

# Eocenske planktonske foraminifere lokaliteta Jakomići, Pazinski bazen

---

Mužek, Katja

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:806806>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-06**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Katja Mužek

**EOCENSKE PLANKTONSKE FORAMINIFERE  
LOKALITETA JAKOMIĆI, PAZINSKI BAZEN**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

Katja Mužek

**EOCENSKE PLANKTONSKE FORAMINIFERE  
LOKALITETA JAKOMIĆI, PAZINSKI BAZEN**

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

Mentor:  
izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj

Zagreb, 2022.

## IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja, Katja Mužek, studentica Prirodoslovno-  
matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, s prebivalištem na adresi

Hanamanova ulica 20, 10 000 Zagreb,

OIB 86292829895, JMBAG 0119037488


, ovim putem izjavljujem pod materijalnom i kaznenom odgovornošću

da je moj diplomski rad pod naslovom:

Eocenske planktonske foraminifere lokaliteta Jakomići, Pazinski bazen

, isključivo moje autorsko djelo, koje je upotpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu.

U Zagrebu, 23.02.2022.



Potpis

## *Zahvale*

izv. prof. dr. sc. Đurđici Pezelj zahvaljujem na mentorstvu, podršci, pomoći i mnogim sugestijama te strpljenju i razumijevanju.

prof. dr. sc. Vlasti Čosović zahvaljujem na pomoći, izdvojenom vremenu i brojnim stručnim savjetima prilikom mikroskopiranja.

Puno hvala svim profesorima, asistentima i djelatnicima Geološkog odsjeka PMF-a.

Iznimno zahvaljujem dr. sc. Mariji Horvat s Hrvatskog geološkog instituta na uslikanim uzorcima.

Zahvaljujem svim svojim kolegama i prijateljima koji su mi bili velika podrška prilikom svih godina faksa.

Posebice Klari i Renati koje su bile uz mene od samog početka te bez kojih fakultetsko iskustvo ne bi bilo isto.

Također zahvaljujem Danijelu na pomoći i sugestijama prilikom izrade diplomskog rada.

Veliko hvala i mojim prijateljicama Tei, Dorotei i Miji koje mi svojom pozitivom uljepšavaju svaki trenutak.

Najviše i od srca sam zahvalna svojoj obitelji i roditeljima Marini i Mladenu koji su od samih početaka uvijek i pri svakom koraku uz mene. Posebno hvala i mojoj sestri Klari.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

### **Eocenske planktonske foraminifere lokaliteta Jakomići, Pazinski bazen**

**Katja Mužek**

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

#### **Sažetak:**

S ciljem odredbe starosti naslaga te paleoekološke interpretacije okoliša analizirane su naslage lapora s lokaliteta Jakomići u Pazinskom bazenu. Uzorci su laboratorijski obrađeni metodom muljanja te pripremljeni za mikroskopsku analizu kojom su izdvojene planktonske foraminifere od bentičkih. Izračunat je odnos planktona i bentosa nakon kojeg je slijedilo taksonomsko određivanje planktonskih foraminifera na razini vrste. Na temelju preklapanja stratigrafskih raspona određenih vrsta planktonskih foraminifera utvrđena je starost naslaga srednjeg eocena (gornji dio luteta i donji barton) koja pripada zoni E11 *Morozovelloides lehneri*. Na temelju udjela planktonskih foraminifera u zajednici dubina taloženja odgovara okolišu gornjeg dijela kontinentalne padine odnosno gornjem batijalu. Određen je eutrofičan do mezotrofičan okoliš raspona dubine vodenog stupca od površinskog sloja do sloja termokline.

**Ključne riječi:** planktonske foraminifere, srednji eocen, paleoekološka interpretacija, Pazinski bazen, Istra

**Rad sadrži:** IV+67 stranica, 22 slike, 6 tablica, 53 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

**Mentor(i):** izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj

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

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj

**Datum završnog ispita:** 23.02.2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Graduate Thesis

#### Eocene planktonic foraminifera from Jakomići locality, Pazin basin

Katja Mužek

**Thesis completed in:** 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 order to determine the age of the deposits and paleoecological interpretation of the environment, marl samples from the Jakomići locality in the Pazin Basin were analyzed. The samples were laboratory processed by wet sieving method and prepared for microscopic analysis, which separated the planktonic foraminifera from the benthic ones. The relationship between planktonic and benthic foraminifera was calculated, followed by taxonomic determination of planktonic foraminifera at the species level. Based on the overlap of the stratigraphic ranges of planktonic foraminifera species, the age of the Middle Eocene (upper part of the Lutetian and lower Bartonian), E11 zone *Morozovelloides lehneri* was determined. Based on the percentage of planktonic foraminifera in the foraminiferal assemblages, the deposition depth corresponds to the environment of the upper bathyal. The eutrophic to mesotrophic range of the environment from the surface layer of the water column to the thermocline layer was determined.

**Keywords:** planktonic foraminifera, Middle Eocene, paleoecological interpretation, Pazin basin, Istria

**Thesis contains:** IV+67 pages, 22 figures, 6 tables, 53 references

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Central Library of Geology, Department of Geology, Faculty of Science

**Supervisor:** Associate Professor Đurđica Pezelj

**Reviewers:** Full Professor Vlasta Čosović

Full Professor Nenad Tomašić

Associate Professor Đurđica Pezelj

**Date of the final exam:** February 23, 2022.

## Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Pregled dosadašnjih istraživanja.....	3
2.1.	Pregled dosadašnjih istraživanja eocenskih planktonskih foraminifera .....	3
2.2.	Pregled dosadašnjih istraživanja foraminifera Istre .....	5
3.	Geološka građa Istre .....	7
4.	Geografski smještaj i opis profila .....	11
5.	Materijali i metode istraživanja .....	15
5.1.	Laboratorijska priprema uzoraka – metoda razmuljivanja (šlemanja).....	15
5.2.	Pregled materijala i standardizacija uzoraka .....	16
5.3.	Određivanje foraminiferske zajednice .....	17
5.4.	Stupanj očuvanosti.....	17
5.5.	Kriteriji određivanja rodova i vrsta.....	18
5.6.	Odredba starosti naslaga – biostratigrafija eocenskih naslaga.....	19
5.7.	Paleoekološki zahtjevi rodova .....	20
5.8.	Statističke metode.....	22
6.	Sistematika i opisi određenih rodova i vrsta .....	27
7.	Rezultati .....	41
7.1.	Geološki stup Jakomići I.....	41
7.2.	Geološki stup Jakomići II.....	47
8.	Rasprava.....	57
9.	Zaključak.....	61
10.	Literatura.....	62



## 1. Uvod

Foraminifere su jednostanični eukarioti koji žive u svim svjetskim morima i oceanima kao bentički i planktonski organizmi (BOERSMA i sur., 1998). Složenost i specifična obilježja foraminiferskih kućica temelj su njihovog geološkog značaja. Najstarije su foraminifere nađene u donjokambrijskim naslagama dok se u starijoj juri javljaju prve planktonske foraminifere. Kontinuirana evolucija i diversifikacija foraminifera tijekom mezozoika i kenozoika te činjenica da i dalje imaju važnu ulogu u morskom ekosustavu današnjice upućuje na to da foraminifere predstavljaju izuzetnu važnost u biostratigrafiji, paleoekologiji, paleobiologiji, paleoceanografiji te paleoklimatskoj interpretaciji (BOUDAGHER-FADEL, 2012).

Planktonske foraminifere kroz geološko vrijeme pokazuju veliku raznolikost i prilagodljivost, kako u morfologiji svojih kućica tako i u ekologiji. Doživjele su značajnu evoluciju od svojeg prvog razvoja iz bentičkih oblika u juri, a svoj prvi maksimum razvoja doživljavaju u gornjoj kredi kada su planktonski oblici značajno povećali svoju brojnost i raznolikost vrsta. Međutim, krajem krede dogodilo se masovno izumiranje tijekom kojeg je uspjelo preživjeti svega nekoliko vrsta. Unatoč tome iz tih nekoliko preživjelih vrsta proizašla je cjelokupna kasnija paleogenska foraminiferska zajednica koja svoji sljedeći maksimum razvoja doseže u eocenu. Tijekom evolucijskog razvoja morfološka obilježja kućica planktonskih foraminifera su se modificirala kako bi im pružile kompetitivnu prednost za korištenje različitih niša u oceanu. Stoga je razvoj kuglastih klijetki foraminiferama omogućio planktonski način života, dok je razvoj kobilice i ostalih masivnih ukrasa na kućicama doveo do mogućnosti plutanja pri većim dubinama (BOUDAGHER-FADEL, 2012). Planktonske foraminifere plutaju slobodno svjetskim oceanima nošene strujama ili migriraju vertikalno u vodenom stupcu, imaju globalnu rasprostranjenost te zauzimaju širok raspon geografskih i temperaturnih zona. Zbog činjenice da su kozmopoliti odnosno zbog svoje velike geografske rasprostranjenosti, brze i kontinuirane evolucije, velike brojnosti te relativno kratkih stratigrafskih raspona predstavljaju odlične provodne fosile i važne čimbenike u primjeni biostratigrafije.

Epoha eocena predstavlja toplo i klimatski stabilno razdoblje obilježeno visokom razinom mora, a upravo zato i označava period pogodan za razvoj brojnih vrsta planktonskih foraminifera (PREMEC-FUČEK, 2009). Upravo zbog njihove velike brojnosti, ali i kratkih

stratigrafskih rapona i brze evolucije planktonske foraminifere predstavljaju temelj biozonacije eocena.

U ovom diplomskom radu analizirane su planktonske foraminiferske zajednice s lokaliteta Jakomići (Pazinski bazen) u Istri. Glavni ciljevi rada bili su sljedeći:

1. Određivanje rodova i vrsta planktonskih foraminifera.
2. Određivanje pripadajuće eocenske zone tj. starosti naslaga na temelju eocenskih planktonskih foraminifera koristeći se biozonacijom prema BERGGREN & PEARSON (2005).
3. Paleoekološka interpretacija na temelju ekoloških zahtjeva vrsta i indeksa bioraznolikosti.

Ovaj diplomski rad je izrađen u okviru HRZZ projekta Dinaridski predgorski bazen između dva eocenska termalna optimuma: mogući scenarij za sjeveno-jadranski bazen, BREEMECO (IP-2019-04-5775). Slikanje planktonskih foraminifera je obavljeno u Hrvatskom geološkom institutu.

## 2. Pregled dosadašnjih istraživanja

### 2.1. Pregled dosadašnjih istraživanja eocenskih planktonskih foraminifera

Tijekom skoro cijelog 19. stoljeća foraminifere su se smatrale primitivnim organizmima koji se razvijaju vrlo sporo, ako uopće, što je dovelo da pretpostavke da su foraminifere nebitne u biostratigrafskoj primjeni (PEARSON i sur., 2006).

Značajna proučavanja eocenskih planktonskih foraminifera započinju sredinom 20ih godina prošlog stoljeća kada je stratigrafska važnost planktonskih foraminifera došla na vidjelo prilikom naftnih istraživanja (PEARSON i sur., 2006).

CUSHMAN (1923) započinje istraživanje foraminiferskih zajednica stratigrafskog raspona od krede do danas. Istovremeno istraživanja započinju i brojni drugi paleontolozi od kojih treba izdvojiti M. GLAESSNER, N.N. SUBBOTINA i V.G. MOROZOVA. Početkom drugog svjetskog rata istraživanja stagniraju, ali se ponovno nastavljaju krajem 1940ih jednakim ritmom kao i prije. Iako je većina najčešćih eocenskih planktonskih foraminifera opisana u tom razdoblju, opisi su vrlo šturi i kratki, a ilustracije siromašne detaljima za današnje standarde (PEARSON i sur., 2006).

Literatura koja uključuje opise eocenskih planktonskih foraminifera s određenih lokaliteta objavljuje se i u današnje vrijeme. Međutim do 1950-tih, prikupljeno je dovoljno znanja vezanih uz raznolikost eocenskih vrsta i njihovih stratigrafskih raspona te je napisana važna literatura vezana uz planktonske foraminifere eocena. Tri najznačajnija doprinosa iz tog razdoblja su radovi SUBBOTINA i sur. (1953), te BLOW i BANNER (1962). Standard opisa i ilustracija u njihovim djelima znatno je superiorniji nego u prethodnim radovima.

Najvažnija inovacija u taksonomskim određivanjima foraminifera predstavlja izum i početak korištenja SEM (*Scanning electron microscope*) koji prikazuje jedinke pri velikoj rezoluciji te po prvi put omogućuje da tekstura stijenke bude taksonomska značajka. Prve slike eocenskih planktonskih foraminifera putem SEM-a prikazuju BLOW (1969) i FLEISHER (1974).

Još jedan značajan napredak kasnih 1960ih predstavlja projekt bušenja oceanskog dna putem *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) koji je započeo 1968. godine. Značaj planktonskih foraminifera u biostratigrafiji automatski je došao na vidjelo prilikom

istraživanja naslaga oceanskog dna. Prve eocenske planktonske foraminifere prikupljene na taj način opisane su u Atlantskom oceanu.

Značajni doprinos taksonomiji i biostratigrafiji eocenskih planktonskih foraminifera pripisuje se sljedećim autorima: EL NAGGAR (1966), JENKINS (1971), POSTUMA (1971), BERGGREN (1975) te BLOW (1979).

Također, značajno djelo koje obuhvaća koristan pregled taksonomskih i biostratigrafskih podataka pripada TOUMARKINE i LUTHERBACHER (1985).

BERGGREN i sur. (1995) uvode zonaciju eocena na temelju planktonskih foraminifera, a BERGGREN i PEARSON (2005) modificiraju postojeću zonaciju opisujući 16 novih eocenskih zona.

PEARSON i sur. (2006) izlažu sistematičan pregled eocenskih planktonskih foraminifera pod nazivom Atlas eocenskih planktonskih foraminifera u kojem se bave taksonomijom, paleoekologijom, biostratigrafijom i filogenijom planktonskih foraminifera te opisuju rodove i vrste istih.

## 2.2. Pregled dosadašnjih istraživanja foraminifera Istre

Prva istraživanja naslaga Istre vezana uz mikropaleontologiju, točnije foraminifere, pripisuju se SCHUBERT-u (1904). U međuvremenu nije bilo značajnijih istraživanja nego tek 60tih godina prošlog stoljeća kreću intenzivnija istraživanja koja provode GORHBANDT i sur. (1960, 1962) vezana uz naslage eocenskih klastita Pazinskog i Tršćanskog bazena.

MULDINI-MAMUŽIĆ (1960) objavljuje popis planktonskih i malih bentičkih foraminifera Pazinskog bazena, a zatim dvije godine kasnije opisuje foraminifersku zajednicu srednjeg i gornjeg eocena s otoka Raba usporedivši je s istarskom zajednicom. Također, u svojem radu iz 1964. godine istraživanjem eocenskih karbonatnih i klastičnih naslaga Buzeta, Vranja i Paza u Istri provodi biostratigrafsku zonaciju određivši četiri biostratigrafske zone koristeći se planktonskim foraminiferama.

S obzirom na intenzivna mikropaleontološka istraživanja, talijanski autori PICCOLI i PROTO DECIMA (1962) također istražuju foraminiferske zajednice. Istraživanjem klastita s područja Kopra ustanovili su da starost naslaga pripada gornjem eocenu. Nekoliko godina kasnije, točnije 1969. isti autori provode istraživanja planktonske foraminiferske zajednice zapadne Slovenije, Istre i Dalmacije na temelju kojih izdvajaju tri biostratigrafske zone.

KRAŠENINNIKOV i sur. (1968) provode slična biostratigrafska istraživanja širokog područja od Pazina, Buzeta, Gračišća i zapadne Slovenije, preko Dalmacije do paleogenskih naslaga Hercegovine i Crne Gore određivši tri biozone.

ŠIKIĆ i sur. (1969) istražuju naslage Pazinskog bazena te utvrđuju da „Globigerinski lapori“ pripadaju lutetu.

DROBNE i sur. (1979) te PAVLOVEC i sur. (1991) provode detaljna mikropaleontološka i biostratigrafska istraživanja eocenskih naslaga okolice Pićana u Istri. Istraživane naslage obuhvaćaju foraminiferske vapnence te prijelazne naslage koje se sastoje od „Globigerinskih lapora“ i „Lapora s rakovicama“. Najstariji vapnenci pripadaju srednjem kviziju dok je na temelju planktonskih foraminifera i vapnenačkog nanoplanktona određeno da starost klastičnih naslaga pripada srednjem lutetu.

HAGN i sur. (1979) istražuju područje Gračišća gdje su analizirali brojne foraminifere iz gornjeg dijela luteta.

JURAČIĆ (1979.) interpretira paleodubinu ruba Pazinskog bazena na temelju udjela planktonskih foraminifera u „Laporima s rakovicama“.

PREMEC-FUČEK (1995) i PREMEC-FUČEK i sur. (1998) određuju sedam planktonskih foraminiferskih zona (P10-P17) u bušotinama klastičnih naslaga srednjeg i gornjeg eocena s područja sjevernog Jadrana.

ŽIVKOVIĆ (1995, 1996, 2004) te ŽIVKOVIĆ i BABIĆ (2003) istražuju zajednicu malih bentičkih foraminifera iz klastita srednjeg eocena s južnog i sjevernog dijela Pazinskog bazena u svrhu paleoekološke interpretacije.

ĆOSOVIĆ i sur. (2004) opisuju četiri moguća mikrofacijesa u kojima su se taložili foraminiferski vapnenci s područja na Istarskom dijelu Jadranske karbonatne platforme u vrijeme srednjeg eocena.

PREMEC-FUČEK i PEARSON (2006) proučavaju promjene u sastavu zajednica planktonskih foraminifera na granici srednjeg i gornjeg eocena.

HERNITZ KUČENJAK (2008) koristeći se planktonskim foraminiferama određuje biozonaciju oligocenskih naslaga sjevernog Jadrana.

PREMEC-FUČEK (2009) određuje devet biozona eocenskih sedimenata na temelju planktonskih foraminifera u bušotinama Istra more-3, Istra more-4 i Istra more-5. Također provodi izotopnu analizu koja ukazuje na promjenu dubine staništa foraminifera roda *Turborotalia* tijekom njihove ontogenije.

