



SABUNCUPINAR - KÜTAHYA ARASINDAKİ DEMİRYOLLARINDA BALAST MALZEMESİ OLARAK KULLANILAN VOLKANİK KAYACIN FİZİKSEL, MİNERALOJİK ve AŞINMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE BOZUNMA SÜREÇLERİNİN ETKİSİ

Mustafa DERMAN, Ömer ADIGÜZEL, Enes ZENGİN, Zeynal Abiddin ERGÜLER

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği bölümü, Kütahya,
mustafa.derman@ogr.dpu.edu.tr, omer.adiguzel@ogr.dpu.edu.tr,
enes.zengin@dpu.edu.tr, zeynal.erguler@dpu.edu.tr

ÖZET

Demiryolu balastları, binalar, tarihi yapılar ve anıtlar gibi birçok mühendislik projesinde kayalar yapı malzemesi olarak doğrudan kullanılmaktadır. Doğal malzemelerin fiziko-mekanik özelliklerinde, atmosferik koşullar altında maruz kaldıkları bozunma süreçlerine bağlı olarak farklı oranlarda değişim gerçekleşmektedir. Yapılış tarihi bilinen mühendislik yapılarında kullanılan kayaların zamana bağlı fiziksel, mineralojik ve dayanım özelliklerinde meydana gelen değişimin anlaşılması açısından araştırmacılara önemli veri sağlamaktadır. Kütahya ilinin Sabuncupınar kasabasının kuzeydoğusunda bulunan ve volkanik kayalardan açılmış bir taş ocağı, 1920'lerden beri demiryolu balastı üretmek için kullanılmaktadır. Ocakta bulunan volkanik kaya malzemesi önceki çalışmalarda gerçekleştirilen analizler sonucunda bazalt olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, fiziksel ve kimyasal bozunma süreçlerinin günümüze kadar bölgede doğal atmosferik koşullara maruz kalan bu kaya biriminin fiziksel, mineralojik ve aşınma özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, bu volkanik kayaların uzun yıllar demiryolu balast malzemesi olarak kullanılmış olmasına karşın, balast malzemesi için kabul görülen ulusal ve uluslararası ölçütlerde öngörülen sınır koşulları aşılmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Balast, Bazalt, Bozunma, Volkanik kayalar*

ABSTRACT

Rocks are directly used as construction materials in many engineering projects such as such as railway ballasts, buildings, historical structures and monuments. The physico-mechanical properties of these natural materials changes in different rates due to subjecting to weathering processes under atmospheric conditions. Rocks utilized in known engineering structures provide important information to the researchers in terms of understanding time dependent changes in their physical, mineralogical and strength properties. A quarry located in Northeastern of Sabuncupınar town and opened in volcanic rocks has been excavated for extraction railway ballasts since 1920s. This volcanic rock material was classified as basalt based on the detailed mineralogical and geochemical analyses performed in previous studies. In this study, the effect of physical and chemical weathering processes on physical, mineralogical and abrasion characteristics of this rock, which has been subjected to natural atmospheric conditions until now, was investigated. When all obtained results considered, although these volcanic rocks have been used as railway ballast for very long time, it was concluded that these materials do not exceed limits in accordance with national and international specifications.

