

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Nalazi školjkaša u miocenu Zrinske gore
Findings of bivalves in the Miocene of the Zrinska Gora Mt.

Stjepan Novosel

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

Undergraduate Study of Environmental Science

Mentor: doc. dr. sc. Karmen Fio Firi

Zagreb, 2018.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA ZRINSKE GORE	1
2.1. PRONALASCI ŠKOLJKAŠA NA PODRUČJU ZRINSKE GORE.....	2
3. GEOLOGIJA PODRUČJA ZRINSKE GORE	2
4. MIOCEN I PROSTOR PARATETHYSA	3
5. MATERIJALI I METODE	5
6. REZULTATI	6
7. OSNOVNE ZNAČAJKE PRONAĐENIH RODOVA	9
7.1. ROD <i>OSTREA</i>	9
7.2. ROD <i>PHOLADOMYA</i>	10
7.3. ROD <i>PECTEN</i>	11
8. RASPRAVA	12
8. 1. PALEOKOLIŠ	13
9. ZAKLJUČAK	14
10. LITERATURA	14
11. SAŽETAK	16
12. SUMMARY	17

1. Uvod

Zrinska gora nalazi se na području Sisačko-moslavačke županije. Pruža se u smjeru jugoistok-sjeverozapad, a dugačka je 10-ak kilometara. Njezin najviši vrh naziva se Piramida i visina mu iznosi 616 m. U prošlosti su na ovom području postojali rudnici olova, cinka i srebra, a postoje i nalazi željezne rude. U povijesnom pogledu poznata je po utvrdi Zrin i Zrinskima koji su njome upravljali. Relativno nedavno se pojavila inicijativa o zaštiti Zrinske gore, te su provedena brojna istraživanja i izdan je zbornik koji obuhvaća brojne objavljene i neobjavljene radove. Tim se zbornikom ukazuje na svu kompleksnost tog prostora i brojno bogatstvo flore i faune, ali i ukazuje na potrebe zaštite Zrinske gore i predlažu se dodatna istraživanja (Lončar 2010).

Školjkaši su organizmi koji se u geološkoj prošlosti javljaju još od paleozoika i iznimno su „zahvalni“ kao fosili, jer čak i nakon što uginu ostavljaju za sobom još dugo vremena ljušture koje se na određeni način fosiliziraju. Valja spomenuti i kako se procjenjuje da se općenito svega 0,1% svih organizama fosilizira.

Ovim radom se želi zabilježiti pronalazak fosilnih školjkaša na području Zrinske gore, te objasniti u kakvom su paleookolišu živjeli.

2. Prethodna istraživanja Zrinske gore

Geološka istraživanja na području Zrinske gore počela su još u 19. stoljeću (Stur 1863; Ćurčić 1898). godine. Starija istraživanja Zrinske gore uključuju i istraživanje Nedele Devide (1953), no to istraživanje se nije bavilo za ovaj rad bitnim razdobljem, miocenom.

Novija istraživanja vezana su uz Zrinsku goru kao regionalni park prirode (Lončar 2010), a 2014. godine izdan je i list Osnovne geološke karte Republike Hrvatske, Bosanski Novi, koji uključuje i područje Zrinske gore (Šikić 2014), gdje je vidljiva geološka kompleksnost ovog područja. U radu Martinuš i suradnika (2012) određeni su pobliže srednjomiocenski paleookoliši područja Zrinske gore, što će biti od interesa za ovaj rad.

2.1. Pronalasci školjkaša na području Zrinske gore

U radovima Martinuš i sur. (2012) i Fio Firi i sur. (2014) ukazuje se na pronalasci fosilnih školjkaša na području Zrinske gore iz razdoblja srednjeg miocena. Pronađeni fosili determinirani su kao pripadnici rodova *Ostrea*, *Pecten*, *Chlamys*, *Glycymeris* i *Pholadomya*. Također je ukazano na izrazitu veličinu i masivnost pronađenih uzoraka.

