

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Tamara Tudor

**EOCENSKI LAPORI U UVALI PODSTINE  
(OTOK HVAR): STAROST I OKOLIŠ  
TALOŽENJA**

Seminar III  
Preddiplomski studij geologije

Mentor:  
Prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Zagreb, 2021. godina

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Seminar III

### EOCENSKI LAPORI U UVALI PODSTINE (OTOK HVAR): STAROST I OKOLIŠ TALOŽENJA

**Tamara Tudor**

**Rad je izrađen:** Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

**Sažetak:** U uvali Podstine na otoku Hvaru uzorkovani su laporoviti vapnenci. Iz uzorka dobivenog metodom mokrog prosijavanja i dodatnim usitnjavanjem primjenom mješavine zagrijane otopine 30% vodikovog peroksida i sode bikarbone, izdvojene su planktonske i bentičke foraminifere te je izračunat njihov udio u zajednici. Na temelju njihova udjela određena je i izračunata dubina taloženja koja odgovara batijalu. Usporedbom stratigrafskih raspona određenih vrsta planktonskih foraminifera, zaključeno je da se taloženje odvijalo tijekom mlađeg eocena, starost naslaga određena je kao zona P15 - *Porticulasphaera semiinvoluta*, odnosno zona E14 - *Globigerinatheca semiinvoluta*.

**Ključne riječi:** Lapor, otok Hvar, planktonske foraminifere, eocen, batijal

**Rad sadrži:** 22 stranice, 17 slika, 2 tablice i 10 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

**Mentor:** prof. dr. sc. Vlasta Čosović

**Ocjenjivači:** prof. dr. sc. Vlasta Čosović, prof. dr. sc. Đurđica Pezelj, prof. dr. sc. Nenad Tomašić

**Datum završnog ispita:** 24. rujna 2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Seminar III

## EOCENE MARLS IN PODSTINE BAY (HVAR IS.): AGE AND DEPOSITIONAL SETTINGS

**Tamara Tudor**

**Thesis completed in:** Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia.

**Abstract:** In Podstine bay on the island of Hvar, marly limestones were sampled. Using the method of wet sieving and additional comminution using a mixture of heated solution of 30% hydrogen peroxide and baking soda, planktonic and benthic foraminifera were isolated and their abundances in the community were calculated. Based on these calculations, the deposition depth corresponding to the bathyal was determined. The stratigraphic ranges of certain planktonic species point to Late Eocene. The deposits correspond to zone P15 - *Porticulasphaera semiinvoluta* and zone E14 - *Globigerinatheca semiinvoluta*.

**Keywords:** Marls, island Hvar, planktonic foraminifera, eocene, bathyal

**Seminar contains:** 22 pages, 17 figures, 2 tables and 10 references

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Central Geological Library, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

**Supervisor:** Ph.D, Vlasta Čosović

**Reviewers:** Ph.D, Vlasta Čosović, Professor Ph.D, Đurđica Pezelj, Associate Professor, Professor Ph.D, Nenad Tomašić

**Date of the final exam:** September 24, 2021

## Sadržaj

Uvod.....	1
Geološke karakteristike istraživnog lokaliteta.....	3
Materijali i metode istraživanja.....	4
Terenske metode.....	4
Laboratorijska priprema uzoraka.....	6
Kabinetske metode .....	8
1. Standardizacija uzoraka.....	8
2. Odvajanje planktonskih od bentičkih foraminifera .....	9
3. Određivanje vrsta planktonskih foraminifera .....	9
4. Određivanje dubine taloženja (paleodubina).....	11
Rezultati .....	14
Diskusija.....	18
Zaključak.....	20
Literatura .....	21

## Uvod

U ovom Završnom radu istraživana je zajednica planktonskih foraminifera izdvojena iz uzorka laporovitog vapnenca prikupljenog u uvali Podstine na otoku Hvaru. Foraminifere, koje se još nazivaju i krednjacima, su skupina jednostaničnih, eukariotskih organizama koje su se pojavile u kambriju, a žive i danas u morima, bočatim vodama, ali i u slatkoj vodi. S obzirom na način života razlikujemo bentičke i planktonske foraminifere. Bentičke su geološki starije, planktonske mlađe, najstariji predstavnici planktonskih foraminifera su jurski. Planktonske foraminifere obilježava jednostavna kućica (najčešće je trohospiralna), perforatna stijenka s ili bez bodlji i jednostavno ušće. Većina vrsta ima brzu evoluciju, te se planktonske foraminifere koriste u biostratigrafiji kao provodni fosili, a zbog osjetljivosti na ekološke parametre (temperaturu prije svega) u paleoekologiji i paleoceanografiji. Vrlo su česti fosili zbog mineralnog skeleta – kućice koje imaju, zbog velike rasprostranjenosti i brojnosti, a njihova velika primjenjivost je posljedica lake prepoznatljivosti i jednostavne laboratorijske obrade.

Otok Hvar pripada geotektonskoj jedinici Vanjskih Dinarida. Naslage koje grade otok nastale su u okolišima Jadranske karbonatne platforme. Jadranska karbonatna platforma je bila plitkomorsko područje izolirano od kopnenih utjecaja i okružena dubokim oceanom Tethys (Bucković, 2006) tijekom većeg dijela mezozoika, a tijekom krede i paleogena zbog regionalnih geoloških promjena, dijelovi platforme bivaju zahvaćeni emerzijom. Tijekom krede na platformi su se u plitkom, toplom moru taložili karbonatni sedimenti ukupne debljine 2400 m (Borović i sur. 1977). Emerzija početkom paleogena se povezuje s promjenama u prostoru taloženja zbog subdukcije Jadranske mikroploče (Adria, dijela Afričke ploče), na kojoj je bila Jadranska karbonatna platforma, pod Euroazijsku ploču. Zbog promjene smjera kretanja Afričke i Euroazijske ploče, u miocenu je došlo do promjene smjera stresa iz smjera SI-JZ u smjer S-J što je rezultiralo promjenom pravca pružanja otoka Hvara u pravac I-Z (Bognar, 2001).

