

Foraminiferske zajednice iz srednjemiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava (Našice)

Ileković, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:217:898919>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-21**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Nikolina Ileković

**FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE IZ
SREDNJEMIOCENSKIH NASLAGA
LOKALITETA BUKOVA GLAVA (NAŠICE)**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Nikolina Ileković

**FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE IZ
SREDNJEMIOCENSKIH NASLAGA
LOKALITETA BUKOVA GLAVA (NAŠICE)**

Diplomski rad
predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistra geologije

Mentor:
doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

Zagreb, 2019.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog studija na smjeru geologija-paleontologija, pod vodstvom doc. dr. sc. Đurđice Pezelj, na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvale

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Đurđici Pezelj na pomoći, strpljenju, savjetima, uloženom vremenu i trudu tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Vlasti Čosović na ustupljenom mikroskopu i pomoći prilikom fotografiranja uzoraka.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću za pomoć pri terenskom radu i izradu geološkog stupa, također i dr. sc. Frani Markoviću te kolegi Mateju Voniću za pomoć pri terenskom radu.

Hvala mojoj obitelji i Ivanu te prijateljicama Meliti, Ani i Antoneli na moralnoj podršci i pomoći.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE IZ SREDNJEMIOCENSKIH NASLAGA LOKALITETA BUKOVA GLAVA (NAŠICE)

NIKOLINA ILEKOVIĆ

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a.

Sažetak: Profil Bukova glava BGM5 smješten je unutar kamenoloma Našicecement, d.d, na sjevernim padinama planine Krndija koji je tijekom miocena pripadao prostoru Centralnog Paratethysa. Uzorci su obrađeni metodom šlemanja i mikroskopski analizirani. Detaljno je proučena mikrofossilna zajednica, a određene su vrste bentičkih foraminifera. Na temelju stratigrafskog raspona autohtonih bentičkih foraminifera, starost naslaga određena je kao sarmat. Određen je udio planktonskih i bentičkih foraminifera, izračunati su indeksi raznolikosti, indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI), odnos infauna/epifauna i salinitet metodom transfer funkcije. Promjena dominacije infaune ili epifaune te indeks kisika bentičkih foraminifera pokazali su promjenu količine kisika i količine nutrijenata pri morskom dnu. Na temelju određenih autohtonih vrsta bentičkih foraminifera i njihovih ekoloških zahtjeva, određen je plitkovodni marinski okoliš normalnog saliniteta.

Ključne riječi: bentičke foraminifere, Centralni Paratethys, sarmat, Bukova glava

Rad sadrži: XIV+48 stranica, 15 slika, 4 tablice, 60 literaturnih navoda i 3 table

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a.

Mentor: doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

prof. dr. sc. Vlasta Čosović

prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Rad prihvaćen: 13.9.2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Master Thesis

FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES FROM MIDDLE MIOCENE DEPOSITS OF BUKOVA GLAVA (NAŠICE) LOCALITY

NIKOLINA ILEKOVIĆ

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

Abstract: Bukova glava BGM5 section is situated in Našicecement quarry, on the northern slopes of Mt. Krndija. This locality was part of Central Paratethys during Miocene. Samples were soaked, treated with hydrogen peroxide and washed over 0,063 mm sieve and micropaleontologically analysed. Microfossil assemblages were studied and benthic foraminifera species were identified. Stratigraphic ranges of autochthonous benthic foraminiferal species indicate Sarmatian age of deposits. Plankton/benthos (P/B) ratio, diversity indices, Benthic Foraminifera Oxygen Index (BFOI), infauna/epifauna ratio and salinity were calculated. Changes in domination of infaunal or epifaunal species and value of BFOI are showing changes in the amount of oxygen and nutrients near the sea floor. On the basis of identified autochthonous benthic foraminifers and their ecology, shallow marine environment with normal salinity is determined.

Keywords: benthic foraminifera, Central Paratethys, Sarmatian, Bukova glava

Thesis contains: XIV+48 pages, 15 figures, 4 tables, 60 references, and 3 plates

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central geological library, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a.

Supervisor: Assistant Professor Đurđica Pezelj

Reviewers: Assistant Professor Đurđica Pezelj

Professor Vlasta Čosović

Professor Marijan Kovačić

Thesis accepted: September 13th, 2019

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	2
3. Geološka građa istraživanog područja	4
4. Paratethys i biostratigrafija sarmata.....	7
4.1. Paratethys	7
4.2. Biostratigrafija sarmata	11
5. Metode istraživanja	13
5.1. Terenski rad	13
5.2. Metoda muljenja	13
5.3. Pregled materijala i standardizacija uzoraka.....	14
5.4. Odnos plankton/bentos.....	14
5.5. Analiza zajednice bentičkih foraminifera	15
5.5.1. Određivanje rodova i vrsta bentičkih foraminifera	15
5.5.2. Dominantne i srednje zastupljene bentičke vrste, očuvanost foraminifera i njihovi ekološki zahtjevi.....	16
5.5.3. Podjela bentičkih foraminifera po tipu stijenske	18
5.5.4. Raznolikost vrsta bentičkih foraminifera – bioraznolikost	18
5.5.4.1. Fisher α indeks.....	19
5.5.4.2. Shannon-Wienerov indeks	20
5.5.4.3. Indeks ekvitabilnosti (ravnomjernosti).....	21
5.5.5. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI).....	21
5.5.6. Odnos infaunalnih i epifaunalnih bentičkih vrsta	22
5.5.7. Transfer funkcija za salinitet.....	22
6. Rezultati.....	23
6.1. Profil Bukova glava BGM5.....	23
6.2. Mikropaleontološka analiza uzoraka	27
6.3. Sistematika određenih vrsta bentičkih foraminifera.....	29
6.4. Biostratigrafski položaj	32
6.5. Rezultati analize autohtonih vrsta bentičkih foraminifera.....	34

7. Rasprava	37
8. Zaključak	41
9. Literatura	42

Table I–III

1. Uvod

Foraminifere su jednostanični, heterotrofni, eukariotni organizmi. Izlučuju skelet koji se naziva kućica, a ona može biti organska, aglutinirana, kalcitna ili kvarcna (BOUDAGHER-FADEL, 2015). Žive kao plankton ili bentos, uglavnom su marinski organizmi, ali neke foraminifere mogu živjeti i u brakičnim i slatkovodnim okolišima. Kućice bentičkih foraminifera ukazuju na vrstu podloge, dubinu mora, kemijski sastav morske vode i temperaturu morske vode. Važnu ulogu imaju u rekonstrukciji paleookoliša, koja se temelji na principu aktualizma, odnosno na primjeni ekoloških zahtjeva recentnih vrsta na njihove fosilne srodnike (MURRAY, 2006).

Profil Bukova glava BGM5 smješten je unutar kamenoloma Našicecement d.d., na sjevernim padinama planine Krndija. Dosadašnja istraživanja ovog profila pokazala su da je na tom lokalitetu uočen kontinuirani prijelaz badenskih u sarmatske naslage (KOVAČIĆ et al., 2015b; KOVAČIĆ et al., 2017a). Na osnovu analize bentičkih foraminifera, određena je *Buliminsko-Bolivinska* zona gornjeg badena, dok je samo u vršnom dijelu profila zabilježena *Anomalinoides dividens* zona donjeg sarmata. Tijekom ove godine u kamenolomu su iskopane još dvije etaže te je najgornji dio naslaga postao dostupan za istraživanja. Terenska istraživanja obavljena su u ožujku 2019. godine te je tom prilikom snimljen detaljni geološki stup Bukova glava BGM5 kroz najgornje etaže i obavljeno je detaljno uzorkovanje naslaga. U ovom diplomskom radu analizirani su laporoviti uzorci iz donjeg dijela snimljenog stupa, u svrhu određivanja starosti naslaga te paleoekološke rekonstrukcije okoliša na osnovu malih bentičkih foraminifera. Preliminarni rezultati istraživanja ovog diplomskog rada predstavljeni su u prihvaćenom sažetku 6. Hrvatskog geološkog kongresa (ILEKOVIĆ et al., 2019).

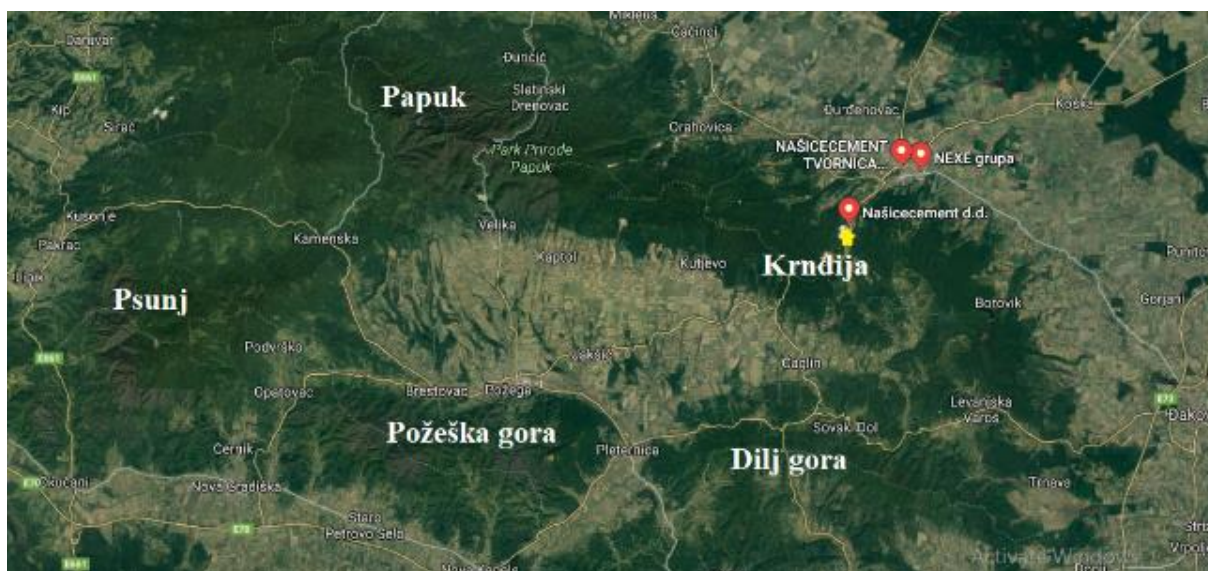
2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Prve podatke o geološkoj građi s područja Našica iznosi STUR (1861, 1862). Geološke karte iz tog područja prikazuju uglavnom starije stijene Papuka i Krndije. O stratigrafiji i tektonici Krndije piše GORJANOVIĆ (1897), a zatim (1899) obrađuje naslage iz „donjeg pontaa“ šireg područja Londžice gdje navodi i bogatu makrofossilnu zajednicu. Prema novijim istraživanjima „pontaa“ se ne koristi u regionalnoj stratigrafskoj nomenklaturi Panonskog bazenskog sustava, a sada naslage nekadašnjeg „pontaa“ pripadaju gornjem panonu, dok se cijeli panon odnosi na raspon od gornjeg miocena do donjeg pliocena (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018)). Metamorfne i eruptivne stijene Krndije prvi istražuje KIŠPATIĆ (1912, 1916). POLJAK (1923) daje prilog o geomorfološkom poznavanju Krndije i izdvaja trijaske dolomitne naslage na području Krndije. U neogenskim naslagama izdvojio je miocen i „donji panonaa“ (novijim istraživanjima donjem panonu pripadaju „Croatica“ i „Banatica“ naslage, PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018), a u kvartarnim naslagama izdvaja aluvij i diluvij. MAGDALENIĆ & BLAĆE (1958) rade reviziju „tercijarnih“ (naziv tercijar više nije u upotrebi, nego paleogen i neogen) sedimentata s namjerom preciznijeg litostratigrafskog horizontiranja. Istražujući mineralne sirovine, detaljnu analizu lapora daje TOLIĆ (1960), kao osnovnu sirovinsku bazu buduće našičke cementare, a glinovitom praporu namjenjuje ulogu dodatne komponente. MUTIĆ (1975) detaljno analizira naslage lesa okolice Vinkovaca, Našica i Valpova. Prikazuje kvalitativni i kvantitativni mineralni sastav, sadržaj kalcijevog karbonata i granulometrijski sastav te upućuje na porijeklo i eolski transport erodiranog materijala. U svom radu o istraživanju ugljikovodika istočne Slavonije, RADIĆ (1982) daje cjelovit prikaz dinamike istraživanja te posebno opisuje sva naftna i plinska polja s lista Našice, a daju se i podaci o strukturnom položaju ležišta, kolektorskim stijenama i kvaliteti ugljikovodika. U području jugoistočnog dijela Krndije, NOVOSEL-ŠKORIĆ et al. (1986) detaljno su sedimentološki obradili pliokvartarne sedimente uz litostratigrafski prikaz njihove neposredne podine. PAVELIĆ et al. (2003) obrađuju razvoj miocena na području Papuka, Pšunja, Požeške gore, Dilj gore i Krndije, s obradom lokaliteta Bukova glava, te Vranović-I i Vranović-II. KOVAČIĆ (2004) opisuje sedimentologiju gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena i utvrđuje porijeklo klastičnog materijala. VASILIEV et al. (2007) opisuju paleomagnetske rezultate naslaga za granicu panona i sarmata na profilu Vranović u kamenolomu Našicecement. ZEČEVIĆ et al. (2010) analiziraju naslage lokaliteta Bukova glava u kamenolomu Našicecement te određuju starost naslaga kao gornji baden i sarmat. JAPUNDŽIĆ et al. (2015) daju sažetak o fosilnom peru iz srednjemiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava, a utvrđeno je da je pero najslbličnije

današnjim plijenorima (Gaviidae) i da se radi o rodu *Gavia* sp. Također, na lokalitetu Bukova glava pronađeni su novi srednjemiocenski fosili o kojima pišu VRSALJKO et al. (2015). Riječ je o makrofosilima, odnosno fosilima mekušaca, riba, ježinaca i koprolitima. Slijed naslaga na lokalitetu Vranović opisali su KOVAČIĆ et al. (2015a, b). Naslage sarmatske starosti pripadaju „Kasonja formaciji“. U ovim naslagama dominiraju lapori, ostatak čine vapnenci, a nekoliko metara ispod granice sarmat-panon nalazi se sloj izmijenjenog tufa. Vapnenci i lapori izgrađuju naslage gornjeg miocena lokaliteta Vranović. Donji dio ovih naslaga pripada „Croatica formaciji“, a gornji „Pavlovci formaciji“. KOVAČIĆ & PAVELIĆ (2017) daju sažetak o stratigrafiji neogena na području slavonskih planina. U sažetku, KOVAČIĆ et al. (2017a) pišu o srednjemiocenskim marinskim naslagama s piroklastima na lokalitetu Bukova glava. Donji dio naslaga lokaliteta Bukova glava pripada badenskoj „Zdenci formaciji“, a gornji dio sarmatskoj „Dolje formaciji“. Naslage su grupirane u četiri glavna facijesa: algalni vapnenci, biokalkareniti i biokalciruditi, lapori i piroklastiti. Algalni vapnenci su uglavnom sastavljeni od crvenih algi koralinaceja, a od ostalih biogenih čestica prisutni su mekušci, mahovnjaci i bentičke foraminifere. Takva fosilna zajednica upućuje na taloženje u plitkomorskom okolišu i prisutnost manjih grebena. Biokalkareniti i biokalciruditi vjerojatno su nastali erozijom grebena te preradom materijala vjetrom i olujama. Deblji slojevi ovog facijesa istaloženi su u plitkom moru, dok su tanji slojevi u izmjeni s laporima mogli biti istaloženi gravitacijskim tokovima u dubljem okolišu. Lapori, koji variraju od masivnih do izrazito laminiranih, istaloženi su iz suspenzije u mirnom okolišu. Unutar lapora, nedavnim su istraživanjem utvrđena tri sloja alteriranog tufa. U cijelom slijedu naslaga, foraminiferske zajednice dobro su očuvane i bogate jedinkama i vrstama. Sljedeći sažetak od KOVAČIĆ et al. (2017b) donosi opis sarmatskih i panonskih naslaga na lokalitetu Vranović. Utvrđena je postupna promjena u litologiji i nagla promjena u fosilnoj zajednici na granici sarmata i panona. Između lapora s tipičnom sarmatskom fosilnom zajednicom i vapnenaca sa zajednicom mekušaca tipičnom za „donji panon“, nalazi se decimetarski sloj bez fosila. Takva promjena u fosilnoj zajednici upućuje na dezintegraciju morskog prostora Centralnog Paratethysa i stvaranje brakičnog Panonskog jezera. TROGRLIĆ (2018) analizira tri uzroka lapora s donjeg dijela profila lokaliteta Vranović. Analizom bentičkih foraminifera utvrđena je sarmatska starost naslaga te plitkovodni okoliš unutrašnjeg šelfa. Određene su dvije zajednice bentičkih foraminifera – *Elphidium*, koja se nalazi u svijetlim laminama lapora i ukazuje na oksične uvjete pri morskom dnu, i druga – *Bolivina*, koja se nalazi u tamnoj lamini lapora i ukazuje na smanjenje kisika pri morskom dnu.

