



2. International Pumice and Perlite Symposium

2. PuPeS'23

7-8-9 September 2023

pupes23.nevsehir.edu.tr



7-8-9 September 2023

2. INTERNATIONAL PUMICE and PERLITE SYMPOSIUM

pupes23@nevsehir.edu.tr

gocappadociaturkiye.com.tr



PROCEEDINGS/BİLDİRİLER KİTABI

Cappadocia

IMPORTANT DATES

Abstract Submission/Full Paper Submission will be end : 14 July 2023
Notification of Acceptance for Presentation : 28 July 2023

Important Notice:

The official presentation language of the PuPeS'23 Cappadocia is English or Turkish.
The symposium will be held as a VIDEOCONFERENCE/FACE TO FACE.



2. International Pumice and Perlite Symposium

2. PuPeS'23

CAPPADOCIA 7-8-9 September 2023

BİLDİRİLER KİTABI

Bu kitapta yayınlanan bildirilerin aynen yayınlanması, yazarından ve editörden yazılı izin almak koşuluyla mümkündür. Alıntı için kaynak göstermek yeterlidir.

PROCEEDINGS

Publication of the communiques issued in this book is possible provided that written approval of the author and editor are taken. Given reference is sufficient for extraction.

Bu bildiri kitabı aşağıdaki adresten edinilebilir.
This notification book can be requested from address below.

CONFERENCE SECRETARIA / KONFERANS SEKRETERYA

Mehmet Yasin CANPOLAT
(Nevşehir Hacı Bektas Veli University)

Başak ÖZTÜRK
(Nevşehir Hacı Bektas Veli University)

Makbule Tansu BAYDAŞ
(Gazi University)

Erden Ozan KARACA
(Bitlis Eren University)

2000 Evler Mah. Zübeyde Hanım Cad. 50300/Nevşehir/TÜRKİYE
Mobile Phone: +90 505 567 1917
Phone: +90 384 228 1000 (Ext: 15049)
Email: pupes23@nevsehir.edu.tr

Chairmen of PUPES

Prof. Dr. Engin YENER

Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA

Doç. Dr. Nusret BOZKURT

Organizing Committee

Arif PARMAKSIZ

BİLAL ADABAĞ

Serhat SONUGELLEN

Mustafa ERTAŞ

Prof. Dr. Zahide Bayer ÖZTÜRK

Assoc. Prof. Dr. Ahmet ORHAN

Assoc. Prof. Dr. Musa Avni AKÇE

Assoc. Prof. Dr. Serhat ÇELİKTEN

Assist. Prof. Dr. Nilüfer KÜÇÜKDEVECİ

Assist. Prof. Dr. Fatma Zehra KOÇAK

Assist. Prof. Dr. Serkan DAL

Assist. Prof. Dr. Mehmet Çağrı TÜZEMEN

Assist. Prof. Dr. Gülbahar BİLGİÇ

Dr. Şennur Merve YAKUT

Invited Speakers



Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ

İzmir Katip Çelebi University/Türkiye



Dr. Oksana PEKARCHUK

Lviv Politechnic University/Ukraine

Scientific Committee

Dr. Oksana PEKARCHUK-Lviv Politechnic University/Ukraine

Dr. Bulent MERCAN-Houston University/USA

Dr. Ahmed SENOUCI-Houston University/USA

Dr. Ali Ahmed CHAOUC-Science and Technology University/Algeria

Dr. Messaoud SAIDANI-Coventry University/UK

Dr. Ouahid HARIRECHE-Islamic University/Saudi Arabia

Dr. Ramazan DEMIRBOGA-Alfaisal University/Saudi Arabia

Dr. Magdalena DOBISZEWSKA-University of Science and Technology/Poland

Dr. Ana Mafalda MATOS-University of Porto/Portugal

Dr. Moneeb GENEDY-University of Texas at Austin/USA

Dr. Ahmet BEYÇİOĞLU-Adana Alparslan Türkeş University/Türkiye

Dr. Ahmet Ferhat BİNGÖL-Atatürk University/Türkiye

Dr. Erdiñç VURAL-Aydın Adnan Menderes University/Türkiye

Dr. Şükrü HAYTA-Balıkesir University/Türkiye

Dr. Bülent KARAKAŞ-Bartın University/Türkiye

Dr. Muhammed Yasin DURGUN-Bartın University/Türkiye

Dr. Salih YAZICIOĞLU-Batman University/Türkiye

Dr. Abdulrezzak BAKIŞ-Batman University/Türkiye

Dr. Hakan ÇOBAN-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Nusret BOZKURT-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Zeki UÇAR-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Koray KÖKSAL-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Sinan Mehmet TURP-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Yusuf ÇINAR-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Musa ÇIBUK-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Ümit BUDAK-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Veysel ERAT-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Kaan CEBE-19 Mayıs University/Türkiye

Dr. Ömer BİLHAN-Nevşehir Hacı Bektaş Veli University/Türkiye

Dr. Mehmet YILMAZ-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Fatih AVCİL-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. İbrahim KOÇ-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Serkan ÖZEL-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Faruk ORAL-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Engin YILMAZ-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Kamiran SARAÇ-Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Metin IŞIK-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. İsa SIDİR Bitlis Eren University/Türkiye

Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDİR Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Murat AYGÜN Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Sultan ŞAHİN BAL-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Fatih Ahmet ÇELİK-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Sezai YALÇIN-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Sebahattin KOÇ-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Dilara Başat DERELİ-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Mehmet AKYÜZ-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Oğuz Ayhan KİREÇCİ-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Esra TAŞTAN ÖZKAN-Bitlis Eren
University/Türkiye

Dr. Serhan İLKENTAPAR-Erciyes
University/Türkiye

Dr. İlker Bekir TOPÇU-Eskişehir Osmangazi
University/Türkiye

Dr. Ragıp İNCE-Fırat University/Türkiye

Dr. Kürşat Esad ALYAMAÇ-Fırat
University/Türkiye

Dr. Bahar DEMİREL-Fırat
University/Türkiye

Dr. Servet YILDIZ-Fırat University/Türkiye

Dr. Erdiñ ARICI-Fırat University/Türkiye

Dr. Oğuzhan KELEŞTEMUR-Fırat
University/Türkiye

Dr. Yüksel ESEN-Fırat University/Türkiye

Dr. Hikmet ESEN-Fırat University/Türkiye

Dr. Ercan AKSOY-Fırat University/Türkiye

Dr. Merve AÇIKGENÇ ULAŞ-Fırat
University/Türkiye

Dr. Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ-Gazi
University/Türkiye

Dr. Osman ŞİMŞEK-Gazi University/Türkiye

Dr. Gökhan DURMUŞ-Gazi
University/Türkiye

Dr. Fikret YILDIZ-Gebze Technical
University/Physics

Dr. Mustafa ŞAHMARAN-Hacettepe
University/Türkiye

Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR-Harran
University/Türkiye

Dr. Metin DAVRAZ-Isparta Uygulamalı
Bilimler University/Türkiye

Dr. Lütfullah GÜNDÜZ-İzmir Katip Çelebi
University/Türkiye

Dr. Kazım TÜRK-İnönü University/Türkiye

Dr. İbrahim TÜRKMEN-İnönü
University/Türkiye

Dr. Ergül YAŞAR-İskenderun Technical
University/Türkiye

Dr. Uğur ÖZGÖKER-İstanbul Arel
University/Türkiye

Dr. Özgür EKİNCİOĞLU-İstanbul Technical
University/Türkiye

Dr. Anıl DOĞAN-İstanbul Technical
University/Türkiye

Dr. Özkan ŞENGÜL-İstanbul Technical
University/Türkiye

Dr. İlhami DEMİR-Kırıkkale
University/Türkiye

Dr. İsmail Özgür YAMAN-Middle East
Technical University/Türkiye

Dr. Serkan ŞAHİNKAYA-Nevşehir Hacı
Bektaş Veli University/Türkiye

Dr. İsmail DİNÇER-Nevşehir Hacı Bektaş
Veli University/Türkiye

Dr. Ahmet ORHAN-Nevşehir Hacı Bektaş
Veli University/Türkiye

Dr. Mutluhan AKIN-Nevşehir Hacı Bektaş
Veli University/Türkiye

Dr. İsmail İsa ATABEY-Nevşehir Hacı
Bektaş Veli University/Türkiye

Dr. Serhat ÇELİKTEN-Nevşehir Hacı Bektaş
Veli University/Türkiye

Dr. Bülent KURT-Nevşehir Hacı Bektaş Veli
University/Türkiye

Dr. Cemal ÇARBOĞA-Nevşehir Hacı Bektaş
Veli University/Türkiye

Dr. Abdulkadir Cüneyt AYDIN-Iğdır
University/Türkiye

Dr. Rüstem GÜL-Iğdır University/Türkiye

Dr. Engin YENER-Iğdır University/Türkiye

Dr. Ahmet Emin KURTOĞLU-Iğdır
University/Türkiye

Dr. Cemal KARAASLAN-Iğdır
University/Türkiye

Dr. Muhammed Alperen ÖZDEMİR- Iğdır
University/Türkiye

Dr. Mehmet Burhan KARAKOÇ-İnönü
University/Türkiye

Dr. Tahir Kemal ERDEM-Marmara
University/Türkiye

Dr. Abdulkadir Cüneyt AYDIN-Atatürk
University/Türkiye

Dr. Ömer Hulusi DEDE-Sakarya University
of Applied Sciences//Türkiye

Dr. Saim ÖZDEMİR-Sakarya
University/Türkiye

Dr. Mehmet EMİROĞLU-Sakarya
University/Türkiye

Dr. Tuba TATAR-Sakarya
University/Türkiye

Dr. Ömer ŞAHİN-Siirt University/Türkiye

Dr. Mehmet Sait İZGİ-Siirt
University/Türkiye

Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN-Süleyman
Demirel University/Türkiye

Dr. Ayşen DAVRAZ-Süleyman Demirel
University/Türkiye

Dr. Şemsettin CARAN-Süleyman Demirel
University/Türkiye

Dr. İbrahim UĞUR-Süleyman Demirel
University/Türkiye

Dr. Nazmi ŞENGÜL-Süleyman Demirel
University/Türkiye

Dr. Tahir GÖNEN-Uşak University/Türkiye

Dr. Yuşa SAHİN-Yozgat Bozok
University/Türkiye

Dr. Namık YALTAY-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Hasan DILBAŞ-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Fuat KORKUT-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Soner GÜLER-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Mahsum AYDIN-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Tarık AYDOĞMUŞ-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Yaşar SUBAŞI DİREK-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Z. Funda AKBULUT-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Vural OYAN-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Mehmet TÜRKMENOĞLU-Yüzyüncü
Yıl University/Türkiye

Dr. Haluk KULAZ-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

Dr. Harun AKKUŞ-Yüzyüncü Yıl
University/Türkiye

PuPeS'23 PROGRAM

7 SEPTEMBER 2023-7 EYLÜL 2023	
09:00-10:00	REGISTRATION/KAYIT
10:00-10:40	OPENING CEROMONY/AÇILIŞ TÖRENİ
10:40-11:10	INVITED SPEAKER/DAVETLİ KONUŞMACI: Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ Strategic Importance, Industrial Development and Future of Perlite and Pumace in Turkey
11:10-11:30	COFFE BREAK/ ÇAY-KAHVE ARASI
11:30-12:00	INVITED SPEAKER/DAVETLİ KONUŞMACI: Dr. Okasana PEKARCHUK ONLINE (Zoom üzerinden/via Zoom) The possibility of using perlit for underground buildings
12:30-13:30	LUNCH/ÖĞLE YEMEĞİ
SESSION 1 / OTURUM 1	
Session Chairman / Oturum Başkanı: Dr. Musa Avni AKÇE GÜLŞEHRİ SALONU/HALL	
13:30-13:50	INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETES PRODUCED USING PUMICE FROM DIFFERENT REGIONS Nusret BOZKURT, Merve Nur SANSAR, Erden Ozan KARACA
13:50-14:10	THE EFFECT OF FREEZE-THAW CYCLES ON COMPOSITE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCED WITH PUMICE AND PERLITE AGGREGATES Nusret Bozkurt, Melik Bakırhan and M.Tansu Baydaş
14:10-14:30	HAFİF BETON ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜM AGREGASI OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI Nusret BOZKURT and Nursima SAYIN
14:30-14:50	ATIK TAŞ TOZU KATKILI HARÇ NUMUNELERİN DENEY SONUÇLARININ YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ Nusret BOZKURT, Nilay BOZKURT, Erden Ozan KARACA
14:50-15:10	INVESTIGATION OF THE PERMEABILITY PROPERTIES OF ALTERNATIVE SCREED TYPES WITH PUMICE AND PERLITE Nusret BOZKURT and Berfin RAMAZANOĞLU
15:00-15:30	COFFE BREAK / ÇAY-KAHVE ARASI
SESSION 2 / OTURUM 2	
Session Chairman / Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cüneyt KURTAY GÜLŞEHRİ SALONU/HALL	
15:30-15:50	INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF PUMICE AGGREGATE GEOPOLYMER LIGHTWEIGHT MORTARS Recep Ali Geldim, Ezgi Örklemez, Serhan İlkentapar, Uğur Durak, Okan Karahan, Cengiz D. Atış
15:50-16:10	THE EFFECT OF ALKALI SOLUTION ON THE PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE CONTAINING PERLITE AND PUMICE Murat Demirel, Ali Öz, Barış Bayrak, Gökhan Kaplan, Abdulkadir Cüneyt Aydın
Session Chairman / Oturum Başkanı: Assoc. Prof. Dr. İsmail İsa ATABEY MUSTAFA HAYRİ EFENDİ SALONU/HALL	
15:30-15:50	INVESTIGATION OF THE USABILITY OF ACIDIC PUMICE AGGREGATE IN THE PRODUCTION OF PERMEABLE CONCRETE Serhat ÇELİKTEN, Bilal BARAN
15:50-16:10	İÇ KISMI YAPI KİMYASALI İLE SIVANMIS LAMBA ZIVANALI VE HARÇ KANALLI BIMS BACA BLOGU İsmail İsa ATABEY ve Hakkı KAYA
16:10-16:30	MECHANICAL AND DURABILITY PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE INCORPORATING PUMICE AND METAKAOLIN Farhad Pirmohammadi Alishah, Mehdi Mohammad Rezaei
20:00-	GALA / GALA YEMEĞİ (Topuzluhan)
8 SEPTEMBER 2023-8 EYLÜL 2023	
SESSION 3 / OTURUM 3	
Session Chairman / Oturum Başkanı: Assoc. Prof. Dr. Serhat ÇELİKTEN GÜLŞEHRİ SALONU/HALL	
09:30-09:50	NATURE OF BASALTIC PUMICE AND THEIR USABILITY IN AGRICULTURE: GÖLBAŞI-ANKARA Musa Avni AKÇE and Yusuf Kağan KADIOĞLU
09:50-10:10	GEOLOGY, MINERALOGY AND PETROGRAPHY OF TOPRAKKALE (OSMANİYE) BASALTIC PUMICES AND THEIR USE IN CERAMIC PRODUCTS Musa Avni AKÇE and Yusuf Kağan KADIOĞLU

10:10-10:30	POMZA VE EPS'İNİN GEOPOLİMER BÖLME DUVAR BLOKLARININ ÜRETİLMESİNDE AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ Fehmi Veziroğlu, Engin YENER
10:30-10:50	LOW TEMPERATURE PRODUCTION OF PUMICE-BASED SUSTAINABLE STRUCTURAL MATERIALS WITH TUNABLE MECHANICAL PROPERTIES Cengiz Bagci and Dogan Kafkas
10:50-11:10	THE IMPACT OF SILANE/SILOXANE TREATMENT ON THE SURFACE PROPERTIES OF PUMICE POWDER S. Cayirli, H. S. Gokcen, and E. B. Dagci Yilmaz
11:10-11:30	PORSELEN KARO BÜNYESİNDE ALTERNATİF BİR HAMMADDE OLARAK MİKRONİZE POMZANIN DEĞERLENDİRİLMESİ Yusuf KARACA, Zahide Bayer ÖZTÜRK, Semra KURAMA, Elif UBAY
Session Chairman /Oturum Başkanı:Dr. Erhan ONAT MUSTAFA HAYRİ EFENDİ SALONU/HALL	
09:30-09:50	POMZA TAŞI VE PIŞMIŞ ATIK KARO İLE TERRAZO KARO TASARIMI VE UYGULAMASI Emre Öktem, Mine Poyraz, Ahmet Arslaner
09:50-10:10	DIŞ MEKÂNLARDA KULLANILAN KÖPÜK KOMPOZİT MALZEMELERDE MİKRONİZE POMZANIN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ İsmihan TOPALOĞLU, Zahide Bayer ÖZTÜRK, Semra KURAMA, Elif UBAY
10:10-10:30	PERLİT VE GRAFEN OKSİT KOMBİNASYONU İLE HAZIRLANAN YENİ BİR GEÇİRGEN ADSORBENTİN METİLEN MAVİSİ GİDERİLMESİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ Selma EKİNCİ, Mehmet Sait İZGİ and Erhan ONAT
10:30-10:50	PERLİT-GRAFEN OKSİT KOMBİNASYONU DESTEKLİ KATALİZÖRÜN DİMETİLAMİN BORAN HİDROLİZİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ Erhan ONAT, Mehmet Sait İZGİ and Selma EKİNCİ
10:50-11:10	CURRENT ECONOMIC SITUATION OF PUMICE AND PERLITE Nusret BOZKURT, Erden Ozan KARACA
Session Chairman /Oturum Başkanı: Dr.Fatma Zehra KOÇAK –Dr.Gülbahar BİLGİÇ ONLINE: https://us06web.zoom.us/j/89636194502?pwd=QWJGazVSY3VXeklkV1U2WUhdcmZ3Zz09 Toplantı Kimliği: 896 3619 4502 Parola: 754139	
09:30-09:40	NEVŞEHİR YÖRESİ POMZASININ BİYOMEDİKAL ALANDA KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI Sümeyra Uslu, İrem Nur Erkan, Fatma Zehra Koçak
09:40-09:50	INVESTIGATION OF TECHNICAL PROPERTIES OF PUMICE AND EXPANDED PERLITE AGGREGATE LIGHTWEIGHT CONCRETE BLOCKS Şevket Onur KALKAN, Lütfullah GÜNDÜZ
09:50-10:00	EXPERİMENTAL İNVESTİGATION OF İNTERNALLY CURED MORTARS UTILİZİNG PRE-SATURATED PUMİCE SAND Konstantinos Tsvolas and Efstratios Badogiannis
10:00-10:10	ATIK POMZA TOZUNDAN ÜRETİLEN YALITIM PANELİNİN TERMAL VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI Metin DAVRAZ, Murat KORU, Nuri İŞILDAR
10:10-10:20	EFFECT OF NEVŞEHİR PUMICE SUBSTITUTION IN CEMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES İbrahim PINARCI
10:20-10:30	EFFECT OF MAGNESIUM ADDITION ON THE MICROSTRUCTURE OF ALUMINUM/PUMICE COMPOSITES Gülsüm ANARAN, Fevzi KELEN, Tarık AYDOĞMUŞ
10:30-10:40	OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISKS IN PUMICE AND PERLITE QUARRIES Mehmet Türkmenoğlu, Namık Yaltay, Aykut Tuntaş
10:40-10:50	STABLE (O AND D) ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF ÇUBUK (ANKARA-TÜRKİYE) PERLITE Büşra ÇELİK and Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU
10:50-11:00	PERLITE IN CIVIL ENGINEERING: ADVANCING SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR A DYNAMIC FUTURE Serhat Demirhan
11:00-11:10	POMZA TAŞI EDİNİMİNİN TARIM ARAZİLERİNİN KULLANIMINA ETKİSİ Zuhal KARAKAYACI, Fatma BAŞ
11:10-11:20	EFFECT OF ALUMINUM ADDITION ON MAGNESIUM/PUMICE COMPOSITES Fevzi KELEN, Demet SEVİN TİMUR, Tarık AYDOĞMUŞ
11:20-11:30	PREPARATION AND EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF BASALTIC PUMICE REINFORCED POLYURETHANE ELASTOMER-BASED BİO-COMPOSİTES Ahmet Bulut, Mehmet Yurderi and Ümit Tayfun

11:30-11:40	EFFECT OF ACIDIC PUMICE POWDER ON THERMAL, MECHANICAL, PHYSICAL AND MORPHOLOGICAL BEHAVIORS OF THERMOPLASTIC POLYURETHANE COMPOSITES Mehmet Yurderi, Ahmet Bulut and Ümit Tayfun
11:40-11:50	USING VARIOUS COMPATIBILIZERS TO ENHANCE PERLITE-POLYMER INTERFACE INTERACTION IN POLYPROPYLENE-BASED COMPOSITES Çağrıalp Arslan, Ümit Tayfun And Mehmet Doğan
11:50-12:00	EVALUATION OF EXPANDED PERLITE AS A NATURAL ADDITIVE IN POLYLACTIDE BIODEGRADABLE COMPOSITES Erkan Aksoy , Süha Tirkeş, Ümit Tayfun, and Seha Tirkeş
12:00-12:10	POMZA TAKVİYELİ MAGNEZYUM IN SITU KOMPOZİTLERİN BASINÇLI DÖKÜM YÖNTEMIYLE ÜRETİLMESİ Aydın Ahmet Özçelik, Hüseyin Şevik
13:45-17:30	<i>KAPADOKYA GEZİ PROGRAMI(Ücretsiz)/CAPPADOCIA TOUR PROGRAM(Free)</i>

PROCEEDINGS/BİLDİRİLER

STRATEGIC IMPORTANCE, INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND FUTURE OF PERLITE AND PUMICE IN TURKEY

TÜRKİYE'DE PERLİT VE POMZANIN STRATEJİK ÖNEMİ, ENDÜSTRİYEL GELİŞİMİ VE GELECEĞİ

Lütfullah GÜNDÜZ

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye, E-posta: lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr

Özet

Perlit ve pomza doğal ve volkanik birer kayalık oluşumları olup, farklı endüstriyel alanlarda ana ve/veya yardımcı malzeme olarak kullanımları yaygındır. Dünyanın birçok coğrafik bölgesinde özellikle volkanizma faaliyetlerinin yer almış olduğu bölgelerde perlit ve pomza oluşumlarına rastlamak mümkündür. Türkiye, perlit ve pomza hammadde oluşumları açısından önemli birer rezerv kaynağına sahip olup, dünya açısından kıymet arz eden bir potansiyele sahiptir. Perlit ve pomza orijinleri benzer olmasının yanı sıra karakteristik yapısal formları birbirinden farklı iki kayalık türüdür. Dolayısıyla kullanım alanları da benzer özellikler gösterebilirken, çok farklı alanlarda da kullanımları da söz konusudur. Genellikle, endüstriyel kullanımlarda birbirini tamamlayıcı nitelikler taşıyabilmektedir. Türkiye'deki perlit ve pomza oluşumları ve dünyadaki oluşumlarla rezerv ve ekonomik değerleri üzerine kıyaslamalı bir analiz çalışması yapılmıştır. Türkiye'nin perlit ve pomza potansiyelleri, ekonomiye olan katma değeri ve kullanım alanlarının yaygınlığı, çeşitlenmesi sayısal değerlendirmelerle irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Perlit, pomza, rezerv, ekonomi, kullanım alanı, karşılaştırma.

Abstract

Perlite and pumice are natural and volcanic rock formations, and they are widely used as main and/or auxiliary materials in different industrial areas. It is possible to encounter perlite and pumice formations in many geographical regions of the world, especially in regions where volcanism activities have taken place. Turkey has an important reserve resource in terms of perlite and pumice raw material formations and has a valuable potential for the world. Perlite and pumice are two rock types that differ from each other in their characteristic structural forms as well as having similar origins. Therefore, while usage areas may show similar characteristics, they can also be used in very different areas. Generally, they can have complementary qualities in industrial uses. A comparative analysis study was conducted on the perlite and pumice formations in Turkey and the formations in the world and their reserve and economic values. Turkey's perlite

and pumice potentials, its added value to the economy and the prevalence and diversification of usage areas were examined with numerical evaluations.

Keywords: Perlite, pumice, reserve, usage area, comparison

1. Giriş

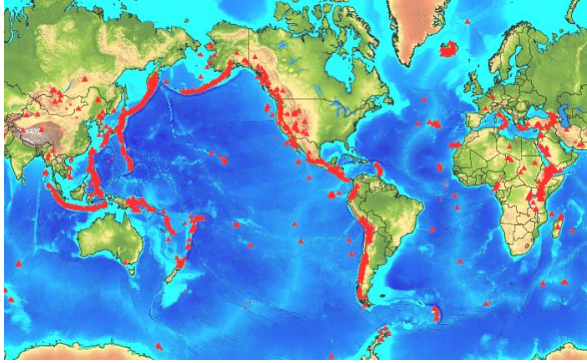
Perlit, nispeten yüksek su içeriğine sahip amorf yapıda volkanik bir camdır. Bünyesinde %2-%6 oranlarında değişen kristal suyu bulunur. Doğal kayalık formu yeterince ısıtıldığında bu su kaybolur, oluşan su buharı basıncıyla çok fazla genişleme özelliğine sahiptir. Ham perlitin geliştirilmesi ve inşaat endüstrisinde kullanımı üzerine uzun yıllar çoğu araştırmacılar ilgi duymuş ve genişlemiş perlitler farklı tasarımlardaki yapı malzeme üretimlerinde kullanıla gelmiştir [1,2,3,4]. Pomza tarihi süreç içerisinde inşaat sektöründe kullanılan en eski volkanik kökenli malzemelerden biridir. Hafif beton üretiminde dayanıklılığı ve tokluğu nedeniyle pomza, iki bin yılı aşkın süredir kullanıldığı bilinen hafif agrega türlerinden biridir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde oluşan pomza agregaları, uygun fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı uzun yıllardır dünyanın birçok ülkesine ihraç edilmekte ve farklı ürünlerde kullanılmaktadır [5]. Perlit ve pomza doğal ve önemli milli varlıklarımız arasındadır. Ekolojik malzeme karakteristiğinde olup, sera emisyonu ve etkisi bulunmayan malzemelerdir. Kullanım yeri bağlamında yüksek enerji verimli birer malzeme oluşturdukları gibi, ekonomik katma değeri de yüksek malzemelerdir. Bu çalışmada, Türkiye'nin pomza ve perlit potansiyeli, yatırım alternatifleri ve ülke ekonomisine sağladığı katma değer ölçütleri özetle analiz edilerek, gelecek açısından stratejilerin belirlenmesine ışık tutulmaya çalışılmıştır.

2. Perlit ve Pomza Oluşumları

Perlit ve pomza jeolojik oluşumları itibariyle volkanik kökenli kayalıklardır. Perlit oluşumları volkanik cam olarak da bilinmekte olup, asidik karakterli kayalık oluşumlarıdır. Pomza genel olarak camsı formda volkanik bir kayalıktır. Diğer bir tanımla, pomza boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli

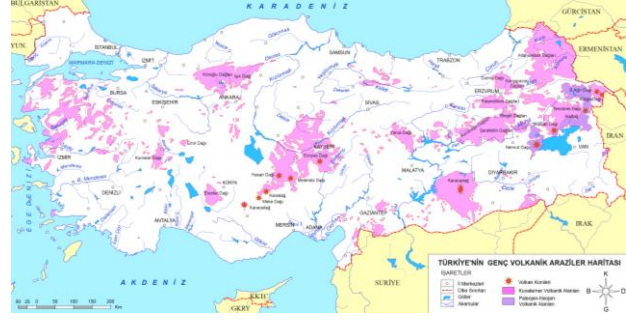
camsı volkanik bir kayadır. Bununla birlikte, perlitte kıyasla pomza kayacı, volkanizma faaliyetine de bağlı olarak asidik karakterli olabildiği gibi, nötr ve/veya bazik karakteristikte de olabilir. Perlit ve pomza'nın her ikisinin volkanik bir cam karakteristiği sergilemesinin yanı sıra fiziksel ve yapısal olarak farklılıkları söz konusudur. Perlit kayacı bünyesinde kristal yapısında sıkı bağlı şekilde su içerir. Bu suya genellikle "kristal suyu veya bağlı su" adı verilmektedir. Perlit bünyesinde bulundurduğu bağlı su miktarına bağlı olarak sıcaklık etkisinde (>750°C) farklı oranlarda genişleme olgusu gösterir [6]. Perlit orijinal kayacın oluşumu itibarıyla gözenekliliği son derece düşük bir kayacın formundadır. Pomza kayacında ise perlit kayacının aksine kristal yapısında bağlı olan herhangi bir su muhteviyatı bulunmamaktadır. Bu nedenle, sıcaklık etkisinde perlit gibi herhangi bir genişleme olgusu göstermemektedir. Bu özelliği itibarıyla pomza doğal haliyle farklı endüstriyel alanlarında daha yaygın bir şekilde kullanım imkânı bulmaktadır [1,4,5]. Perlit ise, kullanım yerinde sıcaklık etkisine maruz kalmayacak endüstriyel ürünlerin üretiminde ana ve/veya yardımcı malzeme olarak kullanımı mümkün iken, endüstriyel alanlarda daha yaygın kullanımı ise genişlemiş perlit formundadır. Bu bağlamda, kullanım yerinde pomza doğal formunu ve özelliğini sürdürülebilir kılabılırken, ısı işlem etkisiyle perlit geliştirme işlemi sonrası kullanımları için yarı suni bir malzeme hüviyeti taşımaktadır.

Perlit ve pomza dünyada volkanizma faaliyetlerinin yer aldığı coğrafik bölgelerde oluşumları söz konusudur. Ancak her bir volkanizma faaliyetinin yer aldığı tüm bölgelerde perlit ve pomza oluşumlarına rastlamak mümkün olamamaktadır. Dünyada volkanizma faaliyetlerinin dağılımı aktif ve sönmüş volkanlar olarak irdelendiğinde Şekil 1'de verilen volkanizma faaliyet dağılımları ve zonları görülebilmektedir.



Şekil 1. Dünyada aktif ve sönmüş volkanlar [7].

Türkiye, dünyadaki volkanizma faaliyetleri açısından incelendiğinde volkanizma kuşağında olduğu görülmektedir. Türkiye'de genel olarak 14 ayrı volkanik bölgenin varlığı dikkat çekmektedir. Bunlar; Kula, Gölcük, Hasandağ, Karadağ, Göllü, Karapınar, Acıgöl, Erciyes, Karacadağ, Nemrut, Süphan, Ağrı, Tendürek ve Girekol volkanizmaları olarak sıralanabilmektedir. Perlit ve pomza oluşumları açısından irdelendiğinde ise genellikle bu volkanizma bölgeleri başta olmak üzere genç volkanizma alanlarında oluşumların yaygınlik gösterdiği görülebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye'nin genç volkanik bölgeleri [8].

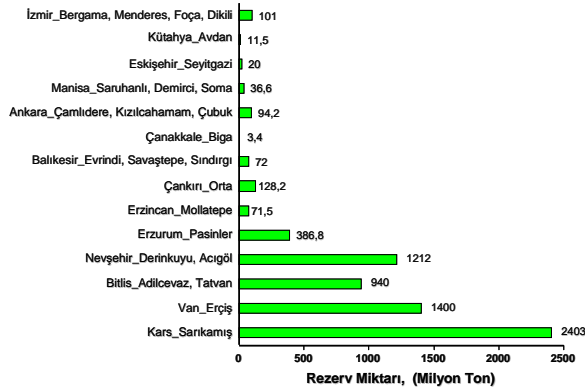
Dünyada perlit oluşumları genel olarak irdelendiğinde 12 ayrı ülkede yer alan rezerv bulgularının önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Bunlar; Yunanistan, Macaristan, Slovakya, Türkiye, Ermenistan, İran, Çin, Japonya, A.B.D., Meksika, Arjantin ve Yeni Zelanda'dır. Görünür rezerv varlıkları olarak irdelendiğinde ise literatürde elde edilebilen bilgiler ışığında dünyadaki perlit oluşumlarının %12,14'ü Yunanistan, %11,14'ü Çin, %10,43'ü İran, %8,14'ü Türkiye, %7,14'ü A.B.D, %7'si Macaristan ve geri kalan kısım %39'u ise diğer ülkelerde yer aldığı görülebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları Merkezi (USGS)'nin yıllık istatistiksel verileri irdelendiğinde, 2010 yılı itibarıyla dünya perlit görünür rezervinin toplamda 700 Milyon ton dolayında olduğu rapor edilmiştir. Ancak, bu veri 2011 ve 2012 yılı istatistiklerinde de belirtilmiş olup, daha sonraki yıllarda toplam rezervin muhtemelen bu değerden daha büyük olduğu vurgulanarak, ülkeler bazında rezerv bilgilerinin ayrıntılı beyanları raporlarda yer almamıştır [9]. Dünyadaki toplam görünür rezervin 700 Milyon ton dolayında olduğu ancak, ülkeler fiili rezerv bilgilerini tam olarak deklere etmedikleri görüldüğünden görünür+muhtemel rezervin ise yaklaşık 9.2 milyar ton dolayında olduğu tahmin edilmektedir [10]. Türkiye'deki perlit oluşumlarının coğrafik olarak 4 ayrı bölgede yoğunlaştığı görülebilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'deki perlit madeni yatakları [11].

Türkiye'deki toplam perlit oluşumlarının 6.88 Milyar ton dolayında olduğu ve bu rezerv dağılımının yaklaşık %75,60'ı Doğu Anadolu bölgesinde, %21,14'ü İç-Orta Anadolu Bölgesinde, %2,16'sı Ege Bölgesinde ve %1,10'u ise Marmara bölgesinde yer aldığı görülebilmektedir. Bu bağlamda bakıldığında, özellikle Doğu Anadolu bölgesi perlit oluşumları açısından son derece önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. İller bazında perlit oluşumu rezerv miktarları analiz edildiğinde Şekil 4'de verilen istatistiksel dağılım elde

edilebilmektedir [12-18'den derlenerek]. Türkiye'nin görünür+muhtemel rezerv miktarı itibariyle dünyadaki deklere edilmiş perlit oluşumları arasında %75'lik bir potansiyele sahip olduğu öngörülebilmektedir.

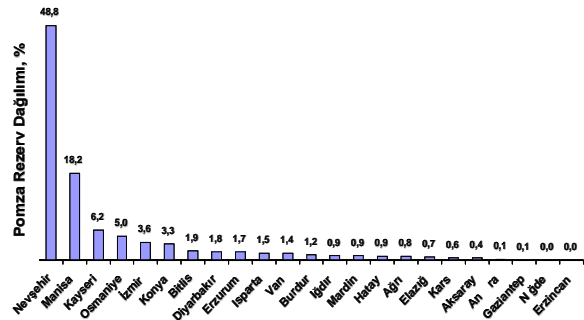


Şekil 4. İller bazında perlit rezerv miktarları dağılımı.

Ham perlit oluşumları endüstriyel alanda kullanımları amacıyla sıcaklık etkileşimiyle genişletme işlemine tabi tutulurlar. Bu sıcaklık etkileşimi genellikle 750°C ve üzerinde bir sıcaklık değeri olarak görülmektedir. Ancak, 750°C-900°C aralığında genişleme olgusu gösteren perlitlere genellikle "aktif perlit" tanımı konulabilirken, >900°C ve üzerinde genişleme olgusu gösteren perlitlere de genellikle "pasif perlit" tanımı konulabilmektedir. Aktif perlitler bu bağlamda düşük sıcaklıkta genişleme karakteristiğine sahip perlitler olmasının yanı sıra nispeten düşük sıcaklıklarda genişleme sonrası tane yoğunlukları (150 - 300 kg/m³) ve tane mukavemetlerinin daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Bu da, genişmiş perlit malzemenin özellikle mukavemet aranan ürün türlerinde kullanım alanı bulmasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda özellikle inşaat sektöründe kullanımı daha yaygın olarak görülen türdür. Diğer taraftan pasif perlit özelliğindeki ham malzemeler, yüksek sıcaklıklarda genişlediğinden genişletme prosesi maliyeti açısından diğer türe göre bir dezavantaj sergilemesinin yanı sıra genişleme oranları 20-30 kata kadar çıkabilmektedir. Tane yoğunlukları da 60-120 kg/m³ aralığında değişim gösterebilmektedir [6]. Bu tür perlitler, yapıtım sektöründe kullanımları önem kazanmakla birlikte, tarım ve kimya sektörlerinde de yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Konu üzerine uzun bir zaman sürecine yayılı yapılan bilimsel çalışma bulgularının özetle irdelenmesi sonucu Türkiye'deki mevcut perlit oluşumlarının yaklaşık %63.1'i aktif perlit, %36.9'u ise pasif perlit özelliği gösterdiği öngörülebilmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de pomza oluşumları açısından durum irdelendiğinde ise, bilimsel literatürde dünya pomza rezerv miktarlarına ilişkin ülkeler bağlamında nicel kesin veriler yer almamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları Merkezi (USGS)'nin 2008-2022 yıllarına ilişkin istatistiksel rapor verileri irdelendiğinde, dünyanın birçok bölgesinde (yaklaşık 20 farklı ülkede) pomza yataklarının var olduğu, en yüksek rezerv miktarının ABD'de olduğu beyan edilmekle birlikte, 25 milyon tondan fazla olduğu tahmin edilen ABD'nin tanımlanmış pomza ve pomza taşı kaynakları, Batı Eyaletlerinde yoğunlaştığı belirtilmiştir. Western ve

Great Plains Eyaletlerindeki tahmini toplam pomza kaynaklarının (tanımlanmış ve keşfedilmemiş) en az 250 milyon ton olduğu ve toplamda 1 milyar tondan fazla olabileceği belirtilmiştir. Türkiye, İtalya, Yunanistan ve İran'ın önde gelen pomza üreticileri arasında yer aldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, Cezayir, Kamerun, Ekvator, Fransa, İspanya, Suriye, Etiyopya, Suudi Arabistan, Uganda, Şili, Guatemala, Tanzanya, Endonezya, Yeni Zelanda gibi ülkelerde de pomza üretimlerinin yer aldığı rapor edilmiştir [19]. Dünyadaki bu geniş coğrafik dağılımın, pomzanın oluşumu itibariyle asidik ve bazik hüviyetlerde yer alabilmesinin doğal bir sonucu olarak görülebilmektedir. Türkiye özelinde pomza oluşumları irdelendiğinde ise MAPEG (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü) verileri esas alındığında [20] Şekil 5'de iller bazında Türkiye güncel işletme ruhsatına sahip pomza sahalarının rezerv dağılımının olduğu ve Türkiye toplam rezervinin ise 2.2 milyar ton olduğu görülmektedir [20]. Şekil 5'deki dağılım irdelendiğinde Türkiye pomza ruhsatlı rezerv miktarları açısından %58.92'si İç Anadolu bölgesinde, %21.81'i Ege Bölgesinde, %7.95'i Doğu Anadolu bölgesinde ve %2.72'sinin ise Güney Doğu Anadolu bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bu veriler ışığında asidik hüviyette Nevşehir ve bazik hüviyette Manisa illerinin önemli birer pomza potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Ancak, MAPEG güncel işletme ruhsat kayıtları dışında, Türkiye'deki volkanik bölgelerde bulunan toplam pomza potansiyelinin tuf, tüfit ve ignimbrit kayaç oluşumları ile iç içe yer aldığı irdelendiğinde ise pomza potansiyeli olarak kabul edilebilecek tahmini rezerv dağılımın ise bölgeler bazında %45'lik potansiyelin İç Anadolu bölgesinde yer aldığı öngörülebilir. Bunu takiben sırasıyla, Doğu Anadolu, Ege, Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ve Marmara bölgeleri gelmektedir. Bu bölgelerin tahmini potansiyel hammadde varlıkları sırasıyla, %19.4, %18.6, %9.8, %3.7 ve %3.5 dolayında olabileceği öngörülebilir.



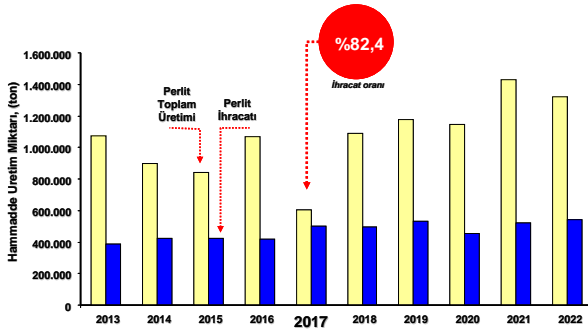
Şekil 5. İller bazında pomza rezerv miktarları dağılımı.

Perlit ve pomza potansiyeli birlikte ele alındığında Türkiye'de toplam iki ayrı hammadde rezerv potansiyel varlığının yaklaşık 9.1 milyar ton dolayında olduğu belirlenebilmektedir.

3. Perlit - Pomza Üretimleri ve Ekonomisi

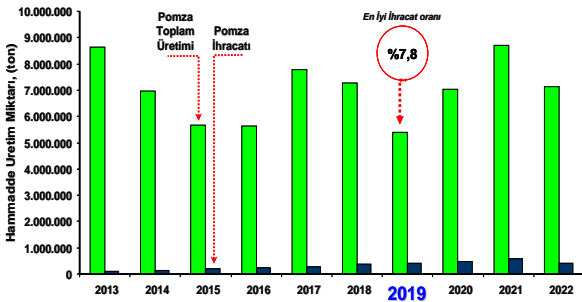
Türkiye'de yıllara göre perlit ve pomza hammadde üretim miktarları MAPEG ve İMİB İstanbul Maden İhracatçıları Birliği rapor [20,21] verilerine göre irdelendiğinde bu önemli iki hammadde kaynağı

hakkında üretim trendi ve ihracat potansiyelleri hakkında geniş bir bilgi edinilebilmektedir. Bu bağlamda, 2013-2022 yılları arası Türkiye perlit hammadde üretim ve ihracat miktarları Şekil 6'da analiz edilmiştir [20,21]. Bu değerlendirmeden görüleceği üzere genel bir eğilim olarak toplam perlit üretimleri yıllar bazında düşük miktar değişimleri bazında artış göstermiştir. Son yıllarda Türkiye yıllık perlit üretimlerinin >1,400,000 ton miktarını aştığı görülmektedir. Burada irdelenen verilerin tamamına yakını ham ve işlenmiş ham perlit verilerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte üretilen perlit miktarlarının ortalama %40-%50 seviyesinde ihracat edildiği de açıkça görülmektedir. 2017 yılında perlit toplam üretim verilerinde genel bir düşüş görülmekle birlikte son 10 yıllık periyotta en yüksek ihracat miktarının da 2017 yılında gerçekleştiği kayıtlarda yer almaktadır. Toplam üretimin yaklaşık %82.4'ü ihracat edilmiştir. 2017 yılından sonra ihracat oranlarında genel bir düşüş görülmekle birlikte ortalama %38 dolayında perlit malzeme ihracat edilmiştir.



Şekil 6. Yıllara göre perlit üretim ve ihracat miktarları.

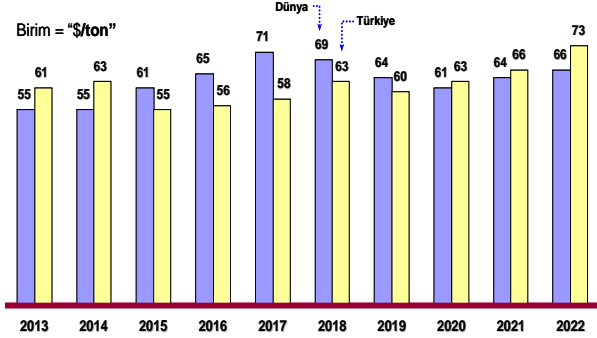
2013-2022 yılları arası Türkiye pomza hammadde üretim ve ihracat miktarları ise Şekil 7'de analiz edilmiştir [20,21].



Şekil 7. Yıllara göre pomza üretim ve ihracat miktarları.

Bu değerlendirmeden de görüleceği üzere toplam pomza üretimleri yıllar bazında farklılıklar göstermektedir. Son yıllarda Türkiye yıllık pomza üretimlerinin >8,000,000 ton miktarını aştığı görülmektedir. Burada irdelenen verilerin tamamı pomzanın tüvenan hammadde ocak üretimleri verileri şeklinde olup, işlenmiş pomza malzemelerini kapsamamaktadır. Bu incelemede açıkça görülen bir diğer husus ise, pomza üretim miktarına karşılık, üretilen malzemenin çok düşük bir oranının ihracat malzemesi olmasıdır. Yıllar bazında pomza ihracat

miktarları analiz edildiğinde ortalama bir eğilim olarak toplam üretimin ancak %5-%6 seviyesi ihracat edilmektedir. Pomza üretiminde en yüksek ihracat oranının 2019 yılında yaklaşık %7.8 oranında gerçekleştiği görülmekle birlikte, bu tarihten sonra ihracat oranının azalan bir eğilimle düştüğü ve 2022 yılında bu değer %5.7 seviyesine gerilediği görülmektedir [20,21]. Türkiye'de ham perlit üretimlerinin neredeyse yarıya yakını ihracat edilirken, pomza üretimlerinin ancak %5.5-%6'lık kısmı ihracat edilmektedir. Bu da, ülke içinde perlitte kıyasla pomza kullanım oranının daha yüksek olduğunun da bir göstergesidir. Dünyada ve Türkiye'de yıllara göre perlit ve pomza hammadde uluslararası fiyat değişimleri İMİB İstanbul Maden İhracatçıları Birliği ve USGS rapor verilerine göre irdelendiğinde bu iki önemli hammadde kaynağının ekonomik değerlendirmeleri hakkında analizler yapılabilmektedir [9,21]. Bu bağlamda, 2013-2022 yılları arası dünyada ortalama işlenmiş ham perlit fiyat değişimi Şekil 8'de analiz edilmiştir [9,21].

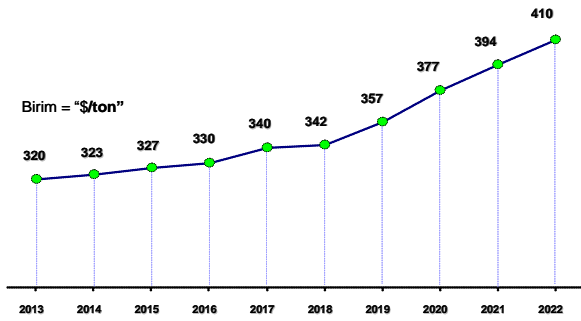


Şekil 8. Yıllara göre işlenmiş ham perlit fiyat değişimi.

Şekil 8 irdelendiğinde görüldüğü üzere, dünyada işlenmiş ham perlit fiyat değişimlerinin yıllar bazında farklılık gösterdiği görülmektedir. 2013 yılında ortalama 55 \$/ton olan değer, 2016 yılına kadar ortalama değerini korumuş ancak, 2016 yılından sonra dünya piyasalarında işlenmiş ham perlitin değerinin önem kazanarak arttığı görülmektedir. 2017 yılında 71 \$/ton seviyesine ulaşmış olan birim değer, 2022 yılında ise ortalama 66 \$/ton seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Türkiye'de üretilen perlitin dünya ölçeğinde bulunduğu genel bir eğilim olarak dünya ortalaması değerinin üzerinde seyrettiği görülebilmektedir. İMİB raporlarından aylık ihracat girdi verilerinden hesaplanmış perlit hammadde birim bedel değişimi bağlamında, örneğin 2022 yılında dünya ortalaması 66 \$/ton seviyesinde iken Türkiye'de üretilen eşdeğer özelliklerdeki perlitin değeri ise 73 FOB_\$/ton seviyesinde değer bulunduğu görülebilmektedir [9,21]. Ancak, perlitin daha yüksek katma değer oluşturması tüvenan ham ve/veya işlenmiş ham perlit formundan ziyade genişmiş perlit formu daha katma değerli bir malzeme hüviyetini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, dünyada ortalama genişmiş perlit fiyat değişimleri irdelendiğinde ise yıllar bazında giderek artan bir fiyat eğilimi görmek mümkündür (Şekil 9) [9,21]. 2013 yılında 320 \$/ton seviyesinde olan genişmiş perlit, giderek artan bir eğilimle 2022 yılında 410 \$/ton seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bu da dünyada özellikle genişmiş perlit ve kullanımındaki önemli bir artışın oluştuğunu da temsil etmektedir. Türkiye'deki

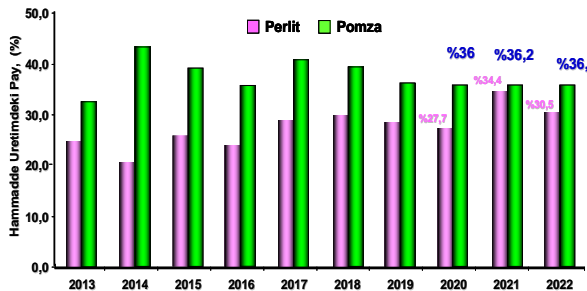
perlit üretimlerinden elde edilen malzemelerin ham ve/veya işlenmiş ham malzeme yerine çoğunlukla genişmiş perlit formu olarak ihracat potansiyelleri üzerine yönelebilmek, ülke ekonomisi açısından daha önemli katma değerler sağlayabileceği kaçınılmaz olmaktadır.

Pomza hammadde birim bedeli değişimleri FOB_\$/ton biriminde irdelendiğinde 2013 yılında pomza 76 FOB_\$/ton değer bulurken, bu değerini 2014 yılında da koruduğu, ancak 2015 yılından itibaren birim bedelde bir düşüş yaşanarak 2018 yılında 50 FOB_\$/ton değerine kadar düştüğü görülmektedir. 2022 yılında ise tekrar değer kazanarak IMIB verileri bağlamında pomza hammadde birim bedelinin 64 FOB_\$/ton seviyesinde değer bulduğu anlaşılmaktadır [9,21]. Perlit ve pomza hammadde oluşumları bu bağlamlarda kıyaslandığında perlitin ham malzeme olarak dünya ölçeğinde daha katma değer oluşturan bir yaklaşım sergilediği görülebilmektedir.



Şekil 9. Genleşmiş perlit fiyat değişimi analizi.

Özetle bu ekonomik değerlendirmeler ve dünya hammadde üretimleri ışığında, yıllar bazında MAPEG ve USGS verilerine göre dünyada Türkiye'nin perlit ve pomza hammadde üretimlerindeki payı analiz edildiğinde [9,20,21] Şekil 10'da verilen değişim elde edilmektedir.



Şekil 10. Perlit ve pomza üretimlerinde Türkiye'nin dünyadaki pay değişimi analizi.

Bu analizden de görüleceği üzere, son 10 yıllık zaman sürecinde tüm yıllarda dünyadaki pay dağılımında Türkiye'nin pomza üretimi perlitte oranla daha yüksek bir değer almaktadır. Örneğin 2022 yılı özelinde dünya perlit üretiminde Türkiye'nin payı yaklaşık %30,5 iken, pomza üretimindeki payı ise %36,5 seviyesindedir. Çin'in perlit üretimindeki yeri 2021 yılında ortalama %33,7 seviyesinde gerçekleşerek dünyada ilk sırayı almaktadır. Türkiye %29,6'lık oranıyla Çin'in ardından ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'yi takiben %15,9 oranıyla Yunanistan ve sonrasında A.B.D. (≈%11)

gelmektedir. 2021 yılında dünya toplam perlit üretimi yaklaşık 4 milyon 450 bin ton dolayında olduğu rapor edilmiştir. Diğer taraftan dünya pomza üretimi bağlamında ise örneğin 2022 yılında toplamda 14 milyon 900 bin ton dolayında üretim olduğu rapor edilmiştir. Bu üretimin yaklaşık %36,3'lük kısmı Türkiye'de gerçekleşmiş olup, dünyada ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'nin ardından %7,4'lük oranla Uganda'nın geldiği ve bunu takiben %6,4 oranıyla Yunanistan'ın takip ettiği görülmektedir. Bununla birlikte 2022 yılında toplamda 29 ülkede pomza üretimlerinin olduğu USGS 2021-2022 veri ve raporlarında beyan edilmiştir [9,20,21]. Buradan da anlaşılacağı üzere Türkiye dünyada pomza üretici ülkeler arasında çok önemli bir yer almakta olup, son yıllarda liderlik vasfını sürdürmektedir. Ancak, üretilen bu hammadde potansiyelinden ekonomik bağlamda daha yüksek katma değer elde edilebilecek ihracat ürünü ve türevleri üzerine emek yoğun bir çalışma yapılması da kaçınılmaz olmaktadır. Özetle, son 10 yıllık süreçte genel bir eğilim değerlendirmesi yapıldığında ortalama yıllık bazda dünya perlit üretiminin yaklaşık %28'i, dünya pomza üretiminin ise yaklaşık %38'i Türkiye'de gerçekleşmiştir [9,20,21].

4. Perlit - Pomza Kullanım Alanları Üzerine Bir Değerlendirme

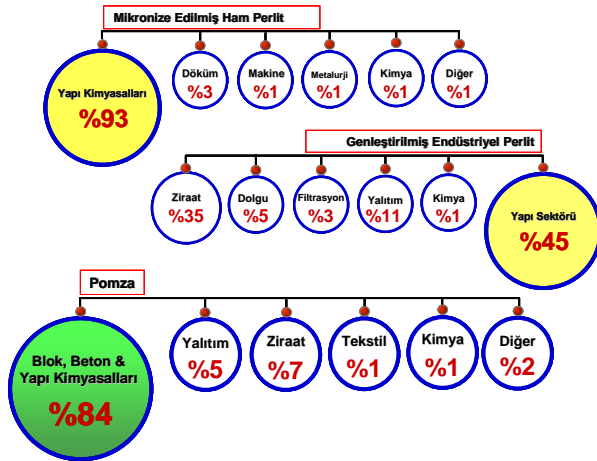
Perlit kayacı kullanım formu itibariyle başlıca 2 ayrı formda kullanılmaktadır:

1. Mikronize edilmiş ham perlit formu,
2. Genleştirilmiş endüstriyel perlit formu.

Perlitin dünyada bu formlarda kullanımına genel olarak bakıldığında çok net bilimsel veriler olmamakla birlikte, yapılan arge, yayın ve rapor çalışmalarından özetle %2'lik kısmın mikronize edilmiş ham perlit şeklinde, %98'lik kısmın ise genleştirilmiş endüstriyel perlit formu şeklinde değerlendirildiği öngörülebilmektedir. Diğer taraftan pomza hammaddesinin ise %100'nün doğal haliyle boyutlandırılmış bir agrega formunda kullanım alanı bulunduğu görülmektedir.

Kullanım alanlarının çeşitliliği açısından ele alındığında perlitin yaklaşık 180 ayrı endüstriyel alanda kullanım yeri bulurken, pomza ise yaklaşık 235 ayrı endüstriyel alanda kullanım yeri bulabildiği görülebilmektedir. Mikronize edilmiş ham perlit malzemelerin ortalama %82'si yapı kimyasallarında ya ana hammadde ya da yardımcı/dolgu materyali olarak katma değer kazandığı görülmektedir. Bununla birlikte %18'lik kısmının ise döküm, makine ve kimya endüstrisi alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Perlit ısı ile işleme genleştirildikten sonra ham haline göre çok daha farklı alanda kullanım imkânı bulabilmektedir. Bu bağlamda, %44'lük bir oranla yapı sektöründe dolgu ve/veya yardımcı malzeme hüviyetinde kullanımı yanı sıra %19'lük oranla ziraat sektöründe su tutucu materyal veya topraksız tarım vb. gibi amaçlarla kullanım yeri bulunmaktadır. %15'lik oranla farklı sektörlerde dolgu materyali, %14'lük bir oranla filtrasyon malzemesi olarak ve %8'lik bir kullanım yeri oranıyla da yalıtım, kimya ve diğer sektörel alanlarda önemli bir materyal oluşturmaktadır.

Dünyada pomza kullanım alanları üzerine genel bir analiz yapıldığında ise yakınsak olarak sırasıyla şu kullanım alanları ve oranlarının oluşturulabildiği görülmektedir: Kâgir blok üretimi %45, hafif beton üretimleri %9, yalıtım ürünleri %12, ziraat sektörü %14, tekstil sektörü %3, kimya sektörleri %9 ve diğer sektörel alanlar yaklaşık %8. Dünyadaki perlit ve pomza kullanım alanlarının bu genel yaklaşımına karşın, Türkiye'de üretilen perlit ve pomzanın ülke içinde kullanım alanları ve çeşitliliği 2022 veri değerlendirmelerine göre yakınsak olarak değişimi Şekil 11'de sembolize edilmiştir.



Şekil 11. Türkiye'de perlit ve pomza endüstriyel kullanım alanları sembolik analizi.

Bu analizden de görüleceği üzere, Türkiye'de mikronize edilmiş ham perlit dünyadaki kullanım trendine göre daha yüksek oranda yapı kimyasalı ürünlerin üretiminde değerlendirildiği görülmektedir. Genleşmiş perlit formu olarak ise ziraat sektöründe dünyadaki kullanım oranına kıyasla hemen hemen iki katı fazlasıyla kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle filtrasyon ve dolgu materyali olarak kullanım alanlarında daha düşük oranlarda kullanılmaktadır. Bu durum, Türkiye'de genleşmiş perlitin farklı endüstriyel alanlarda kullanımı üzerine ArGe çalışmalarının daha da geliştirilmesi gerekliliğini işaret etmektedir. Pomza kullanımı açısından incelendiğinde ise, yaklaşık %84'lük tüketim oranıyla dünya ölçeğine kıyasla %30'luk bir artışla blok, beton ve yapı kimyasalı ürünlerin üretiminde kullanımı olduğu görülmektedir. Bu da pomzanın Türkiye'de ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanımının yaygın olduğunu göstermektedir. Özellikle konutlarda enerji verimliliğinin çok önem kazandığı günümüzde, pomzanın bina yalıtımına katma değer sağladığı ürünlerin gelişimiyle daha da tüketim miktarının arttığı ve özel nitelik taşıyan önemli bir sektör haline geldiği de görülebilmektedir. Ancak, pomzanın gözenekli yapısı ve doğal malzeme karakteristiği yalıtım özelliğini sağlamanın yanı sıra, genleşmiş perlitin ısı işlem sonrası yalıtım özelliklerinin pomzaya nazaran daha yüksek değerlerde olabilmesi, bu her iki malzemenin kombinasyonu ile üretilebilecek yapı elemanlarını daha değerli kılacağı kaçınılmazdır. Konu üzerine sürdürülen ArGe çalışmaları özellikle kâgir blok, yalıtıma katkı sağlayıcı harç kombinasyonları, yapı kimyasalı ürünleri, düşük yoğunluklu plaka ürünleri vb. gibi ürün türevlerinin perlit+pomza kombinasyonlu özel

bileşenli gelişmeleri, enerji verimliliği bağlamında %60- %65'lere ulaşabilen tasarruf değerlerini gündeme getirmektedir.

Yapı sektöründe enerji verimliliği bağlamında pomza ve perlit kullanımının daha reel analizi amacıyla bir değerlendirme yapılacak olur ise, örneğin 2001 yılında sadece pomza agrega kullanılarak üretilen pomza kâgir blok ürünlerin geometri ve konfigürasyon özelliklerine göre ortalama ısı iletkenlik katsayı değerleri 0.35 W/mK - 0.38 W/mK aralığında değişim gösterirken, 2022 yılında pomza + genleşmiş perlit kombinasyonlu bu blok tasarımlarının eşdeğer boyutlarda ısı iletkenlik değerlerinin 0.080 W/mK değerine kadar iyileştirilebildiği görülebilmektedir. Bu da bu türev kâgir blok elemanlarının bina projelerinde dış ve/veya iç bölme duvarlarda kâgir eleman olarak kullanımlarında çok önemli ölçütlerde ısı yalıtım değerleri sağladığı irdelenebilmektedir. Bununla birlikte, kâgir blokların duvarda örümü sırasında ihtiyaç duyulan örgü harcı ve sonrasında oluşan duvar yüzeyinin sıvanmasında kullanılacak sıva harcının da pomza+perlit kombinasyonlu harç türevleri şeklinde üretilip kullanımı, oluşan duvarı yekpare bir duvar niteliği oluşturmasının yanı sıra, sergileyeceği yalıtım performansının da daha bir üst segmente taşınacağı muhakkaktır. Bu nedenle, pomza ve perlit kombinasyonlu yapı malzeme ürünlerinin gelişimi ve kullanım yaygınlığı, ülkenin enerji verimliliğine önemli bir katma değer sağlayacaktır.

4. Sonuçlar

Perlit ve pomza kayacı oluşumları volkanik kökenli doğal kayalar olup, dünyada ve Türkiye'de farklı endüstriyel alanlarda ekonomik değer oluşturan malzemelerdir. Perlit doğal kullanımı yanı sıra ısı işlem tabii tutularak geliştirilerek yarı suni kategoride yeni nesil endüstriyel bir hammadde formuna dönüştürülebilmektedir. Bu özelliği sebebiyle ekolojik malzemeler sınıfına da dahil edilebilir. Pomza kayacı doğal formu korunarak ve herhangi bir ilave ısı işlem gerek duyulmaksızın endüstriyel alanlarda kullanım yeri bulabilen ekolojik bir hammadde kaynağıdır. Türkiye pomza ve perlit üretimi bağlamında dünyada önemli bir yeri söz konusudur. Bu çalışma kapsamında Türkiye ve dünya ölçeğinde perlit ve pomza hammadde miktarları, kullanımı ve ekonomik değerlendirmeleri üzerine özet bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmadaki bulgu ve değerlendirmelere göre;

1. Türkiye'deki toplam perlit oluşumlarının 6.88 Milyar ton dolayında olduğu ve bu rezerv dağılımının yaklaşık %75.60'ı Doğu Anadolu bölgesinde, %21.14'ü İç-Orta Anadolu Bölgesinde, %2.16'sı Ege Bölgesinde ve %1.10'u ise Marmara bölgesinde yer almaktadır. görülebilmektedir. Dünya perlit rezervlerinin yaklaşık %75'i Türkiye'de yer aldığı tahmin edilmektedir.
2. Türkiye'deki mevcut perlit oluşumlarının yaklaşık %63.1'i aktif perlit, %36.9'u ise pasif perlit özelliği gösterdiği öngörülebilmektedir.
3. Türkiye pomza ruhsatlı rezerv miktarları açısından %58.92'si İç Anadolu bölgesinde, %21.81'i Ege Bölgesinde, %7.95'i Doğu Anadolu bölgesinde ve

%2.72'sinin ise Güney Doğu Anadolu bölgesinde yer aldığı görülmektedir.

4. Son yıllarda Türkiye yıllık perlit üretimlerinin >1,400,000 ton miktarını aştığı görülmektedir. Burada irdelenen verilerin tamamına yakını ham ve işlenmiş ham perlit verilerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte üretilen perlit miktarlarının ortalama %40-%50 seviyesinde ihraç edildiği de açıkça görülmektedir.

5. Türkiye yıllık pomza üretimlerinin >8,000,000 ton miktarını aştığı görülmektedir. çok düşük bir oranının ihracat malzemesi olmasıdır. Yıllar bazında pomza ihracat miktarları analiz edildiğinde ortalama bir eğilim olarak toplam üretimin ancak %5-%6 seviyesi ihraç edilmektedir.

6. Son 10 yılda ortalama yıllık bazda dünya perlit üretiminin yaklaşık %28'i, dünya pomza üretiminin de yaklaşık %38'i Türkiye'de gerçekleşmiştir.