Najveći dio otoka Hvara izgrađuju rudistni, uslojeni i gromadasti vapnenci gornjo kredne starosti. Transgresivno na krednim naslagama leže eocenski, foraminiferski vapnenci i fliš (lapori s proslojcima foraminiferskih vapnenaca). Iako na otoku izdanjuju kredne i paleogenske naslage, one su bogate raznovrsnim fosilima koji pomažu pri razumijevanju geološke prošlosti ovog područja i dokazuju složenu i jedinstvenu geološku povijest područja. U gornjokrednim naslagama, pronađeni su fosili riba u takozvanim ribljim škriljavcima

(Kramberger 1891, 1895, preuzeto iz Korbar, 2015), ljuštore izumrlih školjkaša rudista u vapnencima (Korbar, 2004), ostaci gmazova (Cadwell i sur., 2006) te ostaci kopnenih biljaka (Fio Firi i sur., 2017). U uvali Žukova, na slojnim plohama plitkovodnih karbonata, otkriveni su tragovi dinosaura (Mezga i sur., 2006). Nedaleko od uvale Podstine, u uvali Majerovica, pronađene su naslage istaložene djelovanjem tsunamija koji je na granici krede i paleogena nastao kao posljedica udara meteora u Meksiku (Korbar i sur., 2015). Paleogenske naslage sadrže bogatu zajednicu bentičkih foraminifera i izvrsno sačuvane oklope rakova deseteronožaca (Schweitzer i sur., 2007).

Ciljevi ovog rada su opisati nastanak sedimenta iz uvale Podstine i to: (1) pronaći najučinkovitiju laboratorijsku metodu kojom će se kućice planktonskih foraminifera osloboditi iz lapora kako bi se mogle odrediti na nivou rodova i vrsta; (2) odrediti starost naslaga, te (3) opisati okoliš taloženja temeljem zastupljenosti pojedinih kategorija foraminifera.

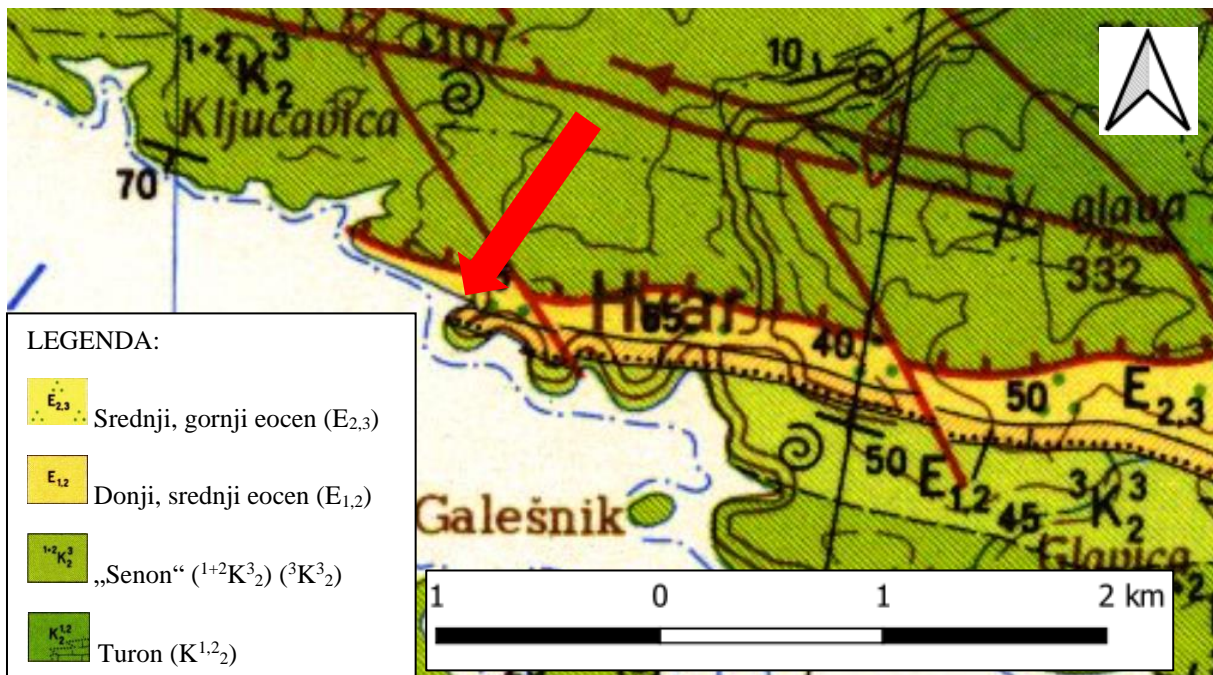
Završni rad je izrađen u okviru HRZZ znanstveno-istraživačkog projekta IP-2019-04-5775 „Dinaridski predgorski bazen između dva eocenska termalna optimuma: a mogući scenarij za sjevernojadranski bazen“.

## Geološke karakteristike istraživanog lokaliteta

Uzorkovanje je provedeno u uvali Podstine, na jugozapadnom dijelu otoka Hvara.

Uvala je zanimljiva jer se mogao pratiti kontakt gornjokrednih i paleogenskih naslaga (Slika 1), dok nije dio uvale prekriven betonom zbog potrebe za osiguranjem objekata koji se nalaze u blizini. Gornjokredni vapnenci bogati su brojnim ostacima rudista (Herak i sur., 1976). Na njima leži 5 do 10 metara debeo slijed naslaga sastavljen od breča s boksitnim matriksom, koje su prekrivene s 3 metra debelim slijedom laminiranih mikritnih vapnenaca. Ove naslage sadrže brojne ostatke puževa i ostrakoda, a starost im je određena kao donji do srednji eocen (Borović i sur., 1967-1968). Na laminirane vapnence, transgresivno naliježu foraminiferski vapnenci čija je starost određena u rasponu od kasnog luteta do bartona (Schweitzer i sur., 2007). Najmlađe su naslage fliš, istaložen tijekom kasnog eocena ili oligocena (Marjanac i sur., 1998).

Prema podacima iz OGK list Vis, Jabuka, Svetac, Biševo 1: 100 000 (Borović i sur., 1967-1968), naslage koje se nalaze u uvali Podstine su srednjo do gornjo eocenske starosti (oznaka  $E_{2,3}$ ), što je potvrđeno interpretacijama planktonskih i bentičkih foraminifera (Schweitzer i sur., 2007).



