# Paleoekološka interpretacija eocenske foraminiferske zajednice odabranih lokaliteta fliša u području Kaštela

**Pensa, Tihana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:065473

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

TIHANA PENSA

# PALEOEKOLOŠKA INTERPRETACIJA EOCENSKE FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE ODABRANIH LOKALITETA FLIŠA U PODRUČJU KAŠTELA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

TIHANA PENSA

# PALEOEKOLOŠKA INTERPRETACIJA EOCENSKE FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE ODABRANIH LOKALITETA FLIŠA U PODRUČJU KAŠTELA

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

Mentor:
prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

Zagreb, 2018.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog studija na smjeru geologija-paleontologija, pod vodstvom prof. dr. sc. Vlaste Ćosović, na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**ZAHVALE:**

prof. dr. sc. Vlasti Ćosović na mentorstvu, brojnim savjetima i primjedbama, utrošenom vremenu, podršci i razumijevanju te velikoj pomoći prilikom izrade ovog rada;

Krešimiru Markulinu na pomoći i savjetima pri terenskom radu, odabiru uzoraka i crtanju geoloških stupova;

izv. prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović na ustupljenom mikroskopu i pomoći prilikom fotografiranja mikroskopskih preparata;

Željku Ištuku, dipl. ing. na pomoći pri šlemanju i izradi mikroskopskih preparata;

svim profesorima, asistentima i ostalim djelatnicima Geološkog odsjeka koji su mi pomogli tijekom studija, te svim kolegama s kojima sam se družila;

roditeljima Tihomiru i Marini, sestri Mirti i prijateljici Jeleni na svemu ostalom.

Hvala!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

# PALEOEKOLOŠKA INTERPRETACIJA EOCENSKE FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE ODABRANIH LOKALITETA FLIŠA U PODRUČJU KAŠTELA

TIHANA PENSA

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

**Sažetak:** Na području Kaštel Štafilića, s odabranih lokaliteta, uzorkovane su naslage fliša. Iz uzoraka dobivenih metodom šlemanja izdvojene su planktonske i bentičke foraminifere te je izračunat njihov udio u zajednici. Taksonomski su određene vrste planktonskih i rodovi bentičkih foraminifera. U svrhu paleoekološke interpretacije napravljena je statistička analiza svakog uzoraka koja se sastoji od izračunavanja ekoloških indeksa. Stratigrafski rasponi određenih planktonskih vrsta upućuju na mlađi dio srednjeg eocena, barton, odnosno E13 zonu, *Morozovelloides crassatus*. Vrijednosti paleotemperatura su stalne za sve uzorke, a kreću se od 15,33 do 16,95 °C. Zbog malog broja modernih srodnika opisanih planktonskih vrsta u usporedbi s bogatom eocenskom zajednicom, metoda modernih analoga dala je nesigurne rezultate. Prema dobivenim rezultatima taloženje odvijalo na dubinama od 131,6 m do 567,3 m, odnosno na prostorima od vanjskog šelfa do gornjeg batijala. Visoke vrijednosti indeksa bioraznolikosti i dominacije ukazuju na stabilne morske okoliše gornjeg batijala.

**Ključne riječi:** Fliš, područje Kaštela, planktonske foraminifere, srednji eocen, bioraznolikost

**Rad sadrži:** XXXVI + 53 stranice, 5 slika, 14 tablica, 15 tabli, 35 literaturna navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

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

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

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

**Datum završnog ispita:** 31. siječnja, 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduated Engineer Thesis

**PALEOECOLOGICAL INTERPRETATION OF THE EOCENE FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES FROM SELECTED LOCALITIES OF KAŠTELA FLYSCH.**

TIHANA PENSA

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

**Abstract:** From the selected localities in the area of Kaštel Štafilić Flysch deposits were sampled. Using method of wet sieving, planktonic and benthic foraminifera were isolated from the samples and their abundances in the community were calculated. Thin sections were done from lithified rock samples. From isolated items, identification of planktonic foraminifera was on species level, whereas benthic foraminifera were identified on generic level. With the aim of the paleoecological interpretation, a statistical analysis of each sample (calculation of ecological indices) was made. The stratigraphic ranges of certain planktonic species point to the younger part of the middle Eocene, to the Bartonian, *ie* planktonic E13 zone, *Morozovelloides crassatus*. The paleotemperature values obtained from proportion of different species in studied samples/assemblages are constant, ranging from 15.33 to 16.95 °C. Due to fact that there are just a few modern relatives, the method known as Modern analogues method gave uncertain results. Based on the proportion of planktonic versus benthic foraminifera, deposition depths were between 131.6 m and 567.3 m, *ie* in the areas of the outer shelf to the upper bathyal. High values of biodiversity and domination indices indicate stable marine ecosystems of the upper bathyal.

**Keywords:** Flysch, Kaštela area, planktonic foraminifera, middle Eocene, biodiversity

**Thesis contains:** XXXVI + 53 pages, 5 figures, 14 tables, 15 plates, 35 references

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** Ph.D, Vlasta Ćosović, Professor

**Reviewers:** Ph.D, Vlasta Ćosović, Professor

Ph.D, Nenad Tomašić, Professor

Ph.D, Đurđica Pezelj, Assistant Professor

**Date of the final exam:** January 31, 2018.

**SADRŽAJ:**

**1. UVOD ..... 1**
**2. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA KAŠTELA ..... 2**
**3. METODE UZORKOVANJA I LABORATORIJSKE OBRADE ..... 3**
3.1. Terenske metode ..... 3
3.2. Laboratorijska priprema uzoraka ..... 8
3.3. Kabinetska obrada ..... 9
3.4. Morfologija planktonskih foraminifera i kriteriji određivanja ..... 10
3.5. Kvantitativne metode ..... 14
3.6. Male bentičke foraminifere i parametri okoliša ..... 20
**4. REZULTATI ..... 22**
4.1. Prikaz rezultata po uzorcima ..... 22
4.1.1. Uzorak T8-5 ..... 22
4.1.2. Uzorak T6-1 ..... 25
4.1.3. Uzorak T8-2a ..... 29
4.1.4. Uzorak T8-2b ..... 33
4.2. Biostratigrafija ..... 37
4.2.1. Uzorak T8-5 ..... 37
4.2.2. Uzorak T6-1 ..... 38
4.2.3. Uzorak T8-2a ..... 39
4.2.4. Uzorak T8-2b ..... 40
**5. DISKUSIJA ..... 41**
**6. ZAKLJUČAK ..... 46**
**7. LITERATURA ..... 47**
**8. POPIS SLIKA U TEKSTU ..... 51**
**9. POPIS TABLICA U TEKSTU ..... 52**
**10. TABLE 1-15 ..... VI**

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu analizirane su foraminiferske zajednice s odabranih lokaliteta fliša na području Kaštel Štafilića.

Ciljevi rada su bili sljedeći:

1. identificirati, odnosno taksonomski odrediti vrste planktonskih te rodove bentičkih foraminifera,
2. prema brojnosti pojedinih vrsta i njihovim ekološkim zahtjevima interpretirati uvjete koji su vladali u okolišu u kojem su foraminifere živjele i
3. odrediti starost naslaga u kojima su pronađene planktonske foraminifere. Za određivanje starosti primijenjena je biozonacija koja se temelji na rasponima eocenskih planktonskih foraminifera prema Berggren & Pearson, 2005.

