

# Mineralni sastav tufa s Bukove glave kod Našica

---

Keča, Patricija

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:217:294805>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Patricija Keča

**Mineralni sastav tufa s Bukove glave kod Našica**  
Mineralogical characteristics of the tuff from Bukova Glava locality near  
the town of Našice

Seminar III  
Preddiplomski studij geologije

Mentor:  
prof. dr. sc. Marijan Kovačić  
Komentor:  
dr. sc. Frane Marković, poslijedoktorand

Zagreb, 2020. godina.

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| SAŽETAK.....  | II |
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. SMJEŠTAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....  | 2  |
| 2.1. Geografski smještaj i geologija istraživanog područja.....   | 2  |
| 2.2. Panonski bazen .....   | 4  |
| 3. LABORATORIJSKE METODE .....  | 6  |
| 3.1. Priprema uzorka .....  | 6  |
| 3.2. Granulometrijska analiza .....   | 7  |
| 3.3. Separacija teškom tekućinom.....   | 7  |
| 3.4. Priprema mikroskopskih preparata .....   | 9  |
| 3.5. Mikroskopiranje uzorka .....   | 9  |
| 3.6. Potvrda prethodno određenih mineralnih vrsta skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) i energetski disperzivnom rendgenskom spektroskopijom (EDS). 10 |    |
| 4 REZULTATI.....  | 10 |
| 4.1. Granulometrijski sastav .....  | 10 |
| 4.2. Rezultati modalne analize .....  | 12 |
| 4.2.1. Sastav teške mineralne frakcije.....   | 12 |
| 4.3. Rezultati dobiveni energetski disperzivnom rendgenskom spektroskopijom.....  | 15 |
| 4.4. Fotografije dobivene elektronskim mikroskopom – SEM.....   | 17 |
| 5. RASPRAVA.....  | 18 |
| 5.1. Granulometrijski sastav tufa i mineralni sastav teške frakcije.....  | 18 |
| 5.2. Vremenski okvir i porijeklo piroklastičnog materijala .....  | 18 |
| 6. ZAKLJUČAK .....  | 20 |
| 7. LITERATURA.....  | 21 |
| 8. POPIS SLIKA .....  | 23 |
| 9. POPIS TABLICA.....   | 24 |

## SAŽETAK

U ovom radu analiziran je uzorak tufa s profila Bukova glava koji se nalazi na sjevernim padinama Krndije, nedaleko od Našica. Sam profil debljine je pedesetak metara, a sastoji se od izmjenjene lapora, vapnenaca i tufova koji su tijekom sarmata taloženi u južnom dijelu Središnjeg Paratethysa. U ovom radu analiziran je uzorak tufa oznake BGM-5 XXXI/1 na kojem su načinjene granulometrijska analiza i analiza teške mineralne frakcije. Granulometrijska analiza načinjena je metodom mokrog sijanja, a separacija teške mineralne frakcije upotrebom teške tekućine. Sastav teške mineralne frakcije određen je optički, uporabom elektronske mikroskopije i energetske disperzivne rendgenske spektroskopije. Dobiveni rezultati pokazali su da tuf sadrži 56% čestica pelitnih dimenzija i 44% čestica dimenzija pijeska. U sastavu teške mineralne frakcije dominiraju biotit i barit. Značajno je još zastupljen apatit, a rjeđi su granati, cirkon i turmalin. Osim toga, pronađeno je i nekoliko različitih vrsta marinskih planktonskih dijatomeja (usmeno priopćenje, D. Kukoč). Barit i dijatomeje su vezani za okoliš u kojem je tuf taložen, dok ostali navedeni minerali odgovaraju sastavu tufa. Rendgenogram lake mineralne frakcije ukazuje da je vulkansko staklo izmijenjeno u minerale glina (smektite) (usmeno priopćenje, F. Marković).

## 1. UVOD

Vulkanske erupcije su spektakularni prirodni događaji koji bude čovjekovu znatiželju još od davnina. Mogu izazvati ogromne štete, dok sa druge strane mogu biti od velike koristi znanstvenicima. Vulkane možemo razmatrati kao prozore koji nam daju uvid u Zemljinu unutrašnjost. Magma je vrlo važan faktor za određivanje porijekla Zemlje i evoluciju njene kore i plašta, a same vulkanske erupcije su imale velik utjecaj na Zemljinu hidrosferu i atmosferu.

Piroklastične stijene su sastavljene od fragmenata koji potječu od vulkanske erupcije ili su pak njena direktna posljedica. Ovakve stijene nastaju prilikom eksplozivne erupcije vulkana pri čemu se u zrak izbacuju čestice brzo ohlađene magme, fenokristali, plinovi i vulkanske pare. Tefrom nazivamo materijal izbačen iz vulkana, a prema veličini čestica takve vulkanoklastične čestice dijelimo na; bombe (>64 mm), lapile (2-64 mm), krupnozrnati pepeo (0,063-2 mm), sitnozrnati pepeo (<0,063mm) koji čine stijene aglomerate ili vulkanske breče, lapilite i tufove. Lapili, vulkanske bombe i fragmenti stijena ne dopijevaju daleko od samog vulkana, dok vulkanski pepeo odlazi u stratosferu gdje je nošen visinskim vjetrovima pa dopijeva na veliku udaljenost (Fisher i Schmincke, 1984).

Najrasprostranjeniji oblik piroklastične stijene je tuf, odnosno litificirani vulkanski pepeo. Tuf je sastavljen od vitroklasta (vulkansko staklo), kristaloklasta (fenokristali) i litoklasta (vulkanske stijene) (Fisher i Schmincke, 1984). Važan je za stratigrafske korelacije jer predstavlja produkt kratkotrajnog događaja. Tek su nedavno počela istraživanja tufova suvremenim metodama koje uključuju i radiometrijska datiranja.

U ovom radu analiziran je uzorak tufa s lokaliteta Bukova glava. Ovaj lokalitet je tijekom srednjeg miocena pripadao prostoru Središnjeg Paratethysa. U geotektonskom smislu najveći dio Središnjeg Paratethysa činio je Panonski bazen čije je formiranje započelo u ranom miocenu, kao rezultat tektonskih pokreta započetih još u mezozoiku. Razvoj Panonskog bazena odvijao se u dvije faze; sin-riftna i post-riftna faza, a rana faza i početak kasne faze karakterizirane su snažnom vulkanskom aktivnošću i taloženjem piroklastičnih stijena (Pavelić, 2001).

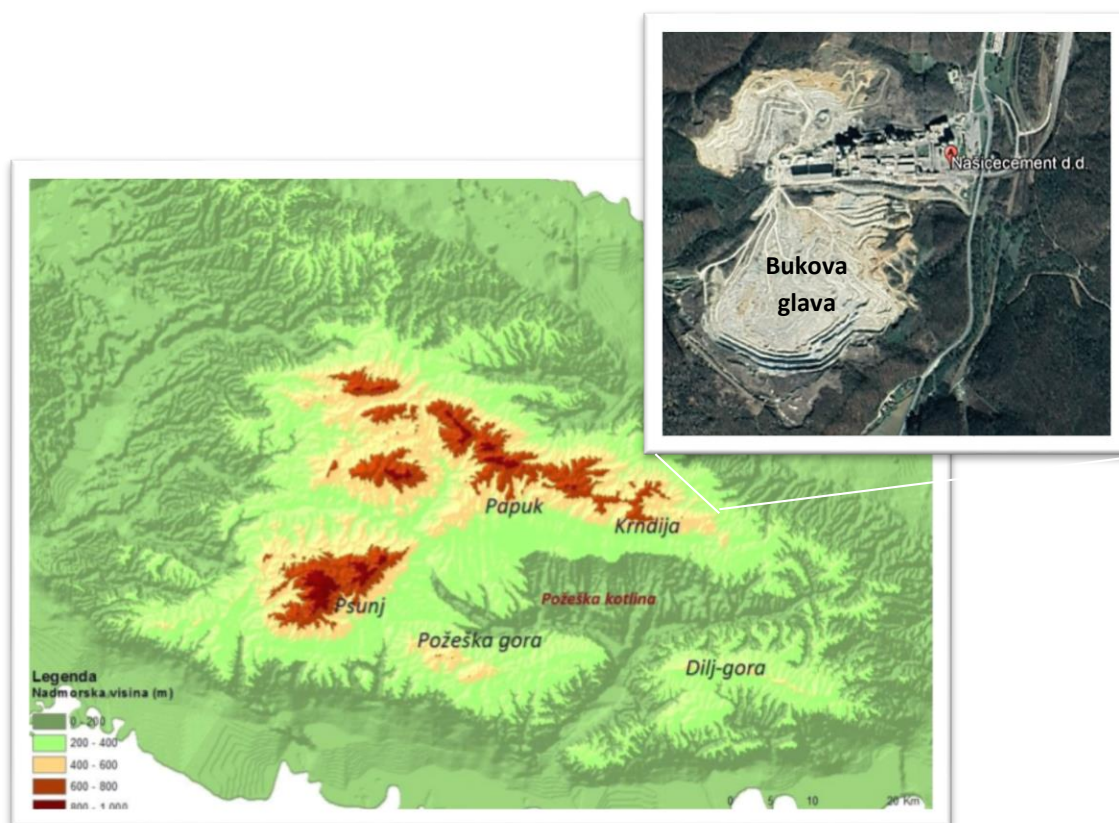
Cilj ovog rada je utvrditi granulometrijski i mineralni sastav uzorka tufa BGM-5 XXXI/1 pri čemu će najviše pažnje biti posvećeno sastavu njegove teške mineralne frakcije. Rezultati provedenih istraživanja biti će korelirani s dosadašnjim istraživanjima naslaga na

ovom lokalitetu kako bi im se pretpostavilo vrijeme, mjesto i uzrok nastanka. Za analizu granulometrijskog sastava koristit će se metoda mokrog sijanja, dok će sastav teške mineralne frakcije biti određen optički. Osim toga, sastav zajednice teških minerala biti će analiziran pomoću pretražujućeg elektronskog mikroskopa (SEM) i EDS detekcijom.