Perlit ve pomza kullanımları dünya çapında yaygınlaşmakta ve bu doğal orijinli malzemeler farklı endüstriyel alanlarda hammadde ve/veya katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye'nin tüm bu doğal orijinli ve gözenekli hafif malzemelere sahip olması önemli bir kazanımdır. Bu hafif malzemelerin Türkiye'deki potansiyel rezervleri, dünyanın farklı alanlarda endüstriyel geleceği için önemli bir roller oynayacaktır.

Kaynaklar

- [1] Samar M. and Saxena S., "Study of chemical and physical properties of perlite and its application in India", 2016, International Journal of Science Technology and Management, Vol. No.5, Issue No.04, April 2016, pp70-80, ISSN 2394-1537.
- [2] Perlite, USGS Mineral Commodity Summaries, 2011.
- [3] Perlite, USGS Mineral Commodity Summaries, 2013.
- [4] Maxim L.D., Niebo R., McConnell E.E., "Perlite toxicology and epidemiology—A review", Inhalation Toxicology, 2014;26:259-270
- [5] Gündüz, L., & Kalkan, Ş. O., Kâgir Blok Üretiminde Farklı Orijinli İki Pomzanın Performansları Üzerine Karşılaştırmalı Bir Analiz: Tomarza Ve Tatvan Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2022, 25(4), 537-555.
- [6] Gündüz, L., & Kalkan, Ş. O., Perlit Genleştirmede Sıcaklık Değişiminin Agregat Karakteristiğine Etkileri Üzerine Bir İnceleme-Yeni Bir Yaklaşım, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c.11, s.1, 21-40, 2023, DOI: 10.36306/konjes.1088530
- [7] Simkin, T., Tilling, R.I., Vogt, P.R., Kirby, S.H., Kimberley, P., and Stewart, D.B., 2006, This Dynamic Planet—World Map of Volcanoes, Earthquakes, Impact Craters, and Plate Tectonics: U.S. Geological Survey Geologic Investigations Series Map I-2800, scale: 1:30,000,000 1 two sheets.
- [8] <http://cografyaharita.com/haritalarim/2bturkiye-genc-volkanik-alanlar-haritasi.png>
- [9] Perlite, USGS Mineral Commodity Summaries, 2014-2023 reports.
- [10] Kalkınma Bakanlığı, Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2018
- [11] <http://cografyaharita.com/haritalarim/4fturkiye-perlit-madeni-haritasi.png>
- [12] Kopar, İ., Polat, P., Molla Tepe (Mollaköy-Erzincan) Perlitik Volkan Konisi'nin Jeolojik-Jeomorfolojik Özellikleri ve Molla Tepe Perlitinin Endüstriyel Madde Olarak Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2020, 24 (3), 1529-1554.
- [13] Kudaka, Erzincan İlinde Perlit Madeni Araştırma Raporu, Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı, Erzincan Yatırım Destek Ofisi, 2022, Aralık 2022, s37.
- [14] İMİB, Perlit Yataklarının Durumu, İşletmeciliği ve Geleceği, Teknik Rapor, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, İstanbul, 2021, s26.
- [15] Ankara Kalkınma Ajansı, Ankara İli, Kızılcahamam İlçesi Perlit Madeni Açık İşletme Tesisinin Ön Fizibilite Raporu, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara Kalkınma Ajansı, 2022, Ankara, s33.
- [16] Köksal K. and Turp S.M., Hydrogen Storage In Expanded Perlite, International Conference on Multidisciplinary, Engineering, Science, Education and Technology (IMESET'17 Bitlis) Hosted by Bitlis Eren University October 27-29, 2017, Bitlis, Turkey.
- [17] Gül, D., Characterization and expansion behaviour of perlite, 2017, Master's thesis, İzmir Institute of Technology.
- [18] Kaya E. S., Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin puzolanik malzeme olarak kullanılabilirliği. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [19] USGS, 2006 – 2022 Pumice & Pumicite Reports
- [20] MAPEG, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2023, Erişim: <https://www.mapeg.gov.tr/Custom/MadenRaporlarFormlar>
- [21] İMİB, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği 2013-2023 aralığı Aylık Bazda Ürün Gruplarına Veya Ülkelere Göre Maden İhracatı Raporları, 2023, İstanbul, Erişim: <https://www.imib.org.tr/tr/raporlar/ihracat-istatistikleri>

EFFECT OF MAGNESIUM ADDITION ON THE MICROSTRUCTURE OF ALUMINUM/PUMICE COMPOSITES

MAGNEZYUM İLAVESİNİN ALÜMİNYUM/POMZA KOMPOZİTLERİNİN MİKROYAPISI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Gülsüm ANARAN^a, Fevzi KELEN^b, Tarık AYDOĞMUŞ^c

^a Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye, E-posta: anarangulsun@gmail.com

^b Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Van, Türkiye,
E-posta: fkelen@yyu.edu.tr

^c Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye, E-posta: aydogmus@yyu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada literatürde bir ilk olmak üzere, toz metalürjisi (sıcak presleme; 600 °C, 50 MPa, 1 saat) yöntemi kullanılarak Al matrisli, hacimce %20 pomza içeren kompozit malzeme başarılı bir şekilde üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemeye ağırlıkça %3 Mg ilave edilerek mikroyapıdaki değişiklikler ortaya konulmuştur. 4x4x6 mm³ boyutlarında tel erezyon metodu ile kesilerek elde edilen referans ve kompozit numunelerin mikroyapı karakterizasyonu için XRD ve SEM analizleri uygulanmıştır. Yine tel erezyonla kesilen numuneler kullanılarak yoğunluk ve gözeneklilik değerleri Arşimet metodu ile belirlenmiştir. Al ile pomzanın sıcak presleme esnasında reaksiyona girmediği gözlenmiştir. Alaşım elementi olarak ilave edilen Mg'un ise pomza içerisinde yer alan SiO₂ ile reaksiyona girerek yeni geliştirilen kompozit malzemenin içyapısında in-situ Si, MgO ve MgAl₂O₄ fazlarını oluşturduğu görülmüştür. Beklenildiği üzere hem pomza takviyesi hem de Mg ilavesi kompozit malzemelerin yoğunluklarını azaltmıştır.

Anahtar kelimeler: Al matrisli kompozit, in-situ, MgO, Pomza

Abstract

In this study, Al matrix composite material reinforced with 20% pumice by volume was successfully produced for the first time by using powder metallurgy (hot pressing; 600 °C, 50 MPa, 1 hour) method. The changes in the microstructure were investigated as a result of 3% Mg addition by weight to the composite material. XRD and SEM analyzes were employed for the microstructure characterization of the reference and composite samples obtained via wire electrical discharge machining in 4x4x6 mm³ dimensions. Density and porosity of the samples were determined by Archimedes' method. It was observed that Al and pumice did not react during hot pressing. It has also been observed that Mg added as an alloying element reacts with SiO₂ in the pumice to form in-situ Si, MgO and MgAl₂O₄ phases in the microstructure of the newly developed composite material. As expected, both pumice reinforcement and Mg addition decreased the densities of the composite materials.

Keywords: Al matrix composite, in-situ, MgO, Pumice

1. Giriş

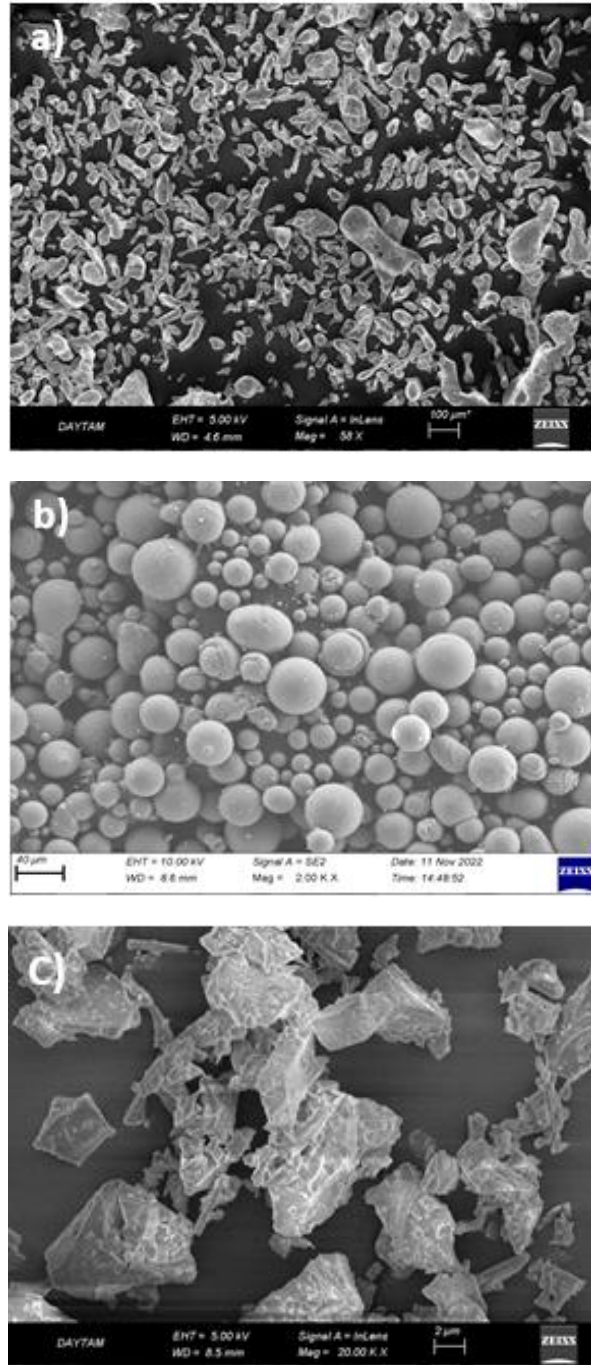
Artan araç sayısı ile birlikte petrol kaynaklarının hızla tükenmesi ve CO₂ gazının yayılımından dolayı otomotiv sektörü, enerji, emisyonlar ve güvenlik olmak üzere çeşitli kilit alanlarda zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır [1]. Bu zorluklar göz önüne alındığında otomotiv sektörü daha dayanıklı ve hafif araç üretimine teşvik edilmiştir. Araçlarda hafif malzeme kullanılması, yakıt tüketimini azaltmaktadır [2,3]. Yapılan araştırmalara göre yakıt tüketiminin ortalama %75 gibi önemli bir oranı araç ağırlığına bağlıdır. Araç ağırlığındaki %10'luk bir azalmanın yakıt tüketimini %8 ile %10 oranında iyileştirdiği ve aracın kütledeki 100 kg'lık bir azalmanın CO₂ gazının yayılımında 12.5 g/km'lik bir düşüşe neden olacağı tespit edilmiştir [4]. Bu bağlamda otomotiv sektöründeki araştırmacılar güvenlikten ödün vermeden enerji tasarrufu sağlayabilen hafif, yüksek dayanımlı, iyi korozyon dayanımı gösteren ve çevre dostu yeni malzemelerin arayışına girmişlerdir. Araçlarda en yaygın kullanılan demir dışı malzemeler alüminyum (Al), tungsten, magnezyum (Mg), titanyum ve bunların alaşımlarıdır [5]. Al, diğer demir dışı metallerle karşılaştırıldığında hafif olması (yoğunluğu 2.7 g/cm³), iyi şekillendirilebilirliği, elektrik ve ısıyı iyi iletmesi, kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması ve yüksek korozyon dayanımı vb. özellikler sergilemesi nedeniyle otomotiv sektörü için umut vaat eden adaylardan biri haline gelmiştir [5,6]. Al'yi otomotiv sektöründe eşsiz kılan önemli başka bir özelliği ise enerjii absorbe etme yeteneğine sahip olmasıdır [7]. Bu özelliği sayesinde meydana gelebilecek herhangi bir kaza sonucunda ortaya çıkan enerji, yolcular tarafından değil, darbe emiciler tarafından absorbe edilir ve bu sayede yolcuların güvenliği sağlanmış olur. Yukarıda belirtilen önemli özelliklerinden dolayı Al otomotiv sektörü dışında birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan başlıca kullanım alanları; inşaat, sanayi, gıda, kimya, mutfak eşyalarının yapımı ve elektrik sektörü örnek olarak gösterilebilir. Yüksek özgül mukavemete sahip olan Al, erime sıcaklığının düşük olması nedeniyle sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda performansı tatmin edici değildir ve ayrıca düşük sertliğe sahiptir (21 HB) [8]. Bu yüzden mevcut özelliklerini geliştirmek için başka metallerle alaşımlandırılarak veya kompozit oluşturularak kullanılmaktadır [9]. Al ve alaşımlarının

mekanik özelliklerini iyileştirmek için kullanılacak takviye elemanlarının kolay temin edilebilir olması, yanında kullanılacakları matris malzemeleri ile uyumluluk, elastiklik modülü, çekme mukavemeti, yoğunluk, ergime sıcaklığı, boyut ve şekil gibi özellikler göz önünde tutularak seçilmektedir [10]. Al metal matrisli kompozitleri geliştirmek için en çok kullanılan takviye türleri mikro/nano silisyum dioksit (SiO_2), alümina (Al_2O_3), silisyum karbür (SiC), grafit, bor karbür (B_4C), grafit (Gr) ve titanyum karbürdür [11]. Kompozit malzemelerin özellikleri takviye parçacıklarının nano metre ölçeğinde eklenmesiyle daha da geliştirilebilir. Ancak yüksek üretim maliyetleri ve nano parçacıkların büyük yüzey-hacim oranı nedeniyle nano boyutlu seramik parçacıkların homojen dağılımını elde etmek son derece zordur. Bu yüzden endüstriyel uygulamaları oldukça düşüktür [12]. Öte yandan kompozitlerin verimini ve nihai dayanımını artırmak için yaygın olarak mikro boyutlu seramik parçacıklar kullanılmaktadır [12]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, SiO_2 takviye malzemeleri kullanılarak üretilen Al matrisli kompozit malzemelerin güncel bir araştırma konusu olduğu görülmektedir. Doğrudan SiO_2 kullanımı yanında, içeriğinde yüksek miktarda SiO_2 barındıran cam parçaları, pirinç kabukları ve uçucu kül gibi düşük maliyetli takviye malzemeleri de tercih edilmektedir [13,14]. Aynı şekilde pomza madenin yaklaşık %70 oranında SiO_2 , %15 Al_2O_3 içermesi, ucuz olması ve daha önce Al matrisli kompozit malzemelerde takviye malzemesi olarak kullanılmamış olması bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmuştur. Otomotiv ve havacılık sektöründe kullanılabilme potansiyeli olan Al-pomza esaslı kompozitlerin geliştirilmesi ve Mg ilavesinin kompozit mikroyapısı üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

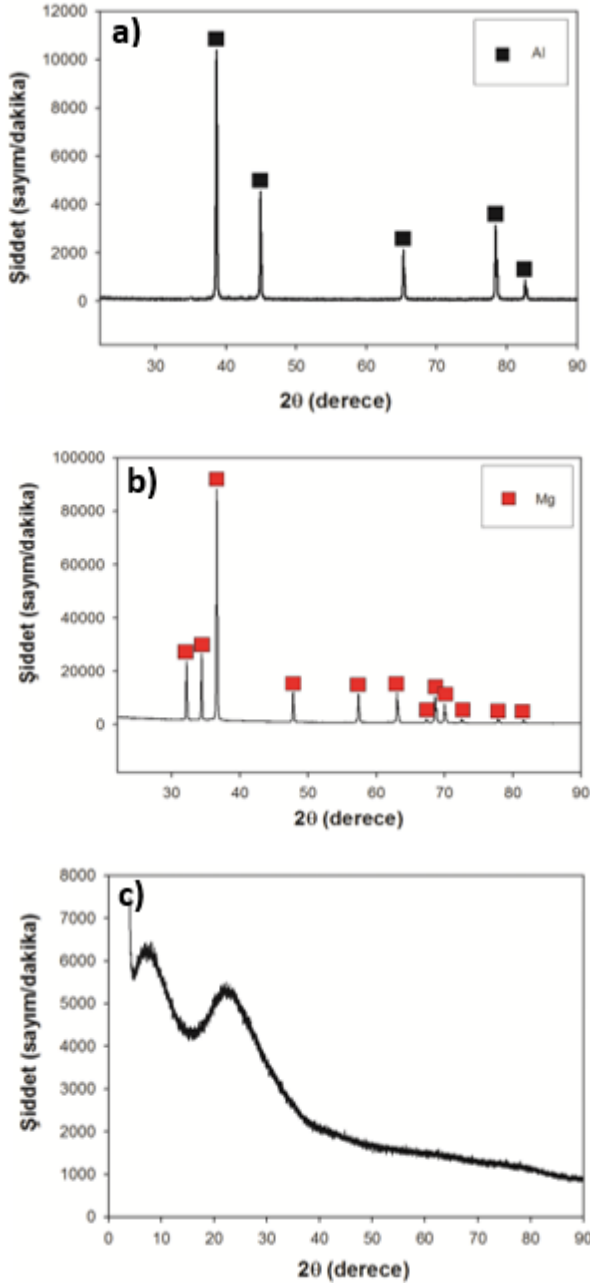
2. Materyal ve Yöntem

Referans (saf Al) ve kompozit numuneler toz metalürjisi yöntemlerinden biri olan sıcak presleme yöntemi ile üretilmiştir. Numunelerin üretiminde Al, asidik pomza ve Mg tozları kullanılmıştır. Bütün tozların boyutu $45 \mu\text{m}$ 'den küçüktür. Şekil 1'de kullanılan tozlara ait SEM görüntüleri verilmiştir. Al tozlarının yuvarlak ve lifimsi, Mg tozlarının küresel ve pomza tozlarının ise düzensiz ve keskin köşeli bir yapıda olduğu belirlenmiştir. Al ve Mg tozların temiz bir yüzeye sahip olduğu ve oksit içermediği SEM ile doğrulanmıştır. Şekil 2'de verilen tozların XRD analiz sonucuna göre Al ve Mg tozlarında sırasıyla sadece Al ve Mg pikleri gözlenirken herhangi bir oksit vb. istenilmeyen faza rastlanılmamıştır. Pomza tozuna ait XRD analiz sonucu incelendiğinde pomza tozunun amorf (kristalin olmayan) bir yapıda olduğu saptanmıştır. Kompozit üretiminde pomza miktarı hacimce %20 miktarında sabit tutulmuş Al matrisine ağırlıkça %3 oranında Mg alaşım elementi ilave edilmiştir. Kompozit ve referans numuneler 40 mm çapında grafit kalıplar içerisinde 6 mm yüksekliğinde üretilmiştir. Numunelerin üretimi için sinterleme süresi 1 saat ve sıcaklığı 600°C olarak belirlenmiştir. Isıtma hızı $10^\circ\text{C}/\text{dk}$ olup sinterleme sıcaklığına ulaşıldıktan sonra numuneler bir saat boyunca 50 MPa basınç altında sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. 50 MPa'lık presleme basıncı ısıtma ve soğutma esasında da uygulanmıştır. Üretilen numuneler Şekil 3'de görüldüğü gibi tel erezyon yöntemi ile $4 \times 4 \times 6 \text{ mm}^3$ boyutlarında kesilmiştir.

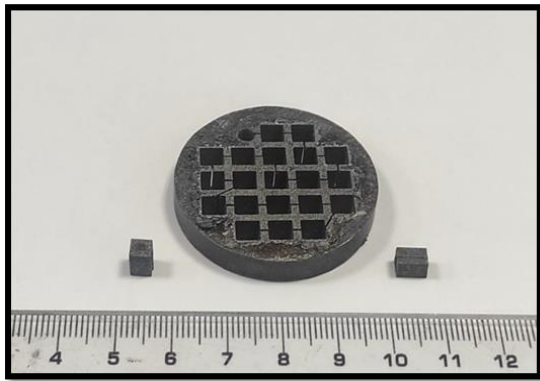
Numune yüzeyleri zımparalama işlemi ile temizlendikten sonra Arşimet metodu ile yoğunlukları ölçülmüştür. Toz, referans ve kompozit numunelerin mikroyapısında yer alan fazların belirlenmesi için XRD analizleri yapılmıştır. SEM analizleri öncesinde numuneler standart zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. Sonrasında numune yüzeyleri Keller solüsyonu ($190 \text{ ml H}_2\text{O} + 5 \text{ ml HNO}_3 + 3 \text{ ml HCl} + 2 \text{ ml HF}$) yardımıyla 1.5-2 dk süre ile dağlanmışlardır. Numune mikroyapılarında bulunan fazların kimyasal bileşimleri SEM cihazında bulunan EDS ile ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 1. Başlangıç tozlarının SEM görüntüleri; a) Al, b) Mg, c) pomza.



Şekil 2. Başlangıç tozlarına ait XRD desenleri; a) Al tozu b) Mg tozu c) pomza tozu.



Şekil 3. Tel erzyon yöntemi ile kesilmiş numuneler.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yoğunluk

Üretilmiş numunelere ait yoğunluk değerleri ve gözenek miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Al, Mg ve pomza sırasıyla 2.7, 1.738 ve 2.35 g/cm³ yoğunluk değerlerine sahiptir. Matris malzemesinin yoğunluk değerinin takviye malzemesi ve alaşım elementinin yoğunluk değerinden yüksek olması nedeniyle, kompozitlerin yoğunluk değerlerinde beklenildiği gibi bir düşüş meydana gelmiştir. Kompozit numunelerin teorik yoğunluk değerleri ile hesaplanmıştır. Sıcak presleme ile üretilen saf Al'nin tam yoğunluğa ulaştığı ve gözenek içermediği belirlenmiştir, nitekim SEM çalışmalarında da herhangi bir gözeneğe rastlanılmamıştır. Al'ye %20 hacimce pomza ilave edildiğinde ortalama %0.59'luk bir gözenekliliğin olduğu gözlenmiştir. Mg ilavesi ile birlikte Mg ve SiO₂'nin tepkimeye girmesi sonucu in-situ Si ve MgO fazları oluşmuştur. Aynı şekilde in-situ MgAl₂O₄ fazının oluşumu da XRD analiz sonucu ile doğrulanmıştır. Saf Si'nin yoğunluğu 2.329 g/cm³ iken MgO ve MgAl₂O₄'ün yoğunlukları aynı olup 3.58 g/cm³'tür. Sıcak presleme esnasında oluşan bu yeni fazların hepsinin yoğunluk değerleri saf Mg'nin yoğunluk değerinden daha büyük olduğu için Mg içeren kompozitin ölçülen yoğunluk değeri teorik yoğunluk değerinden daha büyük çıkmıştır. Bu da hesaplanan gözenekliliğin (-0.32) negatif olmasına neden olmuştur. Elbette fiziksel olarak gözenek miktarının negatif olması mümkün değildir. Mg içeren kompozitin de içermeyen kompozitle birebir aynı şartlarda üretildiği dikkate alınırca Mg içermeyen kompozitle benzer oranda gözenek oranına sahip olduğu değerlendirilebilir.

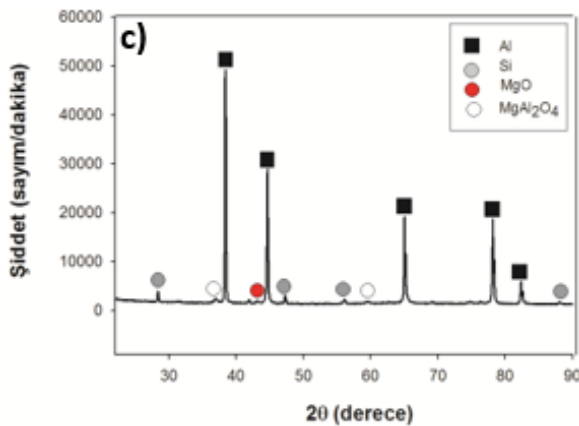
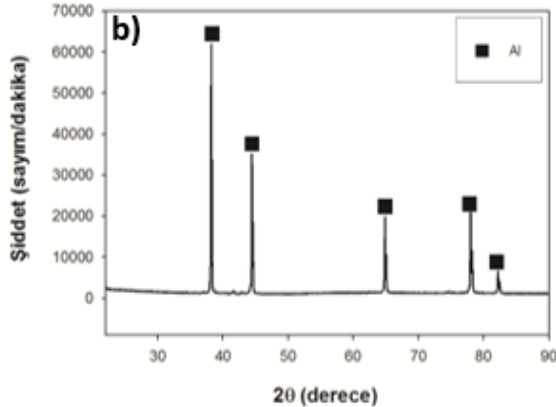
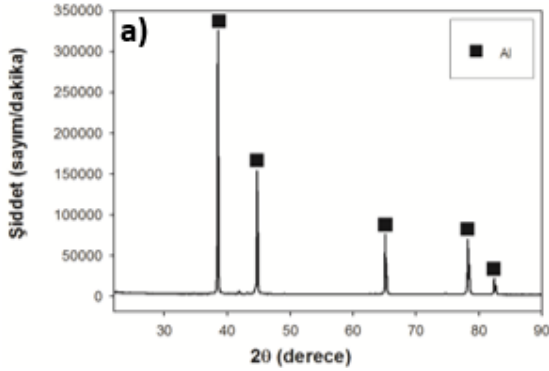
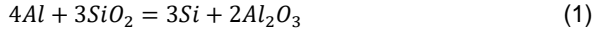
Çizelge 1. Saf Al ve kompozit numunelere ait yoğunluk değerleri.

Numuneler	Teorik yoğunluk (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk (g/cm ³)	Gözenek oranı (%)
Saf Al	2.70	2.71±0.02	-
Al-20P	2.63	2.61±0.017	0.59
Al-20P-3Mg	2.59	2.60±0.016	~ 0.59

3.2. Mikroyapı

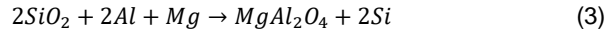
Al ve kompozit numunelerin içyapılarında bulunan fazlar XRD ve SEM analizleri yardımıyla belirlenmiştir. Grafit kalıplardan karbon difüzyonu sadece numune yüzeylerinde çok ince bir tabaka halinde görülmüş, numune iç kısımlarında herhangi bir karbon bileşenine rastlanılmamıştır. Yüzeyde oluşan karbon tabakası zımparalama ve parlatma işlemleri ile giderilmiş ve temiz yüzeyler elde edilmiştir. Şekil 2a'da verilen saf Al tozu ve Şekil 4a'da verilen sıcak presleme yöntemi ile üretilmiş Al'ye ait XRD deseni karşılaştırıldığında, elde edilen piklerin aynı olduğu ve hepsinin Al'ye ait olduğu görülmektedir. Sıcak preslenmiş Al numunesinde herhangi bir oksit, karbür vb. gibi kırılğan ve istenmeyen fazların bulunmaması, üretim sırasında kullanılan yüksek saflıktaki argon gazının koruyucu ortamı başarılı bir şekilde oluşturduğunu göstermektedir. Aynı şekilde

kompozit malzemelerde de (referans numune ile aynı şartlarda üretildiğinden) dışarıdan kaynaklanan bir oksitlenme ve karbürlenme olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durum Şekil 5'de verilen SEM görüntüleri ile de doğrulanmıştır. Şekil 4b'de pomza ile güçlendirilmiş kompozite ait XRD sonucu dikkatle incelendiğinde, sadece Al piklerinin olması, pomza bünyesinde bulunan SiO₂ ile Al'nin aşağıda verilen kimyasal reaksiyon (Eşitlik 1) esas alınarak yapılan termodinamik hesaplar gereği (Gibbs serbest enerji değişimi negatif [15,16]) reaksiyona girmesi gerekirken kinetik engeller (büyük toz boyutu, yetersiz yüzey alanı vb.) nedeniyle reaksiyonun gerçekleşmediği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 4. Sıcak preslenmiş referans ve kompozit numunelere ait XRD paternleri: a) Al, b) Al-20P, c) Al-20P-3Mg.

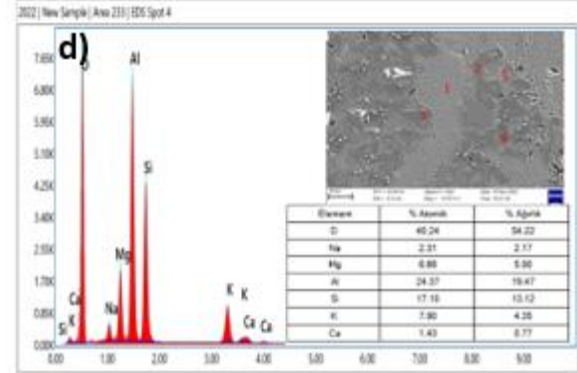
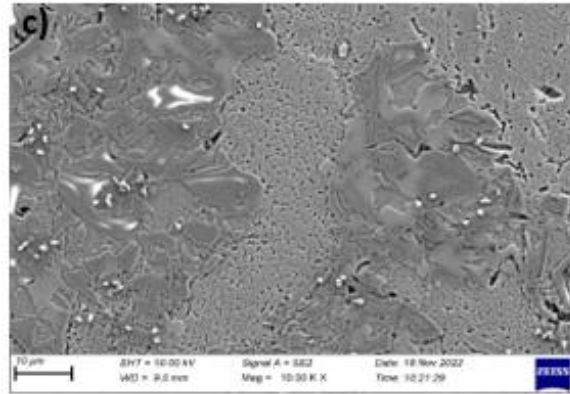
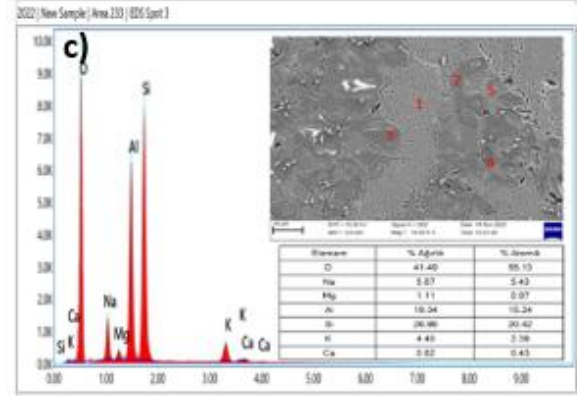
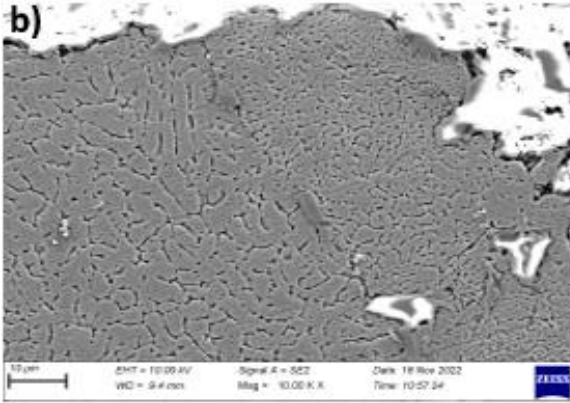
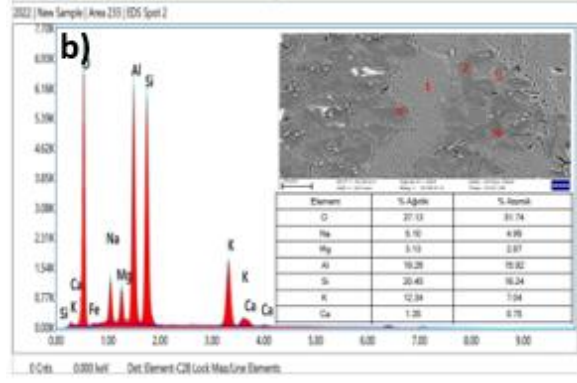
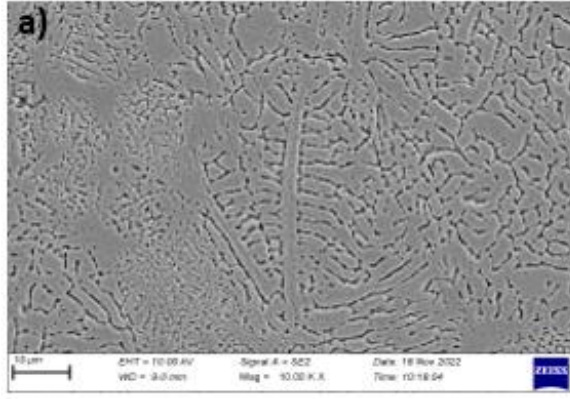
Al-20P numunesinin XRD deseninde Al pikleri dışında başka pikin gözlenmemiş olması sıcak presleme sırasında pomzanın ve pomza içeriğinde yer alan farklı oksitlerin amorf yapısını koruduğunu göstermektedir. Şekil 4c'de verilen %3Mg ile alaşımlandırılmış kompozite ait XRD deseninden görüldüğü üzere, Mg ve pomzanın içerisinde bulunan SiO₂ tepkimeye girmiş (Eşitlik 2) [17] ve tepkime sonucunda in-situ Si ve MgO fazları oluşmuştur. XRD analizinde MgAl₂O₄ piklerine de rastlanılmıştır. Matris tozu Al, alaşım elementi Mg ve takviye elemanı pomza tozu bünyesinde bulunan SiO₂ Eşitlik 3'de [18,19] verilen kimyasal reaksiyona girerek sıcak presleme işlemi ile eşzamanlı olarak in-situ Si ve MgAl₂O₄ fazlarını meydana getirmiştir.



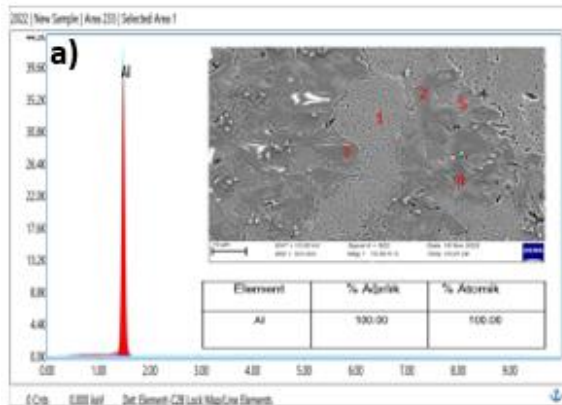
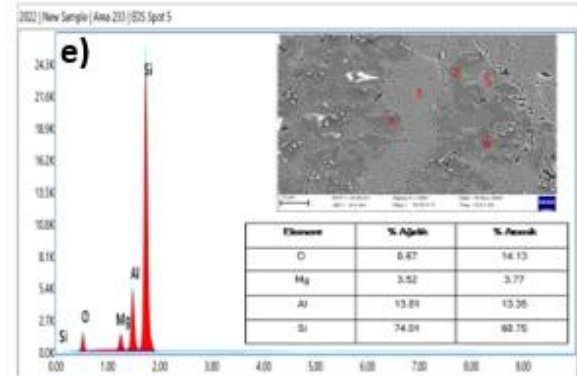
Şekil 5'de verilen SEM mikrograflarından görüldüğü üzere sıcak preslenmiş saf Al'nin dendritik bir içyapıya sahip olduğu ve kompozitlerin matrisini oluşturan Al'nin de dendritik içyapısını üretim esnasında koruduğu belirlenmiştir. Dendritik yapı Al tozunun atomizasyon ile üretilmesi sırasında, katılaşma aşamasında oluşmuştur. Pomza mikropartiküllerinin Al tozları arasında oldukça homojen bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Fakat Al toz boyutu ve şeklinin sabit olmamasından dolayı ara ara bazı yerlerde pomzanın topaklaştığı bölgelere rastlanılmıştır. Üretilen kompozit numunelerde kullanılan pomza miktarı aynı olduğundan dolayı SEM görüntülerinde çok fazla bir değişim gözlemlenmemiştir. %3 Mg içeren kompozitin SEM görüntüsü incelendiğinde mikroyapı içerisinde farklı renklerle belirginleşen farklı fazların yer aldığı gözlemlenmiştir. Şekil 6' da Al-20P-3Mg kompozitine ait bir seçili alan ve dört farklı noktadan alınmış EDS noktasal analiz sonucunun içeriklerinin yüzdesel oranları verilmiştir. 1. Alan (Al bölgesi) EDS analiz sonucuna göre yalnızca Al bulgularına rastlanılmıştır. 2., 3. ve 4. noktasal analizlerde elde edilen sonuçlara göre Al azalırken Mg, Si ve O başta olmak üzere pomzada yer alan diğer elementlerin (Ca, Na, K, Fe) miktarlarında bir artış meydana gelmiştir. Bu durum, mikroyapıda Mg ile reaksiyona girmeden kalan bir miktar pomzanın bulunduğuna işaret etmektedir. XRF ile belirlenen ve Çizelge 2'de verilen pomza tozunun kimyasal bileşiminde yer alan elementlerin tamamı pomza bölgesinden alınan (2., 3. ve 4. nokta) noktasal EDS analizi sonuçlarında da tespit edilmiştir. XRD analizlerinden farklı olarak SEM analizlerinde MgO ve MgAl₂O₄ fazları doğrudan gözlemlenmemiştir. 5. noktadan alınan EDS analizi, XRD ile varlığı kanıtlanan saf Si fazının in-situ olarak oluştuğunu doğrulamaktadır.

Çizelge 2. Kullanılan pomza tozunun XRF analiz sonuçları.

Bileşik	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
%						
Ağırlık	75.44	12.46	1.7	2.86	3.29	4.22



Şekil 5. Sıcak preslenmiş referans ve kompozitlerin SEM görüntüleri; a) saf Al, b) Al-20P, c) Al-20 P-3Mg.



Şekil 6. Al-20P-3Mg numunesinden alınan EDS sonuçları; a) 1.alan, b) 2. nokta, c) 3. nokta, d) 4. nokta, e) 5. nokta.

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışma ile literatürde ilk kez, pomza takviyeli Al matrisli kompozit malzemeler geliştirilmiş ve sıcak presleme yöntemi ile üretimleri gerçekleştirilmiştir. Al ile pomzanın reaksiyona girmemesi üzerine kompozite Mg ilave edilmiştir. Pomzanın içerisinde yüksek miktarda bulunan SiO₂ ile Mg arasında kimyasal tepkimeler oluşturularak in-situ fazlar elde edilmiştir. Mg, Al ve SiO₂'nin birlikte tepkimesi sonucu da yeni fazların üretim ile eş zamanlı olarak oluşması sağlanmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- Yapılan SEM ve XRD analiz sonuçlarına göre referans numunede oksit ya da karbür gibi istenilmeyen kırılğan fazlara rastlanılmamıştır. Mg ilavesi ile birlikte in-situ Si, MgO ve MgAl₂O₄ fazlarının oluştuğu tespit edilmiştir.
- Ölçülen yoğunluk ve hesaplanan gözenek miktarı incelendiğinde takviye ve alaşım elementi ilavesi ile birlikte kompozitlerin yoğunluk miktarında bir azalma meydana gelmiş ve az da olsa gözeneklerin bulunduğu tespit edilmiştir.
- Üretilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin yeterli olması durumunda başta otomotiv ve havacılık sektörü olmak üzere düşük yoğunluğun önemli bir parametre olduğu endüstri dallarında kullanım imkânı bulabileceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmaya finansal olarak sağladığı katkıdan dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAP) teşekkürlerimizi sunarız (Proje No: FYL-2021-9738).

Kaynaklar

- [1] Taub, A; Luo, A, Advanced lightweight materials and manufacturing processes for automotive applications. Mrs Bulletin, 40, 1045-1054, November, 2015.
- [2] Lal, S; Sehrawat, R; Sharma, N, A short review on the developments of aluminium matrix composites. Materials Today: Proceedings. February, 2023.
- [3] Kuo, Y, Using simulated annealing to minimize fuel consumption for the time-dependent vehicle routing problem, Computers & Industrial Engineering, 59, 157-165, 2010.
- [4] Miller, W, S; Zhuang, L; Bottema, J; Wittebrood, A; De Smet, P; Haszler, A; Vieregge, A, J, M. S, Recent development in aluminium alloys for the automotive industry, Materials Science and Engineering: A, 280, 37-49, March,2000.
- [5] Pise, D; Shrivankumar, C; Rao, T, V, An overview on aluminum metal matrix composite for automobile

application, Proceedings of Mechanical Engineering Research Day, 14-15, December,2020.

- [6] Samanta, M; Rostekb, M, Welding of Non Ferrous Metals-Indian Perspective, Indian Welding Journal, 47, 88-99, April, 2014.
- [7] Kim, H, S, New extruded multi-cell aluminum profile for maximum crash energy absorption and weight efficiency, Thin-Walled Structures, 40, 311-327, April,2002.
- [8] Sharma,A;Bhandari,R; Aherwar, A, Rimašauskienė, R; Pinca-Bretotean, C, A study of advancement in application opportunities of aluminum metal matrix composites. Materials, Today: Proceedings, 26, 2419-2424, February, 2020.
- [9] Butt, J; Mebrahtu, H; Shirvani, H, Microstructure and mechanical properties of dissimilar pure copper foil/1050 aluminium composites made with composite metal foil manufacturing, Journal of Materials Processing Technology, 238, 96-107, December, 2016.
- [10] Casati, R; Vedani, M, Metal matrix composites reinforced by nano-particles—a review, Metals, 4, 65-83, March,2014.
- [11] Garg, P; Gupta, P; Kumar, D; Parkash, O, Structural and mechanical properties of graphene reinforced aluminum matrix composites, Journal of Materials Environmental Science, 7, 1461-1473, February,2016.
- [12] Zhou, D; Qiu, F; Wang, H; Jiang, Q, Manufacture of nano-sized particle-reinforced metal matrix composites: a review, Acta Metallurgica Sinica (English Letters), 27, 798-805, October, 2014.
- [13] Parveez, B; Maleque, M; Jamal, A, Influence of agro-based reinforcements on the properties of aluminum matrix composites: a systematic review, Journal of Materials Science, 56,16195-16222,July,2021.
- [14] Joseph, O, O; Babaremu, K, O; Agricultural waste as a reinforcement particulate for aluminum metal matrix composite (AMMCs): A review, Fibers, 7, 1-33, February, 2019.
- [15] Knacke, O, Thermochemical Properties of Inorganic Substances, Springer- Verlag, Berlin, 1991.
- [16] Ye, D, R; Hu, J, H, Handbook of Thermodynamics Data for Inorganic Substance, Metallurgy Industry Press. Metallurgical Industry Press Beijing, 2002.
- [17] Nadiradze, A; Baratashvili, I; Pulariani, I; Ukleba, K, Thermodynamic probability of realization of the process of silicon dioxide reduction by magnesium at high temperatures, Bulletin Of The Georgian National Academy Of Sciences, 3, 95-99, 2009.
- [18] Robie, R, A; Waldbaum, D, R, *Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 K (25.0 C) and One Atmosphere (1.013 bars)*

Pressure and at Higher Temperatures, USGS
Bulletin, DC: United States Government Printing Office,
Washington, 1968.

[19] Shi, Z; Ochiai, S; Gu, M; Hojo, M; Lee, J, C, The
formation and thermostability of MgO and MgAl₂O₄
nanoparticles in oxidized SiC particle-reinforced Al-Mg
composites, Applied Physics A, 74, February, 97-104,
2002.

NEVŞEHİR POMZASININ ÇİMENTODA İKAMESİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. İbrahim PINARCI

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Pazaryeri Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Bilecik, Türkiye,
ibrahim.pinarci@bilecik.edu.tr

Özet

Çimento üretim teknolojisinde puzolonik malzeme kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde hatırı sayılır miktarda bulunan pomzanın çimento içerisinde ikame edilmesinin ekonomimize birçok pozitif getirisi olacaktır. Bu amaçla yapılan çalışmada Portland çimentosu ile pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş akabinde betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri irdelenmiştir. Bunun için %5, 15 ve 25 oranlarında pomza ikame edilmiş çimentoların, genleşme, su ihtiyacı, priz süresi ve basınç dayanım değerleri referans çimento değerleri ile kıyaslanmış ve aralarındaki farklar tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Portland çimento, pomza, ikame, puzolan, fiziksel ve kimyasal özellikler, basınç dayanımı.

Abstract

The use of pozzolanic materials in cement production technology is increasing day by day. The substitution of pumice, which is found in considerable amounts in our country, in cement will bring many positive benefits to our economy. In this study, the physical and chemical properties of Portland cement and pumice were determined, and then the strength and durability properties of concrete were examined. For this purpose, the expansion, water requirement, setting time and compressive strength values of the cements with pumice substituted at the ratios of 5, 15 and 25% were compared with the reference cement values and the differences between them were determined.

Keywords: Portland cement, pumice, substitution, pozzolan, physical and chemical properties, compressive strength.

1. Giriş

Çimento ve beton sektörünün geliştirilmesi için yapılan son çalışmalar, mineral katkı malzemelerinin kullanımı sayesinde ekonomik, çevreci, dahası dayanım ve dayanıklılık özellikleri daha iyi malzemeler geliştirilebileceğini göstermektedir. Bu anlamda doğal ya da yapay puzolan olarak bilinen birçok ürün analiz edilerek kullanılabilirliği tartışılmaktadır. Bunlardan bazıları endüstri atığı olarak ortaya çıkan silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu; veya tras, pomza, diatomit, zeolit gibi doğal malzemelerdir [1]–[15]. Çalışmada doğal puzolonik malzeme olan pomza

kullanılmıştır ve bu malzeme ülkemizde yüksek bir rezerve sahiptir.

Betonun özelliklerinin iyileştirilebilmesi çimentonun tasarımının doğruluğu ile bağlantılıdır. Bu yüzden kullanılan puzolanın miktarı ve özelliği sonuçları etkilemektedir [3], [16]. Puzolanlar kendi halinde bağlayıcılığı bulunmayan ancak su ile bir araya geldiğinde kalsiyum hidroksit ile reaksiyonu sonucunda bağlayıcılığı kazanan yüksek miktarda silis ve alümin bulunduran malzemelerdir [17]. İkame işlemi ile üretim maliyetinde düşme, beton kalıcılığında artış ve dış etkilere dayanım gibi bir takım pozitif sonuçlar meydana gelmektedir [18].

Bu çalışmada Nevşehir yöresine ait pomza kullanılmıştır. Pomza volkanik püskürmelerin akabinde yeryüzüne ulaşan mağmanın hızla soğuması neticesinde gazların bu yapıyı terketmesi sonucu oluşan silis bakımından zengin bir kayadır. Doğada, gözenekli ve grinin farklı renk tonlarında bulunabilir [19], [20]. Ülkemizde 2.8 milyar ton civarında pomza rezervi bulunmaktadır. Bu değerlerle ülkemiz dünyada önemli bir pomza kaynağı olarak görülmektedir [21].

Bu bilgiler değerlendirildiğinde bu kadar zengin rezervlere sahip olan ülkemizde pomzanın araştırılması ve katma değere dönüştürülmesi yerinde olacaktır.

Bu çalışma kapsamında çimento ve pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş akabinde standart çimento deneyleri ile dayanım ve dayanıklılık özellikleri irdelenmiştir. Bu amaçla 42.5 R Portland çimentoya %5, 15, 25 oranlarında pomza ikamesi yapılmış ve 4 farklı kompozite çimento üretilmiştir. Sonrasında çimento ve pomzanın fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mikro yapısal özellikleri tespit edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu özelliklere göre tasarım yapılarak oluşturulan numunelerle çimento harç ve hamurları hazırlanmış, standart çimento deneyleriyle pomza ikamesi ile hazırlanan harç ve hamurların gelişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar pomzanın çimento ve beton sektöründe kullanılabileceğini göstermiştir

2. Malzeme ve Metot

2.1. Malzeme

Kullanılan çimento, Eskişehir ÇİMSA çimento fabrikasının ürettiği TS EN 197–1 standardına uygun CEM I 42.5 R tipi PÇ'dir [22]. İkame işleminde kullanılan pomza ise Nevşehir bölgesinden temin edilmiştir. Harç numuneleri için kullanılan standart kum

TS EN 196-1'e uygun olup, karışım için kullanılan su Eskişehir ili şebeke suyudur [23].

2.2. Metot

Pomzayı çimento ile ikame edebilmek için öğütme işlemi, bilyalı değirmenlerde 30 dk süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneilerin yapılabilmesi için pomza içeriği %0, %5, %15 ve %25 olan 4 farklı kompoze portland çimento karışımı elde edilmiştir. Üretilen harç örneklerinin üretim reçetesi kodları Çizelge 1' de sunulmuştur.

Çizelge 1. Harç örneklerinin kodları ve karışım reçetesi

Kod	Çimento (g)	Çimento (%)	Pomza (g)	Pomza (%)	Su (g)	Standart kum (g)	S/Ç
R	450	100	0	0	225	1350	0.5
5P	427.5	95	22.5	5			
15P	382.5	85	67.5	15			
25P	337.5	75	112.5	25			

Tablodaki verilere göre hazırlanan numunelerden elde edilen hamurlarla TS EN 196-1'e [23] göre kıvam için gerekli su miktarı, priz başlangıç ile sonu süreleri; TS EN 196-3'e [24] göre genleşme deneyleri yapılmıştır. Bu işlemler için nemin %65 ve sıcaklığının 20 °C' ye sabitlendiği ortam şartları sağlanmıştır.

Basınç dayanım tespiti için çimento harçları TS EN 196-1'e göre üç gözlü prizma kalıplara dökülmüş, daha sonra kalıplar sarsma cihazına yerleştirilmiş standartta belirtilen kurallar dahilinde sarsma işlemine tabi tutulmuştur [23]. Sonuçta elde edilen numuneler 24 saat laboratuvar şartlarında bekletilmesinin akabinde kalıplardan çıkarılıp alınmış ve 20 °C sabit sıcaklıktaki odada su havuzlarına kür için yerleştirilmiştir. 40x40x160 mm ebatlarında üretilen numuneler 2, 7 ve 28. hidrasyon gününde havuzlardan çıkarılarak kurulanmış, standartlarda belirtildiği şekliyle ortadan kırılmış ve bu yarım prizma numuneler ile basınç dayanım değerleri TS EN 196-1'e göre belirlenmiştir [23].

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Fiziksel Analizler

Portland çimento ve pomzanın fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Söz konusu bu veriler doğrultusunda pomzanın çimentoya göre daha büyük tane boyutuna, buna karşılık daha küçük Blaine değerine sahip olduğu görülmektedir. Özgül ağırlık değerleri mukayese edildiğinde kullanılan standart portland çimentosunun 3.12 g/cm³ ve pomza özgül ağırlık değerleri 2.68 g/cm³ olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre daha düşük değerler görülen pomzanın, portland çimento ile karışımı işlemi ile oluşturulan çimento örneklerinin de özgül ağırlığının düşeceği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 2. Portland çimentosu ile pomzanın fiziksel özellikleri.

Malzemeler	Tane boyutu (elek üstü), %		Özgül Ağırlık g/cm ³	Özgül Yüzey (Blaine), cm ² /g
	>45 µm	>90 µm		
PÇ	68.4	0	3.12	4187
Pomza	34.2	8.4	2.68	2732

3.2. Kimyasal Analizler

Portland çimento ile pomzanın kimyasal değerleri Çizelge 3' de verilmiştir.

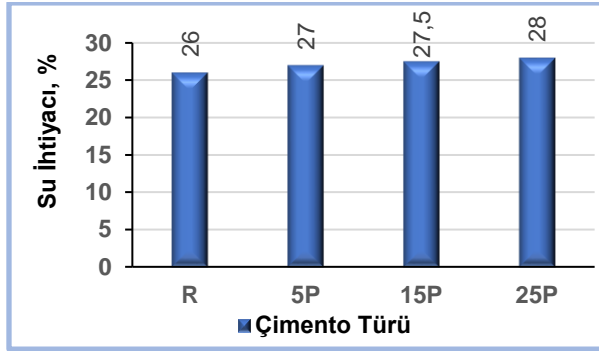
Çizelge 3. Portland çimentosu ile pomzanın kimyasal özellikleri.

Materyaller	Çimento	Pomza
SiO ₂ (S)	21.28	66.32
Al ₂ O ₃ (A)	4.14	17.43
Fe ₂ O ₃ (F)	2.41	3.24
CaO	62.22	2.34
MgO	1.47	0.46
SO ₃	3.43	0.32
Na ₂ O	0.18	3.13
K ₂ O	0.57	4.21
Cl ⁻	0.012	0.02
Kızdırma kaybı	2.45	2.56
Serbest CaO	1.89	-
S+A+F		86.99

Elde edilen değerlere göre çimentoda CaO ve SiO₂'in değerlerinin yüksek olduğu bunun yanında Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃ ve MgO değerlerinin düşük olduğu saptanmıştır. Pomzada ise SiO₂ ve Al₂O₃ değerinin yüksek olduğu, buna karşın CaO, Fe₂O₃, MgO ve SO₃ oranlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde, pomzanın S+A+F toplamının %70'in üzerinde olması sebebiyle bir puzolan olarak istenen özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Söz konusu veriler Çizelge 3' te verilmiştir.

3.3. Su İhtiyacı

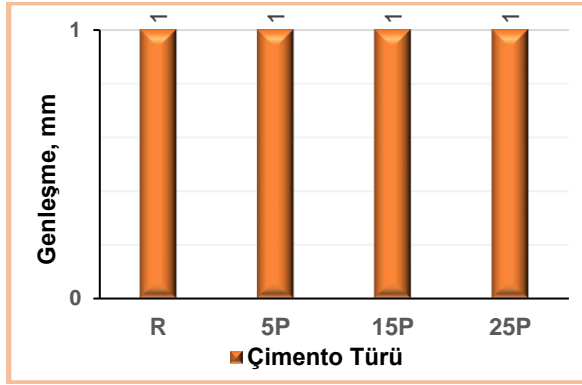
TS EN 196-3 standardına göre yapılan analizler neticesinde referans çimento ve pomza ikameli çimento hamurlarının su ihtiyacı belirlenmiş aşağıda Şekil 1' de sunulmuştur [24].



Şekil 1. Su ihtiyacı değerleri

3.4. Genleşme Verileri

Genleşme değerlerinin tespiti için referans çimento ve pomza ikameli çimento hamurlarının TS EN 196-3 standardındaki kıstaslar çerçevesinde deneyler gerçekleştirilmiş elde edilen sonuçlar Şekil 2' de verilmiştir [24].

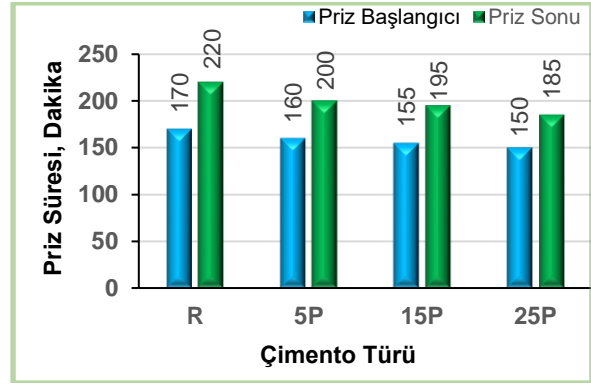


Şekil 2. Genleşme değerleri

Bu analizlerde çimento hamur örneklerine Le Chatelier kalıbı kullanılarak işlem gerçekleştirilmiştir. Çimento kimyasal yapısında yer alan MgO ve CaO'nun yüksek değerlerde bulunması genleşme problemlerine sebep olmakta ve dolayısı ile durabilite sorunlarını gündeme getirmektedir. Ancak elde edilen değerlerin tamamı 1 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 2). TS EN 197-1 standardına göre maksimum genleşme sınır değeri 10mm olarak belirlendiği değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar noktasında çimento numunelerinin tamamının sınır değerler içerisinde olduğu ve standartlara uygun olduğu görülmektedir [22].

3.4. Priz Süreleri

TS EN 196-3' te yeralan kurallara göre gerçekleştirilen analizlere göre standart çimento ile pomza ikameli kompoze çimento hamur örneklerinin priz süreleri Şekil 3' de sunulmuştur [24].



Şekil 3. Priz Süreleri

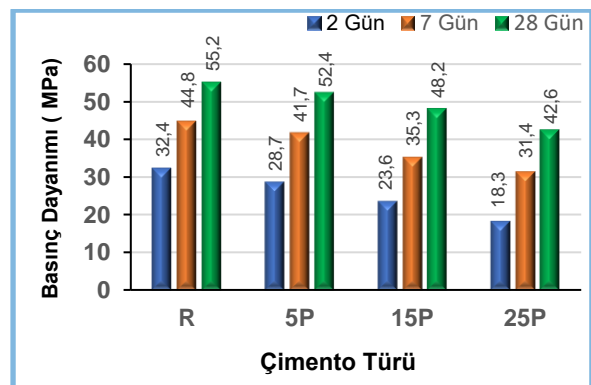
Elde edilen sonuçlar Şekil 3' te görüldüğü gibi priz başlama süreleri açısından en düşük sürenin 150 dakika ile 25P çimento hamurunda en yüksek sürenin ise 170 dakika ile referans çimento hamurunda olduğu belirlenmiştir. Referans çimento hamuru ile kıyaslandığında sırasıyla 5P, 15P ve 25 P için %6, 9, 12 oranların da azalma gözlemlenmiştir.

Priz sonu sürelerine baktığımızda en düşük süre tekraren 25P çimento hamurunda ve 185 dakikadır. En yüksek süre ise 220 dakika ile referans çimento hamurundadır. Bu noktada da referans çimento hamuru ile kıyaslandığında sırasıyla 5P, 15P ve 25P çimento hamurlarında sırasıyla % 10, 12, 16 oranların da düşüş gözlemlenmiştir. (Şekil 3).

Genel olarak priz süreleri değerlendirildiğinde 42.5 R tip çimento için minimum priz başlama süresinin standartta 60 dakika olarak belirtildiği ve tüm çimento hamuru örneklerinin bu standardı sağladığı görülmektedir [22]. Bu çerçevede dayanım kazanma, taşıma yerleştirme ve kalıp sökme işlemlerinde bir problem yaşanmayacağı değerlendirilmiştir.

3.5. Basınç Dayanımları

Üretilen referans çimento ve pomza ikameli harçların 2, 7 ve 28. hidrasyon günlerinde elde edilen basınç dayanımı sonuçları Şekil 4' de sunulmuştur.



Şekil 4. Basınç Dayanımları

Standart harç örneklerine göre 5P, 15P ve 25P harç örneklerinde sırasıyla 2. hidrasyon gününde %11, % 27 ve % 43; hidrasyonun 7. gününde % 6, % 21 ve

% 30; 28. hidrasyon gününde sırasıyla % 5, % 12 ile %22 oranlarında mukavemet kaybı görülmektedir.

Tüm değerler birlikte değerlendirildiğinde çimento harçlarının mukavemet değerleri standart çimentoya göre pomza ilavesi arttıkça ilk yaşlarda düşmüş ancak nihayi noktada 28. Hidrasyon gününde beklenen mukavemet değerlerine yaklaşmıştır.

Erken yaşlardaki basınç dayanımının azalması, puzolanik reaksiyonun bir sonucu olarak hidrasyon reaksiyon hızının azalması ve daha az C-S-H açığa çıkmasıdır. 28 gün sonundaki pomza ikameli harç numunelerinin basınç dayanımı değerlerinin gelişme hızlarının, 2 ve 7. hidrasyon günündeki harç numunelerine göre tümünde arttığı ve referans harç numunelerine yaklaştığı görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak pomzanın ortamdaki CH'ı bağlayarak nispeten daha çok C-S-H oluşturması olarak değerlendirilmektedir. Bunların yanı sıra 5P ve 15P çimento harçlarının TS EN 197-1 de kabul edilen 2 günlük mukavemet değeri olan 20 MPa'nın üstünde elde edilmiş ve 42.5 R dayanım sınıfını sağlamıştır. 25P numunesinin ise 18.3 MPa değeri ile bu standarta yaklaştığı, aynı zamanda 10 MPa'nın üstünde değerler elde edilmiş ve 42.5 N dayanım sınıfını sağladığı görülmüştür. Ayrıca %25 oranında yüksek bir karışım miktarında bile 28 günlük standart mukavemet değeri olan 42.5 MPa'nın üstünde değerler sağlanarak 42.5 R dayanım sınıfı özellikleri elde edilmiştir [22].

4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan bu çalışma neticesinde elde edilen verilere göre;

- Kimyasal özelliklerine göre pomzanın S+A+F toplamının %86.99 (S+A+F>0.70) olarak tespit edilmiş dolayısı ile puzolanik olarak kullanılabilir özellikte olduğunu;
- Elek üstü 45 µm ve 90 µm tanelerin boyut aralıkları ve özgül yüzey alanı sonuçlarına göre, pomzanın PÇ'ye kıyasen daha iri tane ebatına ve daha küçük özgül yüzey alanına sahip olduğu;
- Pomzanın PÇ'ye göre özgül ağırlığının düşük olduğu, bu sebeple pomzanın çimentoda ikamesi ile özgül ağırlığı dahadüşük çimentolar elde edilebileceği;
- Referans çimento değerleri göz önüne alındığında, pomzanın kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak pomza ikameli çimentoların su ihtiyacında az da olsa bir artış olduğu;
- Bütün çimento numuneleri için hacim genleşme değerlerinin standartlardaki sınırlar çerçevesinde olduğu;
- Priz süreleri ile ilgili analiz sonuçlarına göre, tüm çimento hamurlarının standartta gösterilen en düşük priz başlangıç süresinin üstünde

oluştugu ve işlenebilirlik değerleri açısından herhangi bir sorun oluşmayacağı;

- Referans ve tüm ikameli çimento harçlarında, 28 günlük norm basınç değeri olan 42.5 MPa'nın üzerinde değer elde edilerek, beklenen 42.5 R dayanım sınıfını sağladığı belirlenmiştir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde ülkemizde bol miktarda rastlanan pomzanın çimento içerisinde ikame edilmesi ile olumlu dayanım değerleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında pomzanın kimyasal ve fiziksel olarak özellikleri incelenmiştir. Ayrıca elde edilen hamur ve harç numuneleri ile standart çimento deneyleri yapılarak sonuçları irdelenmiştir. Ancak hidrasyon süreci içindeki yapısal değişikliklerin incelenmesi için XRD, FT-IR, Termal Analiz ve SEM gibi ileri görüş teknikleri ile daha üst seviyeye taşınmasının daha iyi sonuçlar getireceği kanaati oluşmuştur.

5. Kaynaklar

- [1] Kocak, Y., Effects of metakaolin on the hydration development of Portland-composite cement, *Journal of Building Engineering*, 31:101419, 2020.
- [2] Ergin, A., Bitlis yöresi pomzasının kendiliğinden yerleşen harçlarda mineral katkı olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2016.
- [3] Kocak, Y., A study on the effect of fly ash and silica substituted cement paste and mortars, *Scientific Research And Essays*, 5(9), 990-998, 2010.
- [4] Kocak, Y.; Nas S., The effect of using fly ash on the strength and hydration characteristics of blended cements, *Constr Build Mater*, 73, 25-32, 2014.
- [5] Zhao H; Sun W; Wu X; Gao Bo., The Properties Of The Self-Compacting Concrete With Fly Ash And Ground Granulated Blast Furnace Slag Mineral Admixtures, *Journal Of Cleaner Production*, 95, 66-74, 2015.
- [6] Dorum A; Koçak Y; Yılmaz B; Uçar A., Yüksek fırın cürufunun çimento yüzey özelliklerine ve hidrasyona etkileri, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19, 47-58, 2009.
- [7] Yıldız K; Dorum A; Koçak Y., Pomza zeolit ve cem ı çimentosunun minerolojik moleküler elektrokinetik ve termal uyumunun yüksek dayanımlı betona etkisinin araştırılması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 25, 4, 867-879, 2010.
- [8] Tolgay A; Yaşar E; Erdoğan Y., Nevşehir pomzasının agrega olarak betonda kullanılabilirliğinin araştırılması, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2004.