### 3. Geološka građa Istre

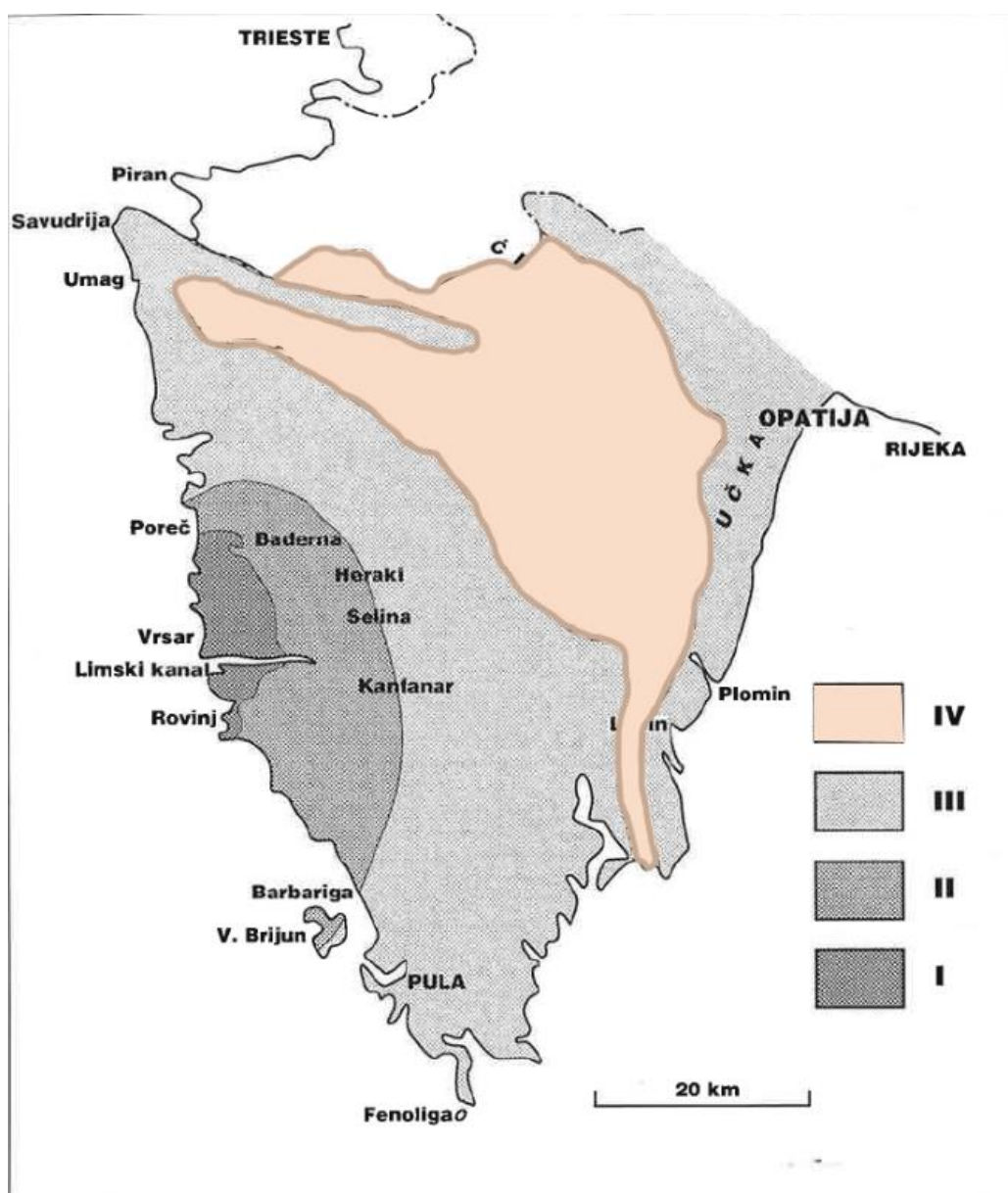
Istarski se poluotok može podijeliti u tri cjeline poznate pod nazivom: Bijela, Siva i Crvena Istra. Bijela Istra predstavlja izdignuto, okršeno područje izgrađeno od kredno-paleogenskih vapnenaca od Plomina preko Učke do Čićarije po čijoj je i boji dobila taj naziv. Siva ili Zelena Istra obuhvaća središnji dio Istre, točnije područje središnjeg dijela fliškog bazena. Naziv dolazi zbog sive boja lapora koji u izmjeni s pješčenjacima tvore fliš. Crvena Istra predstavlja jugozapadni i zapadni dio poluotoka, a naziv je dobila po zemlji crvenici, poznatoj i pod nazivom *terra rossa*, koja velikim dijelom prekriva mlađe jurske, kredne i eocenske karbonate (VELIĆ i sur., 1995).

Istra pripada sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme te je izgrađena od plitkomorskih karbonata stratigrafskog raspona gornji doger-eocen i manjim dijelom paleogenskih klastita-fliša i vapnenačkih breča. Otkrivene naslage u Istri mogu se podijeliti u četiri sedimentacijske cjeline ili megasekvencije (Slika 1), međusobno odijeljene značajnim emerzijama različitog trajanja. Izdvajaju se megasekvencije u sljedećim stratigrafskim rasponima (VELIĆ i sur., 1995):

1. Bat-donji kimeridž
2. Gornji titon-gornji apt
3. Gornji alb-donji kampan
4. Paleocen-eocen

Prve tri megasekvencije pripadaju karbonatnoj platformi, a treća predstavlja bazensku sedimentaciju. Najstarija sedimentacijska cjelina obuhvaća slijed naslaga otkrivenih u području između Poreča, Linskog kanala i Rovinja (Slika 1, megasekvencija I). Temeljne značajke ove megasekvencije su oplićavanje naviše i pokrupnjavanje, što je u vršnom dijelu obilježeno i pojavom regresivnih breča, te konačno i okopnjavanjem s boksitima (VELIĆ, 1995). Sastoji se od tipičnih plitkomorskih vapnenaca taloženih u unutaršnjem, zaštićenom dijelu platforme-u zaštićenim plićacima, plimnim prudovima i lagunama, a u najmlađem dijelu sadržava i mnogobrojne pretaložene fosilne ostatke (hidrozoja, stromatoporoida, koralja, školjkaša i dr.), nastale razaranjem organogenog grebena. Tijekom dugotrajne kopnene faze stijene te megasekvencije bile su izložene okršavanju, a u dubljim dijelovima tako nastalog reljefa taložen je ishodišni materijal za postanak boksita (VLAHOVIĆ i sur., 2005).

Druga megasekvencija (Slika 1, megasekvencija II) započinje u mlađem titonu transgresijom. Nakon postupnog preplavlivanja dotadašnjeg kopna, nastale su prostrane plimne ravnice i zaštićeni plićaci, na kojima su ciklički taloženi muljeviti vapnenci poznati pod nazivom Kirmenjak. Krajem ove taložne jedinice došlo je do promjena taložnih uvjeta iz dotadašnjih izrazito plitkomorskih u nešto dublje, lagunske okoliše u kojima su se taložile velike količine karbonatnog mulja. No oko sredine apta taloženje je u cijelom području Istre prekinuto zbog izrazitog snižavanja morske razine, a naposljetku i okopnjavanja koje je trajalo do sredine alba (VELIĆ i sur., 1995).



Slika 1. Karta Istre s prikazanim megasekvencijama i označenom Pč-E cjelinom (modificirano prema VELIĆ i sur., 1995)



Naslage megasekvencije gornji alb donji kampan (Slika 1, megasekvencija III) odražavaju različite uvjete i okoliše taloženja koji su uglavnom posljedica sinsedimentacijske tektonike. Početak megasekvencije obilježeno je taloženjem u vrlo plitkim morskim okolišima te prijelazom u dubljevodno taloženje u cenomanu. Tijekom turona zapunjava se taložni prostor i uspostavlja se ponovno plitkomorski taložni sustav. Sedimentacijska cjelina završava pojavom kopnene faze tj. emerzijom i izdizanjem zapadnoistarske antiklinale kao posljedicom laramijske orogeneze kojom također započinje i dezintegracija karbonatne platforme (VELIĆ i sur., 1995).

Megasekvencija paleocen-eocen (Slika 1, megasekvencija IV) obuhvaća razmjerno debeli paket karbonatnih i klastičnih naslaga. Najveći dio paleocensko-eocenskih naslaga u Istri nalazi u području Pazinskog bazena i njegovih rubnih dijelova. Taložnje naslaga paleogenske starosti započelo je postupnim preplavlivanjem tektonski deformiranog, tijekom dugotrajne kopnene faze okršenog i reljefno raznolikog kopna. Trajanje emerzije između gornje krede i paleogena bilo je vrlo promjenljivo od područja do područja. Dezintegracijom karbonatne platforme uspostavljeni su različiti taložni okoliši te su različiti članovi paleogenskih naslaga transgresivno taloženi na različite članove kredne podloge. Zato je i slijed paleogenskih naslaga vrlo promjenljiv, kako lateralno tako i vertikalno. Općenito se naslage mogu podijeliti na Liburnijske naslage, foraminiferske vapnence, prijelazne naslage i fliš (VELIĆ i sur., 1995).

Liburnijske su naslage predstavljene slatkovodnim i brakičnim naslagama paleocenske starosti istaložene u najnižim dijelovima paleoreljefa. Porastom morske razine postupno je preplavljen sve veći dio dotadašnjeg kopna te se ponovno uspostavljaju plitkomorski okoliši taloženja s brojnim kućicama foraminifera po kojima se takav slijed naziva foraminiferski vapnenci.

Foraminiferski vapnenci se u Istri dijele na miliolidne, alveolinske, numulitne i diskociklinske vapnence koji dolaze u superpozicijskom odnosu, a stratigrafski pripadaju kraju paleocena, donjem i dijelu srednjeg eocena. Cijeli slijed odgovara izmjeni taložnih okoliša od zaštićenog unutrašnjeg dijela platforme (miliolidni) preko plićih i dubljih shoreface facijesa (alveolinski i numulitni) do dubljeg dijela karbonatne rampe (diskociklinski). Opisani varijeteti nisu na svim dijelovima taložnog prostora potpuno jednake starosti. Ipak, svugdje je vidljiva tendencija produbljanja (VELIĆ i sur., 1995).

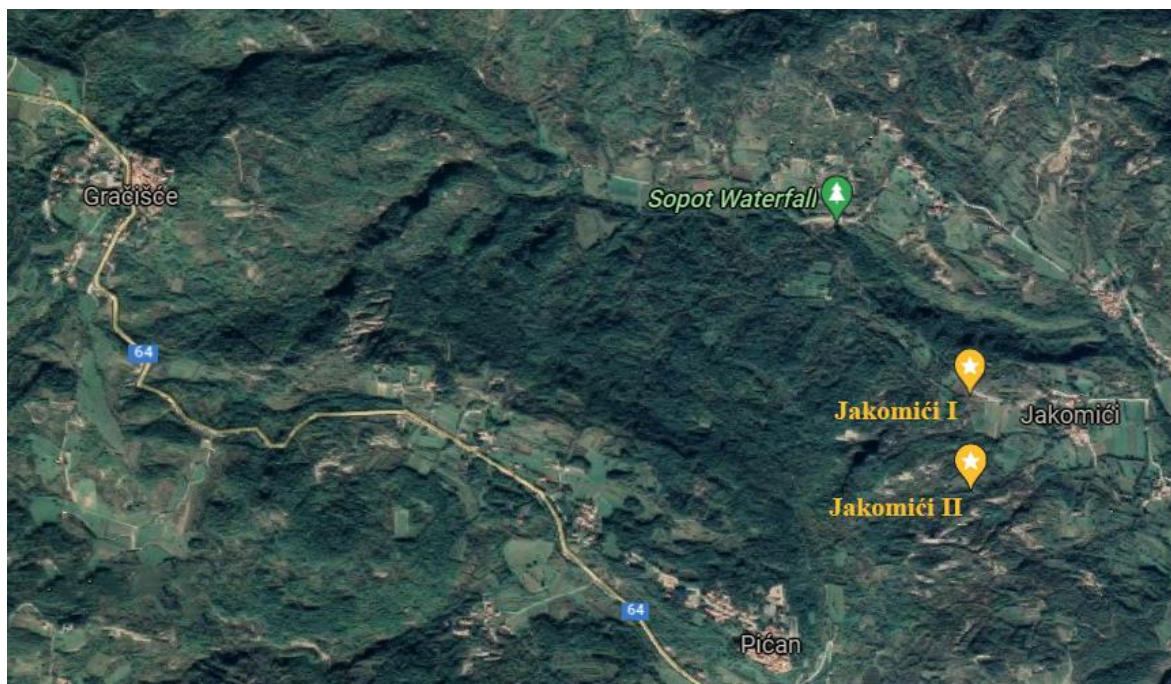
Prijelazne naslage predstavljaju lapore s rakovicama i globigerinske lapore srednje eocenske starosti te zauzimaju manje područje Pazinskog, Labinskog i Plominskog bazena. Slojevi s rakovicama razvijeni u donjem dijelu prijelaznih naslaga i bogati su fosilima-bentičkim i planktonskim foraminiferama čine prijelaz k naglom produbljavanju. Česta je i pojava rakovice roda *Harpactocarinus*. Gornji dio čine naslage lapora s globigerinama s rijetkim ulošcima pješčenjaka. Bogati su planktonskim i malim bentičkim foraminiferama. Na prijelazne naslage kontinuirano se nastavila sedimentacija fliša (ŠIKIĆ i sur., 1973).

Flišne naslage srednjeeocenske do gornjoeocenske starosti zastupljene su u Pazinskom, Labinskom i Plominskom bazenu, Učki te dijelom na Čićariji, a karakterizira ih izmjena slojeva karbonatnih pješčenjaka i tankih slojeva pelagičkih lapora te uložaka breča, konglomerata i slojeva vapnenaca (ŠIKIĆ i sur., 1973). Postupno se izmjenjuju naslage iz gravitacijskih tokova, odnosno mutnih struja i debritnih tokova, te naslage nastale klizanjem nekonsolidiranog sedimenta iz plićih u dublje dijelove bazena. Također, flišne se naslage dijele na gornju i donju flišnu zonu. Donji dio naslaga sadrži slojeve karbonata i lapora, a gornji predstavlja izmjenu karbonatno-siliciklastično slojeva i lapora (BERGANT i sur., 2003). Flišne naslage ispunjavaju veliku paleogensku depresiju središnje Istre koja se proteže od Tršćanskog zaljeva, preko Umaga i Pazina pa sve do Plomina na jugu. Podijeljena je dugačkom i uskom krednom pregradom, koja seže od Savudrije do Buzeta, na dva bazena: Tršćanski i Pazinski. Jedan krak Pazinskog bazena odvaja se u Labinski, odnosno bazen rijeke Raše. Pazinski bazen, zbog svojeg izgleda nazvan Zelena i Siva Istra, ispresijecan je mnogobrojnim duboko usječnim jarugama i dolinama sa periodičnim vodenim tokovima (ŠIKIĆ i sur., 1973).

Tektonskim deformacijama cjelokupnog područja nekadašnje jadranske karbonatne platforme zbog sažimanja prostora povezanog s regionalnim događajima u Alpama i Karpatima stvaraju se duboka korita obilježena taloženjem klastičnih naslaga već navedenih prethodno u radu pod nazivom flišne naslage. Nakon taloženja fliša cijelo je područje okopnjelo. Tijekom tog dugog kopnenog razdoblja sve četiri megasekvencije izložene su površinskome trošenju, okršavanju i eroziji, a dijelom su prekrivene najmlađim sedimentima-crvenicom, eolskim materijalom, kvartarnim brečama i močvarnim sedimentima. (VLAHOVIĆ i sur., 2005).

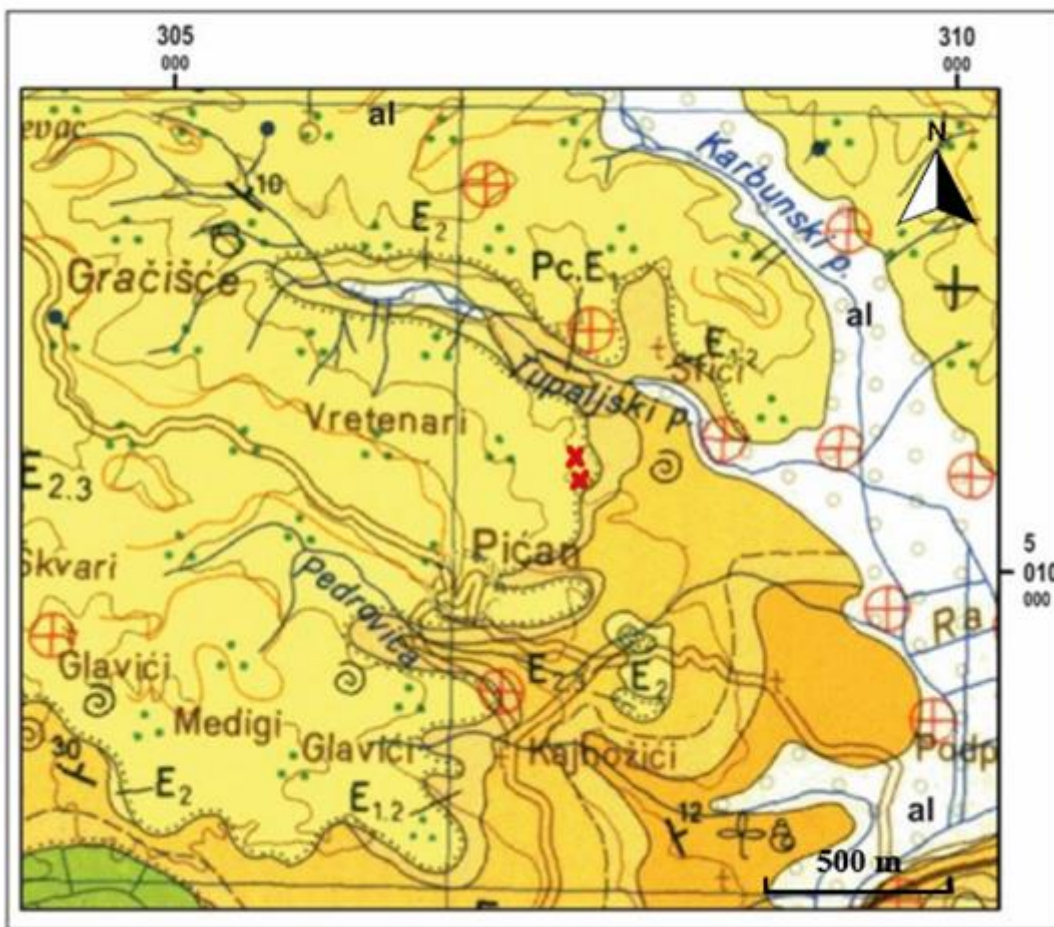
#### 4. Geografski smještaj i opis profila

Uzorci obrađeni i analizirani u ovom diplomskom radu prikupljeni su na dva lokaliteta u blizini naselja Jakomići, smještenom u Općini Pićan, u Istarskoj županiji (Slika 2). Tijekom terenskih istraživanja u lipnju 2021. godine u sklopu BREEMECO projekta, snimljena su dva geološka stupa naziva Jakomići I (45,209153 °N, 14, 0508517 °E) i Jakomići II (45,212595 °N, 14,050880 °E).



Slika 2. Geografski smještaj dva lokaliteta uzorkovanja (preuzeto iz <https://www.google.hr/maps>)

Uvidom u Osnovnu geološku kartu SFRJ M 1:100 000 – list Labin (ŠIKIĆ i sur., 1969) možemo uočiti Liburnijske naslage paleocenske starosti (Slika 3) čiji se slojevi mogu podijeliti na tri dijela: breče, brakične slojeve i mlađe slojeve koji još nisu marinski. Nadalje, prisutni su foraminiferski vapnenci taloženi u Labinskom i Pazinskom bazenu, a u čijoj bazi dolaze miliolidni vapnenci gornjopaleocenske i donjoeocenske starosti. Na području Labinskog i Pazinskog bazena javljaju se i numulitni vapnenci čija fauna pripada donjem eocenu i donjem dijelu srednjeg eocena. S numulitnim vapnencima prestaje karbonatna sedimentacija, a započinje taloženje prijelaznih naslaga prema klastičnoj sedimentaciji. Prijelazne naslage obuhvaćaju laporovite vapnence, karbonatne lapore s rakovicama te lapore i pješčenjake s globigerinama koji pripadaju donjem dijelu srednjeg eocena



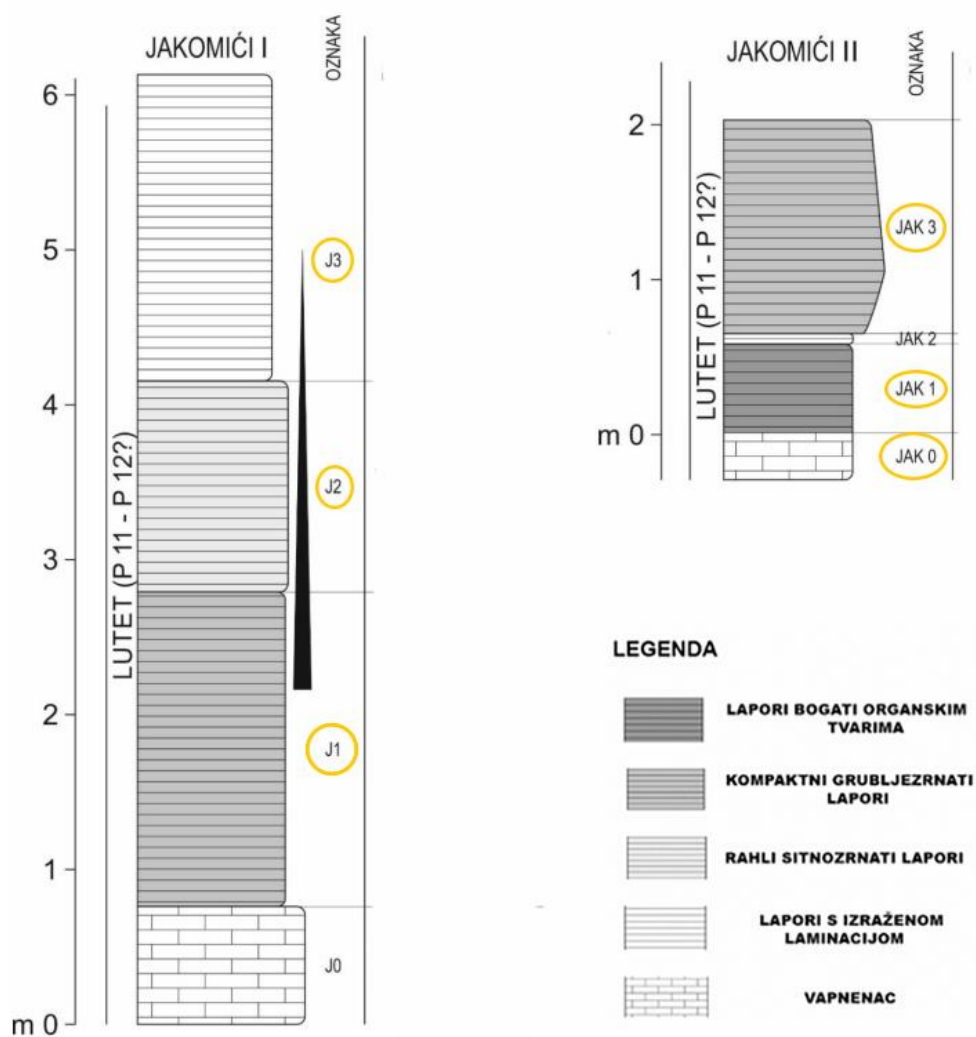
al	aluvijalne naslage: prah, šljunak i pijesak (holocen)
E <sub>2,3</sub>	lapori i pješčenjaci u izmjeni s ulošcima breče, konglomerata, vapnenca i dolomita (srednji i gornji eocen)
E <sub>2</sub>	laporoviti vapnenci i lapori s rakovicama, lapori i pješčenjaci s globigerinama (srednji eocen)
E <sub>1,2</sub>	numulitni vapnenci (donji i srednji eocen)
Pc.E <sub>1</sub>	miliolidni vapnenci (paleocen, eocen)
Pc	Liburnijske naslage (paleocen)
X	područje istraživanja

Slika 3. Isječak iz OGK SFRJ M 1: 100 000 – list Labin s označenim lokacijama istraživanja i pripadajućom legendom (modificirano prema ŠIKIĆ i sur., 1969)

Područje istraživanja smješteno je na flišolikim naslagama koje obuhvaćaju lapore, pješčenjake sa slojevima konglomerata, breča, numulitnih breča i vapnenca te obiluju foraminiferskom faunom (Slika 3). U laporima prevladava plankton koji je većinom autohton. Flišolika serija pripada gornjem dijelu srednjeg eocena i gornjem eocenu, a razvijena je na području Pazinskog i Labinskog bazena kao i na obodima Učke i Čićarije. Dolina rijeke Mirne i doline većih potoka u području klastičnih naslaga Pazinskog paleogenskog bazena ispunjene su aluvijalnim nanosom. Aluvijalne se naslage sastoje od bujičnih nanosa, obalnih šljunaka, sive i crne zemlje te naplavina (ŠIKIĆ i sur., 1973).