3. Geološka građa istraživanog područja

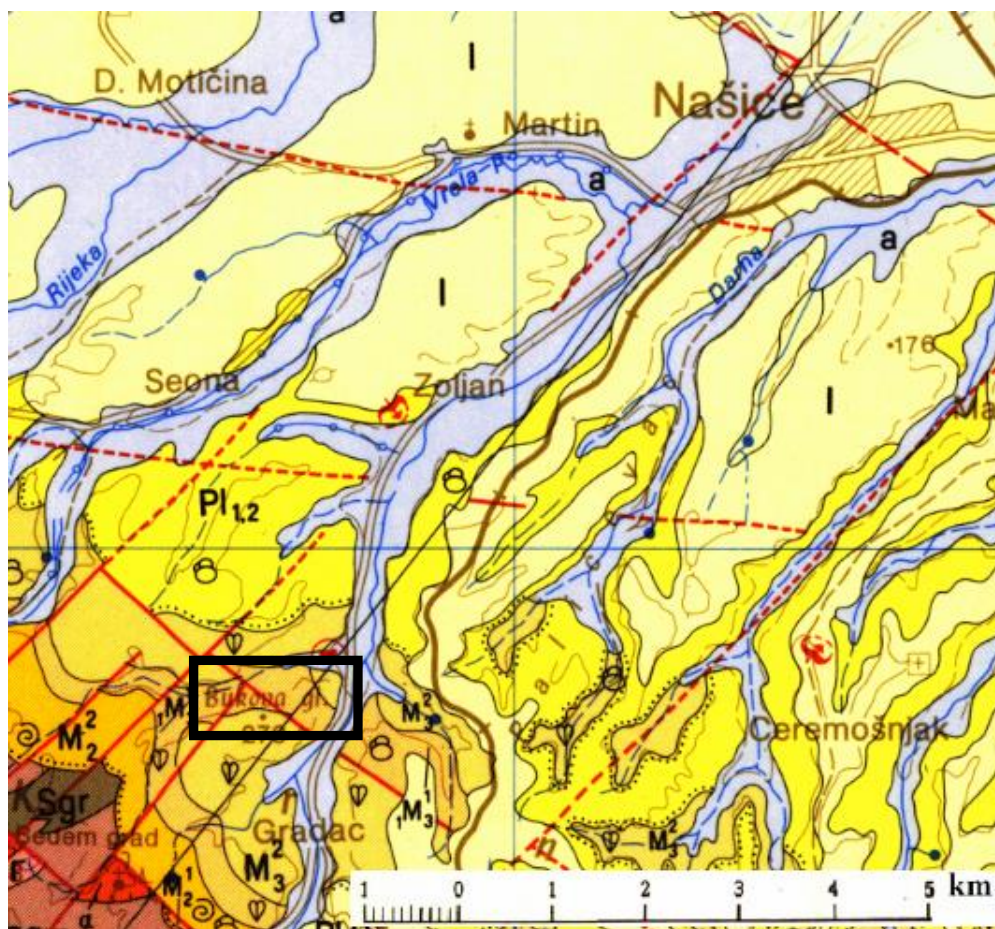
Izraz Slavonske planine odnosi se na pet planina visokih do 1000 m koje su smještene u području istočnohrvatske regije Slavonija, a protežu se južnim rubom Panonskog bazenskog sustava. Slavonskim planinama pripadaju Psunj, Papuk, Krndija, Požeška gora i Dilj gora (Slika 1). Predstavljaju velike blokove sastavljene od različitih, tektoniziranih premiocenskih podinskih stijena na koje naliježu miocenske naslage, a uzdignute su tijekom pliocena i kvartara. Premiocenske stijene izložene na površini u središnjim dijelovima Psunja, Papuka i Krndije, sastoje se od metamornih i magmatskih prealpskih stijena te od permsko-mezozojskih sedimenata. Podina miocenskih naslaga na Požeškoj gori sastoji se od gornjokrednih (ŠPARICA et al., 1979, 1980) i vjerojatno paleogenskih stijena (HALAMIĆ et al., 1993), dok na Dilj gori premiocenske stijene nisu dostupne na površini (KOVAČIĆ & PAVELIĆ, 2017).



Slika 1. Geografski smještaj Slavonskih planina i označen položaj kamenoloma Našicecement (preuzeto iz Google mape).

Stijene prekambrijske starosti izgrađuju centralne i istočne dijelove Krndije, a one su dio psunjsko–krndijskog kompleksa. U području slavonskih planina, prekambrijski kompleks metamornih stijena, zastupljen je kristalastim škriljavcima amfibolitskog facijesa i facijesa zelenih škriljavaca (KOROLIJA & JAMIČIĆ, 1988).

Neogenski sedimenti okružuju kristalinsku jezgru Krndije na padinama. Najstariji neogenski sedimenti leže transgresivno preko kristalizirane podloge, a sastoje se od nesortiranih konglomerata, pijesaka i glina. Na intenzivnu vulkansku aktivnost koja počinje u donjem, a traje i u srednjem miocenu, uz povremene prekide, ukazuju pojave tufova i tufita. Do transgresije regionalnog karaktera dolazi tijekom karpata i donjeg badena kada je more preplavilo veliki dio sjeverne Hrvatske. Sedimentacija započinje bazalnim polimiktnim konglomeratima, u sljedećem intervalu prevladavaju fosiliferni bioklastični vapnenci u alternaciji s vapnovitim pješčenjacima, a u najmlađim dijelovima prisutni su pjeskoviti laporoviti facijesi. Starost sedimentata određena je rodovima školjkaša *Pecten*, *Ostrea*, *Chlamys*, *Amussium* i bentičkim foraminiferama rodova *Elphidium*, *Uvigerina*, *Bolivina*, *Ammonia* (KOROLIJA & JAMIČIĆ, 1988). Na prijelazu u sarmat talože se pjeskoviti ili vapnoviti lapori, taloženi u zaštićenoj sredini i dalje od obale. Zbog odvajanja Panonskog bazena od Paratethysa, sarmat je karakteriziran oslađivanjem i smanjenim sedimentacijskim bazenom. Dobro uslojeni lapori i laporoviti vapnenci, koji predstavljaju brakične sedimente, talože se u donjem sarmatu. Naročito su lijepo razvijeni u širem području našičke cementare. Lapori ukazuju na mirniju sredinu sedimentacije, dok vapnenci s brojnim nesortiranim kamenim jezgrama makrofosila, ukazuju na taloženje u nemirnijim predjelima bazena s većom energijom vode. U vapnencima se ističu rodovi školjkaša *Cerastoderma* i *Ervilia*, kojima je definirana sarmatska starost. Od mikrofosila, posebno se ističu foraminifere roda *Elphidium*, gdje su prisutne tipične sarmatske vrste. Na naslage sarmata nastavljaju se vapnenci i lapori panona. Naslage „donjeg panona“, tzv. „Croatica naslage“, izgrađene su od pločastih, dobro uslojenih laporovitih vapnenaca u kojima se nalaze otisci gastropoda i školjkaša polubrakičnog do slatkovodnog tipa. Prisutne su tipične provodne vrste puževa *Radix croatica* i *Gyraulus praeponticus*. Od mikrofosila ističu se ostrakodi. Kontinuirano na „Croatica naslage“ talože se slabije uslojene „gornjopanonske“ „Banatica naslage“, one su predstavljene plavičastosivim do žućkastosmeđim vapnovitim laporima vrlo ograničenog rasprostiranja. U ovim naslagama česti su nalazi školjkaša vrste *Congerina banatica*. Na „Banatica naslage“ kontinuirano slijede sedimenti „donjeg pontaa“ uz postupni pad karbonatne komponente, a razvijeni su u facijesu žućkastosivih lapora koji u višim nivoima postaju jače pjeskoviti. Tijekom pliocena dolazi do jakog izdizanja i talože se nesortirani šljunci, pijesci i gline u izoliranim slatkovodnim bazenima. U pleistocenu se izdizanje nastavlja i taloži se les, a u holocenu se odvijalo završno oblikovanje reljefa pod utjecajem fluvijalne erozije (Slika 2) (KOROLIJA & JAMIČIĆ, 1988).



LEGENDA KARTIRANIH JEDINICA

LEGENDA STANDARDNIH OZNAKA

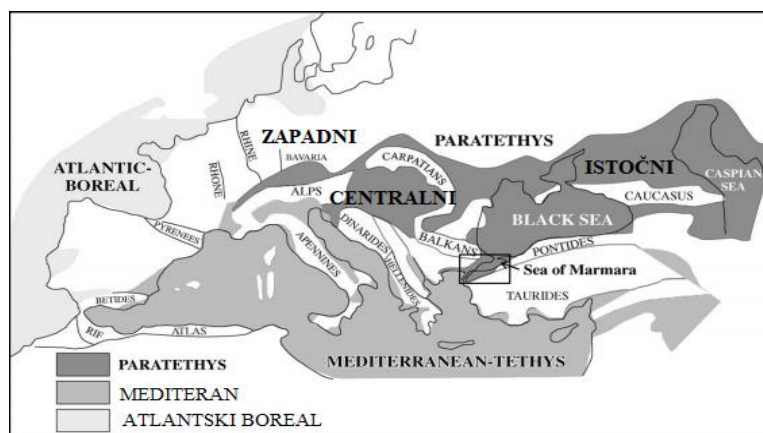
	Normalna granica
	Erozivna ili tektonsko-erozivna granica
	Rasjed bez oznake karaktera: utvrđen, pretpostavljen
	Elementi položaja sloja: pojedinačno mjerenje, horizontalan sloj
	Makrofauna: slatkovodna, bočata, marinska
	Mikrofauna i mikroflora
	Kop cementnog lapora

Slika 2. Isječak iz Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, List Našice, s označenim položajem lokaliteta Bukova glava (KOROLIJA & JAMIČIĆ, 1989).

4. Paratethys i biostratigrafija sarmata

4.1. Paratethys

Početak miocena dolazi do kolizije Afričke i Eurazijske ploče te se izdižu planinski lanci Alpi, Helenida i Dinarida, a Tethys se dijeli na južni i sjeverni dio. Sjeverni dio naziva se Paratethys, a bio je podijeljen na tri paleogeografske jedinice, Zapadni, Centralni i Istočni Paratethys, svaka s različitim paleoekološkim uvjetima (Slika 3) (PILLER et al., 2007). U razdoblju od oligocena do miocena, veliki dijelovi Europe i zapadne Azije bili su prekriveni epikontinentalnim morem Paratethys (KOUBOVÁ & HUDÁČKOVÁ, 2010). Povlačenje ovog mora obilježeno je složenom kombinacijom bazenske ispune, glacioeustatskim spuštanjem morske razine i tektonskim podizanjem, a današnji ostaci nekadašnjeg Paratethysa su Crno i Kaspijsko more. Povlačenje Paratethysa utjecalo je na klimatske uvjete, ekosisteme i taložne sustave na području današnje Europe te stvorilo veliku količinu prirodnih resursa koje su danas od velike važnosti za tu regiju (SANT et al., 2017). Za razliku od Paratethysa koji se povećavao i smanjivao s globalnim promjenama razine mora, SANT et al. (2017) pokazuju da je razvoj različitih mora bio uvjetovan prvenstveno tektonikom. Donjomiocensko „Otnangsko more“ (~18 mil. god.) bilo je povezano s Mediteranom preko Rhône doline, dok je „Karpatsko more“ (~16,5 mil. god.) nastalo marinskom transgresijom uzrokovanom tektonikom kroz Transtetijski prolaz. U većini bazena središnje Europe, „Badensko more“ (<15,2 mil. god.), nastalo subdukcijским procesima u panonskoj i karpatskoj regiji, značajno je mlađe (oko milijun godina) nego što se do sad procjenjivalo. Novija paleogeografska rekonstrukcija pruža bolje razumijevanje bazenske dinamike, raspodjelu kopna i mora te paleookolišnih promjena tijekom miocena u središnjoj Europi (SANT et al., 2017).



Slika 3. Položaj Istočnog, Zapadnog i Centralnog Paratethysa tijekom neogena (preuzeto i preuređeno iz RÖGL & STEININGER, 1983).

Paratethys je tijekom sarmata gotovo u potpunosti bio odsječen od Mediterana (Slika 4). Međutim, Centralni Paratethys bio je dobro povezan s Istočnim Paratethysom (PILLER et al., 2007). Centralni Paratethys protezao se od Bavarske do Karpata (Slika 3) (PAVELIĆ, 2002) Korelacija Centralnog Paratethysa s drugim dijelovima Paratethysa i Mediterana, otežana je zbog ograničene povezanosti i nedostatka stenohaline faune. Planktonskih foraminifera gotovo u potpunosti nema, jedino je prisutan vapnenački nanoplankton koji je male raznolikosti i s puno endemičnih vrsta (PILLER et al., 2007). Rast ili pad morske razine, kao i klimatske promjene u poluzatvorenom području Centralnog Paratethysa, često su bile lokalnog karaktera, a globalne su promjene razine more utjecale na njih samo do određenog stupnja. Složena geodinamska evolucija alpsko-karpatsko-panonske i dinaridske regije uzrokuju poteškoće u korelaciji sa standardnom geološkom ljestvicom, čak i između pojedinih bazena Centralnog Paratethysa. KOVAČ et al. (2018) predlažu da bi regionalna vremenska tablica trebala biti definirana tako da granice između razdoblja odražavaju lokalne i regionalne geodinamske procese kao i otvaranje i zatvaranje morskih prolaza (KOVÁČ et al., 2018).



Slika 4. Paleogeografska karta područja Mediteran – Paratethys tijekom sarmata i označen položaj Hrvatske (žuta točka) (preuzeto iz CORNÉE et al., 2009).

