine doğrudan bağlıdır. O yüzden kullanılacak agreganın kimyasal ve mineralojik bileşiminin detaylandırılması çok önemlidir.

Kullanılan katkı materyallerinden zeolit ise, yüksek oranda SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğine sahip bir mineraldir. Zeolitin doğal mineral katkı olarak kullanımının sebebi; yüksek iyon değişim kapasitesi, moleküler elek olma özelliği, yüksek silis bileşimine sahip olması, düşük yoğunluğu ve kristal yapısı bozulmadan dehidratasyona uygunluğudur. Bu özellikler zeoliti diğer mineral katkılardan üstün kılmaktadır.

Zeolitin moleküler elek yapıda olması zeolitin öğütülmesini kolaylaştırmakta, özgül yüzeyinin normal portland çimentosunun özgül yüzeyinden yüksek olması beton içinde boşlukların azalmasını sağlamaktadır. Zeolitin çimento'dan düşük yoğunluğa sahip olması, betonun birim ağırlığını da düşürmekte ve normal betona göre birim ağırlığı daha düşük betonlar elde edilmektedir [2]. Zeolitin betonun dayanımına katkısı diğer puzolonlar uçucu kül ve silis dumanı gibi; Ca(OH)<sub>2</sub> ile girdiği puzolanik reaksiyon sonucudur. Asıl ilgilenilen nokta bu maddenin puzolanik aktivitesidir [3].

Ender bulunan bir mineral olan profillit ise (Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>) teorik formülüne sahip hidrate olmuş bir Aluminyum Silikattır: Birçok fiziksel özellikleri açısından talka çok benzemekle birlikte

ondan dana sert olup yüksek sıcaklıklarda akışkan bir durum almaz. Bu nedenle yüksek kaliteli seramik ve refrakter ürünleri üretiminde önemli bir yer tutmaktadır [4].

Bu çalışma ile, profillit ve zeolitin bazalt agregası ile beton performansı araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

Deney numunelerinin üretilmesinde kullanılan bileşenlerin kimyasal içerikleri, fiziksel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

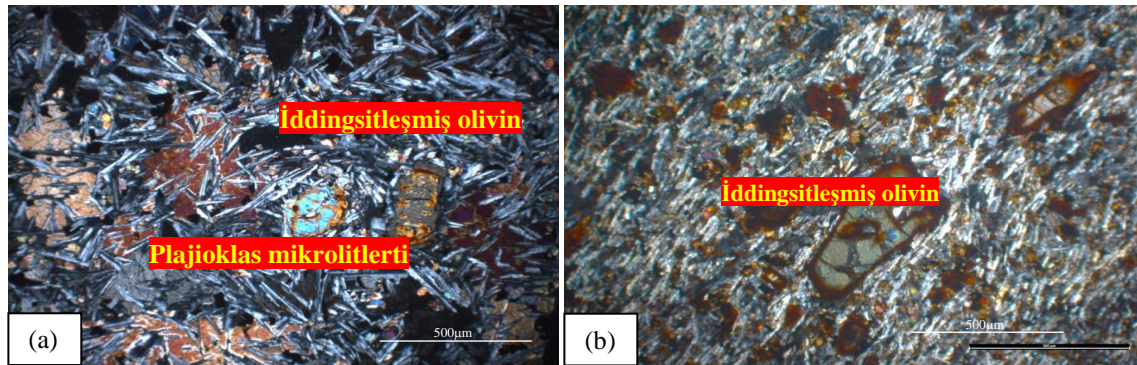
Araştırmada bağlayıcı olan PÇ 42,5 tip çimento, agrega olarak, Kuvaterner yaşlı Osmaniye ili sınırları içerisinde bulunana Deli Halil tepe ana

volkan bacasına ait bazalt kayaları kullanılmıştır. Bazalt kayacı olivinli bazalt sınıfında bulunmaktadır (Şekil 1). Profillit, Malatya bölgesi hammadde ocağından, Zeolit, Manisa/Gördes hammadde ocağından temin edilmiştir. Deneyde kullanılan su Adana şebeke suyudur. Hazırlanan beton karışımları ve deneyleri; TS EN 1015-11, TS EN 1015-10, TS EN 1745, TS EN 1015-18’e uygun olarak yapılmıştır [5-8].

