

# Razvoj sekundarnog poroziteta u vapnenačkim stijenama

---

**Elias, Waseem**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:269077>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

**Waseem Elias**

**RAZVOJ SEKUNDARNOG POROZITETA U  
VAPNENAČKIM STIJENAMA**

**Diplomski rad**

Ovaj diplomski rad predložen je Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja akademskog stupanja magistar geologije.

Mentor:  
Dr.sc.Tihomir Marjanac

Zagreb, 2018.

## **Zahvale**

*Prije svega želim se zahvaliti svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na velikoj pomoći i strpljivosti prilikom izrade rada.*

*Također želim se zahvaliti kolegici Marini Čalogović na pomoći tijekom izrade rada.*

*Veliko hvala kolegama Bruni Aljinoviću i Kristijanu Špeharu na pomoći tokom pet godina studija.*

*Neizostavno, zahvaljujem se svojim roditeljima, što su me podržavali tokom mog školovanja, kao i bratu i sestri.*

*Zahvaljujem se Beri i Mariju Poletu na ugodnom društvu u pauzama pri izradi rada.*

*Zahvaljujem se ujaku Aminu Chaeru u Kanadi i Ishaku Ishaku u Quataru za nesebičnu pomoć tijekom mog studija.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

## Diplomski rad

### RAZVOJ SEKUNDARNOG POROZITETA U VAPNENAČKIM STIJENAMA

Waseem Elias

**Rad je izrađen u:** Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek **PMF**-a, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Horvatovac 102a

#### **Sažetak:**

Analizirani su uzorci breča iz kamenoloma Bizek na Medvednici i s obale kod Selina u južnom Velebitskom kanalu i određen je razvoj sekundarnog poroziteta u njima. Uzorci su analizirani metodama: rendgenska difrakcija, bojanje karbonata, makroskopska i mikroskopska istraživanja facijesa. Na temelju provedenih analiza uočeno je da je veliki sekundarni porozitet nastao otapanjem dolomitnih valutica, ali da je naknadno reduciran precipitacijom kalcita u šupljinama od kojih su neke djelomično, a neke potpuno ispunjene.

**Ključne riječi:** sekundarni porozitet, litavac, bojanje karbonata, dolomitne valutice.

**Rad sadrži:** 27+V stranica, 13 slika, 2 tablica, 10 literaturna navoda, 3 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

**Mentor:** Dr. sc. Tihomir Marjanac, izv. prof.

**Ocjenjivači:** Dr. sc. Tihomir Marjanac, izv. prof.  
Dr. sc. Jasenka Sremac, red. prof.  
Mr. sc. Dražen Kurtanjek, viši predavač

**Datum završenog ispita:** 23.2.2018.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### **Master Thesis**

## **EVOLUTION OF SECONDARY POROSITY IN CARBONATE ROCKS**

**Waseem Elias**

**Thesis completed in:** Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a

**Abstract:**

Samples of breccia from quarry Bizek on Medvednica Mt. and from the coast near Seline in South Velebit channel were analysed and evolution of secondary porosity in these rocks was determined. Samples were analysed by methods: X-ray diffraction, carbonate strain, microscope and microscope facies determination. From the carried analysis was observed that high secondary porosity was formed by dissolution of dolomite pabbles, but it was subsequently reduces by precipitation of calcite in cavities, from which some are partially filled and some are completely filled.

**Keywords:** secondary porosity, litavac, carbinate staining, carbonate pabbles.

**Thesis contains:** 27+V pages, 13 figures, 2 tables, 10 references, 3 appendix

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Central Geological Library, Geological Department, Faculty of Science

**Supervisor:** assoc. professor dr. sc. Tihomir Marjanac

**Reviewers:** Dr. sc. Tihomir Marjanac, assoc. professor  
Dr. sc. Jasenka Sremac, professor  
Mr. sc. Dražen Kurtanjek, senior lecturer

**Date of the final exam:** 23.2.2018.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. CILJ RADA .....	2
1.2. POROZNOST I PROPUSNOST.....	2
1.2.1. POROZNOST STIJENA .....	3
1.2.2. PROPUSNOST STIJENA .....	4
2. ISTRAŽIVANO PODRUČJE .....	5
2.1. MEDVEDNICA .....	5
2.1.1. BIZEK .....	5
2.2. JUŽNI VELIBIT .....	7
2.2.1. SELINE .....	7
3. METODE ISTRAŽIVANJA .....	9
3.1. NABRUSCI .....	9
3.2. IZBRUSCI .....	9
3.3. BOJANJE KARBONATA .....	9
3.4. RENDGENSKA DIFRAKCIJA (XRD) .....	10
3.5. ANALIZA ŠUPLJINA .....	10
4. ISTRAŽIVANI MATERIJALI .....	12
5. REZULTATI .....	13
5.1. MAKROSTRUKTURA STIJENA .....	13
5.2. MIKROSTRUKTURA STIJENA.....	15
5.2.1. BIZEK .....	15
5.2.2. SELINE .....	16
5.3. RENDGENSKA DIFRAKCIJA .....	16
6. DISKUSIJA .....	18
7. ZAKLJUČAK .....	19
8. LITERATURA .....	20
Prilog 1 .....	22
Prilog 2 .....	23
Prilog 3 .....	25

## 1. UVOD

Na JZ Medvednici nalaze se vapnenci miocenske (badenske) starosti sa šupljinama koje su nastale otapanjem valutica dolomita (Kochansky 1944, Zebec 1975). Slična pojava je uočena i na drugim mjestima kao na primjer kod Selina u južnom Velebitskom kanalu ali stijenama pleistocenske starosti (Slika 1). Na oba lokaliteta to su deltni konglomerati najljepši razvijeni u Selinama (Slika 2).



Slika 1) Položaj istraživanih lokaliteta Bizeka (B) i Selina (S).

Kochansky (1944) je prva šupljikave stijene s Bizeka na Medvednici nazvala "litavcima", a Zebec (1975) je objasnio nastanak šupljina kao produkt otapanja dolomitnih valutica . O šupljinama u litavcima i drugim konglomeratima pisali su još Marjanac et al. (2012) i tumačili nastanak šupljina otapanjem dolomitnih valutica. Postanak šupljina u litavcima je zanimljiv jer je od litavca sagrađena Zagrebačka katedrala, zgrada Državnog arhiva i još neke zgrade u Zagrebu.





Slika 2) Izdanak deltnih konglomerata i breča u Selinama. Konglomerati su pleistocenske starosti, izgrađeni od vapnenačkih valutica.

## 1.1. CILJ RADA

Cilj ovog rada bio je otkriti razvoj sekundarne poroznosti u miocenskim litavcima s Medvednice i pleistocenski konglomeratima iz Selina u podnožju južnog Velebita.