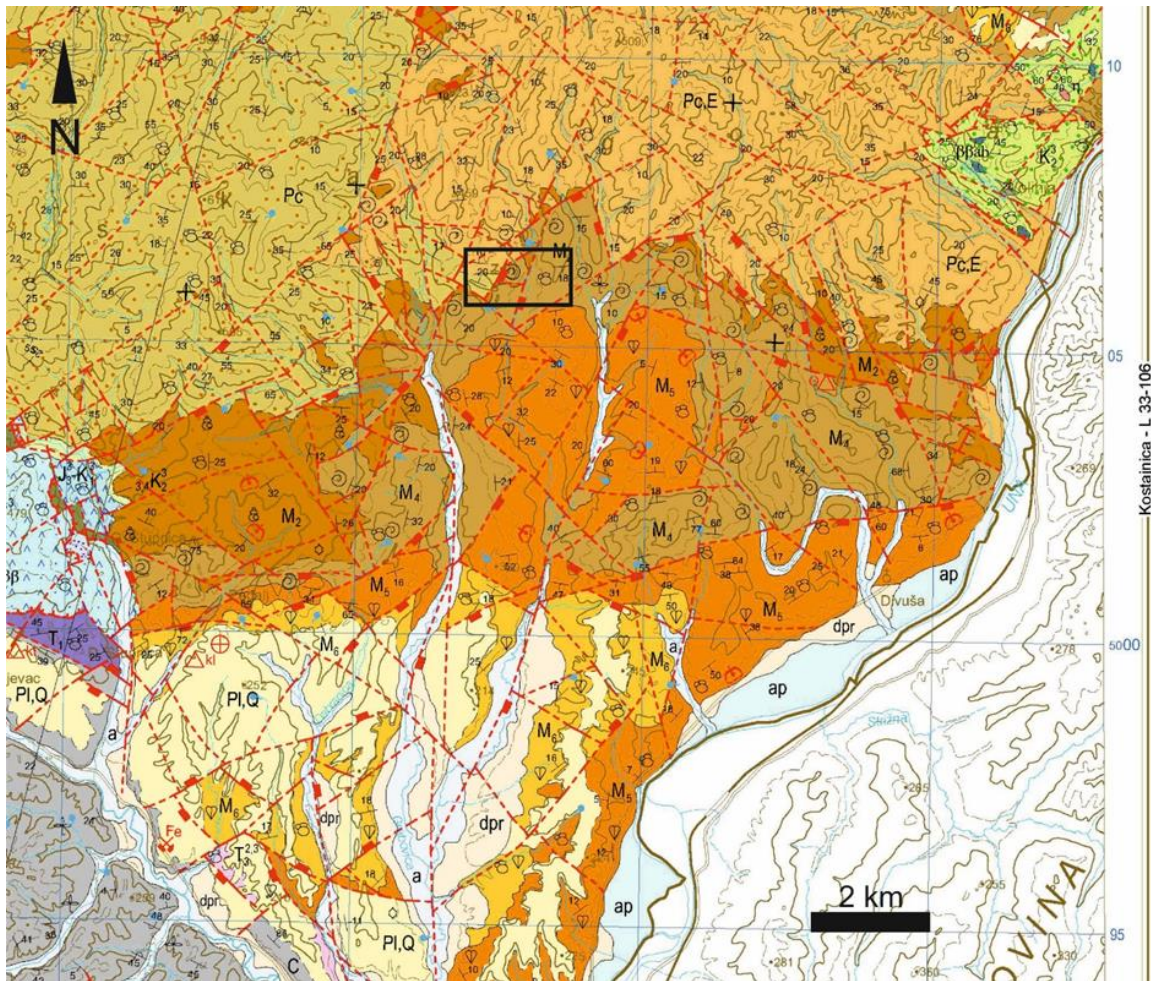
3. Geologija područja Zrinske gore

Prema listu Bosanski Novi Osnovne geološke karte Republike Hrvatske (Šikić 2014) najstariji dijelovi Zrinske gore pripadaju donjem devonu. Karbonske stijene se sastoje od uškriljenih šejlova i pješčenjaka, uložaka konglomerata, vapnenaca, dolomita i dolomitičnih vapnenaca, a nalaze se uglavnom na južnom djelu Zrinske gore. Kao što je već ranije spomenuto na Zrinskoj gori postoje nalazišta ruda željeza, olova, bakra i srebra, a te se rude nalaze uglavnom u stijenama karbonske starosti. Manji dijelovi su permske i permsko–trijaske starosti, sastoje se od obojenih pješčenjaka, kvarcnih konglomerata, šejlova, gipsa i brečastih vapnenaca. Trijanske stijene se nalaze na južnim i zapadnim rubnim dijelovima Zrinske gore (Slika 1.). Stijene jurske starosti pripadaju ofiolitnom kompleksu, nalaze se na srednjem i zapadnom dijelu Zrinske gore. Stijene kredne starosti su mjestimične, nalaze se na istočnom, srednjem i sjevernom dijelu. Paleocenske i eocenske stijene pokrivaju središnji i istočni dio Zrinske gore (Slika 1.), u njima se mogu pronaći i naslage ugljena. U stijenama paleocenske i eocenske starosti se mogu pronaći numuliti, mekušci, koralji, dok se u eocensko-oligocenskim stijenama mogu pronaći slatkovodni mekušci.

Stijene miocenske starosti sadrže naslage iz gotovo svih razdoblja unutar miocena, što je za ovaj rad i najvažnije doba, s obzirom da su školjkaši proučavani u ovom radu iz razdoblja srednjeg miocena, badena (Slika 1.).

Pliocenske naslage sačinjavaju gline, pijesci i šljunci, a područja oko rijeka su uglavnom prekrivena naslagama pleistocenske i holocenske starosti (Slika 1.).

Na Zrinskoj gori se mogu naći brojni rasjedi, navlačna područja i brojni spuštene bokovi, time se geološka kompleksnost tog područja još više povećava, te je ponekad još teže odrediti slijed naslaga i precizno odrediti paleookoliš.



Slika 1. Isječak iz Osnovne geološke karte, list Bosanski Novi (Šikić 2014) s vidljivim područjem Zrinske gore i označenim mjestom uzorkovanja kod sela Zrin. Oznake na slici: C – karbon, T₁ – donji trijas, J₃–K₁ – prijelaz jura–kreda, K₂ – gornja kreda, Pc – paleocen, Pc, E – paleocen–eocen, M₂ – rani miocen, M₄ i M₅ – srednji miocen, M₆ – kasni miocen, Pl, Q – pliocen–kvartar, dpr – deluvij–proluvij, ap – sedimenti poplava, a – aluvij recentnih tokova.

4. Miocen i prostor Paratethysa

Miocen je geološko razdoblje koje traje od prije 23,03 mil. god., do prije 5,33 mil. god. (izvor: <http://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.pdf>). Miocensko razdoblje bilo je obilježeno brojnim promjenama, posebice vezano uz mora Tethys i Paratethys. Klima je u to vrijeme u cijeloj Europi bila toplija nego danas, mjestimično tropska, ponegdje čak i aridna.

Naslage u kojima su pronađene školjke koje opisujem u ovom radu pripadaju badenskom razdoblju koje spada u miocensku epohu i neogenski period. Badensko razdoblje

je, prema Hohenegger i sur. (2014), definirano kao razdoblje koje je trajalo od prije 16,303 milijuna godina do prije 12,829 milijuna godina, dijele ga na rani, srednji i kasni baden.

