



## Manisa-Gürle köyü yöresinde bulunan kayaların sınıflandırılarak beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması

### Classification of rocks in Manisa-Gürle village region and investigation of their usability as concrete aggregate

Adem Solak<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 15030, Burdur, Türkiye

#### Öz

Günümüzde yapı inşasında en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biri olan beton; çimento, su, agreg ve katkı maddelerinin uygun oran optimizasyonu sağlanarak elde edilmektedir. Betonun fiziksel, kimyasal, mineralojik ve özellikle mekanik özelliklerinin istenilen düzeyde olması inşa edilen yapıların dayanımlı ve dayanıklı olması açısından önemlidir. Bu doğrultuda, beton karışımının önemli bir parçası olan agregaların seçimi beton özelliklerine etki eden önemli faktörlerden biridir. Agreg seçiminde sedimanter kökenli kayalardan olan kalker ve dolomitik yapıdaki kayaların kullanılması agreganın çimento ile aderansının güçlü olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Manisa-Gürle köyü yöresinde bulunan kayaların tanımlanıp sınıflandırılarak beton içerisinde agrega olarak kullanımının uygunluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, agrega numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri tespit edildikten sonra yıkanmış ve yıkanmamış agrega kullanarak 18 adet beton numunesi hazırlanmış ve 7, 14 ve 28 gün sonunda beton basınç dayanımları test edilmiştir. Çalışma sonucunda incelenen kayacın dolomitik kireçtaşı sınıfında yer aldığı, dolomitik kireçtaşı agregaların beton yapımında kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yıkanmış agrega kullanımının yıkanmamış agrega kullanımına göre beton basınç dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Agreg, Dolomitik kireçtaşı, Beton agregası, Agreg ve beton deneyleri

#### 1 Giriş

Ülkemizde artmakta olan nüfus oranına bağlı olarak yapılaşma oranlarında da artış görülmektedir [1]. Artan yapılaşma oranıyla birlikte yapılarda sıklıkla kullanılan yapı malzemelerinden biri olan beton gereksiniminde de artış meydana gelmektedir [2]. Beton hacminin yaklaşık %65-%75'ini, betonun temel bileşenlerinden olan agregalar oluşturmaktadır [3,4]. Bu doğrultuda, beton malzemenin ana bileşenlerinden olan agregaların seçimi betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

Sedimanter kökenli kayalar olan kireçtaşlarının agrega olarak kullanımı çimento ile aderansın daha iyi sağlandığı bilinmektedir. Ülkemizde de yeterli miktarda bulunan

#### Abstract

Concrete, one of the most widely used building materials in building construction today; cement, water, aggregate and additives are obtained by ensuring the appropriate ratio optimization. The physical, chemical, mineralogical and especially mechanical properties of concrete are at the desired level in terms of the strength and durability of the constructed structures. In this direction, the choice of aggregates, which are an important part of the concrete mix, is one of the important factors affecting the concrete properties. The use of limestone and dolomitic rocks, which are among the rocks of sedimentary origin, in the selection of aggregates ensures that the adherence of the aggregate with cement is strong. In this study, it was aimed to identify and classify the rocks in the Manisa-Gürle village region and to investigate the suitability of their use as aggregates in concrete. In this context, after determining the physical, chemical, and mineralogical properties of aggregate samples, 18 concrete samples were prepared using washed and unwashed aggregates and concrete compressive strength was tested at the end of 7, 14 and 28 days. As a result of the study, it was determined that the rock examined was included in the dolomitic limestone class and that it was appropriate to use dolomitic limestone aggregates in concrete construction. In addition, it has been determined that the use of washed aggregates increases the compressive strength of concrete compared to the use of unwashed aggregates.

**Keywords:** Aggregate, Dolomitic limestone, Concrete aggregate, Aggregate and concrete experiments

kireçtaşları kimyasal veya organik etkiler ile birlikte deniz ve göl alanlarında bulunan maddelerin çökmesi ile meydana gelmektedir [5]. Birçok sektörde kullanım alanı bulan kireçtaşları günümüzde beton agregası olarak da tercih edilmektedir.

Başpınar Tuncay, Yağmurlu ve Ceylan [6] yaptıkları çalışmada, Karaöz mevkiinde bulunan dolomitik kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanımının uygunluğunu araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda Karaöz bölgesinde yer alan dolomitik kireçtaşı agregaların beton karışımında kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yağız [7] yaptığı çalışmada; Denizli ilinde yer alan dolomitik kireçtaşlarının yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı araştırma sonucunda dolomitik kireçtaşının binaların dış cephesinde kullanılabilirliğini tespit etmiştir.

