

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN JEOLojİSİ
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI

Sebahat KAPUTOĞLU

Ocak, 2013

İZMİR

**BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN JEOLojİSİ
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI**

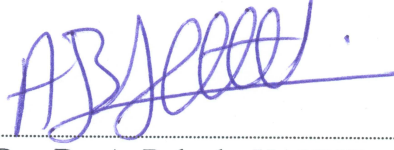
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

Sebahat KAPUTOĞLU

**Ocak, 2013
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEBAHAT KAPUTOĞLU, tarafından DOÇ.DR. A. BAHADIR YAVUZ yönetiminde hazırlanan “BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN JEOLJİSİ MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.




Doç.Dr. A. Bahadır YAVUZ

Yönetici



Prof.Dr. M. Yalçın Koca

Jüri Üyesi



Yard. Doç. Dr. A.H. Delioormanlı

Jüri Üyesi



Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışma bir yıllık bir laboratuvar çalışması sonucunda hazırlanmıştır. Çalışma için gerekli numuneler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında hazırlanmış ve deneylerin büyük bir çoğunluğu aynı laboratuvarda yapılmıştır.

Bu çalışma boyunca desteğini benden esirgemeyen, değerli hocam Doç. Dr. A. Bahadır YAVUZ' a sabrı, yardımları ve desteği için çok teşekkür ederim. Ayrıca katkılarından dolayı Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK, Prof. Dr. Osman CANDAN ve Dr. Cem KINCAL' a teşekkürü borç bilirim.

Numunelerin hazırlanması ve laboratuvar çalışmaları sırasında bana çok yardımcı olan Cemalettin PINARBAŞI' na, tüm öğrenim hayatım boyunca bana hep destek olan babam; Satılmış ATAY' a sonsuz teşekkür ederim.

Sebahat KAPUTOĞLU

BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN JEOLJİSİ MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

İzmir – Buca ilçesindeki tarihi binalarda yaygın olarak kullanılmış olan yeşil andezit, İzmir'deki önemli tarihi yapılarda da dış mekan kaplama taşı olarak kullanılmıştır. Renk ve desen özelliğinin yanı sıra masif bir görünüme sahip olan yeşil andezit, bu özelliği nedeniyle yakın döneme kadar oldukça yoğun talep görmüştür.

Bu çalışmada ilk önce Buca ve yakın çevresinde yürütülen arazi çalışmaları ile yeşil andezitin üretildiği taş ocağının lokasyonu tespit edilmiştir. Taş ocağından alınan andezit bloklarından üretilen numunelere laboratuvar deneyleri uygulanarak yeşil andezitin mineralojik, kimyasal özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve bu özellikleri, doğal yapıtaşı standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Daha sonra, andezit numuneleri üzerinde donma-çözünme, ıslanma-kuruma ve tuz kristallenmesi gibi hızlandırılmış ayrıştırma deneyleriyle bu kayacın değişik çevresel ayrıştırıcı etkilere karşı duraylılığı araştırılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, Buca yeşil andezitinin durabilitesi, ortalama gözenek boyutu, su emme kapasitesi, ıslak kuru tek eksenli basınç direnci oranı, slake durabilite indeksi ve statik kaya durabilite indeksi gibi değişik durabilite tanımlama yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Mineralojik ve kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak trakiandezit olarak tanımlanan Buca yeşil andezitinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, doğal yapıtaşı olarak kullanılabilirliği açısından, TSE standartlarında öngörülen sınır değerlere büyük oranda uygun olduğu belirlenmiştir. Buca yeşil andezitinin gözenek boyutu ve su emmesi durabilite tanımlama yöntemlerine göre 'donma-çözünmeye karşı düşük durabiliteli', suya doymun-kuru tek eksenli basınç direnci oranı, slake ve statik durabilite indeksi durabilite değerlendirme yöntemlerine göre de 'yüksek durabiliteli' kayalar grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Buca yeşil andezitleri, durabilite, shore sertliği, ortalama gözenek boyutu, böhme yüzeysel aşınma değeri.

THE INVESTIGATIONS OF THE GEOLOGY AND MATERIAL PROPERTIES AND THE DURABILITY OF BUCA GREEN ANDESITES

ABSTRACT

The green andesite, used widely in İzmir - Buca, has also been extensively used as a building material for the exterior walls of the historical buildings in İzmir. Green andesite; beside its color and pattern properties, offers massive appearance which had caused to attack strong demand in the near past.

Firstly in this study, the location of the quarry where the green andesite had been excavated, was determined. Then, the mineralogical, chemical, physical and the mechanical properties of the green andesite samples taken from the old quarry were determined and these values were correlated with the related standards. Ageing tests such as Na₂SO₄ and MgSO₄ salt crystallization, freezing – thawing and wetting – drying were conducted on the fresh andesite core samples to assess their durability in different environmental conditions. In addition, the durability of the green andesite is also evaluated by determining its average pore diameter, saturation coefficient, wet to dry strength ratio, static rock and slake - durability indices.

Buca green andesite is defined as the trachy-andesite according to its mineralogical and chemical compositions and is found to have physical and mechanical properties close and or above the threshold values given by the Turkish standards. The average pore diameter and saturation coefficient index values indicate that Buca green andesite is frost-susceptible and has wet-to-dry strength ratio; slake-durability index and the static rock durability index values indicate that Buca green andesite is very good durable stone.

Keywords: Green andesites of Buca, durability, shore hardness, average pore size, böhme surface abrasion.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZ SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Yöntem.....	1
BÖLÜM İKİ-ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
BÖLÜM ÜÇ-GENEL JEOLJİ.....	8
3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi.....	8
3.1.1 Giriş.....	8
3.1.2 Stratigrafi.....	9
BÖLÜM DÖRT- MİNEROLOJİK ÖZELLİKLER.....	11
BÖLÜM BEŞ-KİMYASAL ÖZELLİKLER.....	14
BÖLÜM ALTI-FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER.....	17
6.1 Giriş.....	17
6.2 Fiziksel Özellikler.....	18
6.2.1 Özgül Ağırlık.....	18
6.2.2 Porozite.....	20
6.2.2.1 Görünür Porozite.....	20
6.2.2.2 Toplam Porozite.....	21
6.2.3 Birim Hacim Ağırlık.....	22

6.2.4 Ağırlıkça Su Emme.....	24
6.2.5 Boşluk Oranı.....	25
6.2.6 Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği.....	26
6.3 Mekanik Özellikler.....	27
6.3.1 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi.....	28
6.3.2 Darbe Direnci.....	31
6.3.3 Yüzeysel Aşınma Kaybı.....	33
6.3.3.1 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı.....	33
6.3.3.2 Disk Aşınma Deneyi.....	35
6.3.4 Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci.....	35
6.3.5 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi.....	37
6.3.6 Shore Sertlik İndeksi.....	39
6.3.7 Los Angeles Darbeli Aşınma Kaybı.....	40
6.3.8 Mikro Deval Darbeli Aşınma Kaybı.....	42

BÖLÜM YEDİ- ÜLKEMİZDE DEĞİŞİK BÖLGELERDE DOĞAL YAPITAŞI OLARAK KULLANILAN ANDEZİTLERİN MALZEME ÖZELLİKLERİ İLE BUCA YEŞİL ANDEZİTİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....43

BÖLÜM SEKİZ- DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ.....46

8.1 Giriş.....	46
8.2 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri.....	47
8.2.1 Islanma Kuruma Deneyi.....	47
8.2.1.1 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler.....	47
8.2.1.2 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı.....	50
8.2.1.3 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Direnç Kaybı.....	51
8.2.2 Donma Çözünme Deneyi.....	53
8.2.2.1 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler.....	53
8.2.2.2 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı.....	56
8.2.2.3 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Direnç Kaybı.....	58
8.2.3 Tuz Kristallenmesi Deneyleri.....	59

8.2.3.1 Na ₂ SO ₄ Tuz Kristallenmesi Deneyi.....	60
8.2.3.2 MgSO ₄ Tuz Kristallenmesi Deneyi.....	65
8.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Sonrası Ultrasonik Ses Hızı Tayini.....	69
8.4 Durabilite Değerlendirme Testleri.....	70
8.4.1 Kuru ve Suya Doymun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı.....	71
8.4.2 Doymunluk Katsayısı.....	72
8.4.3 Statik Kaya Durabilite İndeksi.....	73
8.4.4 Suda Dağılmaya Karşı Duyarlılık (Slake Durability) İndeksi.....	74
8.4.4 Gözenek Boyutu Tayini.....	75
BÖLÜM DOKUZ- SONUÇLAR.....	79
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	91

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Amaç ve Yöntem

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı yüksek lisans projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Çalışmanın konusunu, ocağı İzmir ili Buca ilçesinde bulunan ve antik Roma döneminden beri İzmir şehir merkezi ve Buca ilçesi civarındaki tarihi binaların dış cephe kaplamasında kullanılan yeşil renkli andezitlerin, malzeme özellikleri ile durabilitelerinin belirlenmesi oluşturmaktadır (Şekil 1.1-1.4).



Şekil 1.1 Yeşil andezit ocağının genel görünümü (38°23'37.60"K 27° 8'12.58"D) .

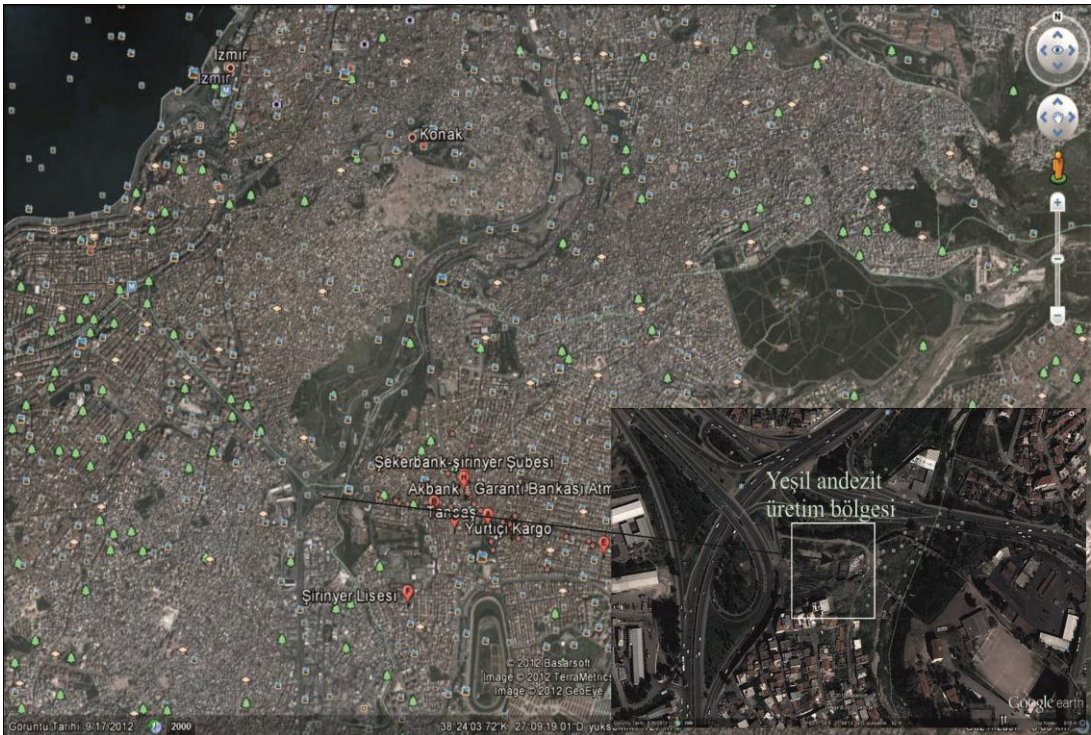


Şekil 1.2 Buca mevkinde Antik Roma Dönemi'nden kalma su kemerinde kullanılan yeşil andezitler



Şekil 1.3 Buca ilçesinde Uğur Mumcu Caddesi'nde yer alan dış cephesi yeşil andezitlerle kaplanmış bir Levanten evi (a), Alsancak Garı yanında yer alan tarihi bina (b).

Çalışmanın ilk aşamasında Buca ilçesi ve yakın çevresinde yürütülen arazi çalışması ile yeşil andezitlerin üretildiği taş ocağı tespit edilmiştir ve bu ocaktan, kayaç üzerinde yürütülecek laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere kaya blokları alınmıştır (Şekil 1.4). Öncelikle kaya bloklarından üretilen ince kesit üzerinde polarizan mikroskop yardımıyla yeşil andezitlerin petrografik ve mineralojik özellikleri belirlenmiş, Kanada ACME laboratuvarında yaptırılan kimyasal analiz ile kayacın kimyasal özellikleri saptanmıştır.



Şekil 1.4 Buca yeşil andezit ocağının lokasyon haritası (Google Earth'ten alınmıştır).

Çalışmanın ikinci aşamasında, andezit bloklarından üretilen değişik boyuttaki kaya numuneleri üzerinde yürütülen laboratuvar deneyleri ile andezitlerin birim hacim ağırlık, görünür ve toplam porozite, gözenek boyu dağılımı, ağırlıkça su emme, boşluk oranı, ses hızı iletkenliği gibi fiziksel özellikleri ile tek eksenli basınç dayanımı, darbe dayanımı, nokta yükleme dayanım indeksi, shore sertlik indeksi, Böhme yüzeysel aşınma kaybı, Los Angeles darbeli aşınma kaybı, mikro deval darbeli aşınma kaybı, disk aşınma kaybı ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (Slake durability) gibi mekanik özellikleri saptanmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen parametreler, İzmir ve yakın çevresinde doğal yapıtaşı olarak kullanılmış olan pembe ve gri andezitlerin malzeme özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında yeşil andezitler üzerinde yürütülen ıslanma kuruma, donma çözünme ve tuz kristallenmesi gibi hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri ile andezitlerin değişik çevresel ayrıştırıcı etkiler altındaki davranışları incelenmiştir. Bu deneyler esnasında yapılan ara ölçümler ile andezitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

Buca yeşil andezitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile durabilitesinin belirlenmesine yönelik laboratuvar deneyleri Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümü kaya mekaniği laboratuvarında, cıvalı porozimetre ölçümleri ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkez Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son aşamasında ise Buca yeşil andezitlerinin durabilitelesi, doygun-kuru tek eksenli basınç direnci oranı, doygunluk katsayısı, statik kaya durabilite indeksi, slake durabilite indeksi ve gözenek boyu dağılımı gibi değişik durabilite sınıflandırma yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında yürütülen laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar Tablo1.1’de verilmiştir.

Tablo1.1 Çalışma süresince yapılan deneyler ve uyulan standartlar

Analiz	Deney türü	Uyulan Standartlar
Minerolojik Analiz	Polarizan Mikroskop	-
Kimyasal Analiz	Atomic Absorption	-
Fiziksel Özellikler	Kuru Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Suya doymuş Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Özgül Ağırlık	TS 699
	Görünür (Etkin) Porozite (Su Emdirme Yöntemi İle)	TS EN (1936)
	Görünür (Etkin) Porozite (Cıvalı Porozimetre İle)	ASTM D 4404
	Toplam Porozite	TS EN (1936)
	Ağırlıkça Su Emme	TS 13755
	Vakum Sonrası Ağırlıkça Su Emmesi	TS 13755
	Boşluk Oranı	TS 699
	Ultrasonik Hız İletkenliği	ISRM (1981)
Mekanik Özellikler	Tek Eksenli Basınç Direnci	TS (1926)
	Nokta Yükleme İndeksi	ISRM (1985)
	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	TS 14157
	Disk Aşındırma Deneyi	TS EN 1341
	Shore Sertliği	ISRM (1978)
	Darbe Direnci	TS 699 (2009)
	Los Angeles Aşınma Kaybı	TS EN 1097-1
	Mikro Deval Aşınma Kaybı	TS EN 1097-2
Durabilite Özellikleri	Doygunluk Katsayısı	RILEM (1980)
	Gözenek Boyu Dağılımı	Cıvalı Porozimetre
	Doygun-Kuru Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı	Winkler, 1993
	Statik Durabilite İndeksi	Fookes, 1988
	Slake Durabilite İndeksi	ISRM (1981)
Hızlandırılmış Ayırıştırma Testleri	Donma-Çözünme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	TS 699 (2009)
	MgSO ₄ Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	TS EN 12370
	Na ₂ SO ₄ Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	TS EN 12370
	Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	TS 699 (2009)

BÖLÜM İKİ

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İzmir yöresinde andezit türü volkanik kayalar ve bunların ayrışma ürünü killer oldukça yaygın olarak bulunurlar. Andezitlerin malzeme özellikleri, bozunmanın derecesiyle değişmekte ve tamamen bozunmuş veya ayrışmış andezitlerden simektit grubu kil mineralleri oluşmaktadır (Koca 1999). İzmir ve çevresinde bulunan andezit kayacı gri, pembe ve yeşil gibi renklerle anılmaktadır. Andezitlerin İzmir ve çevresindeki geniş yayılımından dolayı, tarihi dönemden günümüze kadar İzmir ve yakın çevresinde yapı taşı olarak kullanılmıştır.

Andezitlerin doğal yapıtaşı olarak yaygın kullanımından dolayı, gerek malzeme özellikleri gerekse durabilitesi merak uyandırmış ve birçok çalışmaya konu olmuştur.

Koca ve Türk (1995), İzmir ve çevresinde yeralan andezit ocaklarında kinematik analiz yöntemlerini kullanarak şev stabilitesi analizleri yapmıştır. Ayrıca gri ve pembe andezitlerin mineralojik, petrografik ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Bunlara ek olarak çalışmada andezitlerin porozite, kuru birim hacim ağırlık, doymun birim hacim ağırlık gibi fiziksel özellikleri ile nokta yükleme dayanım indeksi değerleri belirtilmiştir.

Yavuz (2006) İzmir şehir merkezinde bordür ve kaldırım taşı olarak kullanılan gri ve kırmızı andezitleri incelemiştir. Çalışmada, ocağı Ankara'da bulunan gri ve kırmızı andezitlerin mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri de incelenmiştir. Bu özelliklere bağlı olarak Ankara andezitlerinin durabiliteleri saptanmıştır.

Özden ve Topal (2009) ise Bartın Hisarönü'nde (Karadeniz) bir dalgakıranda arnoşman dolgu malzemesi olarak kullanılan Karadeniz yöresine ait andezitin mühendislik özelliklerini incelemiştir. Çalışmasında andezitin kullanım alanındaki zamana ve çevresel etkilere karşı durabilitesi belirlemiştir. Genel olarak andezitin

mineralojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini saptamıştır. Bu özelliklere bağlı olarak andezitin kalitesi ve durabilitesini tespit etmiştir.

Yukarıda belirtilen önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar Bölüm 7' de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

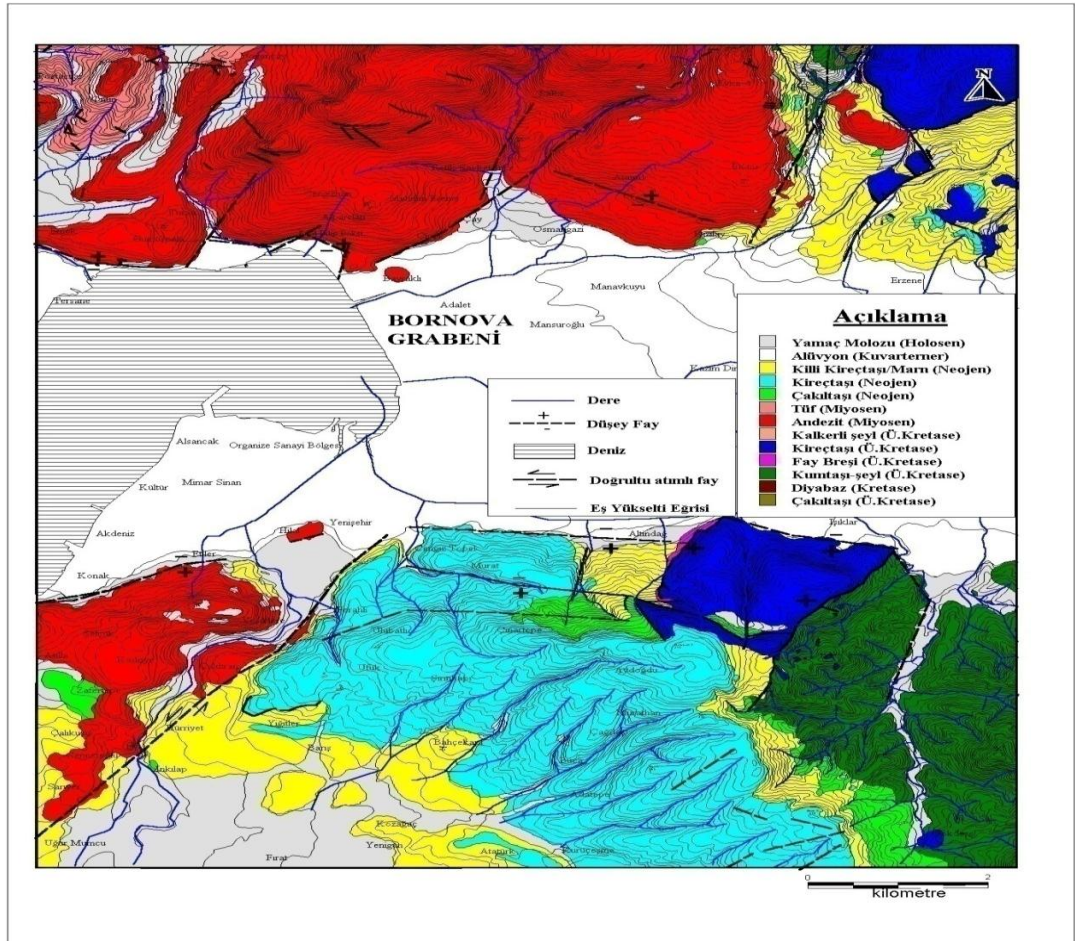
BÖLÜM ÜÇ

GENEL JEOLojİ

3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi

3.1.1. Giriş

Buca ve Altındağ köyüne ait kaya birimleri, alttan üstte doğru, Geç Kretase yaşlı kireçtaşı, uyumsuz olarak üstleyen Neojen yaşlı taban çakıltası, kilitaşı, kireçtaşı, andezitik bileşimli volkanitler ve Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluşmaktadır (Arık, 1980).



Şekil 3.1 1/1000 ölçekli haritalardan 1/5000 ölçeğine küçültülerek hazırlanmış genel jeoloji haritası (Kıncal, 2005).

3.1.2 Stratigrafi

Çalışma alanında yer alan kaya birimleri Bornova Karmaşığı, Yamanlar Volkanitleri ve Gölsel Tortullar olmak üzere üç ana grupta toplanabilir (Kıncal, 2005).

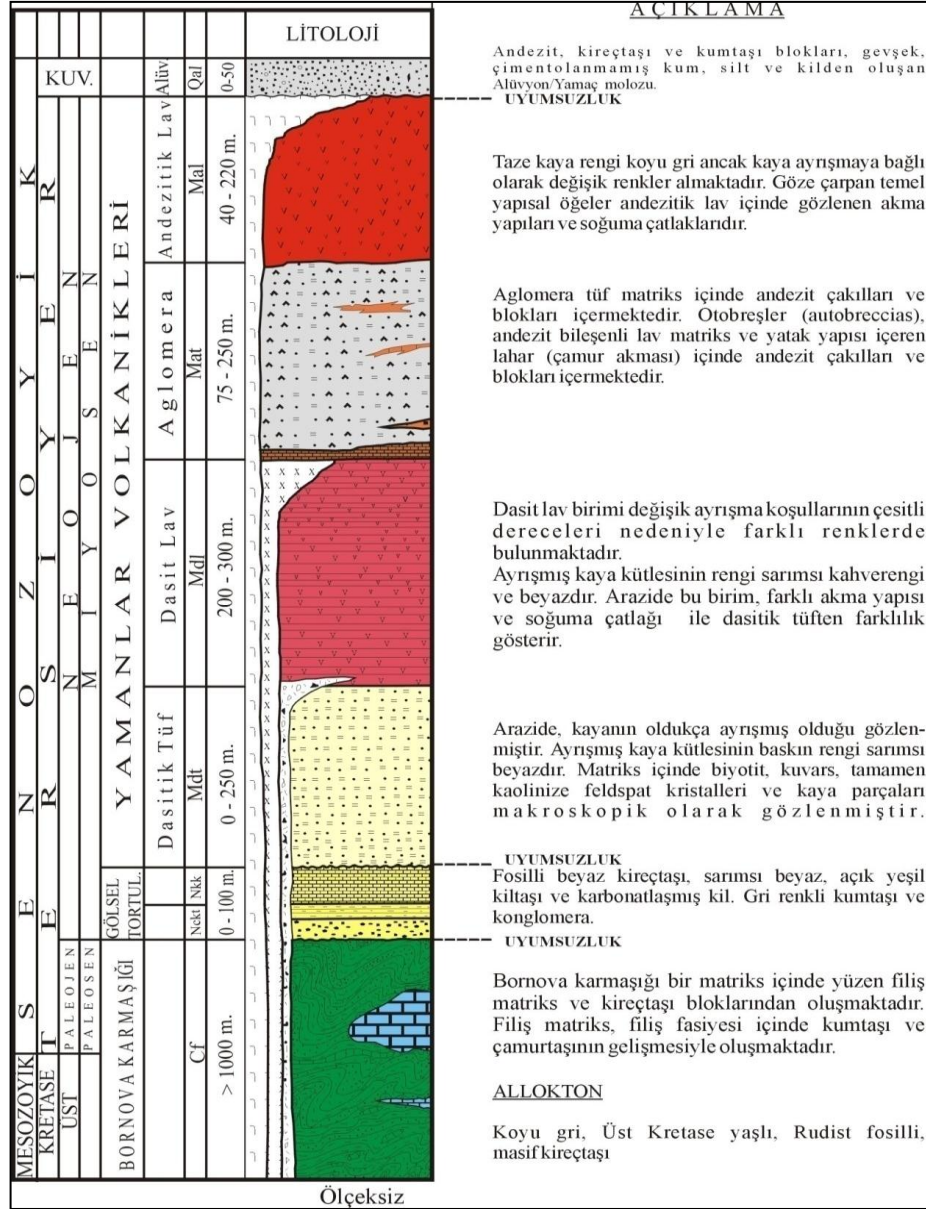
Batı Anadolu'da ve Ege Denizi çevresinde Alpin orojenik hareketlere bağlı olarak, özellikle Üst Miyosen içinde, kalk-alkali kimyasında Andezit, Dasit, Riyolit volkanizmasının varlığı saptanmaktadır (İzdar, 1975).

Bölgede geniş bir yayılım sunan Yamanlar Volkanitleri Neojen yaşlı olup andezitik-dasitik masif lav, tuf, otobreşik andezit ve aglomera gibi volkanik ürün ve türevlerini içerirler (Savaşın, 1974; İzdar, 1975; Türk ve Koca, 1994; Koca, 1999; Akay, 2000; Kıncal, 2005).

