



1st INTERNATIONAL
ENGINEERING AND
TECHNOLOGY SYMPOSIUM

(1st IETS)

03–05 May, 2018

BATMAN UNIVERSITY



1st INTERNATIONAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY SYMPOSIUM

(1st IETS)

03 – 05 May, 2018

Batman University Engineering Faculty

Batman/TURKEY

PROCEEDINGS BOOK

Editor in Chief

Hüseyin AYDIN, Hasan SAYĞILI

Editor

Mehmet Emin DEMİR, Şafak ÖZSARAÇ, Muhammed Sungur
DEMİR, Raşit Koray ERGÜN, Ali Serkan AVCI

Copyright © 2018 Batman University,

All rights reserved.

International Scientific Committee

- Aydın Durmuş, University of Batman, TURKEY
- Abdul Razzaq Ghumman, University of Engineering and Technology, PAKISTAN
- Andrej Gubina, University of Ljubljana, SLOVENIA
- Arun Narayanan, Lappeenranta University of Technology, FINLAND
- Asaf Varol, Fırat University, TURKEY
- Aydın Turgut, Bingöl University, TURKEY
- Behnam Khaki, University of California Los Angeles, USA
- Bahattin İşcan, University of Batman, TURKEY
- Cemal Köse, KTU, TURKEY
- Cengiz Yıldız, Fırat University, TURKEY
- Cenk Sayın, University of Marmara, TURKEY
- Cumali İlkılıç, Fırat University, TURKEY
- Çetin Özay, Fırat University, TURKEY
- Enver Sherifi, University of Prishtina, KOSOVO
- Erdem Koç, 19 Mayıs University, TURKEY
- Erol Kılıçkap, Dicle University, TURKEY
- Georgios C. Christoforidis, Western Macedonia University, GREECE
- Hafaifa Ahmed, Djelfa University, ALGERIA
- Hakan Çoban, University of Bitlis, TURKEY
- Hamdullah Çuvalcı, KTU, TURKEY
- Hamidreza Nazaripouya, University of California Los Angeles, USA
- Hamit ADİN, University of Batman, TURKEY
- Harry Grigg, Newcastle University, UK
- Hasan Bayındır, University of Dicle, TURKEY
- Hasan Hüseyin Balık, Yıldız Technical University, TURKEY
- Hasan Ul Banna, West Virginia University, USA
- Hasmat Malik, Netaji Subhas Institute of Technology, INDIA

Hüseyin Aydın, University of Batman, TURKEY

Hüseyin Serdar Yücesu, University of Gazi, TURKEY

Imran Hafeez, University of Engineering and Technology, PAKISTAN

Intisar Ali Sajjad, University of Engineering & Technology, PAKISTAN

Ishtiaq Ahmad, Austrian Institute of Technology, AUSTRIA

Josep M. Guerrero, Aalborg University, DENMARK

Justina O. Osa, American University of Ras Al Khaimah, UAE

Kouzou Abdellah, Djelfa University, ALGERIA

Liaqat Ali Qureshi, University of Engineering & Technology, PAKISTAN

Magín Lapuerta Amigo, University of Castilla-La Mancha, SPAIN

Marcelo Cortés-Carmona, Universidad de Antofagasta, CHILE

Md Maruf Hossain, University of Wisconsin, USA

Mehmet Emin Tağluk, University of İnönü, TURKEY

Mehmet Kaya, Fırat University, TURKEY

Metin Gümüş, University of Marmara, TURKEY

Muhammad Kashif, Monash University, AUSTRALIA

Muhammad Qamar Raza, School of Information Technology & Electrical Engineering, AUSTRALIA

Murat Kayri, University of Batman, TURKEY

Murat Yavuz Solmaz, Fırat University, TURKEY

Mustafa Altınakar, University of Mississippi, USA

Nadim Zakhia, Université Antonine, LEBONAN

Naresh Yadav, DeenBandhu Chhotu Ram University of Science and Technology, INDIA

Naser Khodabakhshi Javinani, Amir Kabir University of Technology, IRAN

Necmettin Sezgin, University of Batman, TURKEY

Orhan Çakır, Yıldız Technical University, TURKEY

Ömer Faruk Ertuğrul, University of Batman, TURKEY

Ömer Yüksek, KTU, TURKEY

Peter Ondrišík, Slovak University of Agriculture in Nitra, SLOVAKIA

Pilar Meneses de Quevedo, University of Castilla-La Mancha, SPAIN

Rasim Behçet, Inonu University, TURKEY

Raşit Köker, Sakarya University, TURKEY

Rezzaoui Mohamed Mounir, Djelfa University, ALGERIA

Sadettin Aksoy, University of Batman, TURKEY

Sadık Kakaç, TOBB Economy and Technology University, TURKEY

Sasidharan Sreedharan, University of Hawaii, USA

Sermin Ozan, Firat University, TURKEY

Sinan Altın, University of Gazi, TURKEY

Şahnaz Tiğrek, University of Batman, TURKEY

Şemsettin Temiz, Inonu University, TURKEY

Tanzeel-ur-Rashid, University of Engineering and Technology, PAKISTAN

Tomi Medved, Lubjiana University, SLOVENIA

Uğur Çalığülü, Firat University, TURKEY

Usman Habib, Institute of Information Technology, PAKISTAN

Yahya Hışman Çelik, University of Batman, TURKEY



Organizing Committee

Honorary Chair:

Prof. Dr. Aydın DURMUŞ (Rector), aydin.durmus@batman.edu.tr

Organization Committee:

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AYDIN (Symposium Chair), huseyin.aydin@batman.edu.tr

Prof. Dr. Saadettin AKSOY, saadettin.aksoy@batman.edu.tr

Prof. Dr. Murat KAYRI, murat.kayri@batman.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Bahattin İŞCAN, bahattin.iscan@batman.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Ö. Faruk ERTUĞRUL, omerfaruk.ertugrul@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Emrullah ACAR, emrullah.acar@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Fevzi YAŞAR, fevzi.yasar@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Hakan KARAKAYA, hakan.karakaya@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Hasan SAYGILI, hasan.saygili@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Musa KILIÇ, musa.kilic@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Musa YILMAZ, musa.yilmaz@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Ramazan TEKİN, ramazan.tekin@batman.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Tolga TOPKAYA, tolga.topkaya@batman.edu.tr

Res. Assist. Ali Serkan AVCI, aliserkan.avci@batman.edu.tr

Ph.D. Std. Hafzullah İŞ, hafzullah.is@batman.edu.tr

INTRODUCTION

Welcome to IETS'18

Many thanks for your contribution to IETS'18 which will be held between 3-5 May 2018 at the Batman University-Batman-TURKEY.

IETS'18 is organized by Batman University, Faculty of Engineering and Architecture. The 1st International Engineering and Technology Symposium (IETS'18) is an international meeting for exchanging new information, ideas and applications of any fields of engineering. The conference aims link researchers from academic world specializing in every engineering discipline. The conference is organized by University of Batman. More than 416 presentations have been accepted for conference from many universities.

The organization committee would like to thank all those who have helped in making the Conference better. It was a great pleasure for us to bring together specialists, research scientists and industrial technology developers together. IETS'18 is expected to stimulate new ideas and concepts, promoting further advances in the almost every fields of engineering. I wish all participants have a pleasant stay in the magnificent city of Batman and I am looking forward to see you all together be pleased and enjoy your time here with us.

Batman May, 2018

Assoc. Professor Dr. Hüseyin AYDIN (Symposium Chair)

SYMPOSIUM LINK:

<http://iets.batman.edu.tr/index.asp?id=1>

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

A New Approach Based on Extreme Learning Machines for Detecting Fault Location in Hybrid Power Plants Transmission Lines.....	1
Electricity Consumption Analysis with Matlab Tall Arrays.....	7
AISI 304 / Ramor 500 Çelik Çiftlerinin 1.1 kJ/s Kaynak Ark Gücünde PTA Kaynak Yöntemiyle Birleştirilebilirliği.....	12
Aspir Yağı Biodizeli Ve Dizel Karışımları Kullanılan Dizel Jeneratörde Etanol RCCI Uygulamasının Yanmaya Etkilerini İncelenmesi.....	19
Mekaniksel Alaşımlama ile Hazırlanan Nanoyapılı Al-Co-Cu Tozlarının Karakterizasyonu.....	23
Comparative Adsorption Kinetics and Modeling of Basic and Acid Dyes Onto a Novel Superporous Adsorbent	27
Bezier Eğriler Yardımıyla Lateral Femoral Kondil ve Femur Protezinin Eğriliklerinin Karşılaştırılması.....	30
Computational Fluid Dynamic Analysis of Phase Change Material Heat Storage Tank Have Spiral Coil Pipe.....	34
Bir İklimlendirme Sisteminin Kayan Kipli Kontrol Metodu ile Denetimi.....	38
Conversion of Al 7039 Armor Material to Functionally Graded Metal Matrix Composite and Investigation of Mechanical Properties.....	44
Çift Zikzak Tip Yapıştırma Bağlantıların Mekanik Analizi.....	49
Daimi ve Sıkıştırılmaz Boru Akışında Giriş Uzunluğunun Sayısal Analizi.....	55
Dizel Motorda Kullanılan Biodizel Yakıtının Sayısal Analizi.....	65
Dünyada Genel Enerji Durumu-Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	72
Güneş Arabası Tasarımının Performansa Etkisi.....	80
Farklı Oranlarda LPG Kullanımının, Dizel Motorda Performans ve Emisyona Etkileri....	86
Elazığ için Bina Eklemeli ve Bina Entegre Fotovoltaik Sistem Performanslarının Değerlendirilmesi.....	93
Equilibrium Studies Related to The Adsorption of Reactive Blue 19 Dye by Nanoporous Activated Carbon Obtained From Citrus Shell.....	97
Etanol RCCI Uygulamasının Aspir Yağı Biodizeli Ve Dizel Karışımları Kullanılan Dizel Jeneratörde Performans ve Emisyon Üzerine Etkilerini İncelenmesi.....	100
Evaluation of Diclofenac Adsorption Kinetics onto Activated Carbon From Citrus Shell..	104
Bir Dizel Motorda Çift Yakıtın (LPG-Dizel Yakıtı) Yanma Parametrelerine Etkilerinin Deneysel Analizi.....	107
Experimental Investigation of The Mechanical Properties of The Adhesive Used in The Honeycomb Structure.....	112
Cam Elyaf Takviyeli Polimer Kompozit Levhaların Delinmesinde Oluşan Delaminasyona Deneysel Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi.....	115
Farklı Motor Türlerinin Taşıt İç Gürültüsüne Etkisi.....	120
Fosforik Yakıt Hücresinin Ticari Binalarda Kullanımı.....	125
Geleceğin Teknolojisi: Grafen ve Türevleri.....	130
Grafen ve SiC Takviyeli Alüminyum Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi.....	136
High temperature effects on NiTi Alloy.....	140
İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Kaynağı Olan Çöpgazının Kullanımı.....	143
Implementation of the Network-Based Moving Sliding Mode Control Algorithm to the Rotary Inverted Pendulum System.....	150