Altınsoy, Karahan, Çankaya ve Karabayır [3] çalışmalarında; Çanakkale Elmacık Yöresinde bulunan kalker kayaçlarının beton içerisinde agrega olarak kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, kalker kayaçlardan elde edilen agregaların beton içerisinde kullanımında herhangi bir sakınca olmadığını belirtmişlerdir.

Çalışma kapsamında, Manisa ili gürlü köyü sınırları içerisinde bulunan taş ocağından temin edilen kayaç numunelerin karakterizasyon özellikleri incelenerek numunenin sınıflandırılması yapıldıktan sonra bu kayaçtan elde edilen agregaların beton içerisinde kullanımının uygunluğu araştırılmıştır.

## 2 Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, Manisa ilinin Gürlü Köyü mevkiinden elde edilen agregalar kullanılmıştır (Şekil 1). Numune örnekleri Amiroğlu Madencilik Kömür İnşaat Hafriyat Nakliye San.Tic.A.Ş. firmasının saha alanının farklı bölgelerinden temin edilmiştir (Şekil 2).

Alınan numuneler homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra çeneli kırıcı aracılığıyla çalışmada uygulanacak deneyler için standartlara uygun agrega boyutlarına getirilmiştir.



Şekil 1. Manisa Gürlü köyü konumu



Şekil 2. Firma saha alanı genel görünüm

Çalışmada ilk olarak taş ocağında inceleme yapıldıktan sonra kayaç numuneleri alınmıştır. Numunelerin karakterizasyon özellikleri belirlendikten sonra numuneler,

0-4 mm, 4-11 mm ve 11-22 mm boyutlarında sınıflandırılarak deneysel çalışmalar için standartlara uygun olacak şekilde hazırlanmıştır.

Numuneler üzerine uygulanmış olan test/analiz listesi ve ilgili standartlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Manisa-Gürlü yöresinden temin edilen agregalara uygulanan test/analiz listesi ve standartları

Test/Analiz	Uygulanan Standart	Deneylerde Kullanılan Agrega Boyutu (mm)
Numune alma	TS 707	-
Kimyasal Analiz	TS EN 15309	0.100
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	TS EN 699	-
Tane Şekli Tayini-Yassılık İndeksi	TS EN 933-3	4-11 ve 11-22
Metilen Mavisli Deneyi	TS EN 933-9 + A1	0-4
Parçalanmaya Karşı Direncin Tayini (Los Angeles Metodu)	TS EN 1097-2	4-11 ve 11-22
Kuruma Büzülmesi	TS EN 1367-4	0-4, 4-11 ve 11-22
Tane yoğunluğu, su emme, gevşek yığın yoğunluğu,	TS EN 1097-6	0-4, 4-11 ve 11-22

Çalışmanın ikinci aşamasında yıkanmış ve yıkanmamış dolomitik kireçtaşı agregalar kullanılarak beton numune üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen beton numunelerinin 7,14 ve 28 günlük basınç dayanımları test edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen beton numunelerinin beton sınıfı; TS EN 206-1'de [8] klorürün sebep olduğu korozyonu ve zararlı kimyasal ortam etkisini önlemek için en düşük C30 beton sınıfı kullanılması önerildiğinden ayrıca Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de [9] belirtilen betonarme binalarda kullanılacak olan en düşük beton sınıfının C25, önüretimli betonarme binalarda kullanılacak olan en düşük beton sınıfının ise C30 olması gerektiği öngörüldüğü üzere, yeterli işlenebilirliğe sahip ve mukavemet değerinin de yüksek olması bakımından C30 olarak hedeflenmiştir.

### 2.1 Agrega üzerinde uygulanan deneyler

#### 2.1.1 Agregaların mineralojik ve kimyasal özellikleri

Çalışmada incelenen agrega numunelerinin mineralojik özellikleri X-Işını Kırınım (XRD) yöntemi, kimyasal özellikleri ise X-Işını Floresans (XRF) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

XRD analizi, X-Işını demetindeki ışınların kristale özel çeşitli yönlerde kırınımı olayına dayanan, bir yöntemdir. Bu yöntemle analiz aşamasında numune tahribata uğramadan analiz edilebilmektedir. XRD analiz sonuçları malzemenin fazları, bu fazların oranları, kristal boyutu, malzeme yapısında görülen değişimlerin tespit edilmesini sağlamaktadır [10].