Andezitler genelde İzmir yöresinde Neojen tortul istifin üzerine uyumsuz olarak gelirler. Körfezin kuzeyinde geniş andezit yüzleklerine rastlanırken, güneyinde ise yoğun yerleşim nedeniyle örtülü durumdadır. Andezitlerde, derinliği 1.5-2 m'ye ulaşan yüzeysel bozunmanın yanısıra, makaslama çatlakları akma bantları ve soğuma yüzeyleri boyunca killeşmeler gelişmiştir (Koca, 1995).

Andezit bileşimli lavlar baskın olarak siyahımsı ve kırmızımsı kahve renkli, yer yer yeşil renkte gözlenirler. Belirgin olarak akma bant yapıları ve birbirine dik iki yönde gelişmiş soğuma çatlak takımlarını içerirler (Kıncal, 2005).

Andezit lavları makroskobik olarak mikrokristalin bir hamur içerisinde iri plajiyoklaz ve biotit kristallerinin hemen gözlenebildiği bir yapıdadır. Orta ve oldukça ayrılmış andezitlerde feldispatlar ayrışarak, beyaz bir renk almış ve kile dönüşmüştür. Bu haliyle kristallerin yüzey alanları büyümüş ve kayaç benekli bir doku kazanmıştır (Kıncal, 2005).



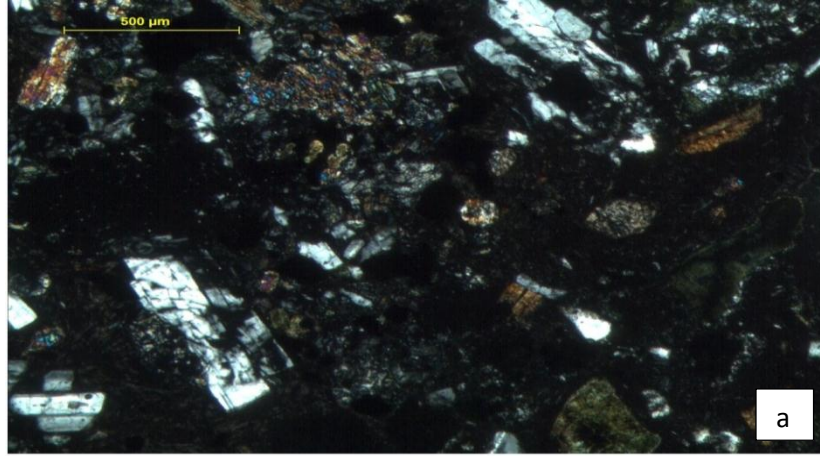
Şekil 3.2 İzmir içi çevresinin geliştirilmiş litostratigrafik kolon kesiti (Koca, 1995'ten değiştirilerek; Kınca, 2005).

BÖLÜM DÖRT

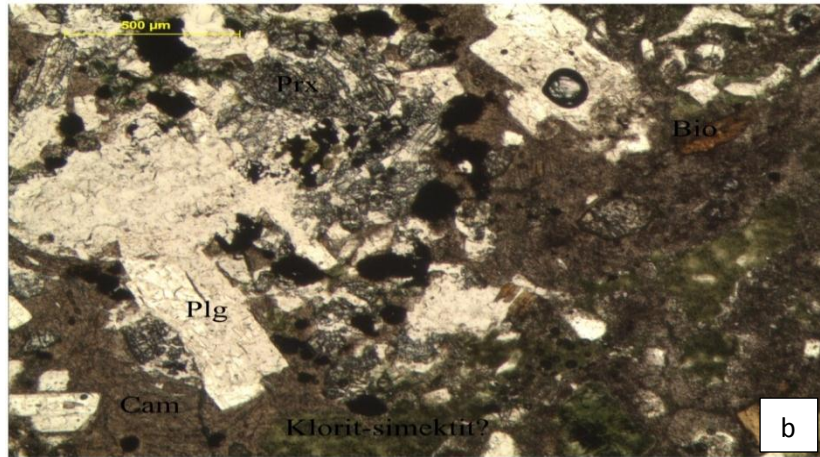
MİNEROLOJİK ÖZELLİKLER

Grimsi yeşil ayrıışmış koyu yeşil taze yüzey rengine sahip olan Buca yeşil andezitinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, Buca yeşil andezit ocağından alınan blok numunelerden ince kesitler yapılmış ve bu kesitler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiştir.

Bu çalışmada yeşil andezitin mineralojik bileşimi ile kristal ve matriks ilişkileri, kristal ve matriks deformasyonu gibi petrografik özellikleri incelenmiştir.



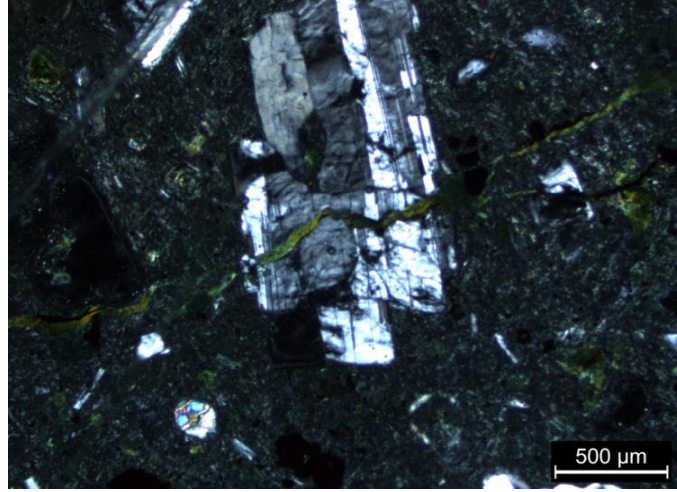
(+Nikol)



(//Nikol)

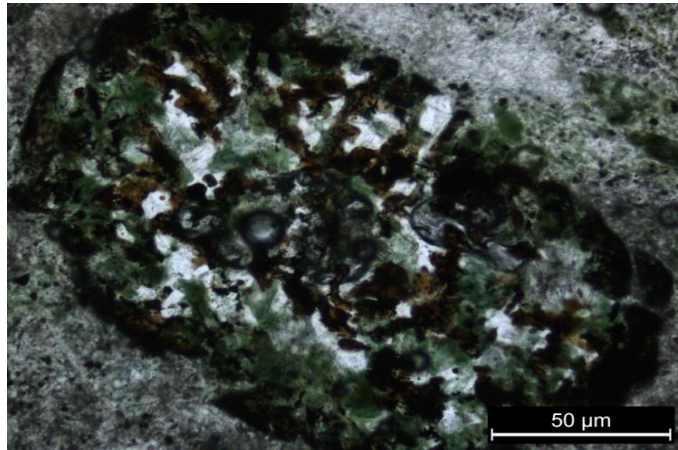
Şekil 4.1 Buca yeşil andezitinin polarizan mikroskop haç nikol (a) ve paralel nikol (b) görünümü.

Hipokristalen dokudaki kayacın içerdği temel mineraller plajyoklas, biyotit ve piroksendir. Kayacın dokusu ise hipokristalendir. Fenokristaller genel olarak özşekillerini korumaktadır (Şekil 4.2-4.3).

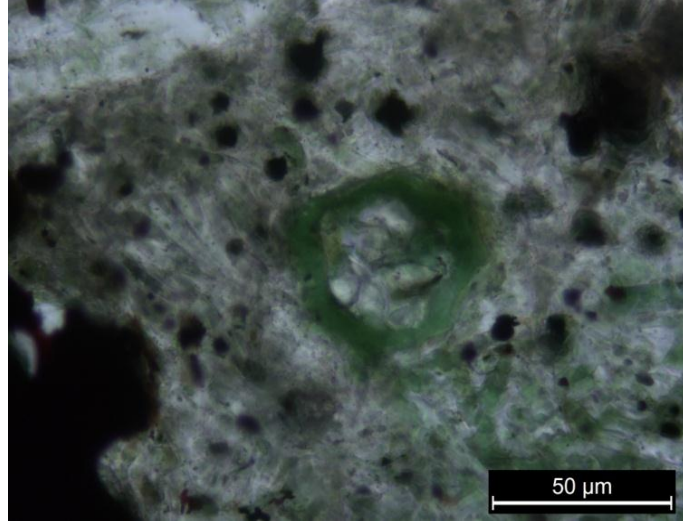


Şekil 4.2 Buca yeşil andezitin içerdği Plajyoklas mineralinin polarizan mikroskop altındaki görünümü.

Şekil 4.2' den de anlaşılacağı gibi plajyoklas mineralinde herhangi bir bozunma görülmemektedir. Fakat kayacın dokusunda hem plajyoklas kristalini hem de matriksi kesen çatlaklar olduğu görülmektedir. Çatlak dolgusunun da kloritleşerek yeşil bir renk aldığı görülmektedir (Şekil4.2).



Şekil 4.3 Buca yeşil andezitinin içerdği Biyotit mineralinin polarizan mikroskop altındaki görünümü.



Şekil 4.4 Buca yeşil andezitinin içerdiği klinopiroksenin polarizan mikroskop altındaki görünümü.

Kayacın içerdiği 8 köşeli klinopiroksen mineralleri kloritleşerek yeşil renge dönmüştür. Genel olarak matriksinin de kloritleşme sonucu yeşil renk aldığı saptanmıştır. Sonuç olarak Buca yeşil andezitlerinin yeşil renginin kloritleşmenin ürünü olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.4).

BÖLÜM BEŞ

KİMYASAL ÖZELLİKLER

Yeşil andezitlerin kimyasal analizleri ACME Analytical Laboratories LTD, Kanada' da yaptırılmıştır. Analizlerde kayacın ana ve iz elementleri belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 5.1 ve 5.2' de verilmiştir (Ek 1, Ek2).

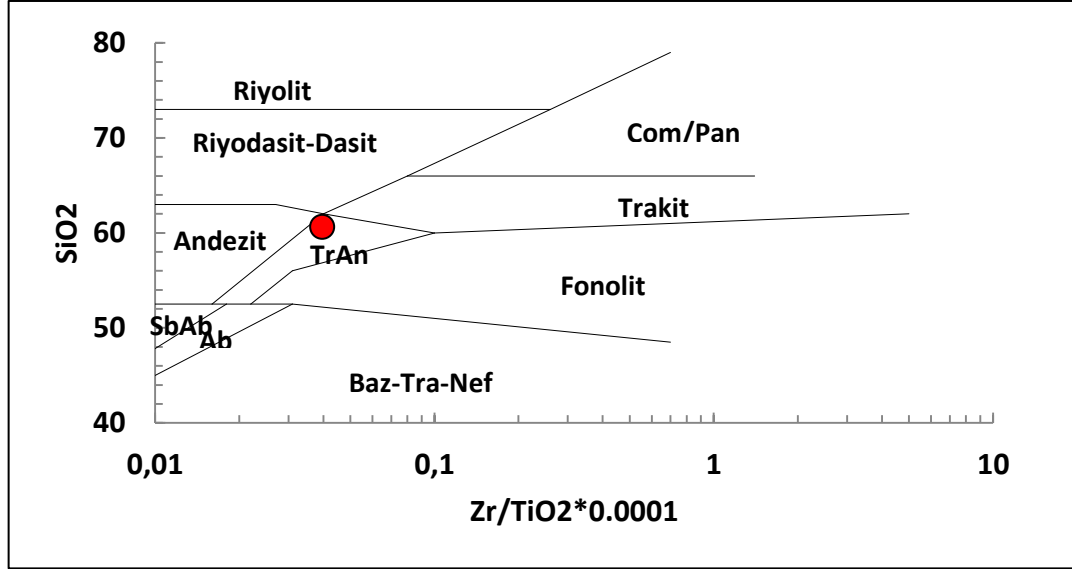
Tablo 5.1 Buca yeşil andezitinin içerdiği ana elementler.

Element	%
SiO ₂	60,62
Al ₂ O ₃	14,26
Fe ₂ O ₃	5,53
MgO	1,86
CaO	5,46
Na ₂ O	2,61
K ₂ O	4,14
TiO ₂	0,60
P ₂ O ₅	0,38
MnO	0,43
Cr ₂ O ₃	0,02
Kızdırma Kaybı (%)	3,8
Toplam (%)	99,74

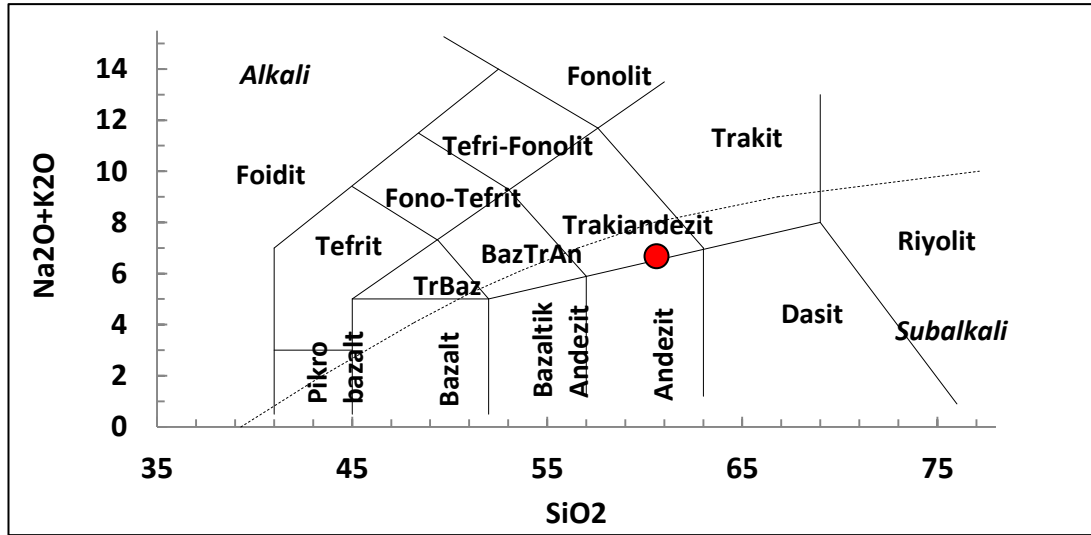
Tablo 5.2 Buca yeşil andezitinin içerdiği iz elementler.

Elementler	ppm	Elementler	ppm	Elementler	ppm
Ba	871	Zr	238,1	Mo	0,4
Be	3	Y	35,5	Cu	24,3
Co	14,4	La	42,3	Pb	3,9
Cs	8,6	Ce	87	Zn	47
Ga	17,7	Pr	9,93	Ni	30,7
Hf	6,6	Nd	36,8	As	14,2
Nb	11,8	Sm	7,25	Cd	<0,1
Rb	144,2	Eu	1,31	Sb	0,9
Sn	3	Gd	6,19	Bi	<0,1
Sr	456,1	Tb	0,97	Ag	<0,1
Ta	0,9	Dy	5,57	Au	32,9
Th	21,8	Ho	1,16	Hg	<0,01
U	4,9	Er	3,43	Ti	0,04
V	114	Tm	0,57	Se	<0,5
W	0,9	Yb	0,57	Lu	3,86

Tablo 5.1 ve 5.2’ de verilen değerler Le Bas ve diğerleri (1986), Miyashiro (1978) (Şekil 5.1) ve Winchester ve Floyd (1977) (Şekil 5.2) tarafından önerilen ve aşağıda verilen diyagramlarda yerine koyulmuş ve her iki diyagrama göre kayacın trakiandezit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.1 Le Bas ve diğ., 1986; Subalkali – alkali sınırı Miyashiro, 1978



Şekil 5.2 Winchester ve Floyd, 1977.

BÖLÜM ALTI

FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER

6.1 Giriş

Çalışmanın bu bölümünde Buca yeşil andezitinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile durabilitesinin saptanması amacıyla, bir dizi laboratuvar deneyi yapılmıştır.

Yeşil andezitlerin geçmiş dönemde üretildikleri İzmir İli Buca ilçesinde yer alan taş ocağından alınan kaya blokları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı' na getirilmiş ve bu kaya bloklarından deneylerde kullanılmak üzere, uygun boyutlarda küp ve silindirik kaya numuneleri elde edilmiştir. Bu numuneler üzerinde laboratuvar ortamında yapılan çeşitli deneylerle, Buca yeşil andezitlerinin kuru ve suya doygun birim hacim ağırlık, su emdirme ve cıvalı porozimetre yöntemi ile görünür porozite, toplam porozite, özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, boşluk oranı, su emme kapasitesi ve ultrasonik ses iletkenlik hızı gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra kuru ve doygun tek eksenli basınç direnci, darbe dayanımı, nokta yükleme indeksi, Böhme yüzeysel aşınma kaybı, disk aşınma kaybı, mikro deval ve Los Angeles darbeli aşınma kaybı ve Shore sertliği gibi mekanik özellikleri saptanmıştır.

Buca yeşil andezitinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlendikten sonra, çevresel aşındırıcı etkiler karşısında fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla yeşil andezit numuneleri ıslanma-kuruma, donma-çözünme, tuz (NaSO_4 ve MgSO_4) kristallenmesi gibi hızlandırılmış ayrıştırma deneylerine tabi tutulmuştur. Deney esnasında belirli periyotlarda numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri tekrar ölçülmüş ve taze örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleriyle karşılaştırılmıştır.

6.2 Fiziksel Özellikler

Terkedilmiş tarihi yeşil andezit ocağından alınan kaya bloklarından Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekanikliği Laboratuvarı'nda boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki 35 adet silindirik şekilli kaya numunesi elde edilmiştir.

Yeşil andezitin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kaya numuneleri üzerinde yapılan deneyler ve uyulan standartlar Tablo 6.1' de verilmiştir.

Tablo 6.1 Andezit numunelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar.

Deney Adı	Kullanılan Standart
Kuru Birim Hacim Ağırlık	TS 699 (2009)
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık	TS 699 (2009)
Özgül Ağırlık	TS 699 (1987)
Görünür (Etkin) Porozite (Su Emdirme Yöntemi ile)	TS 1936
Görünür (Etkin) Porozite (Cıvalı Porozimetre Yöntemi ile)	ASTM D 4404
Toplam Porozite	TS 1936
Boşluk Oranı	TS 699 (2009)
Ağırlıkça Su Emme	TS 699 (2009)
Kütlece Doygunluk Katsayısı	TS 699 (2009)
Ses Hızı İletkenliği	TS EN 14579

6.2.1 Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık, kayacın tane birim hacim ağırlığının +4⁰C' deki saf suyun birim hacim ağırlığına oranıdır. Deney, TS 699 standardına uygun olarak 0,063 mm boyutuna getirilmiş toz numuneler üzerinde piknometre yardımıyla yapılır. Deney

sonrasında numunenin özgül ağırlığı aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 1, Tablo 6.2).

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_4)} \dots \dots \dots (1)$$

G_s : Özgül ağırlık.

W_1 : Piknometrenin ağırlığı (gr)

W_2 : Piknometre + numunenin ağırlığı (gr)

W_3 : Piknometre + numune + suyun ağırlığı (gr)

W_4 : Piknometre + suyun ağırlığı (gr)

Tablo 6.2 Yeşil andezitin özgül ağırlığı.

Deney	N	Özgül Ağırlık
Buca yeşil andeziti	1	2,82

N: Deneyde kullanılan numune sayısı



Şekil 6.1 Özgül ağırlık deneyinde kullanılan piknometre ve vakum cihazı.

6.2.2 Porozite

Porozite, kayaların en önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Porozite, görünür (etkin) ve toplam porozite olmak üzere ikiye ayrılır. Görünür porozite, kayacın içerisindeki birbiri ile bağlantılı olan gözeneklerin oluşturduğu boşluk hacminin, toplam kaya hacmine oranı olarak ifade edilir. Toplam porozite ise kayaç içerisinde yer alan birbirleriyle ilişkili ve ilişkisiz tüm gözeneklerin toplam hacminin, toplam kaya hacmine bölünmesi ile bulunur. Kayaçların yapı taşı olarak kullanılmasında önemli bir parametre olan porozite, yine bu kayaçların durabilitelerinde de belirleyici rol oynamaktadır. Görünür porozitesi yüksek olan bir kayacın, ağırlıkça su emmesi de yüksek olacaktır. Kayaçların durabilitelerinde görünür porozite, toplam poroziteye oranla daha etkin bir rol oynamaktadır. Doğal taşların yüksek veya düşük durabiliteli olması bir bakıma görünür porozitesinin yüksek veya düşük olması ile ilgilidir. Örneğin görünür porozitesi yüksek olan bir kayaç dış ortamda bünyesine daha fazla su alarak donma-çözünme, ıslanma-kuruma gibi doğal koşullardan, düşük poroziteli bir kayaca göre daha fazla etkilenip, daha çabuk bozunmaya uğrayacaktır (Erdoğan ve Yavuz 2004).

6.2.2.1 Görünür (Etkin)Porozite

Kayaçların görünür porozitesi su emdirme, cıvalı porozimetre ya da helyum porozimetresi kullanılarak hesaplanabilir. Bu çalışmada Buca yeşil andezitinin görünür porozitesi cıvalı porozimetre ve su emdirme yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Cıvalı porozimetre ölçümleri ODTÜ Merkez Laboratuvarı' nda (Ankara) yapılmıştır.

Buca yeşil andezitinin TS 1936' ya uygun olarak su emdirme yöntemi ile elde edilen görünür porozitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$\%n = \frac{W_d - W_k}{W_d - W_{ds}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

n: Porozite (%)

W_k: Kuru ağırlık (gr).

W_d : Suya doymun ağırlık (gr).

W_{ds} : Su içinde doymun ağırlık (gr).

V_T : Toplam hacim (cm^3)

Kayacın toplam hacmi Arşimet sehпасı kullanılarak belirlenmiştir (Eşitlik 3).

$$V_T = W_d - W_{ds} \dots \dots \dots (3)$$

Tablo 6.3 Buca yeşil andezitinin cıvalı porozimetre ve su emdirme yöntemleriyle belirlenen görünür (etkin) porozite değerleri

Kayaç Türü	Görünür Porozite				
		N	Su emdirme Yöntemi (%)	N	Cıvalı Porozimetre Yöntemi (μm)
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	35	4,90	1	% 5,54
	Standart Sapma(\pm)		1,50		

N: Deneyde kullanılan numune sayısı

Tablo 6.4 Kayaçların görünür porozitelerine göre sınıflandırılmaları IAEG (Anon, 1979)

Kaya Sınıfı	Görünür porozite (%)
Çok Düşük	≤ 1
Düşük	1-5
Orta	5-15
Yüksek	15-30
Çok Yüksek	≥ 30

Tablo 6.3' te görüldüğü üzere Buca yeşil andezitlerinin su emdirme yöntemiyle hesaplanan görünür porozitesinin % 4,90, cıvalı porozite ile hesaplanan görünür porozitesinin ise % 5,54 olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3, Ek 3).

Anon (1979) sınıflandırmasına göre, Buca yeşil andezitinin ' orta ' poroziteli kaya sınıfına girdiği görülmektedir (Tablo 6.4).

6.2.2.2 Toplam Porozite

Buca yeşil andezitinin toplam porozitesi aşağıda verilen eşitlik(4) yardımıyla saptanmış ve sonuçlar Tablo 6.5 de verilmiştir.

$$n = (1 - (\gamma'k / G_s)) \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

n: Toplam porozite (%)

$\gamma'k$: Kuru birim hacim ağırlık (gr/ cm³)

G_s: Özgül ağırlık

Tablo 6.5 Yeşil andezitin toplam porozite değeri.

Deney Adı	Toplam Porozite (%)
Buca Yeşil Andeziti	17,8

6.2.3 Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlığı, kayacın içindeki boşluk, çatlak ve burada yer alan su miktarlarına göre değişik değerler alırlar. Birim hacim ağırlığı, numunenin ağırlığının toplam kaya hacmine bölünmesi ile bulunur. Su ve hava tarafından doldurulan hacim “boşluk hacmi” olarak ifade edilir (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Kayaçların doğada buldukları haldeki birim hacim ağırlıklarına “doğal birim hacim ağırlığı”, bütün boşlukların su ile dolması halindeki birim hacim ağırlıklarına “doymuş birim hacim ağırlığı” ve boşluklu kısımların hava ile dolu olması durumundaki birim hacim ağırlıklarına ise “kuru birim hacim ağırlığı” denir (Erdoğan ve Yavuz, 2004). Birim hacim ağırlık, kayaçların fiziksel özellikleri içerisinde önem arz eden bir parametredir.

Birim hacim ağırlık, doğal taşların durabiliteleri ve dayanıklılıkları açısından da incelenen fiziksel özelliklerdendir. Zira yüksek birim hacim ağırlığına sahip kayaçlar genellikle düşük poroziteye sahiptir ve düşük su emme kapasitesiyle, genellikle yüksek durabiliteli ve dayanımlı kaya grupları arasında yer alırlar (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Buca yeşil andezitlerinin kuru ve suya doymuş birim hacim ağırlıkları aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunmuştur.

$$\gamma'k = \frac{W_k}{V_T} \dots \dots \dots (5)$$

$$\gamma'd = \frac{Wd}{V_T} \dots\dots\dots(6)$$

$\gamma'k$: Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm³)

$\gamma'd$: Doygun birim hacim ağırlık (gr/cm³)

Wk: Kuru ağırlık (gr)

Wd: Doygun ağırlık (gr)

V_T : Toplam hacim (cm³)

Tablo 6.6 Buca yeşil andezitlerinin kuru ve suya doymun birim hacim ağırlıkları

Kaya Türü		N	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	35	2,32	2,37
	Standart Sapma (±)		0,08	0,084

N: Deneyde kullanılan numune sayısı

Tablo 6.7 Kayaçların kuru birim hacim ağırlığına göre sınıflamaları IAEG (Anon, 1979a)

Kaya Sınıfı	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
Çok Düşük	< 1,8
Düşük	1,8-2,2
Orta	2,2-2,55
Yüksek	2,55-2,75
Çok Yüksek	>2,75

Tablo 6.8 Kaplama taşı olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	>2,55

Tablo 6.9 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	>2,55

Tablo 6.10 Andezitlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 10835)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	>2,55

Buca yeşil andeziti üzerinde TS 699' a uygun olarak yapılan deneyler sonucunda kuru birim hacim ağırlığı $2,32 \pm 0,08 \text{ gr/cm}^3$, suya doymun birim hacim ağırlığı ise $2,37 \pm 0,08 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir (Tablo 6.6).

Anon, 1979a ' ya göre Buca yeşil andeziti kuru ve doymun birim hacim ağırlığı değeri açısından 'orta birim hacim ağırlığına sahip' kaya sınıfına girmektedir (Tablo 6.7). TS 1910, TS 2513 ve TS 10835 ' e göre Buca yeşil andezitinin birim hacim ağırlığı kayaların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilirliği açısından sahip olmaları gereken sınır değerlerin altında kalmıştır (Tablo 6.8-6.10).

