

Dubokomorske miocenske naslage Vejalnice, SI od Čučerja (Medvednica)

Bosak, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:178249>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Luka Bosak

**DUBOKOMORSKE MIOCENSKE NASLAGE
VEJALNICE (SJEVEROISTOČNO OD
ČUČERJA)**

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

LUKA BOSAK

**DUBOKOMORSKE MIOCENSKE NASLAGE VEJALNICE (SJEVEROISTOČNO
OD ČUČERJA)**

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

Zagreb, 2017.

Ovaj je diplomski rad izrađen u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Jasenke Sremac, u sklopu Diplomskog studija geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Za početak, zahvalio bih se svojoj mentorici prof. dr. sc. Jasenki Sremac koja me vodila kroz ovaj rad svojim znanjem, strpljenjem i vodstvom i omogućila mi da ga ostvarim.

Zahvaljujem se dipl. ing. geol. Mariji Bošnjak koja je uložila velik trud i vrijeme da bi poboljšala ovaj rad.

Zahvalio bi se i teh. sur. Robertu Koščalu na tehničkoj pomoći te izv. prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na zanimljivom terenu.

Hvala obitelji i osobito roditeljima na strpljenju, Emi na posebnoj potpori i svim prijateljima na nezaboravnim druženjima tijekom studija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

DUBOKOMORSKE MIOCENSKE NASLAGE VEJALNICE (SJEVEROISTOČNO OD ČUČERJA)

LUKA BOSAK

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

Sažetak: Na području Vejalnice (središnja Medvednica) je u miocenskim glinovitim vapnencima zabilježen „pteropodni događaj“ i u tu svrhu je istražen profil kroz naslage koje sadrže pteropode. Popratna fauna (foraminifere, ostrakodi, spikule spužvi, ostatci bodljikaša, zubi riba) izdvojena je metodom muljenja, a prikupljeni su i makrofosili mekušaca. Paralelno s ovim istraživanjem uzeti su i uzorci za druge analize, te je na temelju nanoplanktona određena srednjobadenska starost uzoraka, a okoliš je određen kao izrazito dubokomorski.

Ključne riječi: miocen, Paratethys, fosili, biostratigrafija, paleoekologija, Medvednica

Rad sadrži: 49 + VII stranica, 22 slike, 3 tablice, 108 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Ocjenjivači: Jasenka Sremac, prof. dr. sc.

Marijan Kovačić, izv. prof. dr. sc.

Dražen Kurtanjek, mr. sc.

Datum završnog ispita: 29. rujan, 2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Thesis

DEEP MARINE MIOCENE DEPOSITS FROM VEJALNICA (NORTHEASTERN FROM ČUČERJE)

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

Abstract: In the Vejalnica area (central Medvednica) Miocene clayey limestones bear evidence of "pteropod event" and for this purpose a profile was surveyed through deposits containing Miocene pteropods. Supporting fauna (foraminifers, ostracods, sponge spicule, echinoderm remains and fish teeth) were isolated by the wet-sieving technique, and macrofossils of molluscs were also collected. Based on nannoplankton analysis, the age of samples was determined as the middle Badenian, and the environment was defined as the deep-sea environment.

Key words: Miocene, Paratethys, fossils, biostratigraphy, paleoecology, Medvednica Mt.

Thesis contains: 49 + VII pages, 22 figures, 3 tables, 108 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: Professor Jasenka Sremac

Reviewers: Jasenka Sremac, full professor
Marijan Kovačić, associate professor
Dražen Kurtanjek, senior lecturer

Date of the final exam: September 29, 2017

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKA OSNOVICA	3
2.1. MATERIJALI I METODE	3
2.1.1. TERENSKI RAD.....	3
2.1.2. LABORATORIJSKI RAD	3
2.1.3. KABINETSKE RAD	4
2.1.4. ANALITIČKI RAD	4
2.2. POVIJEST ISTRAŽIVANJA.....	5
2.3. RAZVOJ PARATETHYSA I PANONSKOG BAZENA.....	6
2.4. RAZVOJ BADENA NA MEDVEDNICI	9
3. REZULTATI	11
3.1. OPIS LOKALITETA	11
3.2. PALEONTOLOŠKI DIO.....	12
3.2.1. VAPNENAČKI NANOPLANKTON	12
3.2.2. FORAMINIFERE	13
3.2.3. PTEROPODI	16
3.2.4. ŠKOLJKAŠI	23
3.2.5. OSTALO	29
4. RASPRAVA	30
4.1. POTEŠKOĆE KOD DETERMINACIJE FOSILA	30
4.2. PROMJENE KROZ STUP.....	31
4.3. PALEOEKOLOGIJA I PALEOBIOGEOGRAFIJA.....	32
4.4. STAROST NASLAGA	36
5. ZAKLJUČAK	38
6. LITERATURA	39

1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada vezana je uz istraživanje srednjomiocenskih morskih naslaga Medvednice za doktorsku disertaciju Marije Bošnjak. Temeljni cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti miocenske naslage na području Vejalnice (središnja Medvednica), odrediti morsku faunu (mekušci, foraminifere, ostrakodi, spužve, ježinci, ribe) i prema dobivenim podacima snimiti geološki stup navedenog područja.

Istraženi lokalitet se nalazi na grebenu sjeveroistočno od Čučerja (Slike 1, 2), na šljunčanoj cesti Kuntići – Lovačka kuća. Uzorci su uzeti duž zasjeka ceste na dužini od 35 metara.



Slika 1. Položaj lokaliteta na karti (izmijenjeno prema Bošnjak et al., 2017).

Već na terenu su uočeni brojni školjkaši i pteropodi u obliku kamenih jezgri i otisaka. Uzorci prikupljeni prilikom terenskog istraživanja, nakon što su obrađeni i mikroskopirani, pokazali su bogatu mikrofaunu i mineralni sadržaj. Najzanimljiviji dio faune predstavljaju pteropodi, koji se teško očuvaju, a prema tome i teže pronalaze zbog svojih krhkih aragonitnih ljuštura sklonih fizičkom trošenju i otapanju.

Prema Kochansky (1944), Vejalnica pripada „Čučerskom“ ili središnjem razvoju Medvednice. Ona je opisala badenske naslage „Čučerskog“ razvoja kao dominantne žućkaste, tvrde (kalcitične) lapore koji se na mjestima izmjenjuju s pješčenjakom i litavcem.

Na temelju fosilnog sadržaja prepoznala je da su ti lapori taloženi u puno dubljem okolišu za razliku od badenskih lapora zapadne Medvednice („Doljanski“ razvoj).

Miocenski (karpat, rani baden) lapori središnje Medvednice sadrže pelagičke (nautilidi, pteropodi, planktonske foraminifere, nanoplankton) i bentičke organizme (bentičke foraminifere, ježinci, ostrakodi, spužve) od kojih su neki rijetki i žive u specifičnim okolišima (*Solemya*) (Gorjanović-Kramberger, 1908; Kochansky, 1944; Kochansky-Devidé, 1957; Basch, 1983b; Avanić et al., 1995).



Slika 2. Položajna karta istraženog područja na Vejalnici; lokalitet označen crvenim pravokutnikom
(<https://www.google.hr/maps/@45.8997775,16.0721192,1569m/data=!3m1!1e3?hl=hr>, 25.8. 2017.).

2. TEORIJSKA OSNOVICA

2.1. MATERIJALI I METODE

Metode istraživanja naslaga glinovitih vapnenaca Vejalnice obuhvatile su terenski, laboratorijski, kabinetski i analitički rad.

2.1.1. TERENSKI RAD

Terenski rad se odvijao tijekom 2016. godine na području središnje Medvednice (Vejalnica), prilikom kojeg je obavljeno prikupljanje uzoraka i snimanje geološkog stupa.

Ukupna izmjerena debljina stupa iznosi 77 cm, a slojevi se pružaju u smjeru J-JZ pod malim kutevima nagiba do 15 °. Debljina slojeva varira od 5 do 10 cm, a prosječna debljina jednog sloja iznosi 7 cm.

Uzeto je 12 uzoraka na izdancima dubokomorskih glinovitih vapnenaca srednjomiocenske starosti (baden) koji su označeni oznakama od GS 1 do GS 12. Koordinate istraženog područja su 45° 54' 16.9" N, 16° 4' 19.1" E.

2.1.2. LABORATORIJSKI RAD

Laboratorijski rad obuhvatio je tehniku mokrog prosijavanja, pripremu uzoraka za analizu nanoplanktona (Š. Aščić) i kalcimetriju (M. Bošnjak, Š. Kapić, V. Bermanec). Kod tehnike mokrog prosijavanja, uzorci glinovitog vapnenca su zdrobljeni i stavljeni u vodu na 24 sata i zatim su pomoću sita, razdvojeni na 4 frakcije od 63 µm, 125 µm, 250 µm i 500 µm.

Analiza vapnenačkog nanoplanktona je pripremljena standardnom metodom (prema Bownu i Youngu, 1998). Određivanje karbonatnog sadržaja u uzorcima je određeno volumetrijskim mjerenjem pomoću Scheiblerovog kalcimetra prema standardnoj metodi: HRN ISO: 10693:2004.

2.1.3. KABINETSKI RAD

Kabinetski rad je obuhvatio mikroskopiranje i fotografiranje uzoraka te obradu fotografija. Osušeni uzorci pregledani su na stereo-mikroskopu Olympus - SZX10 i fotografirani Canon EOS 1100D fotoaparatom na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a, a fotografije su pohranjene pomoću Quick PHOTO CAMERA 3.0 programa.

Mikroskopski preparati nanoplanktona su pregledani na „Zetoplan Reichert“ polarizacijskom mikroskopu pri povećanju od 1250× i 1600× i fotografirani Canon EOS 400D fotoaparatom.

2.1.4. ANALITIČKI RAD

Za određivanje foraminifera korišten je rad Papp & Schmid (1985), a za određivanje vapenačkog nanoplanktona korišteni su radovi Perch-Nielsen (1985), Bown (1998), Bartol (2009) i Young et al. (2014).

Za određivanja pteropoda korišteni su radovi Bohn Havas & Zorn (1993), Janssen & Zorn (1993) i Zorn (1999), a za određivanje školjkaša korištena je zbirka Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja i mrežni izvori (<http://fossilworks.org/>; <http://species-identification.org/>).

2.2. POVIJEST ISTRAŽIVANJA

Gorjanović-Kramberger (1908) je napravio geološku kartu i tumač za područje Zagreba.

Kochansky (1944) je u svojoj doktorskoj disertaciji detaljno opisala faunu morskog miocena Medvednice, a 1957. god je objavila dopunu i nove rezultate tog istraživanja, s revizijom dijela faune morskog miocena i opisom tortonskog „šlira“.

Kranjec et al. (1973) su opisivali „tercijarne naslage“ Medvednice i rekonstruirali njihove debljine.

Basch (1983a, b) je autor osnovne geološke karte za list Ivanić-Grad i tumača iste.

Bohn-Havas & Zorn (1993) su napravili biostratigrafsku studiju planktonskih gastropoda „tercijara“ na području Centralnog Paratethysa.

Avanić et al. (1995) pišu o laporima i biokalkarenitima Vejalnice u Geološkom vodiču Medvednice (Šikić, 1995), a u radu Avanić et al. (2003) opisani su facijesi srednjeg i gornjeg miocena Medvednice.

Rögl (1998) raspravlja o morskim prolazima između Mediterana i Paratethysa tijekom oligocena i miocena.

Zorn (1999) opisuje miocenske planktonske gastropode karpatskog predgorskog dubokog bazena.

Pavelić (2001) obrađuje tektonostratigrafski model Panonskog bazena sjeverne Hrvatske tijekom miocena. U radu iz 2002. godine određuje JZ granice Centralnog Paratethysa, a 2005. god. opisuje razvoj Sjevernohrvatskog bazena u neogenu.

Kováč et al. (2007) pišu o paleogeografiji, klimi i promjenama razine mora Centralnog Paratethysa tijekom badena.

Ćorić et al. (2009) određuju starost prve srednjomiocenske transgresije na području Sjevernohrvatskog bazena.

Mikuž et al. (2012) opisuju miocenske pteropode s Poličkog vrha u Slovenskim goricama.

Pezelj et al. (2013) opisuju paleookolišnu dinamiku južnog Panonskog bazena tijekom početne morske transgresije u srednjem miocenu, a 2016. god. se bave bentičkim foraminiferskim naslagama srednjeg miocena na području Medvednice.

Hohenegger et al. (2014) su radili na određivanju starosti badenskog kata Centralnog Paratethysa.