Planktonske foraminifere su poznate kao izvrsni provodni fosili. Brza evolucija i široka geografska rasprostranjenost (od ekvatorijalnih do polarnih mora) čini ih dobrim pokazateljima starosti. Ovisnost brojnosti i raznolikosti zajednice planktonskih foraminifera o količini svijeta i nutrijenata, temperaturi, dubini i morskim strujama (Murray, 1991) pokazatelj je njihove važnosti pri paleoklimatskim i paleooceonografskim istraživanjima.

Od 611 poznatih vrsta planktonskih foraminifera čak 132 vrste su eocenske (Premoli Silva *et al.*, 2003), što eocen čini povoljnim geološkim razdobljem za proučavanje planktonskih foraminifera. S obzirom da je poznato samo 40 modernih vrsta (od kojih čak 17 živi u Jadranskom moru) paleoekološka rekonstrukcija fosilne zajednice metodom modernih analoga je bila otežana i postaje sve nesigurnija kako idemo u geološku prošlost.

## 2. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA KAŠTELA

Proučavano područje u okolici Kaštela koje se nalazi između gradova Trogira i Splita, dio je zapadnog dijela Splitskog fliškog bazena. Sjeverna granica Kaštelanskog fliša je planina Kozjak, kredna karbonatna navlaka, dok je južna granica definirana obalnom linijom Kaštelanskog zaljeva.

Prva detaljna proučavanja fliških naslaga okolice Splita napravio je Kerner (1905), koji razlikuje donju, srednju i gornju taložnu flišku zonu. Donju flišku zonu karakteriziraju megaslojevi, srednju zonu olistostrome, a donju megaslojevi (Marjanac, 2000). U širem području Kaštela mogu se razlikovati dvije morfološki i geološki različite litološke cjeline. Sjeverni dio izgrađuju kredni i eocenski vapnenci, dok je na južnom dijelu fliš eocenske do oligocenske starosti (Marjanac, 1993). Sjeverna i južna zona su odvojene Kozjakom, reversnim rasjedom (navlačnom strukturom) kojom su vapnenci navučeni preko fliša.

Tijekom mezozoika na plitkoj i stabilnoj karbonatnoj platformi odvijala se karbonatna sedimentacija (talože se dominantno vapnenci). Kraj mezozoika obilježen je Laramijskom orogenezom i izdizanjem Dinarida (Magaš & Marinčić, 1973) koje će trajati do kraja eocena. Na izloženim karbonatnim površinama snažno je okršavanje i formiranje nepravilnog krškog reljefa u čijim su se dubljim depresijama taložile naslage boksita. Početak regionalne transgresije u starijem paleogenu obilježen je taloženjem breča i vapnenaca u rubnim (bočatim) okolišima, dok se tijekom starijeg i srednjeg eocena stvaraju karbonatni, plitkomorski okoliši (karbonatne rampe) na kojima nastaju Foraminiferski vapnenci. Najmlađi eocen obilježen je maksimalnom razinom mora i sedimentacijom fliša. Krajem eocena dolazi do izdizanja kopna i taloženja orogenih breča kada započinje i intenzivna deformacija i rasjedanje fliškog kompleksa, kao i jako okršavanje susjednih karbonata. Tada započeta terestrička faza traje do danas. Glavno tektonsko obilježje fliškog kompleksa tijekom geološke prošlosti je snažna kompresija koja je uzrokovala intenzivno boranje, rasjedanje i stvaranje pukotina.

Kaštelanski fliš predstavlja distalne facijese jadranskog fliša (Marinčić, 1981). Sastoji se od vapnenačkih breča, kalcrudita, kalkarenita, siltita, lapora, glinenih vapnenaca i rijetko velikih vapnenačkih olistolitnih blokova. Grubljezrnati sedimenti često činu bazu, kalkareniti srednji dio, a lapori gornji dio graduirane sekvencije.

Pretpostavlja se da je ukupna debljina naslaga fliša u području Kaštela približno 800 m (Marinčić *et al.*, 1971).

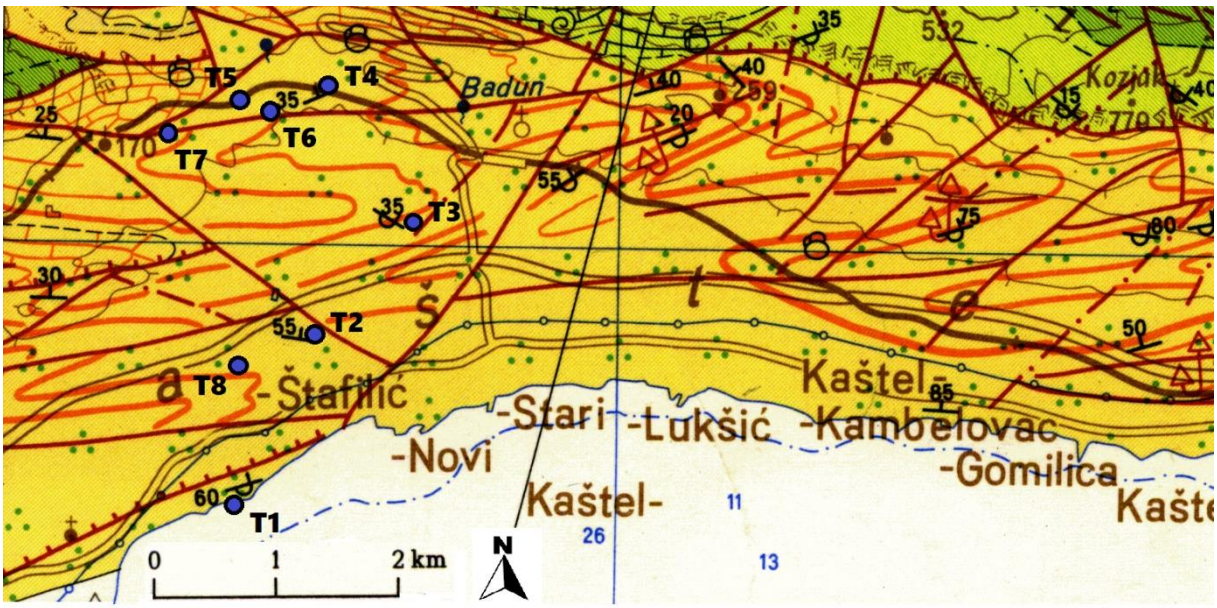
Određena starost naslaga fliša je srednji eocen (Proto Decima & Piccoli 1969) i barton (Benić 1983).

## 3. METODE UZORKOVANJA I LABORATORIJSKE OBRADE

### 3.1. Terenske metode

U svrhu izrade ovog diplomskog rada provedeno je uzorkovanje na odabranim lokalitetima fliša u zaleđu Kaštel Štafilića. Na četiri (oznaka T4, T6, T7 i T8) od ukupno osam lokacija provedeno je uzorkovanje i prikupljeno 10 uzoraka (koji su označeni kao T4-1, T4-2, T6-1, T7-1, T8-1, T8-2, T8-3, T8-4, T8-5 i T8-6). Položaj svih točaka uzorkovanja označen je na isječku geološke karte OGK list Split (Slika 1.) (Marinčić *et al.*, 1971).