Isıl Yüke Maruz Fonksiyonel Derecelendirilmiş Silindirik Eğri Eksenli Kirişin Gerilme

Analizi.....	155
Jüt Takviyeli Polimer Matrisli Kompozitlerin Çekme Dayanımlarının Araştırılması.....	158
Karabük İlinin Elektrik Üretimi Kaynaklı CO ₂ Salınımı ve Azaltımının Değerlendirilmesi.....	163
Havacılık ve Uzay Yapılarında Kullanılan Bal Peteği Sandviç Kompozitlerin Darbe Davranışlarının Deneysel ve Sayısal Araştırılması.....	169
KETP Kompozitlerin Delinmesinde Elyaf Yönlendirme Açısının Kesme Kuvvetine Etkisi.....	174
Kompozit Matris Malzemelerinin Mekanik Özelliklerinin Grafen Takviyesi ile İyileştirilmesi.....	177
Kompozit Yama ile Tamir Edilmiş Eliptik Delikli Alüminyum Levhalarda Çekme Mukavemetinin Deneysel ve Nümerik Araştırılması.....	181
Küresel Kapların Derin Çekilmesinde Kalıp/Baskı Plakası Geometrisi ve Kuvvetinin Et Kalınlığı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması.....	187
Menengiç Yağından Biyoyakıt Üretimi ve Kullanımı.....	191
Mezopotamya’da Var Olan Yeraltı Kaynaklarından Petrol Kayaçlarının Zenginliği.....	200
Motorlarda Kullanılan Kam Milinin Nümerik Hasar Analizi.....	203
Numerical Analysis of Wave Amplitude Effect on Power Output of Oscillating Water Column Device with Coastal Elevation.....	208
Otomobillerde Kullanılan Yakıt Pillerinin Özellikleri.....	212
Otomotivde Sektöründe Kullanılan Kompozit Malzemelerin Çeşitleri, Uygulamaları Ve Üretim Yöntemleri.....	218
Partikül Takviyeli Yapıştırıcılarla Üretilmiş Jute Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi.....	235
Plazma Püskürtme Yöntemiyle Kaplanan Fren Diskinin Mikro Yapı Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması.....	239
Ramor 500 Zırh Çeliğinin Tozaltı Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesinde Dikiş Geometrilerinin İncelenmesi.....	243
Ramor 500 Zırh Çeliğinin Tozaltı Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesinde Tel İlerleme Hızının Etkisi.....	249
Sikloidal Dişlilerin Cnc Freze Tezgâhlarında Taşlanma Olanaklarının İncelenmesi.....	256
Sinterleme Süresinin Grafen Takviyeli Alüminyum Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Olan Etkisi.....	260
Tabakalı Kompozitlerin Yanal Burkulması Üzerine Matris ve Delik Tipi Etkilerinin Araştırılması.....	265
Techno-Economic Model for Optimum Design of Wind Energy Facilities.....	269
Tek Yönlü Hibrit CTP/Al Tabakalı Kompozitlerin Farklı R-Oranları İçin Yorulma Ömrünün Belirlenmesi.....	278
Tetracycline antibiotic removal on carbonaceous material from aqueous phase: Isotherm modelling through adsorption.....	283
Dizel Motorda Kullanılan Dizel Biyodizel ve Alkol Karışımı Yakıtların Performans ve Emisyonlara Etkisi.....	286
TIG Yöntemiyle Yüzeyi Sertleştirilen Hardox-450 ve St-52 Çeliklerinin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerinin Araştırılması.....	291
Toplu Taşımada Optimizasyonun Önemi.....	294
Türkiye’de Genel Enerji Durumu-Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	304
Yaprak Yayların Nümerik Metotlar Yardımıyla Hasar Analizi.....	310
Atık Trafo Yağlarının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi.....	316
Bütanol-Biyodizel-Dizel Karışımlarının Bir Dizel Motorunda Performans ve Emisyona Etkileri.....	319

Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi.....	324
Hermetik Kombilerin Atık Isı Enerjisinden Termoelektrik Baca Sistemi Vasıtasıyla Elektrik Üretimi ve Türkiye’deki Potansiyeli.....	327
Katkı Maddesi Olarak Bütanolün Farklı Yakıt Karışımları İle Kullanımının Yanma Parametrelerine Etkilerinin Deneysel Analizi.....	337
Malatya İlinin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	342
Numerical Analysis of Vehicle Velocity Effect on Aerodynamic Drag Coefficient.....	350
Pet Şişe Ambalajlı Gazlı İçeceklerdeki CO2 Değişiminde Pet Şişenin Etkisi ve Raf Ömrü...	355
Site-Matching of Wind Energy Conversion System Considering Different Criteria.....	363
Güç Sistemlerinde Arz Güvenirliği ve Yan Hizmet Uygulamaları Gereksinimleri.....	369
Tarımsal Atıkların Enerji Üretim Amaçlı Değerlendirilmesi.....	375
Üçgen Kanal Kesitli PEM Yakıt Hücresinde Kanal Boyutlarının Hücre Performansına Etkisinin İncelenmesi.....	379
Water-Energy Nexus and Energy Generation Systems Using Water.....	385
Ab-initio Calculations: Structural, Electronic and Elastic Properties of LiX2Ge (X: Rh, Cu, Ni, Pd) Heusler Compounds.....	389
AISI 304 / Ramor 500 Çelik Çiftlerinin 1.1 kJ/s Kaynak Ark Gücünde PTA Kaynak Yöntemiyle Birleştirilebilirliği.....	399
AZ31 Magnezyum Alaşımının Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile Birleştirilmesinde Devir Sayısının Etkisi.....	406
Batman Güneyinde Hoya Formasyonu İçindeki Tebeşirli Dolomitlerinin Karakterizasyonu.....	411
Cam Elyaf Takviyeli Polimer Esaslı Kompozitte Takviye Oranının Mekanik Özelliklere Etkisi.....	416
CaSO ₄ 2H ₂ O ve MgSO ₄ Safsızlıklarının Borik Asitin Endüstriyel Kristalizasyon Prosesine Etkileri.....	421
Evaluation of Animal Fats as Biodiesel With Priority Estimation Model.....	425
Genişleyebilen Polistiren Üretiminde Reaktör Tasarımı.....	433
Insight into the Impregnation Ratio Effect on Pore Characteristics of Nanoporous Carbon from mandarin (Citrus reticulata) shells.....	438
CMSMPR Sisteminde Boraks Pentahidrat Kristalizasyonunun İncelenmesi - CaSO ₄ 2H ₂ O ve MgSO ₄ Safsızlıklarının Etkileri.....	440
Küresel Kapların Derin Çekilmesinde Baskı Plakası Kuvvetinin Kap Yüksekliği ve Zimba Kuvveti Üzerindeki Etkisinin Araştırılması.....	444
Matris Açılı Derin Çekme Kalıplama Yönteminde Al 1050 Sac Malzemesinin Sayısal İncelenmesi.....	448
Mekanik Alaşımlama Yöntemi İle Üretilen Cu ₁₀ SnXFe Alaşımında Fe Miktarının Aşınma Davranışları Üzerine Etkisi.....	454
Aa7075/B ₄ c/Sic Hibrit Kompozit Malzemelerin Yarı Katı Karıştırma Yöntemi İle Üretimi...	460
PTA Kaynak Yöntemi İle Birleştirilen OPTİM 700 MC-St37 Malzemelerinin X-Ray Radyografisi.....	466
Sb ₂ S ₃ İnce Filmlerinin Yapısal ve Optik Özellikleri.....	475
Sıcak Presleme Metoduyla Üretilmiş 85/15 BronzNi Kompozitinde Co ilavesiyle Sinterleme Sıcaklığı ve Basıncının Elektriksel İletkenliğe Etkisi.....	479
Sürtünme Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AZ63- AA6063 Alaşımlarının Radyografik Olarak İncelemesi.....	485
Arpanın Makarnada Kullanılabilme Olanakları.....	492
DC-DC Buck-boost Converter under Unbalanced Input Voltage with PI Optimization by Genetic Algorithm.....	499
Doğu Anadolu Bölgesinde Etlik Piliç Yetiştiriciliği.....	503