**Slika 1.** Isječak iz geološke karte OGK list Vis, Jabuka, Svetac, Biševo (Borović i sur., 1967-1968), strelica pokazuje položaj uvale Podstine.



## Materijali i metode istraživanja

### Terenske metode

U uvali Podstine (Slika 2) uzorkovan je jedan sloj laporovitog vapnenca. Bilo je potrebno odstraniti površinski sloj stijene koji se pod utjecajem atmosferilija izmijenio (Slika 3) i uzorkovati tzv. svježim lom. Stijena je na svježem lomu sivo-maslinasto zelene boje (Slika 4).



**Slika 2.** Pogled na izdanak u uvali Podstine s označenim mjestom uzorkovanja.





**Slika 3.** Svježi lom stijene s koje su prikupljeni uzorci.



**Slika 4.** Prikupljeni uzorci laporovitog vapnenca.

## Laboratorijska priprema uzoraka

Za potrebe laboratorijske obrade odvagano je 210 grama laporovitog vapnenca koji je potom mehanički usitnjen geološkim čekićem (Slike 5, 6) na klaste veličine 2 mm i manje. Usitnjeni uzorak je stavljen u posudu, dodana je topla voda (tako da prekrije uzorak) i otprilike 100 ml 30% otopine vodikovog peroksida ( $H_2O_2$ ). Reakcija otopine vodikovog peroksida i usitnjene stijene je bila trenutna (Slika 7), na površini su se stvarali mjehurići, ali reakcija se ne može opisati i kao burna. Uzorak je ostavljen u otopini da odstoji nekoliko dana kako bi se maksimalno eliminirala organska tvar.

Kada je reakcija uzorka s otopinom vodikovog peroksida završila, otopina je odstranjena (dekantiranje), te je talog prekriven toplom vodom i sapunicom kako bi se smanjilo lijepljenje čestica. Nakon toga, provedeno je ispiranje uzorka pod mlazom vode i prosijavanje kroz sito promjera rupica  $63\ \mu m$  (Slika 8). Zaostali talog uzorka podijeljen je u dva pod-uzorka i osušen na sobnoj temperaturi (Slika 9).

Osušeni pod-uzorci ostali su krupni stoga, kao takvi nisu dobri za mikropaleontološku analizu. Jedan pod-uzorak stavljen je u posudu s 0,5 l kipuće vode. Na natopljeni uzorak dodano je 50 ml 30% otopine vodikovog peroksida i 20 g natrijevog hidrogenkarbonata (sode bikarbone). Pod-uzorak je burno reagirao (Slika 10) i došlo je do usitnjavanja klasta. Nakon što je ostavljen 24 sata, napravljeno je dekantiranje, ispiranje pod mlazom vode i talog je ostavljen da se osuši na sobnoj temperaturi (Slika 11).



**Slika 5.** Vaganje uzorka.



**Slika 6.** Uzorak usitnjen u fragmente veličine pijeska i sitnije geološkim čekićem.





**Slika 7.** Slaba reakcija uzorka s 30% otopinom vodikovog peroksida.



**Slika 8.** Ispiranje i prosijavanje uzorka na situ promjera rupica 63  $\mu\text{m}$ .



**Slika 9.** Osušeni talog zaostao nakon ispiranja i prosijavanja podijeljen u dva pod-uzorka. Vide se krupni fragmenti.



**Slika 10.** Burna reakcija pod-uzorka s 30% otopinom vodikovog peroksida i natrijevog hidrogenkarbonata.



**Slika 11.** Nakon ispiranja pod-uzorak ima veću koncentraciju sitnozrnate frakcije.

## Kabinetske metode

### 1. Standardizacija uzoraka

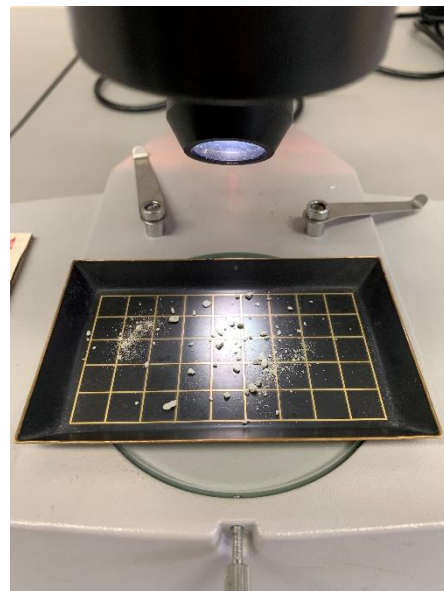
Prije samog mikroskopiranja uzorka provedena je standardizacija dodatno usitnjenog pod-uzorka. Korištenjem mikrosplitera (Slika 12) pod-uzorak se šest puta podijelio u jednake polovine kako bi se dobio uzorak s odgovarajućim brojem jedinki foraminifera (nekih 300-tinjak kućica koje su slučajno odabrane). Taj će se uzorak analizirati pod stereoskopskom lupom (Nikon).

Iz uzorka je potrebno odvojiti kućice foraminifera i to se radi tako što se u mikropaleontološku pliticu (Slika 13) jednolično raspoređi uzorak. A iglicom uronjenom u vosak izdvajaju se kućice u posebne mikropaleontološke kutijice poznate pod imenom Frankove ćelije.

Odabrane kućice foraminifera fotografirane su na stereoskopskom mikroskopu Olympus SZX7 s kamerom Olympus UTV1XC.