U ranom miocenu dolazi do zatvaranja prolaza između Sredozemlja i Indijskog oceana. Na prostoru centralnog Paratethysa dolazi do izdizanja planinskih masiva, što omogućava dodatno oplićavanje centralnog Paratethysa. Potom dolazi do transgresije na području oko Mediterana, početkom srednjeg miocena. Zatim se prije 15–14 milijuna godina javlja regresija na tom prostoru. U gornjem badenu otvara se veza s Mediteranom i dolazi do preplavlivanja morem, te je more prekrilo veliku površinu (Slika 2.). Krajem miocena dolazi do isušivanja Sredozemnog mora, u to vrijeme se Paratethys već raspao na mnogo manjih vodenih površina. One su postupno postale sve oslađenije, te danas od njegovih ostataka imamo primjerice Kaspijsko jezero ili Mrtvo more (Rögl 1998).

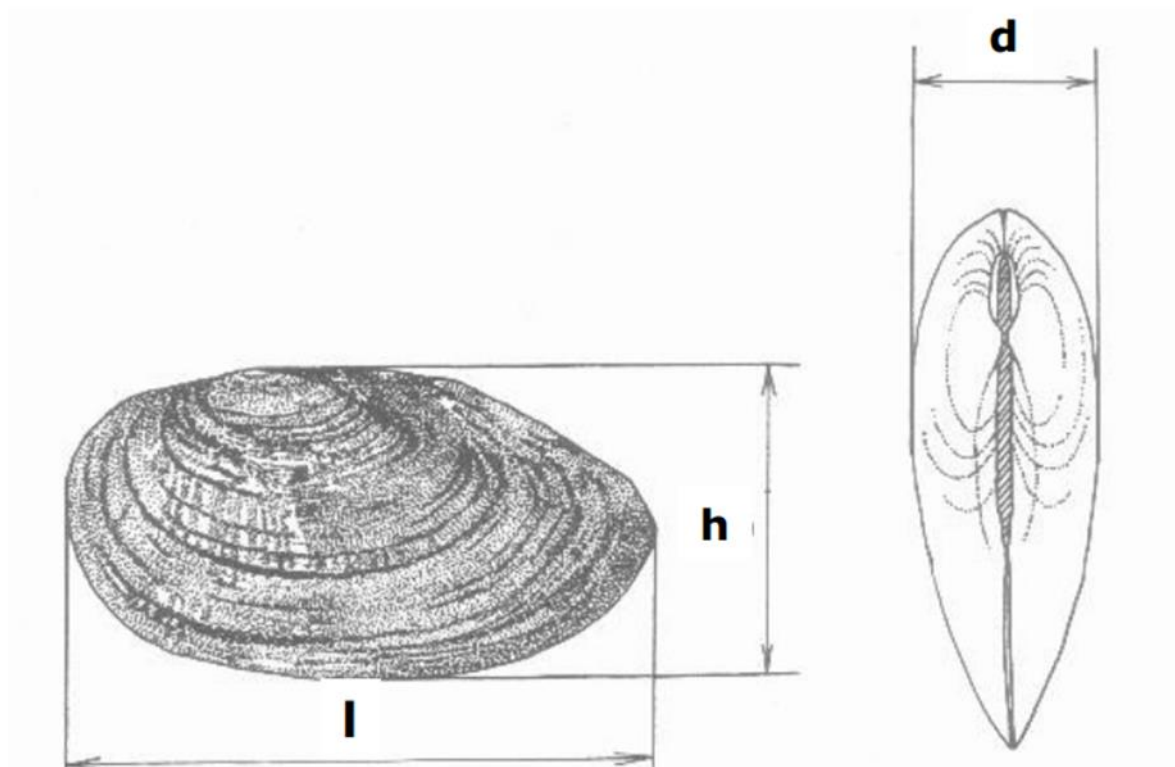


Slika 2. Prostiranje centralnog Paratethysa u kasnom badenu (preuzeto iz Pavelić 2002)

5. Materijali i metode

Proučavani uzorci prikupljeni su na području Zrinske gore, lokalitet Zrin (Slika 1.) tokom istraživanja 2012. i 2018. godine. Dio je uzoraka prikupljen kao rastresit materijal na izdanku, a dio je izvađen iz slojeva iz mjesta na kojima su živjeli. Dobivenim je uzorcima najprije geološkim čekićem uklonjen suvišni sediment, kako bi se dobio oblik što sličniji stvarnom i kako bi mjerenja bila što preciznija. Uzorci su fotografirani i izmjereni, a detaljnije su pregledana četiri uzorka školjaka. Dio uzoraka interpretiran je i na temelju fotografija pronađenih školjaka na terenu.

Svaka od uzorkovanih školjaka izmjerena je na način da se izmjeri visina, duljina i širina ljuštore školjke (Slika 3.). Kako bi mjerenje bilo što preciznije poželjno je uzeti pojedinu mjeru više puta i kao konačni rezultat prihvatiti njihov prosjek. Za potrebe ovog rada za svaku od školjaka svaka mjera je izmjerena tri puta.



Slika 3. Prikaz mjernih elemenata ljuštore školjke, d – širina, l – dužina, h – visina

6. Rezultati

Uzorci školjkaša su determinirani kao pripadnici rodova *Ostrea* i *Phylodomya*, dok je školjkaš na fotografijama s terena pretpostavljen kao pripadnik roda *Pecten*. Prosječne dobivene vrijednosti za svaku izmjerenu veličinu su prikazane u Tablici 1., a rezultati su izraženi u centimetrima. Na jednom od uzoraka *Ostrea* (Slika 4.) je vidljivo kako su dvije jedinke međusobno srasle, pa im širina nije mogla biti točno izmjerena.