2.3. RAZVOJ PARATETHYSA I PANONSKOG BAZENA

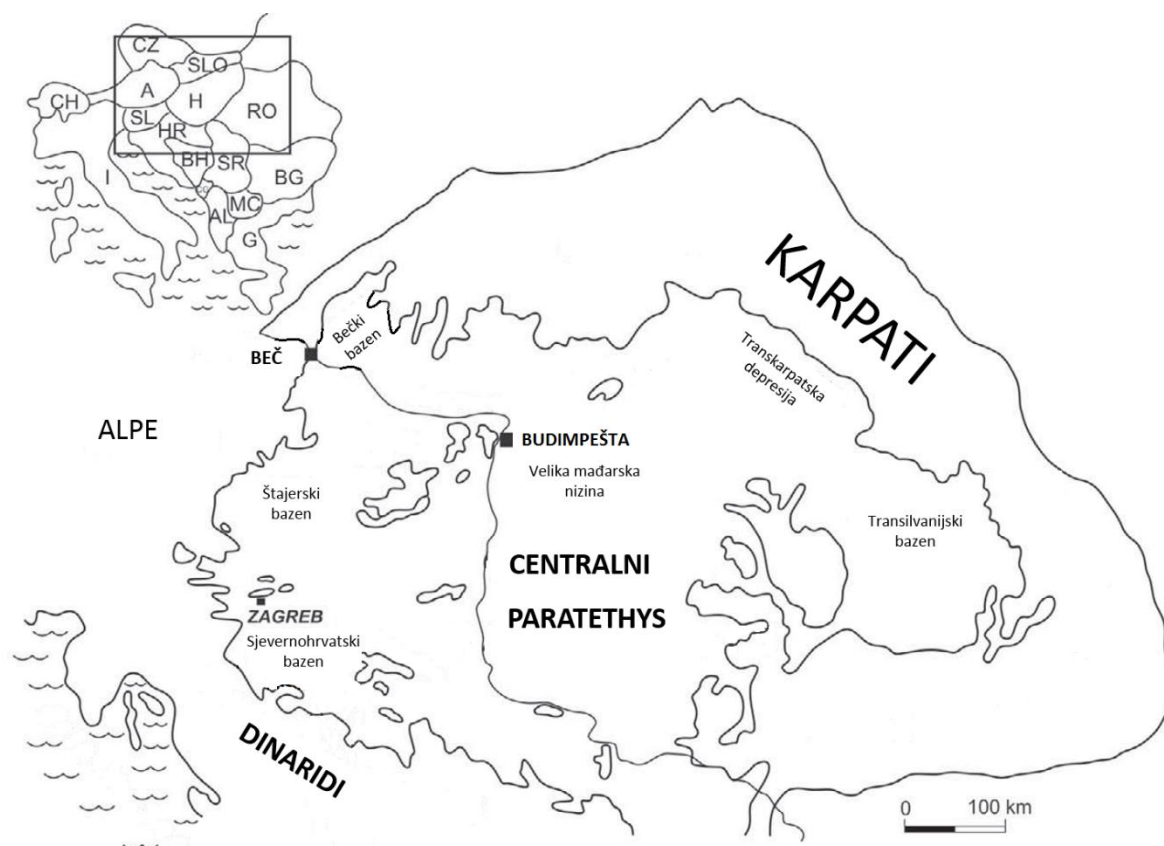
Tijekom kenozoika, Afrika se kretala prema Euroaziji i rotirala se u smjeru obrnutom od kazaljke na satu, pri čemu je sudjelovalo i nekoliko mikroploča na prostoru Mediterana (Kováč et al., 1998; Márton et al., 2003, 2006; Márton, 2006; Seghedi et al., 2004). Euroazijski prostor se značajno izmijenio prijelazima iz prostranih morskih u kopnene okoliše.

Na granici eocen/oligocen podvlačenjem Afričke ploče pod Euroazijsku, došlo je do konačnog raspadanja Tethys oceana (Báldi, 1980; Harzhauser et al., 2002; Harzhauser & Piller, 2007). Na istoku je nastao Indopacifički ocean, a na zapadu su kao ostatci Tethys oceana nastali Mediteransko more i Paratethys (Piller et al., 2007).

Seneš & Marinescu (1974) i Rusu (1988) su Paratethys podijelili na četiri etape geodinamskog razvoja, Proto-Paratethys (kasni eocen, rani oligocen), Eo-Paratethys (kasni oligocen, rani miocen), Meso-Paratethys (rani do srednji miocen) i Neo-Paratethys (srednji do kasni miocen).

Za vrijeme svog maksimuma, Paratethys se protezao od bazena Rhone u Francuskoj do unutrašnje Azije (Piller et al., 2007). Paratethys se može podijeliti na tri zasebne jedinice na temelju paleogeografskih i geotektonskih obilježja: zapadni, centralni i istočni Paratethys (Piller et al., 2007).

Zapadni dio sadrži alpske predgorske bazena Francuske, Švicarske, južne Njemačke i Gornje Austrije (Seneš, 1961). Centralni Paratethys obuhvaća istočne alpsko – karpatske predgorske bazene, od Donje Austrije do Moldavije i Panonski bazenski sustav (Slika 3) (Piller et al., 2007), a Istočni Paratethys se sastoji od Crnomorskog, Kaspijskog i Aralskog bazena (Nevesskaja et al., 1993)



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

Panonski bazenski sustav je nastao tijekom ranog miocena kao rezultat ekstenzijskih procesa između alpsko – karpatskog i dinarskog orogenog pojasa (Pavelić, 2001; Vrsaljko et al., 2006; Ćorić et al., 2009).

Tijekom srednjeg miocena (baden) paleogeografija se bitno promijenila. Na području današnje Slovenije, tijekom ranog badena se otvorio Transtetijski prolaz koji je bio veza između Panonskog bazenskog sustava i Mediterana, a moguća veza na istoku još uvijek nije određena (Piller et al., 2007). Transtetijski prolaz je bio otvoren sve do kasnog badena (Piller et al., 2007).

Sjevnohrvatski bazen, kojem pripada područje istraživanja, zauzimao je jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava i Paratethysa (Slika 4). Neposredno nakon nastanka Paratethysa

i prije nastanka Panonskog bazenskog sustava, sjeverna Hrvatska je bila kopnena masa s povremenim jezerskim okolišima i predstavljala je sjeverno produženje Dinarskog jezerskog sustava (Ćorić et al., 2009).

Prve morske transgresije na području Sjevernohrvatskog bazena nastaju prema nekim autorima u karpatu (Šikić, 1968), ali novija istraživanja (Ćorić et al., 2009) sugeriraju starost ranog badena za prvu transgresiju. Transgresija je, prema tome promijenila jezerski režim taloženja u morski tijekom ranog badena.

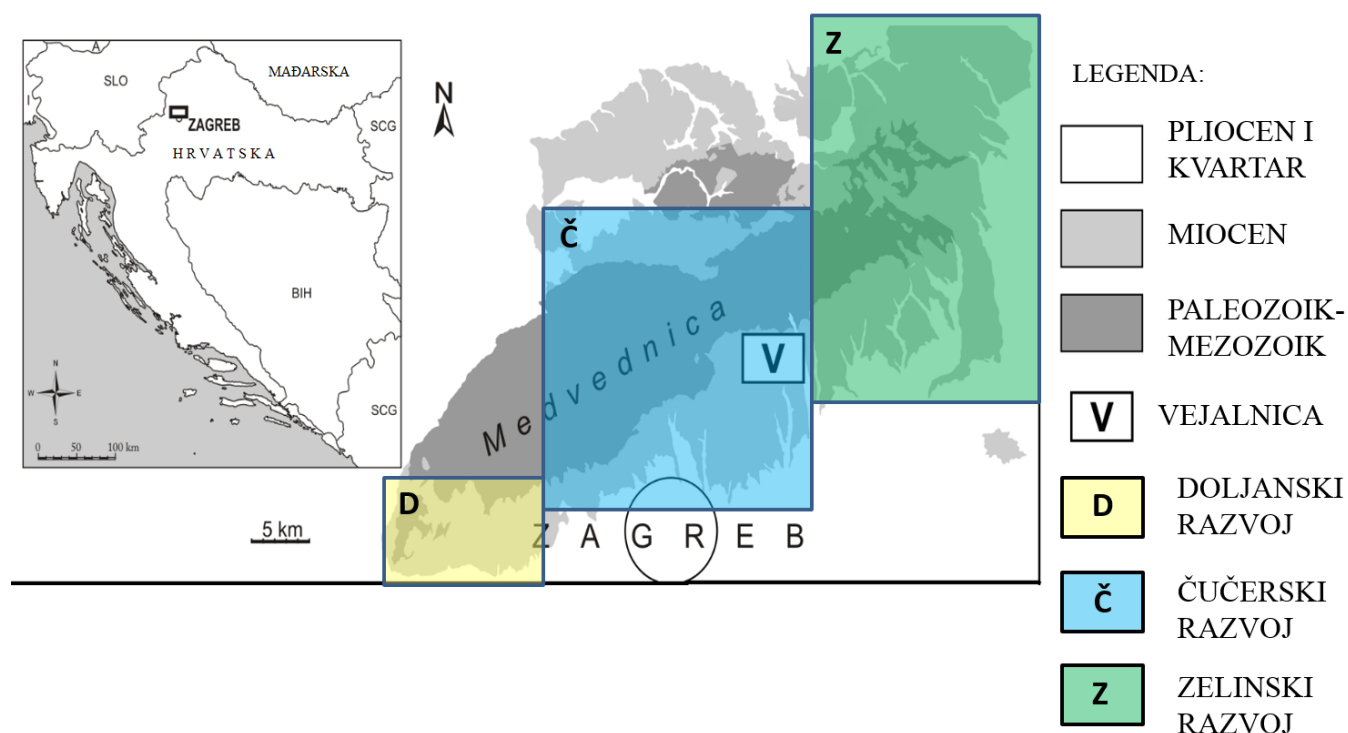


Slika 4. Prikaz Sjevernohrvatskog bazena tijekom srednjeg miocena (izmijenjeno prema Ćorić et al., 2009).

2.4. RAZVOJ BADENA NA MEDVEDNICI

Brojni autori su zabilježili srednjomiocenske naslage na području Medvednice (Kochansky, 1944; Kochansky-Devidé, 1957; Šikić et al., 1977, 1979; Kochansky-Devidé i Bajraktarević, 1981; Basch, 1983a, b; Avanić et al., 1995, 2003; Sremac et al., 2005; Vrsaljko et al., 2006; Pezelj et al., 2007; Pezelj, 2015; Brlek et al., 2016; Sremac et al., 2016; Pezelj et al., 2016; Bošnjak et al., 2017).

Kochansky (1944) je detaljno opisala miocensku faunu i facijese u svojoj doktorskoj disertaciji. Sedimenti badena („torton“ u starijoj literaturi) su najrasprostranjenije miocenske naslage Medvednice. Na temelju različitog petrografskog sastava stijena, fosilnog sadržaja i načinu sačuvanja fosila podijelila je baden Medvednice na tri razvoja, „Doljanski“, „Čučerski“ i „Zelinski“ razvoj (Slika 5).



Slika 5. Prikaz razvoja badena Medvednice prema Kochansky (izmijenjeno prema Bošnjak et al., 2017).

„Doljanski“ razvoj (zapadna Medvednica) obuhvaća Gornji Ivanec, Jarak, Dolje, Bizek, Gornji Stenjevec, Vrapče, Krvarić, Šestine, Gračane i Bliznec. Ovaj razvoj karakteriziraju debele naslage litavca ispod kojeg na nekim mjestima proviruju izdanci tamnosivog lapora.

„Čučerski“ razvoj se nalazi na brdima između Čučerja, Goraneca, Donje Planine, Sopnice, Gornje Kašine, Gornje Glavnice, Moravče i Nespeša. Kochansky (1944) je opisala dvije vrste facijesa za „Čučerski“ razvoj.

Prvi facijes su badenski lapori koji su tvrdi, škrljavi ili pločasti, žućkaste ili sive boje, sa svijetlo žutim produktima trošenja. Izmjenjuju se s debelim slojevima pješčenjaka ili litavca koji mogu biti debljine i do par metara. Odredila je okoliš kao dubokomorski, puno dubljeg taloženja od „Doljanskog“ razvoja.

Od foraminifera, Kochansky navodi kao najčešće, rodove *Globigerina*, *Bolivina* i *Polymorphina*. Spominje puževe i brojne školjkaše od kojih su najbrojniji iz familije Lucinidae.

Drugi facijes „Čučerskog“ razvoja su konglomerati, litavci, „nuliporni“ vapnenci i pješčenjaci. Konglomerati Markuševca sadrže valutice karbonskog vapnenca i glinenog škrljavca te su tamne boje. Litavac je opisan kao sivi, gusti, tvrd i bez šupljina. „Nuliporni“ vapnenac sadrži grudice litotamnija (rodolite), a pješčenjak, koji dolazi zajedno s vapnencem, je svijetlo žute boje, sitnozrnati, gust i jednolik.

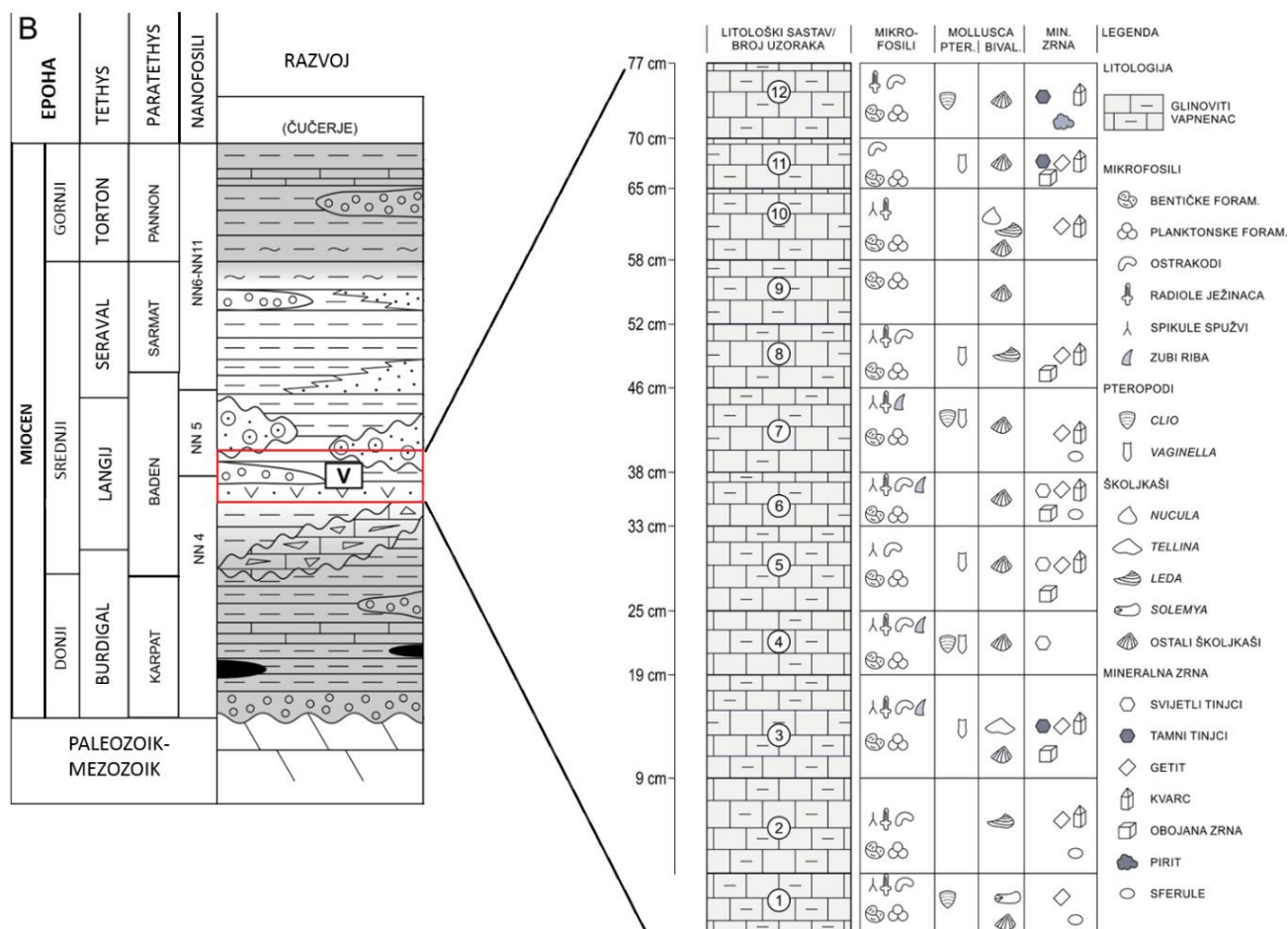
„Zelinski“ razvoj se proteže od Nespeša, preko Psarjeva, Kalinja, Orešja i na sjevernu stranu prema Mariji Bistrici. Karakteriziran je plitkomorslim facijesima, a najčešće su naslage litavca i „nulipornog“ vapnenca.