## 1.2. Poroznost i propusnost stijena

Poroznost i propusnost su dva važna obilježja sedimentnih stijena. Poroznost kao svojstvo stijene određuje količina šupljina u stijeni, a propusnost je sposobnost stijene ili sedimenta da provodi fluide, a ovisi o povezanosti šupljina.

Poroznost je odnos volumena pornog prostora i volumena stijena i razlikuju se dva tipa: apsolutna i efektivna poroznost

Apsolutna poroznost  $p_t = V_s / V_u \times 100 \%$

Efektivna poroznost  $p_e = V_e / V_u \times 100 \%$

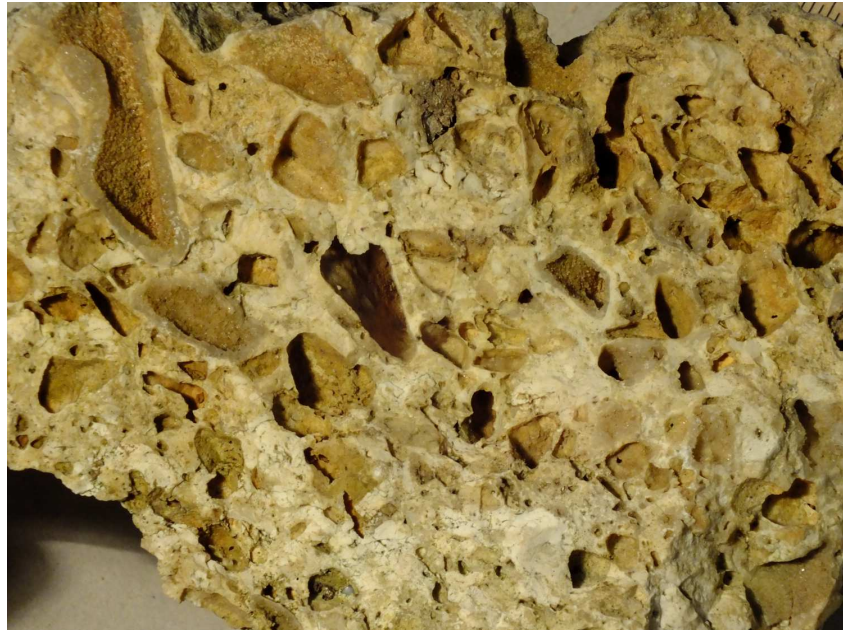
( $V_s$  = volumen šupljina,  $V_u$  = ukupni volumen,  $V_e$  = volumen uzajamno povezanih pora).



### 1.2.1. POROZNOST STIJENA

Apsolutna poroznost stijena odnosi se na ukupni prostor šupljina u stijeni, ali budući da se dio njih nalazi unutar čestica, važnija je efektivna poroznost. O efektivnoj poroznosti ovise rezervoarska svojstva jer određuju svojstvo da sediment ili stijena propuštaju fluid.

Razlikujemo dvije vrste poroznosti: primarnu i sekundarnu.



Slika 3) Stijena s velikim brojem šupljina koje su nastale otapanjem čestica stijena, litavac s Bizeka.

Primarna poroznost nastaje taloženjem sedimenta, a obuhvaća poroznost među česticama i unutar njih. Primarna poroznost u pješčenjacima odnosi se većinom na poroznost među česticama i ovisi o strukturnoj zrelosti sedimenta, što ovisi o taložnim procesima i okolišima, a u manjoj mjeri o zrelosti sastava. Poroznost općenito raste s porastom veličine zrna, bolje sortiran i rahlije pakiran sediment s bolje zaobljenim zrnima sadrži manje gline jer je isprana. Većina pješčenjaka nakon taloženja pokazuje postupno smanjenje poroznosti s porastom dubine u Zemljinoj kori. Sastav pijeska postaje glavni faktor o kojem ovisi poroznost jer je ponašanje pješčenjaka različitog sastava vrlo različito tijekom dijageneze, što se očituje u različitim brzinama smanjenja poroznosti s dubinom zatrpavanja.

Sekundarna poroznost može nastati otapanjem stijene, dolomitizacijom ili lomljenjem stijena uslijed tektonike. Sekundarna poroznost može nastati i otapanjem čestica i cementa. Otapanje izazivaju kisele porne vode. Sekundarna poroznost prepoznaje se po: a) djelomično otopljenim zrnima, b) djelomično obrubnom cementu oko prijašnjih zrna i c) jako velikim porama, tj. porama čije veličine i oblici odgovaraju otopljenim česticama (Slika 3). Da bi se ta obilježja mogla uočiti, uzorke je potrebno prije rezanja impregnirati obojenom umjetnom smolom. Najčešće se otapaju feldspati, tamni minerali, vulkanske čestice i karbonati (bioklasti), a može se otopiti i karbonatni cement.

Dva glavna diagenetska procesa koji doprinose smanjenju poroznosti su kompakcija i cementacija. Do kompakcije dolazi već na dubini od nekoliko metara ispod površine sedimenta čime pakiranje čestica postaje gušće, a na dubinama od nekoliko tisuća metara dolazi do otapanja pod pritiskom i međusobno prodiranja zrna jednih u druge. Čestice stijena su osobito podložne deformiranju i mrvljenju zbog porasta težine pokrovnih slojeva. Cementacija je ipak glavni uzročnik smanjenja poroznosti pješčenjaka. Cement je u Dinaridima najčešće kalcit, koji ispunjava pukotine doprinoseći smanjenju poroznosti.

### **1.2.2. PROPUSNOST STIJENA**

Propusnost stijena ovisi o njenoj efektivnoj poroznosti; tj. obliku, veličini i povezanosti šupljina i pora, te o svojstvima samog fluida, tj. kapilarnoj sili, viskoznosti i gradijentu pritiska. Propusnost općenito raste s porastom poroznosti.

Sitnozrnatiji sedimenti kao što su siltiti i vapnenci mogu imati visoku efektivnu poroznost, ali malu propusnost zbog malog promjera šupljina, nepovezanosti šupljina i kapilarnih sila koje ograničavaju protok fluida.

## **2. ISTRAŽIVANO PODRUČJE**

### **2.1. MEDVEDNICA**

Medvednicu izgrađuju stijene širokog stratigrafskog raspona od paleozoika do kvartara, a zastupljeni su svi genetski tipovi stijena; magmatske, sedimentne i metamorfne, što znači da Medvednica ima dugu geološku povijest. (Šikić 1995, Šikić et al. 1979).