Keywords: *Ballast, Basalt, Weathering, Volcanic rock*

1.GİRİŞ

Jeolojik birimlerin oluşum koşulları ile buldukları ortam koşullarının, özellikle basınç ve sıcaklık parametreleri açısından oldukça farklılık göstermesi nedeniyle fiziko-mekanik ve mineralojik özelliklerinin değişimine neden olan bozunma süreçlerine maruz kalırlar. Dixon vd [1], kaya bozunma karakteristiklerinin araştırmasında kullanılabilir en uygun yöntemin taze bir kaya malzemesinin doğrudan atmosferik koşullara açık olan yüzey veya yüzeye yakın bir ortama yerleştirilmesi ve sonrasında meydana gelen değişimin doğrudan gözlenmesi olduğunu vurgulamışlardır. Ancak, kayaların sadece bir-iki yıl gibi kısa bir zaman aralığında bozunma süreçlerine bırakılması, mühendislik projelerinde kullanılan kaya birimlerin uzun yıllar boyunca maruz kalacağı koşulları temsili açısında oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, birçok önceki çalışmada, kaya malzemelerinin bozunma özelliklerinin özellikle bozunma hızlarının belirlenmesinde eski binalar, mezar taşı, tarihi yapı ve anıtlar gibi yıllar boyunca doğal koşullarda kalan eski yapılar kullanılmıştır. Kütahya ilinin Sabuncupınar kasabasının kuzeydoğusunda bulunan ve volkanik kayalardan oluşan bir bazalt ocağı, 1920 yılından günümüze kadar bölgedeki demir yolu balast ihtiyacının karşılanması amacıyla işletilmektedir. Yapılan arazi ve literatür çalışmalarında, aynı ocakta farklı tarihlerde balast malzemesinin üretildiği ve dolayısıyla farklı zaman aralıklarında atmosferik süreçlere maruz kalan örneklerin bölgede mevcut olduğu tespit edilmiştir. Farklı tarihlerde doğal bozunma süreçlerine maruz kalan bu örneklerin, bölgede yaygın olarak kullanılan bu kaya biriminin bozunma özelliklerinin anlaşılmasında ve özellikle bozunma hızının belirlenmesinde kullanılmasının yararlı olacağı öngörülmüştür. Bu çalışma kapsamında, bozunma süreçlerinin Kütahya iline bağlı Sabuncupınar köyünün kuzey doğusunda yer alan taş ocağında alınan örneklerin fiziksel, mineralojik ve aşınmaya karşı duraylılık özellikleri üzerindeki etkisinin zamana bağlı araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bölge jeolojisinin belirlenmesi ve ihtiyaç duyulan örneklerin derlenmesi için arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerin bozunma özelliklerinin belirlenmesi, farklı derecede bozunmaya uğrayan balast örneklerin mineralojik bileşimi ve aşınmaya karşı direncinin saptanması için gerekli olan laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

Özburan [2] tarafından gerçekleştirilen araştırma sonuçlarına göre, Kütahya ve çevresinin temel kayalarını yaşlıdan gence doğru mikaşist, metakonglomera, kuvarsit ve fillitten oluşan Permian yaşlı Sarıcasu formasyonu, kristalize kireçtaşı ve mermerden oluşan Üst Permian-Alt Triyas yaşlı Arıkaya formasyonu, mavişist birimlerinden oluşan Alt Kretase yaşlı Kocasu formasyonu, Alt Kretase yaşlı Ovacık Melanjı ve serpantinitle peridotitlerden oluşan Üst Kretase yaşlı Kınık formasyonu şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmanın yapıldığı bölgede en yaşlı birimi Alt-Orta Miyosen yaşlı Çayca ve Kızılkaya Volkaniti olarak adlandırılan iki ayrı üyeye sahip Sabuncupınar formasyonu oluşturmaktadır. Bilindiği üzere birçok bölgede olduğu gibi, çalışma bölgesinde de Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluşan genç ve pekişmiş farklı tane boyuna sahip birimler ise diğer birimleri diskordan olarak örtmektedir. Bölgede bulunan volkanik kayalar Özburan [2] tarafından Alt-Orta Miyosen olarak yaşlandırılmış olmasına karşın, bu birimin jeolojik yaşı konusunda henüz varılan kesin bir sonuç bulunmakta ve günümüzde aynı araştırmacının da aralarında olduğu uzman bir ekip tarafından konu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir.