Deneyde kullanılan zeolit, bazalt ve profillit XRF sonuçları Ç.Ü. Maden Mühendisliği Laboratuvarında Panalytical marka X-Ray Fluorescence (XRF) cihazı ile belirlenmiş sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Çimento kimyasal içeriği Adana Çimento A.Ş.’den alınmıştır. Adana su şebekesine bağlı içme suyu şebekesinden alınan su karışım suyu olarak kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** Kullanılan bileşenlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	Bileşen	Profillit	Zeolit	Çimento (PÇ42,5N)	Bazalt Agregası
	Özgül ağırlık, g/cm <sup>3</sup>		2,68	2,23	3,14
Özgül yüzey (Blaine), (cm <sup>2</sup> /g)		-	3900	3269	9501
Kimyasal Özellikler	SiO <sub>2</sub>	79,20	67,98	19,43	45,57
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,52	11,05	5,31	15,60
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	1,50	3,79	12,57
	CaO	0,28	3,18	64,39	9,23
	K <sub>2</sub> O	0,91	3,20	0,90	1,04
	SO <sub>3</sub>	<0,5	0,27	2,47	0,12
	Na <sub>2</sub> O	0,25	0,32	0,09	3,01
	MgO	0,11	0,47	2,25	7,10
	A.K.	2,85	8,10	1,07	0,28



**Şekil 1.** Bazaltların ince kesit görünüşleri, olivinli bazalt (a,b)

### 2.1.1. Tane Boyu Dağılım Özellikleri

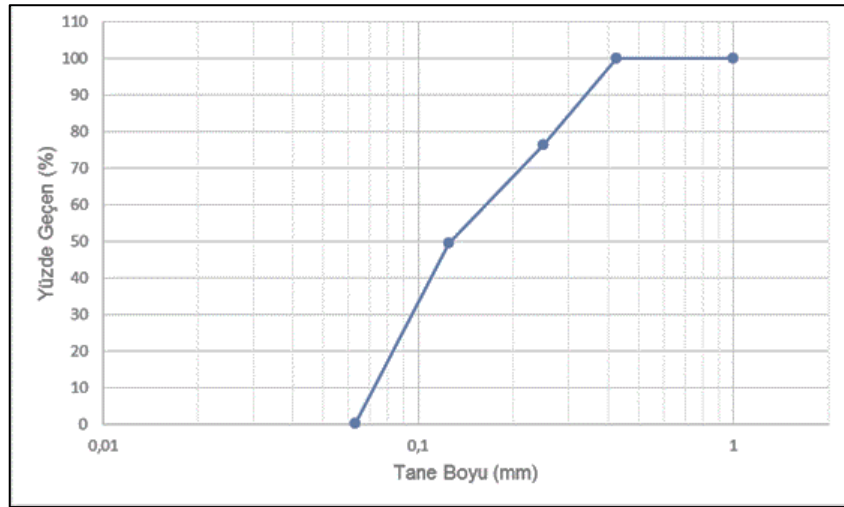
TS EN933 standartına göre agregaların tane büyüklüğü dağılımları tayin edilmiş ve grafiklendirilmiştir (Çizelge 2, Şekil 2) [9].