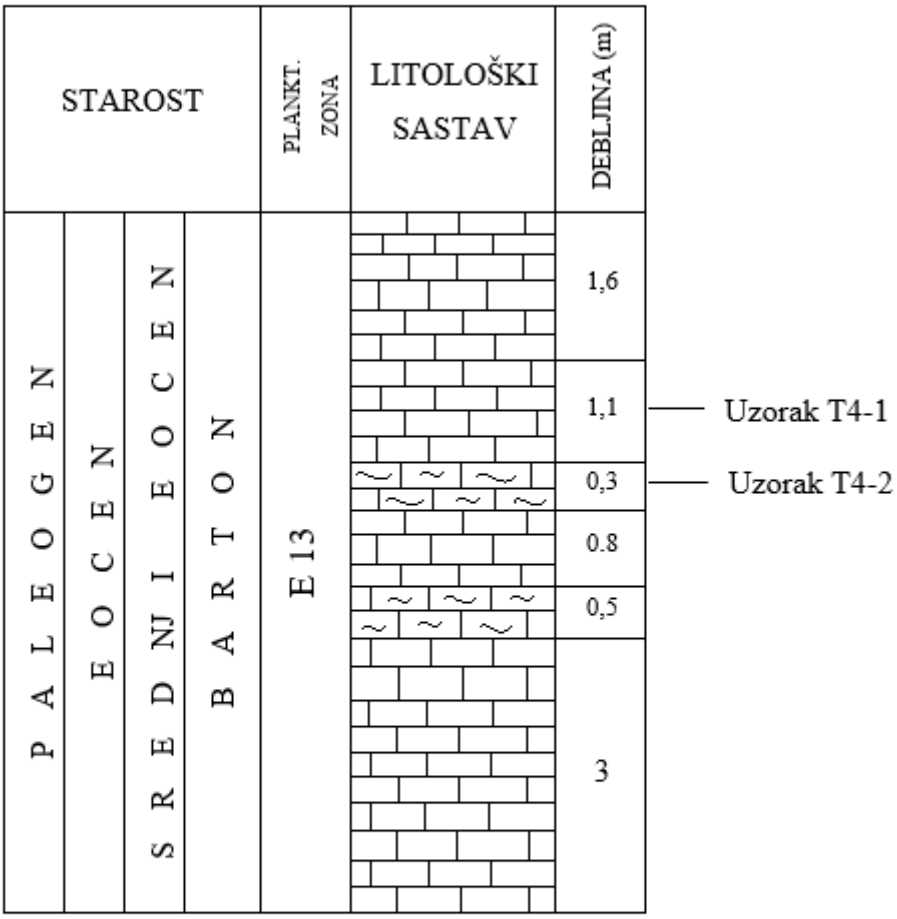
Na terenu je provedena terenska klasifikacija stijena (određivanje litologije, struktura, teksture i boje) koristeći lupu povećanja 10x. Gdje je bilo moguće izmjeren je i na kartu ucrtan položaj slojeva. S ciljem izrade sedimentološkog stupa (Slika 2. i Slika 4.) na izdancima T4 (Slika 3.) i T8 (Slika 5.) mjerena je debljina pojedinih slojeva. Uzorkovanje je provedeno na litificiranim sedimentnim stijenama (biokalkarenit) i na nekonsolidiranom (rahlom) sedimentu (lapor).




**Slika 1.** Isječak iz geološke karte OGK list Split, s mjerilom i označenim točkama uzorkovanja (Marinčić *et al.*, 1971).

Geološki stup T4

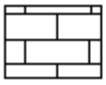
M = 1: 85




Tumač oznaka:



Laporoviti vapnenci

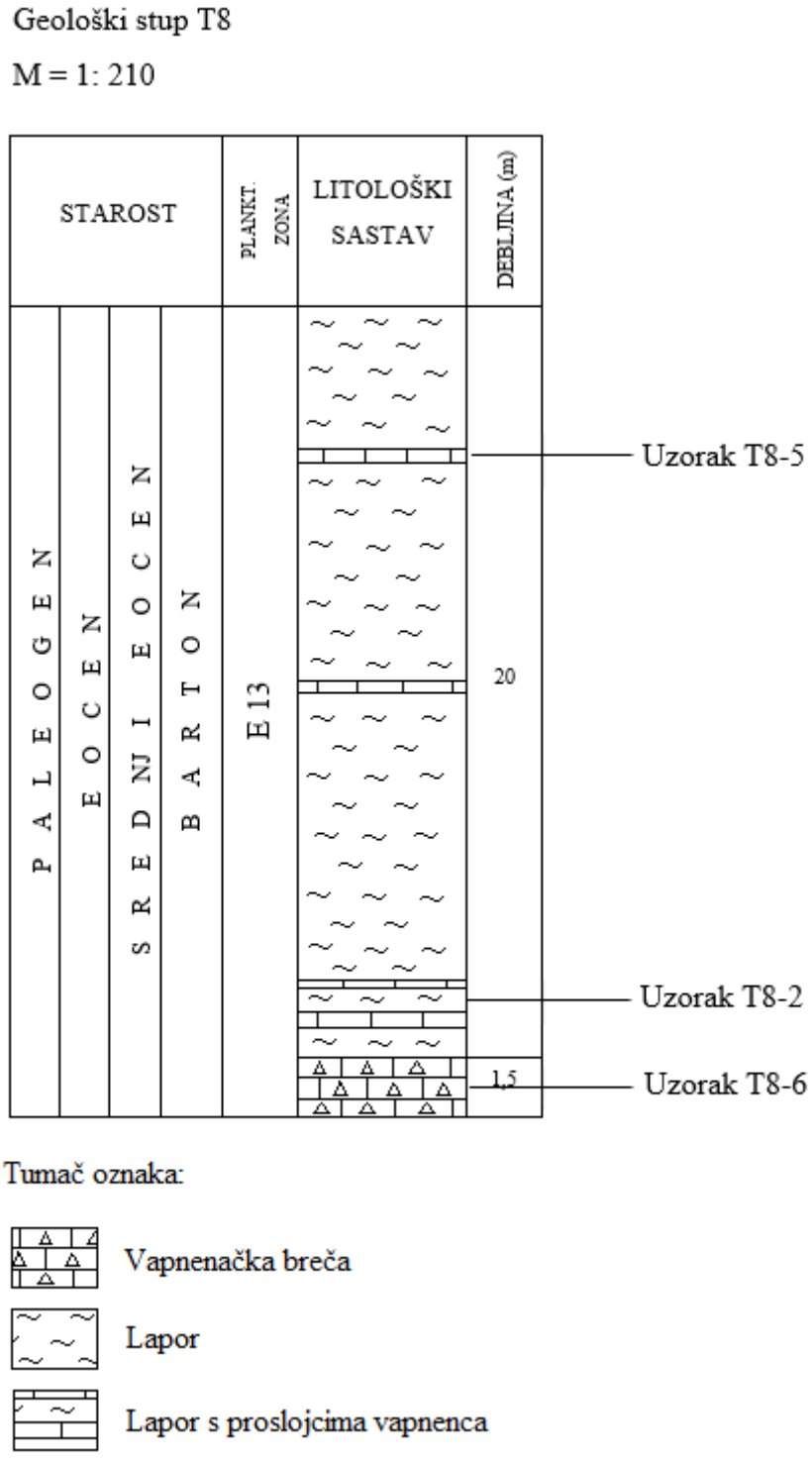


Vapnenci

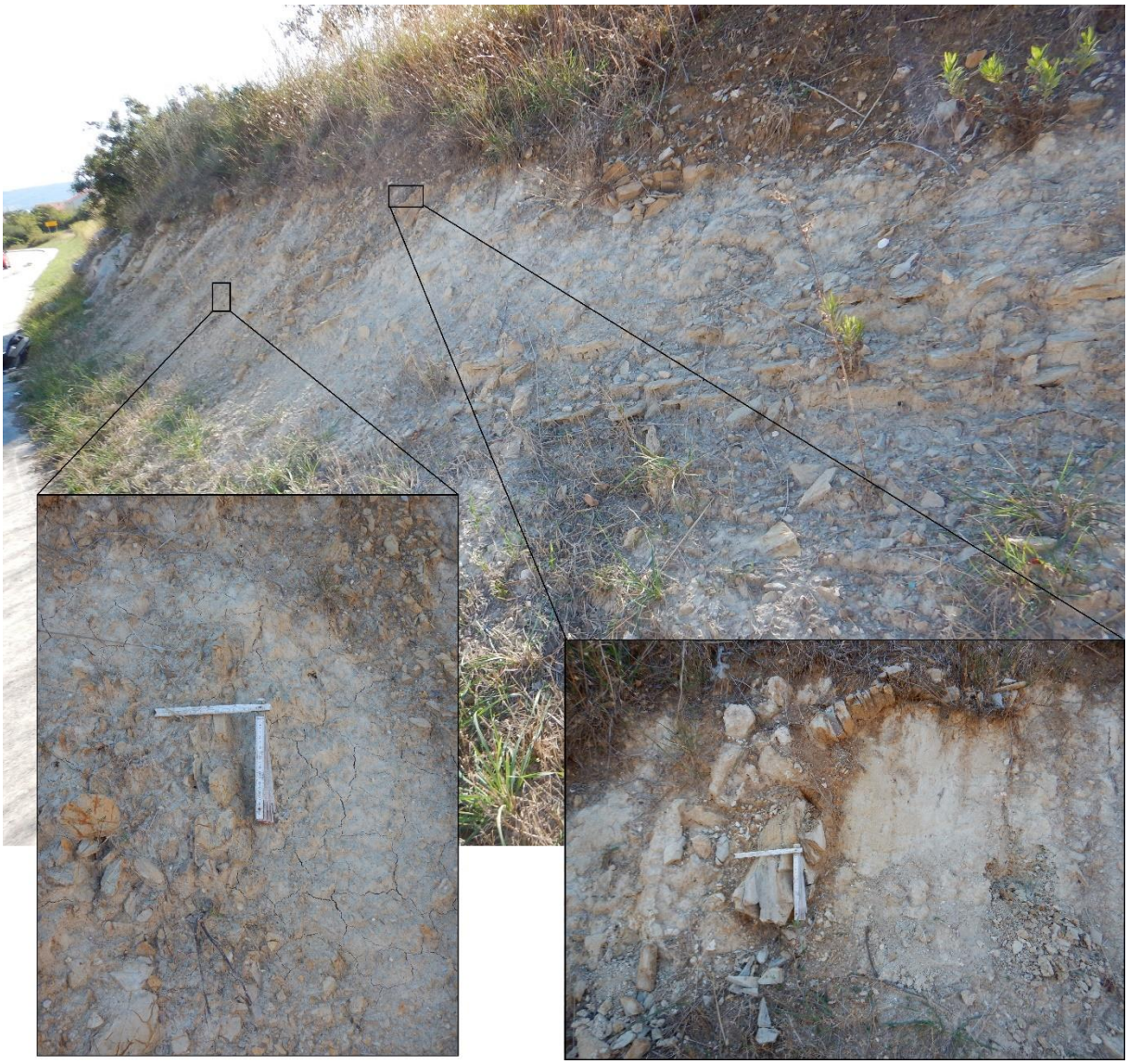
**Slika 2.** Pojednostavljeni geološki stup izdanka s točke T4. Biostratigrafsku zonacija prema Berggren & Pearson, 2005.



**Slika 3.** Izdanak označen kao točka T4 na kojoj su prikupljeni uzorci T4-1 i T4-2.




**Slika 4.** Pojednostavljeni geološki stup izdanka s točke T8. Biostratigrafsku zonacija prema Berggren & Pearson, 2005.



**Slika 5.** Izdanak označen kao točka T8 na kojoj su prikupljeni uzorci T8-2, T8-5 i T8-6.

### 3.2. Laboratorijska priprema uzoraka

Od prikupljenih uzoraka, u slučaju kada se radilo o konsolidiranoj stijeni, pripremljeni su mikroskopski izbrusci. Uzorak je bilo potrebno prvo izrezati na pločice koje odgovaraju veličini predmetnog stakalca i debljine 3-4 mm. Ravna površina, koja je dobivena poliranjem uz pomoć smjese korundnog praha i vode na staklenoj ploči, zalijepljena je na predmetno stakalce. Uzorak se zatim sušio 20-ak minuta nakon čega se na aparatu (neformalno nazvanom gramofon) automatski stanjio. Tako je dobiven uzorak ponovno ručno poliran do željene debljine koja omogućuje promatranje pod stereoskopskom lupom u prolaznom svijetlu.

Uzorci slabo vezanog sedimenta, ukoliko je bilo potrebno, prvo su dodatno mehanički usitnjeni, a potom dezintegrirani korištenjem 30% otopine vodikova peroksida ($H_2O_2$). U plastičnu posudu u koju je stavljen usitnjni uzorak dodana je voda (tako da prekrije uzorak) i 0,5 dl 30% peroksida. Zbog puno organske tvari postupak otapanja u otopini vode i peroksida je ponovljen. Nakon što su organski spojevi oksidirali i tako se eliminirali ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$), uzorci su isprani pod mlazom hladne vode na situ promjera rupica 0,063 mm. Prosijani materijal se dekantirao i sušio na sobnoj temperaturi.

### 3.3. Kabinetska obrada

Mikroskopski su izbrusci pregledani i fotografirani na mikroskopu Axiolan (OPTON).
U pet (T4-1a, T4-1b, T4-2, T8-5 i T8-6) od ukupno devet mikroskopskih preparata (T4-1a, T4-1b, T4-2, T7-1a, T7-1b, T8-2, T8-4, T8-5 i T8-6) mogu se prepoznati ostatci planktonskih i bentičkih foraminifera, te fragmenti crvenih algi. Stijene su klasificirane prema kriterijima za klasifikaciju Dunham (1962) te su određene sljedeće vrste stijena: wackestone – packstone s ostatcima planktonskih foraminifera i fragmentima crvenih algi, te floatstone s gusto naslaganim kućicama velikih bentičkih foraminifera.

Uzorake dobivene šlemanjem ili muljenjem je potrebno standardizirati u poduzorake veličine približno 300 jedinki foraminifera. To se vrši metodom pačetvorenja uzorka, gdje se poduzorak s određenim brojem foraminifera dobije djeljenjem na polovice. Kako bi se izbjegla pristranost koristimo jednostavnu napravu koja se zove mikrospliter. Osušeni uzorak se istresa u mikrospliter gdje se automatski dijeli na dva jednaka dijela. Isti postupak se ponavlja više puta sve dok konačni standardizirani uzorak (FOMIBO protokol, Schönfeld *et al.*, 2012) koji će se mikroskopirati ne sadrži približno 300 kućica foraminifera. Poteškoća pri standardizaciji uzorka bila je posljedica male brojčanosti foraminifera zbog čega je bilo potrebno uzeti puno veću količinu materijala kao poduzorak.