Na geološkom stupu Jakomići I (Slika 4) prikupljena u 4 uzorka, od kojih su tri (J1, J2, J3) obrađena u ovom diplomskom radu. Stup je debljine 6m, a uzorkovana je svaka litološka promjena. U donjem dijelu stupa vidljiv je prijelaz iz vapnenaca (uzorak J0) u klastične naslage, točnije u kompaktne grubljezrnate lapore (uzorak J1). Na tim grubljezrnatim laporima leže naslage rahlih sitnozrnatih lapora (uzorak J2) iznad kojih slijede naslage lapora s izraženom laminacijom (uzorak J3).

Geološki stup Jakomići II (Slika 4) ukupne je debljine 2 m, i na njemu su ovisno o litološkim promjenama prikupljena 4 uzorka, od kojih su u ovom diplomskom radu obrađena tri uzorka (JAK0, JAK 1 i JAK3). U bazi stupa se nalazi vapnenac (JAK0) nakon kojeg se također uočava prijelaz u klastične naslage-lapore bogate organskim tvarima (JAK1). Opet tanki sloj lapora s izraženom laminacijom (JAK2) povrh kojih leži debeli slijed naslaga kompaktnih grubljezrnatih lapora (JAK3) (Slika 4).



Slika 4. Shematki prikaz geoloških stupova Jakomići I i Jakomići II i njihove litologije s označenim obrađenim uzorcima

## 5. Materijali i metode istraživanja

### 5.1. Laboratorijska priprema uzoraka – metoda razmuljivanja (šlemanja)

Prije provođenja metode razmuljivanja sedimenata („šlemanja“) uzorci J1, J2, J3, JAK0, JAK1 i JAK3 mase oko 200 g mehanički su usitnjeni geološkim čekićem na dijelove manje od 1 cm. Nakon usitnjavanja slijedilo je razmuljivanje u kojem su odabrani uzorci stavljeni u plastičnu posudu te preliveni toplom vodom i 30%tnom otopinom vodikovog peroksida ( $H_2O_2$ ) u omjeru 3:1 tako da su u potpunosti prekrivali uzorak. Postupak otapanja uzorka u vodi i vodikovom peroksidu trajao je nekoliko dana nakon čega je slijedilo prosijavanje izlivanjem uzorka kroz 4 sita promjera mrežice 500  $\mu m$ , 250  $\mu m$ , 125  $\mu m$  i 63  $\mu m$  (slika 5). Sita se postavljaju jedno na drugo na način tako da sito s najvećim promjerom rupica bude pri vrhu, a ono s najmanjim pri samom dnu. Postupak šlemanja započinje nasipavanjem uzorka na najgornje sito. Prilikom ispiranja uzorka pomoću mlaza vode važno je obratiti pozornost na mogućnost začepljenja mrežice sita i time prelijevanja uzorka iz sita. Cjelokupni postupak šlemanja završava tek kada kroz najsitnije sito prolazi čista voda. Nadalje, izdvojene frakcije na situ prenesene su u zasebne posudice na temelju veličine frakcije. Uzorci su se sušili par dana sve dok materijal nije postao rastresit i takav se spremio u papirnate vrećice.



Slika 5. Četiri sita promjera mrežice 500, 250, 125 i 63  $\mu m$

## 5.2. Pregled materijala i standardizacija uzoraka

Prvi korak koji je slijedio nakon šlemanja bio je pregled materijala na stereoskopskoj lupi Nikon. Svaka je frakcija zasebno pregledana u svrhu prisutnosti mikrofossilnog sadržaja.

Nakon pregleda materijala, a prije početka određivanja foraminifera kompletne je uzorke bilo potrebno standardizirati tehnikom splitanja koristeći mikrospliter (slika 6). Standardizacija se vršila na odabranim frakcijama od 500, 250 i 125  $\mu\text{m}$ , a uključuje podjelu uzorka na dva jednaka dijela, točnije na pod-uzorke sačinjene od otprilike 300 jedinki. Cilj standardizacije je izbjegavanje subjektivnosti u određivanju te se taj postupak odvajanja ponavlja onoliko puta koliko je potrebno da se uzorak umanji i time dobije odgovarajući broj kućica. Završetkom standardizacije uzorci se spremaju u papirnate vrećice s oznakom za standardni uzorak.



Slika 6. Mikrospliter korišten za standardizaciju uzorka



### 5.3. Određivanje foraminiferske zajednice

Standardizirane je uzorke bilo potrebno prebaciti na pliticu. Mikroskopiranje se vršilo pomoću stereoskopske lupe Nikon dok se za odijeljivanje i izdvajanje kućica foraminifera koristila igla i vosak. U uzorcima su se brojale jedinice planktonskih i bentičkih foraminifera. Prvotno su se pomoću igle planktonske foraminifere razdvojile od bentičkih u zasebne kvadratiće u plitici, a zatim su planktonske grupirane na isti način na temelju određenog roda. Nadalje, foraminifere su prebačene u zasebne Frankove ćelije.

Za klasifikaciju planktonskih foraminifera na razini roda i vrste koristila se literatura LOEBLICH & TAPPAN (1987), PREMOLI SILVA i sur. (2003) te PREMOLI SILVA i sur (2006). Primjerci su poslikani pomoću Skenirajućeg elektronskog mikroskopa JEOL SEM s EDS-om i BSE-om na Hrvatskom geološkom institutu.

### 5.4. Stupanj očuvanosti

Nakon uginuća organizma, kućice planktonskih foraminifera tonu prema oceanskom dnu stvarajući foraminiferske ooze i time pridonoseći građi sedimenta. Kućice prilikom tonjenja niz vodeni stupac prema morskom dnu mogu biti podvrgnute brojnim dijagenetskim procesima koji dovode do promjene originalnog izgleda. Stoga je bitno prije taksonomskog određivanja vrsta opisati kućice na temelju njihove očuvanosti koju dijelimo na tri stupnja (PEARSON, 2008):

1. Izvrсна očuvanost-podrazumijeva neoštećene i cjelovite kućice očuvane u originalnom obliku bez mehaničkog ili kemijskog oštećenja, vidljivi su svi ukrasi i strukturni elementi, a fosili se mogu odrediti na razini roda i vrste.
2. Dobra očuvanost-kućice su često izmijenjene na način da su ušće i prostor između klijetki ispunjeni; ukrasi i strukturni elementi su očuvani, ali često reducirani, površina kućice pokazuje znakove trošenja (šecérast izgled), ali i dalje moguća identifikacija na razini roda i vrste.
3. Loša očuvanost-površina kućice je glatka, površinska obilježja su izgubljena odnosno nema više prisutnih ukrasa; kućice su često oštećene: fragmentirane, bioerodirane, deformirane i izmijenjene te ne možemo odrediti niti vrstu niti rod.

### 5.5. Kriteriji određivanja rodova i vrsta

Planktonske foraminifere imaju staklaste kućice čija nam je morfologija važna pri njihovom razlikovanju na razini roda i vrste. Glavni kriteriji za razlikovanje i određivanje rodova i vrsta su sljedeći:

1. oblik kućice
2. oblik i način namatanja klijetki
3. oblik i položaj glavnog ušća
4. raspored i smještaj sekundarnih ušća
5. struktura stijenke

Kućice planktonskih foraminifera variraju u oblicima od kuglastih formi do bikonveksnih te spljoštenih oblika.

S obzirom na način namatanja klijetki razlikujemo trohospiralne, planspiralne te biserijalne i triserijalne kućice planktonskih foraminifera. Foraminiferske se kućice rijetko sastoje od samo jedne klijetke. Obično, kako organizam raste, pridodaje sukcesivno dodatne, progresivno veće klijetke gradeći tako kućicu veće složenosti. Sposobnost plutanja planktonske foraminifere osigurava kuglasta priroda njihovih klijetki no kod dubljevodnih vrsta javlja se i tendencija spljoštenih klijetki.

Nadalje, sljedeći kriterij određivanja predstavlja ušće-otvor na najmlađoj klijetki foraminifere koji omogućava komunikaciju citoplazme s okolinom. Postoje primarna ušća-glavni otvori na zadnjoj klijetki i sekundarna ušća koja predstavljaju dodatne otvore. S obzirom na položaj razlikujemo umbilikalno ušće smješteno blizu umbilikusa (pupka) te intra-ekstraumbilikalno koje se proteže od pupka do vanjskog ruba kućice. Također, ušća mogu biti ukrašena dodatnim strukturama poput zubi, usne, bulom i tegilom. Neki oblici osim primarnih ušća posjeduju i dodatne male otvore zvane sekundarna ušća (BOUDAGHER-FADEL, 2012).

Na osnovu posjedovanja spina na površini kućice razlikujemo dvije osnovne grupe-spinozni i nespinozni tip stijenke. Spine su tanki kalcitni izbojci na površini kućica planktonskih foraminifera koji povećavaju volumen kućice. Takav spinozni tip stijenke javlja se na granici krede i paleogena, a foraminiferama predstavlja važnu evolucijsku prilagodbu koja im je omogućila osvajanje novih ekoloških niša, nov način ishrane i razvoj simbiotskih odnosa. Glavna morfološka karakteristika nespinozne stijenke su kalcitne kvržice poznate pod nazivom murike ili pustule, no nespinozna stijenka može biti i glatka.

(PREMEC-FUČEK, 2009). Poroznost stijenke se dijeli na makroperforatni tip kod kojeg vrste imaju velike pore (2.5-10 μm) i na mikroperforatni koji se sastoji od sitnih pora veličine 0.28-2.5 μm. Nadalje, tekstura stijenke može biti glatka, sačasta-mrežastog izgleda, murikatna-ukrašena murikama, rebrasta i rugozni tip-hrapava, nepravilne ornamentacije.

5.6. Odredba starosti naslaga – biostratigrafija eocenskih naslaga

Za određivanje starosti naslaga u ovom radu je korištena zonacija (Slika 7) prema BERGGREN i PEARSON (2005).

**EOCENE TIME SCALE**

TIME (Ma)	CHRONOS	POLARITY	EPOCH	AGE	CALCAREOUS NANNOPLANKTON		PLANKTONIC FORAMINIFERA									
					Martini (1971)	Bukry (1973-1975)	Berggren et al. (1995)		Berggren and Pearson (this work)							
31	C12n		OLIGOCENE	EARLY	RUPELIAN	NP21	CP16	a	P19	<i>T. ampliapertura</i> IZ	O2	<i>T. ampliapertura</i> HOZ				
32	C12r									P18	<i>Ch. cubensis</i> - <i>Pseudohastigerina</i> spp. IZ	O1	<i>P. naguwichiensis</i> HOZ			
33	C13n											E16	<i>H. alabamensis</i> HOZ			
34	C13r		LATE	PRIABONIAN	NP19-20	CP15		P17	<i>T. cerroazulensis</i> IZ <i>T. cunialensis</i> / <i>Cr. inflata</i> CRZ		E15	<i>G. index</i> HOZ				
35	C16r										P15	<i>Po. semiinvoluta</i> IZ		E14	<i>G. semiinvoluta</i> HOZ	
36	C16n											P14	<i>Tr. rohri</i> - <i>M. spinulosa</i> PRZ		E13	<i>M. crassata</i> HOZ
37	C17n		MIDDLE	BARTONIAN	NP17	CP14		P13	<i>Gb. beckmanni</i> TRZ		E12	<i>O. beckmanni</i> TRZ				
38	C18n															
39	C18r															
40	C18n		LUTETIAN	NP16	CP13	c		P12	<i>M. lehneri</i> PRZ		E11	<i>M. lehneri</i> PRZ				
41	C19r													E10	<i>A. topilensis</i> PRZ	
42	C20n															
43	C20r		EARLY	YPRESIAN	NP15	CP12	b		P11	<i>Gb. kugleri</i> / <i>M. aragonensis</i> CRZ		E9	<i>G. kugleri</i> / <i>M. aragonensis</i> CRZ			
44	C21n															
45	C21r															
46	C21n		NP14	CP11	a		P10	<i>H. nuttalli</i> IZ		E8	<i>G. nuttalli</i> LOZ					
47	C22n															
48	C22r															
49	C23n		NP13	CP10	a		P9	<i>Pt. palmerae</i> - <i>H. nuttalli</i> IZ		E7	<i>A. cuneicamerata</i> LOZ					
50	C23r															
51	C24n															
52	C23r		NP12	CP9	b		P8	<i>M. aragonensis</i> / <i>M. formosa</i> CRZ		E6	<i>A. pentacamerata</i> PRZ					
53	C24n															
54	C24r															
55	C24n		NP11	CP8	a		P7	<i>M. formosa</i> / <i>M. lensiformis</i> / <i>M. aragonensis</i> ISZ		E5	<i>M. aragonensis</i> / <i>M. subbotinae</i> CRZ					
56	C24r															

Slika 7. Prikaz eocenskih zona na temelju planktonskih foraminifera i vapnenačkog nanoplanktona (preuzeto iz BERGGREN i PEARSON, 2005)

Razvojem paleoekologije, a samim time i biostratigrafije BERGGREN i PEARSON (2005) definiraju odnosno ažuriraju prethodnu biostratigrafsku zonaciju eocena temeljenu na planktonskim foraminiferama (Slika 7). Ukupno je opisano 16 novih eocenskih zona koje zamjenjuju prijašnjih 13 zona izrađenih od strane BERGGREN i sur., 1995. Te novonastale zone predstavljaju predložak za taksonomska i filogenetska istraživanja jednako kao i za određivanje starosti uzoraka s prisutnim planktonskim foraminiferama. Preklapanjem

stratigrafskih raspona prisutnih foraminifera u uzorku se dobiva određena zona, a time i starost naslaga.

Ukupan broj vrsta planktonskih foraminifera prisutan u zonama srednjeg eocena iznosi otprilike 65.

#### 5.7. Paleoekološki zahtjevi rodova

Paleontološka interpretacija obuhvaća rekonstrukciju okoliša u kojem je organizam živio odnosno prepoznavanje načina života organizma na temelju ekoloških faktora. Drugim riječima, svaka se zajednica odlikuje određenom ekologijom tj. odgovara određenoj vrsti uvjeta u okolišu. Tijekom evolucije planktonske su foraminifere razvile niz ekoloških zahtjeva i prilagodbi tipičnih za pojedine rodove i vrste te zauzele niz ekoloških niša u oceanu čime su osigurali svoj opstanak, a time i uvelike pridonijele istraživanju i interpretaciji okoliša. Stoga nije neobično da upravo rodovi i vrste planktonskih foraminifera zbog svoje izražene osjetljivosti na podražaje i promjene biotičkih i abiotičkih faktora predstavljaju vrlo korisne čimbenike prilikom paleoekoloških istraživanja.

Glavni ekološki čimbenici kojima je ograničena horizontalna i vertikalna rasprostranjenost planktonskih foraminifera su (ŽIVKOVIĆ, 2004):

- 1) Temperatura – povezana s geografskom širinom i porastom dubine
- 2) Salinitet – povezan s gustoćom vode (temperatura i količina otopljenih soli), a time i utječe na mogućnost plutanja
- 3) Primarna produkcija – ovisi o količini i vrsti nutrijenata i intenzitetu svjetla što je povezano s količinom hrane (zooplankton, fitoplankton i organski detritus)

Brojnost organizma u određenom okolišu ovisi o količini raspoloživih nutrijenata. S obzirom na količinu nutrijenata razlikujemo tri tipa okoliša koji nastanjuju planktonske foraminifere, a to su:

- Oligotrofični okoliši: vrlo stabilan okoliš siromašan hranom i nutrijentima, ali bogat kisikom gdje je prisutna velika bioraznolikost, a mala dominacija formi; nedostatak hrane nadomještaju prisutnošću endosimbionata; većina nastanjuje niske geografske širine te se smatraju indikatorima toplijih okoliša-rodovi *Acarinina*, *Globigerinatheka*
- Eutrofični okoliši: okoliši s puno nutrijenata, a malo kisika; prisutno puno formi, velika je dominacija, a bioraznolikost je mala; nastanjuju ga oportunističke vrste planktonskih foraminifera koje imaju veliku dominaciju u visokim geografskim širinama i time su indikatori hladnijih okoliša –rodovi *Dentoglobigerina*, *Tenuitella*, *Paragloborotalia*, *Subbotina*
- Mezotrofični okoliši: okoliši sa osrednjim udjelom nutrijenata, a nastanjuju vrste sa širokim rasponom uvjeta od oligotrofičnih do eutrofičnih– rodovi *Acarinina*, *Turborotalia* (ŽIVKOVIĆ, 2004).

Ekologija različitih rodova i vrsta u dubokomorskim okolišima usko je povezana s njihovom preferencijom dubine staništa u vodenom stupcu (ŽIVKOVIĆ, 2004). SHACKLETON i sur. (1985) i PEARSON i sur. (1993) dijele fosilne planktonske foraminifere na:

- Vrste koje su nastanjivale miješani površinski sloj vodenog stupca obasjan sunčevim zrakama gdje su temperature najveće – rodovi *Acarinina*, *Globigerinatheka*, *Tenuitella*, *Dentoglobigerina*
- Vrste koje su obitavale u području termokline gdje je intenzitet i prodor sunčevih zraka ograničen, a temperatura naglo opada – rodovi *Subbotina*, *Turborotalia*
- Vrste koje su bili stanovnici mračnog i hladnog dubokooceanskog prostora gdje je uvijek prisutna niska konstantna temperatura

## 5.8. Statističke metode

S ciljem paleoekološke interpretacije foraminiferske zajednice koriste se statističke odnosno kvantitativne metode istraživanja. Te metode nam omogućavaju računanje pojedinih ekoloških indeksa koji nam pružaju uvid o uvjetima okoliša u kojima su te foraminifere živjele. Za izračunavanje ekoloških parametara koristi se računalni program PAST (PAleontological STatistics, HAMMER i sur., 2001).

