



## Sorgun (Yozgat) Bazaltlarının Petrografik Özelliklerinin Yapı Taşı Olabilirlik Açısından İncelenmesi

### Investigation of Petrographic Properties of Sorgun (Yozgat) Basalts in Terms of Building Block Possibility

<sup>1</sup>Ersin KOLAY  <sup>2</sup>Hatice BİLEN ATAY  <sup>3</sup>Yusuf Kağan KADIOĞLU 

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

<sup>2</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Yozgat, Türkiye

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>1</sup>ersin.kolay@bozok.edu.tr, <sup>2</sup>haticeb00@gmail.com,

<sup>3</sup>kadi@ankara.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

#### ARTICLE INFO

##### Article history

Received : 8 June 2021

Accepted : 9 July 2021

##### Keywords:

Basalt, Building stone, Petrography, Yozgat

#### ABSTRACT

In this study, the petrographic, geochemical and engineering properties of the basalts of the Sorgun region were examined and evaluated in terms of building stone possibility. Basalts contain plagioclase, pyroxene, amphibole and olivine. There are micro-cracks in the internal structure of the rock, and alterations such as iddingsitization, serpentinitization and uralitization are observed. Dry density, water absorption, porosity, frost loss, Los Angeles abrasion loss and uniaxial compressive strength values of basalts are mostly within the desired limit values. Since basalts contain cracks and alterations, their possibility as building stone is doubtful. It was observed that the investigated basalts showed color changes and fragmentation after a while when used as ballast material. In order to determine the durability of rocks, multi-cycle wetting-drying, freeze-thawing and water dispersion tests should be applied, which are not required in the standards. The rocks should also be examined in terms of petrographic and geochemical aspects.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

#### MAKALE BİLGİSİ

##### Makale Tarihleri

Gönderim : 8 Haziran 2021

Kabul : 9 Temmuz 2021

##### Anahtar Kelimeler:

Basalt, Petrografi, Yapı taşı, Yozgat

#### ÖZET

Bu çalışmada Sorgun yöresindeki bazaltların petrografik, jeokimyasal ve mühendislik özellikleri incelenmiş ve yapı taşı olabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bazaltlar başlıca plajiyoklaz, piroksen, amfibol ve olivin içermektedir. Kayacın iç yapısında bol miktarda mikro kırık-çatlak bulunmakta, iddingsitleşme, serpantinleşme ve uralitleşme türü alterasyonlar izlenmektedir. Bazaltların kuru yoğunluk, su emme, porozite, don kaybı, Los Angeles aşınma kaybı ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri büyük oranda istenilen limit değerlerin içindedir. Bazaltların çatlak ve alterasyonlar içermesi yapı taşı olabilirliğini şüpheli duruma düşürmektedir. Bu bazaltların balast malzemesi olarak kullanıldığında bir süre sonra renk değişimleri gösterdiği ve parçalandığı görülmüştür. Bu tip kayaların duraylılıklarını belirlemek için, standartlarda şart koşulmayan, çok çevrimli ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve suda dağılmaya karşı duraylılık deneyleri uygulanmalıdır. Kayaçlar petrografik ve jeokimyasal yönden de incelenmelidir.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

ORCID ID: <sup>1</sup>0000-0002-7118-5722

<sup>2</sup>0000-0002-0978-7271

<sup>3</sup>0000-0002-7894-2220

## 1. GİRİŞ

Mühendislik projelerinde birçok kayaç türü, kolay ulaşılabilirlik, ekonomik olması ve yeterli dayanıma sahip olması gibi özelliklerden dolayı yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Doğal yapı malzemelerinin yoğun olarak kullanıldıkları mühendislik yapılarından bazıları karayolu ve demiryolu inşasında dolgu malzemesi olarak, ray altında balast, traverslerde agrega malzemesi, deniz kıyılarında anroşman ve baraj inşasında gövde dolgu malzemesi olarak sıralanabilir. Bu kullanımlar için ihtiyaca ve kullanılacak malzeme türüne göre ocak üretimi yapılmaktadır. Günümüzde teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanım alanları çeşitlenmiştir.

Birim hacim ağırlık, gözeneklilik, su emme, donat dayanıklılık, aşınma dayanımı ve tek eksenli basınç dayanımı gibi parametreler kayaç malzemesinin yapı taşı olarak kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektedir. Bunun yanında, kayaçların petrografik özelliklerinin mühendislik özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır [1-3]. Howarth [4] orta dayanıma sahip altı kayaç örneği üzerinde yaptığı çalışmada tane şekli, kenetlenme derecesi, tane bileşimi, tane ve matriksin göreceli oranının kayaçların mekanik özelliklerini etkilediğini açıklamıştır. Tuğrul ve Zarif [5] granitlerde yaptığı çalışma sonucunda mineral bileşiminin kayaç dayanımı etkileyen temel petrografik özelliklerden biri olduğunu vurgulamıştır. Çetin vd. [6] Atatürk Barajının gövdesinde kullanılan vesiküler dokulu bazaltlar sebebiyle gövdede kayda değer boyutlarda farklı oturmaların meydana geldiğini belirtmektedir. Acır [7], Doğu Karadeniz limanlarında kullanılan anroşman kayaçlarında, deniz suyunun ve dalganın etkisiyle killeşme, tuzlanma, ufalanma, çatlama gibi aşınmaların oluştuğunu ve anroşmanın görev yapamaz duruma geldiğini belirtmektedir. Kayaçlarda yüksek tek eksenli basınç dayanım değerleri, beton agregası için istenen önemli özelliklerden birisidir [8]. Su emme değeri, farklı kayaların beton agrega olarak dayanıklılığının değerlendirilmesinde faydalı bir özelliktir. % 3'ten fazla su emme değerine sahip kayaların donma - çözünme hasarına maruz kaldığı bilinmektedir [9]. Porozite, kayaçların dayanımını etkileyen önemli faktörlerden biridir [10]. Fookes [11] beton agregası olarak kullanılan kayacın yüksek gözenekliliğe sahip olmasının betonun dayanıklılığında azalmaya neden olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle aşınma dayanımı yüksek olan beton üretiminde porozitesi düşük bazaltlar kullanılmaktadır. Korkaç ve Tuğrul (2004) kayaçtaki gözeneklerin, mikro çatlakların ve hava koşullarının alterasyon nedeniyle bazaltların dayanıklılığını azalttığını belirtmektedir. Smith ve Collis [12] kayaçların Los Angeles aşınma, kırılma ve basınç deney sonuçlarının aynı jeolojik ve parçalanma özelliklerinden etkilendiğini belirtmektedir. Johnson ve DeGraff [13] ise bir kayacın dokusunun, aşınmayı ve kırılmayı etkileyen karışık bir etken olduğunu belirtmektedir. Kolay ve Başer [14] afanitik ve amigdaloidal dokulu bazaltlarda mühendislik parametrelerinin vesiküler dokulu bazaltlardan daha anlamlı ilişkilere sahip olduğunu ifade etmektedir.

Mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılan bazaltlar, oluştukları bölgenin jeolojik özelliklerine bağlı olarak farklı mineralojik bileşim, doku ve bozunma özelliklerine sahip olabilmektedir. Bu özellikler de bazaltların fiziko-mekanik özelliklerini ve duraylılığını önemli ölçüde etkilemektedir [6,14].

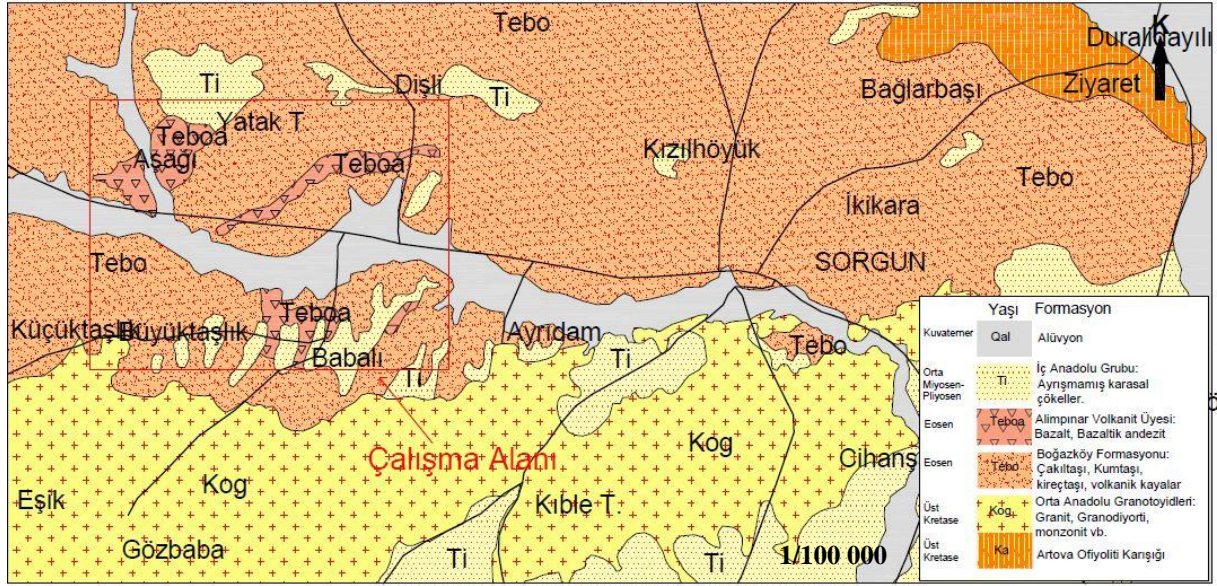
Bu çalışmada, Yozgat ili Sorgun ilçesi sınırları içerisinde yer alan Alımpınar volkanitleri üyesi olan Eosen yaşlı bazaltların yapı taşı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. İncelemeye konu olan bazaltlar yakın bölgedeki projelerde beton agregası ve kaldırım taşı gibi inşaat uygulamalarında yaygın olarak kullanılırken, TCDD, Karayolları ve DSİ gibi alt ve üst yapı işi ve/veya imalatları yapan kurum ve kuruluşlar tarafından yaptırılan/yapılan bölge projelerinde dolgu malzemesi olarak ve özel sektör bünyesinde ihtiyaca yönelik malzeme temininde kullanılmaktadır. Bu amaçla, Eosen yaşlı bazaltların fiziksel, petrografik ve mühendislik özelliklerini belirlemek için sahadan örnekler alınmış ve standartlara uygun laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ilgili standartlara göre değerlendirilerek projelerde kullanılacak bazalt malzemesinin yapıtaşı olarak kullanılması durumları araştırılmıştır. Bu çalışmada, bazalt kayalarının yapı malzemesi olarak kullanılmasının jeoteknik deneyler açısından bir sorun göstermediği halde petrografik incelemelerle bazaltların sorunlu oldukları ve yapı malzemelerinde kullanılamaz özellik gösterdiği ortaya konulmuştur.

## 2. BÖLGENİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma sahasındaki en yaşlı birimler Paleozoik yaşlı metamorfikler olup, üzerine bindirmeli olarak Artova ofiyolitik kayaçları gelmektedir. Tüm bu birimlere Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu granitoyitleri sokulum yapmakta [15] ve çalışma alanının daha çok güney bölümlerinde geniş yayılım göstermektedir (Şekil 1). Volkanik kayalar tüm bu birimlerin üzerine diskordansla gelmektedir. Çalışma alanında bulunan volkanik kayalar Yozgat ilinin kuzey, batı ve güneybatı kesimlerinde bazalt, andezitik bazalt, andezit, trakit ve trakiandezit bileşimindedir. Çalışma konusunu oluşturan Eosen yaşlı bazaltlar Sorgun ilçesinin batısında yer alan Babalı köyünün kuzeybatısında yüzlek vermektedir. Kırıklı çatlaklı yapı gösteren bazaltlar diyabazlar ile geçişli olarak sahada gözlenmektedir. İnceleme alanında Üst Kretase'den, Kuvaterner'e kadar değişik bileşim, doku ve renklerde görülmektedir. Çalışmaya konu olan Boğazköy formasyonuna ait Alımpınar volkanit üyesi, bazalt ve bazaltik piroklastiklerden oluşmaktadır. Birim ilk kez Kara [16] tarafından adlandırılmıştır. Boğazköy formasyonu içerisinde çoğunlukla ara düzeyler halinde gözlenmektedir. Üye Yozgat-İ34 paftasında, Ahmetfakılı köyü kuzeyinde, Yağcılar, Çötelli köyleri civarında, paftanın güneybatı köşesinde Sarınoören, Battal ve Bayatören köyleri dolaylarında yüzlenmektedir. Denizaltı volkanizmasını belirleyen taban yapılarını gösteren bazaltlar mor-siyah renkli, iri şekilde camsı mineralli, fazlaca çatlaklı ve kırıklı yapıdadır (Şekil 2). Piroklastikler ise sarımsı renkli, aşınma yüzeyleri girintili çıkıntılı olup, siyah renkli cam parçaları içerirler. Akçay ve



Beyazpırınç [17] yaptıkları çalışmada Alimpınar volkanitlerini oluşturan bazalt örneğini Ar-Ar yöntemine göre  $56,7 \pm 1,8$  My olarak yaşlandırmışlardır.



Şekil 1. Çalışma alanı jeoloji haritası [18].