XRF analizi ise, katı sıvı veya toz haldeki malzemelerin niteliksel ve niceliksel olarak değerlendirilmesini sağlayan yöntemdir. Bu yöntem ile malzeme içerisinde bulunan elementler oransal olarak analiz edilerek malzemenin kimyasal özelliği belirlenebilmektedir.

### 2.1.2 Agregaların tek eksenli basınç dayanımı

Beton içerisinde kullanılacak olan agregaların basınç dayanımlarının yüksek olması beklenmektedir. Düşük basınç dayanımına sahip olan agregaların betonda kullanılması durumunda beton dayanımı istenilen düzeyde olmamaktadır [11]. McNally'ye göre [12], kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarının tespit edilmesi, bu kayaçların kullanım alanlarını ve beton içerisinde agrega olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesinde doğrudan etkili olmaktadır. Beton içerisinde kullanılacak olan agreganın tek eksenli basınç dayanımının 100-200 MPa arasında olması beklenmektedir. 100 MPa'nın altında olduğu durumlarda agreganın betonda kullanımının uygunluğu aşınma direnci ile birlikte değerlendirilmelidir [3,13].

### 2.1.3 Agregaların yassılık indeksi değerleri

TS EN 933-3 standardına göre [14] agregaların yassılık indeksi katsayısı Denklem 1 kullanılarak belirlenmektedir.

$$Fli = \frac{mi}{Ri} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

Fli : Yassılık İndeksi Değerini,

% mi : Çubuklu elekten geçen malzeme miktarını, (g)

Ri : Toplam malzeme miktarını, (g) ifade etmektedir.

### 2.1.4 Metilen mavisi deneyi

İnce agregaların beton içerisinde kullanılmadan önce agrega içerisindeki kil miktarı metilen mavisi deney yöntemi ile tespit edilebilmektedir [15].

Metilen mavisi deneyi ince boyutlardaki agregalara uygulanabilmektedir. Metilen mavisi değeri TS 706 EN 12620+A1 standardına göre [16] Denklem 2'de verildiği şekilde formülize edilerek hesaplanmaktadır.

$$MB = \frac{V1}{M1} \times 100 \quad (1)$$

Bu formülde,

MB: Metilen Mavisi Değerini (%)

V1: Deneyde kullanılan metilen mavisi boyasının toplam hacmini (ml)

M1: İncelenen numune miktarını (g) ifade etmektedir.

### 2.1.5 Parçalanmaya karşı direncin tayini (Los Angeles metodu)

Agregaların darbeye ve aşınmaya karşı direncinin tespit edilebilmesi için Los Angeles aşınma deneyi yapılmaktadır. TS EN 1097-2 standardına göre [17] yapılan deney sonucunda Denklem 3'teki formül kullanılarak Los Angeles Katsayısı olarak nitelendirilen bir değer bulunmaktadır.

$$LA(\%) = \left( \frac{M0 - M1}{M0} \right) \times 100 \quad (3)$$

Burada;

LA: Los Angeles aşınma katsayısı (%),

M0: Deneye tabii tutulan numune miktarı (g),

M1: Deney sonrası +1,6 mm elek üzerinde kalan numune miktarı (g) anlamına gelmektedir.

### 2.1.6 Agregalarda kuruma büzülmesi

Çalışma kapsamında incelenen agrega numunelerine TS EN 1367-4 standardına [18] uygun olarak deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir.

### 2.1.7 Agregalarda tane yoğunluğu, su emme, gevşek yığın yoğunluğu, özgül ağırlık ve boşluk hacmi

Çalışmada kullanılan agregaların tane yoğunluğu, su emme oranı, gevşek yığın yoğunluğu, özgül ağırlığı ve boşluk hacimlerinin belirlenebilmesi için agregalar üzerine deneysel çalışmalar uygulanmıştır.

### 2.2 Beton karışımında kullanılan çimento özellikleri

Çalışma kapsamında üretilen beton numunelerinde CEM IV 32,5 N tipi çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri; Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** CEM IV 32,5 N kimyasal özellikleri

SiO <sub>2</sub>	41.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.34
CaO	33.09
MgO	2.15
SO <sub>3</sub>	2.98
Na <sub>2</sub> O	1.14
K <sub>2</sub> O	1.38
Kızdırma Kaybı	3.70

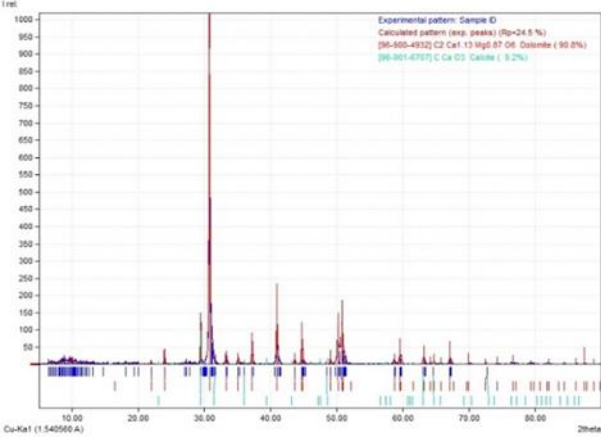
## 3 Bulgular

### 3.1 Agregaların mineralojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Yapılan XRD analiz sonuçları Şekil 3'te XRF analizi sonuçları ise Tablo 3'te gösterilmiştir.