### 1) Zastupljenost vrsta

Svaka vrsta foraminifere povećati će svoju populaciju u najoptimalnijim uvjetima okoliša pogodnim za njene zahtjeve. Na temelju ekoloških zahtjeva pojedinih vrsta foraminifera te računanjem zastupljenosti pojedine vrste u uzorku možemo dobiti značajne podatke o okolišu u kojem je proučavana foraminiferska zajednica živjela. S obzirom na prisutnost pojedine vrste u uzorku MURRAY (1991) je definirao klasifikaciju zastupljenosti prema slijedećim vrijednostima:

- a) Dominantne vrste - vrste koje prevladavaju u uzorku s udjelom većem od 10 %
- b) Srednje zastupljene vrste - vrste koje su zastupljene u rasponu od 4 do 10 %
- c) Rijetko zastupljene vrste - vrste koje su prisutne u rasponu vrijednosti od 1 do 4 %
- d) Vrlo rijetko zastupljene vrste - vrste koje su zastupljene manje od 1 %

### 2) Bogatstvo vrsta

Bogatstvo vrsta ili broj vrsta (S) podrazumijeva broj različitih vrsta u određenom uzorku. To je najjednostavniji način procjene bioraznolikosti te nam pruža uvid u raznolikost vrsta planktonskih i bentičkih foraminifera u određenom uzorku.

Unatoč svojoj jednostavnosti i važnosti pri određivanju bioraznolikosti i uspoređivanju zajednica, bogatstvo vrsta ne uzima u obzir obilje jedinki po pojedinoj vrsti što predstavlja jedan od nedostataka ovog mjerenja. Ne ukazuje nam na prave podatke o raširenosti i učestalosti vrsta tj. u kojoj mjeri je koja vrsta zastupljena kojim brojem jedinki. Također, još jedan nedostatak ovog parametra predstavlja činjenica da broj vrsta ovisi o veličini uzorka ili određenog područja. Drugim riječima, što je veći broj jedinki u uzorku veći je i broj vrsta. Proporcionalnost tih dvaju stavki dokazuje kako ovaj način mjerenja ne prikazuje reprezentativnu sliku stvarnih uvjeta u okolišu već ovisi o unaprijed određenoj količini uzorka ili veličini područja proučavanja.

## 3) Simpsonov indeks dominacije

Simpsonov indeks dominacije nije osjetljiv na promjene bogatstva vrsta te nam ukazuje na vjerojatnost da će dvije jedinke slučajno odabrane iz iste zajednice pripadati različitim vrstama. Služi za procjenu raznolikosti, a uzima u obzir broj vrsta jednako kao i obilje tj. brojnost jedinki svake pojedine vrste. Izračunava se na sljedeći način:

$$D_s = \sum (n_i(n_i-1)/N(N-1))$$

Pri čemu je  $D_s$  Simpsonov indeks,  $n_i$  broj jedinki vrste 1, a  $N$  ukupan broj jedinki u zajednici. Vrijednosti variraju u rasponu od 0 do 1 gdje rezultat 0 predstavlja najveću raznolikost tj. kada su sve vrste jednako zastupljene, a 1 zajednicu s najmanjim stupnjem raznolikosti gdje u potpunosti dominira samo jedna vrsta. Ovaj je indeks u radu izražen kao komplementarna forma  $1 - D$  te vrijednosti rastu s porastom raznolikosti.

## 4) Fisherov indeks

Fisherov je indeks prema MURRAY-u (1991) najčešće korišten indeks te predstavlja važan pokazatelj bioraznolikosti zajednice jednako kao i mjeru za salinitet. U obzir uzima broj vrsta prema broju jedinki, a izračunava se prema formuli:

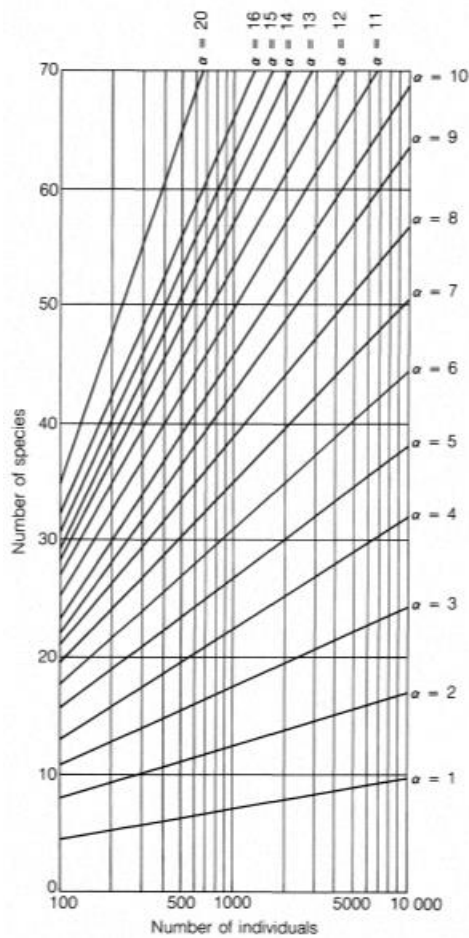
$$S = \alpha \ln(1 + n/\alpha)$$

Pri čemu  $S$  predstavlja broj vrsta,  $n$  broj jedinki, a  $\alpha$  Fisherov indeks. Prednost Fisherovog indeksa je ta da se vrijednosti lako mogu iščitati iz standardnog grafikona pomoću odnosa broja vrsta i broja jedinki (Slika 8) (MURRAY, 1991).

Određeni rasponi  $\alpha$  indeksa karakteristični za pojedine okoliše prema MURRAY-u (1991):

- <1-5 za brakične močvare
- <1-2 za morske močvare
- <1-7 za hipersaline močvare
- <1-3 za brakične mangrove
- <1-5 za brakične lagune
- 3-12 za marinske lagune
- <1-6, rijetko 7, za hipersaline lagune
- 3-19 za unutarnji šelf, H(S) 0,6-2,75
- 5-19 za vanjski šelf, H(S) 0,6-2,75

- 1-22 za gornji i donji batijal, H(S) 0,75-4,1



Slika 8. Graf za određivanje Fisherovog indeksa pomoću odnosa broja vrsta spram broja jedinki (MURRAY, 1991)



### 5) Shannon-Wienerov indeks

Shannon-Wienerov indeks pripada skupini informatičko-statističkih indeksa, a uzima u obzir omjer broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici. Daje nam uvid o učestalosti ili rijetkosti vrsta unutar zajednice te se koristi radi usporedbe raznolikosti različitih zajednica i okoliša. Izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$H'(S) = - \sum p_i \ln(p_i)$$

Pri čemu je **S** je ukupni broj vrsta u uzorku, **i** ukupan broj jedinki jedne vrste, a **p** broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u uzorku/zajednici.

Maksimalna vrijednost ovog indeksa je kad zajednica sadrži vrste koje su jednoliko zastupljene tj. vrste koje su zastupljene jednakim brojem jedinki. S druge strane, minimalna se vrijednost postiže kada je prisutna samo jedna vrsta u zajednici. Vrijednosti indeksa iznose od 1.5 do 3.5, a rijetko prelaze 4.5 (MURRAY, 1991). Veća je vrijednost indeksa što je zajednica u većoj mjeri ujednačena, dok je vrijednost indeksa manja što je veća dominacija tj. kada je ujednačenost zajednice manja.

### 6) Indeks ekvitabilnosti

Indeks ekvitabilnosti ili ujednačenosti predstavlja indeks sličnosti udjela tj. zastupljenosti vrsta. Pomoću indeksa ujednačenosti možemo objektivno procijeniti dominaciju vrste unutar zajednice, a time nam ukazuje i na njenu raznolikost. Vrijednosti se kreću od 0 (kad zajednica sadrži samo 1 vrstu) do 1 (zastupljene vrste imaju jednak broj jedinki, nema prisutnosti dominantne vrste). Indeks ujednačenosti se računa prema formuli:

$$E = H / \log(S)$$

gdje je **H(S)** Shannon-Wienerov indeks, a **S** ukupan broj vrsta u uzorku tj. zajednici.

### 7) Omjer planktonskih i bentičkih foraminifera

Prije izdvajanja bentičkih od planktonskih foraminifera bilo je potrebno odrediti omjer planktonskih i bentičkih foraminifera koji koristimo kao mjeru za procjenu dubine taložnog bazena. P/B omjer predstavlja kvantitativni omjer između broja planktonskih jedinki prema ukupnom broju jedinki. Kod metode odnosa P/B udaljavanjem od obale i rastom dubine broj se planktonskih foraminifera povećava dok broj bentičkih opada. Drugim riječima, produkcija planktonskih je najveća na pučini te udio jedinki planktonskih foraminifera raste od 0% u plitkomorskim sredinama do 90% u pelagijalu. Odnos planktona i bentosa se izražava kao udio planktonskih foraminifera u zajednici te je jednostavna metoda jer ne zahtjeva taksonomsko određivanje foraminifera, a izračunava se prema sljedećoj formuli:

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

MURRAY (1991) je izradio generalnu podjelu mogućih okoliša na temelju odgovarajućih vrijednosti odnosa planktonskih i bentičkih foraminifera koja se koristi prilikom interpretacije podataka, a glasi:

- Unutrašnji šelf (0-50 m): prisutna vrlo mala raznolikost, odnos plankton/bentos iznosi <20:>80
- Srednji šelf (50-100 m): zajednica niske raznolikosti, udio plankton/bentos iznosi 10-60:90-40
- Vanjski šelf (100-200 m): neke vrste zastupljene sa svim veličinama kućica dok su neke samo s juvenilnim kojih je visok udio u zajednici, odnos plankton/bentos iznosi 40-70:60-30
- Gornji dio kontinentalne padine/gornji batijal (>200 m): prisutne sve veličine jedinki, od juvenilnih do adultnih, maksimalna raznolikost zajednice, odnos plankton/bentos iznosi >70:<30

## 6. Sistematika i opisi određenih rodova i vrsta

Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker & Jones 1862

Familija HEDBERGELLIDAE Loeblich & Tappan 1961

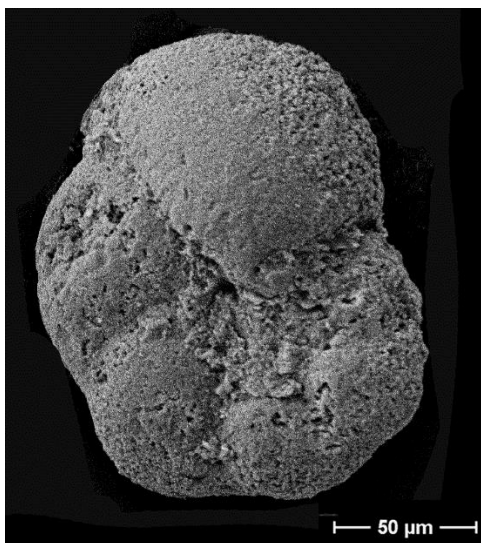
Rod *Turborotalia* Cushman & Bermudez, 1949 (Slika 9, 10)

### 1) Opis:

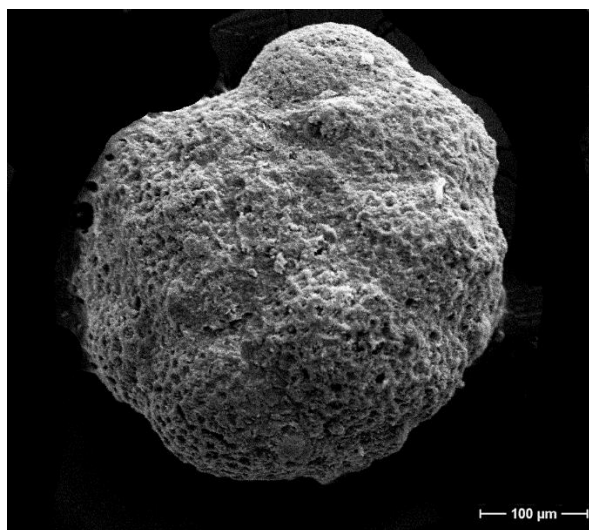
- Tip stijenke: varira od glatke do murikatne ili slabo sačaste; normalna veličine pora
- Morfologija kućice: trohospiralna, varira od kuglaste i napuhnute do jako spljoštene i bikonveksne; primarno ušće umbilikalno-ekstraumbilikalno, najčešće visoko nadstvođeno u obliku luka; prisutna imperforatna kobilica kod nekih vrsta.

2) Razlikovna obilježja: prisutne različite morfologije kućica; od ostalih eocenskih rodova razlikuje umbilikalnim do ekstraumbilikalnim položajem ušća te glatkom stijenkom koja ponekad može biti slabo sačasta.

3) Stratigrafski raspon: donji eocen do oligocen (PEARSON i sur., 2006).



Slika 9. *Turborotalia* sp.  
(umbilikalna strana)



Slika 10. *Turborotalia* sp.  
(spiralna strana)

*Turborotalia frontosa* (Subbotina, 1953)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: Slabo saćasta spinozna s ispučnim cilindričnim murikama na ranijim klijetkama dok su mlađe klijetke glatke.
- Morfologija kućice: Trohospiralna; globigerinidnog oblika u posljednjem zavoju koji se sastoji od 3-3<sup>1/2</sup> klijetke; klijetke su napuhnute, radijalno spljoštene, brz porast u veličini gdje zadnja klijetka zauzima polovicu veličine kućice; suture su na spiralnoj strani ravne, umjereno udubljene; ušće je široko smješteno umbilikalno do ekstraumbilikalno no ne doseže rub kućice, u obliku je visokog luka, često obrubljeno izraženom usnom; na umbilikalnoj strani suture su povijene i udubljene.

- 2) Razlikovna obilježja: Razlikuje se od svih vrsta roda *Subbotina* zbog svoje murikatne teksture stijenke, po visokom ušću u obliku luka i blago spljoštenoj zadnjoj klijetki. Od vrste *T.possagnoensis* i ostalih vrsta *Turborotalia* razlikuje se po kuglastom obliku klijetki i globigeridnoj morfologiji u adultnom stadiju.
- 3) Stratigrafski raspon: Donji do srednji eocen, javlja unutar zone E7, a traje do gornjeg dijela zone E11 (PEARSON i sur., 2006).
- 4) Geografska rasprostranjenost: kozmopolitska vrsta.

*Turborotalia pomeroli* (Toumarkine & Bolli, 1970)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: glatka, normalno perforatna s cilindričnim kvržicama oko umbilikusa blago saćasta na ranijim klijetkama.
- Morfologija kućice: Velika, visoko do umjereno trohospiralna, kuglasta s 4 (ponekad 5) klijetki u posljednjem zavoju; klijetke su napuhnite, radijalno jako spljoštene, rastu umjereno po veličini, s posljednjom klijetkom koja je najčešće ravna i spljoštena te nadodana visoko u spirali tako da nadsvođuje umbilikus; ušće je visoko u obliku nepravilnog luka smješteno umbilikalno do ekstraumbilikalno, može dosezati rub kućice; suture su na spiralnoj strani povijene i udbljene jednako kao i na umbilikalnoj strani.

2) Razlikovna obilježja: razlikuje od *T. frontosa* i *T. possagnoensis* po više spljoštenim klijetkama, posjeduje veću kućicu i ima najmanje četiri klijetke u posljednjem zavoju.

3) Stratigrafski raspon: srednji eocen, donji dio zone E9 sve do kraja zone E16 (PEARSON i sur., 2006).

4) Geografska rasprostranjenost: kozmopolitska vrsta, jednako raširena u tropskim i umjerenim krajevima.

*Turborotalia possagnoensis*, Toumarkine & Bolli, 1970 (Slika 11, 12)

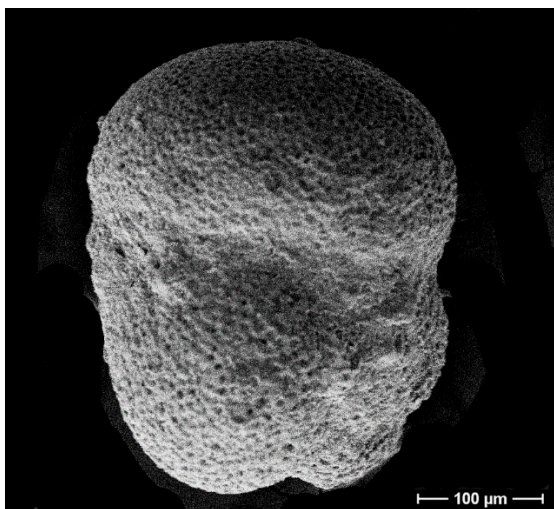
## 1) Opis:

- Tip stijenke: blago sačasta na starijim klijetkama, mlađe klijetke glatke s cilindričnim kvržicama
- Morfologija kućice: trohospiralna, spljoštena s 3 (rijetko s 3<sup>1/2</sup>) klijetke u posljednjem zavoju; klijetke napuhnute, jako radijalno spljoštene, povećavajući se umjereno u veličini; ušće je široko u obliku niskog luka smješteno u umbilikalnom do ekstraumbilikalnom položaju, dorzalne suture ravne ili blago povijene, udubljene, ventralne suture blago povijene, udubljene.

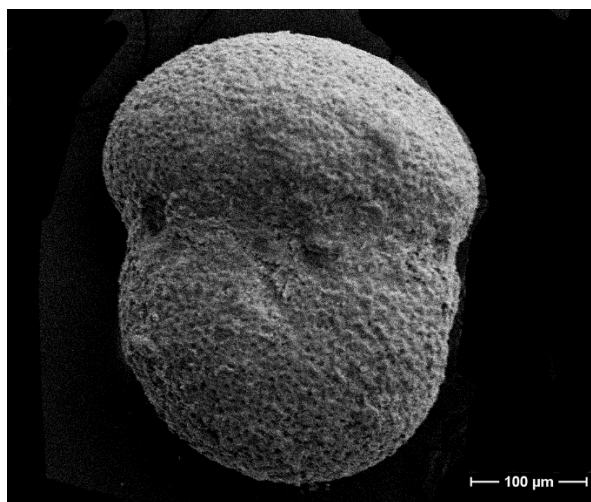
2) Razlikovna obilježja: Razlikuje od *T.frontosa* po spljoštenoj najmlađoj klijetki što je razlog kvadratnog oblika kućice, po broju klijetki u zadnjem zavoju te po sitnije perforiranoj teksturi stijenke. Od *T.pomeroli* razlikuje se po uglastijem obrubu kućice te manjem broju klijetki u posljednjem zavoju.

3) Stratigrafski raspon: srednji eocen, sredina zone E9 do gornjeg dijela zone E11 (PEARSON i sur., 2006).

4) Kozmopolitska vrsta



Slika 11. *Turborotalia possagnoensis*  
(umbilikalna strana)



Slika 12. *Turborotalia possagnoensis*  
(bočna strana)

Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker & Jones 1862

Familija GLOBIGERINIDAE Carpenter, Parker & Jones 1862

Rod *Globigerinatheka* Brönnimann 1952

1) Opis:

- Tip stijenke: spinozna, sačasta
- Morfologija kućice: polukuglasti do kuglasti oblik kućice; starije klijetke nisko trohospiralno povijene, mlađe klijetke većinom streptospiralno namotane, posljednja klijetka većih dimenzija ima tendenciju obuhvatiti prijašnje zavoje, posljednja klijetka prekriva i umbilikalno područje; suture su udubljene, radijalne; primarno ušće u ranom stadiju interiomarginalno, umbilikalno, a kasnije se javljaju sekundarna ušća koja mogu biti prekrivena bulama različitih veličina.

2) Razlikovna obilježja: rod okarakteriziran srednjom do velikom kućicom polukuglastog do kuglastog oblika s višebrojnim sekundarnim ušćima koja su najčešće prekrivena bulom.

3) Stratigrafski raspon: od donjeg dijela srednjeg eocenske zone E8 do eocensko oligocenske granice (PEARSON i sur., 2006).

*Globigerinatheka barri* Brönnimann, 1952

## 1) Opis:

- Tip stijenke: spinozna, sačasta s cilindričnim porama
- Morfologija kućice: polukuglasta do kuglasta; nisko do srednje trohospiralna u prva dva zavoja, zatim streptospiralna u posljednjem zavoju sastojeci se od četiri polukuglaste klijetke; posljednja klijetka napuhnuta te prekriva umbilikalno područje prethodnih klijetki; primarno ušće nije vidljivo u adultnom stadiju, umjesto toga prisutna su tri malen polukružna sekundarna ušća na presjeku sutura između tri klijetke na posljednjem zavoju i bazi najmlađe klijetke; sekundarna ušća prekrivena malenim bulama.