6.2.4 Ağırlıkça Su Emme

Ağırlıkça su emme, TS 13755' e göre kayacın su emme kapasitesini belirtir ve kayacın emdiği su ağırlığının kayacın kuru ağırlığına oranının yüzdesel olarak ifadesidir. Ağırlıkça su emme, diğer fiziksel özellikler gibi kayacın durabilitesi açısından ciddi bir önem arz etmektedir. Kayacın ağırlıkça su emmesi standartlarda belirtilen değerlerin üzerinde ise kayaç düşük durabilitelidir ve doğal çevre koşullarından fazlasıyla etkilenecek kısa sürede bozunur (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Buca yeşil andezitinin ağırlıkça su emme değerleri aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 7).

$$Aw = \frac{(Wd - Wk)}{Wk} \times 100 \dots \dots \dots (7)$$

Aw: Ağırlıkça su emme (%).

Wk: Kuru ağırlık (gr).

W: Doymun ağırlık (gr).

Tablo 6.11 Buca yeşil andezitinin ağırlıkça su emme değeri

Kayaç Türü		N	Ağırlıkça Su Emme (%)
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	35	2,12
	Standart Sapma (\pm)		0,66

N: Deneyde Kullanılan Numune Sayısı

Buca yeşil andeziti üzerinde TS 699'a uygun olarak yapılan deneyler sonucunda yeşil andezitin ortalama ağırlıkça su emme değerinin % 2,12 olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.11, Ek 3).

Tablo 6.12 Kaplama olarak kullanılan doğal taşların sahip olmaları gereken sınır ağırlıkça su emme değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	<0,75

Tablo 6.13 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken sınır ağırlıkça su emme değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	< 1,80

Tablo 6.14 Andezitlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken ağırlıkça su emme sınır değeri (TS 10835)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	<0,7

Yeşil andezitlerin ağırlıkça su emme değerinin TS 1910, TS 2513 ve TS 10835' de belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.12, 6.13, 6.14).

6.2.5 Boşluk Oranı

Boşluk oranı, kayaçların içerdiği boşluk hacminin, katı kısmının hacmine oranının yüzdesel ifadesidir. Kayaçlara su emdirme yöntemiyle hesaplanan boşluk oranı, görünür porozitede olduğu gibi kayacın birbirleriyle ilişkili boşluk hacmini saptamakta kullanılmaktadır (TS 699). Buca yeşil andezitinin boşluk oranı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8).

$$e = \frac{Wd - Wk}{V_T - (Wd - Wk)} \times 100 \dots \dots \dots (8)$$

e: Boşluk oranı (%)

Wk: Kuru ağırlık (gr).

Wd: Doygun ağırlık (gr).

V_T: Toplam hacim (cm³)

Tablo 6.15 Buca yeşil andezitinin boşluk oranı değerleri

Kayaç Türü		N	Boşluk Oranı (%)
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	35	5,18
	Standart Sapma (\pm)		1,65

N: Deneyde Kullanılan Numune Sayısı

Uygulanan deneyler sonucunda Buca yeşil andezitinin boşluk oranı % 5,18 olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.15, Ek 3).

6.2.6 Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği

Ultrasonik ses hızı tayini deneyi, kayaç numunelerinin içerisinden geçirilen makaslama (S) ve sıkışma (P) dalgalarının yayılma hızlarından yararlanılarak kayaç malzemesinin dinamik Young modülü ile dinamik Poisson oranının tayini amacıyla yapılır. Bu deney için kullanılan yöntem homojen, izotrop veya çok az anizotrop kayaçlarda uygulanabilir. Kayaçların deney sonucunda belirlenen elastik sabitleri, laboratuvarında yapılan statik yöntemlerle veya arazide uygulanan tekniklerden elde edilen sonuçlarla çoğunlukla uyuşmaz ve genellikle daha yüksektir (Ulusay, 2005).

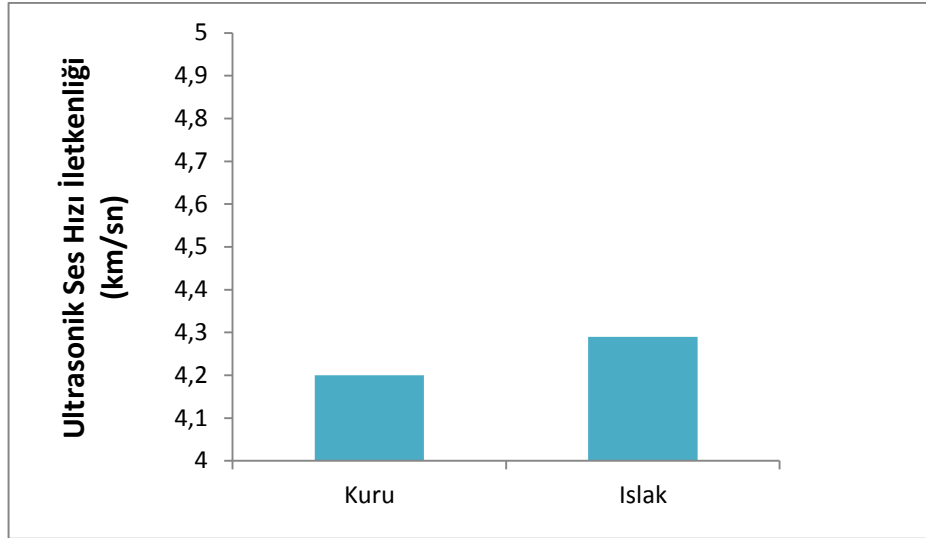
Ses, homojen kayaçlarda belirli bir hızda ilerlerken kayaçların içerisinde olması muhtemel süreksizliklere rastlayınca hızı azalır. Bu sebeple ses hızı ölçümüyle kayaç içindeki çatlak yoğunluğu, çatlakların sıklığı ve bunların kayaçta oluşturdukları ikincil gözeneklilik hakkında genel bir bilgiye ulaşılabılır (Davis 1972).

Bu çalışmada Buca yeşil andeziti numuneleri üzerinde ultrasonik ses hızı ölçümleri PUNDIT Plus aleti yardımıyla (V_p) suya doymun ve kuru koşullarda yapılmış ve sonuçlar Tablo 5.15 ve Şekil 6.2 'de verilmiştir.

Tablo 6.16 Buca yeşil andeziti numunelerinin ultrasonik ses iletkenliğini değerleri.

Kaya Türü		N	Ultrasonik Ses İletkenliği Hızı (km/sn)	
			Kuru	Suya Doymun
Yeşil Andezit	Ortalama	35	4,20	4,29
	Standart Sapma (\pm)		0,23	0,24

N: Numune Sayısı.



Şekil 6.2 Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymuş koşullardaki ultrasonik ses hızı iletkenliği grafiği.

Buca yeşil andezitinin ses hızı iletkenliği kuru numunelerde $4,20 \pm 0,23$ km/sn, suya doymuş numunelerde ise $4,29 \pm 0,24$ km/sn olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.16 Ek 18).

6.3 Mekanik Özellikler

Kayaçların, çeşitli gerilmeler altında davranışlarını belirleyen mekanik özellikleri vardır. Gerek temel, gerek malzeme olarak kullanılacak kayaçların mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarlarda ve arazide çeşitli deneyler yapılmaktadır. Kayaçların kristallenme, çimentolanma, kompaksiyon, kenetlenme derecelerine, içerdikleri süreksizlik yoğunluğuna ve ayrışma derecelerine bağlı olarak, mekanik özelliklerinin büyük ölçüde değiştiği bilinmektedir (Erguvanlı, 1982). Ayrıca kayacın doymuluk derecesi ve su muhtevası (içeriği) gibi fiziksel özellikleri de mekanik özelliklerini etkilemektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, Buca yeşil andezitinin bloklarından elde edilen küp, silindirik şekilli ve kırmataş numunelerinin, ilgili standartlara bağlı kalınarak kuru ve suya doymuş nokta yükü dayanım indeksi, suya doymuş ve kuru tek eksenli basınç direnci, Shore sertliği, Böhme yüzeysel aşınma kaybı, disk aşınma kaybı, darbe direnci, Slake durabilite indeksi, Los Angeles ve mikro deval darbeleri aşınma kaybı

gibi mekanik özellikleri saptanmıştır. Deneyleerde uygulanan standartlar Tablo 6.17' de verilmiştir.

Tablo 6.17 Buca yeşil andezitlerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler ve bu deneylerde uyulan standartlar.

Deney Adı	Uygulanan Standartlar
Tek Eksenli Basınç Direnci	TS EN 1926
Nokta Yüğü Dayanım İndeksi	ISRM 1985
Darbe Direnci	TS 699
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	TS 14157
Disk Aşındırma Dayanımı	TS EN 1341
Slake Durabilite İndeksi	ISRM 1981
Los Angeles Darbeli Aşınma Kaybı	TS EN 1097-1
Mikro Deval Darbeli Aşınma Kaybı	TS EN 1097-2
Shore Sertliğı	ISRM (1978)

6.3.1 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi

Tek eksenli basınç direnci, yapı taşı olarak kullanılacak doğal malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Tek eksenli basınç direnci, belli boyutlardaki kayaçların belli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dayanıklılıktır. Gevrek malzemelerde, tek eksenli basınç deneylerinde, numune alanında değışme olmadan kırılma meydana gelir. Daha sert nitelikteki kayaçlar ise tek eksenli basınç altında şekil değışikliğine uğrarlar. Kırılma yükü altında, kayma çatlakları meydana geldiğı anda, deney altındaki numunenin kesit alanı büyür. Bundan dolayı bu tür kayaçlarda tek eksenli basınç direnci, kırılma yükünün, kırılma anındaki alana oranı olarak tanımlanır. Basınç altındaki taşlarda meydana gelen kırılma tip ve şekilleri kayacın litolojik özelliğine, gerilme tipine, süresine, sıcaklığına, boşluk suyu basıncına vb. özelliklerine bağılı olarak farklılık gösterir (Erguvanlı, 1982).

Genel olarak tek eksenli basınç direnci, belli bir yük altındaki kayaçların dayanımları hakkında bilgi verir. Bu bilgiler ışığında kayaçlar dayanım derecelerine göre sınıflandırılır. Böylece yapı taşı olarak kullanılacak doğal malzemenin dayanımı önceden hesaplanarak kullanılacak yere olan uygunluğu tespit edilir. Kayaçların

gerilmeler altında kırılmaya karşı gösterdikleri direncin önceden belirlenmesi, bulunduğu alanda uzun dönem durabilitesi açısından son derece önemlidir (Erdoğan ve Yavuz 2004).



Şekil 6.3 200 ton kapasiteli tek eksenli basınç direnci deney aleti.

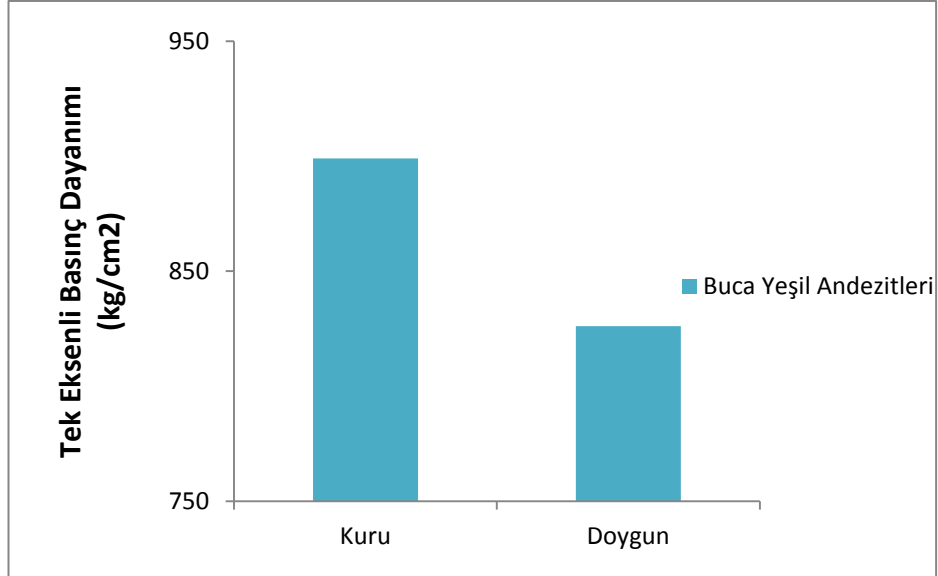
Buca yeşil andezitinin tek eksenli basınç direnci, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya mekaniği laboratuvarında, boy/çap oranı 2 olan çapı 54 mm silindirik şekilli numuneler üzerinde 200 Ton 'luk tam otomatik hidrolik pres (Şekil 6.3) kullanılarak TS EN 1926' ya uygun olarak yapılan deneylerle belirlenmiştir. Kuru ve suya doymun olmak üzere toplam 10 numune üzerinde tek eksenli basınç direnci deneyi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 6.18' de verilmiştir (Şekil 6.5).

Tablo 6.18 Buca yeşil andeziti tek eksenli basınç direnci değerleri.

Kaya Türü		N	Tek Eksenli Basınç Direnci (kgf/ cm ²)	
			Kuru	Doygun
BucaYeşil Andeziti	Ortalama	5	899,08	826,04
	Standart Sapma (±)		±197,21	±233,17

N: Deneyde kullanılan numune sayısı

Buca yeşil andeziti üzerinde uygulanan tek eksenli basınç deneyi sonucunda kuru numunelerinin ortalama tek eksenli basınç direnci $899,08 \text{ kgf/cm}^2$, suya doymun numunelerin ortalama tek eksenli basınç direncinin ise $826,04 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.4, Tablo 6.18, Ek 4).



Şekil 6.4 Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci değerleri.



Şekil 6.5 Tek eksenli basınç direnci deneyi sonucunda andezit numunelerinin kırılma şekilleri.

Buca yeşil andeziti üzerinde uygulanan tek eksenli basınç direnci deneyi sonucunda elde edilen direnç değerleri, Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre,

bu kayacın 'orta dirençli kaya' olduğunu göstermektedir (Tablo 6.18, Ek 4). Ayrıca Buca yeşil andezitinin tek eksenli basınç direnci TS 1910, TS 2513, TS 10835' te öngörülen sınır değerlerin üzerindedir (Tablo 6.20-6.22).

Tablo 6.19 Kayaçların tek eksenli basınç dirençlerine göre sınıflandırılması (Deere and Miller, 1996)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)
Çok Yüksek Dirençli Kaya	>2000
Yüksek Dirençli Kaya	2000-1000
Orta Dirençli Kaya	1000-500
Düşük Dirençli Kaya	500-250
Çok Düşük Dirençli Kaya	<250

Tablo 6.20 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değeri (kg/cm ²)
Tek Eksenli Basınç Direnci	>500

Tablo 6.21 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değeri (kg/cm ²)
Tek Eksenli Basınç Direnci	>500

Tablo 6.22 Andezitlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değerleri (TS 10835).

Mekanik Özellik	Sınır Değeri (kg/cm ²)
Tek Eksenli Basınç Direnci (Döşeme)	>1000
Tek Eksenli Basınç Direnci (Kaplama)	>600

6.3.2 Darbe Direnci

Darbe direnci, kayaçlar yapıtaşı olarak kullanılmadan önce belirlenmesi gereken önemli bir mekanik parametredir. Mühendislik yapılarında döşeme, kaplama taşı vb. yerlerde kullanılacak olan doğal taşların darbe direncinin öngörülen standartlarda olması gerekir. Kaldırabileceğinden fazla bir şiddette darbeye maruz kalan taş çatlar, kırılır hatta kullanılamaz hale gelebilir (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Buca yeşil andeziti üzerinde uygulanan darbe direnci deneyi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında, 4x4x4 cm boyutlarında 4 adet küp numune üzerinde ve TS 699 standartına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Darbe direnci aletinin görünümü.

$$D = n \times (n+1) \dots \dots \dots (9)$$

D: Darbe direnci (kgfcm/cm³).

n: Kırılmaya neden olan darbe sayısı.

Tablo 6.23 Buca yeşil andeziti darbe direnci deney sonuçları

Kayacın Türü	N	Darbe Sayısı (değişim aralığı)	Darbe Direnci (kgf cm/cm ³)	
			Ortalama	Standart Sapma (±)
Buca Yeşil Andeziti	5	6-8	56,5	12,26

N: Numune Sayısı

Buca yeşil andezitinin ortalama darbe direnci 56,5 kgf cm/cm³ olarak saptanmıştır (Eşitlik 9, Tablo 6.23). Ayrıca yeşil andezitin darbe direnci değeri TS 1910, TS 2513, TS 10835 standartlarında öngörülen sınır değer üzerinde (Tablo 6.24-6.26).

Tablo 6.24 Kaplama taşı olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken darbe direnci sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf cm/cm ³)
Kırılma Darbe Sayısı	>5

Tablo 6.25 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken darbe direnci sınır değeri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf cm/cm ³)	
	Kaplama	Döşeme
Darbe Direnci	>6	>12

Tablo 6.26 Andezitlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 10835).

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf cm/cm ³)	
	Kaplama	Döşeme
Darbe Direnci	>6	>10

6.3.3 Yüzeysel Aşınma Kaybı

Taban ve merdiven plakasında kullanılan doğal yapıtaşları, özellikle insan trafiğinin yoğun olduğu yerlerde, zaman içerisinde sürtünmenin etkisiyle aşınmaktadır. Bu alanlarda kullanılacak kayaçların aşınma kayıplarının önceden laboratuvar koşullarında belirlenmesi, uygun taş seçimine olanak sağlamaktadır (Erdoğan 1991). Doğal kayaçların sürtünme etkisiyle uğrayacakları aşınma kayıpları, laboratuvarında " Böhme Yüzeysel Aşınma Deneyi" ve " Disk Aşındırma Deneyi" yardımıyla bulunmaktadır.

6.3.3.1 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı

Böhme yüzeysel aşınma kaybı deneyi için gerekli olan 7x7x7 cm boyutlarındaki 3 adet numune Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında hazırlanmıştır. Deney TS 14157 ye uygun olarak yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 6.29' da verilmiştir (Şekil 6.7).

Tablo 6.27 Buca yeşil andezitinin Böhme yüzeysel aşınma kaybı değerleri

Kayacın Türü	N	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (cm ³ /50 cm ²)	
Buca Yeşil Andeziti	3	Ortalama	7,05
		Standart Sapma (±)	0,24

N: Kullanılan Numune Sayısı



Şekil 6.7 Böhme yüzeysel aşınma kaybı deney aletinin genel görünümü.

Deney sonucunda, Buca yeşil andezitinin Böhme yüzeysel aşınma kaybı değeri ortalama $7,05 \pm 0,24$ cm³ /50 cm² olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.27, Ek 6). Bu değer ışığında Buca yeşil andezitinin Böhme yüzeysel aşınma kaybı değerinin TS standartlarında belirtilen sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.28-6.30).

Tablo 6.28 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken yüzeysel aşınma kaybı sınır kaybı değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (cm ³ /50 cm ²)
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	< 15

Tablo 6.29 Kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken yüzeysel aşınma kaybı sınır değerleri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (cm ³ /50 cm ²)	
	Kaplama	Döşeme
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	< 15	< 10

Tablo 6.30 Andezitlerin yapı ve kaplama olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken yüzeysel aşınma değeri kaybı sınır değerleri (TS 10835)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (cm ³ /50 cm ²)
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (Döşeme)	<17
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (Kaplama)	<28

6.3.3.2 Disk Aşınma Kaybı

Aşındırılacak yüzeyi iyice parlatılmış ve temizlenmiş dikdörtgen prizma şeklindeki numune disk aşındırma aletinin yerleştirilir. Aşındırma silosu, rutubeti % 1'den daha fazla olmayan kuru aşındırma tozu ile doldurulur. Deney başlatılır ve aşındırma işlemi gerçekleşir. Deney sonlanınca döner diskin numune üzerinde aşınma sonucu oluşturduğu dikdörtgen şekilli aşınma kanalının 2 uzun kenarı arasındaki dik mesafe ölçülür. 10x10x3 cm boyutundaki dikdörtgenler prizması şeklindeki kaya numuneleri üzerinde TS EN 1341' e uygun olarak yapılan deneyde 3 adet kaya numunesi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6.31' de verilmiştir.

Tablo 6.31 Buca yeşil andezitinin disk aşınma kaybı değeri.

Kayaç Türü	N	Disk Aşınma Ortalaması	Standart Sapma
Buca Yeşil Andeziti	3	19,21	± 0,19

6.3.4 Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci

Brazilian indirekt çekme direnci deneyi boy çap oranı (L/R) 0,5 olan 54 mm çapındaki 10 adet numune üzerinde TS 7654' e uygun olarak yapılmıştır (Şekil 6.9). Kuru ve suya doygun numuneler üzerinde uygulanan deney verileri aşağıdaki eşitlik yardımı ile değerlendirilmiştir ve sonuçlar Tablo 6.32 ve Şekil 6.8' de verilmiştir.

$$B = \frac{2 \times P}{\pi \times R \times L} \dots\dots\dots(10)$$

B : Brazilian (İndirekt) çekme direnci (kgf/cm²)

P : Kırılma anında uygulanan maksimum yük (kg)

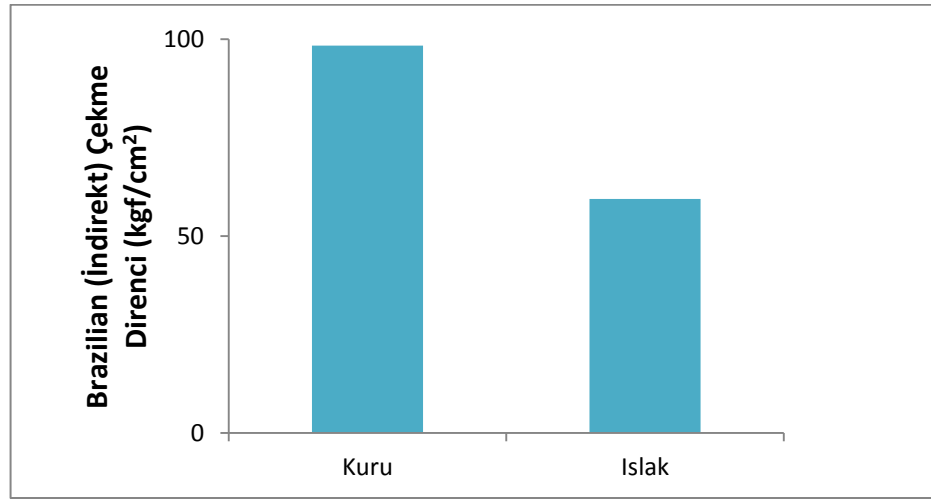
R : Numune çapı (cm)

L : Boy (cm)

Tablo 6.32 Buca yeşil andeziti Brazilian (İndirekt) çekme direnci.

Kayaç Türü		N	Brazilian İndirekt Çekme Direnci (kgf/cm ²)	
			Kuru	Doygun
Buca Yeşil Andezitleri	Ortalama	5	98,35	59,37
	Standart Sapma (±)		16,48	8,73

N: Numune sayısı.



Şekil 6.8 Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymuş haldeki Brazilian çekme direnci değişimi.



Şekil 6.9 Brazilian İndirekt çekme deneyini aletininin genel görünümü.

6.3.5 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi

Kayaçların dayanım özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan deneylerden biri de nokta yükleme dayanım indeksi deneyidir. Bu deney değişik şekillerdeki numuneler üzerinde uygulanabileceği gibi, silindirik kaya numunelerinin eksen doğrultusunda bir düzlem içinde, noktasal yükleme uygulanarak da yapılabilir. Uygulanan noktasal gerilme nedeniyle, kaya numunesi yükleme düzlemine dik doğrultuda oluşan çekme gerilmeleri altında kırılır (Erguvanlı, 1982).

Çeşitli kayalar üzerinde yapılan nokta yükleme dayanım indeksi deney sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda, nokta yükleme dayanım indeksleriyle kayaların basınç dirençleri arasında doğrusal bir bağlantı olduğu ortaya çıkmıştır (Erguvanlı, 1982).

Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında, boy/çap oranı 1 (çap 5.5 cm ve boy 5,5 cm) olan silindirik şekilli numuneler üzerinde ISRM (1984)'ye uygun olarak yapılmıştır (Şekil 6.11). Deney kuru ve suya doymun olmak üzere 10 adet numune üzerinde yapılmıştır (Tablo 6.33, Şekil 6.10).

Buca yeşil andezitinin nokta yükleme dayanım indeksi değerinin belirlenmesi amacıyla aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Eşitlik 10).

$$I_{50} = \frac{P}{De^2} \dots\dots\dots(10)$$

I_{50} : Nokta yükü dayanım indeksi (kgf/cm^2)

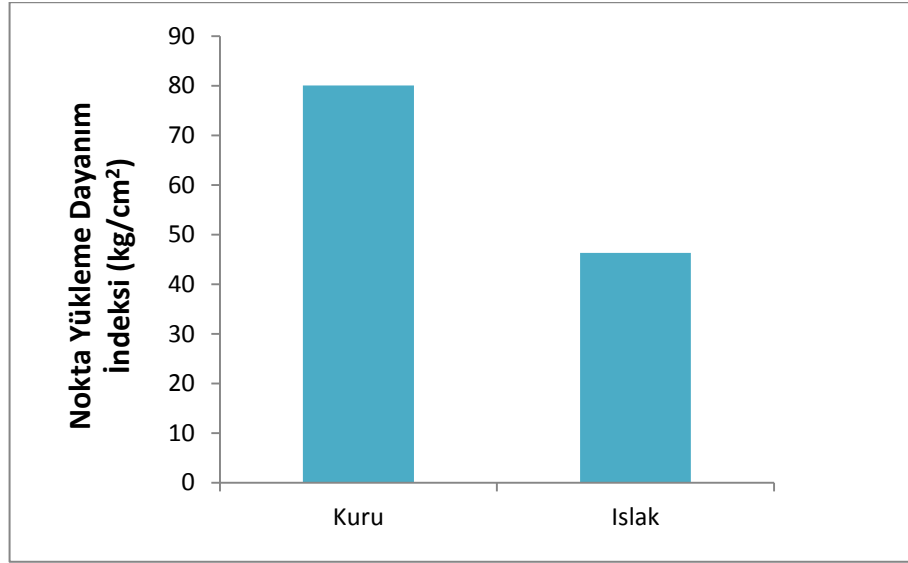
P: Kırılma Yüğü (kg)

De^2 : Eşdeğer çap (cm)

Tablo 6.33 Buca yeşil andezitinin nokta yükleme dayanım indeksi değeri

Kayaç Türü		N	Nokta Yükleme Dayanım İndeksi (I_{s50}) (kg/cm^2)	
			Kuru	Doygun
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	5	80,04	46,34
	Standart Sapma (\pm)		11,30	13,60

N: Deneyde kullanılan numune sayısı



Şekil 6.10 Buca yeşil andeziti kuru ve suya doymun haldeki nokta yükleme dayanım indeksi değışim grafiği.

Buca yeşil andezitinin nokta yükleme dayanım indeksi değerinin kuru numunelerde $80,04 \pm 11,30 \text{ kgf/cm}^2$ suya doymun numunelerde ise $46,36 \pm 13,60 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu saptanmıştır (Tablo 6.33, Ek 7).