- [9] Cabrera–Luna K; Maldonado–Bandala E. E; Nieves–Mendoza D; Castro–Borges P; García J. E., Novel low emissions supersulfated cements of pumice in concrete; mechanical and electrochemical characterization, *Journal of Cleaner Production*, 272, 122520, 2020.
- [10] Koçak Y., Trasin çimento yüzey özelliğine, hidratasyona ve basınç dayanımına etkisi, *E–Journal Of New World Sciences Academy Technological Applied Sciences*, 5(1), 1-14, 2010.
- [11] Sevinc A. H., Farklı tane boyutuna sahip afşin-elbistan uçucu külünün geopolimer hammaddesi olarak kullanımı, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 751-765, 2021.
- [12] Topçu İ.B.; Sofuoğlu T., Pres filtre atığı ve uçucu kül ile elde edilen geopolimer harçların farklı koşullar altında birim ağırlığı ve basınç dayanımının değerlendirilmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2), 806-823, 2020.
- [13] Pınarcı İ.; Kocak Y., Hydration mechanisms and mechanical properties of pumice substituted cementitious binder, *Constr Build Mater*, 335, 2022
- [14] Pınarcı İ.; Kocak Y., Pomza ve diatomitin yüzey özelliklerinin portland çimentosunun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2021.
- [15] Pınarcı İ., Sürdürülebilirlik çerçevesinde yeşil betona bakış üzerine bir araştırma, *Interdisciplinary Studies on Contemporary Research Practices in Engineering in the 21st Century-I*, 103-116, Gaziantep: Özgür Yayıncılık, 2023.
- [16] Koçak Y; M. Savaş, Diatomit İkameli Betonların Sodyum Klorür Etkisine Karşı Performansı, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(2), 345-354, 2019.
- [17] Örkemez E., Uçucu kül tabanlı geopolimer harçlarda diatomit ikamesinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi*, 2019.
- [18] Koçak Y., Çimento-Puzolan Etkileşiminde Moleküler ve Elektrokinetik Davranışların Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD., Doktora Tezi, Ankara, 2008.
- [19] Adams J. A., Pumice and pumicite, State of Oregon, 6, 1941.
- [20] Ersoy B; Sariisik A; Dikmen S; Sariisik G., Characterization of acidic pumice and determination of its electrokinetic properties in water, *Powder Technol*, 197(1-2), 129-135, 2010
- [21] USGS, Pumice and Pumicite, 2014.
- [22] *TS EN-197-1, Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri*, 3-10, Ankara, 2012.
- [23] *TS EN-196-1, Çimento deney metodları-Bölüm 1: Dayanım tayini*, 16-21, Ankara, 2016.
- [24] *TS EN-196-3, Çimento deney yöntemleri-Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini*, 5-8, Ankara, 2017.

NATURE OF BASALTIC PUMICE AND THEIR USABILITY IN AGRICULTURE: GÖLBAŞI-ANKARA

BAZALTİK POMZALARIN KÖKENİ VE TARIMDA KULLANILABİLİRLİĞİ: GÖLBAŞI-ANKARA

Musa Avni AKÇE^a, Yusuf Kağan KADIOĞLU^{b,c}

^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Nevşehir, Türkiye, E-posta: akce@nevsehir.edu.tr

^b Ankara Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara, Türkiye, E-posta: kadi@ankara.edu.tr

^c Ankara Üniversitesi, Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, Türkiye

Özet

Bazalt kayaları, genel olarak manto ve alt kabuk kökenli magmalardan türeyen bazik karakterli volkanik ürünlerdir. Gölbaşı volkanik kayaları başlıca dasit, andezit ve kısmen bazalttan oluşmaktadır. Bazaltlar, Gölbaşı volkanik kayalarının son ürünü olarak diğer volkanik ürünleri örtecek şekilde yer almaktadır. Gölbaşı volkanitlerinin güneydoğu bölümlerinde yersel olarak tümsek tepeler halinde bazalt bileşiminde pomzalar yüzlek vermektedir. Gölbaşı bazalt pomzaları kırmızı kahve renkli %40-75 oranda boşluk içeren cüruf şekilli ürünlerdir. Bazalt pomzalar polarizan mikroskop altında hiyalopilitik dokulu olup başlıca piroksen, labrador ve az oranda olivin içermektedir. Jeokimyasal olarak toleyitik karakterli olup MORB'a göre normalize edilmiş element dağılımları LIL elementlerce kısmen zenginleşme ve HFS elementlerce ise fakirleşme göstermektedir. Alt kabuk ve manto kökenli olduğu jeokimyasal element dağılım oranlarından anlaşılmaktadır. Bazaltik pomzaların fiziksel olarak yüksek dayanımlı olması ve porozite içermesine, kolay ayrışmamasına ve iri parçalarında %20'ye kadar ulaşan su emme özelliğine ve yüksek oranda su tutma kapasitesine sahip olmasından dolayı tarımsal toprak örtüsü olarak kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bazalt, bazaltik pomza, Gölbaşı, tarım

Abstract

Basalt rocks are volcanic products of basic character, generally derived from mantle and lower crustal magmas. Gölbaşı volcanic rocks mainly consist of dacite, andesite and partly basalt. Basalts are located as the end product of Gölbaşı volcanic rocks, covering other volcanic products. In the southeast parts of Gölbaşı volcanites, basalt pumices crop out locally in the form of bumpy hills. Gölbaşı basalt pumices are reddish brown colored slag-shaped products containing 40-75% vesicles. Basalt pumices have a hyalopilitic texture under a polarizing microscope and contain mainly pyroxene, labradorite and a small amount of olivine. It is geochemically tholeiitic and the multi-element distributions normalized according to MORB show partial enrichment by LIL elements and depletion by HFS elements. It is understood from the

geochemical element distribution ratios that it originates from the lower crust and mantle. It has been determined that basaltic pumice is suitable for use as an agricultural soil cover because it has high physical strength and porosity, does not decompose easily, has a water absorption reach up to 20% in large pieces and has a high water retention capacity.

Keywords: Basalt, basaltic pumice, Gölbaşı, agriculture

1. Giriş

Pomza, esasen İtalyanca bir sözcüktür. Değişik dillerde farklı sözcüklerle adlandırılan pomzaya, Fransızca'da Ponce, İngilizce'de iri tanelisine Pumice, ince tanelisine Pumicite, Almanca'da iri tanelisine Bims, ince tanelisine Bimstein adı verilmektedir. Türkçe'de ise diğer dillerin ve teknoloji ithalinin etkisiyle Pomza, Ponza, Bims, Pumis ve Pumisit terimleri yerleşmiş olup Süngertaşı, Köpüktaşı, Topuktaşı, Hışırtaşı, Nasırtaşı, Küveki taşı ve Kisir gibi yöresel adlarla da anılmaktadır.

Pomza, genelde açık renkli, süngerimsi yapılı, volkanik olaylar sonucunda oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı olan, gözenekli, camsı volkanik bir kayadır [1]. Başlıca beyazdan, krem, mavi ve griye kadar değişen renklere sahip olan açık renkli pomzalar, silikaca zengin içerikli olup asitik bileşimlidirler. Yeşil, kahverengi ve siyah gibi renklere sahip olan koyu renkli pomzalar ise silikaca nispeten daha fakir içerikli olup bazik bileşimlidirler. Asidik pomzalar; yeryüzünde daha yaygın olarak bulunurlar ve silis oranı daha yüksek olup 0.5-1 gr/cm³ arasında değişen yoğunluğa sahiptirler. Bazik pomzalar ise daha yüksek oranda alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum içeriğine sahip olup 1-2 gr/cm³ arasında değişen yoğunluğa sahiptirler [2]. Bazik pomzalara bazaltik pomza veya scoria da denilmektedir.

Pomzalar, oluşumları sırasında, içerisindeki gazların çok hızlı bir şekilde bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makrodan mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerirler. Bu gözeneklerin (özellikle mikro gözeneklerin) arası genelde bağlantısız olduğundan dolayı permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Pomza rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması gibi kendine özgü bazı özellikleri ile benzer bir volkan camı olan perlitten ayrılır.

Pomza, gerek dünyada ve gerekse ülkemizde daha çok inşaat sektöründe başlıca hafif yapı malzemesi olarak kullanılmakta olup bunun yanında tekstil, tarım, kimya endüstrisi ve peyzaj mimarisi gibi birçok farklı alanda da kullanılmaktadır.

Ülkemiz, pomza madeni rezervi açısından dünyada çok önemli bir konuma sahiptir. Ülkemizdeki pomza madeni rezervinin büyük bir bölümü Bitlis, Kayseri ve Nevşehir illerinde bulunmaktadır [3]. Ülkemizde işletilen pomza sahaları açısından İç Anadolu bölgesi ilk sırada yer almakla birlikte Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de önemli miktarda üretim yapılmaktadır. Bu sektörde asidik pomzalar, bazik pomzalara nazaran daha fazla bilinmekte ve tercih edilmektedirler. Özellikle Nevşehir civarındaki asidik pomzalar, düşük birim hacim ağırlıkları, yüksek porozite ve ısı-ses izolasyonu ve bunların yanında atmosferik şartlara karşı dayanıklı, kolay işlenebilir ve yüksek puzzolanik aktiviteye sahip olmalarından dolayı, inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak yoğun bir şekilde tercih edilmekte olup ülkemiz pomza pazarında çok önemli bir konuma sahiptirler [4]. Bazik pomzalar ise alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenlerinin daha yüksek oranda bulunması nedeniyle diğer endüstriyel alanlarda, örneğin toprak ıslahı amacıyla tarımda, gübrenin topaklaşmasını önlemek amacıyla antikek maddesi olarak gübre sanayisinde kullanım alanı bulabilmektedir.

Pomzanın üretimi ve işlenmesinin kolay olması, bol bulunması ve ucuz temin edilebilmesi, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması, bünyesinde barındırdığı suyu tedricen ortama vererek ortamın nemini dengelemesi gibi özellikleri ve yanı sıra kimyasal ve mineralojik açıdan zararlı bileşenler içermemesi nedeniyle tarım ve seracılık alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir [5]. Pomza, bünyesine aldığı suyu uzun süre muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını sağlaması ve su tüketimini büyük ölçüde azaltığından dolayı özellikle su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan ve Kuveyt gibi ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulan önemli bir seçenektir.

Bu çalışma kapsamında Gölbaşı (Ankara) civarında yer alan bazaltik pomzalar incelenmiştir. Bazaltlar, manto veya alt kabuk kökenli magmalardan türeyen düşük silika içerikli bazik bileşimli volkanik kayalardır. Gölbaşı civarında başlıca dasit, andezit ve kısmen bazalt bileşimindeki volkanik kayalar gözlenmektedir. Gölbaşı bazaltları, bölgedeki volkanik kayaların son ürününü temsil etmekte ve diğer volkanik ürünleri örtecek şekilde yer almaktadır. Gölbaşı bazaltik pomzaları, bu volkanitlerin güneydoğu bölümlerinde yersel olarak tümsek tepeler halinde bazalt bileşimindeki pomzalar şeklinde yüzlek vermektedir. Bu bazik karakterli bazaltik pomzalar, kızıl kahve renkli ve %40-75 oranında boşluklar içeren cüruf şekilli ürünlerdir. Çalışma alanındaki bazik pomzaların, mineralojik bileşim ve petrografik özellikleri bakımından bazaltik pomza bileşiminde olduğu, jeokimyasal element dağılım oranlarının da bu bulgularla uyumlu olarak alt kabuk ve manto kökenini işaret ettiği ortaya konulmuştur.

Gölbaşı bazaltik pomzalarının fiziksel dayanım, porozite içeriği, ayrışma ve su tutma gibi özellikleri göz

önünde bulundurulurken tarımsal açıdan kullanılabilirliği irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma; arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşmaktadır.

Arazi çalışması kapsamında; inceleme alanından çalışmanın amacına yönelik kaya birimini temsil eden mümkün olduğu kadar taze ve bozunmamış tipik el örnekleri alınmıştır. Araziden alınan bu örnekler, mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmek üzere laboratuvara götürülmüştür.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında; alınan kaya örneklerinin optik mikroskopik açıdan incelemelerinin yapılabilmesi için öncelikle ince kesitleri yapılmıştır. Hazırlanan ince kesitler, Zeiss marka Axio model polarizan mikroskop altında incelenerek mineralojik bileşim ve petrografik özellikleri tayin edilmiştir.

Jeokimyasal analizler için de alınan kaya örneklerinin önce kırma ve öğütme, sonrasında da pres-tablet hazırlama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Alınan kaya örnekleri, Retsch Marka Tungsten-Karbid kaplamalı çeneli kırıcıda kırılarak küçük parçalar elde haline getirilmiş, sonrasında da Fritsch marka Tungsten-Karbid kaplamalı halkalı öğütücü değirmen kullanılarak toz haline getirilmiştir. Hassas terazi yardımıyla 4g öğütülmüş örnek ve 0.9g bağlayıcı malzeme (Wachs) tartılmış ve bu iki malzeme homojen bir karışım elde edilecek şekilde karıştırılmış, hazırlanan bu karışım hidrolik pres cihazı altında sıkıştırılarak pres-tablet (toz pellet) haline getirilmiştir. Hazırlanan pres-tabletlerin, Spectro marka X-LAB 2000 model PEDXRF (Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ölçümleri yapılarak ana element oksit ve eser element içerikleri belirlenmiştir. XRF analizleri, GEO-7220 yöntemi ile yapılmıştır. XRF cihazının kalibrasyonu, USGS'in plütonik kayalar (granit, granodiyorit vb.) için oluşturduğu K02-GSR-09 ve G01-GSN-Granite standartları kullanılarak yapılmıştır.

Öğütülen kaya toz örnekleri, yaklaşık 950°C sıcaklıktaki kül fırınında 2 saat bekletilerek örnek ağırlığının yüzde azalımı olarak hesaplanan LOI (Loss On Ignition) yani ateş ziyatı (kızdırma kaybı) miktarları tespit edilmiştir.

İncelenen bazaltik pomzaların su emme (absorpsiyon) oranları, TS EN 1097-6 standardına uygun olarak tayin edilmiştir. Su tutma kapasitelerini belirlemek için bu pomzaların toprakla olan farklı oranlardaki karışımlarının zamana bağlı olarak kuruma sürecindeki hacimsel nem içeriği değerleri ayrıca incelenmiştir.

Bu laboratuvar çalışmalarının tamamı Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin (YEBİM) imkânları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

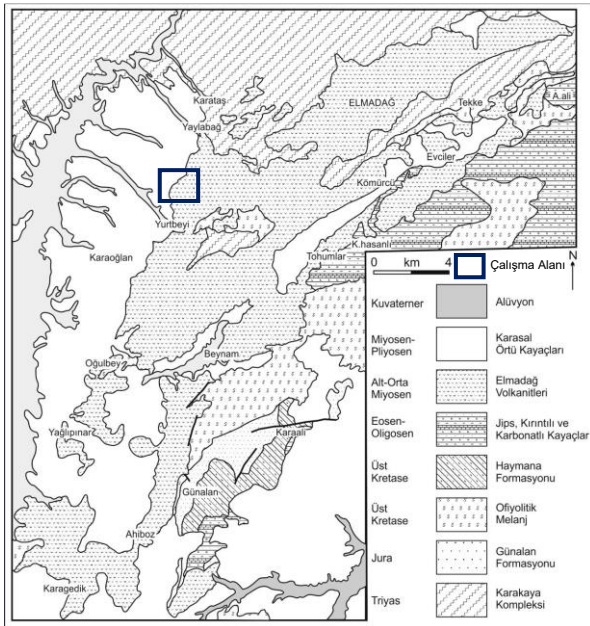
Büro çalışmaları kapsamında; yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bütün veriler birlikte değerlendirilmiş ve makalenin yazım işlemi tamamlanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Ankara ve çevresinde yüzeylenen Neojen yaşlı volkanik kayalar Akyürek ve ark. (1997) tarafından Mamak formasyonu ve Tekke volkanitleri şeklinde anılmaktadır [6]. Asan (2013), Gölbaşı'nın doğu ve güneyinde yüzeylenen Neojen volkanik kayalarını diğerlerinden ayırarak Elmadağ Volkanik Kompleksi (EVK) olarak adlandırmıştır [7]. Dönmez ve ark. (2008), Dönmez ve ark. (2009) yaptıkları K-Ar yaş çalışmalarına göre EVK birimlerinin Erken-Orta Miyosen yaşında olduğunu belirtmişlerdir [8,9].

Cehdioğlu (2014), Elmadağ volkanik kompleksinin en güney ucunda yer alan volkanik kayaları Karagedik-Ahiboz volkanitleri (KAV) olarak adlandırmış ve EVK'nın alt provensi olarak değerlendirmiştir. Araştırmacı, Karagedik-Ahiboz volkanitlerinin mafikten felsiğe kadar değişen bileşime sahip lav ve piroklastik kayalar ile temsil edildiğini, piroklastikler ve andezitik-dasitik lavların volkanik istifin alt kısmında gözlenirken, bazaltik ve trakiandezitik lavların ise istifin üst kısmına doğru gözlendiğini ve bu stratigrafik durumun genel olarak EVK'nın volkano-stratigrafisiyle uyumlu olduğunu ileri sürmüştür (Şekil 1). Ayrıca, koyu renkli bazaltik-traki-andezitik lavların istifin en üst kısmını oluşturduğunu, bazaltik lavların ileri derecede alterasyona maruz kaldığını ve kırmızımsı kahve renk kazandığını belirtmiştir [10].

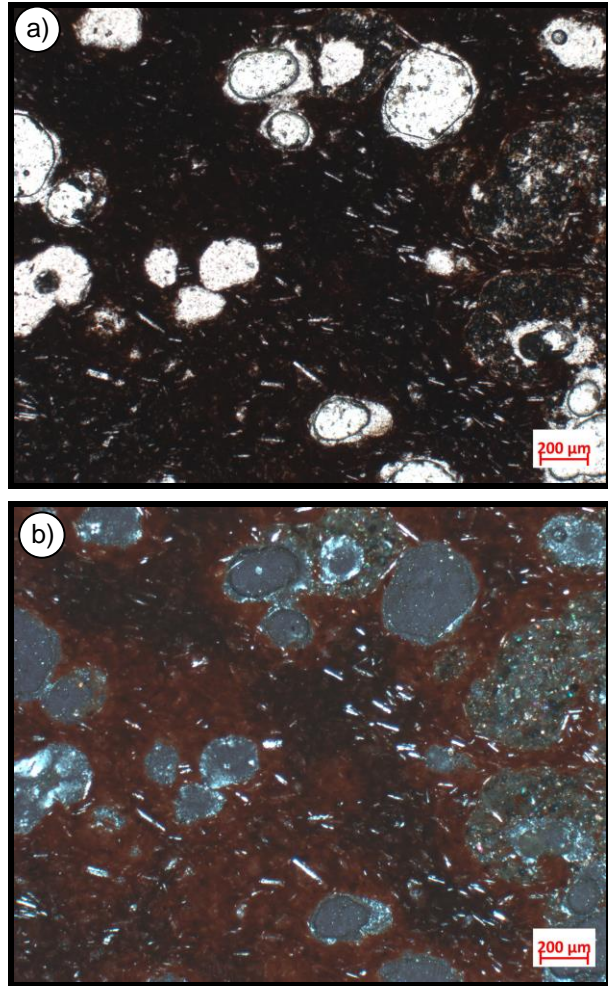


Şekil 1. Çalışma alanı ve civarının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Akyürek ve ark., 1997; Dönmez ve ark., 2008; Cehdioğlu, 2014 tarafından değiştirilmiştir).

Çalışma alanı, Gölbaşı ilçesinin güneydoğusunda yer almaktadır. Gölbaşı volkanik kayaları, başlıca dasit, andezit ve kısmen bazalttan oluşmakta, bazaltlar diğer volkanik ürünleri örter şekilde bulunmaktadır. Gölbaşı bazaltik pomzaları, arazide yersel olarak tümsek tepeler halinde yüzlek vermekte olup kızıl kahverengi, boşluklu ve cüruf şekilli yapısı ile dikkat çekmektedir.

3.2. Mineraloji-Petrografi

Çalışma alanındaki bazaltik pomzalar, makroskopik incelemelerinde gaz boşlukları içermesiyle tipik olarak vesiküler doku özelliği sergilemektedir. Bu bazaltik pomzalara ait incekesitler polarizan mikroskop altında incelendiğinde hiyalopilitik dokulu oldukları, vesiküller içermesinden dolayı el örneğinde olduğu gibi vesiküler doku özelliği sergiledikleri ve başlıca piroksen, labrador ve az oranda olivin minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Gölbaşı bazaltik pomzalarının hiyalopilitik ve vesiküler doku özelliğinin fotomikrografi ((a): Tek nikol görüntüsü, (b): Çift nikol görüntüsü).

3.3. Jeokimya

Gölbaşı bazaltik pomzalarından alınan örneklerin jeokimyasal açıdan değerlendirme ve irdemelerinin yapılması amacıyla analize hazırlanmış örneklerin XRF yöntemiyle kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda seçilen toplam 8 adet bazaltik pomzanın ana element oksit ve eser element analiz sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2' de verilmiştir.

Tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Gölbaşı bazaltik pomzaları içerisindeki bazı elementlerin değerlerinde önem arz eden farklılıklar görülmektedir.

Çizelge 1. Gölbaşı bazaltik pomzalarının ana element oksit analiz sonuçları (ağırlık %)

Örnek	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	Cl %	V ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	MnO %	LOI %	Toplam %
Gölbaşı Pomza-1	50.33	17.82	5.73	8.89	10.37	1.74	0.18	0.58	0.12	0.08	0.02	0.01	0.04	0.03	3.93	99.85
Gölbaşı Pomza-2	49.47	16.44	7.10	7.06	10.89	1.29	0.52	0.61	0.11	0.14	0.02	0.01	0.02	0.04	6.84	100.56
Gölbaşı Pomza-3	48.98	19.85	6.27	9.16	11.77	1.85	0.44	0.77	0.30	0.18	0.01	0.01	0.03	0.05	0.36	100.03
Gölbaşı Pomza-4	48.09	18.11	6.68	7.43	12.74	1.54	0.37	0.69	0.36	0.16	0.01	0.01	0.06	0.05	3.82	100.13
Gölbaşı Pomza-7	52.05	18.89	9.41	7.39	7.50	1.11	0.43	1.03	0.06	0.32	0.01	0.03	0.04	0.10	1.84	100.21
Gölbaşı Pomza-9	51.92	16.08	6.99	8.55	8.56	0.57	0.46	0.58	0.13	0.68	0.02	0.03	0.14	0.08	4.83	99.61
Gölbaşı Pomza-10	50.35	16.48	9.26	8.24	7.38	0.76	0.50	0.96	0.17	1.61	0.01	0.04	0.03	0.06	3.87	99.70
Gölbaşı Pomza-11	51.37	17.04	7.88	8.24	8.72	0.65	0.45	0.70	0.16	1.58	0.02	0.04	0.14	0.08	2.87	99.94

Çizelge 2. Gölbaşı bazaltik pomzalarının eser element analiz sonuçları (ppm)

Örnek	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ga ppm	Ge ppm	As ppm	Se ppm	Br ppm	Rb ppm	Sr ppm	Y ppm	Yb ppm	Zr ppm	Nb ppm	Mo ppm	Cd ppm
Gölbaşı Pomza-1	31.40	12.80	7.80	22.30	10.80	0.80	4.60	0.40	1.10	27.20	136.90	42.30	10.30	37.90	12.80	2.80	0.80
Gölbaşı Pomza-2	37.10	26.00	11.30	36.20	10.50	0.90	6.60	1.00	2.00	18.40	164.80	43.00	9.82	28.00	12.00	3.30	1.30
Gölbaşı Pomza-3	25.80	30.80	19.80	45.20	14.00	1.20	18.30	0.30	1.20	28.40	157.80	51.40	11.40	21.60	15.80	3.30	1.20
Gölbaşı Pomza-4	35.60	24.60	43.90	72.80	11.50	0.80	17.30	0.40	1.90	19.50	179.10	51.00	13.10	23.10	15.50	3.30	2.50
Gölbaşı Pomza-7	53.30	46.30	34.90	34.00	30.70	1.10	3.40	0.30	0.20	86.00	103.70	53.70	14.08	18.80	44.40	5.60	0.90
Gölbaşı Pomza-9	30.80	87.00	32.60	89.70	26.76	1.60	3.50	1.70	2.20	13.20	167.00	11.20	16.10	38.20	16.00	20.60	1.90
Gölbaşı Pomza-10	36.50	74.00	43.60	52.00	25.67	0.50	13.10	5.70	5.80	17.40	187.00	61.10	10.60	30.40	11.20	46.30	7.20
Gölbaşı Pomza-11	37.20	46.00	23.00	25.00	31.45	0.90	6.30	4.40	3.70	14.60	145.00	43.10	12.55	47.80	23.60	64.10	3.40

Çizelge 2. Gölbaşı bazaltik pomzalarının eser element analiz sonuçları (ppm) (devam)

Örnek	In ppm	Sn ppm	Sb ppm	Te ppm	I ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Hf ppm	Ta ppm	W ppm	Hg ppm	Tl ppm	Pb ppm	Bi ppm	Th ppm	U ppm
Gölbaşı Pomza-1	0.80	0.90	0.90	1.20	2.20	3.70	305.80	7.30	20.20	2.20	2.30	13.20	1.20	0.70	22.10	0.60	1.30	1.20
Gölbaşı Pomza-2	1.00	1.70	1.20	1.50	2.70	4.80	473.20	10.00	25.30	2.30	3.00	7.10	2.30	1.00	21.60	1.40	0.60	0.90
Gölbaşı Pomza-3	0.90	3.70	0.90	1.20	2.10	3.70	269.50	17.60	48.20	1.70	2.80	43.00	0.90	0.80	23.90	0.40	0.70	0.80
Gölbaşı Pomza-4	0.90	7.20	0.90	1.20	2.10	3.50	382.00	22.40	44.80	2.30	4.10	13.80	1.50	0.80	58.00	0.70	1.30	0.80
Gölbaşı Pomza-7	0.90	0.90	0.80	1.30	2.30	3.90	266.60	53.20	12.10	3.10	3.70	19.40	1.20	0.70	19.20	0.60	1.70	1.20
Gölbaşı Pomza-9	0.80	1.00	0.90	1.20	2.00	3.50	142.20	7.40	18.00	3.20	4.70	4.30	0.90	0.90	5.40	0.60	0.60	0.60
Gölbaşı Pomza-10	1.10	2.90	1.10	1.20	2.10	3.50	83.80	21.10	10.00	3.90	5.00	4.60	1.00	1.80	29.60	0.80	0.70	1.40
Gölbaşı Pomza-11	0.90	0.90	1.00	1.20	2.10	3.50	161.60	22.80	18.40	5.10	6.60	4.80	0.70	1.80	9.20	0.60	0.60	1.10

Ana element oksit analiz sonuçlarına göre Gölbaşı bazaltik pomzalarının %SiO₂ değerleri 48.09-52.05 arasında olup bazik bileşime sahiptirler. Al₂O₃ değerleri 16.08-19.85, Fe₂O₃ değerleri 5.73-9.41, MgO değerleri 7.06-9.16, CaO değerleri 7.38-12.74, K₂O değerleri 0.57-1.85, Na₂O değerleri ise 0.18-0.52 arasındadır (Çizelge 1).

Asidik ve bazik pomzaların fiziksel özelliklerindeki farklılıklar yanında kimyasal özelliklerinde de belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bünyelerindeki SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O+K₂O oranları ve LOI değerlerine göre asidik ve bazik pomzalar kimyasal bileşim açısından birbirlerinden ayrılmaktadır [11] (Çizelge 3).

Belirlenen düşük SiO₂, yüksek Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO ve MgO içerikleri mineralojik bileşim ile uyumlu olup bu bazaltik pomzaların kuvarsça fakir, başlıca Ca-plajiyoklaz ile piroksen ve olivin gibi ferromagnezyen minerallerce zengin olmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma alanındaki pomzaların ortalama kimyasal bileşimleri bakımından asidik ve bazik pomzalar ile karşılaştırıldığında tipik olarak bazik pomza bileşiminde oldukları görülmektedir (Çizelge 3).

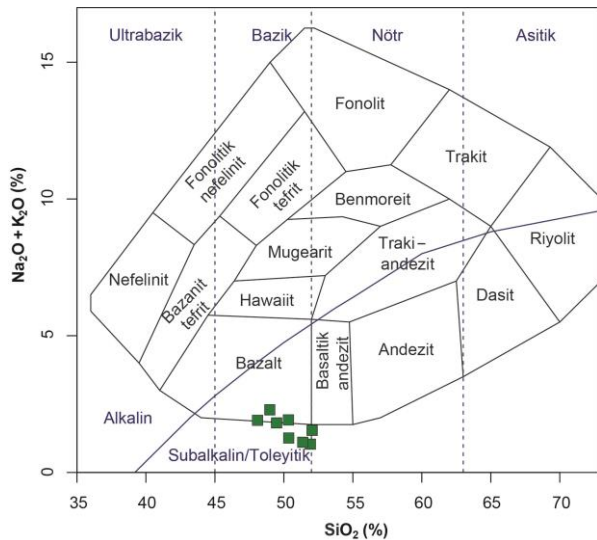
Çizelge 3. Asidik ve bazik pomzaların genel kimyasal özellikleri [11] ve Gölbaşı pomzaları ile karşılaştırılması

Bileşim	Asidik Pomza (%)	Bazik Pomza (%)	Gölbaşı Pomzası (%)
SiO ₂	70	45	50.32
Al ₂ O ₃	14	21	17.59
Fe ₂ O ₃	2.5	7	7.42
CaO	0.9	11	9.74
MgO	0.6	7	8.12
Na ₂ O+K ₂ O	9	8	1.61
LOI	3	1	3.55

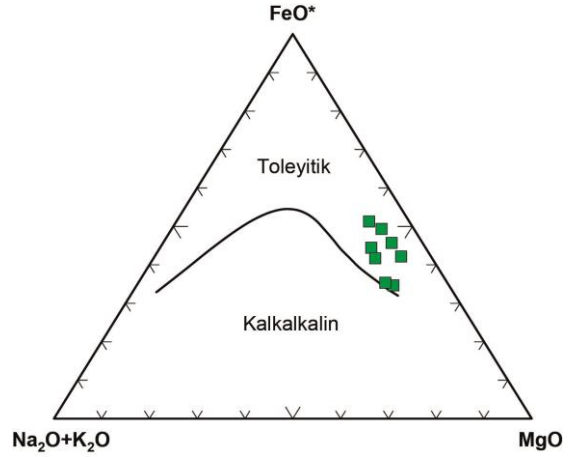
Analiz edilen Gölbaşı bazaltik pomza örnekleri 0.36-6.84 arasında değişen LOI değerlerine sahiptir (Çizelge 1). Bu pomzaların LOI değerlerinin nispeten yüksek olması, yüzeysel bozuşmanın fazla olmasından kaynaklanabilmektedir.

Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre oluşturulan sınıflandırma diyagramlarında Gölbaşı bazaltik pomzaları, bazik karakterli olup kayaç bileşimi olarak bazalt alanına düşmektedirler (Şekil 3). TAS (toplam alkali-silika) diyagramında subalkalin/toleyitik karakter sergileyen bu kayalar (Şekil 3), AFM (Na₂O+K₂O-FeO*-MgO) diyagramında toleyitik yönelim sergilemektedirler (Şekil 4). MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element dağılım (örümcek) diyagramına bakıldığında Sr, K, Rb ve Ba gibi LIL (büyük iyon yarıçaplı) elementlerce kısmen zenginleşme; Ta, Nb ve Th haricindeki HFS (kalcılığı yüksek) elementlerce ise fakirleşme sergiledikleri görülmektedir (Şekil 5).

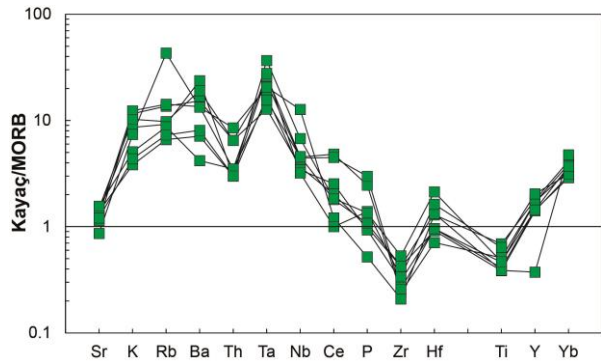
Eser element analiz sonuçlarına göre; incelenen pomzaların ppm olarak Ni değerleri 12.80-87, Rb değerleri 13.20-86, Sr değerleri 103.70-187, Y değerleri 11.20-61.10, Zr değerleri 18.80-47.80, Nb değerleri 11.20-44.40, Ba değerleri 83.80-473.20 arasındadır (Çizelge 2).



Şekil 3. Gölbaşı bazaltik pomzalarının TAS diyagramı [12].



Şekil 4. Gölbaşı bazaltik pomzalarının AFM diyagramı [13].



Şekil 5. Gölbaşı bazaltik pomzalarının MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element dağılım diyagramı [14]

4. Sonuçlar ve Tartışma

Pomza, süngerimsi yapı, mikro ölçekten makro ölçüğe kadar sayısız gözenekler içeren, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanımı yüksek olan, camsı volkanik kökenli bir kayadır. Pomzalar silika içeriğine göre asidik veya bazik pomza şeklinde tanımlanmaktadır. Asidik pomzalar, genelde beyaz, krem ve açık renk tonlarında olup silikaca zengin; bazik pomzalar ise yeşil, kahverengi ve siyah gibi koyu renklere sahip olup silikaca nispeten daha fakirdirler.

Bazik pomzalar veya diğer deyişle bazaltik pomzalar, renk, bileşim ve yoğunluk gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri ile asidik pomzalardan ayrılmaktadır. Bazaltik pomzalar, asidik pomzalara göre koyu renkli olup daha düşük silis içeriğine ve daha yüksek alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum içeriklerine sahip olup, nispeten daha yüksek yoğunluğa sahiptirler.

Ülkemiz, jeolojik yapısı itibarıyla pomza rezervi açısından dünyada çok önemli bir konuma sahiptir. Ülkemizin farklı bölgelerinde işletilen çok sayıda pomza madeni bulunmakta olup, bunlar bölge insanımıza istihdam sağlamakta, üretilen ham madde, yarı işlenmiş veya işlenmiş ürünlerin yurtiçi ve yurtdışı pazarlara satışı yapılmakta, bölge ve ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadırlar.

Pomza, genelde inşaat sektöründe yaygın kullanılmakla birlikte tekstil, tarım, kimya endüstrisi, seramik, kozmetik ve peyzaj uygulamaları gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

Dünyada artan kuraklık ve su kaynaklarının yetersiz kalması suyu tasarruflu kullanmayı bir zaruret haline getirmiştir. Tarımsal uygulamalarda salma (vahşi) sulamanın yerine damlama sulama tercih edilmeye başlanmıştır. Gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa kısmi bir çözüm olarak pomza kullanılmaya başlanmıştır. Pomza, bünyesine aldığı suyu uzun süre tutabilmekte, sürekli nemli bir ortam oluşturmaya ve su tüketimini önemli derecede azaltmaktadır. Günümüzde, su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan ve Kuveyt gibi sıcak iklimli ülkelerde sulama suyunun aşırı buharlaşması nedeniyle tarımda kuraklığa çare olarak pomza kullanımı büyük oranda artmıştır.

Bu çalışmada Gölbaşı ilçesinin (Ankara) güneydoğusunda gözlenen bazaltik pomzalar incelenmiştir. Gölbaşı civarında başlıca dasit, andezit ve kısmen bazalt bileşimindeki volkanik kayalar yüzeylemekte olup bazaltlar, bölgedeki volkanik kayaların son ürününü temsil etmekte ve diğer volkanik ürünleri örtmektedir. Gölbaşı bazaltik pomzaları, bu volkanik kayaların güneydoğu bölümlerinde ve yersel olarak tümsek tepeler halinde yayılım göstermektedirler. Bu bazik karakterli, bazalt bileşimindeki bazaltik pomzalar, kızıl kahve renkli ve %40-75 arasında gözeneklilik oranına sahip olan cüruf şekilli volkanik ürünlerdir. Gölbaşı bazaltik pomzaları, jeolojik özellikleri, mineralojik bileşim ve petrografik özellikleri esas alınarak bazaltik pomza olarak tanımlanmıştır. XRF yöntemiyle yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Gölbaşı bazaltik pomzalarının bünyelerindeki ortalama SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO ve MgO oranlarının asidik ve bazik pomzaların genel kimyasal bileşimleri ile karşılaştırıldığında tipik olarak bazik pomza bileşimini temsil ettiği ortaya konmuştur.

Gölbaşı bazaltik pomzalarının ana element oksit ve eser element analiz sonuçlarına göre sınıflandırma ve element dağılım diyagramları oluşturulmuştur. Bu bazaltik pomzaların silika içeriğine göre bazik karakterli olduğu, kayaç bileşimi olarak da bazaltı temsil ettiği, subalkalin/toleyitik karaktere sahip olan bu kayaların toleyitik yönelim sergiledikleri, MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element dağılım diyagramında LIL elementlerce kısmen zenginleşme; Ta, Nb ve Th haricindeki HFS elementlerce ise fakirleşme sergiledikleri görülmektedir. Jeokimyasal açıdan değerlendirildiğinde bu kayaların alt kabuk ve manto kökenli olabileceği ortaya konmuştur.

Gölbaşı bazaltik pomzalarının fiziksel dayanımı ve porozite içeriğinin (gözenekliliğinin) yüksek olması, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması gibi kriterler göz önünde bulundurulduğunda tarımsal açıdan kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir. Bazaltik pomzalarda yapılan su tutma deney sonuçlarına göre bazaltik pomzaların normal bir kayaya göre %25 oranında daha fazla su tutma özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Ancak gerek su tutma gerekse su emme oranı pomza kayalarının büyüklük ve gözenek oranlarına bağlı olarak pozitif yönde artmaktadır. Bu bazaltik pomzaların, toprakla üçte bir oranında

karıştırılarak ve ağırlıklı olarak toprağın tabanına yerleştirilmek suretiyle kullanılabileceği, yoğun gözenekli yapısı sayesinde bünyesinde barındırdığı suyu tedricen ortama vererek ortamın nemini dengeleyeceği, buharlaşma olmadan bitkiye uzun süreli su sağlayacağı ve böylece sulama periyodunu azaltarak yüzde 60-70'lere varabilen su tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir. Pomza kullanımının toprağın pH dengesini koruduğu, havalanmasını sağladığı, gübrenin etkinliğini artırdığı ve erken ürün almayı sağladığı da bilinmektedir.

Kaynaklar

- [1] Özkan, Ş.G., Tuncer, G. Pomza Madencilğine Genel Bir Bakış. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 269-276, 2001.
- [2] Eroğlu, G., Şahiner, M. Dünyada ve Türkiye'de Pomza. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, 32 s., 2020. "https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/pomza.pdf" (Erişim Tarihi: 14.07.2023)
- [3] Orhan A., Dinçer İ., Akın M., Çoban S. Nevşehir Pomza Endüstrisi'nin Genel Değerlendirilmesi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2), 571-579, 2017.
- [4] Gündüz L., "İnşaat Sektöründe Bimsblok" Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, 928 s., Isparta, 2005.
- [5] Sezgin, M., Davraz, M., Gündüz, L. Pomza Endüstrisine Sektörel Bir Bakış. Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 9-22, 2005.
- [6] Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T. 1:100.000 ölçekli açınısına nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, Ankara F15 (I29) paftası, No; 55, MTA yayını, Ankara, 1997.
- [7] Asan, K. Whole-Rock Elemental and Sr-Nd Isotope Geochemistry and Petrogenesis of the Miocene Elmadağ Volcanic Complex, Central Anatolia (Ankara, Turkey). Geosciences, 10(9), 348, 2020.
- [8] Dönmez, M., Akçay, A.E., Kara, H., Yergök, A.F., Esentürk, K. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Kırşehir İ30 paftası, No; 55, MTA yayını, Ankara, 2008.
- [9] Dönmez, M., Akçay, A.E., Türkecan, A., Satır, M., Evcimen, Ö., Gündoğdu, E.A., Görmüş, T. Ankara ve Yakın Çevresi Geç Kretase-Tersiyer Volkanitlerinin Stratigrafisi ve Yeni Yaş Bulguları. 62. Jeoloji Kurultayı Bildirileri, MTA, Ankara, 632-633, 2009.
- [10] Cehdioğlu, Y.H. Karagedik-Ahiboz (Gölbaşı-Ankara) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrolojisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 40 s., Konya (yayımlanmamış), 2014.
- [11] Gündüz, L., Sarıışık, A., Davraz, M., Uğur, D., Çankıran, O. "Pomza Teknolojisi Cilt I", Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, 288 s., Isparta, 1998.
- [12] Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J. The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin, London, 450 p., 1979.
- [13] Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. Canadian Journal of Earth Science, 8(5), 523-548, 1971.
- [14] Pearce, J.A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In Hawkesworth C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths: Shiva Press, Nantwich, 230-249, 1983.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INTERNALLY CURED MORTARS UTILIZING PRE-SATURATED PUMICE SAND

Konstantinos Tsivolas^a and Efstratios Badogiannis^b

^a National Technical University of Athens, Athens, Greece, E-mail: k.tsivo94@yahoo.gr

^b National Technical University of Athens, Athens, Greece, E-mail: badstrat@central.ntua.gr

Abstract

Internal curing of concrete with low water to cement ratio is proven to mitigate the self-desiccation during cement hydration and thus to enhance the durability prolonging the service life of a structure. An effective way to achieve internal curing is by the utilization of porous lightweight aggregates. In this study pumice sand was selected as the internal curing agent and its absorption-desorption behavior is investigated. Mortar mixtures with different theoretical absorption values and limestone to pumice sand replacement rates were produced. The mixtures were evaluated in terms of rheology, mechanical properties, total shrinkage, and mass loss. Also, different curing conditions were investigated. The results demonstrated the effectiveness of pumice as an internal curing agent and the validation of the experimentally measured water absorption through this parametric study.

Keywords: Internal curing, Pumice, Absorption, Shrinkage

1. Introduction

Ultra-high-performance concrete (UHPC) characterized by excellent mechanical and durability properties. Its main attributes consist of a dense fine aggregate mixture, supplementary cementitious materials and mainly a very low water to cement ratio (w/c). During the early stages of cement hydration, chemical shrinkage occurs, which subsequently leads to self-desiccation. In the absence of an external source of water cement particles tend to consume water from the partially filled capillary pores causing the formation of a menisci in the pore solution which in turn will result in the development of autogenous stresses and strains. This phenomenon becomes more pronounced as the w/c decreases, resulting even in the formation of microcracks due to autogenous shrinkage [1]. Conventional curing methods such as burlaps or membranes are insufficient since water can penetrate only a limited depth from the surface due to the dense microstructure of UHPC. This drawback can be resolved by the introduction of pre-wetted porous materials into the concrete mixture, which act as small, dispersed water reservoirs and supply with water the unhydrated cement particles. This method is called internal curing and the two leading materials used in literature as internal curing agents are lightweight aggregates (LWA) [2] and superabsorbent polymers (SAP) [3]. The main differences between these two

materials are the influence on the concrete mechanical properties, in favor of LWA and the absorption rate and capacity, in favor of SAP. The efficiency of a LWA as an internal curing agent depends on the absorption and the desorption properties. It is important that the LWA can absorb enough water to prevent self-desiccation but also to release most of the water during cement hydration. Thus, one of the most significant physical properties of the LWA, regarding internal curing of concrete is its water absorption capacity. In addition, water absorption of pumice affects the w/c ratio and determines the amount of the LWA needed.

Another influential parameter regarding the internal curing of concrete is the grade of the used LWA. Fine LWA can dispersed more uniformly, providing protection from shrinkage to more cement paste [4]. On the other hand, their finer size is a result of crushing process which also destroys their pore structure and affects their absorption and desorption efficacy [5].

In this study pumice sand is investigated for its efficacy as an internal curing agent in mortar mixtures, in respect with its theoretical water absorption capacity. As both the standard procedures used for the measuring of the absorption capacity contain uncertainties stemmed from the operator's experience or the type of equipment / method used, different measured absorption values are evaluated in terms of mortars' performance. More specifically, mortars mixtures designed by considering the different measured absorption values, and cured at different humidity conditions, are tested to assess their workability, compressive strength, and total shrinkage. The total performance of the mortars is used as an evaluator of the pumice sand absorption results, derived from the two standard methods. At the same time, the total performance of the mortars cured under different humidity conditions, reveals the role of the pumice sand as a self-curing agent.

2. Experimental

2.1. Materials

For the production of the different mortar mixtures, ordinary Portland cement CEM I 42.5, limestone sand (0-4 mm) and pumice sand (0-3 mm) as the internal curing agent were mixed with tap water. The specific gravity of the limestone and pumice sand was 2.7 and 1.7, respectively. The pumice sand originated from Yali Island, having a chemical composition presented in Table 1. High-performance superplasticizer ViscoCrete -

5600HS from SIKA was also used to control the flow of the different mixtures.

2.2. Methods

The first step of the study of LWA cement mortars with internal curing ability is to measure the water absorption of the internal curing agent. The main challenge of this procedure is to determine the wetted surface-dry condition of the pumice sand. Two methods were investigated in this study, the standard cone test according to EN 1097-6 [6] and ASTM C 128 [7] and the paper towel method that were described in [8] and later were added in ASTM C-1761 [9]. In each of the above methods the LWA sand sample was first dried and then immersed in water for 72 hours to achieve full saturation. A small, wetted surface-dry sample of around 5 g. were taken to study the desorption behavior of the LWA sand. Four saturated salt solutions were made, namely potassium sulfate, potassium nitrate, potassium chloride and sodium chloride and placed inside desiccators to create four different controlled environments with relative humidities 97%, 94%, 85%, 75%, respectively. The sample was first placed at the higher relative humidity and after its weight was stabilized moved to the next desiccator.

Determining the wetted surface-dry condition could be a challenge, as it is also influenced by the operator. For this reason, eleven mortar mixtures were made to study the efficacy of the pumice sand as an internal curing agent and validate the water absorption measurements. The first one is the reference, and the rest were designed considering a different absorption value ranging from 9-18%. The mixture design was based on the ASTM C 1761 [9], where the required amount of LWA to prevent the autogenous shrinkage results from the following equation (1):

$$M_{LWA} = \frac{C_i \times CS \times a_{max}}{SW_{LWA}} \quad (1)$$

where M_{LWA} is the required mass of oven dry pumice, C_i is the cementitious materials content, CS the chemical shrinkage of cementitious materials, a_{max} the maximum potential degree of hydration, S the degree of saturation of pumice and W_{LWA} the mass of the released water from pumice at a relative humidity of 94% expressed as a fraction of the oven dry mass. It is clear that, considering a different absorption value, the amount of the required pumice that will replace the conventional sand also changes. The calculated amount of dry pumice was first immersed in part of the active water for 72 h. In all mixtures the theoretical water to cement ratio is constant. The mixture proportions are presented in Table 2, where the coding of the mixtures refers to the theoretical water absorption of the pumice sand.

The flow of the fresh mortars was measured according to ASTM C 1437 [10]. Nine prismatic specimens with dimensions of 40x40x160 mm were cast to determine the compressive strength at 28 days. From these specimens three were cured in laboratory conditions (20°C, RH 50%) and referred as RH50, three in water (WATER), and the remaining three in sealed conditions (SEALED) to study the influence of the curing conditions on the mechanical properties of internally cured mortars. Three prisms with dimensions of 25x25x275 mm were also created to measure the total shrinkage and mass loss at 3, 7, 14, 21, 28 days.

3. Results and discussion

3.1. Absorption-Desorption

The water absorption of the pumice sand was measured at 8% according to the standard cone test method, while the paper towel method resulted in a value of 16%. This significant difference between the two measurements indicates that one method is more suitable for the investigated material and the uncertainty around this measurement. The surface-dry condition according to the cone test was reported when only a minor collapse at one side of the cone was observed, as previous attempts to reach the form of collapse in accordance with

Table 1. Chemical composition of pumice sand (wt. %).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	LOI
Oxide	68.93	11.71	1.31	2.47	0.93	3.97	3.52	0.12	0.16	0.02	0.05	6.37

Table 2. Mix proportions (kg/m³) and ratios of mortars.

Code	Cement	Limestone Sand	Pumice Sand	Water	w/c
REF	500	1375	0	190	0.38
PU18	500	1057	200	190	0.38
PU17	500	1038	212	190	0.38
PU16	500	1017	226	190	0.38
PU15	500	993	241	190	0.38
PU14	500	966	258	190	0.38
PU13	500	934	278	190	0.38
PU12	500	897	301	190	0.38
PU11	500	854	328	190	0.38
PU10	500	802	361	190	0.38
PU9	500	738	401	190	0.38

the standard's instructions resulted in absorption values of 2-3%, which can be considered invalid due to the porous nature of the pumice sand. On the other hand, some uncertainties also lie upon the paper towel method regarding the pressure the operator patted the LWA or the type of the paper towel and its absorption capacity. These parameters may have led to an overestimation of the absorption. Castro et al. [8] found similar results between these two methods but with a smaller difference in values and attributed this to the angularity of the aggregates that influences the friction between the particles which developed during the cone method. In Fig 1 the desorption of the pumice sand is reported. An effective LWA needs a high porosity to store a sufficient amount of water, but it is also important that the water can easily seep out the pores to react with the cement and aid the curing, internally. It is noted that the LWA pores should be relatively bigger than the micropores of the cement paste so that the water can escape from the LWA. Since there are high relative humidity conditions inside the matrix during hydration, it is necessary that the LWA releases most of the absorbed water at high relative humidity. Pumice sand indeed loses around 97% of its water at 94% relative humidity, as shown in Fig 1, which demonstrates the suitability of the material as an internal curing agent.

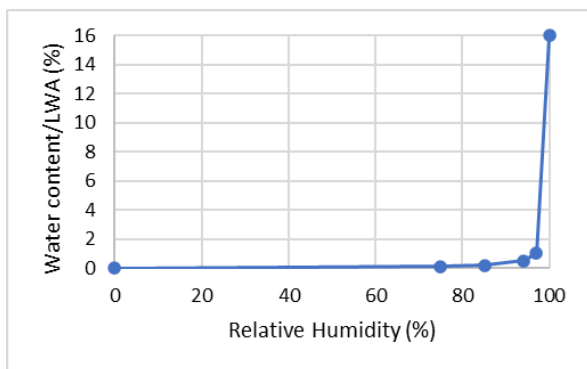


Fig 1. Water desorption of surface-dry pumice sand

3.2. Workability

One of the methods employed in this study to evaluate the soundness of the measured absorption values involves establishing a correlation between the measured mortar's flow with the amount of superplasticizer used for every mixture (% by weight of cement) and their comparison. The ratio of the superplasticizer dosage to the average flow diameter was calculated and the results are presented in Fig 2. The reference mixture required the least amount of superplasticizer. As the theoretical absorption value decreases and consequently the amount of pumice sand increases according to Equation 1, there is a notable linear increase in the necessary dosage of admixture. In the case of the actual absorption value, where the open porosity of the LWA does not theoretically affect the active water, it is expected to report similar workability with the reference mixture. All internal curing mixtures, however, needed even a small quantity of admixture, even the PU18 where the designed absorption is higher than the experimental value. This is attributed to the shift of the particle size distribution of the total aggregate blend, due to the replacement of the limestone sand with

pumice sand. It is also identified that the upward trend is more profound after the PU16. A significant increase is observed for the PU9 which has a similar absorption value as the absorption measured with the cone test. This also indicates that 9% is lower than the actual absorption value and part of the active water absorbed by the pumice, exerting negative effects to workability, and implying the inappropriateness of the cone method.

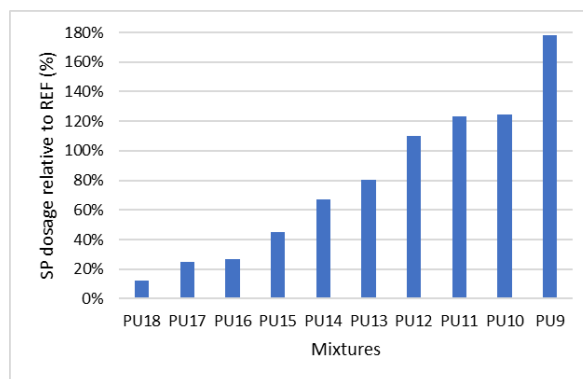


Fig 2. Superplasticizer demand (% by cement weight) relative to the reference mixture.

3.3. Compressive strength

In Fig 3 the compressive strength of the mortar mixtures at 28 days and at the three different curing conditions (RH50, SEALED and WATER) are illustrated. The compressive strength values range at similar levels among the different mixtures and especially among the specimens that were cured in laboratory conditions (RH50) even though the internally cured mortars contain pumice sand which is characterized by lower strength compared to limestone sand. This phenomenon is attributed mainly to two reasons. The first one regards the prevention of microcracking due to autogenous shrinkage and the increased hydration in the mixtures where the theoretical absorption aligns or closely corresponds to the actual value. While the second factor concerns the reduction of the water to cement ratio due to the underestimation of the theoretical value. There is a mention of underestimation instead of overestimation, as close values of compressive strength are observed between the reference and PU9 mixtures, where the latter has a high limestone to pumice sand replacement ratio of 46%, by volume. Regarding the RH50 and SEALED specimens most of the strength values are close to reference's values and in some instances are higher, which is in accordance with Zhutovsky et al. [11], who found only a minor decrease in the compressive strength when fine pumice was used as an internal curing agent. While Bentz [1] reported an increase of 10% at 28 days of specimens under sealed curing conditions which is in accordance with the sealed value of the PU17 mixture, that has a theoretical absorption value close to its experimentally measured value. In any case, it is considered important that no major strength degradation is observed in any of the mixtures implying the efficacy of the pumice sand as an internal curing agent.

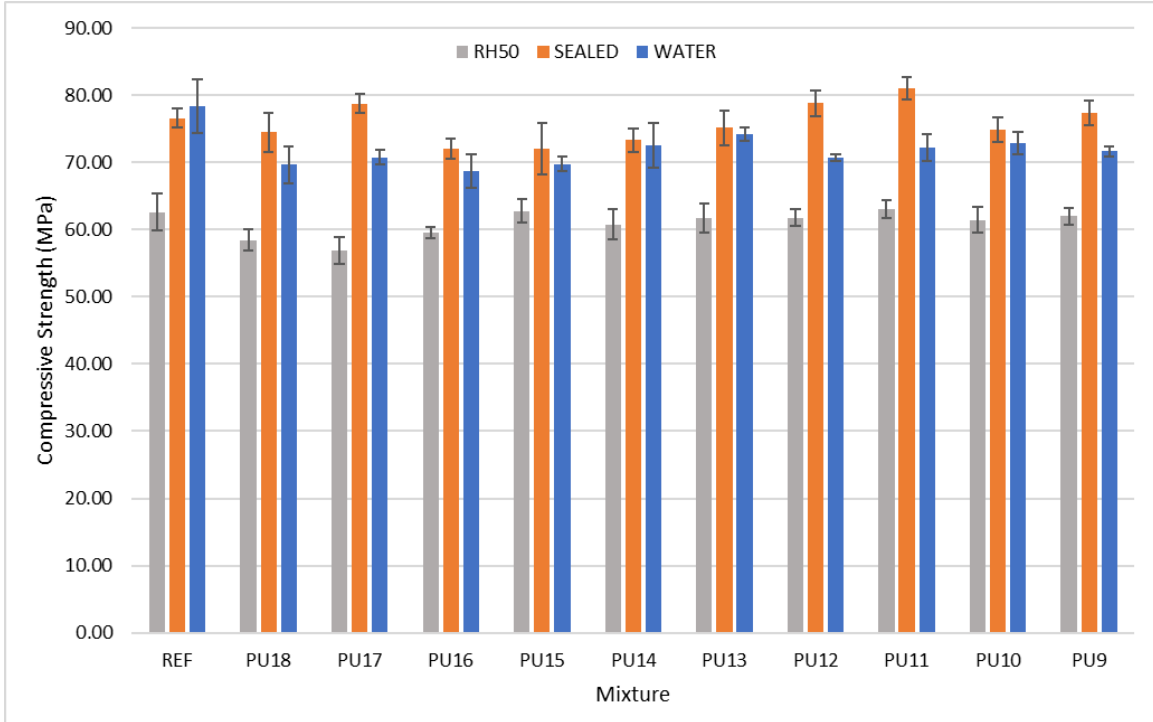


Fig. 3. Compressive strength results at 28 days, for different curing conditions.

3.4. Total shrinkage

The total shrinkage and mass loss of the mortar mixtures are presented in Fig 4, 5, respectively. The initial length reading was made 24 h after casting and immediately after demoulding. Then the specimens were placed in a room with constant temperature of 20°C and RH 60%

and the length change measurements were made at 3, 7, 14, 21, 28 days. The results contain length changes due to autogenous and drying shrinkage with the latter being more pronounced since the specimens were stored unsealed in a low relative humidity environment. All internal curing mortars showed greater shrinkage than the reference mixture. LWA impose less restraint on

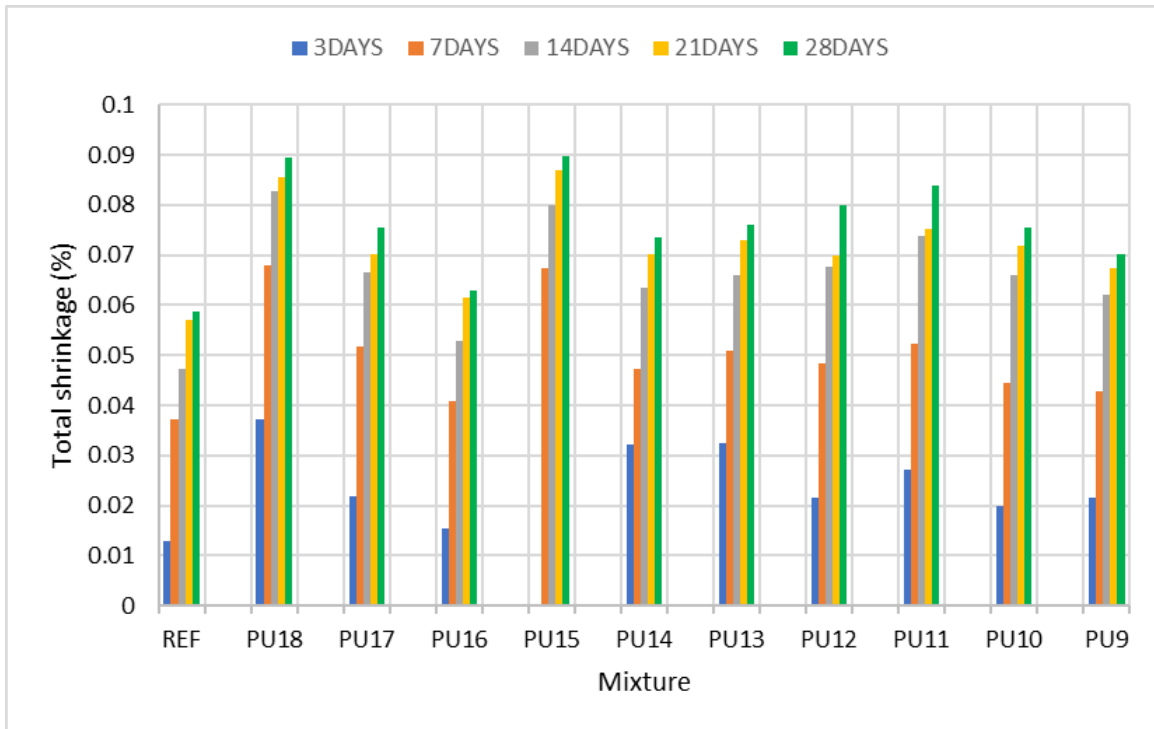


Fig 3. The total shrinkage development of the mortar mixtures for the first 28 days.

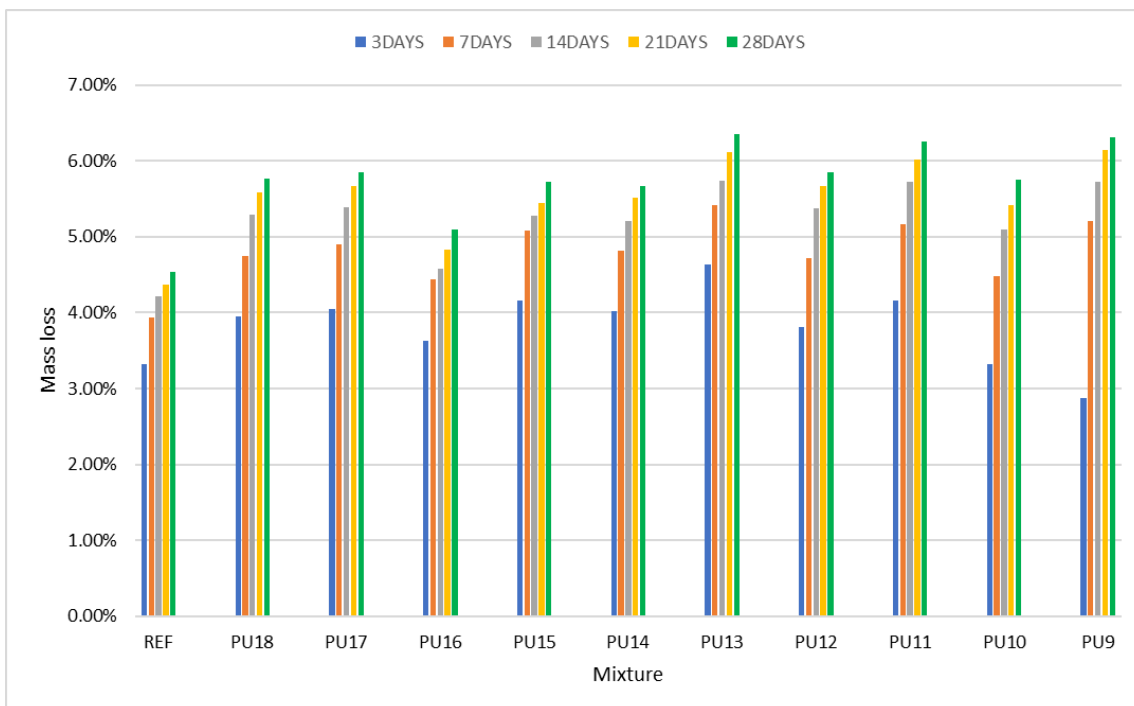


Fig 4. Mass loss evolution of the mortar mixtures for the first 28 days.

the cement paste during drying shrinkage due to their lower stiffness as similar results reported from Costa et al. [12]. Another factor that influences the drying shrinkage is the water to cement ratio. When the ratio in internally cured mixtures increases so does the shrinkage [13]. PU16 shows the best performance among the mixtures with pumice sand and its total shrinkage values are about the reference's. A similar trend is reported in the mass loss (Fig 5). Again, the PU mixtures have a greater mass loss compared to the reference due to the additional free water that introduced inside the matrix with the pumice sand. PU16 has the closer values with the reference. Considering that 16% is the actual absorption, the results arise from the mass loss can be interpreted. For lower theoretical absorption values a greater porosity is introduced inside the matrix that absorbs a part of the active water which is subsequently lost during drying. On the other hand, a higher theoretical absorption means that more water was added during mixing.