Faz Değişim Maddeli Kolektör Depo Veriminin Deşarj Süresince Değişimi.....	510
Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Büyük Ve Küçükbaş Hayvancılık Yaş Gübre Ve Biyogaz Üretimi Potansiyeli.....	515
Kullanıcısını Takip Eden Akıllı Valiz.....	518
Obtaining Critical Buckling Load of a Cantilever Beam by Using Measured Natural Frequencies.....	523
PI Optimization by Genetic Algorithm for DC-DC SEPIC Converter under Unbalanced Supply Voltage.....	528
Pirinadan Elde Edilen Pirolitik Yağın Su Bazlı Sondaj Çamurunun Reolojik ve Filtrasyon Özellikleri Üzerine Etkisi.....	532
System Design and Optimal Glass Selection for Two-Stage Concentrated Photovoltaic Cells.....	535
Twitter Users' Emotion, Emoticons and Scaling Metrics Based Categorical Interaction Analysis.....	537
A New Low Cost Soft-Switched Three-Level T-Type Grid Connected Inverter.....	545
Akıllı Şebekelerde Kendi Kendini İyileştirme (Self-Healing) Yöntemleri.....	550
1,1 kW'lık İndüksiyon Motorun Oluk Sayısının Verime Ve Torque Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi.....	555
Robotik Uygulamalarda Mil Resolverları için YSA Tabanlı Gürültü Azaltma.....	561
Bitlis İlindeki Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi.....	566
Estimating Indoor Localization based on Wireless Signals by Machine Learning Methods....	571
Beton Kolon Dayanımının Düşey Yönde Değerlendirilmesi.....	574
Mineral Katkılı Betonlarda Basınçlı Buhar Kürünün Hidratasyon Ürünleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi.....	577
Fault Analysis in Multi-Phase Power Systems Considering Symmetrical Components and Phase Coordinates Methods.....	583
Fotovoltaik/ Rüzgâr/ Dizel Jeneratör Temelli bir Mikroşebekenin Enerji Yönetimi.....	591
Güneş Enerjisinin Isı Etkisi ve Elektrik Üretimindeki Rolü.....	597
İklimlendirme Sistemlerinde Hastane Uygulamaları: Ameliyathane Mahali Örneği.....	602
Parçacık Sürü Optimizasyonunu Kullanarak Mikro şebekenin Çok Amaçlı Optimizasyonu.....	607
Role of Energy Storage in Modern Grid.....	612
Siirt Üniversitesi Futbol Saha Aydınlatma İncelemesi Ve Tasarımı.....	616
Tekrarlılık Ölçüm Analizi ve Aşırı Öğrenme Makinesi Tabanlı Epileptik EEG Sinyallerinin Sınıflandırılması.....	622
The Effect of Direct Power Transfer Feature on The DC-DC Converter Efficiency.....	628
The Effect of Pole Ratio Coefficients on Torque in the Inverted Switched Reluctance Motor.....	631
Türkiye'nin Enerji Açığını Gidermeye Katkı Sağlayacak Alternatif Bir Enerji: Kaya Gazı...	635
ALO Algoritması Kullanılarak Otomatik Gerilim Regülatör Sistemi için PID Kontrolör Tasarımı.....	640
Batman İli Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesine Yönelik Deneysel Bir Çalışma.....	646
DC Motorlarda Kaskat Konum Kontrolü.....	655
Development of Vibrating Mesh Nebulizer Using Microcontroller and Micropore Mesh Plate.....	660
Estimating Forest Type by Remote Sensing via Random Vector Functional Link Network....	665
Güç Sistemi Dengeleyicisinin Optimal Tasarımı için Karınca Aslanı Optimizasyonunun Uygulanması.....	668
Güç Sistemlerinde Harmonikleri Yok Etmek İçin Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması...	674
İçmesuyu İsale Hattı Basınç Yönetimi Sistemi ile Kontrolü ve Analizi.....	679

Internet of Things based hybrid home Automation system control via Android App.....	682
Optical properties of ZnO-3CdO Synthesized by Hydrothermal Method.....	688
Paralel Aktif Güç Filtresi Denetimi İçin Referans İşaret Tahmin Yöntemleri.....	691
Programlanabilir Lojik Denetleyici Eğitiminde Geleneksel Yöntem ile Modern Yöntemin Karşılaştırılması.....	698
Programlanabilir Lojik Denetleyici Kullanarak Elektrikli Liftlerin İşletme Emniyetinin Sağlanması.....	703
State Estimation in Induction Motors Using the Closed Loop Observers.....	709
Structural properties of CdO-ZnO Semiconductor Composite.....	716
Makine Öğrenmesi Yaklaşımları ile Güvenlik Duvarı Kayıtlarının Analizi.....	719
Retina Görüntülerinden Otomatik Damar Çıkarımı.....	723
Renkli Retina Görüntülerinden Optik Diskin Otomatik Bölütlenmesi.....	727
Daha Hızlı Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları ile Retinal İmgelerde Optik Diskin Belirlenmesi.....	731
Determining Optimal Parameters in the Single Hidden Layer Artificial Neural Networks by Differential Evolution.....	735
Diz İmplant Yapımında Kullanılan Malzemeler, Özellikleri ve Biyo-malzemeler.....	739
Estimating Results of the Cryotherapy in the Treatment of Warts by Dependent Nearest Neighbour.....	746
Karar Ağacı Algoritmalarından Cart ve Quest Algoritmalarının Tahminleme Yetenekleri Açısından Karşılaştırılması.....	749
Motif Örüntüler Yöntemi ile Spam EPostaların Filtrelenmesi.....	755
Pısa 2015 Matematik Okuryazarlığına Ait Veri Seti Üzerinde Karar Ağacı Algoritmalarından CHAID ve EXHAUSTIVE CHAID Algoritmalarının Performans Açısından Karşılaştırılması.....	760
Pulsar Candidate Selection by Extreme Learning Machine.....	766
Sinir Hücrelerinde ve Nöron Popülasyonlarında Elektriksel Aktivite.....	770
Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinin Durumu ve Potansiyeli; Şırnak İli Örneği.....	775
Dizel Motorlu Bir Jeneratör Setinde Soya Biyodizel Yakıtının Kullanılması.....	782
3B Görüntüleme ve Görselleştirme Çalışmaları.....	788
2B ve 3B Medikal Görüntülerde Gürültü Temizleme Tekniklerinin Karşılaştırmalı İncelemesi.....	791
A Novel Feature Extraction Method for Gender Identification from Sensor Signals.....	795
Parmak İzi Tanıma Tekniklerine Genel Bir Bakış.....	796
Yerel Ağlarda Ağ Haritalama Oluşturularak Otomatik VLAN ve IP Atama.....	801
Bir Konut Sitesi için Semantik Web Uygulamaları.....	805
Blokszincir Mimarisi.....	810
Bitki Türlerinin Yaprak Geometrisi Tabanlı Sınıflandırılması.....	819
Distinguishing Pixels of Foreground Car Objects from Background in Digital Images by Using Vertical and Horizontal Sobel Masking Edge Detection.....	823
Formant Frequency Alteration Effects of Plosive Stop Consonants on Adjacent Vowels in Turkish Language.....	827
Fraktal Boyut Kullanılarak Şekil Olarak Düzensiz Kelimelerin Çözümlemesi.....	832
Fraktal Boyut Kullanılarak Gerçek Zamanlı Nesne Tanıma Algoritmasının Oluşturulması.....	838
Investigation of Thumbnail Files in Digital Forensics.....	844
N Doğrulama Tabanlı İmge Steganografi Yöntemi N Correction Based Data Hiding Method.....	848
Oyunlarda Hareketler Tabanlı Yeni Bir Steganografi Yöntemi.....	853
Özel Bir İnşaatta Risk Analizi Uygulaması.....	857

Parkinson Hastalığının Sensör işaretlerinden Teşhisi için Yeni bir Öznitelik Çıkarım Yöntemi.....	860
Tam Bağlı İki Parçalı Graf Tabanlı Yeni Bir Rastgelelik Testi.....	866
Yüz görüntülerinden cinsiyet tanıma için iki yeni öznitelik çıkarım yöntemi.....	870
Daire Testere Makinesinde Kullanılan Milin Nümerik Hasar Analizi.....	873
Farklı Malzemeden Yapılmış Çarpışma Kutularının Karşılaştırılması.....	880
Investigation Of Thermal and Acoustic Performances of Pumice Concrete Wall Constructions.....	884
Investigation of Thumbnail Files in Digital Forensics.....	898
Katı Atık Toplama Araçlarının Güzergâh Optimizasyonu ve Rehabilitasyonu.....	902
Mekatronik Sistemin Uzaktan SCADA ile Kontrolü.....	909
SCADA Sisteminde Enerji Takibi ve Ekonomik Yaklaşımlar.....	912
Life-Cycle Environmental Footprint Analysis of Electricity Generation Technologies.....	915
Ecologic Impact Analysis of Epoxidized Vegetable Oils Used at Polymer Production.....	922
Ecologic Impact Analysis of Construction Materials.....	929
AA5182/AA7075 Alüminyum Alaşımlarının TIG Kaynağında Kaynak Akımının Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi.....	936
Farklı Çentik Geometrilere Sahip Alüminyum Plakaların Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi.....	941
İscehisar (Afyonkarahisar) Andezitinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi.....	948
Afyonkarahisar Yöresinde Yapı Taşı Olarak Kullanılan İscehisar Andezitinin Tuz Kristallenmesine Direncinin İncelenmesi.....	956
Energy Generation Management for Energy Demand of Electrical Car in Tunisia.....	965
Smart Grid Road Map and Challenges for Turkey.....	970
Numerical Analysis of Scour at Downstream of Dams with Free Overfall.....	975
Santrifüj Teknolojisinin Geoteknik Mühendisliği Uygulamalarındaki Kullanımı.....	979
Alternatif Bir Enerji Türü Olarak Nükleer Enerji ve Atık Bertarafının Geoteknik Mühendisliği Açısından Değerlendirilmesi.....	982
Role of Energy Storage in Modern Grid Case Study: USA.....	984
A Transmission Line Data with Load Fore-Cast Model for The Future.....	988
Kütle Değişikliği Yapılmış Bir Yapının Belirli Doğal Frekanslarının Korunması için Yapılan Yere Bağlı Yay Değişikliklerinin Belirlenmesi.....	993
Genelleştirilmiş Koordinatlar Arasında Yay Değişiklikleri Yapılarak Bir Sistemin Doğal Frekanslarının Kaydırılması.....	999
Yalıtımın Duvar İçindeki Dağılımının Yoğuşmaya Etkisi.....	1005
Chaotic Analysis for Serbia's Solar Energy.....	1009
Taguchi Yöntemi Kullanılarak Farklı Yama Boyutlara Sahip Çift Takviyeli Bağlantıların Dayanımlarının İncelenmesi.....	1015
Afyonkarahisar Organize Sanayii Bölgesi Mermer Atıklarının Beton Agregası Olarak Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi.....	1020
Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Üretiminin Gelişimi.....	1027
Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli.....	1036
Kazınmış Asfalt Malzemelerin Beton Karışımında İri Agrega Yerine İkame Edilmesinin Beton Dayanımına Etkisi.....	1041
Akarsu Köprülerinde Oyulma Riski Analizi: Bartın III Köprüsü Örneği.....	1045
Uzaktan Algılamaya Genel Bir Bakış.....	1049
Hastane Yapılarında Enerji Verimliliği.....	1054
Giyilebilir Sağlık Teknolojileri.....	1058

