



BAZALT VE KALKERİN DEMİRYOLU BALASTI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Mehmet KOZAK*¹

¹TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğü, Afyonkarahisar

Makale Bilgisi

Geliş tarihi:21.06.2022

Kabul Tarihi:20.12.2023

Yayın tarihi: 29.12.2023

ÖZET

Bu araştırma ile bazalt ve kalkerin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin ön çalışması yapılmıştır. TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili bir koşul yer almamaktadır. Balastın geometrik özellikleri ise kullanılacak üretim prosedürleri sayesinde sağlanabilmektedir. Ancak şartnamede istenilen fiziksel özellikler sadece balast olarak seçilecek kayaca bağlıdır. Bu çalışma bazalt ve kalkerin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin bir ön çalışması olması sebebiyle söz konusu kayaların fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için sadece tane yoğunluğu, su emme ve Los Angeles deneyleri yapılmıştır. Şartnamede istenilen termal ve bozunma özelliği için $MgSO_4$ deneyi, aşınmaya karşı direncin tayini deneylerinde yapılması ve istenilen sınır değerleri sağlanması koşulu ile çalışmada kullanılan bazaltın konvansiyonel demiryolu hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılan kalker agregasının ise demiryolu balastı olarak kullanılamayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Kayaç türlerinin aynı olmasına rağmen kayaların farklı fiziksel özelliklere sahip olabileceği bilinmekte olup bu doğrultuda balast olarak kullanılacak kayaların belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler;

Balast, bazalt, demiryolu, demiryolu balastı, kalker.

USABILITY OF BASALT AND LIMESTONE AS RAILROAD BALLAST

Article Info

Received: 21.06.2022

Accepted: 20.12.2023

Published: 29.12.2023

ABSTRACT

With this research, a preliminary study of the usability of basalt and limestone as railway ballast was carried out. According to TCDD Ballast Technical Specification, there is no condition regarding the origin and name of the rock to be used as ballast. The geometric properties of the ballast can be provided by the production procedures to be used. However, the physical properties required in the specification depend only on the rock to be selected as ballast. Since this study is a preliminary study of basalt and limestone usability as railway ballast, only grain density, water absorption and Los Angeles experiments were carried out in order to determine the physical properties of the rocks in question. It has been concluded that the basalt used in the study can be used as railway ballast in conventional railway lines, provided that the $MgSO_4$ test for the desired thermal and degradation properties in the specification, the determination of resistance to abrasion and provides the desired limit values. It was concluded that the limestone aggregate used in the study could not be used as railway ballast. Although the rock types are the same, it is known that rocks can have different physical properties, and it will be useful to carry out new studies to determine the rocks that can be used as ballasts.

Keywords;

Ballast, basalt, railway, railway ballast, limestone.

1. Giriş

Adına tren denilen çeken ve çekilen araçlardan meydana gelmiş taşıt dizisinin üzerinde hareket ettiği, bir çift ray dizisi ile, bu diziyi meydana getiren tesislerin tümüne demiryolu denilmektedir (Kozak, 2011). Demiryolu altyapı ve üstyapı olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır (Kozak, 2012; Bassey vd., 2020). Demiryolu hatlarında, altyapı platformu üzerine oturan yapı üstyapı olarak isimlendirilmektedir (Kozak, 2012). Demiryolu üstyapısının dünyada yaygın olarak kullanılan balastlı (esnek) üstyapı ve balastsız (rijit) üstyapı olmak üzere iki türü bulunmaktadır (Akbaş, 2008; Ceylan, 2017; Bayrak, 2018). Dünyadaki demiryollarının büyük bölümünde balastlı (esnek) üstyapı tercih edilmektedir (Güneş, 2016; Bayrak, 2018). Balastlı (esnek) üstyapı; ray, travers, balast ve küçük yol malzemelerinden oluşmaktadır (Kozak, 2012). Platformun üzerine döşenen, traverslerin aralarını dolduran ve traverse elastik bir yatak oluşturan, traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve taneleri arasındaki sürtünme ile yayarak platforma ileten, yola düşen suyun ve eriyen karların drenajını sağlayan, kare gözlü 63 mm açıklıklı elekten % 100 geçen ve kare gözlü 22,4 mm elek üzerinde ise en az % 97'si kalan ve şartnamede istenilen gradasyon şartlarını sağlayacak şekilde kırılmış olan keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam kayalar demiryolu balastı olarak tanımlanabilir (Kozak, 2012; Oğul vd., 2012; Nâlsund, 2014; Kozak 2021). Bazalt, granit, granodiyorit, gabro, diyabaz, siyenit, diyorit, riyolit, andezit, porfir, kuvarsit, gnays, kumtaşı, silttaşı, dolomit ve kireçtaşı (kalker) gibi kayalar demiryollarında balast malzemesi olarak kullanılmıştır (Raymond, 1985; Okonta ve Magagula 2011; Yılmaz, 2015; Bayrak, 2018; Bassey vd., 2020; Kozak 2021).