Profillit, 425 mikron altı ince malzeme olarak hammaddeye yardımcı olarak çimento gibi

bağlayıcı rolü göstermesi için kullanılmıştır. Profillitin tane boyu dağılım eğrisi Şekil 2' de verilmiştir. Çalışmada kullanılan Zeolitin tane boyu dağılımı ve çizilen tane boyu dağılım eğrisi Çizelge 3 ve Şekil 3' de verilmiştir. Zeolitin puzolanik aktivite indeksi 28 gün için %74 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Profillit malzemesi tane büyüklüğü dağılım çizelgesi

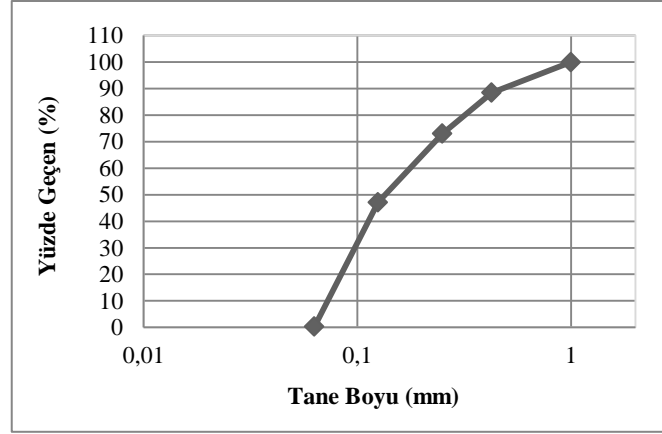
Elek Boyutu (mm)	Küm. Kalan (gr)	% Kalan	% Geçen
1	0	0	100
0,425	0,80	0,02	99,98
0,25	955,40	23,78	76,22
0,125	1076,77	50,56	49,44
0,063	1983,23	99,89	0,11
İnce malzeme içeriği %	0,11		



**Şekil 2.** Profillit malzemesinin tane boyu dağılım eğrisi

**Çizelge 3.** Zeolit malzemesi tane büyüklüğü dağılım çizelgesi

Elek Boyutu (mm)	Küm. Kalan (gr)	% Kalan	% Geçen
1	0	0	100
0,425	468,8	11,52	88,48
0,250	798,4	15,46	73,02
0,125	584,8	14,32	47,18
0,063	2136	58,40	0,30
İnce malzeme içeriği %	0,3		

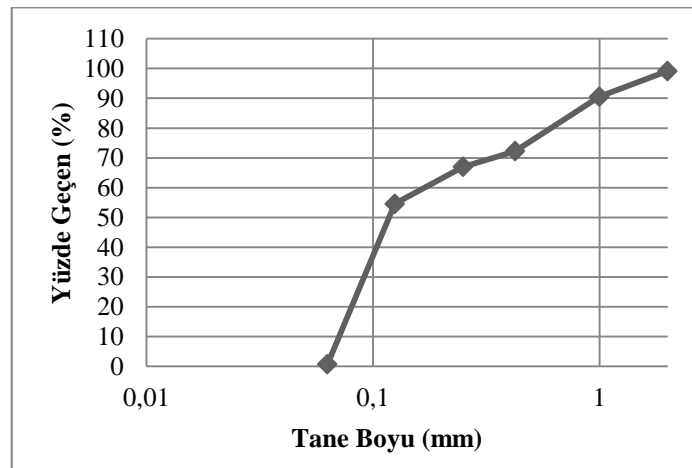


Şekil 3. Zeolit malzemesinin tane boyu dağılım eğrisi

Bu değer zeolitın puzolan olarak kullanılabilir olduğunu göstermektedir. TS 25 standardına göre puzolanların özgül yüzey alanları en az 3000 cm<sup>2</sup>/gr olmalıdır. Agregata olarak kullanılan bazaltın tane boyu dağılımı ve çizilen tane boyu dağılımı eğrisi ise Çizelge 4 ve Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Bazalt agregası tane büyüklüğü dağılım çizelgesi

Elek Boyutu (mm)	Küm. Kalan (gr)	% Kalan	% Geçen
4	0	0	100
2	17	0,85	99,15
1	171,6	8,58	90,57
0,425	367,2	18,36	72,21
0,25	104,4	5,22	66,99
0,125	248,4	12,42	54,57
0,063	1077,4	53,87	0,70
İnce malzeme içeriği %	0,7		



