

# TÜRKİYE 9. ULUSLARARASI MERMER VE DOĞALTAŞ KONGRESİ VE SERGİSİ BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 9<sup>TH</sup> INTERNATIONAL  
MARBLE AND NATURAL STONES CONGRESS  
AND EXHIBITION OF TURKEY



13-15 Aralık - December 2017  
Antalya – TURKEY

*Editörler / Editors*

**Nazmi ŞENGÜN**

**Servet DEMİRDAĞ  
İbrahim UĞUR**

**Raşit ALTINDAĞ  
Saim SARAÇ**



**TMMOB  
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**

**TÜRKİYE 9. ULUSLARARASI MERMER VE  
DOĞALTAŞ KONGRESİ VE SERGİSİ  
BİLDİRİLER KİTABI**

***PROCEEDINGS OF THE 9<sup>TH</sup> INTERNATIONAL  
MARBLE AND NATURAL STONES CONGRESS  
AND EXHIBITION OF TURKEY***

*13-15 Aralık - December 2017  
Antalya – TURKEY*

***Editörler / Editors***

Nazmi ŞENGÜN  
Servet DEMİRDAĞ  
Raşit ALTINDAĞ  
İbrahim UĞUR  
Saim SARAÇ

Aralık 2017  
ANKARA

©Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın önceden yazılı izni olmaksızın, bu kitabın hiçbir kısmı çoğaltılamaz, bir depolama veya erişim sisteminde saklanamaz veya herhangi bir biçimde elektronik, mekanik, fotokopi, kayıt veya başka yollarla iletilemez. Makaleler, hakemlik sürecinden sonra kabul edildikleri şekilde basılmıştır. Makalelerin içeriği yalnızca yazarların sorumluluğundadır. Yayıncı, yazım veya diğer hatalardan dolayı sorumluluk kabul etmez.

©All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the UCTEA Chamber of Mining Engineers of Turkey. Papers are reprinted as they were submitted after refereeing process. The content of the papers is the sole responsibility of the authors. The publisher takes no responsibility for typographical or other errors.

Aralık 2017

ISBN : 978-605-01-1110-1

Sayfa Tasarımı / Page Design : Ayhan Çınar

Baskı / Print : ÖNKA MATBAASI

Telefon : 0312 384 26 85

Fax : 0312 341 64 08

Yayıncı / Publisher : TMMOB Maden Mühendisleri Odası /  
UCTEA Chamber of Mining Engineers of Turkey  
Selanik Caddesi No: 19/4 • 06650 Kızılay / ANKARA

Tel : +90 312 425 10 80 – 418 36 57

Fax : +90 312 417 52 90

Oda Web : [www.maden.org.tr](http://www.maden.org.tr)

Oda E-mail : [maden@maden.org.tr](mailto:maden@maden.org.tr)

Editorler / Editors : Nazmi ŞENGÜN, Servet DEMİRDAĞ,  
Raşit ALTINDAĞ, İbrahim UĞUR, Saim SARAÇ

[www.mersem.org.tr](http://www.mersem.org.tr)

[mersem@maden.org.tr](mailto:mersem@maden.org.tr)

Ankara / TURKEY



## **DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEE**

### **Ayhan Yüksel**

Yönetim Kurulu Başkanı / *Chairman of The Board*

Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

## **YÜRÜTME KURULU / EXECUTIVE BOARD**

### **Başkan / Chair**

Dr. Raşit ALTINDAĞ Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

### **Başkan Yardımcısı / Vice Chair**

Dr. Servet DEMİRDAĞ Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Özçağ AYDIN Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

### **Genel Sekreter / General Secretary**

Dr. Nazmi ŞENGÜN Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

### **Sayman / Accountant**

Bahadır YILMAZ Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

### **Üyeler / Members**

Dr. Saim SARAÇ Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Dr. İbrahim UĞUR Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Dr. Avni GÜNEY Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi / *Muğla Sıtkı Koçman University*

Emre DEMİR Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Öznur AKÇA Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Osman ERSOYU Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Sedat ZAHTEROĞLU Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Deniz AKBAY Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Merve Karaabat VAROL Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Hilal Özer TOKLU Süleyman Demirel Üniversitesi / *Süleyman Demirel University*

Ergün ÇAL Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Derya ÜNAL Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

Gülşah ERGEN Maden Mühendisleri Odası / *Chamber of Mining Engineers*

# İÇİNDEKİLER / CONTENTS

## I. DOĞAL TAŞ OCAK İŞLETMECİLİĞİ

### I. NATURAL STONE QUARRYING

<b>Mermer Madenciliğinde Saha Arama ve Rezerv Belirleme Çalışmaları</b> <i>Field Exploration and Reserve Determination Studies in Marble Mining</i> T. Onargan .....	3
<b>Mermer Ocaklarının GPR Yöntemi ile 3 Boyutlu Olarak Görüntülenmesi</b> <i>3D Visualization of Marble Quarries by GPR Method</i> Y. K. Kadioğlu, S. Kadioğlu .....	11
<b>Combined Use of 3D Lidar Technology, Photogrammetry and Geotechnical Modelling for Stability Analysis of Marble Quarries in The Apuan Alps (Italy)</b> O. Pandolfi, M. Berlinghieri, P. Oreste .....	19
<b>Strategic Matrix Model in Stone Quarries</b> O. Pandolfi, A. Potenza, M.F. Pop .....	29
<b>Mermer Ocağı İşletme Planlamasında Üretim Kapasitesinin Birim Maliyete Etkisinin Araştırılması</b> <i>Investigation of Effect of Production Capacity at Unit Cost in Marble Quarry Planning</i> T. Mallı.....	37
<b>Örnek Bir Doğal Taş Ocağının NetCAD® Programı Yardımı ile Rezerv Hesaplaması ve Üretim Haritalarının Hazırlanması</b> <i>The Reserve Calculation and Production Maps Preparation of A Natural Stone Quarry via the NetCAD® Software Program</i> İ.S. Büyüksağış, Ö. Bahtiyar, M. Gürsoy .....	45
<b>Piroteknik Kaya Kırıcı Malzemelerin Mermer Ocaklarında Pasa Söküm İşlemlerinde Kullanılması</b> <i>The Usage of Pyrotechnic Rock Breaker Materials to Excavate of Waste Rock in Marble Quarries</i> A. Güneş, S. Demirdağ, C.O. Üner, E.O. Demirbaş .....	53