3. REZULTATI

3.1. OPIS LOKALITETA

Naslage na lokalitetu Vejalnica izdanjuju kroz vododerinu koja je nastala pokraj šljunčane ceste. Slojevi su naslagani stepenasto i imaju male kutove nagiba u rasponu od 7° do 15°. Nagib slojeva je u smjeru J-JZ, i kreće se u rasponu od 201° do 236°.

Početni dio stupa je prekriven i nije bilo moguće izmjeriti debljinu sloja, ali su izmjerene debljine ostalih slojeva. Ukupna debljina stupa je 77 cm, a prosječna debljina jednog sloja iznosi 7 cm (Slika 6).



Slika 6. Shematski geološki stup kroz miocenske naslage Čučerja (izmijenjeno prema Bošnjak et al., 2017) i detaljni geološki stup kroz miocenske naslage Vejalnice.

Na temelju napravljene analize kalcimetrije (M. Bošnjak, Š. Kampić, V. Bermanec) utvrđeno je da su uzorci po litološkom sastavu glinoviti vapnenci (75-80% kalcita). Nisu nađene značajne litološke promjene među slojevima i moglo bi se reći da je stup litološki homogen.

3.2. PALEONTOLOŠKI DIO

Iako je obrađena sva popratna fauna unutar istraživanja, važno je napomenuti da je u paleontološkom dijelu ovog rada, najveći naglasak stavljen na mekušce (pteropodi i školjkaši).

Nađeni fosili su sačuvani na dva načina, ovisno od kojeg materijala im je izgrađen skelet. Aragonitni ostatci su sačuvani kao kamene jezgre i otisci, a kalcitni ostatci imaju djelomično ili u potpunosti sačuvane stijenke.

3.2.1. VAPNENAČKI NANOPLANKTON

Na temelju analize vapnenačkog nanoplanktona koju je iz sedam izabranih uzoraka načinio Š. Aščić dobiveni su sljedeći rezultati (Tablica 1).

Tablica 1. Vapnenački nanoplankton Vejalnice.

Vrsta nanoplanktona	1	2	3	4	6	11	12
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud) Deflandre							
<i>Coccolithus miopelagicus</i> Bukry							
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller							
<i>Cyclicargolithus floridanus</i> (Roth & Hay, in Hay et al.) Bukry							
<i>Discoaster</i> sp.							
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner							
<i>Helicosphaera</i> cf. <i>minuta</i> Müller							
<i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner, ex Deflandre in Deflandre & Fert) Roth							
<i>Reticulofenestra bisecta</i> (Hay, Mohler and Wade) Roth							
<i>Reticulofenestra minuta</i> Roth							
<i>Reticulofenestra perplexa</i> (Burns) Wise							
<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> (Gartner) Garnter							
<i>Sphenolithus heteromorphus</i> Deflandre							

Analizirani uzorci (GS1, GS2, GS3, GS4, GS6, GS11, GS12) su uzeti iz donjeg, središnjeg i gornjeg dijela geološkog stupa.

Određeno je 13 vrsta, od kojih je najznačajnija vrsta *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, koja je nađena u uzorcima GS3 i GS6 i smatra se provodnim fosilom za NN4 – NN5 zone vapnenačkog nanoplanktona.

3.2.2. FORAMINIFERE

Foraminifere su, zajedno s nanoplanktonom temeljni alat moderne biostratigrafije zbog svoje globalne raširenosti, bogatstva vrsta i jedinki i kompleksne morfologije. Korisne su i u istraživanju paleoklime, paleoekologije (Martinuš et al., 2003; Zagoršek et al., 2009), a naftna industrija ih koristi za istraživanja potencijalnih ugljikovodičnih ležišta.

Foraminifere su određene na temelju sljedećih kriterija: 1. prema sastavu stijenke, 2. prema obliku i načinu slaganja klijetki, 3. prema obliku i poziciji ušća, 4. prema ornamentima i drugim morfološkim značajkama na površini stijenke.

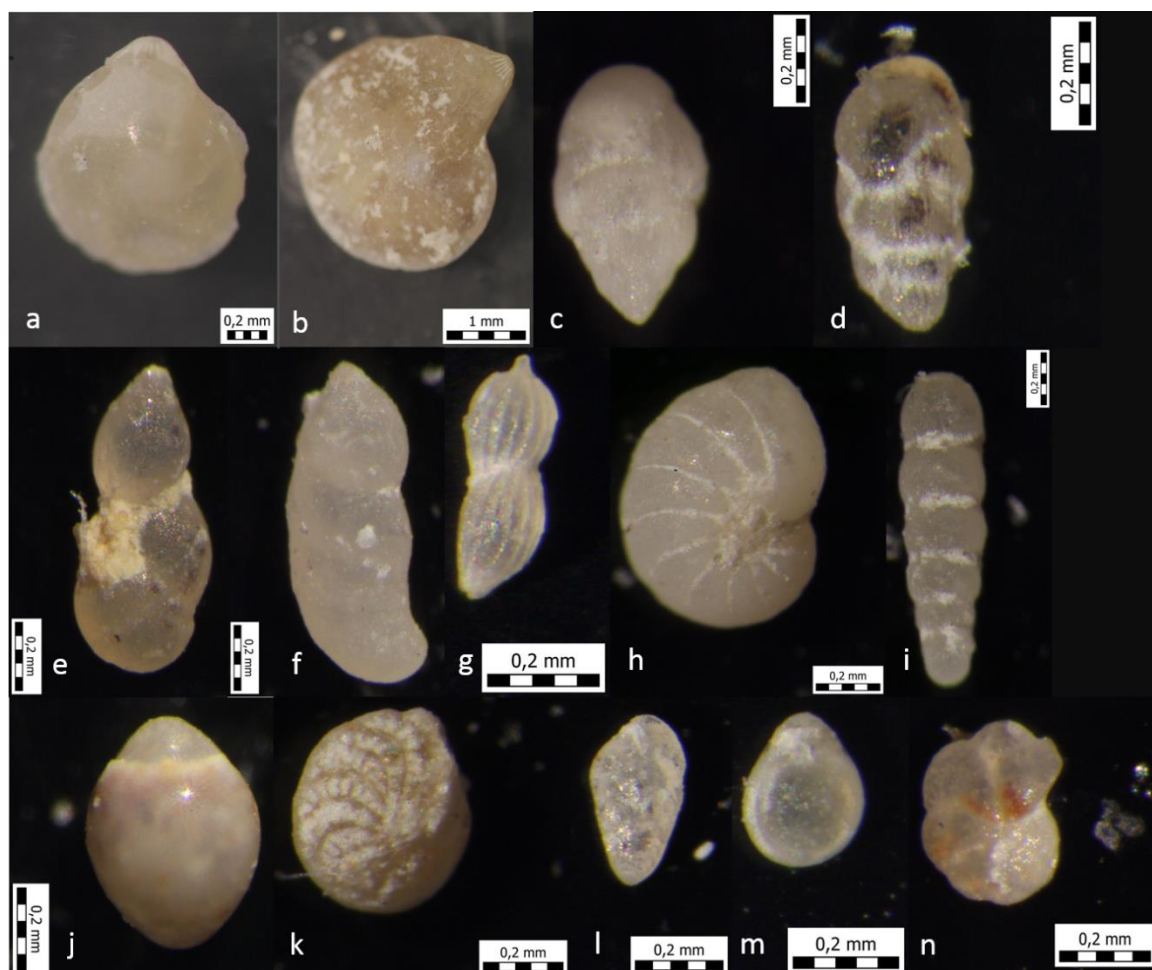
Tablica 2. Determinirane foraminifere Vejalnice raspoređene po slojevima.

Tip stijenke	Rod	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Bentičke	Aglu.	<i>Textularia</i>										
	Porc.	<i>Pyrgo</i>										
		<i>Spiroloculina</i>										
		<i>Quinqueloculina</i>										
	Stakl.	<i>Amphicoryna</i>										
		<i>Asterigerina</i>										
		<i>Bolivina</i>										
		<i>Bulimina</i>										
		<i>Chilostomella</i>										
		<i>Cibicides</i>										
		<i>Dentalina</i>										
		<i>Elphidium</i>										
		<i>Fissurina</i>										
		<i>Glandulina</i>										
		<i>Gyroidina</i>										
		<i>Heterolepa</i>										
		<i>Lagena</i>										
		<i>Lenticulina</i>										
		<i>Nodosaria</i>										
		<i>Nonion</i>										
		<i>Plectofrondicularia</i>										
		<i>Uvigerina</i>										
		<i>Vaginulinopsis</i>										
Pl.		<i>Globigerinoidne</i>										
		<i>Orbulina</i>										

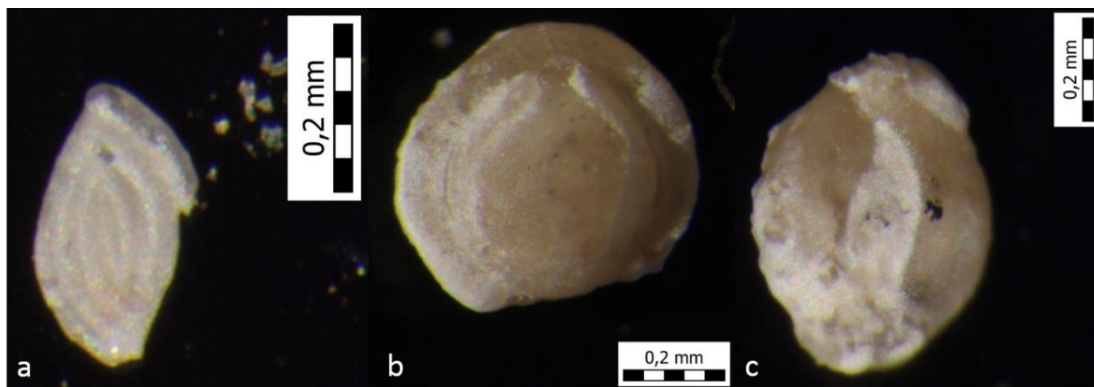
Iz ukupno jedanaest uzoraka određeno je dvadesetpet rodova foraminifera (Tablica 2).

Najviše rodova određeno je u uzorku GS 6, a najmanje u uzorku GS 11. Najveći broj rodova odnosi se na bentičke foraminifere, staklastog tipa stijenke (Slika 7). U uzorcima su nađene i porculanske (Slika 8) i aglutinirane (Slika 9) bentičke i staklaste planktonske foraminifere (Slika 10).

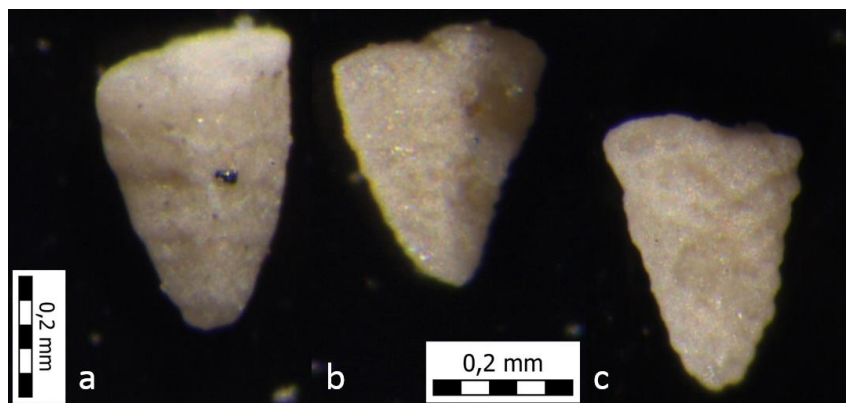
Foraminifere su u ovom radu poslužile za detaljniji opis faune unutar geološkog stupa, a biostratigrafska odredba se temeljila više na rezultatima analize vapnenačkog nanoplanktona (Š. Aščić), nađenih pteropoda i već poznatih podataka istraženog područja. Foraminifere su određene na razini rodova i rezultati odredbe se uklapaju s prijašnjim rezultatima istraživanja šireg područja Vejalnice (Šikić, 1995).



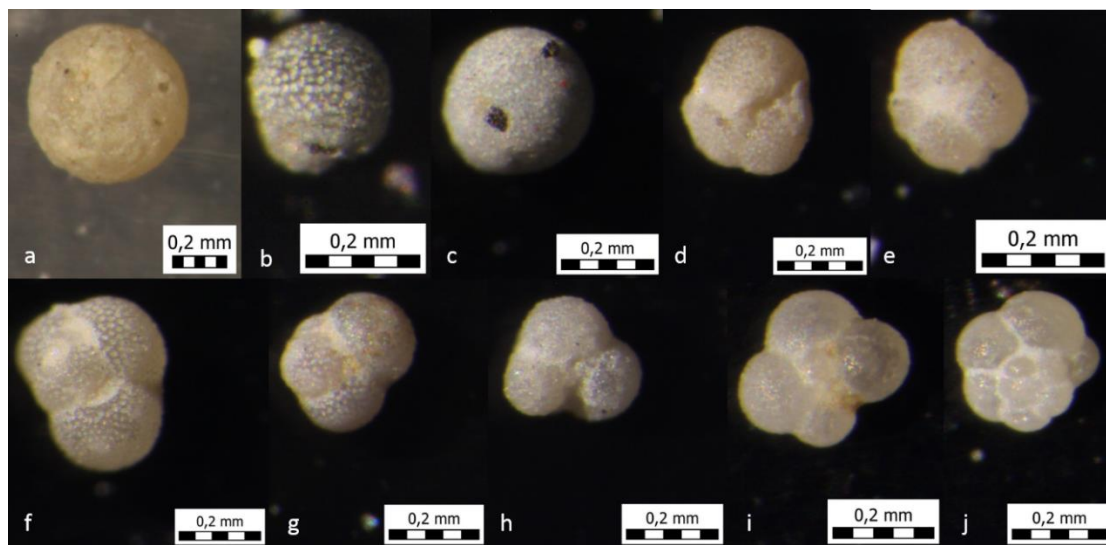
Slika 7. Bentičke staklaste foraminifere: a) i b) *Lenticulina* (GS 3, GS 4), c) *Bulimina* (GS 3), d) *Uvigerina* (GS 5), e) i f) *Vaginulinopsis* (GS 4 i GS 6), g) *Amphicoryna* (GS 12), h) *Nonion* (GS 6), i) *Nodosaria* (GS 6), j) *Chilostomella* (GS 8), k) *Elphidium* (GS 6), l) *Bolivina* (GS 6), m) *Fissurina* (GS 6), n) *Heterolepa* (GS 7).