Koristeći stereoskopsku lupu (Nikon) izdvajaju se posebno planktonske i bentičke foraminifere iz „plitice“ u specijalne „kutijice“ poznate pod imenom „Frankove ćelije“. U četiri (T6-1, T8-2a, T8-2b i T8-5) od ukupno osam uzoraka (T4-1, T6-1, T8-1, T8-2a, T8-2b, T8-3, T8-4 i T8-5) određivale su se vrsta planktonskih foraminifera te su se brojale jedinke svake pojedine vrste. Bentičke foraminifere su prebrojane, kako bi se odredila njihova zastupljenost u zajednici koja se koristi za određivanje dubine te su određeni rodovi. U ostalim uzorcima nisu prepoznate foramininifere, niti bilo koji drugi fosili, već samo odlomci stijena.

Klasifikacija foraminifera rađena je prema kriterijima za definiranje vrsta Loeblich & Tappan (1988), a pri određivanju vrsta i rodova planktonskih foraminifera su korišteni i priručnici Premoli Silva *et al.* (2003), odnosno Premoli Silva *et al.* (2006). Za određivanju vrsta roda *Turborotalia* korištena je doktorska dizertacija Premec Fućek (2009).

Bentičke su foraminifere određvane na nivou rodoa, uz pomoć priručnika Foraminiferi Padani (1982).

Izdvojene planktonske i bentičke foraminifere fotografirane su na stereoskopskoj lupi Olympus SZX7, kamerom Olympus U-TV1XC.

### 3.4. Morfologija planktonskih foraminifera i kriteriji određivanja

Prema Premec Fućek (1993) kriteriji za determinaciju izoliranih kućica planktonskih foraminifera su sljedeći:

**Oblik kućice**

Kućica može biti:

1.) Umbilikalna – kućica koja ima pupak, odnosno točku na osi namatanja gdje se spajaju septi zadnjeg zavoja kod namotanih foraminifera. Pupak može biti na jednoj ili na obje strane kućice, te može biti otvoren ili zatvoren (umbilikus).
   - A) Planispiralna dvopupčana – kućica koja je simetrično namotana s pupkom na obje strane.
     - a) Evolutna – svi zavoji su djelomično ili potpuno vidljivi s obje strane
     - b) Involutna – na svakoj strani se vidi samo zadnji, mlađi zavoj koji pokriva starije.
   - B) Trohospiralna – kućice kod kojih su klijetke namotane visoko ili nisko spiralno u obliku stošca. Kod trohospiralnih kućica postoji spiralna, odnosno evolutna strana gdje su vidljivi svi zavoji i umbilikalna ili pupčana (involutna) strana gdje se vide samo klijetke zadnjeg zavoja.
     - a) Bikonveksna – i spiralna i umbilikalna strana su ispupčene.
     - b) Spirokonveksna – spiralna strana je ispupčena, dok je umbilikalna strana ravna do uleknuta.
     - c) Umbilikalno-konveksna – umbilikalna strana je ispupčena, a spiralna ravna do uleknuta.
   - C) Biserijano namotana

2.) Neumbilikalna – kućica koja nema pupak
   - A) Streptospiralna – dolazi do kasnije promjene trohospiralnog namatanja tako da se ravnina namatanja kontinuirano mijenja poput namatanja niti u klupko.
   - B) Kuglasta – formira se kada zadnja klijetka obavije sve ostale ili kod brzog porasta veličine klijetki, pa zadnja klijetka u znatnoj mjeri obavije ostale.

**Građa kućice**

1.) Oblik klijetki:

A) Uglasto koničane – napuhnute klijetke s uglastim rubovima i koničnim oblikom.

B) Uglasto romboidne – s rombičnim presjekom i oštrim kutevima.

C) Uglasto krnje – napuhnute, uglaste klijetke s odsječenim rubovima. Često imaju brid, kobilicu (*keel*).

D) Ovalne – umjereno napuhnute i ovalne u presjeku.

E) Polukuglaste – napuhnute na jednoj strani, a plosnate na drugoj, polukuglastog oblika.

F) Kuglaste – klijetke oblika kugle.

G) Kijačaste – izdužene, a na kraju napuhnute. Klijetke imaju oblik toljage.

H) Cjevasto-šiljaste – klijetka obilika dugih šupljih nastavaka.

I) Zrakasto (radijalno) izdužene

2.) Dodatni elementi građe služe za zaštitu, redukciju veličine primarnih i sekundarnih ušća te za održavanje odraslih jedinki u optimalnoj razini vodenog stupca.

A) Jednostavna ušćana usna

B) Bočni ušćani izbojci – javlja se na obje strane kod planispiralnih biumbilikalnih kućica.

C) Pupčani zubi – trokutasta modifikacija ušćane usne.

D) Klijetčani izbojci – široki nabori duž baznog ruba klijetke s tendencijom prekrivanja sutura.

E) Tegila – pupčani pokrov koji se proteže od klijetki preko pupka potpuno prekrivajući primarno ušće.

F) Bula – djelomično ili potpuno prekriva primarno ili sekundarno ušće. Prema položaju može biti pupčana, suturna, pupčano-suturna ili arealna.

**Oblik i položaj ušća**

Ušće ili apertura je otvor koji je po svom položaju i obliku karakterističan za pojedni rod. Svrha ušća je povezivanje citoplazme s okolinom. Kroz njih izlaze pseudopodiji koji pomažu pri hranjenju i razmnožavanju.

Ušća dijelimo na:

1.) Primarno – glavni otvor na zadnjoj, najmlađoj klijetki kućice. Nalazi se na bazi zadnje klijetke, tj. interiomarginalno. Prema položaju ušća dijelimo na:
   A) Pupčano – ušće zadnje klijetke ide u pupak.
   B) Vanpupčano-pupčano – od pupka duž prednjeg ruba zadnje klijetke prema vanjskom rubu kućice.
   C) Ekvatorijalno – karakteristično za planispiralno namotane planktonske foraminifere koje imaju simetrično interiomarginalno ušće na zadnjoj klijetki smješteno odmah iznad perifernog ruba prethodnog zavoja. Može biti ekstremno visoko, trozrakasto ili nisko zasvođeno.
   D) Spiralno-pupčano – interiomarginalno ušće koje se proteže od pupka preko vanjskog ruba kućice do spiralne strane

2.) Sekundarno – manji otvori dodani primarnim ušćima, a mogu biti:
   A) Reliktna – pupčani ulaz ekvatorijalnog ušća nije prekriven idućom klijetkom, a oko pupka ostaje otvor poput kratke radijalne pukotine.
   B) Dodatna – kao dodatak ili potpuni nadomještaj za primarno ušće.
      a) Mnogostruka dodatna arealna ušća
      b) Suturalna dodatna ušća – pojedinačna ili višestruka
   C) Popratna – otvorena su ispod popratnih gradbenih elemenata.
      a) Infralamelarna – jedan ili više otvora duž popratnih gradbenih elemenata.
      b) Intralamelarna – višestruka ušća probijaju popratne strukture.

**Površinska ornamentacija kućice**

Stijenka kućice može biti:

A) Glatka

B) Saćasta – nepravilno mrežasta, poput pčelinje saće.

C) Spinozna – s izduženim bodljama, murikatni tip.

D) Vlaknasta – fine bodljice poput kose.

E) Brazdasta – rugozna, hrapava, nepravilne ornamentacije.