## II. DOĞAL TAŞ FABRİKA İŞLETMECİLİĞİ II. NATURAL STONE FACTORY PROCESSING

- Performance Comparison of White Fused Alumina and Garnet Abrasives in Abrasive Waterjet Cutting of Marble**  
S. Kaya, G. Aydın, I. Karakurt .....67
- Mermer Blok Kesme Makinası Seçiminde, GİA (Gri İlişkisel Analiz) Yönteminin Uygulanması**  
*Application of Grey Relation Analysis (GRA) Method for Selection of Marble Block Cutting Machine*  
M. Ersoy, M. Y. Çelik, L. Yeşilkaya.....73
- Dairesel Testereli Kesme Makinelerinin Saatlik Üretim Miktarının Mermer Yüzey Sertliğine Bağlı Olarak Yapay Sinir Ağı (YSA) Ve Regresyon Analizleri (RA) İle Tahmin Edilmesi**  
*Estimation of Hourly Slab Productions of Circular Saw Cutting Machines by Artificial Neural Network (YSA) and Regression Analysis (RA) based on Marble Surface Hardness*  
G. Ekincioglu, A. Güney, D. Akbay, R. Altındağ.....87
- Bilgisayar Destekli Eğitim Araçlarına Bir Örnek: Mermer Fabrika Simülasyonu**  
*New Simulation Tool for Engineering Education: Marble Plant Simulation*  
Ö. Akkoyun .....97
- Stone Cutting and Polishing: A Review of Research Trends and Technical Achievements of A Long-History Industry**  
L. G. Rosa .....103
- The Advantages of Epoxy Resin in Marble Surface Treatment**  
*Mermer Yüzey İyileştirilmesinde Epoksi Reçinelerin Avantajları*  
H.T. Özkahraman .....115
- Doğal Taş Sektöründe Kullanılan Uluslararası Ambalajlama ve Nakliye Kuralları/Standartlarının İncelenmesi**  
*Investigation of International Packing and Transportation Used Rules/Standards in Natural Stone Industry*  
İ.S. Büyüksağış, M. Uz, M. Gürsoy .....121

**Çatlaklı Bej Mermer (Kireçtaşı) Blokların Sağlamlaştırılmasında Laboratuvar Ölçekli Alternatif Yöntemlerin Araştırılması**

*Investigation of Laboratory-Scale Alternative Methods for Consolidation of Fractured Beige Marble Blocks*

L. Yeşilkaya, M. Ersoy, M.Y. Çelik, N. Akalın.....283

**Andezitlerde Farklı Sulu Ortamların Kapiler Su Emme Özelliğine Etkisinin İncelenmesi**

*Investigation of the Effect of Different Aqueous Environments on Capillary Water Absorption in Andesite*

M.Y. Çelik, M. Ersoy, L. Yeşilkaya, S. Yılmaz, İ. Köken.....295

**Emet (Kütahya) Yöresindeki Travertenlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri ve Petrografik Özellikleri ile Karşılaştırılması**

*Comparison of Travertines in Emet (Kütahya) Region with Their Physico-Mechanical Properties and Petrographic Properties*

Y. Kibici, E. Zengin, G. Yanık, C. Özkul, H. Karakuş, M. Demirbilek, İ. Aksoy, R.U. Acar .....305

**Mersin/Erdemli Bölgesindeki Mermer Ocaklarının Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

*Evaluation of Physical-Mechanical Properties of Marble Quarry in Mersin/ Erdemli Area*

A.C. Özdemir.....317

**Suya Doygunluğun Karbonatlı Kayaçların Dayanımı Üzerinde Etkisinin Araştırılması**

*Investigating the Effect of Water Saturation on the Strength of Carbonate Rocks*

S. Kahraman, H. Aydın .....325

**Indentation Hardness Test to Predict the Strength of Pyroclastic Rocks Used as Building Stones**

S. Kahraman, M. Sarıbiyık .....331

**Piroklastik Kayaçların Suda Dağılmaya Karşı Duraylılıklarının Dolaylı Deneylerden Tahmini**

*Estimating the Slake Durability of Pyroclastic Rocks from Indirect Tests*

S. Kahraman, M. Fener, O. Günaydın .....337

## Andezitlerde Farklı Sulu Ortamların Kapiler Su Emme Özelliğine Etkisinin İncelenmesi

### *Investigation of the Effect of Different Aqueous Environments on Capillary Water Absorption in Andesite*

M.Y. Çelik, M. Ersoy, L. Yeşilkaya

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyon*

S. Yılmaz, İ. Köken

*Maden Müh. Serbest*

**ÖZET** Doğal yapı taşları, değişik çevresel etkilere maruz kalarak zaman içinde ayrışmaya başlar. Bu çevresel etkilerin en önemlilerinden birisi sudur. Kapiler su emme, doğal yapı taşları içine suyun girmesini sağlayan en önemli mekanizmalardan birisidir. Doğal yapı taşlarında kapiler su emme miktarı gözeneklilik geometrisine bağlıdır. Bu çalışmada Afyonkarahisar yöresinde yapı taşı olarak kullanılan İscehisar andezitlerinin değişik sulu ortamlarda kapiler su emme potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaç için önce, İscehisar andezitlerinin, kimyasal, petrografik-mineralojik (polarizan mikroskop, XRD), gözenek çapı dağılımı ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise statik, sıcak, tuzlu ve asidik sulu ortamlarda kapiler su emme özelliklerini belirlemek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda andezitlerde kapiler su emme potansiyeli 4,70 ile 7,85 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> arasında bulunmuştur. En fazla kapiler su emme değerleri asidik değeri pH'ı 3 olan sularda ölçülmüştür. Andezitler, kapiler su emme kapasitesi 3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> den daha büyük olduğu için “kuvvetli kapiler su emme” gösteren taşlar sınıfında yer almaktadır.

**ABSTRACT** If natural building stones are exposed by various environmental influences, they begin to decompose over time. One of the most important of these environmental effects is water. Capillary water absorption is one of the most important mechanisms that enable water to enter natural building stones. The amount of water absorption in natural building stones depends on the pore geometry. In this study, the water absorption potentials of İscehisar andesite used as building stones in Afyonkarahisar region were investigated in different aqueous media. For this purpose, chemical, petrographic-mineralogical (polarizing microscope, XRD), porosity distribution and physico-mechanical properties of İscehisar andesite have been determined. In the second stage, experimental studies were carried out to determine the water absorption properties of the capillary in static, hot, saline and acidic aqueous media. As a result of these studies, water absorption potential was found between 4,70 and 7,85 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> in the andesite. The maximum capillary water uptake values were measured in the acidic pH 3 water. Since the water absorption capacity of andesite is greater than 3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup>, it is classified as “stones that have strong water absorption”.