Slika 8. Bentičke porculanske foraminifere: a) *Spiroloculina* (GS 5), b) *Pyrgo* (GS 3), c) *Quinqueloculina* (GS 2).



Slika 9. Bentičke aglutinirane foraminifere: a-c) *Textularia* (GS 6, GS 4, GS 7).



Slika 10. Planktonske foraminifere: a-c) *Orbulina* (GS 4, GS 1, GS 7), d-j) globigerinodnog tipa (GS 4, GS 5, GS 7, GS 7, GS 8, GS 12, GS 12).

3.2.3. PTEROPODI

Pteropodi su morski gastropodi koji većinom žive u epipelagičkim ili mezopelagičkim okolišima (dubinama), a neke vrste žive i u dubinama većim od 1000 metara (Bošnjak et al., 2017 i reference u radu). Prilagodili su se holoplanktonskom načinu života, tako da su preobrazili stopalo u „krila“ pomoću kojih plivaju u vodenom stupcu. Tijekom dana zadržavaju se na većim dubinama, a u sumrak se kreću prema površini (Bošnjak et al., 2017 i reference u radu).

Glavni faktor raširenosti pteropoda na nekom području je temperatura vode, ali na njih utječu i drugi faktori kao što su salinitet, hrana, kisik, dubina mora i oceanske struje. Većina pteropoda živi u toplim morima i oceanima tropskih i suptropskih klimatskih regija, ali se mogu naći i u polarnim regijama (Velcescu, 1997; Herman, 1998; Janssen & Peijnenburg, 2014).

Pteropodi se dijele u dva reda : Thecosomata ili „morski leptiri“ i Gymnosomata ili „morski anđeli“. Red Thecosomata predstavlja vrste s aragonitnim ljušturama, dok su kod Gymnosomata ljuštire prisutne samo u larvalnom stadiju (Herman, 1998; Jansen & Little, 2010; Corse et al., 2013; Jansen & Peijnenburg, 2014).

Moderni pteropodi se koriste kao prvi indikator zakiseljavanja oceana isključivo zbog svojih aragonitnih ljuštura koje su podložnije topljenju od kalcita (Hunt et al., 2010; Bednaršek et al., 2012; Burridge et al., 2015).

Iako pteropodi dolaze u područje Paratethysa već sredinom eocena, najbogatija nalazišta potječu iz naslaga srednjeg miocena za vrijeme najvećih morskih transgresija. Najbrojniji i najraznovrsniji rodovi pteropoda su *Limacina*, *Vaginella* i *Clio* (Janssen, 1984; Zorn, 1991, 1995, 1999; Bohn Havas & Zorn, 1993, 1994; Bohn Havas et al., 2004)

Na području sjeverne Hrvatske, pteropodi su zabilježeni od strane brojnih autora (Gorjanović-Kramberger, 1908; Kochansky, 1944; Kochansky-Devidé, 1973; Basch, 1983b; Magaš, 1987; Pikija, 1987; Korolija & Jamičić, 1989; Avanić et al., 1995).

Kochansky (1944) i Basch (1983b, str. 29) su zabilježili vrste *Clio pedemontana* i *Vaginella austriaca* na području središnjeg, „Čučerskog razvoja“ Medvednice. *Clio fallauxi*, koji se može naći zajedno s vrstom *Clio pedemontana* (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Zorn, 1999; Bohn-Havas et al., 2004), do sada je nađen samo u naslagama donjeg badena, unutar područja Centralnog Paratethysa (Zorn, 1999).

Tijekom terenskog rada na Vejalnici, nađeni su brojni primjerci pteropoda među kojima su određene tri vrste, *Vaginella austriaca*, *Clio fallauxi* i *Clio pedemontana*. Rezultati rada objavljeni su u radu Bošnjak et al. (2017).

Classis Gastropoda Cuvier, 1797

Ordo Thecosomata de Blainville, 1824

Subordo Euthecosomata Meisenheimer, 1905

Familia Cavoliniidae Fischer, 1883

Subfamilia Cavoliniinae van der Spoel, 1967

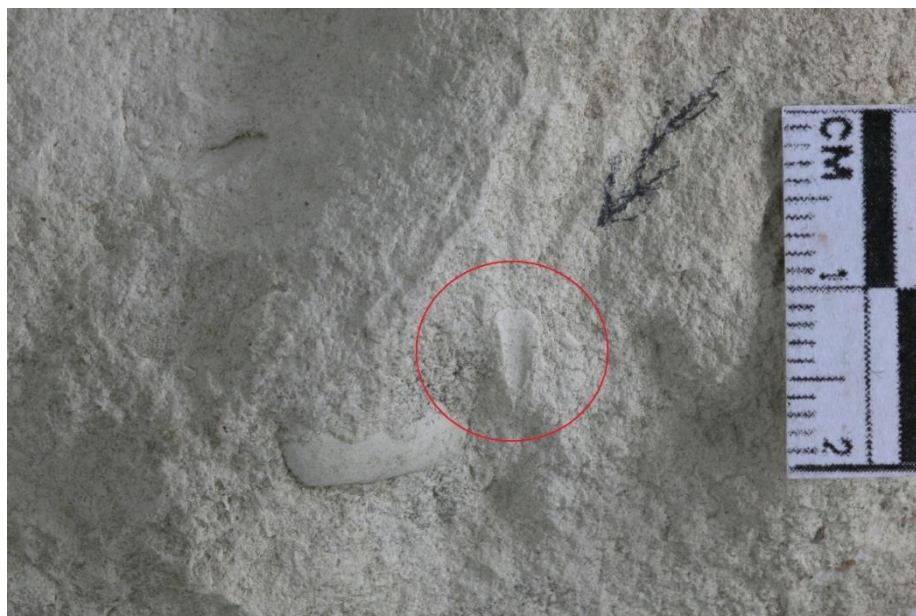
Genus *Vaginella* Daudin, 1800

Species *Vaginella austriaca* Kittl, 1886

1944 *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 – Kochansky, str. 265

1993 *Vaginella austriaca* Kittl, 1886 – Janssen & Zorn, p. 203, pl. 6, figs. 8-15, pl. 10, figs. 1-5, pl. 11, figs. 1-6.

Materijal: Sedamnaest primjeraka jezgri i otisaka nađenih u uzorcima GS 3, GS 4, GS 5, GS 7, GS 8 i GS 11.



Slika 11. *Vaginella austriaca* Kittl, 1886. (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Vaginella austriaca (Slika 11) se smatra geografski i stratigrafski najraširenijom badenskom vrstom Centralnog Paratethysa (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Janssen & Zorn, 1993; Bohn-Havas et al., 2004).

Gorjanović-Kramberger (1908) prvi put je zabilježio na području Medvednice vrstu *Vaginella austriaca*, a spominju je i Kochansky (1944), Basch (1983b) i Avanić et al. (1995). *V. austriaca* je nađena u naslagama karpata i badena u Austriji, Poljskoj (rani i srednji baden), Mađarskoj (rani baden), Rumunjskoj (rani baden), Češkoj (karpat i rani baden) i Bugarskoj (baden) (Kittl, 1886; Zorn, 1991, 1999; Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Janssen & Zorn, 1993).

V. austriaca ima izduženu ljušturu glatke površine koja je najšira kod ušća, preapertualno suženje nije vidljivo, a srednji dio ljušture je proširen (Bošnjak et al. 2017). Izmjerene dužine teolokonha iznose od 2,5 mm do 7,43 mm, maksimalne širine ljuštura se kreću od 1,05 mm do 2,71 mm, a apikalni kutevi od 13° do 28° (Bošnjak et al., 2017).

Classis Gastropoda Cuvier, 1797

Ordo Thecosomata de Blainville, 1824

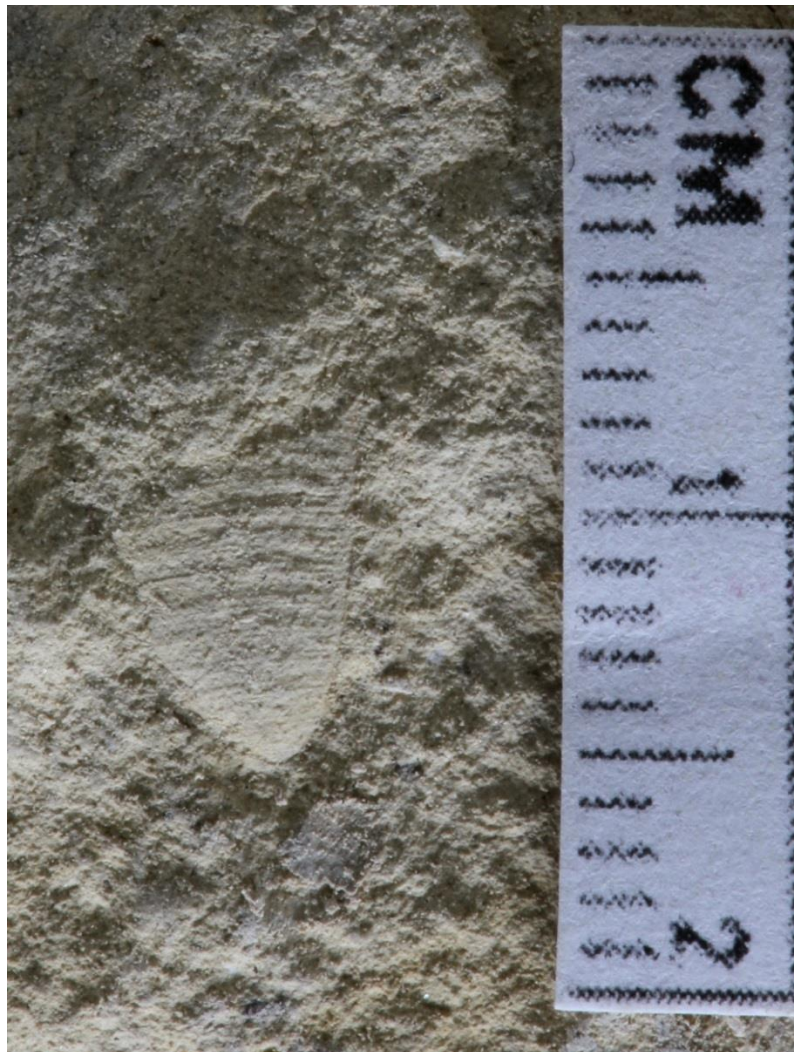
Familia Cliidae

Genus *Clio* Linne, 1767

Species *Clio fallauxi* Kittl, 1886

1993 *Clio fallauxi* (Kittl, 1886) – Janssen & Zorn, p. 195, pl. 8, figs 1-9, pl. 9, figs. 1-3

Materijal: Pet otisaka nađenih u uzorcima GS 1, GS 4, GS 7 i GS 12.



Slika 12. *Clio fallauxi* (Kittl, 1886) (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Vrsta *Clio fallauxi* (Slika 12) je zabilježena samo u donjobadenskim naslagama Centralnog Paratethysa (Zorn, 1999; Bohn-Havas & Zorn, 2002; Selmeczi et al., 2012). Nađena je u Mađarskoj (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Zorn, 1999; Bohn-Havas et al., 2004), Poljskoj (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Janssen & Zorn, 1993; Zorn, 1999), Češkoj (Janssen & Zorn, 1993; Zorn, 1999), Rumunjskoj (Bohn-Havas & Zorn, 1994; Zorn, 1999), Bugarskoj (Zorn, 1999; Nikolov, 2010), a možda i Sloveniji (Mikuž et al., 2012) i može se naći zajedno s vrstom *Clio pedemontana* (Bohn-Havas & Zorn, 1993, 1994; Zorn, 1999; Bohn-Havas et al., 2004) u NN5 nanozoni prema Bohn-Havas et al. (2004).

Clio fallauxi ima izduženu trokutastu ljušturu ukrašenu s transversalnim rebrima i međurebrima. Rebra su ravna, ali u lateralnom dijelu ljušture, rebra se iskrivljuju (Bošnjak et al., 2017). Izmjerene dužine teleokonha iznose od 5,78 mm do 10,15 mm, maksimalne širine ljuštura se kreću od 5,22 mm do 7,3 mm, a apikalni kutevi od 58° do 84° (Bošnjak et al., 2017).

Classis Gastropoda Cuvier, 1797

Cladus Thecosomata de Blainville, 1824

Superfamilia Cavolinioidea Gray, 1850

Familia Cliidae Jeffreys, 1869

Genus Clio Linné, 1767

Species *Clio pedemontana* (Mayer), 1868

1944 *Balantium pedemontana* (Mayer, 1868) - Kochansky, str. 265

Materijal: Jedan primjerak otiska nađen u uzorku GS 4.



Slika 13. *Clio pedemontana* (Mayer, 1868).

C. pedemontana (Slika 13) je stratigrafski raširena vrsta od gornjeg oligocena do seravala i smatra se jednom od najraširenijih pteropodnih vrsta (Robba, 1977).

Vrstu *Clio pedemontana* je prvi put zabilježio Mayer (1868) u langijskim naslagama Italije. U Italiji ju spominju i drugi autori (Kittl, 1886; Robba, 1971; Krach, 1981; Janssen, 1984) u naslagama miocena i pliocena. Vrsta *Clio pedemontana* je nađena i u naslagama srednjeg miocena Češke (Kittl, 1886; Krach, 1981), donjeg i srednjeg miocena Austrije (Robba, 1971; Zorn, 1991), 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).