Ülkemiz demiryollarında geçmiş yıllarda balast olarak kireçtaşı türevli kayalar kullanılmıştır. Kireçtaşı türevli kayalarının yerini daha sonraki yıllar da bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz gibi magmatik kökenli kayalar almış ve bu magmatik kökenli kayalar hala balast olarak demiryollarında kullanılmaktadır (Anonim, 2020; Kozak 2021; Anonim, 2021). Şekil 1.'de demiryolu hattında balast malzemesi olarak kullanılan bazaltın içerisinde, geçmiş yıllarda balast malzemesi olarak kullanılmış kalkerin yer almasına ait görüntü verilmiştir.



Şekil 1. Demiryolu hattında balast malzemesi olarak kullanılan bazaltın içerisinde, geçmiş yıllarda balast malzemesi olarak kullanılmış kalkerin yer alması.

Balast teknik şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayalar magmatik kökenli; bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz olarak sınırlandırılmıştır. Ancak TCDD tarafından 2020 yılında balast teknik şartnamesi güncellenmiştir. Bu güncelleme neticesinde balast olarak kullanılacak kayaç ile ilgili köken ve isim koşulu ortadan kaldırılmış ve şartnamede istenilen özellikleri sağlayan metamorfik, sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaçların balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır (Anonim, 2020; Kozak 2021; Anonim, 2021). Bu araştırma ile bazalt ve kalkerin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği için bir ön çalışma yapılması amaçlanmıştır.

2. Materyal – Metot

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balastın petrografik özellikleri açısından balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili bir koşul aranmamakta, şartnamede istenilen balastın geometrik özellikleri ise kullanılacak üretim prosedürleri sayesinde sağlanabilecektir. Şartnamede istenilen fiziksel özellikler ise sadece balast olarak seçilecek kayaca bağlıdır.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balastın fiziksel özelliklerinin tespiti için parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, tane yoğunluğu, termal ve bozunma özelliği için $MgSO_4$ deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma bazalt ve kalkerin

demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin bir ön çalışması olması sebebiyle söz konusu kayaçların fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için sadece tane yoğunluğu, su emme ve Los Angeles deneyleri yapılmıştır. TS EN standartlarına göre yapılan ve üçer kez tekrarlanan tane yoğunluğu, su emme ve Los Angeles deneylerinden elde edilen sonuçların ortalama değerleri hesaplanarak bulgular kısmında verilmiştir.

3. Çalışmada Kullanılan Kayaçlar

3.1.Kalker

Sedimentasyon (çökme olayı) sonucu meydana gelen; mineral ve taş parçalarının değişik yollarla taşınarak bir yerde çökmesi ile oluşan; atmosferik koşulların etkisiyle ufalanan ve taşınan kayaçların, birbiri ile karışarak doğal bir bağlayıcı ile yeniden sertleşmesi sonucu oluşan kayaçlar sedimanter kökenli doğal taşlardır (Tutuş, 2007; Kozak, 2016).

Kalker sedimanter kökenli bir doğal taşdır. Bileşiminde %90'dan fazla kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunduran kütlelere genel olarak kireçtaşı ya da kalker adı verilmektedir (Tutuş, 2007; Kozak, 2016; Yüce vd., 2022). Kireçtaşları bazen az miktarda magnezyum karbonat da (MgCO_3) içerebilmektedirler (Tutuş, 2007).

