Miocenski "pteropodni lapori" Goranca (okolica Čučerja, Medvednica)

Derežić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:421201

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Ivana Derežić

MIOCENSKI „PTEROPODNI LAPORI“ GORANCA (OKOLICA ČUČERJA, MEDVEDNICA)

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

IVANA DEREŽIĆ

MIOCENSKI „PTEROPODNI LAPORI“ GORANCA (OKOLICA ČUČERJA, MEDVEDNICA)

Diplomski rad predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistra Znanosti o okolišu

Zagreb, 2018.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zagrebu pod vodstvom prof. dr.sc. Jasenke Sremac i neposrednim voditeljstvom dr.sc. Marije Bošnjak, u sklopu Diplomskog studija Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Prije svega se želim zahvaliti mentorici prof.dr.sc. Jasenki Sremac na stručnom vodstvu, strpljenju te poučnim i zanimljivim terenima.

Također, zahvaljujem se neposrednoj voditeljici dr.sc. Mariji Bošnjak koja je svojim doprinosom poboljšala ovaj rad.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, roditeljima i sestri Martini na podršci i strpljenju tijekom cijelog studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

MIOCENSKI „PTEROPODNI LAPORI“ GORANCA (OKOLICA ČUČERJA, MEDVEDNICA)

IVANA DEREŽIĆ

Rad je izrađen u Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a, Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Sažetak: Na području Goranca, u blizini Čučerja, pronađena su nova nalazišta pteropodnih naslaga s foraminiferama, ostrakodima, skafopodima, morskim ježincima i vapnenačkim nanoplanktonom. Mikrofosili su izdvojeni tehnikom mokrog prosijavanja, dok su pteropodi analizirani mjerenjem visine, širine i apikalnog kuta kućice. Pteropodna fauna obuhvaća obilne primjerke vrste *Vaginella austriaca* koja je detaljno proučavana ovim istraživanjem. Pteropodi roda *Limacina* su prvi puta zabilježeni na južnim padinama Medvednice. Rodovi *Diacrolinia* i *Creseis* su na Medvednici prvi puta zabilježeni. Također dubokomorska tekstularidna foraminifera *Bathysiphon* i *Rhabdammina* predstavljaju prve nalaze tih rodova na širem području. Prema nalazima fosila i usporedbom sa susjednim, prethodno istraživanim lokalitetima, taložni okoliš je opisan kao morski, dok je starost uzoraka određena kao srednjobadenska.

Ključne riječi: Paratethys, Medvednica, baden, fosili, pteropodi, biostatistika

Rad sadrži: 54+VII stranica, 26 slika, 8 tablica i 75 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici PMF-a, Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Sremac, Neposredni voditelj: dr.sc. Marija Bošnjak

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Jasenka Sremac, prof.dr.sc. Marijan Kovačić; izv. prof. dr.sc. Tatjana Bakran-Petricioli; doc.dr.sc. Mladen Maradin

Datum završnog ispita: 24. rujna 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Thesis

MIOCENE „PTEROPOD MARLS“ (VICINITY OF ČUČERJE, MEDVEDNICA MT.)

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

Abstract: At the Goranec locality, in the vicinity of Čučerje, new pteropod assemblages, associated with foraminifera, ostracods, scaphopods, echinoderms and calciferous nannoplankton, were identified. Microfossils were extracted from sediment by wet sieving technique, while pteropod specimens were analized by measuring height, width and apical angle of the shell. The pteropod fauna encompasses abundant specimens of *Vaginella austriaca* which was studied in detail in this research. Pteropods of the genus *Limacina* were recorded on southern slopes of the Medvednica for the first time. Genera *Diacrolinia* and *Creseis* were recorded in Medvednica for the first time. Also deep-marine textulariid foraminifera *Bathysiphon* and *Rhabdammina* represent the first finding of these genera in the wider area. According to fossil findings and comparing with neighbouring, previously studied localities, depositional environment is described as deep marine, while the age of samples is defined as the Middle Badenian.

Key words: Paratethys, Medvednica Mt., Badenian, Fossils, Pteropods, Biostatistics

Thesis contains: 54+VII pages, 26 figures, 8 tables and 75 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science, University of Zagreb

Supervisor: Prof. Dr. Jasenka Sremac; Assistant supervisor: Dr. Marija Bošnjak

Reviewers: Prof. Dr. Jasenka Sremac; Prof. Dr. Marijan Kovačić, Prof. Dr. Tatjana Bakran-Petricioli; Asst. Prof. Dr. Mladen Maradin;

Date of final exam: September 24th 2018

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. TEORIJSKA OSNOVICA 3

2.1. ***Miocen Paratethysa*** 3

2.2. Pteropodne naslage Centralnog Paratethysa 6

2.3. Biologija pteropoda 7

3. METODE RADA 12

3.1. Terenski rad 12

3.2. Laboratorijski rad 12

3.3. Kabinetski rad 13

4. REZULTATI 14

4.1. Opis lokaliteta 14

4.2. Taksonomski dio 18

4.2.1. Pteropodi 18

4.2.2. Popratna fauna 33

5. RASPRAVA 41

5.1. Problemi kod determinacije fosila 41

5.2. Bioraznolikost istraživanih nalazišta 42

5.3. Okoliš taloženja istraživanih naslaga 43

5.4. Starost naslaga 44

5.5. Migracijski putovi 45

6. ZAKLJUČAK 46

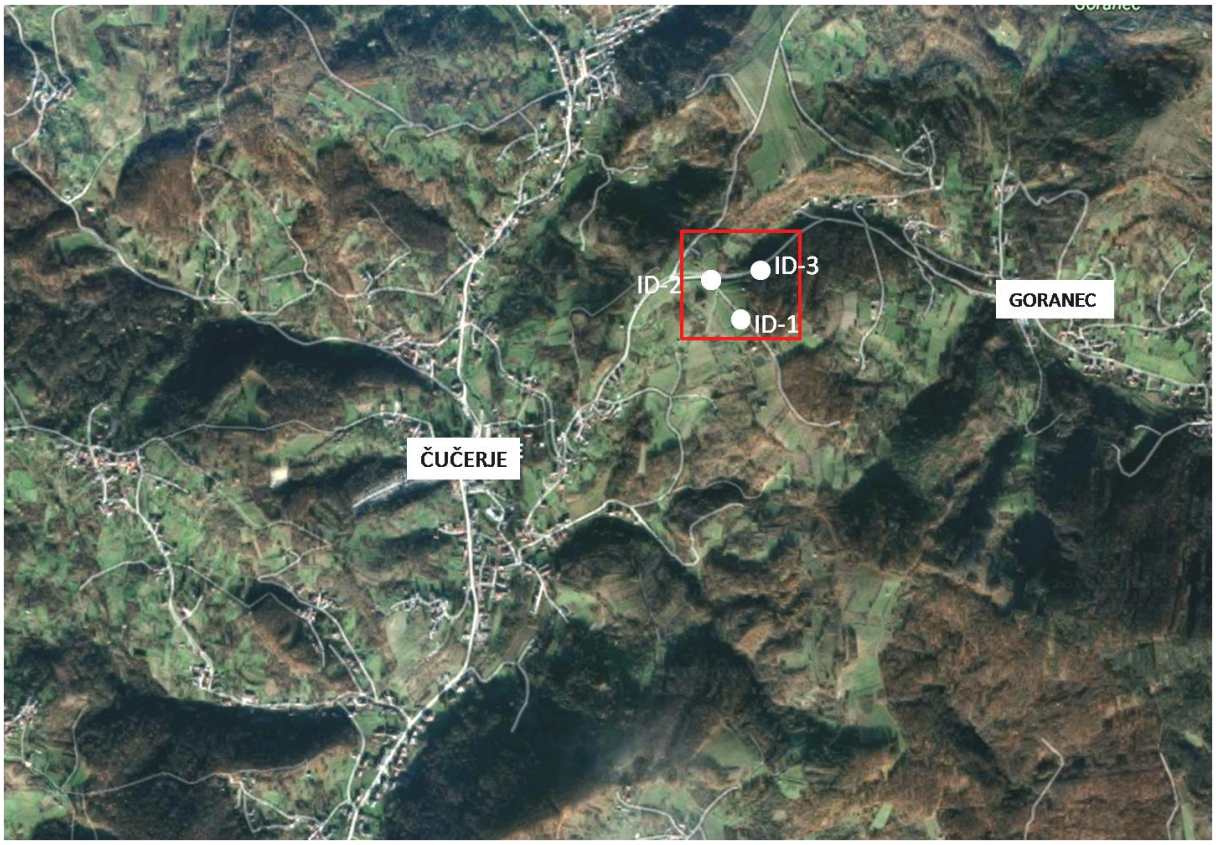
7. LITERATURA: 47

1. UVOD

Holoplanktonski puževi pteropodi predstavljaju važnu skupinu u paleoklimatskim, paleoekološkim i paleooceanografskim istraživanjima jer pokazuju široku horizontalnu distribuciju i brzu morfološku evoluciju što ih čini izvrsnim provodnim fosilima (Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015). Recentni pteropodi s kućicama, građenim od kalcijevog karbonata sklonim otapanju u vodi povećane kiselosti, koriste se kao indikatori zakiseljavanja morskih sredina (npr. Manno et al., 2017).

Ciljevi ovoga rada bili su pronaći nova nalazišta miocenskih naslaga s pteropodima na Medvednici, opisati pronađene pteropode i popratnu faunu, zaključiti kakav je bio okoliš koji je omogućio razvoj prisutnih vrsta, odrediti starost naslaga te usporediti istraživane lokalitete s drugim poznatim nalazištima pteropoda na području Medvednice.

Istraživano područje Medvednice nalazi se unutar Sjevernohrvatskog bazena koji čini jugozapadni rub Panonskog bazenskog sustava (Pavelić & Kovačić, 2018). Naslage žutih miocenskih „pteropodnih lapora“ na Medvednici su vidljive na više mjesta u blizini ceste Kuntići koja vodi od Čučerja prema Gorancu (Slika 1.). Već su na terenu uočene razlike u izgledu sedimenta i fosila na lokalitetima uzorkovanja. Lokaliteti ID-1, ID-2 i ID-3 su izabrani jer su na svima zabilježeni holoplanktonski puževi, pteropodi, koji su glavna tema mog istraživanja. Po prvi puta na ovom području su pronađeni i primjerci pteropoda iz roda *Limacina*.



Slika 1. Položajna karta istraženog područja Medvednice; područje istraživanja označeno je crvenim kvadratom, a lokaliteti istraživanja bijelim točkama.

(https://www.google.com/maps/@45.8944215,16.0549823,2582m/data=!3m1!1e3; 30.8.2018.)

2. TEORIJSKA OSNOVICA

2.1. *Miocen Paratethysa*

Paratethys more nastalo je na prijelazu eocena u oligocen kao rezultat raspada Tethysa odnosno podvlačenja Afričke ploče pod Euroazijsku (Baldi, 1980; Harzhauser & Piller, 2007). Tijekom svog maksimalnog prostiranja zauzimao je područje od bazena Rhone u Francuskoj do unutrašnje Azije (Harzhauser i Piller, 2007). Paratethys je bio podijeljen na zapadni i istočni, dvije velike geotektonske jedinice koje su se različito razvijale s obzirom na vremenska odstupanja geotektonskih događaja i globalnih promjena morske razine. Manji zapadni dio je obuhvaćao Zapadni i Centralni Paratethys (npr. Popov et al., 2004; Rögl 1999).

Tijekom donjeg miocena su na području sjeverne Hrvatske formirana dva bazena različitih taložnih karakteristika: bazen Hrvatskog zagorja, koji zauzima mali dio na sjeverozapadu i proteže se prema Sloveniji, i Sjevernohrvatski bazen. Sjevernohrvatski bazen (engl. North Croatian Basin, NCB) predstavlja jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava (engl. Pannonian Basin System, PBS), a smješten je između Alpa, Karpata i Dinarida. Paleogeografski pripada jugozapadnom rubu Centralnog Paratethysa koji se protezao područjem sjeverozapadne Hrvatske te sjeverne Bosne. Unutar Sjevernohrvatskog bazena nalaze se manji bazeni smjera zapadsjeverozapad-istokjugoistok nastali slijeganjem duž lističkih i „slip-up“ rasjeda, a to su Dravska depresija, Bjelovarska depresija, Požeška depresija, Savska depresija i Karlovačka depresija (Pavelić & Kovačić, 2018) (Slika 3.).

Sjevernohrvatski bazen je imao složen razvoj kontroliran tektonikom, klimatskim promjenama, vulkanskom aktivnošću te eustatičkim promjenama morske razine. Nastao je uslijed kontinentalne kolizije i subdukcije Euroazijske ploče pod Panonsku, a njegov se razvoj može podijeliti u dvije faze: sinriftnu i postriftnu. Sinriftna faza (otnang do srednji baden) je obilježena izdizanjem astenosfere, ekstenzijskim tektonskim stanjenjem kore te izostatičkom subsidencijom pri čemu je došlo do prijelaza iz kopnenih u morske okoliše. U postriftnoj fazi (srednji baden do kvartar) došlo je do subsidencije uslijed hlađenja litosfere te prijelaza iz morskih u kopnene okoliše (Pavelić & Kovačić, 2018 i reference u radu).



Slika 3. Prikaz Sjevernohrvatskog bazena unutar Centralnog Paratethysa tijekom miocena (izmijenjeno prema Ćorić et al., 2009).

Sedimentacija Sjevernohrvatskog bazena započela je u otnangu nakon razdoblja emerzije. Morske transgresije tijekom ranog miocena nisu zahvaćale cijeli bazen zbog čega je on prekriven naslagama različitih starosti, od ranog do kasnog miocena. Sedimenti su akumulirani u morskom, bočatom i slatkovodnom okolišu. Tijekom miocena morske veze između Centralnog Paratethysa, Mediterana i Indijskog oceana naizmjenično su se uspostavljale i zatvarale kontrolirajući sedimentaciju Sjevernohrvatskog bazena (Pavelić & Kovačić, 2018; Rögl, 1999).

Grill (1943) je na temelju paleoekoloških i paleogeografskih promjena podijelio baden u četiri ekostratigrafske zone koje su Papp i Turnovsky 1953. preimenovali. To su bazna „Lagenidna zona“, „Sandschaler zona“ (zona aglutiniranih foraminifera), „Bulimina/Bolivina zona“ i najviša zona osiromašena faunom. Lagenidnu zonu su podijelili još na višu i nižu. Unutar Centralnog Paratethysa utvrđena su tri badenska podkata: morav (lagenidna zona),

vjelic (zona aglutiniranih foraminifera) i kosov (*Bulimina/Bolivina* zona i zona osiromašena faunom) (Papp et al., 1978; Piller et al., 2007; Hohenegger et al., 2014).

Prijelaz iz karpata u baden, odnosno početak donjeg badena, određen je na temelju stabilnih izotopa, paleoekološke promjene koja se očituje u sastavu plitkomorskih bentičkih foraminifera, promjeni sastava nanoplanktona te prvog pojavljivanja vrste *Praeorbulina sicana* na 15,97 milijuna godina prije današnjice unutar nanoplanktonske zone NN4 (Ćorić et al., 2009; Rögl et al., 2007; Hohenegger et al., 2014; Saint et al., 2017). Za razliku od Panonskog bazenskog sustava koji je u to vrijeme postojao kao morski okoliš, u Sjevernohrvatskom bazenu je zabilježena lakustrična sedimentacija (Pavelić & Kovačić, 2018). Tijekom donjeg badena dolazi do morske transgresije koja je preplavila Paratethys i povezala ga otvorenim prolazima sa Sredozemnim morem (kroz takozvani „Transtetijski koridor“) i zapadnim dijelom Indijskog oceana. To se razdoblje poklapa sa srednjomiocenskim klimatskim optimumom (Rögl, 1998; Steininger & Wessely, 2000; Piller et al., 2007; Bošnjak, 2017).

Srednji baden je obilježen s dva transgresivno-regresivna ciklusa koja su vidljiva unutar nanoplanktonske zone NN5 (Ćorić et al., 2009, Hohenegger, 2014, Pavelić & Kovačić, 2018). U tom razdoblju dolazi do prijelaza iz srednjomiocenskog klimatskog optimuma u srednjomiocensku klimatsku tranziciju koju karakterizira pad temperature te sniženje morske razine (Hohenegger et al., 2014).