Na primjercima roda *Ostrea* manje je uočljiva vanjska ornamentacija, zbog sedimenta u kojem se nalaze, s unutrašnje strane je vidljiv hipostrakumski sloj (Slika 5.). Primjerak roda *Pholadomya* je izuzetno dobro sačuvan, iako u obliku skulpturirane kamene jezgre – bez originalnih ljuštura – i na njemu su vidljivi brojni detalji. Na uzorku je primjerice bilo moguće izbrojiti 13 rebara, ukrasnih elemenata na vanjskom dijelu ljuštura. Oblik je gotovo neoštećen, te je dobro vidljivo područje vrha i aree (udubljenog polja iza vrha) (Slika 6.). Dimenzije školjkaša određenog kao rod *Pecten?* nisu mogle biti precizno određene, ali je iz fotografija očito da je većih dimenzija, oko 16 cm dužine i oko 12 cm visine (Slika 7.).

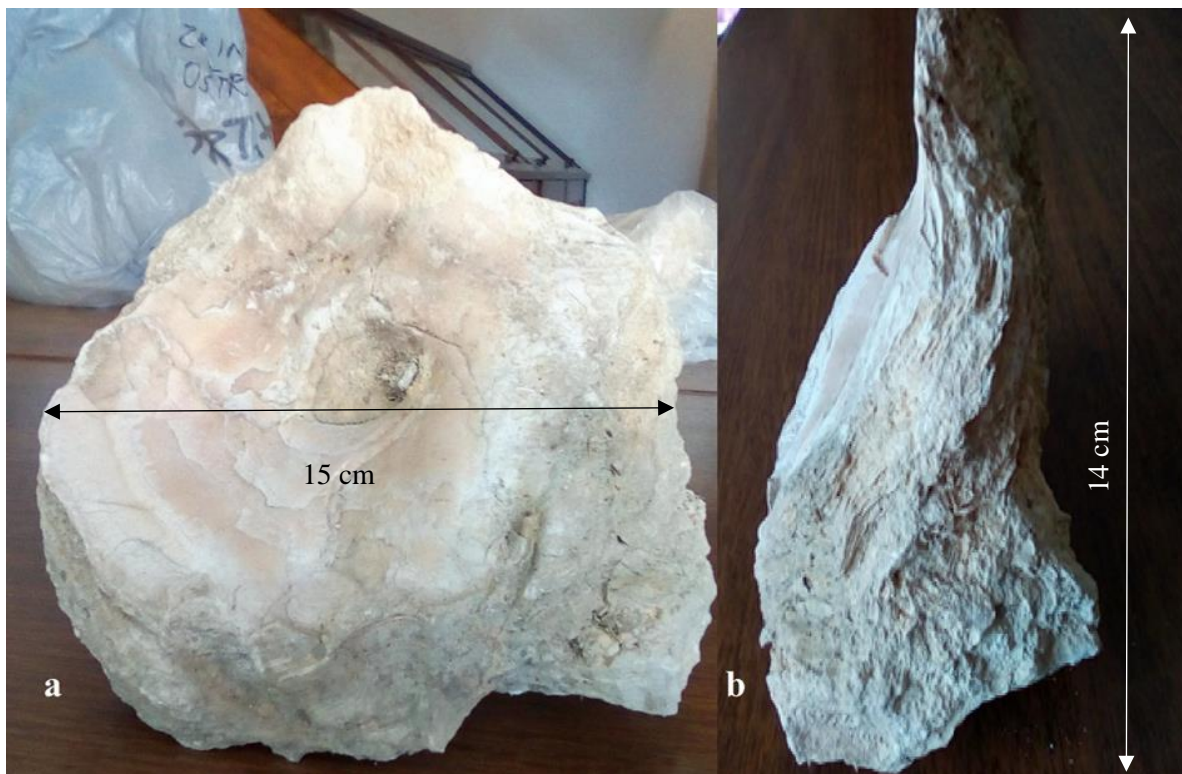
Pregledani uzorci predstavljaju dvije različite vrste fosila prema načinu sačuvanja, to su skulpturirane kamene jezgre i petrificirani fosili, koji su prema mjestu nalaza autohtoni.

Tablica 1. Prikaz izmjerenih veličina (u centimetrima) uzorkovanih školjaka na području Zrinske gore te način sačuvanja pojedinog uzorka