Numunenin XRD sonucunda, kayaçta bulunan dolomit oranının 2.89 değerinde pik noktaya ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte kayaç yapısında %9.2 oranında kalsit mineralinin de bulunması incelenen numunenin dolomitik kireçtaşı olduğunu göstermektedir.

TS EN 15309 standardı [19] kapsamında yapılan XRF analizi sonucunda; incelenen numune CaO miktarı %36.63, MgO miktarı %13.37, SiO<sub>2</sub> miktarı 0.16 ve kızdırma kaybı değeri %48.1908 olarak tespit edilmiştir. Folk'a [20] göre numunenin dolomitik kireçtaşı olarak isimlendirilmesi mümkündür (Tablo 4).



Şekil 3. XRD analiz sonucu

Tablo 3. XRF analiz sonucu

Ana Oksit Element	Miktar (%)
SiO <sub>2</sub>	0.161
TiO <sub>2</sub>	0.001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.016
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.919
MgO	13.370
CaO	36.630
Na <sub>2</sub> O	0.228
K <sub>2</sub> O	< 0.0012
MnO	0.014
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.223
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.085
SO <sub>3</sub>	0.161
Kızdırma Kaybı	48.1908

Tablo 4. Karbonatlı kayaçların sınıflandırılması (Folk, 1959)

Kalsit Miktarı (%)	Dolomit Miktarı (%)	Tanımı
%95'den fazla	% 5'den az	Magnezyumlu Kireçtaşı
% 90-95	% 5-10	Kireçtaşı
% 50-90	% 10-50	Dolomitik Kireçtaşı
% 10-50	% 50-90	Kalkerli Dolomit
% 10'dan az	%90'dan fazla	Dolomit

### 3.2 Agregaların tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesi

Bu çalışmada, 3 adet dolomitik kireçtaşı numunesine TS EN 699 standardı [21] kapsamında tek eksenli basınç dayanımı testi uygulanmıştır. Yapılan deney sonucunda 3 adet numunenin ortalama basınç dayanımı değeri 84 MPa olarak bulunmuştur.

### 3.3 Agregalarda yassılık indeksi değerlerinin belirlenmesi

Agregaların şekilsel özellikleri betonun işlenebilirliği ve su ihtiyacı üzerine doğrudan etkilidir [3]. Agregaların şekilsel özelliklerinin beton içerisinde kullanıma uygunluğunun tespit edilebilmesi için agregaların yassılık indeksi değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. TS 706 EN 12620+A1 standardına göre [16]; yassılık indeksi değeri %50'den fazla olan agregalar betonun işlenebilirliğini

azaltarak kırılabilirliğini arttırdığı için bu tür agregalar kusurlu olarak kabul edilmekte ve beton içerisinde kullanımı tercih edilmemektedir.

Agregalar bulunan yassılık indeksi katsayısına göre kategorize edilmektedir. Agregaların TS 706 EN 12620+A1 standardına göre [16] yassılık indeksi değerine yönelik sınıflandırılması Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Agregaların yassılık indeksine göre sınıflandırılması

Yassılık Endeksi	Kategori, FI
≤ 15	FI <sub>15</sub>
≤ 20	FI <sub>20</sub>
≤ 35	FI <sub>35</sub>
≤ 50	FI <sub>50</sub>
> 50	FI <sub>Beyan</sub>
Serbest	FI <sub>NR</sub>

Bu çalışmada dolomitik kireçtaşından elde edilen agregaların beton içerisinde kullanılmalarının uygunluğunu belirleyebilmek amacıyla 4-11 mm ve 11-22 mm boyutlarına sahip olan agrega numunelerine yassılık indeksi deneyi uygulanmıştır. Uygulanan deney sonucunda ortalama yassılık indeksi katsayısı değeri (FI) 4-11 mm boyutlarındaki numuneler için 7, 11-22 mm boyutlarına sahip numuneler için ise 8 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlerin FI 15 kategorisinde olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre kalkerli dolomit kayacının beton içerisinde agrega olarak kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

### 3.4 Metilen mavisi deneyi

İnce agregalardaki kil miktarının fazla olması bu agregalar kullanılarak elde edilmiş olan betonun mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir [4].