Şekil 4. Bazalt agregasının tane boyu dağılım eğrisi

Her bir harç için standart su/çimento oranı kullanılmıştır. Hazırlanan harçlar TSE standartlarına uygun bir mikser ile karıştırılarak yine TSE standartlarına uygun 4x4x20 cm hacimli metal kalıplara iki tabaka halinde doldurulmuş ve uygun şartlarda muhafaza edilmiştir. 28 günlük kür süresini tamamlayan deney numuneleri üzerinde Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı, Kuru Yığın Yoğunluğu ve Isıl İletkenlik Değer testleri yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

Çalışmada profillit ve zeolit katkı malzemeleri esas alınarak reçeteler oluşturulmuş agrega oranları ve

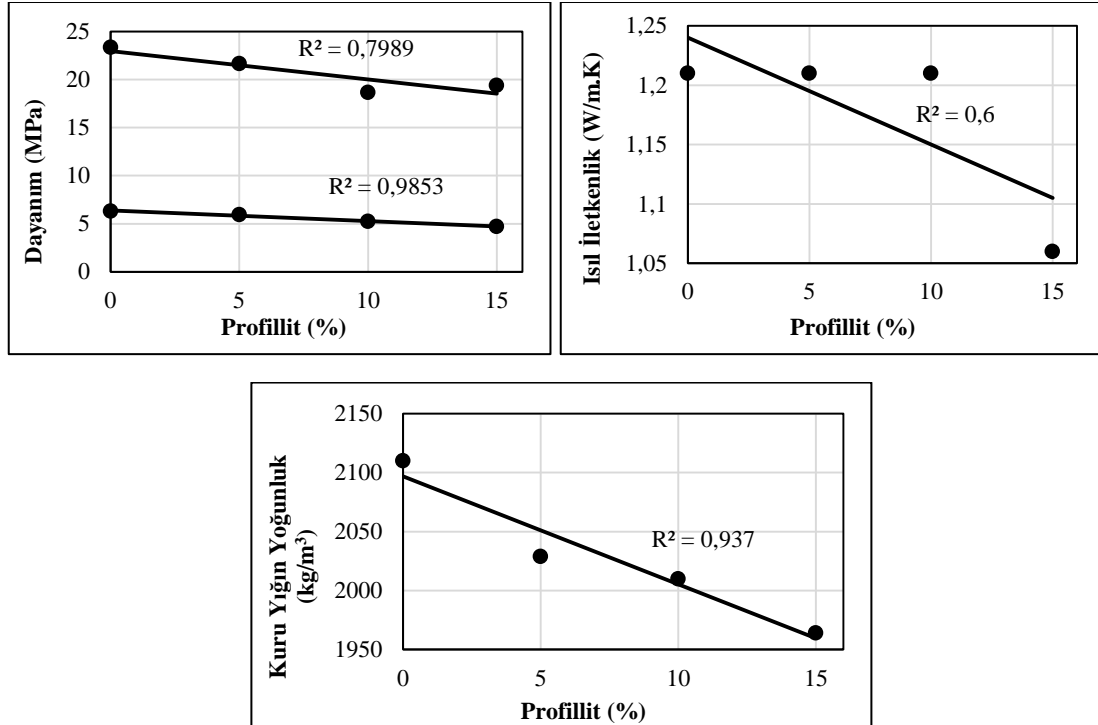
tane boyutları farklı yüzdelerle denenmiştir. Şahit örnek ise katkısız, sadece bazalt agregası (%80) ve Çimento 42,5 (%20)'dan elde edilmiştir (Çizelge 5). Tüm işlemlerde su miktarı %18 olarak kullanılmıştır.

Profillit ve bazalt yüzdelerine göre hazırlanmış beton numunelerine ait deney sonuç tablosu Çizelge 5'de, grafik tabloları ise Şekil 5'de verilmiştir.

Çizelge 5 ve Şekil 5'de verilen 28 günlük basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde; profillit katkı numunelerde %5'e kadar profillit katkısının basınç dayanımını arttırdığı belirlenmiştir.