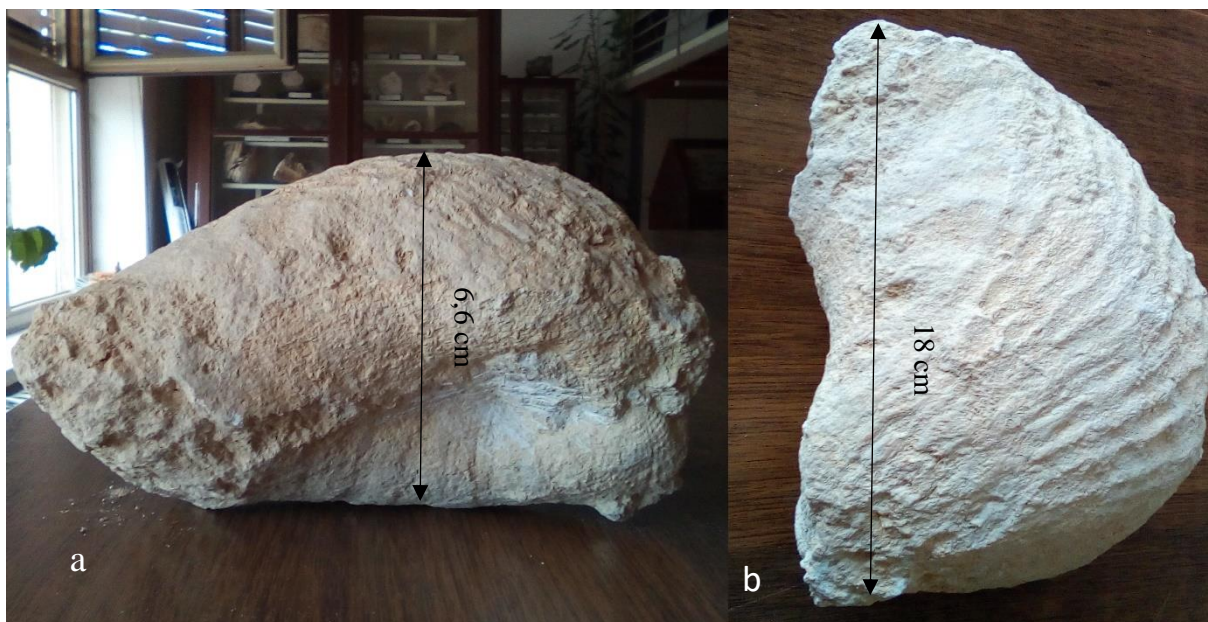
Rod	Širina (d)	Dužina (l)	Visina (h)	Slika	Način sačuvanja
<i>Ostrea</i>	9	15	14,1	Slika 5.	Petrifikat
<i>Ostrea</i>	6,5	15,1	12	-	Petrifikat
<i>Ostrea</i>	-	4,5	9	Slika 4.	Petrifikat
<i>Pholadomya</i>	6,6	18	12	Slika 6.	Skulpturirana kamena jezgra



Slika 4. Petrificirani fosil dvije srasle jedinke roda *Ostrea* (isprekidana linija označava granicu razdiobi tih dviju jedinki)



Slika 5. Petrificirani fosil školjke roda *Ostrea*, a) prikaz s unutrašnje strane ljuštura, b) bočni prikaz



Slika 6. Skulpturirana kamena jezgra školjke roda *Phylodomya*, a) prikaz gornje strane ljuštura s vidljivim vrhom, b) bočni prikaz, lijeva ljuštura, školjka postavljena u poziciju rasta



Slika 7. Petrificirana ljuštura školjkaša pretpostavljenog kao pripadnik roda *Pecten*

7. Osnovne značajke pronađenih rodova

7.1. Rod *Ostrea*

Prva pojava predstavnika kamenica smješta se još u kasni trijas, smatra se kako su se pojavili u Arktičkom zaljevu, rod *Gryphaea*, odnosno rod *Paleolophidea* u Tethysu i Paleopacifiku. Za vrijeme rane jure rod *Gryphaea* se proširio do Europe, a u srednjoj juri je došlo do velike diverzifikacije kamenica. Na prijelazu iz jure u kredu dolazi do drastičnog smanjenja broja vrsti potporodice Gryphaeinae, što je otvorilo put za razvoj novih vrsta i rodova, između ostalih i potporodicu Ostreinae. Najveća je raznolikost kamenica ipak bila za vrijeme kasne krede, početkom paleogena i za vrijeme kenozoika kada brojni rodovi izumiru (Kosenko 2014). Kamenice su u vrijeme miocena bile široko rasprostranjene i često većih dimenzija. Nalazi fosilnih kamenica su zabilježeni na različitim lokacijama u Hrvatskoj, ponajviše u području sjeverne Hrvatske (Sremac i sur. 2016, 2018). Od pojave prvih kamenica

do danas njihova se morfologija nije značajnije promijenila, zato su svi rodovi relativno slični. Oblik ljuštura uglavnom ovisi o okolišnim uvjetima, a unutarnje mikrostrukture ovise o genetici (Kosenko 2014).

Jedan od ekonomski najiskorištenijih rodova morskih školjkaša zasigurno je rod *Ostrea*. Kamenica je delikatesa u brojnim narodima svijeta, postoje brojne vrste koje se koriste u prehrani. Također su poznate i njihove uporabe u narodnoj, ali i modernoj medicini. Primjerice antivirusno djelovanje, kao dodatak prehrani i u posljednje vrijeme se istražuje korištenje cementne žlijezde kao vezivo za popravak kosti. Današnja najveća vrsta je *Crassostrea gigas* koja dostiže širinu i do 400 mm (izvor: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=797>), dok *O. edulis* dostiže i do 200 mm (izvor: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=798>).

Lijeva ljuštura je konveksna, dok je desna ravna, žive na mekom, ali i tvrdom sedimentu do 20 m dubine. Rod *Ostrea* je poznat kao proteroandrični hermafrodit, što znači da se prvo razvijaju muške spolne stanice. Tokom godine mogu imati više reproduktivnih ciklusa, te promijeniti spol više puta. Oplodnja se odvija u plaštanoj šupljini, spermatozoidi budu usisani i oplode jajne stanice u plaštanoj šupljini. Tako oplođena jaja čuvaju u škragama, dok se ne razvije veliger ličinka, tada je oslobode u vodu (Habdija i sur. 2010). Kao male ličinke one plivaju po moru dok ne naiđu na povoljno mjesto na kojem će se nastaniti. Kamenice imaju cementnu žlijezdu kojom se „zacementiraju“ na mjesto na kojem žive. Rod *Ostrea* ima pseudolamelibranhijalne škrge što znači da ima varijaciju filibranhijalne škrge, s manjim brojem tkivnih interfilamentnih spojeva. Kao i svi školjkaši hrane se filtracijom vode, uglavnom fitoplanktonom. Često njihova ljuštura može poslužiti kao tvrdi supstrat za koju se hvataju organizmi koji za život trebaju tvrdu podlogu.