Yüzde olarak belirlenen metilen mavisi değerinin ince agregalar için minimum düzeyde olması beklenmektedir.

Bu çalışmada incelenen 0-4 mm boyut aralıklarındaki ince agregaların içerisindeki kil miktarını saptayabilmek amacıyla TS EN 933-9 + A1 standardına [22] uygun olacak şekilde metilen mavisi deneyi uygulanmış ve agregaların metilen mavisi değerinin %0,50 olarak bulunmuştur. Bulunan bu sayısal değerinin TS 706 EN 12620 + A1 standardında [16] belirtilmiş olan %3 değerinden az olduğu ve dolomitik kireçtaşından elde edilen agregaların içerisinde bulunan kil miktarının betonun mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilecek bir değer aralığında olmadığı tespit edilmiştir.

### 3.5 Parçalanmaya karşı direncin tayini (los angeles metodu)

Özellikle hareketli yüklerin yoğun olduğu alanlarda dinamik etkilere bağlı olarak beton yüzeyinde aşınmalar meydana gelmektedir. Bu aşınmanın önlenmesinde beton içerisinde kullanılan agregaların aşınmaya karşı dirençlerinin yüksek olması önemlidir.

Agregalar, bulunan Los Angeles Katsayısı değerine göre kategorize edilmektedir. Agregaların TS 706 EN 12620+A1 standardına göre [16]. Los Angeles Katsayısı değerine yönelik sınıflandırılması Tablo 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Agregaların Los Angeles katsayısına göre sınıflandırılması

Los Angeles Katsayısı	Kategori, LA
< 15	LA15
< 20	LA20
< 25	LA25
< 30	LA30
< 35	LA35
< 40	LA40
< 50	LA50
>50	Beyan
Serbest	LA <sub>NR</sub>

Çalışma kapsamında dolomitik kireçtaşı agregalarının parçalanmaya karşı direncinin belirlenebilmesi amacıyla 4-11 mm ve 11-22 mm boyutlarına sahip agrega numunelerine TS EN 1097-2 standardına göre [17]. Los Angeles deneyi uygulanmıştır. Yapılan deney sonucunda Los Angeles katsayısı değeri 23 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer ile birlikte dolomitik kireçtaşı agregalarının TS 706 EN 12620 + A1 standardına göre [16]. LA25 kategorisinde olduğu görülmektedir.

### 3.6 Agregalarda kuruma büzülmesi bulguları

Betonda büzülmenin meydana gelmesi betonda çatlak oluşumuna neden olmaktadır. Betonda büzülme meydana gelmesinin en önemli nedenlerinden biri de beton içerisinde kullanılan agrega özellikleridir. Bu nedenle beton içerisinde kullanılacak olan agregaların kuruma büzülmesi değerlerinin ilgili standart kapsamında belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen agrega numunelerine TS EN 1367-4 standardına [18] uygun olarak gerçekleştirilen deney sonucunda agregaların kuruma büzülmesi değeri %0.034 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer standardta belirtilen %0.075 değerinin altında olmasından dolayı agregalar kuruma büzülmesi açısından uygundur.

### 3.7 Agregalarda tane yoğunluğu, su emme, gevşek yığın yoğunluğu, özgül ağırlık ve boşluk hacminin belirlenmesi

Agrega taneleri içerisinde köşeli ve kusurlu tanelerin miktarının fazla olması agreganın birim hacim ağırlığı değerinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Üretilen betonun mekanik özelliklerinin istenilen düzeyde olabilmesi için beton içerisinde kullanılan agregaların birim hacim ağırlık değerlerinin 1,3-1,85 kg/dm<sup>3</sup> arasında olması gerekmektedir [3].

Ayrıca agregaların su emme miktarları agregaların özelliklerini belirleyici bir etkide bulunmaktadır. Beton içerisinde su emme oranı fazla olan bir agrega türünün kullanılması betonun dayanım ve dayanıklılığında düşüş meydana getirmektedir.

TS EN 1097-6 standardında [23] beton agregalarının su emme oranının %1'den küçük olması durumunda agregaların donma çözülme etkilerine karşı dirençli olduğu belirtilmiştir. Ancak donma çözülme etkisine dayanıklılık gösteren agregaların birçoğunun su emme oranının %1 değerinden fazla olduğu bilinmektedir.