2) Razlikovna obilježja: okarakterizirana sekundarnim ušćima prekrivenim bulom; razlikuje od *G.mexicana* zbog manjeg broja klijetki na prvom zavoju, po više udubljenim suturama te manjoj spljoštenijoj najmlađoj klijetki koja obuhvaća trećinu cijele kućice za razliku one od roda *G.mexicana* koja zaokuplja polovinu. Od roda *G.kugleri* razlikuje po više kuglastoj kućici, obris kućice u manjoj mjeri lobulatan/resast a više kompaktan.

3) Stratigrafski raspon: pripada srednjem eocenu, javljajući se u srednjem dijelu zone E9 protežući se sve do zone E14 (PEARSON i sur., 2006).



*Globigerinatheka kugleri* (Bolli, Loeblich & Tappan, 1957)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: spinozna, saćasta
- Morfologija kućice: izduženog kuglastog blago trokutastog oblika; resastog obrisa; početni zavoj čvrsto namotana sastojeći se od nepoznatog broja vrlo malenih kuglastih klijetki; drugi zavoj puno labaviji s četiri kuglaste klijetke koje se postupno povećavaju velikom brzinom; posljednji zavoj sastoji od četiri znatno veće klijetke kuglaste klijetke; pretposljednja klijetka je dvostruko veća od prethodne a upola veličine posljednje klijetke; suture su ravne, poprilično udubljene; primarno ušće je oblika niskog luka dok su sekundarna ušća smještena u bazi posljednje klijetke pokriveni malenim blago napuhnutim bulama.

2) Razlikovna obilježja: razlikuje od roda *G.mexicana* zbog svojeg izduženog kuglastog oblika i polutrokutastog resastog obrisa kućice tj. manje kompaktnog izgleda, zbog svojih izraženih i udubljenih sutura.

3) Stratigrafski raspon: pojavljuje u bazi zone E9 i proteže do vrha zone E13 (PEARSON i sur., 2006).

4) Geografska rasprostranjenost: tropska do umjerena podneblja

Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker & Jones 1862

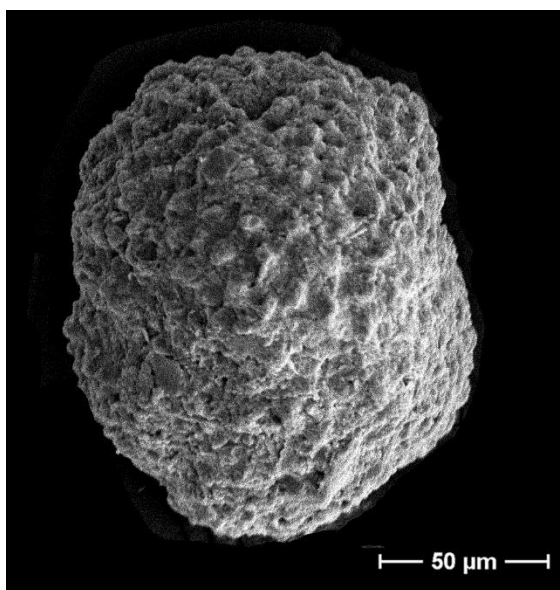
Familija TRUNCOROTALOIDIDAE Loeblich & Tappan, 1961

Rod *Acarinina* Subbotina, 1953

*Acarinina bullbrooki*, Bolli, 1957 (Slika 13)

1) Opis:

- Tip stijenke: izrazito murikatna, nespinozna
  - Morfologija kućice: četvrtasta, uglasta, niskotrospiralna; 4 napuhnute, blago obgrljene polusferične klijetke u posljednjem zavoju; suture umbilikalne strane ravne i udubljene; ušće niski otvor koji se proteže do periferije kućice, ali ju ne doseže; spiralna strana s polumjesečastim klijetkama raspoređenih u 2 do 2 i pol zavoja; suture spiralne strane blago povijene.
- 2) Razlikovna obilježja: ova se vrsta prepoznaje po četvrtastoj kućici sačinjenoj od usko stisnutih i obgrljenih klijetki, uglastoj periferiji te murikatnoj stijenki
- 3) Stratigrafski raspon: zona E7 do E11 (PEARSON i sur., 2006)
- 4) Geografska rasprostranjenost: kozmopolitska vrsta

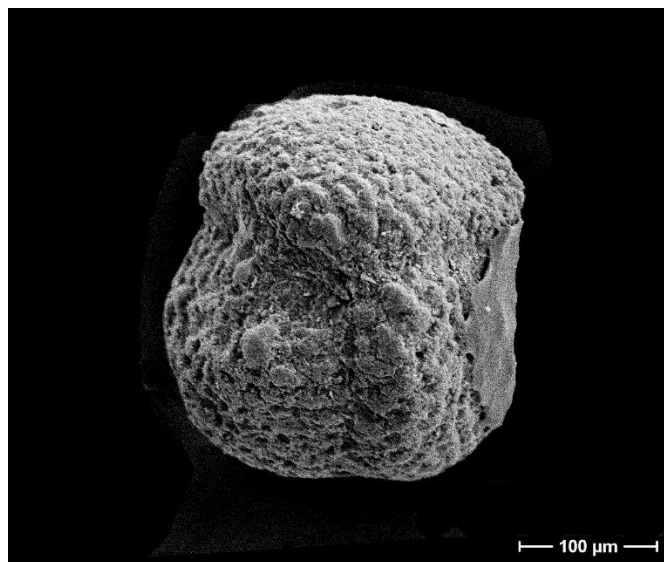


Slika 13. *Acarinina bullbrooki* (umbilikalna strana)

*Acarinina pseudotopilensis* Subbotina, 1953 (Slika 14)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: gusto murikatna, nespinozna
  - Morfologija kućice: polučetvrtasta do poluovalna, slabo resasti obris; 4 napuhnute klijetke u posljednjem zavoju; umbilikalne suture izražene udubljene/usječene; ušće smješteno umbilikalno-ekstraumbilikalno u obliku niskog luka protežući se do periferije kućice, često obrubljeno tankom usnom; 10 do 12 klijetki na spiralnoj strani raspoređene u dva do tri zavoja; stariji zavoji blago uzdignuti; klijetke duže nego šire, postepeno se povećavajući; kod nekih individua najmlađa klijetka izrazito napuhnuta pravokutnog oblika; spiralna strana blago uzdignuta.
- 2) Razlikovna obilježja: okarakterizirana klijetkama pravokutnog ili klinastog oblika u posljednjem zavoju; gusto murikatna tekstura stijenke.
- 3) Stratigrafski raspon: baza zone E1 do zone E7 (PEARSON i sur., 2006).
- 4) Geografska rasprostranjenost: široko rasprostranjena vrsta u tropskim i suptropskim krajevima.

Slika 14. *Acarinina pseudotopilensis* (umbilikalna strana)

## Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

## Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker &amp; Jones 1862

## Familija GLOBIGERINIDAE Carpenter, Parker &amp; Jones 1862

Rod *Paragloborotalia* Cifelli, 1982

## 1) Opis:

- Tip stijenke: sačasta, *sacculifer*-tip teksture, spinozna
  - Morfologija kućice: vrlo nisko trohospiralna; kuglasti, kompaktni, polučetvrtasti do četvrtasti obris; spiralna strana vidljive 4 do 5 kuglastih klijetki koje se prvo povećavaju velikom brzinom a onda umjereno; najmlađa klijetka može biti umanjena, spljoštena ili blago udubljena; suture i na spiralnoj i na umbilikalnoj strani su ravne i blago udubljene; na umbilikalnoj strani 4 do 5 kuglaste obgrljene klijetke; ušće je umbilikalno-ekstraumbilikalno u obliku niskog luka, obrubljeno uskom, odebljanom usnom.
- 2) Razlikovna obilježja: rod se raspoznaje po vrlo niskoj trohospiralnoj kućici te ušću u obliku niskog luka smještenog umbilikalno-ekstraumbilikalno; u posljednjem zavoju prisutne su 4 do 5 klijetki.

*Paragloborotalia nana* Bolli, 1957

## 1) Opis:

- Tip stijenke: sačasta, *sacculifer* tip, spinozna
- Morfologija kućice: vrlo nisko trohospiralna kućica, četvrtastog obrisa; kuglaste klijetke, jako napuhnete i obgrljene; na spiralnoj strani četiri, ponekad četiri i pol klijetke u posljednjem zavoju koje se polagano povećavaju; suture blago udubljene i ravne; posljednje četiri klijetke čine otprilike  $\frac{3}{4}$  ukupne veličine kućice, najmlađa klijetka može biti blago reducirana; na umbilikalnoj strani prisutne četiri, također ponekad četiri i pol kuglaste klijetke; suture udubljene i ravne formirajući udubljenje u obliku križa; ušće umbilikalno-ekstraumbilikalno oblika niskog luka koje se proteže do periferije kućice, a okruženo zadebljanom usnom.

- 2) Razlikovna obilježja: malena vrsta koju prepoznajemo po istaknutoj usni koja okružuje ušće, po četiri klijetke u posljednjem zavoju koje se polagano povećavaju, po kompaktnom i četvrtastom izgledu, po tipičnom uzorku križa koji tvore ravne, udubljene suture s umbilikalne i spiralne strane.
- 3) Stratigrafski raspon: prva pojava zapisana u zoni E13 pa sve do donjeg miocena (BLOW, 1979; TOUMARKINE & LUTERBACHER, 1985).
- 4) Geografska rasprostranjenost: od niskih do srednjih širina.

#### Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

#### Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker & Jones 1862

#### Familija GLOBOQUADRINIDAE Blow, 1979

#### Rod *Dentoglobigerina* Blow, 1979

- 1) Opis:
  - Tip stijenke: saćasta, nespinozna
  - Morfologija kućice: trohospiralna; kuglasti, blago lobulatan obris; posljednja klijetka blago nagnuta prema umbilikusu; primarno ušće je umbilikalno s asimetričnim trokutastim zubom.
- 2) Razlikovna obilježja: rod okarakteriziran trohospiralno navijenom kućicom, saćastom, nespinoznom teksturom stijenke, umbilikalnim ušćem ukrašenim zubom; broj klijetki u posljednjem zavoju varira između tri i pol do šest; klijetke su polukuglaste do blago spljoštene.
- 3) Stratigrafski raspon: zona E13 do sredine pliocena.
- 4) Geografska rasprostranjenost: globalna od srednjih do niskih širina.

#### *Dentoglobigerina galavisi* Bermudez, 1961

- 1) Opis:
  - Tip stijenke: saćasti, nespinozni
  - Morfologija kućice: trohospiralna kućica, kuglasti do ovalni obris, klijetke kuglastog oblika, na spiralnoj strani prisutne tri i pol ovalne

klijetke u posljednjem zavoju, povećavajući se naglo; suture na spiralnoj strani umjereno udubljene, ravne do blago povijene; s umbilikalne strane prisutne tri i pol ovalne klijetke koje se povećavaju velikom brzinom; uture vrlo udubljene i ravne; ušće obrubljeno tankom, nepravilnom usnom.

- 2) Razlikovna obilježja: ovalne klijetke koje okružuju umbilikus; ušće s nepravilnom usnom trokutastog oblika.
- 3) Stratigrafski raspon: zona E13 do oligocenske zone O6.
- 4) Geografska rasprostranjenost: raširena vrsta pri niskim i umjerenim širinama.

#### Red FORAMINIFERIDA Eichwald 1830

#### Superfamilija GLOBIGERINACEAE Carpenter, Parker & Jones 1862

#### Familija GLOBIGERINIDAE Carpenter, Parker & Jones, 1862

#### *Subbotina corpulenta* (Subbotina, 1953)

##### 1) Opis:

- Tip stijeke: kancelatna, spinozna
  - Morfologija kućice: umjereno visoko trohospiralna, lobulatnog obrisa, klijetke su joj kuglastog oblika; na spiralnoj strani prisutne četiri do četiri i pol kuglaste klijetke u posljednjem zavoju povećavajući se postepeno; suture umjereno udubljene, ravne do blago povijene; na umbilikalnoj strani prisutan jednak broj klijetki kao i na spiralnoj makar često je najmlađa klijetka reducirana prekrivajući umbilikus, sličeci na bulu; ušće umbilikalno.
- 2) Razlikovna obilježja: ova se vrsta razlikuje od ostalih zbog svojih većih dimenzija, lobulatnim obrisom kućice, kuglastim klijetkama te posljednjom klijetkom usmjereno preko umbilikusa.
  - 3) Stratigrafski raspon: Zona E7 do zona O1?/P18? (Pearson i sur., 2006).
  - 4) Geografska rasprostranjenost: globalna pri niskim do umjerenim širinama.

*Subbotina hagni* (Gohrbandt, 1967)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: kancelatna, spinozna; *ruber/sacculifer* tip teksture.
  - Morfologija kućice: nisko trohospiralna, četvrtastog obrisa, kuglaste klijetke; na spiralnoj strani prisutne četiri kuglaste pomalo obgrljene klijetke u posljednjem zavoju povećavajući se umjerenom brzinom; suture pomalo udubljene, ravne; na umbilikalnoj strani prisutne četiri do četiri i pol kuglaste klijetke koje se također umjereno povećavaju; ušće u obliku luka smješteno umbilikalno do ekstraumbilikalno, obrubljeno tankom, nepravilnom usnom.
- 2) Razlikovna obilježja: četvrtasta kućica, kuglaste obgrljene klijetke, ušće u obliku luka obrubljeno tankom, nepravilnom usnom.
  - 3) Stratigrafski raspon: od zone E7 do zone 16 (Pearson i sur., 2006).
  - 4) Geografska rasprostranjenost: niske do umjerene širine.

*Subbotina linaperta* (Finlay, 1939)

## 1) Opis:

- Tip stijenke: simetrično kancelatna, spinozna, *sacculifer* tip teksture.
  - Morfologija kućice: nisko trohospiralna, kuglastog oblika i zaobljenog obrisa; spiralna strana posjeduje  $3-3\frac{1}{3}$  kuglastih klijetki u posljednjem zavoju koje se povećavaju velikom brzinom; suture su blago do umjereno udubljene, ravne do blago povijene; posljednja najmlađa klijetka pokazuje veću širinu nego visinu te posjeduje spljošten izgled; ušće oblika niskog luka smješteno umbilikalno do ekstraumbilikalno obrubljeno tankom, pravilnom usnom.
- 2) Razlikovna obilježja: velika i spljoštena posljednja klijetka; ušće ekstraumbilikalno obrubljeno izraženom usnom;  $3-3\frac{1}{3}$  kuglaste klijetke u posljednjem zavoju.
  - 3) Stratigrafski raspon: zona E5 do zona E16 (Pearson i sur., 2006).
  - 4) Geografska rasprostranjenost: kozmopolitska vrsta; tipična za razdoblje srednjeg eocena pri visokim širinama.

*Subbotina eocaena*, Guembel, 1868 (Slika 15, 16)

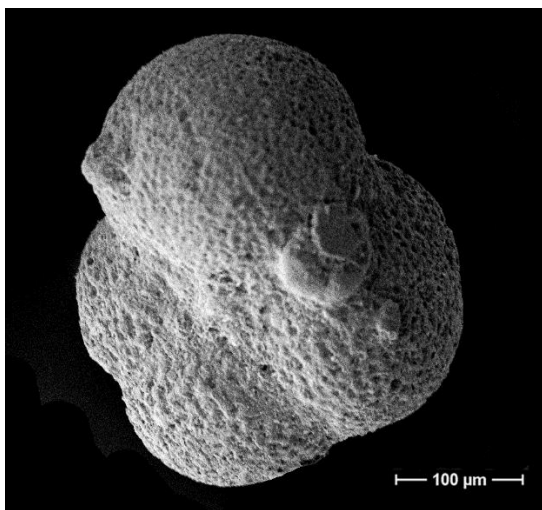
## 1) Opis:

- Tip stijenke: kancelatna, spinozna, *rubber/sacculifer* tup teksture stijenke.
- Morfologija kućice: nisko trohospiralna, kuglastog i ovalnog obrisa, klijetke kuglastog oblika; spiralna strana u posljednjem zavoju posjeduje  $3\frac{1}{2}$  do 4 kuglaste obgrljene klijetke koje se povećavaju velikom brzinom; suture umjereno udubljene, ravne do blago povijene; umbilikalna strana posjeduje  $3\frac{1}{2}$  kuglaste klijetke koje se brzo povećavaju; maleni umbilikus okružen klijetkama; ušće umbilikalno do blago ekstraumbilikalno, obrubljeno tankom, nepravilnom usnom.

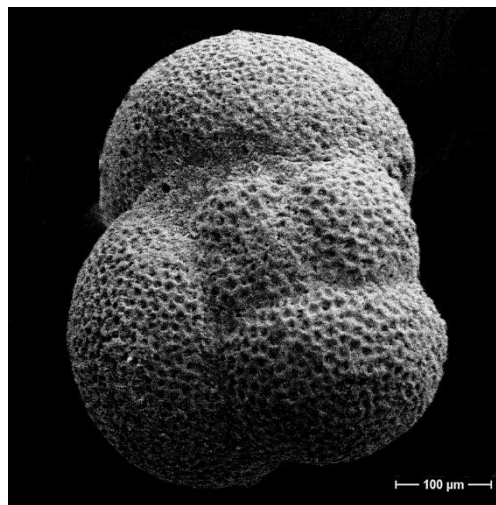
2) Razlikovna obilježja: vrsta je okarakterizirana kuglastim, obgrljenim klijetkama u broju od  $3\frac{1}{3}$  do 4 u posljednjem zavoju.

3) Stratigrafski raspon: zona E6 do O1 (Pearson i sur., 2006).

4) Geografska rasprostranjenost: globalna pri niskim do umjerenim širinama.



Slika 15. *Subbotina eocaena*  
(umbilikalna strana)



Slika 16. *Subbotina eocaena*  
(spiralna strana)



## 7. Rezultati

### 7.1. Geološki stup Jakomići I

Sa lokaliteta Jakomići I obrađena su metodom muljanja tri uzorka lapora (J1, J2 i J3). Pregledom materijala pod stereoskopskom lupom, uzorci J1 i J2 utvrđeni su nepogodnim za daljnju analizu foraminiferske zajednice te određivanje na razini vrste. Prvo je pregledan uzorak J1 po frakcijama:

Frakcija 500  $\mu\text{m}$  u potpunosti je sterilna, sastoji se samo od jednoličnih fragmenata sedimenta, bez prisutnosti fosilnog materijala.

U frakciji 250  $\mu\text{m}$  također nema prisutnosti fosilnog materijala već samo fragmenti sedimenta.

U frakciji 125  $\mu\text{m}$  uočeno je nekoliko oblika no vrlo loše očuvanih bez vidljive forme; prisutni su fragmenti sedimenta.

Frakcija 63  $\mu\text{m}$  također sadrži prisutne loše očuvane kućice čije forme nisu vidljive najbolje.

Pregledom uzorka J2 opisane su sljedeće frakcije:

Frakcija 500  $\mu\text{m}$  odlikuje prisutnošću fragmenata sedimenta različitih veličina; prisutnost popratnog materijala (spikule spužvi).

U frakciji 250  $\mu\text{m}$  također prisutni fragmenti sedimenti te manjim dijelom fosilni materijal.

U frakciji 125  $\mu\text{m}$  uočeno je da među fosilnim materijalom prevladavaju planktonski oblici.

U najmanjoj frakciji uočene su planktonske i bentičke foraminifere koje su zapunjene te fragmentirane; prisutne spikule spužvi.

Suprotno tome, uzorak J3 je tijekom pregleda materijala utvrđen pogodnim za daljnju analizu foraminiferske zajednice te određivanje iste na razini vrste. Pregledom je materijala također utvrđeno da su frakcije 500, 250 i 125  $\mu\text{m}$  najviše pogodne za daljnju analizu s obzirom da je ustanovljeno da u materijalu većinski prevladavaju planktonske foraminifere.

Pregledom materijala uzorka J3 opisane su frakcije izdvojene metodom muljanja:

Frakcija veličine 500  $\mu\text{m}$  sadrži fragmente sedimenta različitih veličina. Uočene su bentičke foraminifere lećastog oblika i planspiralno namotane involutne kućice. Prisutne foraminifere dobro su očuvane jer su suture na površini kućice vidljive i izražene. Međutim, ušća su im zapunjena.