4. Conclusions

From the experimental work conducted in this study the following results have been obtained:

- The different standard experimental methods used to measure the water absorption of fine aggregates depend on their properties, since the results derived from the two methods employed in this study exhibited substantial variation.
- The absorption-desorption results show that pumice sand possesses a good absorption capacity and high-water release indicating that it is an effective internal curing agent.
- The addition of pumice sand does not deteriorate the mechanical properties and in some cases an improvement is obtained.

- By replacing conventional limestone sand with pumice sand of lower stiffness and higher porosity, an increase of the total shrinkage and mass loss is observed.
- The combined evaluation of the experimental results derived from the mortar mixtures leads to the verification of the paper towel method.

Acknowledgments

The current experimental work was funded by Basic Research Program PEVE 2021 of the National Technical University of Athens.

References

- [1] D. P. Bentz and W. J. Weiss, "Internal curing :: a 2010 state-of-the-art review," National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST IR 7765, 2011. doi: 10.6028/NIST.IR.7765.
- [2] X. Ma, J. Liu, and C. Shi, "A review on the use of LWA as an internal curing agent of high performance cement-based materials," *Construction and Building Materials*, vol. 218, pp. 385–393, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.05.126.
- [3] A. Danish, M. A. Mosaberpanah, and M. U. Salim, "Robust evaluation of superabsorbent polymers as an internal curing agent in cementitious composites," *J Mater Sci*, vol. 56, no. 1, pp. 136–172, Jan. 2021, doi: 10.1007/s10853-020-05131-2.
- [4] L. Yang, C. Shi, J. Liu, and Z. Wu, "Factors affecting the effectiveness of internal curing: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 267, p. 121017, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121017.
- [5] K. Liu et al., "Optimization of autogenous shrinkage and microstructure for Ultra-High Performance Concrete (UHPC) based on appropriate application of porous pumice," *Construction and Building Materials*, vol. 214,

- pp. 369–381, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.089.
- [6] E. Standards, “BS EN 1097-6:2022 Tests for mechanical and physical properties of aggregates Determination of particle density and water absorption,” ISBN: 978 0 539 041231
- [7] “Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate,” C128 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate, Jan. 05, 2023. doi: 10.1520/C0128-22
- [8] J. Castro, L. Keiser, M. Goliás, and J. Weiss, “Absorption and desorption properties of fine lightweight aggregate for application to internally cured concrete mixtures,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 33, no. 10, pp. 1001–1008, Nov. 2011, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2011.07.006.
- [9] C09 Committee, “Specification for Lightweight Aggregate for Internal Curing of Concrete,” ASTM International. doi: 10.1520/C1761_C1761M-17.
- [10] C01 Committee, “Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar,” ASTM International. doi: 10.1520/C1437-20.
- [11] S. Zhutovsky, K. Kovler, and A. Bentur, “Influence of cement paste matrix properties on the autogenous curing of high-performance concrete,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 26, no. 5, pp. 499–507, Jul. 2004, doi: 10.1016/S0958-9465(03)00082-9.
- [12] H. Costa, E. Júlio, and J. Lourenço, “New approach for shrinkage prediction of high-strength lightweight aggregate concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 84–91, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.02.052.
- [13] S. Zhutovsky and K. Kovler, “Effect of internal curing on durability-related properties of high performance concrete,” *Cement and Concrete Research*, vol. 42, no. 1, pp. 20–26, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.cemconres.2011.07.012.

INVESTIGATION OF TECHNICAL PROPERTIES OF PUMICE AND EXPANDED PERLITE AGGREGATE LIGHTWEIGHT CONCRETE BLOCKS

POMZA VE GENLEŞMİŞ PERLİT AGREGALI HAFİF BETON BLOKLARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Şevket Onur KALKAN^a, Lütfullah GÜNDÜZ^b

^a İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye, E-posta: sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr

^b İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye, E-posta: lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr

Özet

Ülkemizde ve dünyada sürekli artan enerji maliyetleri inşaat ve yapı sektörü gibi çok önemli enerji tüketimi olan bir sektör için yeni türev ürünlerin geliştirilmesi veya var olan ürünlerin özelliklerinin iyileştirilmesi için çok önemli bir itici güç oluşturmaktadır. Binalarda ölü yükü düşürmek ve enerji verimliliği yüksek duvar birimleri oluşturmak için, birim ağırlığı düşük hafif betondan mamul kagir bloklar sıklıkla uygulamalarda görülmektedir. Bu çalışmada, hafif beton blokların genişmiş perlit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile birlikte teknik özelliklerindeki potansiyel iyileşmeler analiz edilmiştir. 740 ve 840 °C'de geniştirilen iki farklı genişmiş perlit agregası %15, %30, %60 ve %100 kullanım oranlarında pomza agregası ile yer değiştirilmiş ve hafif beton harcının ve hafif beton blok birimlerinin yoğunluk, blok ağırlığı, blok dayanımı ve ısı iletkenlik katsayıları tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, özellikle 840 °C sıcaklıkta geniştirilen perlit agregası kullanımı ile hafif beton blokların ağırlıkları ve ısı iletkenlik katsayıları etkili bir biçimde düşürülebilmektedir. Bununla birlikte, hafifleyen blokların bir dezavantajı olarak basınç dayanımlarının da azaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Genişmiş perlit, pomza, kagir, hafif beton blok, ısı iletkenlik

Abstract

The ever-increasing energy costs in our country and in the world constitute a very important driving force for the development of new derivative products or the improvement of the properties of existing products for a sector with very important energy consumption such as the construction and building sector. In order to reduce dead load in buildings and to create high energy efficient wall units, masonry blocks made of lightweight concrete with low unit weight are frequently seen in applications. In this study, the potential improvements in the technical properties of lightweight concrete blocks with the combined use of expanded perlite and pumice aggregates were analyzed. Two different expanded perlite aggregates expanded at 740 and 840

°C were replaced with pumice aggregate at 15%, 30%, 60% and 100% usage rates and the density, block weight, block strength and thermal conductivity of lightweight concrete mixture and lightweight concrete block units were determined. Coefficients have been determined. According to the results of the study, the weights and thermal conductivity coefficients of lightweight concrete blocks can be effectively reduced by using perlite aggregate, which is expanded at 840 °C. However, it has been observed that the compressive strength is also reduced as a disadvantage of the lighter blocks.

Keywords: Expanded perlite, pumice, masonry, lightweight concrete block, thermal conductivity

1. Giriş

Hafif beton bloklar, duvarları inşa etmek için ana yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Normal ağırlıklı beton bloklar üretmek için genellikle Portland çimentosu, su, kum ve çakıl içeren taze beton karışımı kullanılmaktadır. Bu uygulama ile ince bir yüzey dokusu ve yeterli yüksek basınç dayanımı olan açık gri renkte bir beton blok üretilir. Yük taşıyan duvarlar ve bölmeler genellikle bu tür bloklardan inşa edilmektedir. Bu tür beton blokların kütlesi genellikle 16 kg ile 27 kg arasında değişir [1]. Bu tür bloklar ile taşıyıcı yapıların yapılması sağlansa da dezavantajı ise ısı ve ses izolasyonundaki yetersizlikleridir. Diğer taraftan, hafif agregalar normal ağırlıklı kum ve çakılın yerine taze beton karışımında kullanıldığında, elde edilen beton bloğu genellikle hafif beton blok olarak adlandırılır. Bu işlem ile, orta ila kaba bir yüzey dokusu, iyi dayanıklılık, iyi ses yalıtım özellikleri ve normal ağırlıklı bir beton bloğa göre daha yüksek bir termal yalıtım değeri olan daha gözenekli ve daha hafif beton bloklar elde edilir. Hafif agregası, çimento ve su karıştırılarak yük taşımayan dolgu duvarları ve bölme duvarları inşa etmek için HBB (Hafif Beton Blok) üretilebilir. Hafif beton blokları, 400 kg/m³ ile 1100 kg/m³ arasında değişen yoğunluklarla üretilebilir ve geleneksel beton duvarlara sahip binalara göre ölü yükte ortalama %40 ila %50 azalma sağlayabilirler [2-4]. Tipik bir hafif beton bloğun kütlesi genellikle agregası tipine, şekline ve sınıflandırmasına bağlı olarak 5 ile 14 kg arasında değişebilir [5].

Hafif agregalar genellikle iri boyutlar için maksimum kuru gevrek yoğunluk olarak yaklaşık 880 kg/m^3 ve tüvenan agrega türleri için 1040 kg/m^3 değerlerine sahiptir [6]. Güncel kaynaklarına bağlı olarak, hafif agregalar doğal ve yapay olarak da sınıflandırılır. Başlıca doğal hafif agregalar diyatomit, pomza, skoria, volkanik cüruf ve volkanik tüftür. Diyatomit hariç hepsi volkanik kökenlidir. Türkiye'de, pomza ve skoria, boşluklu ve dolu beton blok üretiminde daha yaygın olarak kullanılmaktadır [7,8]. Ayrıca, hafif beton üretimlerinde ve boşluklu blok üretimlerinde genişlemiş perlit kullanımı, genellikle termal yalıtım için yapılan çalışmalarda yer almaktadır [9–12].

Türkiye'de pomza agregası kullanılarak hafif beton blok üretimi oldukça yaygındır [13]. Pomza agregalarıyla üretilen hafif duvar blokları, duvarların yalıtım performansının gelişimine, yoğunluğu daha yüksek ürünlere kıyasla önemli katkılar sağlamıştır. Pomza agregalı blok elemanlarıyla inşa edilen duvarlar, diğer alternatif duvar sistemleriyle rekabet edebilir hale gelmesi sayesinde maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, binalarda ölü yükün azaltılması, yangın dayanımının iyileştirilmesi, dayanıklılıkta artış ve ısı ve akustik konfor özelliklerinin iyileştirilmesi gibi faktörler göz önüne alındığında, pomza agregalı kâğır bloklar uygulamalarda tercih edilen bir ürün olmuştur. Bununla birlikte, literatürde az sayıda HBB üretiminde genişlemiş perlit kullanılabilirliğinin test edildi çalışmaları yapılmaktadır. Kabay ve Kızılkanaat [14], %40 ile %60 oranında perlit agregalı hafif blok üretimlerinde perlit oranının arttıkça basınç dayanımının azaldığı buna karşın ısı yalıtım özelliğinin iyileştiğini tespit etmişlerdir. Al-Hadhrami ve ark. [10], beton ve kil blokların boşluklarına perlit, polistiren ve mineral yünü gibi yalıtım malzemelerinin eklenmesinin etkisini belirlemek için deneysel bir program gerçekleştirmiştir. Beton blokların boş kısmına perlit eklenmesi termal yalıtımı yaklaşık %50 artırırken, kil bloklar için bu oran %10'a düşmektedir. Sengul ve ark. [11], hafif betonun dayanıklılığı ve termal iletkenliği üzerinde perlitin etkisini incelemiştir. 0,5-2 mm aralığında bir boyuta sahip perlit, doğal agreganın %20-100'ü perlitte değiştirilmiştir. Sonuçlar, perlitin %60 oranında kullanımında dayanıklılığın %84 oranında ve termal iletkenliğin ise %42 oranında azaldığını göstermiştir. Yıldırım ve Baba [15], perlit ve bims agregaların hafif kompozit harçlarda birlikte kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre genişlemiş perlit miktarı arttıkça kompozitlerin basınç dayanımları azalsa da ısı yalıtım değerlerinin iyileştiği gözlemlenmiştir.

Perlit ve pomza, iç boşluklarının fazla olması nedeniyle hafiflik, ısı yalıtımı ve yanmazlık özellikleriyle öne çıkan, enerji etkinliğini artırabilen malzemelerdir. Bu nedenle, bu iki malzeme HBB üretiminde tercih edilebilecek çok yönlü malzemelerdir. Pomza agregalı hafif beton blokların Türkiye'de sektörel uygulamalarda teknik değerleri karşılayabildiği bilinmektedir. Ancak, gelişen teknoloji ve buna bağlı olarak her geçen yıl sıkılaştırılan çevresel etki değerlendirmeleri göz önüne alındığında, pomza agregalı hafif beton blokların da geliştirilmesi gerekliliği göz ardı edilmemelidir. Bu çalışmada, pomza ve iki farklı sıcaklıkta ($740 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $840 \text{ }^\circ\text{C}$) genişletilmiş perlit agregaların belirli oranlarda kullanılması ile

üretilen HBB'ların bazı teknik özellikleri tespit edilmiş ve tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Hafif Beton Karışımında Kullanılan Malzemeler

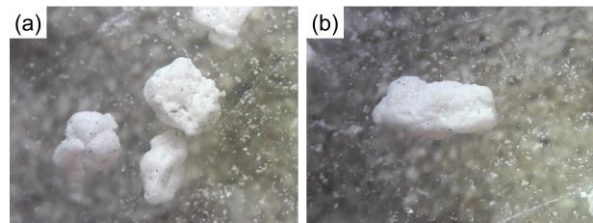
Deneysel çalışmalarda CEM I 42.5 R Portland çimentosu bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan pomza agregası Kayseri Bölgesinden temin edilmiştir. Daha sonra pomza agregası 0-4 mm, 4-8 mm ve 8-12 mm tane boyutlarında sınıflandırılmış ve hafif beton karışımlarda kullanılmıştır. Sırasıyla, 0-4 mm, 4-8 mm ve 8-12 mm pomza agregaların birim hacim kütleleri 590 kg/m^3 , 533 kg/m^3 ve 438 kg/m^3 'tür.

Bu çalışma kapsamında genişletilen ham perlit (Şekil 1) Bergama Bölgesinden temin edilmiştir. Ham perlit, öncelikle primer bir kırıcıda kırılmış ve $125 \mu\text{m}$ ile $750 \mu\text{m}$ tane boyutu aralığındaki ham perlit genişletme işlemine tabi tutulmuştur [16]. Ham perlit $740 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $840 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıklarda genişletilmiş iki farklı tip genişlemiş perlit kullanılmıştır. Ham perlit her iki sıcaklığa da 5 dk boyunca maruz bırakılarak genişletilmiştir. $740 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $840 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de genişletilen perlit agregaların birim hacim kütleleri sırasıyla, 255 kg/m^3 ve 197 kg/m^3 'tür. Bu iki perlitin genel form görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Genleştirme öncesi ham perlitin genel görünümü.



Şekil 2. (a) $740 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta genişletilmiş perlit agregası tanelerinin genel görünümü; (b) $840 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta genişletilmiş perlit agregası tanelerinin genel görünümü.

2.2. Karışım Dizayını ve Numune Hazırlanması

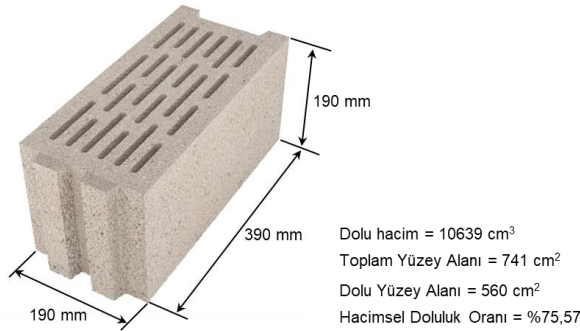
Yük taşıyıcılığı olmayan duvarlar ve bölmeler için HBB üretmek amacıyla genişlemiş perlit ve pomza

agregaların birlikte kullanımını analiz etmek için, hafif benimsenmiştir. Test numunelerinin karışım oranı beton karışımları için 9 farklı karışım oranı Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1 Genleşmiş perlit ve pomza agregalı HBB karışım oranları.

Karışım	Genleşmiş perlit (%)	Çimento (kg/m ³)	Pomza 0-4 mm (kg/m ³)	Pomza 4-8 mm (kg/m ³)	Pomza 8-12 mm (kg/m ³)	Genleşmiş perlit (kg/m ³)	s/ç
P0	0	150	109	202	172	0	0.28
P740-15	15	150	81	176	150	32	0.30
P740-30	30	150	54	150	128	63	0.32
P740-60	60	150	0	100	85	126	0.34
P740-100	100	150	0	0	0	207	0.40
P840-15	15	150	81	176	150	24	0.30
P840-30	30	150	54	150	128	49	0.32
P840-60	60	150	0	100	85	97	0.34
P840-100	100	150	0	0	0	160	0.40

P0 kodlu karışım referans karışımı olarak kabul edilmiş ve bu karışımda genleşmiş perlit agrega kullanılmamıştır. P740 kodlu seriler 740 °C'de, P840 kodlu seriler 840 °C'de genleştirilmiş perlit içeren karışımları göstermektedir. Çizelge 1'den de görüldüğü gibi %15, %30, %60 ve %100 genleşmiş perlit kullanılarak hafif beton karışım serileri oluşturulmuştur. Beton tasarım metodolojisi TS EN 771-3 standardına [17] uygun olarak oluşturulmuştur. Çizelge 1'deki karışım oranları kullanılarak üretilen taze formdaki hafif beton karışımları Şekil 3'te gösterilen formda olacak şekilde kalıplanarak HBB formları oluşturulmuştur.



Şekil 3. Hafif beton blok örneğinin anma boyutları ve tasarım özellikleri.

Hafif beton karışımların kuru birim hacim ağırlığını test etmek amacıyla 100x100x100 mm boyutlu küp örnekler laboratuvar ortamında mevcut bulunan vibrasyon-sıkıştırma özelliğine sahip manuel kullanımlı bir döküm makinesi kullanılarak üretilmiştir. Üretilen küp örnekleri,

Çizelge 2 Pomza ve genleşmiş perlit agregalı hafif beton karışımlarının ve hafif beton blok elemanların özellikleri.

Karışım	Taze Beton Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertleşmiş Beton Yoğunluğu (kg/m ³)	HBB Yoğunluğu (kg/m ³)	HBB Ağırlığı (kg)	HBB Basınç Dayanımı (MPa)	HBB Isı İletkenlik (W/mK)
P0	809	675	526	7.41	2.06	0.139
P740-15	761	634	495	6.97	1.78	0.132
P740-30	712	593	464	6.53	1.57	0.127
P740-60	614	512	403	5.68	1.21	0.119
P740-100	501	417	333	4.69	0.84	0.104
P840-15	777	627	509	7.17	1.55	0.123
P840-30	718	579	470	6.62	1.26	0.115
P840-60	599	483	393	5.53	0.83	0.104

döküm presinde dolun-vibrasyon-yerleştirme ve basınçla presleme işlemlerinden sonra hemen kalıptan çıkartılıp laboratuvar ortamında normal hava koşullarında 28 gün boyunca kürlenmeye bırakılmıştır. Aynı seri karışımlar, HBB ağırlığı, HBB yoğunluğu, HBB dayanımı ve HBB ısı iletkenlik katsayısı tespiti için Şekil 3'teki formda gösterildiği şekilde preslenmiştir. HBB örnekleri 190 × 390 × 190 mm (genişlik × uzunluk × yükseklik) anma boyutlarında olup, geometrik olarak 6 sıra boşluklu 21 gözlü sık dilinimli (yarık tasarımlı) ve lamba zıvanalı formdadır. HBB örnekleri de 28 gün boyunca laboratuvar ortamında (21 ± 1 °C ve 50 ± 5 bağıl nem) kürlenmiştir. Laboratuvar ortamında taze betonun karıştırılması ve numune alınması için BS 1881: Part 125 [18] ve sertleşmiş betonun yoğunluğunu ölçmek için BS 1881: Part 114 [19] standartlarına uygun deneyler izlenmiştir. LCHC numunelerinin hazırlanması için BS 6073: Part 1 [20] standardının özelliklerini doğrulayan bir hücresel içi boş blok formu kullanılmıştır. Numuneler, BS 6073: Part 1 [20] uygun olarak basınç dayanımı için hava kuru koşullarda test edilmiştir. Ayrıca, HBB'ların ısı iletkenlik değerlerini tespit etmek amacıyla laboratuvar ölçekli bir hot-box cihazı kullanılmıştır.

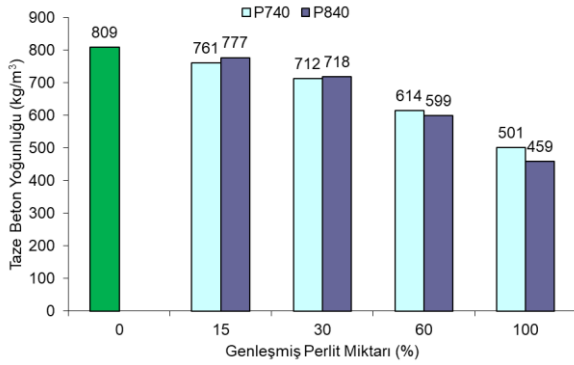
3. Araştırma Bulguları

Tüm karışımlar için hafif beton taze ve sertleşmiş yoğunluk değerleri ve HBB numuneleri için blok ağırlığı, blok yoğunluğu ve blok dayanım değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

P840-100 459 370 302 4.26 0.49 0.087

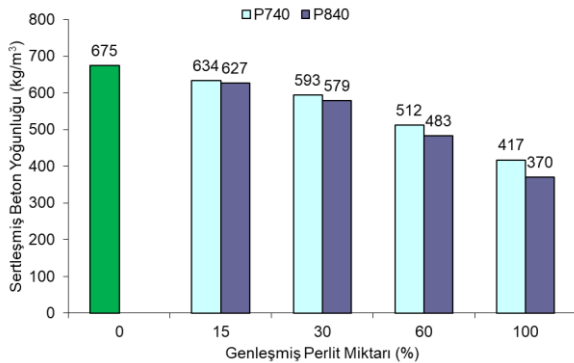
3.1. Örneklerin Ağırlıkları

Beton blokları üretebilmek için dizayn edilen hafif beton karışımlarının taze ve sertleşmiş beton yoğunlukları Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4'te gösterildiği gibi, beton harcı içerisindeki 740 °C ve 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit miktarı arttıkça taze betonun yoğunluk değerleri azalmaktadır. Bunun sebebi, geliştirilmiş perlit agregasının pomza agregadan yığın yoğunluk bakımından çok daha hafif yapısından kaynaklanmaktadır. Harç formülasyonlarında pomzanın azalması ve genişmiş perlitin artması taze betonun yoğunluğunu azaltan bir faktör olarak tespit edilmiştir. ³



Şekil 4. Taze beton yoğunlukları.

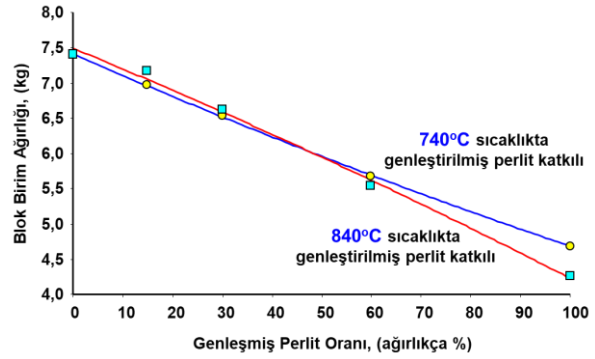
Benzer şekilde, küp numuneler üzerinde tespit edilen sertleşmiş beton yoğunlukları (Şekil 5) da taze beton yoğunluğu gibi, genişmiş perlit miktarındaki artışa bağlı olarak azalmaktadır. Özellikle, 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit kullanımı sertleşmiş beton yoğunluklarındaki azalmayı daha da belirgin bir hale getirdiği gözlemlenmiştir. En düşük sertleşmiş beton yoğunluk değeri ise tamamen 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit kullanılan P840-100 kodlu küp örneklerden elde edilmiştir. Benzer şekilde, Yıldırım ve Baba [15] kompozit harçlar üzerinde yaptıkları çalışmada, genişmiş perlit oranının artması ile harçların kuru birim ağırlıklarının azaldığını tespit etmişlerdir.



Şekil 5. Sertleşmiş beton yoğunlukları.

Çalışma kapsamında üretilen hafif beton blok ürünlerinin kagir blok olarak değerlendirilen ağırlıkları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil irdelendiğinde her iki sıcaklıkta geliştirilen perlit agregasının blok harç

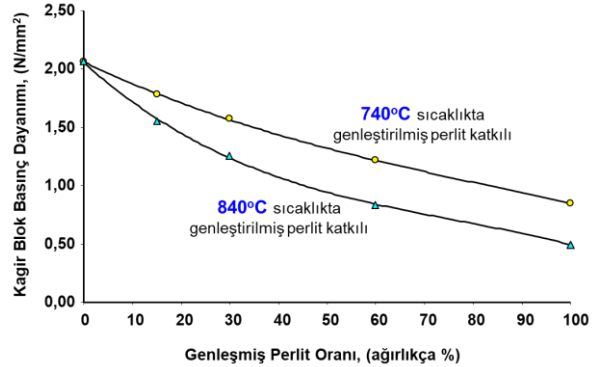
reçetelerinde kullanım oranlarının artması ile blok birim ağırlıklarının azaldığı gözlemlenmektedir. Özellikle, 840 °C sıcaklıkta geliştirilen genişmiş perlit kullanımı blok birim ağırlıklarında daha fazla azalmaya sebebiyet vermiştir. Bunun sebebi ise, 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlitin yığın yoğunluğunun (197 kg/m³) 740 °C sıcaklıkta geliştirilen perlitin yığın yoğunluğuna (255 kg/m³) kıyasla daha düşük olmasıdır. Düşük blok birim ağırlıkları maliyet ve ısıl performans açısından blok birimlere önemli katma değer sağlamaktadır.



Şekil 6. Hafif beton blok örneğinin blok birim ağırlıkları.

3.2. HBB Örneklerinin Basınç Dayanımı

Farklı iki sıcaklıkta geliştirilmiş perlit agregasının farklı oranlarında karıştırılarak elde edilen hafif beton blok numunelerinin 28 günlük kür süresinden sonra elde edilen basınç dayanım değerleri Şekil 7'de verilmiştir.

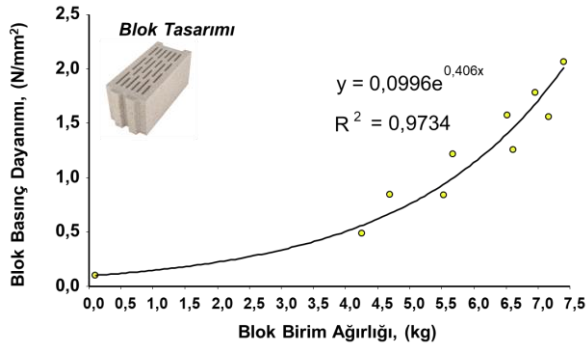


Şekil 7. Genleşmiş perlit kullanım oranına bağlı hafif beton blok basınç dayanım ilişkisi.

Şekil 7 irdelendiğinde, genişmiş perlit kullanılmadan sadece pomza agregası ile üretilen HBB örneklerinin ortalama blok basınç dayanımı 2.06 MPa olarak tespit edilmiştir. 740 °C sıcaklıkta geliştirilen perlitin %15, %30, %60 ve %100 olarak kullanılması ile birlikte blok basınç dayanımları sırasıyla %13,59, %23,79, %41,26 ve %59,22 oranında azalmıştır. Bir diğer kullanılan perlit olan 740 °C sıcaklıkta geliştirilen perlitin %15, %30, %60 ve %100 olarak kullanılması ile birlikte blok basınç dayanımları ise sırasıyla %24,76, %38,83, %59,71 ve %76,21 oranında azalmıştır. Zayıf mekanik özelliklerinden dolayı çatlak ilerlemesine karşı direnci

düşük olan agregalar ürünlerin de mekanik özelliklerini azaltabilmektedir [21]. Benzer şekilde, karışımdaki perlit içeriği arttıkça blok basınç dayanımında azalma gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, daha yüksek sıcaklıkta üretilen perlitin daha düşük yoğunlukta olması, P840 kodlu numunelerin basınç dayanımındaki azalmayı daha belirgin hale getirmiştir. Kabay ve Kızılkınat [14] genişmiş perlit agregalı hafif blok çalışmasında, genişmiş perlit agregasının artması ile basınç dayanımında azalma olduğu ve en yüksek basınç dayanımının ise en düşük genişmiş perlit kullanılan blok ürünlerinden elde edildiğini belirtmişlerdir.

Basınç dayanımı genellikle malzemenin yoğunluğu ile doğrudan ilişkili bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Böylece, yoğunluk azaldıkça dayanımın da genellikle azalacağı öngörülmektedir [11,14]. Blok ağırlıklarının blok basınç dayanımları üzerindeki etkisi Şekil 8'de gösterilmiştir.



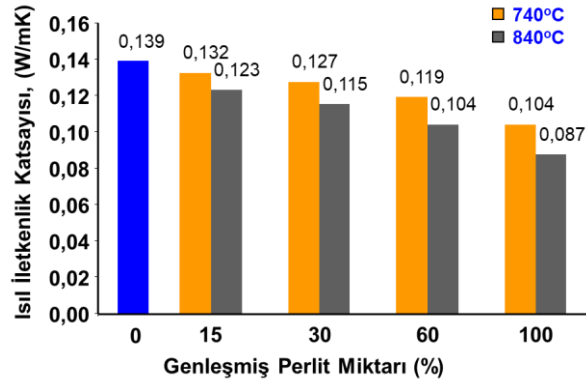
Şekil 8. Blok ağırlıkları ve blok basınç dayanımları ilişkisi.

Özellikle dolgu ve yalıtım amacıyla uygulanacak ve taşıyıcı olmayan duvarlarda uygulama için tercih edilebilecek kâgir blok elemanları için RILEM [22] 3. grup hafif beton limitleri dikkate alındığında kâgir blok için öngörülebilir minimum basınç dayanım değerinin 1,30 MPa'lık değeri sağlaması öngörülebilir olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda saha incelemelerinde edinilen teknik tecrübe ile üretimleri sonrası 1,30 MPa'lık dayanıma ulaşmış kâgir blok elemanları gerek nakliye sırasında gerekse şantiye ortamında taşınması sürecinde blok elemanı zayıflarının teknik bir görüş olarak eşik değeri kabul edilebileceğini göstermiştir. Diğer bir deyişle bu dayanım değerinden daha düşük mukavemet değerlerine sahip blok elemanlarının zayıfların oluşturma riski yüksektir [13]. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, P740-100 ve P840-100 kodlu ve %100 genişmiş perlit agregaları kullanılarak üretilen HBB ürünlerinin kullanım aşamasında dayanımından kaynaklı zayıfların oluşabileceği göz önünde bulundurularak değerlendirilmeleri önem kazanmaktadır.

3.3. HBB Örneklerinde Isı İletkenlik

Hafif beton blok ürünlerinin en önemli özelliklerinden birisi de gözenekliliğinde bir fonksiyonu olarak düşük yoğunluk değerlerinde sağladıkları ısı yalıtım performans özelliğidir. Bu özelliğin analiz edilmesi amacıyla, blok örneklerinin ısı iletkenlik katsayıları

sıcak kutu (hot-box) yöntemine göre ölçülmüştür. Analiz sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Kullanılan genişmiş perlit miktarına karşın blokların ısı iletkenlik katsayıları.

Isı iletkenlik analiz bulguları incelendiğinde görüldüğü gibi, en düşük ısı iletkenlik değeri 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit agreganın %100 oranında kullanılması ile üretilen HBB örneklerinde tespit edilmiştir. Hafif beton örnekleri için elde edilen ısı iletkenlik değeri aralığı 0,139 – 0,087 W/mK arasında değişim göstermektedir. Ayrıca, gözenekliliğin daha fazla ve yoğunluğun daha düşük olduğu 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit agregalı HBB örneklerinin tamamının ısı iletkenlik değerlerinin 740 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit agregalı HBB örneklerinin ısı iletkenlik değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Çizelge 2 ve Şekil 9 birlikte incelendiğinde, blokların ısı iletkenlik katsayılarının blokların kütledeki azalmaya bağlı olarak azaldığı kolayca fark edilebilmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 740 °C ve 840 °C sıcaklıkta geliştirilmiş iki farklı genişmiş perlit agregası %15, %30, %60 ve %100 oranlarında pomza agregası ile yer değiştirilerek hafif beton blok örnekleri üretilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre;

1. Her iki tür genişmiş perlit kullanımının artması ile hafif betonların taze ve sertleşmiş yoğunluklarının azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle, 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit kullanımının daha düşük agrega yoğunluğuna bağlı olarak hafif betonun taze ve sertleşmiş yoğunluğunu azaltma etkisi daha fazla tespit edilmiştir.
2. Hafif beton blokların her iki tür genişmiş perlit kullanımında da kâgir blok birim ağırlıklarını azalttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, 840 °C sıcaklıkta geliştirilen perlit agreganın etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.
3. 740 °C ve 840 °C sıcaklıkta geliştirilmiş iki farklı genişmiş perlit agregası kullanımı ile birlikte blokların basınç dayanımının azaldığı gözlemlenmiştir. Özellikle blokların tamamen genişmiş perlit agregası kullanılarak üretilmesi durumunda basınç dayanımları 1 MPa değerinin altına düşebilmektedir. Bu sebeple kullanım ve taşıma işlemlerinde

ürünlerde istenmeyen deformasyonlar oluşabilecektir. Daha yüksek dayanım arzu edilen durumlarda 740 °C sıcaklıkta geliştirileb perlit kullanımı önerilebilmektedir.

4. Blokların ısı iletkenlik değerleri incelendiğinde, genişmiş perlit kullanımı ile %37.41'e kadar azalma elde edilebilmiştir. Genişmiş perlitin yüksek boşluklu yapısı ve düşük yoğunluğu blokların termal özelliğini iyileştirmede etkili bir değer olmuştur.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, genişmiş perlit agregalı blokların taşıyıcı olmayan, bölme duvar ve dolgu uygulamalarında düşük ısı iletkenlik değerleri ile birlikte efektif olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1]Gündüz L, Kalkan ŞO. Lightweight cellular hollow concrete blocks containing volcanic tuff powder, expanded clay and diatomite for non-load bearing walls. *Teknik Dergi* 2020; 31(6): 10291–10313.
- [2]Gündüz L. Use of quartet blends containing fly ash, scoria, perlitic pumice and cement to produce cellular hollow lightweight masonry blocks for non-load bearing walls. *Construction and Building Materials* 2008; 22(5): 747–754.
- [3]Türkmenoğlu AG, Tankut A. Use of tuffs from central turkey as admixture in pozzolanic cements: assessment of their petrographical properties. *Cement and Concrete Research* 2002; 32(4): 629–637.
- [4]Faella G, Manfredi G, Realfonzo R. Cyclic Behaviour of Tuff Masonry Walls under Horizontal Loading. In: *Proc. 6th Can. Mason. Symp., Canada*. 1992; 317–328.
- [5]Kalkan ŞO, Gündüz L. The influence of anhydrite iii as cement replacement material in production of lightweight masonry blocks for unreinforced non-load bearing walls. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies* 2022; 7(4): 322–338.
- [6]Standards AB of A. Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02 and Volume 04.03. In: *ASTM* 2002.
- [7]Gündüz L. A technical report on lightweight aggregate masonry block manufacturing in turkey. *Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey* 2005: 1–110.
- [8]Şapcı N, Gündüz L, Yağmurlu F. Usage of aksaray ignimbrites as natural lightweight aggregate and evaluation of the production for lightweight hollow masonry units. 2014.
- [9]Al-Tamimi AS, Al-Amoudi OSB, Al-Osta MA, Ali MR, Ahmad A. Effect of insulation materials and cavity layout on heat transfer of concrete masonry hollow blocks. *Construction and Building Materials* 2020; 254: 119300.
- [10]Al-Hadhrami LM, Ahmad A. Assessment of thermal performance of different types of masonry bricks used in saudi arabia. *Applied Thermal Engineering* 2009; 29(5–6): 1123–1130.
- [11]Sengul O, Azizi S, Karasmanoglu F, Tasdemir MA. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete. *Energy and Buildings* 2011; 43(2–3): 671–676.
- [12]The Portland Cement Association. *Concrete masonry units*. 2016.
- [13]Gündüz L, Kalkan ŞO. Kâgir blok üretiminde farklı orijinli iki pomzanin performansları üzerine

karşılaştırmalı bir analiz: tomarza ve tatvan örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022; 25(4): 537–555.

[14]Kabay N, Kızılkanaat AB. Mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından geliştirilmiş perlit agregalı hafif blok. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* 2019; 24(3): 47–58.

[15]Yıldırım ST, Erman B. Bims agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı hafif kompozit harçların özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2018; 1(1): 47–52.

[16]Gündüz L, Kalkan ŞO. Perlit geliştirilmede sıcaklık değişiminin agrega karakteristiğine etkileri üzerine bir inceleme-yeni bir yaklaşım. *Konya Journal of Engineering Sciences/Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2023; 11(1): 21–40.

[17]Turkish Standards Institution. *TS EN 771-3+A1, Specification for Masonry Units - Part 3: Aggregate Concrete Masonry Units (Dense and Lightweight Aggregates)*. 2015.

[18]British Standards Institution. *BS 1881: Part 125, Testing Concrete. Methods for Mixing and Sampling Fresh Concrete in the Laboratory*. 1986.

[19]British Standards Institution. *BS 1881: Part 114, Testing Concrete. Methods for Determination of Density of Hardened Concrete*. 1983.

[20]British Standards Institution. *BS 6073: Part 1, Precast Concrete Masonry Units. Specification for Precast Concrete Masonry Units*. 1981.

[21]Mo KH, Lee HJ, Liu MYJ, Ling T-C. Incorporation of expanded vermiculite lightweight aggregate in cement mortar. *Construction and Building Materials* 2018; 179: 302–306.

[22]Rilem LC. Functional classification of lightweight concrete. *Mater. Struct* 1978; 11: 281–283.

EFFECT OF ALUMINUM ADDITION ON MAGNESIUM/PUMICE COMPOSITES

MAGNEZYUM/POMZA KOMPOZİTLERİNE ALÜMİNYUM İLAVESİNİN ETKİSİ

Fevzi KELEN^a, Demet SEVİN TİMUR^b, Tarık AYDOĞMUŞ^c,

^a Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye, E-posta: fkelen@yyu.edu.tr

^b Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye, E-posta: demet065@hotmail.com

^c Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye, E-posta: aydogmus@yyu.edu.tr

Özet

Mevcut çalışmada, %20 (hacimce) pomza takviyeli, Al alaşımlı (%2 ve %4, ağırlıkça) Mg matrisli kompozit malzemeler sıcak presleme yöntemi ile üretilmiştir. Pomzanın yüksek SiO₂ içeriğinden faydalanılarak in-situ Mg₂Si ve MgO bileşikleri oluşturulmuştur. Bu fazların varlığı XRD analizleri ile doğrulanmıştır. Üretilen kompozitlerin yoğunluklarının hesaplanan teorik yoğunluk değerlerine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Al oranının artması ile yoğunluğun arttığı saptanmıştır. Pomzanın mikroyapı içerisinde oldukça homojen dağıldığı, az da olsa bazı bölgelerde topaklanmanın meydana geldiği görülmüştür. Akma mukavemeti, basma dayanımı ve kırılma birim şekil değişimi gibi mekanik özellikler oda sıcaklığında uygulanan basma testi ile belirlenmiştir. Akma mukavemetinin sadece pomza içeren kompozite göre, ağırlıkça %2 Al ilavesi ile arttığı, %4 Al eklendiğinde ise azaldığı görülmüştür. Diğer taraftan artan Al miktarına bağlı olarak basma dayanımının arttığı kırılma birim şekil değişiminin ise değişmediği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Magnezyum, Pomza, Alüminyum, Mikroyapı, Mekanik Özellikler

Abstract

In the present study, Mg matrix composite materials reinforced with pumice (20% by volume), and alloyed with Al (2% and 4%, by weight) were produced by hot pressing technique. In-situ Mg₂Si and MgO compounds were formed by taking advantage of the high SiO₂ content of pumice. The existence of these phases was confirmed by XRD analysis. It was observed that the densities of the produced composites were quite close to the calculated theoretical ones. It was determined that the density increased with the increase of the Al content. The pumice was distributed quite homogeneously in the microstructure although little agglomeration occurred in some areas. Mechanical properties such as yield strength, compressive strength and fracture strain were determined by compression test carried out at room temperature. It was found that, the yield strength increased with the addition of 2% Al by weight, and decreased when 4% Al was added, compared to the composite containing only pumice. On

the other hand, it was observed that the compressive strength values increased and fracture strains remained same with the increasing Al amount.

Keywords: Magnesium, Pumice, Aluminum, Microstructure, Mechanical Properties

1. Giriş

Yerkürede en yaygın bulunan sekizinci element olan magnezyum (Mg), 1.738 g/cm³lük yoğunluğu ile tüm yapısal metalik malzemeler arasında en hafifidir. Düşük yoğunluğun yanı sıra yüksek özgül dayanım, iyi dökülebilirlik, kolay geri dönüşüm, yüksek ısı iletkenlik, yüksek boyutsal kararlılık ve mükemmel sönümleme kapasitesi gibi üstün özelliklere sahiptir. Mg spesifik özellikleri nedeniyle başta otomotiv olmak üzere birçok sektörde sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat düşük süneklik, zayıf korozyon dayanımı, yüksek sıcaklıklarda yetersiz mukavemet ve kötü sürünme direnci gibi dezavantajları demir, çelik ve alüminyuma (Al) kıyasla gerek otomotiv gerekse de diğer alanlarda daha az tercih edilmesine neden olmaktadır [1-4]. Mg'un düşük mekanik özellikleri ya alaşımlama ya da kompozit malzeme yaklaşımı ile iyileştirilmeye çalışılmıştır. Alaşımlama çalışmalarında yüksek maliyet ve yüksek sıcaklıklarda düşük dayanım ciddi dezavantaj teşkil etmiştir. Kompozit yaklaşımında ise zayıf ıslatılabilirlik, istenmeyen ikincil fazlar ve porozite oluşumu sünekliğin kritik değerlerin altına düşmesine neden olmuştur. Bu sebeplerden takviye materyallerinin katı veya sıvı matris içerisinde sentezlenerek (in-situ) zayıf mekanik özellikler bertaraf edilmeye çalışılmıştır [5-10]. Bu bağlamda Al₂O₃, B₄C, TiC, TiB₂, SiC, Mg₂Si ve MgO gibi materyaller güçlendirici olarak sıklıkla tercih edilmiştir [11-20]. Bunlar arasında, Mg₂Si ve MgO, düşük yoğunluk, yüksek elastik modül, mükemmel termal kararlılık, yüksek mukavemet ve yüksek erime sıcaklığı gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Bu bileşiklerin matris faz içerisinde sentezlenerek elde edilmesi amacıyla üretilen Mg matrisli in-situ kompozitlerde takviye elemanı olarak silisyum, silika, pirinç kabuğu ve kül gibi materyaller yaygın olarak kullanılmıştır [21-26]. Si/SiO₂ ile takviye edilen Mg matrisli in-situ kompozitlerde, erime sıcaklığının üzerindeki sentezlemelerde, kaba ikincil faz teşekkülü, matris fazın yüksek buhar basıncı ve matris/takviye materyallerinin ortamdaki çeşitli kirlenmeler ile kimyasal etkileşiminin mekanik özellikleri

negatif etkilediği gözlenmiştir. Ancak bu olumsuzlukların optimum sıcaklık tercihi, koruyucu atmosfer seçimi ve ısıtma işlemleri ile bertaraf edilebileceği belirtilmiştir. Bu takviye elemanları ile yapılan katı faz sentezlemelerinde ise küçük ikincil faz boyutu, homojen mikroyapı dağılımı, temiz ve güçlü ara yüzey bağ oluşumunun elastik modül, akma mukavemeti, çekme dayanımı, süneklik ve sertlik gibi mekanik özelliklerde önemli ölçüde iyileşme sağladığı saptanmıştır. Ayrıca bu kompozit malzemelerin kırılma yüzeylerinin mat ve pürüzlü olduğu ve kırılmadan önce plastik deformasyon sergiledikleri tespit edilmiştir. Pirinç kabuğu ve kül ile yapılan katı faz birleşimlerinde, Mg_2Si ve MgO bileşiklerinin başarılı bir şekilde sentezlendiği, küçük tane boyutu ve düzgün bir mikroyapının elde edildiği ifade edilmiştir. Bunların yanı sıra bu in-situ kompozitlerin aynı yöntem ve süreç parametreleri kullanılarak üretilen malzemelere göre daha iyi mekanik özelliklere sahip oldukları belirtilmiştir [27-36].

Mevcut çalışmada bünyesinde yüksek oranda (%76), SiO_2 ihtiva eden pomza ile takviye edilerek Mg esaslı kompozitler geliştirilmiştir. Mg ve SiO_2 'nin kimyasal reaksiyona girmesi sağlanarak kompozit mikroyapısı içerisinde in-situ Mg_2Si ve MgO fazlarının sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında kompozitlere Al ilave edilerek mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

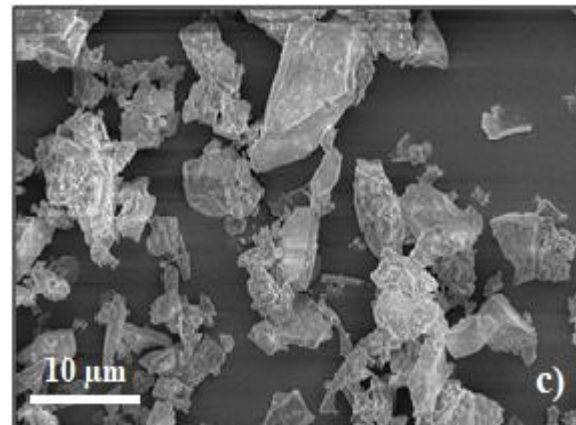
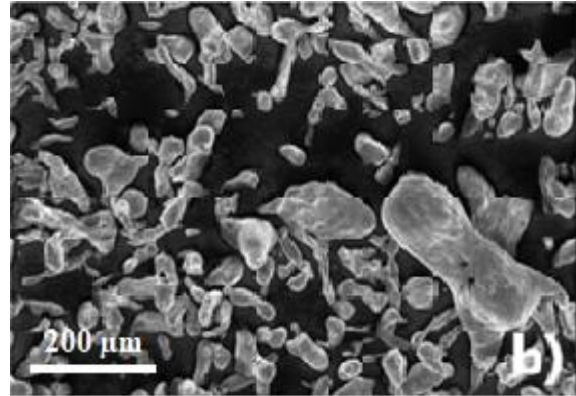
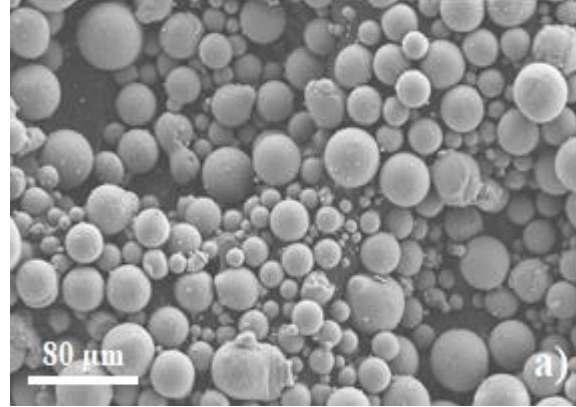
2. Materyal ve Metot

Deneysel çalışmalarda matris malzemesi, takviye materyali ve alaşım elementi olarak sırası ile Mg, pomza ve Al tozları kullanılmıştır. Mg tozları Nanografi Nano Teknoloji A.Ş., pomza tozları Aksaray Pomza Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. ve Al tozları Nanokar Kimyevi Maddeler Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. firmalarından temin edilmiştir. Tüm tozlar 45 mikrondan küçük olup, yüksek saflıkta argon gazı ortamında muhafaza edilmiştir. Kompozit üretiminde pomza oranı hacimce %20 sabit tutularak %2 ve %4 oranında ağırlıkça Al ilave edilmiştir. Tek eksenli sıcak presleme tekniği kullanılarak saf Mg, Mg-20Pomza, Mg-20Pomza-2Al ve Mg-20Pomza-4Al olmak üzere dört farklı numune imal edilmiştir. Referans numune ve kompozit malzemelerin üretiminde basınç 50 MPa, sıcaklık 600°C ve süre 1 saat olarak uygulanmıştır. Üretimi argon gazı ortamında gerçekleştirilen malzemelerden, tel erezyon yöntemi ile 4x4x6 mm³ boyutlarında numuneler elde edilmiştir. Bu malzemelerin yüzeyleri zımpara kağıtları (800, 1000, 1200) ile temizlenerek yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. Arşimet metodundan faydalanılan ölçümlerde Precisa LS 220A model, 220 g kapasiteli ve 0.0001 g hassasiyetli analitik terazi ve yoğunluk kiti kullanılmıştır. Metalografik analizler için numuneler sırasıyla standart zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuş ve ultrasonik temizlemeye maruz bırakılmışlardır. PANalytical marka Epyrean model cihaz kullanılarak gerçekleştirilen XRD analizleri 20-90° 2θ açılarında, 2°/dakika tarama hızında yapılmıştır. ZEISS Sigma 300 model cihaz vasıtasıyla yapılan SEM/EDS analizleri ise dağlanmış numunelerde gerçekleştirilmiştir. Dağlayıcı olarak %5 nital çözeltisi kullanılmıştır. Akma mukavemeti, basma dayanımı ve sünekliğin bir ölçüsü olarak kırılma birim şekil değişimi gibi mekanik özellikler Raagen Malzeme Test Makineleri San. Tic. Ltd. Şti. tarafından üretilmiş bilgisayar kontrollü, 30 kN yük kapasiteli, üniversal çekme-basma test cihazı

kullanılarak, oda sıcaklığında ve 0.5mm/dk test hızında yapılan basma deneylerinden belirlenmiştir.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Şekil 1'de başlangıç tozlarına ait SEM görüntüleri verilmiştir. Bu görüntülerden Mg tozlarının küresel, Al tozlarının yuvarlak ve lifimsi, pomza tozlarının ise düzensiz ve keskin kenarlı şekillerde olduğu belirlenmiştir. XRD çalışmaları sonucunda ise Mg ve Al tozlarına ait pikler net bir şekilde gözlenirken amorf yapıdaki pomzada piklere rastlanmamıştır.



Şekil 1. Başlangıç tozlarına ait SEM görüntüleri; a) Mg, b) Al ve c) pomza.

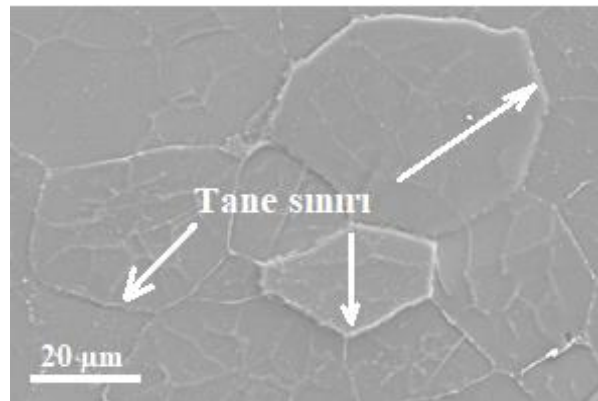
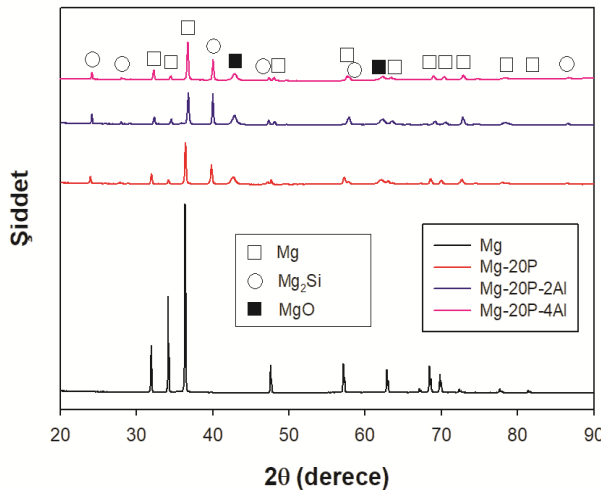
Referans (saf Mg) ve kompozit numunelerin yoğunlukları dört farklı ölçüm gerçekleştirilerek Arşimet metodu ile tespit edilmiştir. Teorik yoğunluklar ise

karışım kuralından hesaplanmıştır. Çizelge 1'de üretilen numunelerin teorik yoğunluk, gerçek yoğunluk ve gözeneklilik (porozite) değerleri verilmiştir. Saf Mg numunede %0.37'lik bir gözeneklilik tespit edilirken kompozit malzemelerde gözenekliliğin negatif değerler aldığı saptanmıştır. Bu durumun, ortalama yoğunluk değerlerinin teorik yoğunluk değerlerinden daha büyük olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Pomza içeriğindeki SiO₂ matris faz ile reaksiyona girerek Mg₂Si ve MgO fazlarını oluşturmaktadır. Bu fazların yoğunlukları sırası ile 1.99 g/cm³, 3.58 g/cm³'tür. Dolayısıyla bu fazların oluşması kompozitlerin yoğunluğunu arttırmış ve porozite miktarlarının negatif değerler (fiziksel olarak olanaksız) almasına neden olmuştur. Fakat kompozitlerde bir miktar gözenek oluşumu kaçınılmaz olup, bu durum, SEM analizleriyle (Şekil 3) de doğrulanmıştır. Üretilen dört farklı numuneye ait XRD analizi sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Referans numune yalnızca Mg piklerini içerirken, kompozit numunelerin tamamında Mg piklerine ek olarak Mg₂Si ve MgO fazlarına ait pikler de net bir şekilde gözlenmiştir. Takviye elementinin kullanılmadığı ve ilave olarak herhangi bir alaşım elementinin bulunmadığı sıcak preslenmiş Mg'a ait grafik incelendiğinde oluşan bütün piklerin Mg'a ait olduğu görülmüştür. Şekil 2 incelendiğinde Mg numunesinde oksitlenme ya da karbürleşmenin meydana gelmediği görülmektedir. Bu da tozların saklama koşullarının uygunluğunu ve üretimin başarılı bir şekilde yapıldığını ortaya koymaktadır. Kompozit numunelerde Al ve Mg₁₇Al₁₂ piklerine rastlanılmamıştır. Bu durum eklenen Al alaşım elementinin büyük bir kısmının matris içerisinde çözüldüğünü geri kalan kısmının ise pomza (SiO₂) ile reaksiyona girdiğini göstermektedir. Referans numune ve kompozitlerin SEM görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Referans numune Mg tanelerinden oluşurken kompozitler matris faza ilaveten pomza, Mg₂Si ve MgO fazlarını da içermektedir. Pomza tozunun tüm kompozitlerde homojen bir dağılım sergilediği, ancak, ara ara topaklanmaların oluştuğu belirlenmiştir

çözündüğü belirlenmiştir. Kompozitlerin üretim sıcaklığı ve süresi Mg'un sinterlenmesi ve alaşım elementinin matris içinde çözünmesi için yeterli iken çok daha yüksek erime sıcaklığına sahip olan pomza tozlarının birbirleri ile sinterlenmesi için kâfi gelmemiştir. Bu durum pomza tozları arasında gözenek ve çatlak oluşumuna neden olmuştur.

Çizelge 1. Üretilen numunelerin teorik yoğunluk, gerçek yoğunluk ve gözeneklilik değerleri

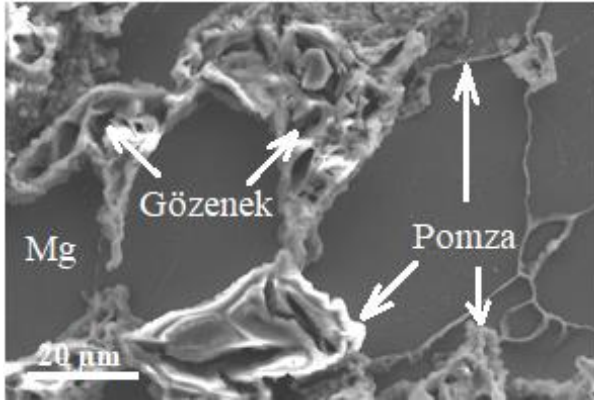
Numune Adı	Teorik Yoğ. (g/cm ³)	Ger. Yoğ. (g/cm ³)	Ort. Yoğ. (g/cm ³)	Porozite (%)
Mg	1.738	1.726	1.732 ± 0.007	0.37
		1.728		
		1.730		
		1.742		
Mg-20P	1.860	1.908	1.876 ± 0.053	-0.84
		1.921		
		1.873		
		1.802		
Mg-20P-2Al	1.870	1.861	1.886 ± 0.017	-0.88
		1.902		
		1.890		
		1.894		
Mg-20P-4Al	1.880	1.910	1.901 ± 0.017	-1.12
		1.920		
		1.897		
		1.879		



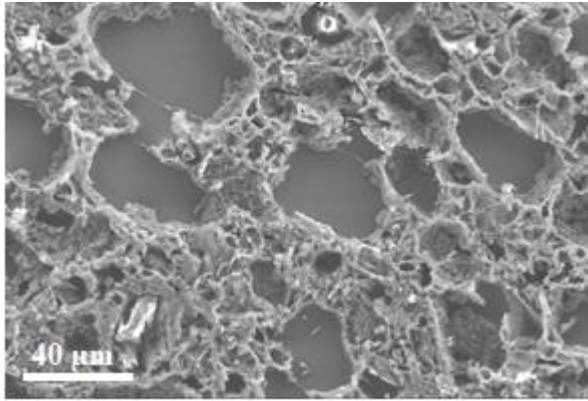
(a)

Şekil 2. Referans ve kompozit malzemelerin XRD desenleri.

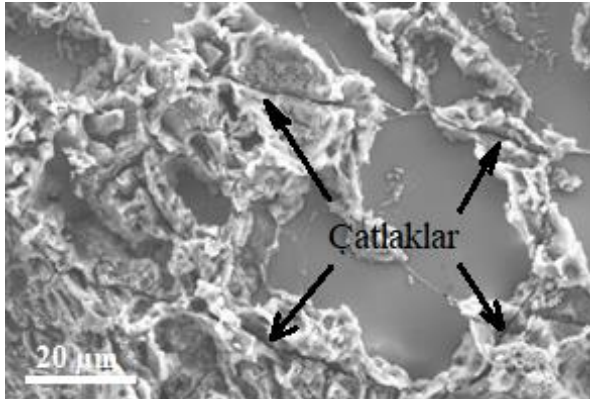
Mikroyapıdaki gözenek teşekkülünün pomza tozları arasında meydana geldiği tespit edilmiştir. EDS analizleri ile ilave edilen Al'un matris faz (Mg) içerisinde



(b)



(c)

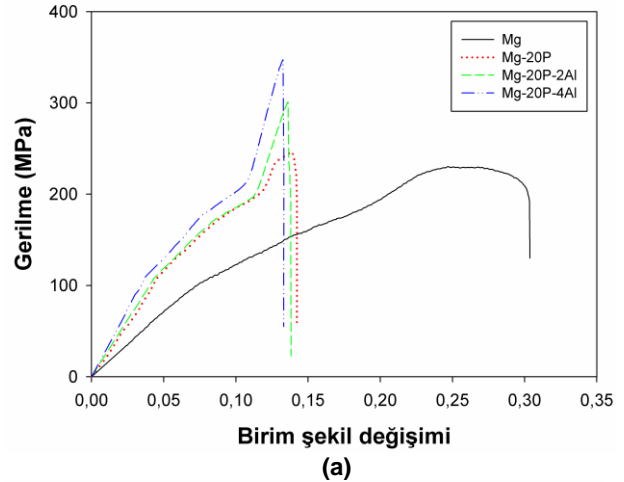


(d)

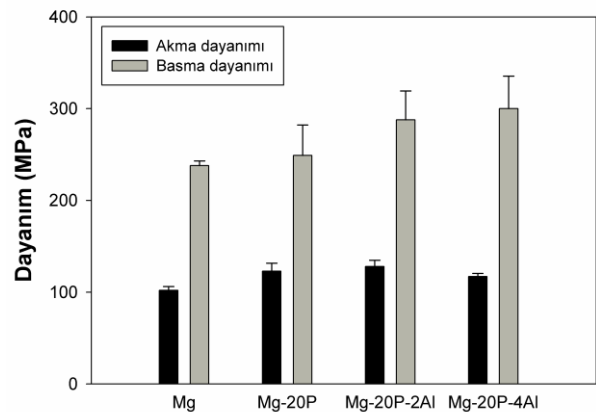
Şekil 3. a) Mg, b) Mg-20P, c) Mg-20P-2Al, d) Mg-20P-4Al SEM görüntüleri.

Referans malzeme ve kompozit numunelere ait gerilim-birim şekil değişimi grafikleri Şekil 4'te verilmiştir. Takviye ilavesi sonucunda saf Mg'un akma ve basma dayanımı artarken kırılma birim şekil değişimi önemli oranda azalmıştır. Kompozitlerde akma mukavemetinin, ağırlıkça %2 oranında Al ilave edilmesiyle az da olsa arttığı %4 Al ilave edildiğinde ise azaldığı saptanmıştır. Al ilavesinin kompozitlerin basma dayanımını artırdığı, kırılma birim şekil değişimini ise etkilemediği tespit edilmiştir. Saf magnezyumun 238 ± 5.18 MPa olan basma dayanımı %20 pomza takviyesiyle 249 ± 33.28 MPa'a; %2Al ilavesiyle 288 ± 31.3 MPa'a ve %4Al

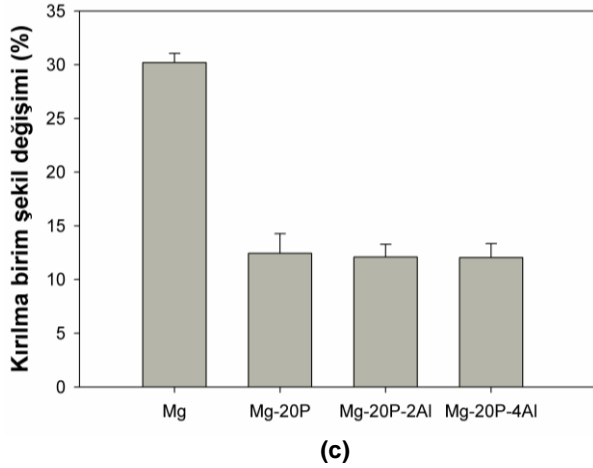
ilavesiyle de 300 ± 35.56 MPa değerine çıkmıştır. 102 ± 4.16 MPa olan referans numunenin akma mukavemetinin hacimce %20 pomza takviyesiyle 123 ± 8.54 MPa'a, ağırlıkça %2Al ilavesiyle de 128 ± 6.73 MPa'a çıkarılabileceği sonucuna varılmıştır. Saf Mg'un ortalama akma mukavemetinde hacimce %20 pomza ilavesi sonucunda %20'lik bir artış saptanmıştır. Diğer taraftan %4Al ilavesiyle de 117 ± 3.49 MPa değerine düştüğü görülmüştür. Ortalama kırılma birim şekil değişimi değerlerine bakıldığında referans numune için 30.2 ± 0.85 değerinde olduğu; Mg-20P için 12.45 ± 1.82 ; Mg-20P-2Al için 12.1 ± 1.18 ve Mg-20P-4Al için de 12.06 ± 1.3 değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Kırılma birim şekil değişimindeki düşüşün esas nedeni Al ilavesinden çok hacimce %20 oranında pomza takviye edilmesidir. Al ilavesi Şekil 4'den de görüleceği üzere kırılma birim şekil değişimlerinde çok az bir düşüşe neden olmuştur. Akma ve özellikle basma dayanımı değerlerinde görülen yüksek standart sapmaların sebebi ilave edilen pomza oranının oldukça yüksek olması ve buna bağlı olarak kompozitlerin oldukça kırılmalı hale gelmesine atfedilmiştir. Yüksek pomza içeriği her ne kadar in-situ kompozitlerin kırılma birim şekil değişimi değerlerinde önemli bir düşüşe neden olmuşsa da akma dayanımı değerlerinde referans numuneye kıyasla anlamlı derecede artışlar elde edilmesini sağlamıştır. Diğer taraftan Al ilavesi de akma dayanımını fazla değiştirmezken basma dayanımında önemli kazanımlar sağlamıştır.



