

## Çavuşlu (Malatya) Granitlerinin Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Esma KAHRAMAN<sup>1,a</sup>, Ali Can ÖZDEMİR<sup>1,b</sup>

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

<sup>a</sup>ORCID: 0000-0002-4326-7202; <sup>b</sup>ORCID: 0000-0003-3064-4264

### Makale Bilgileri

Geliş : 16.08.2024

Kabul : 27.09.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1560212

### Sorumlu Yazar

Ali Can ÖZDEMİR

acozdemir@cu.edu.tr

### Anahtar Kelimeler

Balast

Demiryolu

Fiziko-mekanik özellikler

Granit

**Atıf şekli:** KAHRAMAN, E., ÖZDEMİR, A.C., (2024). Çavuşlu (Malatya) Granitlerinin Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(3), 813-820.

### ÖZ

Granitler fiziko-mekanik, kimyasal ve mineralojik yapısından dolayı demiryollarında balast malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Malatya İli Doğanşehir bölgesinde bulunan granitlerin demiryolu balastı olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Kayaç numunelerinin Balast Teknik Şartnamesinde belirtilen temel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, granit numunesinin mineralojik özellikleri ve kimyasal içerikleri incelenmiştir. Deney numunesinin; Los Angeles parçalanma direnci %13,20; Mikro-Deval aşınma direnci %10,36; Su emme oranı %0,105; Tane yoğunluğu 2,681 g/cm<sup>3</sup>; MgSO<sub>4</sub> donat dayanımı %0,98; Tek eksenli basınç dayanımı 104,68 MPa; Nokta yük dayanımı 6,89 MPa olarak elde edilmiştir. Deney sonuçları Malatya İli Doğanşehir bölgesinde bulunan granitlerin konvansiyonel, hızlı tren ve yüksek hızlı tren hatlarında balast malzemesi olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Bu granit, proje etüdü devam eden Malatya-Elazığ-Diyarbakır hızlı tren hattında ve mevcut durumdaki demiryolu balast yenilemelerinde kullanılacak alternatif bir malzeme olacaktır.

## Investigation of the Usability of Çavuşlu (Malatya) Granites as Railway Ballast

### Article Info

Received : 16.08.2024

Accepted : 27.09.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1560212

### Corresponding Author

Ali Can ÖZDEMİR

acozdemir@cu.edu.tr

### Keywords

Ballast

Railway

Physico-mechanical properties

Granite

**How to cite:** KAHRAMAN, E., ÖZDEMİR, A.C., (2024). Çavuşlu (Malatya) Granitlerinin Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(3), 813-820.

### ABSTRACT

Granites are widely used as ballast material in railways due to their physico-mechanical, chemical, and mineralogical properties. This study evaluated the use of granites in the Doğanşehir region of Malatya as railway ballast. The basic properties of the rock samples specified in the Ballast Technical Specifications were determined. Additionally, the granite samples' mineralogical characteristics and chemical content were examined. The test sample; Los Angeles abrasion resistance was 13.20%; Micro-Deval abrasion resistance was 10.36%; magnesium sulfate freeze-thaw durability was 0.98%; Water absorption rate was 0.105%; density was 2.681 g/cm<sup>3</sup>. Uniaxial compressive strength was 104.68 MPa; Point load strength was 6.89 MPa. The experimental results indicate that granites from the Doğanşehir region in Malatya can be effectively used as ballast material in conventional, high-speed, and high-speed railway lines. This granite will be an alternative material that can be used in the Malatya-Elazığ-Diyarbakır high-speed train line, whose project studies are ongoing, and in existing railway ballast renewals.

## 1. GİRİŞ

Demiryolu hattını oluşturan temel bileşenler arasında bulunan balast hem dikey, yanal ve boylamsal gerilmelere direnmekte hem de iyi bir drenaj yolu sağlayan önemli bir bileşendir [1,2]. Balast malzemeleri genellikle madencilik sırasında patlatılan ve istenilen balast parçacıklarını elde etmek için -22.4 mm +63 mm elek aralığında sınıflandırılan sağlam ve sert magmatik veya metamorfik kayalardır [3,4].