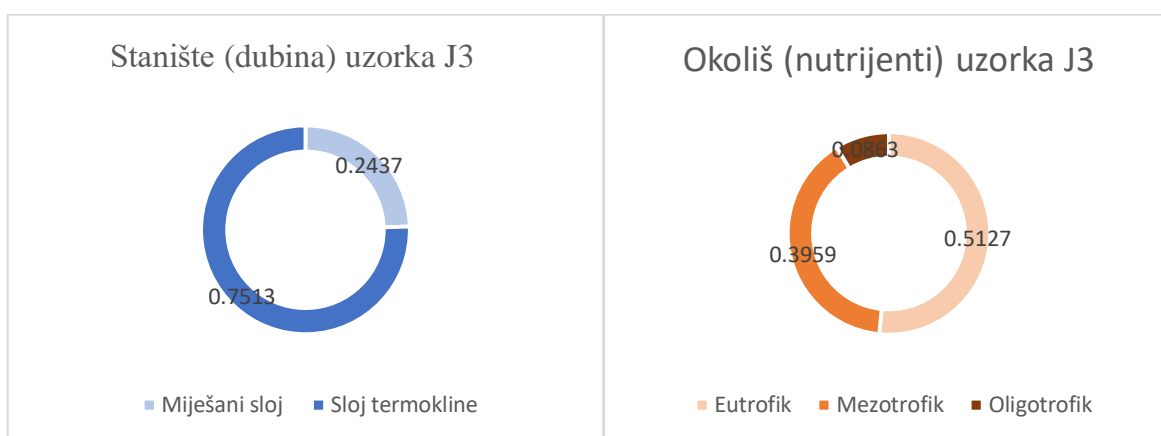
U frakciji veličine 250  $\mu\text{m}$  prisutan je mali broj fragmenata sedimenta, a veliki broj kućica foraminifera. Osim dobre očuvanosti kućica može se uočiti da planktonski oblici prevladavaju nad bentičkim. Od bentičkih su uočene triserijalno namotane kućice te planspiralno involutne. Zamijećeni rodovi bentičkih foraminifera su *Lenticulina* i *Uvigerina*. Prevladavajući plankton obuhvaća rodove *Turborotalia*, *Globigerinatheka* i *Subbotina*. Uočena fragmentirana bodlja ježinca.

Frakcija 125  $\mu\text{m}$  također se ističe brojnošću i većim postotkom planktonskih foraminifera nad bentičkim. Od bentičkih oblika uočeni su rodovi *Uvigerina*, *Bolivina* i *Lenticulina*. Uočeni planktonski rodovi su *Subbotina*, *Turborotalia* i *Acarinina*. U ovoj je frakciji prisutan i popratni materijal poput fragmentiranih bodlji ježinaca.

U najmanjoj frakciji veličine 63  $\mu\text{m}$  također je prisutan popratni materijal-bodlje ježinaca, a plankton i ovdje prevladava nad bentičkim oblicima.

U uzorku J3 nakon tehnike splitanja izdvojeno sveukupno 234 jedinki foraminifera od kojih njih 197 čine planktonsku foraminifersku zajednicu, a njih 37 bentičku (Tablica 1). Računanjem omjera planktonskih i bentičkih foraminifera dobivene su vrijednosti pomoću kojih se mogla odrediti dubina taloženja. Ukupan postotak prisutnih planktonskih foraminifera u foraminiferskoj zajednici uzorka J3 iznosi 84.19%. Prema modelu MURRAY (1991) ustanovljeno je da ta vrijednost odgovara okolišu gornjeg dijela kontinentalne padine odnosno gornjem batijalu.

Također, na temelju ekoloških zahtjeva određenih vrsta planktonskih foraminifera izračunat je udio pojedinih vrsta u zajednici na osnovu njihove ekološke preference. U uzorku J3 udio vrsta koje nastanjuju miješani sloj čini 31% dok 69% unutar foraminiferske zajednice zauzimaju stanovnici sloja termokline (Slika 17a). Ukupno 10 vrsta preferira mezotrofične uvjete okoliša dok vrste roda *Turborotalia* preferiraju eutrofične do mezotrofične uvjete. Računajući udjele (uzevši u obzir vrste roda *Turborotalia* kao stanovnike eutrofika) dobivamo da 38% zajednice preferira eutrofične okoliše, a 63% mezotrofične (Slika 17b).



Slika 17 a, b. Grafički prikazi udjela vrsta u zajednici prema dubini i količini nutrijenata

Kućice planktonskih foraminifera dobro su očuvane te se mogu odrediti na razini roda i vrste, iako su izmijenjene tako da su ušće i prostor između klijetki zapunjeni. Od planktonskih foraminifera ukupno je određeno sedam rodova i deset vrsta (Tablica 1).

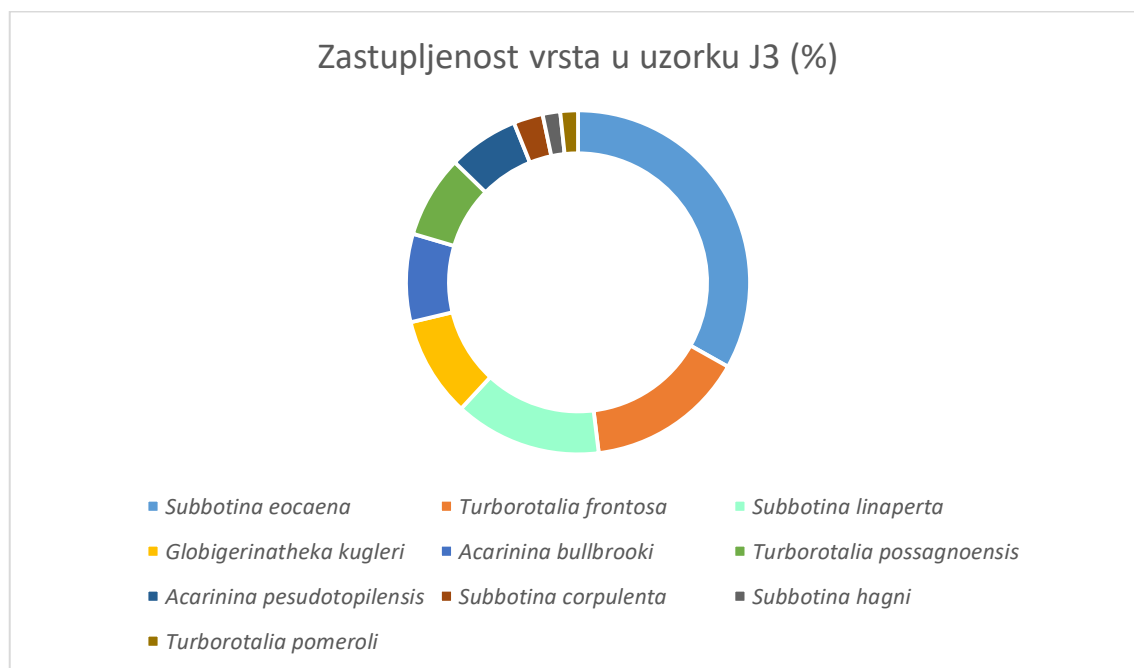
Tablica 1. Broj jedinki i zastupljenost planktonskih i bentičkih foraminifera u zajednici te paleoekološki zahtjevi planktonskih foraminifera preuzetih prema BOUDAGHER-FADEL (2012), PREMEC-FUČEK (2009), HERNETZ-KUČENJAK i sur. (2006), PEARSON i sur. (2006) te ŽIVKOVIĆ (2004)

VRSTA	BROJ JEDINKI	ZASTUPLJENOST (%)	STANIŠTE (DUBINA)	OKOLIŠ (NUTRIJENTI)
<i>Acarinina bullbrooki</i> (Bolli, 1957)	15	6.41	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Acarinina pseudotopilensis</i> (Subbotina, 1953)	12	5.13	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Acarinina sp.</i>	2	0.01	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Globigerinatheka kugleri</i> (Bolli, Loeblich & Tappan 1957)	17	7.26	Miješani površinski sloj	Oligotrofični
<i>Globonomalina sp.</i>	2	0.01	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Paragloborotalia nana</i> (Bolli 1957)	1	0.004	Gornji dio termokline	Eutrofik
<i>Subbotina eoacaena</i> (Guembel 1868)	60	25.64	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina linaperta</i> (Finlay, 1939)	25	10.68	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina sp.</i>	5	0.02	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina corpulenta</i> (Subbotina, 1953)	5	0.02	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina hagni</i> (Gohrbandt, 1967)	3	0.01	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Turborotalia frontosa</i> (Subbotina, 1953)	27	11.54	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia possagnoensis</i> (Toumarkine & Bolli, 1970)	14	5.98	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia sp.</i>	3	0.01	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia pomeroli</i> (Toumarkine & Bolli, 1970)	3	0.01	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Tenuitella sp.</i>	2	0.01	Miješani sloj (gornji dio vodenog stupca)	Eutrofik
Ukupno (plankton)	197	84.19		
Bentos	37	15.8		
UKUPNO	234	100		

Jedinke roda *Subbotina* najbrojnije su u zajednici planktonskih foraminifera sa zastupljenošću od 41.89% nakon koje slijedi rod *Turborotalia* s udjelom od 20.09%. Rodovi *Acarinina* i *Globigerinatheka* zastupljeni su s 12.39% i 7.26%. Maleni udjeli od 0.85% pripadaju rodovima *Globonomalina* i *Tenuitella*, dok najmanju zastupljenost ima rod *Paragloborotalia* s 0,43%. Udio bentičkih foraminifera u zajednici iznosi 15.8%.

Uzorkom J3 dominiraju vrste *Subbotina eocaena* sa zastupljenošću u vrijednosti od 25.64%, *Turborotalia frontosa* s udjelom od 11.54% te *Subbotina linaperta* s 10.68%. Srednju zastupljenost imaju sljedeće vrste: *Globigerinatheka kugleri* sa 7.26%, *Acarinina bullbrooki* sa 6.41%, *Turbototalia possagnoensis* sa 5.98% te *Acarinina pseudotopilensis* sa 5.13%. *Subbotina corpulenta*, *Subbotina hagni*, *Turborotalia pomeroli* te *Paragloborotalia nana* pripadaju vrlo rijetko zastupljenim vrstama (Slika 18).

U uzorku J3 bogatstvo vrsta iznosi 16, ujednačenost iznosi 0.5936, Fisherov  $\alpha$  indeks 4.121, Simpsonov indeks dominacije 0.8508, a Shannon-Wienerov 2.251.



Slika 18. Grafički prikaz zastupljenosti vrsta u uzorku J3 izraženom u postocima

Za određivanje starosti naslaga prikupljenih na lokalitetu Jakomići korišteni su stratigrafski rasponi planktonskih foraminifera preuzeti iz PEARSON i sur. (2006), a biostratigrafska zonacija se vršila prema BERGGREN & PEARSON (2005). U uzorku J3 izdvojeno je 10 vrsta planktonskih foraminifera prikladnih za određivanje biostratigrafske zone i starosti uzorka (Tablica 2). Određena je starost naslaga koja pripada srednjem eocenu-gornji dio luteta i donji barton. Također je utvrđeno da uzorak J3 pripada zoni E11 - *Morozovelloides lehneri* (BERGGREN & PEARSON, 2005)

Tablica 2. Prikaz stratigrafskih raspona pojedinih vrsta planktonskih foraminifera te njihovo preklapanja u zoni E11

	EOCEN							
	SREDNJI						GORNJI	
	LUTET			BARTON			PRIABON	
	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15-E16
Berggren & Pearson (2005)								
<b>VRSTE</b>								
<i>Acarinina bullbrooki</i>								
<i>Globigerinatheka kugleri</i>								
<i>Paragloborotalia nana</i>								
<i>Subbotina eocaena</i>								
<i>Subbotina linaperta</i>								
<i>Subbotina corpulenta</i>								
<i>Subbotina hagni</i>								
<i>Turborotalia frontosa</i>								
<i>Turborotalia possagnoensis</i>								
<i>Turborotalia pomeroli</i>								

## 7.2. Geološki stup Jakomići II

U istom istarskom naselju Jakomići, nedaleko od mjesta gdje je snimljen prvi stup, prikupljeni su uzorci vapnenca JAK0 i lapora JAK1 i JAK3 koji su potom mehanički usitnjeni te provedeni kroz metodu muljanja. Pregledom materijala utvrđeno je da su uzorci JAK1 i JAK3 pogodni za daljnju mikroskopsku analizu prisutne foraminiferske zajednice dok se uzorak JAK0 nije pokazao prikladnim zbog svoje šture i siromašne mikrofosilne faune te prevladavajućih fragmenata sedimenta.

### Uzorak JAK1

Prilikom pregleda materijala uzorka JAK1 opisane su frakcije dobivene metodom muljanja:

U frakciji veličine 500  $\mu\text{m}$  većinski su prisutni fragmenti sedimenta no prisutno je i nekoliko kućica foraminifera, međutim vrlo loše očuvane jer im forme nisu najbolje vidljive.

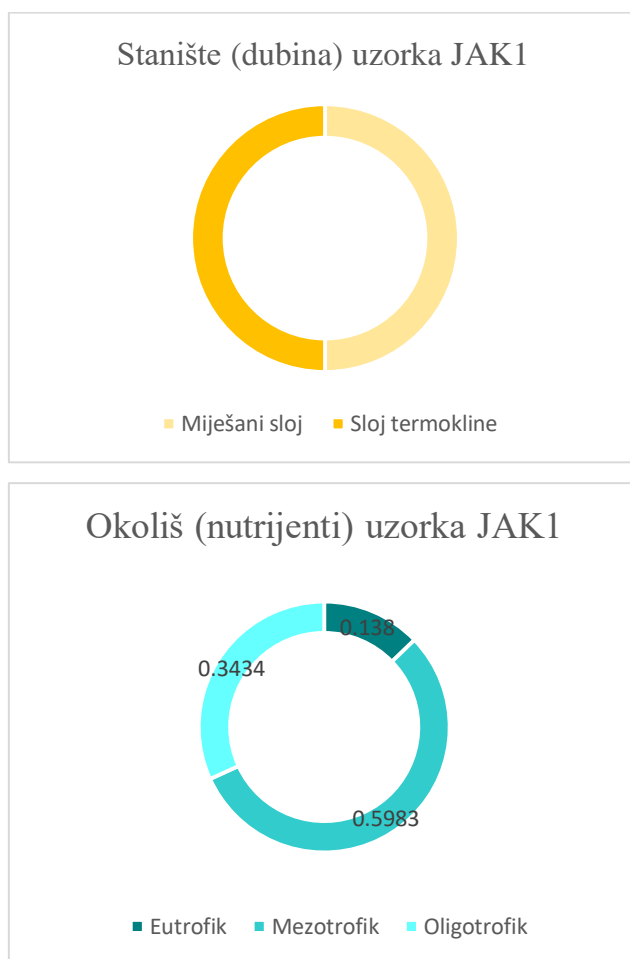
U frakciji veličine 250  $\mu\text{m}$  vidljiva je prevlast planktonskih oblika nad bentičkim. Od bentičkih foraminifera uočen je rod *Lenticulina*, dok su od planktonskih primijećeni kuglasti oblici-rod *Globigerinatheka* te rod *Subbotina*.

Frakcija veličine 125  $\mu\text{m}$  obiluje planktonskim foraminiferama dok bentički oblici nisu prisutni. Uočeno je da su kućice dijagenetski izmijenjene odnosno ispunjene i upravo zbog tog ušće nije najbolje vidljivo.

U frakciji 63  $\mu\text{m}$  također vidljiva brojnost i prevlast planktonskih foraminifera.

U uzorku JAK1 ukupno je izdvojeno 309 jedinki foraminifera od kojih njih 297 pripada planktonskim foraminiferama, a ostatak odnosno 12 jedinki pripada bentosu. Računanjem odnosa planktona i bentosa dobiveno je da planktonske foraminifere čine 96.12% u ukupnoj foraminiferskoj zajednici. Ta vrijednost prema modelu MURRAY (1991) odgovara okolišu gornjeg dijela kontinentalne padine tj. gornjem batijalu.

Primjenom ekoloških zahtjeva određenih vrsta planktonskih foraminifera izračunat je udio pojedinih vrsta u zajednici na osnovu njihove ekološke preference. U uzorku JAK1 udio vrsta koje nastanjuju miješani sloj, ali i sloj termokline čini 50% (Slika 19a). Vrste roda *Turborotalia* preferiraju eutrofične do mezotrofične no uzevši ih u obzir kao stanovnike eutrofika dobivamo da 33% zajednice preferira eutrofične okolišne uvjete dok njih 67% mezotrofične (Slika 19).



Slike 19a, b. Grafički prikazi udjela vrsta u zajednici prema dubini i količini nutrijenata

Kućice planktonskih foraminifera su blago dijagenetski izmijenjene s ispunjenim ušćem no dobro očuvane jer su bile pogodne za identifikaciju na razini vrste. 1,68% kućica nije određeno na razini vrste već samo roda. Udio od 1.01% planktonskih foraminifera je oštećen te nije određen niti na razini vrste niti na razini roda. Od 297 planktonskih foraminifera određeno je ukupno 5 rodova i 11 vrsta (Tablica 3).



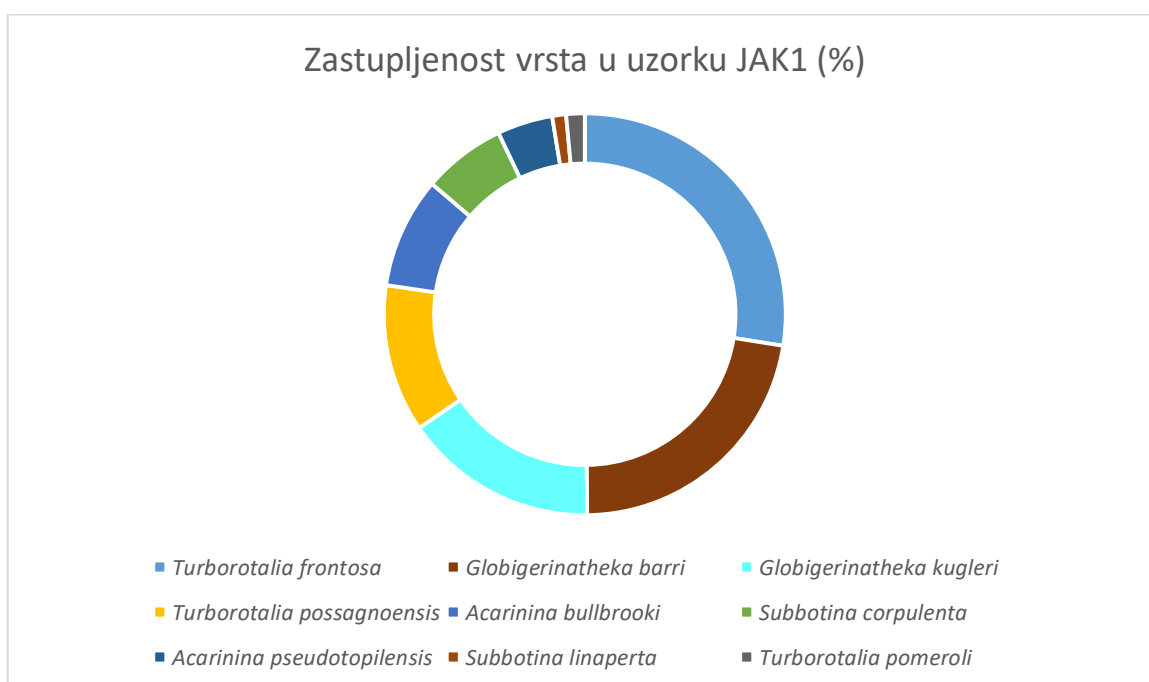
Tablica 3. Broj jedinki i zastupljenost planktonskih i bentičkih foraminifera u zajednici te paleoekološki zahtjevi planktonskih foraminifera preuzetih prema BOUDAGHER-FADEL (2012), PREMEC-FUČEK (2009), HERNETZ-KUČENJAK i sur. (2006), PEARSON i sur. (2006) te ŽIVKOVIĆ (2004)

VRSTA	BROJ JEDINKI	ZASTUPLJENOST (%)	STANIŠTE (DUBINA)	OKOLIŠ (NUTRIJENTI)
<i>Acarinina bullbrooki</i> (Bolli, 1957)	24	7.77	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Acarinina pseudotopilensis</i> (Subbotina, 1953)	12	3.88	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Acarinina sp.</i>	5	1.62	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Mezotrofik
<i>Dentoglobigerina yeguaensis</i> (Weinzierl and Applin 1929)	9	2.91	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Eutrofik
<i>Globigerinatheka kugleri</i> (Bolli, Loeblich & Tappan 1957)	42	13.59	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Oligotrofik
<i>Globigerinatheka barri</i>	60	19.42	Miješani sloj (površinski dio vodenog stupca)	Oligotrofik
<i>Subbotina eoacaena</i> (Guembel 1868)	11	3.56	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina linaperta</i> (Finlay, 1939)	3	0.01	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina corpulenta</i> (Subbotina, 1953)	18	5.83	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Turborotalia frontosa</i> (Subbotina, 1953)	74	23.95	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia possagnoensis</i> (Toumarkine & Bolli, 1970)	32	10.36	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia pomeroli</i> (Toumarkine & Bolli, 1970)	4	1.29	Sloj termokline	Mezotrofik
Neodređene planktonske foraminifere.	3	0.01		
Ukupno (plankton)	297	96.12		
Bentos	12	3.88		
UKUPNO	309	100		

Jedinke roda *Turborotalia* i *Globigerinatheka* su najviše zastupljene u planktonskoj zajednici s udjelima u vrijednosti od 35.59% i 33.01%. Nakon njih po zastupljenosti slijede rodovi *Acarinina* s udjelom 13.27% i *Subbotina* s 10.35%. Najmanje zastupljen rod je *Dentoglobigerina* s 2.91% dok udio neodređenih planktonskih foraminifera iznosi 0.97%. Udio bentičkih foraminifera u zajednici iznosi 3.88%.