### **1 GİRİŞ**

Doğal taşlar, çeşitli uygarlıklar tarafından bilinen ve yaygın şekilde kullanılan inşaat malzemelerinden birisidir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi doğal yapı taşlarının gerek estetik gerekse sağlam ve dayanıklı yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle tarihi dönemlerden günümüze kadar gelen en önemli yapıların doğal taşlardan yapıldığı görülmektedir. Bu yapı taşlarından birisi de andezitlerdir. Andezitler, diyoritlerin yüzey kayaçlarıdır. Andezitlerde plajiyoklas (andezin) ve amfibol (hornblend) grubu mineraller çoğunluğu oluşturmaktadır.



Piroksen grubu, olivin, biyotit gibi minerallerin yanı sıra az miktarda kuvars da bulunabilir. Volkanik kayalar arasında çok bulunan bir kaya türüdür. Ülkemizde yaygın bir şekilde yüzeylenen andezitler nötr kökenli bir magmadan oluşur.

Tarihi yapılar da kullanılan doğal yapı taşları, yapısal ve dokusal özelliklerine göre çevresel ve atmosfer etkileri altında zamanla az ya da çok ayrışmaya başlar. Bu etkilerin en önemlilerinden birisi de sudur. Su gerek tek başına gerekse çözünebilir tuzların kristalleşmesi, donma-çözünme, ıslanma-kuruma gibi atmosferik etkilerle beraber doğal yapı taşları için önemli bir ayrışma faktörüdür.

Yapıların iç ve dış mekanlarında döşeme, kaplama ve dekoratif kullanımın yanı sıra çevre düzenlemeleri, yaya yolu ve kaldırımlarda da doğal yapı taşları kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarında bulunan doğal yapı taşları, yüzeysel veya zemin suları ile karşılaştığında, gözeneklilik özelliklerine göre suyu içerisine alma eğilimi gösterir. Bu olay kendiliğinden gerçekleşir ve doğal taşlar içindeki gözeneklerin kontrol ettiği kapiler emme kuvveti ile ilişkilidir. Kapiler su emme mekanizması, doğal taşın gözenek sisteminin geometrisine, büyüklüğüne ve gözeneklerin birbiri ile bağlantılı olup olmamasına bağlıdır ve akışkan sıvının yüzey gerilimi ile gözenek duvarının emme kuvveti arasındaki denge ile gerçekleşir (Vazquez vd., 2010).

Doğal taşların içine suyun nüfuz etmesini, en iyi değerlendirme yöntemlerinden birisi, kapiler su emme potansiyelidir (Peruzzi vd., 2003). Kapiler su emme, doğal taşların en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Yüksek gözeneklilik ve kapiler su emmeye bağlı olarak emilen sular, birçok doğal taş için fiziksel ve mekanik özelliklerde olumsuz etki yapmaktadır. Kapilerite etkisiyle emilen sular, soğuk iklimlerde donarak buza dönüşür. Buz kristallerinin büyümesi ve artan hacmi nedeniyle boşluklarda basınç oluşturarak taşın dayanımını önemli ölçüde azaltır. Bu durum, suyla beraber doğal taşların içine giren tuzların kristalleşmesi için de geçerlidir (Tomašić vd., 2011).

Literatürde, kapiler su emmeyi konu alan birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Suyun gözenekli ortamda kılcal akış kinetiği, ilk olarak Washburn (1921) tarafından teorik olarak incelenmiştir. Çok sayıda araştırmacı, doğal taşların petrografik, yapısal ve gözenek özelliklerini inceleyerek suyun doğal taş içindeki hareketini belirlemeye çalışmışlardır (Vazquez vd., 2010; Peruzzi vd., 2003; Hoffmann ve Niesel, 1992; Mosquera vd., 2000; Nicholson 2001; Karoglou vd., 2005; Juhász vd., 2014; Moreno vd., 2006; Çobanoğlu, 2015; Çelik ve Kaçmaz, 2016; Karagiannis vd., 2016).

Yapılarda kullanılan doğal taşların, su emmeden kaynaklanan ayrışmaların ve zararların azaltılması amacıyla kapiler su emme kapasitelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Doğada, sulu ortamlar farklı karakterlerde olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada statik, sıcak, tuzlu ve asidik sulu ortamlarda, Afyonkarahisar yöresinde hem geçmişte hem de günümüzde yapı taşı olarak kullanılan İncehisar andezitlerinin kapiler su emme özellikleri incelenmiştir.

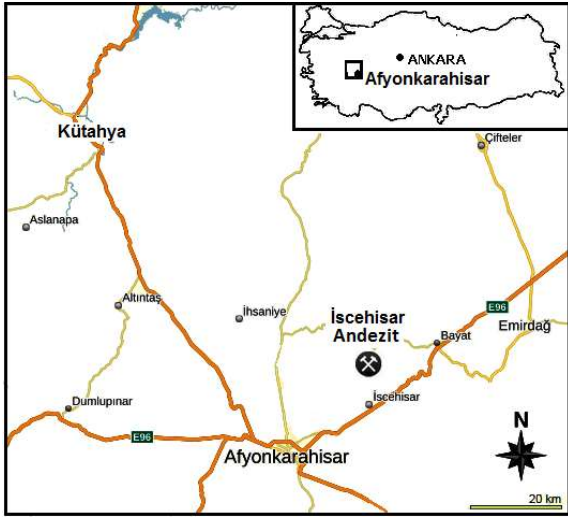
## 2 MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1 Malzeme

Bu çalışmada kullanılan andezit örnekleri İncehisar kuzeyindeki Ağın Dağı yöresindeki ocaklardan temin edilmiştir. Söz konusu ocaklar aktif olup üretilen andezitler bölgede yapıtaşı olarak kullanılmaktadır. Örneklerin alındığı lokasyonu gösteren yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere 70x70x70 mm kübik şekilli 66 adet örnek hazırlanmıştır.

### 2.2 Yöntem

Andezitin kimyasal analizleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği bölümü Doğaltaş Analiz Laboratuvarında bulunan Rigaku/ZSX Primus II marka XRF cihazında yapılmıştır. Petrografik incelemeleri için ince kesitler hazırlanmış ve polarizen mikroskop incelemeleri, Nikon Eclipse 2V100POL model polarizen mikroskop ile tane büyüklüğü, dokusu ve mineralojik bileşimi açısından incelenmiştir.



Şekil 1. İscehisar andeziti konumu.

XRD analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)

laboratuvarlarında, Bakır (Cu) X ışını tüpü kullanılarak Shimadzu marka XRD-6000 model cihaz ile yapılmıştır. Andezit örneklerinin gözenek çap dağılımları, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) cıvalı porozimetre Micromeritics Auto Pore IV 9500 cihazında belirlenmiştir. Deney şartları 480,00 erg/cm<sup>2</sup> vakum altında 140 °C kontak açısı şeklindedir.