Tablo 6.34 Kayaçların nokta yükleme dayanım indekslerine göre sınıflandırılmaları (Bieniawski, 1976)

Kaya sınıfı	Nokta Yükleme Dayanım İndeksi (kg/cm^2)
Çok Yüksek Dirençli Kaya	>80
Yüksek Dirençli Kaya	80-40
Orta Dirençli Kaya	40-20
Düşük Dirençli Kaya	20-10
Çok Düşük Dirençli Kaya	<10

Buca yeşil andeziti nokta yükleme dayanım indeksi değerleri açısından Bienawski, 1976 tarafından önerilen sınıflandırmaya göre, “Yüksek Dirençli Kaya” grubuna girmektedir (Tablo 6.34).



Şekil 6.11 Nokta yükleme dayanım aleti.

6.3.6 Shore Sertlik İndeksi

Shore Sertlik İndeksi deneyi, kayaların yüzeysel sertliklerinin belirlenmesinde sıkça kullanılan bir deneydir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen bu deneye Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı’nda ISRM (1978)’ye uygun olarak yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.35’ te verilmiştir (Şekil 6.12).

Shore Sertlik İndeksi deneyi, küçük çaplı ve sivri uçlu bir çekicinin, parlatılmış kayaç yüzeyine düşürüldükten sonra, sıçrama yüksekliğinin tespitine dayanan bir deneydir.

Shore sertliği deneyi, kayaların tek eksenli basınç dayanımı gibi zayıf kayaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılan bir yöntemdir. Deney tek eksenli basınç direnci deneylerinde yapılan hataları minimize etmek amacıyla kullanılması önerilen bir yöntemidir (Altındağ, Güney 2005).

Tablo 6.35 Buca yeşil andezitinin Shore sertlik indeksi

Kayaç Türü		N	Shore Sertlik İndeksi
Buca Yeşil Andeziti	Ortalama	50	75,44
	Standart Sapma (\pm)		2,38

N: Vuruş sayısı



Şekil 6.12 Shore sertlik indeksi deneyi aleti.

Buca yeşil andezitinin Shore sertliği $75,44 \pm 2,38$ olarak bulunmuştur (Tablo 6.35, Ek 9).

6.3.7 Los Angeles Darbeli Aşınma Kaybı

Beton ve asfalt agregası ile demir yolu balastı ve deniz dolgu malzemesi olarak kullanılacak kayaçların, darbeli aşınma direncini belirlemek amacıyla uygulanan deney Buca yeşil andezitlerine de uygulanmıştır (Şekil 6.14). Los Angeles deneyi için gerekli numuneler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Numune Hazırlama Laboratuvarında hazırlanmıştır. İki çevrim

olarak uygulanmış olan deneyde, her bir çevrim için tane büyüklüğü 10-14 mm arasında değişen 5000 gr. olmak üzere toplam 10000 gr. kırmataş kullanılmıştır. Tambura konan numune üzerine, çapı 45-49 mm arasında değişen 11 adet küresel bilya ilave edilmiştir. Bilyaların toplam yükü 4690gr ile 4890 gr arasında değişmektedir. Tambur sabit hızda 500 devir döndürülmüştür. Deney sonunda tamburdaki numuneler ve bilyalar birbirinden ayrılmıştır. Parçalanmış numuneler elenmiş ve eleme sonunda tane büyüklüğü 1,6 mm den fazla olan taneler dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır (Şekil 6.13)(TS EN 1097-1).

Buca yeşil andezitinin Los Angeles darbeli aşınma kaybı değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır ve sonuçlar Tablo 6.36' da verilmiştir (Eşitlik 11).

$$LA = (5000-m)/50 \dots \dots \dots (11)$$

LA: Los Angeles aşınma kaybı (%).

m: Tane büyüklüğü 1,6 mm'den büyük olan tanelerin kütlesi (gr).

Tablo 6.36 Buca yeşil andezitinin Los Angeles darbeli aşınma kaybı.

Kayaç Türü	Deney Öncesi Numune Ağırlığı (m)(gr.)	Deney Sonrası Numune Ağırlığı (m)(gr.)	LA (%)
Buca Yeşil Andeziti	5000	3661	26,78



Şekil 6.13 Los Angeles deneyi aletinin görünümü.

6.3.8 Mikro Deval Darbeli Aşınma Kaybı

Beton ve asfalt agregası ile demir yolu balastı ve deniz dolgu malzemesi olarak kullanılacak kayacın, darbeli aşınma direncini belirlemek amacıyla uygulanan bu deney Buca yeşil andezitine de uygulanmıştır (Şekil 6.14). Mikro Deval deneyi için gerekli numuneler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında hazırlanmıştır. Deney için tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında değişen, toplam 1000 gr. kırmataş elde edilmiştir. Elde edilen numuneler tamburlara eşit şekilde (500'er gr.) koyulmuş, üzerlerine 2,5 lt. su ilave edilmiş ve her tambura 5000 gr.'lık yük oluşturmak için çelik bilyalar ilave edilmiştir. Tamburlar iki adet mil üzerine yerleştirilmiş ve 12000 devir tamamlanıncaya kadar döndürülmüştür. Deney sonunda tamburdaki numuneler ve bilyalar birbirinden ayrılmıştır. Parçalanmış numuneler elenmiş ve eleme sonunda tane büyüklüğü 1,6 mm den fazla olan taneler dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplama yapılmıştır (TS EN 1097-2) (Eşitlik 12).

$$M_{DE} = (500 - m) / 5 \dots \dots \dots (12)$$

M_{DE} : Mikro Deval katsayısı.

m: Tane büyüklüğü 1,6 mm'den büyük olan tanelerin kütlesi.

Tablo 6.37 Buca yeşil andezitinin mikro deval darbeli aşınma kaybı.

Kayaç Türü	Deney Öncesi Numune Ağırlığı (m)(gr.)	Deney Sonrası Numune Ağırlığı (m)(gr.)	M_{DE}
Buca Yeşil Andeziti	500	404,085	19,08



Şekil 6.14 Mikro deval aşınma deneyi aletinin genel görünümü.

BÖLÜM YEDİ

ÜLKEMİZDE DEĞİŞİK BÖLGELERDE DOĞAL YAPITAŞI OLARAK KULLANILAN ANDEZİTLERİN MALZEME ÖZELLİKLERİ İLE BUCA YEŞİL ANDEZİTİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Andezitler İzmir ve çevresinde geniş bir yayılım sunmaktadır. Bu nedenle değişik renklerdeki andezitler İzmir ve çevresinde, geçmişten günümüze kadar doğal yapıtaşı olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bunun yanı sıra ülkemizde birçok yerde değişik renklerdeki andezitler doğal yapı taşı kaynağı olarak kullanılmış ve kullanılmaktadır.

Andezitlerin yaygın kullanımından dolayı kalitesi ve durabilitesi merak uyandırmış ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Tablo 7.1' de ülkemizin birçok yerinde doğal yapıtaşı olarak kullanılmış andezitler ile Buca yeşil andezitinin malzeme özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 7.1' den görüldüğü üzere Buca yeşil andezitinin görünür porozite ve ağırlıkça su emme değerleri, Koca ve Türk (1995)'ün çalışmasında, İzmir gri ve pembe andezitleri için verdiği değerlerden oldukça yüksek, Yavuz (2006)'un Ankara gri ve pembe andezitleri Özden ve Topal (2009) Bartın andezitleri için saptadığı değerlerden ise düşüktür.

Tablo 7.2' den görüldüğü üzere Buca yeşil andezitinin nokta yükleme dayanım indeksi, İzmir gri ve pembe andezitlerinden yüksektir (Koca ve Türk, 1995). Yeşil andezitin tek eksenli basınç dirençleri ve Brazilian indirekt çekme direnci Ankara gri ve pembe andezitleriyle yakın değerlerdeyken bu kayalarla ıslanma-kuruma, donma-çözünme ve tuz kristallenmesi deneyleri sonrası gelişen kütle kayıpları Buca yeşil andezitinden oldukça düşüktür (Yavuz, 2006).

Tablo 7. 1 Buca vesil andezitlerinin fiziksel özelliklerinin önceki çalışmalarda kullanılan değerler

Deney	Buca Yeşil Andeziti	İzmir Gri Andezit Koca ve Türk, (1995)	İzmir Pembe Andezit Koca ve Türk, (1995)	Ankara Gri Andezit Yavuz, (2006)	Ankara Kırmızı Andezit Yavuz, (2006)	Bartın Andezit Özden ve Topal, (2009)
Boşluk Oranı (%)	5,18	-	-	7,53	11,95	
Toplam Porozite(%)	17,8	0,98	2,38	-	-	
Görünür Porozite (Cıvalı Porozimetre Yöntemi ile) (%)	5,54	-	-	7,85	11,76	
Görünür Porozite (Su Emdirme Yöntemi ile) (%)	4,90	-	-	6,99	12,23	7,20
Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	2,32	2,48	2,40	2,33	2,17	2,30
Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	2,37	2,49	2,42	2,40	2,29	2,37
Ağırlıkça Su Emme (%)	2,12	0,40	1,01	2,99	5,63	2,70
Doygunluk Katsayısı	0,98	-	-	-	-	0,87
Ses Hızı İletkenliği (Kuru) (km/sn)	4,20	-	-	3,22	2,75	3,34
Islanma Kuruma Sonrası Kütle Kaybı (%)	1,28	-	-	0,14	0,46	6,79
Donma Çözünme Sonrası Kütle Kaybı (%)	2,28	-	-	0,22	0,70	7,95
Na ₂ SO ₄ Kristallanması Sonrası Kütle Kaybı(%)	2,31	-	-	0,34	1,39	-

Tablo 7. 2 Buca vesil andezitlerinin mekanik önceki çalışmalarda kullanılan andezitlerle karşılaştırılması.

Deney	Buca Yeşil Andeziti	Gri Andezit Koca ve Türk, (1995)	Pembe Andezit Koca ve Türk, (1995)	Gri Andezit Yavuz, (2006)	Kırmızı Andezit Yavuz, (2006)	Andezit Özden ve Topal, (2009)
Tek Eksenli Basınç Direnci (kuru) (kg f/cm ²)	899,08	-	-	102,6	61,13	-
Darbe Direnci (Kuru) (mm)	52	-	-	16,8	8,4	-
Nokta Yükleme Dayanım İndeksi (Kuru) (kg f/cm ²)	80,04	65,40	49,12	-	-	-
İndirekt Çekme Direnci (Kuru) (kg f/cm ²)	98,35	-	-	11,00	6,84	-
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (cm ³ /50cm ²)	7,05	-	-	11,89	10,35	-

BÖLÜM SEKİZ

DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ

8.1 Giriş

Durabilite, mühendislik projelerinde kullanılan doğal yapıtaşlarının maruz kaldığı değişik özelliklerdeki çevresel ve iklimsel ayrıştırıcı parametreler karşısında gösterdikleri direnç olarak tanımlanabilir. Bu çevresel ayrıştırıcı faktörler ıslanma-kuruma, donma-çözünme, ısınma-soğuma, tuz kristallenmesi ve biyolojik aktiviteler başta olmak üzere çok çeşitlilik gösterir. Bu faktörler zamanla kayacın ciddi şekilde bozunmasına ve nihayetinde kayacın kullanılamaz hale gelmesine sebep olur (Bell 1993, Siegesmund ve diğ. 2011, Sims 1991, Stück ve diğ. 2011, Reudrich ve diğ., 2011, Koralay ve diğ. 2011, Steinberger 2003, Topal ve Sözen 2003, Topal ve Doyuran 1997, Yavuz 2006).

Ocaklardan çıkarılan ve yapıtaşı olarak kullanılan kayalar yıllık ve günlük sıcaklık farklarından etkilenirler. Bu sıcaklık farkları kayalarda genleşme ve büzülme sebepleri olur ki bu da kayaç içerisinde farklı yönde ve farklı büyüklükte gerilmelere sebep olur. Sürekli tekrarlanan sıcaklık değişimleri kayalarda kılcal çatlakların oluşmasına ve zamanla kayaçta daha büyük deformasyon oluşmasına sebep olur (Küçükkaya 1995).

Kayaçların mimaride ve diğer yapı inşaatlarında kullanılmadan önce değişik çevresel ayrıştırıcı ortamlardaki davranışlarının belirlenmesi amacıyla, laboratuvar ortamında hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri yapılır. ıslanma- kuruma, donma çözünme ve Na_2SO_4 ve MgSO_4 tuz kristallenmesi deneyleri, bu amaçla yapılan öncelikli deneylerdir (Yavuz 2006, Topal ve Doyuran 1997, Topal ve Sözen 2003).

Kayaçların çevre koşulları altındaki davranışlarını yani durabilitelerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Su emme kapasitesi, gözenek boyu dağılımı, suya doygun ve kuru tek eksenli basınç direnç oranları, statik

durabilite indeksi ve slake durabilite indeksi bu yöntemlerden bazılarıdır (Topal ve Doyuran 1997).

Çalışmanın bu bölümünde Buca yeşil andezitinden alınan kaya bloklarından elde edilen numuneler üzerinde uygulanan ıslanma-kuruma, donma-çözülme, Na₂SO₄ ve MgSO₄ tuz kristallenmesi deneylerine yer verilmiştir. Uygulanan bu deneyler sonucunda Buca yeşil andezitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki değişiklikler ile deney sonrası kütle kayıpları hesaplanmıştır (Tablo 8.1-8.19, Şekil 8.1-8.13). Ayrıca kayacın durabilitesi, doygunluk katsayısı, gözenek boyu dağılımı, suya doygun-kuru tek eksenli basınç direnç oranı, Slake durabilite indeksi ve statik kaya durabilite indeksi yöntemleri ile ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 8.1).

8.2 Hızlandırılmış Ayırıştırma Deneyleri

8.2.1 Islanma-Kuruma Deneyi

Islanma kuruma deneyi doğal yapıtaşı olarak kullanılacak kayaçların durabilitelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir deneydir (Yavuz 2006, Topal ve Sözen 2003, Topal 2009, Rossi-Manaresi 1976, Knöfel ve diğ., 1987).

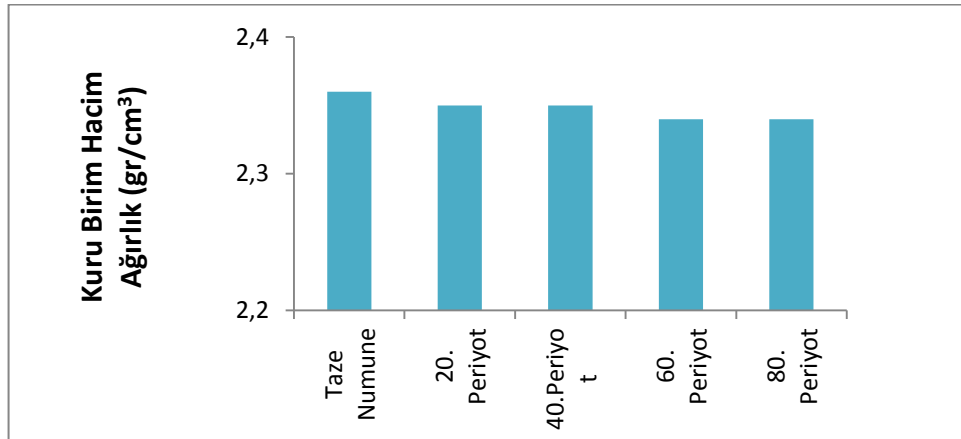
. Deney boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki silindirik şekilli numuneler üzerinde TS 699 uygun olarak yapılmıştır. 80 periyot sonunda tamamlanan deneyde her 20 periyotta bir numunelerin birim hacim ağırlığı, porozitesi, ağırlıkça su emmesi ve boşluk oranı gibi fiziksel özellikleri saptanmıştır (Şekil 8.7). Ayrıca numunelerin her 20 periyotta bir toplam kütle kayıpları ve 80 periyot sonunda da tek eksenli basınç direncindeki değişimler belirlenmiştir (Tablo 8.1-8.7, Şekil 8.1-8.6, Ek 10).

8.2.1.1 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler

Islanma-kuruma deneyine başlamadan önce bu deney için hazırlanmış olan numunelerin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve her bir 20 periyot sonrası numunelerin fiziksel özellikleri tekrar hesaplanarak deney öncesi özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 8.1 Buca yeşil andezitinin ıslanma kuruma deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlıkları

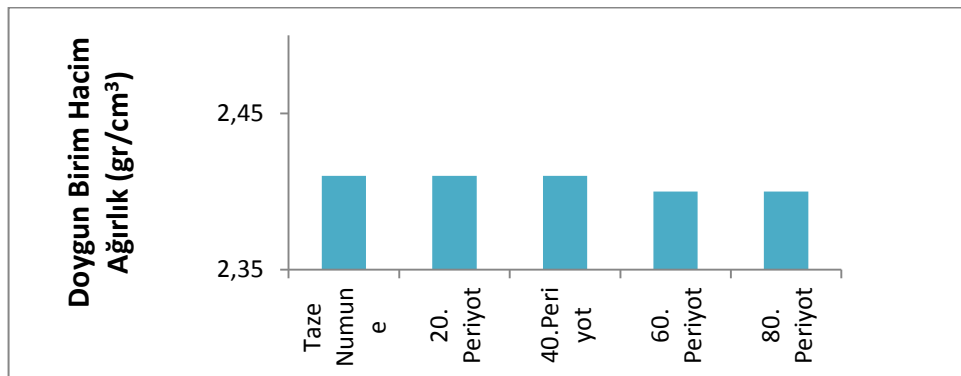
Kaya Türü	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)				
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu	80. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,36	2,35	2,35	2,34	2,34



Şekil 8.1 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi boyunca kuru birim hacim ağırlıklarındaki değişim grafiği.

Tablo 8.2 Buca yeşil andezitinin ıslanma kuruma deneyi öncesi ve sonrası doymuş birim hacim ağırlıkları.

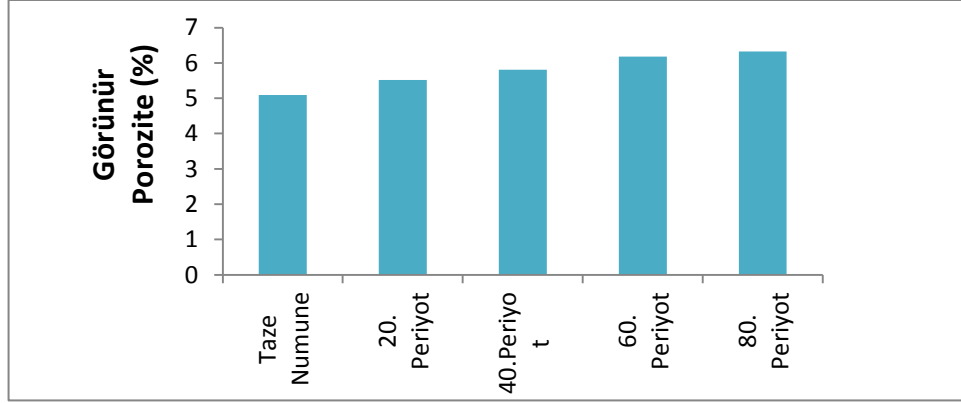
Kaya Türü	Doymuş Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)				
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu	80. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,41	2,41	2,41	2,40	2,40



Şekil 8.2 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi boyunca doymuş birim hacim ağırlıklarındaki değişim grafiği.

Tablo 8.3 Buca yeşil andezitinin ıslanma kuruma deneyi öncesi ve sonrası görünür porozite değerleri

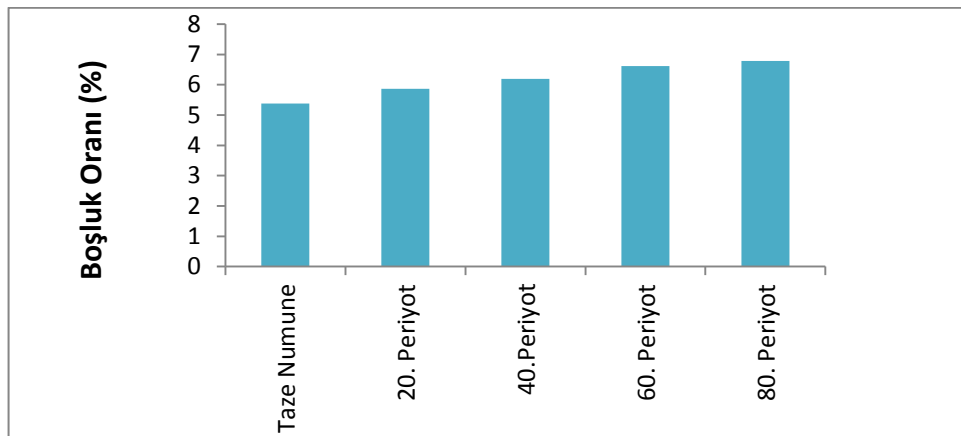
Kaya Türü	Görünür Porozite (%)				
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu	80. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	5,09	5,51	5,81	6,18	6,33



Şekil 8.3 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi boyunca görünür porozitesindeki değişim grafiği.

Tablo 8.4 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranı değerleri

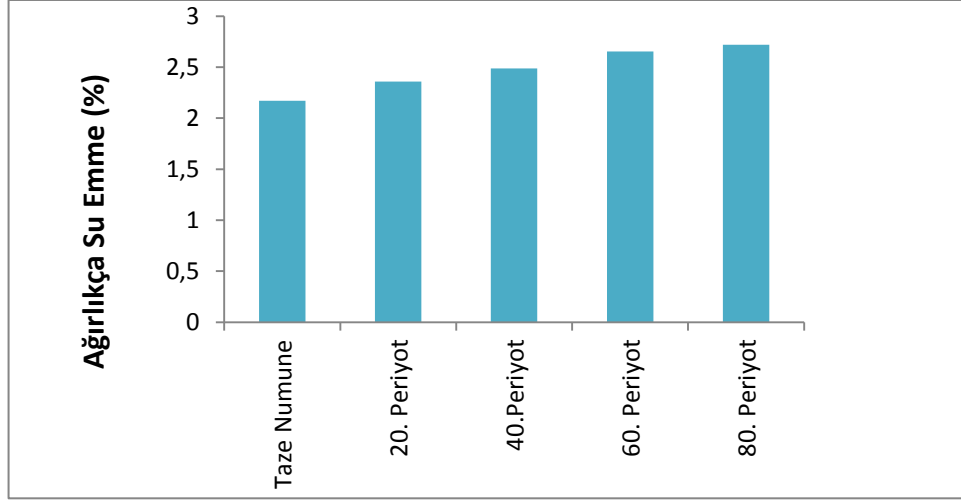
Kaya Türü	Boşluk Oranı (%)				
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu	80. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	5,38	5,86	6,19	6,61	6,78



Şekil 8.4 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi boyunca boşluk oranı değişim grafiği.

Tablo 8.5 Buca yeşil andezitinin ıslanma kuruma öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme değerleri

Kaya Türü	Ağırlıkça Su Emme (%)				
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu	80. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,17	2,35	2,49	2,65	2,72



Şekil 8.5 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi boyunca boşluk oranındaki değişim grafiği.

Islanma-kuruma deneyinin 80. periyotu sonrası Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında % 0,886, doymun birim hacim ağırlığında % 0,352 azalma, boşluk oranında %21,038, ağırlıkça su emme değerinde % 20,705 ve porozitesinde ise % 19,94 oranında artma olduğu görülmüştür (Tablo 8.1-8.5, Şekil 8.2-8.6).

8.2.1.2 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Yeşil andezitin ıslanma- kuruma deneyi sonunda kuru ağırlıkları $\pm 0,01$ hassasiyetle tartılarak deneyin başında ölçülen kuru ağırlıkları ile kıyaslanmıştır. Deney sonucunda oluşan kütle kaybı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmış (Eşitlik 13) ve sonuçlar Tablo 8.6 verilmiştir.

$$W = \frac{w_a - w_b}{w_a} \times 100 \dots\dots\dots(13)$$

W: Deney sonu kütle kaybı (%)

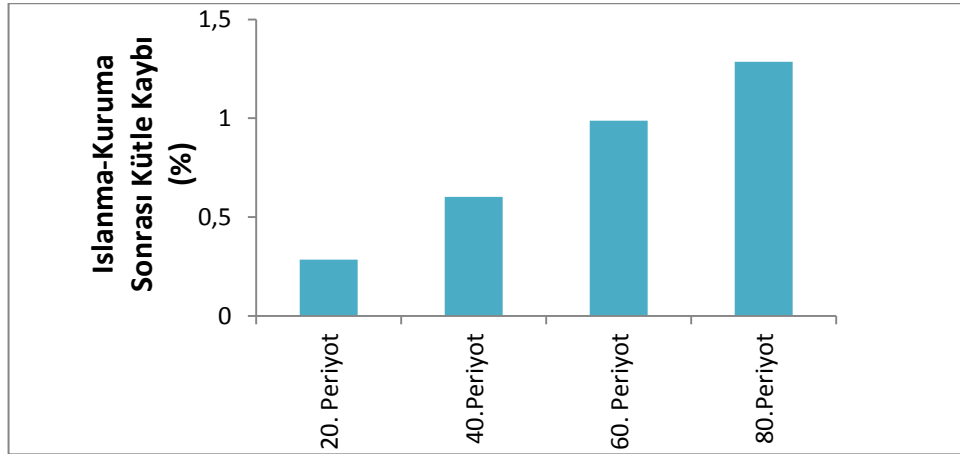
Wa: Deney başlamadan önceki kuru ağırlık (gr)

Wb: Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 8.6 Buca yeşil andezitlerinin ıslanma kuruma deneyi sonrası kütle kaybı.

Kayaç Türü	N	Deney Periyodu	Kütle Kaybı	
			Ortalama	Standart Sapma (±)
Buca Yeşil Andeziti	5	20. Periyot Sonu	0,28	0,1
		40. Periyot Sonu	0,6	0,11
		60. Periyot Sonu	0,99	0,9
		80. Periyot Sonu	1,28	0,1

N: Deneyde kullanılan numune sayısı.



Şekil 8.6 Buca yeşil andezitinin ıslanma kuruma deneyi sonrası kütle kaybı değişim grafiği.

Toplamda 80 periyot uygulanan ıslanma kuruma deneyi sonucunda Buca yeşil andezitinde 20. periyot sonunda % 0,28, 40. periyot sonunda %0,60, 60. periyot sonunda % 0,99 ve 80. periyot sonunda %1,28 oranında kütle kaybı geliştiği görülmüştür (Şekil 8.6, Ek 10).

8.2.1.3 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Direnç Kaybı

Toplam 80 çevrim ıslanma kuruma deneyine tabi tutulan 5 adet andezit numunesinin deney sonunda tek eksenli basınç direnci saptanmış ve taze numunelerin tek eksenli basınç direnci değerleri ile karşılaştırılmıştır. Islanma-

kuruma deneyi sonrasında Buca yeşil andezitinin tek eksenli basınç direncinde % 3,5 gibi oldukça düşük bir oranda direnç kaybı olduğu belirlenmiştir (Şekil 8.7, Tablo 8.7, Ek 11).