Medvednica pripada jugozapadnom dijelu panonskog bazena, s vrlo složenom tektonskom građom. Jezgra Medvednice izgrađena je od paleozojskih metamorfita, koji dijelom imaju obilježja vulkanogeno-sedimentnog kompleksa. Na Medvednici su donje-trijaske naslage otkrivene na njenom zapadnom dijelu, a obuhvaćaju uglavnom klastite. U srednji trijas na JZ Medvednici uvršteni su dolomiti s proslojcima tamnosivih vapnenaca, šeljova, rožnjaka i piroklastita, a crvena boja vapnenaca potječe od željeza (Šikić et al. 1979). Na zapadnoj Medvednici donjokredni sedimenti transgresivno naliježu na paleozojske stijene, a zastupljeni su tamno plavim vapnencima (Babić & Marjanac 1983).

Badenske naslage leže transgresivno na starijim stijenama. Sadrže litavce, lapore, konglomerate i pokrivaju znatne površine terena. To su pretežno priobalni i plitkovodni marinski sedimenti: breče, konglomerati, vapnenački pješčenjaci, litotamnijski vapnenci te glinovito-pjeskoviti i vapnenački lapori. Kochansky (1944) je "litavcima" nazvala šupljikave stijene koje sadrže fosilne crvene alge roda *Lithothamnium*.

#### **2.1.1. BIZEK**

Napušteni kamenolom Bizek nalazi se u blizini istoimenog prigradskog naselja (Slika 1, 3). U njenu se eksploatirao arhitektonsko-tehnički kamen poznat u građevinarstvu kao litavac (Pikija et al. 1995), ali i cementni lapor (Marković 2002).

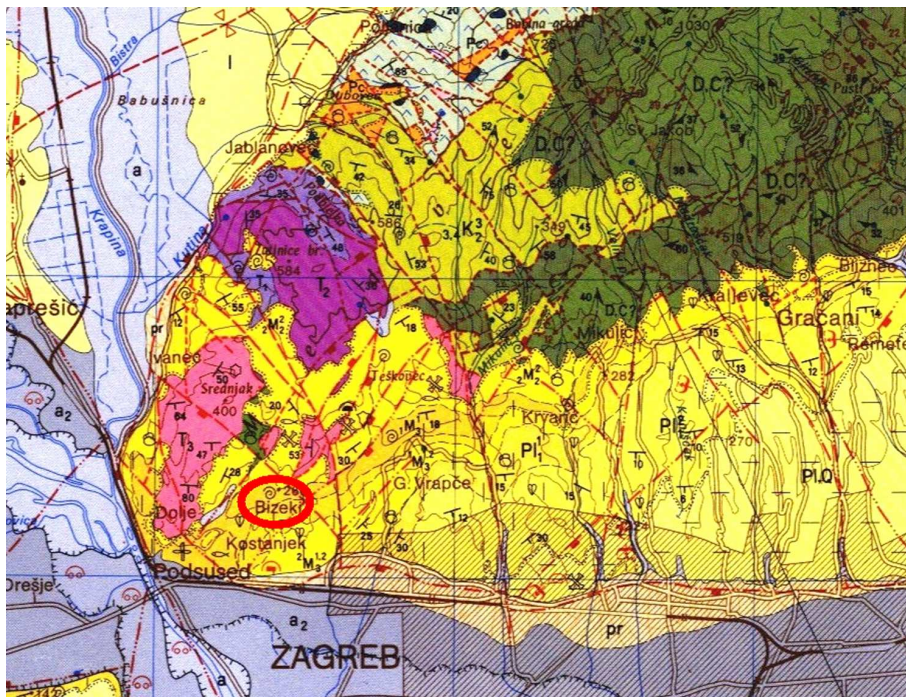
Glavni dio kamenoloma pruža se približno sjever-jug u dužini od otprilike 700 m s tim da je u sjeveru pretežito laporoviti sedimenti. Prema Šikić et al. (1979) naslage gornjeg badena znatno su rasprostranjene u jugozapadnom dijelu Medvednice, gdje leže transgresivno

na dolomitima trijaskе starosti. Sedimente s područja kamenoloma izučavala je u okviru svog opsežnog rada o miocenu Zagrebačke gore Kochansky (1944) i uvrstila ih u "*doljanski razvoj tortona*" te izdvojila nekoliko facijesa od kojih je najmarkantniji litavac. Petrografske odlike litavca proučavao je Zebec (1975) i utvrdio da je karakteristična šupljikava građa stijene posljedica otapanje dolomitnih valutica nakon potpune konsolidacije stijene.

Značajni činitelj u stvaranju badenskih sedimenata ovog lokaliteta bio je paleoreljef podloge izgrađen od trijaskih dolomita i naglašeni donos intrabazenskog biogenog detritusa.

Bazne dijelove badena izgrađuju dolomitne breče, čija je debljina, ovisno o paleoreljefu, više od 5 metara. Glavninu sedimenata kamenoloma predstavljaju bioakumulirani, dijelom brečasti ili konglomeratni vapnenici.

Glavninu fosilnog materijala na Bizeku čine ostaci koralinaceja, školjkaša, bodljikaši, briozoji te bentičke i vrlo rijetko planktonske foraminifere. Iz vapnenaca je Kochansky (1944) odredila brojnu makrofaunu predstavljenu koraljima, ježincima, školjkašima te puževima.



Slika 4) Geološka karta JZ Medvednice i položaj Bizečkog kamenoloma (Šikić et al. 1978)

## 2.2. JUŽNI VELEBIT

Velebit je izgrađen od brojnih naslaga u stratigrafskom rasponu od karbona do paleogena. Najstarije (karbonske) naslage otkrivene su na sjeverozapadnoj strani, a na jugozapadnom i u vršnom dijelu Velebita najstarije su permske naslage. Permski sedimenti su srednjezrnati i grubozrnati klastični sedimenti. Gornjopermski karbonatni sedimenti su rasprostranjeni u kontinuitetu s klastitima srednjeg perma. Trijaske naslage su dolomiti, tinjčasti klastiti, te kvarcni konglomerati. Velik dio Velebita izgrađuju jurski vapnenci i dolomiti, a u donjojurskim vapnencima nailaze se česti fosilni školjkaši *Litiothis*. Srednje jurske naslage su zastupljene dolomitima i vapnencima, a gornjojurske vapnenačkim brečama, mrljastim vapnencima i dolomitima. Na primorskim padinama Velebita otkrivene su donjokredne vapnenačke breče i vapnenci koje su litološki slične brečama višeg dijela starijeg tercijara. Breče su sivosmeđe boje izgrađene od nezaobljenih ulomaka krednih vapnenaca. Tercijarne vapnenačke breče i vapnenci su najmlađi član koji sudjeluje u građi Velebita (Majcen et al. 1970, Majcen & Korolija 1973).