Ovaj je rad sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2019-04-7042 „Taložni paleobazeni, vodeni prolazi i migracija biote“ voditelja prof. dr. sc. Marijana Kovačića.

## 2. SMJEŠTAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

### 2.1. Geografski smještaj i geologija istraživanog područja



Slika 1. Položaj lokaliteta – digitalni atlas Republike Hrvatske (preuređeno pomoću rada Japundžić i dr., 2015) (izvor 1)

Izraz Slavonske gore odnosi se na pet gora smještenih u području središnje Slavonije (slika 1). Protežu se južnim rubom Panonskog bazena i predstavljaju velike blokove sastavljene od različitih, tektoniziranih predmiocenskih podinskih stijena na koje naliježu miocenske i

mlađe naslage. Uzdignute su tijekom pliocena i kvartara (Kovačić i Pavelić, 2017). Profil Bukova glava BGM-5 (slika 2) smješten je na sjevernim padinama Krndije i pozicioniran na oko 45°26' sjeverne geografske dužine i 18°01' istočne geografske dužine. Nalazi se u sklopu aktivnog ležišta sirovine za cement u vlasništvu tvornice Našicecement d.o.o. (pet kilometara jugozapadno od Našica). Naslage u kamenolomu stratigrafski pripadaju srednjem i gornjem miocenu te su litološki vrlo raznolike. Kamenolom se sastoji od dva kopa: Bukova glava i Vranović. Bukova glava predstavlja južni kop u kojem se eksploatiraju fosiliferni karbonatni sedimenti srednjemiocenske starosti. Na tom kopu praćen je slijed naslaga debljine oko 100 m koji se može podijeliti na dva dijela. U donjem dijelu je gornjobadenska „Zdenci formacija“, dok se u gornjem dijelu nalazi sarmatska „Dolje formacija“. Kroz opisani stup pratimo nekoliko litofacijesa: algalne vapnence, biokalkarenite i biokalkrudite, lapore te piroklastite. Litofacijes piroklastita uočen je nešto kasnije nego prva tri, pronalazimo ga u obliku tankih slojeva alteriranih tufova (vulkanski materijal je izmijenjen u minerale glina, odnosno bentonit) unutar lapora središnjeg dijela slijeda naslaga (Kovačić i dr., 2015).



Slika 2. Površinski kop, Bukova glava, Našice (preuzeto iz Bortek, 2007)

## 2.2. Panonski bazen

Početak miocena dolazi do kolizije Afričke i Eurazijske ploče te se kao posljedica ove kolizije izdižu planinski lanci Alpi, Karpata, Dinarida, Helenida (u Grčkoj) i Taurusa (u Turskoj), tako se i nekadašnji ocean Tethys dijeli na južni i sjeverni dio. Sjeverni dio naziva se Paratethys, a sastojao se od; Zapadnog, Središnjeg i Istočnog Paratethysa (slika 3) (Bucković, 2006). Već je ranije navedeno kako je istraživani lokalitet Bukova glava tijekom srednjeg miocena pripadao prostoru Središnjeg Paratethysa.

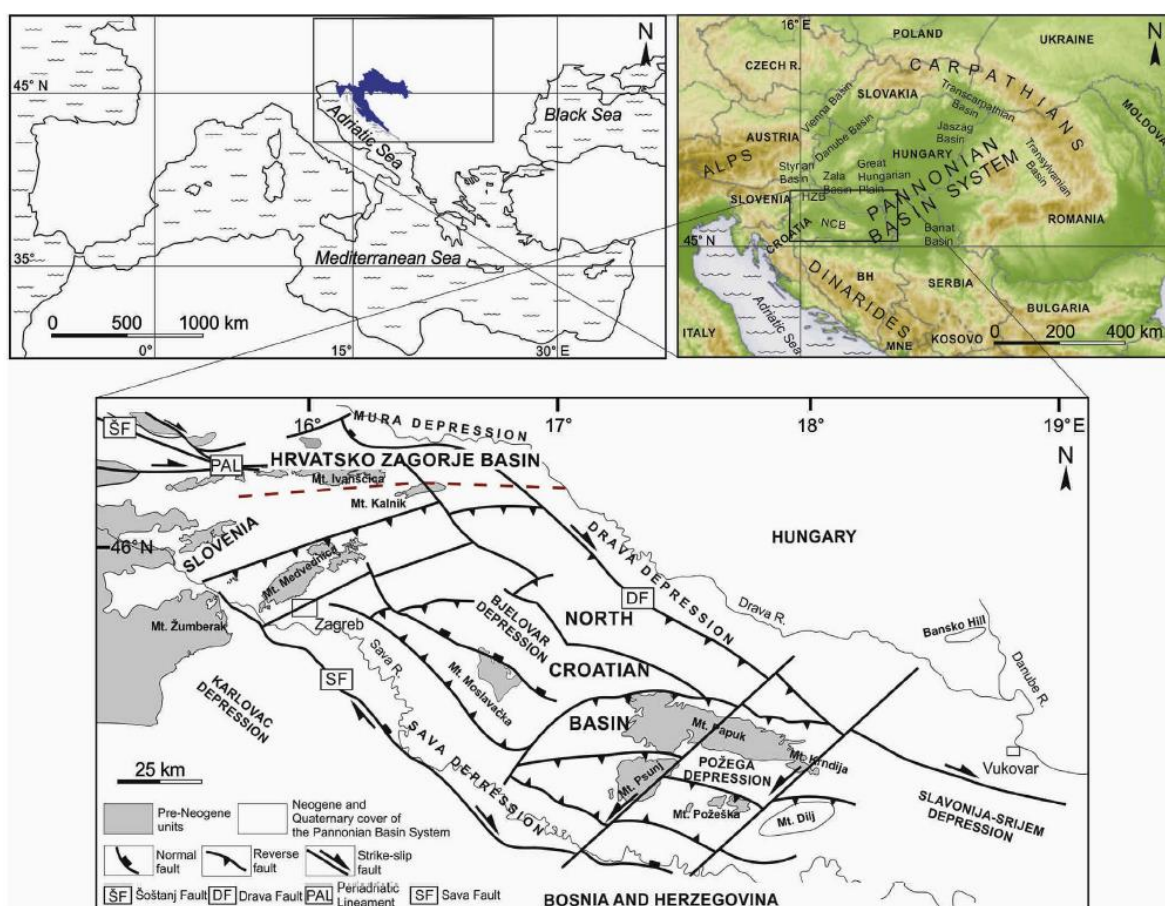


Slika 3. Položaj Istočnog, Zapadnog i Središnjeg Paratethysa tijekom neogena (preuzeto i preuređeno iz Ileković, 2019)

Središnji Paratethys protezao se od Bavorske do Karpata, u geotektonskom smislu njegov najveći dio je Panonski bazen. Panonski bazen okružen je Alpama, Karpatima i Dinaridima, a ekstenzijska tektonika dovela je do formiranja polugraba međusobno odvojenima pliće položenim stijenama podloge (Pavelić, 2002). Upravo zbog toga što se sastoji od manjih bazena i depresija Panonski bazen je poznat i pod nazivom Panonski bazenski sustav. Tijekom starijeg miocena na prostoru Hrvatske, u jugozapadnom dijelu Panonskog bazenskog sustava formirana su dva taložna bazena: Bazena Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatski bazen. Bazena Hrvatskog zagorja je obuhvaćao sjeverozapadno područje Hrvatske, a prelazi i u susjednu Sloveniju. Veći Sjevernohrvatski bazen obuhvaćao je gotovo cijelu sjevernu Hrvatsku (slika 4) (Pavelić i Kovačić, 2018). Evoluciju bazena pratimo kroz dvije faze; prvu ili sin-riftnu koja je trajala od donjeg do srednjeg miocena i post-riftnu fazu koja je trajala od srednjeg miocena do kvartara. Sin-riftna faza obilježena je transgresivno-regresivnim slijedom naslaga, odnosno prijelazom iz kontinentalnih u marinske okoliše taloženja. Uvjeti taloženja su se mijenjali



promjenom klime iz aridne u humidnu, povećanom vulkanskom aktivnošću te eustatskim promjenama morske razine. Post-riftnu fazu isto tako karakterizira transgresivno-regresivan slijed naslaga, ali uz prijelaz iz marinskih u kontinentalne okoliše taloženja koji su ovisili o intenzivnom i naglom smanjenju vulkanske aktivnosti uz prestanak riftovanja i uz tonjenje kore uslijed hlađenja litosfere (Pavelić i Kovačić, 2018). Granica između ove dvije faze jasno je obilježena u bazi gornjobadenskih naslaga blokovskim izdizanjima pa i intenzivnom erozijom sin-riftnih naslaga (Bucković, 2006). Spoznaje o razvoju Sjevernohrvatskog bazena, primarno temeljene na biostratigrafiji i superpoziciji, u novije su vrijeme nadopunjene rezultatima dobivenima radiometrijskim datiranjem piroklastita.