3 ARAZİ VE ÖRNEKLEME ÇALIŞMALARI

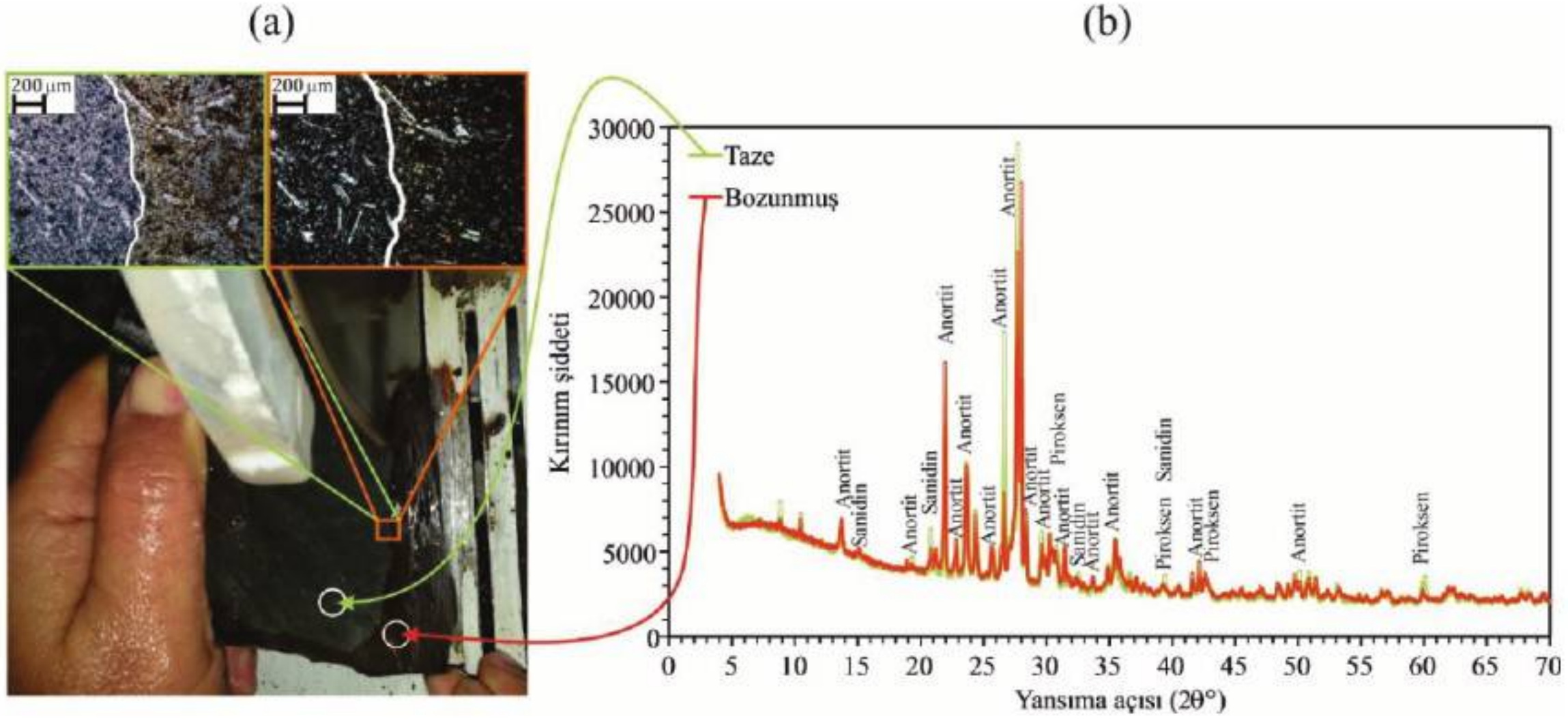
Süreksizliklerin, Sabuncupınar bazalt ocaklarında bulunan kaya malzemelerinin bozunma davranışı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla, süreksizliklere ilişkin verilerin derlenebilmesi için hat etüdü çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Hat etüdü çalışmalarında, kaya kütlelerinin süreksizlik sıklığı, devamlılığı, bozunma ve pürüzlülük özellikleri ve süreksizlik yönelimleri gibi özelliklere ilişkin ölçümler ve gözlemler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda eğim/eğim yönü değerleri 87/026, 86/354, 78/315 ve 66/149 olan dört ana süreksizlik seti tespit edilmiştir. Bu ana süreksizliklerin yanı sıra, bölgedeki etkin fiziksel ve kimyasal bozunma süreçlerin etkisini arttıracak devamlılıkları oldukça sınırlı olan süreksizlikler de saptanmıştır. Süreksizliklerin devamlılıkları 1-11 m arasında değişmektedir. Süreksizlik aralığı 0.86 m ortalama bir değer ile 0.1-2.1 m arasında, açıklık parametresinin ise 7.1 mm'lik ortalama bir değerle 1-30 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğünün düz-az pürüzlü ile basamaklı-pürüzlü olarak tanımlanan koşullar arasında değiştiği tespit edilmiştir. Balast malzemelerinin bozunma özelliklerinin laboratuvar koşullarında tespiti için; 2012 yılında modern araç-gereçler kullanılarak üretilmiş ve üretim bölgesinde bırakılmış (L1), 1965±5 yılında insan gücü ile bazalt blokları kırılarak üretilmiş ve üretildiği noktada bırakılmış (L2) ve demiryolunda kullanılmış (L3) ve 1925±5 yılında demiryolu köprüsünün inşaatında kullanılmış bazalt bloğu (L4) gibi özelliklere sahip örnekler toplanmıştır.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