Andezitin kapiler su emme, yoğunluk, su emme, gözeneklilik, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TS EN standartlarına göre deneyler yapılmıştır (Çizelge 1). Deneylerde 6'şar adet andezit örnekleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. Fiziko mekanik deneylerde kullanılan örnekler ve ilgili standartlar.

Testler	Boyut (mm)	İlgili standart
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	70x70x70	TS EN 1936
Ağırlıkça su emme (%)	70x70x70	TS EN 13755
Gözeneklilik (%)	70x70x70	TS EN 1936
Ultrasonik dalga hızı (km/s)	70x70x70	TS EN 14579
Basınç dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	70x70x70	TS EN 1926
Kılcal kapilarite (kg/m <sup>2</sup> s <sup>0.5</sup> )	70x70x70	TS EN 1925

### 3 JEOLJİK KONUM

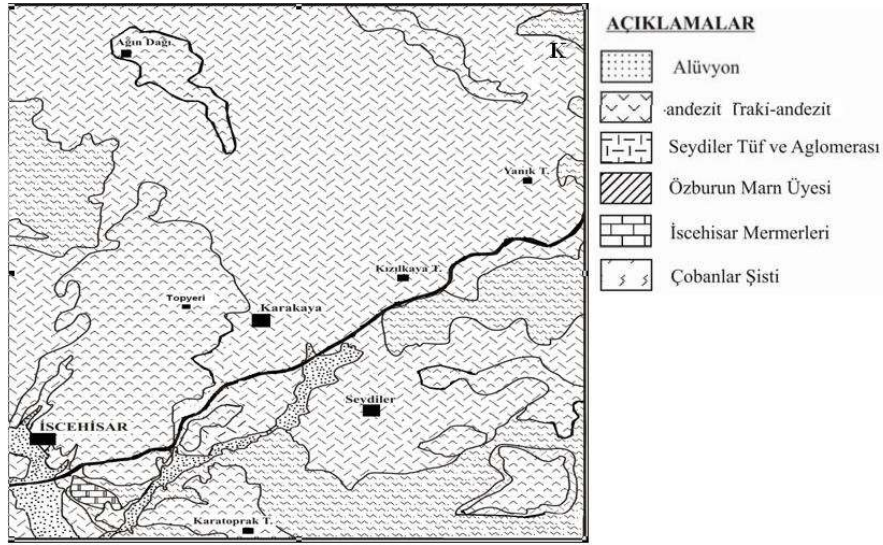
Çalışma sahasında en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı şistlerdir. Afyon Metamorfitleri adı verilen bu metamorfik temelde mikaşist, kalkşist, kuvarslı şist ve fillit egemendir. Afyon Metamorfitleri genellikle kahve, boz, yeşil renkli, kıvrımcıklı, granoblastik dokulu, şisti yapılıdır.

Şistlerin üzerine açılal uyumsuzlukla Neojen çökelleri gelmektedir. Gebeceler Formasyonu adı verilen bu seri; Seydiler Tüf ve Aglomera Üyesi, Akpınar Kireçtaşı Üyesi ve Erdemir Konglomera üyesinden oluşur. Genel rengi beyaz, grimsi beyazdır. İnce-orta-kalın katmanlı konglomera, kumtaşı,

aglomera, tüf, tüfit, marn, killi kireçtaşı, silisifiye kireçtaşı gibi birimlerden oluşmuştur.

Bölgede, Üst Miyosen sonunda başlayarak Pliosen boyunca devam eden volkanik faaliyetlerin etkisinde kalmıştır. Bu volkanik faaliyetlerin ürünü olarak dasitik tüfler aglomeralar, andesitler, trakitler, trakiandezitler ve bazaltlar bölgede çok geniş alanlar kaplamaktadır (Metin vd., 1987).

Volkanik kayalar altta beyaz, krem renkli tüf ve üstte ise siyahımsı, grimsi ve bordo renkli traki-andezitik bileşimli volkanik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 2). Bunların üzerine uyumsuzlukla gelen alüvyonlar çalışma sahasının en genç birimleridir (Metin vd., 1987).



Şekil 2. İscehisar ve yakın dolayının genelleştirilmiş jeoloji haritası (Metin vd., 1987; Kuşçu, vd., 2003).

## 4 BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1 Kimyasal Analiz

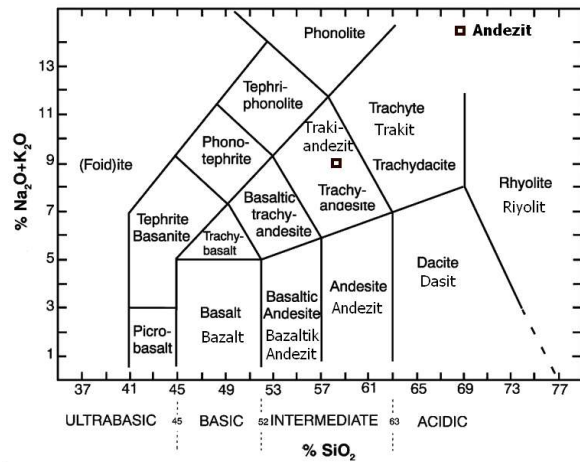
Doğal yapı taşı olarak kullanılan ve bu çalışma kapsamında incelenen andezitin ana element oksit içerikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Andezitin kimyasal analizleri

Kimyasal bileşim	(%)
SiO <sub>2</sub>	58,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,04
MgO	3,89
CaO	4,36
Na <sub>2</sub> O	2,65
K <sub>2</sub> O	6,04
TiO <sub>2</sub>	1,29
A.Z	0,56
Top.	98,57

Andezitin ana element oksit analizi sonuçlarına göre en büyük bileşen SiO<sub>2</sub> dir. Andezitin SiO<sub>2</sub> oranı % 58,58 olarak belirlenmiştir. İkinci en büyük bileşen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %15,16 dir. Kimyasal analiz verilerine göre, andezitin kökenini bulmak amacıyla Le Bas

vd. (1992) tarafından önerilen toplam alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) ve silis (SiO<sub>2</sub>) diyagramı kullanılmıştır. Andezitin traki-andezitik bileşimli oldukları belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Deneylede kullanılan andezitlerin toplam alkali içeriğine karşı silis Le Bas vd. (1992) diyagramında sınıflandırılması.