Slika 4. Položaj Panonskog bazenskog sustava, Sjevernohrvatskog bazena i Bazena Hrvatskog zagorja (preuzeto iz Pavelić i Kovačić, 2018)

### 3. LABORATORIJSKE METODE

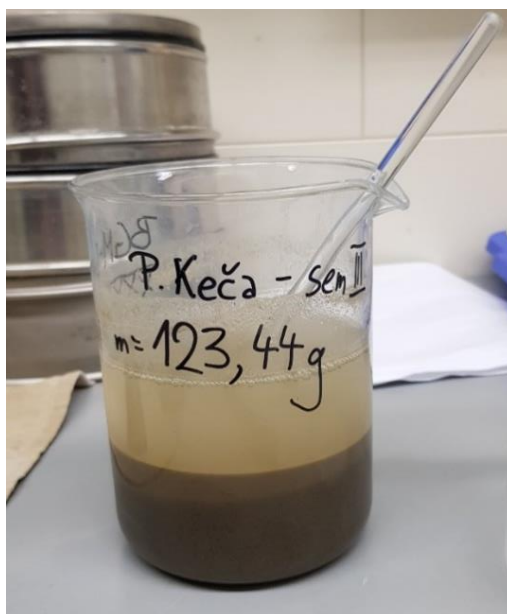
#### 3.1. Priprema uzorka

Uzorak tufa (slika 5) oznake BGM-5 XXXI/1 je razmravljen na manje komade te sušen na 60°C nekoliko sati.



Slika 5. Uzorak BGM-5 XXXI/1

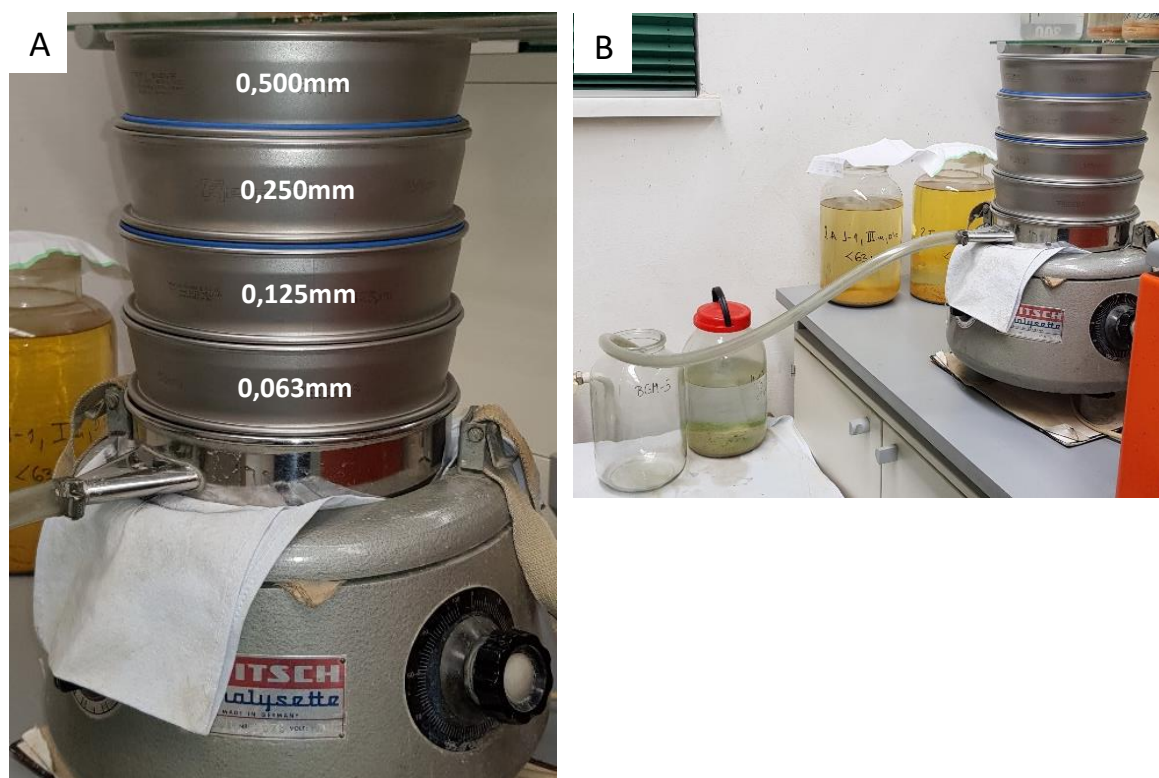
Suhi uzorak je izvagan te uronjen u destiliranu vodu (slika 6) kako bi se što učinkovitije dezintegrirao i kako bi bio spreman za granulometrijsku analizu.



Slika 6. Pripremljeni uzorak za mokro prosijavanje

### 3.2. Granulometrijska analiza

Mokrim sijanjem sitima promjera: 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm i 0,063 mm dobiven je granulometrijski sastav tufa. Set sita se posloži odgovarajućim redosljedom na tresilicu (slika 7A). Tresilica je uređaj koji set sita pomiče u raznim smjerovima u horizontalnoj ravni kako bi zrna sedimenta mogla brže i lakše proći kroz sita. Suspenzija pripremljenog uzorka se izlije na najkrupnije sito te se konstantno zaljeva kako bi sitnije čestice od otvora na mrežici sita prošle kroz sito, dok krupnije čestice ostaju na situ. Na dnu stupca sa sitima nalazi se posuda s otvorom koji je gumenim crijevom spojen u posudu postavljenu za skupljanje vode i sedimenta s česticama manjim od veličine otvora na mreži najsitnijeg sita (slika 7B). Dobivene frakcije osušene su i izvagane pomoću tehničke vage. Rezultati će biti prikazani pomoću kumulativne granulometrijske krivulje i trokomponentnog dijagrama.

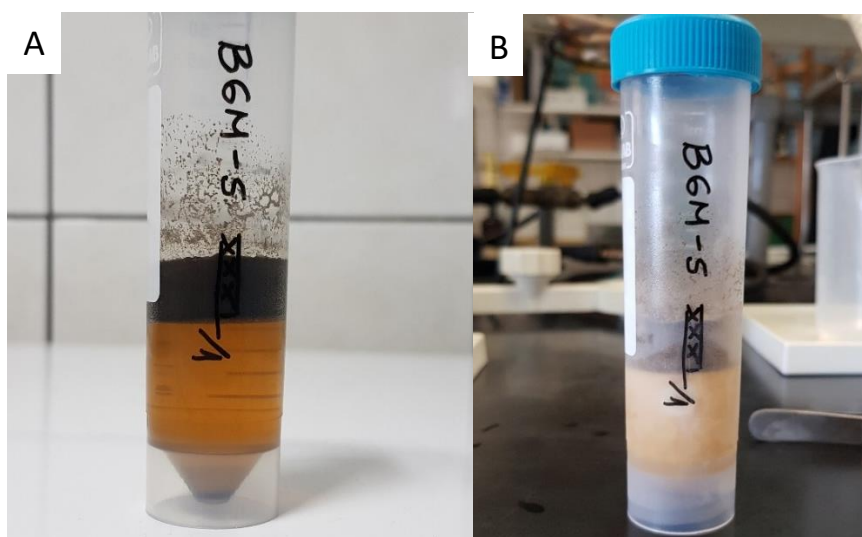


Slika 7. A) Set sita na tresilici i B) Oprema pripremljena za mokro prosijavanje

### 3.3. Separacija teškom tekućinom

Uzorak je pripremljen za analizu modalnog sastava tako da je uronjen u 5%-tnu octenu kiselinu kako bismo otopili karbonate te u 15%-tnu otopinu vodikovog peroksida kako bi se

uklonila organska tvar. Zatim je provedeno odglinjavanje pomoću ultrazvučne kadice. Korištena je frakcija od 63 do 125  $\mu\text{m}$ . Sljedeći je korak odvojiti tešku od lake mineralne frakcije kako bi se moglo analizirati svaku frakciju zasebno. Separacija se vrši pomoću teške tekućine. U ovom radu korišten je natrijev polivolfamat razrijeđen destiliranom vodom do željene gustoće otopine koja je iznosila 2,90  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Zatim se uzorak stavi u plastičnu kivetu i nadolije se prethodno pripremljena tekućina poznate gustoće. Kiveta se stavi u centrifugu na pet minuta pri 2500 okretaja u minuti. U teškoj tekućini došlo je do razdvajanja teške mineralne frakcije koja odlazi na dno i lake mineralne frakcije koja ostaje pri vrhu plastične kivete (slika 8A).