U gornjem badenu došlo je do posljednjeg morskog preplavljivanja cijelog Paratethysa i zatvaranja „Transtetijskog koridora“ što odgovara NN6 zoni. Kraj badena prije 12,7 milijuna godina obilježava badensko-sarmatski događaj izumiranja pod utjecajem geotektonike i klime tijekom kojeg je izumrla većina stenohalinih morskih organizama (Harzhauser & Piller, 2007; Pavelić i Kovačić, 2018).

Tijekom sarmata morske veze Paratethysa su značajno reducirane što je omogućilo razvoj endemskim vrstama. Početkom gornjeg miocena, prije 11,6 milijuna godina, formirano je bočato jezero Panon kao rezultat konačne izolacije od Centralnog Paratethysa (Pavelić & Kovačić, 2018).

2.2. Pteropodne naslage Centralnog Paratethysa

Istraživanja stratigrafije neogenskih naslaga na području Paratethysa i Sredozemlja provode se od druge polovice 19. stoljeća.

Pteropode je prvi puta opisao i nekoliko vrsta ilustrirao Linnaeus u svom djelu Systema Naturae (Messenger et al., 2010), a kao skupinu ih je prvi izdvojio Georges Cuvier 1804. godine (Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015).

Laskarev (1924) je pretpostavio postojanje Paratethysa na temelju istraživanja mekušaca na području Bečkog, Štajerskog, Panonskog, Dacijskog i Euksinskog bazena (Piller et al., 2007).

Na temelju nalaza Gastropoda na području Centralnog Paratethysa iz razdoblja miocena prepoznato je pet velikih događaja. To su „gornjootnanški događaj izumiranja“, „srednjobadenski događaj izumiranja“, „badensko-sarmatski događaj izumiranja“, „sarmatsko-panonski događaj izumiranja“ i „donjobadenski događaj procvata“ (Harzhauser & Piller, 2007).

Najstarije naslage s pteropodima, holoplanktonskim fosilnim puževima iz reda Thecosomata, poznate su iz razdoblja srednjeg eocena, a najbogatija nalazišta vezana su uz naslage srednjeg miocena koje su istaložene za vrijeme najvećih morskih transgresija. Najraznovrsniji i najbrojniji rodovi pteropoda u miocenskim morskim naslagama Centralnog Paratethysa su *Clio* Linnaeus, 1767, *Limacina* Bosc, 1817 i *Vaginella* Daudin, 1800. *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 se smatra geografski i stratigrafski najraširenijom vrstom u badenu Centralnog Paratethysa (Janssen, 1984; Zorn, 1991, 1995, 1999; Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Rögl, 1998; Bohn-Havas et al., 2004; Kováč et al., 2007).

U badenskim naslagama Centralnog Paratethysa zabilježeni su brojni nalazi pteropoda. Na srednjoeuropskim i istočnoeuropskim prostorima Panonskog bazenskog sustava pteropode su istraživali Janssen (1984), Zorn (1991,1995, 1999), Bohn-Havas & Zorn (1993, 1994), Janssen & Zorn (1993), Bohn-Havas et al. (2004) te Mikuž et al. (2012).

Na području sjeverne Hrvatske pteropode je prvi zabilježio Dragutin Gorjanović-Kramberger 1908. godine. Kasnije su se istraživanjima pteropoda hrvatskog dijela Panonskog bazenskog sustava bavili i brojni drugi istraživači koji su pronašli fosile iz rodova *Clio*, *Limacina* i *Vaginella* (Kochansky, 1944; Kochansky-Devidé, 1973; Basch, 1983; Magaš,

1987; Pikija, 1987; Korolija & Jamičić, 1989; Avanić et al. 1995; Bošnjak, 2017; Bosak, 2017).

Kochansky (1944) i Basch (1983) su zabilježili nalaze vrsta *Clio pedemontana* Mayer 1868 i *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 na području središnjeg „Čučerskog" razvoja. Bosak (2017) i Bošnjak et al. (2017) su na području Vejalnice koja pripada „Čučerskom" razvoju, osim već spomenutih, našli i vrstu *Clio fallauxi* Kittl, 1886. *Clio fallauxi,* koji često dolazi s vrstom *C. pedemontana*, (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Zorn, 1999; Bohn-Havas et al., 2004) do sada je zabilježen jedino u naslagama donjeg badena na području Centralnog Paratethysa (Zorn, 1999). Bošnjak i suradnici (2017) su u široj okolici Marije Bistrice u sjeveroistočnom dijelu Medvednice prikupili i analizirali i predstavnike roda *Limacina*.

2.3. Biologija pteropoda

Koljeno mekušaca obuhvaća oko 100 000 živućih vrsta koje su podijeljene u sedam razreda (Pyron & Brown, 2015). Unutar razreda Gastropoda dvije su skupine razvile holoplanktonski način života, pteropodi i heteropodi. Oni žive u stupcu vode, a njihove aragonitne ljušture (ako su prisutne) padaju na dno nakon uginuća i sačuvaju se ukoliko se ono nalazi iznad aragonitne kompenzacijske dubine (Janssen & Peijnenburg, 2013).

Pteropodi su česti holoplanktonski puževi koji su naziv dobili prema građi tijela. Njihovo stopalo (*-poda* od grč. podium) je preobraženo u parna krila ili parapodia (*-ptero* od grč. pteron) koja im služe za plivanje. Unutar pteropoda razlikuju se dva reda, Thecosomata ili „morski leptiri" i Gymnosomata ili „morski anđeli". Thecosomata se dijele na dva podreda, Euthecosomata, koji imaju aragonitne ljušture, i Pseudothecosomata kojima pripadaju oblici s i bez ljušture. Kod Gymnosomata aragonitne ljušture su prisutne samo u larvalnom stadiju (Jennings et al., 2010; Janssen & Peijnenburg, 2013; Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015).

Unutar Euthecosomata (Slika 2.) prepoznato je 60-65 recentnih vrsta koje su podijeljene u dvije superporodice, Limacinoidea sa lijevo uvijenim kućicama i Cavolinioidea sa bilateralno simetričnim kućicama koje mogu biti ravne i šiljaste (*Creseis*), u obliku boce (*Cuvierina*), napuhane ili loptaste (*Cavolinia*) i piramidalne (*Clio*) (Lalli & Gilmer, 1989; Janssen & Peijnenburg, 2013).

Pteropodi su kozmopolitski rasprostranjeni i veoma brojni u svim oceanima. Njihova raprostranjenost prati uobičajenu distribuciju holoplanktonskih organizama. Široko su rasprostranjeni i veoma raznoliki u tropskim i suptropskim dijelovima oceana. Iako brojniji, u hladnijim arktičkim i subarktičkim vodama, javljaju se s manjom raznolikošću vrsta. Većina vrsta su epipelagičke ili mezopelagičke, ali postoje i batipelagičke vrste koje žive na dubinama većim od 1000 metara (Jennings et al., 2010; Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015). Vrlo su važni u hranidbenim mrežama. Glavni su izvor hrane karnivornom zooplanktonu, ribama u komercijalnom uzgoju (npr. bakalaru, lososu, haringi, skuši) i brojnim drugim višim predatorima (npr. morskim pticama, kitovima). Biogeokemijski igraju važnu ulogu u direktnom unosu organskog ugljika i karbonata u duboke dijelove oceana putem tonjenja uginulih organizama (Manno et al., 2017 i reference u radu).

Parna krila su homologna stopalu Gastropoda te imaju dvojnu funkciju. Služe im za hranjenje i plivanje. Svi pripadnici Euthecosomata plivaju s ventralnom površinom nagnutom prema gore pri čemu im pomažu dobro razvijena, parna, mišićava krila. Limacinidae se pokretom efektora prema dolje podižu. Kada tonu drže krila paralelno i bespokretno iznad tijela da smanje otpor s vodom. Tonjenje se odvija brzo kao posljedica težine kućice. Kod Cavoliniidaea plivanje je olakšano gubitkom zavojitosti kućice. U plivajućem položaju, glava, režnjevi stopala i krila su ispruženi kroz ušće kućice. Glava nije dobro definirana. Izlazi iz točke gdje se spajaju krila. Dva tentakula kojima mogu percipirati svjetlost (kod Limacinidaea jedan) su prisutna s dorzalne strane „vratne“ regije. Desni tentakul veći je od lijevog. Krila Euthecosomata su razdvojena te leže dorzalno i lateralno u odnosu na režnjeve stopala, a nastala su od anteriornog dijela stopala. Ostatak stopala je građen od središnje, plosnate površine prekrivene cilijama koja ventralno prelazi preko usne na ušću kućice i od dva manja cilijarna režnja sa strane usta. Usta između usana se otvaraju u šupljinu radule gdje se nalaze radula i žlijezde slinovnice. Radula može biti razlikovna karakteristika među vrstama. Kod Euthecosomata plaštana šupljina je smještena ventralno. Jedino kod Limacinidaea se ona nalazi dorzalno. Ta razlika se odražava i u razmještaju organa. Analni otvor u plaštanu šupljinu Limacinidaea je s desne strane, za razliku od drugih vrsta kod kojih je smješten lijevo. Osim tentakula, od osjetnih organa imaju još i osphradium i statociste. Kod roda *Cavolinia* u plaštanoj šupljini prisutna je sekundarna škrga. Sve vrste iz roda *Cavolinia* imaju prostrane nastavke plašta koji prekrivaju vanjsku stranu kućice i pružaju se u vodu (Lalli & Gilmer, 1989 i reference u radu).



Slika 2. Prikaz kućica Euthecosomata: 1 i 2 - Cavoliniidae, 3 - Cliidae, 4 i 5 – Creseidae, 6, 7 i 8 – Limacinidae (izmijenjeno prema Grove, 2017; http://www.molluscsoftasmania.net).

Pteropodi s kućicom su važni u ciklusu kalcijevog karbonata. Aragonitne kućice akumuliraju kalcijev karbonat pritom vežući CO_2 iz vode i atmosfere. Aragonit se lako otapa pa se veliki postotak njihovih kućica nakon uginuća organizama otopi. U slučaju kada se sedimentacija odvija u plitkoj vodi iznad aragonitne kompenzacijske dubine kućice se sačuvaju unutar sedimenta (http://species-identification.org/species.php?species_group=pelagic_molluscs&id=5&menuentry=groepen).

Za razlikovanje Thecosomata većinom se koristi oblik i veličina kućice. Njihova građa je mnogo jednostavnija nego prosječna kućica gastropoda te je većinom izgrađena od samo jednog sloja. Iako mikrostrukturno vrlo različite, kućice Limacinidaea i Cavoliniidaea su građene od aragonita, manje stabilnog oblika kalcijevog karbonata od kalcita. Limacinidae imaju križno-lamelarnu strukturu, dok je kod Cavoliniidaea ona helikalna i specifična za tu porodicu unutar koljena mekušaca (Bé et al., 1972; Bé & Gilmer; 1977; Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015; Burridge et al., 2017).

Razvoj kućice i mekih dijelova tijela može se odvijati usporedno (rod *Limacina*) ili neovisno (porodica Cavoliniidae). Kod nekih Pseudothecosomata se razvija samo protokonh. Kod Gymnosomata razvoj kućice staje nakon embrionalnog stadija (http://species-identification.org/species.php?species_group=pelagic_molluscs&id=5&menuentry=groepen). Nakon stadija ličinke vaginelidi (protokonh -1 i -2) razvijaju široke, trokutaste, vrlo plosnate i elastične ventralne i dorzalne dijelove kućice. Tijekom metamorfoze oni se mijenjaju u manje trokutastu i izduženiju kućicu prilikom čega dolazi do djelomičnog ili potpunog otapanja aragonita nakon čega slijedi konačno poprimanje oblika njegovom ponovnom precipitacijom (Cahuzac & Janssen, 2010).

Thecosomata su biljojedi ili svejedi. Hrane se stvaranjem mukozne mreže mnogo veće od njihovog tijela. Pomoću mreže hvataju dinoflagelate, kokolitoforide, radiolarije, tintinide, foraminifere i dijatomeje. Neki batipelagički Euthecosomata su karnivori kao i pripadnici reda Gymnosomata koji se većinom hrane tekosomatima. Protandrični su hermafroditi pa prelaze iz muškog u ženski spol tijekom života. Osim unakrsne oplodnje, javlja se i samooplodnja, a kod vrste *Clio pyramidata* Linnaeus, 1767, je zabilježeno i nespolno razmnožavanje (van der Spoel, 1973, 1979). Oplođena jajašca ispuštaju u vodu u obliku plutajućih želatinoznih vrpci ili sfera (Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015). Kod pteropoda su zabilježene zaraze parazitima. Većinom na njima parazitiraju kopepodi i trematodi, a na kućicama Cavoliniidaea se mogu često naći i polipi hidromeduza (Lalli & Gilmer, 1989 i reference u radu).

Kod velikog broja vrsta pteropoda je utvrđena negativna fototaksija. Hrane se noću blizu vodene površine, a danju migriraju u veće dubine. Intenzitet vertikalnih migracija razlikuje se među različitim vrstama. Primjerice, vrste iz roda *Diacavolinia* migriraju dnevno nešto više od 10 metara, dok vrsta *Clio pyramidata* migrira od nekoliko stotina do 1500 m u dubinu (van der Spoel, 1973; Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015). Unutar pteropoda postoji nekoliko vrsta kod kojih je utvrđena obrnuta migracija pa one tijekom dana borave na manjim dubinama (Stubbings, 1938; Newman & Corey, 1984).

Pteropodi s kućicama su važni u paleoklimatskim, paleooceanografskim i paleoekološkim istraživanjima. Mnoge skupine imaju široku horizontalnu distribuciju i pokazuju brzu morfološku evoluciju što ih čini odličnim provodnim fosilima u biostratigrafiji. Jedna od glavnih prednosti uporabe pteropoda u biostratigrafiji je krhkost njihove kućice koja ne može preživjeti veliki transport te se rijetko prenaša iz jedne sedimentacijske jedinice u drugu (Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015 i reference u radu).

Gastropodi su osjetljivi na sve ekološke parametre te zauzimaju širok raspon ekoloških niša zbog čega su vrlo važni u diferencijaciji paleogeografskih jedinica u geološkim istraživanjima (Harzhauser & Piller, 2007).

U ranim razvojnim stadijima pteropodi su vrlo osjetljivi na klimatske promjene. Kao posljedica povećanja koncentracije atmosferskog CO_2 dolazi do zakiseljavanja oceana (Dupont & Thorndyke, 2009). Predviđa se da će kontinuirana apsorpcija trećine antropogeno proizvedenog ugljikovog dioksida od 1750. godine u kombinaciji sa zatopljavanjem i pojačanim dotjecanjem slatke vode u višim geografskim širinama uzrokovati velike promjene u kemijskim svojstvima oceana (Le Quéré et al., 2005; Manno et al., 2017). Akumulacija ugljikovog dioksida u morskoj vodi je smanjila srednju vrijednost pH (s 8,3 na 8,1) i koncentraciju karbonatnih iona. Pretpostavlja se da će do 2100. godine pH biti za 0.3-0.4, a koncentracija karbonatnih iona za 50% niža nego danas (Busch et al., 2014 i refence u radu). Više geografske širine će biti najviše pogođene antropogenim zakiseljavanjem kao posljedica boljeg otapanja CO_2 u vodi niže temperature (Bednaršek et al., 2014). Zakiseljavanje mora može negativno utjecati na preživljavanje, kalcifikaciju, rast, reprodukciju i niz drugih fizioloških procesa kod morskih organizama. Euthecosomata su se pokazali kao dobri indikatori antropogenog zakiseljavanja zahvaljujući aragonitnim ljušturama sklonim otapanju (Manno et al., 2017).

3. METODE RADA

3.1. Terenski rad

Terensko istraživanje za izradu ovog diplomskog rada se odvijalo tijekom 2017. godine na širem području lokaliteta Goranec u blizini Čučerja (jugoistočna Medvednica) prilikom kojeg su prikupljeni uzorci iz srednjomiocenskih (badenskih) „pteropodnih lapora“, određene koordinate lokaliteta uzorkovanja, kao i njihovo fotografiranje. Uzorci, obilježeni oznakama ID-1, ID-2 i ID-3, su uzeti s četiri lokaliteta (Slika 1. i 4. - 7.). Dva od njih pripadaju istome izdanku (lijeva i desna strana u odnosu na put pokraj table Goranec) stoga su zajedno imenovani kao ID-2, a razlike među njima navedene su dalje u radu.