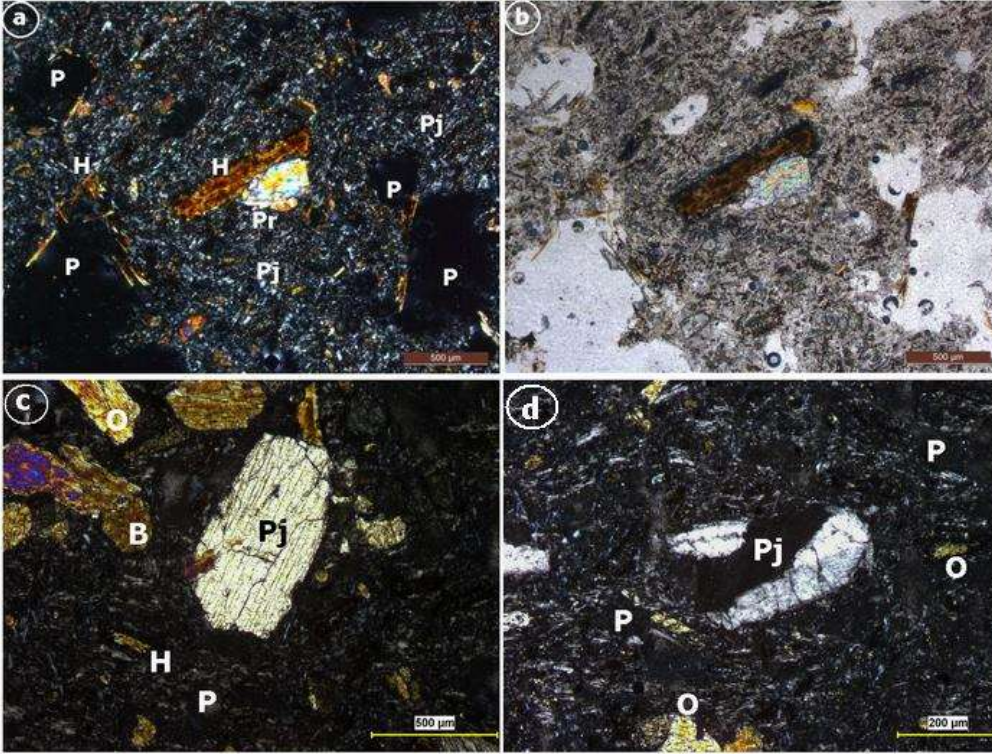
### 4.2 Petrografik ve Mineralojik Analizler

#### 4.2.1 Polarizan mikroskop analizi

Andezitin mineralojik bileşiminin ve dokusal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Polarizan mikroskopta incelemeleri yapılmıştır. Andezitlerin ince kesit resimleri Şekil 4’de verilmiştir. Bu incelemeye göre, andezitte

hornblend, plajiyoklas ve piroksen mineralinin bulunduğu gözlenmiştir. Plajiyoklas mineralleri mikrolitler halinde matrisi oluşturmaktadır. Matriste akma dokusu belirgindir. Hornblend ve piroksenler daha büyük boyutlu fenokristal olarak gözlenmiştir. Piroksen minerallerinde özellikle kırık ve çatlaklar çok belirgindir. Yer yer olivin mineralleri de gözlenmektedir. Andezitte 200-300 mikron büyüklüğünde

gözenekler de bulunmaktadır. Koyu renkli mineral olarak biyotit ve hornblend görülmektedir. Hornblendlerde yer yer ayrışma izleri görülmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda andezitik bileşimli olduğu tespit edilen kayacda, gözlenen pembemsi-kırmızımsı rengin hornblend ve biyotitlerdeki alterasyondan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



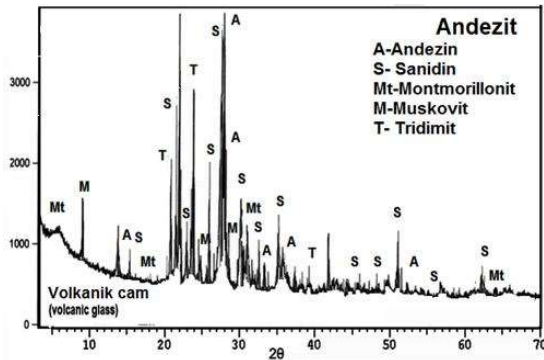
Şekil 4. Andezitte ince kesit görünüşleri (a, c, d): Çift nikol, (b): Tek nikol. (H: hornblend, O: olivin, P: piroksen ve Pj: plajiyoklas, P: gözenek)

#### 4.2.2 XRD analizi

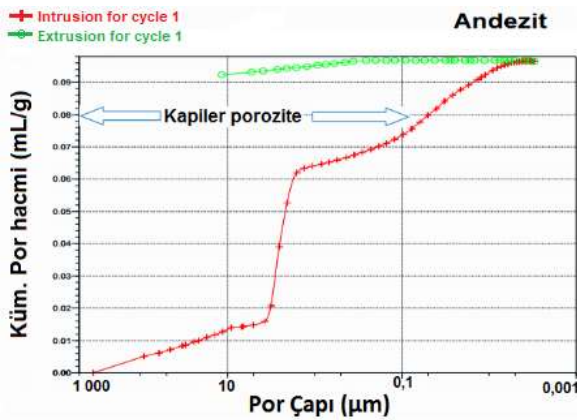
İncelenen andezit örneklerinin XRD analiz sonuçları Şekil 5’de verilmiştir. XRD analizi sonucunda andezitlerde feldispat (andezin, sanidin), montmorillonit, muskovit ve tridimit mineralleri tespit edilmiştir. Montmorillonit gibi kil minerallerinin varlığı volkanik cam bileşenlerin ve feldispatların yer yer bozduğunu göstermektedir. XRD grafiğinde Andezitlerde  $2\theta=0^\circ$  itibaren zeminin yükselmesi amorf malzeme (volkanik cam) varlığını desteklemektedir.

#### 4.3 Gözenek Çapı Dağılımı

Klopfer (1985) tarafından gözenekler boyutlarına göre şu şekilde sınıflandırılmıştır: mikro gözenek ( $<0,1 \mu\text{m}$ ), mezo gözenek (kapiler gözeneklilik) ( $0,1 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$ ) ve makro gözenek ( $>1 \text{mm}$ ). Kapiler (kılcal) su emme, pratik olarak çapları  $0,1 \mu\text{m}$  ve  $1 \text{mm}$  arasındaki gözeneklerle ilişkilidir. Kayaların gözenek çapları küçüldükçe kapilarite özelliği artar. Makro gözenekler ise çapı  $1 \text{mm}$ 'den büyük olup daha çok suyun malzeme içindeki hareketini sağlarlar (Siegesmund ve Dürrast, 2011).



Şekil 5. Andezitin XRD grafiği.



Şekil 6. Andezitin gözenek çapı dağılımı.