Slika 8. A) Razdvojena teška i laka frakcija nakon centrifugiranja i B) Ista kiveta sa slike 8A nakon zamrzavanja

Plastične kivete se ostave u zamrzivaču dok se tekućina ne zaledi u potpunosti (slika 8B). Za razdvajanje lake od teške frakcije postavi se lijevak na stalak, ispod čaša da skuplja filtrat, a u lijevak filter papir na kojem će se zadržati uzorak. Destiliranom vodom sobne temperature pažljivo se odleđi samo gornji dio uzorka i odlije se na filter papir. Talog na filter papiru se potom ispere nekoliko puta destiliranom vodom kako ne bi zaostala sol natrijevog polivolfamata. Tim postupkom je dobivena laka frakcija. Isti postupak se ponovi na novom filter papiru s frakcijom na dnu epruvete kako bi i teška frakcija bila pripremljena za daljnju analizu. Osušene frakcije se ponovno važu kako bi se odredio udio pojedine frakcije u uzorku i kako bi bile spremne za izradu mikroskopskog preparata.

### 3.4. Priprema mikroskopskih preparata

Za optičko određivanje minerala u prolaznoj svjetlosti u ovom se slučaju radi preparat koji sadrži sitna zrnca uzorka. Takav preparat se naziva preparatom mineralnih zrnaca (Vrkljan i dr., 2018). Potrebno je mineralna zrnca ravnomjerno rasporediti na predmetno stakalce. Kao imerzijsko sredstvo poznatog indeksa loma korišten je kanada balzam. Kanada balzam je prirodna smola koja uz ispravnu pripremu mikroskopskog preparata ima stalni indeks loma 1,537 (Vrkljan i dr., 2018). Uzorak pojedine frakcije je pažljivo promiješan drvenim štapićem. Pomoću mokrog kista je odgovarajuća količina uzorka prenesena na predmetno stakalce. Zatim je dodan kruti kanada balzam koji je zagrijavanjem prešao u tekuće stanje. Daljnjim, postupnim zagrijavanjem u trenutku prijelaza iz plastičnog u krto stanje kanada balzama, uzorak je prekriven pokrovnim stakalcem.

### 3.5. Mikroskopiranje uzorka

Polarizacijski mikroskop je instrument za optičko istraživanje minerala i stijena u linearno polariziranoj svjetlosti. Sadrži polarizator i analizator (dva jednaka nikola). Polarizatorom se svjetlost prevodi u linearnu, dok se analizatorom ostvaruju uvjeti za interferenciju (Vrkljan i dr., 2018).

Dobiveni preparati analizirani su na polarizacijskom Mikroskopu Zeiss AxioLab s korištenim rasponom povećanja od 25x do 200x. Takav polarizacijski mikroskop za prolaznu svjetlost naziva se i petrografski mikroskop. Metodom mikroskopiranja određujemo udio pojedine mineralne vrste u uzorku. U ovom radu analizirana je samo teška mineralna frakcija. Pri samom mikroskopiranju, metodom trake (eng. *ribbon counting method*) određuje se i broji minimalno 300 zrna prozirnih teških minerala na preparatu te se računa udio svake mineralne vrste. Tijekom mikroskopiranja provedeno je fotografiranje mineralnih zrna digitalnom refleksnom kamerom Canon EOS 500D uz korištenje programa kamere EOS Utility kojim je omogućeno izravno snimanje putem računala. Mjerilo je dodano pomoću programa Zeiss AxioVision.

### 3.6. Potvrda prethodno određenih mineralnih vrsta skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) i energetske disperzivnom rendgenskom spektroskopijom (EDS)

Analiza sadržaja napravljena je pomoću pretražujućeg elektronskog mikroskopa čija je prednost iznimno veliko povećanje kao i velika dubinska oštrina, svojstvo da objekti koji se nalaze na različitoj visini od površine podloge ostanu u fokusu. Ova je analiza napravljena s ciljem potvrđivanja prethodno određenih mineralnih vrsta, prvenstveno barita koji se ne pojavljuje često u sedimentima te kako bi dobili kvalitetniju sliku mikrofosilnog sadržaja pronađenog unutar teške frakcije minerala. Pomoću EDS detektora napravljena je kemijska analiza pojedinih mineralnih vrsta za dodatnu potvrdu. EDS sustavi su obično integrirani u SEM instrument i imaju osjetljivi detektor rendgenskih zraka, tekući dušik za hlađenje te softver za prikupljanje i analizu energetskih spektara. Njime se kemijski sastav određuje na temelju x-zraka koje emitira uzorak pod elektronskim snopom mikroskopa (izvor 2).

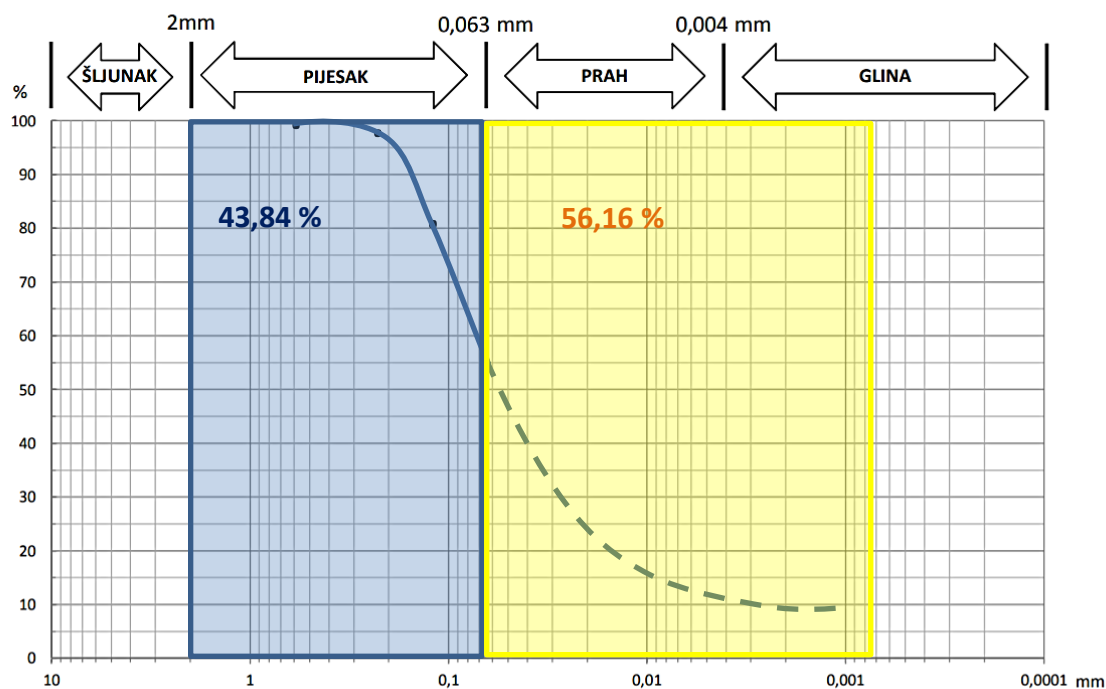
## 4 REZULTATI

### 4.1. Granulometrijski sastav

Rezultati granulometrijske analize prikazani su u tablici, prema njima su izrađeni kumulativna granulometrijska krivulja i trokomponentni klasifikacijski dijagram.

Tablica 1. Masa zaostala na sitima i udio pojedinih frakcija uzorka BGM-5 XXXI/1

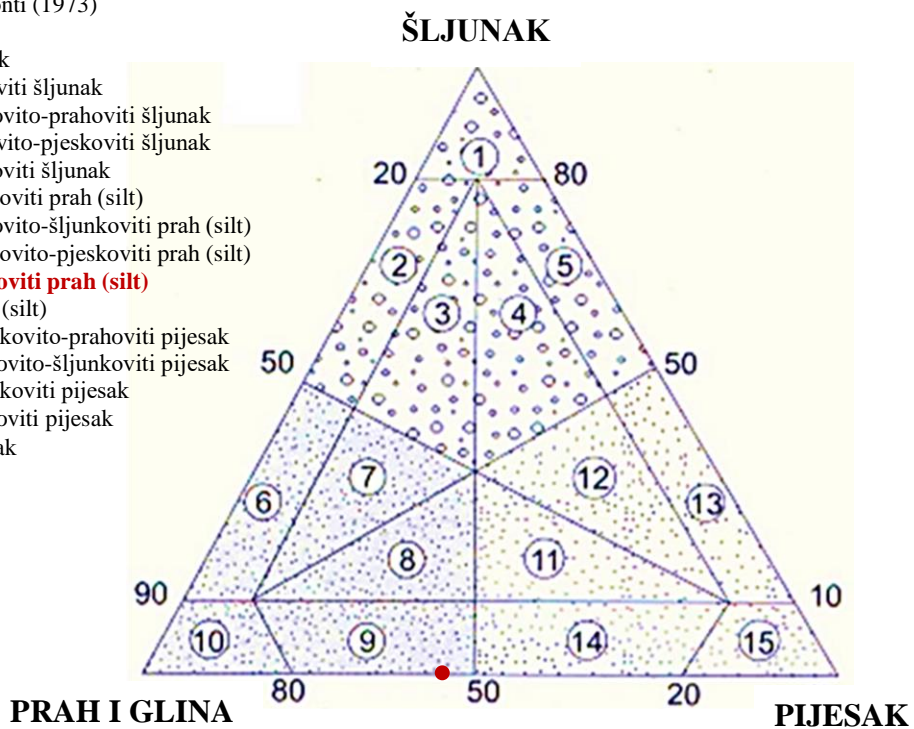
| BGM-5 XXXI/1 |               |                   |          |                 |
|--------------|---------------|-------------------|----------|-----------------|
| Phi $\Phi$   | Mjere (mm)    | Mase (g)          | Udio (%) | Kumulativno (%) |
| 2            | 0,25-0,5      | 0,944             | 0,77     | 100             |
| 3            | 0,125-0,25 mm | 22,076            | 17,88    | 99,23           |
| 4            | 0,063-0,125   | 31,092            | 25,19    | 81,35           |
| $\geq 5$     | <0,063 mm     | 69,328            | 56,16    | 56,16           |
|              |               | $m_{uk} = 123,44$ |          |                 |