### 3. BAZALTLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

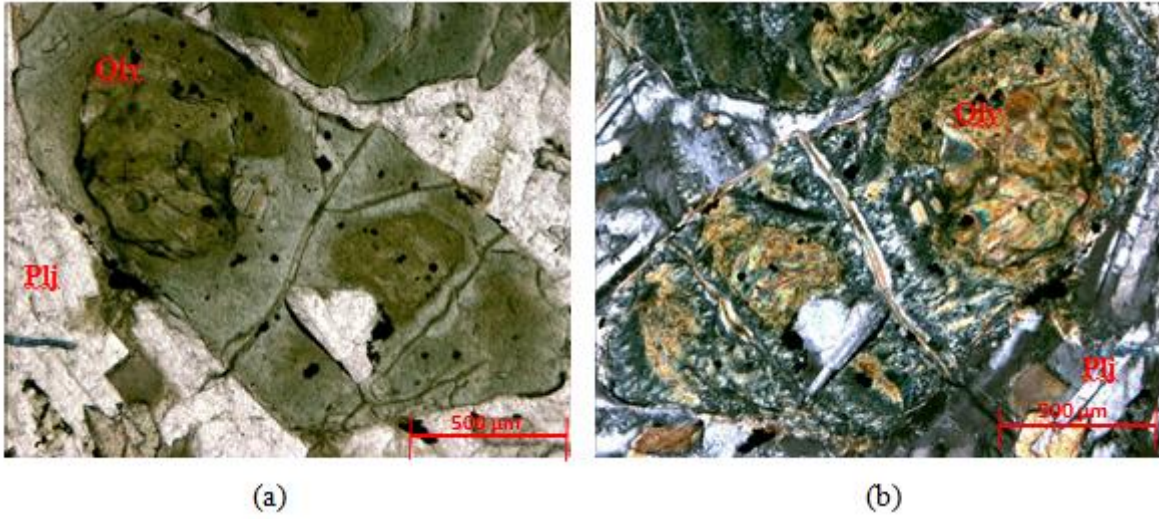
İnceleme alanındaki birimler genel olarak yeşil ve siyahın farklı tonlarına sahip, porfiro afanitik dokulu mafik magmatik kayalardan oluşmaktadır. Sahada kayalar süreksizliklerce kesilmiş yapıda olup, petrografik açıdan ise heterojen doku ve mineral bileşimine sahiptir. Bu nedenle bazaltik bileşimli bu kayalar yeşilin ve siyahın farklı renk tonlarını sergilemektedir. Bu kayalar bölgenin genel jeolojik özelliklerine bakıldığında denizel ve gölsel ortamda kalarak, önemli ölçüde evaporitik kayalara bağlı sülfürlü çözeltilerin etkisi altında kalmıştır.



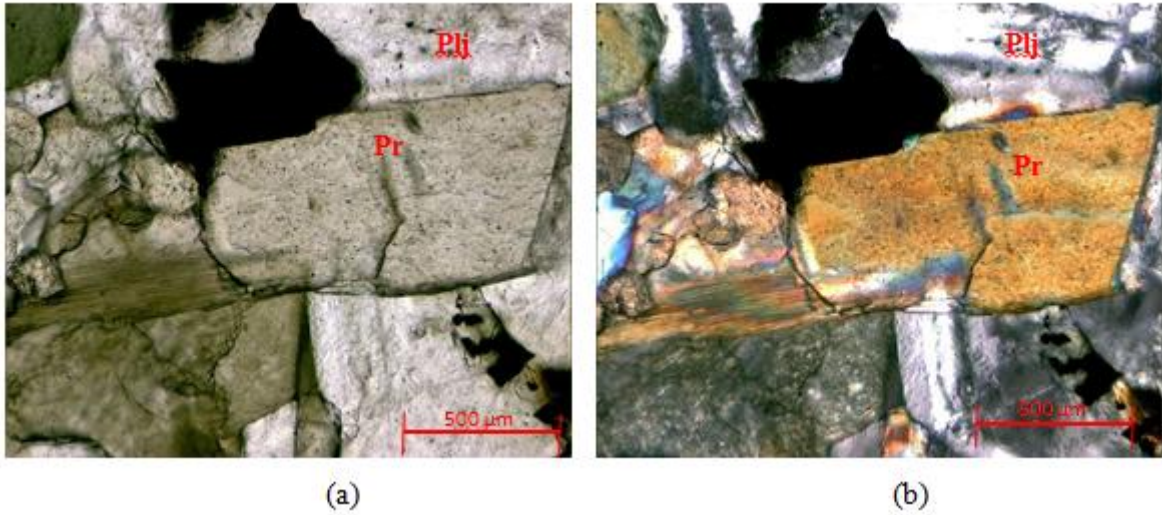
Şekil 2. Alimpınar volkanitlerinin arazi görünümü.

El örneğinde afanitik ve porfiro afanitik olmak üzere iki farklı doku özelliği sergilemektedir. İnce kesitlerde intersertal ve ofitik doku özelliği göstererek başlıca plajiyoklaz (Plj), piroksen (Pr), amfibol ve olivin (Olv) içerdiği belirlenen bu kaya birimi bazalt ve yer yer diyabaz bileşimindedir (Şekil 3-4). Kayacın içyapısında bol miktarda mikro kırık-çatlak bulunmaktadır. Labrador, bitovnit bileşimindeki plajiyoklazlar ana felsik, piroksen ve olivin ise ana mafik bileşenleri oluşturmaktadır (Şekil 3 ve 4). Olivinlerin önemli bir bölümü iddingsitleşme ve serpantinleşme göstermektedir (Şekil 3). Serpantinleşmeler uzun dönem çözeltilerin etkisi altında kalarak oluştuğu ve bu bozunmadan dolayı dokusal anlamda önemli ölçüde duraysızlaşmaların, kristal kopmalarının ve boşluklu yapıların oluştuğu görülmektedir. Piroksenlerde ise yer yer uralitleşme izlenmektedir. Opak minerallerin cevher mikroskobu altında ilmenit ve manyetit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 3. Bazalıtta bulunan olivinin mikroskop görüntüsü (a: Paralel nikol, b: Çapraz nikol).



Şekil 4. Bazalıtta bulunan piroksenin mikroskop görüntüsü (a: Paralel nikol, b: Çapraz nikol).