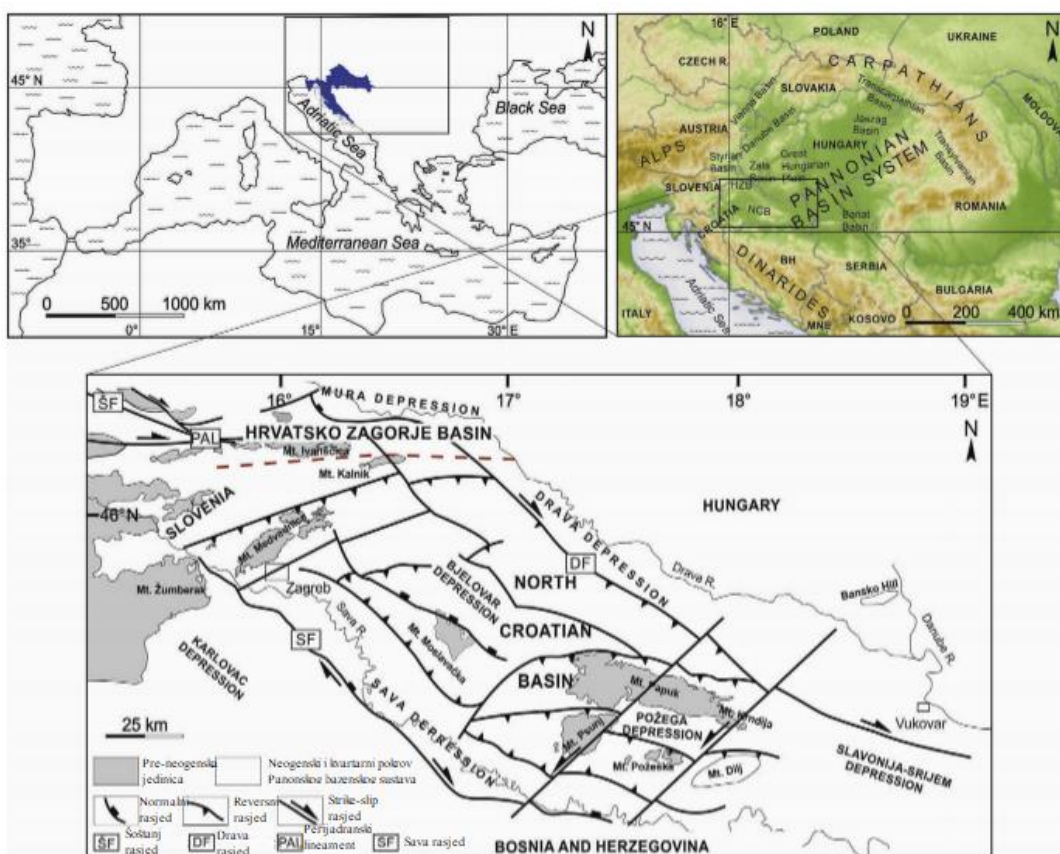
U geotektonskom smislu, Panonski bazenski sustav (PBS) najveći je dio Centralnog Paratethysa. Panonski bazenski sustav okružen je Alpama i Karpatima te Dinaridima koji su postojali kao kopno između Mediteranskog mora i Panonskog bazenskog sustava tijekom njegove evolucije (Slika 5) (PAVELIĆ, 2002). Panonski bazenski sustav danas prekriva južni rub europske ploče i manji dio Unutrašnjih Dinarida (VELIĆ, 2007). Stvaranje ovog bazena započinje subdukcijom u otnangu i konvergencijom Apulijske ploče pod Dinaride (MALVIĆ

& VELIĆ, 2008). Sastoji se od manjih bazena i depresija. Tijekom donjeg miocena na području sjeverne Hrvatske dolazi do razvoja dva bazena: Bazen Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatski bazen. Bazen Hrvatskog zagorja nalazi se u sjeverozapadnom području Hrvatske, a Sjevernohrvatski bazen prekriva gotovo cijelu sjevernu Hrvatsku (Slika 5) (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

Sjevernohrvatski bazen predstavlja jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava, a njegovo stvaranje započelo je u donjem miocenu (Slika 5). Evolucija bazena dijeli se u dvije faze: sin-riftnu koja je trajala od donjeg miocena (otnang) do srednjeg miocena (srednji baden), i post-riftnu fazu koja je trajala od srednjeg miocena (gornji baden) do kvartara. Sin-riftna faza obilježena je taložnim okolišima koji su se mijenjali od marinskih do kontinentalnih. Okoliši su bili kontrolirani listričkim normalnim rasjedanjem, izmjenom klimatskih uvjeta od aridnih do humidnih, povećanom vulkanskom aktivnošću te marinskim transgresijama i regresijama nastalima zbog eustazije. Za post-riftnu fazu karakteristično je izmjenjivanje taložnih okoliša od marinskih do kontinentalnih i smanjenje vulkanske aktivnosti. Otvaranje i zatvaranje povezanosti s otvorenim morem rezultiralo je stvaranjem nefosilifernih kontinentalnih naslaga ili uzrokovalo širenje endemskih vrsta (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Ranija stratigrafska istraživanja Sjevernohrvatskog bazena, primarno temeljena na biostratigrafiji i superpoziciji, poboljšana su rezultatima dobivenima iz radiometrijskog datiranja i integrirane biostratigrafije. Uglavnom su usredotočena na granice donji/srednji miocen i miocen/pliocen koje razdvajaju intervale specifične taložne evolucije bazena. Najvažnije taložne i paleogeografske razlike tiču se relativno dugog perioda stvaranja rane kontinentalne faze koja je trajala od otnanga do donjeg badena. Za razliku od dijelova Panonskog bazenskog sustava koje karakterizira marinsko taloženje u donjem badenu, za Sjevernohrvatski bazen specifično je taloženje u slatkovodnom jezerskom okolišu. Stratigrafske i paleogeografske razlike dokazuju složenost Panonskog bazenskog sustava unutar područja Centralnog Paratethysa (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

Naslage Sjevernohrvatskog bazena tijekom sarmata sadrže transgresivno-regresivne cikluse, s debljinom do 150 m. Uglavnom naliježu na gornjobadenske naslage u kontinuiranom taložnom slijedu. Zbog pada morske razine tijekom gornjeg badena, na novostvorene arhipelage utjecala je slaba erozija što je rezultiralo taloženjem plitkovodnih šljunaka, kalkarenita i vapnenaca te prerađene badenske flore i faune. Taloženje se odvijalo u ograničenom marinskom okolišu smanjenog saliniteta. Produbljivanje koje je uslijedilo, uzrokovalo je širenje bazena i dominantno taloženje sitnozrnatih naslaga. Podizanjem razine mora došlo je do plavljenja kopna i stvaranja transgresivnog kontakta preko gornjobadenskih naslaga. Gravitacijskim

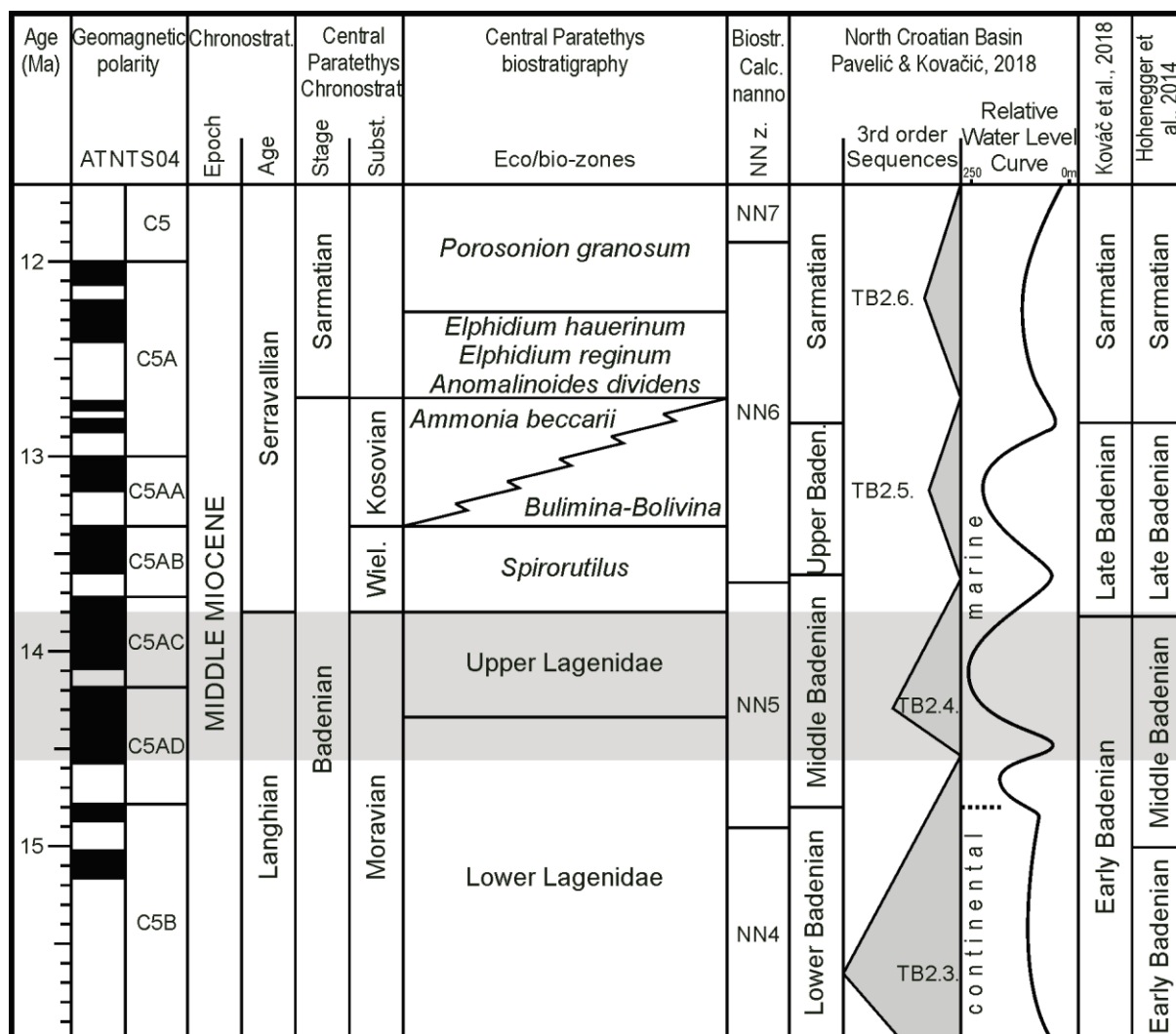
tokovima na dubini od 20 do 120 m dolazi do taloženja horizontalno laminiranih i masivnih lapora i povremenog unosa pijeska u bazen. Tijekom gornjeg sarmata prisutan je trend oplićavanja na što ukazuje pojava pješčenjaka i mjestimično konglomerata. U sarmatskom slijedu naslaga, rijetke pojave bentonita pojavljuju se kao rezultat izmjene vulkanskog stakla, a ukazuje na pojačanu vulkansku aktivnost karakterističnu za post-riftnu fazu. Početkom izolacije bazena i zbog promjena u salinitetu, većina stenohalinih morskih organizama izumrla je na granici baden/sarmat. Nove zajednice koje su se razvile ili su migrirale s prostora Istočnog Paratethysa prilagodile su se ekološkim uvjetima, a uključuju foraminifere, mekušce, nanoplankton i fitoplankton. Zajednica jasno označava sarmatsku starost naslaga (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).



Slika 5. Položaj Panonskog bazenskog sustava, Sjevernohrvatskog bazena i Bazena Hrvatskog zagorja (preuzeto i preuređeno iz PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

4.2. Biostratigrafija sarmata

Sarmat je kao regionalno doba definirao SUESS (1866) u Bečkom bazenu. Stratigrafski odgovara gornjem seravalu prema mediteranskoj podjeli. Sarmat započinje prije 12,7 milijuna godina, a dijeli se na donji i gornji (PILLER et al., 2007). Za donji sarmat karakteristično je taloženje sitnozrnatih siliciklastičnih sedimenata, a gornji sarmat obilježilo je taloženje karbonatno-siliciklastičnih sedimenata. Baza sarmata definirana je pojavom visoko endemične faune, posebno mekušaca, a manje foraminifera. Obje grupe omogućuju stratigrafsku podjelu. Donji sarmat je na temelju mekušaca podijeljen na *Mohrensternia* i *Ervilia* zonu, a gornji sarmat na *Ervilia* i *Sarmatimactra vitaliana* zonu. Na osnovu bentičkih foraminifera donji sarmat podijeljen je na *Anomalinoidea dividens*, *Elphidium reginum* i *Elphidium hauerinum* zonu, a gornji sarmat sadrži *Porosonion granosum* zonu (Slika 6).



Slika 6. Podjela srednjeg miocena na zone na temelju malih bentičkih foraminifera (preuzeto iz PEZELJ & DROBNJAK, 2019).

Povećanjem broja endemičnih vrsta, dolazi do gubitka stenohalinih vrsta na granici baden/sarmat. Budući da radiolarije, planktonske foraminifere, koralji i bodljikaši nisu prisutni u ovim sedimentima, oni su nazvani „brakična faza“. Donedavno se smatralo da je okoliš u sarmatu bio okoliš sa smanjenim salinitetom, a kasnijim istraživanjima pokazalo se da su okoliši bili normalni marinski (PILLER et al., 2007). Sarmat završava prije 11,6 milijuna godina te dolazi do izumiranja preko 90% gastropoda i foraminifera što je obilježje granice sarmat/panon (PILLER et al., 2007).

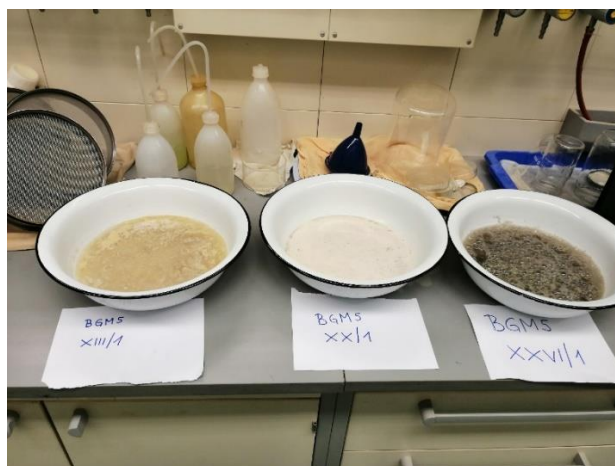
5. Metode istraživanja

5.1. Terenski rad

Terenski rad obavljen je na lokalitetu Bukova glava, kamenolom Našicecement, d.d. Na terenu je snimljen detaljan geološki stup, napravljen terenski dnevnik, uzeti su uzorci za analize te su fotografirani intervali iz stupa. Uzorci su uzeti za analizu metodom šlemanja, kalcimetriju i izradu izbrusaka te nekoliko uzoraka makrofosila. Fotografije su snimane mobilnim uređajem Samsung Galaxy Core Prime.

5.2. Metoda muljenja

Metoda muljenja obavljena je u laboratoriju na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a. Uzorci su obrađeni u laboratoriju metodom muljenja ili mokrog prosijavanja. Za ovu metodu korišteno je oko ½ kg uzorka. Svaki uzorak potrebno je prvo usitniti pomoću geološkog čekića i staviti u zdjelu. Uzorak se prelije toplom vodom u tolikoj mjeri da prekrije uzorak te se u to doda vodikov peroksid (jedan čep) (Slika 7). Tako namočeni uzorak stoji dva do tri dana nakon čega je spreman za metodu ispiranja. Za tu metodu potrebna su četiri sita promjera mreže: 63, 125, 250 i 500 µm kroz koja se uzorak prosijava. Sita se slažu jedno na drugo od najmanjeg do najvećeg promjera mreže. Tijekom prosijavanja uzorak se ispire vodom. U slučaju jako glinovitih uzoraka, uzorak je potrebno lagano miješati rukom i paziti da ne dođe do začepjenja sita ili prelijevanja vode preko ruba. Uzorak je prosijan onda kada kroz sita prolazi čista voda. Frakcije koje ostanu na sitima prebace se svaka u svoju posudicu, iz njih se izlije voda i takve su spremne za sušenje. Uzorak se suši nekoliko dana. Kad je suh, uzorak mora biti rastresit i takav se sprema u vrećice po frakcijama. Materijal je tada spreman za pregledavanje pod mikroskopom.



Slika 7. Metoda muljenja – namočeni uzorci.

5.3. Pregled materijala i standardizacija uzoraka

Mikroskopske analize i fotografiranje uzoraka obavljeno je na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a. Frakcije su pregledane pod stereoskopskom lupom Stereo Zoom Microscope XTL-2400, a odabrani uzorci fotografirani su na mikroskopu Olympus SZX7. Uzorci su prvotno pregledani da se utvrdi sadrže li mikrofosile i da se odredi stupanj očuvanosti mikrofosila. Standardizacija se radi na uređaju koji se zove mikrospliter koji uzorak podijeli na dva jednaka dijela. Taj postupak se ponavlja dok se ne dobije željena količina uzorka, tj. približno 300 jedinki. Iz standardiziranog uzorka potrebno je izvaditi oko 300 jedinki foraminifera te prebrojati planktonske i bentičke foraminifere kako bi se dobio njihov odnos. Nakon što su planktonske foraminifere odvojene, potrebno je bentičke foraminifere dopuniti do 300 jedinki.