**Slika 12.** Standardizacija pod-uzorka metodom pačetvorenja (mikrosplitanja).



**Slika 13.** Odvajanje jedinki foraminifera korištenjem stereoskopskog mikroskopa.

## 2. Odvajanje planktonskih od bentičkih foraminifera

Izdvojene jedinke planktonskih i bentičkih foraminifera stavljaju se u zasebne Frankove ćelije (mikropaleontološke kutijice). Planktonske foraminifere imaju perforatne stijenke i najčešće trohospiralno namotane kućice. Tim oblikom foraminifere nastoje postići oblik kugle, kako bi lakše plutale vodenim stupcem. Kućice bentičkih foraminifera su različitog oblika, nastale su različitim načinima nizanja klijetki, a oblikom se prilagođavaju životu na sedimentu (zaravnjena jedna strana ili simetrične strane) ili u sedimentu (ubušuju se u sediment zahvaljujući izduženim i na jednom kraju zašiljenim kućicama). Stijenke kućica bentičkih foraminifera mogu biti različite: perforatne, imperforatne, aglutinirane ili organske.

## 3. Određivanje vrsta planktonskih foraminifera

Kako je trebalo odrediti starost naslaga, trebalo je odrediti vrste planktonskih foraminifera. Kriteriji za određivanje vrsta su morfološke osobine kućica kao i građa stijenke (prema Premec Fućek, 1993).

### I. Oblik kućica

Kućica može biti:

(1) Umbilikalna, ako ima točku na osi namatava gdje se spajaju septi klijetki koje su na zadnjem (najmlađem) zavoju. Ta točka naziva se pupak i može se pojavljivati na jednoj ili na obje strane kućice, te može biti otvoren ili zatvoren. Umbilikalne kućice mogu imati: (a) planispiralni rast – kućica je simetrično namotana s pupkom na obje strane; (b) trohospiralni rast – klijetke su namotane nisko ili visoko spiralno u obliku stošca, pupak je samo s jedne strane; te (c) kućice mogu biti biserijalno namotane;

(2) Neumbilikalna ako kućica nema pupak. One mogu biti: (a) streptospiralne – dolazi do kasnije promjene trohospiralnog namatanja te se ravnina namatanja kontinuirano mijenja; (b) kuglaste – formira se kada zadnja klijetka obavije sve klijetke ili kod brzog porasta veličine klijetki.

## II. Tip stijenke

Stijenke planktonskih foraminifera su perforatne (izbušene porama), a s obzirom na veličinu pora stijenka je ili mikroperforatna ili makroperforatna. Stijenka može nositi bodlje (spine) ili biti bez njih, te može imati kao male stožaste tvorevine koje nazivamo murike. Sama površina je ili glatka ili ukrašena (saćasta, spinozna, vlaknasta, brazdasta, prekrivena kuglicama i jamičasta).

## III. Oblik i položaj ušća

Ušće ili apertura je otvor koji povezuje citoplazmu s okolinom te kroz njega izlaze pseudopodiji koji pomažu pri hranjenju i razmnožavanju. Prema obliku i položaju ušća moguće je razlikovati pojedine rodove planktonskih foraminifera, stoga ušća dijelimo na:

- (1) Primarna – glavni otvor nalazi se na zadnjoj, najmlađoj klijetki kućice. Prema položaju primarna ušća dijelimo na: pupčano, vanpupčano-pupčano, ekvatorijalno i spiralno-pupčano.
- (2) Sekundarna – manji otvori dodani primarnim ušćima koji mogu biti: reliktni, dodatni i popratni.

## IV. Površinska ornamentacija kućice

Stijenke kućica planktonskih foraminifera nisu uvijek glatke već mogu imati razne ukrase. Stijenka može biti: (a) saćasta – nepravilno mrežaste, poput pčelinje saće; (b) spinozna – s izduženim bodljama; (c) vlaknasta – fine bodljice poput kose; (d) brazdasta – hrapava i nepravilna površina stijenke; (e) prekrivena kuglicama te (f) jamičasta – okrugle udubine na površini stijenke.

Također, kućice foraminifera mogu se razlikovati i s obzirom na udubljenje ili ispupčenje sutura koje nastaju na mjestima gdje se septi dodiruju s površinom kućice.

Za određivanje vrsta korištena je literatura Premec Fuček (1993), a za klasifikaciju vrsta i rodova primijenjeni su kriteriji Loeblich i Tappan (1987).

#### 4. Određivanje dubine taloženja (paleodubina)

Jedan od najjednostavnijih načina definiranja gdje je stijena istaložena je odrediti dubinu morskog okoliša gdje se zbivalo nakupljanje sedimenta. Planktonske foraminifere su izvrsni proksiji (alati) za to. Brojne su u vodenom stupcu dubokom nekoliko stotinjak metara, a žive do dubine od nekih 700 m. Porastom dubine udio jedinki planktonskih foraminifera u mejozajednici se povećava od 0%, koliko je u plitkomorskim sedimentima, do preko 90% u dubljevodnim okolišima. Razlog zbog čega su planktonske foraminifere rijetke u okolišima u kojima su dubine manje od 100 m je povezano s njihovim razmnožavanjem. Prilikom razmnožavanja (planktonske se foraminifere razmnožavaju samo spolno) jedinka odbacuje bodlje i tone u dublje dijelove vodenog stupca gdje izbacuje gamete. Ako je jedinka nastanjena u plićevodnom okolišu jednostavno neće imati gdje potonuti i razmnožavanja neće biti. Pri određivanju dubine okoliša treba odrediti udio planktonskih foraminifera u zajednici. Udio planktonskih foraminifera u zajednici izračunava se prema sljedećoj formuli:

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

gdje je P broj planktonskih jedinki u uzorku, a B broj jedinki bentičkih foraminifera u uzorku. Pri interpretaciji dubine okoliša može se koristiti Murray (1991) model koji određuje prostor na dnu, ali ne i dubinu u apsolutnim vrijednostima:

Unutrašnji šelf (*inner shelf*): odnos P/B iznosi manje od 20%

Srednji šelf (*middle shelf*): odnos P/B je u rasponu 10 - 60%

Vanjski šelf (*outer shelf*): odnos P/B je u rasponu 40 - 70%

Gornji dio kontinentske padine: odnos P/B iznosi više od 70%

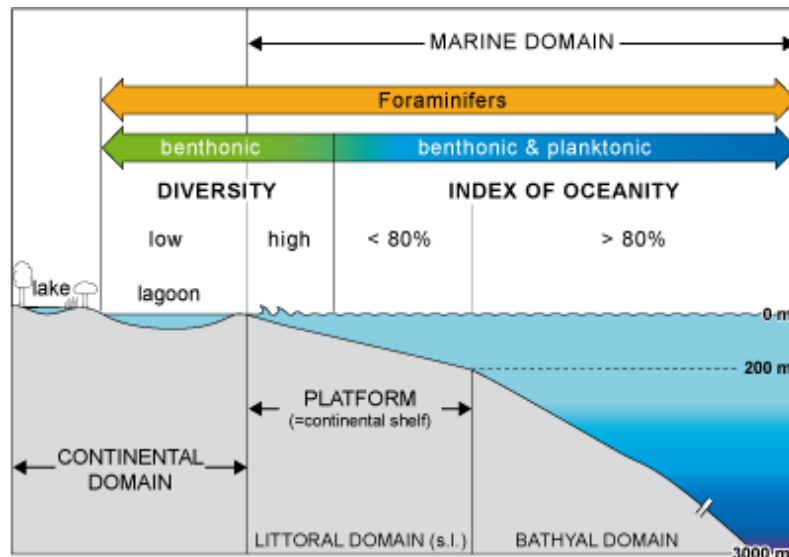
Kao dodatna mjera dubine okoliša taloženja osmišljen je „oceanski indeks“ populacije foraminifera (Gibson, 1989) koji se primjenjuje kada u uzorku ima između 100 i 300 jedinki foraminifera. To je kvantitativni omjer između broja planktonskih i ukupnog broja jedinki u uzorku, a izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$i = P / (P + B)$$

gdje je P broj planktonskih foraminifera u uzorku, B broj bentičkih foraminifera u uzorku.



Analize provedene u različitim područjima pokazale su da je udio od otprilike 50% planktonskih foraminifera karakterističan za dubine između 100 i 200 m što odgovara vanjskom dijelu kontinentnog šelfa. Na vanjskom rubu šelfa udio planktonskih foraminifera naglo raste i na dubinama većim od 200 m indeks je veći od 80% (Slika 14).



**Slika 14.** Promjene u nekim osobinama zajednica foraminifera porastom dubine (Mathieu i sur., 2010).

Na temelju zastupljenosti planktonskih i bentičkih jedinki foraminifera može se izračunati relativna dubina taloženja. Postoje dvije formule za izračunavanje:

- a) Prema van der Zwaan i sur. (1990), dubina je:

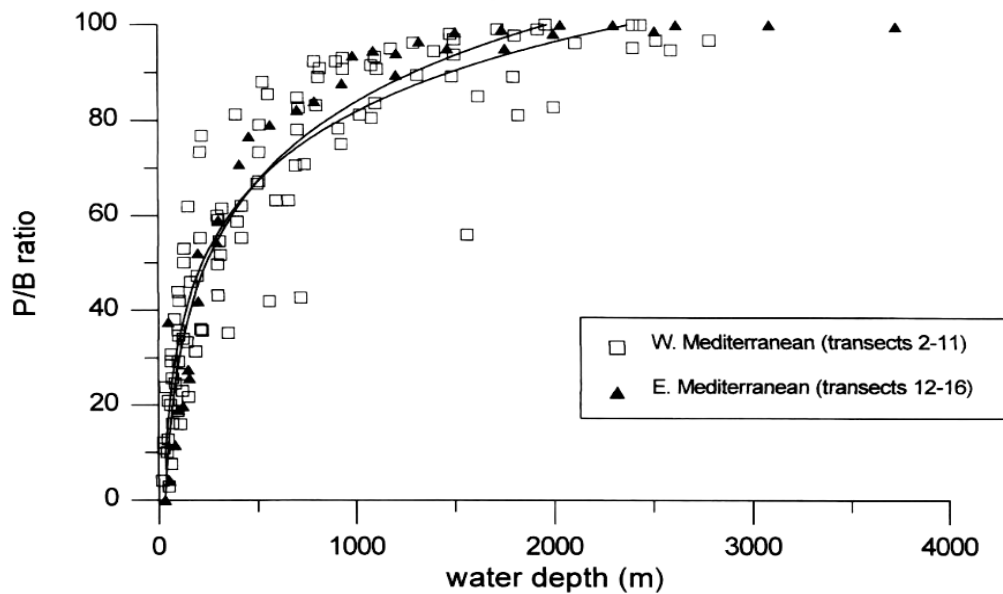
$$D = e^{(a+b*\%P)}$$

gdje je  $a = 3,58718$ ,  $b = 0,03534$ ,  $\%P = P / (P+B-S) * 100$ ,  $P$  broj planktonskih vrsta,  $B$  broj bentičkih vrsta, ali bez infaunalnih, tzv. stresnih vrsta i  $S$  broj vrsta koje mogu živjeti u stresnim uvjetima (*Bolivina*, *Bulimina*, *Uvigerina*, *Globobulimina*, *Fursenkonia*).

b) Prema Wright-u (1980), dubina je:

$$PWD = e^{(0,042 * P * 100 + 3,48)}$$

gdje je P broj planktonskih vrsta. Za ovu formulu postoji i odgovarajući graf, kojim se dubina može očitati na osi x prema omjeru planktonskih i bentičkih jedinki (Slika 15), vrijednosti koje su ucrtane na osi y.



**Slika 15.** Udio planktonskih foraminifera u odnosu na dubinu vode u zapadnom i istočnom Mediteranu prema dubini okoliša (Wright, 1980).

## Rezultati

Od ukupno 202 jedinice foraminifera, njih samo 7 je određeno kao bentičke foraminifere, dok ostalih 195 jedinki su planktonske foraminifere.

Zbog loše očuvanosti, rekristaliziranih površina kućica i zapunjenih ušća i sutura identifikacija na razini roda i vrste bila je otežana. No, uz pomoć prethodno navedenih kriterija za determinaciju izoliranih kućica (prema Premec Fuček, 1993) određene su četiri vrste planktonskih foraminifera. To su *Dentoglobigerina venezuelana* Hedberg, 1937, *Subbotina eocaena* Guembel, 1868, *Turborotalia cerroazulensis* Cole, 1928 i *Turborotalia possagnoensis* Toumarkine i Bolli, 1970 (Slika 16 i 17) (Tablica 1).