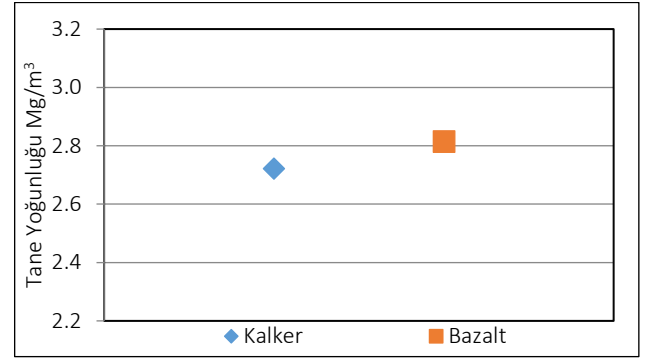
3.2.Bazalt

Magmatik kökenli doğal taşlar, magmanın yer kabuğunun derin bölümlerinde, yeryüzüne yakın seviyelerde veya yeryüzünde soğuyarak katılması ile oluşurlar. Lav şeklinde yeryüzüne çıkmaya çalışan magma, yer kabuğunun derin bölümlerinde soğuduğunda, derinlik kayaçları, yeryüzüne ulaşır kristalleşirse yüzey kayaçları meydana gelir (Kibici, 2006). Magmatik kayaçlar genellikle iyi kristalleşmiş güzel renk veren kayaçlardır. Tabakalanma yoktur, kütleler halindedirler, içlerinde fosil bulunmaz ve asitten etkilenmezler. Sertliklerinin yüksek olması nedeniyle işlenmesi güç olup cila alma ve koruma kapasiteleri yüksektir (Görgülü, 1994). Bazalt magmatik kökenli bir doğal taştır. Yerkürede birçok yerde bulunan ağır, koyu renkli bir kayaç olan bazalt, piroksen ve bazik plajiyoklaslardan oluşmuştur. Fakat o kadar ince dokuludur ki bu mineralleri gözle görmek oldukça zordur. Ayrıca kayaç mineralojik bileşiminde olivin de içerebilir. Genel olarak kayaç yarı yarıya koyu renkli (mafik) mineraller ve feldspattan oluşmuştur. Kayaç rengi koyu gri ile yeşilimsi siyah arasında değişir (Uz, 2000). Bazalt piroksen ve olivin

kristalleri ihtiva eden bir kayaç türüdür (Anonim, 1997).

4. Deneysel Bulgular

Kayaçların tane yoğunluğu, onların fiziksel özelliklerinin yanı sıra dayanımları hakkında da fikir vermektedir. Yüksek tane yoğunluğuna sahip kayaçlar genellikle düşük poroziteli, düşük su emme oranına sahip ve dayanımlı kayaçlardır (Kozak, 2016). Bu açıdan bakıldığında balast olarak kullanılacak kayacın tane yoğunluğu kayacın fiziksel özelliklerinin tespitinde önemli bir yöntemdir. Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın tane yoğunluğu deney sonuçları Şekil 2.'de sunulmuştur.

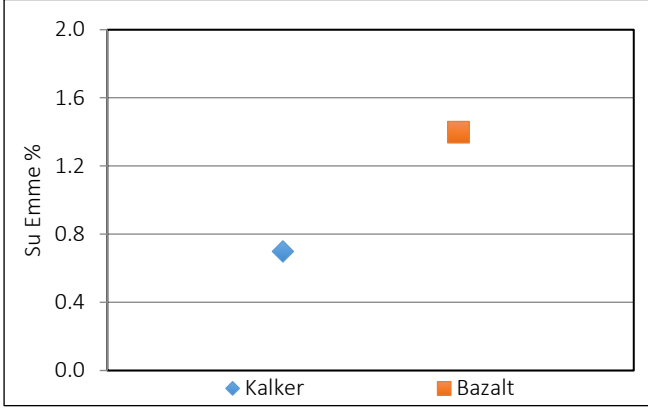


Şekil 2. Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın tane yoğunluğu deney sonuçları.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre hızlı tren ve yüksek hızlı tren hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın tane yoğunluğunun $2,60 \text{ Mg/m}^3$ eşit veya daha yüksek olması istenilmektedir. Konvansiyonel hatlarda ise demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın tane yoğunluğunun $2,50 \text{ Mg/m}^3$ eşit veya daha yüksek olması istenilmektedir (Kozak, 2021; Anonim, 2021). Yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın tane yoğunluğu açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerleri sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kayaç içindeki gözenek ya da boşlukların varlığı, kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Çatlak sistemi içindeki gözeneklerin çok küçük bir miktarı, kayacın deformasyonu üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olabilmektedir (Teymen, 2005). Kayaç içindeki gözenek ya da boşluklardaki suyun donması ve ısı artışı ile bunun çözülmesi kayaçların dirençlerinin azalmasına, çatlakların ve ayrışmaların meydana gelmesine