F) Prekrivena kuglicama

G) Jamičasta – okrugle udubine na površini stijenke.

Glavni kriteriji za razlikovanje planktonskih foraminifera određivanih iz mikroskopskih preparata su:

A) vanjski oblik (forma) kućice

B) veličina kućice

C) debljina i izgled stijenke

D) veličina, oblik, broj i raspored klijetki

E) položaj i broj rubnih zadebljanja (kobilica) u presjeku koji ide paralelno ili gotovo paralelno s osi namatanja kućice.

Neki od navedenih kriterija za određivanje vrsta vidljivi su kako u izoliranim primjercima tako i u mikroskopskim preparatima (veličina i oblik kućice, veličina i oblik klijetki, položaj ušća). Debljina stijenke i rubna zadebljanja (kobilica) vidljivi su samo na jedinkama u mikroskopskim preparatima, dok su razni ukrasi na kućici i oblik ušća kriteriji koje vidimo samo na izoliranim jedinkama.

**Stupanj očuvanosti**

Za planktonske foraminifere je prije određivanja vrsta bilo jako važno opisati stupanj očuvanosti. Identifikacija je zbog lošije očuvanosti u većini slučajeva bila otežana.

Dobra očuvanost podrazumijevaju cjelovite fosile bez tragova trošenja (mehaničkog ili kemijskog ), a identifikacija ostataka je na razini roda i vrste.

Srednje dobra očuvanost kod planktonskih foraminifera odnosi se na rekristalizirane kućice čija površina izgleda kao da je posuta šećerom ili prahom, a prostor između klijetki i ušća je zapunjen. U manjoj mjeri kućice mogu biti razlomljene i deformirane, no uz otežanu identifikaciju, na temelju oblika kućice i položaja ušća još uvijek možemo odrediti rod i vrstu.

Kod loše očuvanosti kućice su razlomljene i deformiranje. Možemo prepoznati da je riječ o planktonskoj foraminiferi, ali rod i vrstu ne možemo odrediti. Takve jednike u tablicama su stavljene u kategoriju oštećeni plankton

### 3.5. Kvantitativne metode

U svrhu paleoekološke interpretacije koriste se brojne statističke metode. Statistička analiza uzoraka sastoji se od izračunavanja nekih ekoloških indeksa. Pomoću njih je moguće na temelju broja jedinki i udjela pojedinih taksona u zajednici definirati bioraznolikost zajednice te postaviti određene modele za pojedine okoliše. Za izračunavanje ekoloških indeksa korišten je računalni program Past (Hammer *et al.*, 2001).

U ovom radu indeksi su računati za ukupnu foraminifersku zajednicu, s napomenom da su planktonske foraminifere određene na razini vrste, dok su bentičke određene na razini roda. Izračunati su sljedeći indeksi: broj ili bogatstvo vrsta, Fisherov indeks (α indeks), Shannon-Wienerov indeks, ekvitabilnost te Simpsonov indeks dominacije.

#### Broj vrsta (bogatstvo vrsta)

Kvantitativni sastav zajednice podrazumjeva broj vrsta koji ona sadrži, a često se označava i kao bogatstvo vrsta. Broj vrsta planktonskih i bentičkih foraminifera u uzorku je najjednostavnije mjerenje i oblik procjene bioraznolikosti zajednice. Ukupni broj vrsta u zajednici ovisi o geografskoj širini, stabilnosti prostora, ali i o veličini uzorka.

Naime, što je veći broj jedinki u uzorku, sve je veća vjerojatnost da će se u uzorku pojaviti i neke rijetke vrste. Brojnost ukazuje na složen odnos prema hrani, produkciji i predatorstvu. Iako je bogatstvo vrsta važan parametar za usporedbu zajednica, ne daje nam podatke o tome u kojoj mjeri su pojedine vrste zastupljene jedinkama, tj. gubi se informacija da su neke vrste česte, a druge rijetke.

**Fisherov indeks (α indeks)**

Fisherov α indeks je najčešće upotrebljavan indeks raznolikosti vrsta koji u obzir uzima broj vrsta prema broju jedinki. Koristan je pokazatelj raznolikosti zajednice jer uzima u obzir i vrste koje su prisutne s malim brojem jedinki (rijetke vrste). Fisherov α indeks računa se prema formuli:

$$\alpha = n^1 / x$$

pri čemu je $x$ konstanta koja ima vrijednost < 1, a $n^1$ je moguće izračunati iz $N(1\text{-}x)$, gdje je $N$ broj jedinki u zajednici. Prednost ovog indeksa je da se može jednostavno očitati s grafikona pomoću odnosa broja vrsta i broja jedinki (Murray, 1991).

Za pojednine okoliše taloženja indeks α je približno određen, a prema Murray-u (1991) iznosi:
<1 – 5 za brakične močvare
<1 – 2 za morske močvare
<1 – 7 za hiperslane močvare
<1 – 3 za brakične mangrove
<1 – 5 za brakične lagune
3 – 12 za marinske lagune
<1 – 6 rijetko 7, za hiperslane 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.

**Shannon-Wienerov indeks**

Shannon-Wienerov indeks uzima u obzir omjer broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici. Indeks označava heterogenost zajednice, a koristi se za usporedbu raznolikosti različitih zajednica i okoliša. Također, dobivamo važnu informaciju o rijetkosti ili učestalosti vrsta u zajednici, odnosno o strukturi zajednice. Izračunava se prema formuli:

$$H(S) = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

pri čemu je $S$ ukupni broj vrsta u uzorku, a $p_i$ udio $i$ -te vrste ($p_i = n_i / n$).
Maksimalna vrijednost indeksa bez obzira na broj vrsta postiže se kada su sve vrste zastupljene s jednakim brojem jedinki, dok najmanje vrijednost postiže u ekosistemima s malim brojem vrsta ili tamo gdje jedna vrsta dominira.

**Ekvitabilnost (indeks ujednačenosti)**

Indeks ujednačenosti nam govori o raznolikosti neke zajednice u odnosu na maksimalnu moguću raznolikost. Kada sve vrste u zajednici imaju jednak broj jedinki, vrijednost indeksa raznolikosti je maksimalna. Ekvitabilnost se izračunava prema formuli:

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

gdje je $H(S)$ vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa, a $S$ ukupan broj vrsta u zajednici. Vrijednosti indeksa se kreću od 0, kada zajednica ima samo jednu vrstu do 1, kada je svaka vrsta zastupljena s jednakim brojem jedinki.

**Simpsonov indeks dominacije**

Simpsonov indeks raznolikosti je indeks dominacije. Prednost ovog indeksa je što nije osjetljiv na promjene bogatstva vrsta, a daje nam vjerojatnost da će dvije jedinke slučajno odabrane iz foraminiferske zajednice pripadati različitim vrstama. Odnosno, dominacija pokazuje prevladavanje jednog, ili manjeg broja taksona u ukupnoj zajednici organizama. Izračunava se prema formuli:

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{n}\right)^2$$

gdje je $n_i$ broj primjeraka $i$ -te vrste. Prema ovakvoj formuli vrijednost indeksa je sve manja kako raznolikost raste. Odnosno, raspon dominacije je između 0, kada su jednako prisutne sve vrste (najveća raznolikost) i 1, kada jedna vrsta dominira zajednicom (najmanja raznolikost). Radi jednostavnosti čitanja podataka u ovom radu indeks je iskazan kao komplementarna forma 1 – D te vrijednosti rastu s porastom raznolikosti.