Tablo 8.7 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci ortalamaları.

Kayaç Türü	N	Islanma Kuruma Deneyi Sonrası Direnç Değişimi			
			Deney Öncesi Kuru TEBD (kgf/cm ²)	Deney Sonrası Kuru TEBD (kgf/cm ²)	Deney Sonunda Meydana Gelen Direnç Kaybı (%)
Buca Yeşil Andeziti	5	Ortalama	899,08	867,19	3,5
		Standart Sapma (±)	197,21	49,57	

N:Numune Sayısı

$$f = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_2} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

f: Deney sonunda meydana gelen direnç kaybı (%)

δ_1 : Taze numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²)

δ_2 : Deney sonrası numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²)



Şekil 8.7 Islanma kuruma deneyi sonrasındaki Buca yeşil andezitlerinin görünümü.

8.2.2 Donma-Çözünme Deneyi

Donma-çözünme olayı, mimaride yapıtaşı olarak kullanılan doğal kayalar üzerinde ciddi deformasyonlara yol açan çevresel ayrıştırıcı faktörlerden biridir. (Siegesmund ve diğ., 2011). Nem ve atmosferik ısı değişimleri, doğal taşların bozunmasına sebep olan ve bozunma sürecini hızlandıran olumsuz faktörlerdir. Nemli ortamlarda don ve sıcaklık farklılıkları, gerilmeler yaratarak kayacın içerisinde parçalanmalara ve kopmalara neden olmaktadır (Küçükkaya, 1995).

Kayacın gözenek ve çatlaklarındaki sular, iklimlere ve mevsimlere bağlı olarak gelişen donma-çözünme süreçleri sonrasında o kayacın bozunmasına sebep olmaktadır. Donma sırasında suyun hacminin %9 oranında genişmesi sebebiyle kayacın gözeneklerinde donan su bir basınç oluşturmaktadır. Tekrarlanan donma-çözünme olayları sonucunda kayacın içerisinde yeni mikro çatlaklar gelişir ve önceden var olan çatlaklar daha da derinleşerek çatlak açıklıklarının artmasına yol açar. Bu nedenle çözünme sonrasında su, gözenekler içerisinde rahatlıkla yer değiştirip daha derine göç edebilir (Yavuz ve diğ., 2006).

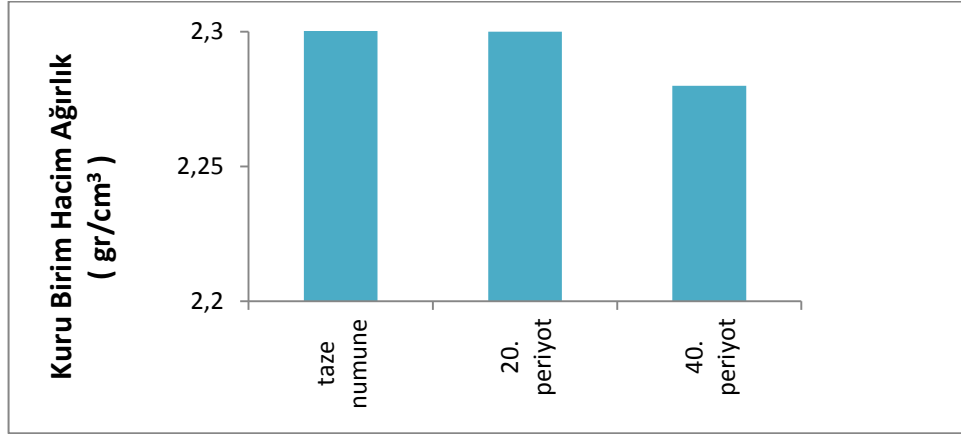
Suyun buz haline gelip kristalleşmeye başlaması ve kristallerin büyümesi sonucunda, taşın içinde çatlakların ve parçalanmaların gelişmesi gözlenir. Su, normal atmosferik koşullarda 0°C de donmaktadır. Ancak kayaların içindeki su, 0°C altında kristalleşmeye başlar (Rossi-Doria 1985, Siegesmund ve diğ., 2011). Donma-çözünme deneyi, bir hızlandırılmış ayrıştırma deneyi olup donma-çözünme döngüsü sonrasında doğal taşların malzeme özellikleri üzerinde mevsimsel ve iklimsel hareketliliklerin sebep olduğu değişimleri önceden tahmin etmemizi sağlamaktadır (Topal ve Doyuran 1997, Siegesmund ve diğ., 2011).

8.2.2.1 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler

Buca yeşil andezit bloklarından üretilen boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki 5 adet silindirik kaya numunesi üzerinde TS 699 standardına bağlı kalınarak donma-çözünme deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda andezitlerin birim hacim ağırlığı, görünür porozitesi, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı gibi fiziksel özelliklerindeki değişim belirlenmiştir (Tablo 8.8-8.12, Şekil 8.8-8.12, Ek 12).

Tablo 8.8 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlıkları.

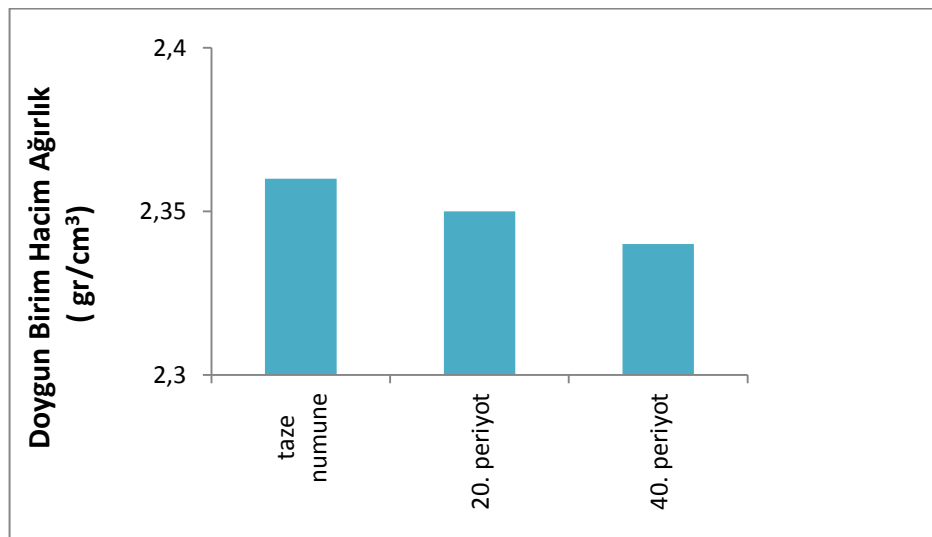
Kaya Türü	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)		
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,32	2,29	2,28



Şekil 8.8 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişim grafiği.

Tablo 8.9 Buca yeşil andezitinin donma çözünme öncesi ve sonrası doymun birim hacim ağırlıkları.

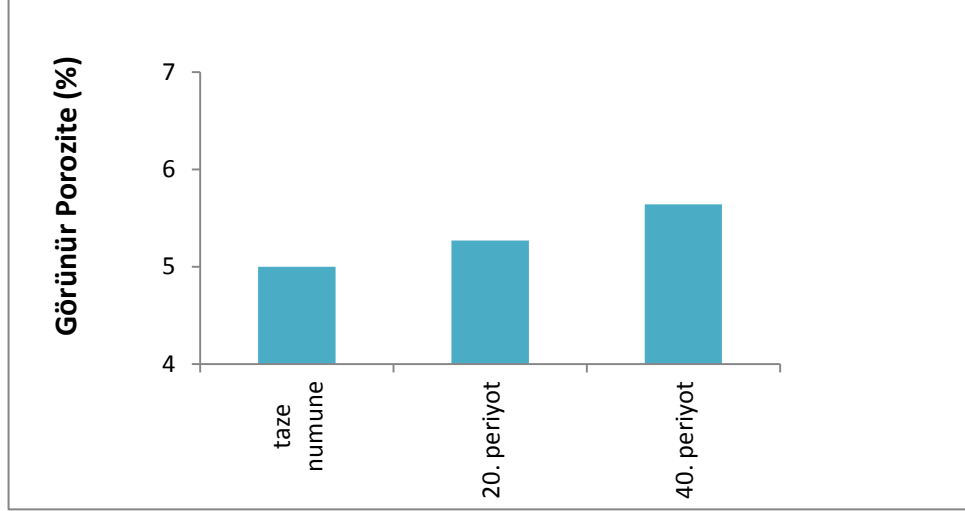
Kaya Türü	Doymun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)		
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,36	2,35	2,34



Şekil 8.9 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi esnasında doymun birim hacim ağırlığındaki değişim grafiği.

Tablo 8.10 Buca yeşil andezitinin donma çözünme öncesi ve sonrası görünür porozitesi

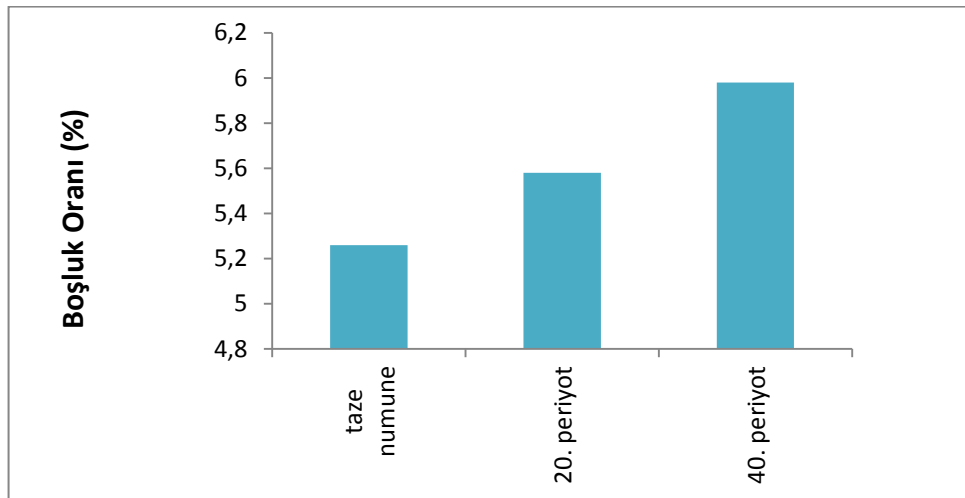
Kaya Türü	Görünür Porozite (%)		
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	5,00	5,27	5,64



Şekil 8.10 Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyi öncesi ve sonrası görünür porozitesindeki değişim grafiği.

Tablo 8.11 Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranları.

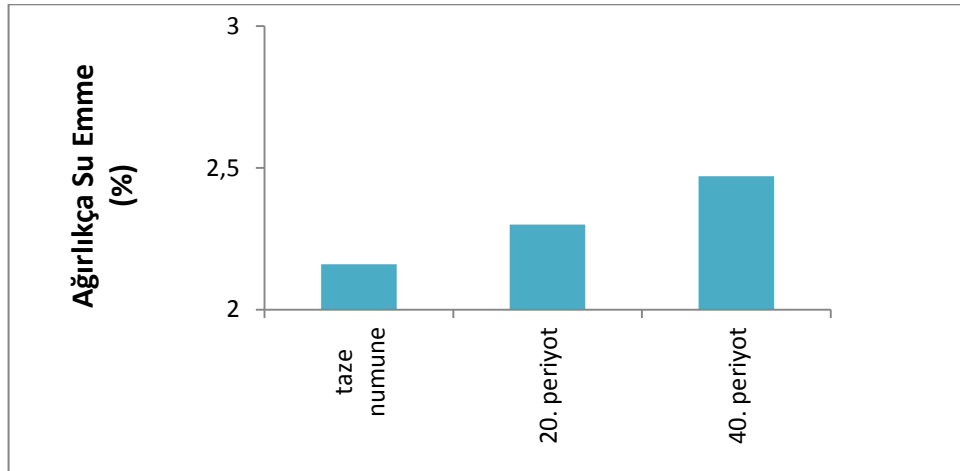
Kaya Türü	Boşluk Oranı (%)		
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	5,26	5,58	5,98



Şekil 8.11 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranındaki değişim grafiği.

Tablo 8.12 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme oranları.

Kaya Türü	Ağırlıkça Su Emme (%)		
	Taze Numune	20. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,16	2,30	2,47



Şekil 8.12 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme değerindeki değişim grafiği.

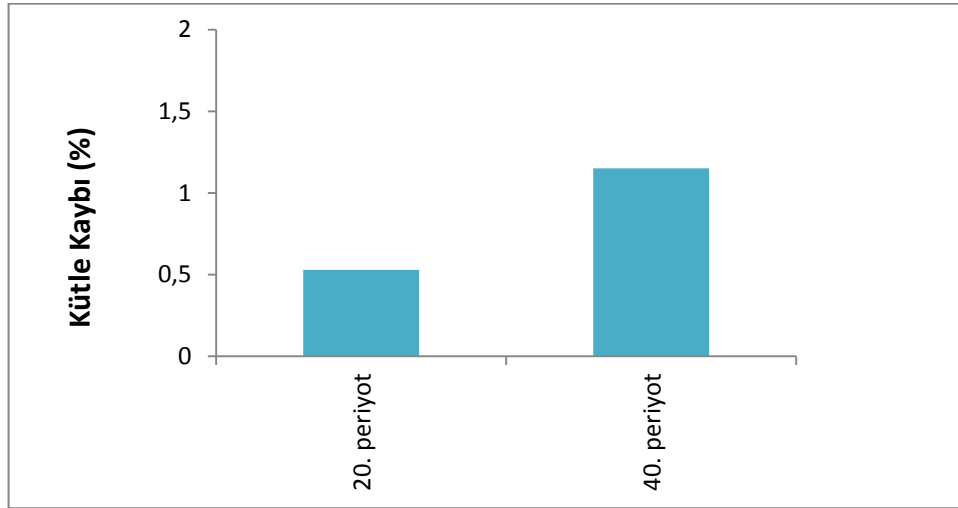
Donma-çözünme deneyinin 20. periyodunda Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında % 0,43, doygun birim ağırlığında % 0,42 oranında azalma, boşluk oranında % 5,12, ağırlıkça su emme değerinde % 5,73 ve görünür porozitesinde % 6,09 oranında artma görülmüştür. Deneyin 40. periyotunda ise Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında % 1,29, doygun birim ağırlığında % 0,85 oranında azalma, boşluk oranında % 11,35, ağırlıkça su emme değerinde % 12,04, görünür porozitesinde ise % 12,55 oranında artma görülmüştür (Tablo 8.8-8.12, Şekil 8.8-8.12, Ek 12).

8.2.2.2 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Buca yeşil andezitleri üzerinde 40 çevrim donma çözünme deneyi uygulanarak kayacın deney öncesi kuru ağırlığı ve deney sonrası kuru ağırlığı karşılaştırılmıştır. Eşitlik 13 yardımıyla numunelerin donma çözünme deneyi sonrasında kütle kayıpları hesaplanmıştır (Şekil 8.13).

Tablo 8.13 Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyi sonrası kütle kaybı

Kayaç Türü	N	Donma Çözünme Sonrası Kütle Kaybı (%)	Ortalama	Standart Sapma(±)
Buca Yeşil Andeziti	5	20.Periyot Sonu	0,53	±0,14
		40.Periyot Sonu	1,15	±0,14



Şekil 8.13 Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyi sonrası kütle kaybı grafiği.

Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyinin 20. periyot sonunda % 0,53, 40. periyotu sonunda ise % 1,15 oranında kütle kaybına maruz kaldığı görülmüştür (Şekil 8.13, Ek 12). Bu değerler ışığında Buca yeşil andeziti donma çözünme deneyi sonrası kütle kaybı açısından TS 1910, 2513 ve 10835' te belirtilen sınır değerleri aşmaktadır (Tablo 8.13-8.17).

Tablo 8.14 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken donma-çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	<5

Tablo 8.15 Kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmeleri için sahip olmaları gereken donma çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	<5

Tablo 8.16 Andezitlerin yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmeleri için sahip olmaları gereken donma-çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 10835)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	<1

8.2.2.3 Donma Çözünme Deneyi Sonrası Direnç Kaybı

40 periyod donma-çözünme deneyine tabi tutulan boy/çap oranı 2 olan 5 adet silindirik andezit numunesinin deney sonrası saptanan tek eksenli basınç direnci ile taze numunelerin tek eksenli basınç direnci karşılaştırılarak andezitlerin donma çözünme deneyi sonrası direnç kaybı belirlenmiştir (Tablo 8.17, Ek 13). Sonuç olarak Buca yeşil andezitinde donma-çözünme deneyi sonrasında % 0,84 oranında oldukça düşük bir direnç kaybının geliştiği belirlenmiştir (Tablo 8.17, Şekil 8.14).

Tablo 8.17 Buca yeşil andezitinin donma-çözünme deneyi sonrası tek eksenli basınç direnç kaybı.

Kayaç Türü	N		Taze Numune Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)	Donma-Çözünme Deneyi Sonrası Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)	Direnç Kaybı (%)
Buca Yeşil Andeziti	5	Ortalama	899,08	891,57	0,84
		Standart Sapma (±)	197,21	209,55	

N:Numune Sayısı



Şekil 8.14 Buca yeşil andezitinin donma çözünme deneyi sonrası görünümleri.

8.2.3 Tuz Kristallenmesi Deneyleri

Doğal taşlar, insanlığın kültürel mirası içerisinde, birçok arkeolojik ve mimari anıtları içerisine alan, çeşitli yapı ve heykellerde kullanılmıştır. Bu eşsiz miras, sadece estetik açıdan kıymetli olduğu kadar, gelecek nesillere de aktarmamız ve korumamız gereken bir kaynak teşkil etmektedir. Tuz kristallenmesinin neden olduğu çeşitli ayrışma süreçleri, kültürel emanetlerimizin bozunmasına ve tahrip olmasına sebep olmaktadır (Winkler, 1994, Schaffer 1932, Lewin 1982).

Kayacın içerisinde tuzun kristal hale gelmesi sonucunda oluşan fiziksel gerilmenin, gözenekli taşlara zarar verdiği bilinmektedir (Herodotus 420 BC, Luquer 1895, Taber 1916, Jutson 1918).

Tuz kristalizasyonu taş bozunmaları içerisinde en tahrip edici ve en yaygın olanıdır. Gözenekli kayaçların tümünde, kimyasal bileşimleri farklı bile olsa donma çözünme, iklim değişikliği, atmosferik olaylar ve hava kirliliği olmaksızın taşta zarar verebilmektedir. Suda eriyebilen tuzlar, su vasıtası ile taşınarak kayacın gözeneklerine ve çatlaklarına yerleşebilirler. Bu da buharlaşma ile gerçekleşir ki buharlaşma sonucunda tuz kılcal kanallarda ve taşın yüzeyinde birikir. Kılcal çatlaklara yerleşen tuz osmos etkisi ile tuzun sürekli kayaç içerisinde birikmesine sebep olur (Topal, 1997).

Kayacın içerisindeki boşluklarda tuz kristalleşir ve buna çiçeklenme adı verilir. Kristallenme sırasında kayacın gözeneklerinde basınç sürekli artar ve kayaçta kılcal çatlaklar meydana gelmeye başlar. Çiçeklenmenin devamı ile birlikte taş kabarmaya başlar, deforme olur ve tuz taşın yüzeyinde birikerek kirliliğe sebep olur (Küçükkaya, 1995).

Çözülebilir başlıca tuzlar arasında $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (alçı taşı), Na_2SO_4 (sodyum sülfat), MgSO_4 (magnezyum sülfat), K_2SO_4 (potasyum sülfat) ve NaCl (sodyum klorür) gelir. Sıcaklık yükseldiğinde tuz çözeltisinin doyma noktası yükselir. Çevresindeki tuz kristalleri de çözünür. Düştüğünde ise tekrar kristalleşir. Tuzların

hidrasyon dereceleri arttıkça, hacmide büyüdüğü için, parçalanma etkileri de artar(Arnold 1999).

Kayacın içerisinde ve civarında bulunan nem ve suyun, kayaçta deformasyona sebep olan tuz kristallenmesinin gerçekleşmesi açısından, anahtar bir rol oynamaktadır. Tuzun ancak suda çözünerek kayacın içine girebilir ve birbiri ile ilişkili gözenekler arasında hareket edebilir. Bu nedenle kayaçların hidrik özellikleri sayesinde, kaya durabilitesi tahminleri yapılabilmektedir (Yu, Chiaki 2010).

Görünür porozitenin, buharlaşma ve kapilarite yardımıyla kayacın içerisine doğru ilerleyen suyun hareketini etkileyerek, gözenekli taşlardaki tuz kristallenmesi ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir (Lucas 1925, Mamillian 1993).

Mimaride ve çeşitli alanlarda kullanılan doğal yapıtaşlarında çeşitli nedenlerle tuzlanma oluşmaya başlar ve bu tuzlanma kayacın durabilitesini olumsuz yönde etkileyerek kayacın çok kısa bir süre içerisinde bozunmasına sebep olur. Bu sebeple tuz kristallenmesi, kaya durabilitesinin bozulmasındaki en önemli faktörlerdendir. Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi, kayaçların durabilitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yavuz 2001).

Tuz kristallenmesi deneyi yardımıyla, doğal çevresel etkenlerin oluşturduğu tuz kristallenmesi ve bunun doğurduğu etkiler, laboratuvar koşullarında oluşturularak kayaçta yaratacağı hasar önceden belirlemeye çalışılır (RILEM 1980, Rossi-Doria 1985, Topal 1997).

8.2.3.1 Na_2SO_4 Tuz Kristallenmesi Deneyi

Deneye başlamadan önce % 14 lük sodyum sülfat çözeltisi hazırlanır. Çözeltinin yoğunluğu kullanımdan önce kontrol edilir. Daha sonra önceden kurutulmuş numuneler kaplara aralarında mesafe kalacak şekilde kaplara yerleştirilir ve üzeri tamamen kapatana kadar sodyum sülfat çözeltisi eklenir. 2 saat çözelti içerisinde

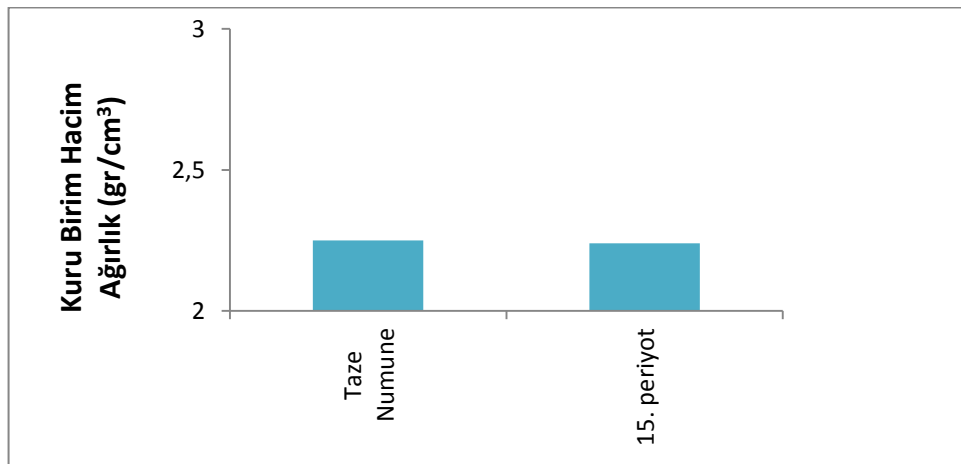
bekletilen numuneler etüvden çıkarılarak 105 ± 5 °C lik etüve koyulur. En az 16 saat etüvde kalan numuneler çıkarılarak soğumaya bırakılır ve 2 saat oda sıcaklığında bekletilen numuneler tekrar sodyum sülfat çözeltisine daldırılır. Böylece deneyin 1. periyodu tamamlanmış olur.

Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki 5 tane silindirik şekilli numune üzerine TS EN 12370 de öngörüldüğü şekilde toplam 15 periyod olarak uygulanmıştır. Deney sonrasında andezitin görünür porozite, boşluk oranı, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme gibi fiziksel özellikleri ile deney sonrası kütle ve direnç kaybı değerleri saptanmıştır.

Tablo 8.18-8.24 ve Şekil 8.15-8.19' da Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası fiziksel özellikleri ile kütle ve direnç kayıpları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Ek14).

Tablo 8.18 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlıkları.

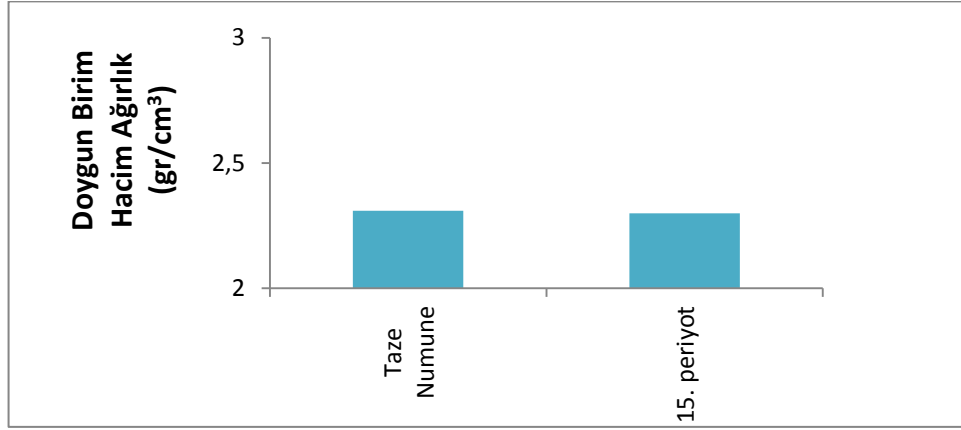
Kayaç Türü	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	
	Taze Numune	15.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,25	2,24



Şekil 8.15 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişim grafiği.

Tablo 8.19 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası doymun birim hacim ağırlıkları.

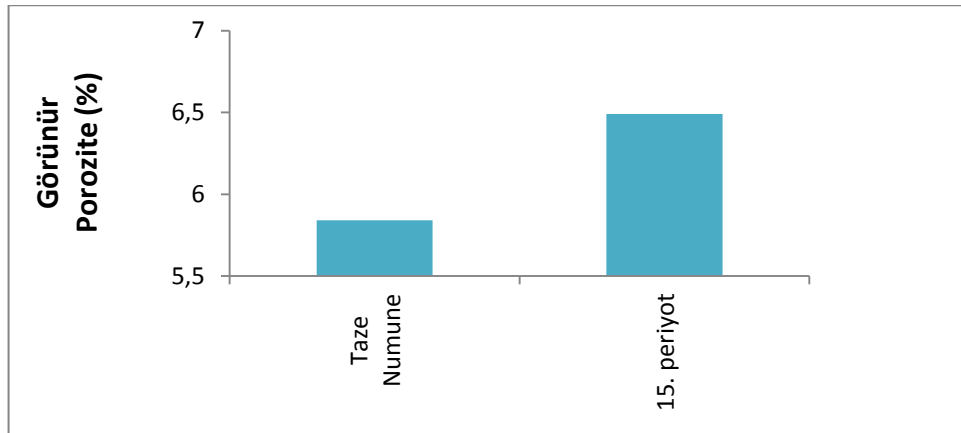
Kayaç Türü	Doymun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	
	Taze Numune	15.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,31	2,30



Şekil 8.16 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası doymun birim hacim ağırlığındaki değişim.