U Hrvatskoj su vrstu *Clio pedemontana*, na području Čučerja, zabilježili Kochansky (1944) i Basch (1983b), međutim nedostaju originalni materijali tih istraživanja.

Vrsta *Clio pedemontana* ima izduženi trokutasto stožasti oblik kućice. Na površini kućice su transversalna rebra, koja su ili regularno zakrivljena u obliku luka ili iskrivljena, a ponekad poravnana. Lateralni rubovi su ravni ili lagano zakrivljeni, u srednjem dijelu izbočeni. Vrh kućice je zašiljen, a ušće je prošireno, lagano ovalno (Mikuž et al., 2012).

Vrsta *C. pedemontana* je vrlo slična *C. fallauxi*, ali glavna razlika između te dvije vrste je u apikalnom kutu koji je veći kod *C. fallauxi* (Janssen & Zorn, 1993, Zorn, 1999).

3.2.4. ŠKOLJKAŠI

Nađeni su brojni primjerci školjkaša duž cijelog geološkog stupa, međutim većina primjeraka je loše sačuvana i neodgovarajuća za određivanje rodova. Nađeni školjkaši su očuvani u obliku kamenih jezgri i otisaka s ponekim fragmentima ljuštura. Od svih primjeraka nađenih na Vejalnici, određeno je četiri roda školjkaša: *Nucula*, *Tellina*, *Nuculana* (*Leda*) i *Solemya*.

Classis Bivalvia Linne, 1758

Subclassis Protobranchia Pelseneer, 1889

Ordo Nuculoida

Familia Nuculidae Gray, 1824

Genus *Nucula* Lamarck, 1799

Materijal: Jedan primjerak sačuvan u obliku otiska, nađen u uzorku GS 10.

Dimenzije: dužina: 1,22 cm; visina: 1,14 cm



Slika 14. *Nucula* sp. (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Rod *Nucula* (Slika 14) je školjkaš koji živi i danas, a smatra se da se prvi put pojavio u ordoviciju. Žive u okolišima do 200 metara dubine, u muljevitim, siltnim, pjeskovitim ili šljunčanim sedimentima (<http://fossilworks.org/>; http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&menuentry=soorten&id=833&tab=beschrijving).

Ljuštura su malih dimenzija (kraće od 50 mm), ali su jako izbočene, sprijeda izdužene, podjednake, asimetrične i trokutastog oblika, a vrh se nalazi iza središnje linije. Površina im je glatka s finim koncentričnim lamelama na prednjem dijelu i finim radijalnim strijama, od kojih je svaka peta jače izražena, osobito na prednjem dijelu.

Brava, kad je sačuvana, se sastoji od većeg broja dobro izraženih, podjednakih zubi. Fosilne i recentne vrste roda *Nucula* imaju aragonitne ljuštura građene od tri sloja. Vanjski je sloj prizmatski, dok su unutarnja dva sloja u obliku lamela (Benaim & Absalão, 2011).

Classis Bivalvia Linne, 1758

Subclassis Heterodonta Neumayr, 1884

Infraclassis Euheterodonta

Superordo Imparidentia Bieler et al., 2014

Ordo Cardiida Ferussac, 1822

Superfamilia Tellinoidea Blainville, 1814

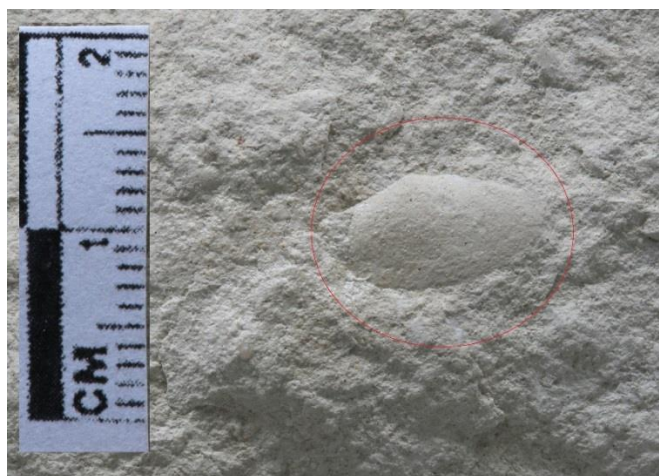
Familia Tellinidae Blainville, 1814

Subfamilia Tellininae Blainville, 1814

Genus *Tellina* Linee, 1758

Materijali: Dva primjerka sačuvana u obliku kamenih jezgri, nađeni u uzorku GS 3.

Dimenzije: dužina: od 0,86 do 0,96 cm; visina: od 0,44 do 0,46 cm.



Slika 15. *Tellina* sp. (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Stratigrafski raspon roda *Tellina* (Slika 15) proteže se od perma do danas. Uglavnom živi u plitkim okolišima zakopana u mulju ili pijesku. Većina živi u toplim morima, na pješčanim dnima, od obale do 30 m dubine (<http://fossilworks.org/>).

Ljuštura su tanke, plosnate, blago se razlikuju jedna od druge i asimetričnog su rasta. Lijeva je ljuštura obično neznatno veća i izbočenija, a na desnoj se vidi izraženi greben od brave prema

prednjem rubu. Ovalnog je oblika, a povijeni vrhovi su iza središnje linije i skoro se dodiruju. Brava, kad je sačuvana, se sastoji od dva, centralno smještene zuba u svakoj ljušturi. Lateralni zubići su dobro izraženi u desnoj ljušturi, dok su u lijevoj ljušturi sitniji (http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&id=969&menuentry=soorten).

Classis Bivalvia Linee, 1758

Subclassis Protobranchia Pelseneer, 1889

Ordo Nuculanida Carter et al., 2000

Superfamilia Nuculanoidea Adams & Adams, 1858 (1854)

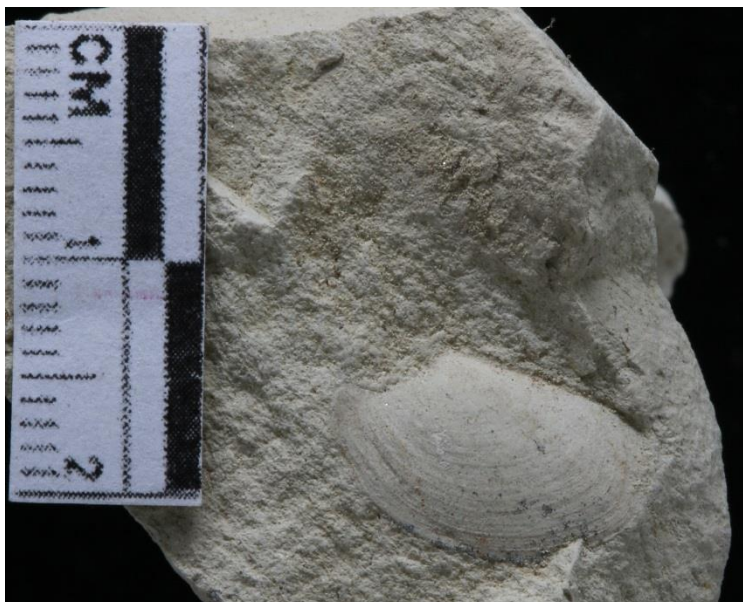
Familia Nuculanidae Adams & Adams, 1858 (1854)

Subfamilia Nuculaninae Adams & Adams, 1858 (1854)

Genus *Nuculana* Link, 1807

Materijali: Tri primjerka sačuvana u obliku kamenih jezgri, nađeni u uzorcima GS2, GS8 i GS10.

Dimenzije: dužina: od 0,71 do 1,67 cm; visina: od 0,37 do 0,87 cm



Slika 16. *Nuculana* sp. (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Rod *Nuculana* (Slika 16) je prisutna od silura do danas i uglavnom živi u muljevitim pijescima i šljuncima (<http://fossilworks.org/>).

Ljuštore su tanke, jednake i asimetrične, vrh se nalazi ispred središnje linije. Na prednjoj strani je kružnog oblika, a na stražnjoj strani je izdužena. Lunula je nejasna, a area je dobro definirana. Na površini je izraženo 30 ili više koncentričnih rebra. Brava se u sačuvanom obliku sastoji od 15 do 18 prednjih zuba i 18 do 20 stražnjih zuba (http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&id=836&menuentry=soorten).

Classis Bivalvia Linne, 1758

Ordo Solemyoida

Familia Solemyidae

Genus Solemya Lamarck, 1818

Species Solemya doderleini Mayer, 1861

Materijali: Jedan primjerak sačuvan u obliku otiska, nađen u uzorku GS 1.

Dimenzije: dužina: 3,54 cm; visina: 1,35 cm



Slika 17. *Solemya doderleini* (fotografirala viša muzejska tehničarka Nives Borčić, HPM).

Ova vrsta je prisutna od oligocena do miocena u dubokomorskim naslagama Mediterana i Paratethysa (Löffler, 1999; Schultz, 2001).

Solemya (Slika 17) ima malu, krhku, dorzo-ventralno izduženu ljušturu, elipsoidnog oblika. Ljuštura ima slabo izraženu konveksnost i ornamentirana je radijalnim borama i žljebovima na vanjskoj površini stražnjeg dijela (Harzhauser et al., 2011). *Solemya* ima fleksibilnu aragonitnu ljušturu, koja je građena od 4 sloja.

3.2.5 OSTALO

Mikroskopiranjem obrađenih uzoraka nađeni su brojni ostrakodi, spikule spužvi, radiole ježinaca i zubi riba (Tablica 3, Slika 18), a nađen je i jedan sklerit trpa.

Tablica 3. Ostala fauna nađena unutar geološkog stupa.

	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Spikule											
Ježinci											
Zubi riba											
Ostrakodi											

Materijal koji izgrađuje ove fosile se razlikuje među organizmima. Ostrakodi su građeni od nisko magnezijuskog kalcita, zubi riba od kalcijevog fosfata, radiole ježinaca od magnezijuskog kalcita, a spikule spužvi građene su od kremenog opala.

Nađene spikule u ovom radu su posebno zanimljive jer je nađen velik broj obojanih primjeraka zelene, crvene i žuto-narančaste boje te bi taj fenomen mogao postati predmet novog istraživanja na ovom lokalitetu.



Slika 18. a) ostrakod, b) spikula spužve, c) zub ribe, d) radiola dubokomorskog ježinca.

4. RASPRAVA

4.1. POTEŠKOĆE KOD DETERMINACIJE FOSILA

Kod proučavanja uzoraka nađeni su brojni fosilni ostatci koji nisu idealno sačuvani. Pteropodi i školjkaši su sačuvani isključivo u obliku kamenih jezgi i otisaka zbog otopljenih aragonitnih kućica i ljuštura, a neke foraminifere imaju znatna oštećenja na kućicama.

Posebno problematična je bila determinacija školjkaša zbog nedostatka ornamentacije na unutrašnjoj strani ljuštura koja bi ostavila trag na jezgri, za razliku od pteropoda roda *Clio*. Također veliki broj školjkaša nema izražena rebra na vanjskoj strani ljuštura, niti se u otisku vide brava i ostali bitni morfološki elementi. Stoga su školjkaši određeni na nivou roda, osim vrste *Solemya doderleini* Mayer, 1861 koja ima specifične zrakaste bore na stražnjoj strani ljuštura. Četiri roda školjkaša su određena prema prijašnjim podacima istraženog područja (Kochansky, 1944) i usporedbom s uzorcima iz Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja, koji su nađeni na okolnom području Vejalnice.

Pteropodi su određeni na nivou vrsta jer imaju više sačuvanih morfoloških značajki kao što su otisnuta rebra u kamenoj jezgri koja se nalazi s unutarnje strane kućice. Između vrsta *C. fallauxi* i *C. pedemontana* postoje velike sličnosti i mogu se razlikovati po tome što *C. fallauxi* ima međurebra i veći apikalni kut u odnosu na vrstu *C. pedemontana* (Janssen & Zorn, 1993; Zorn, 1999).

Određivanje vrste *Vaginella austriaca* je vrlo zahtjevno zbog sličnosti s drugim vrstama iz roda *Vaginella* kao što su *V. depressa*, *V. acutissima* i *V. lapugyensis*, pogotovo ako su primjerci lošije sačuvani (Cahuzac & Janssen, 2010)

Za određivanje vrste *Vaginella austriaca* mjeri se apikalni kut, ali samo kod dobro očuvanih primjeraka (Janssen & Zorn, 1993; Cahuzac & Janssen, 2010), što nije slučaj kod ovih pteropoda. Prema tome je uzeta u obzir morfologija, prijašnja istraživanja i usporedba rezultata s podacima iz susjednih područja (Bošnjak et al., 2017).

Primjerci nađenih pteropoda odgovaraju trendovima omjera dužine/širine ljuštura u usporedbi s ljušturama nađenim u drugim dijelovima Centralnog Paratethysa (Bošnjak et al., 2017).

Stupanj sačuvanja foraminifera u uzorcima varira, od jako dobro sačuvanih do slabo sačuvanih primjeraka neprikladnih za odredbu. Foraminifere su u ovom radu određene na nivou rodova.

4.2. PROMJENE KROZ STUP

Litološke promjene unutar geološkog stupa nisu značajne i stup bi se mogao karakterizirati kao litološki homogen. Prema dobivenim rezultatima kalcimetrijske analize, postoje mala odstupanja u količini kalcijevog karbonata unutar različitih dijelova stupa. Donji i gornji dio stupa imaju najveće vrijednosti kalcijevog karbonata koje se kreću oko 80%. Nakon visoke početne vrijednosti kalcijevog karbonata počinje trend opadanja i u samoj sredini stupa je vrijednost CaCO_3 najmanja, te iznosi oko 75% CaCO_3 . Nakon najniže izmjerene vrijednosti unutar stupa, započinje trend povećavanja udjela CaCO_3 da bi na samom vrhu stupa dosegao vrijednost od oko 80% CaCO_3 koja je približna vrijednosti u početnom dijelu stupa.