### SISTEMATIKA

Red Rotaliida

Podred Globigerinina

Porodica Globigerinidae

Rod *Dentoglobigerina*

*Dentoglobigerina venezuelana* ima veliku do jako veliku kućicu koja je kuglastog oblika i promjera od 0,50 do 0,52 mm. Kućica je umbilikalna, te ima trohospiralni rast. Bubrežaste klijetke se postupno povećavaju idući od početne klijetke prema mlađima, u završnom zavoju su četiri klijetke, a zadnja klijetka uobičajeno je manja i spljoštena. Suture su udubljene, primarno ušće je u obliku niskog luka ili četvrtasto. Površina stijenke je sačasta. Rasprostranjene su u morima na niskim do srednjim geografskim širinama i ne sadrži simbiote, a smatra se da nastanjuje miješani sloj i sloj termokline.

Red Rotaliida

Podred Globigerinina

Porodica Globigerinidae

Rod *Subbotina*

*Subbotina eocaena* velika je planktonska foraminifera maksimalnog promjera 0,69 mm. Kućica je kuglastog oblika, nisko trohospiralna, a klijetke su kuglaste i posložene u tri zavoja.

Septi su udubljeni, a suture ravne. Prema završnom zavoju veličina klijetki se naglo povećava. Na ušću se može uočiti tanka usna. Jedinke su česte u morima niskih i srednjih geografskih širina, te može imati simbionte.