Balast numunesi aşağıdaki işlevleri yerine getirmektedir [5-7]

- Traverslerin düşey, boylamsal ve yanal yer değiştirmelere karşı direnci sayesinde trenlerin gidişi için stabil bir destek sağlamaktadır.
- Tren kuvvetlerini alt zemine aktararak gerilmeleri azaltmakta ve böylece alt zemindeki gerilmelerin taşıma kapasitesini aşmasını önlemeye yardımcıdır.
- Ray geometrisinin dikey ve yanal yönlerde korunmasını sağlamaktadır.
- Tüm ray yapısının esnekliğinin ve sertliğinin ayarlanmasına yardımcı olmaktadır.
- Yalıtım sağlayarak hattın güç kaynağına müdahalesini önlemektedir.
- Drenajı sağlamakta, gürültü ve titreşimi azaltmaktadır.
- Hat boyunca bitki örtüsü büyümesini baskılamaktadır.

Tüm bu işlevlerinden dolayı balast malzemesi hat güvenliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle balast malzemesi seçilirken dayanıklılık, drenaj özelliği, aşınma direnci ve petrografik ve mineralojik özellikleri dikkate alınmalıdır.

Ülkemizde kullanılan balast malzemelerinin özellikleri pek çok araştırmacı tarafından irdelenmiştir. Kozak [8] Kütahya-Yenikaracaören bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve yaptığı deneysel çalışmaların sonucunda bölgedeki bazaltların yüksek hızlı, hızlı ve konvansiyonel demiryolu hatlarında kullanılabilmesine işaret etmiştir. Yazar diğer bir çalışmada da Kütahya-Işıkara bazaltlarının balast olarak kullanılabilir olduğunu belirtmiştir [9]. Kahraman ve Yapıcı [10] Ceyhan-Kurtpınar bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanımı değerlendirmişler ve konvansiyonel hatlarda demiryolu balastı olarak kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Ülkemizde demiryolu taşımacılığına olan talebin hızla artmasıyla birlikte yeni demiryolu hatlarının inşası ve mevcut hatların uygun şekilde bakımının yapılması gerekmektedir. Balast ihtiyacı nakliye kaynaklı zaman ve maliyeti azaltmak amacıyla genellikle yerel taş ocaklarından talep edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında; Malatya Doğanşehir granitlerinin fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri belirlenerek deney sonuçlarının "TCDD Balast Teknik Şartnamesi"nde belirtilen kriterler ile karşılaştırılacaktır [11]. Bölge Malatya-Elazığ-Diyarbakır arasında etüt çalışmaları devam eden hızlı tren hattına yakın olması sebebiyle çalışma sahasından balast malzemesi teminine olanak sağlanmış olacaktır. Hali hazırda bölgede bulunan konvansiyonel hatlarında gerçekleştirilecek bakım ve balast değişim çalışmalarında da bölgeden elde edilen granit numuneleri kullanılabilir olacaktır.

## 2. ÇALIŞMA SAHASI HAKKINDA BİLGİLER

### 2.1. Çalışma Sahasının Konumu

Bu çalışma kapsamında, Malatya İli, Doğanşehir İlçesi sınırları içerisinde Çavuşlu Mahallesi Mevkii'nden bulunan granit ocağından elde edilen numuneler üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).

Çalışma alanı Malatya'ya 51 km, Doğanşehir ilçesine 10 km, Polat Mahallesi 4,5 km, Fındık Mahallesi 3 km ve Çavuşlu Mahallesi 900 m ve uzaklıktadır.



Şekil 1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası

## 2.2. Çalışma Sahası Jeolojisi

Granit işletmesinin bulunduğu etüt alanı ve yakın çevresinde jeolojik birimler tabanda Permo-Triyas yaşlı Malatya Metamorfikleri ile başlamaktadır. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti Şekil 2'de verilmiştir. Malatya metamorfikleri allokton kütle konumundadır. Bölgede, kronostratigrafik olarak en yaşlı birim Metamorfikler olmasına rağmen çalışma alanında en üst seviyelerde yer almaktadır [12,13].