Çalışmada incelenmiş olan dolomitik kireçtaşından elde edilen 0-4 mm, 4-11 mm ve 11-22 mm boyutlarındaki agrega

numunelerine uygulanmış olan deneyler sonucunda, tane yoğunluğu deneylerinin 0-4 mm'lik agregalar için 2.62, 4-11 mm'lik agregalar için 2.66 ve 11-22 mm'lik agregalar için ise 2.67 olduğu tespit edilmiştir.

Su emme değeri; 0-4 mm'lik numunelerde %1.2, 4-11 mm'lik numunelerde %0,5 ve 11-22 mm'lik numunelerde ise, %0,4 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlerin standartta belirtilen değerlere uygun olduğundan donma-çözülme etkilerine karşı dayanıklı olacağı söylenebilmektedir.

Agregaların gevşek yığın yoğunluğu değerleri incelendiğinde ise, 0-4 mm'lik agregalarda 1.64, 4-11 mm'lik agregalarda 1.42 ve 11-22 mm'lik agregalarda 1.39 sayısal değerine karşılık geldiği görülmüştür. Bulunan bu deneylerin sonuçları ilgili standartlar doğrultusunda değerlendirildiğinde, dolomitik kireçtaşı agregaların beton agregası olarak kullanılmasının uygun olduğu görülmektedir.

### 3.8 Beton numunelere uygulanan deneyler

#### 3.8.1 Beton basınç dayanımı

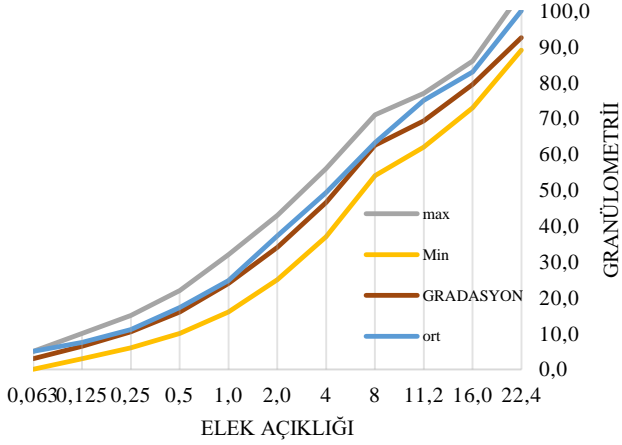
Bu çalışmada dolomitik kireçtaşı agregaların tane büyüklüğü dağılımı ile granülometri değerleri incelendikten sonra uygun optimizasyon koşulları sağlanarak toplam 18 adet beton örneğine 7,14 ve 28 günlük kür sürelerinin sonunda basınç dayanımı testi uygulanmıştır. Ayrıca çalışmada, beton basınç dayanımı üzerine yıkanmış ve yıkanmamış agrega kullanımının etkilerinin değerlendirilebilmesi için basınç dayanımı testi 9 adetinde yıkanmış, 9 adetinde ise yıkanmamış agrega kullanılarak hazırlanmış olan beton numuneleri üzerinde ayrı ayrı uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen dolomitik kireçtaşı agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenebilmesi için TS 3530 EN 933-1 standardına [24] uygun olarak elek analizi deneyi gerçekleştirilmiştir. TS 802 standardında [25] C30/37 betonu için agregaların elek analizinde en büyük tane boyutu ( $D_{max}$ ) 22,4 mm olduğu belirtilmiştir.  $D_{max} = 22,4$  mm olan dolomitik kireçtaşı agregaların tane büyüklüğü dağılımları Tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 7.** Dolomitik kireçtaşı agregaların tane büyüklüğü dağılımları

Elek Açıklığı mm	Mıcırtaş agrega (Manisa)			C30 Beton			
	18 % 11,2- 22,4m m	32 % 4- 11,2mm	50 % 0-4mm	Dizayn		Torelans limitleri	
				Elek otr	100% Karışım % si	Min	Max
22.4	100.0	100.0	100.0	100.0	92.50	89.0	105.0
16.0	25.0	100.0	100.0	83.0	79.50	73.0	86.0
11.2	0.0	100.0	100.0	75.0	69.30	62.0	77.0
8	0.1	41.2	100.0	63.2	62.50	54.0	71.0
4	0.1	10.3	99.1	49.3	46.50	37.0	56.0
2.0	0.1	8.0	69.3	37.2	34.00	25.0	43.0
1.0	0.1	5.0	46.3	24.8	24.00	16.0	32.0
0.5	0.1	3.0	32.5	17.2	16.00	10.0	22.0
0.25	0.0	0.0	22.2	11.1	10.50	6.0	15.0
0.125	0.0	0.0	15.0	7.5	6.50	3.0	10.0
0.063	0.0	0.0	10.0	5.0	3.00	0.0	5.0