Dominantne vrste u uzorku JAK1 su *T. frontosa* s udjelom 23.95%, *Globigerinatheka barri* 19.42%, *G. kugleri* 13.59% te *T. possagnoensis* 10.36%. Srednju zastupljenost imaju vrste *A. bullbrooki* s udjelom 7.77% i *S. corpulenta* 5.83%. Rijetko su zastupljene vrste *A. pseudotopilensis* s 3.88%, *Dentoglobigerina yeguaensis* s udjelom 2.91% i *T. pomeroli* s 1.29%, dok je *S. linaperta* sa 0.009% vrlo rijetko zastupljena (Slika 20).

U ovom uzorku bogatstvo vrsta iznosi 13, Fisherov  $\alpha$  indeks 2.78, a Simpsonov indeks dominacije 0.854. Shannon-Wienerov ima vrijednost 2.16, a indeks ujednačenosti 0,66.



Slika 20. Grafički prikaz zastupljenosti vrsta u uzorku JAK1 izraženom u postocima

U uzorku JAK1 utvrđeno je osam vrsta planktonskih foraminifera pogodnih za određivanje starosti uzoraka i utvrđivanje biostratigrafske zone. Preuzeti su stratigrafski rasponi pojedinih vrsta planktonskih foraminifera (PEARSON i sur., 2006) izdvojenih u uzorku JAK1 na temelju čijeg je preklapanja određena planktonska zona (Tablica 4). Utvrđeno je da uzorak JAK1 odgovara zoni E11 pod nazivom *Morozovelloides lehneri* (BERGGREN & PEARSON, 2005) koja kronostratigrafski odgovara srednjem eocenu, točnije gornjem dijelu luteta i donjem bartonu.

Tablica 4. Prikaz stratigrafskih raspona pojedinih vrsta planktonskih foraminifera te njihovo preklapanja u zoni E11

	EOCEN							
	SREDNJI						GORNJI	
	LUTET			BARTON			PRIABON	
	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15-E16
Berggren & Pearson (2005)								
<b>VRSTE</b>								
<i>Acarinina bullbrooki</i>								
<i>Dentoglobigerina yeguaensis</i>								
<i>Globigerinatheka barri</i>								
<i>Globigerinatheka kugleri</i>								
<i>Paragloborotalia nana</i>								
<i>Subbotina eocaena</i>								
<i>Subbotina linaperta</i>								
<i>Subbotina corpulenta</i>								
<i>Turborotalia frontosa</i>								
<i>Turborotalia possagnoensis</i>								
<i>Turborotalia pomeroli</i>								

## Uzorak JAK3

Prilikom pregleda materijala uzorka JAK3 opisane su frakcije dobivene metodom muljanja:

U frakciji veličine 500  $\mu\text{m}$  prisutni su fragmenti sedimenta, ali i nekoliko kućica foraminifera koje nisu dobro očuvane jer im forme nisu najbolje vidljive. Većinom su to kućice foraminifera lećastog oblika planspiralno namotane.

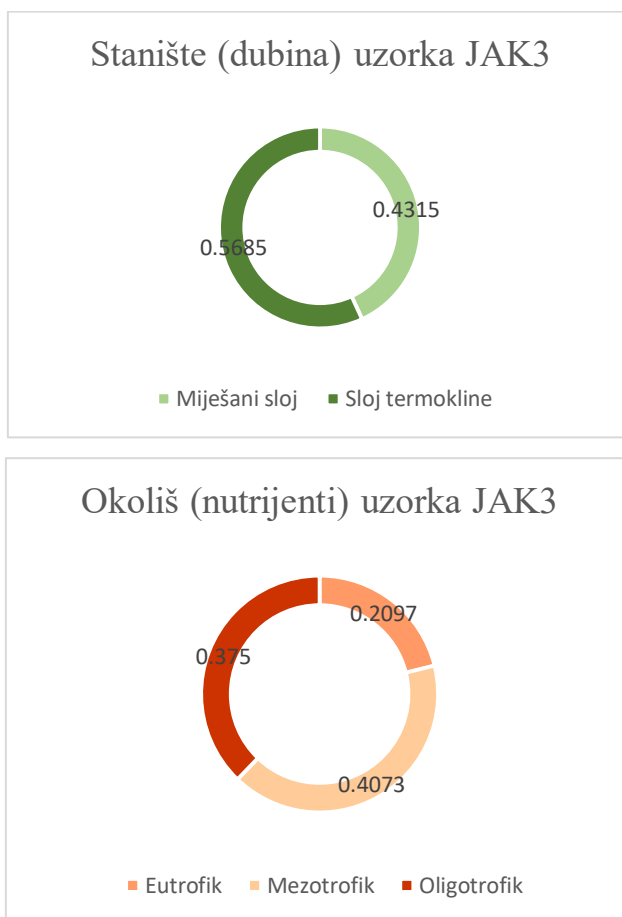
U frakciji 250  $\mu\text{m}$  prisutne su i bentičke i planktonske foraminifere no planktonski oblici prevladavaju nad bentičkim. Uočena je planspiralna involutna kućica s izraženom kobilicom. Od planktonskih foraminifera zamijećen je rod *Subbotina* te oblika kuglice rod *Globigerinatheka*.

Frakcija 125  $\mu\text{m}$  također obiluje planktonom od kojeg je zamijećen rod *Globigerinatheka*, ali prisutne su i kućice bentičkih foraminifera poput roda *Uvigerina* te uniserijalno namotana kućica foraminifere čiji rod nije determiniran. Također uočen i popratni materijal – bodlje ježinca.

U frakciji 63  $\mu\text{m}$  i dalje prevlast imaju kućice planktonskih foraminifera. Primijećen je popratni materijal poput bodlji ježinca.

U ovom su uzorku sveukupno izdvojene 262 jedinice foraminifera od kojih njih 248 pripada planktonskim, a 14 bentičkim foraminiferama. Izračunom odnosa planktona i bentosa u uzorku JAK3 dobiven je udio planktonskih foraminifera u vrijednosti od 94.66%. Na temelju modela MURRAY (1991) dobiveno je da navedena vrijednost pripada okolišu gornjeg dijela padine odnosno gornjem batijalu.

Izračunat je udio determiniranih vrsta u zajednici s obzirom na njihove ekološke zahtjeve i preference istih. U uzorku JAK3 udio vrsta koje nastanjuju miješani sloj, ali i sloj termokline iznosi 50% (Slika 21a). Vrste roda *Turborotalia* preferiraju eutrofične do mezotrofične okolišne uvjete no uzevši ih u obzir kao stanovnike eutrofika dobivamo da 40% zajednice preferira eutrofične okoliše dok njih 60% mezotrofične uvjete okoliša (Slika 21b).



Slike 21 a, b. Grafički prikazi udjela vrsta u zajednici prema dubini i količini nutrijenata

Kućice planktonskih foraminifera dobro su očuvane s mogućnošću određivanja na razini roda i vrste; ušće i prostor između klijetki također ispunjeni, ali u manjoj mjeri od prethodna dva uzorka. 1.61% udjela kućica planktonskih foraminifera nije bilo moguće odrediti na razini vrste već samo roda. Od planktonskih je foraminifera ukupno prepoznato pet rodova i osam vrsta (Tablica 5).

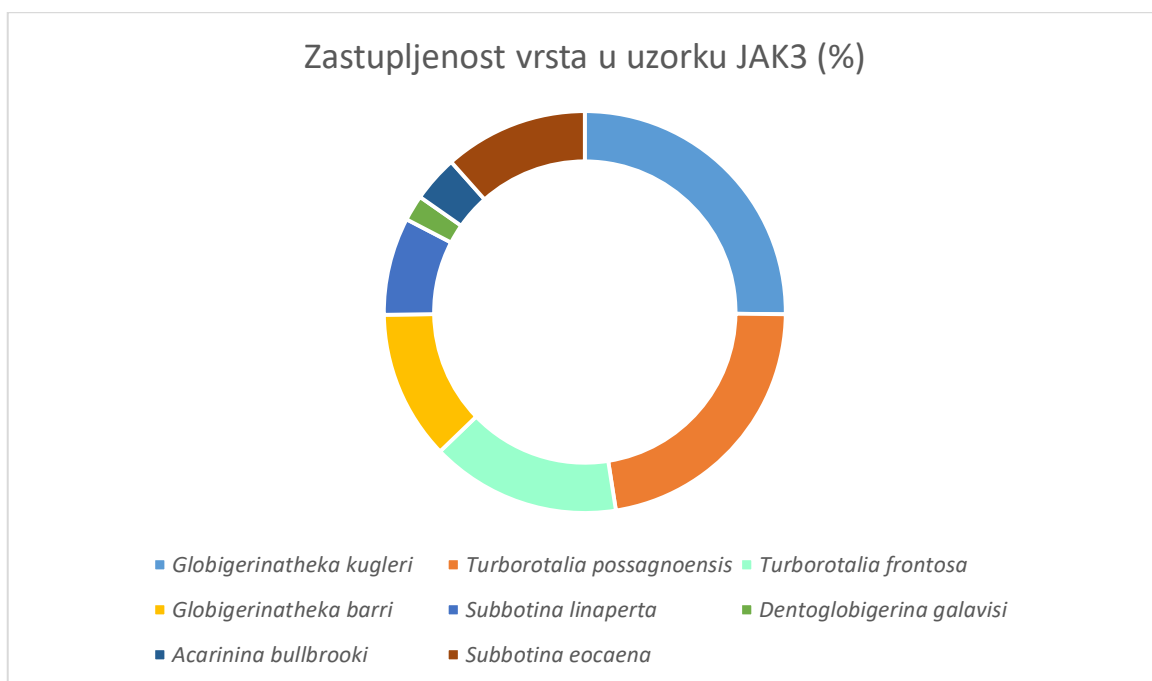
Tablica 5. Broj jedinki i zastupljenost planktonskih i bentičkih foraminifera u zajednici te paleoekološki zahtjevi planktonskih foraminifera preuzetih prema BOUDAGHER-FADEL (2012), PREMEC-FUČEK (2009), HERNETZ-KUČENJAK i sur. (2006), PEARSON i sur. (2006) te ŽIVKOVIĆ (2004)

VRSTA	BROJ JEDINKI	ZASTUPLJENOST (%)	STANIŠTE (DUBINA)	OKOLIŠ (NUTRIJENTI)
<i>Acarinina bullbrooki</i> (Bolli, 1957)	9	3.44	Miješani sloj	Mezotrofik
<i>Dentoglobigerina galavisi</i> (Bermudez, 1961)	5	1.91	Miješani sloj	Eutrofik
<i>Globigerinatheka barri</i> (Bronnimann, 1952)	29	11.07	Miješani sloj	Oligotrofik
<i>Globigerinatheka kugleri</i> (Bolli, Loeblich & Tappan 1957)	61	23.28	Miješani sloj	Oligotrofik
<i>Globigerinatheka sp.</i>	3	1.15	Miješani sloj	Oligotrofik
<i>Subbotina eocaena</i> (Guembel 1868)	28	10.69	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Subbotina linaperta</i> (Finlay, 1939)	19	7.25	Sloj termokline	Eutrofik/Mezotrofik
<i>Turborotalia frontosa</i> (Subbotina, 1953)	37	14.12	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia possagnoensis</i> (Toumarkine & Bolli, 1970)	54	20.61	Sloj termokline	Mezotrofik
<i>Turborotalia sp.</i>	1	0.004	Sloj termokline	Mezotrofik
Ukupno (plankton)	248	94.66		
Bentos	14	5.34		
UKUPNO	262	100		

U planktonskoj su zajednici najzastupljenije jedinke roda *Globigerinatheka* s udjelom 35.49% i roda *Turborotalia* s 35.11%. Zatim po brojčanosti slijedi rod *Subbotina* s udjelom 17.94%, a jedinke roda *Acarinina* i roda *Dentoglobigerina* su brojčano najmanje zastupljene s udjelima 3.44% i 1.91%. Bentičke su foraminifere zastupljene s udjelom od 5.34%.

U ovom uzorku dominiraju vrste *G. kugleri* koja prevladava s 23.28%, *T. possagnoensis* s 20.61%, *T. frontosa* s 14.12%, *G. barri* s 11.07% i *S. eocaena* s 10.69%. Srednje zastupljena vrsta je *Subbotina linaperta* s 7.25% dok su vrste *A. bullbrooki* i *Dentoglobigerina galavisi* rijetko zastupljene u uzorku (Slika 22).

Bogatstvo vrsta u ovom uzorku iznosi 10. Izračunata vrijednost Fisherovog  $\alpha$  indeksa iznosi 2.09 dok Simpsonov indeks dominacije iznosi 0.84. Ujednačenost ima vrijednost 0.71, a Shannon-Wienerov indeks 1.96.



Slika 22. Grafički prikaz zastupljenosti vrsta u uzorku JAK3 izraženom u postocima

U uzorku JAK3 određeno je osam vrsta planktonskih foraminifera pogodnih za utvrđivanje biostratigrafske zone, a time i starosti naslaga u kojima su nađene. Preuzeti su stratigrafski rasponi pojedinih vrsta planktonskih foraminifera (PEARSON i sur., 2006) izdvojenih u uzorku JAK3 na temelju čijeg je preklapanja određena planktonska zona (Tablica 6). Utvrđeno je da ovaj uzorak pripada zoni E11 pod nazivom *Morozovelloides lehneri* (BERGGREN & PEARSON, 2005) koja kronostratigrafski odgovara srednjem eocenu, točnije gornjem dijelu luteta i donjem bartonu.

Tablica 6. Prikaz stratigrafskih raspona pojedinih vrsta planktonskih foraminifera te njihovo preklapanja u zoni E11

	EOCEN							
	SREDNJI						GORNJI	
	LUTET			BARTON			PRIABON	
	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15-E16
Berggren & Pearson (2005)								
VRSTE								
<i>Acarinina bullbrooki</i>								
<i>Globigerinatheka barri</i>		—				—		
<i>Globigerinatheka kugleri</i>		—						
<i>Paragloborotalia nana</i>								
<i>Subbotina eocaena</i>								
<i>Subbotina linaperta</i>								
<i>Turborotalia frontosa</i>								
<i>Turborotalia possagnoensis</i>		—						



## 8. Rasprava

Uzorci analizirani u ovom diplomskom radu prikupljeni na lokalitetima blizu naselja Jakomići prema VELIĆ i sur., 1995. pripadaju četvrtoj sedimentacijskoj cjelini (megasekvenciji) stratigrafskog slijeda paleocen-eocen. Također, s obzirom na svoj geografski smještaj u središnjem dijelu Istre lokaliteti pripadaju takozvanoj Sivoj Istri (VELIĆ i sur., 1995).

U sklopu BREEMECO projekta snimljena su dva geološka stupa (Slika 4) naziva Jakomići I i Jakomići II. Na geološkom stupu Jakomići I prikupljena su sveukupno 4 uzorka od kojih su tri (J1, J2, J3) obrađena u ovom diplomskom radu. Na stupu je uzorkovana svaka litološka promjena te je u donjem dijelu stupa vidljiv prijelaz iz vapnenaca (J0) u klastične naslage, točnije grubljeznate lapore (J1). Na njima leže naslage sitnozrnatih lapora (J2) iznad kojih slijede naslage lapora s izraženom laminacijom (J3). Na geološkom stupu Jakomići II su također ovisno o litološkim promjenama prikupljena 4 uzorka od kojih su obrađena njih tri (JAK0, JAK1, JAK3). U bazi se također kao i na prethodnom stupu nalazi vapnenac nakon kojeg se uočava prijelaz u klastične naslage-lapore bogate organskim tvarima (JAK1). Nakon njih slijedi tanki sloj lapora s izraženom laminacijom (JAK2) na kojima leži debeli slijed naslaga grubljeznatih lapora (JAK3).

Metodom muljanja koristeći četiri sita promjera mrežice 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$  i 63  $\mu\text{m}$  (Slika 5) obrađeno je sveukupno šest uzoraka (J1, J2, J3, JAK0, JAK1 i JAK3). Pregledom materijala pod stereoskopskom lupom utvrđeno je da uzorci J1, J2 i JAK0 nisu bili pogodni za daljnu analizu foraminiferske zajednice zbog malobrojnih jediniki i vrlo loše očuvanosti. Suprotno tome, uzorci J3, JAK1 i JAK3 pokazali su se pogodnim jer su bogati foraminiferskom faunom. Kućice foraminifera u analiziranim uzorcima dobro su očuvane te su se mogle odrediti na razini vrste, iako su izmijenjene na način da su ušće i prostor između klijetki zapunjeni. Također je pregledom materijala ustanovljeno da su frakcije 500, 250 i 125  $\mu\text{m}$  najviše pogodne za daljnu analizu jer u materijalu prevladavaju planktonske foraminifere.

U analiziranim je uzorcima određeno ukupno 8 rodova i 14 vrsta planktonskih foraminifera. Bentičke foraminifere nisu taksonomski određivane već su samo prebrojane u svrhu računanja odnosa planktona i bentosa. Mala zastupljenost bentičkih, a prevladavajuća prisutnost planktonskih vrsta u sva tri analizirana uzorka ukazuje na dubljevodni okoliš, područje batijala. Udaljavanjem od obale i rastom dubine broj se planktonskih foraminifera

povećava dok broj bentičkih opada (MURRAY, 1991) što znači da će veći omjeri planktonskih upućivati na dubokomorske okoliše. Uzorak J3 pripadajućeg geološkog stupa Jakomići I očituje se udjelom planktonskih foraminifera u vrijednosti od 84.19%. Navedena vrijednost upućuje na dubokomorske okolišne uvjete. Uzorci JAK1 i JAK3 geološkog stupa Jakomići II ističu se velikim udjelom planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici u iznosu od 94.66% i 96.12% koji nam također ukazuju na dubljevodni okoliš. MURRAY (1991) je izradio podjelu mogućih okoliša na temelju odgovarajućih vrijednosti odnosa P/B. Pomoću tog modela možemo ustanoviti da okoliš taloženja, za sva tri navedena uzorka i njihove udjele planktonskih foraminifera, odgovara gornjem dijelu kontinentalne padine, točnije području gornjeg batijala.

Usporedbom stratigrafskih raspona izdvojenih vrsta planktonskih foraminifera te preklapanjem istih utvrđena je starost analiziranih uzoraka. Zaključeno je da starost naslaga pripada srednjem eocenu-gornjem dijelu luteta i donjem bartonu (Tablica 2, 4, 6). Također, na temelju biostratigrafske klasifikacije eocena (BERGGREN & PEARSON, 2005) ustanovljeno je da navedeni uzorci pripadaju zoni E11 nazvanoj *Morozovelloides lehneri*.