Tablo 8.20 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası porozite değerleri.

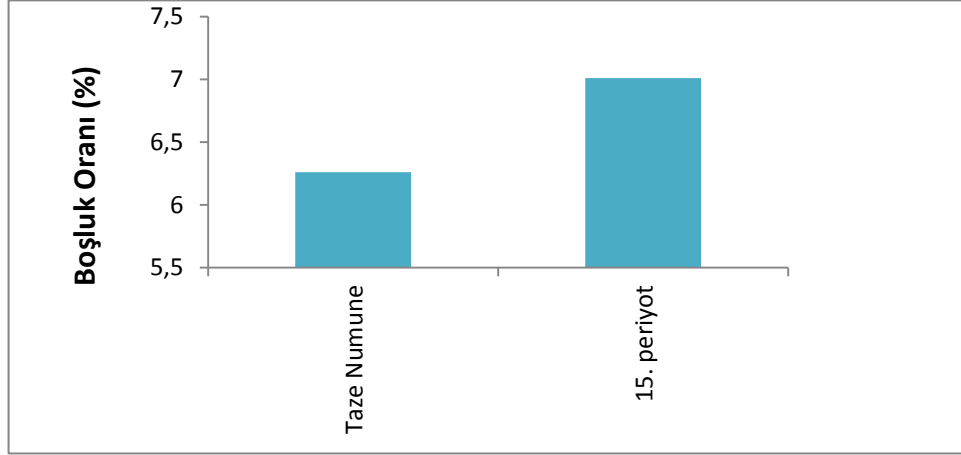
Kayaç Türü	Görünür Porozite (%)	
	Taze Numune	15.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	5,84	6,49



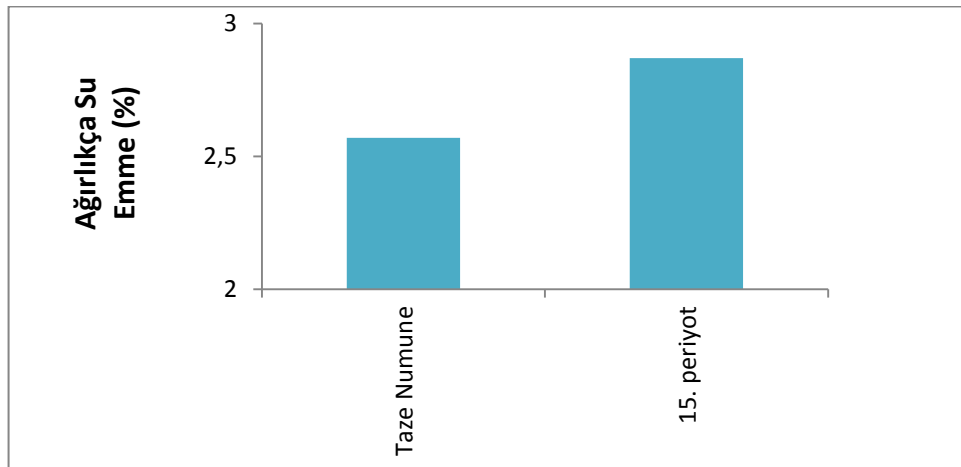
Şekil 8.17 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası görünür porozite değerindeki değişim grafiği.

Tablo 8.21 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranları.

Kayaç Türü	Boşluk Oranı (%)	
	Taze Numune	15.Periyot
Buca Yeşil Andeziti	6,26	7,01

Şekil 8.18 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranındaki değişim grafiği.Tablo 8.22 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme oranındaki değişim

Kayaç Türü	Ağırlıkça Su Emme (%)	
	Taze Numune	15.Periyot
Buca Yeşil Andeziti	2,57	2,87

Şekil 8.19 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme oranındaki değişim grafiği.

Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında % 0,59, doymun birim ağırlığında % 0,29 oranında azalma, boşluk oranında % 11,00, ağırlıkça su emme değerinde % 10,92 ve görünür porozitesinde % 10,39 oranında artma görülmüştür (Şekil 8.15-8.19).

Ayrıca Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi sonrasında Buca yeşil andezitinde %2,31 oranında kütle kaybı oluşurken %27,44 oranında tek eksenli basınç direnci kaybı oluşmuştur (Tablo 8.23-8.24).

Tablo 8.23 Buca yeşil andezitinin Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi sonrası kütle kaybı

Kayaç Türü	N	Na_2SO_4 Sonrası Kütle Kaybı Ortalama (%)	Standart Sapma (\pm)
Buca Yeşil Andeziti	5	2,31	2,09

Tablo 8.24 Buca yeşil andezitinin tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası tek eksenli basınç dirençleri.

Kayaç Türü	N		Taze Numune Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	Deney Sonrası Kuru Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	Direnç Kaybı (%)
Buca Yeşil Andeziti	4	Ortalama	899,08	595,78	27,44
		Standart Sapma (\pm)	197,21	95,73	

N:Numune Sayısı



Şekil 8.20 Buca yeşil andezit numunelerinin tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası görünüşleri.

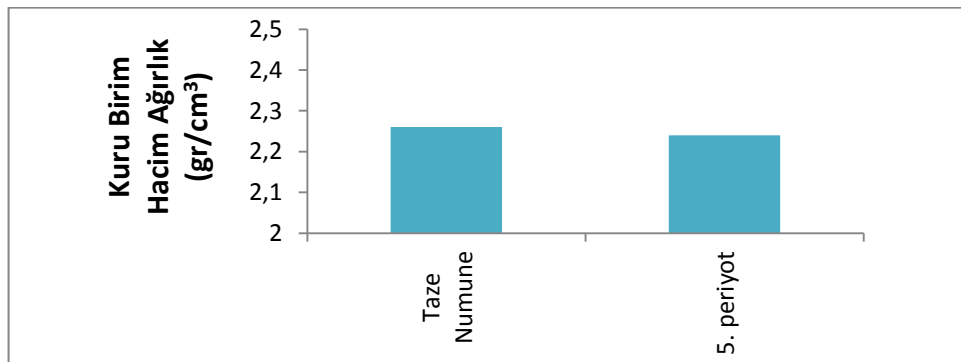
8.2.3.2 Mg SO₄ Tuz Kristallenmesi Deneyi

Deneye başlamadan önce magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanır. Önceden hazırlanmış numuneler bir kabın içerisine birbirlerine değmeyecek şekilde yerleştirilir. Kap ile numuneler arasında 20 mm açıklık bulunmalıdır. Kaba yerleştirilen numunelerin üzerine magnezyum sülfat çözeltisi dökülür ve çözeltinin numunelerin üstünü tamamen kaplayacak şekilde olmasına dikkat edilir. $17 \pm 0,5$ saat boyunca çözeltide kalan numuneler bu süre sonunda kaptan çıkarılır ve 2 saat boyunca süzülür. Süzülme işlemi tamamlandıktan sonra 110 ± 5 °C lik etüvde 24 ± 1 saat boyunca kurutulur. Kurutma işleminden sonra etüvden çıkarılan numunelerin $5 \pm 0,25$ saat sürecince oda sıcaklığına gelmesi sağlanır ve bu işlem sonucunda 1. periyot tamamlanmış olur.

Buca yeşil andeziti üzerinde yapılan 5 periyotluk MgSO₄ tuz kristallenmesi deneyi sonrası, numunelerin kuru ve doymun birim hacim ağırlıkları, boşluk oranları, ağırlıkça su emme ve görünür porozite gibi fiziksel özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler deneye başlamadan önceki fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 8.25-8.31, Şekil 8.21-8.26, Ek 16).

Tablo 8.25 Buca yeşil andezitlerinin MgSO₄ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişim.

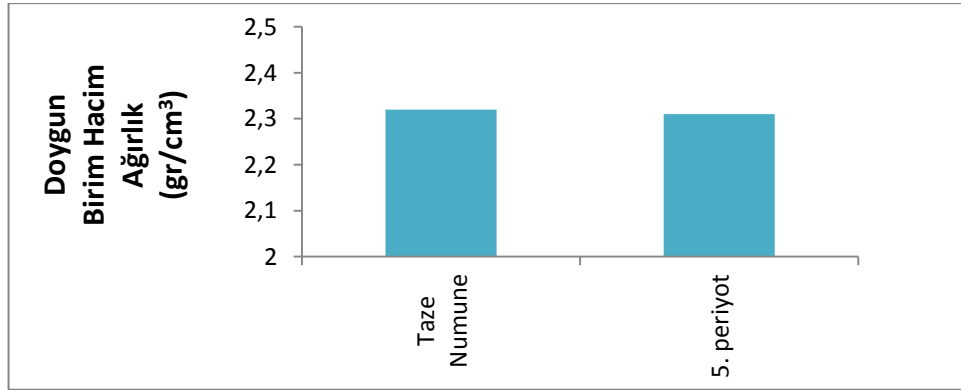
Kayaç Türü	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	
	Taze Numune	5.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,26	2,24



Şekil 8.21 Buca yeşil andezitinin MgSO₄ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişim grafiği.

Tablo 8.26 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası doygun birim hacim ağırlığındaki değişim.

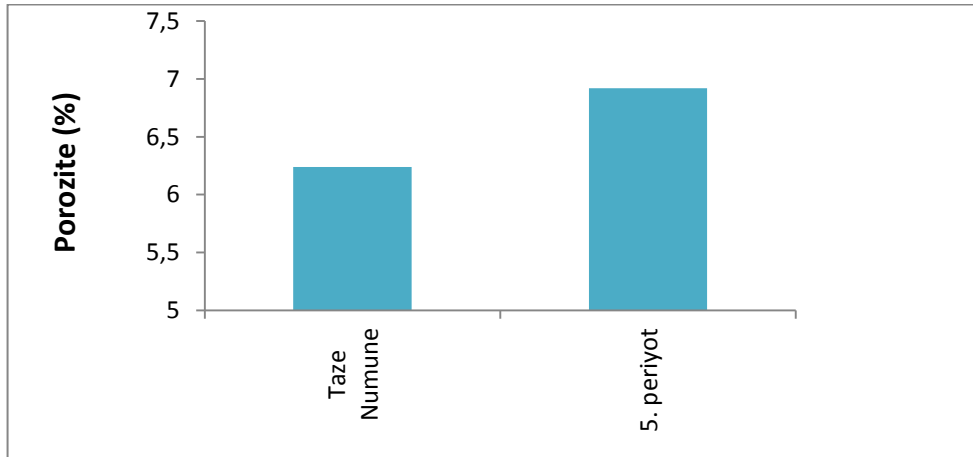
Kayaç Türü	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	
	Taze Numune	5.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,32	2,31



Şekil 8.22 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası doygun birim hacim ağırlığındaki değişim grafiği.

Tablo 8.27 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası görünür porozite değerlerindeki değişim.

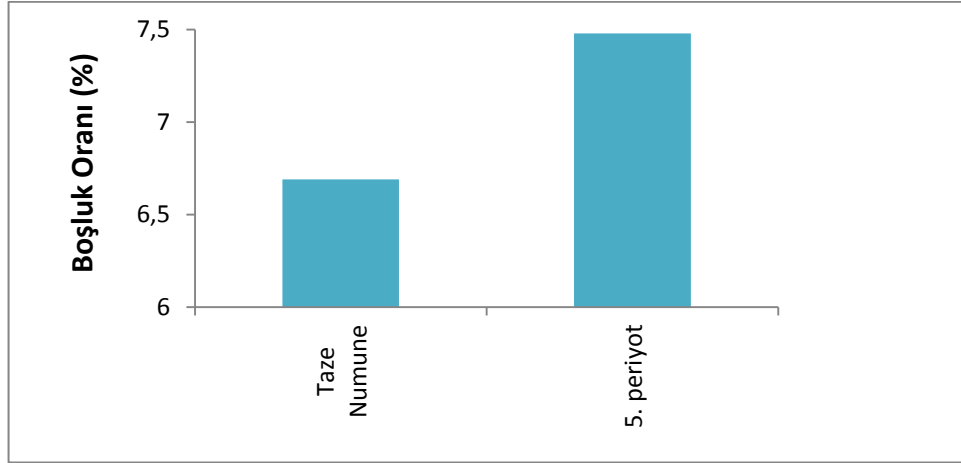
Kayaç Türü	Görünür Porozite (%)	
	Taze Numune	5.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	6,24	6,92



Şekil 8.23 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası görünür porozite değerlerindeki değişim grafiği.

Tablo 8.28 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranındaki değişim.

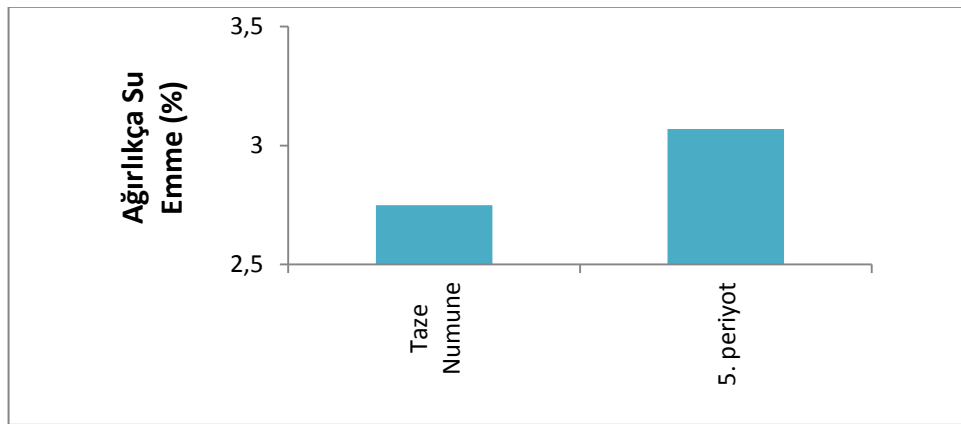
Kayaç Türü	Boşluk Oranı (%)	
	Taze Numune	5.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	6,69	7,48



Şekil 8.24 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası boşluk oranındaki değişim grafiği.

Tablo 8.29 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme değerindeki değişim grafiği.

Kayaç Türü	Ağırlıkça Su Emme (%)	
	Taze Numune	5.Periyot Sonu
Buca Yeşil Andeziti	2,75	3,07



Şekil 8.25 Buca yeşil andezitinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi öncesi ve sonrası ağırlıkça su emme değerindeki değişim.

Toplam 5 periyot tekrarlanan $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi sonucunda Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında %0,633, doymun birim ağırlığında % 0,33 oranında azalma , boşluk oranında % 10,38 , ağırlıkça su emmesinde % 10,29 , görünür porozitesinde ise % 9,72 oranında artma görülmüştür.

Tablo 8.30 Buca yeşil andezitlerinin $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi sonrası kütle kaybı.

Kayaç Türü	N		$MgSO_4$ Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Kütle Kaybı (%)
Buca Yeşil Andeziti	5	Ortalama	3,26
		Standart Sapma (\pm)	1,64

Sonuç olarak $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi sonunda Buca yeşil andezitinin ortalama % 3,26 oranında kütle kaybı, %15,04 oranında ise tek ekseli basınç direnci kaybı geliştiği görülmüştür (Tablo 8.30-8.31, Ek 16).

Tablo 8.31 $MgSO_4$ tuz kristallenmesi deneyi sonrası tek ekseli basınç direnci ve direnç kaybı.

Kayaç Türü	N		Taze Numune Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	$MgSO_4$ Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	Direnç Kaybı (%)
Buca Yeşil Andeziti	4	Ortalama	899,08	701,73	15,04
		Standart Sapma (\pm)	197,21	89,79	

N:Numune Sayısı



Şekil 8.26 $MgSO_4$ Tuz kristallenmesi deneyi sonrası görünümü.

8.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Testleri Öncesi ve Sonrası Ultrasonik Ses Hızı Tayini

Bu çalışmada Buca yeşil andezitlerinin taze numuneleri ile ıslanma-kuruma, donma-çözünme, Na_2SO_4 ve MgSO_4 tuz kristallenmesi deneyi uygulanan numuneler üzerinde ultrasonik ses hızı ölçümleri (V_p) yapılmış (Şekil 8.27) ve sonuçlar Tablo 8.32-8.33 ve şekil 8.28' de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 8.27 Ultrasonik ses iletkenliği deneyinin uygulanışı.

Tablo 8.32 Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma ve donma-çözünme deneyi sonrası ultrasonik ses hızı iletkenliği.

Kayaç Türü		N	Taze Numune V_p (km/sn)		N	Islanma Kuruma Sonrası V_p (km/sn)		N	Donma Çözünme Sonrası V_p (km/sn)	
			Kuru	Suya Doymun		Kuru	Suya Doymun		Kuru	Suya doymun
Buca Yeşil Andeziti	Ort	35	4,21	4,45	5	4,02	4,16	5	3,90	3,94
	Std		±0,21	±0,20		±0,02	±0,03		±0,31	± 0,32

V_p : Ses İletim Hızı Ort: Ortalama Std: Standart Sapma N: Numune Sayısı

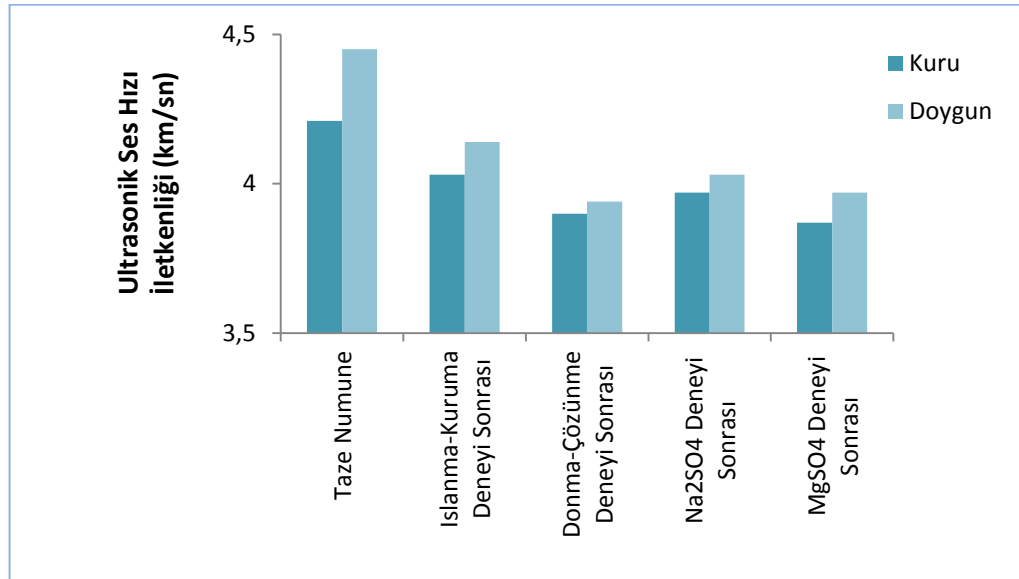
Taze numunenin ses iletkenliği kuru 4,21 km/sn, suya doymun 4,45 km/sn olarak ölçülmüştür. Islanma kuruma deneyi sonrası kuru 4,02 km/sn, suya doymun 4,16

km/sn; donma çözünme deneyi sonrası kuru 3,90 km/sn, suya doygun 3,94 km/sn MgSO₄ tuz kristallenmesi deneyi sonrası numunenin ses iletkenliği kuru 3,97 km/sn, suya doygun 4,03 km/sn; Na₂SO₄ tuz kristallenmesi deneyi sonrası kuru 3,87 km/sn, suya doygun 3,97 km/sn olarak ölçülmüştür (Ek18).

Tablo 8.33 Buca yeşil andezitinin ultrasonik ses iletkenliğinin, taze ve durabilite deneylerine maruz kalmasından sonraki değişimi

Kayaç Türü		N	Taze Numune Vp (km/sn)		N	MgSO ₄ Deneyi Sonrası Vp (km/sn)		N	Na ₂ SO ₄ Deneyi Vp Sonrası (km/sn)	
			Kuru	Suya Doygun		Kuru	Suya Doygun		Kuru	Suya Doygun
Buca Yeşil Andeziti	Ort	35	4,21	4,45	5	3,87	3,97	4	3,97	4,03
	Std		±0,21	±0,2		± 0,14	± 0,16		± 0,08	± 0,08

Vp: Ses İletim Hızı Ort: Ortalama Std: Standart Sapma N: Numune Sayısı



Şekil 8.28 Buca yeşil andezitinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası ultrasonik ses hızı iletkenliği değişimleri.

8.4 Durabilite Değerlendirme Testleri

Taşın durabilitesi, o taşın geniş bir zaman diliminde orijinal boyutunun, şeklinin, mukavemetinin ve görünüşünün bozunmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür (Bell

1980, 1993; Sims 1991; Topal and Doyuran 1997a). Doğal taşın durabilitesi, onun malzeme özellikleri ile yapıtaşı olarak kullanıldığı çevreye ait ayırıştırıcı etkiler doğrudan ilişkilidir (Topal 1997).

Çalışmanın bu bölümünde Buca yeşil andezitinin durabilitesini belirlenmesi amacıyla, kuru ve doymun tek eksenli basınç oranı, doymunluk katsayısı, statik kaya durabilite indeksi ve gözenek boyutu dağılımı gibi durabilite saptama yöntemleri kullanılmıştır.

8.4.1 Kuru ve Suya Doymun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı

Winkler (1993), kayaçların suya doymun ve kuru tek eksenli basınç direnci oranının, kayacın durabilitesinin saptanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir (Tablo 8.34).

Tablo 8.34 Kuru ve suya doymun kuru tek eksenli basınç direnci oranına göre kaya durabilite sınıflaması (Winkler, 1993)

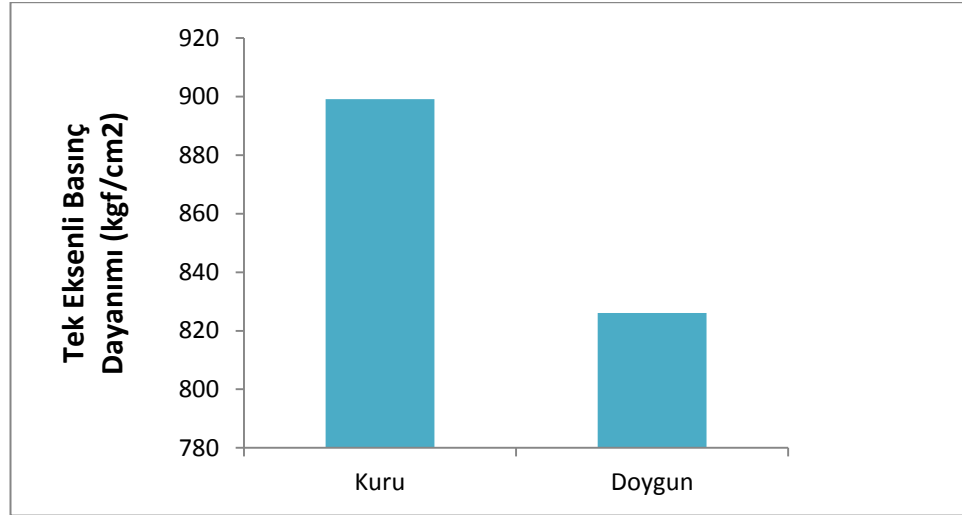
Sınıflandırma	Direnç Oranı (%)
Çok İyi	>90
İyi ve Güvenli	90-80
Daha Fazla Deney Gerekli	80-70
Hidrik Kuvvetler ve Donma Etkisine Karşı Güvensiz	70-60
Çok Düşük Kaliteli	<60

Tablo 8.35 ve Şekil 8.29' de görüldüğü üzere Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci değerleri arasında belirgin bir farklılığın bulunmadığı ve kayacın doymun-kuru tek eksenli basınç direnci oranının % 91,88 olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle Buca yeşil andeziti Winkler (1993)'in sınıflandırmasına göre 'çok iyi durabiliteli kayaçlar' grubuna girmektedir (Tablo 8.34-8.35).

Tablo 8.35 Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci ortalamaları

Kayaç Türü	N	Tek Eksenli Basınç Direnci (kgf/cm ²)		Direnç Oranı (%)
		Kuru	Doymun	
Buca Yeşil Andeziti	5	899,08 ± 197,21	826,04 ± 233,17	91,88

N: Deneyde kullanılan numune sayısı



Şekil 8.29 Buca yeşil andezitinin kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci karşılaştırması

8.4.2 Doymunluk Katsayısı

Kayacın doymunluk katsayısı, belirli bir süre içinde kayacın atmosferik şartlar altındaki ağırlıkça su emme değerinin (%), vakum altında tutularak hesaplanan ağırlıkça su emme değerine (%) oranıdır (RILEM 1980; TS 699 1987). Eğer bu oran 0,8 den büyük olursa, kayaç donma çözünme etkilerine karşı daha düşük durabilite gösterir (TS 699 1987; Topal ve Doymun 1997b; Yavuz 2012).

Buca yeşil andezitinin doymunluk katsayısı TS 699'a uygun olarak vakumlu desikatör kullanılarak saptanmıştır. Vakum öncesi ağırlıkça su emme değeri bulunan numuneler, saf su ile doldurulmuş vakumlu desikatör yerleştirilir ve 48 saat boyunca numunelerin içerisindeki hava boşaltılır. Vakumlu desikatörden çıkartılan numunelerin kuru ve suya doymun ağırlıkları ölçülerek ağırlıkça su emme değeri

bulunur. Deney öncesi ve deney sonrası saptanan ağırlıkça su emme değerlerinin birbirlerine bölünmesiyle, doygunluk katsayısı elde edilir (Eşitlik 15).

$$\text{Doygunluk Katsayısı} : \frac{\text{Vakum öncesi ağırlıkça su emme (\%)}}{\text{Vakum sonrası ağırlıkça su emme (\%)}} \dots\dots\dots(15)$$

Tablo 8.36 Buca yeşil andezitinin atmosferik şartlar altında ve vakum sonrası ağırlıkça su emme değerleri ve doygunluk katsayısı.

Kayaç Türü	Atmosferik Şartlar Altında Ağırlıkça Su Emme (%)	N	Vakum Altında Ağırlıkça Su Emme (%)	N	Doygunluk Katsayısı
Buca Yeşil Andeziti	2,12	35	2,34	35	0,91

N: Deneyde kullanılan numune sayısı

Atmosferik şartlar altında ağırlıkça su emme değeri % 2,12 olan Buca yeşil andezitinin vakum sonrası ağırlıkça su emme değeri % 2,34 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak hesaplanan Buca yeşil andezitlerinin doygunluk katsayısı 0,91 olarak bulunmuştur (Tablo 8.36). Bulanık bu oranın 0,08' den büyük olması nedeniyle Buca yeşil andeziti donma çözünme etkilerine karşı hassastır denebilir.