İncelemelerde kullanılan andezitin cıvalı porozimetre yöntemiyle ölçülen gözenek çapı dağılım grafikleri Şekil 6’da verilmiştir. İncelenen örneğin 0,01 µm-1 mm arasında gözenek çapı dağılımına sahip olduğu

görülmektedir. Andezitin gözenek boyut dağılımı, 0,01-10 µm arasında yoğunlaşmıştır. Kapiler su emme miktarını 0,1 µm–1 mm arasındaki gözenek miktarı etkilediği için grafikler üzerinde bu bölgeler de işaretlenmiştir. İncelenen andezitlerde kapiler gözenek oranı %80 olarak belirlenmiştir.

#### 4.4 Fiziko-Mekanik Özellikler

Yapı taşı olarak kullanılacak doğal taşların kullanım yerlerine göre belirli özellikleri taşınması gerekir. Gözeneklilik, su emme ve yoğunluk gibi özellikleri mekanik dayanımları ile ilişkilidir. Düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli kayalar genellikle daha dayanıksızdır. Çalışma kapsamında incelenen andezit örneklerinin, bazı fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneylerle ilgili standartlar Çizelge 1’de, elde edilen verilerin ortalamaları Çizelge 3’de verilmiştir.

Buna göre andezitlerin yoğunluk 2.729 kg/m<sup>3</sup> iken toplam gözeneklilik %19,37 olarak tespit edilmiştir. Kayacın gözeneklilik değerlerinin yüksek olması kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilerken su emme değerinin de yüksek olmasına yol açmaktadır. Buna göre de ağırlıkça su emme miktarı %4,29, tek eksenli basınç dayanımı da 85,17 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. Andezitlerin fiziko-mekanik özellikleri

Deneyler	Andezit		
	min	max	ortalama
Yoğunluk (gerçek) (kg/m <sup>3</sup> )	2.648	2.859	2.729
Ağırlıkça su emme (%)	2,49	5,19	4,29
Açık gözenek (%)	5,5	11,04	9,44
Toplam gözenek (%)	10,9	20,85	19,37
Ultras ses dalgası hızı (km/s)	3,39	3,81	3,68
Tek eksenli basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	74,16	97,75	85,17

Sesin geçiş hızı taşın yoğunluğuna, gözenek özelliğine ve çatlaklı yapısına bağlı olarak değişmektedir. Taşın yoğunluğu düşük ve bünyesinde gözenekli yapı ve çatlaklar var

ise sesin geçiş hızı da bunlara bağlı olarak düşük olmaktadır. Bu kapsamda ultras ses geçiş hızı 3,68 km/s olarak ölçülmüştür. Gözenekliliği düşük, homojen ve süreksizliği

az olan kayaçların ultrases geçiş hızı değerleri daha yüksektir.

#### 4.5 . Kapiler Su Emme Özellikleri

Yapıların duvarında veya kaplamasında kullanılan gözenekli bir yapı taşı, yağmur veya yeraltı suları ile temas edince suyu absorbe eder. Bu emme işlemi kılcal kapilarite yoluyla gerçekleşir. Kılcal kapilarite, genellikle 1 mm ye kadar çapa sahip olan gözeneklerde oluşan kılcal emme kuvveti ile ilgili kendiliğinden oluşan bir işlemdir. Gözenek yüzeylerindeki su, karakteristik bir ıslatma açısı sergiler ve sonuçta suyun gözenek sistemine girme eğilimi, kılcal damar veya kılcal emilim olarak adlandırılır. Kılcal su emiliminin mekanizması esas olarak gözenek boyutuna ve gözenek sisteminin geometrisine bağlıdır (Siegesmund ve Dürrast, 2011).

Andezitlerin kapiler su emme (kılcallık) özelliğini saptamak için numunenin önce kuru ağırlığı tartılır, sonra suyun yüzeyine degecek şekilde su dolu kaba yerleştirilir. Taşların gözenek miktarına göre, zaman aralıklarında yapılan ağırlık ölçmeleri ile emilen su miktarları bulunur. Bu incelemede zaman aralıkları 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480, 1.440, 2.880 dakika olarak alınmıştır.

Andezitlerin kapiler su emme miktarları, TS EN 1925 standardına göre belirlenmiş ve aşağıda verilen eşitliğe göre kılcal kapilarite katsayısı (C) hesaplanmıştır.

$$C=(m_i-m_d) / (A\sqrt{t_i}) \quad (1)$$

Burada;

$m_i$ : su emmiş numune ağırlığı (g)

$m_d$ : kuru numune ağırlığı (g)

A: suya temas eden yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

$t_i$ : zaman (s) olarak verilmiştir.

Kılcal kapilarite katsayısı, bir taşın kılcal gözenek ve çatlaklar yoluyla su emme kinetiği hakkında fikir verir. Diğer bir deyişle taşın, suyla temas ettiğinde ne kadar hızlı bir şekilde su emilimi gösterebileceğini ifade etmektedir. Kılcal kapilarite katsayısı, Washburn denkleminde göre, suyla temas eden belirli bir yüzey için su alımı zamanın kareköküne doğru orantılıdır (Mertz, 1991).

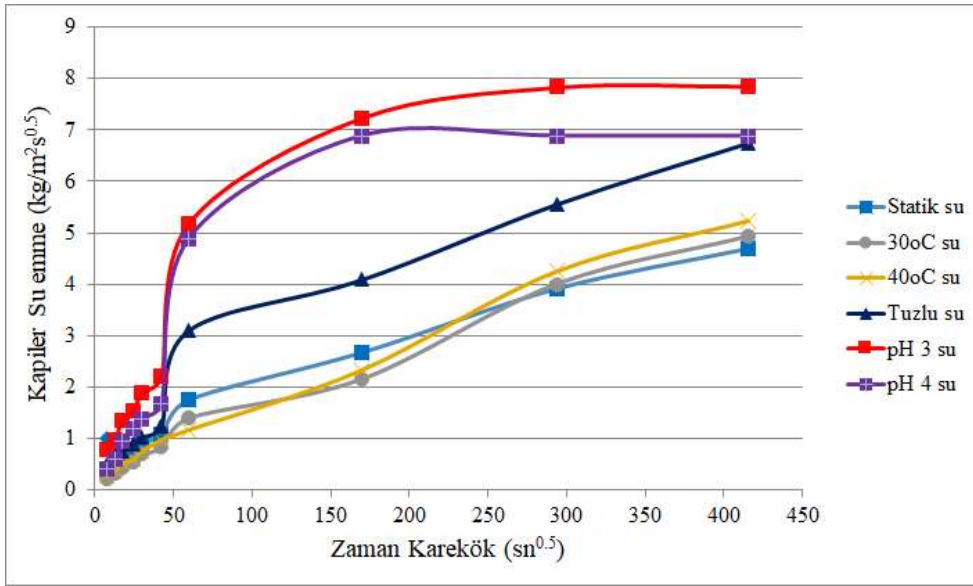
Graue vd. (2011) tarafından yapılan bir sınıflandırmaya göre; kapiler su emme değeri, <0,5 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> olan taşlar düşük kapiler su emme, 0,5–3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> olan taşlar orta kapiler su emme, >3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> olan taşlar güçlü kapiler su emme gösteren taşlardır.