Mardin İlinde Bulunan Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Yapay Sinir Ağı ile Performans Tahmini.....	1062
Bir Elektrik Dağıtım Şirketinin Bazı Birimlerinde Risk Analizi.....	1063
Güneydoğu Anadolu'nun Volkanik Geçmişinin Neojen Yaşlı İki Tanığının Jeolojik ve Petrolojik Özellikleri: Kıra Dağı ve Karacadağ.....	1067
Doğu Anadolu, Bitlis Masifinde Yüzeyleyen Kızılağaç (Muş) Metagranitinin Jeokimyası.....	1071
Söke (Aydın)Yöresinde (Batı Anadolu, Türkiye), Ekstansiyon ilişkili Orta-Üst Miyosen Hisartepe Andezitlerinin Jenezinde Karışmış Mağmalar ve Kabuksal Asimilantlar için Dokusal Kanıtlar.....	1075
Application of a novel porous carbon in two differential ionic dyes removal from environmental water: A pilot-scale study.....	1079
Bazı Çeltik Çeşitlerinin Çimlenmesine NaCl'nin Etkisi.....	1082
Dizel Motorlardan Kaynaklanan Kirleticiler ve Azot Oksit(NOx) Emisyonlarının Düşürülme Yöntemleri.....	1086
Antioxidant Effect of Rosemary in Meat and Meat Products.....	1091
Effects Ultrasound and Heat on Microbial Content of Tomato.....	1097
Krem Bal ve Önemi.....	1107
Sinusoidal Beslemeli İndüksiyon Motorlarda Block-Pulse Fonksiyonlarını Kullanarak Durum Kestirimi.....	1112
Genişletilmiş Kalman-Bucy Filtreli Çevrimiçi Otomatik Ayarlama Kullanılarak İkinci Dereceden Doğrusal Olmayan Bir Sistemin Kontrolü.....	1120
DC Motorlarda Kaskat Konum Kontrolü.....	1126
Siirt-Şırnak Otoyolu İçin Mevcut HPS Aydınlatma Sistemi Yerine LED Aydınlatma Sistemi Tasarımı ve Karşılaştırılması.....	1131
Genetik Algoritmalar kullanarak FV Hücrenin Seri Direnç ile Şönt Direncinin Kestirimi.....	1137
Tek Eksenli Güneş Takip Sistemi İçin Sensör Tasarımı ve Modellenmesi.....	1142
DC Motorda Kayma Kipli Kontrol Uygulamaları.....	1147
Kapalı Çevrimli Gözlemleyicileri Kullanarak İndüksiyon Motorlarda Durum Kestirimi.....	1152
Elyaf Takviyeli Kompozitlerde Elyaf Açısının Çekme Dayanımına Etkisinin Belirlenmesi	1159

Afyonkarahisar Yöresinde Yapı Taşı Olarak Kullanılan İscehisar Andezitinin Tuz Kristallenmesine Direncinin İncelenmesi

Investigation Of The Salt Crystallization Resistance Of Iscehisar Andesite Used As Building Stones In Afyonkarahisar Region

M.Yavuz Çelik, Murat Sert, Zeyni Arsoy, Ramazan Tıǧlı*

* Sorumlu Yazar: mycelik@hotmail.com, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapı Taşları Programı,

Özetçe — Andezitler binalarda, yaya yolları, park ve bahçe düzenlemelerinde parke taşı, döşeme taşı, kaplama taşı olarak kullanılan volkanik kayalardır. Andezitlerin boşluklarında taşınan tuzlar, buharlaşma nedeniyle boşluklarda ve yüzeylerde birikmeye başlar. Tuz kristallerinin oluşumu sırasında hacmindeki artış nedeniyle boşluk basıncı artar ve ayrışma başlar. Doğal yapı taşlarında ayrışma olaylarının gözeneklilik, su emme gibi bazı fiziksel özellikler ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu amaçla çalışma kapsamında andezitlerin petrografik-mineralojik (polarizan mikroskop, XRD), kimyasal analiz, gözenek çapı dağılımı ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. İscehisar andezitinin tuz kristallenmesine direncini belirlemek amacıyla sodyum sülfat dekahidrat ve sodyum klorür çözeltileriyle deneysel çalışmalar yapılmıştır. Andezitin tuz kristalleşmesine bağlı bozunma özellikleri ağırlık kaybı hesaplaması, tek eksenli basınç dayanımı ve ultrasonik hız ölçümleri ile belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar, 15 tuz kristallenmesi döngüsünün andezitlerde çok önemli bir değişikliğe yol açmadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler — Yapı Taşları, Tuz Kristalizasyonu, Gözeneklilik, Andezit, Ağırlık Kaybı.

Abstract — Andesite are volcanic rocks which are used as widely in building and landscaping as pedestrian roads; parks and gardens are used as paving stones and covering stones. Transported soluble salts start to accumulate in the voids and on the surfaces due to evaporation. Due to the increase in volume during the formation of salt crystals in the voids, increase in the pressure and thus begins decomposition. It is known that decomposition events in the natural stones are related to some physical properties such as porosity and water absorption. Petrographic-mineralogical (microscope, XRD), chemical analysis, porosity distribution and physico-mechanical properties of the mentioned rocks have been determined. Experimental studies have been carried out with sodium sulfate decahydrate and sodium chloride solutions to determine the resistance of salt of andesite to salt crystallization. The decay properties of andesite due to salt crystallization were determined by weight

loss, uniaxial compressive strength and ultrasonic velocity measurements. Experimental studies have shown that the salt crystallization of 15 cycle does not lead to a notable change in andesite

Keywords — Building Stone, Salt Crystallization, Porosity, Andesite, Weight Loss

I. GİRİŞ

Doğal yapı taşları, işlenmesi zor ve zaman alıcı olmasına rağmen tarihin her döneminde yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Özellikle uzun ömürlü ve güzel görünümlü olması istenen anıt ve resmi binaların yapımında daha fazla tercih edilmiştir. Doğal yapı taşlarının sağlam ve dış etkilere dayanıklı olmasının yanı sıra çok miktarlarda bulunması da bu tercihin en önemli sebeplerinden birisidir. Eski uygarlıklar önemli bir neden olmadıkça genellikle yakın yörede bulunan doğal yapı taşlarını kullanmayı tercih etmişlerdir. Bunu günümüze kadar gelen ve hala ayakta olan çok sayıda tarihi yapıda görmek mümkündür. Antik dönemlerde kale surları, tapınak, kilise, köprü, hamam, amfi tiyatro gibi yapılarda tercih edilen doğal yapı taşları, Selçuklu ve Osmanlı dönem mimarilerinde de camii, medrese, köprü, kervansaray, kümbet, çeşme ve türbe gibi yapılarda kullanılmıştır.

1900'lü yılların başından itibaren çimento, beton, briket, tuğla, alçı gibi inşaat malzemelerinin yaygınlaşmasıyla tüm Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de doğal yapı taşı kullanımı azalmıştır. Ancak teknolojinin gelişmesine paralel olarak yeni ocak ve kesme makineleri üretilmesi ve yeni yüzey işleme yöntemlerinin geliştirilmesiyle 1900'lü yılların sonuna doğru doğal yapı taşları yeniden inşaat sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri sadece kesilmiş ve parlatılmış mermer vb. taşlar tercih edilirken, günümüz mimari uygulamalarında, yüzlerce çeşit ve renk seçeneğine sahip olan doğal yapı taşlarının cilalı ve cilasız olarak kullanılması gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu doğal yapı taşlarının en çok kullanılanlarından birisi de andezitlerdir. Volkanik kökenli olan andezitler değişik amaçlı olarak mimari tasarımlarda kullanılmaktadır. Afyonkarahisar yöresinde andezitlerin yapı taşı olarak kullanımına örnekler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil. 1. Afyonkarahisar yöresinde andezitlerin yapı taşı olarak kullanımına örnekler. Afyon Lisesi (a), İncehisar Köprüsü (b), kaldırım (c), Afyon Lisesi ek binası (d).

Andezitlerin homojen renk, doku ve sertlik açısından uygun olan bazı türlerinden yaya yolları, park ve bahçe düzenlemelerinde parke taşı, döşeme taşı, kaplama taşı olarak faydalanılmaktadır. Andezitler honlama, çekiçleme ve kabayonu yüzey biçimleri ile yurt içi ve yurt dışında kullanıcılarının tercihi olmaktadır. Andezitler, tarihi yapıların restorasyonunda kullanıldığı gibi modern mimaride merdiven basamakları, şömine, harpuşta gibi çeşitli şekillerde, oturma grupları ve çiçeklik gibi peyzaj çalışmalarında da kullanılmaktadır.

Diyoritin yüzey kayacı olan andezit, plajiyoklasların yanı sıra hornblent, biyotit, piroksen gibi Fe-Mg ca zengin olan minerallerden oluşmuştur. Kuvars, çok az veya hiç yoktur. Hamur maddesi; küçük plajiyoklas tanelidir, yapıda bazen boşluklara da rastlanabilir. Andezitin rengi grinin tonlarındadır ancak ayrışma derecelerine göre değişiklik gösterir. Ayrışmadan dolayı pembemsi kırmızı, morumsu, kahverengimsi ve yeşilimsi renklerde olabilir.

Literatürde İncehisar andeziti ile ilgili bazı çalışmalara rastlanmakta olup bu çalışmalar yapı taşı olarak kullanımı [1, 2] ve agrega olarak kullanımı [3] hakkındadır. İncehisar andezitinin tuz kristallenmesine dirençlerini konu alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Gerek bazı andezitlerin gerekse diğer doğal yapı taşlarının tuz kristallenmesine dirençlerini konu alan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle sodyum sülfat çözeltileri kullanılmıştır [4-11].

Ünal vd. [12], farklı oluşumlara sahip doğal yapı taşlarının tuz kristalleşmesine bağlı bozunma özellikleri ultrasonik hız ölçümleri ve ağırlık kaybı hesaplaması ile belirlemeye çalışmışlardır. Deneyler sonucunda andezitin en az bozunduğunu, Limra ve Altınekin traverteninin en fazla bozunduğunu belirlemişlerdir. Zedef vd. [13], Konya yöresinde tarihi yapılarda kullanılan dasit, andezit ve tüflerin tuz kristallenmesine dirençlerini kuru ağırlık kayıplarıyla bulmaya çalışmışlardır. Deneyler sonucunda en dayanıklı kayacın dasit olduğunu belirtmişlerdir. Dal [14], kireçtaşı ve mermer üzerinde doğal ortam koşullarında oluşabilecek gerçek tuz miktarını temsil etmek amacıyla %1 ve %3 oranlarında Na_2SO_4 ve MgSO_4 etkilerine maruz bırakılarak yapı taşının bozulma miktarı, bozulma şekli ve renk değişimi incelenmiştir. Sedimanter kayaçların (kireçtaşı) ağırlık kaybının metamorfik kayaçların (mermer) ağırlık kaybından

daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Ünal ve Gündoğdu [12], yapı malzemesi olarak kullanılan 6 farklı tüfün tuz kristalleşmesine karşı dirençlerini kuru ağırlık kaybı ve ultrasonik hız ölçümleri yapılarak belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, tüflerin dayanımlarının tuz kristalleşmesinden önemli derecede etkilendiğini belirlemişlerdir.