5.4. Odnos plankton/bentos

Odnos plankton/bentos daje podatke o okolišu, tj. dubini taložnog bazena. Porastom dubine povećava se udio planktonskih foraminifera, dok broj bentičkih opada (MURRAY, 1991). Odnos plankton/bentos računa se po formuli (MURRAY, 1991):

$$P/B = P/(P+B) \times 100 \%$$

gdje je:

P – broj planktonskih foraminifera

B – broj bentičkih foraminifera

Po ovoj se formuli određuju mogući okoliši (MURRAY, 1991):

P/B (<20:>80) – unutrašnji šelf

P/B (10 – 60: 90 – 40) – srednji šelf

P/B (40 – 70: 60 – 30) – vanjski šelf

P/B (>70:<30) – gornji dio kontinentalne padine

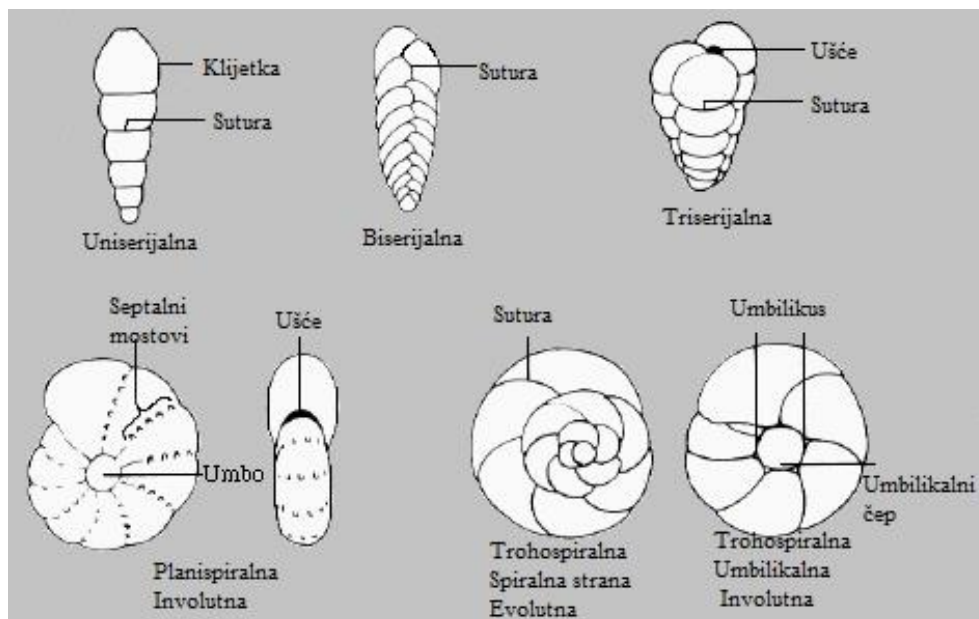
Vidljivo je da može doći do preklapanja zbog čega se koristi modificirana podjela: unutrašnji šelf (<20% planktona), srednji šelf (20 – 50%), vanjski šelf (50 – 70%) i gornji batijal (>70%) (PEZELJ, 2006).

5.5. Analiza zajednice bentičkih foraminifera

5.5.1. Određivanje rodova i vrsta bentičkih foraminifera

Glavni kriteriji za određivanje vrsta bentičkih foraminifera su: tip stijenke, oblik kućice i klijetki, izgled sutura, oblik i položaj ušća, prisutnost umba i umbilikusa te ukrasi na površini kućice (npr. bodlje, rebra ili strije) (Slika 8). Kućica se sastoji od klijetki koje su međusobno odijeljene septima (pregradama), a na svakom septu nalazi se otvor (foramen) koji omogućuje komunikaciju između klijetki. Na mjestima gdje se septi dodiruju s površinom kućice nastaju suture. Način namatanja kućice može biti uniserijalan (u jednom redu), biserijalan (u dva reda) ili triserijalan (u tri reda), tada kućica ima izdužen oblik. Ukoliko se klijetke spiralno nižu oko jedne osi namatanja, kućica je planispiralna. Planispiralne kućice mogu biti involutne, evolutne ili djelomično evolutne. Kod involutne kućice zadnji zavoj prekriva sve prethodne zavojne, dok su kod evolutne kućice vidljivi svi zavoji. Kućica ima trohospiralan oblik ako nastaje nizanjem klijetki oko helikoidalne osi (slično namatanju puževe kućice). Trohospiralne kućice imaju spiralnu i umbikalnu stranu koje mogu biti involutne ili evolutne. Na najmlađoj klijetki nalazi se otvor ili otvori koji se nazivaju ušće ili apertura, a preko njega foraminifera komunicira s okolišem. Položaj i oblik ušća različiti su ovisno o vrsti. Pupak ili umbilikus središnje je udubljenje na kućici gdje se klijetke dodiruju oko osi namatanja, a može biti otvoren ili prekriven umbikalnim čepom. Umbikalni čep nakupina je čvrstih lamela koje oblikuju čep u središtu pupka. Zadebljanje lamela na aksijalnom prostoru involutnih kućica naziva se umbo. Izgled i oblik kućice ovisi o rasporedu i obliku klijetki. Kućica se može sastojati od jedne klijetke – monotalamična ili od više klijetki – politalamična. Početna klijetka naziva se prolokulus. Oblik klijetki može biti kuglast, polumjesečast, ovalan, cjevast, kockast itd. Kućica može imati periferno zadebljanje što se naziva kobilica ili keel (BOARDMAN et al., 1987; PROTHERO, 2013).

U svakom standardiziranom uzorku određen je broj rodova i vrsta te je izračunat njihov postotak. Rodovi i vrste bentičkih foraminifera određeni su na temelju literature LOEBLICH & TAPPAN (1988a, b), CICHA et al. (1998), PAPP i SCHMID (1985) te internetske stranice WoRMS (World Register of Marine Species). Stratigrafski rasponi preuzeti su iz LOEBLICH & TAPPAN (1988a, b) i CICHA et al. (1998). Sistematika bentičkih foraminifera napravljena je prema WoRMS-u, gdje je provjerena i validnost vrsta.



Slika 8. Morfologija kućice (preuzeto i preuređeno iz BOARDMAN et al., 1987).

5.5.2. Dominantne i srednje zastupljene bentičke vrste, očuvanost foraminifera i njihovi ekološki zahtjevi

Kod paleoekološke rekonstrukcije važna je prisutnost dominantnih i srednje zastupljenih rodova. Zastupljenost se gleda unutar cjelokupne zajednice, tako je MURRAY (1991) definirao sljedeće:

dominantne vrste: >10%

srednje zastupljene vrste: 4 – 10%

rijetko zastupljene vrste: 1 – 4%

vrlo rijetko zastupljene vrste: <1%

Očuvanost foraminiferske zajednice dijeli se prema stupnju očuvanosti jedinki (cjelovite ili fragmentirane) u zajednici na:

vrlo dobru: >90% cijelih jedinki

dobru: 61–90% jedinki dobro očuvanih

srednju: 30–60% jedinki ima tragove otapanja, fragmentiranja

lošu: jedinke su otopljene, fragmentirane.

Ekološki zahtjevi rodova preuzeti su iz MURRAY (2006).

Rod *Asterigerinata* trohospiralna je foraminifera koja živi u morskom okolišu kao slobodna epifauna na sedimentu. Biljojed je, živi u umjereno toplim morima u području unutrašnjeg šelfa (0–100 m), tolerira salinitet 32–37‰, a s obzirom na količinu kisika, oksična je.

Rod *Anomalinoides* ima niskotrohospiralnu kućicu. Smatra se da živi kao epifauna u morskom okolišu, živi u području od šelfa do batijala, podnosi salinitet 30–35‰, oksična je.

Rod *Cibicidoides* trohospiralna je foraminifera. Živi kao viseća epifauna na tvrdj podlozi. Smatra se da je pasivni suspenzojed. Obitava u hladnim morima od šelfa do batijala, oksična je i podnosi salinitet 32–37‰.

Rod *Elphidium* ima planispiralnu involutnu kućicu. Vrste s keel-om žive kao slobodna epifauna na biljkama na pješčanoj podlozi. Biljojedi su, žive u umjereno toplim morima u području unutrašnjeg šelfa (0–50 m). Podnose salinitet 30–70‰. Vrste bez keel-a žive kao slobodna infauna na pjeskovitim i muljevitim podlogama, biljojedi su. Tipične za brakične i hipersaline lagune i močvare, toleriraju salinitet 0–70‰, oksične su.

Rod *Bolivina* biserijalna je foraminifera koja može živjeti kao slobodna infauna i epifauna na muljevitim sedimentima. Živi u hladnim i toplim morima u području od unutrašnjeg šelfa do batijala. Po načinu ishrane je muljojed, podnosi salinitet 32–37‰, neke vrste tolerantne su na disoksiju.

Rod *Nonion* živi kao slobodna infauna na muljevitim ili siltnim podlogama. Biljojed je, živi u hladnim i toplim morima u području šelfa (0–180 m), podnosi salinitet 30–35‰, suboksična.

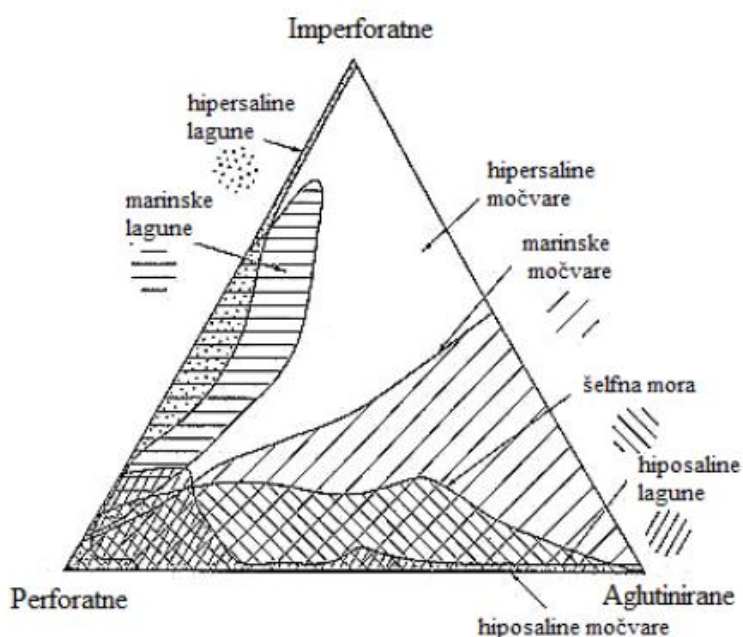
Rod *Cibicides* živi kao pričvršćena epifauna na čvrstim podlogama, smatra se da je pasivni suspenzojed. Živi u hladnim i toplim morima u području od šelfa do batijala (0–2000 m). Tolerira salinitet 32–37‰, oksična.

Rod *Ammonia* živi kao slobodna infauna na muljevatom pijesku. Smatra se da je biljojed. Živi u brakičnim, morskim, hipersalinim okolišima umjereno tople do tropske temperature, u području unutrašnjeg šelfa (0–50 m) u brakičnim i hipersalinim lagunama. Oksična je i podnosi salinitet 0–70‰.

Rod *Porosonion* živi kao epifauna na pjeskovitim podlogama. Biljojed je, oksična i podnosi salinitet 0–70‰.

5.5.3. Podjela bentičkih foraminifera po tipu stijenske

Bentičke foraminifere mogu se podijeliti u tri skupine prema tipu stijenske: aglutinirane (red Textulariina), perforatne (red Rotaliina) i imperforatne (red Milioliina). Dobiveni podaci o udjelu pojedinog tipa stijenske uvrštavaju se u trokomponentni dijagram za interpretaciju plitkovodnog okoliša (MURRAY, 1973) (Slika 9). Foraminifere s imperforatnom kućicom karakteristične su za najpliće okoliše, u nešto dubljim okolišima javljat će se perforatne, dok su aglutinirane foraminifere dominantno zastupljene u najdubljim okolišima.



Slika 9. Trokomponentni dijagram tipova stijenki koji služi za određivanje plitkovodnih okoliša (preuzeto i preuređeno iz MURRAY, 1973).

5.5.4. Raznolikost vrsta bentičkih foraminifera – bioraznolikost

Za određivanje raznolikosti zajednice bentičkih foraminifera izračunati su indeksi raznolikosti. Oni omogućuju utvrđivanje koliko je neka vrsta česta ili rijetka u standardnom uzorku. To su Fisher α indeks, Shannon-Wienerov indeks i indeks ekvitalnosti. Svi indeksi raznolikosti izračunati su pomoću računalnog programa PAST (PAleontological STatistics) (HAMMER, 2001).

5.5.4.1. Fisher α indeks

Koristan je pokazatelj raznolikosti (broj vrsta prema broju jedinki) zajednice. Uzima u obzir i vrste koje su prisutne s malim brojem jedinki. Određuje se pomoću grafikona (Slika 10), a izračunava se po formuli (MURRAY, 1991):

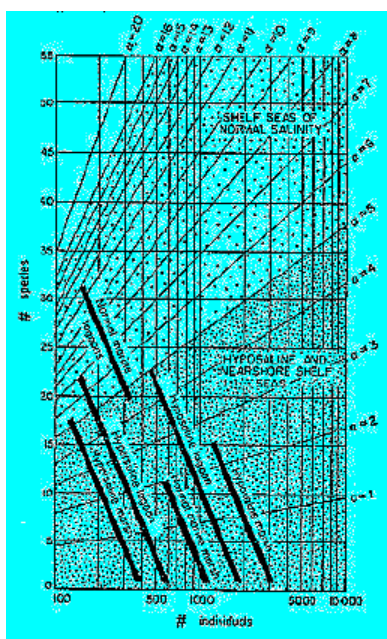
$$\alpha = \frac{N(1-x)}{x}$$

gdje je:

α – Fisher α indeks

N – broj jedinki

x – konstanta vrijednosti <1



Slika 10. Graf s naznačenim vrijednostima Fisher α indeksa (preuzeto iz MURRAY, 1973).

Vrijednosti Fisher α indeksa karakteristične su za određene okoliše (MURRAY, 1991):

$\alpha = <1 - 2 \rightarrow$ marinske močvare

$\alpha = <1 - 3 \rightarrow$ brakične mangrove

$\alpha = <1 - 5 \rightarrow$ brakične močvare i lagune

$\alpha = <1 - 6 \rightarrow$ hipersaline lagune

$\alpha = <1 - 7 \rightarrow$ hipersaline močvare

$\alpha = 1 - 22 \rightarrow$ gornji i donji batijal

$\alpha = 3 - 12 \rightarrow$ marinske lagune

$\alpha = 3 - 19 \rightarrow$ unutrašnji šelf

$\alpha = 5 - 19 \rightarrow$ vanjski šelf

5.5.4.2. Shannon-Wienerov indeks

Indeks je omjera broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici. Koristi se radi usporedbe različitih zajednica i okoliša. Izračunava se prema formuli (PEZELJ, 2006):

$$H(S) = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

gdje je:

S – ukupan broj vrsta u uzorku

i – ukupan broj jedinki jedne vrste

p_i – broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u uzorku

Ovaj indeks ima najveću vrijednost kad zajednica sadrži vrste koje su zastupljene jednakim brojem jedinki. Ima vrijednosti karakteristične za određene okoliše (MURRAY, 1991):

$H(S) < 0,6 \rightarrow$ brakični okoliš

$H(S) 0,6 - 2,1 \rightarrow$ priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu

$H(S) > 2,1 \rightarrow$ normalan marinski okoliš.

5.5.4.3. Indeks ekvitabilnosti (ravnornosti)

Indeks je sličnosti udjela vrsta. Vrijednost mu se kreće od 0 (kad zajednica sadrži samo jednu vrstu) do 1 (kad zastupljene vrste imaju jednak broj jedinki). Izračunava se prema formuli (PEZELJ, 2006):

$$E(S) = \frac{e^{H(S)}}{S}$$

gdje je:

$H(S)$ – Shannon-Wienerov indeks

S – ukupan broj vrsta u uzorku

5.5.5. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI)

S obzirom na količinu otopljenog kisika u vodi pri morskom dnu, rodovi bentičkih foraminifera dijele se na oksične (>1,5 mL/L), suboksične (0,3–1,5 mL/L) i disoksične (0,1–0,3 mL/L). Indeks kisika bentičkih foraminifera računa se prema formuli (KAIHO, 1994)

$$BFOI = [O/(O+D)] \times 100$$

gdje je:

BFOI – indeks kisika bentičkih foraminifera

O – broj oksičnih vrsta

D – broj disoksičnih vrsta

Različite vrijednosti indeksa kisika bentičkih foraminifera obilježavaju šest različitih uvjeta oksičnosti u pridненоj vodi morskog dna:

BFOI = 50 – 100 → visoko oksični uvjeti

BFOI = 15 – 50 → srednje oksični uvjeti

BFOI = 0 – 15 → nisko oksični uvjeti

BFOI = -40 – 0 → suboksični uvjeti

BFOI = -55 – -40 → disoksični uvjeti

BFOI = < -55 → anoksični uvjeti

5.5.6. Odnos infaunalnih i epifaunalnih bentičkih vrsta

Ovaj odnos daje podatak o trofičnosti nekadašnjeg ekosustava odnosno o paleoproduktivnosti nekadašnjih vodenih okoliša. Za epifaunalne vrste karakteristično je brzo razmnožavanje i život na normalno oksičnim površinskim staništima morskog dna. Infaunalne vrste pak karakterizira sporo razmnožavanje i život unutar sedimenta morskog dna, a tolerantne su na smanjenje kisika. U oligotrofičnim okolišima (puno kisika, malo hrane) dominantna je epifauna, u eutrofičnim okolišima (malo kisika, puno hrane) dominira infauna, dok je u mezotrofičnim okolišima podjednak udio infaune i epifaune (PEZELJ, 2006). Međusobni odnosi faktora koji utječu na broj infaunalnih i epifaunalnih vrsta konceptualizirani su TROX modelom (JORISSEN et al., 1995).