Çalışma kapsamında incelenmiş olan andezitlerin kapiler su emme katsayıları Çizelge 4’de, sulu ortam cinsine göre kapiler su emme grafiği de Şekil 7’de verilmiştir

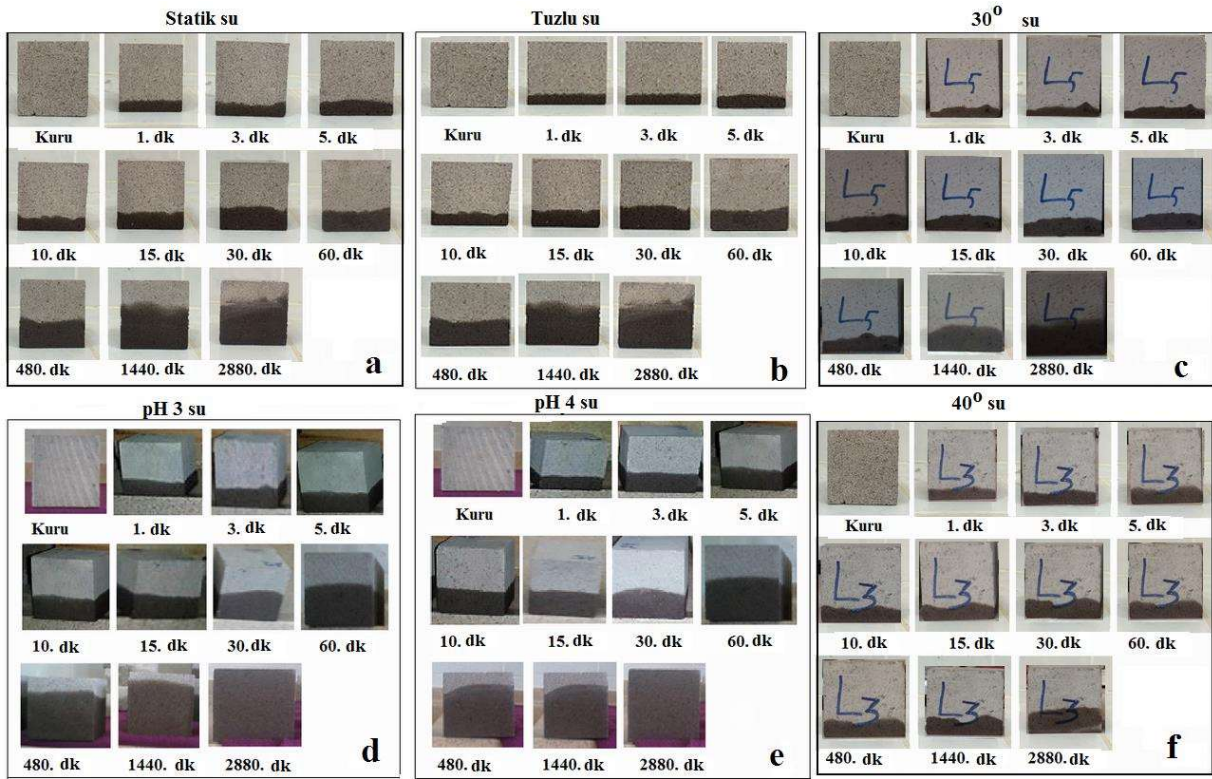
Andezitlerin kapiler su emme katsayıları 4,70 ile 7,85 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> arasında değişmektedir. Bu verilere göre İncehisar andezitleri, Graue vd. (2011) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, 3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup>’den daha büyük olduğu için “güçlü kapiler su emme gösteren” taşlar sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4. Andezitlerde sulu ortam cinsine göre ortalama kapiler su emme katsayıları

Zaman	dk (t)	1	3	5	10	15	30	60	480	1.440	2.880
	$\sqrt{t_i}$ (saniye <sup>0.5</sup> )	7,75	13,42	17,32	24,49	30	42,43	60	169,71	293,94	415,69
Kapiler su emme (C) (kg/m <sup>2</sup> s <sup>0.5</sup> )											
Sulu ortam	Statik su	0,40	0,54	0,65	0,76	0,90	1,08	1,75	2,67	3,92	4,70
	30°C su	0,28	0,46	0,60	0,77	0,89	1,12	1,46	4,29	6,33	7,73
	40°C su	0,29	0,42	0,53	0,65	0,79	1,05	1,32	2,58	5,67	6,67
	Tuzlu su	0,50	0,67	0,77	0,90	1,03	1,25	3,11	4,09	5,56	6,75
	pH 3 su	0,78	0,98	1,35	1,54	1,88	2,20	5,18	7,23	7,83	7,85
	pH 4 su	0,40	0,59	0,96	1,19	1,39	1,67	4,89	6,88	6,88	6,88



Şekil 7. Andezitlerin sulu ortam cinsine göre kapiler su emme grafiği.



Şekil 8. Andezitlerin sulu ortam cinsine göre kapiler su emme seviyeleri.

Şekil 8’de yer alan su emme seviyelerini gösteren resimler incelendiğinde, kapiler su emme miktarı bakımından 2.880 dakika sonunda sadece asidik sularda tam su doygunluğu gerçekleşmiştir. Statik, tuzlu ve

sıcak sularda ise tam doygunluk gerçekleşmemiş olup daha fazla süreye ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Andezitler, zeminde bulunan statik suya göre pH değeri 3 olan suda %40,13 daha fazla

kapiler su emerken, bu oran pH'ı 4 olan suda %31,69, tuzlu suda %30,37, 30°C sıcak suda %39,20, 40°C sıcak suda %29,54 olmuştur. Suyun tuzlu, asitli ve sıcak olması durumunda kapiler su emme miktarının arttığı görülmektedir. Bu durum suyun daha aktif hale gelerek, andezitler içindeki boşluk ve çatlaklara daha fazla emilim yapmasından kaynaklanmaktadır.

## 5 SONUÇLAR

Kapiler (kılcal) su emme, malzemenin suya temas eden yüzeyinden zamanla emilen su miktarı ile belirlenir. Su, çok küçük çaplı boşluklar içinde kılcallık etkisi ile yükselir. Suyun etkisiyle kayada oluşan ayrışma ve donma etkisi gibi tahribatlar malzemenin mukavemetini etkiler. Kılcal etki ile emilen sular zamanla buharlaşırken içerdiği tuzları geride bırakarak yapılarda taşın yanı sıra, sıva ve badanayı da bozarlar, ayrıca rutubet oluşturması nedeniyle de sağlık yönünden sakıncalıdır.