**Çizelge 5.** Profillit ve bazalt yüzdelerine göre deney sonuç tablosu (28 günlük)

Profillit -425 $\mu$ m (%)	Bazalt - 4 mm (%)	Basınç Dayanımı MPa	Eğilme Dayanımı MPa	Isıl İletkenlik Değeri W/m.K	Kuru Yığ. Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>
0	80	23,35	6,30	1,21	2110
5	75	21,65	5,95	1,21	2029
10	70	18,65	5,25	1,21	2010
15	65	19,40	4,70	1,06	1964



**Şekil 5.** Profillit-bazalt deney sonuç grafikleri

Eğilme dayanımı profillit %'sine göre en yüksek değer %5 profillit %75 bazalt katkısı ile görülmüştür. Isıl iletkenlik değerlerinde herhangi bir yüksek oran değişikliği gözlenmemiştir.

Zeolit ve bazalt agregası karışımı ile hazırlanmış 3 adet farklı beton numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 6'da grafik tabloları ise Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 6 ve Şekil 6'de verilen 28 günlük basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde; zeolit katkılı numunelerde %5'e kadar zeolit katkısının basınç dayanımını arttırdığı daha yüksek miktarda zeolit katkısının ise dayanımı şahit numuneye göre düşürdüğü görülmektedir.

Eğilme dayanımı ise zeolit %'sine göre en yüksek değer %5 zeolit %75 bazalt katkısı ile görülmüştür.

Isıl iletkenlik değerlerinde zeolit katkısı artıka iletkenlik değeri düşmüştür.

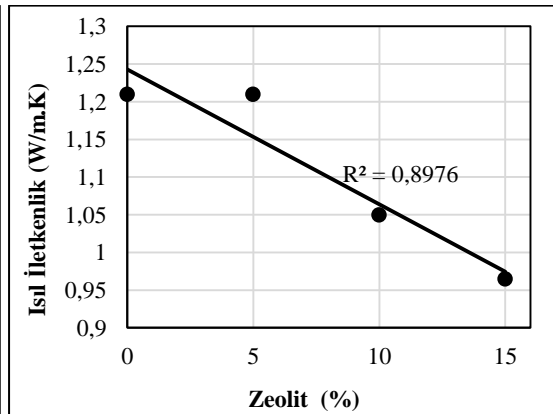
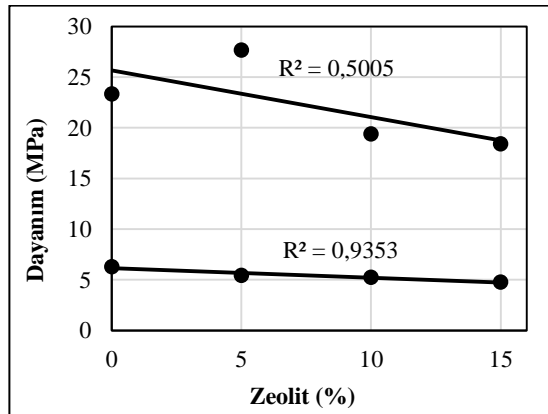
Bu sonuçlara göre; %5' lik profillit ve zeolitin ayrı reçetelerde basınç ve eğilme ve ısıl iletkenlik özelliklerinin en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür.