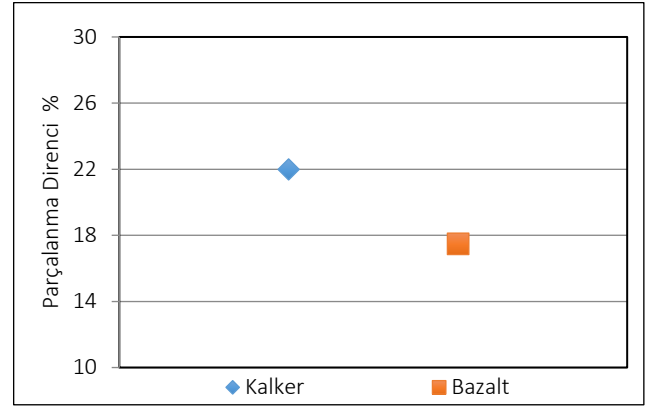
sebepe teşkil etmektedir (Güleç, 1974). Bu nedenle balast olarak kullanılacak kayacın su emme oranı büyük öneme sahiptir. Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın su emme deney sonuçları Şekil 3.'de sunulmuştur.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın su emme deney sonuçları.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre hızlı tren ve yüksek hızlı tren hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın su emme oranının % 1,5'e eşit veya daha düşük olması istenilmektedir. Konvansiyonel hatlarda ise demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın su emme oranının % 2'ye eşit veya daha düşük olması istenilmektedir (Kozak, 2021; Anonim, 2021). Yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın su emme açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerleri sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Balastın parçalanma özelliklerini ortaya koymak için kullanılan en etkili yöntem, Los Angeles aşınma testidir. Bu test, demiryollarında kullanılan balastın servis ömrü süresince tren yükünden nasıl etkilendiğini ortaya koymak için kullanılan pratik ve etkili bir testtir (Apaydın ve Yılmaz 2019). Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın Los Angeles deney sonuçları Şekil 4.'te sunulmuştur.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın Los Angeles deney sonuçları.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre hızlı tren ve yüksek hızlı tren hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın parçalanma direncinin % 14'e eşit veya daha düşük olması istenilmektedir. Konvansiyonel hatlarda ise demiryolu balastı olarak kullanılacak kayacın parçalanma direncinin % 20'ye eşit veya daha düşük olması istenilmektedir (Kozak, 2021; Anonim, 2021). Yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için çalışmada kullanılan kalkerin parçalanma direnci açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerleri sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yüksek hızlı tren, hızlı tren demiryolu hatları için çalışmada kullanılan bazaltın parçalanma direnci açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerleri sağlamadığı, konvansiyonel demiryolu hatları için ise sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

5. Tartışma ve Sonuç

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balastın fiziksel özelliklerinin tespiti için parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, tane yoğunluğu, termal ve bozunma özelliği için MgSO₄ deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinin yapılması istenilmektedir. Bu çalışmada bazalt ve kalkerin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği için bir ön çalışması amaçlanmış olup söz konusu kayaların fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için sadece tane yoğunluğu, su emme ve Los Angeles deneyleri yapılmıştır.

Yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için çalışmada kullanılan kalker ve bazaltın tane yoğunluğu ve su emme oranı açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde

istenilen sınır değerleri sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için çalışmada kullanılan kalkerin parçalanma direnci açısından TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerleri sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bazaltın ise yüksek hızlı tren, hızlı tren hatları için şartnamede istenilen sınır değerleri sağlamadığı ancak konvansiyonel demiryolu hatları için istenilen sınır değeri sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şartnamede istenilen termal ve bozunma özelliği için MgSO₄ deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinde yapılması ve istenilen sınır değerleri sağlaması koşulu ile çalışmada kullanılan bazaltın konvansiyonel demiryolu hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

Ülkemizde; yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatları için şartnamede istenilen sınır değerleri karşılayan bazaltlar olmasına rağmen sadece konvansiyonel demiryolu hatları için şartnamede istenilen sınır değerleri karşılayan bazaltlarda bulunmaktadır. Dolayısıyla kayaç türlerinin aynı olmasına rağmen kayaçların farklı fiziksel özelliklere sahip olabileceği bilinmektedir. Bu doğrultuda balast olarak kullanılacak yeni kayaç türlerinin belirlenmesi için farklı kayaçlar üzerinde ve aynı kayaç türü olsa da farklı ocaklardan alınan kayaçlar ile yeni çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