Razlike u kompoziciji faune unutar geološkog stupa su izražene. Početni dio stupa je relativno siromašan faunom koja je slabo očuvana (točke GS 1, GS 2), ali progresijom prema sredini stupa postoji trend povećanja fosilnog sadržaja (GS 3-GS 5), koji dostiže vrhunac na središnjem dijelu (točka GS 6). Nakon toga, započinje trend smanjenja fosilnog sadržaja (GS 7) i najsiromašniji dio geološkog stupa je neposredno prije najgornjeg dijela (točke GS 8-GS 11). Na najgornjem dijelu stupa (GS 12), fosilni sadržaj je opet povećan u odnosu na slojeve neposredno ispod.

Promjene u fosilnom sadržaju unutar stupa bi mogle biti indikator postupnog oplicavanja i produbljivanja okoliša taloženja. Trend povećanja brojnosti i raznolikosti fosila (bentičkog) prema središnjem dijelu stupa bi se mogao definirati kao trend oplicavanja koji dostiže vrhunac, te nakon toga slijedi trend produbljivanja koji je označen vrlo siromašnom faunom.

4.3. PALEOEKOLOGIJA I PALEOBIOGEOGRAFIJA

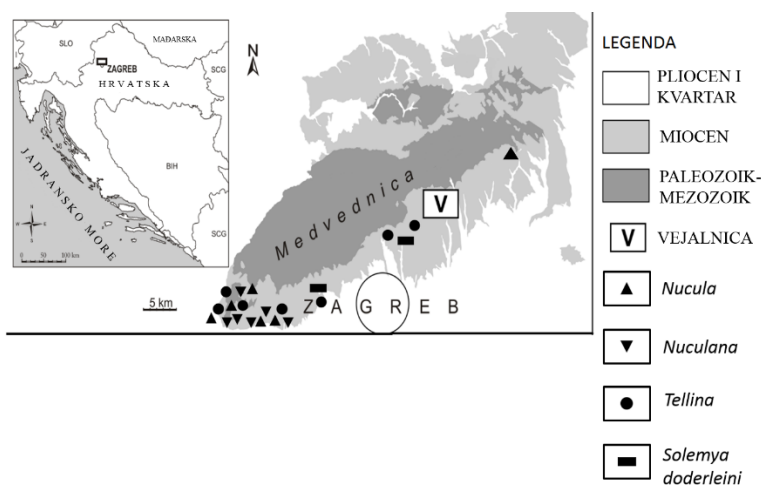
Nađeni planktonski organizmi (nanoplankton, foraminifere i puževi) u uzorcima upućuju na to da su sedimenti lokaliteta taloženi u otvorenom morskom bazenu.

U nađenoj fauni unutar stupa uočen je različit stupanj očuvanja među organizmima. Organizmi čiji je skelet izgrađen od aragonita (pteropodi, školjkaši) su otopljeni, te su sačuvani u obliku kamenih jezgri i otisaka, a organizmi čiji je skelet izgrađen od kalcita, kremenca ili kalcijevog fosfata (foraminifere, ostrakodi, spikule spužvi, zubi riba, radiole ježinaca) su dobro očuvani s neotopljenim stijenkama.

Takvo selektivno otapanje navodi na zaključak da su sedimenti taloženi na dubini između karbonatne kompenzacijske dubine (CCD) i aragonitne kompenzacijske dubine (ACD). Aragonitna kompenzacijska dubina značajno varira među oceanima. Današnji Atlanski ocean ima ACD na dubini između 2 i 3 km, a Pacifički i Indijski ocean između 0,5 i 1,5 km (Berger, 1978).

Prosječna ACD dubina za niže geografske širine iznosi oko 1,5 km (Berger, 1978). Usporedno s ACD dubinom, CCD je u prosjeku oko 3 km dublji od ACD-a, iako razlike u dubini mogu varirati (Berger and Winteret, 1974).

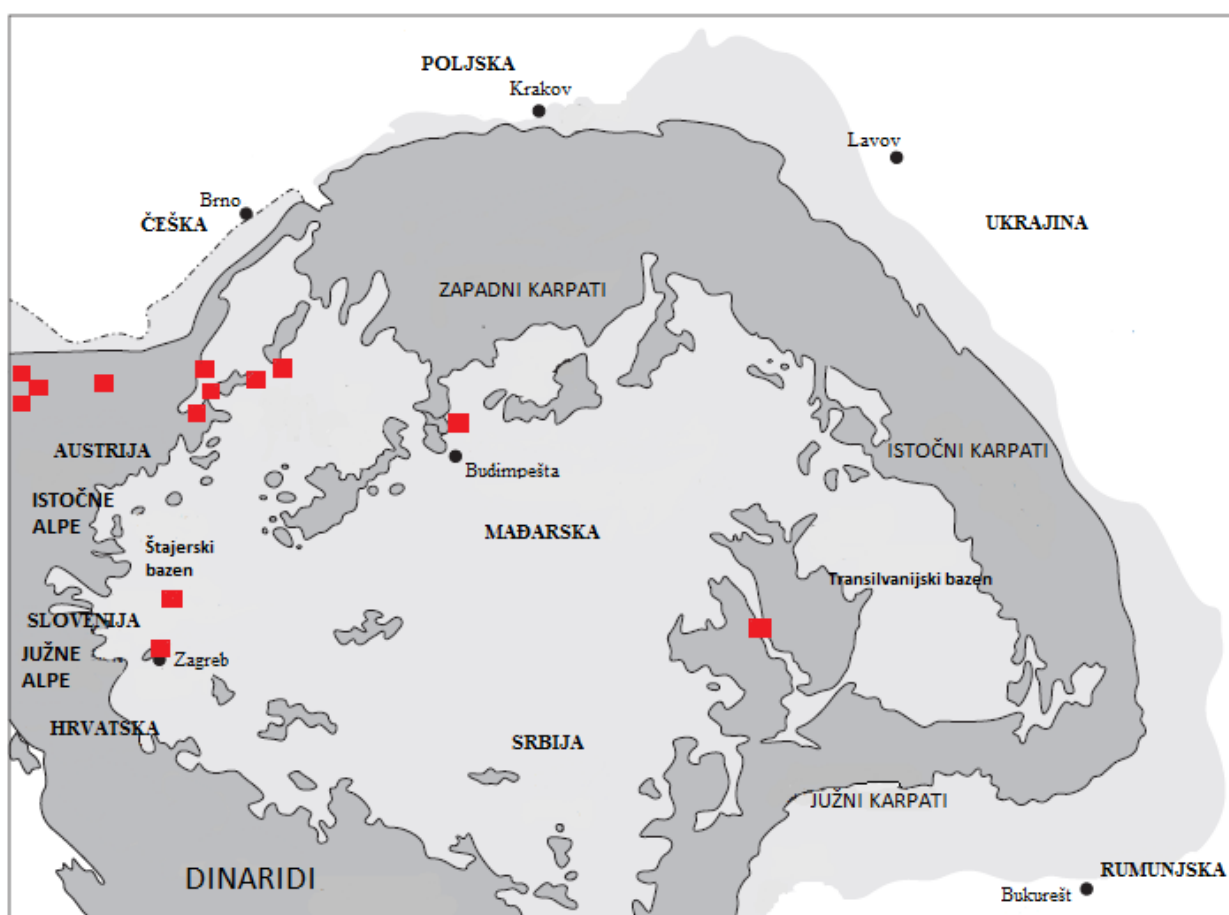
Iako se ne može pouzdano znati kakvi su bili oceanski uvjeti i na kojoj dubini su bile smještene kompenzacijske dubine Paratethysa tijekom badena, može se pretpostaviti da su vrijednosti CCD-a i ACD-a barem približno slične današnjima. Prema tome, sedimenti unutar stupa su taloženi u dubokomorskom okolišu.



Slika 19. Nalazi rodova *Nucula*, *Nuculana*, *Tellina* i *Solemya* na Medvednici (karta izmijenjena prema Bošnjak et al., 2017; podatci o nalazima prema Kochansky, 1944).

Na lokalitetu su pronađeni i neki organizmi koji su preuzeli posebne životne strategije da bi se prilagodili okolišu u kojem žive. Školjkaš iz roda *Solemya*, nađen na Vejalnici i drugim lokalitetima Medvednice (Slika 19) i Centralnog Paratethysa (Slika 20), je posebno zanimljiv jer može biti jedan od indikatora hidrotermalnih izvora ili metanskih ispusta (Fisher, 1990; Campbell, 2006; Stewart & Cavanaugh, 2006). Da bi organizam preživio u tako negostoljubivim uvjetima potrebna mu je prilagodba, a školjkaši iz familije Solemyidae su to riješili pomoću kemotsintetske endosimbioze (Cavanaugh et al., 2005; Stewart et al., 2005).

U kemotsintetskoj endosimbiozi, protobakterije koje žive direktno u stanici domaćina, koriste energiju iz spojeva nastalih reduciranjem sumpora, za pretvaranje ugljika u oblike dostupne za metabolizam i biomasu, koja je potrebna domaćinu i simbiontu (Cavanaugh et al. 2005; Stewart et al., 2005; Bosak, 2016).



Slika 14. Distribucija vrste *Solemya doderleini* unutar Centralnog Paratethysa (paleografska skica na temelju Kováč et al., 2007).

Još jedna od familija školjkaša koja koristi kemosimbionte i može se naći na hidrotermalnim i metanskim ispuštima je familija Lucinidae (Fisher, 1990; Campbell, 2006). Iako u ovom radu nije zabilježen nijedan primjerak iz porodice Lucinidae, vrlo vjerojatno je razlog tome nemogućnost prepoznavanja školjkaša zbog loše očuvanosti, a ne izostanak fosilnog sadržaja. Kochansky (1944) spominje vrlo česte nalaze školjkaša familije Lucinidae u „tvrdim tortonskim laporima“ Vejalnice i na području cijelog „Čučerskog“ razvoja Medvednice.

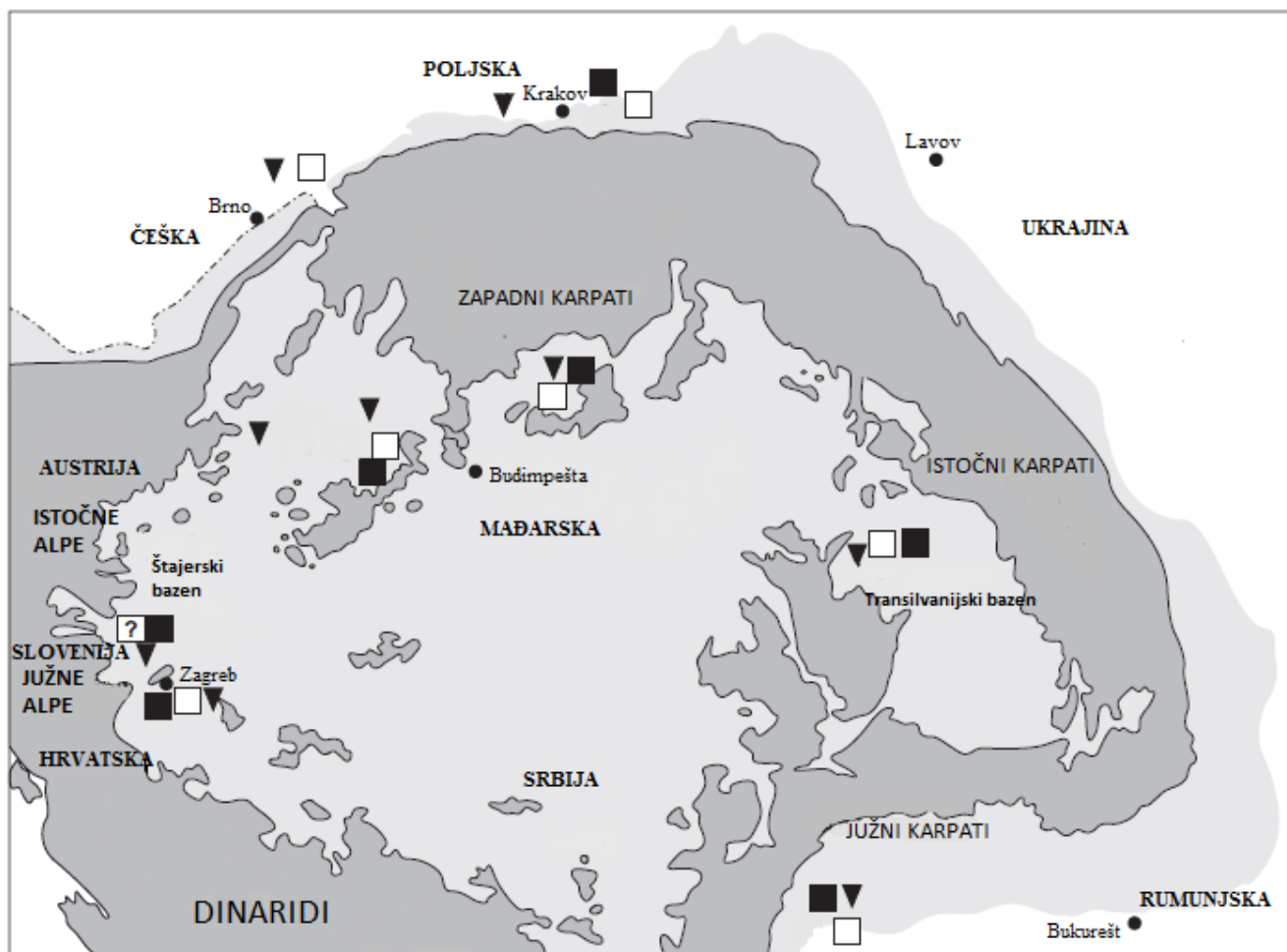
Iako školjkaši ovih dviju familija ne žive isključivo u ekstremnim uvjetima hidrotermalnih i metanskih ispusta, već i u drugim, gostoljubivijim okolišima, ipak ostavljaju mogućnost da su takvi ekstremni uvjeti zaista postojali na ovom području.

Još jedni od organizama korisnih u biostatigrafiji su pteropodi koji su vrlo korisni zbog svoje globalne raširenosti i bogatstva vrsta. Jedna od bitnih značajki pteropoda je da imaju krhke kućice koje nisu u stanju izdržati dulji transport pa su uglavnom primjerci nađeni nedaleko od mjesta gdje su živjeli.

Uz nalaze pteropoda u sjevernoj Hrvatskoj, nađeni su pteropodi i na području Centralnog Paratethysa sjeveroistočne Slovenije (Slika 21). Mikuž et al. (2012) opisuju nalaz vrste *Clio pedemontana*, a moguće i *Clio fallauxi* u badenskim naslagama Slovenskih gorica (SI Slovenija). Ti nalazi pteropoda upućuju na morsku povezanost između Mediterana i Centralnog Paratethysa.