Koordinate istraženih lokaliteta su:

ID-1: N 45.534847; E 16.48069

ID-2: N 45.535216; E 16.43581

ID-3: N: 45.898534; E: 16.070192

3.2. Laboratorijski rad

Laboratorijski rad je uključivao tehniku muljenja (mokrog prosijavanja) te pripremu uzoraka za ekstrakciju nanoplanktona (Š. Aščić). Za potrebe tehnike muljenja uzorci (oko 30 dag) su zdrobljeni te stavljeni u vodu s dodatkom vodikovog peroksida na 24 sata nakon čega su prosijani kroz sita od 1000, 500, 250, 125 i 63 μm.e.

Uzorci iz suspenzije pripremljeni su za analizu vapnenačkog nanoplanktona standardnom metodom (Bown i Young, 1998).

3.3. Kabinetski rad

Kabinetski rad je obuhvatio analizu uzoraka s pteropodima, uzoraka pripremljenih mokrim prosijavanjam te analizu preparata nanoplanktona.

Analiza pteropoda obavljena je u Hrvatskom prirodoslovnom muzeju, a obuhvatila je njihovo čišćenje, označavanje, mikroskopiranje, fotografiranje fotoaparatom Canon EOS 6D, mjerenje fotografiranih fosila, njihovu determinaciju te analizu u programu MS Excel.

U Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a uzorci za mikroskopiranje su pripremljeni tehnikom mokrog prosijavanja. Nakon sušenja uzorci su pregledani na stereo-mikroskopu Olympus-SZX10 te fotografirani Canon EOS 1100D fotoaparatom. Fotografije su pohranjene pomoću Quick PHOTO CAMERA 3.0 programa nakon čega je uslijedila njihova obrada te determinacija vrsta.

Mikroskopski preparati nanoplanktona pregledani su „Zetoplan Reichert“ polarizacijskim mikroskopom pri povećanju od 1250× i 1600× te fotografirani Canon EOS 400D fotoaparatom.

Za determinaciju pteropoda korišteni su radovi Janssen (1984), Zorn (1991, 1999), Janssen & Zorn (1993), Cahuzac & Janssen (2010) i Janssen & Little (2010).

Foraminifere su određivane prema radovima Finger et al. (1990), Krezsek & Filipescu (2005), Nouradini et al (2015), Peryt (2013) i Plonka (2017), dok su radovi Perch-Nielsen (1985), Bown (1998), Bartol (2009) i Young et al. (2014) korišteni za određivanje vapnenačkog nanoplanktona.

4. REZULTATI

4.1. Opis lokaliteta

Istraživani lokaliteti nalaze se na Medvednici, na širem području Goranca u blizini Čučerja. Odabrana su tri lokaliteta za uzorkovanje, označeni oznakama ID-1, ID-2 i ID-3 (Slika 1. i Slika 4.-7.). Istraživano područje pripada središnjem ili „Čučerskom“ razvoju prema Kochansky (1944). Ona je opisala badenske naslage središnjeg razvoja kao dominantne žućkaste, tvrde (kalcitične) lapore koji se na mjestima izmjenjuju s pješčenjakom i litavcem. Na temelju fosilnog sadržaja zaključila je da su oni taloženi u mnogo dubljem okolišu od badenskih lapora „Doljanskog“ razvoja (zapadna Medvednica).

U ovome radu obrađeni su pteropodi te popratna fauna (foraminifere i ostali pronađeni, manje zastupljeni, fosili). Miocenski lapori središnje Medvednice sadrže pelagičke (nautilidi, pteropodi, planktonske foraminifere, nanoplankton) i bentičke organizme (bentičke foraminifere, ježinci, ostrakodi, spužve) (Bosak, 2017 i reference u radu).

Već su na terenu uočene makroskopske razlike između tri izabrana lokaliteta uzorkovanja. Na sva tri lokaliteta pronađeni su ostaci makrofosila. Najzastupljeniji su bili nalazi pteropoda (vaginelida) koji su zabilježeni na svim lokalitetima.

Najbogatiji fosilnom građom (mikro- i makrofosilima) bio je lokalitet ID-2, lijeva i desna strana istog izdanka. S lijeve strane je uočeno nešto više fosila. Pronađen je velik broj otisaka i jezgri vaginela, puno bodlji dijadema, tragovi bušača, trunje biljaka i jedan primjerak vrste *Clio pedemontana*. Uočen je školjkast lom koji govori o udjelu gline odnosno kalcita u sedimentu. S desne su strane, osim mnogobrojnih otisaka i jezgri vaginela, uočene i bodlje dijadema, jezgre školjkaša, ostaci rakova, ljuske riba i veći komadi biljnog trunja.

Na lokalitetu ID-1 pronađene su vaginele, riblje ljuske, veći otisci fosila te su uočene limonitne mrlje.

Na lokalitetu ID-3 su zabilježene brojne jezgre i otisci vaginela, riblje ljuske i tragovi bušača.



Slika 4. Lokalitet istraživanja ID-1



Slika 5. Lokalitet istraživanja ID-2, lijeva strana izdanka.

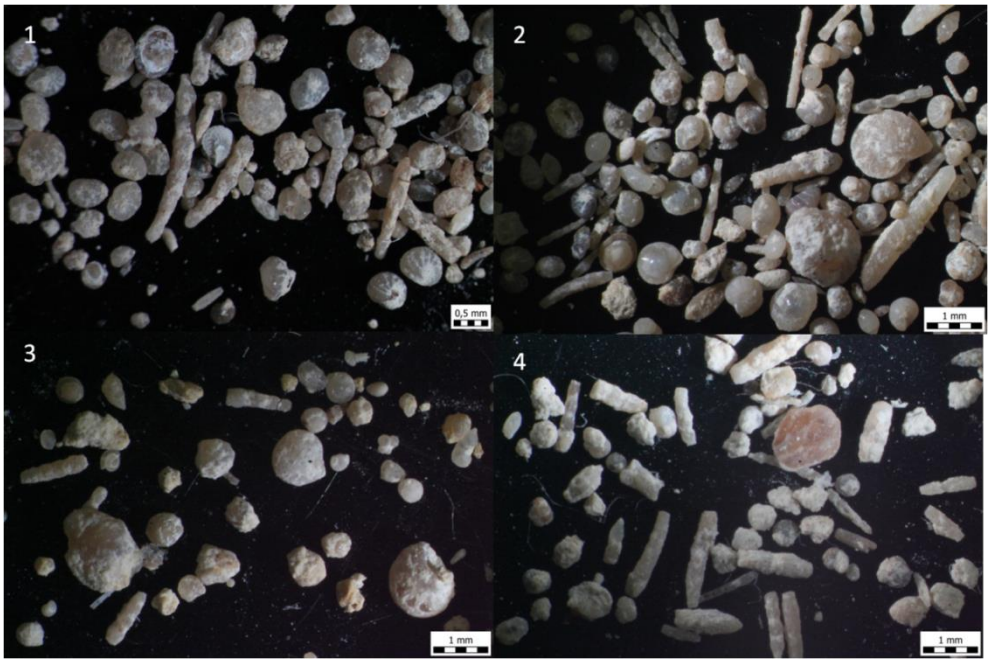


Slika 6. Lokalitet istraživanja ID-2, desna strana izdanka

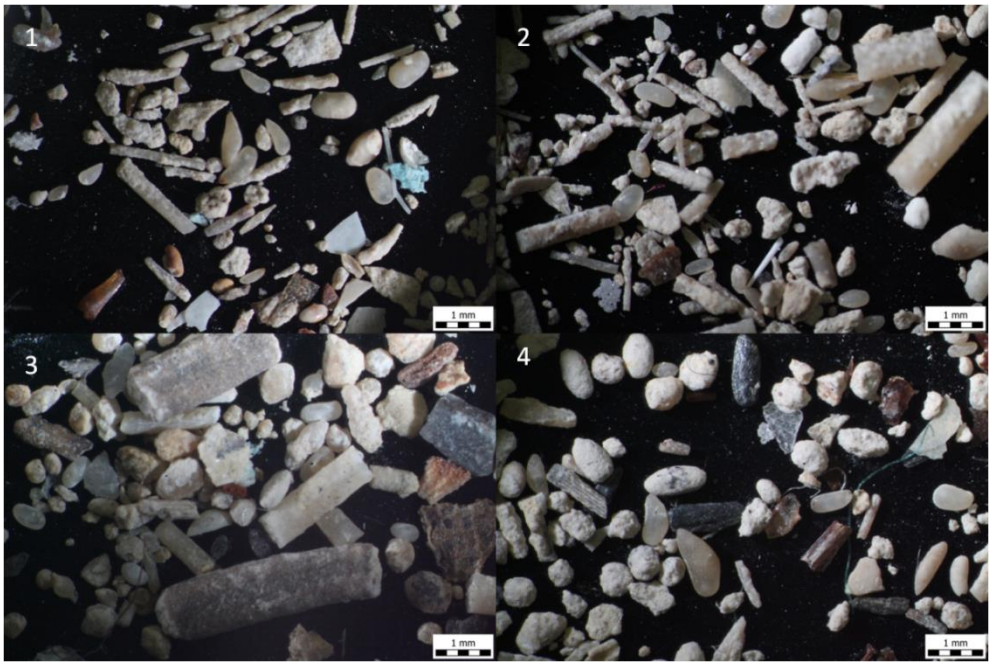


Slika 7. Lokalitet istraživanja ID-3

Mikroskopske razlike među lokalitetima istraživanja su također vidljive u uzorcima pripremljenim tehnikom muljenja (Slika 8. i 9.).



Slika 8. Foraminifere selektivno izvađene iz uzoraka: 1 – lokalitet ID-2 (lijeva strana izdanka), 2 – lokalitet ID-2 (desna strana izdanka), 3 – lokalitet ID-1, 4 – lokalitet ID3.



Slika 9. Ostala popratna fauna selektivno izvađena iz uzoraka: 1 – lokalitet ID-2 (lijeva strana izdanka), 2 – lokalitet ID-2 (desna strana izdanka), 3 – lokalitet ID-1, 4 – lokalitet ID3.

4.2. Taksonomski dio

4.2.1. Pteropodi

Planktonski puževi, pteropodi, su prikupljeni iz lapora. Pronađeni su na svim lokalitetima uzorkovanja, a detaljno su analizirani s lokaliteta ID-2 (lijeva i desna strana izdanka) i ID-3. U fosilnom obliku nalaze se holoplanktonski puževi s aragonitnom kućicom (Euthecosomata). Njihove kućice su otopljene te su sačuvani u obliku kamenih jezgri i otisaka. Na području Medvednice nalazi pteropoda poznati su iz „Čučerskog“ i „Zelinskog“ razvoja (Bošnjak, 2017).

Zbog svoje tanke ljušture pteropodi su podložni oštećenju što smanjuje njihov potencijal fosilizacije. Aragonit se lako otapa pa ljušture brzo nestaju iz okoliša uslijed procesa dijageneze. Njihove veće dimenzije, u odnosu na druge fosilne organizme koji se koriste u biostratigrafiji (npr. planktonske foraminifere, vapnenački nanoplankton), čine ih manje pogodnima jer su potrebni veći uzorci kako bi se dobila objektivna slika o istraživanim naslagama (Janssen & Peijnenburg, 2013).

Primjenom biostatistike određeno je 76 otisaka i kamenih jezgri roda *Vaginella*, jedna jezgra i pripadajući otisak roda *Clio*, dvije jezgre roda *Diacrolinia* te jedan otisak i jedna jezgra roda *Creseis*. Većina pronađenih primjeraka je fragmentirana.

Razred: Gastropoda Cuvier, 1797

Red: Thecosomata de Blainville, 1824

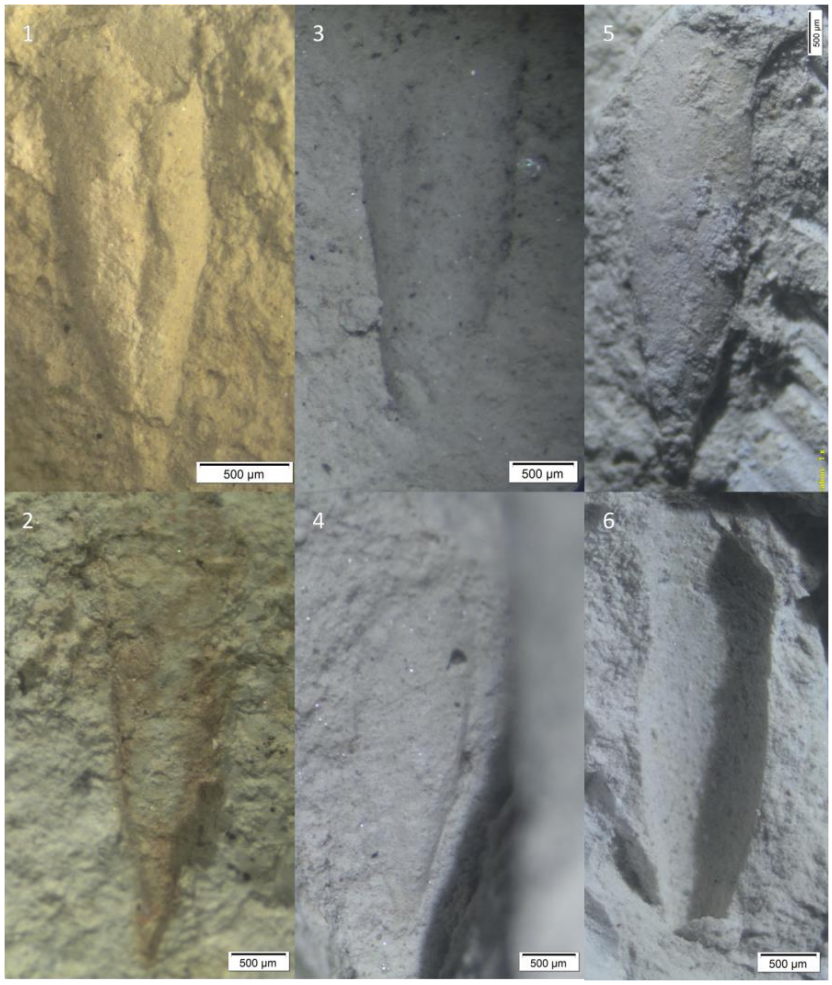
Podred: Euthecosomata Meisenheimer, 1905

Porodica: Cavoliniidae Fisher, 1883

Podporodica: Cavoliniinae van der Spoel, 1967

Rod: *Vaginella* Daudin, 1800

Vrsta: *Vaginella austriaca* Kittl, 1886



Slika 10. Sakupljene jezgre (1, 3 i 5) i otisci (2, 4 i 6) vrste *Vaginella austriaca* Kittl, 1886: 1 - uzorak 18_slika 1 i 2 – uzorak 11b_slika 6 (ID-2, lijeva strana izdanka); 3 – uzorak

42_slika 3 i 4 – uzorak 11_slika 1 (ID-2, desna strana izdanka); 5 – uzorak 15_slika 1 i 6 – uzorak 6_slika 5 (ID-3).

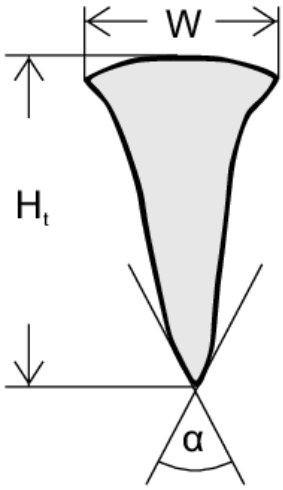
Sve vrste unutar roda imaju sličnu građu. Kućice su uglavnom ravne, izdužene i trokutastog oblika, lateralnim karinama jasno odvojene na ventralnu i dorzalnu stranu. Promatrajući frontalno, strane kućice mogu biti ravne ili zakrivljene u donjem dijelu. Ispod proširenog ušća može se nalaziti suženje. Blizu ušća kućice odrasle jedinke, ventralno i dorzalno, mogu biti razvijeni vertikalni nabori koji leže bliže na ventralnoj strani. Smatra se da je rub ušća dorzalne strane kućice viši što se ističe i prema linijama rasta koje su s te strane zakrivljenije. Larvalna kućica ima odvojene protokonhe, čiji vrh može biti šiljast ili zaobljen (Cahuzac & Janssen, 2010).