Ülkemizde kalker rezervinin bazalt rezervine göre daha fazla olması, kalkerin bazalta göre işlenebilmesinin daha kolay olması gibi nedenlerle maliyet açısından kalker daha avantajlı konumdadır. Ayrıca kalkerin balast malzemesi olarak kullanılması halinde nakliye masraflarında ocak dağılımının daha fazla olması nedeniyle daha düşük olabileceği göz önüne alınarak farklı kalker ocaklarından alınan numunelerin balast olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- Akbaş, G., 2008. Demiryollarında altyapının teknik tasarımı. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 191s, İstanbul.
- Anonim., 1997. TS 10088 EN 932-3 Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim., 2020. 2020/384731 İhale Kayıt Numaralı Çorlu İstasyonuna 5.000 m³ Balast Alım İşleri Balast Teknik Şartnamesi. <http://www.tcdd.gov.tr/ihale-detay/4397> Erişim Tarihi: 12.08.2020.
- Anonim, 2021. 2021/193423 İhale Kayıt Numaralı 1, 2, 3, 4, 5, 7 ve 8 (YHT) Bölge Müdürlükleri Yol Yenileme ve Bakım Çalışmalarında Kullanılmak Üzere 360.000 m³ Balast Alımı İşleri Balast Teknik Şartnamesi. <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/IhaleArama/index.html> Erişim Tarihi: 11.05.2021.
- Apaydın, Ö. F., Yılmaz, M., 2019. Bazaltik Kayaçların Balast Kirlenmesi Yönünden Karşılaştırılması. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 296-311.
- Bassey, D., Ngene, B., Akinwumi, I., Akpan, V., Bamigboye, G., 2020. Ballast Contamination Mechanisms: A Critical Review of Characterisation and Performance Indicators. Infrastructures, 5(11), 94.
- Bayrak, M. Ç., 2018. Altyapı özelliklerinin demiryolu üstyapısının performansına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 176s, Isparta.
- Ceylan, C., 2017. Demiryolu Hatlarında Balastsız Üstyapı Kullanılması. Demiryolu Mühendisliği, 6, 34-36.
- Görgülü, K., 1994. Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen

- Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Sivas.
- Güleç, K., 1974. Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Su Muhtevası ile Değişimi. Bilimsel Madencilik Dergisi, 13(3), 13-16.
- Güneş, S., 2016. Demiryolu Üstyapı Parametrelerinin Tasarımı: Bir Kalite Fonksiyon Yayılımı Yaklaşımı. Demiryolu Mühendisliği, 3, 30-40.
- Kibici, Y., 2006. Doğaltaş Atlası. Kubilay Ofset Repro, İzmir.
- Kozak, M., 2011. Demiryolunda Rayların Birleşim Noktaları ve Özelliklerinin Araştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(2), 40-49.
- Kozak, M., 2012. Hemzemin Geçitlerdeki Kaplama Çeşitleri ve Güvenliğe Etkisinin Araştırılması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2(1), 1-11.
- Kozak, M., 2016. İsehisar (Afyonkarahisar) Mermerlerinin Jeolojik ve Jeomekanik Özelliklerinin Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Kozak, M., 2021. Demiryolu Balastının ve Özelliklerinin Araştırılması. Demiryolu Mühendisliği, 13, 86-96.
- Nålsund, R., 2014. Railway ballast characteristics, selection criteria and performance. Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Doctoral Thesis.
- Oğul, K., Topal, İ., Poşluk, E., 2012. Ankara - İstanbul Yüksek Hızlı Tren Demiryolunda Balast Hammaddesi Olarak Granit Ve Bazaltın Birlikte Kullanılabilirliğinin Araştırılması Ve Aşınma Dayanımlarına Etkisi. MT Bilimsel, 1, 81-89.
- Okonta, F. N., Magagula, S. G., 2011. Railway Foundation Properties of Some South African Quarry Stones. Electronic Journal of Geotechnical Engineering EJGE, 179-197.
- Raymond, G. P., 1985. Research on Railroad Ballast Specification and Evaluation. Transportation Research Record 1006, 1-8.
- Teymen, A., 2005. Bazı kayaçların petrografik, fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 134s, Adana.
- Tutuş, M., 2007. Çukurova yöresinde bulunan bazı mermerlere ait fiziko-mekanik özelliklerin istatistiksel analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Adana.
- Uz, B., 2000. Maden – Jeoloji – Jeofizik Mühendisliğinde Petrografi Prensipleri. Birsan Yayınevi, 3. Baskı, İstanbul.
- Yılmaz, A., 2015. Demiryolu Üstyapısında Balast Kirliliği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 11-17.
- Yüce, A. E., Gürkan, V., Erdoğan, M., Tarkan, H. M., Girgin, Ş., Kangal, M. O., Oktay, F. Y., 2002. Demir Çelik Kullanım Amaçlı Kireçtaşları İçin Yeni Bir Tanımlama Önerisi. Madencilik, 41(4), 21-36.