5.5.7. Transfer funkcija za salinitet

Podaci o rasponima saliniteta koje pojedina vrsta tolerira preuzeti su iz MURRAY (2006). Za brakične okoliše vrijednosti saliniteta kreću se 0–32‰, u marinskim okolišima 32–37‰, a u hipersalinima >37‰. Modifikacijom formule za izračun temperature (LOMMERZHEIM, 1991), dobiva se formula za izračun saliniteta, a ona glasi:

$$T = \frac{1}{N} x \sum n_i x \left[\frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} \right]$$

Kad se uvrste parametri za salinitet, dobiva se formula:

$$S = \frac{1}{N} x \sum n_i x \left[\frac{S_{\min} + S_{\max}}{2} \right]$$

gdje je:

S – salinitet

N – ukupan broj jedinki u zajednici

n_i – broj jedinki jedne vrste

S_{\min} , S_{\max} – najmanja i najveća vrijednost saliniteta koju tolerira pojedina vrsta.

6. Rezultati

6.1. Profil Bukova glava BGM5

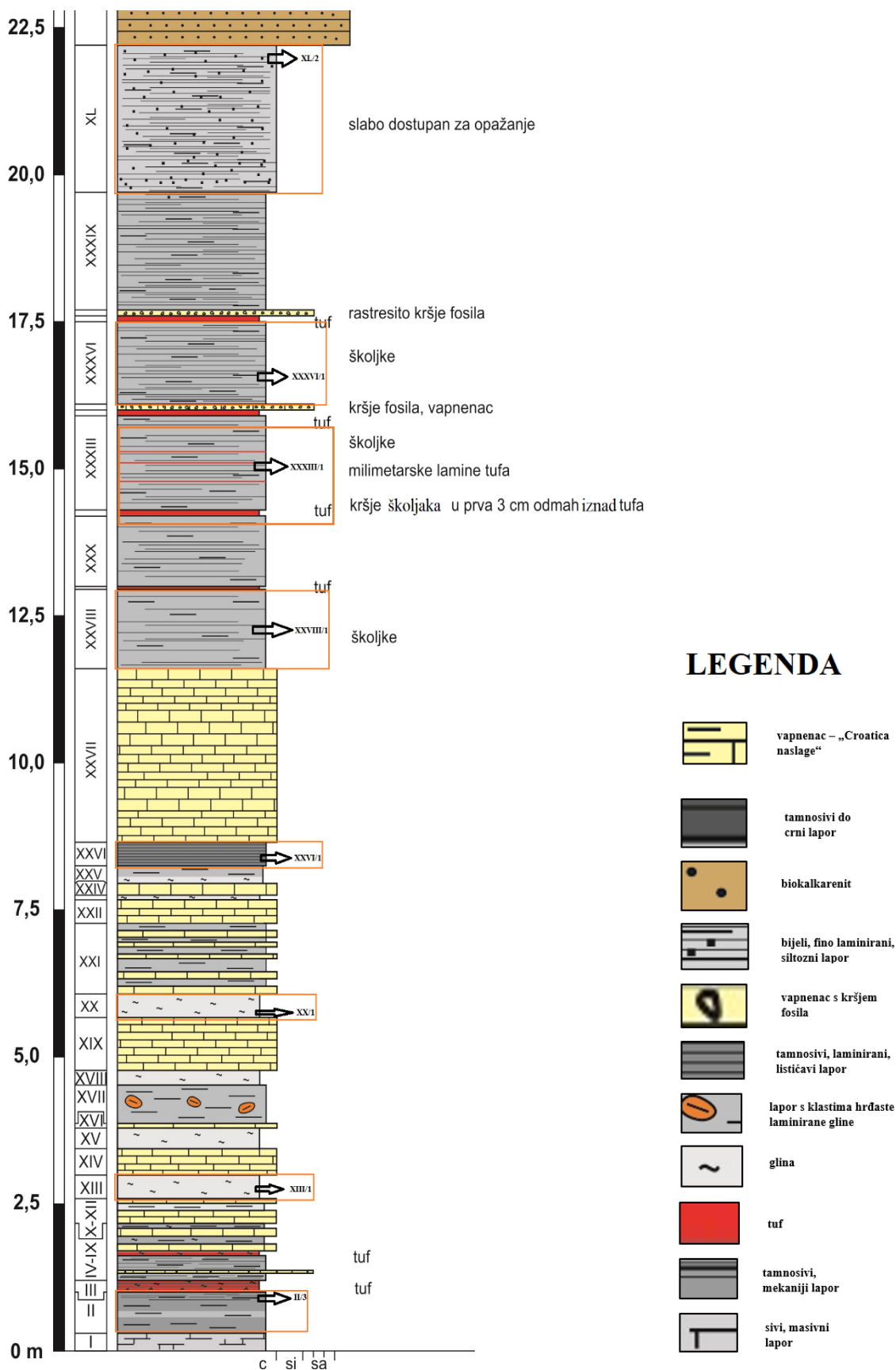
Terenski rad obavljen je 27. i 28. 3. 2019. godine na lokalitetu Bukova glava, u kamenolomu Našicecement, d.d. Izgled profila se zbog intenzivne eksploatacije stalno mijenja, a tijekom 2019. godine iskopane su nove etaže (Slika 11). Na terenu je snimljen detaljan geološki stup Bukova glava BGM5 (Slika 12).



Slika 11. Panoramski pogled na kamenolom Našicecement, d.d. i označen položaj novih etaža.

Ukupna debljina snimljenog stupa Bukova glava BGM5 iznosi 56 metara. U donjem dijelu stupa izmjenjuju se intervali lapora sivih nijansi, tufa, tvrdih vapnenaca uz poneki interval bijele ili žućkaste gline. Iz donjeg dijela stupa uzeta su 32 uzorka. U središnjem dijelu stupa nalazi se deblji interval biokalkarenita s blagim terigenim utjecajem. Sastoji se od slojeva debljine 5–10 cm različitog stupnja litificiranosti. Iz ovog dijela stupa uzet je jedan uzorak. U gornjem dijelu stupa izmjenjuju se intervali lapora, tufova i vapnenaca uz jedan interval izrazito crne boje s vidljivim biljnim trunjem. Iz gornjeg dijela stupa uzeta su 24 uzorka. Najgornji dio stupa čini vapnenac sa slatkovodnim makrofossilima, određen kao „Croatica naslage“. Iz ovog dijela stupa uzeto je pet uzoraka. Iznad „Croatica naslage“ nalazi se sloj lapora iz kojeg je uzet jedan uzorak (Slika 12). Ukupno su na terenu prikupljena 63 uzorka za laboratorijske analize, od čega ih je 46 uzeto za šlemanje, 54 za kalcimetriju, 19 za izradu izbrusaka i 9 uzoraka makrofosila.

Za ovaj diplomski rad korišten je donji dio stupa Bukova glava BGM5 iz kojeg je uzeto ukupno 30 uzoraka, od čega ih je osam odabrano za metodu šlemanja. Uzorci su odabrani tako da budu pravilno raspoređeni po donjem dijelu stupa (svakih 2–2,5 m) (Slika 13). Ukupna debljina donjeg dijela stupa iznosi 22,5 metara, a ovdje se izmjenjuju intervali lapora sivih nijansi, tufa, vapnenaca i bijele ili žućkaste gline. Interval II debljine 70 cm izgrađen je od tamnosivog, mekanog lapora sa slabo izraženom laminacijom te je izrazito bogat biljnim trunjem ili organskim ostacima. Na 30-cm cm intervala nalazi se centimetarski sloj svjetlije sivog lapora. Interval XIII sastoji se od žućkaste gline masivnog izgleda, debljine je 40 cm. Interval XX debljine je 40 cm. Izgrađen od mekanog, svijetlosivog do bijelog masivnog lapora u donjoj polovici intervala koji postupno prelazi u masivnu bijelu ili žućkastu kalcitičnu glinu. Interval XXVI debljine 40 cm sastoji se od tamnosivog, izrazito laminiranog lapora listićavog izgleda. Bogat je biljnim ostacima. Interval XXVIII debljine je 135 cm. Donji dio, prvih 20 cm izgrađeno je od sivo-žutog mekanog lapora, a dalje od sivog lapora. U ovom intervalu vidljive su ljuštire školjkaša. Interval XXXIII sastoji se od lapora sive boje, fino laminiran, a mjestimično su vidljive i lamine tufa milimetarskih dimenzija. Debljina intervala je 155 cm. Interval XXXVI sličan je intervalu XXXIII, debljine je 140 cm. Izgrađen od fino laminiranog sivog lapora, a prisutne su i nježne ljuštire školjkaša. Interval XL debljine je otprilike 2 m, a slabo je dostupan za opažanje. Sastavljen je od bijelog, fino laminiranog siltoznog lapora (Slika 13).



Slika 13. Donji dio stupa Bukova glava BGM5 s označenim položajem uzorkovanih intervala i položajem uzoraka.

6.2. Mikropaleontološka analiza uzoraka

Od osam išlemani uzoraka, četiri uzorka s najljepše očuvanim mikrofosilima odabrana su za mikropaleontološku analizu. Za mikropaleontološku analizu korištena je frakcija 63 μm . Ukupno je određeno 14 rodova i 19 vrsta bentičkih foraminifera (Tablica 1).

Tablica 1. Apsolutna i relativna zastupljenost određenih vrsta bentičkih foraminifera po uzorcima.

VRSTA	UZORAK							
	II/3		XIII/1		XXXVI/1		XL/2	
	A	%	A	%	A	%	A	%
<i>Uvigerina pygmaoides</i> PAPP & TURNOVSKY, 1953	1	0,34	0	0	0	0	8	2,66
<i>Bolivina sarmatica</i> DIDKOVSKIY, 1959	2	0,68	152	51,70	147	46,22	72	24
<i>Bolivina dilatata</i> REUSS, 1850	0	0	6	2,04	0	0	0	0
<i>Cibicidoides ungerianus</i> D'ORBIGNY, 1846	1	0,34	21	7,14	23	7,23	37	12,33
<i>Cibicidoides lobatulus</i> WALKER & JACOB, 1798	0	0	19	6,46	97	30,50	58	19,33
<i>Ammonia viennensis</i> D'ORBIGNY, 1846	2	0,68	2	0,68	0	0	3	1
<i>Porosononion granosum</i> D'ORBIGNY, 1846	43	14,72	12	4,08	5	1,57	56	18,66
<i>Elphidium</i> sp. MONTFORT, 1808	2	0,68	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium rugosum</i> D'ORBIGNY, 1846	16	5,47	1	0,34	2	0,62	4	1,33
<i>Elphidium hauerinum</i> D'ORBIGNY, 1846	25	8,56	2	0,68	10	3,14	3	1
<i>Elphidium aculeatum</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	0	0	3	0,94	6	2
<i>Globobulimina pyrula</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	4	1,36	0	0	0	0
<i>Bulimina elongata</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	11	3,74	0	0	3	1
<i>Anomalinoidea dividens</i> LUCZKOWSKA, 1967	194	66,43	15	5,10	5	1,57	12	4
<i>Asterigerinata planorbis</i> D'ORBIGNY, 1846	6	2,05	33	11,22	0	0	20	6,66
<i>Lenticulina inornata</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	16	5,44	0	0	12	4
<i>Cibicides</i> sp. MONTFORT, 1808	0	0	0	0	26	8,17	0	0
<i>Nonion commune</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	0	0	0	0	4	1,33
<i>Lagena</i> sp. WALKER & JACOB, 1798	0	0	0	0	0	0	2	0,66
UKUPNO	292	99,95	294	99,98	318	99,96	300	99,96

Mikrofosilna zajednica bogata je brojem vrsta, a očuvanost jedinki foraminifera je dobra do vrlo dobra. Od 19 određenih vrsta, dvije vrste pripadaju redu Lagenida, jedna vrsta redu Rotaliida, a čak 16 vrsta podredu Rotaliina. Osim foraminifera, u uzorcima su bili prisutni oklopi ostrakoda, spikule spužvi te bodlje ježinaca.

Uzorak XL/2 najbogatiji je brojem vrsta, određeno ih je 15, iza njega slijedi uzorak XIII/1 s 13 vrsta, sljedeći po brojnosti je uzorak II/3 s 10 vrsta, a najsiromašniji je uzorak XXXVI/1 s devet vrsta. Očuvanost uzoraka relativno je dobra. U uzorku XIII/1 određena je očuvanost od 91,83%, u uzorku XXXVI/1 84,59%, uzorak XL/2 ima očuvanost od 77%, dok uzorak II/3 ima očuvanost od 62,32%. Prilikom mikroskopske analize utvrđeno je da su u

uzorku XL/2 najviše fragmentirane jedinke roda *Bolivina*, dok u ostalim uzorcima nije primijećena selektivna fragmentacija.

Vrsta *Uvigerina pygmoides* prisutna je u uzorcima II/3 i XL/2, dok je nema u preostala dva uzorka. U uzorku XXXVI/1 nisu prisutne dvije vrste, *Asterigerinata planorbis* i *Ammonia viennensis*, a vrsta *Elphidium* sp. pojavljuje se samo u uzorku II/3. Vrste *Globobulimina pyrula*, *Bulimina elongata* i *Bolivina dilatata* prisutne su u uzorcima XIII/1 i XL/2. U uzorku II/3 nema vrste *Cibicidoides lobatulus*, dok se vrsta *Lenticulina inornata* pojavljuje u uzorcima XII/1 i XL/2. Vrsta *Cibicides* sp. prisutna je samo u uzorku XXXVI/1, gdje se pojavljuje i vrsta *Elphidium aculeatum*, kao i u uzorku XL/2. Vrste *Nonion commune* i *Lagena* sp. pojavljuju se samo u uzorku XL/2.

U svakom standardiziranom uzorku određen je broj planktonskih foraminifera koje nisu taksonomski određivane. Budući da im nisu određeni rodovi i vrste, postavlja se pitanje autohtonosti, stoga su planktonske foraminifere iskorištene samo za izračun odnosa plankton/bentos. U uzorku II/3 određeno je 67 jedinki planktonskih foraminifera, stoga odnos P/B iznosi 21,61% što odgovara području srednjeg šelfa. Uzorak XIII/1 sadrži 112 jedinki planktonskih foraminifera, odnosno P/B iznosi 36,12% i ukazuje na područje srednjeg šelfa. U uzorku XXXVI/1 samo je 10 planktonskih foraminifera, a odnos P/B je 3,33% i odgovara okolišu unutrašnjeg šelfa. Najveći broj planktonskih foraminifera prisutan je u uzorku XL/2, sadrži 172 jedinke, a odnos P/B je 56,67% i ukazuje na područje vanjskog šelfa.

Sedam vrsta bentičkih foraminifera određene su kao alohtone te neće biti uključene u daljnje analize, a vjerojatno su pretaložene iz badenskih naslaga. To su *Uvigerina pygmoides*, *Globobulimina pyrula*, *Bulimina elongata*, *Bolivina dilatata*, *Lenticulina inornata*, *Elphidium rugosum* i *Lagena* sp. Što se tiče pretaloženih badenskih bentičkih foraminifera, njihov udio varira po uzorcima. U uzorku XL/2 određeno je 17 badenskih jedinki, odnosno 5,82%. Najveći udio badenskih pretaloženih bentičkih foraminifera određen je u uzorku XIII/1, a iznosi 12,92%, odnosno 38 jedinki. Dalje, u uzorku XXXVI/1 određen je najmanji udio badenskih foraminifera od 0,62%, tj. samo dvije jedinke. Uzorak XL/2 broji 29 jedinki pretaloženih badenskih foraminifera, odnosno 9,66%.