Dolomitik kireçtaşı agregaların granülometri eğrisi incelendiğinde; gradasyon eğrisinin TS 802 standardında [25] belirtilmiş olan minimum ve maksimum değerleri arasında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4). Bu sonuç, karışıma giren iri ve ince agrega miktarının birbirine yüzdece yakın olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Dolomitik kireçtaşı agregaların granülometri eğrisi

TS EN 206-1 standardına göre [8] C30/37 sınıfı betonun 28 günlük dayanımı için su/çimento oranı 0,45 olarak belirlenmiştir.

TS 802 standardında [25] C30/37 sınıfına sahip betonların 1m<sup>3</sup> numune için malzeme karışım miktarları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. 1m<sup>3</sup> beton numunesi için malzeme karışım miktarları

Malzeme	Miktar (kg)
Çimento	450
Su	200
0-4 mm Agrega	840
4-11 mm Agrega	450
11-22 mm Agrega	390
Agrega Karışım Oranları (%)	
İnce Agrega	35.6
İri Agrega	64.4

Dolomitik kireçtaşından elde edilen agregalar kullanılarak üretilen 18 adet deney numunesi, kalıptan çıkarıldıktan sonra TS EN 12390-2 standardı [26] kapsamında, deney uygulama anına kadar (20 ± 2) °C sıcaklıktaki su içerisinde kür işlemine tâbi tutulmuştur.

TS EN 12390-3’e göre [27] sertleşmiş beton numunelerinde basınç dayanımı tayini için uygulanacak deney metodu kullanılarak betonun basınç dayanımı belirlenmiştir. Tablo 9 ve Tablo 10’da yıkanmış ve

yıkanmamış agrega kullanılarak üretilen sertleşmiş beton numunelerinin 7.14 ve 28 günlük beton basınç dayanımları verilmiştir.

Tablo 9. Yıkanmış dolomitik kireçtaşı agrega kullanılarak üretilen betonun basınç dayanımları

Numune	Kür Yaşı (gün)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1. Numune	7	26.56	
2. Numune	7	23.66	25.44
3. Numune	7	26.09	
1. Numune	14	35.86	
2. Numune	14	32.24	34.43
3. Numune	14	35.18	
1. Numune	28	44.68	
2. Numune	28	41.87	43.57
3. Numune	28	44.15	

Tablo 10. Yıkanmamış dolomitik kireçtaşı agrega kullanılarak üretilen betonun basınç dayanımları

Numune	Kür Yaşı (gün)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1. Numune	7	21.65	
2. Numune	7	22.89	22.20
3. Numune	7	22.08	
1. Numune	14	30.56	
2. Numune	14	32.44	31.68
3. Numune	14	32.06	
1. Numune	28	33.47	
2. Numune	28	36.26	35.25
3. Numune	28	36.03	

Yapılan basınç deneyi sonucunda; betonun hesaplanan karışım mukavemeti C30 iken elde edilen sonuçların tümü C30 sınıfının üzerinde olduğu görülmüştür. Fakat yıkanmış agrega kullanımında görülen fark, agrega yıkanarak kullanıldığında betonun hesaplanan basınç dayanımının çok daha üzerine çıktığını göstermektedir. C30 sınıfı için hesaplanan karışımın C40 sınıfı beton elde edilmiştir.

Numunelerin 28 günlük ortalama basınç dayanım değerleri incelendiğinde, yıkanmış agrega kullanılarak hazırlanan betonun ortalama basınç dayanım değerinin 43.57 MPa, yıkanmamış agrega kullanılarak hazırlanan beton karışımının ortalama basınç dayanım değerinin ise 35.25 MPa olduğu görülmektedir.

#### 4 Sonuçlar

Manisa-Gürle köyü yöresinde bulunan kayaçların tanımlanıp sınıflandırılarak beton içerisinde agrega olarak kullanımının uygunluğunun araştırılması amacıyla yapılmış olan bu çalışma sonucunda,

Çalışmada incelenen kayaçtan elde edilen agreganın mineralojik ve kimyasal özellikleri açısından değerlendirildiğinde dolomitik kireçtaşı agregası olduğu belirlenmiştir.

Dolomitik kireçtaşı agregaları ilgili standartlar kapsamında deneye tabi tutulduğunda yapılan deneyler sonucunda malzemenin beton yapımında agrega olarak kullanımının uygun olduğu saptanmıştır.