Ü Sistem	Sistem	Formasyon	Simgesi	Litoloji	Açıklamalar
SENZOİK	KUVATERNER	Genel Çökeller	Çi-Çym	Alüvyon ve yamaç, molozlar	Uyumsuzluk
PALEZOİK-MEZZOİK	PERMO-TRİYAS	Malatya Metamorfikleri	Pilirm	Kristalize kireçtaşları	Tektonik dokanak (binderme fayı)
MEZOZOİK	ÜST KRETASE	Polat Granotoyidi	Kp	Granodiyorit, tonalit gibi derinlik kayaları ile burulan kesen apit ve lamprofir damarları	

Şekil 2. Çalışma sahasına ait genelleştirilmiş stratigrafi kesiti [14]

Metamorfikler inceleme alanında kristalize kireçtaşları ile karakterize olup alt dokunağında Üst Kretase yaşlı Polat Granotoyidi yer alır. Polat Granotoyidi ile Malatya Metamorfikleri'nin kontağı yer yer tektonik yer yerde sokulum şeklindedir. Tektonik dokanak yaklaşık KD-GB doğrultuludur. İki birim arasındaki tektonik dokanaklarda deformasyon gelişirken sokulum şeklindeki dokanaklarda skarn zonları meydana gelmiştir. Granit ocağında işletilen cevher Malatya Metamorfikleri altında yer alan Polat Granotoyidi'ne ait granitlerdir. Polat Granotoyidi inceleme alanında ağırlıklı granit, granodiyoritler ile bunları kesen lamprofir, apit dayıkları ile karakteristiktir. Tüm bu birimler üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı çökeller uyumsuz örtü birim olarak gelir. Kuvaterner yaşlı çökeller yamaçlarda yamaç molozu şeklinde, vadi ve dere içlerinde ise alüvyal çökeller ile temsil olunup genel olarak tutturulmamış-gevşek tutturulmuş kum-çakıl-kil depolanmaları şeklinde oluşum göstermiştir [12,13].

### 2.2.1. Bölgesel Jeoloji

Malatya İli ve çevresinde görülen birimler, yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik yaşlı çeşitli şist ve granitlerden oluşan Bitlis-Pütürge metamorfikleri, Karbonifer-Triyas yaşlı şist ve granitlerden oluşan Malatya metamorfikleri, Koniasiyen-Santoniyen yaşlı gabro, granit, granodiyorit, diyorit, monzonit ve tonaliten oluşan Baskil mağmatitleri, Senoniyen yaşlı tabanda çakıltaşı ve üzerine uyumlu olarak gelen killi kireçtaşı- marn aralanmasından oluşan Gündüzbey formasyonu, Paleosen yaşlı çakıltaşı, yumru kireçtaşı ve çamurtaşlarından oluşan Bent formasyonu, Eosen yaşlı tabanda çakıltaşı ve üzerine uyumlu olarak gelen kumtaşı- marn- killi kireçtaşı aralanmasından oluşan Yeşilyurt formasyonu, Orta Eosen yaşlı kalkışit, çamurtaşı, spilit ve diyabazlardan oluşan Maden karmaşığı, Alt Miyosen yaşlı Akyar kireçtaşı, Orta

Miyosen-Pliyosen yaşlı kiltası, silttaşı, marn, çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltasından oluşan Sultansuyu formasyonu, kaba taneli çakıltası ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Beylerderesi formasyonu, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon yer alır [12,13].