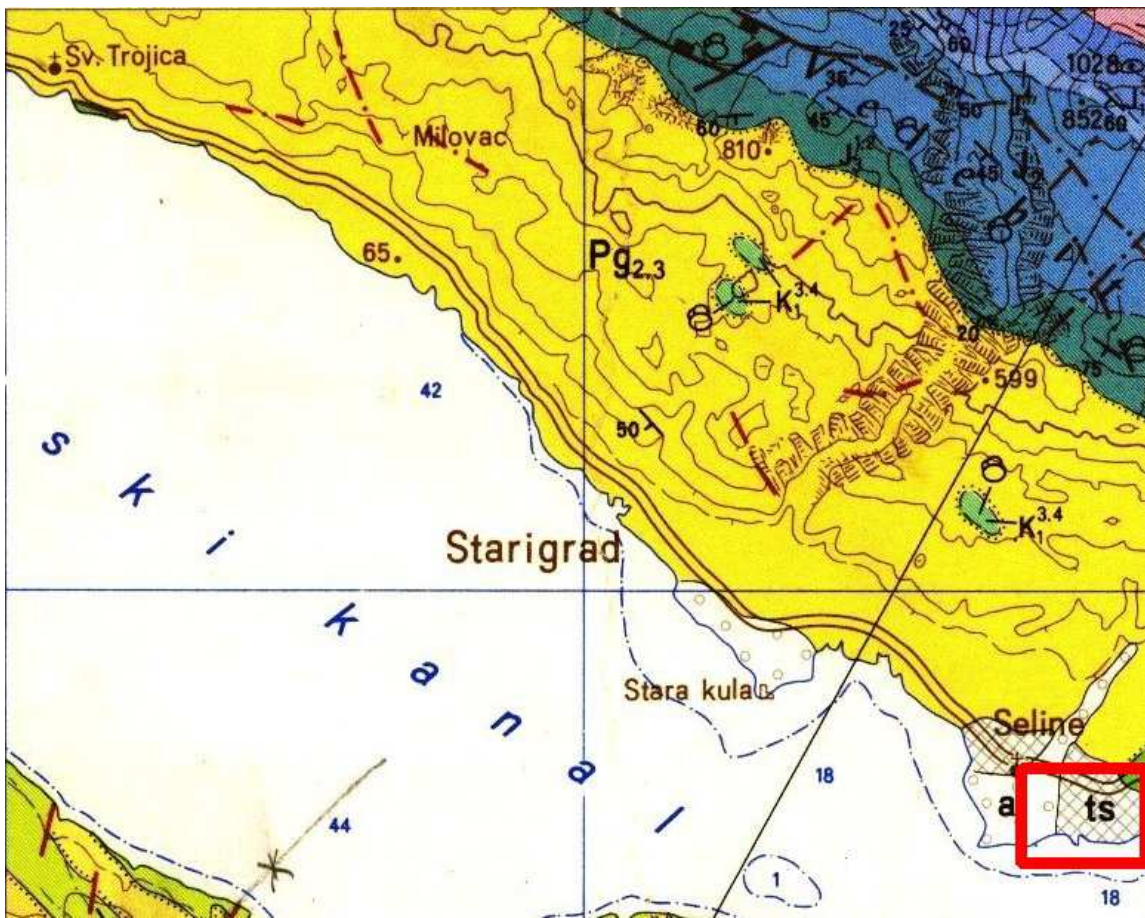
Ovi sedimenti prekrivaju starije naslage, pa u području maksimalnog rasprostranjenja prekrivaju različite članove mezozoika (Slika 4). Kvarterni sedimenti su razvijeni u nizinskim predjelima, a breče i konglomerati su heterogenog sastava, izgrađene od vapnenačkog detritusa nastalog razaranjem okolnih mezozojskih stijena.

### 2.2.1. SELINE

Seline se nalaze u južnom dijelu Velebita (Slika 1, 5), a lokalitet se nalazi na obali i na listu Zadar (Majcen et al. 1970) prikazan je aluvijem i terra rosom. Obalni profil Selina dobro prikazuje konglomerate i jezerske sedimente koji su pleistocenske starosti. Ti pleistocenski sedimenti grade deltna tijela gilbertovog tipa koja su odvojena tankim slojevima jezerskih sedimenata i paleosolima. Deltna tijela su progradirala prema zapadu (Marjanac & Marjanac 2002).



Konglomeratni slojevi su nastali u epizodama taljenja leda kada su potoci prenosili valutice i vapnenački mulj u pleistocensko jezero



Slika 5) Položaj Selina u Velebitskom primorju (Majcen et al. 1970).

### **3. METODE ISTRAŽIVANJA**

Ovo istraživanje obuhvatilo je analizu uzoraka koji su prikupljeni prilikom terenske nastave na Medvednici kod Bizeka 2017. g. i prilikom nastave iz Glaciologije na obali kod Selina 2017. g. Uzorci su probrani, a oni posebne veličine su prerezani dijamantnom pilom.

#### **3.1. NABRUSCI**

Ravno prerezani uzorci su brušeni da se isprave neravnine od reza. Tako priređeni uzorci su obojeni otopinom Alizarina Red-s i kalijevoeg feri-cijanida radi upoznavanja mineralnog sastava karbonata. Obojeni uzorci su skenirani, a analiza veličine šupljina provedena je mjerenjem opsega u programu Corel DrawX6.

#### **3.2. IZBRUSCI**

Od odabranih uzoraka sa Bizeka izrađeni su mikroskopski izbrusci. Od uzoraka je izrezana tanka pločica, jedna strana je izravnata i ispolirana brusnim prahom i zalijepljena na stakalce, pa je dodatno stanjena pomoću pile i brušenjem. Izbrusci su istraživani mikroskopom u prolaznom svijetlu, da se odredi mikro struktura stijena i pojedine čestice.

#### **3.3. BOJANJE KARBONATA**

Odabrani nabrusci obojeni su postupkom za karbonate korištenjem Alizarina Red-S (A) i  $KFeCN$  (B). Otopine su pripravljene kao dvije kupke, jedna mješavina otopina A i B i druga s otopinom B.

Uzorci su uronjeni prvo u mješavinu otopine A i B na 45 sekundi pa su lagano isprani čistom vodom onda uronjeni u otopinu B na 20 sekundi. Ponovo su isprani isto čistom vodom i posušeni toplim zrakom.



Pojedini karbonatni minerali su obojeni tako da kalcit poprimio crvenu boju, dolomit ostao neobojen, a željezni minerali se oboje u plavo. Na taj način moglo se utvrditi da su neke šupljine ispunjene kalcitom, iako je morfološki izgledalo da je ispunjena dolomit.