(a)



(b)



Şekil 4. Üretilen numunelere ait a) gerilme-birim şekil değişimi grafiği, b) dayanım değerleri, c) kırılma birim şekil değişimleri.

4.Sonuç

Mevcut çalışmada Mg matrisli kompozitler tek eksenli sıcak presleme tekniği ile üretilmiştir. Pomza takviyesi ile kompozit mikroyapısında in-situ Mg_2Si ve MgO fazları oluşturulmuştur. Sonrasında kompozit numunelere Al ilave edilerek mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Kompozitlerin ölçülen yoğunluklarının teorik yoğunluklara oldukça yakın olduğu saptanmış, Al (yoğunluğu 2.7 g/cm^3) ilavesi ile yoğunluk değerlerinin arttığı gözlenmiştir. In-situ fazların (Mg_2Si ve MgO) yoğunluklarının Mg'dan fazla olması ölçülen deneysel yoğunluk değerlerinin hesaplanan teorik yoğunluk değerlerinden daha fazla olmasına neden olmuştur.
- XRD analizleri sonucunda matris fazına ilaveten pomzada bulunan SiO_2 ve Mg'un kimyasal reaksiyona girmesi ile oluşan in-situ Mg_2Si ve MgO fazlarının da mikroyapıda yer aldığı belirlenmiştir.
- SEM incelemelerinde pomzanın oldukça homojen bir dağılım sergilediği gözlenmiş az da olsa pomza tozlarının mikroyapı içerisinde yer yer topaklandığı bölgelerin de bulunduğu tespit edilmiştir.
- Kompozitlerde akma mukavemetinin ağırlıkça %2 Al ilavesi ile arttığı, %4 Al eklenmesi durumunda ise azaldığı bulunmuştur. Basma dayanımının Al ilavesi ile arttığı kırılma birim şekil değişiminin ise değişmediği gözlenmiştir. Kompozit malzemelerin yüksek pomza içeriğinden dolayı gevrek kırılma davranışı sergiledikleri gözlenmiştir.
- Pomza tozunun Mg'un düşük mekanik özelliklerini iyileştirmede takviye elemanı olarak kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiştir. Al ilavesi ile de özellikle basma dayanımının artırılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmaya finansal olarak sağladığı katkıdan dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAP) teşekkürlerimizi sunarız (Proje No: FYL-2021-9739).

Kaynaklar

[1] Kelen, F, Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri . Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (1-2) , 80-87, 2014.

[2] Kelen, F, Magnezyum ve Alaşımalarının Otomotiv Endüstrisindeki Önemi ve Uygulamaları . Journal of the Institute of Science and Technology, 11(1), 548-562, 2021.

[3] Aghion, E, Bronfin, B, Eliezer, D, The role of the magnesium industry in protecting the environment. Journal of materials processing technology, 117(3), 381-385, 2001.

[4] Friedrich, H, Schumann, S, Research for a "new age of magnesium" in the automotive industry. Journal of Materials Processing Technology, 117(3), 276-281, 2001.

[5] Davis, J, The potential for vehicle weight reduction using magnesium, No: 910551, SEA Technical Paper, Detroit MI, 1991.

[6] Ghassemieh E, Materials in Automotive Application, State of the Art and Prospects. New Trends and Developments in Automotive Industry, Ed: Prof. Marcello Chiaberge, InTech, ISBN: 978-953-307-999-8, UK, 365-394, 2011.

[7] Pekguleryuz, M, O, Kaya, A, A, Magnesium Diecasting Alloys for High Temperature Applications, Magnesium Technology, Ed: Lou, A. A., The Minerals, Metals & Materials Society, USA, 281-287, 2004.

[8] Luo, A, A, Applications: aerospace, automotive and other structural applications of magnesium, In Fundamentals of Magnesium Alloy Metallurgy, Ed: Pekguleryuz, M. O. Kainer, K. U. Kaya, A. A. Woodhead Publishing, Philadelphia, USA, 266-316, 2013.

[9] Schumann, S, Friedrich, H, Current and future use of magnesium in the automobile industry. In Materials Science Forum (Vol. 419, pp. 51-56), 2003.

[10] Mordike, B, L., Ebert, T, Magnesium: properties—applications—potential. Materials Science and Engineering: A, 302(1), 37-45, 2001.

[11] Habibnejad-Korayem, M, Mahmudi, R, Poole, W, J, Enhanced properties of Mg-based nano-composites reinforced with Al_2O_3 nano-particles. Materials Science and Engineering: A, 519(1-2), 198-203, 2009.

[12] Wong, W, L, E, Karthik, S, Gupta, M, Development of high performance Mg- Al_2O_3 composites containing Al_2O_3 in submicron length scale using microwave

- assisted rapid sintering. *Materials Science and technology*, 21(9), 1063-1070, 2005.
- [13] Jiang, Q, C, Wang, H, Y, Ma, B, X, Wang, Y, Zhao, F, Fabrication of B₄C particulate reinforced magnesium matrix composite by powder metallurgy. *Journal of Alloys and Compounds*, 386(1-2), 177-181, 2005.
- [14] Aatthisugan, I, Rose, A, R, Jebadurai, D, S, Mechanical and wear behaviour of AZ91D magnesium matrix hybrid composite reinforced with boron carbide and graphite. *Journal of magnesium and alloys*, 5(1), 20-25, 2017.
- [15] Kevorkijan, V, Davor Škapin, S, Mg/B₄C composites with a high volume fraction of fine ceramic reinforcement. *Materials and Manufacturing Processes*, 24(12), 1337-1340, 2009.
- [16] Wang, H, Y, Jiang, Q, C, Zhao, Y, Q, Zhao, F, Ma, B, X, Wang, Y, Fabrication of TiB₂ and TiB₂-TiC particulates reinforced magnesium matrix composites. *Materials Science and Engineering: A*, 372(1-2), 109-114, 2004.
- [17] Anasori, B, El'ad, N, C, Barsoum, M, W, Fabrication and mechanical properties of pressureless melt infiltrated magnesium alloy composites reinforced with TiC and Ti₂AlC particles. *Materials Science and Engineering: A*, 618, 511-522, 2014.
- [18] Jiang, Q, C, Li, X, L, Wang, H, Y, Fabrication of TiC particulate reinforced magnesium matrix composites. *Scripta Materialia*, 48(6), 713-717, 2003.
- [19] Anbuhezhiyan, G, Mohan, B, Kathiresan, S, Pugazenthi, R, Influence of microstructure and mechanical properties of TiC reinforced magnesium nano composites. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1530-1534, 2020.
- [20] Wang, H, Y, Jiang, Q, C, Wang, Y, Ma, B, X, Zhao, F, Fabrication of TiB₂ particulate reinforced magnesium matrix composites by powder metallurgy. *Materials letters*, 58(27-28), 3509-3513, 2004.
- [21] Muramatsu, H, Kondoh, K, Yuasa, E, T, Mechanical properties of Mg₂Si/Mg composites via powder metallurgy process. *JSME International Journal Series A Solid Mechanics and Material Engineering*, 46(3), 247-250, 2003.
- [22] Mabuchi, M, Kubota, K, Higashi, K, Elevated temperature mechanical properties of magnesium alloys containing Mg₂Si. *Materials science and technology*, 12(1), 35-39, 1996.
- [23] Goh, C, S, Gupta, M, Wei, J, Lee, L, C, Characterization of high performance Mg/MgO nanocomposites. *Journal of composite materials*, 41(19), 2325-2335, 2007,
- [24] Kondoh, K, Oginuma, H, Yuasa, E, Aizawa, T, Solid-state synthesis of Mg₂Si from Mg-Si mixture powder. *Materials Transactions*, 42(7), 1293-1300, 2001.
- [25] Umeda, J, Kondoh, K, Kawakami, M, Imai, H, Powder metallurgy magnesium composite with magnesium silicide in using rice husk silica particles. *Powder technology*, 189(3), 399-403, 2009.
- [26] Huang, Z, Yu, S, Microstructure characterization on the formation of in situ Mg₂Si and MgO reinforcements in AZ91D/Flyash composites. *Journal of alloys and compounds*, 509(2), 311-315, 2011.
- [27] Li, G. H, Gill, H. S, Varin, R, A, Magnesium silicide intermetallic alloys. *Metallurgical transactions A*, 24(11), 2383-2391, 1993.
- [28] Mabuchi, M, Higashi, K, Strengthening mechanisms of Mg/Si alloys. *Acta Materialia*, 44(11), 4611-4618, 1996.
- [29] Kondoh, K, Oginuma, H, Yuasa, E, Aizawa, T, Solid-state synthesis of Mg₂Si from Mg-Si mixture powder. *Materials Transactions*, 42(7), 1293-1300, 2001.
- [30] Kondoh, K, Oginuma, H, Tuzuki, R, Aizawa, T, Magnesium matrix composite with solid-state synthesized Mg₂Si dispersoids. *Materials Transactions*, 44(4), 611-618, 2003.
- [31] Aizawa, T, Song, R, Mechanically induced reaction for solid-state synthesis of Mg₂Si and Mg₂Sn. *Intermetallics*, 14(4), 382-391, 2006.
- [32] Trojanová, Z, Gärtnerová, V, Jäger, A, Námešný, A, Chalupová, M, Palček, P, Lukáč, P, Mechanical and fracture properties of an AZ91 Magnesium alloy reinforced by Si and SiC particles. *Composites Science and technology*, 69(13), 2256-2264, 2009.
- [33] Seth, P, P, Singh, N, Singh, M, Prakash, O, Kumar, D, Formation of fine Mg₂Si phase in Mg-Si alloy via solid-state sintering using high energy ball milling. *Journal of Alloys and Compounds*, 821, 153205, 2020.
- [34] Deepakaravind, V, Gopal, P, Azhagiri, P, Sathishkumar, P, WITHDRAWN: Ductility properties analyses in nano silicon particulate reinforcement on AZ91 Magnesium metal matrix composites using friction stir processing. *Materials Today: Proceedings*, 2021.
- [35] Umeda, J, Kondoh, K, Kawakami, M, Imai, H, Powder metallurgy magnesium composite with magnesium silicide in using rice husk silica particles. *Powder technology*, 189(3), 399-403, 2009.
- [36] Huang, Z, Yu, S, Microstructure characterization on the formation of in situ Mg₂Si and MgO reinforcements in AZ91D/Flyash composites. *Journal of alloys and compounds*, 509(2), 311-315, 2011.

The Effect of Alkali Solution on the Properties of Lightweight Geopolymer Concrete Containing Perlite and Pumice

Pomza ve Perlitli Hafif Geopolimer Betonlarda Alkali Çözeltisinin Özelliklere Etkisi

Murat Demirel^a, Ali Öz^b, Barış Bayrak^c, Gökhan Kaplan^d, Abdulkadir Cüneyt Aydın^e

^a Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, E-posta: dmrlmurat12@gmail.com

^b Atatürk Üniversitesi, Narman Meslek Yüksek Okulu, Erzurum, Türkiye, E-posta: alioz@atauni.edu.tr

^c Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kars, Türkiye, E-posta: bbayrak@kafkas.edu.tr

^d Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Erzurum, Türkiye, E-posta: gkaplan@atauni.edu.tr

^e Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Erzurum, Türkiye, E-posta: acaydin@atauni.edu.tr

Özet

Geleneksel beton üretiminde kullanılan en yaygın inşaat malzemesi çimentodur. Çimento günümüzde beton üretimi için çok önemli bir yere sahiptir. Geleneksel beton üretiminde kullanılan Portland çimentonun en önemli dezavantajlarından bir tanesi, üretim aşamasında çevreye salınan CO₂ miktarıdır. Bu noktada daha çevreci bir beton türü olan geopolimer beton son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı olmaktadır. Bu çalışma kapsamında da pomza ve perlit kullanılarak üretilen geopolimer betonda, alkali aktivatör oranındaki değişimin (2, 2,5 ve 3) geopolimer betonun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Mekanik özelliklerin tespiti için basın ve eğilme deneyleri, fiziksel özelliklerin tespiti için su emme oranı, birim ağırlık deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca yüksek sıcaklığa (150 °C, 300 °C ve 600 °C) maruz bırakılan numunelerin ağırlık kaybı ve basınç dayanımları da deneysel olarak tespit edilmiştir. Aktivatör oranının artması pomza kullanılan numunelerde basınç ve eğilme dayanımında azalmaya, perlit kullanılan numunelerde ise dayanım artmasına neden olmuştur. Yüksek sıcaklık etkisinde ise hem pomza hem de perlit kullanılan numunelerin ağırlıklarında ve basınç dayanımlarında azalmalar meydana gelmiştir. Dayanım ve ağırlık azalmaları sıcaklığın artması ile artmıştır.

Anahtar kelimeler: Geopolimer beton, pomza, perlit, mekanik özellikler, fiziksel özellikler

Abstract

The most common construction material used in conventional concrete production is cement. Cement has a very important place in concrete production today. One of the most important disadvantages of Portland cement used in conventional concrete production is the amount of CO₂ released to the environment during the production phase. At this point, geopolymer concrete, which is a more environmentally friendly concrete type, has been the focus of attention of researchers in recent years. Within the scope of this study, the effect of the change in alkali activator ratio

(2, 2,5 and 3) on the mechanical and physical properties of geopolymer concrete in geopolymer concrete produced by using pumice and perlite was investigated experimentally. Compression and bending tests were applied to determine the mechanical properties, water absorption and unit weight tests were applied to determine the physical properties. In addition, the weight loss and compressive strength of the samples exposed to high temperatures (150 °C, 300 °C and 600 °C) were determined experimentally. The increase in the activator ratio caused a decrease in the compressive and flexural strength of the samples using pumice, and perlite. In the high temperature effect, the weights and compressive strengths of the samples using both pumice and perlite decreased. Strength and weight reductions increased with increasing temperature.

Keywords: Geopolymer concrete, pumice, perlite, mechanical tests, physical tests

1. Giriş

Geopolimer beton, geleneksel Portland çimentosu yerine doğal veya endüstriyel kaynaklardan elde edilen minerallerin, alüminosilikat bazlı bir bağlayıcı materyal kullanılarak üretilen özel bir yapı malzemesidir [1-3]. Geopolimer beton, gerek yenilikçi bir beton türü gerekse de sürdürülebilir olmasından dolayı son zamanlarda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Bu inovatif beton türü, çevresel etkiyi azaltmak, enerji ve hammadde tüketimini optimize etmek ve dayanıklılık özelliklerini artırmak amacıyla geliştirilmiştir [4-6].

Geopolimerler, alüminosilikat mineralleri ve alkalilere dayalı bir bağlayıcı sistem kullanılarak üretilen polimer benzeri bileşiklerdir. Bu bileşikler, mineral yataklarından çıkarılan doğal malzemeler veya endüstriyel atıklardan elde edilen önemli ölçüde düşük karbon salınımına sahip kaynaklar kullanılarak üretilir. Portland çimentosu üretiminde olduğu gibi klinker yakılmasını gerektirmediğinden, geopolimer beton, üretim sürecinde karbon salınımının yaklaşık yüzde 80 azaltılmasına olanak tanır. Bu nedenle, çevre dostu bir yapı malzemesi olarak kabul edilir [7, 8]. Geopolimer

betonda bağlayıcı olarak genellikle yüksek fırın cürufu, uçucu kül gibi endüstriyel atık malzemeleri kullanılmaktadır. Bu bağlayıcı malzemeler, alkali aktivatörler (sodyum hidroksit, sodyum silikat, potasyum hidroksit ve potasyum silikat) ile bağlayıcı polimerizasyon sürecini başlatır. Bununla birlikte geopolimer betonda mermer tozu, metakaolin, silis dumanı, ince agrega (kum) gibi malzemeler de kullanılmaktadır [9-11].

Geopolimer betonun geleneksel betona göre bir takım avantajları da mevcuttur. Bunlardan ilki ve en önemli düşük karbon salınımidir. Geleneksel betonun üretim aşamasında özellikle klinkerin ve çimento üretimi aşamalarında atmosfere önemli ölçüde karbon dioksit gazı salınımı meydana gelmektedir. Geopolimer beton üretiminde ise bu aşamalar olmadığı için daha çevreci bir beton türüdür [12-14]. Ayrıca geopolimer betonda endüstriyel yan ürünler ve atık malzemelerin tekrardan kullanılması da bir diğer avantajdır. Geopolimer beton geleneksel betona göre daha dayanıklı ve dış etkilere karşı da daha dirençlidir. Geopolimer beton, yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ve yangın durumlarında mukavemetini korur [15-17].

Perlit, doğal olarak oluşan silisli bir mineraldir ve hafif ve izolasyon özellikleri ile bilinir. Perlit, doğal olarak hafif bir yapıya sahiptir. Bu nedenle geopolimer beton karışımında kullanılması ile betonun birim ağırlığını azaltarak hafif bir yapıya sahip olmasına neden olur. Ayrıca, perlitin termal yalıtım özellikleri sayesinde, betonun termal iletkenliği azaltılabilir ve böylece enerji verimliliği artırılabilir. Bununla birlikte yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı bir malzeme olan perlitin geopolimer beton karışımında kullanılması yangın direncini arttırmaktadır [18-20]. Pomza, volkanik aktivite sonucu oluşan hafif ve gözenekli bir malzemedir. Genellikle volkanik lavların hızlı soğuması sonucu oluşur ve yoğunluğu düşük olması nedeniyle hafif agregalar arasında yer alır. Pomza da perlit gibi hafif bir malzeme olmasından dolayı geopolimer beton karışımına eklenerek betonun yoğunluğunu azaltmaktadır. Ayrıca geopolimer betonun termal iletkenliğini de azaltmaktadır. Geopolimer betonun ısı yalıtımı özelliklerini geliştirmek için pomzanın eklenmesi, enerji verimliliğini artırmaya katkıda bulunur. Pomza, ses emilimi ve yalıtımı konusunda iyi bir performans sergiler. Bu nedenle, ses yalıtımı gerektiren uygulamalarda (örneğin, duvarlar, tavanlar), geopolimer beton içinde pomza kullanmak, akustik performansı artırabilir [21-24].

Bu çalışmada sodyum silikat ile sodyum hidroksit oranındaki değişimin, pomza ve perlit kullanılan geopolimer betonun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda altı farklı karışım hazırlanmıştır. Basınç dayanımı, eğilme dayanımı, birim hacim ağırlık, su emme, yüksek sıcaklık etkisinde ağırlık kayıpları ve yüksek sıcaklığa maruz numunelerin basınç dayanımlarına deneysel olarak ulaşılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında basınç dayanımının belirlenmesi için 18 adet, su emme oranının tayini için 18 adet,

yüksek sıcaklık etkisindeki ağırlık kaybı ve basınç dayanımı tayini için 54 adet olmak üzere toplam 90 adet 50x50x50 mm boyutlarında küp numune üretilmiştir. Eğilme dayanımı tayini için ise 18 adet 40x40x160 mm boyutlarında prizma numunesi kullanılmıştır.

2.1. Malzemeler, Numunelerin Üretimi ve Kür Koşulları

Çalışma kapsamında geopolimer beton üretimi için yüksek fırın cürufu (YFC), metakaolin, pomza, perlit, sodyum silikat ve sodyum hidroksit malzemeleri kullanılmıştır. Karışımda kullanılan yüksek fırın cürufu İskenderun OYAK Çimento Fabrikasından temin edilmiştir. Yüksek fırın cürufunun özgül ağırlığı 2,90, özgül yüzey alanı 5090 cm²/gr' dır. Ayrıca yüksek fırın cürufunun kimyasal özellikleri Çizelge 1' de sunulmuştur. Ayrıca karışımda özgül ağırlığı 2,60 ve özgül yüzey alanı 20 cm²/gr metakaolin kullanılmıştır. Karışımda kullanılan metakaolinin kimyasal özellikleri Çizelge 1' de sunulmuştur.

Çizelge 1. Yüksek fırın cürufunun kimyasal özellikleri (%)

Malzeme	YFC	Metakaolin
SiO ₂	37,7	54,3
CaO	34,4	<0,5
Al ₂ O ₃	11,4	43,2
MgO	6,9	<0,2
Fe ₂ O ₃	5,3	<0,8

Çalışmada alkali aktivatör olarak iki farklı malzeme, sodyum hidroksit (NaOH) ve sodyum silikat (Na₂SiO₃), kullanılmıştır. Sodyum hidroksit ve sodyum silikatın özgül ağırlıkları 1,38' dir. Geopolimer üretiminde üç farklı (2;2,5;3) sodyum silikat/sodyum hidroksit oranı kullanılmıştır.

Geopolimer beton karışımlarında 750 kg/m³ bağlayıcı kullanılmıştır. Tüm karışımlarda pomza ve perlitin ağırlıkça oranı aynıdır. Üç adet karışım pomza ile üç adet karışım perlit malzemesi ile üretilmiştir. Çalışmada kullanılan pomza ve perlitin fiziksel özellikleri Çizelge 2' de sunulmuştur.

Çizelge 2. Pomza ve perlitin fiziksel özellikleri

Malzeme	Pomza	Perlit
Tane boyutu (mm)	0-4	0-4
Özgül ağırlık	1,86	1,97
Su emme (%-24 saat için)	16,3	6,5
İncelik modülü	2,95	2,78

Çalışma kapsamında altı farklı geopolimer beton karışımı üretilmiştir. Üç adet karışımda perlit, üç adet karışımda ise pomza kullanılmıştır. Tüm karışımlarda bağlayıcı miktarı (yüksek fırın cürufu), metakaolin, perlit ve pomza miktarları sabit alınmıştır. Sodyum silikat/sodyum hidroksit oranındaki değişimin pomza ve perlitten üretilen geopolimer betonun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde etkisinin tespiti için ise üç farklı oran tercih edilmiştir. Sodyum silikat/sodyum hidroksit oranı 2, 2,5 ve 3 olarak kullanılmıştır. Tüm numunelerde sodyum silikat ve sodyum hidroksitin toplam miktarı sabit tutulmuştur. Tüm karışımlarda

aktivatör oranı 1 m³ için 525 kg olarak alınmıştır. 1 m³ için karışım oranları Çizelge 3' de sunulmuştur.

Çizelge 3. 1 m³ için karışım oranları

Pomza içeren karışım oranları			
Malzeme	Miktar		
	K1	K2	K3
YFC	750	750	750
Metakaolin	100	100	100
Pomza	500	500	500
NaOH	175	150	131,25
Na ₂ SiO ₃	350	375	393,75
Perlit içeren karışım oranları			
Malzeme	Miktar		
	K4	K5	K6
YFC	750	750	750
Metakaolin	100	100	100
Pomza	500	500	500
NaOH	175	150	131,25
Na ₂ SiO ₃	350	375	393,75

Tüm numuneler laboratuvar ortamında 5 litre kapasiteli mikser kullanılarak üretilmiştir. Her bir numuneden üç adet üretilmiş olup sonuçlar bölümünde elde edilen değerler bu üç numunenin ortalaması alınarak grafik ve tablolarda kullanılmıştır. Tüm numunelere 8 saat süre ile ve 80 °C' de sıcaklık kürü uygulanmıştır. 8 saatlik sıcaklık küründen sonra fiziksel ve mekanik deneylere başlanmıştır.

2.2. Test Metotları

Basınç dayanımı, ASTM C 109 [25] standardına göre 50x50x50 mm boyutlarında küp numuneler kullanılarak elde edilmiştir. Eğilme dayanımı, ASTM C 348 [26] standardına göre üç noktalı eğilme deney düzeneği kullanılarak elde edilmiştir. Eğilme dayanımı için 40x40x160 mm boyutlarında prizma deney numuneleri kullanılmıştır.

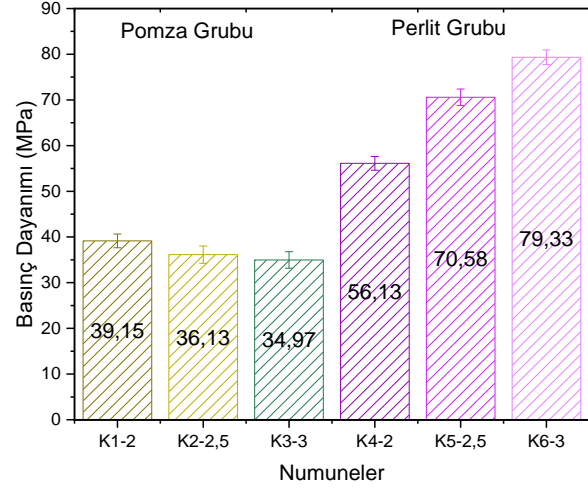
Su emme deneyleri için 50x50x50 mm boyutlarında küp numuneler kullanılmıştır. Su emme deneyleri ASTM C 642 [27] standardına göre uygulanmıştır. Ayrıca numuneler yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra ağırlık kayıpları ve basınç dayanımları deneysel olarak tespit edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda küp numuneler 150 °C, 300 °C ve 600 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Mekanik Test Sonuçları

Perlit ve pomzadan üretilen geopolimer numunelerin mekanik özelliklerinin tespiti için basınç ve eğilme deneyleri uygulanmıştır. Şekil 1' de deney numunelerinin 80 °C sıcaklıkta 8 saat süre ile kür edilmesinden sonraki basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 1' de görüldüğü üzere perlit kullanılan numunelerin basınç dayanımları pomza kullanılan numunelere göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca pomza kullanılan karışımlarda Na₂SiO₃/ NaOH oranının artması dayanımı azaltırken, perlit kullanılan numunelerde bu oranın artması basınç dayanımını da arttırmıştır. Pomza grubunda K1 numunesinde en yüksek basınç dayanımı elde edilmiştir. Bu grupta aktivatör oranının 2,5 ve 3' e çıkarılması basınç dayanımını sırasıyla %7,7 ve % 10,7 oranlarında

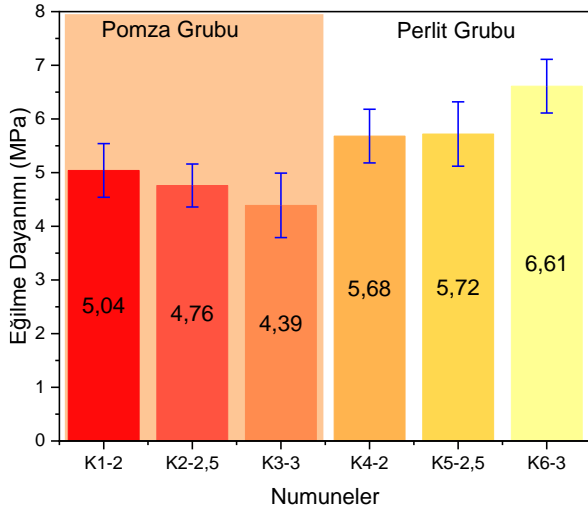
azaltmıştır. Perlit grubunda ise aktivatör oranının 2,5 ve 3' e çıkarılması basınç dayanımını sırasıyla % 25,7 ve %41,3 oranlarında arttırmıştır. Her iki grupta maksimum basınç dayanımı elde edilen numuneler kıyaslandığı zaman, K6 numunesinin basınç dayanımı K1 numunesinden yaklaşık olarak iki kat daha fazla çıkmıştır.



Şekil 1. Basınç dayanımı sonuçları

Perlit malzemesinin yoğunluğunun pomzadan daha fazla olmasından dolayı karışımdaki tane başına daha fazla taşıma kapasitesi sahip olmuştur. Ayrıca perlit taneleri pomzaya göre daha pürüzlü bir yapıya sahip olduğu için matriste geopolimer harcı ile daha iyi bir aderans sağlamıştır. Böylece perlit kullanılan karışımlarda pomzaya göre daha yüksek basınç dayanımına ulaşılmıştır. Bununla birlikte perlit malzemesinin yüzeyinde geopolimer betonun priz alma sürecinde yani geopolimerizasyon sürecindeki kimyasal reaksiyonları pomzaya göre daha iyi bir şekilde katalize etmiş olabilir.

Eğilme dayanımının tespiti için üç noktalı deney düzeneği kullanılmıştır. 80 °C sıcaklığa 8 saat maruz bırakılan numunelerin eğilme dayanımları Şekil 2' de görülmektedir. Basınç dayanımına benzer şekilde perlit kullanılan numunelerin eğilme dayanımları pomzaya göre daha yüksek çıkmıştır. Pomza kullanılan numunelerde aktivatör oranının artması eğilme dayanımını düşürürken, perlit kullanılan numunelerde ise eğilme dayanımını arttırmıştır. Pomza grubunda aktivatör oranının 2,5 ve 3' e çıkarılması eğilme dayanımını sırasıyla %5,6 ve %12,9 oranlarında azaltmıştır. Perlit grubunda ise aktivatör oranının artırılması eğilme dayanımını %0,7 ve %16,4 oranlarında arttırmıştır.



Şekil 2. Eğilme dayanımı sonuçları

3.2. Fiziksel Test Sonuçları

Pomza ve perlit kullanılarak elde edilen geopolimer betonun fiziksel özelliğinin tayini için su emme testi uygulanmıştır. Her bir numunenin 12. dk, 30. dk, 60. dk, 2. saat, 4. saat ve 24. saat ağırlıkları ölçülerek su emmeleri elde edilmiştir. Deney numunelerini su emme değerleri Çizelge 4' de sunulmuştur.

Çizelge 4. Deney numunelerinin su emme değerleri

	Kuru (gr)	12. dk. (gr)	30. dk. (gr)	60. dk. (gr)	2. saat (gr)	4. saat (gr)	24. saat (gr)
K1	238	239	239	239	239	239	239
K2	237	238	238	238	238	238	238
K3	233	234	234	234	234	234	234
K4	257	258	258	258	258	258	258
K5	259	259	259	259	260	260	260
K6	255	256	256	256	256	256	256

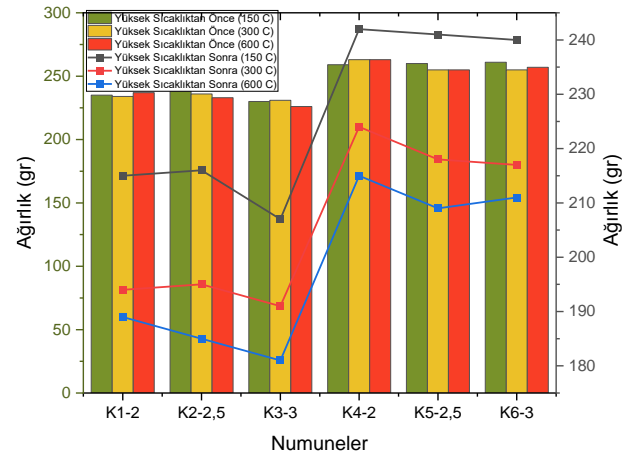
Çizelge 4' den görüldüğü üzere deney numunelerinin su emme değerleri bir birlerine oldukça yakın çıkmıştır. Hem pomza hem de perlit kullanılan numunelerin su emme oranları bir birlerine yakındır.

3.3. Yüksek Sıcaklık Etkisi

Deney numunelerinin yüksek sıcaklık etkisinde ağırlık kayıpları ve basınç dayanımları deneysel olarak tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık etkisi için deney numuneleri 8 saat 80 °C kür sıcaklığına maruz bırakıldıktan sonra 2 saat süreyle 150 °C, 300 °C ve 600 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Şekil 3, 4 ve 5' de yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin önceki ve sonraki ağırlıkları görülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıktan sonraki ağırlık kayıpları da yüzde olarak şekillerde görülmektedir.

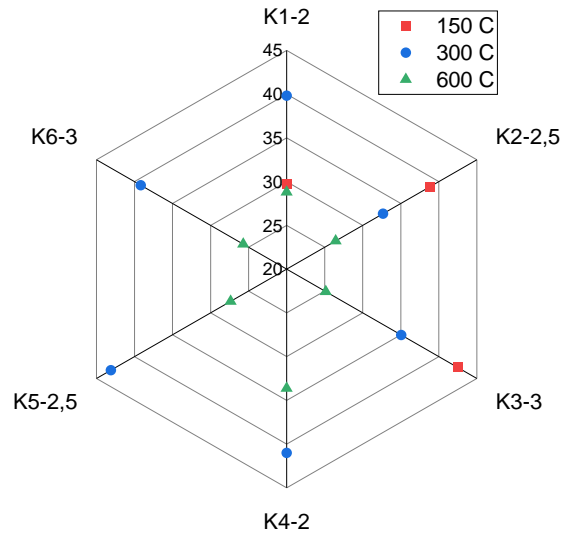
Perlit grubunda yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra ağırlık kayıpları daha fazla olmuştur. Sıcaklık değerinin artması ile ağırlık kayıplarındaki yüzdeler de artmıştır. Pomza grubunda 150 °C' de dayanım kayıpları %7 civarında olmakla birlikte 300 °C' deki ağırlık kayıpları %14 seviyelerine çıkmıştır. 600 °C' deki ağırlık kayıpları

ise %18 seviyelerine çıkmıştır. Bununla birlikte perlit grubundaki ağırlık kayıpları ise 150 °C' de %9 civarında olan ağırlık kaybı 300 °C' de %17, 600 °C' de ise %20 seviyelerine çıkmıştır. Her iki agreganın da düşük yoğunluğa ve yüksek poroziteye sahip olmaları, yüksek sıcaklık altında belirli kimyasal ve fiziksel değişikliklere neden olmuştur. Perlit ve pomza, doğal olarak düşük yoğunluğa ve yüksek poroziteye sahip agregalardır. Yüksek sıcaklık altında, bu boşluklar içinde hapsolmuş su buharlaşarak betonun ağırlığında bir azalmaya neden olmuştur. Pomza ve perlit, volkanik kayaların özellikleri olan agregalardır. Yüksek sıcaklık altında, bu tip agregaların yapıları termal olarak daha hassastır ve yapılarında bozulmalar oluşabilir. Bu da ağırlık kaybına neden olmuştur.



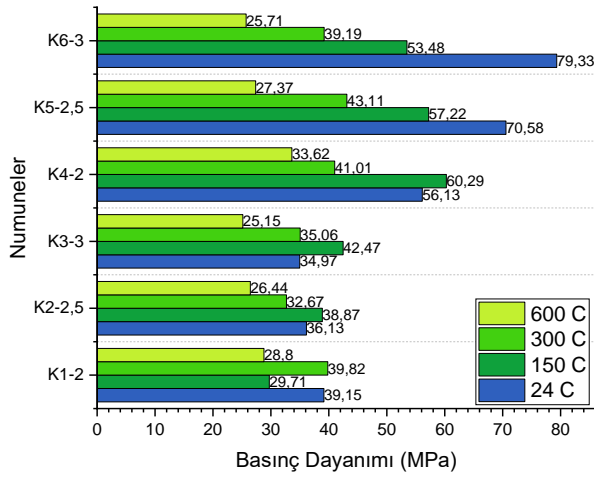
Şekil 3. Yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin sıcaklıktan önce ve sonraki ağırlıkları

Şekil 4' de yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin basınç dayanımları görülmektedir. Tüm numunelerde sıcaklığa maruz kaldıktan sonra basınç dayanımlarında düşüş gözlemlenmiştir. Maruz kalınan sıcaklığın artması ile basınç dayanımlarındaki azalış da artmıştır. Şekil 5' de oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin basınç dayanımlarının karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4. Yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin basınç dayanımları (MPa)

Pomza ve perlit gibi agregalar, yüksek poroziteye sahip olduklarından termal genişlemeye daha hassas olabilirler. Yüksek sıcaklık altında, bu agregaların termal genişmesi, betonun içindeki bağların zayıflamasına ve betonun genel dayanımında azalmaya yol açmıştır. Yüksek sıcaklık, geopolimer matrisin stabilitesini ve bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir. Matrisin bozunması, betonun iç yapısında boşluklar ve çatlaklar oluşmasına neden olabilir, bu da basınç dayanımını düşürebilir. Pomza ve perlit, volkanik kökenli agregalardır ve yüksek sıcaklıklarda yapıları termal olarak daha hassas hale gelebilir. Bu agregalardaki termal bozulmalar, betonun dayanımını olumsuz yönde etkilemiştir.



Şekil 5. Oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin basınç dayanımlarının karşılaştırılması

Pomza kullanılan numunelerde 600 °C sıcaklığa maruz kaldıktan sonra %28 seviyelerinde dayanım kaybı meydana gelmiştir. perlit kullanılan numunelerde ise 600 °C sıcaklığa maruz kaldıktan sonra %68 seviyesinde dayanım kaybı meydana gelmiştir. Aktivatör oranının artması hem pomza hem de perlit kullanılan numunelerde dayanım azalmasında artışa neden olmuştur. Dayanım azalmasındaki artış perlit kullanılan numunelerde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin etüvden sonraki görselleri Şekil 6' de sunulmuştur. Şekil 6' de görüldüğü üzere maruz kalınan sıcaklık değeri arttıkça numunelerin yüzeylerindeki renk değişimi de farklılık göstermektedir.



Şekil 6. Yüksek sıcaklıktan sonra numunelerin görünümü

4. Sonuç

Pomza ve perlit kullanılan geopolimer betonda aktivatör oranının artırılmasının basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme oranı üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin ağırlık kaybı ve basınç dayanımı değerleri de deneysel olarak tespit edilmiştir. Deneysel çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Karışımında pomza kullanılan numunelerde aktivatör oranının artması basınç dayanımının azalmasına neden olmuştur. Bu azalma %10 seviyelerine kadar çıkmıştır. Perlit kullanılan numunelerde ise aktivatör oranının artması basınç dayanımının artmasına neden olmuştur. Bu artış %41 seviyelerinde olmuştur.

Basınç dayanımındaki benzer şekilde aktivatör oranının artması pomza kullanılan numunelerde eğilme dayanımının azalmasına, perlit kullanılan numunelerde ise dayanımın artmasına neden olmuştur. Pomza kullanılan numunelerde azalış %12 seviyelerine çıkmasına karşın perlit kullanılan numunelerde ise %16 oranında artışa neden olmuştur.

Pomza ve perlit kullanılan numunelerde aktivatör oranının değişmesi su emme özelliği üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.

Yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerde hem ağırlık kaybı hem de basınç dayanımında azalma tespit edilmiştir. 600 °C sıcaklığa maruz kalan numunelerde ağırlık kayıpları %20 seviyelerine kadar çıkmıştır. Dayanım kayıpları ise özellikle perlit kullanılan numunelerde %60 oranlarına kadar çıkmıştır.

Pomza ile üretilen hafif geopolimer betonlarda optimum çözelti oranının 2 olduğu deneysel olarak tespit edilmiştir.

Perlit ile üretilen hafif geopolimer betonlarda optimum çözelti oranının ise 3 olduğu deneysel olarak tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Y. Ling, K. Wang, W. Li, G. Shi, P. Lu, Effect of slag on the mechanical properties and bond strength of fly ash-based engineered geopolymer composites, *Composites Part B: Engineering* 164 (2019) 747-757
- [2] J. Xie, J. Wang, R. Rao, C. Wang, C. Fang, Effects of combined usage of GGBS and fly ash on workability and mechanical properties of alkali activated geopolymer concrete with recycled aggregate, *Composites Part B: Engineering* 164 (2019) 179-190
- [3] Z. Zhang, J.L. Provis, X. Ma, A. Reid, H. Wang, Efflorescence and subflorescence induced microstructural and mechanical evolution in fly ash-based geopolymers, *Cement and concrete composites* 92 (2018) 165-177
- [4] N. Li, C. Shi, Z. Zhang, D. Zhu, H.-J. Hwang, Y. Zhu, T. Sun, A mixture proportioning method for the development of performance-based alkali-activated slag-based concrete, *Cement and Concrete Composites* 93 (2018) 163-174
- [5] N. Li, Z. Zhang, C. Shi, J. Zhang, Some progresses in the challenges for geopolymer, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2018, p. 022003.
- [6] M.S. Reddy, P. Dinakar, B.H. Rao, Mix design development of fly ash and ground granulated blast furnace slag based geopolymer concrete, *Journal of Building Engineering* 20 (2018) 712-722
- [7] S.V. Patankar, Y.M. Ghugal, S.S. Jamkar, Mix design of fly ash based geopolymer concrete, *Advances in structural engineering: Materials*, volume three, Springer, 2015, pp. 1619-1634.
- [8] A. Rafeet, R. Vinai, M. Soutsos, W. Sha, Guidelines for mix proportioning of fly ash/GGBS based alkali activated concretes, *Construction and Building Materials* 147 (2017) 130-142
- [9] B. Bayrak, G. Kaplan, A. Öz, E. Kavaz, O. Çelebi, H.G. Alcan, M. Mohabbi, A.C. Aydın, Metakaolin-based geopolymer concretes for nuclear protection: On the perspective of physicochemical, durability, and microstructure, *Structural Concrete*
- [10] B. Bayrak, A. Öz, E. Kavaz, G. Kaplan, O. Çelebi, H.G. Alcan, A. Cüneyt Aydın, Synergic effect of some waste pozzolans on the mechanical and shielding properties of geopolymer concretes, *Radiation Effects and Defects in Solids* (2023) 1-30
- [11] A. Öz, İ.B. Kara, B. Bayrak, E. Kavaz, G. Kaplan, A.C. Aydın, Characterization study of geopolymer concretes fabricated with clinker aggregates, *Construction and Building Materials* 384 (2023) 131461
- [12] A.A. Aliabdo, M. Abd Elmoaty, M.A. Emam, Factors affecting the mechanical properties of alkali activated ground granulated blast furnace slag concrete, *Construction and Building Materials* 197 (2019) 339-355
- [13] A. Hassan, M. Arif, M. Shariq, Use of geopolymer concrete for a cleaner and sustainable environment—A review of mechanical properties and microstructure, *Journal of Cleaner Production* 223 (2019) 704-728. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.051>
- [14] C.-K. Ma, A.Z. Awang, W. Omar, Structural and material performance of geopolymer concrete: A review, *Construction and Building Materials* 186 (2018) 90-102
- [15] P.S. Deb, P. Nath, P.K. Sarker, The effects of ground granulated blast-furnace slag blending with fly ash and activator content on the workability and strength properties of geopolymer concrete cured at ambient temperature, *Materials & Design* (1980-2015) 62 (2014) 32-39
- [16] A. Özcan, M.B. Karakoç, The resistance of blast furnace slag-and ferrochrome slag-based geopolymer concrete against acid attack, *International Journal of Civil Engineering* 17 (2019) 1571-1583
- [17] G. Ravichandran, M. Sivaraja, M. Jegan, M. Harihanandh, A. Krishnaraja, Performance of glass fiber reinforced geopolymer concrete under varying temperature effect, *Technology* 9(4) (2018) 1316-1323
- [18] S. Çelikten, Properties of recycled steel fibre reinforced expanded perlite based geopolymer mortars, *Advances in concrete construction* 13(1) (2022) 25-34
- [19] S. Çelikten, B. Isikdag, Strength development of ground perlite-based geopolymer mortars, *Adv. Concr. Constr* 9(3) (2020) 227-234
- [20] H. Karakaş, S. İlkentapar, U. Durak, E. Örklemmez, S. Özuzun, O. Karahan, C.D. Atiş, Properties of fly ash-based lightweight-geopolymer mortars containing perlite aggregates: Mechanical, microstructure, and thermal conductivity coefficient, *Construction and Building Materials* 362 (2023) 129717
- [21] Ş. Ekmen, K. Mermerdaş, Z. Algin, Effect of oxide composition and ingredient proportions on the rheological and mechanical properties of geopolymer

mortar incorporating pumice aggregate, Journal of Building Engineering 34 (2021) 101893

[22] M.A. Hamid, N. Yaltay, M. Türkmenoğlu, Properties of pumice-fly ash based geopolymer paste, Construction and Building Materials 316 (2022) 125665

[23] Z. Safari, R. Kurda, B. Al-Hadad, F. Mahmood, M. Tapan, Mechanical characteristics of pumice-based geopolymer paste, Resources, Conservation and Recycling 162 (2020) 105055

[24] A. Wongsu, V. Sata, P. Nuaklong, P. Chindapasirt, Use of crushed clay brick and pumice aggregates in lightweight geopolymer concrete, Construction and Building Materials 188 (2018) 1025-1034

[25] ASTM-C109, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, Annu, (2000)

[26] A. C348, Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, Annu., (1998)

[27] ASTM-C642, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, ASTM International, United States, Annu., (1997)

POMZA TAŞI EDİNİMİNİN TARIM ARAZİLERİNİN KULLANIMINA ETKİSİ

Zuhal KARAKAYACI^a and Fatma BAŞ^a

^a Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye

ÖZET

Her geçen gün artmakta olan insan nüfusunun gerek beslenmesi gerekse hammadde olarak kullanılmasında ihtiyaç duyduğu tarımsal ürünler için arazilerin etkin kullanılması önem arz etmektedir. Günümüz koşullarında artan nüfus ile birlikte köyden kente göçlerin çoğalması, sanayileşme ve gelişen teknolojik koşullar ile birlikte kentlerde iş imkânlarının artması ve yaşam koşullarının daha iyi durumda olması, miras yolu ile parçalanmış arazilerin yeterli geliri sağlamaması, arazilerin bakımsızlık, ponza alınması, kuraklık gibi nedenlerden dolayı verim düşmesi yaşamaları sonucu boş bırakılması neticesinde insanlar tarım dışı faaliyetlere yönelim göstermektedir. Yeryüzünde birçok maden türü bulunmaktadır, volkanik oluşumlar neticesinde meydana gelen ve ekonomik değeri olan madenler başında ponza taşı (sünger taşı) da gelmektedir. Ponza taşı oluşumu magmada bulunan gazların ani ısı değişimi yaşayıp soğuyarak küttleden ayrılması, gözenekli bir yapı oluşması neticesidir. Dünyada bulunan tespit edilmiş ponza rezervi yaklaşık olarak 18 milyon ton civarındadır. Türkiye'nin payı yaklaşık %15 ile 2,8 milyon olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanı olan Nevşehir ili bulunduğu konum neticesinde madenler yönünden oldukça zengin bir şehirdir. Nevşehir ilinin bulunduğu jeopolitik konum nedeni ile ponza yataklarının bu civarda olması madenlerin zenginliğini açıklamaktadır. Ponza bulunan tarım arazilerinde tarımsal verimlilik yüksektir. Bunun nedeni ponza taşının suyu emen bir yapıya sahip olup köklerin beslenmesine yardımcı olması gibi bir örnek ile açıklanabilir, bunun dışında tarımsal arazilerin ponzası alınarak inşaat sektöründe kullanılmakta bu durum da tarımsal verimliliği etkilemektedir. Ponzası alınan arazilerin verimi düşmekte, bu durum tarım arazilerinin kullanımının azalmasına, tarımsal üretimin düşmesine ve tarımsal arazilerin fırsat maliyeti ilkesine dayanarak farklı kollarla değerlendirilmesine veya atıl kalmasına sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada insan hayatı için son derece önemli olan toprakların atıl kalma nedenleri, Türkiye'de bulunan arazi durumu, araştırma alanımız olan Nevşehir ilindeki mevcut arazi ve atıl kalma durumları, ponzası alınmış alanların mevcut durumu, tarım ve tarım dışı kullanımları, Nevşehir ilinde bulunan tarım arazilerinde ponza taşı alınması neticesinde oluşan durum tespiti sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım arazisi, Ponza taşı, Atıl arazi

Abstract

Effective use of lands is important for the agricultural products that the increasing human population needs to be fed and used as raw materials. With the increasing population in today's conditions, the increase of migration from the village to the city, the increase of business opportunities in the cities and the better living conditions, along with the industrialization and developing technological conditions. As a result of the fact that the lands that are broken down by inheritance do not provide sufficient income, the lands are left empty as a result of loss of yield due to maintenance, pumice and drought, people tend to non-agricultural activities. There are many types of mines on earth, pumice stone (sponge stone) at the beginning of the mines that occur as a result of volcanic formations. The formation of pumice stone is the result of the separation of the gases in the magma by experiencing sudden heat exchange and cooling, and a porous structure. The detected pumice reserve in the world is approximately 18 million tons. Turkey's share of about 2.8 million with 15% has been identified. Nevşehir province, which is a working area, is a city that is very rich in terms of mines as a result of its location. Due to the geopolitical location of Nevşehir province, the fact that pumice deposits are in this area explains the richness of the mines. Agricultural productivity is high in agricultural lands with pumice, because pumice stone has a structure that absorbs water and can be explained by an example such as helping to feed the roots, Apart

from that, it is used in the construction sector by taking the pumice of agricultural lands, which affects agricultural productivity, the yield of the lands whose pumice is taken is decreasing, this situation is reduced in the use of agricultural land, It gives reason for the decrease in agricultural production and the evaluation or idle of agricultural lands in different branches based on the opportunity cost principle

In this study, the reasons for the idle land that is extremely important for human life, the land

Giriş

Toprak ve tohum kullanarak hem bitkisel hem de hayvansal üretim yapılmasına ve bu ürünlerin çeşitli aşamalarda değerlendirilmesine tarım denilmektedir. Yani insan beslenmesi için gerekli olan bitkisel ve hayvansal ürünlerin elde edilebilmesi için belirli biyolojik ve sosyoekonomik ortamlarda oluşturulan etkinlikler tarım olarak adlandırılmıştır (Uzundumlu, 2012) (Hekimoğlu & Altındağ, 2006). Tarımın insan hayatındaki yeri ve önemi geçmişten günümüze kadar devam etmiştir. Yaşamamız için gereken besinler tarımsal üretim sayesinde elde edilmektedir. Bu nedenle de tarımsal üretim ve dolayısıyla toprak insan hayatı için her zaman önemini koruyacaktır (Bayramoğlu, 2010). Toprak yeterli miktarda gıdanın üretimi yanında iklim değişikliği etkilerinin azaltılması, su döngüsü arttırılmasındaki süreçler gibi birçok çevresel sürecin desteklenmesinde de oldukça önemli bir yer tutar. Aynı zamanda toprak; binalar için yapı malzemesi, yollar ve yerleşim için ise zemin sağlar. Toprak kaynaklarının biyoçeşitliliğini korumada ve ekosistem hizmetlerini sağlamadaki işlevlerini sürdürülebilirliğini temin etmek için dikkatli bir yönetime gerek duyduğu ortadadır. Fakat tarımsal üretime uygun toprakların giderek azalması, hızlı nüfus artışı, yüksek gıda talepleri gibi birçok üretim aşamasında işlevsel olmaları sebebiyle zaten sınırlı durumda olan toprak kaynakları baskı altındadır (STY, 2021). Arzı arttırılmayan bu arazilerin en uygun şekilde kullanılarak toprağın doğal kaynak niteliğinde korunup gelecek nesillere aktarılması oldukça önemlidir (Kurugöllü & Bünyan Ünel, 2021) (Aydın & Dengiz, 2019). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de her bir metrekare toprak oldukça önemlidir. Türkiye hem coğrafi konumu, hem de arazi yapısı dikkate alındığında yetiştirilen ürün çeşitliliği yönünden

situation in Turkey, the current land and idle in the province of Nevşehir, which is our research area, the current status of the pumice taken areas, Due to the fact that the agricultural and non-agricultural uses are taken as a result of pumice stones in the agricultural lands in Nevşehir province.

Keywords: Agricultural land, Pumice stone, Idle land

zengin bir tarım ülkesidir. Tarla, bahçe, narenciye, zeytinlik, türüne göre arazi kullanımı, tarım işletmeciliği, yetiştiriciliği bakımından ülkeden ülkeye bölgeden bölgeye tarımsal faaliyetlerde değişim gösterirken Türkiye'de farklı bölgelerde bu üretimler yapılabilmektedir. Bu verimli durumu etkin ve sürdürülebilir kılmak oldukça önem arz etmektedir (Kurugöllü & Bünyan Ünel, 2021). Toprağın sürdürülebilir yönetimi için ise ön koşul, arazi kaynakları ve farklı toprak çeşitlerinin arazilerdeki kullanım ve yönetim biçimlerine nasıl tepki vereceği konusundaki bilgilerin güvenilirliğidir (STY, 2021). Bu denli önemli ve arzı arttırılmayan arazilerin atıl kalması ise başlı başına bir sorun teşkil etmektedir. Mevcut durumda sanayinin gelişimi, kırdan kente göç, ulaşım ve iletişim teknolojilerinin gelişimi, kadastro parsellerinin bölünmesi, ponzası alınan arazilerden yeterli verimin alınmaması neticesi arazilerin kullanılmaması gibi sebeplerden ötürü ekilebilir tarım arazileri atıl kalmaktadır (Kurugöllü & Bünyan Ünel, 2021). Bunların yanında "Türkiye'de bulunan tarım arazilerinin küçük ve parçalı olması da genel bir sorundur (Bayramoğlu, 2010). Türkiye'de bulunan 77.9 milyon hektar arazi varlığının 23.20 milyon hektarını ekilen tarım arazileri oluşturmaktadır (Tarım Raporu, 2019). Bunun yanında 4.5 milyon hektar nadas alanı ve 2 milyon hektar atıl tarım arazisi bulunmaktadır (Çevik, Türk Tarım Orman, 2019). Ekilen tarım arazilerinin %31.36'sı sulanabilirken, %68.64'lük kısmı sulanamamaktadır (TUİK & Hakedis.org, 2016). "Türkiye'de bulunan tarım işletmelerinin ise % 85'inin 100 dekadardan küçük ve % 65'nin 50 dekadardan küçük araziye sahip olması işletmeler arasındaki arazi dağılımının dengesizliğini göstermektedir. Bu durum farklı şekillerde sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Küçük ve parçalı araziler mekanizasyon kullanımı, sulama ve girdi kullanımı açısından elverişli değildir. Bu işletmelerde ekonomik sorunların getirdiği

sosyal sorunlarda oluşmaktadır. Nitekim yeterli ekonomik getiriye sağlamayan işletmelerde göç yaşanabilmekte” ve bu da arazilerin atıl kalmasına sebebiyet vermektedir (Bayramoğlu, 2010). Arazilerin atıl kalmaması adına Tarım ve Orman Bakanlığı teşvikleri artırılarak arazi kullanımı artırılabilir, atıl halde bulunan arazilerde üretim yapılması halinde üretilen ürünleri devlet öncelikli tutarak alım yapılabilir, toplu kamulaştırma yapılarak arazi sahiplerinden alınarak devlet yolu ile üretim yaptırılabilir veya üretim yapacak kişilere devredilebilir. Çalışmamızın amacını kırsal alanda atıl olarak kalan arazilerin atıl kalma nedenlerini tespit etmektir. Nevşehir ili için atıl kalan araziler il Tarım ve Orman Bakanlığı vasıtası ile tespit edilmiş ve nedenleri araştırılmıştır.

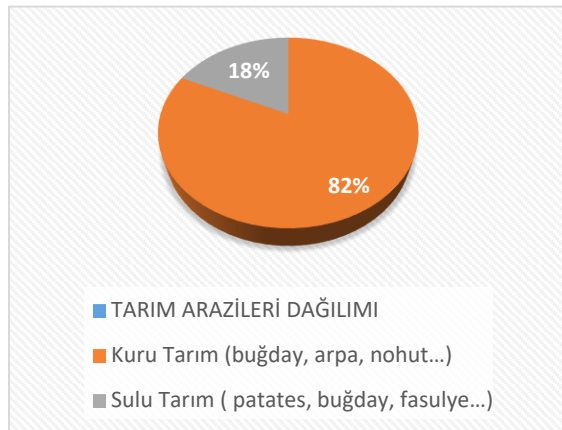
1. Materyal ve Metot

1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olan Nevşehir ilinde toplam 8 ilçe 15 kasaba ve 153 köy bulunmaktadır. İl ve ilçe nüfusu 201.402, kasaba ve köy nüfusu 106.601'dir. İlin yüzölçümü 538.630 hektar alandan oluşmaktadır (Anonim, 2022).

1.1.1. Tarımsal arazi durumu

Nevşehir ili tarımsal arazi durumu ilde uygulanan tarım türlerine göre incelendiğinde kuru tarımın (buğday, arpa, nohut...) %82, sulu tarımın (patates, buğday, fasulye...) %18 pay aldığı tespit edilmiştir (Anonim, 2022).



Grafik 1: Tarım Arazileri Dağılımı

Kaynak: (Anonim, 2022)

Nevşehir ili toplam arazi miktarı 5.386.300 dekar'dır: %65'lik kısmını (3.522.178 dekar)

tarım arazisi oluşturur, %19' unu (1.011.232 dekar) tarıma elverişsiz arazi, %13'ünü (716.243 dekar) çayır mera, %3'lük kısmını (136.646 dekar) orman arazisi oluşturmaktadır. Toplam tarım arazisi miktarının %82'sini kuru tarım (buğday, arpa, nohut ...), %18'ini sulu tarım (çerezlik kabak, buğday, patates, kuru fasulye ...) oluşturur.

Tablo 1: Tarımsal Arazi Dağılımı

TARIMSAL ARAZİ DAĞILIMI		
	Dekar	İldeki yüzde (%) dağılımı
Toplam Arazi Miktarı	5.386.300	100
Tarım Arazisi	3.522.178	65
Tarıma Elverişsiz Arazi	1.011.232	19
Çayır Mera	716.243	13
Orman	136.646	3

Kaynak: (Anonim, 2022)

1.1.2. Ekilebilir arazi varlığı

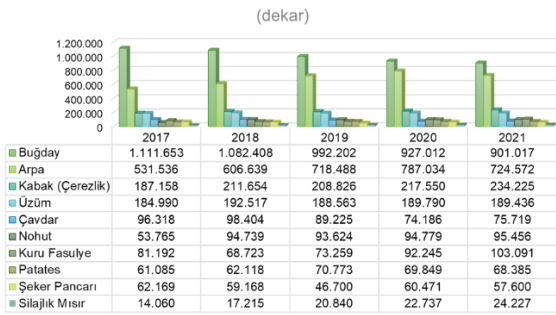
Tablo 2: Ekilebilir arazi varlığının ürün gruplarına dağılımı

Ekilebilir Arazi Varlığının Ürün Gruplarına Dağılımı		
ÜRÜN GRUBU	DEKAR	%
Tahıllar	1.753.258	49,8
Sebze grupları	235.354	7,2
Bağcılık alanları	189.436	5,4
Baklagiller	211.651	6
Yem bitkileri	83.883	2,4
Yumru bitkiler	68.387	1,9
Endüstri bitkiler	58.259	1,7
Meyvelikler	44.096	1,3
Yağlı tohumlar	16.110	0,5
Nadas alanı	621.012	17,6
Tespit edilememiş	240.732	6,2

Kaynak: (Anonim, 2022)

Ekilebilir arazi varlığının ürün gruplarına dağılımı incelendiğinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir: %49.8'lik kısmını (1.753.258 da) tahıllar, %7.2'lik kısmını (235.354 da) sebze grupları, %5.4'lük kısmını (189.436 da) bağcılık alanları, %6'lık kısmını (211.651 da) baklagiller, %2.4'lük kısmını (83.883 da) yem bitkileri, %1.9'luk kısmını (68.387 da) yumru bitkiler, %1.7'lik kısmını (58.259 da) endüstri bitkileri, %1.3'lük kısmını (44.096 da) meyvelikler, %0.5'lik kısmını (16.110 da) yağlı tohumlar, %17.6'lik kısmını ise (621.012 da) nadas alanlarının oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu alanlar dışında kullanım alanı tespit edilmemiş olan %6,2'lik (240.732) bir pay da bulunmaktadır.

1.1.3. Üretim Deseni



Grafik 2: Nevşehir ili üretim deseni

Kaynak: (Anonim 2022)

Nevşehir ilinin üretim deseninde büyük payı kuru tarım ürünleri yer almaktadır. Üretim deseni incelendiğinde en fazla üretim payı buğdaya ait olup, bunu sırasıyla arpa, çerezlik kabak, üzüm çavdar, nohut, kuru fasulye, patates gibi ürünler takip etmektedir (Anonim, 2022).

Nevşehir ilinde üretilen tarım ürünlerinin Türkiye'deki diğer iller ile karşılaştırılması sonucunda bazı ürünler için elde edilen sıralama şu şekildedir; çerezlik kabak yılda 20.325 ton üretilerek 1. Sırada, şaraplık üzüm yılda 38.076 ton üretilerek 3. Sırada, kurutmalık üzüm yılda 26.382 ton üretilerek 4. Sırada, kuru fasulye yılda 34.589 ton üretilerek 4. Sırada, patates yılda 295.503 ton üretilerek 8 sırada yer alırken şeker pancarı ise yılda

368.854 ton üretilerek Türkiye şeker pancarı üretiminde 11. sırada yer almaktadır (Anonim, 2022).

2. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı olan Nevşehir ilinde; Nevşehir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü 2018 verilerine göre ponza (Ponza taşı, volkanik bir kayaç türüdür. Türkçede ponza taşı, köpüktaşı, sünger taşı, topuk taşı, hışırtaşı, küvek, nasırtaşı gibi adlarla bilinir) alanları ve kaçaklar dahil izinli atıl araziler hariç 270.000 dekar atıl kalmış arazi bulunmaktadır. 3.522.178 dekar tarım arazisi içerisinde tespit edilmiş olan 270.000 dekar atıl arazi varlığı tespit edilememiş durumda ve izinli atıl arazilerin de varlığı göz önüne alındığında oldukça yüksektir (Anonim, 2022).

2.1. Nevşehir'de Atıl Arazi Durumu ve Nedenleri

Çalışma alanı olan Nevşehir ilinde atıl halde kalan arazi miktarı oldukça fazladır. Nevşehir ilinde arazilerin atıl kalmasına büyük ölçüde ponza taşının arazilerden alınması neticesinde arazilerin verimsizleşmesi sebep olmaktadır. Ponza alanları ve kaçaklar dahil izinli atıl araziler hariç 270.000 dekar atıl kalmış arazi bulunmaktadır. 3.522.178 dekar tarım arazisi içerisinde tespit edilmiş olan 270.000 dekar atıl arazi varlığı tespit edilememiş durumda ve izinli atıl arazilerin de varlığı düşünüldüğünde oldukça yüksek bir miktardır.



Harita 1: Nevşehir İli Atıl Araziler

2.2 Ponza taşının tarihçesi

Kaynaklara göre ponza madeni ilk olarak antik Yunan zamanında kullanılmıştır. Yunan kaynaklarında suyu emmediğini ve hijyenik olduğu belirtilir. Eski Romalılar zamanında ponza taşı çoğunlukla termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Bu eserlerin bazıları halen görülebilir. Bu dönemlere ait en belirgin örnekler Roma Pantheonu ve İstanbul'daki Ayasofya Kilisesi'dir. Almanya'da ise 1800'lü yıllarda Rhinenland şehrinde kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa genelinde ise ponza taşına ilgi gösterilmemiştir. ABD de ise ponza taşının yapı malzemesi olarak kullanılması 18. yüzyılın ortalarında California'da başlamıştır. Son 30 yıl içerisinde ise teknolojinin gelişmesi ve çevre bilincinin artması ponza taşının kullanımını yaygınlaştırmıştır. Türkiye'de üretimine ilk olarak 1988 yılında başlanmıştır. Ponza taşı, Türkiye'de ağırlıklı Kayseri, Bitlis, Nevşehir, Van, Kars, Ağrı, Ankara ve Sivas civarında bulunmaktadır (<https://tr.wikipedia.org, 2021>).