Evolucijom vaginela u miocenu kućice postaju sve izduženije. Blisko povezane vrste, *V. depressa* Daudin, 1800, *V. austriaca* Kittl, 1886, *V. acutissima* Audenino, 1897 *i V. lapugyensis* Kittl, 1886, predstavljaju postupno evoluirajući niz te je stoga često teško odrediti pripadnost pronađenih primjeraka određenoj vrsti. Primjerci vaginela se rijetko nalaze u savršenom stanju. Gotovo uvijek nedostaje vršni dio s protokonhom, a ušće je oštećeno. U takvim slučajevima se primjenjuju subjektivni kriteriji kao što je kut baze teleokonha. *V. depressa* ima najširi kut (≥40°), zatim slijede *V. austriaca* (≥20°), *V. acutissima* (15°-18°) i *V. lapugyensis* s najužim kutom (8°-13°). Subjektivnost kod mjerenja kutova proizlazi iz činjenice da su bočne strane kućice većinom zakrivljene zbog čega se dobivene mjere trebaju koristiti s oprezom (Cahuzac & Janssen, 2010). Očuvane jezgre i otisci prikupljenih vaginela izmijenjene su i uslijed dijagenetskih procesa što mijenja njihov oblik i dimenzije.

Prikupljeni primjerci su određeni kao *Vaginella austriaca* na temelju izmjerene visine, širine i apikalnog kuta kućice te usporedbom s opisima i primjercima dostupnima u objavljenim radovima o pteropodima Centralnog Paratethysa.

Na Medvednici su vrstu *Vaginella austriaca* zabilježili Gorjanović-Kramberger (1908), Kochansky (1944), Basch (1983), Avanić et al. (1995), Bosak (2017) i Bošnjak (2017). Primjerci su također pronađeni u naslagama karpata i badena u Austriji, badena u Bugarskoj, karpata i ranog badena u Češkoj, ranog i srednjeg badena u Poljskoj te ranog badena u Mađarskoj i Rumunjskoj (Kittl, 1886; Zorn, 1991, 1999; Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Janssen & Zorn, 1993). U donjomiocenskim naslagama (eger, egenburg, otnang) *V. austriaca* još nije zabilježena (Bohn-Havas et al., 2004).

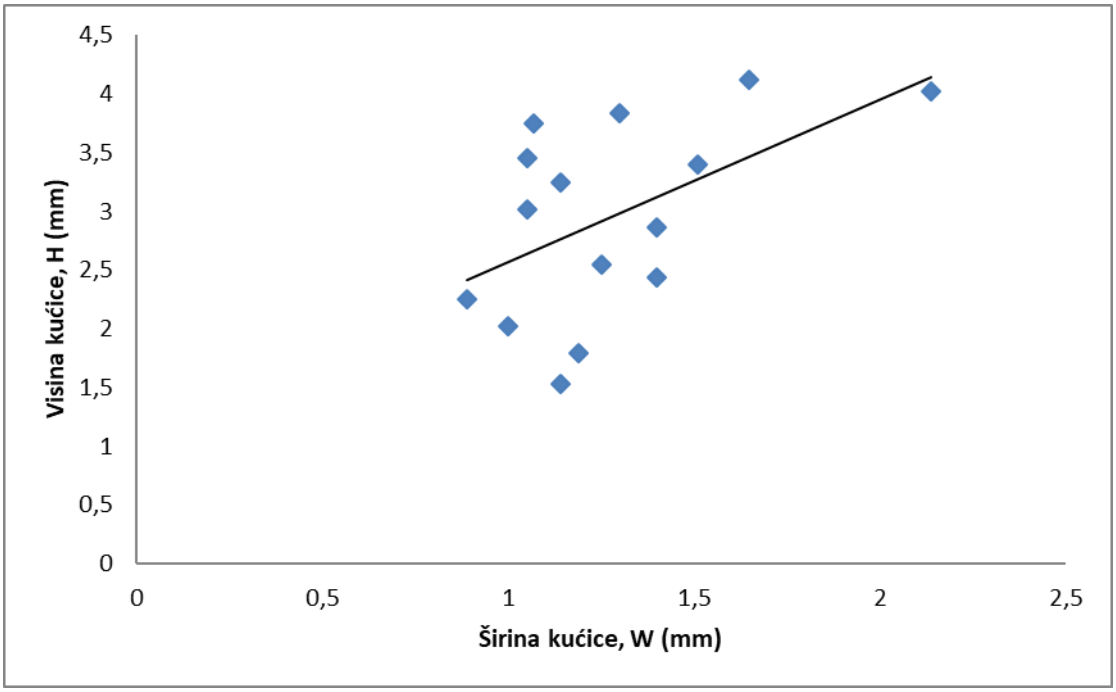
Kod primjeraka iz roda *Vaginella* sačuvani su većinom samo dijelovi odraslih kućica (teleokonhi) bez larvalnog (protokonha) i apikalnog dijela pa su njihove vrijednosti projicirane. Kako otisci i jezgre kućica nisu očuvani u potpunosti dobivene mjere ne predstavljaju njihove prave veličine. Nakon mjerenja visine (H), širine (W) i apikalnog kuta (α) (Slika 11.) dobiveni podaci su analizirani pomoću programa MS Excel. Iako veličine kutova nekih primjeraka ne odgovaraju standardnoj mjeri kuta vrste, oni su isto određeni kao *V. austriaca* na temelju morfoloških karakteristika.



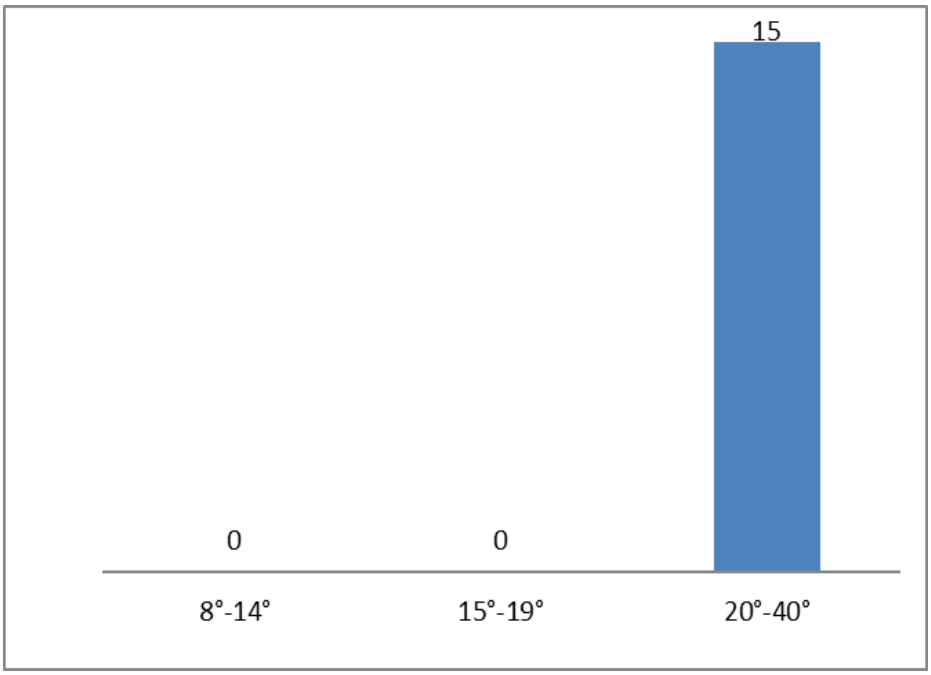
Slika 11. Prikaz mjerenih elemenata na vrsti *Vaginella austriaca*; W-širina kućice, H-visina kućice i α-apikalni kut (izmijenjeno prema Bošnjak et al., 2017).

Tablica 1. Dimenzije mjerenih primjeraka vrste *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (lijeva strana izdanka).

OZNAKA UZORKA	ŠIRINA, W (mm)	VISINA, H (mm)	APIKALNI KUT, α (°)
uzorak 1_slika 3	1,14	3,25	27
uzorak 2_slika 1	1,05	3,02	23
uzorak 4_slika 4	1,3	3,84	20
uzorak 6_slika 2	1,4	2,44	30
uzorak 7_slika 1	1,14	1,53	35
uzorak 10_slika 3	1,4	2,86	37
uzorak 11b_slika 6	1,07	3,75	31
uzorak 12_slika 2	1,05	3,45	35
uzorak 12_slika 9	0,89	2,25	21
uzorak 13_slika 1	2,14	4,02	34
uzorak 16_slika 3	1,65	4,12	40
uzorak 16_slika 5	1,25	2,55	31
uzorak 18_slika 1	1,51	3,4	28
uzorak 24_slika 2	1	2,02	23
uzorak 29_slika 1	1,19	1,79	21



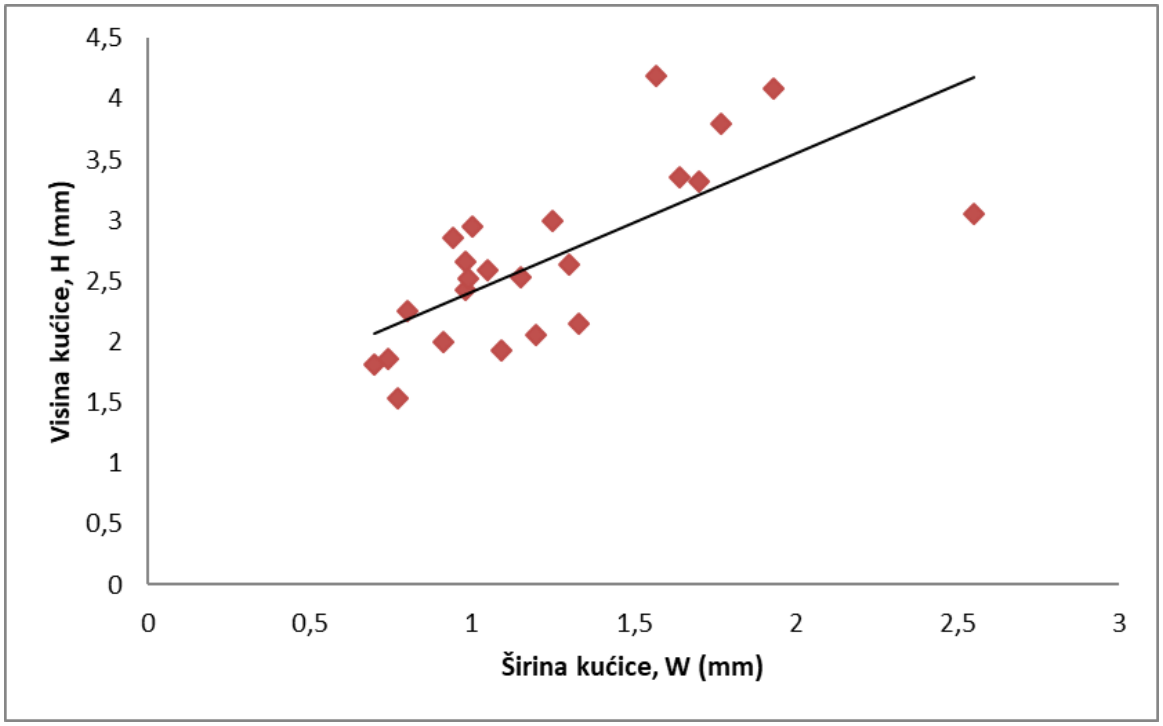
Slika 12. Odnos visine i širine kućice primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (lijeva strana izdanka).



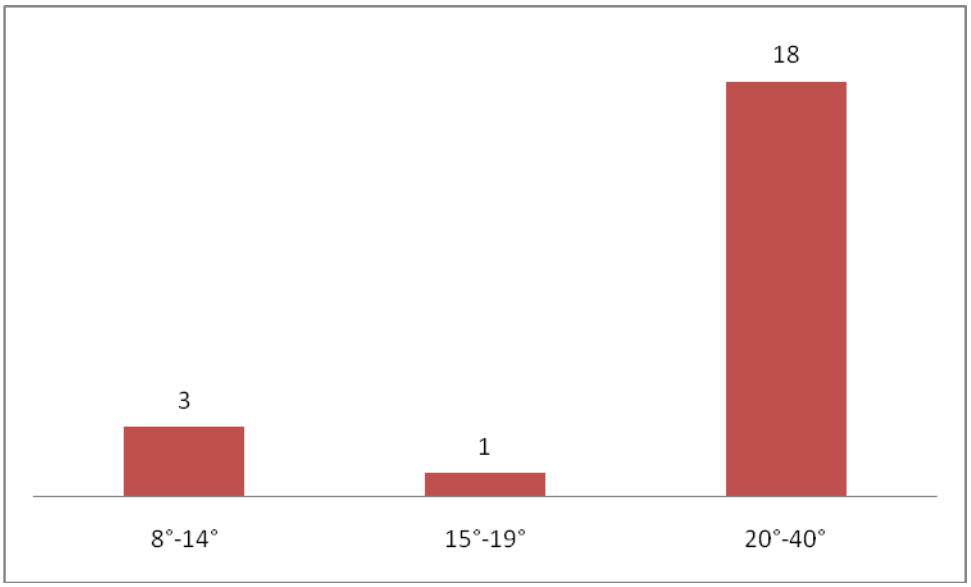
Slika 13. Vrijednosti apikalnog kuta primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (lijeva strana izdanka).

Tablica 2. Dimenzije mjerenih primjeraka vrste *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (desna strana izdanka).

OZNAKA UZORKA	ŠIRINA, W (mm)	VISINA, H (mm)	APIKALNI KUT, α (°)
uzorak 2_slika 1	1,57	4,19	21
uzorak 3_slika 7	0,98	2,43	22
uzorak 3_slika 9	1,15	2,53	30
uzorak 6_slika 1	1,93	4,09	32
uzorak 8_slika 2	1,7	3,32	12
uzorak 9_slika 2	0,98	2,66	33
uzorak 10_slika 1	1,33	2,15	29
uzorak 11_slika 1	0,91	2	28
uzorak 11_slika 2	0,77	1,53	28
uzorak 12_slika 1	1,64	3,36	18
uzorak 17_slika 4	1	2,95	26
uzorak 19_slika 1	1,2	2,06	12
uzorak 21_slika 1	1,09	1,93	27
uzorak 23_slika 1	0,8	2,25	31
uzorak 24_slika 1	1,05	2,59	25
uzorak 29_slika 1	0,94	2,86	25
uzorak 31_slika 1	1,3	2,63	28
uzorak 32_slika 5	0,74	1,86	12
uzorak 34_slika 1	0,7	1,81	/
uzorak 42_slika 3	1,25	3	32
uzorak 45_slika 2	1,77	3,79	39
uzorak 51_slika 2	2,55	3,05	25
uzorak 52_slika 1	0,99	2,52	32



Slika 14. Odnos visine i širine kućice primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (desna strana izdanka).

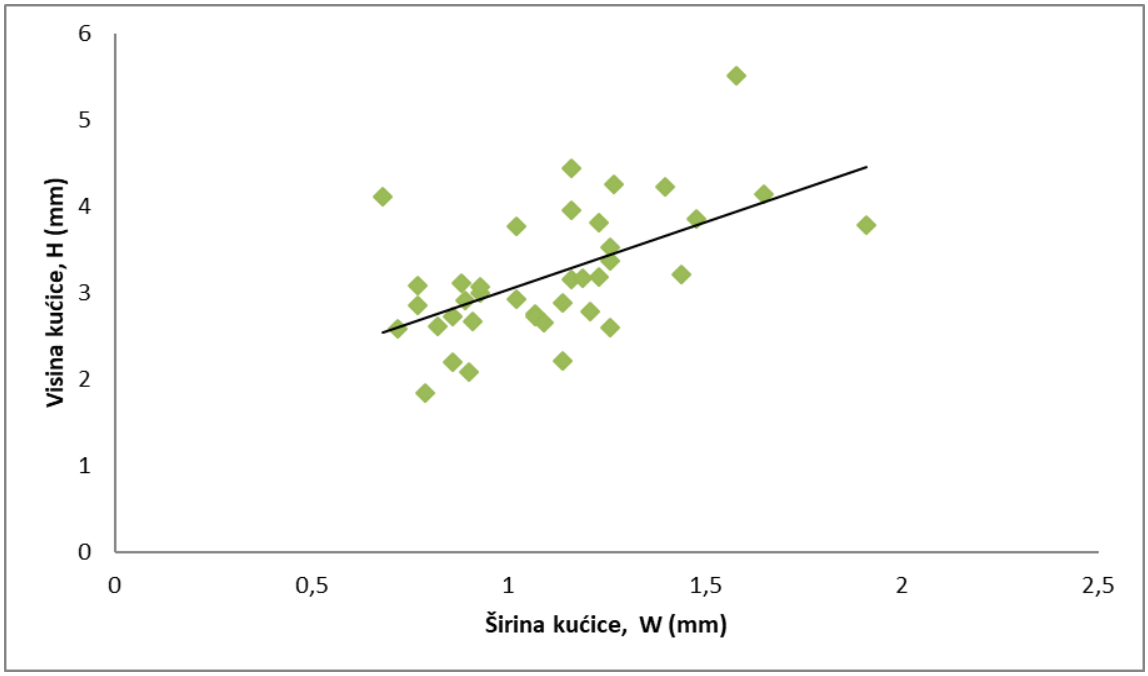


Slika 15. Vrijednosti apikalnog kuta primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-2 (desna strana izdanka).