Dolayısı ile kayacın su emme kapasitesi ve bünyesine giren suyun miktarı önemlidir. Bu çalışmada, Afyonkarahisar bölgesinde yapı taşı olarak kullanılan İscehisar andezitlerinin kimyasal, mineralojik ve petrografik, fiziko-mekanik ve gözenek özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerin yanında statik, sıcak, tuzlu ve asidik ortamlarda kılcal etkiye bağlı su emme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz ve deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

İscehisar andezitlerinin Polarizan mikroskopta incelemeleri sonucunda hornblend, plajioloklas ve piroksen mineralinden meydana geldiği belirlenmiştir. XRD analizinde ise montmorillonit gibi kil minerallerinin varlığı tespit edilmiştir.

İscehisar andezitlerinin yoğunluğu 2.729 kg/m<sup>3</sup>, toplam gözenek %19,37, ağırlıkça su emme miktarı %4,29, tek eksenli basınç dayanımı da 85,17 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Andezitin gözenek boyut dağılımı, 0,01-10 µm arasında yoğunlaşmıştır. Andezitlerde kapiler gözenek oranı %80 dir.

Andezitlerin statik, sıcak, tuzlu ve asidik sulu ortamlarda kapiler su emme katsayıları

4,70 ile 7,85 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup> arasında değişmektedir. Bu verilere göre İscehisar andezitleri, Graue vd. (2011) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, 3,0 kg/m<sup>2</sup>s<sup>0.5</sup>'den daha büyük olduğu için "güçlü kapiler su emme gösteren" taşlar sınıfında yer almaktadır. Andezitlerde, en düşük kapiler su emme miktarı statik suda, en yüksek kapiler su emme değeri de pH değeri 3 olan suda ölçülmüştür.

Test edilen sulu ortamlarda toplam gözenekliliği %19,37 olan İscehisar andezitlerinin güçlü kapiler su emme özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Bu özelliğinden dolayı bol sulu çevresel ve atmosferik etkileri olan dış mekanlarda sınırlı kullanılmalı veya su itici veya yüzey koruyucu kimyasal maddelerle kaplandıktan sonra kullanılmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 17.KARİYER.57 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Çelik, M.Y, Kaçmaz, A.U, 2016. The investigation of static and dynamic capillary by water absorption in porous building stones under normal and salty water conditions, *Environ Earth Sci*, 75:307.
- Çobanoğlu, İ, 2015. Prediction and identification of Capillary Water Absorption Capacity of Travertine Dimension Stone, *Arab J Geosci*, 8: 10135.
- Juhász, P, Kopecskó, K, Suhajda Á, 2014. Analysis of capillary absorption properties of porous limestone material and its relation to the migration depth of bacteria in the absorbed biomineralizing compound, *Period. Polytech. Civil Eng*, (58)2, 113-120.
- Graue, B, Siegesmund, S, Middendorf, B, 2011. Quality assessment of replacement stones for the cologne cathedral: mineralogical and petrophysical requirements, *Environ Earth Sci*, 63:1799–1822.
- Hoffmann, D, Niesel, K, 1992. Pore structure of rendering as a feature of its weathering, *7th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*, Lisbon, 611-620.
- Karagiannis, N, Karoglou, M, Bakolas, A, Moropoulou, A, 2016. Effect of temperature on



- water capillary rise coefficient of building materials, *Build. Environ*, 106:402-408.
- Karoglou, M, Moropoulou, A, Giakoumaki, A, Krokida, M.K, 2005. Capillary rise kinetics of some building materials, *J. Colloid Interface Sci*, 284:260-264,
- Klopfer, H, 1985. Feuchte. In: Lutz P et al (eds) *Lehrbuch der Bauphysik*, Teubner, Stuttgart, pp 329-472.
- Kuşçu, M, Yıldız, A, Bağcı, M, 2003. Investigation of Ağın andesite as a building stone (İscehisar Afyon, W-Turkey). *Industrial Minerals and Building Stones, International Symposium*, İstanbul.
- Le Bas M.J, Le Maitre R.W, Woolley A.R, 1992. The construction of the total alkali-silica chemical classification of volcanic rocks, *Miner. Petrol*, 46:1-22.
- Mertz, J.D, 1991. Structures de porosité et propriétés de transport dans les grès, *Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur*, Starsbourg,
- Metin, S, Genç, Ş, Bulut, V, 1987. Afyon ve yakın dolayının jeolojisi, *M.T.A. Rap.* No: 8103, Ankara.
- Moreno, F, Vilela, S.A.G, Antunes, A.S.G, Alves, C.A.S, 2006. Capillary-Rising salt pollution and granitic stone erosive decay in the parish church of Torre de Moncorvo (NE Portugal), *J. Cult. Heritage*, 7:56-66.
- Mosquera, M.J, Rivas, T, Priet, B, Silva, B, 2000. Capillary rise in granitic rocks: interpretation of kinetics on the basis of pore structure, *J. Colloid Interface Sci*, 222:41-45.
- Nicholson, D.T, 2001. Pore properties as indicators of breakdown mechanisms in experimentally weathered limestones, *Earth Surf. Processes Landforms*, 26:819-838.
- Peruzzi, R, Poli, T, Toniolo, L, 2003. The experimental test for the evaluation of protective treatments: a critical survey of the "capillary absorption index". *J. Cult. Heritage*, 4:251-254.
- Siegesmund, S, Dürrast, H, 2011. *Physical and mechanical properties of rocks. in: stone in architecture*, 4th edition, Siegesmund S., Sneathlage R. eds., Berlin: Springer, pp. 97-225,
- Tomašić, I, Lukić, D, Peček, N, Kršinić, A, 2011. Dynamics of capillary water absorption in natural stone. *Bull. Eng. Geol. Environ*, 70:673-680.
- TS EN 1936, 2010. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri- Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Porozitelilik Tayini, *TSE*, Ankara,
- TS EN 13755, 2014. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, *TSE*, Ankara,
- TS EN 14579, 2006. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Ses Hızı İlerlemesinin Tayini, *TSE*, Ankara,
- TS EN 1926, 2013. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri- Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini, *TSE*, Ankara,
- TS EN 1925, 2000. Doğal Taşlar- Deney metotları- Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini, *TSE*, Ankara,
- Vazquez, P, Alonso, F.J, Esbert, R.M, Ordaz, J, 2010. Ornamental granites: relationship between P-waves velocity, water capillary absorption and crack network. *Constr. Build. Mater*, 24:2536-2541.
- Washburn, E.W, 1921. The dynamics of capillary flow. *Phys. Rev*, 17:273-283.