7.2. Rod *Pholadomya*

Tijekom donje krede rod *Pholadomya* bio je gotovo kozmopolitski raspoređen i tokom geološke prošlosti imao je priličan broj vrsta (Lazo 2007). Fosilni primjerci roda *Pholadomya* nađeni su u Hrvatskoj u naslagama različite starosti unutar mezozojske i kenozojske ere, no njihovi nalazi nisu detaljnije zabilježeni. U miocenskim naslagama, osim na području Zrinske gore, bilježe se nalazi i na području zapadne Medvednice (Fio Firi i sur. 2014). Prosječne mjere *P. gigantea* u istraživanju Lazo (2007) bile su dužina 93 mm, visina 45 mm i širina 37 mm.

Danas postoji svega nekoliko mjesta na svijetu na kojem se mogu pronaći pripadnici tog roda, točnije jedine opisane vrste *Pholadomya candida*. Dugo se smatralo kako je taj rod izumro sve dok ga u 19. stoljeću istraživači nisu pronašli uz obalu Djevičanskih otoka, kasnije su bili pronađeni i uz obale Venezuele i Kolumbije (Diaz i sur. 2009). Zbog iznimne starosti roda, malih morfoloških promjena i relativno uskog areala življenja često se naziva živim fosilom. Podatci o njihovoj ekologiji i načinu življenja su iznimno oskudni zbog teškog pronalaska živih jedinki, stoga su podatci dobiveni iz paleontoloških nalaza iznimno cijenjeni.

Današnji predstavnici roda *Pholadomya* kao i njihovi pretci u geološkoj prošlosti žive na način da se ukapaju u meki sediment, a žive uglavnom u toplijim područjima. Istraživanje Diaz i sur. (2009) potvrdilo je kako se vrsta polaže gotovo vertikalno uz dno na anteroventralni rub, pod malim kutom, kao što je uočio Lazo (2007) na fosilima *P. gigantea*. Također se obzirom na veličinu i građu oba sifa pretpostavlja kako se hrane suspenzijom iz vode. Sifo se ne može uvući u potpunosti u ljušturu, ljušture su ekvivalvalne s izrazitim radijalnim rebrima (Slika 7.). *Pholadomya* su hermafroditi kojima se muške i ženske gonade razvijaju istovremeno.

7.3. Rod *Pecten*

Porodica Pectinidae javlja se još u srednjem trijasu, iako se njeni prvi pretci javljaju ranije, porodica Euchondriidae, u kasnom devonu. Tijekom paleozojske ere bila je raširena porodica Pernopectinidae koja je imala prepoznatljiv oblik ljušture pecten, ali prije perma bez jače izražene ornamentacije. Porodica Pectinidae je najraširenija od svih pectinoida, javlja se od priobalnog područja, pa sve do 7000 m dubine. Smatra se kako su se njihovi pretci bisusnim nitima pričvršćivali za dno, ali to je ubrzo „napušteno“ i pronađeni su povoljniji načini života (Waller 2006).

Vrste roda *Pecten* uglavnom žive u plićim do srednjedubokim okolišima i na mekšim nekonsolidiranim dnima. Jedna je ljuštura spljoštenija, dok je druga više konkavna, obično je ona spljoštenija u neposrednom dodiru s morskim dnom, što nam govori kako se radi o epifaunalnom organizmu. Najveće dimenzije danas postiže vrsta *P. maximus*, dužinu od 11 do 20 cm (izvor: <http://www.marlin.ac.uk/biotic/browse.php?sp=4236>).

Kod recentnih vrsta je uočeno kako se mogu aktivno kretati otvaranjem i zatvaranjem ljušture, pretpostavlja se kako se taj način kretanja razvio za vrijeme ranog mezozoika. Osim aktivne obrane, posjeduju i pasivnu obranu u vidu mikrostrukture koja omogućuje bolje

raspoređivanje pritiska, što čini ljušturu čvršćom (Brom i sur. 2015). Također je za *Pecten* specifičan velik broj očiju i osfradija (posebna osjetila), što ukazuje na visoku specificiranost osjetilnog sustava. Lavauda i sur. (2018) dokazali su kako se prehrana pektena se mijenja ovisno o godišnjem dobu.

8. Rasprava

Proučavani uzorci su sačuvani kao petrificirani fosili i u obliku skulpturirane kamene jezgre. Petrificirani fosili (Slike 4., 5. i 7.) nastaju kada voda s otopljenim mineralnim tvarima ulazi u pore skeleta, te se organska tvar organizma zamjenjuje anorganskom. Skulpturirana kamena jezgra (Slika 6.) nastaje iz dva koraka, prvi je nastanak kamene jezgre, sediment uđe u veće šupljine skeleta i tamo se okameni. Drugi korak se događa prije no što sediment u potpunosti očvrstne, ljuštura se rastopi i otisak ljušture koji je ostao u stijeni se zbog pritiska utisne u kamenu jezgru. Iako sačuvana kao posredni ostatak, primjerak roda *Pholadomya* prikazuje nam vrlo detaljno izgled ovo školjkaša izvana (Slika 6.), dok je na uzorcima kamenica bolje vidljiva unutrašnja strana ljuštura (Slike 4. i 5.).

Primjerci školjaka u ovom seminarskom radu predstavljaju, obzirom na današnje vrste i fosilne vrste roda *Pholadomya*, uzorke većih dimenzija, što ukazuje na okoliš pogodan za život i razvoj proučavanih organizama. Za takav razvoj potrebna je dovoljna količina hranjivih tvari i manja prisutnost predatora.