#### 4. BAZALTLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

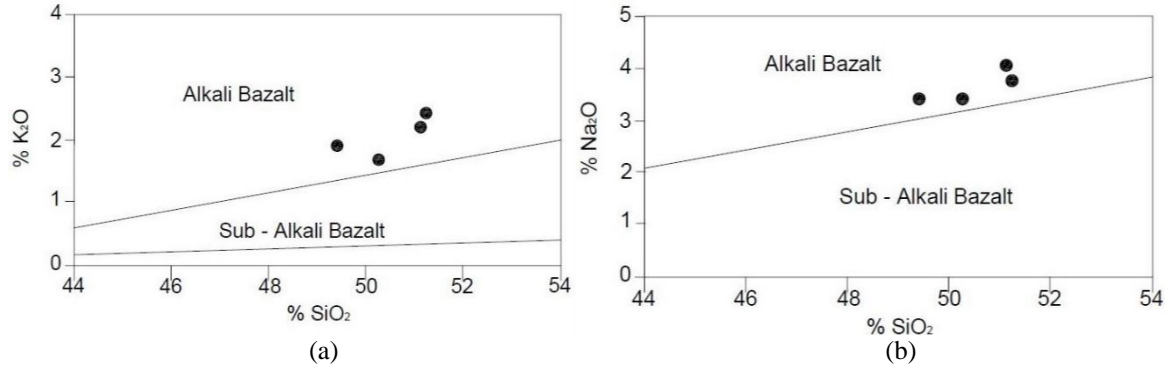
Çalışma alanındaki bazaltların kimyasal özelliklerini belirlenmesi için dört adet örnek laboratuvar ortamında öğütülerek toz haline getirilmiş ve kimyasal analizler XRF yöntemi ile yapılmıştır. XRF analizleri Anakara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında bulunan Spectro X-Lab 2000 cihazı ile yapılmıştır. Bu analizler için, bazaltlardan taze örnekler alınmış olup içerdikleri ana oksit element yüzdeleri ve ateşte kayıp değerleri (LOI) Tablo 1’de verilmiştir.

Bazaltların kimyasal analiz verileri Middlemost [19]’un “%SiO<sub>2</sub>-%K<sub>2</sub>O” ve “%SiO<sub>2</sub>-%Na<sub>2</sub>O” diyagramlarına yerleştirildiğinde; bazaltların alkali karaktere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5). Le Bas vd. [20] tarafından önerilen sınıflandırmada B-14, B-17, B-20 numaralı örnekler bazalt, B-22 numaralı örnek ise traki-bazalt alanında yer almaktadır. (Şekil 6). Traki bazalt alanına düşmesinin ana nedeninin denizel ortamdan kaynaklanan sodyum metasomatizması olduğu düşünülmektedir.

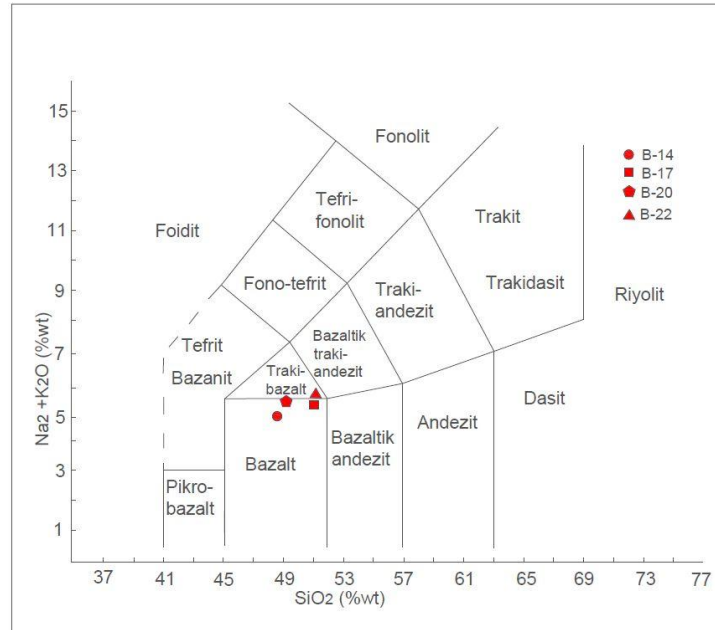
**Tablo 1.** Çalışma alanındaki bazalt örneklerinin XRF analizi sonuçları.

Ana Element Oksitleri	B-14 (%)	B-17 (%)	B-20 (%)	B-22 (%)
SiO <sub>2</sub>	49.46	51.38	50.35	51.63
Na <sub>2</sub> O	3.28	3.28	4.03	3.76
MgO	8.108	7.16	7.89	6.671
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.79	15.00	14.54	14.86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.27	0.29	0.28	0.30

SO <sub>3</sub>	0.13	0.14	0.12	0.14
K <sub>2</sub> O	1.87	2.25	1.78	2.30
CaO	5.04	5.74	5.89	5.73
TiO <sub>2</sub>	0.90	0.92	0.89	1.00
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.02	0.02	0.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02
MnO	0.10	0.12	0.10	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.82	6.65	6.53	6.65
LOI	9.83	7.63	7.53	6.74



Şekil 5. %SiO<sub>2</sub> – %K<sub>2</sub>O (a) ve %SiO<sub>2</sub> – %Na<sub>2</sub>O (b) içeriklerine göre bazaltların kökeni.



Şekil 6. Örneklerin Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub> (% wt) değerlerine göre isimlendirilmesi.

## 5. BAZALTLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki bazaltik kayalardan sahayı temsil edecek şekilde kayaç blokları alınmış ve bu bloklardan laboratuvar koşullarında altmıştan fazla prizmatik deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler ile kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_d$ ), görünür gözeneklilik (n), ağırlıkça su emme ( $A_w$ ), tek eksenli basınç dayanımı (UCS), nokta yükü dayanım ( $I_{s(50)}$ ) deneyleri ISRM [21]'ye göre yapılırken, Los Angeles aşınma kaybı (LAK<sub>500</sub>) ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> don kaybı (DK) ise ASTM [22-23]'ye göre belirlenmiştir. Deney sonuçlarının en büyük, en küçük ve ortalama değerleri ile standart sapmaları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Deney sonuçlarının en büyük, en küçük ve ortalama değerleri ile standart sapmaları.

	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	n (%)	A <sub>w</sub> (%)	UCS (MPa)	I <sub>s(50)</sub> (MPa)	LADK <sub>500</sub> (%)	DK (%)
En büyük	27.27	4.12	1.92	121.3	10.1	34.4	4.39
En küçük	24.33	0.49	0.5	41.2	3.1	12.4	0.65
Ortalama	26.03	1.9	1.2	77.52	6.18	18.51	2.44
Örnek Sayısı	67	67	67	67	67	67	67
S. Sapma	0.74	1.08	0.41	16.72	1.54	4.73	0.77

Çalışma alanındaki bazaltların basınç dayanımlarına göre ayrışma durumlarının ortaya koymak için Tuğrul ve Gürpınar [24]'in çalışmasından faydalanılmıştır. Buna göre, çalışma alanımızdaki bazalt örneklerinin tek eksenli basınç değerlerine göre ayrışma sınıflamasındaki yerleri Tablo 3'te verilmiştir. Sahadaki bazaltların gözeneklilik değerleri %0.49-%4.12 arasında değişmekte olup, Moos-Quervain [25] sınıflamasındaki dağılımları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** İncelenen bazaltların tek eksenli basınç değerlerine (UCS) göre ayrışma sınıflarındaki dağılımları.