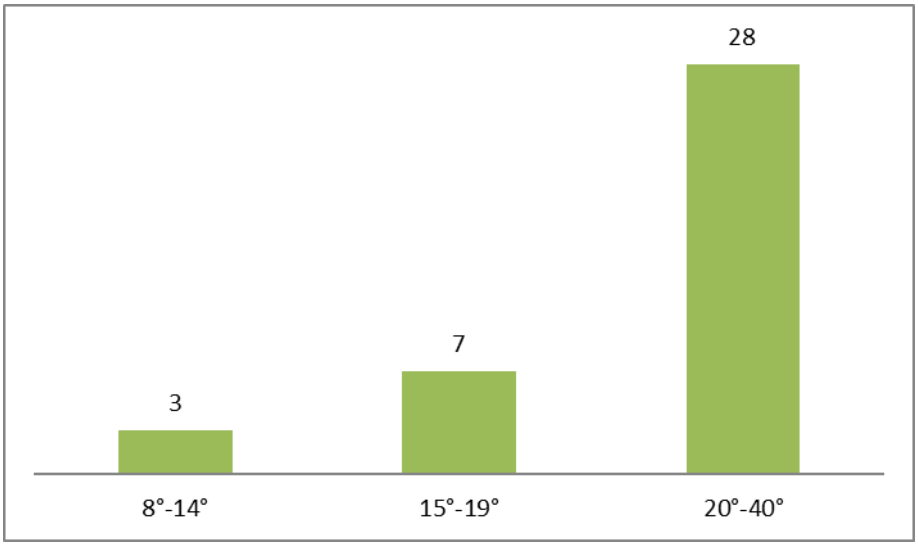
Tablica 3. Dimenzije mjerenih primjeraka vrste *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-3.

OZNAKA UZORKA	ŠIRINA, W (mm)	VISINA, H (mm)	APIKALNI KUT, α (°)
uzorak 2_slika 2	0,93	3	25
uzorak 2_slika 3	1,4	4,23	37
uzorak 2_slika 6	1,16	4,44	14
uzorak 3_slika 5	1,65	4,14	34
uzorak 4_slika 2	0,86	2,2	21
uzorak 5_slika 1	1,07	2,75	26
uzorak 6_slika 4	1,91	3,79	37
uzorak 6_slika 5	1,23	3,81	29
uzorak 6_slika 13	1,44	3,21	35
uzorak 7_slika 3	0,77	3,09	18
uzorak 7_slika 4	1,14	2,21	11
uzorak 7_slika 6	1,21	2,79	32
uzorak 7_slika 8	1,26	2,6	19
uzorak 11_slika 2	0,9	2,09	21
uzorak 13_slika 1	1,27	4,26	20
uzorak 13_slika 5	0,86	2,72	22
uzorak 13_slika 9	0,68	4,11	14
uzorak 13_slika 11	0,72	2,59	27
uzorak 14_slika 4	1,02	2,93	27
uzorak 15_slika 1	1,58	5,51	24
uzorak 16_slika 6	1,14	2,88	34
uzorak 17_slika 8	1,16	3,16	27
uzorak 17_slika 9	1,26	3,53	20
uzorak 18_slika 1	1,02	3,77	31
uzorak 18_slika 5	1,48	3,86	30
uzorak 19_slika 6	1,07	2,72	24
uzorak 19_slika 7	1,23	3,19	25
uzorak 21_slika 1	1,26	3,37	28
uzorak 21_slika 2	0,89	2,91	17

uzorak 21_slika 3	1,09	2,65	20
uzorak 21_slika 4	0,91	2,67	19
uzorak 21_slika 12	0,88	3,12	23
uzorak 23_slika 1	0,93	3,07	25
uzorak 29_slika 5	1,16	3,95	22
uzorak 30_slika 3	1,19	3,17	32
uzorak 34_slika 4	0,79	1,84	35
uzorak 34_slika 5	0,77	2,86	24
uzorak 34_slika 8	0,82	2,61	22



Slika 16. Odnos visine i širine kućice primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-3.



Slika 17. Vrijednosti apikalnog kuta primjeraka *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 prikupljenih na lokalitetu ID-3.

Razred: Gastropoda Cuvier, 1797

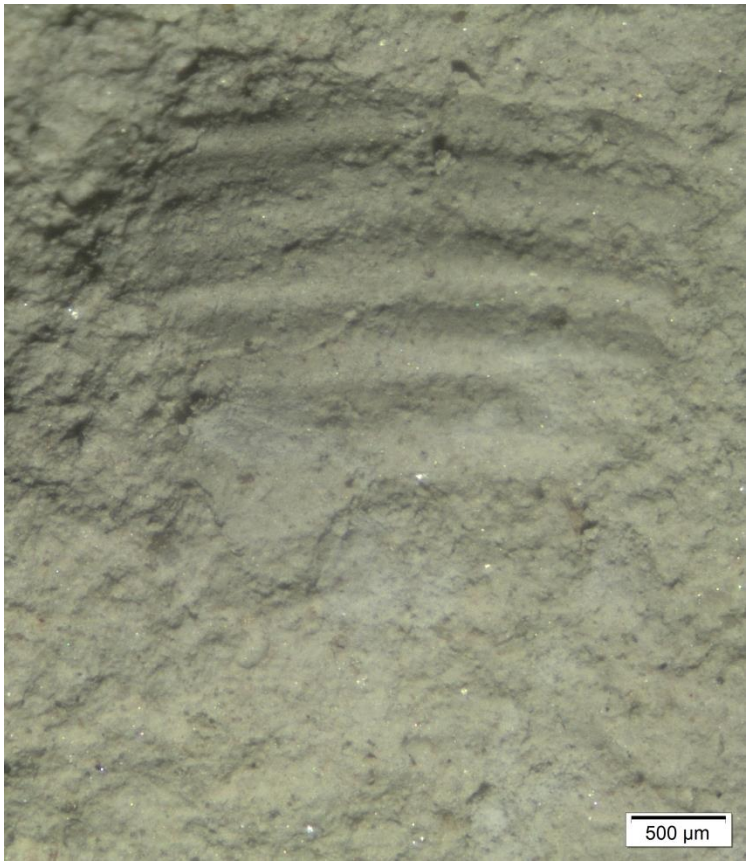
Red: Thecosomata de Blainville, 1824

Nadporodica: Cavoliniidea Gray, 1850

Porodica: Cliidae Jeffreys, 1869

Rod: *Clio* Linné, 1767

Vrsta: *Clio pedemontana* Mayer, 1868



Slika 18. *Clio pedemontana* (Mayer, 1868) pronađen na lokalitetu ID-2 (lijeva strana izdanka).

Clio pedemontana ima karakterističnu izduženu trokutastu kućicu. Ona je skulpturirana transverzalnim rebrima koja mogu biti zakrivljena u obliku luka, iskrivljena, a ponekad zaravnjena. Lateralni rubovi su ravni ili blago zakrivljeni. Vrsta *Clio pedemontana*

morfološki je slična vrsti *Clio fallauxi* i poznato je da se javljaju zajedno u naslagama badena. Vrsta *C. fallauxi* se od *C. pedemontana* razlikuje prisustvom sekundarnih transverzalnih rebara i širim apikalnim kutom kućice (Janssen & Zorn, 1993; Zorn, 1999).

Na Medvednici su na području Čučerja vrstu *Clio pedemontana* zabilježili Kochansky (1944), Basch (1983), Bosak (2017) i Bošnjak (2017). *C. pedemontana* je zabilježen i u miocenskim i pliocenskim naslagama Italije (Mayer, 1868; Kittl, 1886; Robba, 1971; Krach, 1981; Janssen, 1984), srednjeg miocena Češke (Kittl, 1886; Krach, 1981), donjeg i srednjeg miocena Austrije (Robba, 1971), donjeg badena Poljske (Krach, 1979) i Mađarske (Bohn-Havas, 1992), srednjeg miocena Rumunjske (Zorn, 1995), badena Slovenije (Mikuž et al., 2012) i miocena Turske (Robba, 1971; Robba & Spano, 1978; Krach, 1981; Zorn, 1995).

Razred: Gastropoda Cuvier, 1797

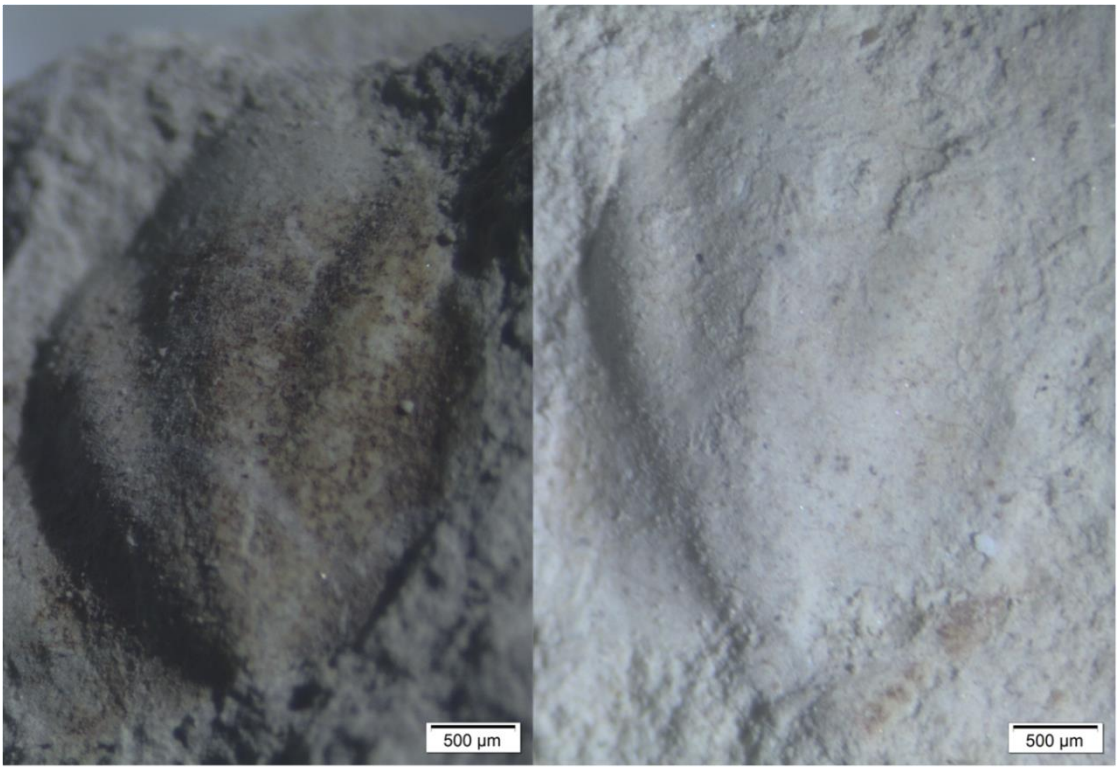
Red: Thecosomata de Blainville, 1824

Podred: Euthecosomata Meisenheimer, 1905

Nadporodica: Cavoliniidae Gray, 1850

Rod: *Diacrolinia* Janssen, 1995

Vrsta: *Diacrolinia elioi* Janssen, 1995



Slika 19. Primjerci vrste *Diacrolinia elioi* Janssen, 1995 sakupljeni na lokalitetu ID-3.

U sakupljenim uzorcima s lokaliteta ID-3 prepoznate su dvije dobro očuvane jezgre ove vrste. Vrsta *Diacrolinia elioi* je morfološki vrlo slična vrsti *Diacrolinia aurita*. Ventralna strana vrste *D. aurita* je konveksna ili ravna i podijeljena na tri dijela dvjema brazdama koje se koso pružaju od vrha prema aperturi. Dorzalna strana je manje ispupčena i ima tri rebra, široko središnje i dva mnogo uža lateralna. Ornamentacija dorzalne strane se razlikuje od vrste *D. elioi* kod koje je središnje rebro usko (Janssen & Little, 2010; Zorn 1999).

D. elioi je poznata iz tortonskih naslaga Italije, Portugala, Cipra i vjerojatno Japana (Janssen & Little, 2010). *D. aurita* je zabilježena u donjobadenskim naslagama Centralnog Paratethysa na području Češke (Kittl, 1886) i sjeverne Mađarske (Bohn-Havas & Zorn, 1994).

Razred: Gastropoda Cuvier, 1797

Red: Thecosomata de Blainville, 1824

Poddred: Euthecosomata Meisenheimer, 1905

Nadporodica: Cavoliniidea Gray, 1850

Porodica: Creseidae Rampal, 1973

Rod: *Creseis* Rang, 1828

Vrsta: *Creseis* sp.



Slika 20. Creseis sp.; 1 – ID-2 (desna strana izdanka), 2 – ID-3.

U uzorcima su pronađena dva primjerka vrste *Creseis* sp., jedna jezgra na lokalitetu ID-2 i jedan otisak na ID-3.

Rod *Creseis* se javlja od srednjeg miocena. Danas postoje četiri živuće vrste. Većinu pripadnika ovog roda karakterizira glatka konusna kućica i kuglasti dio koji odjeljuje protokonh –I od protokonha –II (Cahuzac & Janssen, 2010).

Rod *Limacina*

U uzorcima dvaju istraženih lokaliteta, ID-1 i ID-3, mikroskopiranjem su pronađeni primjerci iz roda *Limacina* po prvi put na tom području. Prve nalaze vrste *Limacina valvatina* u badenskim naslagama sjeverne Hrvatske zabilježili su i analizirali Bošnjak et al. (2017). Za njih su karakteristične niskospiralne kućice, do četiri zavoja.

4.2.2. Popratna fauna

Uz pteropode su zabilježeni i ostaci brojnih drugih morskih organizama.

Foraminifere

Foraminifere su jednostanični organizmi s kućicama podijeljenim u klijetke koje se nadodaju tijekom života. Postoje i jednostavnije građene vrste koje imaju oblik otvorene cijevi ili šuplje kugle. Kućica može biti građena od organskih tvari, kalcijevog karbonata (kalcita ili aragonita), zrnaca pijeska ili drugih čestica cementiranih zajedno. Hrane se otopljenim organskim molekulama, bakterijama, dijatomejama, jednostaničnim algama, drugim manjim životinjama (npr. kopepodima) ili putem simbiotskih odnosa s algama. Hranu hvataju pomoću retikulopoda koji bentičkim vrstama služe i za kretanje. Žive u svim morskim okolišima, bočatim i slatkim vodama i na svim dubinama. Postoji oko 4000 recentnih vrsta od kojih je 40 planktonskih (http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Wetmore.html).

Foraminifere su poznate od razdoblja kambrija, a brzo su evoluirale, pa su stoga mnoge vrste korisne za određivanje starosti stijena. Vrlo su brojne i široko rasprostranjene,

male i lake za sakupljanje. U paleontologiji se koriste za prepoznavanje okoliša u prošlosti (http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Wetmore.html).

Klasifikacija foraminifera se primarno vrši na temelju karakteristika njihove kućice (sastav, oblik i raspored klijetaka, oblik i smještaj ušća, ornamentacija površine i dr.). Novim istraživanjima se nadodaju i molekularni podaci na temelju kojih se prepoznaju odnosi među vrstama. Prema rasporedu klijetki razlikuju se unilokularna, uniserijalna, biserijalna, triserijalna, planispiralna, trohospiralna i miliolidna kućica. S obzirom na građu stijenke živuće foraminifere se dijele na aglutinirane, staklaste i porculanske (http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Wetmore.html).