**Omjer planktonskih i bentičkih foraminifera (P/B)**

S obzirom da broj jedinki planktonskih foraminifera u vodenom stupcu raste s udaljavanjem od obale, omjer planktonskih i bentičkih foraminifera koristimo kao mjeru za procjenu dubine taloženja. U pravilu sedimenti istaloženi u plićevodnim okolišima obiluju ostatcima bentičkih foraminifera, dok je u dubljemorskim okolišima dominacija planktonskih foraminifera. Ova metoda interpretacije dubine je relativno jednostavna i brzo se provodi jer nije potrebno taksonomsko određivanje foraminifera. Prema modelu Murray (1991) iz formule:

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

gdje je $P$ broj planktonskih foraminifera, a $B$ broj bentičkih foraminifera možemo izračunati dubinu taloženja.

Murray (1991) je s obzirom na pripadajuće vrijednosti odnosa plankton/bentos načinio podjelu okoliša taloženja na sljedeći način:

- Unutrašnji šelf: odnos P/B iznosi manje od 20%, prisutni su samo juvenilni oblici, a zajednica pokazuje nisku raznolikost
- Srednji šelf: odnos P/B je u rasponu 10-60%, velik udio juvenilnih formi u zajednici niske raznolikosti
- Vanjski šelf: P/B u rasponu 40-70%, neke su vrste zastupljene u svim veličinama kućica, a neke samo u juvenilnoj formi
- Gornja kontinentalna padina: visok odnos P/B (>70%), zastupljene su sve veličine jedinki, a zajednica pokazuje maksimalnu raznolikost.

Nešto preciznije određivanje relativne dubine taloženja uveli su Van der Zwaan *et al.* (1990), gdje se dubina izračunava iz postotka planktonskih foraminifera u zajednici planktonskih i bentičkih epifaunskih foraminifera. Van der Zwaan *et al.* (1990) su pretpostavili da broj bentičkih foraminifera ovisi o količini organske tvari koja stiže na morsko dno, dok broj planktonskih foraminifera raste proporcionalno primarnoj produkciji. S obzirom da se hrane organskom tvari iz sedimenta te ne ovise o organskom ugljiku koji tone iz gornjih dijelova vodenog stupca, bentički infaunalni oblici su isključeni iz jednadžbe. Prema tome, dubina taloženja računa se iz formule:

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

pri čemu su a = 3,58718, b = 0,03534, a %*P* je postotak planktonskih foraminifera u zajednici planktonskih i epifaunalnih bentičkih oblika.

**Metoda modernih analoga (MAT)**

Povezanost između okolišnih varijabli, kao što su temperatura površine mora i sastava zajednice planktonskih foraminifera važna je za dobivanje paleoekoloških podataka. Brojna istraživanja zajednica recentnih planktonskih foraminifera, pokazala su da pojedine vrste planktonskih foraminifera preferiraju određene temperature morske vode. Ovisnost distribucije recentnih vrsta o temperaturi omogućuje korištenje fosilnih zajednica u smislu interpretacije paleotemperatura.

Prepoznavanjem fosilnih vrsta koje imaju moderne srodnike, fosilnoj se zajednici pripisuju temperaturni rasponi i tako metodom analoga (MAT) određuje paleotemperatura. Potreba za dobivanjem preciznih podataka dovela je do formiranja matematičkih izraza. Paleotemperaturu je moguće izračunati formulom:

$$T = \Sigma\ (p_i * T_i) / 100$$

gdje je $p_i$ relativan broj jedinki određene vrste, a Ti optimalna temperatura za vrstu i.

Paleogenske planktonske foraminifere gotovo da nemaju modernih srodnika (izuzetci su rodovi *Dentoglobigerina, Turborotalia, Catapsydrax* i *Cassigeninella*); koji bi svjedočili o temperaturnim rasponima za pojedine vrste. Prema literaturnim podacima, za sve nađene vrste prepoznata je distribucija prema klimatskim pojasevima (odnosno geografskim širinama). Dodatno je za vrste popisan i položaj koje vrsta ima unutar vodenog stupca. Kako bi što točnije odredili temperaturu, primijenjena i tradicionalna formula Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) za određivanje temperatura, kao dodatna mjera točnosti. Svakoj određenoj paleogenskoj vrsti, temeljem literaturnih podataka, određeno je stanište (klimatska zona, dubina u vodenom stupcu) te su definirane kao tropske i suptropske (A i B, stanovnici površinskog/miješanog sloja), subpolarne (C, stanovnici termokline) te polarne vrste (D, dubljevodne vrste). Temperatura je izračunata prema formuli:

$$T = 23{,}6\boldsymbol{A} + 10{,}4\boldsymbol{B} + 2{,}7\boldsymbol{C} + 3{,}7\boldsymbol{D}$$

### 3.6. Male bentičke foraminifere i parametri okoliša

Rasprostiranje i brojnost malih bentičkih foraminifera ovisi o količini otopljenog kisika i dotoku organskog ugljika u okolišu. Oblici kućica razlikuju se kod jedinki koje žive u oksičnom i dizoksičnom okolišu. Povećani dotok organskih ostataka dovodi do smanjenja količine kisika.

Razlike u brojnosti oblika malih bentičkih foraminifera može poslužiti kao mjera količine otopljenog kisika (Kaiho 1994, 1998) (tablica 3.1). Male se bentičke foraminifere dijele na one koje žive u dizokičnim uvjetima (0,1 do 0,3 ml/l), suboksičnim (0,3 do 1,5ml/l) i oksičnim (>ml/l) uvjetima. Specifične morfološke osobine kućica razlikuju svaku kategoriju. Indikatori dizoksičnih uvjeta bentičke su foraminifere koje imaju sitne (<200 μm kod spiralnih formi, kod izduženih <500 μm), plosnate ili izdužene kućice s oštrim vrhom. Tankih su stjenki te žive kao infauna (*Bolivina* spp., *Brizalina* spp., *Bulimina* spp.). Suboksični pokazatelji su rodovi i vrste foraminifera tankih stjenki i planispiralnog rasta. Kućice su im trohospiralne plankonveksne do bikonveksne, jajolike ili kuglaste. Žive kao epifauna ili infauna (*Oridorsalis* spp., *Gyroidinoides* spp., *Uvigerina* spp., *Lenticulin*a spp.). Plankonveksne, bikonveksne, zaobljene trohospiralne kućice debelih stjenki i velikih dimenzija (≥350 μm), te epifaunalni način života karakteristika je oksičnih vrsta (miliolide, *Nuttallide*s spp.).
Prema Kaiho (1994) količina otopljenog kisika izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$BFOI = \{[O / (O + D)] * 100\}$$

gdje je $O$ broj jedinki oksičnih vrsta, a $D$ je broj jedinki dizoksičnih vrsta. Ako je $O = 0$, i $D + I > 0$ ($I$ = broj jedinki suboksičnih vrsta grupe A i B) tada koristimo sljedeću formulu:

$$BFOI = \{[I / (I + D)] – 1\} * 50\}$$

**Tablica 3.1.** Količina otopljenog kisika, oksičnost te pripadajući indeks izračunat temeljem karakteristika bentičkih foraminifera prema Kaiho (1994).