4.1. Mineralojik ve Kimyasal Analizler

Farklı zamanlarda bozunma süreçlerine maruz kalan örneklerin mineralojik ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimin tespiti ve belirlenen değişimin bu kaya birimin bozunma davranışının değerlendirilmesinde kullanımını sağlamak için mineralojik ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, polarizan mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışınları kırınımı (XRD) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. SEM ve XRD analizleri için Dumlupınar Üniversitesi İleri Teknolojiler Merkezi (DPÜ İLTEM) laboratuvarları imkânlarından yararlanılmıştır. Yapılan ince kesit incelemeleri sonucu, bozunmuş kısımdaki minerallerin etrafında gözlenen ve bozunma sonucu oluşan demir-oksit boyamaları dışında minerallerin mühendislik özelliklerini değiştirebilecek önemli bir değişiklik ile karşılaşılmaamıştır. Gerek bozunma kabuğu ve gerekse taze kısım olarak tanımlanan kısmın mineralojik bileşiminin plajiyoklaz ve piroksen olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1a). Ancak, Şekil 1a'da da görüldüğü üzere piroksen minerallerinin oksidasyonu, balast örneklerinin yüzeyinde turuncu-koyu kahverengi bir renk değişimi ile sonuçlanan yaklaşık 2-2.5 mm arasında değişen kalınlığa sahip kabuk oluşumu ile sonuçlanmaktadır. SEM-EDS analizlerde elde edilen sonuçlara göre, bazaltın dış yüzeyinde görülen bozunma kabuğundaki demir elementi yüzdesinin taze kısma nazaran tüm örneklerde yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Tamamen taze olan örnekte (L1) demir oranı %0.61 iken, 1925 yılında demiryolu köprüsünde kullanılan bazalt bloğuna ait bozunma kabuğunda (L4) bu değer %3.92'ye kadar çıktığı saptanmıştır. Söz konusu bu sonuçlarının zaman parametresinin balast örneklerinin bozunma davranışı üzerindeki etkisinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. XRD analizleri sonucunda örneklerde anortit, piroksen ve çok az oranda sanidin mineralleri tespit edilmiştir. Taze ve bozunma kabuğunda alınan örnekler üzerinde elde edilen bu sonuçlar karşılaştırıldığında belirgin

bir farklılık gözlenmemesine karşın, bozunmuş kısımların desenlerinden kil mineralleri oluşumunu kısmen gösteren pikler de gözlenmektedir (Şekil 1b).