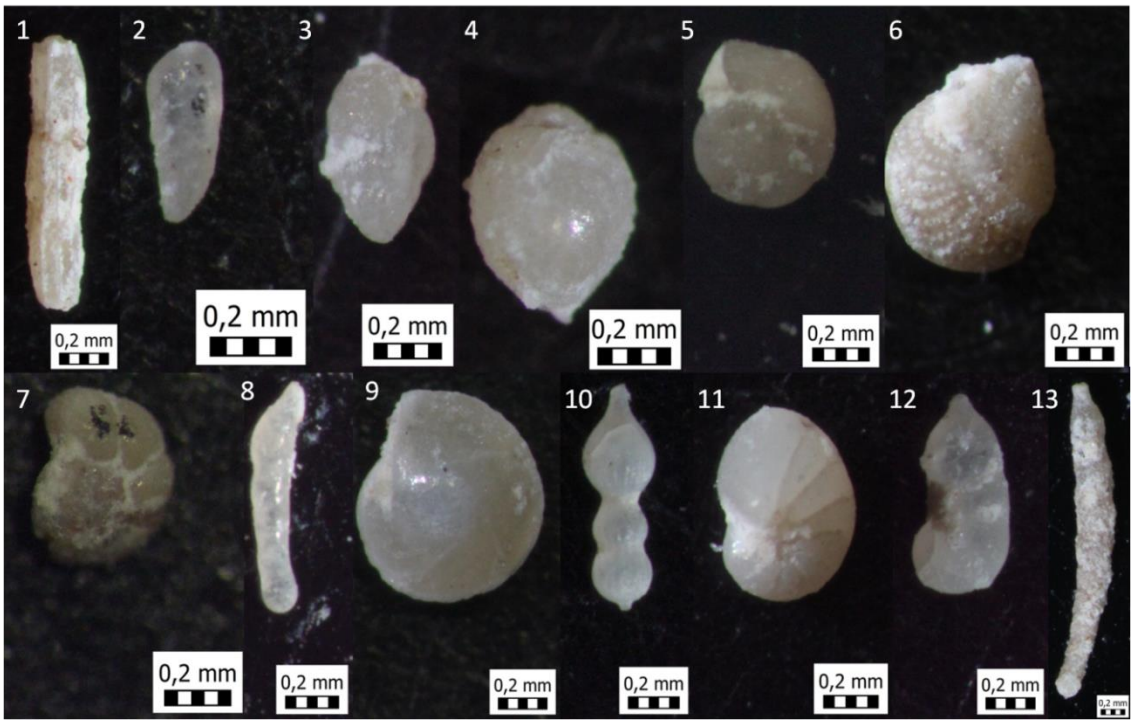
Foraminifere su u ovome radu određene na razini rodova. Prepoznata su 23 različita roda. Najviše je foraminifera nađeno na lokalitetu ID-2, a najzastupljeniji rodovi su *Bolivina*, *Bulimina*, *Nonion*, *Bathysiphon* te globigerinoidne foraminifere (Tablica 4.).

Foraminifere se između istraženih lokaliteta razlikuju po prisutnim rodovima, brojnosti i morfologiji. U uzorku ID-2 uočene su veće debelolećaste, visokoizbočene vrste karakteristične za okoliš veće energije vode. U ID-1 i ID-3 su većinom zabilježene manje foraminifere i manja raznolikost rodova. Foraminifere uzorka ID-3 su plosnatije nego u ostalim uzorcima. Znakovi cementacije prisutni su na fosilnim ostacima u svim uzorcima. Ona je nešto manje izražena u ID-2 nego u preostala dva uzorka.

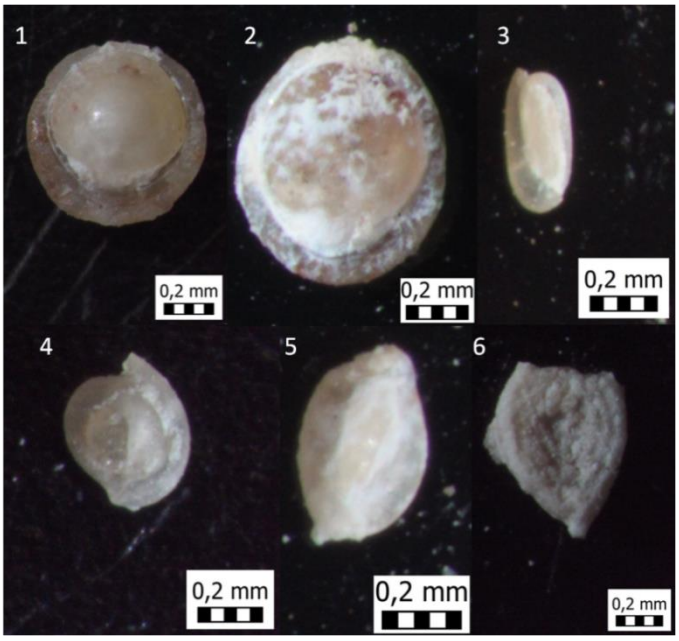
U uzorcima su nađeni mnogobrojni pripadnici roda *Bathysiphon*, a u ID-2 i primjerci roda *Rhabdammina* po prvi puta na tom području. Ti rodovi često dolaze zajedno čineći faunu dubokomorskih okoliša.

Tablica 4. Prikaz učestalosti rodova pronađenih foraminifera po lokalitetima; ○ - rijetko, ◐ - srednje često, ● - često.

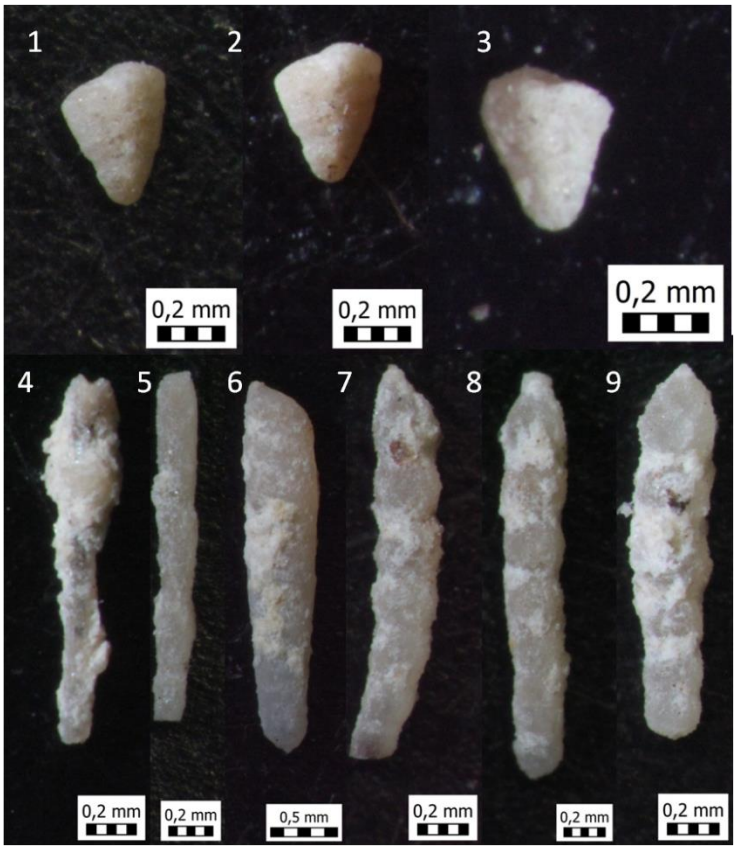
FORAMINIFERE		ID-1	ID-2	ID-3
STAKLASTE FORAMINIFERE	*Amphycoryna*			○
	Amphimorphina		○	○
	Bolivina		●	○
	Bulimina	●	●	
	Chilostomella	○	◐	
	Cibicides		○	
	Elphidium		○	○
	Heterolepa	○	○	○
	Laevidentalina		○	
	Lenticulina	○	◐	
	Nodosaria		○	
	Nonion		●	
	Uvigerina		○	
	Vaginulinopsis	○	○	
	Stilostomella		○	○
PORCULANSKE FORAMINIFERE	*Pyrgo*	○	◐	○
	Spiroloculina	○		○
	Quinqeloculina	○	○	
AGLUTINIRANE FORAMINIFERE	*Bathysiphon*	●	●	◐
	Rhabdammina		○	
	Textularia	◐	●	
PLANKTONSKE FORAMINIFERE	*Globigerinoidne foraminifere*	◐	●	◐
	Orbulina	○	◐	○



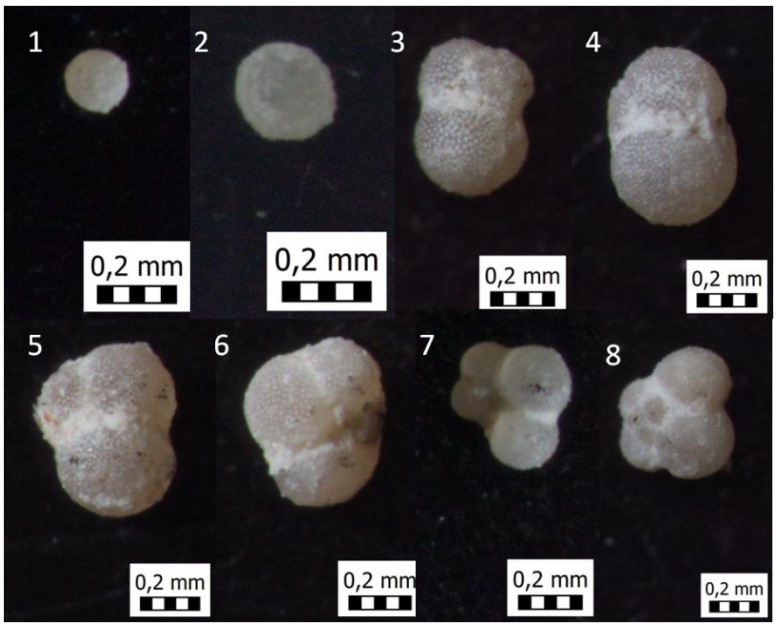
Slika 21. Bentičke staklaste foraminifere: 1 – *Dentalina* (ID-3), 2- *Bolivina* (ID-2), 3 – *Bulimina* (ID-2), 4 – *Chilostomella* (ID-2), 5 – *Cibicides* (ID-2), 6 – *Elphidium* (ID-2), 7 – *Heterolepa* (ID-3), 8 – *Laevidentalina* (ID-2), 9 – *Lenticulina* (ID-2), 10 – *Amphicoryna* (ID-1), 11 – *Nonion* (ID-2), 12 – *Vaginulinopsis* (ID-1), 13 – *Stilostomella* (ID-2).



Slika 22. Bentičke porculanske foraminifere: 1 i 2 – *Pyrgo* (ID-2), 3-5 – *Quinqueloculina* (3 i 5 -ID-2, 4 – ID1), 6 – *Spiroloculina* (ID-3).



Slika 23. Bentičke aglutinirane foraminifere (1-5): 1-3 – *Textularia*, 4 – *Rhabdammina*, 5 – *Bathysiphon*; lagenidne foraminifere s tragovima cementacije na površini kućice (6-9). Lokalitet ID-2.



Slika 24. Planktonske staklaste foraminifere: 1-4 – *Orbulina* (1 – ID-1; 2, 3 i 4 – ID-2; 5,6 i 8 – globigerinoidne foraminifere (ID-2), 7 – ID-1.

Vapnenački nanoplankton

Analizu vapnenačkog nanoplanktona napravio je Š. Aščić iz četiri sakupljena uzorka, ID-1, ID-2 (lijeva i desna strana izdanka) i ID-3. Prikaz pronađenih vrsta po lokalitetima nalazi se u tablicama ispod.

Tablica 5. Vrste vapnenačkog nanoplanktona prisutne na lokaciji ID-1 i njihova vremenska rasprostranjenost.

VAPNENAČKI NANOPLANKTON	starije	NN1	mlađe
Coccolithus pelagicus (Wallich 1877) Schiller, 1930	—	—	—
Helicosphaera carteri (Wallich 1877) Kamptner, 1954		—	—

Tablica 6. Vrste vapnenačkog nanoplanktona prisutne na lokaciji ID-2 i njihova vremenska rasprostranjenost.

VAPNENAČKI NANOPLANKTON	starije	NN1	mlađe
Coccolithus pelagicus (Wallich 1877) Schiller, 1930	—	—	—
Helicosphaera carteri (Wallich 1877) Kamptner, 1954		—	—
Reticulofenestra bisecta (Hay, Mohler and Wade, 1966) Roth, 1970	—	—	
Discoaster sp.	—	—	—

Tablica 7. Vrste vapnenačkog nanoplanktona prisutne na lokaciji ID-3 i njihova vremenska rasprostranjenost.

VAPNENAČKI NANOPLANKTON	starije	NN1	mlađe
Coccolithus pelagicus (Wallich 1877) Schiller, 1930	—	—	—
Helicosphaera carteri (Wallich 1877) Kamptner, 1954		—	—
Pontosphaera sp.	—	—	—

Ostalo

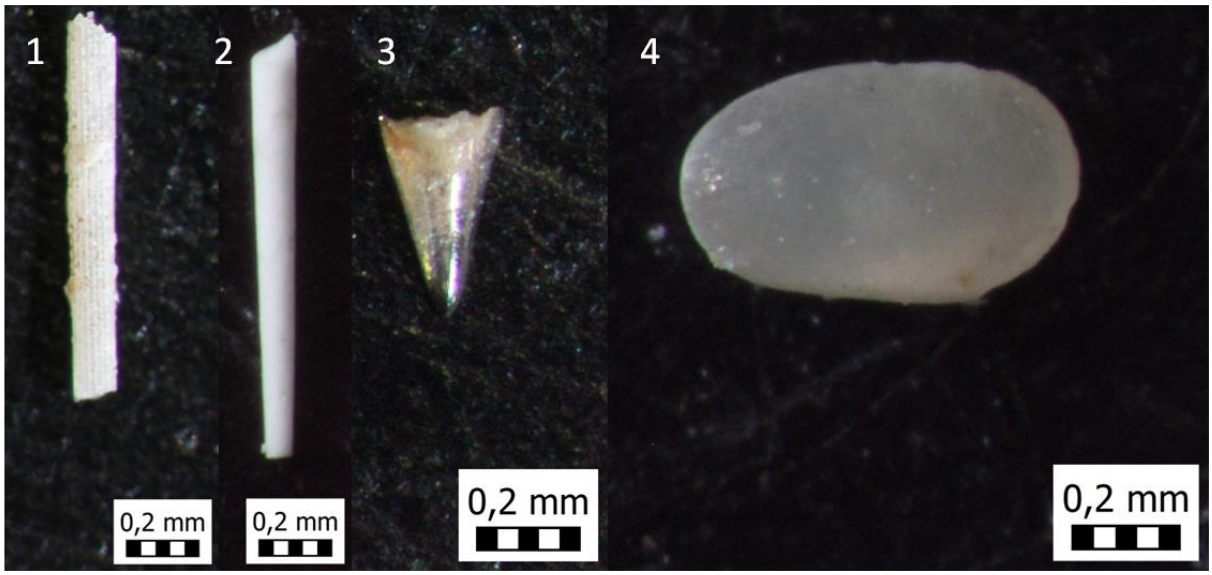
Od ostalih fosilnih ostataka mikroskopiranjem su uočeni brojni ostrakodi, briozoji, spikule dubokomorskih staklastih spužvi, bodlje ježinaca, skafopodi, zubi riba i drugi riblji ostaci te makrofosili na terenu (Tablica 8.; Slika 25.).

Izdvojeni su i brojni i vrlo raznoliki ostrakodi iz svih analiziranih uzoraka. Zabilježeni su cementirani, glatki i prozirni, ornamentirani, zaobljeni, u obliku kapljice, manjih i većih dimenzija (Slika 26.).

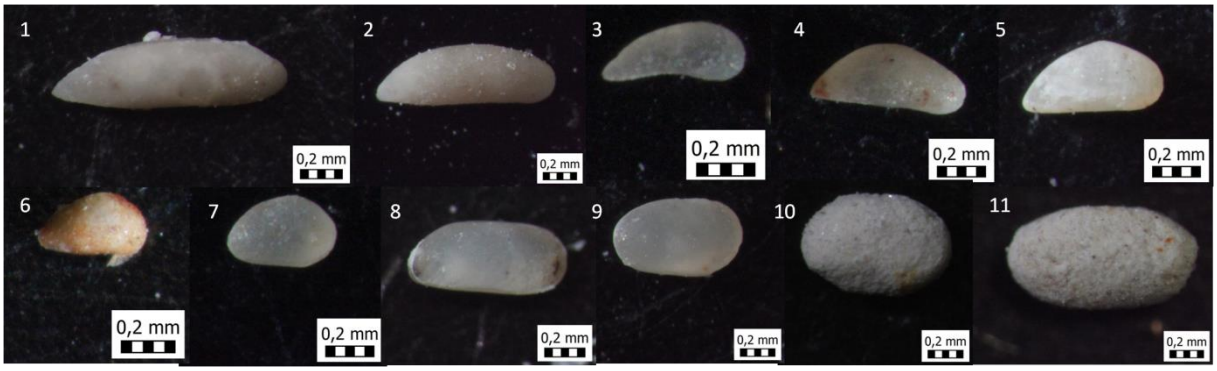
Od makrofosila su zabilježeni ostaci rakova, školjkaši, bušači, bodlje dijatomeja, ljuske riba i biljno trunje.