Rodu *Pholadomya* treba za uspješan razvoj nešto topliji uvjeti vode. Uzorak roda *Pholadomya* je pronađen u životnom položaju (Fio Firi i sur. 2014), obzirom kako je to epifaunalni organizam može se pretpostaviti da je živio u relativno mirnom okolišu sa slabim pridonim strujama. Pronalazak roda *Pholadomya* također se uklapa u razdoblje miocena, ili točnije badena. U radu Fio Firi i suradnika (2014) ukazuje se na činjenicu kako se fosilni zapisi rodova *Pholadomya* i *Panopea* na našem području ne javljaju nakon miocena. To može ukazivati na masovno izumiranje određenog broja vrsti koje se do tada živjele u Paratethysu, a kao jedno od mogućih uzroka za izumiranja navodi se cvjetanje mora.

Pripadnicima roda *Pecten* pretopla voda smanjuje stopu preživljavanja u juvenilnom stadiju razvoja (Artigaud i sur. 2015), može se zaključiti da pronađena jedinka roda *Pecten* nije

obitavala na posve istom prostoru kao i pripadnik roda *Pholadomya*, te da je lako moguće kako se temperatura određenog paleookoliša mijenjala.

Jedinke roda *Ostrea* mogle su srasti iz više razloga, jedan je da su se kao ličinke smjestile relativno blizu jedna drugoj, a daljnjim razvojem su međusobno srasle. Kao drugi se nudi mogućnost da je jedna kao ličinka počela rasti u neposrednoj blizini već postojeće odrasle jedinke ili čak na njoj. To također indicira kako je taj okoliš bio pun živih organizama, odnosno pogodan za razvoj velike količine organizama.

Prema određenoj starosti istraživanog lokaliteta (Martinuš i sur. 2012), procjenjuje se da su istraživani uzorci stari najmanje 14,74 milijuna godina, što ih smještava u razdoblje Klimatskog optimuma srednjeg miocena. S obzirom na tu pretpostavku, može se pretpostaviti različita dubina na kojoj su obitavali pojedini od navedenih rodova, s obzirom na njihove preferencije vezano uz temperature mora.

8. 1. Paleookoliš

Paleookolišne karakteristike područja Zrinske gore prikazane su u radu Martinuš i suradnika (2012) pomoću ostataka mahovnjaka, crvenih algi i bentičkih foraminifera, te planktonskih foraminifera i nanoplanktona. Istraživani lokalitet se sastoji od slijeda naslaga koje karakterizira izmjena dvaju litofacijesa, potpuno litificirani vapnenac i polulitificirani vapnenac sa pjeskovitim karbonatnim matriksom. Najčešći su fosili foraminifera roda *Amphistegina* i *Elphidium* koje s cibicoidnim foraminiferama ukazuju na dinamičan, plitkomorski i kisikom bogat okoliš. Obzirom da prevladavaju rodovi *Amphistegina*, *Elphidium* i *Cibicides*, može se s većom sigurnošću reći kako je prava dubina između 40 i 80 m, ali pronalazak foraminifera roda *Heterostegina* nam kazuje da je dubina mogla biti i do 120 m.

Promjene u debljini i teksturi stijena potvrđuju relativno male promjene morske razine. Produbljivanjem sustava mijenja se hidrodinamički gradijent, na jasno produbljivanje okoliša ukazuju i promjene od koraljno-algalnog do briozojsko-koraljnog vapnenca. Tom promjenom dubine mijenjanju se i brojni abiotički i biotički čimbenici, primjerice promjena količine svjetla, javljanje organizama koji žive u dubljem okolišu, smanjenje energije vode i brojni drugi. Zbog svega navedenog je pojava facijesa dubljih okoliša i očekivana, te nije iznenađujuća promjena temperature koja se uočava pojavom pripadnika roda *Pecten* i roda *Pholadomya*. Obzirom na način života pronađenih rodova možemo sa priličnom sigurnošću reći kako se radi o plitkom

do srednje dubokom okolišu s nekonsolidiranim dnom. Detaljnije analize paleookoliša samo s obzirom na pronađene uzorke školjkaša nisu moguće jer za sve uzorke školjaka nije zabilježen točan sloj u kojima su nađene, odnosno živjele.

9. Zaključak

Miocensko razdoblje bilo je razdoblje puno života, kako na kopnu, tako i u podmorju. Paratethys more koje se nalazilo na ovom području nekoliko milijuna godina za sobom je ostavilo brojne tragove života u vidu fosila. Fosili školjkaša pronađeni na prostoru Zrinske gore uključuju rodove *Ostrea*, *Pholadomya* i *Pecten*?. Širina ljuštura roda *Ostrea* iznosi od 6,5 do 9 centimetara, dužina od 4,5 do 15 centimetara, a visina od 9 do 14 centimetara. Visina pripadnika roda *Pholadomya* iznosi 12, dužina 18, a širina 6,6 centimetara. Veće dimenzije pronađenih jedinki ukazuju nam kako je to bio prostor pogodan za život s puno hranjivih tvari, što je u skladu s interpretacijama miocenskog (točnije badenskog) paleookoliša na području Zrinske gore.

10. Literatura

- Artigaud S., Lacroix C., Richard J., Flye-Sainte-Marie J., Bargelloni L., Pichereau V. (2015): Proteomic responses to hypoxia at different temperatures in the great scallop (*Pecten maximus*). PeerJ, <https://peerj.com/articles/871/> .
- Brom K. R., Szopa K., Krzykowski T., Brachaniec T., Salamon M. A. (2015): Anti-predator adaptations in a great scallop (*Pecten maximus*) – a palaeontological perspective. Geoscience Records 1–2, 16–20.
- Ćurčić S. M. (1898): Zrinjsko–dvorska neogenterciarna kotlina. Rad Jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti, 87, 1–124.
- Díaz J. M., Torres D. C., Gast F. (2009): Rediscovery of a Caribbean living fossil: *Pholadomya candida* G.B. Sowerby I, 1823 (Bivalvia: Anomalodesmata: Pholadomyoidea). Nautilus, 123 (1), 19–20.