Dolomitik kireçtaşı agregalar kullanılarak üretilmiş olan beton numunelerin 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımlarının çalışmada hedeflenen önüretimli betonarme binalarda kullanılacak beton kalitesini, klorürün sebep olduğu korozyonu ve zararlı kimyasal ortam etkisini önlemek için önerilen C30 sınıfı beton düzeyini sağladığı görülmüştür. Ayrıca yıkanmış halde kullanılan dolomitik kireçtaşı agregaların yıkanmamış agregalara göre daha fazla basınç dayanımını sağladığı gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda dolomitik kireçtaşı kayacından elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanımında herhangi bir sakıncaya rastlanılmamıştır.

#### Teşekkür

Agrega analizleri için Türk Standartları Enstitüsü Deney ve Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Ankara Müdürlüğü'ne, XRD ve XRF analizleri için Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ve Doç. Dr. Barış Semiz'e teşekkür ederim.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (iThenticate): %18

#### Kaynaklar

- [1] A. Çüçen ve Y. T. Altuncı, Yüksek yapıların yapım tekniklerinin incelenmesi. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 5 (1), 20-32, 2022. <https://doi.org/10.51764/smutgd.1039161>
- [2] Y. T. Altuncı ve C. Öcal, TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniğinin irdelenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(1), 21-28, 2022. <https://doi.org/0.17798/bitlisfen.953562>
- [3] F. Altınsoy, N.Ş. Karahan, R. Çankaya ve A. Karabayır, Çanakkale elmacık yöresi kalker taşlarının beton agregası olarak uygunluğunun araştırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3,1, 48-58, 2017. <https://doi.org/10.28979/comufbed.304088>
- [4] Z. Arsoy, H. Çiftçi, B. Ersoy, T. Uygunoğlu ve B. Arslan, Afyonkarahisar bölgesi mermer parça atıklarının beton agregası olarak değerlendirilebilirliğinin araştırılması. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(3), 503-516, 2019. <https://doi.org/10.31202/ecjse.554339>
- [5] R. S. Boynton, Chemistry and technology of lime and limestone edition. John Wiley and Sons Inc., 83-97,1980.
- [6] E. Başpınar Tuncay, F. Yağmurlu ve H. Ceylan, Karaöz (Antalya Türkiye) civarındaki dolomitik kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği. SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, 5(1), 48-57, 2015.
- [7] S. Yağız, Başçeşme formasyonu (Başçeşme-Denizli) dolomitik kireçtaşı üyesinin yapıtaşı olarak kullanılabilirliği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(3), 265-270, 2009.
- [8] TS EN 206-1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara, 2014.
- [9] TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Ankara, 2018.
- [10] F. Semerci, Mardin kireçtaşının yapı malzemesi olarak kullanımına yönelik analizlerinin yapılması: kasımiye medresesi örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi. 2(2), 60-79, 2017. <https://doi.org/10.30785/mbud.342002>
- [11] B. Postacıoğlu, Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton (2), Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul,1987.
- [12] G. H. McNally, Soil and rock construction materials, E and FN Spon, First published, p. 403, London And New York, 1998.
- [13] G. Dursun, İstanbul anadolu yakasındaki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2004.
- [14] TS EN 933- 3, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 3: Tane Şekli Tayini- Yassılık Endeksi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2012.
- [15] H. Özbebek ve H. Açık, İnce agregalarda yapılan metilen mavisi ve kum eşdeğerliği deney sonuçlarının beton özelliklerine ve maliyetine etkisi. Hazır Beton, 84-92, 2012.
- [16] TS 706 EN 12620+A1, Beton agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [17] TS EN 1097-2, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Parçalanma Direncinin Tayini için Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [18] TS EN 1367-4, Agregaların Isıl ve Yıpranma Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 4: Kuruma Büzülmesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [19] TS EN 15309, X Işını Floresans Yöntemiyle Elementel Bileşimin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
- [20] R.L. Folk, Practical petrographie classification of limestones: A.A.P.G. Bull., 43, 1-38, 1959.
- [21] TS EN 699. Tabii Yapı Taşları- Muayene ve Deney Metotları Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [22] TS EN 933 – 9 + A1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 9: İnce Malzeme Tayini- Metilen Mavisi Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2013.

- [23] TS EN 1097-6. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [24] TS 3530 EN 933-1/A1, 2007. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Elleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2007.
- [25] TS 802, Beton Karışımı Hesap Esasları. Türk Standardı Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [26] TS EN 12390-2, Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 2002.
- [27] TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 2001.