### **3.4. RENDGENSKA DIFRAKCIJA (XRD)**

Rendgenska difrakcija (XRD) je nedestruktivna analitička metoda za određivanje kristalografske strukture, kemijskog sastava i fizičkih osobina materijala, a bazira se na promatranju raspršenih rendgenskih zraka (X-zraka).

Za analizu je upotrijebljen komadić ispune jedne šupljine, prvo je smrvljen i usitnjen u ahatnom tarioniku, a potom je dobiven i sniman u difraktometru Philips X-Pert Pro na Mineraloško-petrografskom zavodu. Dobivene difraktograme je obradila M. Čalogović u softveru QualX i X PowderX.

### **3.5. ANALIZA ŠUPLJINA**

Udio šupljina u uzorcima izračunat je: 1) mjerenjem promjera šupljina na uzorcima i (Tablica 1), 2) mjerenjem opsega svake šupljine na skeniranoj površini svakog nabuska u programu CorelDrawX6 (Slika 6 i 7) i računanjem njihove površine.

Zbrojene površine svih šupljina (Prilozi 1-3) podijeljene su s površinom cijelog skeniranog nabuska. Odnos površine šupljina i površine presjeka uzet je za približan mjeru poroznosti stijene jer nam nije poznat stvarni oblik svake šupljine, pa time niti volumen. Posebno je analiziran sastav ispune šupljina koji je određen bojanjem karbonata i rendgenskom difrakcijom.



Slika 6) Obojeni uzorak 3 iz Bizeka. Vide se dolomitne valutice koje nisu obojene i ispunjene šupljine, a matriks je obojen crveno što znači da je od kalcita.



Slika 7) Crtež skeniranog uzorka 3 iz Bizeka. Šupljine su okonturene i izmjeren im je opseg po kojem je izračunata njihova površina. Površina cijelog uzorka izračunata je po njegovom opsegu.

#### 4. ISTRAŽIVANI MATERIJALI

Analizirani uzorci iz Bizeka su litavci badenske starosti koji sadrže puno šupljina koje su očito nastale otapanjem valutica (Slika 8). Prikupljeno je 12 uzoraka, od kojih je napravljeno 6 nabrusaka i 4 izbruska.



Slika 8) Uzorak litavca iz Bizeka. Šupljine nisu međusobno povezane.

Analizirani uzorci iz Selina su breče pleistocenske starosti koji su bili taloženi u deltama (Slika 9). Analizirano je 8 uzoraka, napravljeno 2 izbruska.



Slika 9). Uzorak pleistocenske breče iz Selina. Neke valutice su otopljene, a neke nisu.

,

## 5. REZULTATI

### 5.1. MAKROSTRUKTURA STIJENE

Analizirani uzorci iz Bizeka su breče s valuticama raspršenim u litotamnijskom vapnencu. Valutice su danas otopljene i mjerene su šupljine koje su zaostale u stijeni.

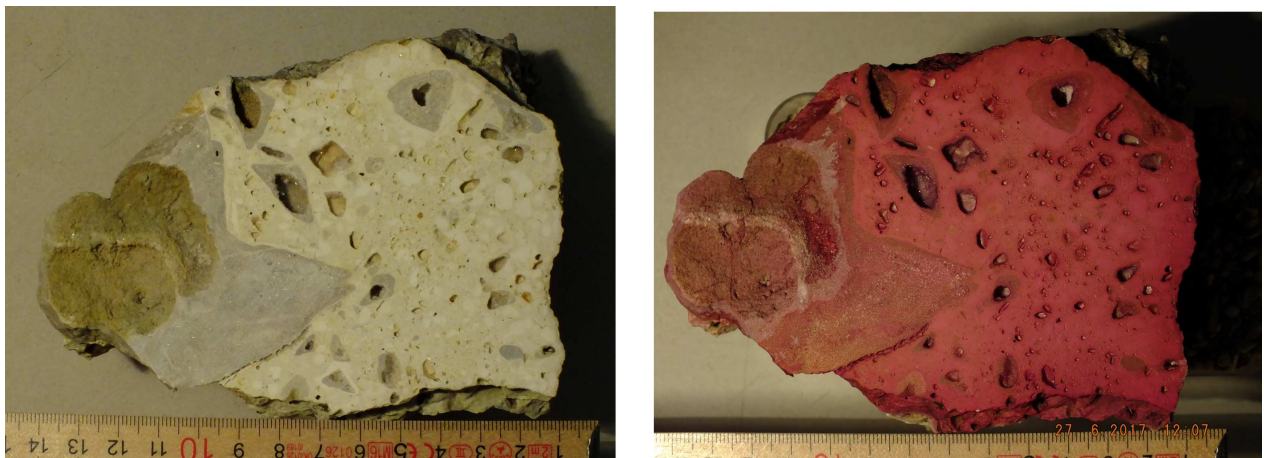
Raspon promjera šupljina u prvom uzorku je 0,4 - 8 mm, ukupna površina šupljina je 1454 mm<sup>2</sup>, a ukupna površina presjeka je 23778 mm<sup>2</sup>, pa je udio šupljina 6% (Prilog 1).

Raspon promjera šupljina u uzorku 2 je 0,7 - 13,4 mm, ukupna površina šupljina je 7386,89 mm<sup>2</sup>, površina presjeka je 19606,6 mm<sup>2</sup>, pa je udio šupljina 38% (Prilog 2).

U uzorku 3 je raspon veličina šupljina 0,7 - 10 mm, ukupna površina šupljina u je 5979,13 mm<sup>2</sup>, površina presjeka je 16422 mm<sup>2</sup>, pa je udio šupljina u uzorku 36 % (Prilog 3).

Šupljine u litavcu nisu povezane, imaju različite dimenzije i nepravilni oblik. Neke šupljine su potpuno prazne, a neke su djelomično ispunjene. U nekim šupljinama vidimo fine kristaliće možda dolomita jer nisu obojeni. Neke valutice su poprimile ružičastu boju znači da su dolomitne. Matriks je obojen tamno crveno i to je karbonatni mikrit. Neki klasti imaju tamni obrub. U nekim šupljinama nalazi se kalcitna ispuna (Slika 10).

Uzorci s Bizeka su uglavnom obojeni crvenom bojom, što znači da su kalcitni (Slika 6 i 10), a u nekim neobojanim šupljinama u uzorku 3 (Slika 6) nalazi se dolomit.



Slika 10) Lijevo neobojeni litavca s Bizeka, desno obojani nabrusak. "X" označava djelomičnu ispunu šupljine koja je analizirana rendgenski (XRD) i kalcitnog je sastava.