Ako se vrsta *Clio fallauxi* uzme u obzir kao provodni fosil za rani baden, nalazi u Sloveniji (Mikuž et al., 2012) zajedno s nalazima u sjevernoj Hrvatskoj (Kochansky, 1944; Bošnjak et al., 2017) doprinose teoriji o otvorenom Transtetijskom prolazu između Mediterana i Centralnog Paratethysa tijekom ranog do srednjeg badena (Rögl, 1998; Harzahuser & Piller, 2007, str. 14).

U Istočnom Paratethysu do sad nije pronađen *Clio fallauxi*, što bi moglo upućivati na fizičku barijeru između Centralnog i Istočnog Paratethysa tijekom ranog badena (Studencka et al., 1998).



Slika 21. Distribucija pteropoda *Clio fallauxi* (bijeli kvadrati), *Clio pedemontana* (crni kvadrati) i *Vaginella austriaca* (crni trokut) unutar Centralnog Paratethysa (prema Bošnjak et al., 2017).

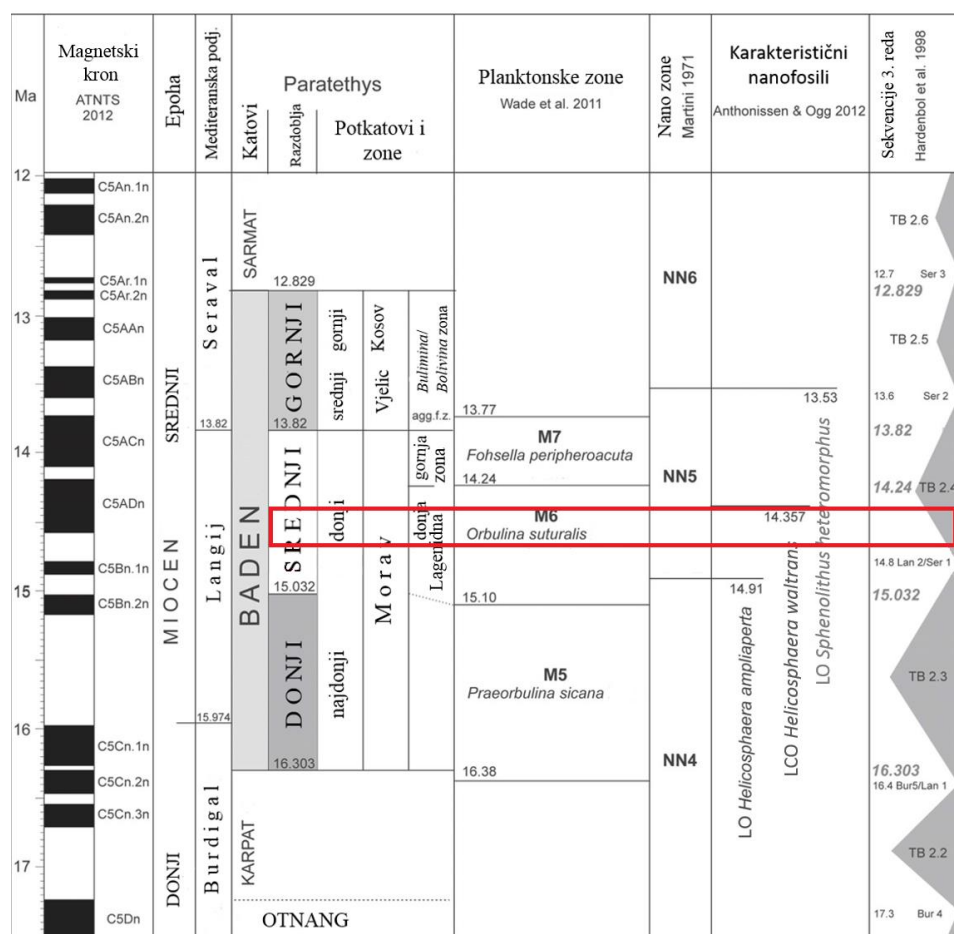
Međutim, nedavna istraživanja su pokazala različite podjele ranog i srednjeg badena, starost NN5 zone vapnenačkog nanoplanktona i broj i vrijeme badenskih transgresija (Rögl et al., 2007; Kováč et al., 2008; Pezelj et al., 2013; Bartol et al., 2014; Hohenegger et al., 2014). Treba napomenuti i da neki autori koriste dvodijelnu podjelu badena u kojoj je donji baden ekvivalent za donji i srednji baden kod trodijelne podjele. Prema tome, vrsta *Clio fallauxi* se ne može isključivo povezivati s ranim badenom, već bi se njegov stratigrafski raspon mogao rastezati sve do srednjeg badena (Bošnjak et al., 2017).

4.4. STAROST NASLAGA

Papp i Steininger (1978) su prvi definirali badenski kat na temelju stratotipa Baden-Sooss, koji se nalazi južno od Beča. Prva pojava planktonske foraminifere, roda *Praeorbulina* definira bazu badena (donja granica ranog badena) (Papp & Cicha, 1978), koja je smještena u kasnoj NN4 zoni vapnenačkih nanoplanktona (Rögl et al., 2002).

Podjela badena na tri zone temeljena je na značajnim paleoekološkim i paleogeografskim promjenama koje su izražene u fosilnom sadržaju (Papp et al., 1978; Kováč et al., 2004). Papp & Chica (1978) su baden podijeli na morav, vjelic i kosov na temelju zonacija planktonskih foraminifera i ta podjela je opće prihvaćena, ali i starija podjela temeljena na zonacijama bentičkih foraminifera koju je predložio Grill (1941, 1943), još uvijek je u upotrebi.

U Grillovoj podjeli donji baden je predstavljen s lagenidnom zonom, srednji baden sa *Spiroplectamina* zonom i gornji baden s *Bulimina/Bolivina* zonom.



Slika 22. Procijenjena starost lokaliteta unutar tablice podjele badena prema Hohenegger et al. (2014) (izmijenjeno prema Hohenegger et al., 2014).

Prema novijim istraživanjima granica karpata/badena je smještena na 16,303 milijuna godina s prvom pojavom foraminifere *Praeorbulina sicana* (Rögl et al., 2007).

Hohenegger et al. (2014) definiraju trajanje donjeg badena od 16,303 do 15,032 milijuna godina. Kraj donjeg badena su označili s približnom bazom planktonske zone M6, zadnjim pojavljivanjem vrste *Orbulina suturalis* i granicom NN4/NN5 vapnenačkog nanoplanktona (14,91 milijuna godina). Hohenegger et al. (2014) određuju starost srednjeg badena od 15,032 do 13,82 milijuna godina tj. do granice langij/seraval, a gornji baden od 13,82 do 12,829 milijuna godina tj. do granice baden/sarmat (Slika 22).

Analizom vapnenačkog nanoplanktona (Š. Aščić) određena je starost lokaliteta. Uz *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, koji je provodni fosil za NN4-NN5 zonu, nađena je i vrsta *Coccolithus miopelagicus* Bukry koja ima stratigrafski raspon NN5 – NN8 i prema tome se lokalitet na Vejalnici može odrediti kao NN5 zona vapnenačkih nanoplanktona, što potvrđuje rezultate prijašnjih istraživanja ovog područja (Ćorić et al., 2009).

Frane Marković (2017) je unutar svoje doktorske disertacije odredio starost čučerskih tufova, koje je procijenio na 14.81 ± 0.08 milijuna godina starosti.

Prema Hohenegger et al. (2014) NN5 zona vapnenačkih nanoplanktona obuhvaća većinu srednjeg i početni dio kasnog badena (Slika 22).

5. ZAKLJUČAK

U sedimentnim naslagama Vejalnice nađena je brojna fauna planktonskih (pteropodi) i bentičkih (školjkaši) mekušaca popraćena i drugim morskim organizmima (foraminifere, ostrakodi, nanoplankton, ribe, spužve, ježinci).

Na terenu je snimljen geološki stup unutar kojeg se može razlikovati dvanaest različitih slojeva koji su litološki slični, no pokazuju vidljive razlike u fauni. Naslage sadrže više od 75% kalcijevog karbonata i litološki su definirane kao glinoviti vapnenci.

Na lokalitetu su nađeni i dosta brojni, iako ne prečesti školjkaši koji su ujedno i niske raznolikosti i sačuvani su u obliku jezgri i otisaka. Određena su tri roda (*Nucula*, *Nuculana*, *Tellina*) i jedna vrsta (*Solemya doderleini*) školjkaša. Rodovi *Nucula*, *Nuculana* i *Tellina* su vrlo česti školjkaši, poznati po svojoj toleranciji na različite uvjete u okolišu, dok su školjkaši iz roda *Solemya* nešto rjeđi i mogu živjeti u specifičnim, negostoljubivim okolišima u kojima preživljavaju pomoću kemotsimbionata.

Nađeni planktonski mekušci pripadaju skupini pteropoda od kojih su određene tri vrste: *Clio fallauxi*, *Clio pedemontana* i *Vaginella austriaca*. Pteropodi su sačuvani u obliku kamenih jezgri i otisaka.

U uzorcima je pronađen značajan broj planktonskih i bentičkih foraminifera od kojih je određeno dvadesetpet različitih rodova. Veliki broj foraminifera je dobro očuvan sa cjelovitim kućicama.

Prisutan je vapnenački nanoplankton pomoću kojeg je određena starost lokaliteta. Analizirani nanoplankton upućuje na NN5 zonu (srednji miocen, langij) koja odgovara stratigrafskom rasponu nađenih pteropoda.

Okoliš je definiran kao dubokomorski na temelju nađenih fosila i njihovom načinu sačuvanja. Dubina taloženja je između aragonitne i kalcitne kompenzacijske dubine. Postoji mogućnost da su u okolišu postojali metanski ispusti ili hidrotermalni izvori koji su pogodovali naseljavanju specijaliziranih školjkaša.

6. LITERATURA

- Avanić, R., Pavelić, D., Brkić, M., Miknić, M. & Šimunić, A. (1995): Laponi i biokalkareniti Vejalnice. U: Šikić K. (ur.): Geološki vodič Medvednice, Geološki zavod, Zagreb, INA-Industrija nafte, d.d., Zagreb, 159-164.
- Avanić, R., Kovačić, M., Pavelić, D., Miknić, M., Vrsaljko, D., Bakrač, K. & Galović, I. (2003): The Middle and Upper Miocene Facies of Mt. Medvednica (Northern Croatia). U: Vlahović I. & Tišljarić J. (ur.): 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija-September 17-19, 2003. Field Trip Guidebook. Geološki zavod, Zagreb, 167-172.
- Báldi, T. (1980): A korai Paratethys története. *Földtani Közlöny*, 110, 456-472.
- Bartol, M. (2009): Middle Miocene calcareous nannoplankton of NE Slovenia (western Central Paratethys). Založba ZRC/ZRC Publishing, Ljubljana, 1-136.
- Bartol, M., Mikuž, V. & Horvat, A. (2014): Palaeontological evidence of communication between the Central Paratethys and the Mediterranean in the late Badenian/early Serravalian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 394, 144-157.
- Basch, O. (1983a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Ivanić-Grad, L 33-81. Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
- 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.
- Bednaršek, N., Tarling, G., Bakker, D., Fielding, S., Cohen, A., Kuzirian, A., McCorkle, D., Lézé, B. & Montagna, R. (2012): Description and quantification of pteropod shell dissolution: a sensitive bioindicator of ocean acidification. *Global Change Biology*, 18, 2378–2388.
- Benaïm, N.P. & Absalão, R.S. (2011): Discriminating among similar deep-sea *Yoldiella* (Pelecypoda: Protobranchia) species with a morphometric approach. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91, 1665-1672.
- Berger, W. H. & E. L. Winterer (1974): Plate stratigraphy and the fluctuating carbonate line. U: K. J. Hsi & H. C. JENKINS (ur.): Pelagic sediments on land and under the sea, Special Publication, International Association of Sedimentologists, 1, 11-48.

- 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 magyarországi 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. & Zorn, I. (2002): Biostratigraphic correlation of planktonic gastropods in the Neogene of the Central Paratethys. Bulletin T. CXXV. de l'Académie Serbe des Sciences et des Arts, Classe des Sciences mathématiques et naturelles, Sciences naturelles, 41, 199-207.
- 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. (2016): Kemosimbiotski školjkaši u fosilnom zapisu. Seminar V, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 19 str.
- 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 Micropalaeontological Society Publication Series, Chapman and Hall, Kluwer Academic, London, 1-315.
- Bown, P.R. & Young, J.R. (1998): Techniques. U: Bown P. (ur.): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall, Kluwer Academic, London, 16-28.
- Brlek, M., Špišić, M., Brčić, V., Mišur, I., Kurečić, T., Miknić, M., Avanić, R., Vrsaljko, D. & Slovenec, D. (2016): Mid-Miocene (Badenian) transgression on Mesozoic basement rocks in the Mt. Medvednica area of northern Croatia. Facies 62, 18. Doi: 10.1007/ s10347-016-0470-z

Burridge, A.K., Goetze, E., Raes, N., Huisman, J. & Peijnenburg, K.T.C.A. (2015): Global biogeography and evolution of Cuvierina pteropods. *Evolutionary Biology*, 15, 39. Doi: 10.1186/s12862-015-0310-8.

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

Campbell, K. A. (2006): Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and palaeontology: past developments and future research directions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 232, 362-407.

Cavanaugh, C. M., McKiness, Z. P., Newton, I. L. G. & Stewart, F. J. (2005): Marine chemosynthetic symbioses. U : Dworkin, M. (ur.) *The prokaryotes: an evolving electronic resource for the microbiological community*. Springer, New York, 457-507.

Corse, E., Rampal, J., Cuoc, C., Pech, N., Perez, Y. & Gilles, A. (2013): Phylogenetic Analysis of Thecosomata Blainville, 1824 (Holoplanktonic Opisthobranchia) Using Morphological and Molecular Data. *PLoS ONE* 8, 4, e59439. Doi:10.1371/journal.pone.0059439

Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, 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.

Fisher, C. R. (1990) : Chemoautotrophic and methanotrophic symbioses in marine invertebrates. *Reviews in Aquatic Sciences*, 2, 399-436.