Şekil 1. Balast malzemesinin taze ve bozunmuş kısımlarının mineralojik bileşiminin tayini: a) el örneklerinde ince kesit alma çalışmaları ve ince kesitlerde alınan tipik görüntüler ve b) XRD analiz sonuçlarında tipik desenler.

4.2. Gözeneklilik, Birim Hacim Ağırlık ve Ağırlıkça Su Emme Tayinleri

Balast örneklerinin gözeneklilik, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme özellikleri ISRM [3] tarafından önerilen yöntemler dikkate alınarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gözeneklilik değerlerinin %1.03 ile %1.86 arasında, birim hacim ağırlık değerlerinin ise yaklaşık 26.6 kN/m^3 olduğu tespit edilmiştir. Bu ölçümlerin yanı sıra, 2012 (L1) ve 1965 ± 5 (L2 ve L3) yıllarında üretildiği tespit edilen balast malzemelerinin su emme kapasitelerinin karşılaştırılması amacıyla ağırlıkça su emme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda L1 no.lu lokasyonda alınan ve kısmen taze oldukları kabul edilen balast örneklerinin ağırlıkça su emme değerinin yaklaşık %0.38 iken, L2 ve L3 no.lu lokasyonlarda alınan örneklerin ağırlıkça su emme değerlerinin %0.66 ile %0.80 arasında değiştiği saptanmıştır. Anlaşılacağı üzere yaklaşık 1965 yılında üretildiği tespit edilen örneklerin 47 yıl içerisinde bozunmaya bağlı olarak ağırlıkça su emme parametresinde yaklaşık %0.42 oranında bir değişim söz konusu olmuştur.

4.3. Aşınmaya Karşı Direncin Belirlenmesine İlişkin Analizler

4.3.1. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyinde kullanılan tamburların dakikada 20 devir yapacak şekilde dönmesine bağlı olarak, deney sırasında örneklerin birbirlerine ve/veya tambura çarpmaları sonucu mekanik parçalanma meydana gelmektedir. Kil içeren kayalar için önemli olan bu sınırlamanın, balast numunelerinin aşınma davranışının ölçülmesinde yararlı olacağı düşünüldüğü için bu çalışmada kullanılmıştır. 2012 yılında hazırlanan balast örneğinde suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi sonucu çevrim sayısına bağlı olarak %0.31 ile %0.62 arasında aşınma kaybı gerçekleşirken, bu değerler 1965 yılında üretilen balast malzemesinde %1.24 ile %1.65 arasında değişmektedir.

4.3.2. Donma çözülme deneyi

Kütahya bölgesinin meteorolojik özelliklerinin belirlenmesi ve olası donma-çözülme çevrimlerinin genel dağılımının saptanması amacıyla T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) Kütahya istasyonunda kaydedilen ve 1975-2014 yıllarına ait meteorolojik verilerden ve Binal vd [4] tarafından Türkiye için hazırlanmış eş donma-çözülme çevrim sayısı kontur haritasından yararlanılmıştır. Donma-çözülme deneyleri sonucu balast malzemelerinin 30. çevrim sonucu ölçülen ağırlık kaybının değerlerinin L1, L2 ve L3 için sırasıyla, %0.12, %0.12 ve %0.20 olduğu ve dolayısıyla bu süreçlere bırakılan örneklerde bir önemli aşınma kaybı görülmediği tespit edilmiştir.