8.4.3 Statik Kaya Durabilite İndeksi

Fookes ve diğ. (1988), statik kaya durabilite indeksini (RDI_s) doğal taşların durabilitelerinin belirlenmesi için önermiştir. RDI_s , kuru ve doygun nokta yükü dayanım indeksi ortalaması ($IS_{(50)}$), sodyum sülfat tuz kristallenmesi (5 devir) sonrası kütle kaybı (%), atmosferik basınç altında ağırlıkça su emme (%) ve doygun yüzey kuru birim hacim ağırlık gibi dört mühendislik parametresi kullanılarak hesaplanır (Topal and Doyuran 1997)(Eşitlik 16).

$$RDI_s = \frac{(IS_{(50)} - 0.1(SST + 5WA))}{SG_{ssd}} \dots\dots\dots(16)$$

RDI_s = Statik kaya durabilite indeksi

$I_s_{(50)}$ = Kuru ve suya doymun nokta yükü dayanım indeksi ortalaması (kgf/cm^2)

SST = Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi sonrası kütle kaybı (%)

WA = Ağırlıkça su emme (atmosferik basınç altında)(%)

SGssd=Doymun yüzey kuru birim hacim ağırlık (gr/cm^3)

Tablo 8.37 Buca yeşil andezitinin statik kaya durabilite indeks değerleri

Kayaç Türü	Statik Kaya Durabilite İndeksi
Buca Yeşil Andeziti	2,11

Tablo 8.38 Kayaçların statik durabilite indekslerine göre sınıflandırılmaları (Fookes, 1988).

RDIs Değeri	Durabilite Sınıfı
>2,5	Mükemmel
2,5-(-1)	İyi
(-1)-(-3)	Orta
< (-3)	Zayıf

Fookes (1988) sınıflamasına göre, statik kaya durabilite indeksi 2,11 olarak belirlenen Buca yeşil andeziti ‘iyi durabiliteli kayaçlar’ sınıfına girmektedir (Tablo 8.37-8.38).

8.4.4 Suda Dağılmaya Karşı Duyarlılık (Slake Durability) İndeksi

Deneyin amacı, kayaç örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği duraylılığın belirlenmesidir (ISRM, 1981).

Deneye başlamadan önce tamburların darası tartılır(D). Deneyde herbiri 40-60 gr. gelen, toplam 450-550 gr. kadar örneği temsil eden yaklaşık 10 adet parça seçilir. Köşelerinin birbirine çarparak mekanik parçalanmaya neden olmaması için numunelerin köşeleri yuvarlaklaştırılır. Temizlenen ve kurutulan örnekler tambura yerleştirilip tartılır (A) ve tambur dakikada 20 devir yapacak şekilde 10dk. çevirilir. Döndürme işlemi tamamlandıktan sonra numuneler tamburları ile birlikte etüve konur ve 105^0 C'de 12 saatten fazla kurumaya bırakılır. Kuruyan numuneler tamburları ile birlikte tartılır (B). Sonrasında deney aynı şekilde ikinci kez tekrarlanır (C).

Buca yeşil andezitlerinin suda dağılmaya karşı duyarlılık indeksi aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 17,18).

$$I_{d1} = (B-D)/(A-D) \times 100 \dots \dots \dots (\text{Eşitlik 17})$$

$$I_{d2} = (C-D)/(A-D) \times 100 \dots \dots \dots (\text{Eşitlik 18})$$

Tablo 8.39 Buca yeşil andezitinin I_{d1} ve I_{d2} değerleri

(A)gr	(B)gr	(C)gr	(D)gr	$I_{d1}(\%)$	$I_{d2}(\%)$
1998,78	1996,79	1996,24	1771,41	91,12	98,88
2039,46	2036,55	2035,79	1799,64	98,94	98,62

Buca yeşil andeziti suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi açısından Gamble, 1971 tarafından önerilen sınıflanmadırmaya göre, suda dağılmaya karşısınıflamasında ‘çok yüksek durabiliteli’ kaya sınıfına girmektedir (Tablo 8.39-8.40).

Tablo 8.40 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi sınıflaması (Gamble,1971)

Sınıflama	$I_{d2}(\%)$
Çok Düşük	0-30
Düşük	30-60
Orta	60-85
Orta Derecede Yüksek	85-95
Yüksek	95-98
Çok Yüksek	98-100

8.4.5 Gözenek Boyutu Tayini

Gözenek boyutu tayini (PSD) kayaların içerisinde mevcut bulunan ve dışarıdan giren sıvıların gözenekler içerisinde hareket edebilmesi ve artmasını kontrol eden, kayacın durabilitesini belirlemede önemli ve temel bir faktördür (Vos 1976, Punuru ve diğ. 1990, Benavente ve diğ. 2004, Török ve diğ. 2005, Yu ve Oguchi 2010).

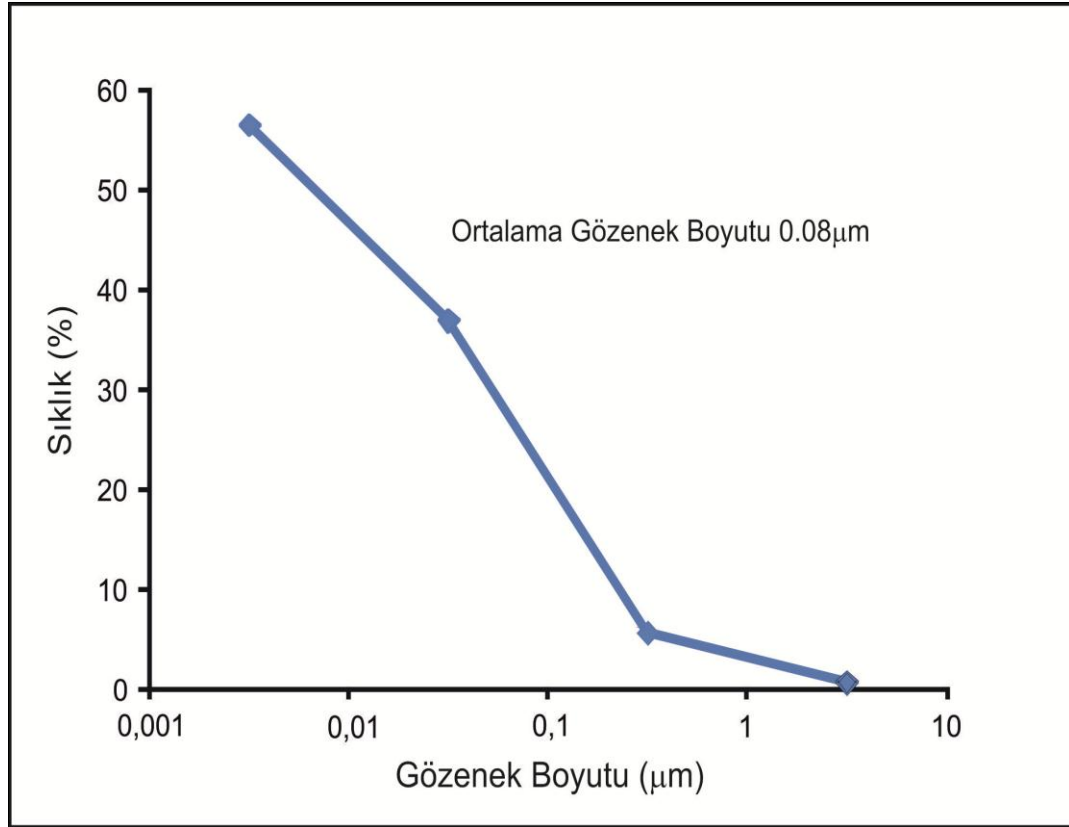
Gözenek boyutu doğal taşların durabilitesinde, çevresel etkilerden ve özellikle donma çözünme süreçlerinde önemli bir parametre olarak ele alınmalıdır. Larsen ve Candy (1969) kayacın içerisinde bulunan gözenek suyunun, kayacın dışına atılmadığı kritik gözenek boyutunu 5 μm 'nin altında olduğunu belirtmiştir. Gözenek boyu

dağılımı, donma çözünme süreçleri sonucunda kayacın durabilitesi açısından kritik bir değer taşır (Topal ve Doyuran 1997). Bu sebeple 5 μm 'den daha küçük gözenek boyutuna sahip kayalar, donma ve çözünme koşullarında daha kolay etkilenirler (Topal ve Doyuran 1997).

Tuz kristallenmesi etkisine karşı gelişebilecek hasarın derecesini kayacın gözenek boyutu belirler. Örneğin bir taş, düşük poroziteye sahip ise ve ciddi derecede mikro boyutta gözenek içeriyorsa, tuza karşı dayanıksız ve zayıf olabilir. Mikro gözeneklerin ortalama gözenek boyutu farklı ise toplamda aynı poroziteye sahip iki kayacın deformasyonunun ölçüsü farklı olabilir. Mikroporozite, tuz kristallenmesi etkisinin en önemli ve etkili nedeni olarak gösterilir (Schaffer 1932, Ordóñez ve diğ. 1997, Yu ve Oguchi 2010). Bunun yanı sıra gözenekli kayalarda tuz kristallenmesinin oluşturduğu hasarı mikrogözeneklerle ilişkilendirilmektedir (Wellman ve Wilson 1965, Scherer 1999, Flatt 2002, Stiger 2005a,b, Yu ve Oguchi 2010).

Ayrıca çeşitli çalışmalarda tuz kristalizasyonunun etkisini, mikro gözeneklerin daha da kolaylaştırdığı saptanmıştır. Bu çalışmalar kritik gözenek yarıçapı olarak 0,05 μm 'den daha küçük (Steiger, 2005b, Scherer, 2006), 0,1 μm (Ordóñez ve diğ. 1997), 0,5 μm (Punuru ve diğ.1990, Rossi-Manaresi ve Tucci 1991), 1 μm (Benavente ve diğ.2004), 2,5 μm (Fitzner, 1988, Mod'd ve diğ. 1996) ve 0,5 ile 5 μm (Zehnder ve Arnold 1989, , Yu ve Oguchi 2010) arasında olmak üzere değişik araştırmacılar tarafından farklı gözenek boyutu aralıkları önerilmiştir.

Bu çalışmada, Buca yeşil andezitinin gözenek boyu tanımlaması, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda cıvalı porozimetre (Pore Master 6) ile yapılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak kayacın gözenek boyu dağılımı, ortalama görünür gözeneklilik ve ortalama gözenek boyu değerleri hesaplanmıştır. Buca yeşil andezitinin cıvalı porozimetre yöntemiyle saptanan görünür porozitesinin % 5,54, ortalama gözenek boyutunun ise 0,08 μm olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8.41, Şekil 8.30).



Şekil 8.30 Buca yeşil andezitinin gözenek boyu dağılım grafiği.

Buca yeşil andezitinin ortalama gözenek boyutunun $5 \mu\text{m}$ 'nin altında olması, bu kayacın donma çözünme olayı açısından 'düşük durabiliteli' olduğunu göstermektedir (Şekil 8.30).

Buca yeşil andezitinin durabilitesi kullanılan durabilite değerlendirme yöntemlerine göre farklılık sunmaktadır (Tablo 8.41). Buca yeşil andeziti suya doymun-kuru tek eksenli basınç direnci oranı, statik kaya durabilite indeksi ve slake durabilite indeksi gibi durabilite belirleme yöntemlerine göre 'yüksek durabiliteli' kayaç, ortalama gözenek boyutu ve doymunluk katsayısı yöntemlerine göre ise 'düşük durabiliteli' (donma-çözünmeye karşı duyarlı) kayaç olarak tanımlanmıştır.

Buca yeşil andezitinin kullanıldığı tarihi binalarda yapılan incelemelerde kayacın saha performansının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Tarihi binalarda kullanılmış olan yeşil andezitin bu süre içerisinde iyi korunmuş olmasının nedeni İzmir' in ılıman bir iklime sahip olması ve donma çözünme olayının nadir yaşanması

ile açıklanabilir. Yavuz (2006) tarafından yapılan çalışmada İzmir ili (2001-2004) dönemine ait meteorolojik verileri değerlendirilmiş ve yaklaşık 4 yıllık süre içerisinde ısının 0°C 'nin altına 13 kez düştüğü ve en düşük sıcaklığın $(-)^5^{\circ}\text{C}$ olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8.41 Buca yeşil andezitinin durabilite değerlendirmesi

Özellikler	Deney Sonuçları	Durabilite Değerlendirmesi
Ortalama Gözenek Boyutu	0,08 μm	Donma çözünmeye duyarlı
Doygunluk Katsayısı	0,91	Donma çözünmeye duyarlı
Doygun-Kuru Tek Eksenli Basınç Direnç Oranı	%91,88	Çok iyi
Statik Kaya Durabilite İndeksi	2,11	İyi
Slake Durabilite İndeksi	%98,75	Çok Yüksek

BÖLÜM DOKUZ

SONUÇLAR

Başta Buca ilçesi olmak üzere İzmir' de yer alan tarihi binalarda doğal yapıtaşı olarak kullanılmış olan yeşil renkli andezitlerin $38^{\circ}23'37.60''K$ $27^{\circ} 8'12.58''D$ koordinatlı bölgede yer alan taş ocağından üretildiği belirlenmiştir.

Buca yeşil andezitinin mineralojik ve kimyasal kompozisyonuna göre trakiandezit bileşiminde olduğu, yeşil rengin ise kayacın matriksinin kloritleşmesi ürünü olduğu belirlenmiştir.

Buca yeşil andezitinin; özgül ağırlığının 2,82, görünür porozitesinin % 4,89, toplam porozitesinin %17,8, kuru birim hacim ağırlığının $2,32 \text{ gr/cm}^3$, suya doymuş birim hacim ağırlığının $2,36 \text{ gr/cm}^3$, ağırlıkça su emmesinin % 2,12, doymuluk katsayısının 0,91 ve boşluk oranının % 5,18 olduğu belirlenmiştir. Buca yeşil andezitinin kuru tek eksenli basınç dayanımının $899,08 \text{ kgf/cm}^2$, suya doymuş tek eksenli basınç dayanımının $826,04 \text{ kgf/cm}^2$, Böhme yüzeysel aşınma kaybının $7,05 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, darbe direncinin $67,2 \text{ kgf cm/cm}^3$, kuru nokta yükü dayanım indeksinin $80,04 \text{ kgf/cm}^2$, suya doymuş nokta yükü dayanım indeksi $4,34 \text{ kgf/cm}^2$ ve Shore sertlik indeksi 75,44 olduğu belirlenmiştir.

Buca yeşil andezitinin ıslanma-kuruma deneyi sonrası kuru birim hacim ağırlığında %0,89, doymuş birim ağırlığında %0,35 oranında azalma, boşluk oranında % 21,04, ağırlıkça su emmesinde % 4,19 ve görünür porozitesinde ise % 4,26 oranında artma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Buca yeşil andezitinin deney sonunda % 1,28 oranında kütle kaybı ve % 3,5 oranında direnç kaybına uğradığı belirlenmiştir.

Donma çözünme deneyi sonucunda yeşil andezitin kuru birim hacim ağırlığında % 1,29, doymuş birim ağırlığında % 0,99 oranında azalma, boşluk oranında % 11,54, ağırlıkça su emmesinin % 12,07 ve görünür porozitesinde ise % 10,95 oranında

artma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deney sonunda Buca yeşil andezitinin % 1,15 oranında kütle kaybı ve % 0,84 oranında direnç kaybı geliştiği gözlenmiştir.

Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi sonucunda Buca yeşil andezitinin kuru birim hacim ağırlığında % 0,59, suya doymuş birim hacim ağırlığında % 0,29 oranında azalma, boşluk oranında % 11,00, ağırlıkça su emmesinin % 10,92 görünür porozitesinde % 10,39 oranında artma gözlenmiştir. Bu deney sonucunda kayada % 2,31 oranında kütle kaybı ve % 27,87 oranında ise direnç kaybı geliştiği belirlenmiştir.

MgSO_4 tuz kristallenmesi deneyi sonrası Buca yeşil andeziti numunelerinin kuru birim hacim ağırlığında % 0,63, doymuş birim hacim ağırlığında % 0,32 azalma, boşluk oranında % 10,38, ağırlıkça su emmesinin % 10,29, görünür porozitesinde % 9,72 oranında artma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu deney sonucunda kayada % 3,26 kütle kaybı ve % 15,04 oranında ise direnç kaybı geliştiği belirlenmiştir.

Buca yeşil andezitinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin önemli bir kısmı doğal yapıtaşı olarak kullanılabilirliği açısından ilgili standartlara uygunken bazı fiziksel özellikleri ise standartlarda belirtilen sınır değerleri sağlamamaktadır. Buca yeşil andezitinin durabilitesi beş ayrı yöntemle araştırılmış ve kayacın durabilitesi ortalama gözenek boyutu ve doymuşluk katsayısı yöntemlerine göre ‘düşük durabiliteli’ doymuş-kuru tek eksenli basınç direnci oranı ile statik ve slake durabilite indekslerine göre ‘iyi ve çok iyi durabiliteli’ olarak belirlenmiştir. Buca yeşil andezitinin doğal yapıtaşı olarak kullanılmış olduğu tarihi binaların dış cephelerinde yapılan saha gözlemleri neticesinde kayacın uzun dönem saha performansının yüksek olduğu gözlenmiştir. Andezitlerin iyi korunmuş olmasının nedeni İzmir ikliminin ılıman olması, donma çözünme olayının sıkça rastlanmaması ve ayrıca Buca ilçesinin sanayileşme açısından İzmir şehir merkezine oranla daha bakir olmasıyla açıklanabilir. Buca yeşil andezitinin saha performansı göz önüne alındığında ‘yüksek durabiliteli bir kayaç’ olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, ılıman iklime sahip bölgelerde doğal yapıtaşı olarak kullanılacak kayaçlar için durabilite değerlendirme yöntemlerinden ortalama gözenek boyutu ve doymuşluk katsayısı önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Anon, (1979), Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1. Rock and soil materials. *Bull Int Assoc Eng Geol.* 19, 364-371.
- Akay, E. (2000). *Magmatic and Tectonic Evolution of the Yuntdag Volcanic Complex Western Anatolia*. Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Altındağ, R., Güney, A. (2005). ISRM Suggested Method for determining the Shore Hardness value for rock.
- Arık, M. (1980). Buca-Altındağ Yöresinin Hidrojeolojik İncelemesi, Bitirme Projesi, E. Ü. Yerbilimleri Fakültesi, İzmir, 48 sayfa.
- Arnold, A. (1999). Methodology of the study on decay, weathering and conservation of monuments, *ICCROM*, 13th international course on the technology of stone conservation, Unpublish Lecture Notes, Venice.
- ASTM D 4404. (1984). Standarts Test Method for Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry, *ASTM International*, Aug 31.
- Bell, F. G. (1980). *Engineering Geology and Geotechnics*. Butter Worth and Co. Ltd., London, 497 p
- Bell, F. G. (1993). *Engineering Geology*. *Blackwell Scientific Publications*, London.
- Benavente, D., Garciadel Cura, M.A., Fort, R. ve Ordóñez, S. (2004). Durability estimation of porous building Stones from pore structure and strength. *Engineering Geology.* 74, 113-127.

- Bieniawski, Z.T. (1976) *Rock mass classification in rock engineering. Proc. Symp. Exploration for rock engineering*. Johannesburg.
- Davis W.R. ve Brough R. (1972). *Ultrasonic techniques in ceramic research and testin*. Ultrasonics, May.
- Deere, D. U. and Miller, R. P. (1966). Engineering classification and index properties for intact rock: Report AFWL-TR-65-116, *Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirtland Air Force Base*, New Mexico.
- Erdoğan, B. (1991). Mermerlerde aşınma kaybına ilişkin düşünceler: *Mermer Yapı ve Dekorasyon Dergisi*, 12, 11-14.
- Erdoğan, B., Yavuz, A.B. (2004). Kayaçların yapı taşı olarak kullanılabilirliğini belirlemede fiziko mekanik özelliklerin önemi: *Natural Stone Dergisi*, 6, 22-229.
- Erguvanlı, K. (1982). Mühendislik jeolojisi. İTÜ yayını, 590.
- Flatt, R.J. (2002). Salt damage in porous materials: How high supersaturations are generated. *Journal of Crystal Growth*, 242, 435-454.
- Fitzner, B. (1988). Porosity properties of naturally or artificially weathered sandstone. In: Ciabach, J. (Ed.), *Proceedings of the 6th international congress on deterioration and conservation of stone*, Toru, Poland, Pp. 236-245.
- Gamble, J.C., 1971. Şeyllerin Durabilite-plastisite sınıflaması. PhD Thesis, University of Illinois (unpublished).
- Goudie, A.S., Viles, H.A. (1997). Salt weathering hazards. *John Wiley*, Chichester.

Herodotus, (420 BC). History : *'I Observed....That salt exuded from the soil to such an extent as event to injure the pyramids'*. 2.12 (Book 2).

ISRM (1978). *Suggested method for determining of the shore scleroscope hardness*. Ed. E.T. Brown 211 pp. Pergamon Pres U.K.

ISRM (1981). Rock Charakterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods, E. T. Brown, E. T. (Ed), Brown 211 pp. Pergamon Pres U.K.

ISRM (1985). Suggested method for determining poind load strength. Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 22:51-60.

ISRM (2001). Rock charakterization, testing and monitoring. In: Brown, E. T. (Ed), *International Society For Rock Mechanics Suggested Methods*. Pergamon Pres, Oxford, 211 pp.

İzdar, E. (1975). Batı Anadolu'nun Tektonik Gelişimi ve Ege Denizine Ait Üniteler ile Karşılaştırılması, Ege Ünüversitesi Müh. Fak Yayını No 8, İzmir.

Jutson, J. T. (1918). The influence of salts in rock weathering in sub-arid western Australia. *Royal society of Victoria, Proceedings*, 30, 165-172.

Kıncal, C. (2005). *İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi*, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.342, İzmir.

Knöfel, S. (1987). Physicochemical weathering reactions as a formulary for time-lapsing ageing tests, *Materials and Structures*. Vol. 20, Pp.127-145.

Koca, M.Y. (1995). Slope Stability Assessment of the Abandoned Andesite Quarries in and Around the Izmir City Centre, PhD. Thesis, Dokuz Eylul University Graduate School of Natural and Applied Science, Izmir-Türkiye, 430 p.

Koca, M.Y. (1999). İzmir Yöresinde Andezitlerin Bozunma Ürünü Killerin Oluşum Şekilleri ve Mühendislik Özellikleri. TJK Bülteni, C.42, Sayı.2.

Koca, M.Y., Kınal, C., Turk, N. (2000). Relations between the P-wave velocity and other selected engineering properties of andesitic lavas and autobreccias in Izmir, International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Regions (I.E.S.C.A), Proceedings (69-81), Izmir-Turkiye.

Küçükaya, A.G. (1995). *Taşların bozunma nedenleri koruma yöntemleri*, Pp. 43-95

Larsen, T., Candy, P.D. (1969). Identification of frost susceptible particles in concrete aggregates. *National Cooperative Research Program*, report 66. Highway research board, Washington, DC.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. And Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 745-750.

Lewin, S.Z. (1982). The mechanism of masonry decay through crystallization. In: Conservation of historic stone building and monuments. *National Academy of Sciences*, Washington, DC, 120-144

Lucas, A. (1925). Antiques, their restoration and preservation. *Arnold E. And Co.*, London.

Luquer, L. Mcl. (1895). The relative effects of frost and the sulfate of soda efflorescence tests on building stones. *Transactions, American Society of Civil Engineers* 33, 235-256.

- Mamillian, M. (1993). Méthodes d' evaluation de l' état d' alterations des pierres des monuments. In: Theiel, M.-J. (Ed.), Conservation of stone and other materials, *Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress*. RILEM Proc. 21, Pp. 775-783
- Miyashiro, A. 1978. *Nature of alkalic rock series*, *Contrib. Mineral Petrology*, 66, 91 – 104.
- Mod'd, B.K., Howarth, R.J., Bland, C.H. (1996). Rapid prediction of building research establishment limestone durability classform porosity and saturation. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 29, 285-297.
- Ordóñez, S., Fort, R., Garcia del Cura, M.A. (1997). Pore size distribution and the durability of a porous limestone. *Quarterly Journal Of Enginnering Geology* 30, 221-230
- Özden, U.A. ve Topal, T. (2009). Evaluation of andesite source as armourstone for a rubble mound breakwater. *Environ Earth SCI*, 59, 39-49.
- Punuru, A.R., Chowdhury, A.N., Kulshreshtha, N.P., Gauri, K.L. (1990). Control of porosity on durability of limestone at The Great Sphinx, Egypt. *Environmental Geology And Water Science* 15, 225-232.
- R.I.L.E.M. (1980). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods, Comission 25-PEM. *Material structures*. Vol. 13, Pp. 175-253
- Rossi-Doria, P. R. (1985). Laboratory tests on artistic stonework, the deterioration on conservation of stone. *Studies and documents on the cultural heritage*.

- Rossi-Manaresi, R. (1976). Causes of decay and conservation treatments of the tuff of Castel Dell'ova In Naples, Proc. 2.Nd. *Int. Symp. On the deterioration of building stones*. Athens Pp. 233-248
- Rossi-Manaresi, R., Tucci, A. (1991). Pore structure and the disruptive or cementing effect of salt crystallization in various types of stone. *Studies in conservation* 36, 53-58.
- Ruedrich, J., Kirchner, D., Siegesmund, S. (2011). Physical weathering of building stones induced by freeze- thaw action: a laboratory long –term study. *Environ Earth Sci*, 63: 1573-1586.
- Savaşçın, M.Y. (1974). Batı Anadolu “Andezit Bazalt” Jenezi Sorununa Katkılar, TJK Bülteni, C.17, Sayfa 87-171.
- Schaffer, R.J. (1932). *The weathering of natural building stones*. Special report no. 18, Building Research Establishment, Garston.
- Scherer, G.W. (1999). Crystallization in pores. *Cement and Concrete Research* 29, 1347-1358
- Scherer, G.W. (2006). Internal stress and cracking in stone and masonry. In: Kontsa-Gdoutos, M.S. (Ed.), *Measuring, monitoring and modeling concrete properties*, proceedings of 16th European Conference of Fracture. Alexandroupolis, Greece, Pp. 669-673.
- Sims, I. (1991). Quality and durability of stone for construction. *Q. J. Eng. Geol.* 24: 67-73.
- Steiger, M. (2005b). Crystal growth in porous materials-II: influence of crystal size on the crystallization pressure, *Journal of Cryst Growth* 282, 470-481.