Ayrışma sınıfı	UCS (MPa) (Tuğrul, 1997)	Bu çalışmadaki örnek sayısı	Yüzde (%)
I (Ayrışmamış)	88.42-136.42	15	22
IIA (Çok az ayrışmış)	60.00-107.79	51	76
IIB (Az ayrışmış)	44.21-70.00	17	25
IIC (Orta derecede ayrışmış)	27.37-52.63	4	6
IIIA (İleri derecede ayrışmış)	15.37-31.37	-	-

**Tablo 4.** Bazalt örneklerinin gözeneklilik durumuna göre sınıflandırılması.

Moos-Quervain Sınıflaması		Çalışma alanındaki bazalt örnekleri	
Porozite (%)	Tanımlama	Örnek sayısı	% dağılım
< 1	Çok Kompakt	17	25
1 – 2.5	Az Boşluklu	33	49
2.5 - 5	Orta Boşluklu	17	26
5-10	Oldukça Boşluklu	-	-
10-15	Çok Boşluklu	-	-
>20	Çok Fazla Boşluklu	-	-

Alimpınar üyesine ait bazaltların tek eksenli basınç dayanımları 41.2MPa ile 121.3MPa gibi geniş bir aralıkta yer almaktadır. Bu değerlerin Deer ve Miller [26]'in dayanım sınıflamasındaki dağılımları Tablo 5'te verilmiştir. Bazaltların büyük çoğunluğu orta dirençli sınıfta çıkarken, ortalama UCS değerinin 77.52MPa olması bu gruptaki dayanım değerlerinin çoğunlukla alt sınıra yani düşük dirençli sınıfa yakın olduğunu ifade ederken, tablo 3'e göre de az ayrışmış sınıfa doğru yaklaştığını göstermektedir.

**Tablo 5.** Bazalt örneklerine ait UCS değerlerinin Deer ve Miller [26] sınıflamasındaki dağılımları.

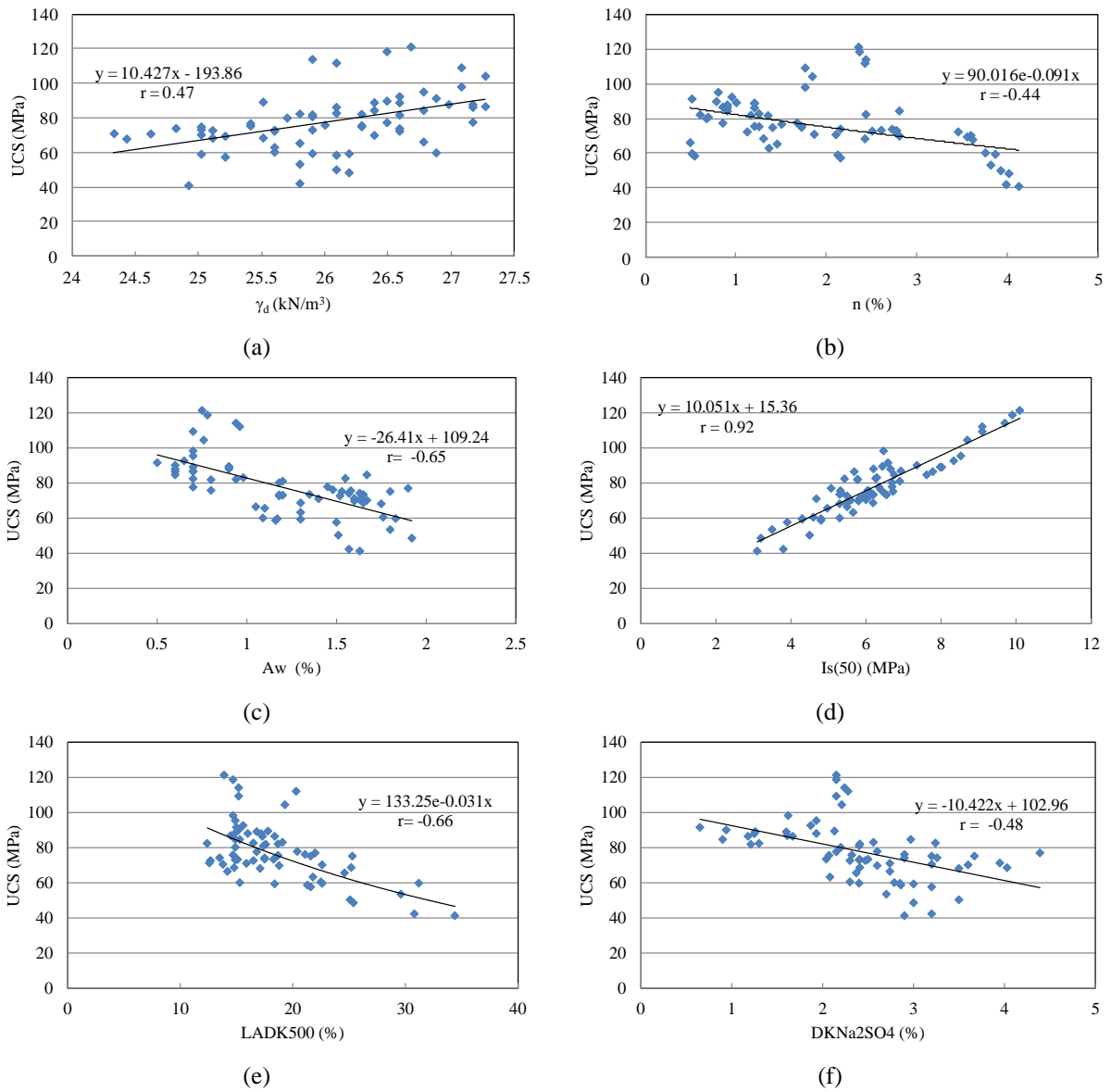
Sınıf	Açıklama	UCS (MPa)	Çalışma alanındaki bazalt örnekleri Örnek sayısı	% dağılım
A	Çok Düşük Dirençli	<25	-	-
B	Düşük Dirençli	25-50	3	4.48
C	Orta Dirençli	50-100	58	86.57
D	Yüksek Dirençli	100-200	6	8.96
E	Çok Yüksek Dirençli	>200	-	-

Nokta yükü dayanım indeksi deneyinin, prizmatik ve düzensiz örneklerle de yapılabilmesi, deney yönteminin basit ve deney aletinin kolay ulaşılabilir olması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu nedenle birçok çalışmada kayaç malzemesinin dayanımı hakkında ön bilgiler edinebilmek için bu deney uygulanmaktadır. Sorgun bazaltlarının nokta yükü dayanım indeksi (I<sub>s(50)</sub>) değerleri 3.1MPa ile 10.1MPa aralığında değişmekte olup, Bieniawski [27]'nin dayanım sınıflamasındaki dağılımları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Bazalt örneklerine ait  $I_{s(50)}$  değerlerinin Bieniawski [27] sınıflamasındaki dağılımları.