Slika 9. Kumulativna granulometrijska krivulja uzorka BGM-5 XXXI/1

Prema Konti (1973)

- 1 – šljunak
- 2 – prahoviti šljunak
- 3 – pjeskovito-prahoviti šljunak
- 4 – prahovito-pjeskoviti šljunak
- 5 – pjeskoviti šljunak
- 6 – šljunkoviti prah (silt)
- 7 – pjeskovito-šljunkoviti prah (silt)
- 8 – šljunkovito-pjeskoviti prah (silt)
- 9 – pjeskoviti prah (silt)**
- 10 – prah (silt)
- 11 – šljunkovito-prahoviti pijesak
- 12 – prahovito-šljunkoviti pijesak
- 13 – šljunkoviti pijesak
- 14 – prahoviti pijesak
- 15 - pijesak



Slika 10. Trokomponentni klasifikacijski dijagram uzorka BGM-5 XXXI/1 (Konta, 1973) (izvor 3)

## 4.2. Rezultati modalne analize

Separacija teške i lake mineralne frakcije pokazala je kako uzorak sadrži znatno veći udio lakih u odnosu na teške minerale. Rezultati separacije prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Ukupna masa stavljena na separaciju; udio teške frakcije

|           | Masa stavljena na separaciju (g) | Teška frakcija (g) | Udio teške frakcije (%) |
|-----------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|
| BGM-5 (1) | 3,155                            | 0,015              | 0,48                    |
| BGM-5 (2) | 3,255                            | 0,016              | 0,50                    |

Unutar ovog rada sastav lake frakcije nije detaljno analiziran. Laku frakciju čine čestice devitificiranog vulkanskog stakla, kremen te tinjci. Snimljen je rendgenogram lake mineralne frakcije koji ukazuje da je vulkansko staklo izmijenjeno u minerale glina (smektite) (usmeno priopćenje, F. Marković).

### 4.2.1. Sastav teške mineralne frakcije

Pri analizi određeno je preko 800 mineralnih zrna unutar preparata, zrna su brojana u 15 linija od kojih smo samo u prve dvije linije brojali sva zrna, dok smo u ostalih 13 linija prestali brojati zrna biotita jer su najbrojniji u uzorku pa ih nema smisla brojati unutar svih 15 linija. Izračun i rezultati prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Modalni sastav teške mineralne frakcije - izračun

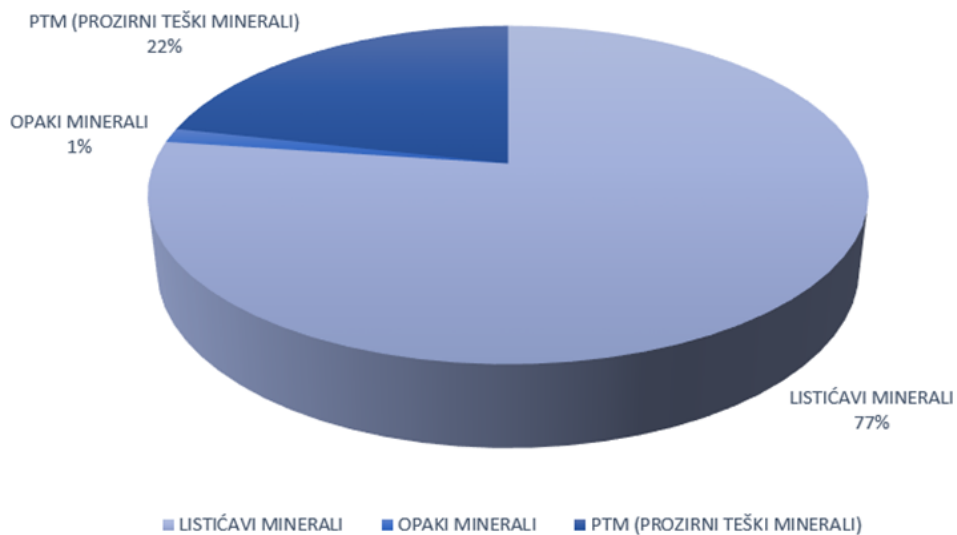
| Mineral                | Broj zrna              | Udio zrna (%) |
|------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Biotit</b>          | 142 ( u prve 2 linije) | 77,17         |
| <b>Barit</b>           | 559 (unutar 15 linija) | 18,58         |
| <b>Apatit</b>          | 71 (unutar 15 linija)  | 2,36          |
| <b>Opaki minerali</b>  | 41 (unutar 15 linija)  | 1,36          |
| <b>Klorit</b>          | 12 (unutar 15 linija)  | 0,4           |
| <b>Ostali minerali</b> | 4 (unutar 15 linija)   | 0,13          |

U prve dvije linije je ukupno izbrojano 184 zrna  
 U 15 linija je (bez biotita) ukupno izbrojano 687 zrna što predstavlja ostalih 22,83% uzorka

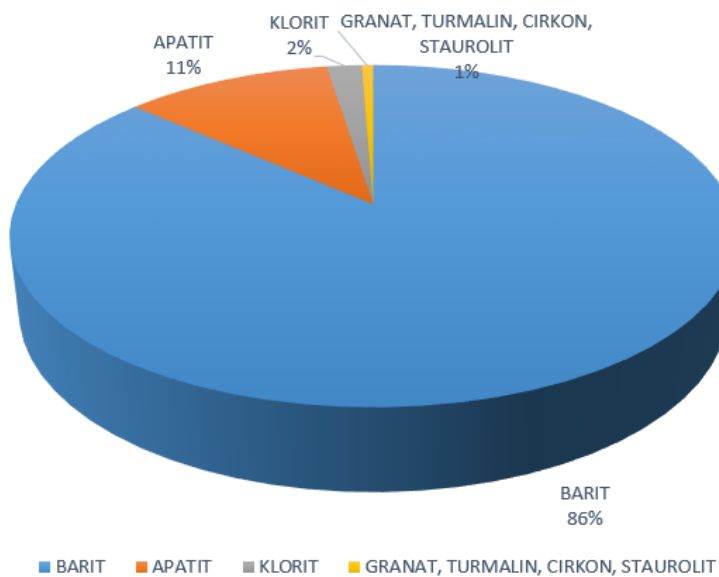


Tablica 4. Određeni minerali teške mineralne frakcije uzorka tufa BGM-5 XXXI/1 (++ dominantne vrste, + prisutni u uzorku)