Tablica 8. Učestalost ostalih fosila po lokalitetima; ○ - rijetko, ◐ - srednje često, ● - često.

OSTALI FOSILI	ID-1	ID-2	ID-3
Ostrakodi	◐	●	◐
Bodlje ježinaca	◐	●	○
Zubi riba		○	
Spikule spužvi		○	
Briozoji	○	○	○
Skafopodi	○	○	
Ostaci riba	○	◐	○
Makrofosili	◐	●	◐



Slika 25. Ostala fauna istraživanih lokaliteta: 1 – bodlja dubokomorskog ježinca (ID-2), 2- skafopod (ID-2), 3 – zub ribe (ID-2), 4 – ostrakod (ID-1).



Slika 26. Raznolikost ostrakoda istraživanog područja.

5. RASPRAVA

5.1. Problemi kod determinacije fosila

Kućice pteropoda izgrađene su od aragonita, manje stabilnog oblika kalcijevog karbonata od kalcita, zbog čega se one ne mogu sačuvati ispod aragonitne kompenzacijske dubine, već samo njihove jezgre i otisci. Za razliku od njih, ostali pronađeni fosilni ostaci su zahvaljujući svojoj kalcitičnoj građi sačuvani u svom izvornom obliku.

Kod primjene biostatistike se javlja problem zbog nepotpunog očuvanja fosilnih ostataka pteropoda, kao i njihove deformacije tijekom dijagenetskih procesa. Često nedostaju vršni dijelovi kućice zbog čega se većina kutova projicira. Neki primjerci se nalaze bez aperturalnog dijela ili je on oštećen. Sve to uvjetuje dobivanje rezultata koji ne odražavaju prave mjere kućica, već samo njihovih očuvanih fragmenata stoga se biostatistika pri odredbi vrsta i rodova treba primjenjivati oprezno, uz gledanje morfoloških karakteristika analiziranih pteropoda.

V. austriaca svojom brojnošću znatno nadmašuje ostale pronađene predstavnike pteropoda stoga je na njoj izvršena biostatistička analiza. Iz dijagrama je vidljivo da neki primjerci odstupaju od srednje vrijednosti što se može objasniti kao posljedica fragmentiranosti fosila ili prisutnosti dviju ili više vrsta. Isključivo na temelju morfologije nije moguće sa sigurnošću odrediti pripadnost drugim vrstama zbog nedovoljne očuvanosti analiziranog materijala.

Iste poteškoće se javljaju pri usporedbi apikalnih kutova. Kod roda *Vaginella* problem se javlja i zbog sličnosti različitih vrsta koje predstavljaju postupno evoluirajući niz te se primarno razlikuju prema širini apikalnog kuta. On je najširi kod vrste *V. depressa* (≥40°), zatim slijede *V. austriaca* (≥20°), *V. acutissima* (15°-18°) i *V. lapugyensis* s najužim kutom (8°-13°). Kako su apikalni kutovi većinom projicirani oni predstavljaju nepouzdan i subjektivan determinacijski kriterij. Dok su u uzorcima lokaliteta ID-2 oni većinom u normalnom rasponu za vrstu *V. austriaca* (20°-40°), histogram za lokalitet ID-3 pokazuje veći rasap njihovih vrijednosti. To može biti posljedica prisutnosti dviju ili više vrsta ili plastične deformacije zbog naglog zatrpavanja fosila i pritiska gornjeg sedimenta.

Problem se javlja i kod njihovog sakupljanja na terenu. Ukoliko nisu lako vidljivi teško ih je sakupiti, a nakon usitnjavanja uzoraka ili primjene metode muljenja uništit će se jer su sačuvani kao otisci ili kamene jezgre. Njihova neprepoznatljivost na terenu može biti

posljedica izgleda i građe naslaga, vremenskih uvjeta i stupnja sačuvanja. Stoga možemo pretpostaviti da su oni mnogo zastupljeniji u okolišu nego što je to dosada zabilježeno.

Pteropodi su zbog svoje veličine manje pogodni za analizu od nekih drugih mikroskopskih fosila (npr. foraminifere, vapnenački nanoplankton) i zahtjevaju sakupljanje većih količina uzoraka i dugotrajnu analizu.

Determinirana su 23 roda foraminifera u uzorcima s različitom zastupljenošću po lokalitetima istraživanja. Broj rodova prisutnih u naslagama je zasigurno i veći, ali je njihova odredba otežana zbog oštećenja kućica kao i cementacije koja je vrlo izražena u uzorcima lokaliteta ID-1 i ID-3.

5.2. Bioraznolikost istraživanih nalazišta

U široj okolici Čučerja nađena su tri nova nalazišta miocenskih „pteropodnih lapora" bogata fosilnom građom (Slika 1.). Lokaliteti se razlikuju po pronađenim mikro- i makro-fosilima, a najveća bioraznolikost prisutna je u uzorcima s lokaliteta ID-2.

Nalazi pteropoda zabilježeni su na svim lokalitetima istraživanja, a detaljno su analizirani primjerci pteropoda s lokaliteta ID-2 (desna i lijeva strana izdanka) i ID-3. *Vaginella austriaca* se sa 76 očuvanih otisaka, odnosno kamenih jezgri, pokazala kao najzastupljenija vrsta u uzorcima što se slaže s dosada zabilježenim podacima na području Centralnog Paratethysa. Osim nje pronađeni su i drugi predstavnici skupine pteropoda, jedna jezgra roda *Creseis* na lokaliteu ID-2 i jedan otisak na ID-3, 2 jezgre vrste *Diacrolinia elioi* na lokalitetu ID-3 te jedna jezgra s pripadajućim otiskom vrste *Clio pedemontana* na lokalitetu ID-2.

Istraživanjem su određena 23 roda foraminifera. One se među istraženim lokalitetima razlikuju po prisutnim rodovima, brojnosti i morfologiji. Najveća raznolikost rodova je zabilježena na lokalitetu ID-2.

Od staklastih foraminifera najučestaliji su primjerci iz rodova *Bolivina, Bulimina* i *Nonion*. Čest je i rod aglutiniranih foraminifera *Bathysiphon* te planktonske globigerinoidne foraminifere. U uzorku ID-2 uočene su veće debelolećaste, visokoizbočene vrste karakteristične za okoliš veće energije vode. U ID-1 i ID-3 su većinom zabilježene manje

foraminifere i manja raznolikost rodova. Foraminifere uzorka ID-3 su plosnatije nego u ostalim uzorcima.

Vapnenački nanoplankton zastupljen je s malim brojem vrsta te je loše očuvan pa se na temelju njegove analize ne može se puno zaključiti o okolišnim uvjetima tijekom taloženja ili odrediti starosti naslaga.

5.3. Okoliš taloženja istraživanih naslaga

U donjem badenu je došlo do „donjobadenskog događaja procvata“. On je obilježen srednjomiocenskim klimatskim optimumom koji je uvjetovao porast brojnosti puževa i foraminifera u Centralnom Paratethysu (Bošnjak, 2017). Topli morski okoliš bio je pogodan za razvoj velikih planktonskih foraminifera Orbulina. U uzorcima su nađene i globigerinoidne foraminifere koje ukazuju na zahlađenje u srednjem badenu, odnosno prijelaz iz srednjomiocenskog klimatskog optimuma u srednjomiocensku klimatsku tranziciju. Tijekom tranzicije dolazi i do pada morske razine i smanjenja taksona toplih voda.

U uzorcima su pronađeni i drugi pripadnici pteropoda iz rodova *Creseis*, *Diacrolinia i Clio*. Njihovi nalazi zabilježeni su na širem području Paratethysa, ali sa znatno manjim brojem primjeraka od roda *Vaginella*. To znači da su pteropodi iz roda Vaginella imali bolje određene evolucijske prilagodbe u odnosu na ostale rodove.

Pteropodi su široko rasprostranjeni i vrlo osjetljivi na promjene svih ekoloških čimbenika (npr. salinitet, temperatura, kisik, hrana, dubina mora i oceanske struje) što ih čini odličnim provodnim fosilima. Zbog njihove dominacije možemo pretpostaviti da su vaginelidi imali nešto veću toleranciju na kolebanja istih, a možda je njihova učestalost i rezultat brže prilagodbe promjenjivim uvjetima okoliša. Unutar roda *Vaginella* raspoznaju se četiri vrste koje su evoluirale jedna iz druge što može značiti da je do tih promjena došlo kao posljedica adaptacije na promjenu okolišnih uvjeta (posebno temperature), odnosno prijelaza iz srednjomiocenskog klimatskog optimuma u srednjomiocensku klimatsku tranziciju. *V. austriaca* je najraširenija vrsta Centralnog Paratethysa što znači da su badenski klimatski uvjeti upravo za tu vrstu unutar skupine pteropoda bili najpovoljniji.

Obilnost vaginelida može biti i posljedica nedostatka prirodnih neprijatelja. Poznato je da su pripadnici Gymnosomata karnivori, a mnogi se hrane samo s jednom ili nekoliko vrsta

Thecosomata (Pierrot-Bults & Peijnenburg, 2015). Ukoliko su postojale vrste koje su se specijalizirano hranile drugim rodovima Euthecosomata moguće da je došlo do smanjenja tih skupina u okolišu i oslobodilo životni prostor i nutrijente vaginelidima koji su se uslijed toga mogli nesmetano razmnožavati.

Takvi primjeri poznati su kod mnogih skupina u prirodi pogotovo kod alohtonih koje unosom na nova područja nemaju prirodnih neprijatelja. Ako se nađu u okolišu s njima optimalnim uvjetima dolazi do povećanja njihovih populacija što može imati negativne posljedice za autohtone vrste.

S obzirom na nalaze otisaka i jezgri pteropoda čije su aragonitne kućice otopljene te nalaze ostale faune (foraminifere, vapnenački nanoplankton, bodlje ježinaca, spikule spužvi, ostatci riba i dr.) čiji je sastav kućica očuvan u izvornom obliku (kalcit) može se zaključiti da se njihovo taloženje odvijalo između aragonitne i karbonatne kompenzacijske dubine. Aragonitna kompenzacijska dubina se danas u Atlantskom oceanu nalazi na 2 do 3 km, dok je ona u Pacifiku i Indijskom oceanu između 0,5 i 1,5 km (Berger, 1978). Uz pretpostavku da je ta dubina bila slična tijekom sedimentacije istraženog područja za vrijeme badena, okoliš taloženja se može odrediti kao dubokomorski. Tome zaključku doprinose i mnogobrojni primjerci foraminifera iz roda *Bathysiphon* koji je karakterističan za dubokomorske dijelove te živi ispod dubine od 850 m. Uz njega se često nalazi i rod *Rhabdammina* koji je zabilježen prvi puta na ovome području, na lokalitetu ID-2.

5.4. Starost naslaga

Starost naslaga može se procijeniti s obzirom na fosilne ostatke i usporedbom s naslagama susjednog područja Vejalnice koje se odlikuju sličnom morfologijom i sličnim sastavom zajednica.

Vapnenački nanoplankton je u uzorcima svih lokaliteta loše očuvan te nije zabilježena velika raznolikost vrsta. Vrste *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930, *Helicosphaera carteri* (Wallich, 1877) Kamptner, 1954, *Reticulofenestra bisecta* (Hay, Mohler and Wade, 1966) Roth, 1970, *Discoaster* sp. i *Pontosphaera* sp., nisu specifične samo za razdoblje badena, već se njihova pojava bilježi od predmiocenskih geoloških razdoblja pa sve do danas. Prema tome, prava se starost naslaga ne može odrediti isključivo na temelju njihovih nalaza. Prisutnost ovih vrsta, poznatih iz mnogo starijih naslaga, može biti posljedica

njihovog pretaložavanja i ponovnog vezanja u mlađem sedimentu što je moguće zbog njihovog kalcitičnog sastava koji im omogućuje sačuvanje kućica.

S obzirom na sličnost naslaga bliskog područja Vejalnice (Bosak, 2017) s lokalitetima opisanima u ovome radu starost se može izvesti korelacijom s analizom vapnenačkog nanoplanktona Vejalnice gdje je zabilježena veća raznolikost vrsta koje odgovaraju NN5 zoni (srednji miocen, langij).

Nalaz vrste *C. pedemontana* isto govori tome u prilog jer je i njegova pojava karakteristična za NN5 zonu.

5.5. Migracijski putovi

Važan segment u istraživanju povezanosti Centralnog Paratethysa s Mediteranom i Indijskim oceanom su planktonski fosili. Vapnenački nanoplankton se koristi za „fina“ datiranja. Pteropodi su fosilini puževi koji se transportiraju morskim strujama pa njihova rasprostranjenost ovisi o otvorenim prolazima između različitih dijelova morskih okoliša što pomaže u razumijevanju „migracijskih prolaza“ u prošlosti (Bošnjak, 2017).

Nalaz roda *Clio* predstavlja moguću poveznicu s Mediteranom preko tzv. Transtetijskog koridora.

6. ZAKLJUČAK

Najobilnije pojave pteropoda u Paratethysu su zabilježene u srednjomiocenskim naslagama istaloženima u vrijeme najvećih morskih transgresija. U široj okolici Čučerja nađena su tri nova nalazišta miocenskih pteropoda, koji su sačuvani u obliku kamenih jezgri i otisaka. *Vaginella austriaca* je vremenski i prostorno najraširenija vrsta pteropoda. U istraženim naslagama se isto pokazala kao najbrojnija vrsta, od koje je sakupljeno 76 primjeraka, najviše na lokalitetima ID-2 i ID-3.

Statistička analiza vaginelida (širine i visine kućica i apikalnog kuta) pokazala je manji rasap podataka na lokalitetu ID-2, dok vaginelidi na lokalitetu ID-3 pokazuju odstupanja u veličini apikalnog kuta. To bi moglo biti posljedica plastične deformacije ili prisutnosti više različitih vrsta.

Na lokalitetu ID-2 nađen je i jedan primjerak vrste *Clio pedemontana*, na lokalitetima ID-2 i ID-3 zabilježen je po jedan nalaz roda *Creseis*, a na lokalitetu ID-3 vrsta *Diacrolinia elioi*. Rodovi *Creseis* i *Diacrolinia* su po prvi put određeni iz miocenskih naslaga Medvednice. Također je po prvi put registrirana prisutnost limacina na južnoj padini Medvednice, u uzorcima lokaliteta ID-1 i ID-3.

Na svim je nalazištima primijećeno selektivno otapanje aragonitnih kućica i ljuštura, dok su kalcitni skeleti neotopljeni, što upućuje na razmjerno veliku dubinu bazena. Lokaliteti se međusobno razlikuju po nalazima pteropoda i po popratnoj mikro- i makro- fauni. Najveća bioraznolikost prisutna je u uzorcima s lokaliteta ID-2. Mikrofosili na ovom lokalitetu upućuju na duboki batijalni okoliš (foraminifera *Bathysiphon* živi na dubinama većim od 850 m), no s dovoljnom količinom nutrijenata da podrži raznolikost zajednice. Sedimenti na lokalitetu ID-3 su siromašniji ljušturnom faunom, no pokazuju tragove bioturbacija, a pretpostavljeno je da su taloženi na padini, s povremenim donosom sedimenta iz plićih područja, zbog kojeg je moglo doći i do spljoštavanja pteropodnih kućica.

Pteropodi nađeni na lokalitetu Goranec i popratna fauna pokazuju veliku sličnost s istovremenim naslagama susjedne Vejalnice.

Nađene vrste nanoplanktona na istraženim lokalitetima nisu pomogle u određivanju starosti, jer su većeg stratigrafskog raspona, no pteropodna vrsta *Clio pedemontana* značajna je za NN5 nanoplanktonsku zonu (srednji do gornji baden).

Nalaz roda *Clio* predstavlja moguću poveznicu s Mediteranom preko tzv. Transtetijskog koridora.

7. LITERATURA:

Avanić, R., Pavelić, D., Brkić, M., Miknić, M. & Šimunić, A. (1995): Lapori i biokalkareniti Vejalnice. U: Šikić K. (ur.): Geološki vodič Medvednice, Geološki zavod, Zagreb, INA- Industrija nafte, d.d., Zagreb, 159-164.

Báldi, T. (1980): A korai Paratethys története. Födtani Köszlöny, 110, 456-472.