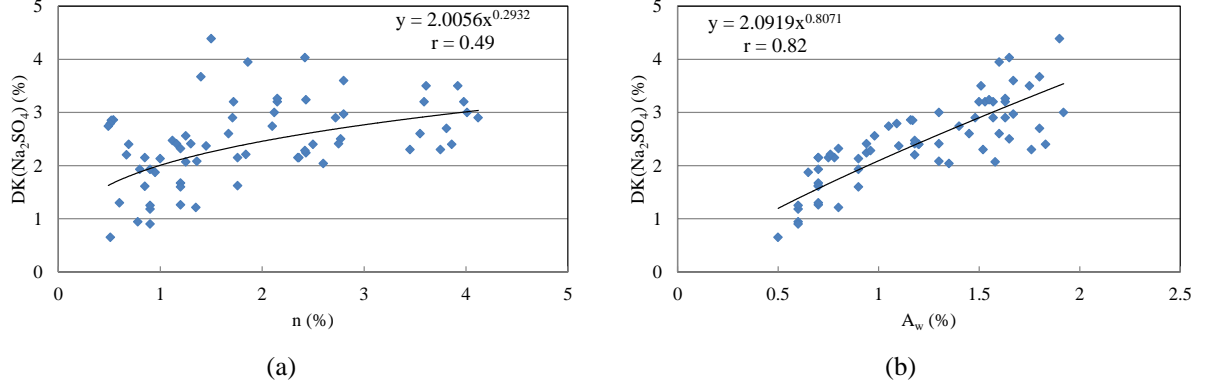
KAYA SINIFI	$I_{s(50)}$ (MPa)	Çalışma alanındaki bazalt örnekleri	
		Sayı	% dağılım
Çok Düşük Dirençli	<1	-	-
Düşük Dirençli	1-2	-	-
Orta Dirençli	2-4	5	7.46
Yüksek Dirençli	4-8	53	79.10
Çok Yüksek Dirençli	>8	9	13.43

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı mühendislik projeleri için önemli bir veridir. Bu değer kayaçların diğer mühendislik özellikleri ile de ilişkilidir [3,5,14]. Dayanımın yüksek olduğu kayaçalarda gözenekliliğin, don kaybının ve aşınma kaybının düşük çıkması beklenirken, birim hacim ağırlık ve nokta yükü dayanım indeksi gibi parametrelerin yüksek olması beklenir. Bazaltlar için bu durum basit regresyon analizleriyle incelenmiş ve Şekil 7'de verilmiştir.



**Şekil 7.** Bazaltların tek eksenli basınç dayanımları ile kuru birim hacim ağırlık (a), gözeneklilik (n), ağırlıkça su emme (c), nokta yükü dayanım indeksi (d), Los Angeles aşınma kaybı (e) ve don kaybı değerleri (f) arasındaki ilişkiler.

Doğal yapı malzemelerinin mühendislik işlerinde kullanıldığı durumlarda, malzemenin proje ömrü süresince özelliklerini koruyarak görevini yapabilmesi yani duraylı kalması beklenir. Literatürde kayaçların duraylılığının ıslanma-kuruma ve donma-çözülme süreçlerinden etkilendiği [28] ve donma-çözülmenin kayaç duraylılığını daha olumsuz etkilediği belirtilmiştir [29]. Donma-çözülme süreçlerinin etkinliği kayacın gözenekliliği ve su emmesiyle doğrudan ilişkili olup, bazaltların sodyum sülfat don kaybı değerleri ile gözeneklilik ve su emme değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 8’de incelenmiştir.



Şekil 8. Bazaltların sodyum sülfat don kaybı değerleri ile gözeneklilik (a) ve su emme değerleri (b) arasındaki ilişkiler.

Doğal yapı malzemelerinin inşaat projelerinde kullanılıp kullanılmayacağı ya da nerelerde kullanılabileceği bazı kaya özellikleri için tanımlanan limit değerlere göre belirlenmiştir. Bazaltlar da en önde gelen doğal yapı taşlarından olduğundan, çalışma alanımızdaki bazaltların inşaat projeleri için uygunluk durumları aşağıdaki tablolarda (Tablo7-9) verilmiştir.

Tablo 7. Riprap olarak kullanılacak bloklara ait bazı limitler [30].

Deney	Kullanılmış veya tavsiye edilen değerler	Bazaltların ortalama değeri	Sınırın altında kalan örnek sayısı/oranı (%)
Su emme	<% 1.8	1.2 (Uygun)	5 / 7.46
Basınç dayanımı	49 MPa	77.52 (Uygun)	3 / 4.48
Los Angeles aşınma kaybı (500)	<% 40	18.51 (Uygun)	0 / 0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı	<% 10	2.44 (Uygun)	0 / 0

Tablo 8. Taş tahkimat olarak kullanılacak bloklara uygulanacak deneylerin bazıları ve limit değerleri [31].

Deney	Şartname Limitleri	Bazaltların ortalama değeri	Sınırın altında kalan örnek sayısı/oranı (%)
Petrografik İnceleme	Kristaller iyi kenetlenmiş, kil minerali ve eriyebilir mineral olmayacaktır.	Bol minkro çatlak, Olivinlerde İddingsitleşme ve serpantinleşme, piroksenlerde uralitleşme (Uygun değil)	- / -
Yoğunluk (t/m <sup>3</sup> )	≥ 2.40	2.65 (Uygun)	- / -
Kütlece Su Emme Oranı (%)	≤ 1,8	1.2 (Uygun)	5 / 7.46
Basınç Dayanımı (MPa)	≥ 50	77.52 (Uygun)	3 / 4.48
Los Angeles Parçalanma Direnci (%)	≤ 30	18.51 (Uygun)	3 / 4.48
MgSO <sub>4</sub> Deneyi (%)	≤ 8	2.44 (Uygun)	- / -
Arazide kontrol ve Yerinde Gözlem	Ocak yerinde veya kullanılacağı yerde 12 ay beklediği sürede çatlak oluşumu, parçalanma ve ayrışma olmayacaktır.	Ocaktan tren yolu için balast malzemesi alınmış ve bozuşma ve parçalanma	- / -



sorunu  
yaşanmıştır  
(Uygun değil)

Çalışma sahasında alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları CIRIA/CUR [32] sınıflama sistemine göre değerlendirilmiş ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

**Tablo 9.** Bazalt örneklerinin CIRIA/CUR [32] sınıflarındaki dağılım yüzdeleri.

Yapılan Deneyler	CIRIA / CUR Kriteri			
	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	> 2.9	2.6 -2.9	2.5 - 2.6	< 2.5
Bazalt (%)	0	77.61	19.40	2.99
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 0.5	0.5 – 2	2 – 6	> 6
Bazalt (%)	0	100	0	0
Porozite (%)	<2	2 – 6	6 -20	>20
Bazalt (%)	58.21	41.79	0	0
Basınç Dayanımı (MPa)	> 120	60 – 120	20 -60	< 20
Bazalt (%)	0	85.07	14.93	0
Los Angeles 500 Devir (%)	< 15	15 – 25	25 – 35	> 35
Bazalt (%)	23.88	62.69	11.94	0
Sodyum Sülfat Don Deneyi (%)	< 2	2 – 10	10 – 30	> 30
Bazalt (%)	22.39	77.61	0	0