Marković, F. (2017): Miocenski tufovi Sjevernohrvatskog bazena. Doktorski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Geološki odsjek, 185 str.

Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologische Übersichtskarte des Königreiches Kroatien-Slavonien. Erläuterungen zur geologischen Karte von Agram, Zone 22, Col XIV. Nakl. Kralj. zemalj. vlade, Odjel za unut. poslove, Zagreb, 1-75.

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

- Harzhauser, M. (2002): Marine und brachyhaline Gastropoden aus dem Karpatium des Korneuburger Beckens und der Kreuzstettener Bucht (Österreich, Untermiozän). *Beiträge zur Paläontologie*, 27, 61-159.
- Harzhauser, M. & Piller, W. E. (2007): Benchmark data of a changing sea—palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 8-31.
- Harzhauser, M., Mandić, O. & Schlögl, J. (2011): A late Burdigalian bathyal mollusc fauna from the Vienna Basin (Slovakia). *Geologica Carpathica*, 62, 3, 211-231. doi: 10.2478/v10096-011-0018-7.
- Herman, Y. (1998): Pteropods. U: Haq B.U. & Boersma A. (ur.): *Introduction to marine micropaleontology*. Elsevier Science, 151-159.
- Hohenegger, J., Ćorić, S. & Wagreich, M. (2014): Timing of the Middle Miocene Badenian Stage of the Central Paratethys. *Geologica Carpathica*, 65, 1, 55-66.
- Hunt B., Strugnell, J., Bednaršek, N., Linse, K., Nelson, R.J., Pakhomov, E., Seibel, B., Steinke, D. & Würzberg, L. (2010): Poles Apart: The “Bipolar” Pteropod Species *Limacina helicina* Is Genetically Distinct Between the Arctic and Antarctic Oceans. *PLoS ONE* 5, 3, e9835. Doi:10.1371/journal.pone.0009835
- 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 Naturhistorisches Museum at Vienna. *Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol.*, 21, 2, 61-91.
- Janssen, A.W. & Zorn, I. (1993): Revision of Middle Miocene holoplanktonic gastropods from Poland, published by the late Wilhelm Krach. *Scripta Geologica Special Issue* 2, 155-236.
- Janssen, A.W. & Little, C.T.S. (2010): Holoplanktonic Gastropoda (Mollusca) from the Miocene of Cyprus: systematics and biostratigraphy. *Palaeontology* 53, 5, 1111–1145.
- Janssen, A.W. & Peijnenburg, K.T.C.A. (2014): 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+Business Media, Dordrecht, 341-362. Doi: 10.1007/978-94-007-6704-1

- 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 marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). *Vjestnik Hrvatskog državnog geološkog zavoda i Hrvatskog državnog geološkog muzeja*, 2, 3, 171-280.
- Kochansky-Devidé, V. (1957): O fauni marinskog miocena i o tortonskom “šliru” Medvednice (Zagrebačka gora). *Geološki vjesnik*, 10, 39-50.
- Kochansky-Devidé, V. & Bajraktarević, Z. (1981): Miocen (baden i sarmat) najzapadnijeg ruba Medvednice. *Geološki vjesnik*, 33, 43-48.
- 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.
- Kováč, M., Baráth, I., Kováčová-Slamková, M., Pipík, R., Hlavatý, I. & Hudácková, N. (1998): Late Miocene paleoenvironments and sequence stratigraphy: Northern Vienna Basin. *Geologica Carpathica*, 49, 445-458.
- Kováč, M., Baráth, I., Harzhauser, M., Hlavatý, I. & Hudácková, N. (2004): Miocene depositional systems and sequence stratigraphy of the Vienna Basin. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 246, 187-212.
- Kováč, M., Andreyeva-Grigorovich, A., Bajraktarević, Z., Brzobohatý, R., Filipescu, S., Fodor, L., Harzhauser, M., Nagymarosy, A., Oszczyk, N., Pavelić, D., Rögl, F., Saftić, B., Sliva, L. & Studencka, B. (2007): Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes. *Geologica Carpathica*, 58, 6, 579-606.
- Kováč, M., Sliva, L., Sopková, B., Hlavatá, J. & Škulová, A. (2008): Serravallian sequence stratigraphy of the northern Vienna Basin: high frequency cycles in the Sarmatian sedimentary record. *Geologica Carpathica*, 59, 6, 545-561.
- 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 miocene Polski i ich znaczenie stratygraficzne). *Prace Geologiczne*, 121, 116-140.

Kranjec, V., Hernitz, Z. & Prelogović, E. (1973): Prilog poznavanju mlađih tercijarnih naslaga Medvednice, sjeverozapadna Hrvatska. *Geološki vjesnik*, 25, 65-100.

Löffler, S. B. (1999): Systematische Neubearbeitung und palökologische Aspekte der unteroligozänen Molluskenfauna aus den Zementmergeln von Bad Häring (Unterinntal, Tirol). *Tübinger Geowiss. Arbeiten A*, 54, 1-207.

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.

Márton, E., Drobne, K., Čosović, V. & Moro, A. (2003): Palaeomagnetic evidence for Tertiary counterclockwise rotation of Adria. *Tectonophysics*, 377, 143-156.

Márton, E. (2006): Paleomagnetic constraints for the reconstruction of the geodynamic evolution of the Middle Miocene-Pleistocene. U: Pinter N., Grenerczy G., Weber J., Stein S. & Medak D. (ur.): *The Adria Microplate: GPS geodesy, tectonics and hazards*, Kluwer Academic publisher, Amsterdam, 55-64.

Márton, E., Jelen, B., Tomljenović, B., Pavelić, D., Poljak, M., Márton, P., Avanić, R. & Pamić, J. (2006): Late Neogene counterclockwise rotation in the SW part of the Pannonian Basin. *Geologica Carpathica*, 57, 41-46.

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

Mikuž, V., Gašparič, R., Bartol, M., Horvat, A. & Pavšič, 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.

Nevesskaja, L.A., Goncharova, I.A., Paramonova, N.P., Popov, S.B., Babak, E.B., Bagdasarjan, K.G. & Voronina, A.A. (1993): *Opređitelj miocenovj ih dvustvorchatjih molljuskov Jugo-Zapadnoi Evrazii*. Nauka, Moskow, 412 str.

Nikolov, P. (2010): Holoplanktonic gastropods from the Middle Miocene of Bulgaria and their stratigraphical significance. National Conference with international participation “GEOSCIENCES 2010”, Bulgarian Geological Society, 87-88.

Papp, A. & Cicha, I. (1978): Definition der Zeiteinheit M- Badenien. U: Papp A., Cicha I., Seneš J. & Steininger F. (ur.): M4-Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien). Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys. 6. VEDA, Bratislava, 47-48.

Papp, A. & Steininger, F. (1978): Holostratotypus des Badenien. Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys, 3, 138-145.

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

Papp, A., Cicha, I. & Seneš, J. (1978b): Gliederung des Badenien, Faunenzonen und Unterstufen. U: Papp A., Cicha I., Seneš J. & Steininger F. (ur.): M4-Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien). Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys. 6. VEDA, Bratislava, 49-52.

Papp, A., Seneš, J. & Steininger, F. (1978c): Diskussion der Äquivalente des Badenien in Europa. U: Papp A., Cicha I., Seneš J. & Steininger F. (ur.): M4-Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien). Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys. 6. VEDA, Bratislava, 55-59.

Papp, A. & Schmidt, M.E. (1985): The Fossil Foraminifera of the Tertiary Basin of Vienna Revision of the monograph by Alcide d'Orbigny (1846) in Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt.

Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. Basin Research, 12, 359-376.

Pavelić, D. (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys. Geologia Croatica 55, 1, 83-92.

Pavelić, D. (2005): Cyclicity in the evolution of the Neogene North Croatian Basin (Pannonian Basin System). U: Mabesoone J.M. & Neumann V.H. (ur.): Cyclic Development of Sedimentary Basins. Dev. Sedim., Elsevier, 57, 273-283.

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.

Pezelj, Đ., Sremac, J. & Sokač, A. (2007): Palaeoecology of the Late Badenian foraminifera and ostracoda from the SW Central Paratethys (Medvednica Mt., Croatia). *Geologia Croatica*, 60, 2, 139-150.

Pezelj, Đ., Mandić, O. & Ćorić, S. (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian Basin during initial Middle Miocene marine flooding. *Geologica Carpathica*, 64, 1, 81-100.

Pezelj, Đ. (2015): Donjobadenske bentičke foraminifere lokaliteta Glavnica Gornja. U: Mauch Lenardić J., Hernitz Kučenjak M., Premec Fuček V. & Sremac J. (ur.): 100-ta obljetnica rođenja akademkinje Vande Kochansky-Devidé, Međunarodni znanstveni skup, Zagreb, 9-11. travnja 2015., Knjiga sažetaka, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 72-72.

Pezelj, Đ., Sremac, J. & Bermanec, V. (2016): Shallow-water benthic foraminiferal assemblages and their response to the paleoenvironmental changes-example from the Middle Miocene of Medvednica Mt. (Croatia, Central Paratethys). *Geologica Carpathica*, 67, 4, 329-345.

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. & Mandić, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy-current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 2, 3, 151-168.

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

Robba, E. (1977): Pteropodi serravalliani delle Langhe (Piemonte). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 83, 3, 575-640.

Robba, E. & Spano, C. (1978): Gasteropodi pelagici nel Miocene medio del Campidano meridionale (Sardegna). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 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., Spezzaferri, S. & Ćorić, S. (2002): Micropaleontology and biostratigraphy of the Karpatian-Badenian transition (Early-Middle Miocene boundary) in Austria (Central Paratethys). *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 237, 46-67.

Rögl, F., Ćorić, S., Hohenegger, J., Pervesler, P., Roetzel, 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). U: Hladilová Š., Doláková N. & Tomanová-Petrová P. (ur.): Scripta-Geology 36, 15th Conference on Upper Tertiary. May 31, 2007, Brno, Czech Republic. Proceedings and Extended Abstracts. Masaryk University, Faculty of Science, 7-13.

Rusu, A. (1988): Oligocene events in Transylvania (Romania) and the first separation of Paratethys. *Dari Seama ale Sedintelor*, Institut de Géologique et Géophysique Bucuresti, 72, 207-223.

Schultz, O. (2001-2005): Bivalvia neogenica. U: Piller W.E. (ur.): *Catalogus Fossilium Austriae*. Verlag Österr. Akad. Wiss., Wien 1, 2001, 1-379, 2, 2003, 381-690, 3, 2005, 691-1212.

Seghedi, I., Downes, H., Szakács, A., Mason, P.R.D., Thirlwall, M.F., Rosu, E., Pécskay, Z., Márton, E. & Panaiotu, C. (2004): Neogene-Quaternary magmatism and geodynamics in the Carpathian-Pannonian region: a synthesis. *Lithos*, 72, 117-146.

Selmečzi, I., Lantos, M., Bohn-Havas, M., Nagymarosy, A. & Szegő, E. (2012): Correlation of bio-and magnetostratigraphy of Badenian sequences from western and northern Hungary. *Geologica Carpathica*, 63, 3, 219-232.

Senes, J. & Marinescu, F. (1974): Cartes paléogéographiques du Néogène de la Paratéthys centrale. *Memoires Bureau Recherches Géologiques et Minières*, 78, 785-792.

Sremac, J., Pezelj, Đ., Miletić, D., Veseli, V., Brajković, D., Mikša, G., Zečević, M., Jungwirth, E., Tukac, I. & Mrinjek, E. (2005): Miocene Sediments in the Quarry Donje Orešje in SE Medvednica Mt. (N Croatia). U: Velić I., Vlahović I. & Biondić R. (ur.): 3. hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka, Opatija 29.09.–1.10.2005. Hrvatsko geološko društvo, Hrvatski geološki institut, Prirodoslovno-matematički fakultet, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, INA-Industrija nafte d.d., Zagreb, 133–134.

Sremac, J., Bošnjak Makovec, M., Vrsaljko, D., Karaica, B., Tripalo, K., Fio Firi, K., Majstorović Bušić, A. & Marjanac, T. (2016): Reefs and bioaccumulations in the Miocene deposits of the North Croatian Basin-Amazing diversity yet to be described. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*, 31, 11, 19-29.

Stewart, F. J., Newton, I. L. G. & Cavanaugh, C. M. (2005): Chemosynthetic endosymbioses: adaptations to oxic-anoxic interfaces. *Trends in Microbiology*, 13, 439-448.

Stewart, F. J. & Cavanaugh, C. M. (2006): Bacterial endosymbioses in *Solemya* (Mollusca: Bivalvia)-Model systems for studies of symbiont-host adaptation. *Antonie van Leeuwenhoek*, 90, 343-360.

Studencka, B., Gontsharova, I.A. & Popov, S.V. (1998): The bivalve faunas as a basis for reconstruction of the Middle Miocene history of the Paratethys. *Acta Geologica Polonica*, 48, 3, 285-342.

Šikić, L. (1968): Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera. *Geološki vjesnik*, 21, 213-227.

Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Zagreb, L 38-80. Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za List Zagreb, L 38-80. Geološki zavod, Zagreb (1972), Savezni geološki zavod, Beograd, 1-81.

Velcescu, M. (1997): Pteropod assemblage in the Miocene sediments of the Baia Mare Region. *Acta Palaeontologica Romaniae*, 1, 161-164.

Vrsaljko, D., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M., Kovačić, M., Hećimović, I., Hajek-Tadesse, V., Avanić, R. & Kurtanjek, N. (2006): Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) Palaeoecology and Evolution of the Environments in the Area of Medvednica Mt. (North Croatia). *Geologia Croatica*, 59, 1, 51-63.

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

Zàgoršek, K., Holková, K., Nehyba, S., Kroh, A. & Hladilová, Š. (2009): The invertebrate fauna of the Middle Miocene (Lower Badenian) sediments of Kralice and Oslavou (Central Paratethys, Moravian part of the Carpathian Foredeep). *Bulletin of Geosciences*, 84, 465-496.

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

Zorn, I. (1995): Planktonische Gastropoden (Euthecosomata 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.

Mrežni izvori

<http://fossilworks.org/>

http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&id=969&menuentry=soorten

http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&menuentry=soorten&id=833&tab=beschrijving

http://species-identification.org/species.php?species_group=mollusca&id=836&menuentry=soorten