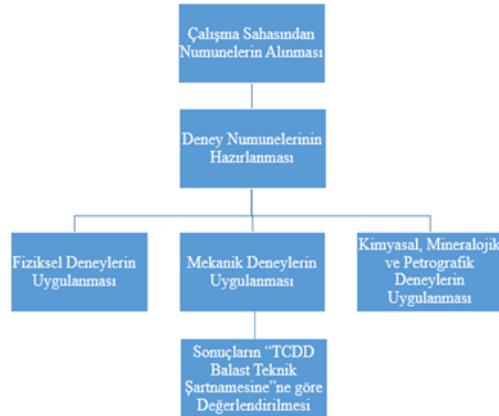
### 3. YÖNTEM

Balast olarak kullanılacak malzemelerde istenen özellikler "TCDD Yeni Balast Teknik Şartnamesi"nde belirtilmiştir [11]. Fiziksel özellikler için yapılan testler arasında Los Angeles parçalanma direnci, Mikro-Deval aşınma direnci, su emme oranı, tane yoğunluğu ve MgSO<sub>4</sub> dona dayanıklılık direnci bulunmaktadır. Mekanik özellikler ise tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yük dayanımıdır. Fiziko-mekanik deneylerin uygulanmasında kullanılan standartlar Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Balast numunelerine uygulanan fiziko-mekanik deneyler ve kullanılan standartlar

Deney	Standart
Mikro-Deval aşınma direnci	TS EN 1097-1 [15]
Los Angeles parçalanma direnci	TS EN 1097-2 [16]
Su emme oranı	TS EN 1097-6 [17]
Tane yoğunluğu	TS EN 1097-6 [17]
MgSO <sub>4</sub> dona dayanım	TS EN 1367-2 [18]
Tek eksenli basınç dayanımı	TS EN 1926 [19]
Nokta yük dayanımı	TS 699 [20]

Kayaç numunesinin petrografik analizleri TS EN 12407 [21], TS EN 12440 [22] ve TS EN 12670 [23] standartlarına göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların akış şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışmanın genel akış şeması

Çalışma sahasını temsil etmesi açısından sahanın farklı bölgelerinden kayaç numuneleri alınmıştır. Bu numuneler laboratuvar ortamına getirilmiş ve deney standartlarında belirtilen özelliklere göre numune hazırlama işlemi uygulanmıştır. Deney numuneleri küp şeklinde boyutlandırılmış ve kırma eleme işlemi yapılarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4). Bu şekilde numuneler fiziko-mekanik deneylerin uygulanması için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4. Çalışma sahasından getirilen numunelerin görünümü

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çavuşlu (Malatya) granitlerinden elde edilmiş olan numuneler üzerinde uygulanan deneylerin sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Tüm deneyler Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlar hesaplanırken deneyler 5 tekrarlı uygulanmış olup elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

**Çizelge 2.** Deneylerden elde edilen sonuçlar

Deney	Sonuç
Los Angeles parçalanma direnci	%13,20 ± 0,42
Mikro-Deval aşınma direnci	%10,36 ± 0,21
Su emme oranı	%0,105 ± 0,08
Tane yoğunluğu	2,681± 0,012 g/cm <sup>3</sup>
MgSO <sub>4</sub> dona dayanım	%0,98 ± 0,15
Tek eksenli basınç dayanımı	104,68 ± 1,605 MPa
Nokta yük dayanımı	6,89 ± 1,342 MPa

Deneylerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi “TCDD Balast Teknik Şartnamesi”nde belirtilen sınır değerlere göre yapılmıştır [11]. Bu şartnamede hızlı (HT)-yüksek hızlı tren hatları (YHT) ve Konvansiyonel hatlar (KT) için belirtilen sınır değerler Çizelge 3’de görülmektedir.