## 6. TARTIŞMALAR

İnceleme alanındaki bazaltlar fazla oranda kırık-çatlak içermekte olup, petrografik açıdan heterojen doku, mineral bileşimi ve belirgin bozunma göstermektedir. Bazaltik bileşimli kayalar bu nedenle yeşilin ve siyahın farklı renk tonlarını sergilemektedir. Bazaltlar plajiyoklaz, piroksen, amfibol, olivin ve opak mineralleri içermekte olup, intersertal ve ofitik dokuya sahiptir. Olivinlerin önemli bir bölümü iddingsitleşme ve serpantinleşme, piroksenler ise uralitleşme göstermektedir. Bu bozunmalar kayanın prozitesini ve su emme yeteneğini önemli ölçüde artırmaktadır.

Tuğrul (1997)'un önerdiği ayrışma sınıflamasına göre, çalışmada kullanılan 67 bazalt örneğine ait tek eksenli basınç dayanımı değerinin %22'si ayrışmamış, %76'sı çok az ayrışmış, %25'i az ayrışmış ve %6'sı da orta ayrışmış sınıfa düşmektedir. Bazalt örneklerinin Moos-Quervain (1948) gözeneklilik sınıflamasına göre dağılımları; çok kompakt %25, az boşluklu %49 ve orta boşluklu %26 şeklindedir. Kayaların UCS değerlerine göre düzenlenmiş Deer ve Miller (1966) sınıflamasına göre, bazaltların %8.86'sı çok yüksek dayanımlı, %86.57'si orta dayanımlı ve %4.48'i de düşük dayanımlı sınıftadır. Bazalt örneklerinin Is(50) değerlerinin Bieniawski (1975) sınıflamasındaki dağılımları ise %13.43'ü çok yüksek dirençli, %79.10' u yüksek dirençli ve %7.46'sı orta dirençli şeklindedir. Anlaşılacağı üzere bazaltik kayaların dokusal, mineralojik ve bozunma durumlarının gösterdiği heterojenlik, örneklerin fiziksel, mekanik ve indeks özelliklerine de yansımıştır. Bu nedenle örnekler sınıflandırma tablolarında en az üç gruba dağılmış şekilde yer almaktadır.

Bazaltların fiziksel, mekanik ve indeks özellikleri belirlenmiş ve aralarındaki ilişkiler basit regresyon analizleri ile incelenmiştir. Liretatüre de uyumlu olarak, tek eksenli basınç dayanımı ile birim hacim ağırlık ve nokta yükü dayanımı indeksi arasında pozitif korelasyon gözlenirken, gözeneklilik, ağırlıkça su emme, Los Angeles aşınma kaybı ve sodyum sülfat don kaybı değerleri ile negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Kayaların duraylılığı açısından önemli bir parametre olan don kaybı değerlerinin ise ağırlıkça su emme değerleri ile güçlü bir pozitif korelasyon sergilediği görülmüştür. Bu nedenle özellikle bozunmanın çok olduğu bazaltlarda, gözeneklilik ve su içeriğinin artması donma-çözülme süreçleriyle birlikte kayacın duraylılığını önemli ölçüde azaltacaktır.

Çalışma alanındaki bazaltların yapıtaşı olabilirliği Akçalı [30], Karayolları [31] ve CIRIA/CUR [32]' a göre değerlendirilmiştir. Akçalı [30]'ya göre riprap malzemesi olabilirlik açısından örneklerin %7.46'sının su emme değerinin, %4.48'nin de basınç dayanımının uygun olmadığı görülmüştür. Karayollarının [31] taş tahkimat malzemesi limitlerine göre, petrografik özellikler ve 12 ay kullanım sonrası parçalanma durumlarına göre uygun olmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca örneklerin %7.46'sı kütütle su emme, %4.48'i de basınç dayanımı ve Los Angeles aşınma kaybı açısından limitlerin altında kalmıştır. Bazalt örneklerinin CIRIA/CUR [32] sınıflarındaki dağılımlarının mükemmelden zayıfa kadar değiştiği, çoğunlukla iyi sınıfta yer aldığı görülmektedir.

İncelemeye konu olan bazaltlar Yozgat civarındaki tren yolu inşaatında balast malzemesi olarak kullanılmış, ancak bir süre sonra renk değişimleri ve parçalanma şeklinde şikayetler meydana gelmiştir. Ocak malzemesi ile tren yolu inşaatında balast olarak kullanılmış bazaltlar incelenmiş ve balast malzemesi olarak kullanılan bu bazaltların bazı mühendislik özelliklerinin kötüleştiği görülmüştür (Tablo 10). Tüm bu veriler ışığında bazaltlardaki heterojen doku, mikro kırık-çatlak ve bozunma gibi petrografik sorunların, zaman içerisinde balast

ve/veya agrega halindeki kayacın kolay bir şekilde ayrışmasına ve dokusal bazda dağılma ve çözülmeye uğramasına neden olduğu söylenebilir.

**Tablo 10.** Bazalt ocağından alınan imalat öncesi ve imalat sonrası (Balast) örneklerinin test edilen bazı özelliklerinin ortalama değerleri.

Deney	Ocaktaki bazalt	Balast olarak kullanılmış bazalt
Sertlik (Mohos)	6.0	5.5
Sertlik (Schmidt)	68	60
Doygun Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	2.71	2.70
Don Kaybı (MgSO <sub>4</sub> ) (%)	14.80	20,50
Aşınma kaybı (Los Angeles <sub>1000</sub> ) (%)	16.50	22.5
Doluluk Oranı (Boyama Yöntemi) (%)	97.7	90.5
Gözeneklilik (%)	2.35	9.7
Ağırlıkça su emme (%)	0.70	1.90
Nemlilik (%)	0.35	1.50

## 7. SONUÇLAR

Bazaltlar inşaat sektörü için sağlamlık açısından en çok kabul gören önemli yapı malzemesidir. Yapı taşları projelerde sürekli yük altında kalırken, ıslanma-kuruma ve donma-çözülme gibi atmosferik şartlara da maruz kalmaktadır. Başlangıçta ocaktaki malzemelerin mühendislik parametreleri limit değerler içinde yer alırken, proje ömründen çok daha kısa bir süre içinde bu özelliklerde kötüleşme meydana gelebilmektedir. Özellikle Yozgat gibi yılda yaklaşık 25 kez donma-çözülme çevrimin olduğu yerlerde bu tip duraysızlık problemleri çok daha hızlı bir şekilde gelişecektir. Böyle bir durumun oluşmasında önemli rol oynayan faktörler kayanın petrografik özelliği, doku (veziküler), mikro kırık-çatlakların varlığı ve minerallerdeki bozunmalardır. İncelenen bazaltların bozunma açısından en hassas mineraller olan olivin, piroksen ve plajiolazları içerdiği, bu minerallerinde bölgenin jeolojik geçmişine bağlı olarak farklı derecelerde bozunmaya uğradığı anlaşılmaktadır. Bu çerçevede başlangıç mühendislik özellikleri büyük oranda limit değerler arasında olan Sorgun bazaltlarının, sahip oldukları dokusal ve bozunma özelliklerinden dolayı duraysızlık problemleri oluşturacağı söylenebilir. Bu tip kayaçların duraylılıkları çok çevrimli ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve suda dağılmaya karşı duraylılık deneyleri gibi yıpranma deneyleri ile incelenmelidir. Sonuç olarak yapı malzemesi olarak kullanılması düşünülen kayaçların incelenen mühendislik parametrelerinin yanında, ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal analizlerinin yapılmasının da önemli olduğu söylenebilir.