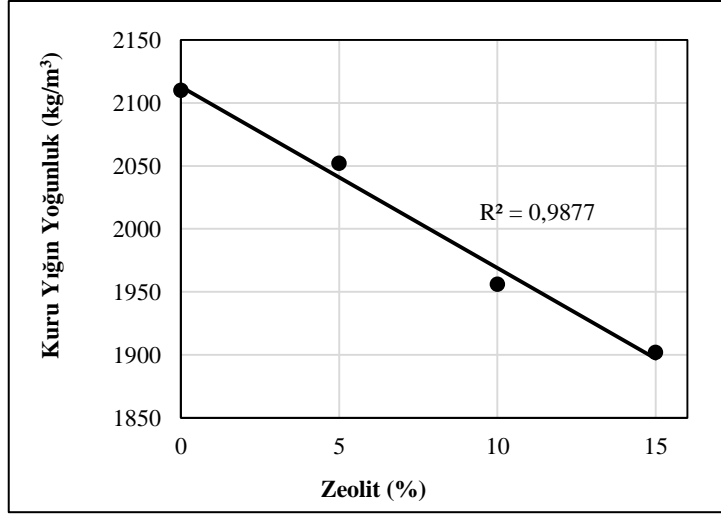
#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında bazalt agregası kullanılarak farklı yüzdelerle zeolit ve profillit katkılı beton yapımı gerçekleştirilmiştir. Su/Çimento oranı sabit tutularak ana bazalt agregası oranı %80, 75, 70, 65 ile profillit ve zeolit oranları % 0, 5, 10, 15 olarak ayarlanmıştır. Katkısız beton (sadece %80 bazalt) ve 6 farklı reçete ile (bazalt+profillit ve bazalt+zeolit) beton yapılmıştır. Her bir reçete 3'er kez tekrarlanmıştır.

**Çizelge 6.** Zeolit ve bazalt yüzdelerine göre deney sonuç tablosu (28 günlük)

Zeolit (%)	Bazalt (%)	Basınç Dayanımı (MPa)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Isıl İletkenlik W/m.K	Kuru Yığ. Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>
0	80	23,35	6,30	1,21	2110
5	75	27,65	5,45	1,21	2052
10	70	19,40	5,25	1,05	1956
15	65	18,40	4,78	0,965	1902





Şekil 6. Zeolit-bazalt deney sonuç grafikleri

28 günlük kür sonucunda beton numuneleri üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, ısıl iletkenlik ve kuru yığın yoğunluk deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Bu sonuçlara göre; %5'lik profillit ve zeolitin basınç ve eğilme dayanımlarının en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür.

%75 bazalt ve %5 zeolit oranında basınç dayanımı 27,65 MPa, eğilme dayanımı 5,45 MPa, ısıl iletkenlik değeri 1,21 W/m.K ve kuru yığın yoğunluk 2052 kg/m<sup>3</sup> olarak saptanmıştır.

%75 bazalt ve %5 profillit oranında basınç dayanımı 21,65 MPa, eğilme dayanımı 5,95 MPa, ısıl iletkenlik 1,21 W/m.K ve kuru yığın yoğunluk 2029 kg/m<sup>3</sup> değerinde ölçülmüş ve malzemenin hafif beton üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu makale, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje No: FBA-2019-11350'lu Bilimsel Araştırma Projesinden türetilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Yeğinoğlu, A., 2007. Katkılı Beton Mu, Katkılı Çimento mu? İMO İzmir Şubesi Bülteni-Kasım 2007, İzmir, 137, 37-40.
2. Bektaş, F., Uzal, B., Turanlı, L., 2003. Öğütülmüş Doğal Zeolitin Doğal Alkali-Silika Reaksiyonu ve Sülfat Etkisi ile Genleşmesinin İncelenmesi. 5. Ulusal Beton Kongresi, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Subesi, 1-3 Ekim 2003, İstanbul, 403-409.
3. Öz, A., 2006. Yüksek Fırın Cürufu ve Doğal Zeolit Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Termo-Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 93.
4. DüNDAR, B., Çınar, E., Özkaya, H., 2019. Profillit Katkılı Lifli Harçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, ISSN:2147-3455, 8(2), 17-27.
5. TS EN 1015-11, 2020. Kagit Harcı-Deney Yöntemleri-Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımının Tayini, Ankara.



6. TS EN 1015-10, 2001. Kâgir Harcı-Deney Metotları-Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini, Ankara.
7. TS EN 1745, 2020. Kâgir ve Kâgir Mamuller-Isıl Özelliklerinin Tayini Yöntemleri, Ankara.
8. TS EN 1015-18, 2014. Kâgir Harcı-Deney Yöntemleri-Bölüm 18: Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiden Kaynaklanan Su Emme Katsayısının Tayini, Ankara.
9. TS EN 933-1, 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini-Eleme Yöntemi, Ankara.