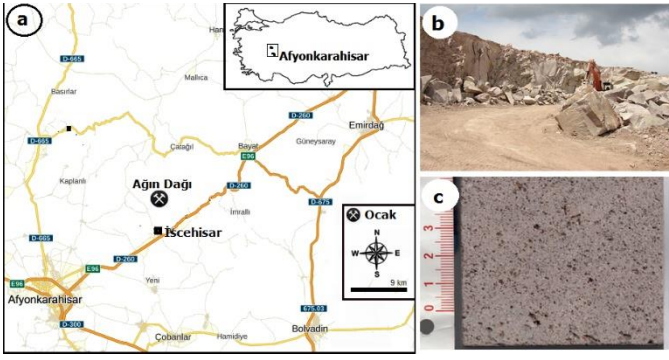
Ne kadar dayanıklı olursa olsun bazı doğal yapı taşları çevresel ve atmosfer etkileri ile zaman içerisinde ayrışmaya başlar. Doğal yapı taşlarının ayrışmasındaki başlıca olaylardan birisi de çözülebilir tuzlardır. Özellikle su emme ve kılcal yollarla taşınabilen çözülmüş tuzlar, doğal yapı taşlarının gözenek ve çatlaklarında birikmeye başlar. Taş gözenekleri içerisinde büyüyen tuz kristalleri oluşturdukları basınç ile taşın dayanımını yendiği anda bu baskıya dayanamayan taş, aşamalı olarak ayrışmaya uğrayabilir. İlk başlarda küçük boyutlu taneler, zamanla büyük boyutlu parçalar taş yüzeyinden ayrılabilir. Bazen yüzeyden bir kabarma ve patlama olurken bazen de taş tüm bütünlüğünü kaybeder ve dağalarak parçalanır.

Bu çalışmada, dış cephe döşemesi ve kaplaması, kaldırım, bordür ve merdiven basamağı, yaya yollarında, park ve bahçe düzenlemelerinde kullanılan İncehisar andezitlerinin fiziko-mekanik, kimyasal, mineralojik-petrografik ve gözenek özelliklerinin belirlenmesi de dahil olmak üzere, karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Genellikle dış mekanlarda kullanılan andezitlerin tuz kristallenmesine direncini değerlendirmek için laboratuvarında sodyum sülfat ve sodyum klorür çözeltileri ile yaşlandırma deneyleri yapılmıştır. Andezitlerde tuz kristalleşmesine bağlı ayrışma özellikleri ağırlık kaybı, tek eksenli basınç dayanımı ve ultrasonik hız ölçümleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle tarihi yapılarda kullanılan andezitlerde tuz kristallenmesi nedeniyle meydana gelen tahribatın miktarı ve derecesi bu çalışma yoluyla belirlenecek ve yörede yeni yapılarda kullanılacak olan andezitlerin de tuz kristallenmesine dirençleri hakkında veri elde edilmiş olacaktır.

II. MATERYAL VE METHOD

A. Materyal

kuzeyinde yer alan Ağın dağı andezit ocaklarından temin edilmiştir. Söz konusu ocaklar aktif olup üretilen andezitler, bölgede yapıtaşı olarak kullanılmaktadır. Bu andezitler pembemsi kırmızı, morumsu renkler sunarlar. Söz konusu örneklerin alındığı lokasyonları gösteren yer bulduru haritası Şekil 2'de verilmiştir. Tuz kristallenme deneylerinde sodyum sülfat çözeltisi için Acros marka sodyum sülfat dekahidrat ve sodyum klorür çözeltisi için Çankırı kaya tuzu kullanılmıştır. TS EN 12370 [15] standardına göre hazırlanan çözelti %14'lük olup, 100 g çözeltide 14 g tuz, 86 g saf su kullanılmıştır. Fiziko mekanik deneylerde 70x70x70 mm, tuz kristallenme deneylerinde de 50x50x50 mm kübik şekilli örnekler kullanılmıştır.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan andezit örneklerinin alındığı ocağın lokasyon haritası (a), ocağın (b) ve andezitin yüzey görünümü (c).

B. Method

Malzeme karakterizasyonu için numunelere kimyasal, mineralojik-petrografik (polarizan mikroskop, XRD, SEM) test ve analizler uygulanmıştır. Kimyasal analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği bölümü Doğaltaş Analiz Laboratuvarında bulunan Rigaku/ZSX Primus II marka XRF cihazında yapılmıştır. Petrografik incelemeleri için Ankara MTA'da ince kesitler hazırlanmış ve polarizan mikroskop incelemeleri, Leica DM 2500P model polarizan mikroskop ile tane büyüklüğü, dokusu ve mineralojik bileşimi açısından incelenmiştir. XRD analizleri Çanakkale Seramik Fizik laboratuvarlarında Panalytical X-pert MRD (X-celerator dedektör) ile yapılmıştır. Örneklerin tuz kristalizasyonu deneyleri sonrası SEM analiz için numuneler karbonla kaplanmış ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan LEO 1430 VP model SEM cihazı ile incelemeler yapılarak resimleri çekilmiştir.

Deneylerde kullanılan yapı taşlarının yoğunluk, su emme, gözeneklilik, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı gibi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Bu deneyler, Tablo 1'de belirtilen TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Deneylerde 6'şar adet 70x70x70 mm boyutlarında andezit örnekleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Fiziko mekanik testlerde kullanılan ilgili standartlar.

Testler	İlgili standart
Yoğunluk (kg/m ³)	TS EN 1936 [16]
Ağırlıkça Su Emme (%)	TS EN 13755 [17]
Gözeneklilik (%)	TS EN 1936 [16]
Ultrasonik Dalga Hızı (km/s)	TS EN 14579 [18]
Basınç Dayanımı (MPa)	TS EN 1926 [19]
Tuz Kristal. Direnç (%)	TS EN 12370 [15]

Tüflerin ultrases geçiş hızı ölçümleri TS EN 14579 [18] standardına uygun olarak, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Proceq Pundit Lab marka ultrases test cihazı (P-dalgası) ile yapılmıştır (54 kHz). Deneyde kullanılan doğal yapı taşlarının su emme özelliklerine etki eden en önemli bileşenlerden birisi de gözenek çapı ve dağılımıdır. Bu amaçla andezit örneklerinin gözenek dağılımları, Afyon Kocatepe

Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) cıvalı porozimetre Micromeritics Auto Pore IV 9500 cihazında belirlenmiştir. Deney şartları 480,00 erg/cm² vakum altında 140 °C kontak açısı şeklindedir.

C. Tuz kristallenmesine direncin tayini deneyleri

Andezitlerin tuzlu çözeltilerle yaşlandırma deneyleri TS EN 12370 [15] standardına göre yapılmıştır. Deneylerde %14 lük sodyum sülfat dekahidrat ve sodyum klorür çözeltileri kullanılmıştır. Çözeltinin yoğunluğu kullanımdan önce kontrol edilmiş ve çözelti her periyot için yeniden hazırlanmıştır. Numuneler önceden hazırlanmış bir kap içerisinde birbirleri arasında en az 10 mm ve kapla aralarında en az 20 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Numuneler, ıslatmak için (20±0.5) °C da 2 saat çözelti içerisinde bırakılmıştır. Bekleme süresi sonrası numuneler çözeltiden alınmış ve bir etüvde kurutulmuştur. Etüv, kurutulmanın ilk anlarında yüksek bağıl nemlilik sağlayacak şekilde ve numunelerin sıcaklığını 10 saatten az 15 saatten fazla olmayan bir süre içerisinde (105±5) °C'a yükseltecek şekilde düzenlenmiştir. Numuneler en az 16 saat süreyle etüvde bırakılmış ve yeniden soğuk sodyum sülfat çözeltisine daldırılmadan önce (2.0±0.5) saat oda sıcaklığına soğutulmuştur. İşlem numunenin dağılma parçalanma gibi durumları hariç 15 kez tekrar edilmiştir. Deney sonunda ağırlık kayıpları Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta M = (M_f - M_{d1}) / M_d \times 100 \quad (1)$$

Burada;

ΔM : Deney öncesi ve sonrası kütlelerdeki bağıl fark (kütle kaybı veya kütle artışı); %

M_f : On beşinci işlemde sonra etiketle birlikte kuru deney numunesinin kütlesi; g

M_{d1} : Birinci işlemde önce etiketle birlikte kuru deney numunesinin kütlesi; g

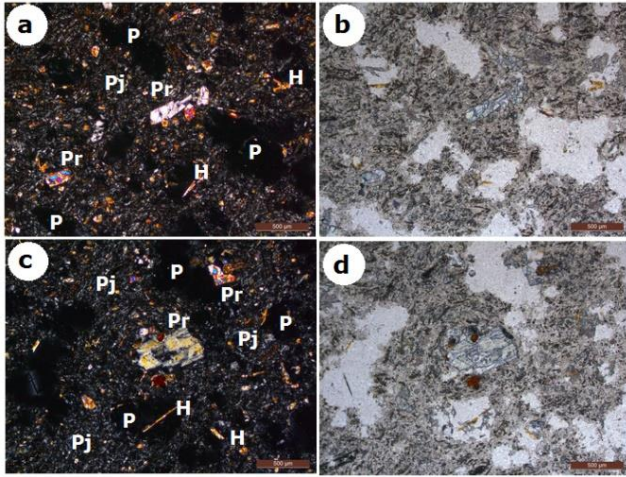
M_d : Kuru deney numunesinin kütlesi; g.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Petrografik ve Mineralojik Analizler

1) Polarizan mikroskop analizi

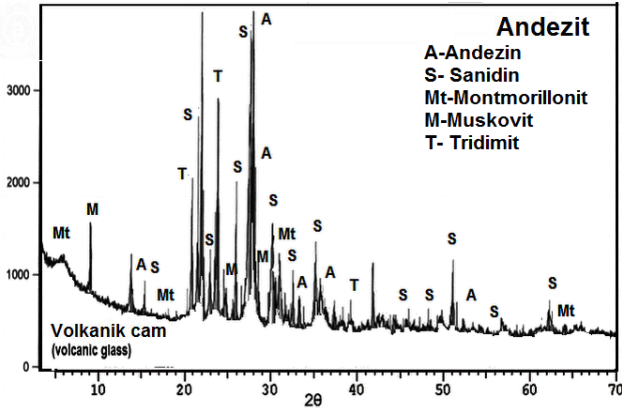
Polarizan mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi ve dokusal özellikleri belirlenmiştir. Andezitlerin çift ve tek nikol ince kesit resimleri Şekil 3'de verilmiştir. Andezitlerin matriks yapısı camsı ve mikrolitler halinde ince taneli plajiyoklaslardan oluşmuştur. Matriks içerisinde yer yer hornblend ve piroksen mineralinin bulunduğu gözlenmiştir. Matrikste akma dokusu belirgindir. Fenokristal olarak gözlenen piroksen minerallerinde kırık ve çatlaklar çok belirgindir. İnce kesitlerde bol miktarda gözenekler de bulunmaktadır. Hornblendlerde yer yer ayrışma izleri görülmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda andezitik bileşimli olduğu tespit edilen kayada, gözlenen pembemsi-kırmızımsı rengin hornblendlerdeki alterasyondan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil. 3. Andezitte ince kesit görünüşleri (a, c): Çift nikol, (b, d): Tek nikol. (H: horblend, Pr: piroksen ve Pj: plajiyoklas, P: gözenek)

2) XRD analizi

İncelenen andezit örneklerinin XRD analiz sonuçları Şekil 4'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.