- Fio Firi, K., Sremac, J., Šoić, N. (2014): Large deep burrowing bivalves in Middle Miocene (Badenian) of Central Paratethys; examples from Northern Croatia. U: Cvetković, V. (ur.), Zbornik radova, XVI. Kongres geologa Srbije, Donji Milanovac, 181–191.
- Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M. (2011): Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata Strukture i funkcije; ALFA, 1. izdanje, Zagreb, 216–279.
- Hohenegger, J., Ćorić, S., Wagreich, M. (2014): Timming of the Middle Miocene Badenian Stage of the Central Paratethys. *Geologica Carpatica*, 65, 1, 55–66.
- Kosenko I. (2014): The features of the evolution of oysters. *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, 8, 62.
- Lavaud R., Artigaud S., le Grand F., Donval A., Soudant P., Flye-Sainte-Marie J., Strohmeier T., Strand Ø., Leynaert A., Beker B., Chatterjee A., Jean F. (2018.): New insights of the seasonal feeding ecology of *Pecten maximus* using pigments, fatty acids and sterols analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 590, 109–129.
- Lazo D. G. (2007): The bivalve *Pholadomya gigantea* in the Early Cretaceous of Argentina: Taxonomy, taphonomy, and paleogeographic implications. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (2), 375–390.
- Lončar S. (2010): Zrinska gora: regionalni park prirode, recenzija. *Ekonomska i ekohistorija*, 6, 242–243.
- Martinuš M., Fio Firi K., Pikelj K., Aščić Š. (2012): Middle Miocene warm-temperate carbonates of Central Paratethys (Mt. Zrinska gora, Croatia): paleoenvironmental reconstruction based on bryozoans, coralline red algae, foraminifera and calcareous nannoplankton. *Facies* 59, 481–504.
- Neděla-Devidé D. (1953): Nalazi globotrunkana u Medvednici, Zrinskoj gori, Boki Kotorskoj i okolici Budve. *Geološki vjesnik V–VII (1951.–1953.)*, 299–315.
- Pavelić D. (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys. *Geologia Croatica* 55/1, 83–92.
- Rögl F. (1998): Paleogeographic considerations of Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). *Ann Naturhist Mus Wien*, 50, 339–349.

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-Pertoleum Engineering Bulletin*, 19–29.

Sremac J., Tripalo K., Repac M., Bošnjak M., Davor Vrsaljko D., Marjanac T., Moro A., Lužar-Oberiter B., Fio Firi K., Aščić Š. (2018): Middle Miocene drowned ramp in the vicinity of Marija Bistrica (Northern Croatia). *The Mining-Geology-Pertoleum Engineering Bulletin*, 23–43.

Stur D. (1863): Bericht über die geologische Uebersichts – Aufnahme im mittleren Theile Croatiens. *Jahrbuch geologische Reichsanstalt*, 13, H. 4.

Šikić K. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske, list Bosanski Novi, 1:100.000, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Waller T. R. (2006): Phylogeny of families in the Pectinoidea (Mollusca: Bivalvia): importance of the fossil record. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 148, 313–342.

<http://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.pdf> (10.08.2018.).

<http://www.marlin.ac.uk/biotic/browse.php?sp=4236> (18.09.2018.).

<http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=797> (18.09.2018.).

<http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=798> (18.09.2018.).

11. Sažetak

Dosadašnja istraživanja na području Zrinske gore ukazala su na specifičnosti životom bogatog okoliša srednjeg miocena na prostoru tadašnjeg centralnog dijela Paratethysa. Ovim je radom prikazan pronalazak fosilnih školjkaša iz badenskog razdoblja na području Zrinske gore. Također se pokušalo ukazati na njihove specifičnosti, poput izrazite veličine, koje su proizašle iz pogodnih uvjeta u okolišu u kojem su obitavali. Okoliš je bio relativno mirno suptropsko more puno hranjivih tvari, s mnoštvom raznolikih organizama. Među pregledanim uzorcima zabilježeni su rodovi *Pecten?*, *Pholadomya* i *Ostrea*, od tih rodova se rod *Pholadomya* rjeđe

pronalazi u miocenskim naslagama sjeverne Hrvatske. Svaki zabilježeni pronalazak fosilnih organizama i intepretacija njihovog okoliša značajne su, kako za paleogeografiju, tako i za paleoekologiju, te modernu ekologiju jer nam mogu ukazati na neke interakcije okoliša i organizama koje u prirodi možda ne bi bili uočeni.

12. Summary

Previous investigations in the area of the Zrinska Gora Mt. have shown that environments were rich in various living forms during the Middle Miocene in the area that was then part of the Central Paratethys Sea. This paper reports about findings of fossil bivalves from Badenian stage in the area of the Zrinska Gora Mt. The paper focuses to show their specifics, such as pronounced size which is the result of the favorable environmental conditions. The environment was relatively still subtropical sea with sufficient amount of nutrients, full of various living forms. Analysed specimens include genera *Pecten?*, *Pholadomya* and *Ostrea* of which genera *Pholadomya* was rarely found in the Miocene deposits of Northern Croatia. Every marked finding of fossils and their paleoenvironment interpretations is valuable not only for paleogeography, but also for modern ecology since they can give us clues on interactions between environment and organisms which may not have been observed otherwise.