**Çizelge 3.** Hızlı (HT)-yüksek hızlı tren hatları (YHT) ve Konvansiyonel hatlar (KT) için belirtilen sınır değerler

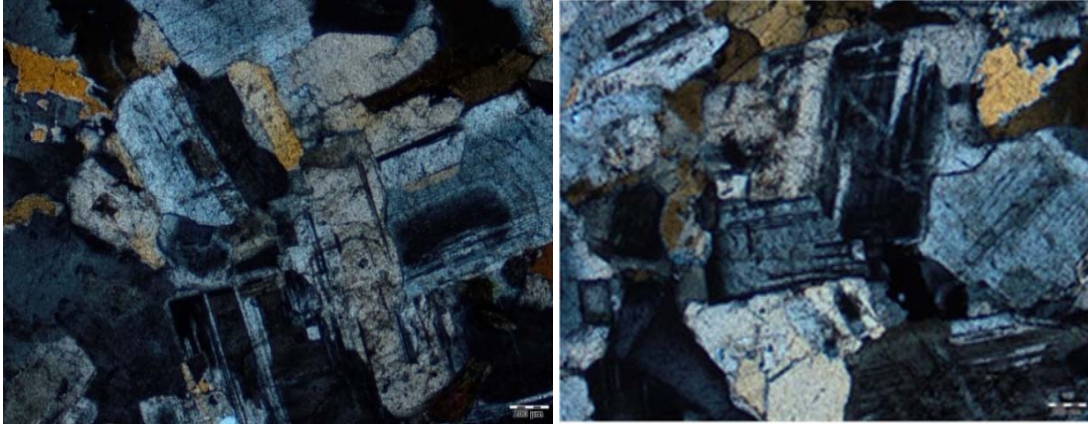
Deney	Sınır Değer	
	HT-YHT	KT
Los Angeles parçalanma direnci	≤ %14	≤ %20
Mikro-Deval aşınma direnci	≤ %12	≤ %14
Su emme oranı	≤ %1,5	≤ %2
Tane yoğunluğu	≥ 2,60 g/cm <sup>3</sup>	≥ 2,50 g/cm <sup>3</sup>
MgSO <sub>4</sub> dona dayanım	≤ %3	≤ %5
Tek eksenli basınç dayanımı	≥ 100 MPa	≥ 50 MPa
Nokta yük dayanımı	≥ 5 MPa	≥ 2.5 MPa

Petrografik tanımlama, TS EN 12407 [21], TS EN 12440 [22] ve TS EN 12670 [23] standartlarına göre alınan örnekler üzerinde görsel, lup, zoomlu stereo mikroskop ile incelemeler yapılmıştır. Örneklerden hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, kayacı oluşturan mineraller, kayacın yapısal ve dokusal özellikleri, alterasyonun varlığı ve çatlak kırık sistemleri incelenerek kayaç isimlendirilmiştir.

Makroskopik inceleme çıplak göz, lup ve zoomlu stereo mikroskop ile yapılmıştır. İnceleme neticesinde, kayacın metamorfik oluşumlu olduğu gözlenmiştir. Seyreltilmiş hidroklorik asit ile muamele edildiğinde köpürmemektedir. İncelenen örnek gri, siyah ve beyaz renk dağılımına sahip olup, boşluk oranı düşük ve asitlere karşı dayanıklıdır.

Mikroskopik inceleme hazırlanan ince kesitler üzerinde polarizan mikroskop (Olympus BH-2) kullanılarak yapılmıştır. İncelemelerde ana kayaç mineralinin feldspat olduğu ve kesitte gözlenen feldspatların fenokristalen yapıda şekilli ve yarı özşekilli olduğu görülmüştür (Şekil 5).





Şekil 5. Numunenin ince kesitlerine ait mikroskop görüntüleri (çift nikol)

Kesit bünyesinde feldspatların bir kısmı zonlu yapıda polisentetik ikizlenme göstermektedir. Kesit içerisinde ferromagnezyen mineraller özşekilsiz olarak gözlenmiştir. Kesitte boşluk miktarı oldukça azdır. İncelenen örnek; granit ailesinde granitoid bileşimli bir derinlik kayacıdır.

Ayrıca, deney numunesinin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu deney sırasında numunenin kimyasal içeriği X-Ray Fluoresence (XRF) yöntemi ile belirlenmiştir. Deney numunesinin kimyasal içeriği ve kızdırma kaybı (K.K.) Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Numunenin kimyasal içeriği (XRF)

Oksit	%
SiO <sub>2</sub>	68,12
CaO	6,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,62
MgO	3,54
K <sub>2</sub> O	3,20
TiO <sub>2</sub>	1,26
K.K.	0,92