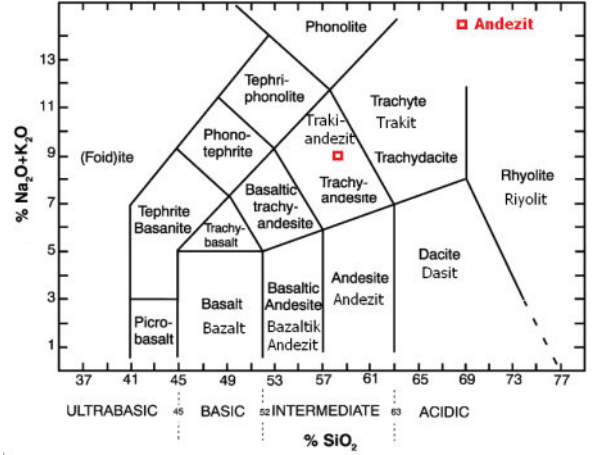
Şekil. 4. Andezitin XRD analizinde tespit edilen mineral piklerinin görünümü.

B. Kimyasal Analiz

Doğal yapı taşı olarak kullanılan ve bu çalışma kapsamında incelenen andezitin ana element oksit içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Andezitin ana element oksit analizi sonuçlarına göre en büyük bileşen SiO_2 dir. Andezitin SiO_2 oranı %58,3 olarak belirlenmiştir. İkinci en büyük bileşen Al_2O_3 %15,8 dir. Kimyasal analiz verilerine göre, andezitin kökenini bulmak amacıyla Le Bas vd. [20] tarafından önerilen toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) ve silis (SiO_2) diyagramı kullanılmıştır. Andezitin traki-andezitik bileşimli oldukları belirlenmiştir (Şekil 5).

Tablo 2. Andezitin kimyasal analiz sonucu.

Kimyasal bileşim	(%)
SiO_2	58.30
Al_2O_3	15.80
Fe_2O_3	4.96
MgO	2.73
CaO	4.79
Na_2O	3.02
K_2O	7.00
TiO_2	1.12
A.Z	0.93
Top.	98.65

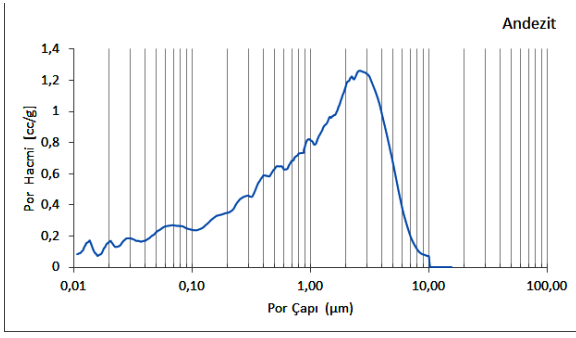


Şekil. 5. Deneylerde kullanılan andezitin Le Bas vd, [20] diyagramına (toplam alkali içeriğine karşı silis) göre kökeni traki-andezit olarak belirlenmiştir.

C. Andezitlerin Gözenek Çapı Dağılımı

Klopper [21] tarafından gözenekler boyutlarına göre şu şekilde sınıflandırılmıştır: mikro gözeneklilik ($<0.1 \mu\text{m}$), mezo gözeneklilik (kılcal gözeneklilik) ($0.1 \mu\text{m}-1 \text{mm}$) ve makro gözeneklilik ($>1 \text{mm}$). Kapiler (kılcal) su emme, pratik olarak çapları $0.1 \mu\text{m}$ ve 1mm arasındaki gözeneklerle ilişkilidir. Kayaçların gözenek çapları küçüldükçe kılcal su emme özelliği artar. Makro gözenekler ise çapı 1mm 'den büyük olup daha çok suyun malzeme içindeki hareketini sağlarlar [22].

İncelemelerde kullanılan andezitin cıvalı porozimetre yöntemiyle ölçülen gözenek çapı dağılımı grafiği Şekil 6'de verilmiştir. Andezitin gözenek boyut dağılımı, $0.01-10 \mu\text{m}$ arasında yoğunlaşmıştır. Çözünerek suyla beraber taşınabilen tuz çözeltileri daha çok kılcal kapilarite yoluyla malzeme içerisine girmektedir. Bu nedenle $0.1 \mu\text{m}-1 \text{mm}$ arasındaki gözenek dağılımı büyük önem taşımaktadır. İncelenen örneğin yaklaşık %80'den fazlasının $0.01 \mu\text{m}-1 \text{mm}$ arasında gözenek çapı dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda andezitler, tuz çözeltilerini infiltre edebilecek miktarda gözenek çapı dağılımına sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Andezitin gözenek çapı dağılımı.

D. Fiziko-mekanik Özellikleri

Yapı taşlarının kullanım yerlerinin belirlenmesi için fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle atmosfer etkilerine açık alanlarda kullanılacak olan doğaltaşların gözeneklilik, su emme gibi bazı özelliklerinin yanı sıra dayanım özelliklerinin de bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Doğaltaşların gözeneklilik, su emme ve yoğunluk gibi özellikleri mekanik dayanımları ile ilişkilidir. Düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli kayaçların genellikle daha dayanıksız olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda İncehisar andezitlerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Deneylerde elde edilen veriler Tablo 3’de verilmiştir.

Buna göre andezitlerin yoğunluğu 2440 kg/m^3 iken toplam gözenek %17.90 olarak tespit edilmiştir. Gözenek değerlerinin yüksek olması kayacın su emme değerinin de yüksek olmasına yol açarken mekanik özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Buna göre ağırlıkça su emme miktarı %4.70, tek eksenli basınç dayanımı da 90.71 MPa olarak bulunmuştur. Gözeneklilik miktarının yüksek olmasından dolayı ultrases dalga hızı verileri de diğer volkanik kayaçlara göre daha düşük (2.18 km/s) bir değer vermiştir.

Tablo 3. Andezitlerin standartlara göre yapılan fiziko-mekanik özellikleri.

Deneyler	min	max	ortalama
Yoğunluk (gerçek) (kg/m ³)	2380.00	2500.00	2440.00
Ağırlıkça su emme (%)	4.29	5.17	4.70
Açık gözeneklilik (%)	8.12	10.45	9.30
Toplam gözeneklilik (%)	16.18	20.00	17.90
Ultrases dalga hızı (km/s)	2.07	2.66	2.18
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	75.28	96.86	90.71

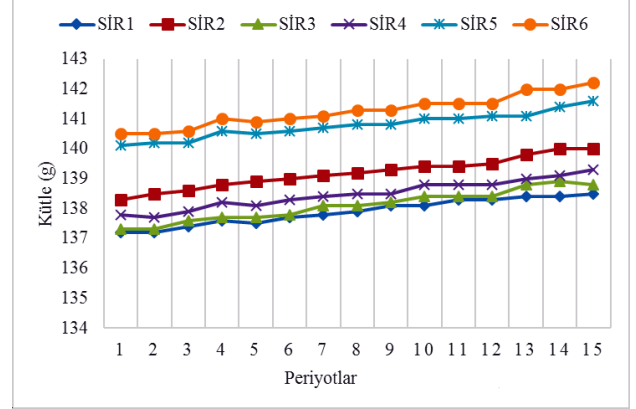
E. Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini Deneyi

Tuz kristallenmesi testinin temel hedefi, yapı taşlarının uzun süreli dayanımını test etmek, her taş türünün bozunma ve bozunma özelliklerini incelemek ve tuzun ayrışma üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Deneyde kullanılan sodyum sülfat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak hem mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) hem de tenardit (Na_2SO_4) olarak kristallenebilir [23-24]. Sodyum sülfat, yüksek nemli ortamlarda mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), düşük nemde tenardit (Na_2SO_4) oluşturmak üzere kristalleşir [23]. Mirabilitin dehidratasyonu ile de tenardit (Na_2SO_4) oluşmaktadır. Sodyum sülfat, susuz fazdan (tenardit) dekahidrat formuna (mirabilit) geçişi sırasında genişleme (mol hacminde 4.15 kat artış) özelliğine sahip olduğu için en zararlı

tuzlardan biridir [25]. Bu çalışma kapsamında da tuz kristallerinin andezitlerde ayrışma etkisini belirlemek amacıyla sodyum sülfat ve sodyum klorür çözeltileri kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır.

1) Andezitin sodyum sülfat dekahidrat deneyi

TS EN 12370 [15]’e göre yapılan tuz kristallenmesine direncin tayini deneyi 50x50x50 mm küp şeklindeki İncehisar andezit (SİR) örnekleri ile yapılmış olup on beş periyot boyunca kütle değişimi grafiği Şekil 7’de verilmiştir. Andezitin Sodyum sülfat dekahidrat çözeltisinde 1., 5., 10. ve 15. periyotlardaki görünümü Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 7. Andezit örneklerinin tuz kristallenmesine direncin tayini deneyinde kütle değişim grafiği.