Red Rotaliida

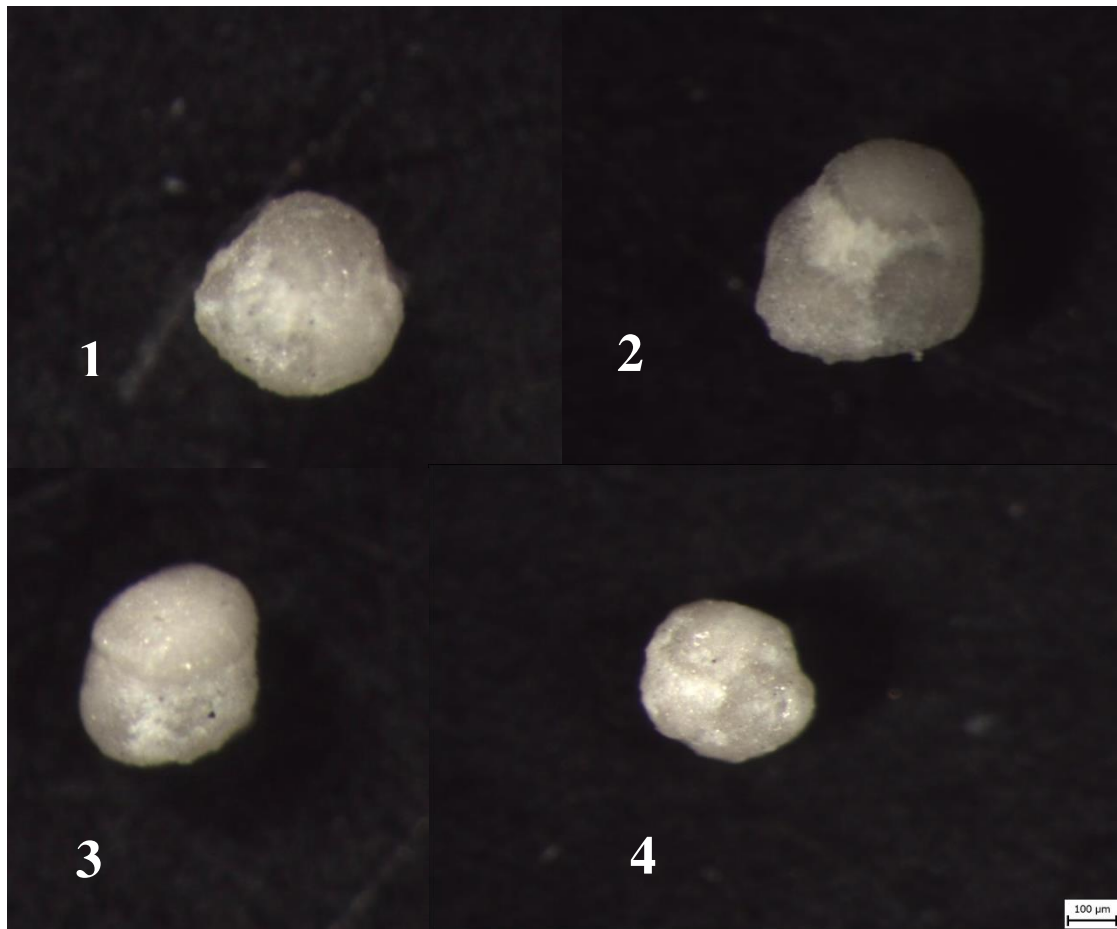
Podred Globigerinina

Porodica Globanomalinidae

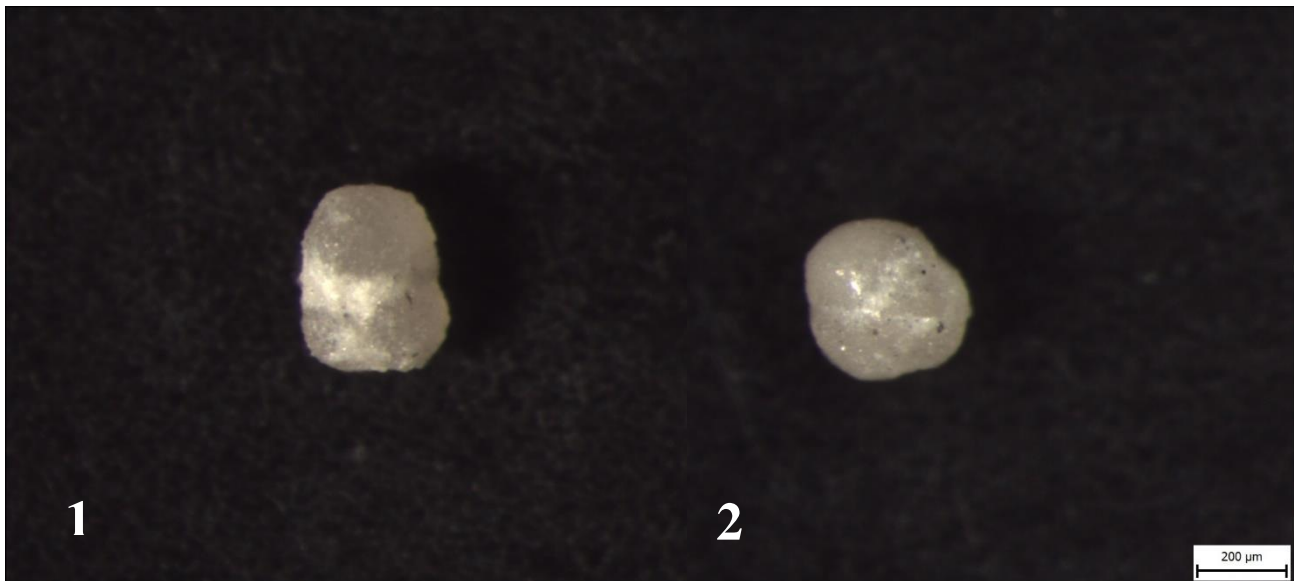
Rod *Turborotalia*

*Turborotalia cerroazulensis* je uglavnom nisko trohospiralna planktonska foraminifera promjera 0,35 mm i kuglasto-stožastog oblika. U zadnjem zavoju ima četiri do pet klijetki i na ušću ima tanku usnu. Septi savijeni, suture su neznatno udubljene. Originalno, stijenka je glatka u najmlađim klijetkama, ali istraživani primjerci imaju „zaleđene“ površine što je posljedica promjena na kućici tijekom dijageneze (zatrpavanja i kompakcije kućica u sedimentu). Predstavnici ove vrste rašireni su u morima raznih geografskih širina, a mogu imati endosimbionte.

*Turborotalia possagnoensis* je trohospiralna vrsta planktonskih foraminifera veličine 0,38 mm. U zadnjem zavoju sadrži tri klijetke čija veličina naglo raste. Na ušću ima tanku usnu. Može se pojavljivati u morima na raznim geografskim širinama, no najčešće predstavnike ove vrste nalazimo na sjevernim umjerenim geografskim širinama.



**Slika 16.** Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera: 1. *Dentoglobigerina venezuelana* Hedberg, 2. *Subbotina eocaena* Guembel, 3. *Turborotalia* sp., 4. *Turborotalia possagnoensis* Toumarkine i Bolli.



**Slika 17.** Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera: 1. *Subbotina* sp., 2. *Turborotalia cerroazulensis* Cole.

**Tablica 1.** Popis određenih vrsta planktonskih foraminifera i ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), \*\*Katland Turner i sur. (2017), \*\*\*Matsui i sur. (2016).

VRSTA	STANIŠTE	SA ILI BEZ SIMBIONATA	KOLIČINA NUTRIJENATA
<i>Dentoglobigerina venezuelana</i> (Hedberg)	Miješani i termoklina***	Bez simbionata	Nema podataka
<i>Subbotina eocaena</i> (Guembel)	**Termoklina Srednje duboko	Sa simbiontima	Mezotrofik
<i>Turborotalia cerroazulensis</i> (Cole)	Miješani Površinski/srednje duboko	Sa simbiontima	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Turborotalia possagnoensis</i> (Toumarkine i Bolli)	Miješani Površinski/srednje duboko	Sa simbiontima	Eutrofik/Mezotrofik

## Diskusija

Na temelju udjela planktonskih foraminifera od 96,5% u uzorku iz uvale Podstine, prema Murray-ovoj (1991) podjeli okoliša, može se zaključiti da se taloženje odvijalo na kontinentskoj padini. Dubina taloženja prema van der Zwaan i sur. (1990) formuli iznosi 1094 m i to odgovara batijalu (kontinentskoj padini). Ova formula je testirana i pokazala se dobra za dubokomorske prostore u pravim oceanima. Izračunatu dubinu treba uzeti s određenim oprezom, jer tijekom eocena u području gdje nastaje ova stijena zbog geoloških promjena postoje geografski ograničeni bazeni-korita, ali ne i oceani u pravom smislu. Prema Wright-ovoj (1980) formuli izračunata je dubina taloženja od 1869 m, dubina koja odgovara batijalu. Primjena svih metoda određivanja paleodubina potvrdila je batijal, a izračunate apsolutne vrijednosti dubina su pokazale dosta velike razlike. Pri interpretaciji treba voditi računa o ograničenjima van der Zwaan i sur. (1990) metode s obzirom na paleogeografske odnose tijekom stvaranja sedimenta. Kućice foraminifera su cjelovite, što je u skladu s „mirnim“ okolišem na batijalnim dubinama. Na kućicama su prisutne dijagenetske promjene, stijenke su rekristalizirane (kao posute kristalima kalcita „zamrznute površine“), suture i ušća ispunjena. Zanimljivo, određene vrste su brojnije u eutrofičnim okolišima (bogatijim nutrijentima), to ukazuje na stanje u površinskim vodama gdje su one i živjele (većina ih ima endosimbionte), a može biti povezano s klimatskim prilikama tijekom taloženja, što može pomoći kod izrade paleogeografskih rekonstrukcija prostora.

Na temelju preklapanja stratigrafskih raspona pojavljivanja određenih vrsta planktonskih foraminifera određena je pripadnost zoni P15 – *Porticulasphaera semiinvoluta* (Berggren i sur. 1995), što kronostratigrafski odgovara razdoblju gornjeg eocena, odnosno priabonskom katu (Tablica 2). Stratigrafsko rasprostiranje vrste *Turborotalia possagnoensis* ne podudara se s intervalom preklapanja. Prema raspoloživim podacima, vrsta je starija. Mogući razlog njezine pojave u istraživanoj zajednici je proces pretaložavanja. Zona P15 obuhvaća biostratigrafski raspon između prve pojave vrste *Porticulasphaera semiinvoluta*, koja označava donju granicu, te prve pojave vrste *Turborotalia cunialensis*, kao gornje granice (Berggren i sur. 1995). Prema novijoj klasifikaciji, Berggren i Pearson (2005), ovaj uzorak odgovara trajanju planktonske biozone E14 - *Globigerinatheca semiinvoluta*.