Uspoređujući zajednice biozone E11 istraživanih uzoraka s područja Jakomića te zajednice iste te zone u istraživanom području bušotine Istra more-3, Istra more-4 i Istra more-5 (PREMEC-FUČEK, 2009) utvrđena je sličnost. Bušotine su izrađene u sjevernom dijelu Jadrana, zapadno od Istarskog poluotoka. U biostratigrafskoj zoni bušotine Istra more-3 dominiraju vrste *T. frontosa* i *T. possagnoensis*, a česti rodovi su *Globigerinatheka* i *Subbotina*. U većem dijelu zone E11 bušotine Istra more-4 prevladava zastupljenost roda *Turborotalia*, a česti su i rodovi *Subbotina* i *Globigerinatheka* dok su murikatni oblici, točnije rod *Acarinina* rijetko zastupljeni. Zajednicom planktonskih foraminifera bušotine Istra more-5 dominira rod *Turborotalia*, rod *Globigerinatheka* je vrlo čest, a česta je i pojava roda *Subbotina*. Zaključno, vidljiva je podudarnost dominantnih rodova zone E11 iz istraživanih uzoraka s područja Jakomića te dominantnih rodova zone E11 bušotina Istra more-3,4,5 iz PREMEC-FUČEK (2009).

Određena zona E11 *Morozovelloides lehneri* odgovara gornjem dijelu zone P12 (BERGGREN i sur., 1995). ŽIVKOVIĆ (2004) analizirajući foraminiferske zajednice s područja Pazinskog bazena određuje zonu P12 gdje uočava prisutnost vrsta *T. possagnoensis*, *T. frontosa*, *T. pomeroli*, *A. bullbrooki*, *S. linaperta*, *S. corpulenta* te *D. yeguanesis* koje se velikim dijelom poklapaju s vrstama analiziranih uzoraka iz okolice Jakomića.

S ciljem kvantificiranja bioraznolikosti ekolozi su razvili niz indeksa koji nam pružaju brojčanu vrijednost raznolikosti vrsta u uzorku. U svrhu određivanja i determiniranja bioraznolikosti vrsta u istraživanim uzorcima provedena je statistička analiza pomoću računalnog programa Past (HAMMER i sur., 2001). Ukupno je određeno 14 vrsta u sva tri uzorka te su primjenom programa Past dobivene vrijednosti pojedinih indeksa na temelju kojih se može zaključiti o okolišnim uvjetima koji su vladali u vrijeme taloženja.

Vrijednost Fisherovog  $\alpha$  indeksa za uzorak J3 iznosi 4.12. Navedena vrijednost  $\alpha$  indeksa upućuje na više mogućih okoliša taloženja, no s obzirom na veliki udio planktonskih foraminifera u ovom uzorku u obzir dolaze okoliši gornjeg i donjeg batijala. Uzimajući u obzir i podatke dobivene iz odnosa plankton/bentos najverovatniji je okoliš gornjeg batijala.

Uobičajene vrijednosti Shannon-Wiener indeksa najčešće iznose između 1.5 i 3.5 (MURRAY, 1991). Dobivena vrijednost Shannon-Wiener indeksa za uzorak J3 iznosi 2.25 te predstavlja relativno srednju vrijednost navedenog indeksa. Budući da male vrijednosti ovog indeksa ukazuju na dominaciju pojedine vrste, a velike vrijednosti na ujednačenost svih vrsta u analiziranim uzorcima postoji nekoliko vrsta koje „odskaku“ odnosno dominiraju zajednicom planktonskih foraminifera dok ostatak biva otprilike ujednačen (Tablica 1).

Simpsonov indeks dominacije za uzorak J3 iznosi 0.85 što predstavlja prilično visoku vrijednost navedenog indeksa, a to ukazuje na nisku dominaciju.

U foraminiferskoj zajednici uzorka J3 dominiraju vrste *S. eoacena* s udjelom 25.64%, *T. frontosa* s 11.54% i *S. linaperta* s 10.68% (Slika 18). Vrste roda *Subbotina* nastanjuju područja termokline, a preferiraju eutrofične do mezotrofične uvjete okoliša. Vrste roda *Turborotalia* preferiraju slične okolišne kriterije dakle mezotrofične uvjete, a stanovnici su gornjeg dijela termokline (Tablica 1).

Fisherov  $\alpha$  indeks uzoraka JAK1 i JAK3 iznosi 2.78 i 2.09. Takve vrijednosti  $\alpha$  indeksa ukazuju na mogućnost različitih okoliša, no kao i u uzorku J3, uzimajući u obzir dominantnu zastupljenost planktonskih foraminifera unutar foraminiferske zajednice opet u prvi plan dolazi okoliš gornjeg batijala.

Dobivene vrijednosti Shannon-Wiener indeksa za uzorke JAK1 i JAK3 iznose 1.96 i 2.16 što nam ukazuje na srednju vrijednost s obzirom da se općenite vrijednosti indeksa kreću od 1.5 do 3.5 (MURRAY, 1991).

Za uzorke JAK1 i JAK3 Simpsonov indeksi dominacije iznose 0.854 i 0.84. Takve vrijednosti indeksa dominacije su relativno visoke te upućuju na zajednicu niske dominacije.

U uzorku JAK1 dominantnu zastupljenost imaju vrste *T. frontosa* s 23.95%, *G. barri* s 19.42%, *G. kugleri* s 13.59% i *T. possagnoensis* s 10.36% (Slika 20). Navedene vrste roda *Globigerinatheka* preferiraju oligotrofične vode stabilnih uvjeta, indikatori su toplih uvjeta, a stanovnici su površinskog miješanog sloja. Vrste roda *Turborotalia* obitavaju u mezotrofičnim uvjetima, a nastanjuju sloj termokline (Tablica 3).

Dominantne vrste uzorka JAK3 su sljedeće: *G. kugleri* s udjelom 23.28%, *T. possagnoensis* s 20.61%, *T. frontosa* s 14.12% i *G. barri* s 11.07% (Slika 22). Vrste uzorka JAK3 također ukazuju na iste okolišne uvjete kao i vrste uzorka JAK1 (Tablica 5). Dubina na kojoj određena vrsta planktonske foraminifere živi može se procijeniti djelomično i morfologijom same kućice. Laganije kućice kuglastih klijetki poput roda *Globigerinatheka* nastanjuju pliće dijelove vodenog stupca dok nešto dublje dijelove nastanjuju vrste čije su kućice zbijene i stožastog oblika poput roda *Turborotalia* koji nastanjuje sloj termokline (HERNITZ-KUČENJAK i sur., 2006).

Planktonske zajednice geoloških stupova Jakomići I i Jakomići II ukazuju na sličnu dubinu taloženja – područje gornjeg batijala. Fisherov  $\alpha$  indeks uzorka J3 (geološki stup Jakomići I) ističe se s malo većim bogatstvom vrsta u odnosu na uzorke sa stupa Jakomići II. Vrijednosti sva tri uzorka upućuju na više različitih okoliša taloženja, no uzevši u obzir prevlast planktonskih foraminifera u sva tri uzorka utvrđen je dubokovodni okoliš batijala. Također uzorci (J3, JAK1 i JAK3) obaju geoloških stupova pokazuju slične vrijednosti Shannon-Wiener indeksa te Simpsonovog indeksa dominacije. Dominantne vrste uzorka J3 geološkog stupa Jakomići I preferiraju eutrofične do mezotrofične uvjete u okolišu te su stanovnici sloja termokline. Vrste s najvećom zastupljenošću u zajednicama geološkog stupa Jakomići II preferiraju oligotrofične do mezotrofične okoliše dubine od površinskog sloja do sloja termokline. Prema tome, idući od uzorka J3 prema uzorku JAK3 zastupljenost oligotrofične planktonske zajednice raste dok se udio eutrofične smanjuje. Također se zastupljenost stanovnika miješanog sloja povećava dok se udio stanovnika sloja termokline smanjuje.

## 9. Zaključak

U okolici mjesta Jakomići na području Pazinskog bazena snimljena su 2 geološka stupa naziva Jakomići I i Jakomići II. Šest laporovitih uzoraka je laboratorijski obrađeno metodom muljanja, a pregledom materijala pod stereoskopskom lupom je utvrđeno da su tri uzorka pogodna za daljnju mikroskopsku analizu. U analiziranim uzorcima ukupno je određeno 8 rodova i 15 vrsta planktonskih foraminifera. Kućice planktonskih foraminifera prema stupnju očuvanosti nisu izvrsno očuvane jer su izmijenjene na način da su im ušće i prostor između klijetki zapunjeni, ali su dobro očuvane s mogućnošću odredbe na razini roda i vrste.

Na osnovu preklapanja stratigrafskih raspona određenih vrsta planktonskih foraminifera (BERGGREN i PEARSON, 2005) u sva tri uzorka određena je planktonska zona E11 *Morozovelloides lehneri* koja odgovara srednjem eocenu, točnije gornjem dijelu luteta i donjem bartonu.

Vrijednosti omjera planktonskih i bentičkih foraminifera ukazuju da je dubina taloženja za sva tri uzorka gornji dio kontinentalne padine odnosno gornji batijal. Računanjem Fisherovog  $\alpha$  indeksa ustanovljena je mogućnost više okoliša no zbog dominacije planktonskih formi također je utvrđeno da se taloženje odvijalo u okolišu batijala. Nadalje, analizirani uzorci (J3, JAK1 i JAK3) oba geološka stupa (Jakomići I i Jakomići II) pokazuju slične vrijednosti Shannon-Wiener indeksa te Simpsonovog indeksa dominacije. Na temelju ekoloških zahtjeva dominantnih vrsta planktonskih foraminifera utvrđen je eutrofičan do mezotrofičan okoliš površinskog dijela vodenog stupca za zajednicu uzorka J3 (Jakomići I) dok je za zajednice uzoraka JAK1 i JAK3 (Jakomići II) ustanovljen oligotrofičan do mezotrofičan okoliš, dubine vodenog stupca raspona od miješanog sloja do sloja termokline.

## 10. Literatura

- BERGANT, S., TIŠLJAR, J., ŠPARICA, M. (2003): Field trip guidebook: evolution of depositional environments from the palaeozoic to the quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. 22nd IAS Meeting of Sedimentology 57 – 64 str.
- BERGGREN, W.A., AUBERT, J. (1975): Paleocene benthic foraminiferal biostratigraphy, paleobiogeography and paleoecology of Atlantic-Tethyan region: Midway-type fauna. *Paleogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 18, 73 – 192 str.
- BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER C.C., AUBRY, M. (1995): A Revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. Special publication of Society for Sedimentary Geology, 129 – 212 str.
- BERGGREN, W.A., PEARSON, P.N. (2005): A revised tropical to subtropical Paleogene planktonic foraminifera zonation. *Journal of Foraminiferal Research*, 54/9, 279 – 298 str.
- BLOW, W. H. (1969): Deep Sea Drilling Project, Leg 1; Foraminifera from selected samples. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Government Printing Office, 1, 392 – 399 str.
- BLOW, W. H. (1979): *The Cenozoic Globigerinidae*: E.J. Brill, Leiden, 1413 str.
- BLOW, W.H., BANNER, F.T. (1962): The Mid-Tertiary (Upper Eocene to Aquitanian) Globigerinaceae, in Eames, F.E., and others, *Fundamentals of Mid-Tertiary Stratigraphical Correlation*: Cambridge University Press, Cambridge, 61 – 151 str.
- BOERSMA, A. & BILAL, U. H. (1998): *Introduction to Marine Micropaleontology*. Elsevier Science B.V. 19 – 77 str.
- BOUDAGHER-FADEL, M.K. (2012): *Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera*, Second Edition. Office of the Vice Provost (Research), UCL, London, UK, 287 str.
- CUSHMAN, J.A. (1923): The Foraminifera of the Atlantic Ocean pt. 4: Lagenidae. *Bulletin of the United States National Museum*. (104): i-228, 99 str.
- ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K., MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula). *Facies*, 50, 61 – 75 str.

- DROBNE, K., PAVLOVEC, R., ŠIKIĆ, L., BENIĆ, J. (1979): Excursion F, Pićan, Istria-Cuisian, Lutetian. 16th europ. micropaleontol. colloq., 177 – 184 str.
- EL-NAGGAR, Z.R. (1966): Stratigraphy and Planktonic Foraminifera of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary. Bulletin of the British Museum (Natural History), 291 str.
- FLEISHER, R. (1974): Cenozoic planktonic foraminifera and biostratigraphy, Arabian Deep Sea Drilling Project, Leg 23A, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project: U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 23, 1001 – 1072 str.
- GOHRBANDT, K., KOLLMANN, K., KUPPER, H., PAPP, A., PREY, S., WIESENER, H., WOLETZ, G. (1960): Beobachtungen im Flysch von Trieste. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 1960: 162 – 197 str.
- GOHRBANDT, K., KOLLMANN, K., KUPPER, A., PREY, S., STRANDER, S., WIESENER, H., WOLETZ, G. (1962): Beobachtungen im Flysch von Istrien (Jugoslawien). Verhandlung der Geologischen Bundesanstalt, 1962: 163 – 254 str.
- HAGN, H., PAVLOVEC, R. & PAVŠIČ, J. (1979) Excursion G, Gračišće near Pićan; Istria: Eocene. 16th European micropaleontol. coll., 185 – 189 str.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica.
- HERNITZ KUČENJAK, M., PREMEC FUČEK, V., SLAVKOVIĆ, R., MESIĆ, I.A. (2006): Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Late Eocene and Oligocene in the Palmyride Area, Syria. Geologia Croatica, 59/1, 19 – 39 str.
- HERNITZ KUČENJAK, M. (2008): Zajednice oligocenskih planktonskih foraminifera s odabranih lokaliteta Neotetisa. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 101 str., 19 sl, 6 tabela, 15 tabli.
- JENKINS, D. G. (1971): New Zealand Planktonic Foraminifera New Zealand Geological Survey. Paleontological Bulletin, 42, 278 str.
- JURAČIĆ, M. (1979): Dubina sedimentacije „Lapora s rakovicama“ iz odnosa planktonskih i bentičkih foraminifera. Geološki vjesnik, 31, 61 – 67 str.
- KRASHENINNIKOV, V., MULDINI-MAMUŽIĆ, S., DŽODŽO-TOMIĆ, R. (1968): Značaj planktonskih foraminifera za podjelu paleogena Jugoslavije i poredba s drugim istraženim područjima. Geološki vjesnik, 21, 117 – 147 str.

- LOEBLICH, A.R., TAPPAN, A. (1988): *Foraminiferal Genera and Their Classification – Plates*, Van Nostrand Reinhold Com., New York
- LUCIANI, V., GIUSBERTI L., AGNINI, C., FORNACIARI, E., RIO, D., SPOFFORTH, J. A. D., PALIKE, H. (2010): Ecological and evolutionary response of Tethyan planktonic foraminifera to the middle Eocene climatic optimum (MECO) from the Alano section (NE Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14 str.
- MULDINI-MAMUŽIĆ, S. (1960): Mikropalaontologische Untersuchungen des eocänen Flyschs in Istrien. *Bull. Sci. Cons. Acad. Yougosl.*, 5/4, 104 – 105 str.
- MULDINI-MAMUŽIĆ, S. (1964): Mikrofaunističko istraživanje eocenskog fliša otoka Raba. *Geol. vjes.*, 5/1, 143 – 160 str.
- MURRAY, J. W. (1991): *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Harlow, Longman, 397 str.
- PAVLOVEC, R., DORBNE, K., ČOSOVIĆ, V., ŠIKIĆ, L., BENIĆ, J. (1991): The Pićan profile, Middle and Upper Cuisian Lower and Middle Lutetian. *Guidebook, Early Paleogene Benthos, IGCP Project 286*, 73 – 78 str.
- PEARSON, P., SHACKLETON, N.J. & HALL, M.A. (1993): Stable isotope paleoecology of Middle Eocene planktonic foraminifera and multi-species isotope stratigraphy. *J. Foram. Res.*, 23/2, 12 – 140 str.
- PEARSON, P.N., OLSSON, R.K., HUBER, B.T., HEMLEBEN, C., BERGGREN, W.A. (2006): *Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera*. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ., Washington, 513 str.
- PEARSON P.N., BURGESS C.E. (2008): Foraminifer test preservation and diagenesis comparison of high latitude Eocene sites. *Geological society, London, Special Publications v. 303*, 59 – 72 str.
- PICCOLI, G., PROTO DECIMA, F. (1962): Studio micropaleontologico di una serie nel flysch di Capodistria. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 3, 9 – 48 str.
- PICCOLI, G., PROTO DECIMA, F. (1969): Ricerche biostratigrafiche sui depositi flyshoidi della regione Adriatica settentrionale e orientale. *Memorie degli Istituti di Geologia Mineralogia dell'Università di Padova*, 1 – 23 str.
- POSTUMA, J.A. (1971): *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Publishing Co., 420 str.



- PREMEC-FUČEK, V. (1995): Biostratigrafija srednjeg i gornjeg eocena u podmorju sjevernog Jadrana na temelju planktonskih foraminifera. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 87 str., 34 table
- PREMEC-FUČEK, V., BABIĆ, LJ., BAJRAKTAREVIĆ, Z., GUŠIĆ, I. (1998): Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Middle to Upper Eocene succesion in the north Adriatic Sea. *Dela-Opera SAZU* 4 razr., 255 – 271 str.
- PREMEC-FUČEK, V. & PEARSON, P.N. (2006): Isotope records from *Turborotalia cerroazulensis* and *Turborotalia pomeroli* near the middle/late Eocene boundary (North Adriatic Sea, Croatia). *Anuario do Instituto de Geocienas, Universidad Federal do Rio de Janeiro*, 29(1), 359 – 360 str.
- PREMEC FUČEK, V. (2009): Biostratigrafija, filogenija i paleoekologija paleogenskih planktonskih foraminifera podmorja Jadrana. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 207str.
- PREMOLI SILVA, I., RETTORI, R., VERGA, D. (2003): Practical manual of Paleocene and Eocene Planktonic foraminifera. International School on Planktonic Foraminifera, Dipartimento di Scienze della Terra. University of Perugia (Italy), Perugia, 152 str.
- PREMOLI SILVA, I., PETRIZZIO, M.R. (2006): Practical manual of Eocene Planktonic foraminifera. International School on Planktonic Foraminifera, Universita degli Studi di Perugia, Universita degli Studi di Milano, Perugia, 248 str.
- SCHUBERT, R.J. (1904): Mitteleocaner Globigerinenmergel von Albona (Istrien). *Verh. Geol. Reichanst.*, 15, 336.339 str.
- SHACKELTON, N.J., CORFIELD, R.M. & HALL, M.A. (1985): Stable iotope dana and the ontogeny of the Palaeocene planktonic foraminifera. *Jour. Foram. Res*, 15/4, 321 – 336 str.
- SUBBOTINA, N.N. (1953): Iskopaemie foraminifery SSSR (Globigerinidy, Khantkenininidy i Globorotaliidy): *Trudy Vsesoyznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologorazvedochnogo Instituta (VNIGRI)*, 76, 296 str.
- ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A., MAGAŠ, N. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Labin

L 33-101.-Institut za geološka istraživanja Zagreb (1958-1967), Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Labin L 33-101.- Institut za geološka istraživanja Zagreb (1963), Savezni geološki zavod, Beograd.

TOURMAKINE M. & LUTHERBACHER, H. (1985): Paleocene and Eocene Planktic Foraminifer. Plankton Stratigraphy, Cambridge University Press, 87 – 154 str.

VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., MATIČEC, D. & VLAHOVIĆ, I. (1995): A review of the geology of Istria. First Croatian Geological Congress. 21 – 30 str.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 220. 333 – 360 str.

ŽIVKOVIĆ, S. (1995): Morphogroups of agglutinating foraminifera in the Eocene Flysch of Istria (Croatia). 1. Hrv. geol. kongr., Zbornik radova, 2, 663 – 665 str.

ŽIVKOVIĆ, S. (1996): Paleoekologija alih beničkih foraminifera iz eocenskog fiš središnje Istre. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1 – 80 str., 7 tablica, 35 sl.

ŽIVKOVIĆ, S., BABIĆ, LJ. (2003): Paleoceanographic implications of smaller benthic and planktonic foraminifera from the Eocene Pazin Basin (Coastal Dinarides, Croatia). Facies, 49, 49 – 60 str.

ŽIVKOVIĆ, S. (2004): Male bentičke foraminifere u eocenskim klastitima zapadne Hrvatske: Paleoekologija taložnog bazena. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 101 str.

Internetski izvori:

<https://www.google.hr/maps> (*Google Earth*)