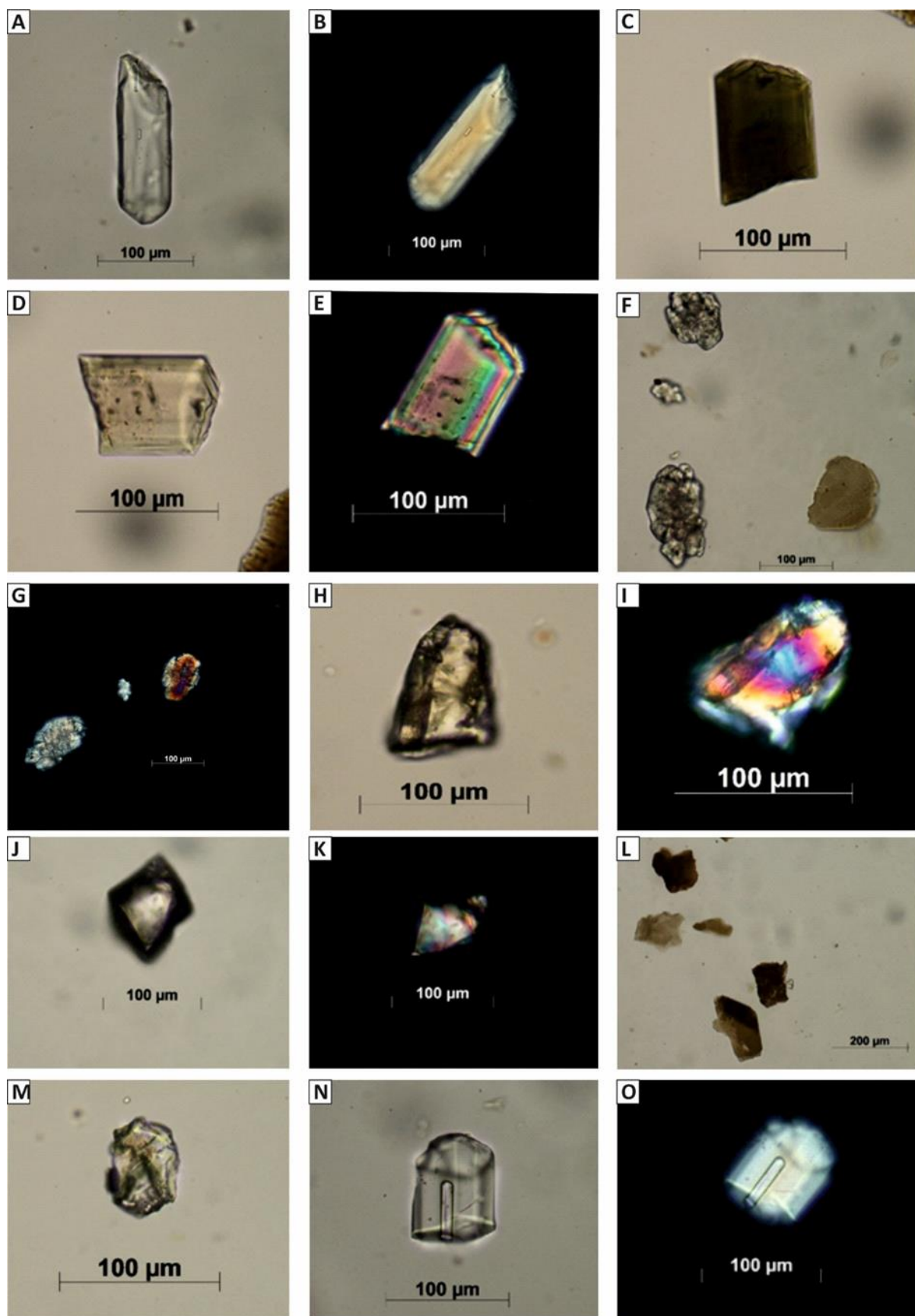
| uzorak | Teška mineralna frakcija |       |        |       |        |        |          |        |           |
|--------|--------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|----------|--------|-----------|
|        | biotit                   | barit | apatit | opaki | klorit | granat | turmalin | cirkon | staurolit |
| BGT-5  | +++                      | ++    | +      | +     | +      | +      | +        | +      | +         |



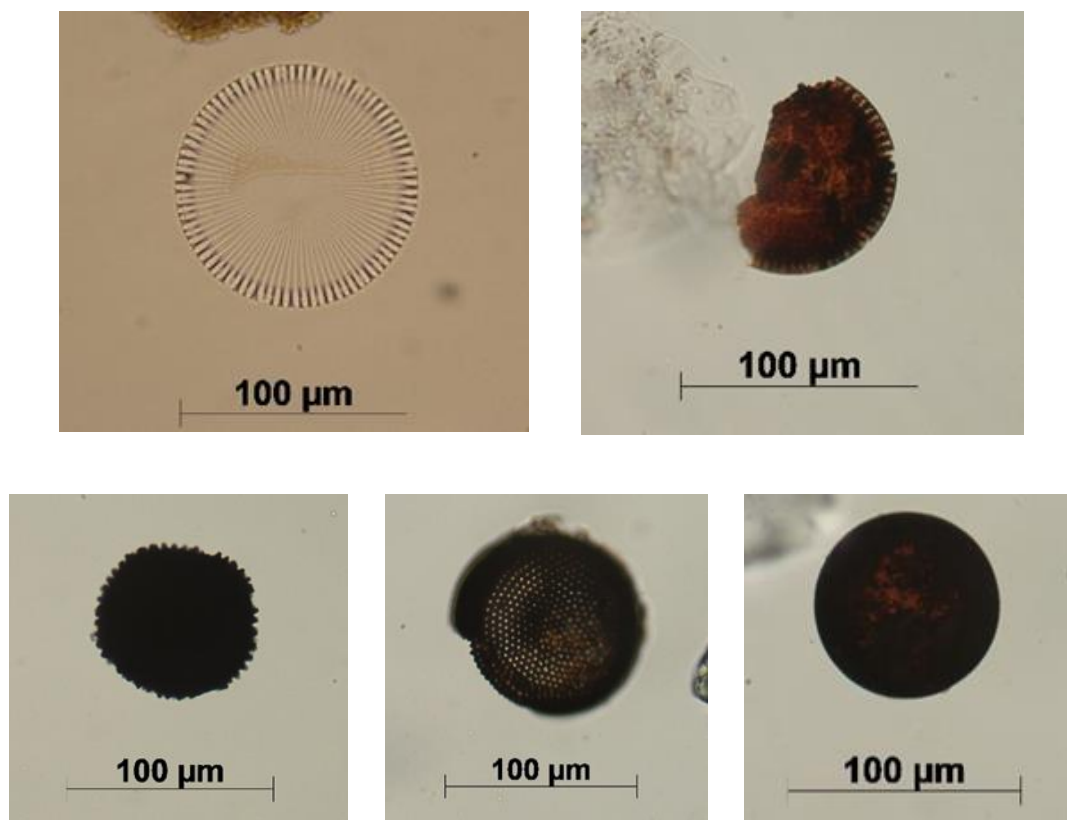
Slika 11. Grafički prikaz odnosa listićavih, opakih i prozirnih teških minerala



Slika 12. Grafički prikaz odnosa minerala unutar kategorije PTM (prozirnih teških minerala)



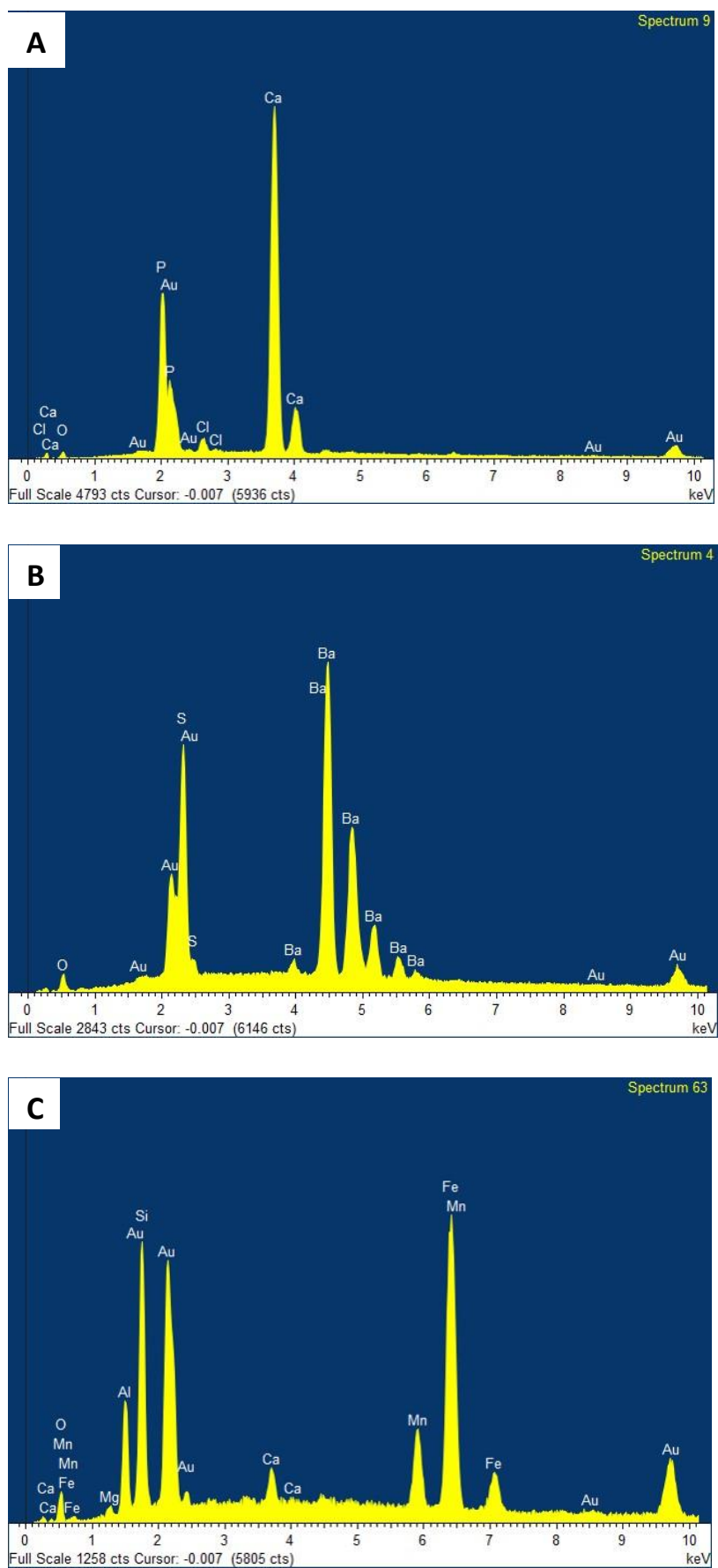
Slika 13. Fotografije mineralnih zrna iz uzorka BGM-5 XXXI/1: A,B- apatit, C, D, E- turmalin, F,G- barit, H,I- staurolit, J, K- cirkon, L- biotit, M- granat, N,O- inkluzija unutar apatita; Fotografije: B, E, G, I, K, O načinjene su s uključenim analizatorom.