Uzorci iz Selina (Slika 9) imaju manje matriksa, a neke su valutice neotopljene (vapnenci), a neke su otopljene (dolomit). Šupljine su u rasponu od 1 - 7 cm (Tablica 1)

Tablica 1. Promjeri šupljina u uzorcima iz Selina i Bizeka.

uzorak	promjer (cm)	raspon (cm)	Sr. vrijednost (cm)
1	6; 3; 2,5; 3,5	2,5-6	4,25
2	5	5	5
3	3; 2,5 ;5; 2,6; 3; 3,5; 5	2,6-5	3,5
4	1,5;2	1,5-2	1,75
5	3; 3,5; 4; 3 ;2,5; 5	2,5-5	3,5
6	1,5; 2; 1,7	1,5-7	1,7
7	3; 4; 3,5	3-4	3,5
8	3; 1,5; 1,5	1,5-3	2
9	5; 1,7; 3; 2; 2,3; 2,9; 2,5; 2,5	1,7-5	2,7
10	3, 5; 3; 4,5	3-4,5	3,6
11	2; 2,5	2-2,5	2,25
12	1; 2; 3	1-3	2
13	2,4; 2,5; 2	2-2,5	2,3
14	4,5; 4; 5; 6; 5,5; 7; 2; 3,5	2-7	4,6
15	1; 1,4; 1,9; 2	1-2	1,5
16	1,5; 1,5; 2; 2; 3; 3,5; 4; 2,5; 4,5, 2,5; 2,5; 1,5; 3,2; 4;	1,5-4	2,7
17	3,4; 3,5; 4; 2,4; 4; 4,3; 5; 4	2,4-5	3,8
18	2,5; 5; 5; 5,5; 3, 5,5; 3,5	2,5-5,5	4,2
19	1; 1,5; 3; 2,4; 3	1-3	2,1
20	2; 2,5; 3	2-3	2,5

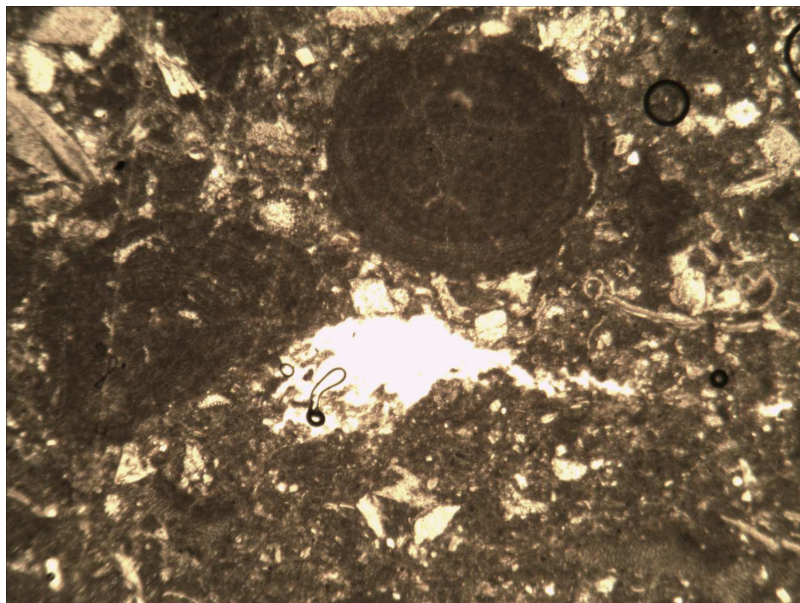


## 5.2. MIKROSTRUKTURA STIJENE

Mikrostruktura stijena je određena po izbruscima matriksa uzorka iz Bizeka i valutica iz Selina.

### 5.2.1. Bizek

- *Izbrusak BA*: vidi se mikrit, kasno dijagenetski dolomit, fosilni sadržaj: crvene alge; foraminifera; fragmenti ježinca. Struktura po Folkovoj klasifikaciji: biomikrit, po Dunhamovoj: packstone-wackestone.



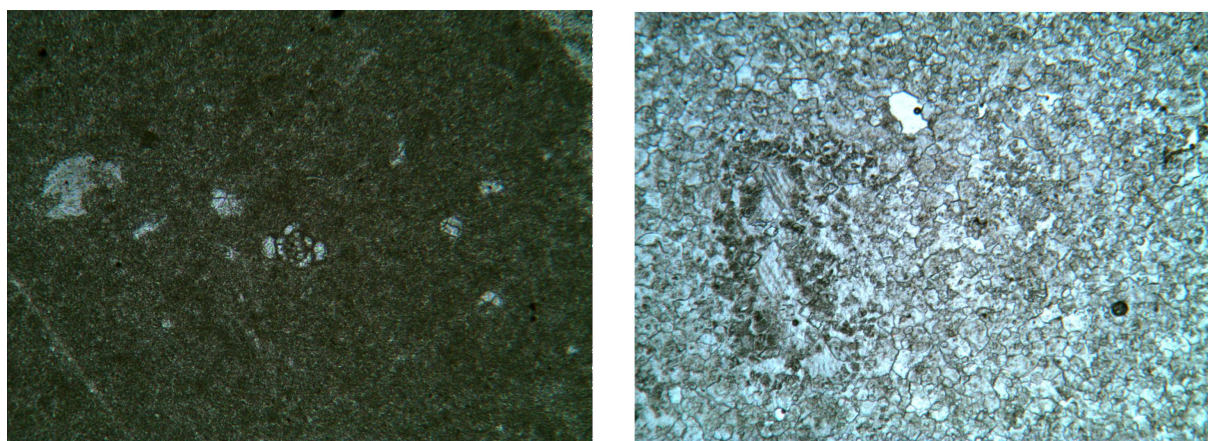
Slika11) Izbrusak AB 2.5x1-N+ vidi se presjek crvene alge peloidi u matriksu.

- *Izbrusak BB* : Mikrit, kristalić dolomita, kalcit, fosilni sadržaj: crvene alge. Vidi se puno malih šupljina. Struktura po Folkovoj klasifikaciji: biomikrit, po Dunhamovoj: packstone-wackestone.
- *Izbrusak B8* : Mikrit, dolomit, fosilni sadržaj: crvene alge, direktni kontakt između mikrita i dolomita. Struktura po Folkovoj klasifikaciji: biomikrit, po Dunhamovoj: packstone-wackestone.
- *Izbrusak B5* : mikrit, kalcit, dolomit, velike rupe, na kontaktu između rupa i mikrit ima dolomita, velika zona dolomita u direktnom kontaktu sa mikritom, fosilni sadržaj:

bodlje ježinca. Struktura po Folkovoj klasifikaciji: biomikrit, po Dunhamovoj: packstone-wackestone.

### 5.2.2. Seline

- *Izbrusak S1*: Mikrit, kasno dijagenetski dolomit (romboidni kristali dolomita), kalcit koji ima lijepu kalavost, vidi se matriks koji sadrži neku količinu željeza, struktura po Folkovoj klasifikaciji: intrabiosparit, po Dunhamovoj: packstone-grainstone.