### Yazar Katkıları

Ersin KOLAY % 40, Hatice BİLEN ATAY % 30, Yusuf Kağan KADIOĞLU % 30 oranlarında katkı sunmuşlardır.

### Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKÇA

- [1] R. Merriam, H.H. Rieke, and Y.C. Kim, "Tensile strength related to mineralogy and texture of some granitic rocks", Engg. Geol., vol. 4, pp. 155-160, 1970.
- [2] T.F. Onodera, and K.H.M. Ashoka, "Relation between texture and mechanical properties of crystalline rocks", Bull. Int. Assoc. Engg. Geol., vol. 22, pp. 173-177, 1980.
- [3] U. Åkesson, J.E. Lindqvist, M. Göransson, and J. Stigh, "Relationship between texture and mechanical properties of granites, central Sweden, by use of imageanalysing technique", Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 60, pp. 277-284, 2001.
- [4] D.F. Howarth, and J.C. Rowlands, "Development of an index to quantify rock texture for qualitative assessment to intact rock specimens", Geotech. Test. Jour., vol. 9, pp. 169-179, 1986.
- [5] A. Tugrul, and I.H. Zarif, "Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Selected Granitic Rocks from Turkey". Eng. Geol., vol. 51, pp. 303-317, 1999.
- [6] H. Çetin, M. Laman, and A. Ertunç, "Settlement and slaking problems in the world's fourth largest rock-fill dam, the Ataturk Dam in Turkey", Eng. Geol. vol. 56, pp. 225-242, 2000.
- [7] Ö. Acir, "Quality and durability assessment of basalts used as armourstones at the Eastern Black Sea ports". PhD Thesis (in Turkish), Ankara University, Ankara, 2007.
- [8] M. Korkanc, and A. Tugrul, "Evaluation of selected basalts from Nigde, Turkey, as source of concrete aggregate", Engg. Geol., vol. 75, pp. 291-307, 2004.

- [9] A. Shakoor, T.R. West, and C.F. Scholler, "Physical characteristics of some Indiana argillaceous carbonates regarding their freeze-thaw resistance in concrete", *Bulletin Association Engineering Geologists*, vol. 19, no. 4, pp. 371-384, 1982.
- [10] R.E. Goodman, "Introduction to Rock Mechanics", 2nd edn, London: John Wiley & Sons, 1989.
- [11] P.G. Fookes, "An introduction to the influence of natural aggregates on the performance and durability of concrete", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 123, pp. 207-229, 1980.
- [12] M.R. Smith, and L. Collis, "Aggregates- sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes", 3rd ed., The Geological Society, London, pp. 199-224, 2001.
- [13] R.B. Johnson, and J.V. DeGraff, "Principles of engineering geology", Wiley, pp. 497, 1988.
- [14] E. Kolay, and T. Başer, "The Effect of the Textural Characteristics on the Engineering Properties of the Basalts from Yozgat Region, Turkey", *Journal Geological Society of India*, vol. 90, pp. 102-110, 2017.
- [15] Y.K. Kadioğlu, Y. Dilek, and K.A. Foland, "Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complex, Turkey", *Geological Society of America Special Paper*, vol. 409, no. 38, pp. 381-415, 2006.
- [16] H. Kara, ve M. Dönmez, "1/100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Kırşehir-G17 paftası", MTA, no: 54, Ankara, 1997.
- [17] A.E. Akçay, and M. Beyazpırınç, "The Geological Evolution of Sorgun (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) Foreland Basin, Petrographic, Geochemical Aspects and Geochronology of Volcanism Affecting The Basin", *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol. 155, pp. 1-32, 2017.
- [18] A.E. Akçay, M. Dönmez, H. Kara, A.F. Yergök, ve K. Esentürk, "Türkiye Jeoloji Haritaları, Yozgat İ-34 Paftası", MTA, Ankara, 2008.
- [19] E.A.K. Middlemost, "The basalt clan", *Earth Science Reviews*, vol. 11, pp. 337-364, 1975.
- [20] M.J. Lebas, R.W. Lemaitre, A. Streckeisen, and B. Zanettin, "A Chemical Classification of Volcanic-Rocks Based on the Total Alkali Silica Diagram", *Journal of Petrology*, vol. 27, no. 3, pp. 745-750, 1986.
- [21] ISRM, "The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006", R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Suggested Methods Prepared by Commissions on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, Turkey, pp. 628, 2007.
- [22] ASTM, "Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine (C131)", ASTM International, West Conshohocken, 2006.
- [23] ASTM, "Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate (C88)", ASTM International, West Conshohocken, 2018.
- [24] A. Tuğrul, O. Gürpınar, "Proposed Weathering Classification for Basalts and Their Engineering Properties", *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, vol. 55, pp. 61-71, 1997.
- [25] A.V. Moos, F.De. De Quervain, "Technische Gesteinkunde", Verlag Birkhauser, Basel, 1948.
- [26] D.V. Deere, and R.L. Miller, "Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock", Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana, pp. 90-101, 1966.
- [27] Z.T. Bieniawski, "The point-load test in geotechnical practice". *Engineering Geology*, vol. 9 no. 1, pp. 1-11, 1975.
- [28] E. Kolay, and M.Ö. Atay, "Investigation of ageing effects on riprap blocks used in Gelingüllü earthfill dam, Yozgat, Turkey", *Environmental Earth Sciences*, 79:286, 2020.
- [29] Z.A. Erguler, and A. Shakoor, "Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks", *Eng Geol*, vol. 108, pp. 36-42, 2009.
- [30] E. Akçalı, "Dolgu Barajlarda Kullanılan Doğal Malzemelerin Seçim Kriterlerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2005.
- [31] Karayolları, "Karayolları Teknik Şartnamesi", Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013.
- [32] CIRIA/CUR, "Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering". Construction Industry Research and Information Association, CIRIA Special Publication, 83/CUR Report 154, pp. 607, 1991.