2.2. Ponza taşı kullanım alanları

Ponza volkanik kökenli silikat esaslı camsı bir özelliğe ve gözenekli bir yapıya sahip olan hafif yapı elemanıdır. Genellikle açık renkli olup beyazdan, kreme, mavi, griye kadar değişen renklerde olur. Suyu emen bir yapıda olan ponza taşı, oldukça hafiftir. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü asidik ponzadır, beyaz ve kirli renktedir. Oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terketmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler birbirleri ile bağlantılı değildir (<https://tr.wikipedia.org, 2021>)

Tablo 3: Sektörlere göre ponza kullanımının alansal değişimi

Kullanım Alanları	Dünyadaki kullanım (%)	Türkiye'de kullanım (%)
Hafif yapı elemanı blok üretiminde	48	80
Hafif beton üretiminde	12	2
Yalıtım malzeme türevlerinin üretiminde	9	4
Ziraat sektöründe	12	6
Tekstil sektöründe	4	3
Kimya sektöründe	8	1
Diğer sektörlerde	7	4

Kaynak: (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015)

Dünyada ve Türkiye'de ponza kullanımı alanlara göre oransal farklılıklar göstermektedir. Kullanımı gerçekleştirilen alanlarda da kendi içlerinde farklı kısımlarda yaygın durumdadır. Ziraat alanında ponza kullanımı kendi içinde 3 kısma ayrılmıştır. Bu kısımlar; toprak ıslahı, topraksız bitki yetiştiriciliği, su besini kısıtlı alanlarda ponza kullanımı olarak sıralanır (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015).

Ponza, başta Almanya, İtalya, İsveç, ABD, Japonya gibi ülkeler olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde, daha çok ses ve ısı izolasyonu sağlamak amacıyla kullanılır. Ponzanın fazla gözenekliliği, ısı ve ses geçirgenliğini düşürür ve bu özelliği inşaat sektöründe kullanımını sağlar. Türkiye'de üretilen ponzanın %90 kadarı inşaat sektöründe tüketilir. Ponzanın ikinci büyük kullanım alanı abrazif (aşındırıcı) sanayiidir. Oldukça hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan ponza gerek doğal, gerek yapay madeni eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır. Tekstil sanayiinde kullanılan ponzanın kimyevi ve fiziki özellikleri büyük önem taşır ve bu özellikler ancak derinlik ponzalarında bulunur (<https://tr.wikipedia.org, 2021>).

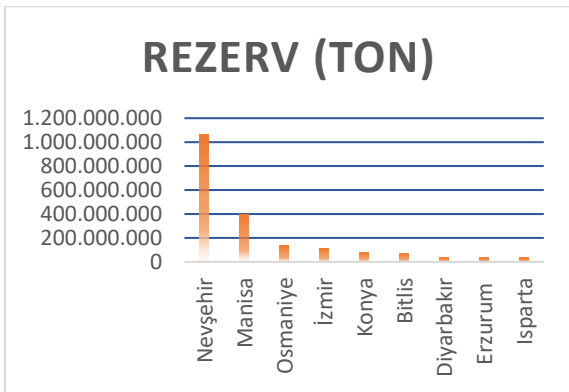
2.3. Nevşehir ili ponza kullanım durumu

Türkiye’de bulunan ponza sahaları içerisinde fazla kullanım alanı bulan ve en iyi kalitede ponza Nevşehir ilindedir. Ponza ihracatının büyük kısmı da Nevşehir ilinden gerçekleştirilir. Nevşehir ilinde, İl merkezi, Ürgüp, Derinkuyu ve Acıgöl arasında kalan bölgede çok sayıda işletilmiş ve işletilen ponza yatakları yer almaktadır. Bu yatakların toplam rezervi yaklaşık 450 milyon m3 civarındadır (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015).

Tablo 4: Türkiye’de bulunan bazı illere göre ponza rezervi (2020)

İl	Rezerv (ton)
Nevşehir	1.068.115.572
Manisa	398.267.172
Osmaniye	136.329.518
İzmir	110.172.625
Konya	79.473.342
Bitlis	72.253.259
Diyarbakır	40.570.132
Erzurum	39.744.197
Isparta	37.665.019

Kaynak: (Eroğlu & Şahiner, 2020)



Grafik 3: ponza rezervi illere dağılımı

Kaynak: (Eroğlu & Şahiner, 2020)

Tablo 5: Türkiye yıllara göre ponza üretimi

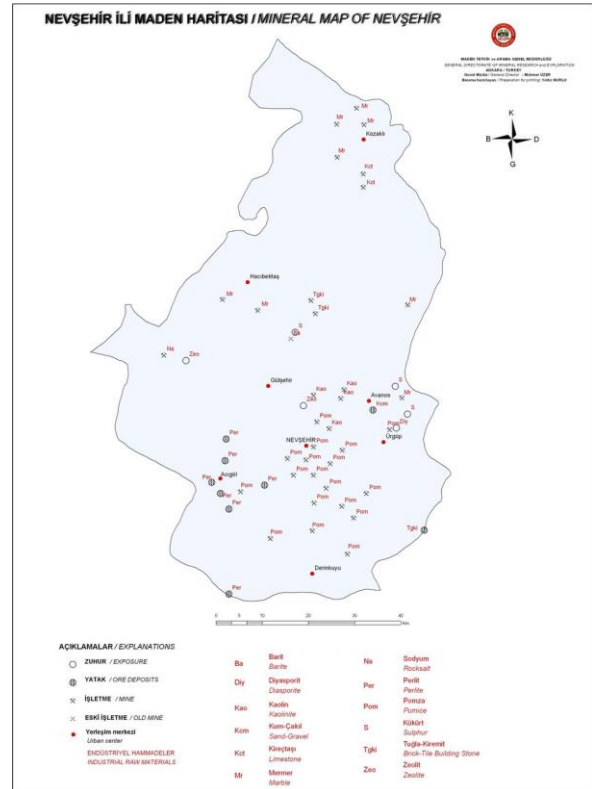
2019	2018	2017	2016	2015

5.392.045	7.259.376	7.773.957	5.637.494	5.660.190
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kaynak: (Eroğlu & Şahiner, 2020)

2.4. Tarımda ponza kullanımı

Ponza gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulan seçeneklerden bir tanesi olup, bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını temin ettiğinden kuraklığa kısmi bir çözüm getirmesinden yaygın şekilde kullanılmaktadır. Toprağın altında belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta serilen ponza tabakası içerisinde (yastıklama), toprak altından su vererek, bitkilerin ihtiyacı olan suyun direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015). Öte yandan sıvı gübre kullanımı söz konusu olduğunda ponza gübre kaybını minimuma indirdiği gibi yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin de önüne geçmektedir (Tuncer & Özkan, 2001).



Harita 2: Nevşehir İli Maden Haritası

Kaynak: (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015)



Kaynak: (Dinçer, Orhan , & Çoban , 2015)

2.5. Atıl arazilerin tarım dışı getirisi

Geçmişten günümüze insan hayatında tarım her zaman önemli bir rol almıştır. Temel besin maddeleri tarım ile sağlanmakta bu da tarımı vazgeçilmez kılmaktadır. Geçmişten gelen ve geleceğimizin temel kaynağı olan tarım arazileri amaç dışı kullanımı veya atıl bırakılması toprakların etkin ve sürdürülebilir kullanılmaması insan hayatı için oldukça büyük bir olumsuzluk olarak nitelendirilecektir, nitekim sınırlı ve arzı arttırılamayan bir doğal varlık olarak her bir metrekaare toprağın önemi oldukça büyüktür (Kılıç , tarih yok). Toplum içinde yaygın olarak toprak ve arazi kavramları birbirini yerine kullanılmakta ve aynı anlamı taşıdığı düşünülmektedir ancak doğru değildir. Toprak, arazi, tarım arazisi ve kendi içlerinde mutlak ve marjinal tarım arazisi şeklinde birçok farklı tanım mevcuttur. Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu tanımına göre *toprak; mineral ve organik maddelerin parçalanarak ayrışması sonucunda oluşan, yeryüzünü ince bir tabaka halinde kaplayan, canlı ve doğal kaynağı, Arazi; Toprak, iklim, topografya, ana materyal ve canlıların değişik oranda etkisi altında bulunan yeryüzü parçasını, Tarım arazisi; Toprak, topografya ve iklimsel özellikleri tarımsal üretim için uygun olan hâlihazırda tarımsal üretim yapılan veya yapılmaya uygun olan veya imar, ihya, ıslah edilerek tarımsal üretim yapılmaya uygun hale dönüştürülebilen arazileri, Mutlak tarım arazisi; bitkisel üretimde; toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin kombinasyonu*

yöre ortalamasında ürün alınabilmesi için sınırlayıcı olmayan, topografik sınırlamaları yok veya çok az olan; ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan, hâlihazır tarımsal üretimde kullanılan veya bu amaçla kullanıma elverişli olan arazileri, Marjinal tarım arazisi; mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri ve dikili tarım arazileri dışında kalan, toprak ve topografik sınırlamalar nedeniyle üzerinde sadece geleneksel toprak işlemeli tarımın yapıldığı arazileri ifade etmektedir (Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, 2005). Bu tanımların genişletilmesi de oldukça mümkündür, tarım arazileri sınıflandırması tarımsal alanların tarım dışı kullanımının önüne geçmek için yapılan bir gelişme olarak da nitelendirilebilir. Bu kapsamda arazilerin yetenek sınıflandırılmasına uğraması da kullanılan veya atıl arazilerin kapasite durumunun bilinmesi adına önemli olacaktır. Tarımsal anlamda toprak tarımsal işletme için kuruluş yeri, tarımsal üretim için ise bizzat üretimin gerçekleştiği alanı ifade eder (Topçu, 2012). Bu alanlarda meydana gelen sorunlar da bulunmaktadır.

Tablo 6: Tarım arazilerinin sorunları

TARIM ARAZİLERİNİN MEVCUT SORUNLARI	Erozyon sorunu
	Drenaj sorunu
	Tuzluluk ve Alkalilik sorunu
	Eğim sorunu
	Taşlılık sorunu
	Toprak derinliği sorunu
	Tarım arazilerinin tarım dışı kullanımı sorunu

Kaynak: (Topçu, 2012)-Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tarımsal arazilerin amaçları dışında kullanımı farklı şekillerde gerçekleşmekle birlikte bazı araziler tarımsal faaliyet dışında bulunan

amaçlara tahsis edilerek amaç dışı faaliyetler doğrudan tarım arazileri üzerinde gerçekleştirilmekte bazı araziler ise tarım arazilerinin toprağa dayalı sanayi işletmeleri tarafından hammadde ihtiyacı için kullanılması ile ortaya çıkmaktadır. (Kılıç , tarih yok)

2.5.1. Atıl Tarım Arazilerinin Tarım Dışı Getirisi Nevşehir İli Örneği

Çalışmanın amacını çalışma alanı olan Nevşehir ilinde bulunan ponza ediniminden dolayı atıl kalan tarım arazilerini incelemek, tarım dışı getirisini ölçmek ve tarımsal üretim ile karşılaştırmasını yapmak oluşturmaktadır. Nevşehir ili Türkiye'nin turistik olarak yüksek güce sahip olan şehirlerinden biridir, bunun yanında doğal kaynak yönünden zengin, tarımsal üretime elverişli ve tarımsal ürünlerin depolamasında da lider olabilecek bir konuma sahiptir. Tarımsal arazilerde çoğunlukla buğday, çerezlik kabak, nohut, fasulye, patates gibi ürünler yetiştirilmekte ve çoğu ürün için hem sulu hem kuru üretim yapılabilmektedir.

Tablo 7: Ponza alınması neticesinde atıl kalan arazi durumu

Dekara ponza fiyatı (2022)	Dekara tarımsal net gelir (ponzası var/ ortalama)	Ponzası alınan arazinin normal verime ulaşma süresi	Normal verime ulaştırma maliyeti (yaklaşık)
60000	1000	5 yıl (ortalama)	5 yıl süre ile gübreleme ve toprak işlemleri

Kaynak: (Anonim, 2022)

Arazilerden ponza alınması neticesinde araziler verimsizleşmekte ve tarımsal üretime elverişsiz hale gelmektedir, verimsizlik durumu uzun yıllar gübreleme ve bakım faaliyetleri ile bir nebze giderilmekte fakat geçen süre zarfında tarımsal üretim yapılmamakta ve araziler atıl kalmaktadır. Ponzadan elde edilen gelirin hızlı alınması ve tarımsal üretimden karlı olması gibi durumlar arazi sahiplerini teşvik etmekte ve tarımsal üretimden vazgeçirebilmektedir.

Araziler insan yaşamı için hammadde kaynağı olan tarımsal üretimin yapıldığı mekanlar olup boş bırakılmaması elzemdir, bu nedenle arazilerin ponzası alınmış olsa dahi tarımsal üretime elverişli hale gelene kadar toprak işlemleri gerçekleştirilmeli ve neticesinde üretime devam edilmelidir. Araziler yaklaşık 5 yıl süre ile toparlanabilmekte ve yeterli işlem sağlanırsa eski verimini kazanabilmektedir.

3. Sonuç ve Öneriler

Artmakta olan dünya nüfusunun temel ihtiyaçlarının karşılanması için tarımsal üretim şarttır. Her geçen gün artan rekabet koşullarında ülkeler kendi kendine yeterli olmak zorundadır. Bu da her bir metrekare toprağın önemli olduğunu atıl bırakılma şansının olmadığını ve üretimin de en etkin, verimli ve sürdürülebilir şekilde sağlanmasının önemini ön plana çıkarmaktadır. Boş bırakılan her bir metrekare toprak gerek bölge gerekse ülke ekonomisine zarar vermektedir. Bu çalışma sonucunda İç Anadolu Bölgesinde yer alan Nevşehir ilinde köyden kente göçlerin çoğalması, arazilerin ponzası alınması neticesinde boş bırakılması, miras yolu ile parçalanmış arazilerden yeterli gelirin elde edilememesi, sanayileşme ve gelişen teknolojik koşullar ile birlikte kentlerde iş imkanlarının artması ve yaşam koşullarının daha iyi durumda olması gibi nedenler ile atıl bırakılmış arazilerin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Araştırma neticesinde ponzası alınan arazilerde ise ponzadan elde edilen gelirin daha yüksek olması ve uzun bir süreye yayılmaksızın ücretin hemen karşılanması arazi sahipleri için daha cazip gelmektedir. Bu durum neticesinde ponzası alınan araziler belli bir süre üzerinde çalışma gerektirmekte ve uzun yıllar uğraş verilse dahi eski verimine hızla ulaşamamakta bu neticede de atıl kalmaktadır. Fakat tarımsal üretim insan hayatı için oldukça önemli ve büyük bir paya sahiptir ve araziler bir senelik gelir için uzun yıllar atıl bırakılmamalıdır.

Kaynakça

Anonim. (2022). *Nevşehir Tarım Ve Orman Müdürlüğü*. Nevşehir Tarım Ve Orman

- Müdürlüğü:
<https://nevsehir.tarimorman.gov.tr/>
adresinden alındı
- M/Belgeler/surdurulebilir.rapor.TR.pdf.
- Aydın, A., & Dengiz, O. (2019). Sürdürülebilir Arazi Yönetimi için Arazi Değerlendirmesi Çalışması. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1,17.
- Bayramoğlu, Z. (2010). tarımsal verimlilik ve önemi. *selçuk tarım ve gıda bilimleri dergisi*, 52.
- Çevik, M. (2019, 04 11). Türk Tarım Orman: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/353/> adresinden alındı
- Çevik, M. (2019). turktarimorman: <http://www.turktarim.gov.tr/> adresinden alındı
- Dinçer, İ., Orhan , A., & Çoban , S. (2015). *Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Fizibilite Raporu*. Nevşehir: Ahiler Kalkınma Ajansı.
- Hekimoğlu, B., & Altindeğer, M. (2006). *samsun valiliği tarım il müdürlüğü strateji geliştirme birimi*. tarım il müdürlüğü. adresinden alındı
- <https://tr.wikipedia.org/>. (2021). https://tr.wikipedia.org/wiki/Ponza_ta%C5%9F%C4%B1 adresinden alındı
- Kılıç , M. (tarih yok). *Amaç Dışı Arazi Kullanımının Çevre ve Kalkınma Üzerine etkileri çorum ili örneği*. <http://tucaum.ankara.edu.tr/>:
<http://tucaum.ankara.edu.tr/> adresinden alındı
- Kurugöllü, S., & Bünyan Ünel, F. (2021). Ekonomik Katkısı Olmayan Tarım Arazilerinin Araştırılması ve Değerlendirilmesi. *türkiye arazi yönetimi dergisi*, 1,7.
- STY, S. T. (2021). *sürdürülebilir toprak yönetimi ulusal eylem planı*. Ankara: <https://www.tarimorman.gov.tr/TRG>
- Tarım Raporu, T. (2019). *tarım ve orman bakanlığı sonuç değerlendirme raporu*. Ankara: Tarım Reformu Genel Müdürlüğü.
- Topçu, P. (2012, Mart). *T.C. Kalkınma Bakanlığı*. Tarım Arazilerinin Korunması ve Etkin Kullanılmasına Yönelik Politikalar: <https://www.sbb.gov.tr/> adresinden alındı
- Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu*. (2005). Resmi Gazete: <https://www.resmigazete.gov.tr/> adresinden alındı
- TUİK. (2023, Şubat). TUİK: <https://data.tuik.gov.tr> adresinden alındı
- TUİK, t., & Hakedis.org. (2016). <http://www.resmiistatistik.gov.tr/detayil/subject/tarimsal-isletme-yapisi-istatistikleri/>. Tarımsal İşletme Yapı Araştırması: <http://www.resmiistatistik.gov.tr/detail/subject/tarimsal-isletme-yapisi-istatistikleri/> adresinden alındı
- Tuncer, G., & Özkan, Ş. (2001). Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış. *Pamukkale Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 269-276.
- Uzundumlu, A. (2012). tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. *alinteri*, 35.

STABLE (O AND D) ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF ÇUBUK (ANKARA-TÜRKİYE) PERLITE

Büşra ÇELİK^a and Kıymet DENİZ YAĞCIOĞLU^{a-b}

^a Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Ankara, Türkiye, E-mail: busrclik26@gmail.com

^b Earth Sciences Application and Research Center of Ankara University, Ankara, Türkiye, E-mail: kdeniz@eng.ankara.edu.tr

Abstract

The Central Anatolian region was exposed to intense volcanic activity during the Cenozoic. The volcanic, pyroclastic rocks and volcanic glasses are observed as a product of this volcanism. Perlite is one of the products of this volcanism and formed hydration of silicic volcanic glass. Understanding the formation of perlite is very important for explaining the timing of the formation and origin of the hydration water within perlite. Despite the genesis of volcanic products are well understood, there is lack of petrogenetic explanation about the origin of the volcanic glasses especially perlite. Çubuk and surrounding area is one of the best area for explaining of this within the Central Anatolia. In accordance with this purpose, we have carried out detailed petrographic, whole rock geochemical, O-D stable isotopic study of the perlites in the Susuz Village, Kuyumcu Village and Yukariemirler Village, located in the north east of Çubuk district of Ankara province in the Central Anatolia Region in order to unravel the origin of the hydration water within perlite.

The $\delta^{18}\text{O}$ values of Çubuk perlite are between 16.8-17.3‰ (mean 17.08‰). The measured δD values of perlites are -137.73 to -126.23 (average -133.30‰). The Susuz Village, Kuyumcu Village and Yukariemirler Village's perlites contain 3.02-3.24 % H_2O (mean 3.17wt. %).

According to the isotope geochemistry data, it has been determined that the perlites in the study area are formed from the hydration by meteoric waters and have similar isotopic δD values with the post-glacial secondarily hydrated Mt Mazama samples. The O and D isotopic data suggest that the bulk perlite records last equilibrium between 50-20°C and this also indicate the formation of the montmorillonite as a result of the alteration of glass. These temperatures may indicate the slow formation for the Çubuk perlites.

Keywords: Perlite, oxygen, deuterium, isotope, Çubuk.

1. Introduction

Volcanic glasses, which are tachylyte, pumice, pitchstone, perlite and obsidian, are one of the main products of the volcanic areas. They are silicic or mafic in composition and they are unstable to atmospheric

conditions [1]. Volcanic glasses alter or hydrate to clay minerals, quartz, zeolite, bauxite according as temperature, humidity, precipitation, and microbial interactions, transformation [2-3]. The alteration and hydration of the volcanic glasses increase with the increasing of the water (H_2O) content [3-4]. Perlite is a kind of volcanic glass and associated with the rhyolitic lava flows [5].

In this study, we focus on the stable isotope geochemistry and water content of the Çubuk (Ankara-Türkiye) perlites for explaining the timing of the formation and origin of the hydration water within perlite.

The study area located in the vicinity of Susuz Village, Kuyumcu Village and Yukariemirler Village, located in the north east of Çubuk district of Ankara province in the Central Anatolia Region [6]. Middle-Upper Triassic metamorphic rocks and Jurassic allochthonous limestones are the basement units in the study area [6]. The metamorphic rocks are cut by volcanics rocks [6]. The pyroclastic (agglomerated and tuff) rocks and andesites are Upper Miocene aged and named as a Mamak Formation [6]. Basaltic rocks are observed within the Bozdağ Formation which is Pliocene aged [6]. The perlites are observed within the Mamak and Bozdağ Formations [6]. Perlites were overlapped by basaltic volcanic rocks [6]. The Çubuk perlites crop out along the NW-NE trending normal faults [6]. The Çubuk perlites are light green in color whereas the weathered parts are observed light gray in color [6]. The Çubuk perlites have vitrophyric texture with onion-skin fractures and locally amorphous silica (chalcedony) is observed together with volcanic glass [6]. The geochemical compositions of perlites suggest that, SiO_2 contents are between 74.6-80.4 %, Al_2O_3 9.9-10.9 %, Na_2O 1.5-3.9 %, K_2O 1.5-4.0 %, CaO 0.5-1.5 %, Fe_2O_3 0.6-0.8 %, MgO 0.0-0.6 % and TiO_2 0.0-0.9 % [6]. Loss on ignition values (LOI) are between 0.7-5.3 % [6].

2. Material and Method

The bulk analytical technique is used for the stable isotope analysis. The oxygen (O), deuterium (D) and H_2O measurements were carried at the University of Oregon Stable Isotope Laboratory. The crushed perlite samples are used in the analysis. The perlite samples crushed at the laboratories of the Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM) of Ankara

University. The TCEA-MAT 253 mass spectrometer was used and the precision yields $D/H \pm 1-3 \text{ ‰}$ on a single measurement of standards in different sessions and $[H_2O]_{tot}$ with an uncertainty of $\pm 0.02 \text{ ‰}$ [7, 5, 8]. The $\delta^{18}O$ analyses of bulk perlite were measured in 1–2 mg of samples using laser fluorination using a home-built airlock chamber allowing analysis of a single sample without prefluorinating other samples [5]. The procedure of the analysis is described by Bindeman and Lowenstern [5], Bindeman [9], Loewen and Bindeman [10]. All data normalized relative to VSMOW.

3. Results

The $\delta^{18}O$, δD and H_2O content of the Çubuk perlites are presented in Table 1. The $\delta^{18}O$ values of Çubuk perlite are between 16.8-17.3‰ (Table 1). The measured δD values of perlites are -137.73 to -126.23 (Table 1). The perlites contain 3.02-3.24 % H_2O (Table 1).

Table 1. $\delta^{18}O$, δD and H_2O content of the Çubuk perlite

	$\delta^{18}O$	δD (‰)	H_2O (wt.%)
22-CYE-13	16.8	-126.23	3.02
22-CYE-11	16.91	-130.21	3.23
22-CYE-17	17.23	-135.83	3.24
22-CYE-18	17.3	-136.50	3.20
22-CYE-29	17.15	-137.73	3.13

The δD values of the Çubuk perlite are increase with the increasing water content (Fig 1).

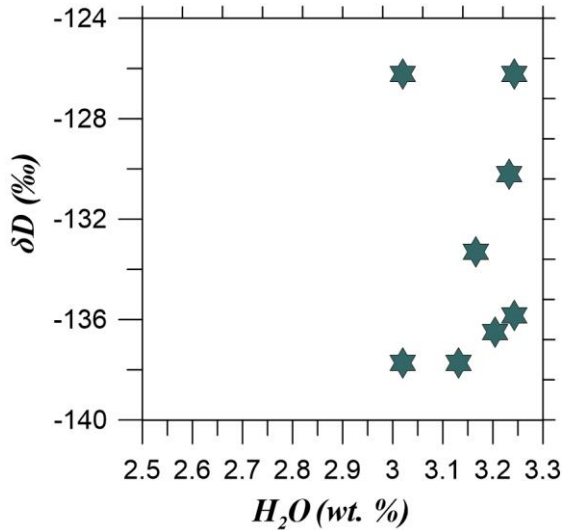


Fig 1. H_2O versus δD diagram of the Çubuk perlites.

According to the hydrogen isotopic values versus total water content in Çubuk perlites reveal that, the Çubuk perlites are formed from the hydration by meteoric waters (Fig 2). The Çubuk perlites plot near the post-glacial secondarily hydrated Mt Mazama samples area (Fig 2).

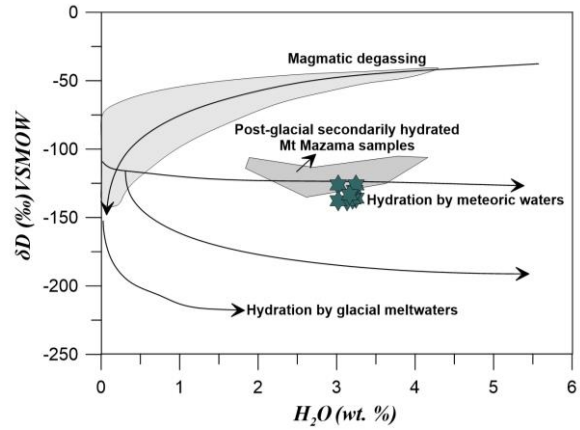


Fig 2. Hydrogen isotopic values of the Çubuk perlites and total water within perlites (Field of post-glacial secondarily hydrated Mt Mazama samples are taken from Seligman et al. [11], the magmatic degassing trends are taken from Newman et al. [12] the hydration by glacial meltwater lines are taken from Bindeman and Lowenstern [5])

According to the $\delta^{18}O$ versus δD diagram, the Çubuk perlites record last equilibrium between 50-20°C and this also indicate the formation of the montmorillonite as a result of the alteration of glass (Fig 3). These temperatures may also indicate the slow formation for the Çubuk perlites (Fig 3).

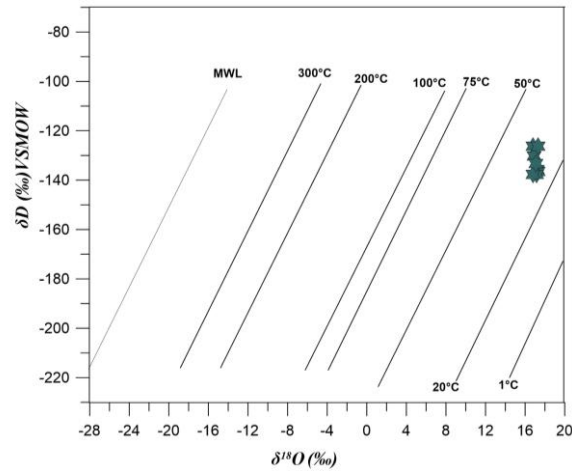


Fig 3. $\delta^{18}O$ versus δD diagram of the Çubuk perlites (The different temperatures shows the computed isotope fractionations which using the local Yellowstone meteoric water line (MWL))

4. Conclusions

According to the $\delta^{18}O$ and δD isotope data, the Çubuk (Ankara-Türkiye) perlites are formed from the hydration by meteoric waters and have similar isotopic δD values with the post-glacial secondarily hydrated Mt Mazama samples. The isotopic data reveal that the bulk perlite records last equilibrium between 50-20°C and these temperatures may indicate the slow formation for the Çubuk perlites. The isotopic data also suggest the formation of the montmorillonite as a result of the alteration product of glass. The amorphous silica (chalcedony) are locally observed as a alteration product.

5. Acknowledgements

This study is a part of Büşra ÇELİK's master thesis. This study was supported by Ankara University Scientific Research Projects (BAP) number FYL-2022-2393 and Ministry of Development project 2012K120440. We offer our thanks to Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU for giving hand in the field studies and Dr. Ilya N. BINDEMAN for the isotope analysis.

5. References

- [1] Marshall, B. R., Devitrification on natural glass, *Geol Soc Amer Bull.*, 72, 1493–1520, 1961.
- [2] Bonatti, E., Palagonite, hyaloclastites and alteration of volcanic glass in the ocean, *Bull Volcanol*, 28, 257–269, 1965.
- [3] Fisher, R. V., Schmincke, H. U., Alteration of volcanic glass, In: Fisher RV, Schmincke H-U (eds) *Pyroclastic rocks*. Springer, Berlin, pp 312–345, 1984.
- [4] Denton, J. S., Tuffen, H., Gilbert, J. S., Odling, N., The hydration and alteration of perlite and rhyolite, *J Geol Soc.*, 166, 895–904, 2009.
- [5] Bindeman, I. N., Lowenstern, J. B., Low- δ D hydration rinds in Yellowstone perlitites record rapid syneruptive hydration during glacial and interglacial conditions, *Contrib Mineral Petrol*, 171, 89, 2016.
- [6] Çelik, B., Deniz, K., Properties and Usage of Perlitites of Cubuk (Ankara-Türkiye) as Industrial Raw Material, 8th International Black Sea Coastline Countries Scientific Research Conference, 481-492. 2022.
- [7] Nolan, G., Bindeman, I. N., Experimental investigation of rates and mechanisms of isotope exchange (O, H) between volcanic ash and isotopically-labeled water, *Geochim Cosmochim Acta*, 111, 5–27, 2013.
- [8] Seligman, A., Bindeman, I. N., Watkins, J., Ross, A., Water in volcanic glass: from magmatic degassing to secondary hydration, *Geochim Cosmochim Acta*, 191, 216–238, 2016.
- [9] Bindeman, I. N., Oxygen isotopes in mantle and crustal magmas as revealed by single crystal analysis, *Rev Miner Geochem*, 69, 445–478. doi:10.2138/rmg.2008.69.12, 2008.
- [10] Loewen, M., Bindeman, I. N., Oxygen isotope and trace element evidence for three-stage petrogenesis of the youngest episode (260–79 ka) of Yellowstone rhyolitic volcanism, *Contrib Miner Petrol* 170, 39, doi:10.1007/s00410-015-1189-5, 2015.
- [11] Seligman, A., Bindeman, I. N., Watkins, J., Ross, A., Water in volcanic glass: from magmatic degassing to secondary hydration, *Geochim Cosmochim Acta*, 191, 216–238, 2016.
- [12] Newman, S., Epstein, S., Stolper, E., Water, carbon dioxide, and hydrogen isotopes in glasses from the ca. 1340 A.D. eruption of the Mono Craters, California: constraints on degassing phenomena and initial volatile content, *J Volcanol Geotherm Res*, 35, 75–96, 1988.

The Impact of Silane/Siloxane Treatment on the Surface Properties of Pumice Powder

S. Cayirli^a, H. S. Gokcen^b, and E. B. Dagci Yilmaz^c

^a Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering Niğde, Turkey, scayirli@ohu.edu.tr

^b Eskişehir Osmangazi University, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering and Architecture Eskişehir, Turkey, sgokcen@ogu.edu.tr

^c Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Mining Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Niğde, Turkey, lovable_girl33@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to investigate the grinding+surface coating of pumice stone from Nevşehir region of Turkey with silane/siloxane (SS), stearic acid (SA), and stearic acid along with triethanolamine (TEA) as coating materials in a laboratory stirred mill. (using a single unit). Experimental outcomes were evaluated based on the stress intensity analysis, particle size, and floating test which measures the activation ratio (AR). In the grinding+surface coating tests, an activation ratio of approximately 99.8% was achieved by adding SS at a 750 kJ/kg energy level. At this energy level and activation ratio, the d_{50} value was obtained at 2.90 μm . The outcomes show that after treatment with SS, the hydrophilic surface of pumice turns hydrophobic.

Keywords: Pumice, Surface coating, Silane/siloxane, Stirred ball mill

1. Introduction

Polymers are often mixed with various particulate additives and fillers in order to produce a polymeric composite. This combination of materials leads to new desirable properties. Thus, mineral fillers are added to the polymer matrix to lower costs, improve mechanical properties, surface hardness, etc. [1]. In order to meet these specifications, a filler material should have proper shape, size, and size distribution, compatible surface characteristics, and a high degree of dispersion [2]. For this purpose, the filling materials are ground to fine or ultrafine sizes (first stage). On an industrial scale, micronized material is usually produced by using mills such as tumbling mills, pendulum roller mills, ring roller mills, stirred mills, and vibrating ball mills. The mentioned mills are operated in closed circuits by using an air classifier and cyclone/filter to produce fine/ultrafine products (Fig. 1) [3]. The second stage is the coating process (surface coating) after the milling process. Surface coating, as a key process in functional powder preparation, is an important modern processing technology for non-metallic minerals [4].

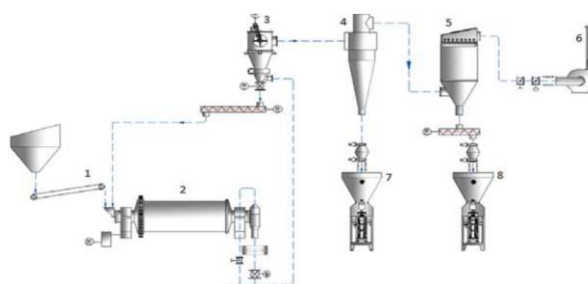


Figure 1. General flow chart of a micronized dry ore grinding plant (1-Feed, 2-Ball mill, 3-Separator, 4-Cyclone, 5-Filter, 6-Fan, 7-Cyclone product, 8-Filter product) [5].

Conventional surface coating technologies, which consist of heating mix modification and packing modification methods, have been applied widely in the treatment of fillers and pigments (Fig. 2).

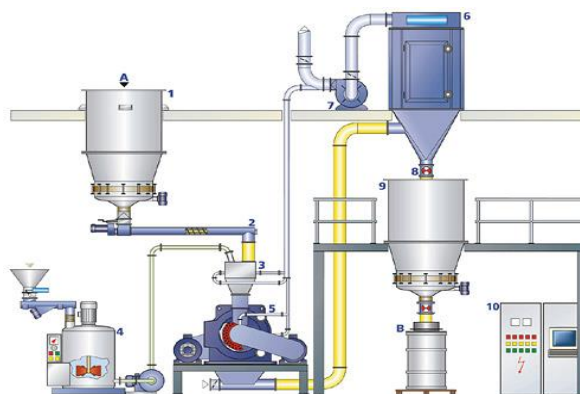


Figure 2. Coating process in pin mill (1=Feeding silo; 2=Feeding control; 3=Spraying chamber; 4=Melting pot; 5=Pin mill; 6=Filter; 7=Fan; 8=Rotary valve; 9=Fine product silo; 10=Control; A = Feed; B = Product) [6-7].

However, there are certain drawbacks to conventional methods, including weak stirring abilities, a low degree of material mixing, unequal dispersion between the agent and the materials, and, in particular, a lack of reaction foundation. Additionally, when employing conventional methods, the coating effect is weak and

the product quality is unstable [8]. By employing mechano-chemical effects during ultrafine grinding, mechano-activated surface modification is a coating technique that might produce better outcomes than conventional methods. Mechano-chemical effects are physical, and mechanical changes occur in the near-surface region where the solids come into contact with each other under mechanical forces [8-10]. Moreover, this method combines the surface coating and the ultrafine grinding technique that is widely used to produce high-quality mineral powder, together in one piece of equipment [8, 11].

Stirred ball mills are one of the mechano-chemical-activated grinding equipment used in the mineral processing industry. The specific energy consumption of stirred media mills for producing very fine particles is lower than that of tumbling and vibrating ball mills due to a very high number of stress events per unit time and unit volume and due to an adequate stress intensity. Due to the rising demand for fine and ultrafine particles as well as the advantages of stirred ball mills over other mills, their significance is gradually growing [12].

In the current research, a laboratory-scale dry stirred ball mill (single unit) was used to grind and coat pumice, an alternative coated product (grinding + surface coating). A silane/siloxane (SS) mixture, stearic acid, and stearic acid+triethanolamine were used as the coating materials. The stress intensity analysis, particle size, and floating test were used to evaluate the experimental outcomes. Additionally, comparisons were carried out with the outcomes of coatings with the use of stearic acid.

2. Materials and Methods

A pumice sample (around 100 kg) for the studies was obtained from Miner Company in Nevşehir. Using a helium pyrometer, it was determined that pumice has a density of 2.30 g/cm³. Fig. 3 illustrates feed size analyses of the samples.

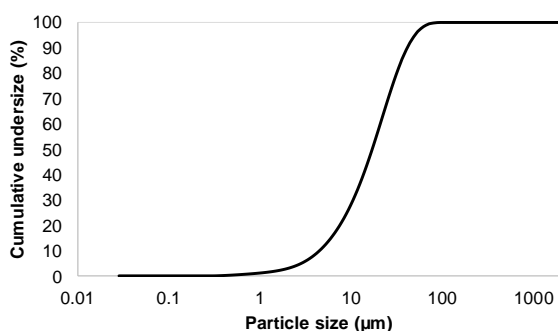


Figure 3. The feed material's size distribution.

It was carried out the chemical, mineralogical, and imaging analyses of the feed sample utilizing XRF (X-Ray Fluorescence Spectroscopy-Panalytical Zetium), XRD, and SEM in the Central Research Laboratory of Nide Ömer Halisdemir University. Table 1 illustrates the results of the XRF analysis, Fig. 4 illustrates the results of the XRD analysis, and Fig. 5 illustrates the results of the SEM analysis.

Table 1. Chemical composition of the sample

Pumice	%
SiO ₂	74.88
Al ₂ O ₃	13.828
K ₂ O	4.796
Fe ₂ O	1.445
CaO	1.003
Na ₂ O	0.801
TiO ₂	0.091
MnO	0.062
BaO	0.046
MgO	0.044
P ₂ O ₅	0.004
LOI	3.1

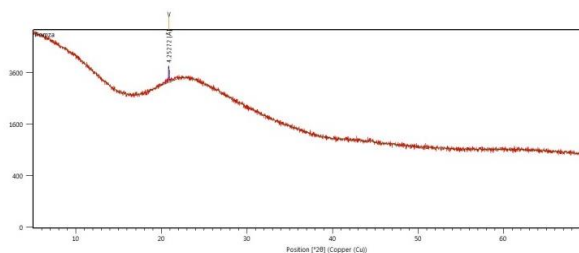


Fig. 4. XRD patterns of feed sample.

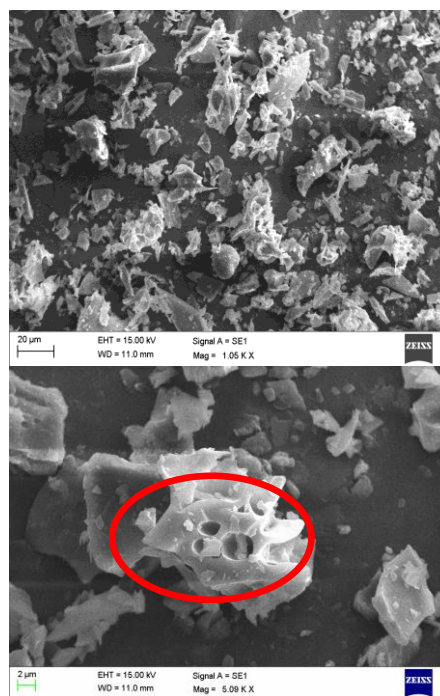


Figure 5. Scanning electron microscope (SEM) photographs of the sample.

The grinding+coating tests were performed using a laboratory batch stirred ball mill (Fig. 6). It comprises a 1200 ml cylindrical steel grinding tank. For cooling purposes, the grinding chamber is also equipped with a water jacket. The stirrer axis is fitted with five slotted stainless-steel shaft and arms. The shaft is stirred with a motor that has a power of 3 kW runs at RPMs from 50 to 3000 and can be used for dry grinding.



Figure 6. Dry vertical stirred ball mill.

Grinding+coating tests were carried out in a dry stirred ball mill with varying tip speeds, and media diameters. Surface coating and grinding performances were also evaluated using the stress-energy model at different energy levels (E_m). The stress intensity " SI_{GM} " has been varied by changing the stirrer tip speed " v_{tip} " (between 1 m/s and 10 m/s) as well as the grinding media size " d_{GM} " (between 3 and 4 mm) (Eq. 1). The stress intensity " SI " is proportional to the kinetic energy of a grinding media [12].

$$SI \propto SI_{GM} = v_{tip}^2 \times d_{GM}^3 \times \rho_{GM} \quad (1)$$

The grinding+coating tests in the present investigation were carried out in a single unit (stirred ball mill), and Fig. 7 illustrates the steps in the process. The conditions outlined in Table 2 were used for the grinding+coating testing. In the study, a solvent-free emulsion based on SILRES® BS 3003, silane and siloxane mixture produced by Wacker company, which can be diluted with water, and commercial stearic acid (SA) ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$) was used. In addition, amine-based (Merck, Triethanolamine, ≥ 99 , 1.11 g/cm^3) pure liquid grinding aid was also used in some experiments.

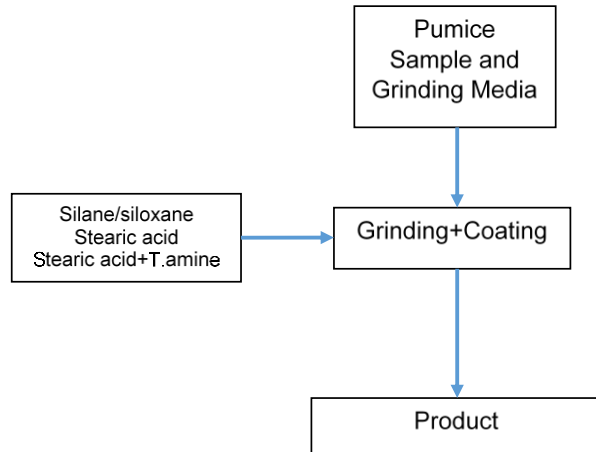


Figure 7. Process steps for grinding and coating.

Table 2. Grinding+coating test conditions

Condition	Variable
Mill volume (ml)	1200
Stirrer design	5-pin
Media type	Alumina, (3.6 g/cm^3)
Media filling (%)	60
Material load (%)	80
Silane/siloxane dosage (%)	0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.63, 1.98, 2.33
Stearic acid dosage (%)	1,2
Triethanolamine (g/ton)	150, 250, 500
Media size (mm)	3, 4
Tip speed (m/s)	1, 2, 4, 8, 10
Energy level (kJ/kg)	375, 750

In all grinding+coating tests, powder and balls were removed from the tank at the predetermined specific energy in a batch procedure. All of the media and ground+coated materials were taken out of the mill after each test, and sifting was used to separate the media from the final products.

The particle size analysis of the feed and the ground+coated products was conducted using a Malvern 2000 Ver. 2.00 Wet Laser Diffraction Particle Sizer with a Hydro 2000 MU attachment (Malvern Co., Ltd., UK). The floating test, which calculates the ratio of the floated product to the sample's overall weight after they are vigorously mixed in water, was used to assess the impact of the surface change (Eq. 2).

$$AR\% = (M_p / (M_p + M_t)) * 100 \quad (2)$$

where AR is the activation ratio (%), M_p is the mass of the floated product and M_t is the mass of the non-floated product [13]. A greater activation ratio implies better surface modification effects [8, 11, 13].

3. Results and Discussion

3.1. Effect of Stress Intensity on Pumice Activation Ratio

Fig. 8 illustrates the relationship between the SS and the activation ratio of pumice. In tests performed at constant energy level and SI_{GM} , it is seen that 90%

activation rates are reached when the dosage of SS is exceeded by 0.7%. The optimum dosage of SS was determined to be 1.2% with an activation ratio of 98.6%, and stress intensity analysis was carried out to determine the optimum grinding conditions. Apart from these, the 750 kJ/kg energy level was tested since the activation ratio of the coating with SS remained low in the trials conducted at the energy level of 375 kJ/kg.

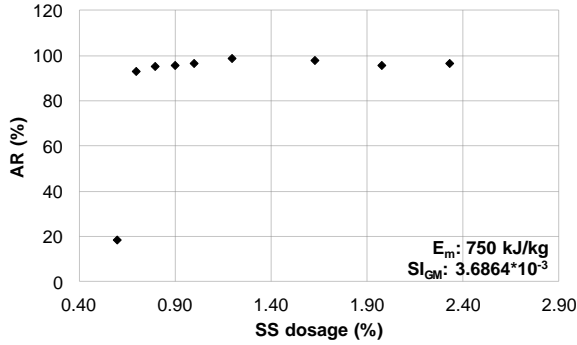


Figure 8. The relationship between the SS and AR.

The relationship between stress intensity and pumice particle size of the experiments carried out under the grinding+coating operating conditions is illustrated in Fig. 9. It is seen from Fig. 9 that as the stress intensity increases, the particle size decreases up to a certain range of value and then increases again. Among these values, the stress intensity is at its optimum value. This range was determined as $1.55-3.68 \cdot 10^{-3}$ Nm at 750 kJ/kg energy level. An increase in particle size is also observed at high-stress intensities.

Similar findings were observed in cement grinding by Racz [14]. He pointed out that, for dry stirred media milling if the stress intensity of grinding media is lower than the value for the particle breakage, the attrition of the surface rounding of the particles is carried out. Racz and Csöke [15], Cayirli et al. [16], and Cayirli and Gokcen [17] also found similar results in their dry grinding studies.

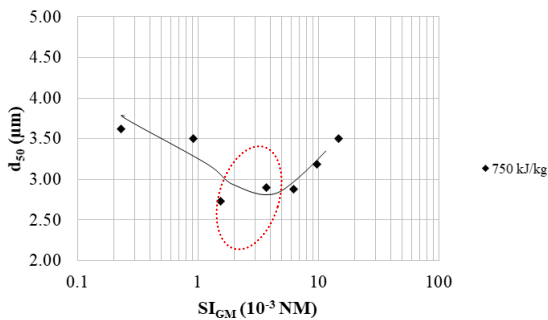


Figure 9. The effect of stress intensity on product size.

The coating performance of pumice at 750 kJ/kg was tested under the same conditions. The change of the AR values as a function of the stress intensity (i.e., different tip speeds and media size) are illustrated in Fig. 10. AR values increase with an increasing stress intensity down to a certain point and then slowly decrease. When the energy level decreased, there was a significant increase in the activation ratios. In the pumice grinding+coating tests, the activation ratio of

approximately 99.8% was achieved at 750 kJ/kg energy level.

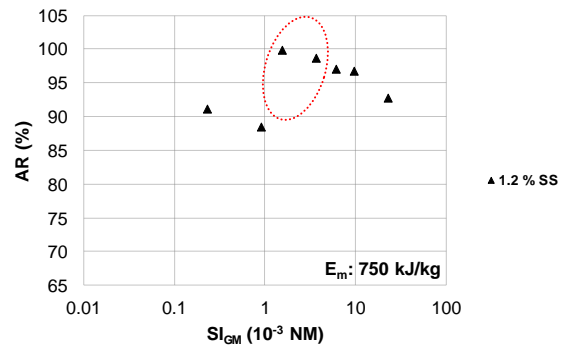


Figure 10. The effect of stress intensity on AR.

Comparing Fig. 9 to Fig. 10, it is understood that the AR achieved higher values as pumice is reduced to finer particle sizes for 750 kJ/kg energy level. The results obtained from grinding and coating pumice in a stirred ball mill using SS (stress intensity-particle size) are in agreement with the stress intensity approach.

4. Comparison of Stearic Acid and Silane/Siloxane Coatings

The best results in the coating of pumice using SA in the previous study (Cayirli et al., 2019) and the results in the SS coating (activation ratio-stress intensity relationship) are illustrated in Fig. 11 comparatively. When the results from different energy levels are compared, the results from using SS for coating are significantly more effective.

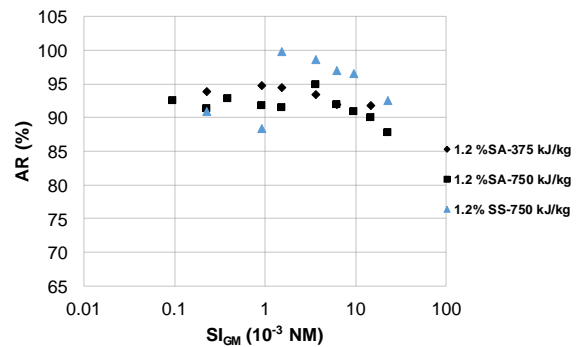


Figure 11. The effect of stress intensity on AR for SS and SA coatings.

The grinding+coating performance of pumice using different chemicals and grinding aid is illustrated in Fig. 12. Better AR values were obtained when pumice was coated with stearic acid (TEA+SA) using a grinding aid compared to SA results (Fig 11). When the SS and TEA+SA coatings of pumice were compared, it was observed that similar results were obtained at a certain Sl_{GM} ($3.68 \cdot 10^{-3}$ Nm). Moreover, the activation ratio increased even more in the SS coating conducted at a lower stress intensity.

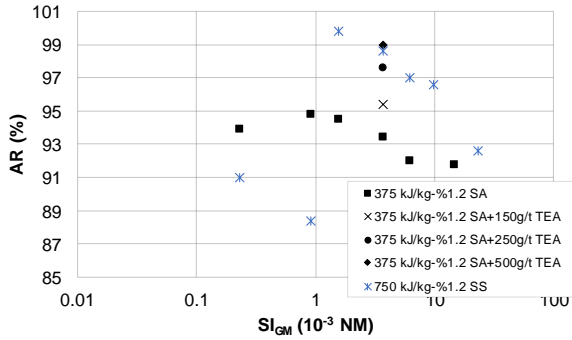


Figure 12. The variation of grinding+coating performance with different materials.

5. Conclusions

In this experimental study, silane/siloxane, stearic acid, and stearic acid+triethanolamine were used to treat the surface of pumice powder by a stirred ball mill and dry coating technique. The results of the grinding+coating testing showed that:

- Optimum stress intensity change to be in the range of $1.55 \cdot 10^{-3} - 3.68 \cdot 10^{-3}$ Nm.
- At 750 kJ/kg energy level, the activation ratio reached 99.8% by adding silane/siloxane in the pumice grinding+coating tests. The d_{50} value was 2.90 μ m at this energy level and activation ratio.
- Hydrophilic pumice surfaces have been altered to hydrophobic surfaces.
- The stress intensity approach agrees with the results obtained from grinding+coating pumice in a stirred ball mill using silane/siloxane.

The products that were obtained from this investigation will be tested in different industries (paint, plastic).

6. Acknowledgments

The Niğde Ömer Halisdemir University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No. 2019/02/BAGEP) funded this research. The authors would like to express their gratitude to Miner Company (Nevşehir, Turkey) for providing the sample.

References

- [1] Mihajlovic, S., Sekulić, Z., Daković, A., Vučinić, D., Jovanović, V. and Stojanović, J., Surface properties of natural calcite filler treated with stearic acid, *Ceramics-Silikaty* 53(4), 268-275, 2009.
- [2] Acisli, O., Acar, I., Mechano-chemical surface modification of calcite by wet-stirred ball milling, *Applied Surface Science*, 457, 208–213, 2018.
- [3] Cayirli, S., Gokcen, H. S., Dagci, Yilmaz, E. B., Surface modification of pumice in a stirred ball mill, 6th International Conference on Materials Science and Nanotechnology for Next Generation (MSNG-2019), 377-382, 2019.
- [4] Ding, H., Lu, S., Du, G., Surface modification of wollastonite by the mechanoactivated method and its

properties, *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 18 (1), 83-88, 2011.

[5] Toraman, Ö. Y., Sönmez, A. T., Mikronize öğütmede havali ayiricilarin tasarim değişkenleri, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 30-36, 2012.

[6] Jeong, S., Yang, Y., Chae Y., Kim, B., Characteristics of the treated ground calcium carbonate powder with stearic acid using the dry process coating system, *Materials Transactions*, 50(2), 409-414. 2009.

[7] Hosakawa Alpine, *Handbook Powder and Particle Processing*. 182-185, Germany, 2006.

[8] Ding, H., Lu, S., Deng, Y., Du, C.X., Mechano-activated surface modification of calcium carbonate in wet stirred mill and its properties, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 17, 1100–1104, 2007.

[9] Frank, S., Stefan, M., Jorg, S., Wolfgang, P., The influence of suspension properties on the grinding behavior of aluminum particles in the submicron site in stirred media mills, *Powder Technol.*, 156, 103– 110, 2005.

[10] Mohamed, I., Wakeel, A., Effect of mechanical treatment on the mineralogical constitutes of abu-tar tour phosphate ore Egypt, *Int. J. Miner. Process.*, 75, 1012– 1015, 2005.

[11] Wu, W., Lu S.C., Mechano-chemical surface modification of calcium carbonate particles by polymer grafting, *Powder Technol.*, 137, 41–48, 2003.

[12] Kwade, A., Schwedes, J., Wet comminution in stirred media mill, *Kona*, 15, 91-101, 1997.

[13] Sheng, Y., Zhou, J., Tao, N., Yu, K., Tian, Y., Wang, Z., Influence of octadecyldi hydrogen phosphate on the formation of active super-fine calcium carbonate, *Journal of Colloid and Interface Science*, 272, 326-329, 2004.

[14] Rácz, Á., Reduction of surface roughness and rounding of limestone particles in stirred media mill, *Chem. Eng. Technol.*, 37, 1–9, 2014.

[15] Rácz, Á., Csöke, B., Application of the product related stress model for product dispersity control in dry stirred media milling, *Int. J. Mineral Process.*, 157, 28– 35, 2016.

[16] Cayirli, S., Gokçen, H. S., Yüce, N., The effect of stirrer design in different stirred mill orientations, 26th International Mining Congress and Exhibition (IMCET), 1017-1024, 2019.

[17] Cayirli, S., Gokcen, H. S., The influence of stirred mill orientation on calcite grinding. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 38, 1551-1560, 2021.

Mechanical and Durability Properties of Self-Compacting Concrete Incorporating Pumice and Metakaolin

Farhad Pirmohammadi Alishah ^a and Mehdi Mohammad Rezaei ^b

^aShabestar Branch, Islamic Azad University, Department of Geology, Shabestar, Iran, E-mail: Petrofarhad@iaushab.ac.ir

^bIslamic Azad University, Department of Civil Engineering, Tasuj, Iran, E-mail: mehdi.aku@gmail.com

Abstract

Today using alternative sources in concrete productions is important, due to its Economical and environmental considerations. Pozzolans are one of these resources which decrease the environmental pollutions and production costs of concrete structures. In this study, the effects of pumice and metakaolin (MK) on the durability and microstructural properties of self-compacting concrete (SCC) are investigated. A total of 10 mixtures including different pumice and MK contents as cement replacement [0-15 and 0-10 by weight % (wt.), respectively] were designed. Fresh concrete tests, including slump flow, visual stability index, T50, V-funnel, and L-box, were carried out. Compression tests were performed to determine the mechanical properties. Water absorption, electrical resistivity, and rapid chloride permeability (RCP) tests were performed to assess durability properties. The workability of SCC mixtures containing pumice and MK generally satisfied the fresh-state behavior requirements. With the inclusion of pumice, the compressive strength decreased at 28 days, whereas it increased significantly at 90 days. Most of the binary mixtures displayed strength enhancement over the control mix at ages of 28 and 90 days, and this improvement was more significant at 90 days. The results suggest that, in general, the combined use of 10 wt.% pumice and 10 wt.% MK provides a suitable replacement ratio that enhances both the durability and mechanical properties of SCC.

Keywords: Self-compacting concrete; Pozzolan; Pumice; Metakaolin; Mechanical properties.

1. Introduction

The high level of waste production in the industrial processes as well as releasing pollutant gases, such as carbon dioxide in the cement production, has destructive effects on the environment and the quality of human life. One of the most remarkable advancements in concrete technology in recent years is self-compacting concrete (SCC). This modern concrete is a highly flowing concrete that can be compacted under self-weight without any external vibration. Self-compaction of SCC can be achieved by restricting the content and size of coarse aggregates while also using superplasticizers (SPs) to maintain a lower water-to-powder ratio [1]. However, the higher cost of SCC, contributed by the use of a higher volume of portland cement and chemical admixtures, can be seen as its drawback. The use of mineral additives and natural pozzolans such as fly ash (FA), rice husk ash, metakaolin (MK), and pumice have been suggested as

a means of reducing the cost of SCC in addition to providing environmental benefits and improvements to certain material properties [2,3,4]. In recent years, FA has been used successfully in a wide variety of concrete applications with respect to the technical and environmental merits [5,6,7,8,9]. However, it is predicted that the annual global demand for FA will be roughly 800 million t, where as the global supply of fly ash has been approximately 600 t [10]. Consequently, alternative materials, such as MK, must be increasingly brought into the concrete industry. MK is a thermally activated aluminosilicate material mostly made by calcination of kaolin clay at temperatures ranging from 700 to 850°C without production of CO₂ [11]. Over the last few years, there has been a growing interest in the use of MK as a mineral admixture because of its environmental benefits. The particle size of MK is remarkably smaller than that of cement [12]. Recent studies showed that the inclusion of MK can improve the mechanical and durability properties of concrete [13]. [14] reported that concrete containing 10% MK had a higher compressive strength than the reference plain concrete. With respect to the durability aspects, the resistance of MK concrete to water or chloride ion penetration was significantly higher than that of a control sample [15]. Pumice is a natural lightweight material of volcanic origin produced when lava containing high contents of water and gases is extruded from a volcano. A very light rock material filled with tiny bubbles of gas is result of cooling and hardening of lava. Although its chemical composition varies depending on its origin, pumice is usually light-colored, indicating that it is a volcanic rock high in silica content (i.e., up to 75%) and low in iron and magnesium. The Al₂O₃ composition makes it heat-resistant and fire-resistant, and the SiO₂ content in the rock gives it an abrasive property. The use of pumice as an aggregate or mineral additive in the manufacture of SCC can serve as an attractive way of producing lighter-weight, environmentally friendly, and cost-effective concrete [16,17]. Although the individual use of pumice and MK as replacement of cement or aggregate has been investigated in previous studies [18,19,20,21,22,23], their combined use in concrete has not yet been thoroughly studied. [24] investigated mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concrete incorporating MK and pumice. Their results showed that the use of MK increased the compressive strength, flexural toughness, and modulus of rupture of concrete. On the other hand, their study also showed that individual use of pumice or its combined use with MK resulted in a decrease in the mechanical properties at both early and later ages (i.e., 7, 28, 90, and 180 days). [25] studied the effect of high temperatures up to 500°C on microstructure and strength of high-strength

concrete incorporating MK and ground pumice. Their results showed that under elevated temperatures, concrete containing MK and ground pumice performed better than control mix and mixes containing only ground pumice.

The present study focuses on the effect of adding pumice and MK as partial cement replacement to understand the combined addition of pumice and MK on the physical, mechanical, and durability properties of concrete. To this end, experimental tests including the slump flow, T50, V-funnel, L-box, density, compressive strength, water absorption, electrical resistivity, and rapid chloride permeability (RCP) were conducted. Although the addition of pumice and MK to concrete has been investigated in a few previous studies, there are still major gaps in the areas of assessing the microstructure and durability properties of SCCs containing pumice and MK, which the present study intends to fill.

2. Experimental Work

2.1. Materials

Type II portland cement (PC) conforming to ASTM C150 [26] was used. Pumice, which was obtained from volcanic area of Sahand of Iran, and MK, which was produced in Iran and bought from a factory in Tabriz, were used in SCC mixtures. Chemical composition and physical properties of the cement, pumice, and MK are given in Table 1. The particle-size distribution of pumice was determined according to ASTM C136 [27] (Fig.1). The gradings met the requirement of lightweight aggregate for structural concrete as per ASTM C330 [28]. For grinding the pumice, a laboratory-type ball mill with a 3-kg capacity was used. Natural river sand and limestone gravel with water absorption of 0.69% and nominal maximum size of 12.5 mm were used as fine and coarse aggregate, respectively. Polycarboxylic ether-based high-range water reducer (HRWR), namely Glenium 51 (Vand Chemie, Tabriz, Iran), with a density of 1.06-1.08g = cm³(at 20°C) was used to ensure flowability of the mixtures [1].

Table 1. Chemical Composition and Physical Properties of Cement, Pumice, and Metakaolin

Chemical analysis	Cement	Pumice	MK
SiO ₂ (%)	21.75	55.20	52.1
Al ₂ O ₃ (%)	5.15	20.75	43.8
Fe ₂ O ₃ (%)	3.23	1.26	2.60
CaO (%)	63.75	6.80	0.20
MgO (%)	1.15	2.30	0.21
SO ₃ (%)	1.95	0.44	0
K ₂ O (%)	0.56	1.73	0.32
Na ₂ O (%)	0.33	1.80	0.11

LOI (%)	2.08	1.95	0.66
Specific surface (m ² =g)	0.33	0.44	2.50
Specific gravity (g=cm ³)	3.15	2.30	2.50

Note: LOI= Loss on

ignition.

2.2. Mixture Proportion

A total of 10 concrete mixtures with a constant water/binder ratio of 0.4 and total binder contents of 550 kg/m³ were designed, manufactured, and tested at the concrete laboratory of the University of Shabestar, Iran. The control concrete mixture contained only the ordinary PC binder, whereas in the remaining mixtures, cement was partially replaced by pumice and MK. The replacement ratios for pumice were 5, 10, and 15%, whereas those of MK were 5 and 10% by weight of cement. To allow for the different densities of different materials used in the mixes, the amount of gravel was adjusted in order to keep the overall volume of mixes constant at 1 m³. The mixture proportions are provided in Table 2. The mixing procedure previously used by [29] was adopted in this study. First, the fine and coarse aggregates were mixed for 30 s at normal mixing speed of 80 revolutions per minute (rpm). Then, half of the mixing water was added and mixed for 1 min. To allow the aggregates to absorb the water in the mixer, the mixture was rested for 1 min. Following this, cement, pumice, and MK were added to the mix, and mixing continued for an additional minute. The remaining water and HRWR were then added and mixed for 3 min. This was followed by 2 min of rest and subsequent final mixing for additional 2 min. The mixtures were then poured into molds for different tests. All samples were preserved at a temperature of 20±1°C and cured in water until they were tested.

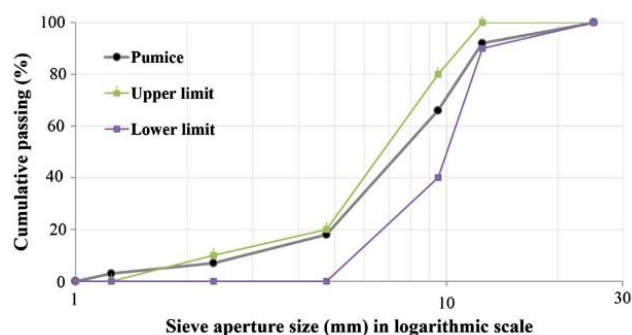


Fig. 1. Particle-size distributions of pumice

3. Test Procedure

3.1. Fresh Concrete

The slump-flow, T50, and V-funnel tests were conducted in accordance with the standard procedures recommended by [30]. The slump-flow test was carried out to evaluate the filling ability of concrete in the absence of obstructions. Table 3 indicates three slump-flow classes for a range of applications. In isolation, the

slump flow cannot be treated as a reliable indicator for evaluating the fresh properties of SCC. However, in a situation in which the slump flow is within a desirable range given by [30] (i.e., 550–850 mm), it is possible to assess the requirements of SCC for each of the slump-flow classes. T50 and V-funnel time experiments were also conducted to assess the viscosity of samples;[31]. According to [30], there are two viscosity classes, which are determined by V-funnel and T50 flow times (Table 4). The L-box test was used to determine the passing ability of SCC when flowing through confined or reinforced areas. The passing ability classifications are provided in Table 5.