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Çavuşlu (Malatya) granitlerinin fiziko-mekanik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, çalışma sahasındaki kayaçların balast malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda; çalışma sahasından elde edilen numunelere Los Angeles parçalanma direnci, mikro-deval aşınma direnci, su emme oranı, tane yoğunluğu, MgSO<sub>4</sub> dona dayanıklılık, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yük dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca, aynı numunelerin petrografik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar TCDD Balast Teknik Şartnamesi’nde hem hızlı-yüksek hızlı tren hatları hem de konvansiyonel hatlar için belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3’de belirtilen sınır değerler referans olarak alındığında; deney numunelerinden elde edilen sonuçların tamamının ilgili standartta belirtilen sınır değerleri karşıladığı anlaşılmaktadır. Sadece, hızlı – yüksek hızlı tren hatları için Los Angeles aşınma kaybı ve tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin sınır değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; Çavuşlu (Malatya) granitlerinin hem hızlı-yüksek hızlı tren hem de konvansiyonel tren hatları için balast malzemesi olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Selig, E.T., Waters, J.M., 1994. Track geotechnology and substructure management. Thomas Telford Publications, London, 446.
2. Hussain, A., Hussaini, S.K.K., 2022. Use of steel slag as railway ballast: A review. *Transportation Geotechnics*, (35), 100779.
3. Guo, Y., Xie, J., Fan, Z., Markine, V., Connolly, D.P., Jing, G., 2022. Railway ballast material selection and evaluation: A review. *Construction and Building Materials*, 344, 128218.
4. Kozak, M., Kozak, Ş., 2012. Enerji depolama yöntemleri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 4(2), 17-29.
5. Indraratna, B., Salim, W., Rujikiatkamjorn, C., 2011. *Advanced rail geotechnology–ballasted track*. CRC Press.
6. Sadeghi, J.M., Zakeri, J.A., Najari, M.E.M., 2016. Developing track ballast characteristic guideline in order to evaluate its performance. *International Journal of Railway*, 9(2), 27-35.
7. Kuttelwascher, C., 2012. Track ballast in Austria: Part 3. *Rail Infrastructure*.
8. Kozak, M., 2024. Yenikaracaören (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 14(2), 944-952.
9. Kozak, M., 2024. Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği. *Demiryolu Mühendisliği*, 20, 25-30.
10. Kahraman, E., Yapıcı, N., 2022. Kurtpınar (Ceyhan) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanımının değerlendirilmesi. *Demiryolu Mühendisliği*, 16, 14-22.
11. TCDD Balast Teknik Şartnamesi, 2020. Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Devlet Demir Yolları İşletmesi Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
12. Gözübol, A.M., Önal, M., 1986. Çat Barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelemesi: Malatya-Çelikhan alanının jeolojisi. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TBAG-647 Projesi*, İstanbul.
13. Önal, A., 1995. Polat-Begre (Doğanşehir) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri. *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Elazığ, 159.
14. Nihai Çed Raporu, 2022. Kaya Granit Doğaltaş ve Mermer İşletmeleri Sanayi Ticaret Limited Şirketi Kapasite Artışı, Kırma Eleme Tesisi, Yıkama Eleme Tesisi, Doğaltaş Kesme ve İşleme Tesisi İlavesi, Biomad Mühendislik San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara, 975.
15. TS EN 1097-1, 2011. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 1: Aşınmaya karşı direncin tayini (mikro- deval), Ankara.
16. TS EN 1097-2, 2020. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için metotlar, Ankara.
17. TS EN 1097-6, 2013. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini, Ankara.
18. TS EN 1367-2, 2011. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi, Ankara.
19. TS EN 1926, 2007. Doğal taşlar-deney metotları-basınç dayanımı tayini, Ankara.
20. TS 699/T1, 2016. Doğal yapı taşları-inceleme ve laboratuvar deney yöntemleri, Ankara.
21. TS EN 12407, 2019. Doğal taşlar-deney yöntemleri-petrografik inceleme, Ankara.
22. TS EN 12440, 2017. Doğal taşlar-isimlendirme kriterleri, Ankara.
23. TS EN 12670, 2019. Doğal taşlar-doğal taşlar-terimler ve tarifler, Ankara.