Slika 14. Različite vrste marinskih planktonskih dijatomeja pronađenih u teškoj frakciji minerala (fotografije su načinjene polarizacijskim mikroskopom) (usmeno priopćenje, D. Kukoč)

### 4.3. Rezultati dobiveni energetske disperzivnom rendgenskom spektroskopijom

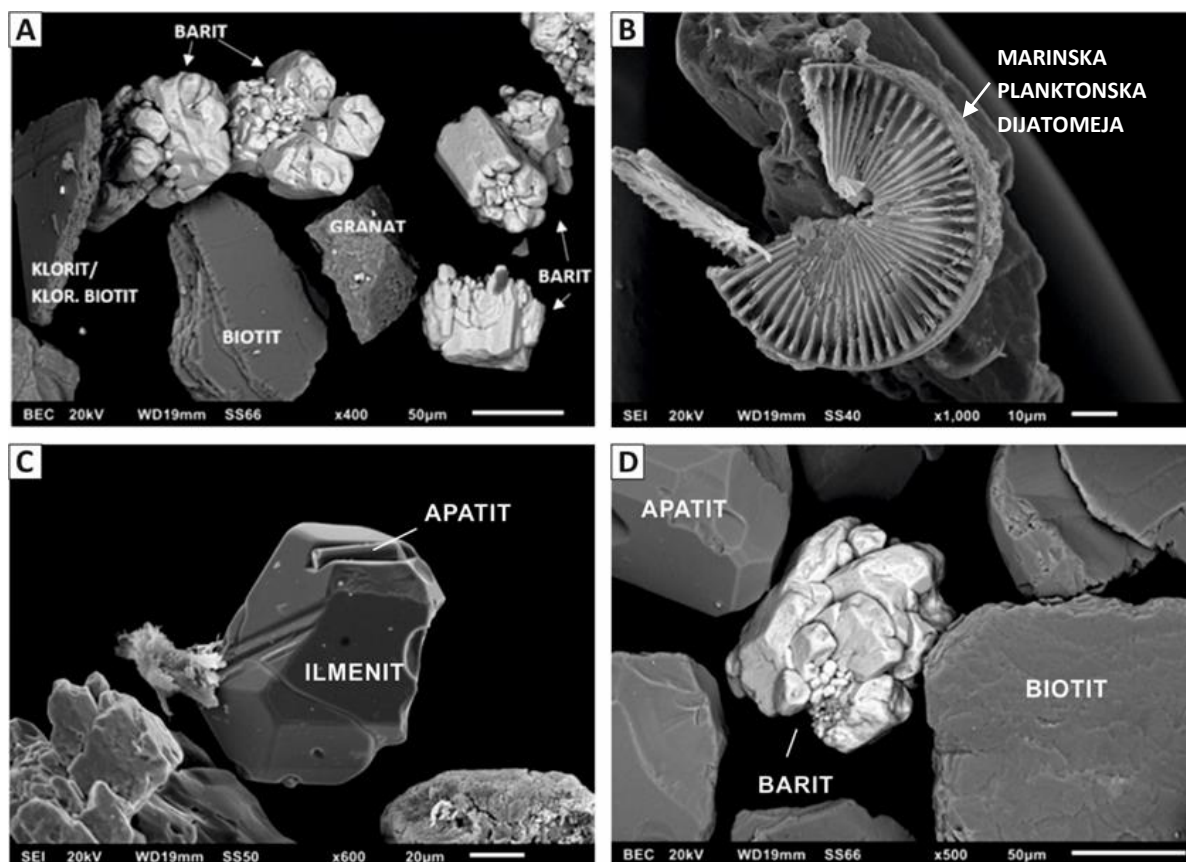
Za potvrdu rezultata određivanja zajednice teških minerala optičkim putem napravljene su kemijske analize, a uz to su još i fotografirana pojedina zrna (slika 16). Tipični spektar dobiven EDS detektorom prikazan je kao graf broja x-zraka i energije (u keV). Energetski pikovi odgovaraju raznim elementima u uzorku pa se tako u spektru 4 (slika 15B) vide visoki pikovi Ba, S i O iz čega se izvodi zaključak da je snimljeni mineral barit čija je kemijska formula  $Ba(SO_4)$ . Kemijska formula klorapatita je  $Ca_5(PO_4)_3Cl$  što odgovara spektru 9 (slika 15A) na kojem energetski pikovi predstavljaju elemente Ca, P, Cl i O. Spektar 63 (slika 15C) pokazuje prisutnost Fe, Mn, Ca, Si, Al, O i vrlo malo Mg što upućuje na to da se radi o granatu (opća formula granata  $X^{2+}_3Y^{3+}_2(SiO_4)_3$  gdje na mjesto X dolaze Mg,  $Fe^{2+}$ , Mn, Ca, a na mjestu Y su Al,  $Fe^{3+}$ , Cr).



Slika 15. Spektri dobiveni kemijskom analizom: A- apatit, B- barit i C- granat

#### 4.4. Fotografije dobivene elektronskim mikroskopom – SEM

Pomoću pretražujućeg elektronskog mikroskopa dobiveno je nekoliko kvalitetnih fotografija koje potvrđuju da su optičkom analizom mineralne vrste dobro određene. Napravljene su i kvalitetnije fotografije mikrofosilnog sadržaja.



Slika 16. SEM fotografije: A- pojedinih vrsta minerala u uzorku, B- marinska planktonska dijatomeja (usmeno priopćenje, D. Kukoč), C- ilmenit s uklopkom apatita, D- barit

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Granulometrijski sastav tufa i mineralni sastav teške frakcije

Rezultati dobiveni granulometrijskom analizom pokazuju kako su u uzorku tufa zastupljene čestice pelitnih dimenzija i dimenzija pijeska. Pelitne čestice, tj. čestice manje od 0,063 mm, čine 56,16% sastava, dok je udio pjeskovite frakcije 43,84%. Unutar pješćane frakcije najmanje je krupnijih čestica veličine od 0,25 do 0,5 mm (0,77%), a najviše sitnijih od 0,063 do 0,125 mm (25,19%). Prema klasifikaciji koju je predložio Konta uzorak je određen kao pjeskoviti silt (slika 10).

U zajednici teških minerala dominira biotit (77,17%), a značajno je još zastupljen i barit (18,58%). Osim njih utvrđeno je još prisustvo apatita (2,36%), opakih minerala (1,36%), klorita (0,4%), granata, cirkona, turmalina i staurolita (0,13%). Dobiveni rezultati potvrđeni su na skenirajućem elektronskom mikroskopu (slika 16) i energetski dispergiranom rendgenskom spektroskopijom (slika 15).

Biotit, apatit, cirkon i granat su tipični vulkanogeni minerali, dok se barit inače ne pronalazi u tufovima. Stoga je pretpostavljeno je da su barit i marinske planktonske dijatomeje vezani za okoliš u kojemu je tuf taložen. Naime, formiranje barita je uzrokovano biološkom aktivnošću u gornjem vodenom stupcu, ali točan mehanizam nije poznat. Istraživanja su pokazala kako se barit gotovo isključivo precipitira u specifičnom mikrookolišu koji sadrži raspadnutu organsku materiju (dijatomeje) što predstavlja izvor sumpora, dok se barij iz vode lako adsorbira na površinu kremenca/opala (Bishop, 1988).

### 5.2. Vremenski okvir i porijeklo piroklastičnog materijala

Starost naslaga na profilu BGM-5 određena je kao sarmat temeljem preklapanja stratigrafskih raspona određenih rodova i vrsta bentičkih foraminifera (Ileković, 2019). Sarmat započinje prije otprilike 13 milijuna godina te su naslage unutar ovog razdoblja predstavljene transgresivno-regresivnim taložnim slijedom. Za donji sarmat karakteristično je podizanje morske razine i taloženje sitnozrnatih siliciklastičnih sedimenata, a u gornjem sarmatu dolazi do pada morske razine i talože se pješćenjaci, mjestimično i konglomerati (Pavelić i Kovačić, 2018). Unutar sarmatskog slijeda mjestimice se pronalaze i bentoniti kao rezultat dijagenetske

pretvorbe vulkanskog stakla, a što upućuje na sarmatski post-riftni vulkanizam (Bucković, 2006).