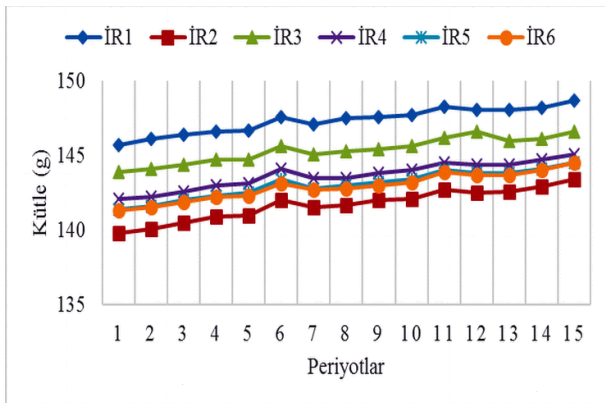
Sodyum sülfat dekahidrat deneyinde andezit numunelerinin 1., 5., 10. ve 15. periyotlarındaki kütle değerleri sırasıyla 138.13 g, 138.53 g, 139.14 g, 139.67 g olarak ölçülmüştür. Şekil 7 incelendiğinde, andezitin başlangıçtan itibaren tedrici olarak ağırlıkta artış gözlenmiştir. Bu artışın sebebi tuz kristallerinin boşluklarda birikmesinden kaynaklanmaktadır. Tuz kristallenmesi deneyleri sırasında andezit örnekleri yaklaşık 2 saat tuz çözeltisinde bekletilmekte ve bu sırada gözenekler tuz çözeltisi ile doymuş hale gelmektedir. Daha sonra örnekler 105 °C’deki fırında kurumaya bırakılmaktadır. Bu esnada suyun buharlaşması ile çözeltideki tuzlar gözeneklerde kristalleşmektedir. Bu durumda taşların gözenekleri tuz kristalleri ile dolduğundan kayanın kütlelerinde bir artış meydana gelmektedir. Deneysel çalışmalarda standartlarda öngörülen 15 periyot sodyum sülfat dekahidrat tuz kristallenmesi deneyi uygulanmıştır. 15. Periyot sonunda andezit numunelerinin yüzeylerinde renk solmaları ve tuz kristallerinden dolayı beyazlıklar gözlenmiş olup herhangi bir tane kaybına rastlanmamıştır. Deneysel çalışmalar, bu kadar tuz kristallenmesi döngüsünün andezitlerde çok önemli bir değişikliğe yol açmadığını göstermiştir.



Şekil 8. Sodyum sülfat dekahidrat çözeltisinde 1, 5, 10, ve 15. periyotlardaki andezit örneklerinin görünümü.

2) Andezitin sodyum klorür deneyi

Tuz kristallenmesine direncin tayini deneyi 5x5x5 cm küp şeklindeki İschehisar andezit (SİR) örnekleri ile yapılmış olup 15 periyot boyunca kütle değişimi grafiği Şekil 9'da verilmiştir. Andezitlerin sodyum klorür çözeltisinde 1., 5., 10. ve 15. periyotlardaki görünümü Şekil 10'da görülmektedir. Sodyum klorür deneyinde andezit numunelerinin 1., 5., 10. ve 15. periyotlarındaki ortalama kütle değerleri sırasıyla 142.63 g, 144.07 g, 144.61 g, 145.57 g'dır. Burada da diğer tuz çözeltisinde olduğu gibi tedrici bir kütle artışı görülmektedir. 15 periyot boyunca %2.02 ağırlık artışı kaydedilmiştir. Bu durum tüfün boşluk ve yüzeylerinde biriken tuz kristalleri ile açıklanabilir. Andezitlerin gözenek ve yüzeylerinde biriken sodyum sülfat ve klorür tuzlarının varlığı SEM analizi ile doğrulanmıştır. Gözenek çapı dağılımı da bunu desteklemektedir. Andezitin %80'i 3000 ile 10 nm arasında gözenek çapı dağılımı göstermektedir. Bu durumda andezitlerin daha fazla sodyum klorür tuz kristallenmesi döngüsüne maruz kalmadığı sürece 15. döngüde tuz kristallenmesine dayanıklı olduğu söylenebilir.



Şekil 9. Andezit örneklerinin sodyum klorür tuz kristallenmesine direncin tayini deneyinde kütle değişim grafiği.



Şekil 10. Sodyum klorür çözeltisinde 1, 5, 10, ve 15. periyotlardaki andezit örneklerinin görünümü.

F. Tuz kristallenmesine direncin tayini sonrası meydana gelen değişikliğin incelenmesi

Tuz kristallenmesine direncin tayini deneyinde, 15. periyot sonunda İschehisar andezitinde (SİR) meydana gelen yapısal değişiklikleri incelemek amacıyla ultra ses geçiş hızı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Tuz kristallenmesine direncin tayini sonrası meydana gelen değişiklikler Tablo 4'de verilmiştir. Ultra ses geçiş hızı deneysel çalışmaları sonuçlarına göre her iki tuz çözeltisinde P-dalga hızının arttığı gözlenmiştir. Ultrases dalga hızı sodyum sülfat çözeltisinde %72.02 artarken bu oran sodyum klorür çözeltisinde %64.68 olarak ölçülmüştür. Tuz kristallenmesi deneyinde, gözenekli yapıdan dolayı boşlukların tuz kristalleri ile dolması ve ayrışmanın da henüz başlamamış olması ultra ses geçiş hızı değerlerinin, işlem görmemiş örneklerle göre yükselmesine yol açmıştır.

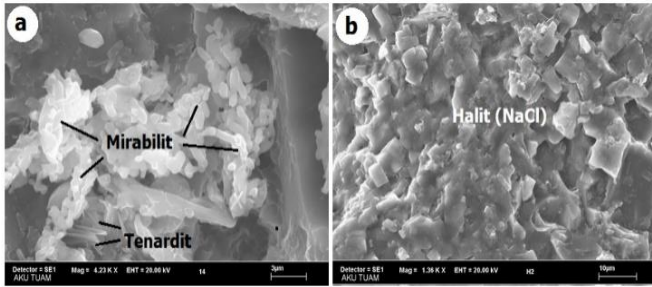
Tuz kristallenmesine direncin tayini deneyinde, 15. periyot sonunda örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri sodyum sülfat çözeltisinde %10.73 azalırken, sodyum klorür çözeltisinde %15.61 oranında artış ölçülmüştür. Sodyum klorür tuzunu malzemenin boşluklarında kristallenmesi ve boşlukların doldurulması bu artışın en önemli sebebidir. Ancak sodyum sülfat kristalleri, susuz fazdan (tenardit) dekahidrat formuna (mirabilit) geçişi sırasında mol hacminde artış göstermektedir. Dolayısıyla boşluklarda defalarca meydana gelen bu değişimler mikro çatlaklar oluşturmaktadır. Bu mikro fissürlerden dolayı basınç dayanımında az da olsa bir azalma meydana gelmiştir. Deney periyotlarının artışına paralel olarak yapı taşı bünyesinde kaçınılmaz olarak çatlaklar ve dağılmalar meydana geleceği görülmektedir.

Tablo 4. Tuz kristallenmesine direncin tayini sonrası andezitte meydana gelen değişiklikler.

	Orijinal numune	Sodyum sülfat deneyi sonrası	Sodyum klorür deneyi sonrası
Ultra ses geçiş hızı (km/s)	2,18	3,75	3,59
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	90,71	80,98	104,87

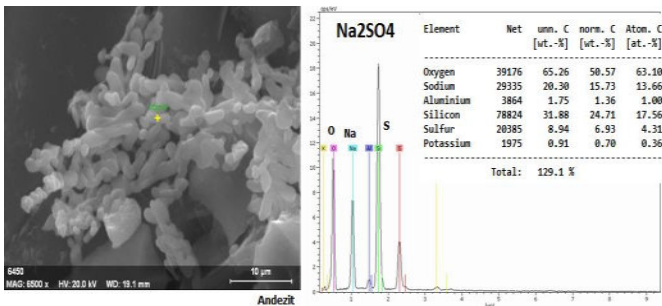
G. Tuz Kristallenmesi Etkisinin SEM ile İncelenmesi

Doğal yapı taşlarında bulunan nemin kaynağı genellikle kılcal etki ile yükselen zemin suyu veya temelde bulunan sabit bir su kaynağıdır. Bu su kaynağının çeşitli tuz bileşikleri içerisinde doğal taşlarda ayrıştırma etkisi daha fazla olacaktır. Tuz kristalleşmesi deneyi 15. periyot sonunda doğal taş yüzeylerinde ve gözeneklerinde oluşan birikinti tuz (sülfat ve klorür bileşikleri) varlığı Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile araştırılmıştır. SEM analizinde sodyum sülfat bileşimli mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) kristalleri kısa prizmatik, agregatlar şeklinde, tenardit (Na_2SO_4) ise uzun yassı levhamsı şekilli kristaller halinde gözlemlenir. Sodyum klorür bileşimli halit (NaCl) kristalleri kübik öz şekilli kristaller halinde gözlemlenirken tekrarlanan kristallenmelerden dolayı yer yer erime şekilleri de gözlenmiştir (Şekil 11).

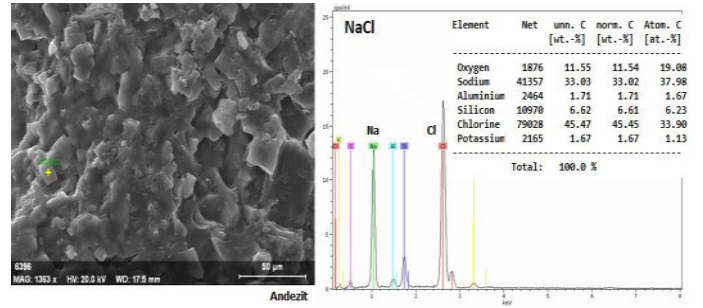


Şekil. 11. Andezitlerde sülfat ve klorür tuzlarının SEM resimleri mirabilit ve tenardit kristalleri (a), halit kristalleri (b).

Andezit örneklerinde, tuz kristallenmesini belirlemek üzere sodyum sülfat ve sodyum klorür olduğu belirlenen tanelerde EDX analizi yapılmıştır. Andezitlerde belirlenen sülfat kristalleri ve elde edilen EDX grafiği Şekil 12'de, sodyum klorürlerde EDX grafiği Şekil 13'de verilmiştir. Şekil 12'de incelenen mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) kristalinde kimyasal bileşim %65.26 O, %20.3 Na ve %8.94 S olarak belirlenmiştir. Şekil 13'de Andezitlerde belirlenen sodyum klorür (halit) kristallerinin kimyasal bileşimi %33.03 Na ve %45.47 Cl olarak tespit edilmiştir.