Table 2. Mixture Proportion Details

Mix identifier	Cement (kg =m ³)	Water (kg =m ³)	Pumice (kg =m ³)	Metakaolin (kg =m ³)	Sand (kg =m ³)	Gravel (kg =m ³)	HRWR (kg =m ³)
Control	550	220	0	0	880	760	3
5P	522.5	220	27.5	0	880	750	4
10P	495	220	55	0	880	740	4
15P	467.5	220	82.5	0	880	730	4
5MK 5P	495	220	27.5	27.5	880	740	4
5MK 10P	467.5	220	55	27.5	880	730	4
5MK 15P	440	220	82.5	27.5	880	720	4
10M K5P	467.5	220	27.5	55	880	735	4
10M K10P	440	220	55	55	880	725	4
10M K15P	412.5	220	82.5	55	880	715	4

Table 3. Slump-Flow Classes with Respect to [30]

Slump-flow class	Slump flow (mm)
SF ₁	550-650
SF ₂	660-750
SF ₃	760-850

Table 4. Viscosity Classes with Respect to [30]

Viscosity class	T50 (s)	V-funnel time (s)
VS1/VF1	≥2	≤8
VS2/VF2	>2	9-25

Table 5. Passing Ability Classes with Respect to [30]

Passing ability class	Passing ability
PA1	≥0.8 with 2 rebars
PA2	≥0.8 with 3 rebars

3.2. Hardened Concrete Tests

After completion of the initial fresh-concrete tests, fresh concrete was cast into 100-mm cubes for compressive strength, water absorption, and electrical resistivity tests. Cylinder samples with a 50-mm diameter and 100-mm height were manufactured to conduct the RCP tests. Each test result was averaged from three test specimens. Specimens were demolded the day after casting, and they were kept in the water until testing day (Fig.2). The electrical resistivity test was also conducted on the same samples at 90 days. Eventually, the resistivity values were calculated by Eq. (1)

$$\rho = RA/L$$

where ρ = resistivity; R= resistance (Ω); A= area of sample; and L= length of the sample.

After the resistivity tests, the compressive strength tests were conducted using a hydraulic testing machine under a loading rate of 1,350 N/s at 28 and 90 days of curing. The water absorption tests were carried out at 90 days following the standard procedure ASTM C642 [32]. Saturated surface-dry specimens were kept in an oven at 110°C for 24 h. After measuring the initial weight, the specimens were immersed in water for another 24 h. The final weight was then measured, and the final absorption was recorded to assess the water permeability of the concrete. RCP testing was performed in accordance with ASTM C1202 [33] at the age of 90 days. In the RCP test, the total charge passing through a 50-mm-thick concrete specimen in 6 h by 60 voltage potential was evaluated. The specimen in the RCP test cell was in contact with a 0.3 molar solution of NaOH on one face and with a 3% solution of NaCl on the other face.

4. Results And Discussion

4.1. Fresh Concrete Results

The slump-flow and T50 values immediately after the mixing are presented in Fig.3 for all mixtures. The slump-flow test is valuable for indicating the ability of concrete to deform under its own weight against

friction. All SCC mixtures exhibited satisfactory slump-flows as proposed by [30] in the range of 675-692 mm, which is an indication of good flowability. It can be seen from Fig.3 that the replacement of cement by pumice and MK leads to a slight increase in the flowability of mixtures. With the addition of pumice up to 10%, the slump flow gradually increased from 675 to 685 mm. Although the increases were minor, these findings did not support those of previous studies that reported negative effect of pumice on the workability of concrete [25,34,35,36].

The increased workability of the mixes containing pumice in the present study is attributed to the higher water-to-cement ratio of these mixes. As a result, the shear stress and viscosity of concrete reduced, and the flow diameter increased. As can be seen in Fig.3, the incorporation of 5% MK further increased the slump-flow diameter. However, this trend reversed when the amount of MK increased from 5 to 10%. [30] suggests 2-5 s for T50 flow time in SCCs. As can be seen in Fig.3, the time that slump diameter reaches a diameter of 50 cm (T50) was measured as 2.0–3.1 s for the specimens incorporating additives, but it was 4.1 s for the control sample. This indicates a significant decrease in T50 with the addition of additives. The samples containing 10% pumice exhibited the lowest flow time of 2 s.

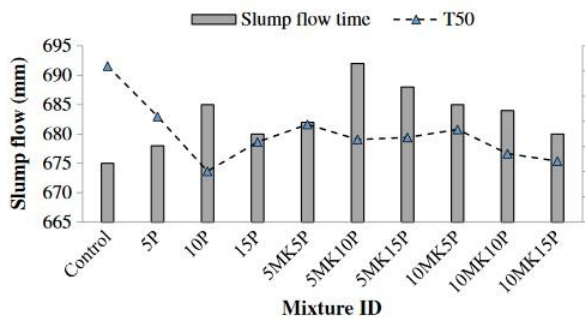


Fig. 3. Slump-flow diameter and T50 results

The V-funnel flow times were measured as 13 s and 8.8-12.8 s in control sample and specimens containing additives, respectively (Fig.4). It can be seen in the figure that the addition of pumice decreased the flow time, which indicates improved workability. Despite the fact that the mixtures containing MK experienced variations in V-funnel times, their times were still equal to or lower than that of the control mix in all samples. The L-box test, which represents the filling and passing ability of SCC, is illustrated in Fig.4. The L-box test is more susceptible to obstructions. The ratios of the L-box ($h_2=h_1$) test were measured as 0.87 and 0.86-0.94 for the control mix and specimens containing additives, respectively. A very fluid mixture is represented by an L-box ($h_2=h_1$) ratio of 1, and as per [30] when the L-box ratio is lower than 0.8, there is an aggregate blocking risk. It can be seen that most mixes with additives had increased L-box ratios. In particular, Mixes 10P, 5MK10P, and 10MK10P had significantly increased L-box ratios. Only two mixes (i.e., 5MK5P and 10MK5P) had either equal or lower L-box ratios than that of the control mix [35,36].

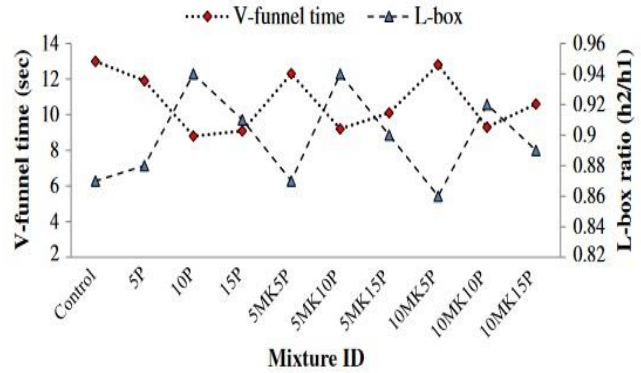


Fig. 4. V-funnel and L-box ratio results

4.2. Hardened Concrete Results

4.2.1. Compressive Strength

The compressive strengths of the samples were determined at 28 and 90 days and are shown in Fig.5. As can be seen from the figure, a reduction in the 28-day compressive strength was observed in all samples incorporating pumice compared to the control mix. This reduction became more significant with an increase in the content of pumice. This is in agreement with previous research. [35,36] both showed that the compressive strength decreased at early ages when pumice was used as partial cement replacement. Conversely, a significant improvement was observed at 90-day strengths for all samples containing pumice compared to the control mix. It can be seen in Fig.5 that the mixture with 10% pumice content developed the highest 90-day strength, with a strength of approximately 53 MPa. The results indicate a slight reduction in the compressive strength with an increase in pumice content above 10%, yet the strength remained higher than that of the control mix.

It can be also seen in Fig. 5 that all the specimens containing MK experienced higher compressive strengths than those of the control sample at 90 days. The positive effect of MK in increasing the strength was also reported by [37], who found that the inclusion of MK up to 20% increased the compressive strength of the concretes, depending on the replacement level of MK content, age of the samples, and water-to-cement (w/c) ratio. In the current study, a similar trend was observed for all mixes with different MK contents and ages, except for the mix containing 5% MK and 15% pumice at 28 days, which had a slightly lower strength than the control mix. The mixture with 5% pumice and 10% MK, developed the highest early-age strength (i.e., approximately 46 MPa at 28 days). It is clear from the results that the compressive strengths of mixes containing MK showed significant increases over the control mix at 90 days. Whereas the control mix had a 90-day strength of 48 MPa, the mix containing 10% MK and pumice developed a strength of approximately 58 MPa.

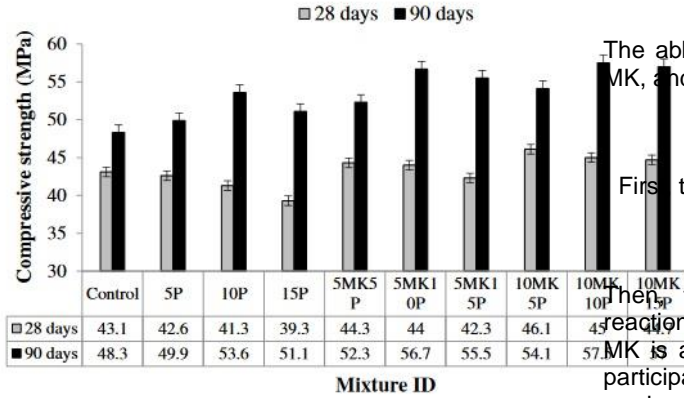


Fig. 5. Compressive strength of SCC containing pumice and MK

This increase is a result of the increased pozzolanic activity of pumice and MK in concrete during later ages. That is, the faster hydration reaction at later ages resulted in a significant increase in the strength of the mixes containing pumice and MK. This can be explained by the chemical and pozzolanicity properties of these materials, which result in their high reactivity [34,37]. The calcium silicate hydrates (C-S-H) produced by pozzolanic activities, as well as the filling behavior of pumice and MK at later ages, densify the hardened cement paste and block the capillary pores' connection, so the pore structure of concrete is refined [34,35,37].

4.2.2. Water Absorption

The results of the water absorption tests undertaken at the age of 90 days are shown in Fig. 6. It is evident that the water absorption reduced with an increase in the pumice content in all samples. Moreover, as can be observed from the results, the replacement of portland cement by pumice and MK resulted in a decrease in the water absorption of all mixes. This decrease was more pronounced than that seen with the replacement of cement with only pumice. This illustrates the positive influence of the addition of MK, which results in fewer and smaller pores in the structure of concrete. The positive effect of MK in reducing absorption was previously reported by [39,18] for SCC and ordinary concrete, respectively. [40] also reported that the water absorption reduced by 28% for concrete incorporating 15% MK.

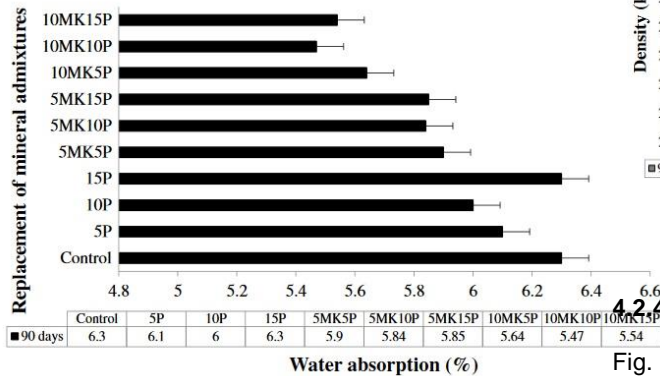
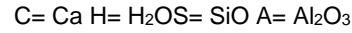
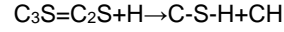


Fig. 6. Water absorption results

The abbreviation of chemical compositions of cement, MK, and pumice is



Firstly, the C_3S and C_2S in cement react with the water



Then, the methylidyne (CH) produced in previous reaction reacts with MK and produces additional C-S-H. MK is an aluminosiliceous pozzolan, and the alumina

participates in reactions with calcium hydroxide and produces various calcium-aluminate hydrates (C-A-H) and calcium-aluminosilicate hydrates (C-A-S-H) [38,41]. As shown in Fig.6, the partial replacement of portland cement by 10 wt.% MK and 10 wt.% pumice led to an approximately 13% reduction in the water absorption. This can be attributed to the creation of additional C-S-H and C-A-S-H gels in concrete, which led to a denser microstructure. This is in agreement with the research by [37] on conventional concrete incorporating MK, advocating the filling effect of MK as well as its pozzolanic reaction. MK, particularly at later ages, works as a filler, and hence results in the densification of the concrete and reduction in the porosity. Similar observations were previously reported by [42] on SCC containing rice husk ash and MK, and [37] on lightweight concrete containing pumice.

4.2.3. Density

Hardened densities of all mixes at 90 days are given in Fig.7. It can be seen in the figure that, depending on the pumice and MK content, the density varied from 2,392 to 2,437 kg/m³. It can also be seen that the 90-day density decreased with an increase in pumice content, but this decrease was limited to approximately 2%. This can be explained by the replacement of heavier portland cement with lighter pumice. The incorporation of MK resulted in a slight increase in the density of mixes containing pumice. However, the density of the mixes containing MK was still lower than that of the control specimen.

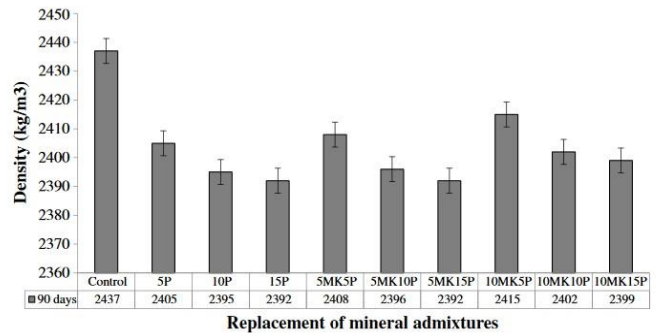


Fig. 7. Density of SCC mixtures

4.2.4. Electrical Resistivity

Fig. 8 presents the electrical resistivity results of different mixes together with the limits suggested by ACI 222 [43]. As expected, an increase in the electrical

resistivity resulted in a reduced probability of corrosion and hence improved durability. As can be seen in the figure, depending on the pumice and MK content, the 90-day electrical resistivity of mixes varied from 8 to 24 kΩ·cm. Although the result of the control mixture fell in the high corrosion probability region, those of the mixes with pumice and combined pumice and MK were in the low or low-to-moderate regions. In particular, the binary mixes containing 10 and 15% of pumice and 5 and 10% of MK experienced significant increases in resistivity (i.e., more than 100% over the control mix), indicating a very low probability of corrosion. The resistivity of the other mixes were between 10 and 20 kΩ·cm, indicating low to medium probability of corrosion. This agrees with previous research by [39], who mentioned the ability of MK to improve the durability of SCC.

4.2.5. Rapid Chloride Permeability

Fig. 9 shows the total charges passed of all SCC mixes at 90 days, which indicate the rapid chloride permeability results of the mixes. These results were also compared to the limits recommended in ASTM C1202-07 [33]. It is evident that the charge passed in all specimens was less than that in the control mix, which is categorized as high chloride permeability as per ASTM C1202-07 [33]. Among different mixes of the present study, the best result was achieved by the binary Mixture 10MK15P, which experienced an approximately 54% decrease in the RCP compared to that of the control mix. The 5P mix, which showed the highest charges passed compared with the other mixes containing pumice with or without MK, was still classified as moderate chloride permeability. It can be seen from the results that the RCP of mixes containing pumice decreased with the addition and amount of MK. This once again can be attributed to the previously discussed pozzolanic reaction of MK in concrete.

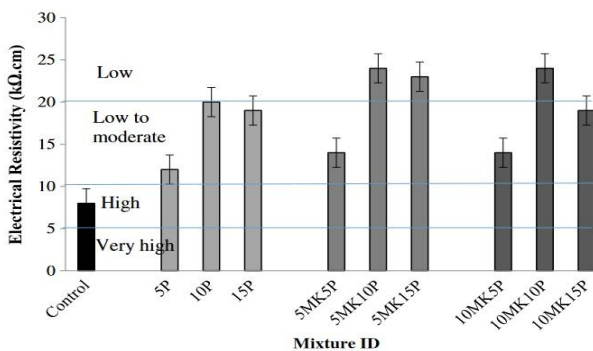


Fig. 8. Electrical resistivity of SCCs containing pumice and MK as per ACI 222 [43] (ranges refer to the probability of corrosion)

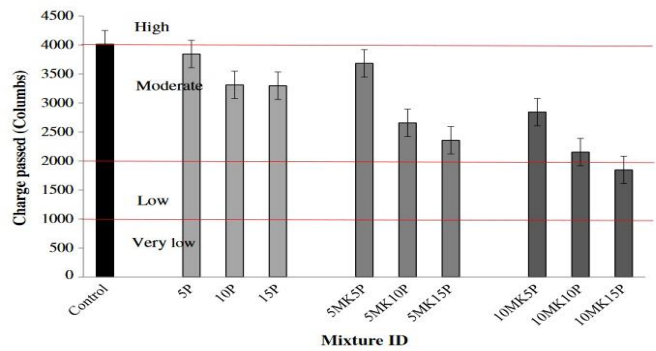


Fig. 9. Rapid chloride permeability levels of SCCs containing pumice aggregates and MK as per ASTM C1202-07 [33] (ranges refer to the probability of corrosion)

This resulted in a reduction in the pore-water solution and pore interconnectivity in the mix, which led to a higher resistance against chloride permeability [44]. A similar observation regarding the positive effect of MK was previously reported by [12], who showed that use of MK as cementitious materials could reduce the RCP of concretes, irrespective of the curing conditions.

5. Correlations Among Durability Test Results

In order to determine the relationships among the durability properties of SCC incorporating pumice and MK, the RCP results are presented in comparison with electrical resistivity and water absorption results (Fig.10). As can be seen in the figure, there is an inverse correlation between the RCP and electrical resistivity, whereas there is a linear correlation between the RCP and absorption. The linear regression coefficients (R²) of the correlation between (1) RCP and electrical resistivity, and (2) RCP and water absorption were found to be 0.92 and 0.94, respectively. The high correlation coefficient indicates strong relationships among different durability tests. It can be observed in Fig. 10 that RCP tends to increase linearly with an increase in the water absorption, whereas it decreases with an increase in the electrical resistivity. This can be explained by the fact that the production of a more compact hydration product with a lower porosity increases the electrical resistivity and decreases both water absorption and RCP [45,46,47,48].

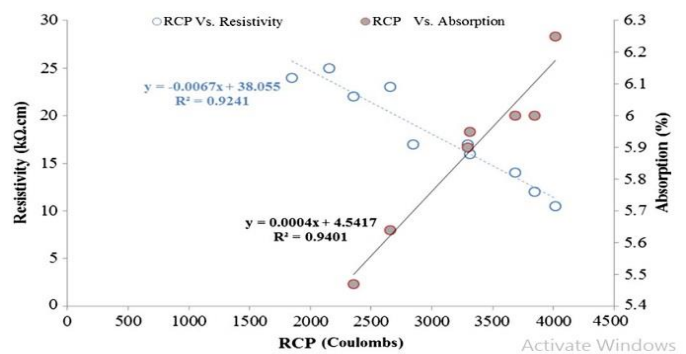


Fig. 10. Statistical correlation among RCP, electrical resistivity, and absorption tests

6. CONCLUSIONS

Based on the results and discussions reported herein, the following conclusions can be drawn:

- 1- The addition of pumice and MK in small quantities had a slight but positive effect on the workability of SCC. However, this trend reversed when the added amount of pumice and MK exceeded 10 and 5 wt.%, respectively.
- 2- The incorporation of pumice resulted in a decrease in the 28-day and an increase in the 90-day compressive strength of concrete. Addition of MK to mixes containing pumice further increased the compressive strength both at 28 and 90 days. This effect was more pronounced at 90 days, with increases of 4 and 19% observed, respectively, at 28-day and 90-day strengths of the mixture containing 10 wt.% MK and 10 wt.% pumice.
- 3- The replacement of cement by pumice and MK resulted in a reduction in the water absorption of all mixes. This decrease was more pronounced in mixes containing MK. A maximum decrease of approximately 13% was observed in the mix containing 10 wt.% pumice and 10 wt.% MK.
- 4- The hardened density of SCCs decreased with the addition of pumice, with the mix containing 15% pumice exhibiting an approximately 2% lower density than the control mix. The addition of MK resulted in a very slight increase in the density of mixes containing pumice.
- 5- The incorporation of pumice and MK significantly increased the electrical resistivity and decreased the RCP of SCC, indicating a significantly reduced probability of corrosion. The electrical resistivity of Mixture 10MK10P was over 100% higher than that of the control mix, and the RCP of the binary Mixture 10MK15P was 54% lower than that of the control mix.

This paper has demonstrated, for the first time, the viability of producing SCC mixtures with pumice and MK. The results show that combined addition of these two additives provide significant enhancements to both durability and mechanical properties of SCC. The results suggest that the combined addition of 10% MK and 10% pumice would provide a suitable replacement ratio to maximize the benefits offered by the use of these materials. The incorporation of MK and pumice to produce concretes with improved durability properties can be particularly useful to local authorities, cement/concrete industries, and engineers in volcanic areas across the world.

7. REFERENCES

- [1] Pirmohammadi Alishah, F. Engineering properties of different aggregates and their effect on concrete strength properties. *Concrete Research*, 2020; 13(3): 107-124. doi: 10.22124/jcr.2020.15583.1422.
- [2] Kannan, V., and Ganesan, K. "Effect of tricalcium aluminate on durability properties of self-compacting concrete incorporating ricehusk ash and metakaolin." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.2016, 0001330, 04015063.
- [3] Garcia-Taengua, E., et al. (2015). "Performance of sustainable SCC mixes with mineral additions for use in precast concrete industry." *J. Sustainable Cement-Based Mater.*, 5(3), 157-175.
- [4] Mohseni, E., Khotbehsara, M. M., Naseri, F., Monazami, M., and Sarker, P. (2016a). "Polypropylene fiber reinforced cement mortars containing rice husk ash and nano-alumina." *Constr. Build. Mater.*, 111, 429-439.
- [5] Noushini, A., Vessalas, K., Arabian, G., and Samali, B. (2014). "Drying shrinkage behaviour of fibre reinforced concrete incorporating polyvinyl alcohol fibres and fly ash." *Adv. Civil Eng.*, 1-10
- [6] Xie, T., and Ozbakkaloglu, T. (2015). "Behavior of low-calcium fly and bottom ash-based geopolymer concrete cured at ambient temperature." *Ceram. Int.*, 41(4), 5945-5958.
- [7] Sengul, O., and Tasdemir, M. A. (2009). "Compressive strength and rapid chloride permeability of concretes with ground fly ash and slag." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:9(494), 494-501
- [8] Atis, C. D. (2002). "High volume fly ash abrasion resistant concrete." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:3(274), 274-277.
- [9] Mohseni, E., Miyandehi, B. M., Yang, J., and Yazdi, M. A. (2015a). "Single and combined effects of nano-SiO₂, nano-Al₂O₃ and nano-TiO₂ on the mechanical, rheological and durability properties of self-compacting mortar containing fly ash." *Constr. Build. Mater.*, 84, 331-340.
- [10] Mehta, P. K. (2010). "Sustainable cements and concrete for the climate change era: A review." 2nd Int. Conf. on Sustainable Construction Materials and Technologies, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy.
- [11] Vejmelkova, E., et al. (2010). "High performance concrete with Czech metakaolin: Experimental analysis of strength, toughness and durability characteristics." *Constr. Build. Mater.*, 24(8), 1404-1411.
- [12] Guneyisi, E., and Mermerdaş, K. (2007). "Comparative study on strength, sorptivity, and chloride ingress characteristics of air-cured and watercured concretes modified with metakaolin." *Mater. Struct.*, 40(10), 1161-1171.
- [13] Mohseni, E., Yazdi, M. A., Miyandehi, B. M., Zashir, M., and Ranjbar, M. M. (2017b). "Combined effects of metakaolin, rice husk ash, and polypropylene fiber on the engineering properties and microstructure of mortar." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001867, 04017025.
- [14] Sabir, B. B., Wild, S., and Bai, J. (2001). "Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: A review." *Cement Concr. Compos.*, 23(6), 441-454.

- [15] Rodriguez-Camacho, R. E., and Uribe-Afif, R. (2002). "Importance of using the natural pozzolans on concrete durability." *Cement Concr. Res.*, 32(12), 1851–1858.
- [16] Hossain, K. M. A. (2008). "Pumice based blended cement concretes exposed to marine environment: Effects of mix composition and curing conditions." *Cement Concr. Compos.*, 30(2), 97–105.
- [17] Hossain, K. M. A. (2004a). "Potential use of volcanic pumice as a construction material." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)0899-1561(2004)16:6(573), 573–577.
- [18] Siddique, R., and Klaus, J. (2009). "Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: A review." *Appl. Clay Sci.*, 43(3), 392–400.
- [19] Kizilkanat, A. B., Oktay, D., Kabay, N., and Tufekci, M. M. (2016). "Comparative experimental study of mortars incorporating pumice powder or fly ash." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001407, 04015119.
- [20] Brooks, J. J., and Johari, M. M. (2001). "Effect of metakaolin on creep and shrinkage of concrete." *Cement Concr. Compos.*, 23(6), 495–502.
- [21] Qian, X., and Li, Z. (2001). "The relationships between stress and strain for high-performance concrete with metakaolin." *Cement Concr. Res.*, 31(11), 1607–1611.
- [22] Kim, H. K., Hwang, E. A., and Lee, H. K. (2012). "Impacts of metakaolin on lightweight concrete by type of fine aggregate." *Constr. Build. Mater.*, 36, 719–726.
- [23] Anwar Hossain, K. M. (2006). "Macro- and microstructural investigations on strength and durability of pumice concrete at high temperature." *J. Mater. Civil Eng.*, 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(527), 527–536.
- [24] Rashiddadash, P., Ramezaniapour, A. A., and Mahdikhani, M. "Experimental investigation on flexural toughness of hybrid fiber reinforced concrete (HFRC) containing metakaolin and pumice." *Constr. Build. Mater.*, 2014, 51, 313–320.
- [25] Saridemir, M., Severcan, M. H., Ciflikli, M., Celikten, S., Ozcan, F., and Atis, C. D. (2016). "The influence of elevated temperature on strength and microstructure of high strength concrete containing ground pumice and metakaolin." *Constr. Build. Mater.*, 124, 244–257.
- [26] ASTM. "Standard specification for portland cement." *ASTM C150-04*, West Conshohocken, PA. 2004.
- [27] ASTM, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, C136 / C136M-19, West Conshohocken, PA, 2019.
- [28] ASTM. "Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete." *ASTM C330*, West Conshohocken, PA, 2009.
- [29] Khayat, K. H., Bickley, J., and Lessard, M. "Performance of self-consolidating concrete for casting basement and foundation walls." *ACI Mater. J.*, 2000, 97(3), 374–380.
- [30] EFNARC (European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems). *The European guidelines for self-compacting concrete: Specification, production and use*, U.K. 2005.
- [31] Roussel, N. "Correlation between yield stress and slump: Comparison between numerical simulations and concrete rheometers results." *Mater. Struct.*, 2006, 39(4), 501–509.
- [32] ASTM. "Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete." *ASTM C642*, West Conshohocken, PA, 2006.
- [33] ASTM. "Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration." *ASTM C1202-07*, West Conshohocken, PA, 2007.
- [34] Hossain, K. M. A. (2004b). "Properties of volcanic pumice based cement and lightweight concrete." *Cement Concr. Res.*, 34(2), 283–291.
- [35] Kabay, N., Tufekci, M. M., Kizilkanat, A. B., and Oktay, D. (2015). "Properties of concrete with pumice powder and fly ash as cement replacement materials." *Constr. Build. Mater.*, 85, 1–8.
- [36] Hossain, K. M. A., Ahmed, S., and Lachemi, M. (2011). "Lightweight concrete incorporating pumice based blended cement and aggregate: Mechanical and durability characteristics." *Constr. Build. Mater.*, 25(3), 1186–1195.
- [37] Guneyisi, E., Gesoglu, M., and Mermerdaş, K. (2008). "Improving strength, drying shrinkage, and pore structure of concrete using metakaolin." *Mater. Struct.*, 41(5), 937–949.
- [38] Neville, A. M. (1995). *Properties of concrete*, 4th Ed., Longman, London. Noushini, A., Vessalas, K., Arabian, G., and Samali, B. (2014). "Drying shrinkage behaviour of fibre reinforced concrete incorporating polyvinyl alcohol fibres and fly ash." *Adv. Civil Eng.*, 1–10.
- [39] Madandoust, R., and Mousavi, S. Y. (2012). "Fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing metakaolin." *Constr. Build. Mater.*, 35, 752–760.
- [40] Shekarchi, M., Bonakdar, A., Bakhshi, M., Mirdamadi, A., and Mobasher, B. (2010). "Transport properties in metakaolin blended concrete." *Constr. Build. Mater.*, 24(11), 2217–2223.
- [41] Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., and Polder, R. B. (2004). "Transport processes in concrete." *Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair*, Wiley, Weinheim, Germany, 21–48.
- [42] Kannan, V., and Ganesan, K. (2014). "Chloride and chemical resistance of self compacting concrete containing rice husk ash and metakaolin." *Constr. Build. Mater.*, 28(1), 225–234.
- [43] ACI (American Concrete Institute), (2001). "Protection of metals in concrete against corrosion." *ACI 222R-01*, Farmington Hills, MI.
- [44] Mohseni, E., Tang, W., and Cui, H. (2017a). "Chloride diffusion and acid resistance of concrete containing zeolite and tuff as partial replacements of cement and sand." *Materials*, 10(4), 372.
- [45] Khotbehsara, M. M., Mohseni, E., Yazdi, M. A., Sarker, P., and Ranjbar, M. M. (2015). "Effect of nano-CuO and fly ash on the properties of self-compacting mortar." *Constr. Build. Mater.*, 94, 758–766.
- [46] Madandoust, R., Mohseni, E., Mousavi, S. Y., and Namnevis, M. (2015). "An experimental investigation on the durability of self-compacting mortar containing nano-SiO₂, nano-Fe₂O₃ and nano-CuO." *Constr. Build. Mater.*, 86, 44–50.

- [47] Yang, J., Mohseni, E., Behforouz, B., and Khotbehsara, M. M. (2015). "An experimental investigation into the effects of Cr_2O_3 and ZnO_2 nanoparticles on the mechanical properties and durability of self-compacting mortar." *Int. J. Mater. Res.*, 106(8), 886–892.
- [48] Mohseni, E., Naseri, F., Amjadi, R., Khotbehsara, M. M., and Ranjbar, M. M. (2016b). "Microstructure and durability properties of cement mortars containing nano- TiO_2 and rice husk ash." *Constr. Build. Mater.*, 114, 656–664.

Pomza ve Perlit Ocaklarında İş Sağlığı ve Güvenliği Riskleri

Mehmet Türkmenoğlu^a, Namık Yaltay^b, Aykut Tuntas^b

^a Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye, E-posta: mehmetturkmenoglu@yyu.edu.tr

^b Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye, E-posta: namikyaltay@yyu.edu.tr

^b Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye, E-posta: aykut_tuntas@hotmail.com

Öz

Tüm iş yerlerinde çeşitli tehlike kaynakları bulunmaktadır. Bunlar; Üretim yöntemleri, İş ekipmanları, El aletleri, Kimyasal maddeler, Elektrik ve elektrikli aletler, Yanıcı maddeler, Ortamın fiziksel ve ergonomik özellikleri vb. dir. Bu tehlike kaynakları dikkatsizlik, şakalaşma, uykusuzluk gibi uygunsuz durum ve davranışlarla birleşerek riskleri ortaya çıkarmaktadır. Türkiye’de, özel öneme sahip endüstriyel hammaddelerin başında pomza ve perlit gelmektedir. En yoğun olarak inşaat sektöründe kullandığımız bu madenlerin üretimi esnasında birçok tehlike kaynakları ile iş sağlığı ve güvenliği riskleri bulunmaktadır. Pomza ve perlit madenlerindeki tehlikelerin başında; toz, titreşim ve gürültü, yüksek şev ve iş makineleri gelmektedir. Bu tehlike kaynaklarına bağlı riskler ise; toz nedeniyle pnömokonyoz benzeri mesleki hastalıklar, titreşim ve gürültü nedeniyle işitme kaybı, yüksek şev nedeniyle şev kayması ve iş makineleri ile gerçekleşen iş kazalarıdır.

Pomza ve perlit % 75’e varan oranlarda silisyum dioksit (SiO₂) içermektedir. Bu nedenle üretim ocaklarında; kırma, öğütme, eleme, depolama, yükleme, boşaltma ve taşıma esnasında yüksek miktarda toz oluşmaktadır. Çok kuvvetli asitlerde dahi çözünmeyen silisyum dioksit silikozise neden olmaktadır. Silikozis, Mesleki hastalıkların sınıflandırılmasında, C grubu olan Pnömokonyozlar ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları grubundadır. Pomza ve perlit ocaklarında üretim ve taşıma esnasında oluşan toz nedeniyle ve kot taşıma gibi pomza kullanılan yerlerde silikozis riski çok yüksektir. Tesislerde kullanılan makine ve teçhizatlar nedeniyle ortaya çıkan gürültü ve titreşim nedeniyle; işitme kayıpları gibi fizyolojik ve uyku problemi gibi psikolojik rahatsızlıklar oluşmaktadır. Bu ise çalışanlarda geri dönüşü mümkün olmayan zararlara neden olmaktadır. Tamamı açık işletme olarak gerçekleştirilen pomza ve perlit ocaklarında iş sağlığı ve güvenliği yönünden şevlerdeki basamak genişliği, yüksekliği ve açısı gibi konularda ihlaller olmaktadır. Şev açısının ve yüksekliğinin uygun olmadığı işletmelerde şev kayması riski yüksektir. Ayrıca, sabit ya da hareketli iş makinelerinin kullanımında dikkatsizlik ve şakalaşma gibi nedenlerle birçok iş kazası gerçekleşmektedir.

Pomza ve perlit ocaklarındaki tüm bu risklere karşı işverenlerin ve çalışanların üzerine birçok görev düşmektedir. Solunum maskeleri gibi kişisel koruyucu donanımların yardımıyla ve çalışma ortamlarındaki toz yoğunluğunun havalandırma veya su spreyleri yardımıyla en aza düşürülmesi ile tozlardan korunma sağlanmalıdır. Çalışanların düzenli olarak sağlık kontrolünde geçirilmesi ile meslek hastalıkları oluşmadan belirlenmeli ve önleyici tedbirler alınmalıdır. Emniyet katsayısının 1,5’in altında olduğu kritik şevlerde emniyet katsayısının uygun hale getirilmesi için; şev açısının azaltılması, şev yüksekliğinin düşürülmesi, şev drenajının sağlanması, şevin kaya saplamaları ve çelik halatlarla sağlamlaştırılması gibi önlemler alınmalıdır. Çalışmaların vardiyalara bölünmesi, makinelerin rutin bakımlarının yapılması ile çalışanlara gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin verilmesi ile iş kazası riskleri azaltılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Perlit, İş Sağlığı ve Güvenliği, Tehlike, Risk

Occupational Health and Safety Risks in Pumice and Perlite Quarries

Mehmet Türkmenoğlu^a, Namık Yaltay^b, Aykut Tuntas^b

^a Van Yüzüncü Yıl University, Mine Engineering Department, Van, Turkey, E-mail: mehmetturkmenoglu@yyu.edu.tr

^b Van Yüzüncü Yıl University, Sivil Engineering Department, Van, Turkey, E-mail: namikyaltay@yyu.edu.tr

^b Van Yüzüncü Yıl University, Sivil Engineering Department, Van, Turkey, E-mail: aykut_tuntas@hotmail.com

Abstract

There are various sources of danger in all workplaces. These; Production methods, Work equipment, Hand tools, Chemicals, Electric and electrical tools, Flammable materials, Physical and ergonomic properties of the environment, etc. is These sources of danger combine with inappropriate situations and behaviors such as carelessness, joking, sleeplessness, and reveal risks. In Turkey, pumice and perlite are the leading industrial raw materials of special importance. There are many sources of danger and occupational health and safety risks during the production of these mines, which we use mostly in the construction sector. At the beginning of the dangers in pumice and perlite mines; dust, vibration and noise, high slope and construction machinery. The risks associated with these sources of danger are; occupational diseases such as pneumoconiosis due to dust, hearing loss due to vibration and noise, slope shift due to slope slip and work accidents with work machines.

Pumice and perlite contain up to 75% silicon dioxide (SiO₂). Therefore, in production quarries; A high amount of dust is generated during crushing, grinding, screening, storage, loading, unloading and transportation. Silicon dioxide, which is insoluble even in very strong acids, causes silicosis. Silicosis is in the group of C group Pneumoconiosis and other occupational respiratory system diseases in the classification of occupational diseases. The risk of silicosis is very high due to the dust generated during production and transportation in pumice and perlite quarries and in places where pumice is used, such as denim grinding. Due to the noise and vibration caused by the machinery and equipment used in the facilities; Physiological disturbances such as hearing loss and psychological disturbances such as sleep problems occur. This causes irreversible damage to employees. In pumice and perlite quarries, all of which are open pits, there are violations in terms of occupational health and safety, such as step width, height and slip slopes. In enterprises where slope angle and height are not suitable, the risk of slope shift is high. In addition, many occupational accidents occur due to carelessness and joking in the use of fixed or mobile work machines.

Many duties fall on employers and employees against all these risks in pumice and perlite quarries. Dust protection should be provided with the help of personal protective equipment such as masks and by minimizing the dust density in the working environment with the help of ventilation or water sprays. Occupational diseases should be determined before the occurrence of occupational diseases and preventive measures should be taken by regular health check-ups of the employees. In order to make the factor of safety suitable for critical slopes where the factor of safety is below 1.5; Measures such as reducing the slope angle, reducing the slope height, providing slope drainage, consolidating the slope with rock studs and steel ropes should be taken. Occupational accident risks should be reduced by dividing the work into shifts, performing routine maintenance of the machines, and providing the necessary occupational health and safety trainings to the employees.

Keywords: Pumice, Perlite, Occupational Health and Safety, Hazard, Risk

Corresponding Author: mehmetturkmenoglu@yyu.edu.tr

Investigation of Mechanical Properties of Pumice Aggregate Geopolymer Lightweight Mortars

^aRecep Ali Geldim, ^bEzgi Örklemmez, ^cSerhan İlkentapar, ^dUğur Durak, ^eOkan Karahan, ^fCengiz D. Atiş

^aErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (recepgeldim@gmail.com)

^bErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (orklemezezgi@gmail.com)

^cErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (serhan@erciyes.edu.tr)

^dErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (ugurdurak@erciyes.edu.tr)

^eErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (okarahan@erciyes.edu.tr)

^fErciyes University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Kayseri/TURKEY (cdatis@erciyes.edu.tr)

Abstract

A high amount of CO₂ is released into the atmosphere during cement production. This CO₂ emission comes from both clinker and the use of fossil fuels. Approximately 8% of the CO₂ released into the atmosphere in the world occurs during cement production. Therefore, in recent years, many studies have been carried out to reduce the CO₂ emission caused by cement. In this regard, geopolymer binders and alkali-activated binders have been studied by national and international researchers in recent years. The evaluation of these cementless binders in the field of building materials becomes important in terms of the European Green Deal criteria, which is also closely related to our country. The production of cementless geopolymer binders as lightweight mortar with pumice aggregate from the Kayseri region is important for the efficiency of both regional and national resources. Therefore, in this study, lightweight mortar samples with standard mortar sample sizes of 40 x 40 x 160 mm were produced and their unit weight, compressive-flexural strengths and high temperature resistance after 300, 600 and 900°C were investigated. It has been observed that sodium metasilicate, which is used as an activator in lightweight aggregate mortars produced with pumice, is compatible with both fly ash and blast furnace slag. The highest mechanical strength results were observed in mortars without Al powder substituted. While the unit weight values of the mortars were lower with the Al powder substitution, losses occurred in flexural and compressive strengths. Although there was an increase in the resistances from the 24 hour heat curing time to the 48 hour heat curing time, the same effect was not observed in 72 hour heat curing. The highest strength was observed in the fly ash-based, 10% Na-containing geopolymer lightweight mortar (15.1 MPa), which was heat cured for 48 hours. The unit weight value of the same lightweight mortar was obtained as 1.34 gr/cm³. When the high temperature resistances of lightweight mortars with pumice aggregate were examined, strength losses were observed after 300 and 600°C. However, after 900°C, there was an increase in mechanical strength. Moreover, after 900°C strengths were increased significantly with the replacement of Al powder at the appropriate activator ratio. The results showed that the pumice belonging to the Kayseri region can be used in the production of lightweight construction materials in cementless systems.

Keywords: Pumice, geopolymer, lightweight mortar, strength, high temperature resistance

Pomza Agregalı Geopolimer Hafif Harçların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

^aRecep Ali Geldim, ^bEzgi Örklemmez, ^cSerhan İlkentapar, ^dUğur Durak, ^eOkan Karahan, ^fCengiz D. Atış

^a Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (recepaldim@gmail.com)

^b Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (orklemezezgi@gmail.com)

^c Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (serhan@erciyes.edu.tr)

^d Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (ugurdurak@erciyes.edu.tr)

^e Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (okarahan@erciyes.edu.tr)

^f Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kayseri/TÜRKİYE (cdatis@erciyes.edu.tr)

Özet

Çimento üretimi esnasında atmosfere yüksek miktarda CO₂ salınımı olmaktadır. Bu CO₂ salınımı hem klinkerden hem de fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Dünyada atmosfere salınan CO₂'in yaklaşık %8'i çimento üretimi esnasında meydana gelmektedir. Bu yüzden son yıllarda çimentonun sebep olduğu CO₂ salınımının azaltılmasına yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuda ulusal ve uluslararası araştırmacılar tarafından geopolimer bağlayıcılar ve alkali ile aktifleştirilmiş bağlayıcılar son yıllarda çalışma konusu haline gelmiştir. Çimentosuz bu bağlayıcıların yapı malzemeleri alanında değerlendirilmesi ülkemizi de yakından ilgilendiren Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) ölçütleri açısından önemli hale gelmektedir. Çimentosuz geopolimer bağlayıcıların Kayseri yöresine ait pomza agregası ile hafif harç olarak üretilmesi hem bölgesel kaynakların hem de ulusal kaynakların verimliliği açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada 40 x 40 x 160 mm'lik standart harç numune boyutlarında hafif harç numuneler üretilip, birim hacim ağırlığı, basınç- eğilme dayanımı ve 300, 600 ve 900°C sonrası yüksek sıcaklık dirençleri incelenmiştir. Pomza ile imal edilen hafif agregalı harçlarda aktivatör olarak kullanılan sodyum metasilikatın hem uçucu kül, hem de yüksek fırın cürufu ile uyumlu olduğu görülmüştür. En yüksek mekanik dayanım sonuçları Al tozu ikame edilmemiş harçlarda gözlemlenmiştir. Al tozu ikamesi ile harçların birim ağırlık değerleri daha düşük çıkarken, eğilme ve basınç dayanımlarında kayıplar meydana gelmiştir. 24 saat ısıl kür süresinden, 48 saat ısıl kür süresine dayanımlarda artış olmakla birlikte aynı oranda etki 72 saat ısıl kür de görülmemiştir. En yüksek dayanım 48 saat ısıl küre tabi tutulan uçucu kül tabanlı %10 Na içeren geopolimer hafif harçta (15,1 MPa) görülmüştür. Aynı hafif harcın birim ağırlık değeri 1,34 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. Pomza agregalı hafif harçların yüksek sıcaklık dirençleri incelendiğinde 300 ve 600 °C sonrasında dayanım kayıpları olmuştur. Ancak 900°C sonrasında mekanik dayanımlarda artışlar olmuş hatta Al tozu ikamesi uygun aktivatör oranında mekanik dayanım artışını önemli ölçüde artırmıştır. Elde edilen sonuçlar Kayseri yöresine ait pomzanın çimentosuz sistemlerde hafif yapı malzemeleri üretiminde kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, geopolimer, hafif harç, dayanım, yüksek sıcaklık direnci

Perlite in Civil Engineering: Advancing Sustainable Solutions for a Dynamic Future

Serhat Demirhan^a

^aBatman University, Department of Civil Engineering, Batman, Turkey, e-mail: serhat.demirhan@batman.edu.tr

Abstract

Perlite, a naturally occurring volcanic glass with exceptional properties, has emerged as a promising material in civil engineering applications. Its unique combination of lightweight, fire-resistant, insulating, and environmentally friendly characteristics makes it an attractive option for various construction projects. This abstract represents the future prospects of perlite in civil engineering, focusing on its potential contributions to sustainable and innovative solutions. The lightweight nature of perlite renders it a valuable component in lightweight concrete, reducing dead loads and improving the seismic performance of structures. As cities grow and face increased urbanization challenges, perlite-based lightweight concrete will play a critical role in constructing resilient and energy-efficient buildings. Thermal insulation is a vital aspect of sustainable building design, and perlite's low thermal conductivity makes it an effective insulating material. As the demand for energy-efficient buildings rises, perlite insulation will be integral to minimizing heating and cooling loads, thereby reducing carbon footprints and promoting green building practices. Perlite-based composites have shown great promise in strengthening materials for infrastructure projects. Utilizing perlite-reinforced composites in bridge decks, pavements, and other structural elements can enhance their durability, extend service life, and reduce maintenance costs, contributing to sustainable infrastructure development. Furthermore, perlite's fire-resistant properties make it an ideal choice for fireproofing applications in civil engineering. By incorporating perlite-based fireproofing materials, buildings can achieve enhanced fire protection while ensuring occupant safety and compliance with stringent fire regulations. The future of perlite in civil engineering applications lies in its compatibility with the principles of circular economy and sustainable construction practices. The abundance of perlite resources offers opportunities for local sourcing, reducing transportation-related environmental impacts and fostering regional economic development. However, to fully realize perlite's potential in civil engineering, further research is needed to optimize its properties, develop new engineering applications, and address potential challenges in its manufacturing and incorporation processes. In conclusion, perlite stands poised to transform civil engineering practices towards more sustainable and resilient approaches. By capitalizing on its lightweight, insulating, fire-resistant, and eco-friendly attributes, perlite is well-positioned to contribute significantly to the construction of greener, more energy-efficient, and durable infrastructure for the future.

Keywords: Perlite-based Sustainable Solutions, Role of Perlite in Sustainable Civil Engineering Solutions

İnşaat Mühendisliğinde Perlit: Dinamik Bir Gelecek İçin Sürdürülebilir Çözümler Geliştirmek

Serhat Demirhan^a

^a Batman Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye, e-posta: serhat.demirhan@batman.edu.tr

Özet

Olağanüstü özelliklere sahip, doğal olarak oluşan volkanik bir cam olan perlit, inşaat mühendisliği uygulamalarında umut verici bir malzeme olarak ortaya çıkmıştır. Hafif, yangına dayanıklı, yalıtkan ve çevre dostu özelliklerin benzersiz kombinasyonu, onu çeşitli inşaat projeleri için cazip bir seçenek haline getiriyor. Bu özet, sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlere potansiyel katkılarına odaklanarak inşaat mühendisliğinde perlitin gelecekteki beklentilerini araştırıyor. Perlitin hafif doğası onu hafif betonda değerli bir bileşen haline getirerek ölü yükleri azaltır ve yapıların sismik performansını iyileştirir. Şehirler büyüdükçe ve artan şehirleşme zorluklarıyla karşı karşıya kaldıkça, perlit bazlı hafif beton, dayanıklı ve enerji verimli binaların inşasında kritik bir rol oynayacaktır. Isı yalıtımı, sürdürülebilir bina tasarımının hayati yönüdür ve perlitin düşük ısı iletkenliği onu etkili bir yalıtım malzemesi yapar. Enerji tasarruflu binalara olan talep arttıkça, perlit yalıtımı ısıtma ve soğutma yüklerini en aza indirmenin ayrılmaz bir parçası olacak, böylece karbon ayak izlerini azaltacak ve yeşil bina uygulamalarını teşvik edecektir. Perlit bazlı kompozitler, altyapı projeleri için güçlendirme malzemeleri konusunda büyük umut vaat ediyor. Köprü tabliyelerinde, kaldırımlarda ve diğer yapısal elemanlarda perlit ile güçlendirilmiş kompozitlerin kullanılması, dayanıklılıklarını artırabilir, hizmet ömrünü uzatabilir ve bakım maliyetlerini düşürerek sürdürülebilir altyapı gelişimine katkıda bulunabilir. Ayrıca, perlitin yangına dayanıklı özellikleri onu inşaat mühendisliğindeki yangına dayanıklılık uygulamaları için ideal bir seçim haline getirir. Binalar, perlit bazlı yangına dayanıklı malzemeler kullanarak, bina sakinlerinin güvenliğini ve katı yangın düzenlemelerine uygunluğu sağlarken gelişmiş yangın koruması sağlayabilir. İnşaat mühendisliği uygulamalarında perlitin geleceği, döngüsel ekonomi ilkeleri ve sürdürülebilir inşaat uygulamaları ile uyumluluğunda yatmaktadır. Perlit kaynaklarının bolluğu, yerel kaynak bulma, ulaşım ile ilgili çevresel etkileri azaltma ve bölgesel ekonomik kalkınmayı teşvik etme fırsatları sunar. Bununla birlikte, perlitin inşaat mühendisliğindeki potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için, özelliklerini optimize etmek, yeni mühendislik uygulamaları geliştirmek ve üretim ve birleştirme süreçlerindeki potansiyel zorlukları ele almak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Sonuç olarak perlit, inşaat mühendisliği uygulamalarını daha sürdürülebilir ve dirençli yaklaşımlara dönüştürmeye hazırdır. Hafif, yalıtkan, yangına dayanıklı ve çevre dostu özelliklerinden yararlanan perlit, gelecek için daha yeşil, daha enerji verimli ve dayanıklı altyapının inşasına önemli ölçüde katkıda bulunmak için iyi bir konumdadır.

Anahtar Kelimeler: Perlit Tabanlı Sürdürülebilir Çözümler, Sürdürülebilir İnşaat Mühendisliği Çözümlerinde Perlitin Rolü

Preparation and Experimental Characterization of Basaltic Pumice Reinforced Polyurethane Elastomer-Based Bio-composites

Ahmet Bulut^a, Mehmet Yurderi^b and Ümit Tayfun^c

^a Bartın University, Faculty of Science, Bartın, Türkiye, E-mail: abulut@bartin.edu.tr

^b Bartın University, Bartın Vocational School, Bartın, Türkiye, E-mail: myurderi@bartin.edu.tr

^c Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Bartın, Türkiye, E-mail: utayfun@bartin.edu.tr

Abstract

Basaltic pumice is black or gray in color due to its iron and magnesium-rich komatiitic tuff content. Thanks to the porous structure of pumice, various polymer-based bio-composite materials can be produced for biomedical applications in addition to phase change materials for use in food packaging. In the study, bio-composite samples were fabricated by blending basaltic pumice powder at 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 percent concentrations into bio-based elastomeric polyurethane (EPU) matrix, about half of which was produced using renewable resources. The shape-forming process of samples was carried out using injection molding. The surface and elemental structure of basaltic pumice particles were analyzed via SEM/energy diffraction X-ray method. The physical, mechanical, thermal, melt-flow and morphological behaviors of bio-composites were investigated experimentally. According to the results; an increase in Shore hardness and tensile modulus parameters, and a decline in tensile strength and percent elongation values were observed when the composites containing pumice were compared with the unfilled EPU. According to the findings of the thermal analysis of the samples, a slight decrease in the thermal stability of the EPU and an improvement in the stability against UV light were detected after basaltic pumice additions. Pumice loadings caused an increase in the melt flow and extrusion torque values of the EPU. The observation of the homogeneously distributed pumice particles in the EPU matrix in the scanning electron microscope pictures of this sample were presented as visual evidence for the investigation of the highest performance among the composites in the EPU sample containing the lowest loading rate of 2.5% pumice,. As a general conclusion; it has been determined that basaltic pumice can be used as a reinforcing agent in EPU-based bio-composites at low addition percentages.

Keywords: Bio-composites, Basaltic Pumice, Extrusion, Polyurethane Elastomer, Bio-medical.

Bazik Pomza Takviyeli Poliüretan Elastomer Esaslı Biyo-kompozitlerin Hazırlanması ve Deneysel Karakterizasyonu

Ahmet Bulut^a, Mehmet Yurderi^b ve Ümit Tayfun^c

^a Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Bartın, Türkiye, E-posta: abulut@bartin.edu.tr

^b Bartın Üniversitesi, Bartın MYO, Bartın, Türkiye, E-posta: myurderi@bartin.edu.tr

^c Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bartın, Türkiye, E-posta: utayfun@bartin.edu.tr

Öz

Bazaltik pomza demir ve magnezyumca zengin komatiitik tüf içeriğinden dolayı siyah veya gri renkte bulunmaktadır. Pomzanın gözenekli yapısı sayesinde gıda ambalajlarında kullanılmak üzere faz değiştiren malzemelere ek olarak biyomedikal uygulamalarda çeşitli polimer esaslı biyo-kompozit malzemeler üretilebilmektedir. Çalışmada, yaklaşık yarısı yenilenebilir kaynak kullanılarak üretilmiş biyo-esaslı elastomerik poliüretan (EPU) matrisine yüzde 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 konsantrasyonlarında bazaltik pomza tozu ekstrüzyon işlemiyle harmanlanarak biyo-kompozit numuneler üretilmiştir. Şekillendirme işlemi, enjeksiyon kalıplama kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bazaltik pomza parçacıklarının yüzey ve elementel yapısı, SEM/enerji kırınım X-ışını ile analiz edilmiştir. Biyo-kompozitlerin fiziksel, mekanik, ısıl, eriyik-akış ve morfolojik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlara göre; pomza içeren kompozitler eklentisiz EPU ile kıyaslandığında Shore sertlik ve çekme modülü parametrelerinde yükselme, kopma dayanımı ve yüzde uzama değerlerinde düşme gözlenmiştir. Numunelerin ısıl analizi sonuçlarına göre, bazaltik pomza takviyesi sonrası EPU'nun ısıl kararlılığında hafif azalma azalma, UV ışınına karşı kararlılıkta artış tespit edilmiştir. Pomza yüklemeleri, EPU'nun eriyik akış ve ekstrüzyon tork değerlerinde artışa neden olmuştur. En düşük yükleme oranı olan % 2.5 pomza içeren EPU numunesinde, kompozitler arasında en yüksek performansın saptanması, bu numunenin taramalı elektron mikroskobu resimlerinde EPU matrisi içinde homojen dağılım sergileyen pomza parçacıklarının gözlenmesi görsel kanıt olarak sunulmuştur. Genel çıkarım olarak; düşük ekleme yüzdelерinde bazaltik pomza, EPU esaslı biyo-kompozitlerde güçlendirici olarak kullanılabilеceğі saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyo-kompozitler, Bazaltik Pomza, Ekstrüzyon, Poliüretan Elastomer, Biyo-medikal.

Effect of Acidic Pumice Powder on Thermal, Mechanical, Physical and Morphological Behaviors of Thermoplastic Polyurethane Composites

Mehmet Yurderi^a, Ahmet Bulut^b and Ümit Tayfun^c

^a Bartın University, Bartın Vocational School, Bartın, Türkiye, E-mail: myurderi@bartin.edu.tr

^b Bartın University, Faculty of Science, Bartın, Türkiye, E-mail: abulut@bartin.edu.tr

^c Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Bartın, Türkiye, E-mail: utayfun@bartin.edu.tr

Abstract

Due to its porous structure and low density, pumice powder is used as a metal support material in water treatment and catalysis production as well as light building materials. Acidic pumice consists of a high amount of silica. In this study, it was aimed to increase the mechanical and physical performances, as well as the reduction in the specific gravity and cost values, with the addition of acidic pumice at certain rates to the thermoplastic polyurethane (TPU) polymer, which is used in various sectors such as textile, logistics, construction and medical. For this purpose, composites were prepared by blending acidic pumice powder with TPU at 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 weight percentages via melt blending technique. In addition to mechanical tests such as tensile and hardness, UV-strength, thermal gravimetric analysis, melt flow rate and electron microscope (SEM) characterization methods were applied to the composite samples which were shaped by injection molding. The structure of the pumice powder used was analyzed by SEM/energy diffraction X-ray method. As the test results are examined; Although there is a decrease in the tensile strength and percent elongation values of TPU with the addition of pumice, composite sample containing 2.5% pumice gave nearly identical values with the reference polymer. The hardness value increased with the loading rate of pumice. Low content of pumice reinforcement had a positive effect on the UV resistance and thermal stability of TPU. Melt flow rate yielded variable results at different pumice ratios. When the morphological properties examined by electron microscopy, it was determined that the pumice particles were homogeneously dispersed in the TPU phase when it was reinforced at the rates of 2.5% and 5.0%. Based on these results, it was concluded that the TPU-based composites containing the lowest addition amount of 2.5% pumice exhibited optimum results.

Keywords: Acidic Pumice, Polymer Composites, Melt Blending, Thermoplastic Polyurethane, Logistics.

Asidik Pomza Tozunun Termoplastik Poliüretan Kompozitlerin Isısal, Mekanik, Fiziksel ve Morfolojik Davranışlarına Etkisi

Mehmet Yurderi^a, Ahmet Bulut^b ve Ümit Tayfun^c

^a Bartın Üniversitesi, Bartın MYO, Bartın, Türkiye, E-posta: myurderi@bartin.edu.tr

^b Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Bartın, Türkiye, E-posta: abulut@bartin.edu.tr

^c Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bartın, Türkiye, E-posta: utayfun@bartin.edu.tr

Öz

Gözenekli yapısı ve düşük yoğunluğundan dolayı pomza tozu, hafif yapı malzemelerinin yanı sıra su arıtma ve kataliz üretiminde metal destek malzemesi olarak kullanılmaktadır. Asidik pomza yüksek miktarda silikadan oluşmaktadır. Bu çalışmada, tekstil, lojistik, inşaat ve medikal gibi çeşitli sektörlerde kullanım alanı bulan termoplastik poliüretan (TPU) polimerine belirli oranlarda asidik pomza takviyesi ile mekanik ve fiziksel performanslarda artışa ek olarak özgül ağırlık ve maliyet değerlerinde düşüş hedeflenmiştir. Bu amaçla, asidik pomza tozu, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 ağırlıkça yüzde oranlarında eriyik harmanlama tekniği kullanılarak TPU ile karıştırılarak kompozitler hazırlanmıştır. Enjeksiyonlu kalıplama ile şekillendirilen kompozit numunelerine çekme ve sertlik gibi mekanik testlere ek olarak UV-dayanım, ısısal gravimetrik analiz, eriyik akış hızı ve elektron mikroskopu (SEM) karakterizasyon yöntemleri uygulanmıştır. Kullanılan pomza tozunun yapısı, SEM/enerji kırınım X-ışını yöntemiyle analiz edilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde; pomza ilavesi ile TPU'nun kopma dayanım ve yüzde uzama değerlerinde azalma gözükse de %2.5 pomza içeren kompozit referans polimer ile yakın değerler sunmaktadır. Sertlik değeri pomza yükleme oranı ile artış sergilemiştir. Düşük oranda pomza takviyesi TPU'nun UV dayanımına ve ısısal kararlılığına olumlu etki göstermiştir. Eriyik akış hızı farklı pomza oranlarında değişken sonuçlar vermiştir. Elektron mikroskobu ile incelenen morfolojik özellikler incelendiğinde, %2.5 ve %5.0 oranlarında takviye edildiğinde pomza parçacıklarının TPU fazı içerisinde homojen olarak dağıldığı saptanmıştır. Bu sonuçlar ışığında, en düşük ekleme oranı olan %2.5 pomza içeren TPU esaslı kompozitlerin optimum sonuçlar sergilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asidik Pomza, Polimer Kompozitler, Eriyik Karıştırma, Termoplastik Poliüretan, Lojistik.

Evaluation of Expanded Perlite as a Natural Additive in Polylactide Biodegradable Composites

Erkan Aksoy^a, Süha Tirkeş^b, Ümit Tayfun^{a,c} and Seha Tirkeş^d

^a Bartın University, Project & Technology Office, Bartın, Türkiye, E-mail: eksoy@bartin.edu.tr
^b Middle East Technical University, Welding Technology and Non-destructive Testing Research and Application Center,
Ankara, Türkiye stirkes@metu.edu.tr

^c Bartın University, Basic Sciences, Bartın, Türkiye, E-mail: utayfun@bartin.edu.tr

^d Atılım University, Chemical Engineering, Ankara, Türkiye, E-mail: seha.tirkes@atilim.edu.tr

Abstract

Poly(lactide) (PLA) is a biodegradable polymer produced from natural resources, which finds use in a wide range of applications from the medical to the packaging industry. Biocomposites were produced by mixing perlite mineral (PER), a natural filling material, with biodegradable PLA matrix at the addition amounts of 2.5%, 5%, 10% and 15% by melt-blending technique. In order to determine the processing, mechanical, melt flow and morphological properties of the developed composites, torque measurements, tensile, Shore hardness, impact tests, melt flow index (MFI) and scanning electron microscopy (SEM) analyzes were applied to the composite samples, respectively. As the tensile test results were examined, small reductions were observed in the tensile strength and percent elongation parameters with perlite loadings. The addition of perlite particles caused a remarkable decrease in the impact strength value of PLA. High hardness values were found for composites containing high levels of PER. When the MFI findings were evaluated, it was revealed that the addition of PER resulted in an increase in the melt flow rate of the PLA polymer. According to SEM micrographs, PER particles were homogeneously dispersed in the PLA phase at low PER concentrations. As the filling ratio of PER increased in the composites, a decrease in particle homogenization was observed in the composite morphology. According to the findings, the sample containing 2.5% PER showed the best performance and this sample was determined as the most appropriate choice in PLA biocomposite applications.