Bartol, M. (2009): Middle Miocene calcareous nannoplankton of NE Slovenia (western Central Paratethys). Založba ZRC/ZRC Publishing, Ljubljana, 1-136.

Basch O. (1983b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za List Ivanić-Grad, L 33-81. Geološki zavod, Zagreb (1980), Savezni geološki zavod, Beograd, 1-66.

Bé, A. W. H., & Gilmer, R.W. (1977): A zoogeographic and taxonomic review of Euthecosomatus Pteropoda. Oceanic Micropaleontology. 733-800.

Bé, A. W. H., MacClintock, C. & Currie, D.C. (1972): Helical shell structure and growth of the Pteropod Cuvierina columnella (Rang) (Mollusca, Gastropoda). Biomineral Research Reports. 4, 47-79.

Bednaršek, N., Feely, R.A., Reum, J.C.P., Peterson, B., Menkel, J., Alin, S.R. & Hales, B. (2014): Limacina helicina shell dissolution as an indicator of declining habitat suitability owing to ocean acidification in the California Current Ecosystem. Proceedings of the Royal Society B 281, 20140123.

Berger, W. H. (1978): Deep-sea carbonate: pteropod distribution and the aragonite compensation depth. Elsevier 25, 5, 447-452. doi: 10.1016/0146-6291(78)90552-0.

Bohn Havas, M. (1992): Plankton Gastropodak a magyarorszagi miocenbo″l. (Miocene Pteropoda in Hungary). Magyar All. Foldt. Int. Evi Jel. (1990), 473-480.

Bohn-Havas, M. & Zorn, I. (1993): Biostratigraphic studies on planktonicgastropods from the Tertiary of the Central Paratethys. Scripta Geologica Spec. Issue, 2, 57-66.

Bohn-Havas, M. & Zorn, I. (1994): Biostratigraphische Studien über planktonische Gastropoden im Mittel-Miozän von Österreich und Ungarn. Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, 2, 73-85.

Bohn-Havas, M., Lantos, M. & Selmeczi, I. (2004): Biostratigraphic studies and correlation of Tertiary planktonic gastropods (pteropods) from Hungary. Acta Palaeontologica Romaniae 4, 37−43.

Bosak, L. (2017): Dubokomorske miocenske naslage Vejalnice (sjeveroistočno od Čučerja). Diplomski rad

Bošnjak, M. (2017): Paleoekologija i biostratigrafija badenskih (srednjemiocenskih) naslaga Medvednice na temelju mekušaca i pratećih fosilnih organizama. Doktorska disertacija

Bošnjak, M., Sremac, J., Vrsaljko, D., Aščić, Š. & Bosak, L. (2017): The „Miocene Pteropod event“ in the SW part of the Central Paratethys (Medvednica Mt., northern Croatia). Geologica Carpathica, 68, 4, 329-349. doi: 10.1515/geoca-2017-0023.

Bown, P.R. (1998): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropaleontological Society Publication Series, Chapman and Hall, Kluwer academic, London, 1-315.

Bown, P.R. & Young, J.R. (1998): Techniques. U: Bown P. (ur.): Cacareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall, Kluwer academic, London, 16-28.

Burridge, A.K., Goetze, E., Wall-Palmer, D., Le Double, S. L., Huisman, J. & Pejinenburg, K. T. C. A. (2017): Diversity and abundance of pteropods and heteropods along a latitudinal gradient across the Atlantic Ocean. Progress in Oceanography, 158, 213- 223.

Busch, D. S., Maher, M., Thibodeau, P. & McElhany, P. (2014): Shell Condition and Survival of Puget Sound Pteropods Are Impaired by Ocean Acidification Conditions. Puget Sound Pteropods and Ocean Acidification, 9, 8, 1-12.

Cahuzac, B. & Janssen A. W. (2010): Eocene to Miocene holoplanktonic Mollusca (Gastropoda) of the Aquitane Basin, southwest France. Scripta Geologica, 141, 1-193.

Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandic, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L. & Vranjković, A. (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). Geologia Croatica, 62, 1, 31-43.

Dupont, S. & Thorndyke, M. C. (2009): Impact of CO_2-driven ocean acidification on invertebrates early life-history – What we know, what we need to know and what we can do. Biogeosciences discussions, 6, 3109-3131.

Finger, K.L., Lipps, J.H., Weaver, J.C.B. & Miller, P.L. (1990): Biostratigraphy and Depositional Environments of Calcareous Microfossils in the Lower Monterey Formation (Lower to Middle Miocene), Graves Creek Area, Central California. Micropaleontology, (1990), 36, 1, 1-50.

Grill, R. (1943): Über mikropaläontologische Gliederungsmöglichkeiten im Miozän des Wiener Becken. Mitteilungen der Reichsanstalt für Bodenforschung, 6, 33-44.

Harzhauser, M. & Piller, W.E. (2007): Benchmark data of changing sea – Paleogeography, Paleobigeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. Paleoeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 253, 8-31.

Hohenegger, J., Čorić, S. & Wagreich, M. (2014): Timing of the Middle Miocene Badenian Stage of the Central Paratethys. Geologica Carpathica (2014), 65,1, 55-66.

Janssen, A.W. (1984): Type specimens of pteropod species (Mollusca, Gastropoda) described by Rolle (1861), Reuss (1867) and Kittl (1886), kept in the collection of the Naturhistorsiches Museum at Vienna. Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 21, 2, 61-91.

Janssen, A.W. & Zorn, I. (1993): Revision of the Middle Miocene holoplanktonic gastropods from Poland, published by the late Wilhelm Krach. Scripta Geologica Special Issue 2, 155-236.

Janssen, A.W. (1995): Systematic revision of holoplanktonic Mollusca in the collections of the „Dipartimento di Scienze della Terra“ at Torino, Italy. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino, Monografie, 17, 1-233.

Janssen, A.W. & Little, C.T.S. (2010): Holoplanktonic Gastropoda (Mollusca) from the Miocene of Cyprus: systematics and biostratigraphy. Paleontology (2010), 53, 5, 1111-1145.

Janssen, A.W. & Peijnenburg, K.T.C.A. (2013): Holoplanktonic Mollusca: Development in the Mediterranean Basin During the last 30 Million Years and their Future. U: Goffredo S. & Dubinsky Z. (ur.): The Mediterranean Sea: Its history and present challenges, Springer Science+Bussines Media, Dordrecht, 341-362. Doi: 10.1007/978-94-007-6704-1

Jennings, R.M., Bucklin, A., Ossenbrügger, H. & Hopcroft, R.R. (2010): Species diversity of planctonic gastropods (Pteropoda and Heteropoda) from six ocean regions based on DNA barcode analysis. Deep-Sea Research II (2010), 2199-2210.

Kittl, E. (1886): Ueber die miocenen Pteropoden von Oesterreich-Ungarn mit Berücksichtigung verwandter Vorkommnisse der Nachbarländer. Annalen des k.k. Naturhistorischen Hofmuseums, Bd. 1, Heft 2, 47-74.

Kochansky, V. (1944): Fauna mariskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Vjestnik Hrvatskog geložkog muzeja, 2, 3, 171-280.

Kochansky-Devidé, V. (1957): O fauni marinskog miocena i tortonskom „šliru“ Medvednice (Zagrebačka gora). Geološki vjesnik, 10, 39-50.

Korolija, B. & Jamičić, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za List Našice, L 34–85. Geološki zavod, Zagreb (1988), Savezni geološki zavod, Beograd, 1-36.

Krach, W. (1979): Biostratigraphical extension of Miocene pteropoda. Ann. Geol. Pays Hellen., T. hors serie, fasc. 2, VIIth Int. Congr. Mediterranean Neogene (Athenes), 653-661.

Krach, W. (1981): Sa l imaki skrzydłonogi (Pteropoda) w miocenie Polski i ich znaczenie stratygraficzne (The Pteropodes in the Miocene of Poland and their stratigraphic significance). U: Krach W. (ur.): Badena s kie utwory rafowe na Roztoczu Lubelskim oraz sa limaki skrzydłonogi (Pteropoda) w miocenie Polski i ich znaczenie stratygraficzne). Prace Geologiczne, 121, 116-140.

Krézsek, Cs. & Filipescu, S. (2005): Middle to late Miocene sequence stratigraphy of the Transylvanian Basin (Romania). Tectonophysics (2005), 410, 437-463.

Lalli, C.M., AND Gilmer, R.W. (1989): Pelagic snails: The biology of holoplanktonic gastropod mollusks. Stanford Univ. Press, Stanford, California. 259 p.

Lé Quéré, C., Moriatty, R., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Sitch, S., Korsbakken, J.I., Friendlingstein, P., Peters, G.P., Andres, R.J., Boden, T.A., Houghton, R.A., House, R.J., Keeling, R.F., Tans, P., Arneth, A., Bakker, D.C.E., Barbero, L., Bopp, L., Chang, J., Chevallier F., Chini L.P. , Ciais P. , Fader M., Feely R.A., Gkritzalis T. , Harris I. , Hauck J. , Ilyina T. , Jain A.K. , Kato E., Kitidis V., Klein Goldewijk, K., Koven, C., Landshützer, P., Lauvset, S.K., Lefèvre, N., Lenton, A., Lima, I.D., Metzl, N., Millero, F., Munro, D.R., Murata, A., Nabel, J.E.M.S., Nakaoka, S., Nojiri, Y., O´Brien, K., Olsen, A., Ono, T., Pérez, F.F., Pfeil, B., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Rödenbeck, C., Saito, S., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Steinhoff, T., Stocker, B.D., Sutton, A.J., Takahashi, T., Tilbrook, B., van der Laan-Luijkx, I.T., van der Werf, G.R., van Heuven, S., Vandemark, D., Viovy, N., Wiltshire, A., Zaehle, S. & Zeng, N. (2015): Global carbon budget. Earth Syst. Sci. Data (2015), 7, 349-396.

Magaš, N. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za List Osijek, L 34–86. Geološki zavod, Zagreb (1986), Savezni geološki zavod, Beograd, 1-50.

Manno, A., Baker, D. C.E., Bauerfeind, E., Bergan, A. J., Berning, M. I., Buitenhuis, E., Burridge, A. K., Chierici, M., Flöter, S., Fransson, A., Gardner, J., Howes, E.L., Keul, N., Kimoto, K., Kohnert, P., Lawson, G. L., Lischa, S., Maas, A., Mekkes, L., Oakes, R. L., Pebody, C., Pejinenburg, K. T. C. A., Seifert, M., Skinner, J., Thibodeau, P. S., Wall-Palmer, D., Ziveri, P. (2017): Shelled pteropods in peril: Assessing vulnerability in a high CO2 ocean. Earth-Science Reviews. 169, 132-145.

Mayer, C. (1868): Description de Coquilles fossiles des terrains tertiaires superieurs. Journal Conchyliologie, 16, 102-112.

Messenger, R.W., Hart, M.B., Smart, C.W., Leng, M.J., Lock, E.J. & Howard, A.K. (2010): Pteropod faunas as indicators of Late Pleistocene climate change in the Carribean Sea. Micropaleontology, Sedimentary Environments and Stratigraphy: A tribute to Dennis Curry (1912-2001), The Micropaleontological Society Publications, 17-28.

Mikuž, V., Gašparič, R., Bartol, M., Horvat, A. & Pavšić, J. (2012): Miocene pteropods from Polički Vrh in Slovenske gorice, northeast Slovenia [Miocenski pteropodi s Poličkega Vrha v Slovenskih goricah]. Geologija, 55, 1, 67-76.

Newman L.J. & Corey S. (1984): Canadian Journal of Zoology, 62(3): 397-404, https://doi.org/10.1139/z84-062.

Nouradini, M., Azami, S.H., Hamad, M., Yazdi, M. & Ashouri, A.R. (2015): Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana (2015), 67, 1, 59-73.

Papp, A., Cicha, I., Seneš, J. & Steininger, F. (1978): M4-Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien). Chronostratigraphie und Stratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys. 6. VEDA, Bratislava, 1-594.

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 (2018) 455-469.

Perch-Nielsen, K. (1985): Cenozoic calcareous nannofossils. U: Bolli H.M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. (ur.): Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, 427-554.

Peryt, D. (2013): Foraminiferal record of the Middle Miocene climate transition prior to the Badenian salinity crisis in the Polish Carpathian Foredeep Basin (Central Paratethys). Geological Quarterly (2013), 57, 1, 141-164.

Pierrot-Bults, A.C. & Peijnenburg, K.T.C.A. (2015): Pteropods. Encyclopedia of Marine Geosciences (2015), 1-10, DOI 10.1007/978-94-007-6644-0_88-1.

Pikija, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Sisak, L 33–93. Geološki zavod, Zagreb (1986), Savezni geološki zavod, Beograd, 1-51.

Piller, W.E., Harzhauser, M. & Mandic, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy-current status and future directions. Stratigraphy, 4, 2, 3, 151-168.

Plonka, K. (2017): Palaentological analysis of Middle Miocene siltstones at Wiślica (Carpathian Foredeep, Poland). Geologos (2017), 23,1, 29-43.

Popov, S.V., Rögl, F., Rozanov, A.Y., Steininger, F.F., Shcherba, I.G. & Kovac, M. (2004): Lithological-Paleogeographical maps of Paratethys. 10 Maps Late Eocene to Pliocene. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 250, 1−46.

Pyron, M. & Brown, K.M. (2015): Thorp and Covich´s Freshwater invertebrates (Fourth edition). Ecology and General Biology, 383-421.

Robba, E. (1971): Associazioni a Pteropodi della Formazione di Cessole (Langhiano). Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 77, 1, 19-126.

Robba, E. & Spano, C. (1978): Gasteropodi pelagici nel Miocene medio del Campidano meridionale (Sardegna). Rivista Italiana di Paleontogia e Stratigrafika, 84, 3, 751-796.

Rögl, F. (1998): Palaeogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 99 A, 279-310.

Rögl, F. (1999): Mediterranean and Paratethys. Facts and Hypotheses of an Oligocene to Miocene Paleogeography (Short overview). Gologica Carpathica (1999), 50,4, 339-349.

Rögl, F., Ćorić, S., Hohenegger, J., Pervesler, P., Roetzler, R., Scholger, R., Spezzaferri, S. & Stingl, K. (2007): Cyclostratigraphy and transgressions at the Early/Middle Miocene (Karpatian/Badenian) boundary in the Austrian Neogene basins (Central Paratethys). Scripta Facultatis Scientarium Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Geol. 36, 7-12.

Steininger, F.F. & Wessely, G. (2000): From the Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene stratigraphy, Paleogeography and Paleobiogeography of the circum-Mediterranean region and the Oligocene to Neogene Basin evolution in Austria. Mitt. Österr. Geol. Gesell. 92, 95–116.

Stubbings, B.G. (1938): Pteropoda. Scientific Reports of John Murray Expeditions 1933-34, 5, 15-33.

Van der Spoel, S. (1973): Growth, reproduction and vertical migration in *Clio pyramidata* Linnaeus, 1767 forma lanceolata (Lesueur, 1813) with notes on some other Cavoliniidae (Mollusca, Pteropoda). Beufortia, 21, 117-134.

Van der Spoel, S. & Pierrot-Bults A. C. (1979): Zoogeography and diversity of plankton. John Wiley & Sons, Somerset, NJ. 410 p.

Zorn, I. (1991): A systemtic account of Tertiary pteropoda (Gastropoda, Euthecostomata) from Austria. Contributions to Tertiary to Quaternary Geology, 28, 4, 95-139.

Zorn, I. (1995): Planktonische Gastropoden (Euthecostomata und Heteropoda) in der Sammlung Mayer-Eymar im Naturhistorischen Museum in Basel. Eclogae Geologicae Helvetiae, 88, 3, 743-759.

Zorn, I. (1999): Planktonic gastropods (pteropods) from the Miocene of the Carpathian Foredeep and the Ždánice Unit in Moravia (Czech Republic). Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 56, 2, 723-738.

Young, J.R., Bown, P.R. & Lees, J.A. (ur.) (2014): Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. 21 Apr. 2014, http://ina.tmsoc.org/Nannotax3.

Mrežni izvori:

Slika1.https://www.google.com/maps/@45.8944215,16.0549823,2582m/data=!3m1!1e3; 30.8.2018.

Slika 2. http://www.molluscsoftasmania.net/Superfamily%20pages/Cavolinioidea.html Grove, S.J. (2017): A Guide to the Seashells and other Marine Molluscs of Tasmania web-site and database respectively

http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Wetmore.html

http://species-identification.org/species.php?species_group=pelagic_molluscs&id=

5&menuentry=groepen