- Steinberger, E. (2003). Volcanic tuffs from Hesse (Germany) and their weathering behaviour. *Environ Geol* 46: 378-390
- Stück, H., Siegesmund, S., Rüdlich, J. (2011). Weathering behaviour and construction suitability of dimension Stones from the Drei Gleichen area (Thuringia, Germany) *Environ. Geol.* 63: 1763-1786.
- Taber, S. (1916). The growth of crystals under external pressure. *American Journal of Science*, 41,532-556
- Topal, T. (1997). *Accelerated weathering in the Cappadocian tuff*. In: Proceedings of the international symposium on geology and environment, İstanbul, Pp 281-291
- Topal, T., Doyuran, V. (1997b). Engineering geological properties and durability assesment of the Cappadocian tuff. *Eng Geol* 47, 175-187.
- Topal, T. (1999). Accelerated weathering in The Cappadocian Tuff. *International Symposium On Geology and Environment*.
- Topal, T., Sözen, B. (2003). Deterioration mechanism of tuffs in Midas monument. *Eng Geol* 68: 201-233
- Török A., Forgo L. Z., Vogt T., Löbens S., Siegmund S., Weiss T. (2005). The influence of lithology and pore size distribution on the durability of acid volcanic tuffs, Hungary. Building Stone from Diagnosis to Concervation. *Geological Society*, Special Publication 251-259
- Türk, N. ve Koca, M. Y. (1994). Engineering Geological Problems of the First Phase of the Izmir Metro Proceedings Sevent International Congress International Association of Engineering Geology, 5-9 September 1994, Lisboa, Portugal, 4259-4264.

- TS 699 (2009). *Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Metodları (Natural building stone- Methods of inspection and laboratory testing) Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 36 p*
- TS 1910 (1977). *Doğal Yapı Taşları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 6 p*
- TS 2513 (1977). *Doğal Yapı Taşları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 6 p*
- TS 10835 (1993). *Doğal Yapı Taşları - Deney Metodları. Andezitlerin yapı ve kaplama taşı olarak kullanımı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TS 13755 (2003). *Doğal Yapı Taşları - Deney Metodları- Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 1097- 1(2002). *Agrega - Aşınma Direnci Tayini- Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 1097- 2 (2000). *Agrega - Parçalanma Direnci Tayini - Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 1341 (2004). *Doğal Yapı Taşı -Aşınmaya Karşı Dayanıklılık Tayini, Türk standartları Enstitüsü, Ankara*
- TS 1926 (2000). *Doğal Yapı Taşları- Deney Metodları- Basınç Dayanımı Tayini,) Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 1936 (2001). *Doğal Yapı Taşları- Deney Metodları- Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*

- TSEN 12370 (2001). *Doğal Yapı Taşları- Deneysel Metodları-Tuz Kristallenmesinin Direncinin Tayini (Natural stone test methods-Determining of resistance to salt crystallisation. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish)*
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A. (2005). Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*:58.
- Vos, B.H., (1976), Water absorption and drying of materials. In: Rossi-Manaresi, R (Ed.), *The conservation of stone I, Centro Per La Conservazione Dele Sculture All' apperto, Bologna, Pp. 679-694.*
- Yavuz, A. B. (2001). Muğla Yöresi Mermer Ocaklarında Blok Mermer Üretimini Etkileyen Jeolojik Parametreler, Unpublished, PhD Thesis, D.E.U. Graduate School of Natural and applied Sciences, İzmir, Turkey.
- Yavuz, A. B. (2006). Deterioration of the volcanic kerb and pavement stones in a humid environment in the city centre of İzmir, Turkey. *Environ. Geol.*, 51, 211-227.
- Yavuz, H., Altındağ, R., Saraç, S., Uğur, I., Sengun, N. (2006). Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freeze-thaw and thermal and thermal shock weathering.
- Yavuz, A. B. (2012). Durability assessment of the Alaçatı tuff (Izmir) in western Turkey. *Environ Geol* 67: 1909–1925
- Yu S, Oguchi T.C. (2010). Role of pore size distribution in salt uptake, damage and predicting salt susceptibility of eight types of japanese building stones. *Engineering Geology*: 115, 226-236
- Wellman, H.W., Wilson, A.T. (1965). Salt weathering, a neglected geological erosive agent in coastal and arid environments. *Nature* 205, 1097-1098.

Winchester, J.A. and Floyd, P.A. 1977. Geochemical classification of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, 325 – 343.

Winkler, E. M. (1993). Discussion and Reply On “ The Durability of Sandstone As a Building Stone, Especially In Urban Environments”. *Bull. Assoc. Eng. Geol.* 30, 99-101.

Winkler, E. M. (1994). Stone in architecture, *Springer- Verlag*, Berlin.

Zehnder, K., Arnold, A. (1989). Crystal growth in salt efflorescesce. *Journal of Crystal Growth* 97, 513-521.

EKLER

EK 1 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN ANA ELEMENT ANALİZİ

Metod	4A-4B
SiO ₂ (%)	60,62
Al ₂ O ₃ (%)	14,26
Fe ₂ O ₃ (%)	5,53
MgO (%)	1,86
CaO (%)	5,46
Na ₂ O (%)	2,61
K ₂ O (%)	4,14
TiO ₂ (%)	0,60
P ₂ O ₅ (%)	0,38
MnO (%)	0,43
Cr ₂ O ₃ (%)	0,02
Kızdırma Kaybı (%)	3,8
Toplam (%)	99,74

EK 2 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN İZ ELEMENT ANALİZLERİ

Metod	4A-4B	Metod	4A-4B	Metod	IDX
Ba (ppm)	871	Zr (ppm)	238,1	Mo (ppm)	0,4
Be (ppm)	3	Y (ppm)	35,5	Cu (ppm)	24,3
Co (ppm)	14,4	La (ppm)	42,3	Pb (ppm)	3,9
Cs (ppm)	8,6	Ce (ppm)	87	Zn (ppm)	47
Ga (ppm)	17,7	Pr (ppm)	9,93	Ni (ppm)	30,7
Hf (ppm)	6,6	Nd (ppm)	36,8	As (ppm)	14,2
Nb (ppm)	11,8	Sm (ppm)	7,25	Cd (ppm)	<0,1
Rb (ppm)	144,2	Eu (ppm)	1,31	Sb (ppm)	0,9
Sn (ppm)	3	Gd (ppm)	6,19	Bi (ppm)	<0,1
Sr (ppm)	456,1	Tb (ppm)	0,97	Ag (ppm)	<0,1
Ta (ppm)	0,9	Dy (ppm)	5,57	Au (ppm)	32,9
Th (ppm)	21,8	Ho (ppm)	1,16	Hg(ppm)	<0,01
U (ppm)	4,9	Er (ppm)	3,43	Ti (ppm)	0,04
V (ppm)	114	Tm (ppm)	0,57	Se (ppm)	<0,5
W (ppm)	0,9	Yb (ppm)	0,57	Lu(ppm)	3,86

EK 3 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Su İçerisinde Ağırlık (gr)	Boşluk (cm ³)	Hacim (cm ³) Arşimet
A2	546,23	554,07	305,78	7,84	248,29
A3	570,82	587,91	338,7	17,09	249,21
A4	573,38	589,02	340,1	15,64	248,92
A5	545,08	552,77	304,18	7,69	248,59
A6	608,44	615,35	367,25	6,91	248,1
A8	559,18	575,52	330,76	16,34	244,76
A9	611,39	620,04	369,42	8,65	250,62
A10	581,54	586,59	337,49	5,05	249,1
A12	562,34	575,33	329,01	12,99	246,32
A14	601,8	612,34	362,25	10,54	250,09
A15	602,12	611,17	362,01	9,05	249,16
A16	563,32	579,21	332,59	15,89	246,62
A17	541,73	549,66	301,04	7,93	248,62
A18	604,05	614,91	364,22	10,86	250,69
A20	602,78	612,46	362,8	9,68	249,66
A21	572,16	577,77	328,25	5,61	249,52
A22	539,48	547,7	299,54	8,22	248,16
A24	565,54	579,24	333,22	13,7	246,02
A26	576,64	592,23	342,13	15,59	250,1
A27	558,14	573,06	325,72	14,92	247,34
A28	567,9	580,32	336,4	12,42	243,92
A31	586,34	602,72	353,12	16,38	249,6
A32	570,29	584,43	336,14	14,14	248,29
A33	617,3	625,26	376,5	7,96	248,76
A34	601,42	610,19	363,6	8,77	246,59
A35	559,89	576,65	333,18	16,76	243,47
A36	548,79	564,93	322,96	16,14	241,97
A37	544,44	559,66	322,65	15,22	237,01
A38	579,69	594,02	347,32	14,33	246,7
A39	591,44	604,42	354,02	12,98	250,4
A40	550,48	565,08	328,44	14,6	236,64
A42	535,04	545,92	298,68	10,88	247,24
A47	557,29	573,92	330,78	16,63	243,14
A48	551,28	564,86	325,5	13,58	239,36
A50	545,05	555,62	326,84	10,57	228,78

No	Porozite (%)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
A2	3,16	2,20 2,29	2,23	3,26	1,44 2,99
A3	6,86	2,30	2,36	7,36	2,73
A4	6,286	2,19	2,37	6,70	1,41
A5	3,096	2,45	2,22	3,19	1,14
A6	2,786	2,28	2,48	2,86	2,92
A8	6,68	2,44	2,35	7,15	1,41
A9	3,45	2,33	2,47	3,57	0,86
A10	2,03	2,252	2,35	2,07	2,31
A12	5,27	2,41	2,34	5,57	1,75
A14	4,21	2,42	2,45	4,40	1,50
A15	3,63	2,28	2,45	3,77	2,82
A16	6,44	2,18	2,35	6,89	1,46
A17	3,19	2,41	2,21	3,30	1,80
A18	4,33	2,41	2,45	4,52	1,61
A20	3,87	2,29	2,45	4,03	0,98
A21	2,25	2,17	2,31	2,30	1,52
A22	3,31	2,30	2,21	3,43	2,42
A24	5,57	2,31	2,35	5,90	2,70
A26	6,23	2,26	2,37	6,65	2,67
A27	6,03	2,33	2,32	6,42	2,18
A28	5,09	2,35	2,38	5,37	2,79
A31	6,56	2,30	2,41	7,02	2,48
A32	5,69	2,48	2,35	6,04	1,28
A33	3,20	2,44	2,51	3,31	1,45
A34	3,56	2,30	2,47	3,69	2,99
A35	6,88	2,27	2,37	7,39	2,94
A36	6,67	2,30	2,33	7,15	2,80
A37	6,42	2,35	2,36	6,86	2,42
A38	5,81	2,36	2,41	6,17	2,19
A39	5,18	2,33	2,41	5,47	2,65
A40	6,17	2,16	2,39	6,58	2,03
A42	4,40	2,29	2,21	4,60	2,98
A47	6,84	2,30	2,36	7,34	2,46
A48	5,67	2,38	2,36	6,01	1,94
A50	4,62		2,43	4,84	
Ortalama	4,90	2,32	2,36	5,18	2,12
Std. sp.	1,50	0,08	0,08	1,65	0,66

EK 4 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİNİN KURU VE SUYA DOYGUN TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMLARI

No	Yarıçap (mm)	Alan (cm ²)	Kırılma Yüğü (kg)	Kuru T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
A1			193,5	845,35		
A12			210,2	918,30		
A20	27,00	22,89	280,5	1225,42	899,08	197,21
A29			163,2	712,97		
A38			181,6	793,36		

Ort: Ortalama S.S: Standart Sapma T.E.B: Tek Eksenli Basınç Direnci

No	Yarıçap (mm)	Alan (cm ²)	Kırılma Yüğü (kg)	Doygun T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
A6			225,2	983,84		
A15			171,8	750,55		
A28	2,7	22,89	137,8	602,01	826,04	233,17
A30			147,7	645,25		
A33			262,9	1148,53		

EK 5 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN DARBE DİRENCİ DENEY SONUÇLARI

No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanımı (kgfcm/cm ³)	Ortalama	S.S. (±)
D	8	72	67,2	26,18
E	7	56		
F	10	110		
G	6	42		
H	7	56		

EK 6 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN BÖHME AŞINMA DİRENCİNE KARŞI DAYANIMI

	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Hacim (cm ³)
Başlangıç	A	70,10	70,01	49,07	905,05	551,36	353,69
	B	70,05	70,14	49,13	906	552,65	353,35
	C	70,32	70,45	49,54	910,07	557,64	352,43
<i>Böhme Sonrası</i>	A	70,31	70,15	49,32	887,34	540,94	346,4
	B	70,17	70,22	49,27	888,47	542,18	346,29
	C	70,21	70,13	49,23	893,58	547,9	345,68

EK 7 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN KURU VE DOYGUN NOKTA YÜKLEME DAYANIM İNDEKSİ

No	Kırılma Yüğü (kg)	d (mm)	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (Kuru) (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
NY2	1632,65	54,06	71,98	80,04	11,30
NY3	1814,05	54,62	80,13		
NY4	1632,65	55,2	71,96		
NY7	1723,35	54,37	76,84		
NY10	2267,57	55,37	99,28		

No	Kırılma Yüğü (kg)	d (mm)	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (Doğun) (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
NY1	1360,54	57,87	60,41	46,34	13,60
NY5	816,32	54,33	36,30		
NY8	997,73	55,56	45,28		
NY11	680,27	56,21	30,09		
NY12	1360,54	53,85	59,61		

EK 8 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN KURU VE ISLAK NUMUNELERİNİN
BRAZILIAN DENEYİ ÇEKME DAYANIM İNDEKSİ

No	Kırılma Yükü (kg)	d (mm)	Brazilian Deneyi Çekme İndeksi (Kuru) (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
B2	1995,46	27,3	86,61	98,35	16,48
B4	2539,68	26,53	113,75		
B6	2811,79	28,32	118,76		
B8	1950,11	27,28	84,72		
B9	2086,16	28,1	87,89		

No	Kırılma Yükü (kg)	d (mm)	Brazilian Deneyi Çekme İndeksi (Doygun) (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
B5	1360,54	28,57	62,84	59,37	8,73
B7	1723,35	29,18	70,09		
B10	1269,84	28,7	52,93		
B12	1269,84	29,13	51,62		

EK 9 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN SHORE SERTLİK İNDEKSİ

Shore Sertlik İndeksi			
Okunan Değer Sayısı	Buca Yeşil Andeziti	Okunan Değer Sayısı	Buca Yeşil Andeziti
1	78	26	76
2	78	27	74
3	76	28	76
4	78	29	76
5	75	30	74
6	76	31	75
7	78	32	77
8	76	33	79
9	70	34	74
10	76	35	75
11	74	36	76
12	77	37	78
13	74	38	78
14	73	39	80
15	75	40	76
16	78	41	73
17	76	42	75
18	74	43	73
19	70	44	70
20	76	45	79
21	75	46	78
22	77	47	74
23	79	48	71
24	74	49	75
25	72	50	75
Ortalama (±) Standart Sapma			
75,44(±)2,38			

EK 10 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN ISLANMA KURUMA SONRASI
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ VE KÜTLE KAYBI

20. Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A4	581,24	598,21	347,52
A7	585,23	594,98	355,43
A14	609,73	618,86	361,4
A36	557,53	573,38	331,52
A37	551,14	566,97	329,11

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A4	0,28	0,1	250,69	2,318561
A7			239,55	2,443039
A14			257,46	2,368251
A36			241,86	2,305177
A37			237,86	2,317077

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort.
A4		2,38		6,76	
A7		2,48		4,07	
A14	2,35	2,40	2,41	3,54	5,52
A36		2,37		6,55	
A37		2,38		6,65	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A4	7,26		2,91	
A7	4,24		1,66	
A14	3,67	5,86	1,49	2,36
A36	7,01		2,84	
A37	7,12		2,87	

40. Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A4	579,17	597,26	347,07
A7	583,83	593,75	354,98
A14	607,55	617,35	360,49
A36	555,62	572,44	330,75
A37	549,49	565,82	328,58

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A4	0,60	0,11	250,19	2,31
A7			238,77	2,44
A14			256,86	2,36
A36			241,69	2,29
A37			237,24	2,31

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doymun B.H.A	Doymun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort
A4	2,348	2,38	2,40	7,23	5,80
A7		2,48		4,15	
A14		2,40		3,81	
A36		2,36		6,95	
A37		2,38		6,88	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A4	7,79	6,19	3,12	2,49
A7	4,33		1,69	
A14	3,96		1,61	
A36	7,47		3,02	
A37	7,39		2,97	

60. Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A4	577,61	596,03	345,93
A7	581,23	592,3	353,92
A14	605,15	615,89	359,24
A36	553,42	571,19	329,41
A37	547,11	564,56	327,39

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A4	0,99	0,09	250,10	2,30
A7			238,38	2,43
A14			256,65	2,35
A36			241,78	2,28
A37			237,17	2,30

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort
A4	2,34	2,38	2,40	7,36	6,8
A7		2,48		4,64	
A14		2,39		4,18	
A36		2,36		7,34	
A37		2,38		7,35	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A4	7,95	6,61	3,18	2,65
A7	4,87		1,90	
A14	4,36		1,77	
A36	7,93		3,21	
A37	7,94		3,18	

80. Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A4	575,6	594,58	344,84
A7	579,91	591,17	353,6
A14	603,25	614,27	357,91
A36	551,39	569,52	328,13
A37	545,76	563,52	326,59

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A4	1,29	0,1	249,74	2,30
A7			237,57	2,44
A14			256,36	2,35
A36			241,39	2,28
A37			236,93	2,30

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort
A4		2,38		7,59	
A7		2,48		4,73	
A14	2,33	2,39	2,40	4,29	6,33
A36		2,35		7,51	
A37		2,37		7,49	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A4	8,22		3,29	
A7	4,97		1,94	
A14	4,49	6,78	1,82	2,72
A36	8,12		3,28	
A37	8,10		3,25	

EK 11 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ' NİN ISLANMA KURUMA DENEYİ SONRASI TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERİ VE DİRENÇ KAYBI

No	Yarıçap(mm)	Alan (cm ²)	Kuru T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
A4 A14 A36 A37	2,7	22,89	874,61 1082,13 814,32 912,62	867,19	49,57

Numune Sayısı	Deney Öncesi Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Direnç Kaybı
5	899,08	974,92	yok

EK 12 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN DONMA ÇÖZÜNME DENEYİ
SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE KAYBI

20.Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A18	609,85	621,25	362,45
A24	572,32	586,86	340,89
A25	541,12	551,64	304,31
A39	598,35	611,91	359,61
A40	557,11	573,06	324,7

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A18	0,53	0,14	258,80	2,35
A24			245,97	2,32
A25			247,33	2,18
A39			252,30	2,37
A40			248,36	2,24

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort
A18	2,30	2,40	2,35	4,40	5,27
A24		2,38		5,91	
A25		2,23		4,25	
A39		2,42		5,37	
A40		2,30		6,42	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A18	4,60	5,58	1,86	2,30
A24	6,28		2,54	
A25	4,44		1,94	
A39	5,67		2,26	
A40	6,86		2,86	

40.Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doğun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)
A18	606,12	618,32	360,41
A24	568,59	583,72	339,63
A25	537,87	548,67	301,63
A39	594,21	609,68	353,79
A40	553,93	570,98	321,57

No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
A18	1,15	0,14	257,91	2,35
A24			244,09	2,32
A25			247,04	2,17
A39			255,89	2,32
A40			249,41	2,22

No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ort.
A18		2,39		4,73	
A24		2,39		6,19	
A25	2,28	2,22	2,34	4,37	5,64
A39		2,38		6,04	
A40		2,28		6,83	

No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
A18	4,96		2,01	
A24	6,60		2,66	
A25	4,57	5,98	2,00	2,47
A39	6,43		2,60	
A40	7,33		3,07	

EK 13 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ' NİN DONMA ÇÖZÜNME DENEYİ
SONRASI TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERİ VE DİRENÇ KAYBI

No	Yarıçap (cm)	Alan (cm ²)	Kuru T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
A18	2,7	22,89	1064,22	891,57	209,55
A24			1036,26		
A25			540,41		
A39			885,97		
A40			930,97		

Numune Sayısı	Deney Öncesi Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Direnç Kaybı
5	899,08	891,57	0,84

EK 14 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN TUZ KRİSTALLENMESİ DENEYİ
(Na_2SO_4) SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE KAYBI

15.Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Kütle Kaybı Ortalama	Hacim (cm^3)
A5	538,13	546,73	300,56	2,31	246,17
A13	556,15	576,65	331,65		245,00
A19	533,03	554,01	321,72		232,29
A22	532,17	541,37	295,63		245,74
A35	551,58	570,43	329,41		241,02

No	Kuru B.H.A (gr/cm^3)	Doygun B.H.A (gr/cm^3)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
A5	2,18	2,22	3,49	3,62	1,59
A13	2,27	2,35	8,36	9,13	3,68
A19	2,29	2,38	9,03	9,92	3,93
A22	2,16	2,20	3,74	3,88	1,72
A35	2,28	2,36	7,82	8,48	3,41
Ort.	2,24	2,31	6,49	7,01	2,87

EK 15 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN TUZ KRİSTALLENMESİ DENEYİ
(Na_2SO_4) SONRASI TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERİ VE DİRENÇ
KAYBI

No	Yarıçap (cm)	Alan (cm^2)	Kuru T.E.B Direnci (kg/cm^2)	Ort.	S.S (\pm)
A5 A13 A22 A35	2,7	22,89	718,21 573,17 605,06 486,67	595,78	95,73

Numune Sayısı	Deney Öncesi Kuru T.E.B (kg/cm^2)	Deney Sonrası Kuru T.E.B (kg/cm^2)	Direnç Kaybı
4	899,08	595,78	27,87

EK 16 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN TUZ KRİSTALLENMESİ DENEYİ
(MgSO₄) SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE KAYBI

5.Periyot

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Kütle Kaybı Ortalama	Hacim (cm ³)
A3	543,09	561,57	322,65	3,26	238,92
A8	543,63	561,28	322,54		238,74
A11	546,44	568,45	325,79		242,66
A16	546,61	563,28	322,3		240,98
A17	525,49	534,05	291,16		242,89

No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
A3	2,27	2,35	7,73	8,38	3,40
A8	2,27	2,35	7,39	7,98	3,24
A11	2,25	2,34	9,07	9,97	4,02
A16	2,26	2,33	6,91	7,43	3,04
A17	2,16	2,19	3,52	3,65	1,62
Ort.	2,25	2,32	6,93	7,49	3,07

EK 17 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ'NİN TUZ KRİSTALLENMESİ DENEYİ
(MgSO₄) SONRASI TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERİ VE DİRENÇ
KAYBI

No	Yarıçap (cm)	Alan (cm ²)	Kuru T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S (±)
A8	2,7	22,89	570,1	701,73	89,79
A11			769,33		
A16			744,86		
A17			722,58		

Numune Sayısı	Deney Öncesi Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru T.E.B (kg/cm ²)	Direnç Kaybı
4	899,08	701,73	15,04

EK 18 BUCA YEŞİL ANDEZİTLERİ’NİN DENEY ÖNCESİ VE DENEY SONRASI SES İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ

Taze Numune

No	Ölçülen Değer(ms) Kuru	Ölçülen Değer(ms) Doygun	Kenar Uzunluğu (mm)	Kuru Ses İletkenliği (µm)	DoygunSes İletkenliği (µm)
A2	25,4	24,2	110,91	4,36	4,58
A3	27,4	26,1	111,09	4,05	4,25
A4	26,5	25,2	111,35	4,20	4,41
A5	26,7	24,3	111,09	4,16	4,57
A6	26,7	24,5	111,02	4,15	4,53
A8	24,5	23,1	109,55	4,47	4,74
A9	27,3	25,8	111,26	4,07	4,31
A10	24,9	23,8	110,92	4,45	4,66
A12	27	25,6	110,8	4,10	4,32
A14	25,9	24,5	111,31	4,29	4,54
A15	25,6	24,3	110,87	4,33	4,56
A16	27,5	25,9	111,07	4,03	4,28
A17	26	24,3	111,12	4,27	4,57
A18	25,9	24,6	111,65	4,31	4,53
A20	25,5	23,8	110,98	4,35	4,66
A21	22,9	22	111,12	4,85	5,05
A22	26,4	24,8	110,94	4,20	4,47
A24	27,1	25,6	110,09	4,06	4,30
A26	27,5	26	112,04	4,07	4,30
A27	28,4	27	111,47	3,92	4,12
A28	26,4	24,6	108,86	4,12	4,42
A31	25,2	23,5	111,19	4,41	4,73
A32	26,5	25,1	110,76	4,17	4,41
A33	24,1	22,9	110,8	4,59	4,83
A34	25,4	24,5	109,51	4,31	4,46
A35	26,5	24,6	109,06	4,11	4,43
A36	27	25,4	108,4	4,01	4,26
A37	24,5	22,9	105,58	4,30	4,61
A38	28,1	26,5	109,88	3,91	4,14
A39	28,8	27,2	111,76	3,88	4,10
A40	25	24,3	105,33	4,21	4,33
A42	26,8	25,5	110,9	4,13	4,34
A47	28,3	27,6	109,94	3,88	3,98
A48	25,2	24,3	107,35	4,25	4,41
A50	24,5	23	101,89	4,15	4,43
Ortalama				4,21	4,45

Islanma Kuruma Deneyi Sonrası

Numune Sayısı	Ölçülen Değer (ms) Kuru	Ölçülen Değer (ms) Doymun	Kenar Uzunluğu (mm)	Kuru Ses İletkenliği (μm)	Doymun Ses İletkenliği (μm)
5	27,5	26,8	111,35	4,04	4,15
	26,5	25,7	105,92	3,99	4,12
	27,4	26,6	111,31	4,06	4,18
	27	26	108,4	4,01	4,16
	26,4	25,8	105,88	4,01	4,10
Ortalama ± Standart Sapma				4,02 ± 0,02	4,15 ± 0,03

Donma Çözünme Deneyi Sonrası

Numune Sayısı	Ölçülen Değer (ms) Kuru	Ölçülen Değer(ms) Doygun	Kenar Uzunluğu (mm)	Kuru Ses İletkenliği (μm)	Doygun Ses İletkenliği (μm)
5	27,6	26,7	111,65	4,04	4,18
	28,1	27,7	110,09	3,91	3,97
	26,5	27,3	110,95	4,18	4,06
	33	33	111,76	3,38	3,38
	26,5	25,6	105,33	3,97	4,11
Ortalama ± Standart Sapma				3,90 ± 0,3	3,94 ± 0,32

Na₂SO₄ Deneyi Sonrası

Numune Sayısı	Ölçülen Değer (ms) Kuru	Ölçülen Değer(ms) Doygun	Kenar Uzunluğu (mm)	Kuru Ses İletkenliği (µm)	Doygun Ses İletkenliği (µm)
4	28,3	27,9	111,09	3,92	3,98
	28,5	28	110,59	3,88	3,94
	-	-	-	-	-
	27,5	27,2	110,94	4,03	4,08
	27	26,5	109,06	4,03	4,11
Ortalama ± Standart Sapma				3,97 ± 0,07	4,03 ± 0,08

Mg SO₄ Deneyi Sonrası

Numune Sayısı	Ölçülen Değer (ms) Kuru	Ölçülen Değer(ms) Doygun	Kenar Uzunluğu (mm)	Kuru Ses İletkenliği (µm)	Doygun Ses İletkenliği (µm)
5	29,5	28,5	111,09	3,76	3,89
	29,2	28,2	109,55	3,75	3,88
	29,6	29,5	111,79	3,77	3,78
	27,5	26,6	111,07	4,03	4,17
	27,9	27	111,12	3,98	4,11
Ortalama ± Standart Sapma				3,86 ± 0,14	3,97 ± 0,16