6.3. Sistematika određenih vrsta bentičkih foraminifera

Sistematika određenih vrsta bentičkih foraminifera napravljena je prema WoRMS-u, gdje je provjerena i validnost vrsta.

Carstvo: **CHROMISTA**

Podcarstvo: **HAROSA**

Infracarstvo: **RHIZARIA**

Stablo: **FORAMINIFERA**

Razred: **Foraminifera incertae sedis**

Red: **Lagenida** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Superfamilija: **Nodosarioidea** EHRENBERG, 1838

Familija: **Lagenidae** REUSS, 1862

Rod: *Lagena* WALKER & JACOB, 1798

Familija: **Vaginulinidae** REUSS, 1860

Subfamilija: **Lenticulininae** CHAPMAN, PARR & COLLINS, 1934

Rod: *Lenticulina* LAMARCK, 1804

Vrsta: *Lenticulina inornata* D'ORBIGNY, 1846

Razred: **Globothalamea** PAWLOWSKI, HOLZMANN & TYSZKA, 2013

Red: **Rotaliida** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Superfamilija: **Chilostomelloidea** BRADY, 1881

Familija: **Anomalinidae** CUSHMAN, 1927

Rod: *Anomalinoides* BROTZEN, 1942

Vrsta: *Anomalinoides dividens* LUCZKOWSKA, 1967

Podred: **Rotaliina** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Superfamilija: **Rotalioidea** EHRENBERG, 1839

Familija: **Ammoniidae** SAIDOVA, 1981

Subfamilija: **Ammoniinae** SAIDOVA, 1981

Rod: *Ammonia* BRÜNNICH, 1771

Vrsta: *Ammonia viennensis* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Asterigerinoidea** D'ORBIGNY, 1839

Familija: **Asterigerinatidae** D'ORBIGNY, 1839

Rod: *Asterigerinata* BERMÚDEZ, 1949

Vrsta: *Asterigerinata planorbis* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Serioidea** HOLZMANN & PAWLOWSKI, 2017

Familija: **Bolivinitidae** CUSHMAN, 1927

Subfamilija: **Bolivinitinae** CUSHMAN, 1927

Rod: *Bolivina* D'ORBIGNY, 1839

Vrsta: *Bolivina sarmatica* DIDKOVSKIY, 1959

Bolivina dilatata REUSS, 1850

Superfamilija: **Buliminoidea** JONES, 1875

Familija: **Buliminidae** JONES, 1875

Rod: *Bulimina* D'ORBIGNY, 1826

Vrsta: *Bulimina elongata* D'ORBIGNY, 1846

Rod: *Globobulimina* CUSHMAN, 1927

Vrsta: *Globobulimina pyrula* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Planorbulinoidea** SCHWAGER, 1877

Familija: **Cibicididae** CUSHMAN, 1927

Subfamilija: **Cibicidinae** CUSHMAN, 1927

Rod: *Cibicides* MONTFORT, 1808

Rod: *Cibicoides* THALMANN, 1939

Vrsta: *Cibicoides lobatulus* WALKER & JACOB, 1798

Vrsta: *Cibicoides ungerianus* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Rotalioidea** EHRENBERG, 1839

Familija: **Elphidiidae** GALLOWAY, 1933

Subfamilija: **Elphidiinae** GALLOWAY, 1933

Rod: *Elphidium* MONTFORT, 1808

Vrsta: *Elphidium aculeatum* D'ORBIGNY, 1846

Elphidium hauerinum D'ORBIGNY, 1846

Elphidium rugosum D'ORBIGNY, 1846

Rod: *Porosonion* PUTRYA IN VOLOSHINOVA, 1958

Vrsta: *Porosonion granosum* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Nonionoidea** SCHULTZE, 1854

Familija: **Nonionidae** SCHULTZE, 1854

Subfamilija: **Nonioninae** SCHULTZE, 1854

Rod: *Nonion* MONTFORT, 1808

Vrsta: *Nonion commune* D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Buliminoidea** JONES, 1875

Familija: **Uvigerinidae** HAECKEL, 1894

Subfamilija: **Uvigerininae** HAECKEL, 1894

Rod: *Uvigerina* D'ORBIGNY, 1826

Vrsta: *Uvigerina pygmoides* PAPP & TURNOVSKY, 1953

6.4. Biostratigrafski položaj

Biostratigrafski položaj određenih vrsta utvrđen je na temelju standardne biozonacije za područje Centralnog Paratethysa (CICHA et al., 1998). Starost istraživanih uzoraka određena je kao sarmat temeljem preklapanja stratigrafskih raspona određenih rodova i vrsta bentičkih foraminifera (Tablica 2). Za određivanje starosti ključne su vrste *Bolivina sarmatica*, *Anomalinoides dividens* i *Elphidium hauerinum* provodne za sarmat.

Tablica 2. Stratigrafski rasponi određenih vrsta bentičkih foraminifera.

VRSTA	EGER	EGENBURG	OTNAING	KARPAT	BADEN			SARMAT	
					B1	B2	B3	S1	S2
<i>Uvigerina pygmaea</i> PAPP & TURNOVSKY, 1953					—				
<i>Bolivina sarmatica</i> DIDKOVSKIY, 1959								—	
<i>Bolivina dilatata</i> REUSS, 1850	—	—	—	—	—				
<i>Anomalinoides dividens</i> LUCZKOWSKA, 1967							—	—	
<i>Asterigerinata planorbis</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—	—	
<i>Ammonia viennensis</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—		
<i>Porosonion granosum</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—		
<i>Elphidium</i> sp. MONTFORT, 1808					—		—		
<i>Elphidium rugosum</i> D'ORBIGNY, 1846				—	—		—		
<i>Elphidium hauerinum</i> D'ORBIGNY, 1846							—	—	
<i>Elphidium aculeatum</i> D'ORBIGNY, 1846					—		—	—	
<i>Globobulimina pyrula</i> D'ORBIGNY, 1846					—		—		
<i>Bulimina elongata</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—	—	
<i>Lenticulina inornata</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—		
<i>Nonion commune</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—		
<i>Lagena</i> sp. WALKER & JACOB, 1798	—	—	—	—	—		—		
<i>Cibicidoides lobatulus</i> WALKER & JACOB, 1798	—	—	—	—	—		—		
<i>Cibicidoides ungerianus</i> D'ORBIGNY, 1846	—	—	—	—	—		—		
<i>Cibicides</i> sp. MONTFORT, 1808	—	—	—	—	—		—		

6.5. Rezultati analize autohtonih vrsta bentičkih foraminifera

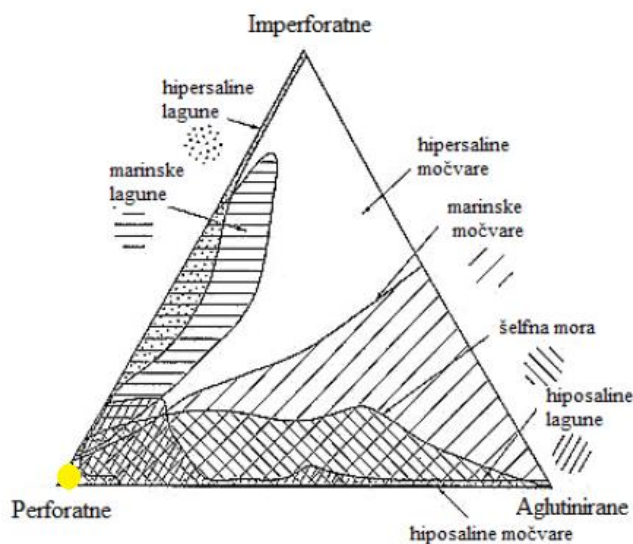
Od ukupno 19 određenih vrsta, 12 ih je uključeno u statističke analize (Tablica 3).

Tablica 3. Apsolutna i relativna zastupljenost određenih vrsta autohtonih bentičkih foraminifera.

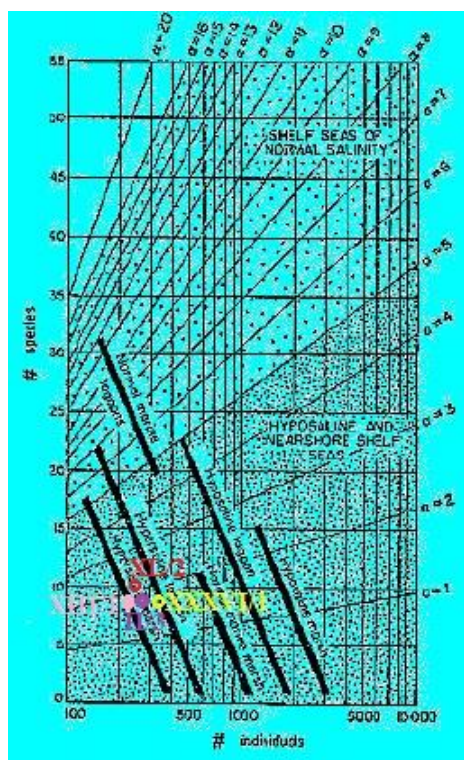
VRSTA	UZORAK							
	II/3		XIII/1		XXXVI/1		XL/2	
	A	%	A	%	A	%	A	%
<i>Bolivina sarmatica</i> DIDKOVSKIY, 1959	2	0,72	152	59,37	147	46,51	72	26,56
<i>Anomalinoidea dividens</i> LUCZKOWSKA, 1967	194	70,54	15	5,85	5	1,58	12	4,42
<i>Cibicidoides ungerianus</i> D'ORBIGNY, 1846	1	0,36	21	8,20	23	7,27	37	13,65
<i>Cibicidoides lobatulus</i> WALKER & JACOB, 1798	0	0	19	7,42	97	30,69	58	21,40
<i>Asterigerinata planorbis</i> D'ORBIGNY, 1846	6	2,18	33	12,89	0	0	20	7,38
<i>Ammonia viennensis</i> D'ORBIGNY, 1846	2	0,72	2	0,78	0	0	3	1,10
<i>Porosonion granosum</i> D'ORBIGNY, 1846	43	15,63	12	4,68	5	1,58	56	20,66
<i>Elphidium</i> sp. MONTFORT, 1808	2	0,72	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium hauerinum</i> D'ORBIGNY, 1846	25	9,09	2	0,78	10	3,16	3	1,10
<i>Elphidium aculeatum</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	0	0	3	0,94	6	2
<i>Cibicides</i> sp. MONTFORT, 1808	0	0	0	0	26	8,22	0	0
<i>Nonion commune</i> D'ORBIGNY, 1846	0	0	0	0	0	0	4	1,47
UKUPNO	275	99,96	256	99,97	316	99,95	271	99,95

U uzorku II/3 određeno je sedam rodova i osam vrsta bentičkih foraminifera. Dominantne vrste su *Anomalinoidea dividens* (70,54%) i *Porosonion granosum* (15,63%), a srednje je zastupljena vrsta *Elphidium hauerinum* (9,09%). U uzorku XIII/1 određeno je sedam rodova i osam vrsta bentičkih foraminifera. Dominantne vrste su *Bolivina sarmatica* (59,47%) i *Asterigerinata planorbis* (12,89%), a srednje zastupljene vrste su *Cibicidoides ungerianus* (8,20%), *Cibicidoides lobatulus* (7,42%), *Anomalinoidea dividens* (5,85%) i *Porosonion granosum* (4,68%). U uzorku XXXVI/1 određeno je šest rodova i osam vrsta bentičkih foraminifera. Dominantne vrste su *Bolivina sarmatica* (46,51%) i *Cibicidoides lobatulus* (30,69%), a srednje zastupljene su vrste *Cibicides* sp. (8,22%) i *Cibicidoides ungerianus* (7,27%). U uzorku XL/2 određeno je osam rodova i 10 vrsta bentičkih foraminifera. Dominantne vrste su *Bolivina sarmatica* (26,56%), *Cibicidoides lobatulus* (21,40%), *Porosonion granosum* (20,66%) i *Cibicidoides ungerianus* (13,65%), a srednje zastupljene su vrste *Asterigerinata planorbis* (7,38%) i *Anomalinoidea dividens* (4,42%) (Tablica 3).

Sve jedinice bentičkih foraminifera iz analiziranih uzoraka imaju perforatnu stijenkicu, stoga su prema trokomponentnom dijagramu (MURRAY, 1973) pokazale četiri moguća okoliša. Mogući okoliši su marinske močvare, šelfna mora, hipersaline lagune i hipersaline močvare (Slika 14).



Slika 14. Trokomponentni dijagram tipova stijenki s označenim položajem za analizirane uzorke (preuzeto i preuređeno iz MURRAY, 1973).



Slika 15. Graf s označenim vrijednostima Fisher α indeksa za analizirane uzorke (preuzeto i preuređeno iz MURRAY, 1973).

Vrijednost Fisher α indeksa je između 1,54 i 2,04 što ukazuje na moguće okoliše marinske močvare, brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te gornji i donji batijal, osim za uzorak XL/2 gdje su izuzete marinske močvare (Slika 15). Općenito je u analiziranim uzorcima vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa između 0,96 i 1,85 što ukazuje na priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu. Indeks ekvitabilnosti ima vrijednost od 0,46 do 0,81. Indeks kisika bentičkih foraminifera varira od 40,63% do 99,27%. U uzorcima II/3 i XL/2 dominantna je epifauna, u uzorku XIII/1 dominira infauna, dok je u uzorku XXXVI/1 udio infaune i epifaune podjednak. Salinitet izračunat metodom transfer funkcije ima vrijednost od 33,22‰ do 34,51‰ i odgovara marinskom okolišu (Tablica 4).

Tablica 4. Broj vrsta; odnos plankton/bentos; indeksi raznolikosti; salinitet; indeks kisika bentičkih foraminifera; udio oksičnih, suboksičnih i disoksičnih pokazatelja; udio infaunalnih i epifaunalnih vrsta; udio bentičkih foraminifera s obzirom na tip stijenke.

	Uzorak II/3	Uzorak XIII/1	Uzorak XXXVI/1	Uzorak XL/2
Broj vrsta	8	8	8	10
P/B odnos (%)	21,61	36,12	3,33	56,67
Shannon-Wiener H	0,96	1,35	1,40	1,85
Ekvitabilnost	0,46	0,65	0,67	0,81
Fisher α	1,54	1,57	1,49	2,04
Salinitet (‰)	33,22	34,41	34,50	34,51
BFOI (%)	99,27	40,63	53,48	73,03
Oksični (%)	99,27	40,63	53,48	71,95
Suboksični (%)	0	0	0	1,48
Disoksični (%)	0,73	59,37	46,52	26,57
Epifauna (%)	89,46	39,06	49,37	67,53
Infauna (%)	10,54	60,94	50,63	32,47
Aglutinirane (%)	0	0	0	0
Imperforatne (%)	0	0	0	0
Perforatne (%)	100	100	100	100

7. Rasprava

Donji dio stupa Bukova glava BGM5 ukupne debljine 22 m sastoji se od izmjene intervala lapora sivih nijansi, tufa, tvrdih vapnenaca i nekoliko intervala bijele ili žućkaste gline. Iz donjeg dijela stupa Bukova glava BGM5 odabrano je osam uzoraka koji su obrađeni metodom mokrog prosijavanja, a odabrani su tako da im razmak bude jednak po stupu (svakih 2–2,5 m). Svih osam uzoraka mikroskopski je pregledano da se utvrdi sadrže li mikrofosile, a zatim su odabrana četiri uzorka s najljepše očuvanim mikrofosilnim sadržajem za detaljnu mikropaleontološku analizu. Uzorci II/3 i XIII/1 nalaze se u donjem dijelu analiziranog stupa, a uzorci XXXVI/1 i XL/2 u gornjem dijelu analiziranog stupa Bukova glava BGM5.

Mikrofosilna zajednica je dobro do vrlo dobro očuvana, najzastupljenije su bentičke i planktonske foraminifere, a prisutne su i spikule spužvi te ostrakodi. Ukupno je određeno 14 rodova i 19 vrsta bentičkih foraminifera koje pripadaju redovima Lagenida i Rotaliida. Prije statističke analize i paleoekološke rekonstrukcije detaljno je analizirana autohtonost određenih vrsta bentičkih foraminifera (očuvanost jedinki, preklapanje stratigrafskih raspona i ekoloških/paleoekoloških zahtjeva).