Şekil. 12. Andezitlerde gözlenen sülfat kristalleri (mirabilit) ve elde edilen EDX grafiği



Şekil. 13. Andezitlerde belirlenen sodyum klorür (halit) kristalleri ve elde edilen EDX grafiği

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapı taşlarında ayrışma sonucu oluşan bozunmalar, atmosfer etkileri, kayaçların yapısal-dokusal özellikleri, çeşitli organizma faaliyetleri ve zaman gibi faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Yapılarda tüm bu etkenler az veya çok oranda katkı sağlar. Bu faktörler içerisinde ise etkin rolü atmosfer etkileri oynar. Tuz kristallenmesi, yapı malzemelerinin ayrışmasında en çok karşılaşılan tahribatların başında gelmektedir. Yapı taşları, zeminde bir su ile temas ettiğinde kılcal kapillarite etkisiyle yukarı doğru yükselmeye başlar. Bazı durumlarda da gözenek miktarına bağlı olarak doğal yapı taşları bir miktar su içerebilirler. Gerek zemin suyunda gerekse yapı taşı içerisinde veya çevrede bulunan çeşitli tuzlar, bu suları vasıtasıyla eritilerek malzemenin içlerine kadar sular yardımıyla taşınırlar. İklimsel sıcaklık farklılıklarından dolayı erimiş haldeki bu tuzlar zamanla kristalleşerek buldukları boşluklarda birikmeye başlarlar. Bazı durumlarda da suların malzeme yüzeyine doğru hareket etmesiyle yüzeylerde birikerek sert kabuklar oluştururlar.

Sıcaklığın artmasına bağlı olarak su kaybederek kristalleşen tuzlar, nemli ortamlarda yeniden su alarak hacim artışına yol açarlar. Mikro çatlak ve boşluklarda defalarca tekrarlanan bu olaylardan dolayı oluşan basınçlar, oyuk şeklinde tahribatlara yol açarlar. Zamanla genişleyen bu oyuklarda yeni çatlak oluşumlarının yanı sıra tozlaşma, tane kaybı gibi bozulmalar ortaya çıkmaya başlar. Böylece başlangıçta sağlam olan taşlarda yeni çatlak ve boşlukların oluşmasıyla dayanım özellikleri de azalmaya başlar. Doğada onlarca-yüzlerce yılda gerçekleşen bu olayları, laboratuvar ortamında simule etmek üzere hızlandırılmış tuz kristalleşmesi deneyleri yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Afyonkarahisar bölgesinde yapıtaşı olarak kullanılan İncehisar andezitinin kimyasal, mineralojik ve petrografik, fiziko-mekanik ve gözeneklilik özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerin yanında tuz kristallenmesine dayanım potansiyelleri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz ve deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Polarizan mikroskop incelemelerinde; Andezitlerin camsı ve mikrolitler halinde ince taneli plajiyoklaslardan oluşan bir matris içerisinde yer yer hornblend ve piroksen mineralinin

bulunduğu gözlenmiştir. Kimyasal bileşime göre traki-andezit olarak isimlendirilmiştir.

Andezitlerin gözenek çapı dağılımı civalı porozimetre ile tespit edilmiş olup, yaklaşık %80'den fazlasının 0.01 µm-1 mm arasında gözenek çapı dağılımına sahip olduğu belirlenmiştir.

Andezitlerin yoğunluğu 2440 kg/m³ iken toplam gözenek %17.90 olarak tespit edilmiştir. Ağırlıkça su emme miktarı %4.70, tek eksenli basınç dayanımı da 90.71 MPa olarak bulunmuştur

Tuz kristallenmesine direncin tayini sonrası andezitlerde hem sodyum sülfat hem de sodyum klorür çözeltilerinde ağırlıklarının yükseldiği belirlenmiştir. Bunun nedeni gözeneklerde tuz birikimlerinin olması şeklinde açıklanabilir. Buna bağlı olarak da ultrases dalga hızı verilerinde sodyum sülfat çözeltilisinde %72.02, sodyum klorür çözeltilisinde %64.68 oranında artış ölçülmüştür. Yine tuz kristallenmesine direncin tayini deneyinde, 15 periyot sonunda örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri sodyum klorür çözeltilisinde %15.61 oranında yükselmiştir. Sodyum sülfat çözeltilisinde ise tek eksenli basınç dayanımı değerleri %10.73 oranında azalmıştır. Basınç dayanımının azalması örnekler içerisinde mikro çatlakların oluştuğu şeklinde yorumlanabilir. Çatlak oluşumlarına sodyum sülfat kristallerinin, susuz fazdan (tenardit) dekahidrat formuna (mirabilit) geçişi sırasında mol hacminde meydana gelen artış önemli rol oynamıştır. Söz konusu tuz kristallerinin varlığı SEM ve EDX yöntemleriyle de belirlenmiştir.

Tuz kristallenmesi nedeniyle özellikle tarihi yapılarda önemli tahribatlar meydana geldiği bilinmektedir. Oluşan tahribatlar restorasyon ve konservasyon yöntemleriyle bertaraf etmek amacıyla önemli çalışmalar yapmak gerekmektedir. Bu çalışmalar için tarihi yapılarda kullanılan yapı taşlarının fiziko-mekanik özelliklerinin yanı sıra gözenek boyut dağılımı ve kılcal su emme miktarını ile tuz kristalleşmesine direncinin de bilinmesi gerekmektedir.

Yapılarda su emme miktarının çok olması, aynı zamanda tuz kristallenmesi kaynaklı bozulmaların da sebebi olmaktadır. Bu bozulmaların önlenmesi için doğal taşların özellikleri belirlendikten sonra gerekli koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Çok rutubetli ortamlarda su itici ve koruyucu kimyasal maddeler kullanılmak suretiyle doğal taşların su emme miktarının kontrol altına alınması, aynı zamanda tuz kristalleşmesinden dolayı oluşacak tahribatların da azaltılmasını sağlayacaktır.

V. KAYNAKLAR

[1] Kuşcu, M., Yıldız, A. and Bağcı, M. "Investigation of Ağın andesite as a building stone (İscehisar- Afyon, W-Turkey)". International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones. P: 243-253, İstanbul, Turkey, 2003.

[2] Kuşcu, M., Bağcı, M. ve Yıldız, A. "Konarı (İscehisar-Afyon) traki-andezitlerinin yapıtaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması", MERSEM 2006 Türkiye V. Mermer ve Doğaltaş sempozyumu Bildiriler Kitabı, 281-290, 2006.

[3] Akbulut, H., Gürer, C. ve Yıldız, A. "İscehisar andezitlerinin yol üst yapı kırmataşı olarak fiziksel özelliklerinin araştırılması", Türkiye IV. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, 2-3 Mart 2006, 183, 2006.

[4] Sperling, C.H.B. ve Cooke, R.U. "Laboratory simulation of rock weathering by salt crystallisation and hydration processes in hot, arid environments", Earth Surface Processes and Landforms, 10, 541-555, 1985.

[5] Ruiz-Agudo, E., Mees, F., Jacobs, P. and Rodriguez Navarro, C. "The role of saline solution properties on porous limestone salt weathering by magnesium and sodium sulfates", Environ Geol, 52:269-281, 2007.

[6] Angeli, M., Benavente, D., Bigas, J.P., Menendez, B., Hebert, R. and David, C. "Modification of the porous network by salt crystallization in experimentally weathered sedimentary Stones", Materials and Structures, 41:1091-1108, 2008.

[7] Angeli, M., Hébert, R., Menéndez, B., David, C. and Bigas, J.P. "Influence of temperature and salt concentration on the salt weathering of a sedimentary stone with sodium sulphate", Engineering Geology, 115:193-199, 2010.

[8] Beck, K. and Al-Mukhtar, M. "Evaluation of the compatibility of building limestones from salt crystallization experiments", Geological Society, London, Special Publications, 333:111-118, 2010.

[9] Shahidzadeh-Bonn, N., Desarnaud, J., Bertrand, F., Chateau, X. and Bonn, D. "Damage in porous media due to salt crystallization", Physical Review E 81, 066110, 2010.

[10] Vázquez, M.A., Galán, E., Ortiz, P. and Ortiz, R. "Digital image analysis and EDX SEM as combined techniques to evaluate salt damp on walls", Construction and Building Materials, 45:95-105, 2013.

[11] Ca'rdenes, V., Mateos, F.J. and Fernandez-Lorenzo, S. "Analysis of the correlations between freeze-thaw and salt crystallization tests", Environ Earth Sci, 71:1123-1134, 2014.

[12] Ünal, M. and Gündoğdu, N. "The effect of salt crystallization on tuff used as building material", e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 6(1), 41-49, 2011.

[13] Zedef, V., Kocak, K., Doyen, A., Ozsen, H. and Kecec, B. "Effect of salt crystallization on stones of historical buildings and monuments", Konya, Central Turkey. Building and Environment, 42, 1453-1457, 2007.

[14] Dal, M. "Pınarhisar kalkerleri ve Marmara beyazı mermerinde tuzların yıkıcı etkileri", Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12 (1), 47-56, 2011.

[15] TS EN 12370, Türk Standartları, "Doğal taşlar-deney metodları-Tuz kristallenmesine direncin tayini", TSE, Ankara, 8 s, 2001.

[16] TS EN 1936, "Doğal taşlar-deney yöntemleri-Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık porozite tayini", TSE, Ankara, 10 s, 2010.

[17] TS EN 13755, "Doğal taşlar-deney yöntemleri-Atmosfer basıncında su emme tayini", TSE, Ankara, 10 s, 2014.

[18] TS EN 14579, "Doğal taşlar-deney yöntemleri-Ses hızı ilerlemesinin tayini", TSE, Ankara, 14 s, 2006.

[19] TS EN 1926, "Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini", TSE, Ankara, 19 s, 2013.

[20] Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W. and Woolley, A.R., "The construction of the total alkali-silica chemical classification of volcanic rocks", Miner. Petrol, 46:1-22, 1992.

[21] Klopfer, H., "Feuchte", In: Lutz P et al (eds) Lehrbuch der Bauphysik. Teubner, Stuttgart, pp 329-472, 1985.

[22] Siegesmund, S. and Dürrast, H. "Physical and mechanical properties of rocks". In: Stone in Architecture, 4th edition, Siegesmund S., Snethlage R. eds., Berlin: Springer, pp. 97-225, 2011.

[23] Flatt, R.J. "Salt damage in porous materials: How high supersaturations are generated", Journal of Crystal Growth, 242:435-454, 2002.

[24] Benavente, D., Garcia del Cura, M.A., Fort, R. and Ordonez, S. "Thermodynamic modelling of changes induced by salt pressure crystallization in porous media of stone", Journal of Crystal Growth, 204:168-178, 1999.

- [25] Doehne, E. "In situ dynamics of sodium sulfate hydration and dehydration in stone pores: observations at high magnification using the environmental scanning electron microscope", Fassina, O. A. Z., editor, *The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*. (Venice, Italy): 143-150, 1994.