4.3.3. Los Angeles aşınma deneyi

Arıoğlu vd [5] tarafından da vurgulandığı gibi, hem beton agregası ve hem de balast malzemesi olarak kullanılması düşünülen kaya birimlerinin aşınmaya karşı duraylılık özelliklerinin belirlenmesinde ve ölçülmesinde uzun yıllardan beri Los Angeles aşınma deneyinde elde edilen parametre (LA) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu deneysel yaklaşımla, dinamik yükler altında balast malzemesi olarak düşünülen jeolojik birimlerin sertlik ve kırılma gibi özelliklerinin önceden saptanması amaçlanmaktadır. Hazırlanan balast örneklerinin aşınma direncinin belirlenmesinde TS EN 13450 [6] tarafından önerilen ölçütler dikkat alınarak Los Angeles deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan Los Angeles aşınma deney sonuçlarına göre, 2012 yılında üretilmiş (L1), 1965±5 yılında üretilip balast malzemesi olarak kullanılmayan (L2) ile aynı tarihlerde üretilip demiryolu balastı olarak kullanılan örneklerin (L3A ve L3B) aşınma değerlerinin (LA) sırasıyla %13.60, %16.72, %16.30 ve %17.75 olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, bazı örneklerin (L3A ve L3B) aşınma miktarları yaklaşık son elli yıl Kütahya-Eskişehir demiryolunun balast malzemesi olarak kullanılmış olmasına karşın hala TS EN 13450 [6] tarafından önerilen ölçütlere uygun olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Sabuncupınar köyünün kuzeydoğusunda (Kütahya, Türkiye) bulunan ocaktan üretilen balastlar 1920'lerden beri bozunma süreçlerine maruz kalmaktadırlar. Yapılan çalışmalara göre bozunma süreçleri malzemenin dış yüzeyinde 90 ±5 yıl içerisinde 2-2.5 mm bozunma kabuğunun oluşumuna neden olmuştur. Bu bozunma kabuğu aşınmaya karşı yeteri duraylılığa sahip olup, malzemenin dayanımının

düşmesi açısından herhangi bir olumsuz durum teşkil etmemektedir. Piroksen mineralinin bozunması sonucunda malzemenin dış yüzeyinde meydana gelen bu renk değişiminin haricinde herhangi bir olumsuz durum kaydedilmemiştir. Ayrıca, taze ve bozunmuş örnekler birbirleriyle karşılaştırıldığında, ağırlıkça su emme, donma-çözünme ve Los Angeles aşınma deneyi sonuçlarının, bozunma süreçleri arttıkça kısmen arttığı gözlenmiştir. Buna ek olarak, 1965 ±5 yılından beri bozunma süreçlerine maruz kalan örneklerin, suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi deneyinin ikinci ve dördüncü çevriminde çok az bir azalış gösterdiği saptanmıştır. Elde edilen bütün bu sonuçlar dikkate alındığında, uzun yıllar kullanılmasına karşın balast tanelerinin sert, yoğun ve keskin köşeli yapısını korudukları tespit edilmiştir. Kütahya ve çevresinde yaygın bulunan bu kaya biriminin balast amacıyla gelecekte düşünülen projelerde kullanılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Dixon, J.C., Thom, C.E., Darmody, R.G., Schlyter, P., 2001. Weathering rates of fine pebbles at the soil surface in Karkevagge, Swedish Lapland. *Catena* 45, 273–286.
- [2] Özbüran, M. 2009, “Kütahya ve Çevresinin Neotektonik İncelemesi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 209 s.
- [3] ISRM, 1981, Rock characterization, testing and monitoring, In: Brown, E.T. (Ed.), International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested Methods, Pergamon, Oxford, 211 p.
- [4] Binal, A., Kasapoğlu, K.E., ve Gökçeoğlu, C., 1997. The surficial physical deterioration behaviour of Neogene volcano-sedimentary rocks of Eskişehir-Yazılıkaya, NW Turkey. *Proc. Int. Symp. On Engineering Geology and Environment*, Athens, Greece, A.A. Balkema, Rotterdam, V3, 3065-3069.
- [5] Arnoğlu E., Kurt G., Yoldaş R., Yalçın H., 2009. Kimi Kayaçların Çok Yüksek Devirli(>500) Los Angeles Aşınma Değerleri. 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul. s 119-125.
- [6] TS EN 13450, 2013. Demiryolu balastları için agregalar. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.100.15; 93.100, Ankara.