Za određivanje starosti naslaga ključne su bile vrste *Anomalinoides dividens*, *Bolivina sarmatica* i *Elphidium hauerinum*, provodne za sarmat. Dosadašnja istraživanja na lokalitetu Bukova glava (KOVAČIĆ et al., 2015b; KOVAČIĆ et al., 2017a) pokazala su da vršni dio naslaga pripada *Anomalinoides dividens* zoni donjeg sarmata, a geološki stup Bukova glava BGM5 nastavlja se upravo na te naslage. U uzorku II/3 iz donjeg dijela stupa dominantna vrsta je *Anomalinoides dividens* (70,54%) te bi se moglo reći da najdonji dio stupa BGM5 pripada *Anomalinoides dividens* zoni donjeg sarmata. U ostalim uzorcima nije utvrđena tako velika dominacija neke od određenih vrsta bentičkih foraminifera zbog čega se ne može reći kojoj bi zoni sarmata oni pripadali. Za pretpostaviti je da bi analiza većeg broja uzoraka iz donjeg dijela stupa zasigurno dala potpunije podatke i omogućila zonaciju srednjeg i gornjeg dijela analiziranog stupa.

Odnos P/B u uzorcima varira od 3,33% do 56,57% što ukazuje na područje šelfa, međutim otvoreno je pitanje autohtonosti planktonskih foraminifera jer nisu taksonomski određene. Prema tome odnos plankton/bentos nije ključan kriterij za odredbu okoliša taloženja. Na okoliš taloženja ukazuju ekološki/paleoekološki zahtjevi određenih autohtonih vrsta bentičkih foraminifera. Nije vidljiv trend povećanja udjela pretaloženih badenskih bentičkih foraminifera s porastom udjela planktonskih foraminifera po uzorcima, jedino je u uzorku

XXXVI/1 prisutan nizak udio i planktonskih (3,33%) i pretaloženih foraminifera (0,62%). Udio pretaloženih foraminifera u uzorku II/3 iznosi 5,82%, a u uzorku XL/2 udio pretaloženih foraminifera je 9,66%. Najveći udio pretaloženih foraminifera određen je u uzorku XIII/1 (12,92%) koji se nalazi u donjem dijelu stupa, a nalazi se ispod bloka vapnenca.

U donjem dijelu stupa (uzorak II/3) prisutna je *Anomalinoidea-Porosonion* zajednica malih bentičkih foraminifera. Dominiraju vrste *Anomalinoidea dividens* (70,54%) i *Porosonion granosum* (15,63%), a srednje je zastupljena vrsta *Elphidium hauerinum* (9,09%) (Tablica 3). Rodovi *Anomalinoidea* i *Porosonion* žive kao epifauna u oksičnom okolišu. Rod *Anomalinoidea* živi na dubinama od 0 do 2000 m i tolerira salinitet 30–35‰. Rod *Porosonion* živi na pješčanoj podlozi, biljojed je i podnosi salinitet 0–70‰. Vrsta *Elphidium hauerinum* nema kobilicu, živi kao infauna u području unutrašnjeg šelfa u oksičnim uvjetima. Biljojed je, živi na pjeskovitim ili muljevitim podlogama, a podnosi salinitet 0–70‰ (MURRAY, 2006).

U uzorku XIII/1 dominaciju unutar zajednice preuzimaju vrste *Bolivina sarmatica* (59,37%) i *Asterigerinata planorbis* (12,89%). a srednje zastupljene vrste su *Cibicides ungerianus* (8,20%), *Cibicides lobatulus* (7,42%), *Anomalinoidea dividens* (5,85%) i *Porosonion granosum* (4,68%). S obzirom na dominantne rodove ovaj uzorak pripada *Bolivina-Asterigerinata* zajednici malih bentičkih foraminifera (Tablica 3) Rod *Bolivina* živi kao infauna u području od unutrašnjeg šelfa do batijala i tolerantna je na disoksiju. Muljojed je i živi na muljevitim sedimentima, a tolerira salinitet 32–37‰. Rod *Asterigerinata* živi kao epifauna u oksičnim uvjetima, na dubinama od 0 do 100 m. Živi na čvrstim sedimentima, biljojed je i podnosi salinitet 32–37% (MURRAY, 2006).

U uzorku XXXVI/1 dominantne vrste su *Bolivina sarmatica* (46,51%) i *Cibicides lobatulus* (30,69%), a srednje zastupljene su vrste *Cibicides* sp. (8,22%) i *Cibicides ungerianus* (7,27%). Ovaj uzorak pripada *Bolivina-Cibicides* zajednici malih bentičkih foraminifera (Tablica 3). Rod *Cibicides* živi kao epifauna u oksičnom okolišu na čvrstoj podlozi, hrani se iz suspenzije i živi u području od šelfa do batijala (MURRAY, 2006).

Dominantne vrste u uzorku XL/2 su *Bolivina sarmatica* (26,56%), *Cibicides lobatulus* (21,40%), *Porosonion granosum* (20,66%) i *Cibicides ungerianus* (13,65%), a srednje su zastupljene vrste *Asterigerinata planorbis* (7,38%) i *Anomalinoidea dividens* (4,42%). Uzorak pripada *Bolivina-Cibicides* zajednici malih bentičkih foraminifera (Tablica 3).

Izračunata vrijednost Fisher α indeksa niska je, tako se u donjem dijelu analiziranog stupa BGM5 (uzorci II/3 i XIII/1) nalazi između 1,54 i 1,57. U gornjem dijelu (uzorak XXXVI/1) pada na 1,49, dok u najgornjem dijelu raste na 2,04 (uzorak XL/2) što je i najveća izračunata vrijednost ovog indeksa. Vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa i indeksa ekvitalnosti rastu prema mlađim naslagama. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) znatno varira po stupu. U najdonjem dijelu stupa (uzorak II/3), njegova je vrijednost najveća (99,27%) i ukazuje na postojanje visoko oksičnih uvjeta. Vrijednost indeksa kisika bentičkih foraminifera pada u uzorku XIII/1 na 40,63% što ukazuje na srednje oksične uvjete, odnosno smanjenje količine kisika. U gornjem dijelu stupa (uzorak XXXVI/1) vrijednost indeksa kisika bentičkih foraminifera raste i ukazuje na ponovno uspostavljanje visoko oksičnih uvjeta (53,48%), a to potvrđuje i vrijednost izračunata u uzorku XL/2 (73,03%). U salinitetu, koji je izračunat metodom transfer funkcije, nema značajnijih promjena po stupu, a varira od 33,22‰ do 34,51‰.

Vrijednost Fisher α indeksa u svim uzorcima ukazuje na moguće okoliše marinske močvare, brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te gornji i donji batijal, osim za uzorak XL/2 gdje su izuzete marinske močvare (Slika 15). Budući da sve jedinice bentičkih foraminifera iz analiziranih uzoraka imaju perforatnu stijenkicu, prema trokomponentnom dijagramu (MURRAY, 1973) pokazale su četiri moguća okoliša – marinske močvare, šelfna mora, hipersaline lagune i hipersaline močvare (Slika 14). Preklapanjem dobivenih okoliša pomoću trokomponentnog dijagrama i vrijednosti Fisher α indeksa, mogući okoliši su marinske močvare, hipersaline lagune i hipersaline močvare. Izračunata vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa u svim uzorcima ukazuje na priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu. Na porast raznolikosti zajednice ukazuju indeks ekvitalnosti i Shannon-Wienerov indeks čije vrijednosti rastu prema mlađim naslagama. Najveću raznolikost ($\alpha=2,04$; $H=1,85$) pokazuje uzorak XL/2, dok je najmanju vrijednost Shannon-Wienerovog i Fisher α indeksa, stoga i najmanju raznolikost, pokazao uzorak II/3 ($H=0,96$; $\alpha=1,54$).

Dominacija infaunalnih ili epifaunalnih vrsta mijenja se po stupu. U najdonjem dijelu analiziranog stupa (uzorak II/3) dominantna je epifaunalna zajednica (89,46%) koja ukazuje na oligotrofičan okoliš – puno kisika, malo hrane. U uzorku XIII/1 dominaciju preuzima infaunalna zajednica (60,94%), a ona ukazuje na eutrofičan okoliš – malo kisika, puno hrane. U gornjem dijelu analiziranog stupa (uzorak XXXVI/1) udio infaunalne i epifaunalne zajednice podjednak je i ukazuje na mezotrofičan okoliš. U najgornjem dijelu analiziranog stupa ponovno

je dominantna epifaunalna zajednica (67,53%). Međusobni odnosi faktora koji utječu na broj infaunalnih i epifaunalnih vrsta konceptualizirani su TROX modelom (JORISSEN et al., 1995).

Izmjene zajednica bentičkih foraminifera kao i varijacije u vrijednostima različitih paleoekoloških pokazatelja (indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) i odnos infauna/epifauna) duž stupa ukazuju na promjene okolišnih uvjeta. Promjenom morske razine mijenja se donos nutrijenata s kopna, a s porastom količine nutrijenata smanjuje se količina kisika u taložnom okolišu i dolazi do povećanja zastupljenosti infaunalnih oblika (PEZELJ et al., 2016). U analiziranom stupu, u najdonjem dijelu (uzorak II/3) dominantna je epifaunalna zajednica (89,46%) i ukazuje na okoliš s puno kisika, a visoko oksične uvjete dokazuje i vrijednost indeksa kisika bentičkih foraminifera (99,27%). Međutim, u uzorku XIII/1 dominantna je infaunalna zajednica (60,94%) što ukazuje na povećanje količine nutrijenata, odnosno smanjenje količine kisika. Također, vrijednost indeksa kisika bentičkih foraminifera ukazuje na srednje oksične uvjete (40,63%). U gornjem dijelu stupa (uzorak XXXVI/1) dolazi do povećanja količine kisika (53,48%), a odnos infauna/epifauna podjednak je. U najgornjem dijelu stupa (uzorak XL/2) uspostavljaju se visoko oksični uvjeti (73,03%) i dominantna je epifaunalna zajednica (67,53%). Osim promjene morske razine, na smanjenje količine kisika i povećanje broja infaunalnih vrsta utjecati može i sezonalnost, prilikom čega dolazi do cvjetanja fitoplanktona i visokih temperatura te ubrzanog raspadanja organske tvari. Također, u analiziranom stupu Bukova glava BGM5 prisutna je izmjena intervala lapora i vapnenaca. Izmjena tih intervala ukazuje na postepeno oplićavanje i produbljivanje taložnog okoliša.

8. Zaključak

Geološki stup Bukova glava BGM5 ukupne debljine 56 metara snimljen je tijekom ožujka 2019. godine na području kamenoloma Našicecement, d.d. Iz donjeg dijela stupa ukupne debljine 22,5 metara odabrano je osam uzoraka koji su obrađeni metodom muljenja ili šlemanja, a četiri uzorka su detaljno mikropaleontološki analizirana. Ukupno je određeno 14 rodova i 19 vrsta bentičkih foraminifera. Starost naslaga je određena kao sarmat, a ključne vrste za određivanje bile su *Anomalinoidea dividens*, *Elphidium hauerinum* i *Bolivina sarmatica*, provodne za sarmat. Na osnovu ekoloških zahtjeva određenih vrsta autohtonih bentičkih foraminifera okoliš taloženja je plitkovodni marinski normalnog saliniteta.

Na promjene okolišnih uvjeta duž analiziranog stupa ukazuju izmjene zajednice bentičkih foraminifera i varijacije u vrijednostima različitih paleoekoloških pokazatelja (indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) i odnos infauna/epifauna). Promjena morske razine utječe na donos nutrijenata s kopna, a s porastom količine nutrijenata smanjuje se količina kisika u taložnom okolišu i dolazi do povećanja zastupljenosti infaunalnih oblika. U analiziranom stupu, u najdonjem dijelu (II/3) prisutni su visoko oksični uvjeti i dominantna je epifaunalna zajednica. Uzorak XIII/1 ukazuje na promjenu u okolišu jer je dominantna infaunalna zajednica i smanjena je količina kisika. U gornjem dijelu stupa (uzorak XXXVI/1) udio infaune i epifaune je podjednak, dok u uzorku XL/2 dominira epifaunalna zajednica, a ponovno se uspostavljaju visoko oksični uvjeti.

Izmjena količine kisika i nutrijenata pri morskom dnu moguća je zbog promjene razine mora ili utjecaja sezonalnosti.

9. Literatura

BOARDMAN, R.S., CHEETHAM & A.H., ROWELL, A.J. (1987): Fossil invertebrates. Blackwell scientific, Cambridge, 1–728.

BOUDAGHER-FADEL, K.M. (2015): Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic foraminifera. UCL Press, 2015, 1–288.

CICHA, I., RÖGL F., RUPP, C. & CTYROKA, J. (1998): Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Mein, 1–325.

CORNÉE, J-J., MOISSETTE, P., SAINT MARTIN, J-P., KÁZMÉR, M., TÓTH, E., GÖRÖG, Á., DULAI, A. & MÜLLER, P. (2009): Marine carbonate systems in the Sarmatian (Middle Miocene) of the Central Paratethys: the Zsámbék Basin of Hungary. *Sedimentology*, 56: 1728–1750.

GORJANOVIĆ, D. (1897): Die Fauna der unterpontischen Bildungen um Londjica in Slavonien. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 49, 1, Wien.

GORJANOVIĆ, D. (1899): Geologija okolice Kutjeva. *Rad JAZU* 131, Zagreb, 10–29.

HALAMIĆ, J., BELAK, M. & PAVELIĆ, D. (1993): The sedimentological significance and stratigraphic position of coarse-grained red beds (?Oligocene) of the northwestern margin of Mt. Požeška gora (North Croatia). *Geol. Croatica*, 46, 137–143, Zagreb.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001): PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleont. Electronica*, 4, 1, 1–9.

ILEKOVIĆ, N., PEZELJ, Đ., KOVAČIĆ, M., MARKOVIĆ, F. & VONIĆ, M. (2019): Reconstruction of the Sarmatian paleoenvironments based on benthic foraminifera, Case study: Bukova glava section, VI. Croatian geological congress – prihvaćeno za objavljivanje.

JAPUNDŽIĆ, S., BOŠNJAK MAKOVEC, M., VRSALJKO, D., BORTEK, Ž. & SREMAC, J. (2015): Fosilno pero iz srednjomiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava (Našice,

Hrvatska). U: HORVAT, M. & WACHA, L. (ured.): Knjiga Sažetaka, V. Hrvatski geološki kongres, Osijek, 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 122–123.

JORISSEN, F. J., DE STIGTER, H.C. & WIDMARK, J.G.V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology* 22, 3–15.

KAIHO, K. (1994): Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22, 719–722.

KIŠPATIĆ, M. (1912): Disthen, Sillimanit und Staurolit führende Schiefer aus dem Krndija-Gebirge in Croatien. *Centralab. Min.*, 19, Stuttgart.

KIŠPATIĆ, M. (1916): Eruptivgesteine des Krndija Gebirges. *Glasnik Hrv. prirod. dr.*, 28, Zagreb.

KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1988): Tumač za list Našice, L34–85. Geološki zavod, Beograd.

KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Našice, L 34–85, Savezni geološki zavod, Beograd.

KOUBOVÁ, I. & HUDÁČKOVÁ, N. (2010): Foraminiferal successions in the shallow water Sarmatian sediments from the MZ 93 borehole (Vienna Basin, Slovak part). *Acta Geologica Slovaca, Bratislava*, 2: 47–58.

KOVÁČ, M., HALÁSOVÁ, E., HUDÁČKOVÁ, N., HOLCOVÁ, K., HYŽNÝ, M., JAMRICH, M. & RUMAN, A. (2018): Towards better correlation of the Central Paratethys regional time scale with the standard geological time scale of the Miocene Epoch. *Geologica Carpathica*, 69, 3, 283–300.

KOVAČIĆ, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1–203.

KOVAČIĆ, M. & 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.

KOVAČIĆ, M., ČORIĆ, S., MARKOVIĆ, F., PEZELJ, Đ., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., VRSALJKO, D., BOŠNJAK MAKOVEC, M., KAMPIĆ, Š., RITOSSA, A. & BORTEK, Ž. (2015a): Granica srednjeg i gornjeg miocena (sarmat/panon) u Središnjem Paratetisu (lokalitet Vranović, Slavonija). U: HORVAT, M. i WACHA, L. (ured.): Knjiga Sažetaka, V. Hrvatski geološki kongres, Osijek, 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 136–137.