Slika 12) S1- foraminifera (lijevo)2-5x1-N-. S1-kalcit i dolomit (desno) 2-5x1-N+

- *Izbrusak S 2* : mikrit, rekristalizirani dolomit, kristali kalcita, fosilni sadržaj: ježinci, foraminifera. Struktura po Folkovoj klasifikaciji: biomikrit, po Dunhamovoj: wackestone.

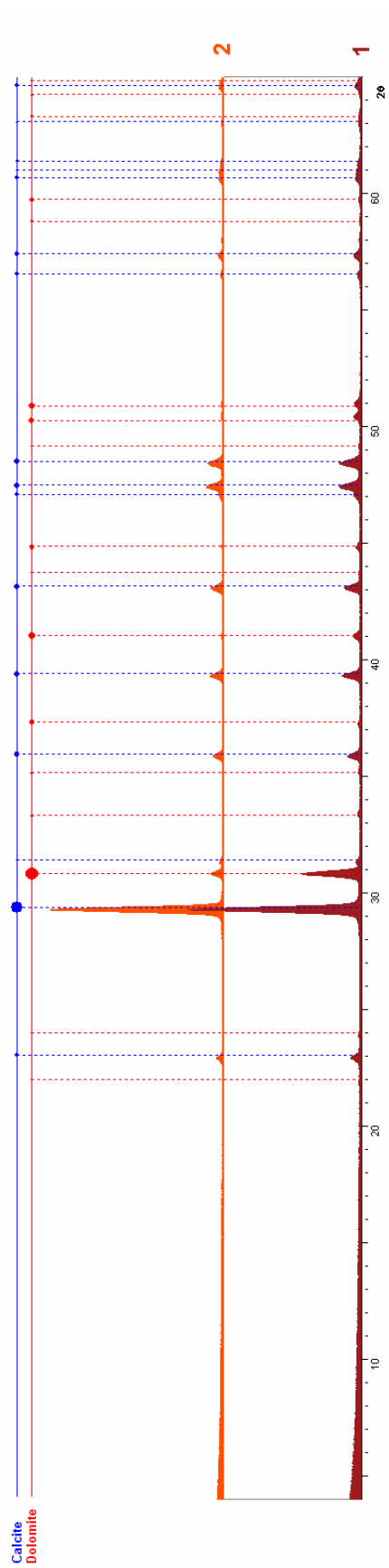
### 5.3. RENDGENSKA DIFRAKCIJA (XRD)

Analizirani uzorak je fragment ispune šupljine iz nabruska1 iz Bizeka (Slika 10 i 13). Tablica 2. pokazuje udio kalcita i dolomita u analiziranim uzorcima (vrijednosti dobiveni u programu QualX). Uzorak 1 je mješavina kalcita i dolomita, a uzorak 2 je pretežito kalcit (87%).

Tablica 2. Udio kalcita i dolomita u analiziranim uzorcima

	kalcit (wt%)	dolomit (wt%)
uzorak 1	58.7	41.3
uzorak 2	87	13





Slika13. Difraktogrami analiziranih uzoraka dobiveni u X PowderX. Vidi se da uzorak 1 ima više dolomita (43,3%) nego uzorak 2 (13%).

## 6. DISKUSIJA

Litavci na Bizeku su taloženi u plitkomorskom okolišu, a dolomitne valutice donesene su vjerojatno gravitacijski do mjesta taloženja blizu obale miocenskog mora, na što ukazuje mnoštvo fosila (foraminifere, ježinci i crvene alge koje žive u plitkoj vodi prirasle na travama, a imaju skelete građene od kriptokristaliničkog kalcita).

Pleistocenski konglomerati u Selinama taloženi su u deltama nakon otapanja leda, i sadrže valutice dolomita i mikritni mulj. Glavni minerali su kalcit i dolomit, a dolomitne valutice su možda nošene vodenim tokovima u delte.

Šupljine u istraživanim stijenama nastale su otapanjem valutica koje nije zahvatilo skelete u matriksu pa niti kalcitne žilice u pukotinama valutica. Izvorne valutice su vrlo vjerojatno bile dolomiti.

Zasad se može utvrditi da su otapanja dolomitnih valutica i fragmenata izvršile otopine koje su bile nezasićene dolomitom, a zasićene kalcitom.

Dolomit sadrži organske tvari čijim raspadom može nastati sumporovodik ( $H_2S$ ) koji se otapa u vodi i stvara sumporovodičnu kiselinu koja može otapati dolomit i stvarati šupljine.

Otapanje je bilo selektivno i nije djelovalo na kalcitno vezivo konglomerata. Neke šupljine stvorene otapanjem dolomitnih valutica naknadno su ispunjene kalcitom koji je istaložen iz otopina koje su bile zasićene otopljenim kalcitom, čime je smanjen sekundarni porozitet nastao otapanjem. Šupljine koje nisu ispunjene sekundarnim kalcitom vjerojatno su bile potpuno zatvorene, pa u njih nije mogla ući otopina.

## 7. ZAKLJUČAK

Analizirani uzorci imaju šupljine različitih dimenzija i nepravilnog oblika. Te šupljine su nastale potpunim otapanjem dolomitnih valutica.

Stijene u Bizeku nastale u plitkomorskom okolišu u gornjem miocenu i u badenu na što ukazuju nađeni fosili. Sedimenti u Selinama nastali su u deltama pleistocenske starosti, a šupljine su u njima nastale otapanjem dolomitnih valutica, što znači da je isti proces zahvatio stijene različite starosti i geneze.

Otapanjem je nastao velik sekundarni porozitet do 38 % u litavcima iz Bizeka, ali je naknadno reducirano precipitacijom kalcita u šupljinama od kojih su neke djelomično, a neke potpuno ispunjene.