U neogenu se aktivni kontinentalni rub nalazi u Karpatima i postupno se premješta od zapada prema istoku uz slabljenje vulkanske i seizmičke aktivnosti. Pred 17,5 milijuna godina bio je na području Zapadnih Karpata i sjeverozapadnog dijela Istočnih Karpata, a danas zauzima područje jugoistočnog dijela Istočnih Karpata (Konečný i dr., 2002). Karakteristika aktivnog kontinentalnog ruba prisutnost je vulkanskih stijena eksplozivnog tipa vulkanizma. Vulkanski pepeo se može prenositi na velike udaljenosti do čak deset tisuća kilometara daleko od izvora, ovisno o veličini čestica samog pepela (Fisher i Schmincke, 1984), što nam govori kako je moguće da je izvor vulkanizma za tufove na lokalitetu Bukova glava bio smješten u Istočnim Karpatima (Olić, 2018).

## 6. ZAKLJUČAK

Analize uzorka tufa BGM-5 XXXI/1 pokazale su :

- Po svom granulometrijskom sastavu uzorak tufa čine čestice pelitnih dimenzija i čestice dimenzija pijeska. Pelitne čestice, tj. čestice manje od 0,063 mm, čine 56,16% sastava, dok je udio pjeskovite frakcije 43,84%.
- Prema klasifikaciji koju je predložio Konta uzorak je određen kao pjeskoviti silt (Konta, 1973).
- U sastavu teške mineralne frakcije dominiraju biotit i barit. Značajno je zastupljen i apatit, a još su utvrđeni granati, cirkon i turmalin.
- Pronađeno je nekoliko različitih vrsta marinskih planktonskih dijatomeja koje nam govore o okolišu u kojemu je tuf taložen (usmeno priopćenje, D. Kukoč).
- Za dodatnu potvrdu su pomoću pretražujućeg elektronskog mikroskopa dobivene kvalitetnije slike mineralnog i mikrofosilnog sadržaja te je napravljena i kemijska analiza pojedinih mineralnih vrsta pomoću EDS detektora. SEM i EDS analize potvrdile su rezultate optičkog određivanja zajednice teških minerala.
- Biotit, apatit, cirkon i granat su tipični vulkanogeni minerali
- Barit se inače ne pronalazi u tufovima. Izveden je zaključak da su su barit i marinske planktonske dijatomeje vezani za okoliš u kojemu je tuf taložen. Barit gotovo isključivo precipitira u specifičnom mikrookolišu koji sadrži raspadnutu organsku materiju (dijatomeje koje su također pronađene unutar ovog uzorka) što predstavlja izvor sumpora, dok se barij iz vode lako adsorbira na površinu kremenca/opala (Bishop, 1988).
- Starost naslaga na profilu BGM-5 određena je kao sarmat (Ileković, 2019).
- Korelacijom sa istraživanjima provedenim na lokalitetu Bukova glava kao izvor vulkanizma pretpostavljen je aktivni kontinentalni rub, odnosno subdukcija, prisutna u Istočnim Karpatima.



## 7. LITERATURA

1. **Bishop J.** (1988): The barite-opal-organic carbon association in oceanic particulate matter. *Nature*, 341–343.
2. **Bortek, Ž.** (2007): Litostratigrafski sastav ležišta Bukova glava i Vranović, tvornice cementa. Našicecement d.d. Nexe grupa, Našice, 5 str.
3. **Bucković, D.** (2006): Historijska geologija 2 – Mezozoik i kenozoik. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu (eBook), Zagreb, 135 str.
4. **Fisher, R.V. i Schmincke, H.-U.** (1984): *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 472 str.
5. **Ileković, N.** (2019): Foraminiferske zajednice iz srednjemiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava (Našice). Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 48 str.
6. **Konečný, V., Kováč, M., Lexa, J. i Šefara, J.** (2002): Neogene evolution of the CarpathoPannonian region: an interplay of subduction and back-arc diapiric uprising in the mantle. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series 1*, 108–119.
7. **Kovačić, M. i Pavelić, D.** (2017): Neogene stratigraphy of the Slavonian mountains. *Neogene of Central and South-Eastern Europe. 7th international workshop, 28-31 May 2017-Velika*, Field trip guidebook, 5-9.
8. **Kovačić, M., Ćorić, S., Marković, F., Pezelj, Đ., Vrsaljko, D., Bakrač, K., Hajek-Tadesse, V., Bošnjak Makovec, M., Ritoso, A. i Bortek, Ž.** (2015): A1 GEOLOGIJA PAPUKA Točka 17 Karbonatno-klastični sedimenti srednjeg i gornjeg miocena (kamenolom tvornice cementa kod Našica). Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
9. **Marković, F.**: Petrologija sedimentata - vježbe za III. lekciju. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

10. **Olić, I.** (2018) : Mineraloške i geokemijske karakteristike srednjemiocenskih tufova s lokaliteta Bukova glava, Krndija. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 53 str.
11. **Pavelić, D. i Kovačić, M.** (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia). A review, *Marine and Petroleum Geology* 91, 455–469.
12. **Pavelić, D.** (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. *Basin Research* 12, 359-376.
13. **Pavelić, D.** (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys. *Geologia Croatica*, 55/1, 83-92.
14. **Vrkljan, M., Borojević Šoštarić, S., Tomašić, N.** (2018): Optička mineralogija. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 331 str.
15. **Vrsaljko, D., Japundžić, S., Bošnjak Makovec, M., Bortek, Ž. i Sremac, J.** (2015): Novi nalazi srednjomiocenskih fosila s lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska). U: Horvat, M. i Wacha, L. (ured.): *Knjiga Sažetaka, V. Hrvatski geološki kongres, Osijek, 23-25.09.2015.*, Hrvatski geološki institut, 122-123.

Internetski izvori:

Izvor 1: Google Earth: <https://www.google.com/earth/> (internetski izvor)- datum pristupa: 30.06.2020.

Izvor 2: Geochemical Instrumentation and Analysis:  
[https://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/eds.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/eds.html) - datum pristupa: 5.7.2020.

Izvor 3: [https://www.pmf.unizg.hr/\\_download/repository/V\\_03.pdf](https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/V_03.pdf) - datum pristupa: 15.7.2020.

## 8. POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Položaj lokaliteta – digitalni atlas Republike Hrvatske (preuređeno pomoću rada Japundžić i dr, 2015).....  | 2  |
| Slika 2. Površinski kop, Bukova glava, Našice (preuzeto iz Bortek, 2007).....  | 3  |
| Slika 3. Položaj Istočnog, Zapadnog i Središnjeg Paratethysa tijekom neogena (preuzeto i preuređeno iz Ileković, 2019).....  | 4  |
| Slika 4. Položaj Panonskog bazenskog sustava, Sjevernohrvatskog bazena i Bazena Hrvatskog zagorja (preuzeto iz Pavelić i Kovačić, 2018).....   | 5  |
| Slika 5. Uzorak BGM-5 XXXI/1 .....   | 6  |
| Slika 6. Pripremljeni uzorak za mokro prosijavanje .....   | 6  |
| Slika 7. A) Set sita na tresilici i B) Oprema pripremljena za mokro prosijavanje .....   | 7  |
| Slika 8. A) Razdvojena teška i laka frakcija nakon centrifugiranja i B) Ista kiveta sa slike 8A nakon zamrzavanja .....  | 8  |
| Slika 9. Kumulativna granulometrijska krivulja uzorka BGM-5 XXXI/1 .....   | 11 |
| Slika 10. Trokomponentni klasifikacijski dijagram uzorka BGM-5 XXXI/1 (Konta, 1973) .  | 11 |
| Slika 11. Grafički prikaz odnosa listićavih, opakih i prozirnih teških minerala .....  | 13 |
| Slika 12. Grafički prikaz odnosa minerala unutar kategorije PTM (prozirnih teških minerala) .....  | 13 |
| Slika 13. Fotografije mineralnih zrna iz uzorka BGM-5 XXXI/1: A,B- apatit, C, D, E- turmalin, F,G- barit, H,I- staurolit, J, K- cirkon, L- biotit, M- granat, N,O- inkluzija unutar apatita; Fotografije: B, E, G, I, K, O načinjene su s uključenim analizatorom..... | 14 |
| Slika 14. Različite vrste marinskih planktonskih dijatomeja pronađenih u teškoj frakciji minerala (fotografije su načinjene polarizacijskim mikroskopom) (usmeno priopćenje, D. Kukoč).....  | 15 |
| Slika 15. Spektri dobiveni kemijskom analizom: A- apatit, B- barit i C- granat .....   | 16 |
| Slika 16. SEM fotografije: A- pojedinih vrsta minerala u uzorku, B- marinska planktonska dijatomeja(usmeno priopćenje, D. Kukoč), C- ilmenit s uklopkom apatita, D- barit .....  | 17 |

## 9. POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Masa zaostala na sitima i udio pojedinih frakcija uzorka BGM-5 XXXI/1 .....  | 10 |
| Tablica 2. Ukupna masa stavljena na separaciju; udio teške frakcije .....   | 12 |
| Tablica 3. Modalni sastav teške mineralne frakcije - izračun .....  | 12 |
| Tablica 4. Određeni minerali teške mineralne frakcije uzorka tufa BGM-5 XXXI/1 (++ dominantne vrste, + prisutni u uzorku) ..... | 13 |