KOVAČIĆ, M., ČORIĆ, S., MARKOVIĆ, F., PEZELJ, Đ., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., BOŠNJAK MAKOVEC, M., RITOSSA, A. & BORTEK, Ž. (2015b): Karbontno klastični sedimenti srednjeg i gornjeg miocena (kamenolom tvornice cementa kod Našica). U: HORVAT, M. i GALOVIĆ, L. (ured.): Excursion Guide-book, 5th Croatian Geological Congress, Osijek 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 82–85.

KOVAČIĆ, M., VRSALJKO, D., PEZELJ, Đ., PREMEC FUČEK, V., HERNITZ-KUČENJAK, M., GALOVIĆ, I., ČORIĆ, S., ZALOVIĆ, M. & MARKOVIĆ, F. (2017a): A Middle Miocene marine deposition with pyroclastics. Neogene of Central and South-Eastern Europe, 7th international workshop, 28-31 May 2017-Velika, Field trip guidebook, 19–22.

KOVAČIĆ, M., MARKOVIĆ, F., ČORIĆ, S., PEZELJ, Đ., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., RITOSSA, A. & TARNAJ, I. (2017b): Disintegration of the Central Paratethys and origin of the lake Pannon. Neogene of Central and South-Eastern Europe, 7th international workshop, 28-31 May 2017-Velika, Field trip guidebook, 22–23.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988a): Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 1–847.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988b): Foraminiferal genera and their classification-plates. Van Nostrand Reinhold, New York, 1–970.

LOMMERZHEIM, A. (1991): Mikropaläontologische Indikatoren für Paläoklima und Paläobathymetrie in der borealen Oberkreide: Bohrung Metelen 1001. *Facies* 24: 183–254.

- MAGDALENIĆ, Z. & BLAĆE, Z. (1958): Geološko kartiranje područja Orahovica-Seona-Borovika. Fond. Str. dok. IGI, 2956, Zagreb.
- MALVIĆ, T. & VELIĆ, J. (2008): Geologija ležišta fluida: fakultetska skripta. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet
- MURRAY, J.W. (1973): Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. Heinemann educational books, London, 1–274.
- MURRAY, J.W. (1991): Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. John Wiley & Sons, New York, 1–379.
- MURRAY, J.W. (2006): Ecology and applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, New York, 1–424.
- MUTIĆ, R. (1975): Sedimentološka ispitivanja naslaga lesa iz okolice Vinkovaca, Našica i Valpova. Geol. vjesnik 28, Zagreb, 269–286.
- NOVOSEL-ŠKORIĆ, S., MAGDALENIĆ, Z. & KOROLIJA, B. (1986): Pliokvartarni sedimenti jugoistočnog dijela Krndije (sjeverna Hrvatska). Geol. vjesnik 39, Zagreb, 11–18.
- PAPP, A. & SCHMID, M.E. (1985): The Fossil Foraminifera of the Tertiary Basin of Vienna. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Band 37, Wien, 1–311.
- PAVELIĆ, D. (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys, *Geologia Croatica*, 55/1, 4 Figs., Zagreb, 83–92.
- PAVELIĆ, D. & 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.

- PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., MIKNIĆ, M., AVANIĆ, R., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K. & TIŠLJAR, J. (2003): Environments in the Slavonian Mts. Area (northern Croatia). U: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (ured.): Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. 22nd IAS Meeting of Sedimentology. Opatia – September 17-19, 2003, Field Trip Guidebook, Zagreb, 173–181.
- PEZELJ, Đ. (2006): Paleoekološki odnosi badena i sarmata područja Medvednice. Disertacija, Prir. mat. fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–157.
- PEZELJ, Đ., SREMAC, J. & BERMANEC, V. (2016): Shallow-water benthic foraminiferal assemblages and their response to the palaeoenvironmental changes – example from the Middle Miocene of Medvednica Mt. (Croatia, Central Paratethys). *Geol. Carpath.* 67,4, 329–345.
- PEZELJ, Đ. & DROBNJAK, L. (2019): Foraminifera-based estimation of water depth in epicontinental seas: Badenian deposits from Glavnica Gornja (Medvednica Mt., Croatia), Central Paratethys. *Geologia Croatica*, 72/2, 5 Figs., 1 Tab., Zagreb, 93–100.
- PILLER, W. E., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 151–168.
- POLJAK, J. (1923): Prinos geološkom i morfološkom poznavanju Krndije. *Glasnik Hrv. prirod. dr. Sv. 1 i 2.* Zagreb.
- PROTHERO, D.R. (2013): Bringing fossils to life – An introduction to paleobiology. Columbia University Press, New York, 274–285
- RADIĆ, J. (1982): Istraživanja ležišta ugljikovodika u istočnoj Slavoniji. *Stručni časopis DIT*, 11, Zagreb, 7–20.
- RÖGL, F. & STEININGER, F.F. (1983). Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran and Paratethys. Die Neogene Paleogeographie und Palinspastik des zirkum-Mediterranean Raumes *Ann. Naturhist. Muss. Wien* 85 A, 135–163.

SANT, K., PALCU, D.V., MANDIC, O. & KRIJGSMAN, W. (2017): Changing seas in the Early – Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan stratigraphy. *Terra Nova.*, 1–9.

STUR, D. (1861): Erste Mitteilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West Slavonien. *Jahrb. geol. Reichsanst.* 12, H. 1, Verhandl., 1–115.

STUR, D. (1862): Zweite Mitteilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West Slavonien. *Jahrb. geol. Reichsanst.* 12, H. ä, Verhandl., 1–220.

SUESS, E., 1866. Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärablagerungen, II. Über die Bedeutung der sogenannten brackischen Stufe oder der Cerithienschichten. *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 54: 1–40.

ŠPARICA, M., JURISA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, AN., JOVANOVIĆ, Č. & ŽIVANOVIĆ, D. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Nova Kapela. Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.

ŠPARICA, M., JURISA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, AN., JOVANOVIĆ, Č. & ŽIVANOVIĆ, D. (1980): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Nova Kapela. Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd, 1–55.

TOLIĆ, LJ. (1960): Analiza sirovinske baze tvornice cementa Našice. *Arhiv rudišta Geol. zavoda* br. 3301, Zagreb.

TROGRLIĆ, A. M. (2018). Sarmatski paleookoliši lokaliteta Vranović (kamenolom Našicecement) na osnovu foraminifera (Diplomski rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:283928>, 1–59.

VASILIEV, I., BAKRAČ, K., KOVAČIĆ, M., ABDUL AZIZ, H. & KRIJGSMAN, W. (2007): Palaeomagnetic Results from the Sarmatian/Pannonian Boundary in North-Eastern Croatia (Vranović Section, našice Quarry). *Geologia Croatica*, 60, 151–163.

VELIĆ, J., 2007. Geologija ležišta nafte i plina. Sveučilište u Zagrebu, Rudarskogeološko-naftni fakultet, Zagreb.

VRSALJKO, D., JAPUNDŽIĆ, S., BOŠNJAK MAKOVEC, M., BORTEK, Ž. & SREMAC, J. (2015): Novi nalazi srednjomiocenskih fosila s lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska). U: HORVAT, M. & WACHA, L. (ured.): Knjiga Sažetaka, V. Hrvatski geološki kongres, Osijek, 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 276–277.

ZEČEVIĆ, M., VELIĆ, J., SREMAC, J., TROSKOT-ČORBIĆ, T. & GARAŠIĆ, V. (2010): Significance of the Badennian petroleum source rocks from the Krndija Mt. (Pannonian Basin, Croatia). *Geologia Croatica*, 63, 225–239.

Internetski izvori:

1. Google mape. <https://www.google.hr/maps> (2019) (Slika 1)
2. WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org>

TABLE I–III

Tabla I

Slika 1. *Elphidium aculeatum* D'ORBIGNY, 1846; uzorak XL/2

Slika 2. *Elphidium hauerinum* D'ORBIGNY, 1846; uzorak XL/2

Slika 3. *Cibicidoides lobatulus* WALKER & JACOB, 1798, spiralna strana; uzorak XL/2

Slika 4. *Cibicidoides lobatulus* WALKER & JACOB, 1798, umbilikalna strana; uzorak XL/2

Slika 5. *Cibicidoides ungerianus* D'ORBIGNY, 1846, spiralna strana; uzorak XL/2

Slika 6. *Cibicidoides ungerianus* D'ORBIGNY, 1846, umbilikalna strana; uzorak XL/2

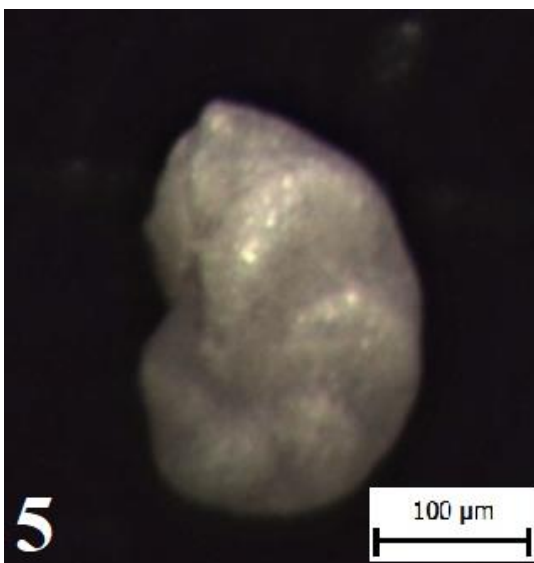
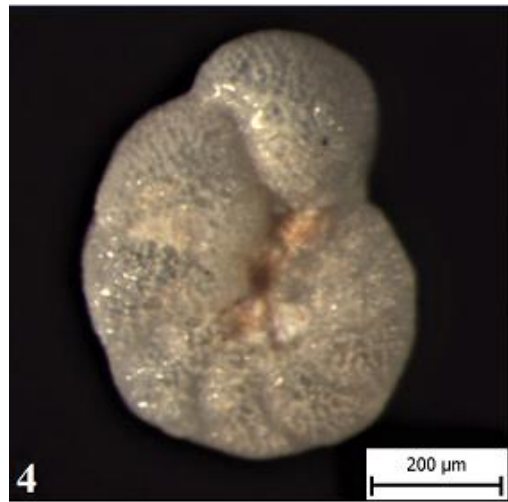
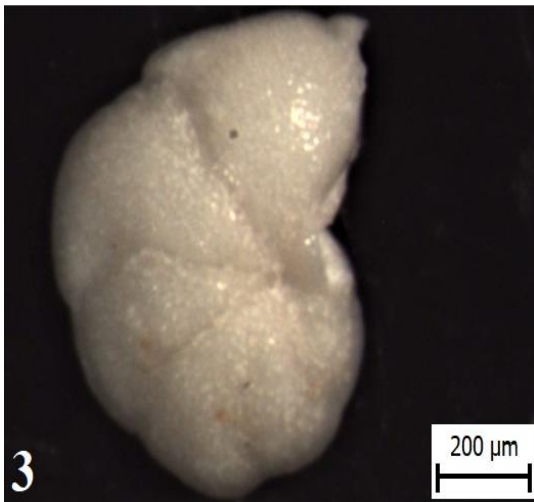
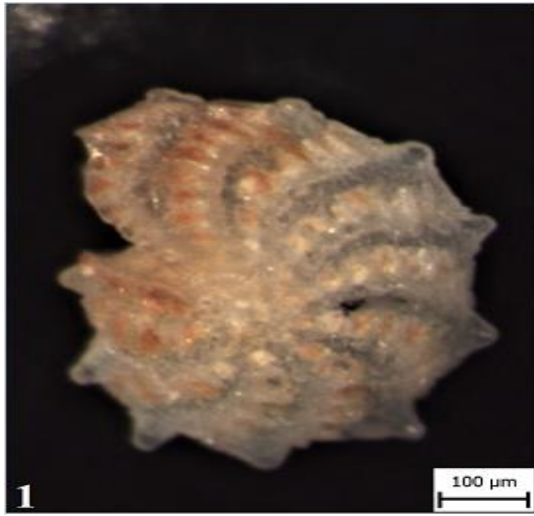


Tabla II

Slika 1. *Ammonia viennensis* D'ORBIGNY, 1846, spiralna strana; uzorak II/3

Slika 2. *Ammonia viennensis* D'ORBIGNY, 1846, umbilikalna strana; uzorak II/3

Slika 3. *Anomalinooides dividens* LUCZKOWSKA, 1967; uzorak II/3

Slika 4. *Bolivina dilatata* REUSS, 1959; uzorak XL/2

Slika 5. *Asterigerinata planorbis* D'ORBIGNY, 1846, spiralna strana; uzorak XL/2

Slika 6. *Asterigerinata planorbis* D'ORBIGNY, 1846, umbilikalna strana; uzorak XL/2

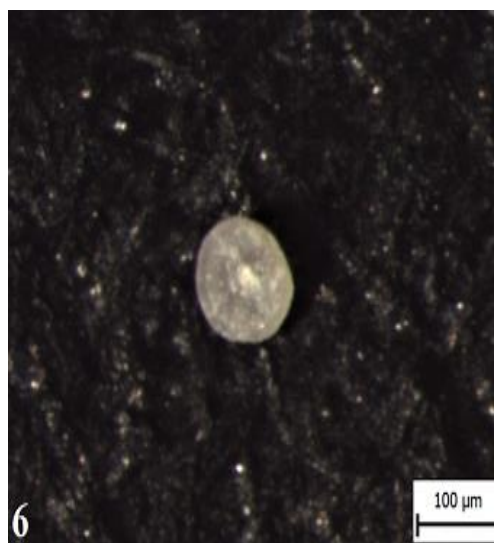
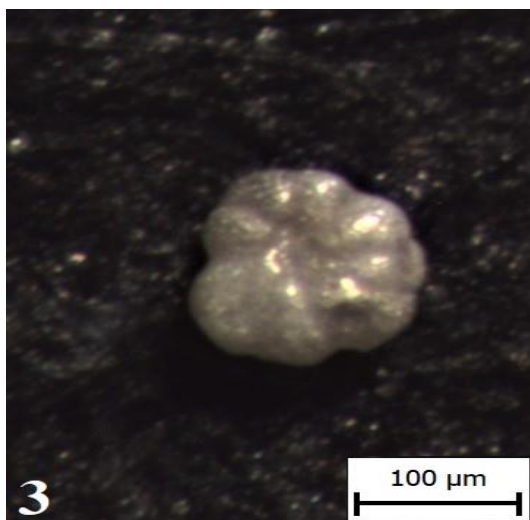
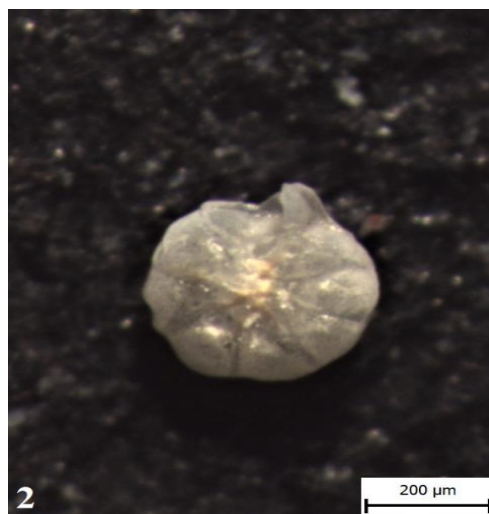
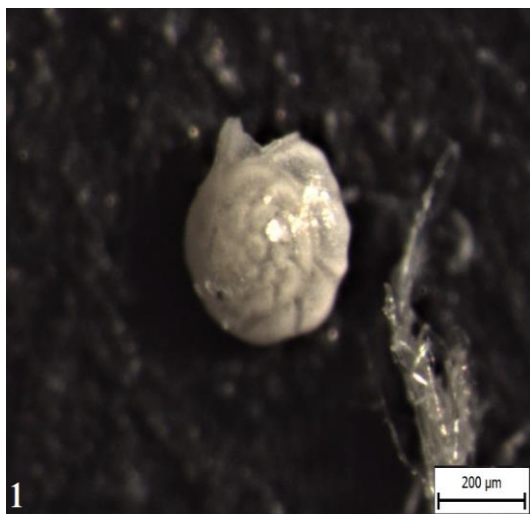


Tabla III

Slika 1. *Nonion commune* D'ORBIGNY, 1846; uzorak XL/2

Slika 2. *Porosononion granosum* D'ORBIGNY, 1846; uzorak II/3

Slika 3. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka II/3

Slika 4. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka XIII/1

Slika 5. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka XXXVI/1

Slika 6. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka XL/2