Zanimljivost istraživanog uzorka je jako mali broj jedinki bentičkih foraminifera. Bentičke su foraminifere rasprostranjene od laguna do nekih 4000 m dubine (dubine batijala).



Poznato je da se bentičke foraminifere mogu prilagoditi i okolišima u kojima nema dovoljno otopljenog kisika, što bi na ovim dubinama mogao biti slučaj. Jednako tako batijalni su okoliši stabilni, obilježeni niskom, ali stalnom temperaturom, stalnim salinitetom, a i dovoljnom količinom hrane. Stoga jedna od mogućnosti izostanka bentičkih foraminifera je da istraživani uzorak nastao u okolišu u kojem gotovo da nije bilo otopljenog kisika. Pridneni okoliši zbog velike površinske produkcije mogu ostati bez dovoljno otopljenog kisika na dnu posebno u uvjetima porasta razine mora (transgresije). Moguće da je izostanak bentičkih foraminifera povezan s razvojem posebnih „pridnenih“ tokova koji su šireći se dnom „pomeli“ zajednicu dna. Mala mogućnost je da su bentičke foraminifere bile većinom aglutiniranih stijenki s organskim vezivom i da su tijekom fosilizacije nestale. Ne može se isključiti to da su kućice tako loše očuvane da ih se nije moglo prepoznati. Ipak, za vjerovati je da se radi o kombinaciji lošeg očuvanja kućica i njihovog malog broja u okolišu.

**Tablica 2.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima i biostratigrafska zonacija (Berggren i sur. 1995).

EPOHA	EOCEN							
	SREDNJI					GORNJI		
Berggren i sur. (1995)	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16-17	
<i>Dentoglobigerina venezuelana</i>							→	
<i>Subbotina eocaena</i>		→						→
<i>Turborotalia cerroazulensis</i>					→		→	
<i>Turborotalia possagnoensis</i>		→						

## Zaključak

U ovom završnom radu istraživane su eocenske naslage laporovitih vapnenaca iz uvale Podstine na otoku Hvaru u svrhu interpretacije okoliša i starosti taloženja. Uzorak je laboratorijski obrađen metodom mokrog prosijavanja uz dodatno usitnjavanje primjenom mješavine zagrijane otopine 30% vodikovog peroksida i sode bikarbone. Na temelju udjela planktonskih i bentičkih foraminifera u uzorku, određena je i izračunata dubina taloženja koja odgovara batijalu. Usporedbom stratigrafskih raspona određenih vrsta planktonskih foraminifera (*Dentoglobigerina venezuelana* Hedberg, 1937, *Subbotina eocaena* Guembel, 1868, *Turborotalia cerroazulensis* Cole, 1928 i *Turborotalia possagnoensis* Toumarkine i Bolli, 1970) zaključeno je da se taloženje odvijalo tijekom mlađeg eocena, odnosno priabona, te naslage odgovaraju zoni P15 - *Porticulasphaera semiinvoluta*, a prema novoj klasifikaciji zoni E14 - *Globigerinatheca semiinvoluta*.

## Literatura

- BOROVIĆ, I., MARINČIĆ, S., MAJCEN, Ž., MAGAŠ, N. (1977): Tumač za list Jelsa K 33-34, Osnovna geološka karta SFRJ, 1: 100 000, Savezni geol. zavod, Beograd, 64 str.
- BOROVIĆ, I., MARINČIĆ, S., MAJCEN, Ž., RAFAELI, P., MAMUŽIĆ, P. (1967-1968) Osnovna geološka karta SFRJ, 1: 100 000, List Vis, Jabuka, Svetac, Biševo K 33-33 (31, 32, 45), Ins. geol. istraž. Zagreb, Savezni geol. zavod, Beograd
- HERAK, M. (1959): Prilog geologiji i hidrogeologiji otoka Hvara, 135-144 str.
- KORBAR, T., MONTANARI, A., PREMEC FUČEK, V., FUČEK, L., COCCIONI, R., MCDONALD, I., CLAEYS, P., SCHULZ, T., KOEBERL, C. (2015): Potential Cretaceous-Paleogene boundary tsunami deposit in the intra-Tethyan Adriatic carbonate platform section of Hvar (Croatia). *Geological Society of America Bulletin*, 10.1130/B31084.1
- MARJANAC, T., BABAC, D., BENIĆ, J., ČOSOVIĆ, V., DROBNE, K., MARJANAC, LJ., PAVLOVEC, R., VELIMIROVIĆ, 7. (1998) Eocene carbonate sediments and sea-level changes on the NE part of Adriatic Carbonate Platforms (Island of Hvar and pelješac Peninsula, Croatia). *Dela-Opera SAZU*, 34, 243-254.
- MATHIEU, R., GRANIER, B., BELLIER, J.-P. (2010): *Short Treatise on Foraminiferology (Essential on modern and fossil Foraminifera)*, 29 str.
- MATSUI, H., NISHI, H., TAKASHIMA, R., KUROYANAGI, M., TAKAYANAGI, H., IRYU, Y. (2016) Changes in the depth habitat of the Oligocene planktic foraminifera (*Dentoglobigerina venezuelana*) included by termocline deepening in the eastern equatorial Pacific, *Paleoceanography*. 31. <https://doi.org/10.1002/2016PA002950>
- SCHWEITZER, C. E., SHIRK, A. M., ČOSOVIĆ, V., OKAN, Y., FELDMANN, R. M., HOSGOR, I. (2007): New species of *Harpactocarcinus* from the Tethyan eocene and their paleoecological setting. *Journal of paleontology*, V. 81, No. 5, 1091 str.

Mrežni izvori:

<https://www.mikrotax.org/pforams/index.html>, pristupljeno 4.6.2021.

[https://www.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2020/11/PREZENTACIJA\\_OGKRH\\_HVAR\\_lowres.pdf](https://www.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2020/11/PREZENTACIJA_OGKRH_HVAR_lowres.pdf), pristupljeno 25.6.2021.