Keywords: Polymer composites, Perlite, Poly lactide, Melt compounding, Biopolymer

Genişletilmiş Perlitin Polilaktit Biyobozunur Kompozitlerde Doğal Eklenti Olarak Değerlendirilmesi

Erkan Aksoy^a, Sha Tirkeş^b, mit Tayfun^{a,c} and Seha Tirkeş^d

^a Bartın Üniversitesi, Proje Teknoloji Ofisi, Bartın, Türkiye, E-mail: eaksoy@bartin.edu.tr

^b Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kaynak Teknolojisi ve Tahribatsız Muayene Araştırma / Uygulama Merkezi, Ankara,
Türkiye stirkes@metu.edu.tr

^c Bartın Üniversitesi, Temel Bilimler, Bartın, Türkiye, E-mail: utayfun@bartin.edu.tr

^d Atılım Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, Ankara, Türkiye, E-mail: seha.tirkes@atilim.edu.tr

z

Polilaktid (PLA), medikalden ambalaj endüstrisine uzanan geniş bir uygulama yelpazesinde kullanım alanı bulan, doğal kaynaklardan üretilen biyobozunur karakterde bir polimerdir. Doğal bir dolgu malzemesi olan perlit minerali (PER), biyobozunur PLA matrisi ile %2.5, %5, %10 ve %15 ekleme miktarlarında eriyik-harmanlama tekniği ile karıştırılarak biyokompozitler üretilmiştir. Geliştirilen kompozitlerin işleme, mekanik, erime akışı ve morfolojik özelliklerini tayin etmek için kompozit numunelerine sırasıyla tork ölçümleri, ekme, Shore sertliği, darbe testleri, erime akış indeksi (MFI) ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizleri uygulanmıştır. Çekme testi sonuçları incelendiğinde, perlit yüklemeleriyle gerilme mukavemeti veyzde uzama parametrelerinde ufak düşüşler gözlenmiştir. Ayrıca, perlit eklenmesi PLA'nın darbe mukavemeti değerinde de belirgin azalmaya sebebiyet vermiştir. Yüksek seviyelerde PER içeren kompozitler için yüksek sertlik değerleri bulunmuştur. MFI bulguları değerlendirildiğinde, PER ilavesinin PLA polimerinin erimeakış hızında artışla sonuçlandığını ortaya çıkmıştır. SEM mikro-grafiklerine göre, PER partikülleri, düşük PER konsantrasyonlarında PLA fazında homojen dağılmıştır. Kompozitlerde PER yüzdesi arttığında, kompozit morfolojisinde parçacık homojenizasyonu azalması gözlenmiştir.. Elde edilen bulgulara göre %2,5 PER içeren numune en iyi performansı göstermiş ve bu numune PLA biyokompozit uygulamalarında en uygun seçim olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer kompozitler, Perlit, Poli laktit, Eriyik harmanlama, Biyopolimer.

INVESTIGATION of THE PERMEABILITY PROPERTIES of ALTERNATIVE SCREED TYPES with PUMICE and PERLITE

Nusret BOZKURT^a and Berfin RAMAZANOĞLU^b

^a Bitlis Eren University, The Faculty of Engineering-Architecture, Bitlis, Turkey, E-mail: nbozkurt@beu.edu.tr

^b Batman University, Institute Of Graduate Studies, Batman, Turkey, E-mail: berfinramazanoglu@gmail.com

Abstract

In this study, it is aimed to investigate the permeability properties of screed types that can be an alternative to the screed types used in the market by using pumice stone and expanded perlite materials. For this purpose, a screed type produced with river sand was produced for the screed that will represent the traditional screed type used today and will represent your control sample in our study. Then, 8 different mixtures containing pumice stone and expanded perlite materials were produced. Ultrasonic sound permeability test was applied to determine the sound permeability of our samples after 28 days of curing. Afterwards, the compressive strength test was applied on the same samples. Afterwards, capillary water absorption test and relative porosity tests were applied to find out the water absorption potential of our samples. Finally, in order to learn the thermal conductivity coefficients, the thermal conductivity test was applied to the samples and the data were obtained. When the test results are compared with our control sample representing the traditional alum, the production of alum with pumice stone showed better pressure, heat and sound permeability properties and improved water absorption potential. When perlite-containing screed productions are compared with our control sample, which represents the screed type used in the market, it is seen that although it has lower pressure characteristics, the sound and thermal conductivity coefficients give much better results, and it also improves the water absorption potential.

Keywords: Pumice, Perlite, Screed, Flooring, Permeability.

POMZA ve PERLİT İÇERİKLİ ALTERNATİF ŞAP ÇEŞİTLERİNİN GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nusret BOZKURT^{1a} and Berfin RAMAZANOĞLU^{2b}

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bitlis, Türkiye, E-mail: nbozkurt@beu.edu.tr

^b Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman, Türkiye, E-mail: berfinramazanoglu@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, pomza taşı ve geliştirilmiş perlit malzemeleri kullanılarak piyasada kullanılan şap tiplerine alternatif olabilecek şap çeşitlerinin geçirgenlik özelliklerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla günümüzde kullanılan geleneksel şap çeşidini temsil edecek ve çalışmamızda kontrol örneğini temsil edecek şap için dere kumu ile üretilmiş şap çeşidi üretilmiştir. Daha sonra pomza taşı ve geliştirilmiş perlit malzemeleri içeren 8 farklı karışım üretilmiştir. 28 günlük kürlenme sonrasında numunelerimizin ses geçirgenliğini tespit etmek için ultrasonik ses geçirgenlik deneyi uygulanmıştır. Sonrasında aynı numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Daha sonrasında numunelerimizin su emme potansiyellerini öğrenmek amacıyla kapiler su emme deneyi ve rölatif porozite deneyleri uygulanmıştır. Son olarak ısı iletkenlik katsayılarını öğrenmek amacıyla numunelere ısı geçirgenlik deneyi uygulanarak veriler elde edilmiştir. Deney sonuçları geleneksel şapı temsil eden kontrol numunemizle karşılaştırıldığında pomza taşı ile şap üretiminin daha iyi basınç, ısı ve ses geçirgenlik özellikleri gösterdiği ve su emme potansiyelinde iyileşmeler meydana getirdiği, perlit içerikli şap üretimleri piyasada kullanılan şap türünü temsil eden kontrol numunemizle karşılaştırıldığında ise daha düşük basınç özelliğine sahip olmasına rağmen ses ve ısı iletkenlik katsayılarının çok daha iyi sonuçlar verdiği, su emme potansiyelini de iyileştirdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Perlit, Şap, Döşeme, Geçirgenlik.

Perlit ve Grafen Oksit Kombinasyonu İle Hazırlanan Yeni Bir Geçirgen Adsorbentın Metilen Mavisini Giderilmesindeki Etkinliğinin Belirlenmesi

Dr. Öğr. Üyesi Selma EKİNCİ^a, Doç. Dr. Mehmet Sait İZGİ^b and Dr. Öğr. Üyesi Erhan ONAT^c

^a Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Batman, E-mail: Selma.Ekinci@batman.edu.tr

^b Siirt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Siirt, E-mail: saitizgi@siirt.edu.tr

^c Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Bitlis, E-mail: eonat@beu.edu.tr

Bu çalışmada, atık sulara karıştığı zaman, insan ve çevre üzerinde zararlı etkileri olabilen metilen mavisini boyarmaddesini sulu ortamdan uzaklaştırmak üzere kullanılacak olan yeni bir adsorbent sentezi tasarlanmıştır. Perlitin yüzeyinde bulunan silanol grupları sayesinde, ağır metaller, organik bileşikler ve diğer tehlikeli maddeler de dahil olmak üzere çeşitli kirletici maddeleri çekme ve tutma yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir. Grafen oksit, geniş karbonlu yapısı, yüzeyindeki hidroksil, karboksilik ve epoksi fonksiyonel gruplarının varlığı, hidrofilik yapısı, kirlenme önleyici özellikleri, mekanik dayanıklılığı ve yüksek yüzey alanı (yaklaşık 2620–2700 m²/g) nedeniyle ileri su arıtma teknolojilerinde kirliliğin giderilmesinde kullanılan önemli bir adsorbenttir.

Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada perlit ve grafen oksidin benzersiz adsorpsiyon özelliklerini tek bir malzemede birleştirmek amaçlanmıştır. Yeni adsorbent BET yüzey alanı göz önünde bulundurularak perlit oranı yüksek tutularak hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında asitte bekletme işlemi ile perlitin safsızlıkları giderilmiş, kalsine işlemi uygulanmış ve yüksek sıcaklıkta grafen oksit yüklemesi gerçekleştirilmiştir. Perlite@grafen oksit adsorbenti aracılığıyla metilen mavisinin giderim etkinliği üzerine pH, adsorbent miktarı, çözeltinin başlangıç konsantrasyonu, temas süresi ve adsorpsiyon sıcaklığı gibi çeşitli parametrelerin etkileri sistematik olarak incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda adsorbentın, metilen mavisini, 293 K sıcaklıkta % 95 oranında adsorpladığı belirlenmiştir. Adsorpsiyon kinetiğinin hem yalancı birinci dereceden hem de ikinci dereceden denkleme uyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca maximum adsorpsiyon kapasitesi (q_m) 293 K sıcaklığında 370 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Perlit- grafen oksit etkileşiminin yüksek adsorpsiyon yeteneğine sahip olması, perlit için hem katma değeri yüksek malzemeye dönüşme hem de yüksek teknoloji ürünü olarak kullanılması anlamına gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Perlit, Grafen oksit, Metilen mavisini, Adsorpsiyon

Kaynaklar

- 1] F. Kim, L.J. Cote, J. Huang, Graphene oxide: Surface activity and two-dimensional assembly, Adv. Mater., 22 (17) (2010), pp. 1954-1958. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.200903932>
- 2] J. Bu, L. Yuan, N. Zhang, D. Liu, Y. Meng, X. Peng, High-efficiency adsorption of methylene blue dye from wastewater by a thiosemicarbazide functionalized graphene oxide composite, Diam. Relat. Mater., 101 (36) (2020), Article 107604. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925963519305035>

- 3] M. Torab-Mostaedi, A. Ghaemi, H. Ghassabzadeh, M. Ghannadi-Maragheh, Removal of strontium and barium from aqueous solutions by adsorption onto expanded Perlite, *Can. J. Chem. Eng.*, 89 (2011), pp. 1247-1254.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cjce.20486>
- 4] M. Davraz, M. Koru, A.E. Akdağ, Ş. Kılınçarslan, Y.E. Delikanlı, M. Çabuk, Investigating the use of raw perlite to produce monolithic thermal insulation material, *Constr. Build. Mater.*, 263 (2020), Article 120674.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820326799>
- 5] Z. Khoshraftar, H. Masoumi, A. Ghaemi, On the performance of perlite as a mineral adsorbent for heavy metals ions and dye removal from industrial wastewater: A review of the state of the art, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 2023, 100385.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423000907>

Investigation of Mechanical Properties of Concrete Produced Using Pumice Aggregate from Different Regions

Farklı Yörelere Ait Pomza Agregası Kullanılarak Üretilmiş Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Nusret BOZKURT^a, Merve Nur SANSAR^b, Erden Ozan KARACA^c

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
nbozkurt@beu.edu.tr

^b Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
sansarmervenur@gmail.com

^c Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
eokaraca@beu.edu.tr

Özet

Pomza; sahip olduğu özellikler nedeniyle birçok sektörde kullanım alanına sahiptir. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de pomza en çok inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Pozzolanik özellikte olması, ısı ve ses yalıtımı özelliğinin olması, boşluklu yapıda olmasından ötürü hafif beton üretiminde kullanılabilmesi gibi özellikleri inşaat mühendisliği alanındaki araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Farklı yörelere ait pomzalar kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçları incelenerek bu yörelere ait pomzalı betonlara ait özellikler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla pomzalı betonlara ait basınç dayanımı, eğilmede çekme ve yaramada çekme dayanımları araştırıldığı çalışmalar derlenerek incelenmiştir. Çalışmalara ait veriler tablolaştırılarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: pomza, hafif beton, basınç dayanımı

Abstract

Pumice; due to its features, it has a field of use in many sectors. As in the rest of the world, pumice is mostly used in the construction sector in our country. Features such as its pozzolanic feature, heat and sound insulation feature, and its use in the production of lightweight concrete due to its hollow structure attract the attention of researchers in the field of civil engineering. The results of the studies using pumice from different regions were examined and the properties of the pumice concretes belonging to these regions were compared. For this purpose, studies on compressive strength, bending tensile and splitting tensile strength of pumice concrete were compiled and examined. The data of the studies were tabulated and presented.

Keywords: pumice, lightweight concrete, compressive strength

Investigation of the usability of acidic pumice aggregate in the production of permeable concrete

Asidik pomza agregasının geçirimli beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması

Serhat ÇELİKTEN^a, Bilal BARAN^b

^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, E-posta: scelikten@nevsehir.edu.tr

^b Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, E-posta: bilalbaran@nevsehir.edu.tr

Özet

Geçirimli betonlar ekolojik dengenin korunması amacıyla ortaya çıkmış yenilikçi malzemelerdir. Pomzanın geçirimli betonlarda kullanımı ile ilgili çalışmalar son derece kısıtlıdır. Bu çalışmada asidik pomza agregasının geçirimli beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Karışımlar 4-8 mm boyutlarında pomza agregaları kullanılarak, 0.30, 0.35 ve 0.40 olmak üzere 3 farklı su/çimento oranı ile oluşturulmuştur. Pomza agregaları ile üretilen geçirimli betonların basınç dayanımı ve hidrolik geçirimsizlik özellikleri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Pomza, Geçirimli beton

POMZA TAKVİYELİ MAGNEZYUM İN SİTU KOMPOZİTLERİN BASINÇLI DÖKÜM YÖNTEMİYLE ÜRETİLMESİ

Aydın Ahmet Özçelik^a, Hüseyin Şevik^a

^a Mersin Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 33100, Mersin Türkiye, E-mail: sevik@mersin.edu.tr

Özet

Dünyada kullanılan araç sayısının her geçen gün artması dünya petrol rezervlerinin hızla azalmasına neden olmakta, bu da hem ekonomik kayıplara hem de beraberinde getirdiği CO₂ emisyonları nedeniyle insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle araç üreten firmalar sürekli olarak yenilikçi yaklaşımlar geliştirmeye ve bu sayede daha az yakıt tüketen araçlar üretmeye çalışmaktadırlar. Bu yenilikçi yaklaşımların en etkililerinden biri araç ağırlığının azaltılmasıdır. Bu amaçla, Mg, düşük yoğunluğu (1.74 g/cm³) ve mükemmel özgül gücü nedeniyle çok çekici bir metaldir. Ancak çelik ve alüminyumdan yapılmış parçaların yerini alacak yeterli mekanik ve korozyon özelliklerine sahip değildir. Bu nedenle, birçok araştırmacı alaşımlama yoluyla mekanik özelliklerini iyileştirmeye çalışmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Mg alaşımları içerisinde önemli bir yere sahip olan AM60 alaşımlarının mekanik özelliklerini iyileştirmek için farklı ağırlık oranlarında (ağ. % 0, 0.5 ve 1), Pomza ilave edilmiş ve in situ kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Ergitme işlemi indüksiyon ergitme fırınında SiC pota içerisinde SF₆ ve CO₂ gazı kullanılarak kontrollü atmosfer altında gerçekleştirilmiş ve ergimiş alaşım ve kompozitler 100 tonluk sıkıştırma kuvvetine sahip soğuk kamaralı basınçlı döküm kullanılarak katılaştırılmıştır. Üretilen kompozitlerin mikroyapı çalışmaları taramalı elektron mikroskopunda faz analizleri için XRD cihazı kullanılmıştır. Alaşım ve in-situ kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme testi yapılmıştır. XRD'den elde edilen sonuçlar pomza ilavesi ile AM60 alaşımında β-Mg₁₇Al₁₂ intermetalik ikincil fazına ilave olarak Mg₂Si intermetaliklerinin oluştuğunu göstermiş. Çekme testi sonuçlarında ise pomza ilavesinin artışı oluşan Mg₂Si ikincil fazların etkisi ile akma ve çekme mukavemetinin arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: AM60 alaşımı, Pomza, in-situ kompozit, akma mukavemeti

Current Economic Situation of Pumice and Perlite Mines Pomza ve Perlit Madenlerinin Güncel Ekonomik Durumları

Nusret BOZKURT^a, Erden Ozan KARACA^b

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
nbozkurt@beu.edu.tr

^b Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
eokaraca@beu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Türkiye'deki pomza ve perlit madenlerinin güncel ekonomik durumları araştırılmıştır. Bu amaçla ulusal ve global istatistiksel çalışmalar taranarak güncel rezerv, üretim, ithalat ve ihracat verileri derlenmiştir. Pomza ve perlitin rezerv durumlarına göre dünyada önde gelen ülkelerden biri olan Türkiye'de bu madenlerin tanımları ve özellikleri, son yıllardaki ekonomik verileri, kullanıldığı sektörler ve bu sektörlerdeki kullanılma biçimlerine değinilmiştir. Pomza ve perlitin ülkemiz ekonomisine olan katkısının artırılmasına ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: pomza, perlit, rezerv, ihracat, ithalat

Abstract

In this study, the current economic conditions of pumice and perlite mines in Turkey were investigated. For this purpose, current reserve, production, import and export data were compiled by scanning national and global statistical studies. In Turkey, which is one of the leading countries in the world according to pumice and perlite reserve status, the definitions and properties of these mines, their economic data in recent years, the sectors they are used in and the way they are used in these sectors are mentioned. Suggestions have been made to increase the contribution of pumice and perlite to our country's economy.

Keywords: pumice, perlite, reserve, export, import

Investigation of Test Results of Mortar Samples with Waste Stone Dust Additives by Artificial Intelligence Methods

Atık Taş Tozu Katkılı Harç Numunelerin Deney Sonuçlarının Yapay Zekâ Yöntemleriyle İncelenmesi

Investigation of Experiment Results of Waste Stone Dust Additive Mortar Samples by Artificial Intelligence
Methods

Nusret BOZKURT^a, Nilay BOZKURT^b, Erden Ozan KARACA^c

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
nbozkurt@beu.edu.tr

^b Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
n.bozkurt@beu.edu.tr

^c Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye,
eokaraca@beu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Bitlis yöresine ait pomza, Ahlat ve Güroymak taşlarının tozlarıyla üretilen harç numunler ile gerçekleştirilen mekanik deney sonuçları üç farklı yapay zekâ yöntemiyle incelenmiştir. Deneysel çalışmayı ait veriler kullanılarak yapay zekâ yöntemlerinden olan bulanık mantık, yapay sinir ağları ve adaptif nörobulanık sistemler yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin gerektirdiği maddiyat, harcanacak zaman ve malzeme miktarları düşünüldüğünde yapay zekâ yöntemlerinin bu tür çalışmalarda kullanılması bahsedilen hususlardan tasarruf edilmesini ve hızlıca sonuç alınmasını sağlayacaktır. Yapılan bulanık mantık, yapay sinir ağları ve adaptif nörobulanık sistemler yöntemlerinin sonuçları kendi arasında benzer çalışmalarda kullanılması en uygun yapay zekâ yöntemi belirlenecektir.

Anahtar Kelimeler: pomza, mekanik özellik, yapay zekâ

Abstract

In this study, mechanical test results with mortar samples produced with the powders of pumice, Ahlat and Güroymak stones belonging to the Bitlis region were examined by three different artificial intelligence methods. Using the data of the experimental study, analyzes were carried out with fuzzy logic, artificial neural networks and adaptive neurofuzzy systems methods, which are artificial intelligence methods. Considering the material costs required by the materials used in experimental studies, the amount of time and materials to be spent, the use of artificial intelligence methods in such studies will save on the mentioned issues and get results quickly. The results of the fuzzy logic, artificial neural networks and adaptive neurofuzzy systems methods will be determined as the most appropriate artificial intelligence method to be used in similar studies.

Keywords: pumice, mechanical property, artificial intelligence

İÇ KISMI YAPI KİMYASALI İLE SIVANMIŞ LAMBA ZIVANALI ve HARÇ KANALLI BİMS BACA BLOĞU

İsmail İsa ATABEY^a ve Hakkı KAYA^b

^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, E-mail: ismailatabey@nevsehir.edu.tr

^b Kaya Bims, Nevşehir, Türkiye, E-mail: hakkikaya50@gmail.com

Özet

Baca; konut, fırın, atölye, fabrika gibi yapılarda ısı üreticiden çıkan yanmış gazları çevreye zarar vermeyecek bir şekilde dışarı atmak için kullanılan yapı elemanlarıdır. Bacalar bina içine veya binaya bitişik olarak silindir, kare, dikdörtgen kesitli inşa edilmiş tuğla, bims, beton, betonarme veya çelik malzemeden içi boş olarak yapılabilir. Ancak binalarda çoğunlukla tuğladan imal edilen bacalar kullanılmakta ve pürüzlü yüzeyler ile iki baca tuğlası arasında kurum birikebilmektedir. Bunun yanı sıra baca iç yüzeyinden duman sızdırması gibi sorunlar oluşabilmektedir. Bu çalışmada yeni bir bims baca bloğu tasarımı yapılarak bloklar arası harçsız lamba-zivana ile geçme şeklinde baca tasarlanmıştır. Ayrıca baca bloklarının dış yüzeyinde harç kanalı oluşturularak derz aralarına ek bir harca ihtiyaç duymadan sıva ile beraber baca bloklarının bağlantısının yapılması amaçlanmıştır. Baca iç yüzeyine ise duman sızmasının engellenmesi amacıyla pürüzlü iç yüzeyi düzeltmek ve geçirimsizlik için sıva geliştirilmiştir. Bu amaçla dış iki yüzeyinde harç kanalı bulunan, üst ve alt tarafları geçmeli iç yüzeyi ise özel hazırlanmış sıva ile sıvanmış geleneksel bims harcından baca bloğu üretilmiştir. Sıva içeriğinde ısıya karşı etkili olabilmesi için geleneksel çimento ile beraber özel tip çimento kullanılmıştır. Ayrıca sıva harcının homojen dağılım ve yapışma sağlaması için katkı maddesi ile desteklenmiştir. Harç içerisinde agrega olarak da kalsit ve uçucu kül kullanılarak hem atık uçucu kül değerlendirilmiş hem de baca içi ısının sıvaya etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, farklı şekil tasarımı yapılmış ve iç yüzeyi sıvanmış bims baca bloğu üretilerek bina bacaları için alternatif bir model geliştirilmiştir. Ayrıca bu tasarım 21.07.2021 tarihli Patent bülteninde yayınlanarak TR 2018 21343 B belge numarası ile patentlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baca, bims, lamba-zivana, harç kanalı

Neveşehir Yöresi Pomzasının Biyomedikal Alanda Kullanımının Araştırılması

Sümevra Uslu^a, İrem Nur Erkan^b and Fatma Zehra Koçak^c

^a Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Neveşehir, Türkiye, E-mail: sumeyra3108@gmail.com

^b Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Neveşehir, Türkiye, E-mail: iremerkan.566@gmail.com

^c Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Neveşehir, Türkiye, E-mail: fzkocak@nevsehir.edu.tr

Öz

Volkanik bir kayac olan pomza minerali sert, hafif, gözenekli bir yapıya sahip, silikatça zengin bir alüminasilikat bileşimidir. Pomza, yüksek silikat ve alümina içeriği sayesinde aşındırıcı, izolasyon ve refrakter özellikler sağlamaktadır. Pomza ülkemizde ağırlıklı olarak agrega şeklinde hafif yapı malzemesi sektöründe ve tekstilde kotların taşlanması gibi uygulamalarda ön plana çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, pomza iyon absorbanı olarak toprak mineral dengesinin sağlanması, suyun tasarruflu kullanımı ve sudaki ağır metallerin uzaklaştırılması gibi uygulamalar için de elverişlidir [1]. Pomzanın gözeneklilik, geniş yüzey alanı, adsorpsiyon kapasitesi gibi özellikleri onu biyolojik uygulamalar için de cazip hale getirmektedir. Özellikle silikatça zengin olan mikron boyutundaki asidik pomzanın biyoyumlu olduğu bildirilmektedir. Pomzanın, protein immobilizasyonu, doku mühendisliği ve ilaç salınımı gibi biyomedikal alanlarda kullanımına yönelik araştırmalar mevcuttur [2]–[4]. Pomza mineralinin kemik doku mühendisliğinde kullanımı ile ilgili araştırmalar sınırlıdır. Ancak hafif ve gözenekli yapısı ve mineral içeriği ile doğal biyocam bileşimine sahip pomzanın kemik onarımında skafold ve dolgu malzemesi olarak kullanım potansiyelinin yüksek olduğu düşünülür. Bu çalışmada, Neveşehir yöresinden elde edilen açık kirlili beyaz renkli, mikron boyutlu asidik pomza biyomedikal uygulamalara daha elverişli hale getirmek için saflaştırma işlemine tabi tutulmuştur. 100 mesh'lik elekten geçirilen pomza, sırasıyla asidik (HCl) ve bazik (NaOH) çözeltilerde karıştırma, manyetik ayırma ve kurutma işlemleri sonrası saflaştırılmıştır. Bu sayede pomzanın içerisinde yer alan bazı ağır metallerin giderilerek daha biyoyumlu hale getirilmesi ve biyolojik moleküllerin tutunmasında rol oynayacak iyon adsorpsiyon kapasitesinin artırılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen X-Işını Floresan (XRF) analizleri ile doğal pomza ile saflaştırılmış pomza numunelerindeki element oksitlerinin yüzde oranları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları, doğal pomza içerisinde yer alan, istenmeyen ağır metallerin başarıyla uzaklaştırıldığını göstermektedir. Elde edilen saflaştırılmış pomzanın kullanıldığı kemik onarımı için geliştirilen kompozit skafoldlar alanında çalışmalar sürdürülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Kemik onarımı, Skafold

Referanslar

- [1] T. Güngör and Ş. G. Özkan, "Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış," *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 269–276, 2001.
- [2] X. Li, W. Yang, Q. Zou, and Y. Zuo, "Investigation on microstructure, composition, and cytocompatibility of natural pumice for potential biomedical application," *Tissue Eng. - Part C Methods*, vol. 16, no. 3, pp. 427–434, 2010, doi: 10.1089/ten.tec.2009.0285.
- [3] Ö. Acet, "Investigation of BSA adsorption performances of metal ion attached mineral particles embedded cryogel discs," *MANAS J. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 65–71, 2021, doi: 10.51354/mjen.883804.
- [4] Y. Halim, D. Devianita, H. Hardoko, R. Handayani, and L. C. Soedirga, "Immobilization of *Providencia stuartii* Cells in Pumice Stone and Its Application for N-Acetylglucosamine Production," *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 60, no. 1, pp. 4–10, 2022, doi: 10.17113/ftb.60.01.22.6994.

THE EFFECT of FREEZE-THAW CYCLES on COMPOSITE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCED with PUMICE and PERLITE AGGREGATES

Nusret Bozkurt^a, Melik Bakırhan^b and M.Tansu Baydaş^b

^a Bitlis Eren University, Engineering-Architecture Faculty, Civil Engineering Department, Bitlis, Turkey,
E-mail: nbozkurt@beu.edu.tr

^b Adabağ Construction Industry, Bitlis, Turkey, E-mail: melikbakirhan@gmail.com

^c Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering, Ankara, Turkey,
E-mail: mtansu.baydas@gazi.edu.tr

Abstract

The objective of this study is to investigate the impact of freeze-thaw cycling on the production of composite lightweight concrete, utilizing pumice and perlite aggregates. The composite lightweight concrete consists of three variations: solely pumice aggregate, only perlite aggregate, and a combination of pumice and perlite aggregates. Concrete samples were subjected to freeze-thaw cycling after a 28-day curing period. The freeze-thaw cycling involved a specific procedure, where the temperature was first lowered to 0°C for 120 minutes, followed by a 120-minute hold at 0°C. Subsequently, the temperature was further reduced to -15°C for 600 minutes, followed by a 120-minute hold at -15°C. Finally, the temperature was raised to +20°C for 480 minutes. This complete cycle was repeated for a total of 24 hours and 100 cycles. After completing the freeze-thaw cycling experiment, ultrasonic pulse velocity and compressive strength tests were conducted on the concrete samples. Based on the experimental results, the M1 series, containing solely pumice aggregate, exhibited the most favorable performance, while the M3 series, with a combination of pumice and perlite aggregate, demonstrated the least favorable outcomes.

Keywords: Composite light concrete, pumice, expanded perlite, freeze-thaw.

Hafif Beton Atıklarının Geri Dönüşüm Agregası Olarak Kullanımının Araştırılması

Nusret BOZKURT^a and Nursima SAYIN^b

^aBitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, E-mail: nbozkurt@beu.edu.tr

^bBitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, E-mail: nursimasayin1996@gmail.com

Özet

Beton, son yıllarda özellikle tüketim miktarıyla dikkat çekmektedir. Beton karışımında ve dayanımında büyük öneme sahip olan agregalar, karışım içerisinde en yüksek yüzdeye sahip olan aynı zamanda kaynakları da hızla tükenen ana karışım malzemesidir. Bu durum beton içerisinde kullanılabilen alternatif agregaya kaynaklarına yönelimi sağlarken özel betonların üretilmesi ve yaygınlaşmasına da ortam oluşturmaktadır. Her ne kadar tüketimi normal beton kadar fazla ve yaygın olmasa da kullanım alanlarının genişlemesiyle hafif beton tüketimi de artarak devam etmektedir. Hafif beton tüketimindeki artış, kullanılan pomza ve perlit gibi volkanik kökenli doğal hafif agregaya kaynaklarının da giderek tükenmesine yol açmaktadır. Tıpkı geleneksel beton içerisinde kullanılan agregalara alternatif agregaya kaynaklarına ihtiyaç duyulduğu gibi alternatif hafif agregaya kaynaklarına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu araştırma ile özellikle laboratuvar ortamında üretilmiş ve amacına uygun olarak deneyleri tamamlandıktan sonra atık haline gelmiş çeşitli oranlarda pomza ve perlit içeren hafif betonlar ile kusurlu olarak üretilmiş ve henüz kullanılmadan atık hale gelmiş briketlerin geri dönüştürülerek yeniden beton üretiminde kullanılabilirliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Beton üretimi için kullanılması uygun görülen atıklar temin edilerek agregaya boyutuna getirilmiştir. Elde edilen geri dönüştürülmüş agregaların beton içerisinde kullanılabilirliğini değerlendirmek adına agregalar üzerinde birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılarak agregaya özellikleri belirlenmiştir. Yapılan agregaya deneyleri doğrultusunda beton içerisinde kullanımının uygun olduğu tespit edilen hafif beton atıklarından elde edilmiş geri dönüşüm beton agregaları yeniden hafif beton üretiminde kullanılmıştır. Normal beton, hafif beton ve kompoze hafif betondan oluşan kontrol grubuyla birlikte, atık hafif betonlardan elde edilen agregalar kullanılarak yine hafif betonlardan oluşan deney grubu betonları üretilmiştir. Üretilen betonlarda kullanılacak maksimum dane çapı ve çimento dozajı özellikle yöredeki beton santrallerinde üretilen betonlarla kıyaslama sağlayabilmek adına 25 mm ve 400 kg/m³ olarak seçilmiştir. Beton kıvamı pompalanabilir beton kıvamı (16-21 cm) tercih edilerek tüm gruplarda beton taze haldeyken slump deneyi ve taze beton birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Üretilen tüm betonlar 28 gün boyunca uygun koşullar altında su kuru tabii tutulduktan sonra sertleşmiş beton deneylerinden ultrasonik ses geçirgenlik deneyi (USG), basınç dayanımı deneyi ve yarmada çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda atık hafif betonlardan ve atık briketlerden elde edilen agregaların gerekli özen gösterilerek agregaya dönüştürülmesi halinde yeniden hafif beton üretiminde kullanılabilmesi ve doğal hafif agregalara alternatif olabileceği tespit edilmiştir. Özellikle atık briket agregası kullanılarak üretilen beton serilerinde elde edilen yüksek basınç dayanım değerleri, uygun teknolojiler kullanılarak elde edilecek briket agregalarının alternatif agregaya kaynağı olabileceği gibi atık sorununa da çözüm sunarak çevreci bir üretim sağlanacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Briket, Geri Dönüşüm Beton Agregası, Atık Hafif Beton.

Using Various Compatibilizers to Enhance Perlite-Polymer Interface Interaction in Polypropylene-Based Composites

Çağrıalp Arslan^{a*}, Ümit Tayfun^b and Mehmet Doğan^c

^{a*}Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Textile Engineering, Bartın, Türkiye, E-mail:
carslan@bartin.edu.tr

^bBartın University, Faculty of Engineering, Architecture, and Design, Basic Sciences, Bartın, Türkiye, E-mail:
utayfun@bartin.edu.tr

^cErciyes University, Faculty of Engineering, Textile Engineering, Kayseri, Türkiye, E-mail:
mehmetd@erciyes.edu.tr

Abstract

One of the most crucial factors affecting the performance of mineral-filled polymeric composites is the surface interaction between the polymer and the mineral additive. In this research study, three different compatibilizers were used to enrich the interactions between phases in perlite-containing polypropylene (PP) composites. For this purpose, three different ratios of ethylene vinyl acetate copolymer (EVA), thermoplastic polyurethane elastomer (TPU) and maleic anhydride grafted polypropylene (MA-PP) compatibilizers were used on composites containing 10 percent expanded perlite mineral. Melt mixing followed by injection molding processes were used as the composite production process. In light of the findings obtained after mechanical, physical, and dynamic mechanical analysis and morphological characterizations, composites containing MA-PP compatibilizer showed the best performance. In the composites containing 10 percent compatibilizer with the lowest adding amount, an improvement was observed in the investigated properties, and a decrease in performances was detected at high compatibilizer concentrations. In addition to these findings, it was observed that the force values and melt flow rates measured during melt mixing, compatibilizers integrated into the PP/perlite composite system facilitated the processing of the composites. According to the test results, the performance ranking among compatibilizers was found as MA-PP > TPU > EVA. As a general conclusion, it has been evaluated that the preference of MA-PP compatibilizer in the production stages where expanded perlite will be used as a natural filler in PP-based composites will provide advantages in terms of both ease of processing and mechanical strength.

Keywords: Polymer composite, Expanded perlite, Compatibilizer, Polypropylene, Polymer processing.

POMZA VE EPS'NİN GEOPOLİMER BÖLME DUVAR BLOKLARININ ÜRETİLMESİNDE AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Öğr. Gör. Fehmi VEZİROĞLU^a and Prof. Dr. Engin YENER^b

^aIğdır Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü, Türkiye, Email:fehmi.veziroglu@igdir.edu.tr-
medcem86@gmail.com

^bIğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye, engin.yener@igdir.edu.tr

ÖZET

Bu araştırmada yapıların üzerine yapılabilecek gelişim ve bu gelişimi destekleyecek olan pomza ve EPS'nin önemi ele alınmıştır. Bu konu araştırırken pomza kumu kullanılarak üretilen betonlarda ince agrega yerine %25-%50-%75-%100 oranlarda ikame edilen EPS kullanılmıştır. Karışımlar hafif geopolimer betonlar üretilmiştir. Üretilen 10x10x10 cm boyutundaki karışımlar birim hacim, boşluk oranı-su emilimi, donma-çözünme, 32. ve 56. gün basınç mukavemetleri ve bunların yüksek sıcaklık değerleri incelenmiştir. Daha fazla veri etmek için 10x10x10 cm boyutundaki karışımlar 5x5x5 cm boyutunda kesilmiş ve sonuç olarak 224 numune ile deneyler yapılmıştır. Karışımların birim hacimleri incelediğimizde ikame edilen EPS'nin birim hacim ağırlığa azaltan bir etki yapıldığı tespit edilmiştir. Hazırlanan geopolimer karışımların boşluk oranı -su emilimi oranı % değeri ikame edilen EPS miktarına göre artmaktadır. Hacimde karışımı hazırlanan numuneler pomza-eps yerine % 100 kum olarak hazırlandığında boşluk oranı-su emilimi % 100 kum numunelerin hep üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Donma çözünme deneyinde %100 Pomza olan numunenin ağırlık kaybı % 0,24 iken % 100 Eps olan numunenin ağırlık kaybı % 1,6 olarak tespit edilmiştir. Pomza oranının azalması -EPS oranının artmasına bağlı olarak kütle bazlı ağırlık kaybı arttığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni donma çözünmede EPS oranının fazla olduğu numuneler EPS boncuklarını salınmasıyla ağırlık kaybı yaşamıştır. Pomza oranının azalması ve EPS oranının artmasına bağlı olarak basınç dayanımı azaldığı görülmüştür. 210 °C sıcaklıktaki fırına konularak yüksek sıcaklık deneyi yapılmıştır, artan EPS oranına bağlı olarak ağırlıklarında azalma yönündeki eğilim artmıştır. En çok EPS oranına sahip olan karışımlar ağırlık kaybı en çok bu numunelerde görülmüştür. Bu sonuca göre yüksek sıcaklıkta EPS dayanımının azaldığını, direncinin düşük olduğuna karar verilmiştir. %100 kum olan geopolimer beton numunesi için ağırlık kaybın en az olduğu görülmüş ve betonun dayanıklılığı yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Keywords: EPS, Hafif beton, Pomza, Yapı malzemesi

LOW TEMPERATURE PRODUCTION OF PUMICE-BASED SUSTAINABLE STRUCTURAL MATERIALS WITH TUNABLE MECHANICAL PROPERTIES

Cengiz Bagci^a and Dogan Kafkas^a

^aDepartment of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Hitit University, Corum, 19030, TURKEY
E-mail: cengizbagci@gmail.com

Abstract

Global warming due to carbon dioxide emission negatively affects socio-economic life day by day and requires urgent measures. The construction industry has a serious impact on this emission due to the release of approximately 80% CO₂ in Portland cement production. The circular economy, which is the backbone of the sustainable approach, necessitates reuse, reduce, recycle and should be considered as a solution to this problem. Turkey has about 16% of the world's volcanic ash (tuff, pumice) reserve and a significant part of it is in the Cappadocian region. Volcanic ash, which is chemically aluminosilicate, can be transformed into a structural material by geopolymerization, a low-temperature method, and promote to the reduce of local waste. This study related to the production and characterization of structural materials by increasing the activation of Cappadocian pumice, which is suitable for geopolymerization due to its high amorphous phase content, defined after the characterizations of the volcanic ashes collected from Bitlis, Isparta and Cappadocian regions via XRF and XRD. For this purpose, the pumice was mixed with varying amounts of metakaolin and/or silica fume in a solid state and the mixtures were then alkali-activated in a NaOH solution. The slurries obtained were poured into molds with sample dimensions in accordance with the relevant ASTM standards for mechanical tests, sealed up and cured in a humidity-controlled oven at room temperature. The resulting solid materials were mechanically characterized by statistical analysis after bending and compression tests, following microstructural characterization of the materials by XRD and SEM. The results showed that metakaolin-added pumice revealed a higher compressive strength, and the solid structural material produced could be tailorable depending on the type and amount of added solid reagents.

Keywords: Pumice, geopolymerization, structural material

PORSELEN KARO BÜNYESİNDE ALTERNATİF BİR HAMMADDE OLARAK MİKRONİZE POMZANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yusuf KARACA^a, Zahide Bayer ÖZTÜRK^b, Semra KURAMA^c, Elif UBAY^d

^a Seranit Granit Seramik San. ve Tic. A.Ş., Bilecik/Türkiye, E-mail: yusuf.karaca@seranit.com.tr

^b Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir/Türkiye, E-mail: z.ozturk@nevsehir.edu.tr

^c Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir/Türkiye, E-mail: skurama@eskisehir.edu.tr

^d Seranit Granit Seramik San. ve Tic. A.Ş., Eskişehir/Türkiye, E-mail: elif.ubay@seranit.com.tr

Özet

Pomza, volkanik olaylar sonucu meydana gelen tuf parçalarının hızlı soğumasıyla tepkimeye girerek oluşan gözenekli kayaç çeşididir. Pomza, yoğunluğu düşük, rengi genel de açık, süngerimsi bir kayadır. Ülkemizde İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde oluşmaktadır. Bu çalışmada, endüstriyel seramik karo üretimi yapan bir firmanın kullanmış olduğu porselen karo bünye reçetesinde pomzanın kullanılması ile ilgili reçete çalışmaları yapılmış ve standart bünye reçetesi ile kıyaslanmıştır. Mikronize pomza, porselen karo bünye reçetesine %3, %5 %7 ve %10 oranlarında Na- feldispat yerine ilave edilmiştir ve hazırlanan bünyeler 1210°C/50 dk rulolu fırında pişirime tabi tutulmuştur. Pişme sonrası numunelere, pişme küçülmesi, su emme, pişme mukavemeti ve pişme rengi ölçümleri yapılmıştır. Çalışılan reçeteler, standart ile kıyaslandığında fiziksel ve mekanik özellikler olarak standart reçeteye yakın çıkmıştır. Nevşehir bölgesine ait mikronize pomzanın porselen karo reçetesinde %7 oranında kullanılabileceği belirlenmiştir. Pomzanın porselen karo bünye reçetesinde alternatif bir hammadde olarak değerlendirilebileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Porselen Karo, Feldispat, Fiziksel Özellikler.

Assessing Micronized Pumice as a Viable Alternative Raw Material for Porcelain Tile Production

Abstract

Pumice is a type of porous rock formed by reaction with the rapid cooling of tuff fragments formed as a result of volcanic events. Pumice is a spongy rock with a low density, usually light in colour. It occurs in Central Anatolia and Eastern Anatolia regions in our country. In this study, recipe studies related to the use of pumice in the porcelain tile body recipe used by a company that produces industrial ceramic tiles were made and compared with the standard body recipe. Micronized pumice was added to the porcelain tile body recipe at 3%, 5% and 7% instead of Nafeldspar, and the prepared bodies were fired in a 1210°C/50 min roll oven. Firing shrinkage, water absorption, firing strength and firing color measurements were measured on the samples after firing. When compared to the standard, the studied new samples were close to the standard recipe in terms of physical and mechanical properties. It has been determined that micronized pumice from Nevşehir region can be used at a rate of 7% in porcelain tile recipe. It has been determined that micronized pumice from Nevşehir region can be used at a rate of 7% in porcelain tile recipe. It has been determined that pumice can be used as an alternative raw material in the porcelain tile body recipe.

Keywords: Pumice, Porcelain Tile, Feldspar, Physical Properties.

POMZA TAŞI VE PİŞMİŞ ATIK KARO İLE TERRAZO KARO TASARIMI VE UYGULAMASI

Emre Öktem^a and Mine Poyraz^b Ahmet Arslaner^a

^aSeranit Granit Seramik San.Tic. A.Ş., Bilecik, Türkiye, E-mail: emre.oktem@seranit.com.tr

^bBilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi , Bilecik , Türkiye, E-mail: mine.poyraz@bilecik.edu.tr

^cSeranit Granit Seramik San.Tic. A.Ş., Eskişehir, Türkiye, E-mail: ahmet.arslaner@seranit.com.tr

Özet

Geçmişten günümüze insanlar, çevresel etkenlere karşı kendine daha güvenilir bir alan sağlamak için yaşam alanlarını oluşturmuştur. Bu alanlar barınma ihtiyaçlarını karşıladığı gibi farklı işlev ve ihtiyaçları karşılamak için geliştirilerek, inşaat sektörü ve yapı malzemeleri ile günümüzde büyük gelişmeler göstermektedir. Seramik yapı malzemeleri, geniş ürün yelpazesıyla özellikle inşaat sektörü ile yakından bağlantılıdır. Günlük hayatta en çok kullanılan malzemeler seramikten üretilmektedir. İç ve dış mekanlara da kaplama malzemesi olarak parke, seramik, terrazo, fayans ve karo türü malzemeler kullanılmaktadır. Terrazzo, İtalya'da, granit, mermer gibi materyallerin atıklarının ufak parçalar halinde harca katılarak kullanımıyla ortaya çıkan renkli bir kaplama yöntemidir. Terrazzo üretiminde atık malzemelerin yeniden kullanımı ile oluşturulan eskiye dayanan çevresel bir geri dönüşüm uygulamasıdır. Pomza taşı inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulunan, yüksek sıcaklıkta magmanın barındırdığı gazların aniden bünyeyi terk etmesi ve soğumasıyla yapısında çok sayıda gözenek barındıran camsı bir maden olarak tanımlanabilmektedir. Literatürde pomzanın seramik endüstrisinde kullanımı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Yapılan araştırmada geçmişi 16.yy a dayanan terrazzo tekniği ile, pomza taşının ve pişmiş seramik atık parçaları kullanılarak Terrazzo görünümlü kaplama yüzeyleri oluşturmak hedeflenmiştir. Bu çalışmada, pomza taşı ve pişmiş seramik atıklarından bir geri dönüşüm uygulaması gerçekleştirilerek terrazo görünümlü alternatif bir yer kaplama malzemesi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Terrazo, Pomza Taşı, Pişmiş Atık, Geri Dönüşüm

DIŞ MEKÂNLARDA KULLANILAN KÖPÜK KOMPOZİT MALZEMELERDE MİKRONİZE POMZANIN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

İsmihan TOPALOĞLU^a, Zahide Bayer ÖZTÜRK^b, Semra KURAMA^c, Elif

UBAY^d

^a Seranit Granit Seramik San. ve Tic. A.Ş., Eskişehir/Türkiye,

E-mail: ismihan.topaloglu@seranit.com.tr

^b Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir/Türkiye, E-mail: z.ozturk@nevsehir.edu.tr

^c Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir/Türkiye, E-mail: skurama@eskisehir.edu.tr

^d Seranit Granit Seramik San. ve Tic. A.Ş., Eskişehir/Türkiye, E-mail: elif.ubay@seranit.com.tr

Özet

Köpük dış mekân karosu, hafif yükseltilmiş döşeme olarak kullanıma uygun, uygulaması kolay ve uzun ömürlü bir kompozit malzemedir. Beton ve doğal taşlara kıyasla bu kompozit malzemenin hafif olması en büyük avantajıdır. Bu kompozit malzemeler, gözenekliliğine ve pişirim koşullarına bağlı olarak değişen kütleleri ve yoğunlukları ile dikkat çekmektedir. Sinterlenmiş poroz bünye geliştirilmesi cam köpüklerin üretiminde olduğu gibi, reçeteye sinterlenme sırasında yapıda gaz oluşumuna neden olan köpükleştirici ya da gözenek yapıcı katkıların eklenmesi ile mümkündür. Köpükleştirme prosesinde oluşturulan gazlar 700-1000 °C arasında değişen reaksiyonlar sonucunda karbonat ve sülfatların dekompozisyonu veya içeriğindeki Si₃N₄, grafit, karbon siyahı, SiC gibi karbon içeren bileşenlerin oksitlenmesi ile oluşturulmaktadır. Sinterlenme sırasında açığa çıkan bu gazlar, yüzey alanındaki küçülme ile birlikte yuvarlak ve izole hale gelmektedir; ancak yüksek miktarda kapalı porlar içerisindeki gaz basıncı (Pg), sıcaklığın etkisi ile artarak malzemenin genleşmeye başladığı sıcaklığı düşürmekte ve genleşmeyi hızlandırmaktadır. Bu çalışmada, köpük kompozit malzeme içeriğinde yer alan albitin yerine ağırlık %5, %10, %15 oranında mikronize pomza ilavesi yapılarak, 1190°C/2 saat endüstriyel pişirim sonrası gözenekliliğe ve yoğunluğuna olan etkileri incelenmiştir. Mikronize pomzanın %15 oranında albit yerine kullanımı ile yoğunluk ve gözenek yapısı açısından standart ile benzer eğilim sergilediği ve mikronize pomzanın alternatif bir hammadde olarak köpük dış mekân kompozit malzeme üretiminde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Köpük dış mekân malzemesi, Feldispat, Porozite.

Exploring the Incorporation of Micronized Pumice in Outdoor Foam Composite Materials

Abstract

Outdoor foam tiles is a lightweight elevated pavement material that is suitable for outdoor use, easy to apply, and durable. Its main advantage over concrete and natural stones is its lightweight nature. These composite materials attract attention with their varying masses and densities depending on porosity and firing conditions. The development of a sintered porous structure, as seen in the production of glass foams, is possible by adding foaming or pore-forming additives to the recipe during sintering. The gases generated in the foaming process are formed due to reactions ranging from 700°C to 1000°C, resulting in the decomposition of carbonates and sulfates, or the oxidation of carbon-containing components such as Si₃N₄, graphite, carbon black, SiC, which are present in the content. During sintering, these released gases become spherical and isolated in conjunction with the reduction in surface area. However, a high amount of gas pressure (Pg) within closed pores increases with temperature, lowering the temperature at which the material begins to expand and accelerating the expansion. In this study, the effects of adding micronized pumice in amounts of 5%, 10%, and 15% instead of albite in the foam composite material were examined in terms of porosity and density after an industrial firing at 1190°C/2 hours. The use of 15% micronized pumice as a replacement for albite exhibited similar trends to the standard in terms of density and pore structure, suggesting that micronized pumice can be utilized as an alternative raw material in the production of foam outdoor composite materials.

Keywords: Pumice, Outdoor Foam Composite Material, Feldspar, Porosity.

Perlit-Grafen Oksit Kombinasyonu Destekli Katalizörün Dimetilamin Boran Hidrolizine Olan Etkisinin İncelenmesi

Dr. Öğr. Üyesi Erhan ONAT^a, Doç. Dr. Mehmet Sait İZGİ^b and Dr. Öğr. Üyesi Selma EKİNCİ^c

^a Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Bitlis, E-mail: eonat@beu.edu.tr

^b Siirt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Siirt, E-mail: saitzgi@siirt.edu.tr

^c Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Batman, E-mail: Selma.Ekinci@batman.edu.tr

Bu çalışma kapsamında destekli katalizör yapısı için yeni bir malzeme tasarlanmıştır. Destek malzemesi olarak perlit-grafen kombinasyonu üretilmiştir. Perlit, asidik yıkama ve kalsinasyon işlemlerinden sonra, Hummer yöntemine göre sentezlenen grafen oksitle kaplanmıştır. Reflaks yöntemiyle yapılan kaplama işlemi sonucunda destek malzemesi yüzeyine Co₍₀₎ atomları yüklenerek Co@Perlit-GO katalizör yapısı sentezlenmiştir.

Sentezlenen katalizör yapısının etkinliği dimetilamin boran (DMAB) hidrolizi ile ölçülmüştür. Katalizör etkinliği için ölçülen parametreler; çözelti ortamı, katalizör miktarı, DMAB konsantrasyonu, sıcaklık ve tekrarlanabilirlik parametreleridir.

Co@Perlit-GO katalizörü varlığında 303 K' de gerçekleştirilen optimizasyon işlemleri sonucunda, DMAB hidrolizi için 6876 mL/g.dak.kat. hidrojen üretim hızı değeri elde edilmiştir. 0. dereceden tepkime kinetiğine göre gerçekleşen katalitik hidroliz tepkimesinin aktivasyon enerjisi 47 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında grafen oksitle kaplanan perlit yapısının yüksek katalitik etkiye sahip destek malzemesi özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Perlitin diğer katalitik süreçlerde incelenmesiyle, katma değeri yüksek ürüne dönüşümüne katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Dimetilamin boran, Grafen oksit, Hidrojen, Katalizör, Perlit

Kaynaklar

- 1 – Wang, C., & Astruc, D. (2021). Recent developments of nanocatalyzed liquid-phase hydrogen generation. *Chemical Society Reviews*, 50(5), 3437-3484. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216000670>
- 2 – Zhang, J., Lin, F., Yang, L., He, Z., Huang, X., Zhang, D., & Dong, H. (2020). Ultrasmall Ru nanoparticles supported on chitin nanofibers for hydrogen production from NaBH₄ hydrolysis. *Chinese Chemical Letters*, 31(7), 2019-2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001841719306898>
- 3 - Zhang, Q., Xu, F., Huang, W., Wang, Y., & Liu, X. (2022). Hydrogen production upon the hydrolysis of dimethylamineborane over Pt/Ni (OH) 2 nanocomposite. *Fuel*, 324, 124695. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236122015423>
- 4 - Zhang, Q., Wang, Y., Yan, J., Fan, S., Wang, C., & Liu, X. (2023). Facile synthesis of Ag/Co₃O₄ nanocubes for on-demand H₂ evolution upon dimethylamine borane hydrolysis. *Fuel*, 351, 128983. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623612301596X>

ATIK POMZA TOZUNDAN ÜRETİLEN YALITIM PANELİNİN TERMAL ve AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Metin DAVRAZ, Murat KORU, Nuri İŞILDAR

Bu çalışmada Nevşehir yöresi atık pomza tozları kullanılarak termal ve akustik yalıtım paneli üretilmiştir. Araştırmada dolgu malzemesi 150 µm altı atık pomza tozu, kimyasal katkı maddesi olarak sodyum hidroksit ve köpürtücü katkı maddesi kullanılmıştır. Farklı oranlarda karıştırılan dolgu ve katkı maddeleri 300x300x150 mm boyutlu paslanmaz çelik kapta kalıba yerleştirilerek hafifçe sıkıştırılmış ve sabit kuru ağırlığa ulaşana kadar 105°C sıcaklıkta hava dolaşımı etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler kül fırınında 850°C'de 15 dak süreyle ısı işleme maruz bırakılmış ve 5 °C/dak hızında soğutulmuştur. Isıl işleme genişletilmiş numuneler kesilerek boyutlandırılmış, kütleleri hassas terazi ile tartılmış ve görünür yoğunlukları hesaplanmıştır. 300x300x50 mm boyutlu numunelerinin ısı iletkenlik katsayıları ısı akış ölçer yöntemiyle ölçülmüştür. Prizmatik levhalardan 100 mm ve 30 mm çaplı numuneler kesilerek empedans tüpüyle ses iletim kaybı ve ses yutuculuk katsayıları da ölçülmüştür. Termal ve akustik testler yaklaşık 100 kg/m³ yoğunluktaki mineral esaslı gazbeton (Multipor) ve cam köpüğü levhalarına da uygulanmış ve pomza panel bulguları mineral esaslı diğer iki malzeme ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca tüm numunelerin basınç ve eğilme dayanımları da belirlenmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde atık pomza tozundan ısı işlem ile genişletilen plakaların ısı ve akustik yalıtım paneli olarak başarıyla kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Atık pomza tozu, termal ve akustik panel, ısı iletkenlik, ses iletim kaybı, ses absorpsiyon katsayısı

INVESTIGATION OF THERMAL AND ACOUSTIC PROPERTIES OF INSULATION PANELS MADE OF WASTE PUMICE POWDER

Metin DAVRAZ, Murat KORU, Nuri İŞILDAR

In this study, thermal and acoustic insulation panels were produced using waste pumice powders from Nevşehir region. In the production of the samples, waste pumice powder with a size of <150 µm was used as filling material, sodium hydroxide was used as melting agent and gas-forming additive was used as foaming agent. The fillers and additives mixed in different ratios were placed in a 300 x 300 x 150 mm stainless steel container, molded and lightly compacted and dried in an air circulating oven at 105°C temperature until reaching constant dry weight. The dried samples were heat treated in a blast furnace at 850°C for 15 min and cooled at a rate of 5 °C/min. The heat expanded samples were cut and sized, weighed with a precision balance and their apparent densities were calculated. Thermal conductivity coefficients of 300x300x50 mm sized samples were measured by heat flow meter method. The sound transmission loss and sound absorption coefficients were also measured with an impedance tube by cutting 100 mm and 30 mm diameter samples from the prismatic panels. Thermal and acoustic tests were also performed on mineral-based aerated concrete (Multipor) and glass foam panels with a density of approximately 100 kg/m³ and the pumice panel findings were compared with the other two mineral-based materials. Compressive and flexural strengths of all samples were also determined. When the obtained findings are evaluated, it is revealed that the plates expanded by heat treatment from waste pumice powder can be successfully used as thermal and acoustic insulation panels.

Keywords

Waste pumice powder, thermal and acoustic panel, thermal conductivity, sound transmission loss, sound absorption coefficient

ATIK POMZA TOZUNDAN ÜRETİLEN YALITIM PANELİNİN TERMAL ve AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Metin DAVRAZ, Murat KORU, Nuri İŞILDAR

Bu çalışmada Nevşehir yöresi atık pomza tozları kullanılarak termal ve akustik yalıtım paneli üretilmiştir. Araştırmada dolgu malzemesi 150 µm altı atık pomza tozu, kimyasal katkı maddesi olarak sodyum hidroksit ve köpürtücü katkı maddesi kullanılmıştır. Farklı oranlarda karıştırılan dolgu ve katkı maddeleri 300x300x150 mm boyutlu paslanmaz çelik kapta kalıba yerleştirilerek hafifçe sıkıştırılmış ve sabit kuru ağırlığa ulaşana kadar 105°C sıcaklıkta hava dolaşımı etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler kül fırınında 850°C'de 15 dak süreyle ısı işleme maruz bırakılmış ve 5 °C/dak hızında soğutulmuştur. Isıl işleme genleştirilmiş numuneler kesilerek boyutlandırılmış, kütleleri hassas terazi ile tartılmış ve görünür yoğunlukları hesaplanmıştır. 300x300x50 mm boyutlu numunelerinin ısı iletkenlik katsayıları ısı akış ölçer yöntemiyle ölçülmüştür. Prizmatik levhalardan 100 mm ve 30 mm çaplı numuneler kesilerek empedans tüpüyle ses iletim kaybı ve ses yutuculuk katsayıları da ölçülmüştür. Termal ve akustik testler yaklaşık 100 kg/m³ yoğunluktaki mineral esaslı gazbeton (Multipor) ve cam köpüğü levhalarına da uygulanmış ve pomza panel bulguları mineral esaslı diğer iki malzeme ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca tüm numunelerin basınç ve eğilme dayanımları da belirlenmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde atık pomza tozundan ısı işlem ile genleştirilen plakaların ısı ve akustik yalıtım paneli olarak başarıyla kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Atık pomza tozu, termal ve akustik panel, ısı iletkenlik, ses iletim kaybı, ses absorpsiyon katsayısı

INVESTIGATION OF THERMAL AND ACOUSTIC PROPERTIES OF INSULATION PANELS MADE OF WASTE PUMICE POWDER

Metin DAVRAZ, Murat KORU, Nuri İŞILDAR

In this study, thermal and acoustic insulation panels were produced using waste pumice powders from Nevşehir region. In the production of the samples, waste pumice powder with a size of <150 µm was used as filling material, sodium hydroxide was used as melting agent and gas-forming additive was used as foaming agent. The fillers and additives mixed in different ratios were placed in a 300 x 300 x 150 mm stainless steel container, molded and lightly compacted and dried in an air circulating oven at 105°C temperature until reaching constant dry weight. The dried samples were heat treated in a blast furnace at 850°C for 15 min and cooled at a rate of 5 °C/min. The heat expanded samples were cut and sized, weighed with a precision balance and their apparent densities were calculated. Thermal conductivity coefficients of 300x300x50 mm sized samples were measured by heat flow meter method. The sound transmission loss and sound absorption coefficients were also measured with an impedance tube by cutting 100 mm and 30 mm diameter samples from the prismatic panels. Thermal and acoustic tests were also performed on mineral-based aerated concrete (Multipor) and glass foam panels with a density of approximately 100 kg/m³ and the pumice panel findings were compared with the other two mineral-based materials. Compressive and flexural strengths of all samples were also determined. When the obtained findings are evaluated, it is revealed that the plates expanded by heat treatment from waste pumice powder can be successfully used as thermal and acoustic insulation panels.

Keywords

Waste pumice powder, thermal and acoustic panel, thermal conductivity, sound transmission loss, sound absorption coefficient

TOPRAKKALE (OSMANİYE) BAZALTİK POMZALARININ JEOLJİ, MİNERALOJİ VE PETROGRAFİSİ VE SERAMİK YAPIMINDA KULLANIMI

GEOLOGY, MINERALOGY AND PETROGRAPHY OF TOPRAKKALE (OSMANİYE) BASALTIC PUMICES AND THEIR USE IN CERAMIC PRODUCTS

Musa Avni AKÇE^a and Yusuf Kağan KADIOĞLU^{b,c}

^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering Architecture, Department of Geological Engineering, Nevşehir, Türkiye, E-mail: akce@nevsehir.edu.tr

^b Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Ankara, Türkiye, E-mail: kadi@ankara.edu.tr

^c Ankara University, Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM), Ankara, Türkiye

Özet

Toprakkale bazaltik pomzaları, Osmaniye'nin güneyinde ve Amanos Dağı'nın doğu bölümünde başlıca Toprakkale ilçesinde geniş alanları kaplayacak şekilde yüzlek vermektedir. Bu bazaltik pomzalar volkan cürufu tepeleri halinde, içerisinde bazalt kaya blokları ve volkan bombalarının yer aldığı kompakt olmayan bir litoloji sergilemektedir. Toprakkale bazaltik pomzaları kahve renkli olup, %70'e varan boşluklar içermekte ve boyutları birkaç santimetreden bir metreye kadar değişmektedir. Toprakkale bazaltik pomzalarının ilk aşamasının daha çok alkali bazalt bileşimindeki kayalardan oluştuğu ve bu aşamadan sonra Toprakkale bazaltik pomzalarının volkan cürufu halinde bölgeye yerleştiği düşünülmektedir. Polarizan mikroskop altında vesiküler doku özelliği göstermekte olup başlıca plajiyoklaz mikrolitleri, piroksen, olivin ve daha az oranda ilmenit ve manyetit içermektedir. Konfokal Raman Spektroskopisi (KRS) çalışmalarında, olivinlerin çoğunlukla forsterit, piroksenlerin ise diopsit ve enstatit bileşimli olduğunu belirlenmiştir. Bu kayaların en karakteristik özellikleri %1.5 oranında TiO₂ içermeleridir. Toprakkale bazaltik pomzaları alkali magma karakterli, kıta içi, levha içi magmaların püskürmelerinden kaynaklanmaktadır. İz ve nadir toprak element analizlerine göre Toprakkale bazaltik pomzaları LIL elementleri açısından zenginleşme ve HFS elementleri açısından ise fakirleşme göstermektedir. Toprakkale bazaltik pomzalarının fazla oranda su tutma özelliğinden yüzeysel ayrışmaların fazla oranda gelişmesinden vermikülit ve montmorillonit türü killere dönüştüğü görülmüştür. Bu özelliği itibarı ile Toprakkale bazaltik pomzalarını iyi derecede pişme özelliğine sahip olması nedeniyle M.S. 200-500 yıllarında antik seramik üretiminde Romalılar kullanmışlardır. Günümüzde de yöre insanları Toprakkale bazaltik pomzalarının killeşme sonucu ayrılmış ürünlerini testi yapımında kullanmaktadırlar.

Anahtar Kelimeler: Bazaltik pomza, alkali bazalt, Toprakkale, seramik

Abstract

Toprakkale basaltic pumices outcrop in the south of Osmaniye and in the eastern part of Amanos Mountain, mainly in Toprakkale district, covering large areas. These basaltic pumices show a non-compact lithology in which basalt rock blocks and volcanic bombs are found as volcanic slag peaks. Toprakkale basaltic pumices are brown in color with up to 70% vesicles and their sizes ranging from a few centimeters up to a meter. The first phase of Toprakkale basaltic pumice consists mostly of rocks with alkaline basalt composition and after this stage, Toprakkale basaltic pumices settled in the region as volcanic slags. It shows vesicular texture under polarizing microscope and contains mainly plagioclase microlites, pyroxene, olivine with lesser amount of ilmenite and magnetite. The Confocal Raman Spectroscopy (CRS) studies reveal that olivines are mostly forsterite and pyroxenes are diopside and enstatite in compositions. The most characteristic features of these rocks that they have 1.5% of TiO₂ in their chemical compositions. Toprakkale basaltic pumices originate from the eruptions of alkaline magma, intra-continental and intra-plate magmas. The trace and rare earth element analyses show that Toprakkale basaltic pumices are enrichment in terms of LIL elements with relative depletion in terms of HFS elements. It has been observed that Toprakkale basaltic pumice turns into vermiculite and montmorillonite type clays due to the high water retention feature and the excessive development of surface weathering. Due to this feature, the Romans used Toprakkale basaltic pumice in the production of ancient ceramics in 200-500 BC, since it has a good firing feature. Today, local people also use the decomposed products of Toprakkale basaltic pumice in the production of pots.

Keywords: Basaltic pumice, alkaline basalt, Toprakkale, ceramic