## 8. LITERATURA

- Babić, Lj. & Marjanac, T. (1983): Albsko-cenomanski sedimenti jugozapadni Medvednice (okolice Zagreba). Geološki vjesnik, 36, 1-8.
- Kochansky, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Geološki vjesnik, 2/3, 171-280.
- Majcen, Ž. & Korolija, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Zadar L 33-139. Institut za geološka istraživanja u Zagrebu, Savezni geološki zavod Beograd, 5-40.
- Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B. & Nikler, L. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Zadar L 33-139. Institut za geološka istraživanja u Zagrebu, Savezni geološki zavod Beograd.
- Marjanac, T., Adžić, I., Blažić, L. & Marjanac, Lj. (2012): Inside-out solution of carbonate clasts - an analogue model for hypogene karstification. Guide book & Abstracts, 20<sup>th</sup> International karstological school "Classical karst", Krast Forms and processes, Postojna, 46.
- Marjanac, T. & Marjanac, Lj. (2002): Pliocene deltaic sequence of Seline near Mala Paklenica - document of climatic oscillations. Abstract of papers, Carpatho-Balkan Workshop on Environmental change impacts in the Carpatho-Balkan region, Paklenica-Starigrad 23-27. 09. 2002, 15.
- Marković, S. (2002): Hrvatske mineralne sirovine. Institut za geološka istraživanja. Zagreb, 544.
- Pikija, M., Šikić, K., Tišljar, J., Vrsaljko, D. & Glovacki-Jerenej Ž. (1995): Badenski sedimenti kamenoloma Bizek. U: Šikić, K. (ed.) Geološki vodič Medvednice, 44-45.
- Šikić, K. (ed.)(1995): Geološki vodič Medvednice, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Ina-industrija nafte d.d., Naftaplin, Zagreb, 3-199.
- Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, Tumač za list Zagreb L 33-80. Institut za geološka istraživanja, Savezni geološki zavod Beograd, 5-75.
- Šimunić, A., Šikić, K. & Basch, O. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Zagreb L33-80. Institut za geološka istraživanja, Savezni geološki zavod Beograd.

Zebec, V. (1975): Kalcit i dolomit iz okolice sela Bizek i Dolje kod Podsuseda u Medvednici (Zagrebačka gora). *Acta Geologica* 8/16, 287-314.

**Prilog 1. Uzorak 1 (Bizek)**

Broj šupljine	Površina šupljine (mm <sup>2</sup> )	Uk. površina šupljina (mm <sup>2</sup> )	Površina uzorka (mm <sup>2</sup> )	Postotak šupljina u uzorku %
1	36			
2	18			
3	8			
4	1,5			
5	1,1			
6	14			
7	69,4			
8	34			
9	105			
10	15			
11	113			
12	201,1			
13	50			
14	17			
15	113			
16	88			
17	202			
18	28			
19	28			
20	4			
21	32			
23	50			
24	50			
25	4			
26	1,1			
27	10			
28	6,2			
29	3,14			
30	30			
31	3,14			
32	0,5			
33	3,14			
34	23			
35	4,5			
36	15			
37	3,8			
38	4,5			
39	15			
40	3,8			
41	4,5			
42	3,8			
43	3,14			
44	3,14			
45	3,14			
47	36			
48	46			
49	5,5			
50	0,7			
51	0,7			
52	2	1454	23778	6

**Prilog 2. Uzorak 2 (Bizek)**

Broj šupljine	Površina šupljine (mm <sup>2</sup> )	Ukupna površina šupljina (mm <sup>2</sup> )	Površina uzorka (mm <sup>2</sup> )	Postotak šupljina %
1	566,1			
2	12,5			
3	201			
4	314,2			
5	91,6			
6	615			
7	40,7			
8	531			
9	616			
10	452			
11	55,4			
12	651,4			
13	380			
14	907			
15	615,7			
16	163,6			
17	615,7			
18	1000			
19	58			
20	40,7			
21	38,4			
22	32,1			
23	19,6			
24	3,2			
25	15,2			
26	5,3			
27	12,5			
28	6,1			
29	5,3			
30	8,04			
31	29,03			
32	28,2			
33	8,04			
34	3,8			
35	8,04			
36	3,8			
37	8,04			
38	16,6			
39	3,8			
40	3,1			
41	1,1			
42	4,5			
43	13,8			
44	19,6			
45	15,2			
46	29,2			
47	4,5			
48	13,4			
49	7			
50	1,5			
51	3,5			
52	4,5			
53	6,5			
54	4,5			



55	3,14	7386,89	19606,6	38
56	3,8			
57	10,1			
58	43			
59	4,5			
60	45,3			
61	2,5			
62	15,2			
63	36,3			

**Prilog 3. Uzorak 3 (Bizek)**

Broj šupljine	Površina šupljine (mm <sup>2</sup> )	Ukupna površina šupljina (mm <sup>2</sup> )	Površina uzorka (mm <sup>2</sup> )	Postotak šupljina %
1	307			
2	203			
3	158,3			
4	75,4			
5	109,3			
6	72,3			
7	13,4			
8	9,07			
9	124,6			
10	98,5			
11	13,07			
12	45			
13	15,2			
14	45,3			
15	18,09			
16	69,3			
17	18,09			
18	63,6			
19	109,3			
20	88,2			
21	66,4			
22	29,2			
23	84,9			
24	34,2			
25	47,7			
26	8,04			
27	91,6			
28	84,9			
29	79,8			
30	30,1			
31	40,7			
32	24,6			
33	63,6			
34	158,3			
35	34,2			
36	6,1			
37	24,6			
38	3,4			
39	113			
40	95,03			
41	8,04			
42	18,09			
43	13,5			
44	13,8			
45	78,5			
46	47,7			
47	1,13			
48	1,5			
49	11,3			
50	58			
51	55,4			
52	69,3			
53	21,2			
54	38,4			
55	63,3			

56	13,8			
57	21,2			
58	95			
59	3,8			
60	102,07			
61	18			
62	58			
63	26,4			
64	28,2			
65	63,6			
66	63,6			
67	23			
68	38			
69	26,4			
70	45,3			
71	5,3			
72	9,07			
73	9,07			
74	12,5			
75	45			
76	23			
77	18			
78	30			
79	12,5			
80	3,8			
81	2,5			
82	9			
83	24,6			
84	12,5			
85	6,1			
86	3,14			
87	3,14			
88	4,5			
89	3,8			
90	5,3			
91	12,5			
92	15,2			
93	12,5			
94	15,2			
95	98,5			
96	12,5			
97	50			
98	9			
99	7			
100	6,1			
101	0,5			
102	113			
103	45,3			
104	21			
105	19			
106	120			
107	50			
108	18			
109	12,5			
110	38,4			
111	3,14			
112	12,5			
113	18			

114	24,6			
115	13,8			
116	8			
117	32			
118	4,5			
119	5,3			
120	7			
121	6			
122	10			
123	7			
124	3,14			
125	23			
126	55			
127	12,5			
128	8			
129	3,14			
130	4,5			
131	24,6			
132	95			
133	3,14			
134	23			
135	1,5			
136	72			
137	9			
138	55			
139	34			
140	12,5			
141	6,1			
142	9			
143	16,6			
144	28,2			
145	6,1			
146	5,3			
147	7			
148	12,5			
149	5,3			
150	9			
151	5,3			
152	8			
153	12,5			
154	15			
155	21,1			
156	19,6			
157	3,14			
158	10			
159	3,14			
160	3,14			
161	9			
162	12,5			
163	4,5	5979,13	16422	36