| Okoliš s obzirom na količinu kisika | Količina kisika (mL/L) | BFOI | Karakteristike bentičkih foraminifera |
|---|---|---|---|
| Visoko oksičan | 3,0 – 6,0+ | 50 – 100 | Dizoksične, suboksične i visok omjer oksičnih indikatora |
| Nisko oksičan | 1,5 – 3,0 | 0 – 50 | Dizoksične, suboksične i nizak omjer oksičnih indikatora |
| Suboksičan | 0,3 – 1,5 | -40 – 0 | Dizoksične, visok omjer suboksičnih indikatora |
| Dizoksičan | 0,1 – 0,3 | -50 – -40 | Dizoksične, mali broj suboksičnih indikatora |
| Anoksičan | 0,0 – 0,1 | -55 | Oskudan broj bentičkih foraminifera |

# 4. REZULTATI

## 4.1. Prikaz rezultata po uzorcima

### 4.1.1. Uzorak T8-5

U ovom uzorku izdvojeno je 34 jedinki planktonskih foraminifera, a ukupno je određeno 10 vrsta (Tablica 4.1.). Loše je očuvano i razlomljeno 12,90% kućica, te njihova identifikacija nije bila moguća na razini roda i vrste. Preostali dio kućica planktonskih foraminifera su srednje dobro očuvane. Rekristalizirana površina kućice i zapunjena ušća uzrok su njihove otežane identifikacije

Brojčano su najzastupljenije jedinke roda *Subbotina* s 11,84%, dok su podjednako zastupljene jedinke rodova *Dentoglobigerina*, *Globorotaloides* i *Turborotalia* sve s udjelom 3,23%. Rodovi *Catapsydrax* i *Globigerinatheka* su najmanje zastupljeni, svaki s udjelom 1,08% od ukupne zajednice foraminifera.

Dominantna je vrsta *Subbotina linaperta*, 5,38%, a slijede je vrste *Dentoglobigerina yeguaensis*, *Subbotina angiporoides* i S. *eocaena* s udjelom 3,23% u ukupnoj zajednici.

Iz uzorka je izdvojeno 59 jedinki bentičkih foraminifera (Tablica 4.2.), a najzastupljeniji su rodovi: *Planulina* s udjelom 13,98%, *Heterolepa* 9,68% te *Rosalina* i *Cibicidoides*, svaki s udjelom 8,60% u ukupnoj zajednici.

Iznos temperature morske vode izračunat prema metodi modernih analoga (Berger 1969) jednak je 16,18 °C, dok temperatura izračunata metodom transfer funkcije prema Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) za isti uzorak iznosi 9,73 °C.

U uzorku T8-5 ukupno je prisutno 25 vrsta. Fisherov indeks α iznosi 12,37 dok je Shannon-Wienerov H(S) jednak 2,85. Ekvitabilnost ima vrijednost 0,89, a Simpsonov indeks dominacije 0,92.

Planktonske foraminifere u ukupnoj foraminiferskoj zajednici tvore 36,56%. Izračunata dubina prema modelu Van der Zwaan *et al.* (1990) iznosi 143,8m.

Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) za uzorak T8-5 iznosi 76,6.

**Tablica 4.1.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-5 te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [**]Katland Turner *et al.* (2017),[3] Hernitz Kučenjak *et al.* (2006), [4]Gebhardt *et al.* (2013) i [5]Matsui *et al.* (2016).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO (%) | STANIŠTE | SA ILI BEZ SIMBIONATA | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich & Tappan | 1 | 1,08 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Dentoglobigerina yeguaensis* (Weinzierl & Applin) | 3 | 3,23 | Miješani[5] Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Globigerinatheka index* (Finlay) | 1 | 1,08 | Termoklina[3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globorotaloides permicrus* (Blow & Banner) | 2 | 2,15 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Globorotaloides suteri* Bolli | 1 | 1,08 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Subbotina angiporoides* (Hornibrook) | 3 | 3,23 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina eocaena* (Guembel) | 3 | 3,23 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina linaperta* (Finlay) | 5 | 5,38 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Turborotalia cocoaensis* (Cushman) | 2 | 2,15 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia increbescens* (Bandy) | 1 | 1,08 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| Oštećeni plankton | 12 | 12,90 | | | |
| UKUPNO | 34 | 36,56 | | | |

**Tablica 4.2.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-5 te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO U ZAJEDNICI (%) | NAČIN ŽIVOTA | KISIK | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Anomalina* sp. | 4 | 4,30 | Epifauna | | |
| *Anomalinoides* sp. | 2 | 2,15 | Epifauna | Oksik | |
| *Asterigerinata* sp. | 1 | 1,08 | Slobodna epifauna | Oksik | |
| *Brizalina* sp. | 1 | 1,08 | Slobodna infauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Cibicidoides* sp. | 8 | 8,60 | Infauna-pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Gavelinopsis* sp. | 1 | 1,08 | Pričvršćena epifauna | Oksik[6] | Mala[6] |
| *Heterolepa* sp. | 9 | 9,68 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Lagena* sp. | 1 | 1,08 | Infauna | Dizoksik | Umjerena |
| *Marginulina* sp. | 1 | 1,08 | Infauna | | |
| *Nuttallides* sp. | 2 | 2,15 | Slobodna ili pričvršćena epifauna-plitka infauna, | Oksik | |
| *Oridosalis* sp. | 5 | 5,38 | Slobodna epifauna | Suboksik | |
| *Planulina* sp. | 13 | 13,98 | Pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Pullenia* sp. | 2 | 2,15 | Slobodna infauna | Suboksik | Umjerena |
| *Rosalina* sp. | 8 | 8,60 | Pričvršćena epifauna | Dizoksik | |
| *Stilostomella* sp. | 1 | 1,08 | Infauna | Dizoksik-manjak | Umjerena |
| UKUPNO | 59 | 63,44 | | | |

### 4.1.2. Uzorak T6-1

U uzorku T6-1 nasumičnim odabirom izdvojeno je 120 jedinki planktonskih foraminifera (Tablica 4.3.), među kojima su određene 24 vrste. Loše je očuvano 15,29% kućica planktonskih foraminifera, razlomljene su i rekristalizirane, a ušća su im zapunjena te ih nije bilo moguće prepoznati na razini roda i vrste. Planktonske foraminifere kojima su određeni rod i vrsta na temelju oblika kućice i položaja ušća su srednje dobro očuvane, a kućice su im djelomično rekristalizirane.

Jedinke roda *Subbotina* s 16,57% i *Globigerinatheka* s 13,37% su najzastupljenije, a slijede rodovi *Globorotaloides* s 10,19% i *Catapsydrax* s 8,27%. Nešto manje su zastupljeni rodovi *Turborotalia* i *Globoturborotalita*, a najmanje ima pripadnika rodova *Parasubbotina*, *Acarinina*, *Dentoglobigerina* i *Globigerina*.

*Globorotaloides suteri* s udjelom 10,19% i *Subbotina eocaena* s 8,28% dominantne su vrste, a slijede *Catapsydrax dissimilis* i *Globigerinatheka* sp. s 5,73% te *S. linaperta* s 5,10%.

Iz uzorka je izdvojeno 37 bentičkih foraminifera (Tablica 4.4.) te su određeni rodovi među kojima najbrojniji su predstavnici roda *Cibicidoides* s 5,10%, zatim slijedi *Oridosalis* s 3,18%, a rodovi *Cibicides*, *Heterolepa* i *Nuttallides* jednako su zastupljene s udjelom 2,55%. Kućice bentičkih foraminifera u ovom uzorku izrazito su sitne i krhke.

Za uzorak T6-1 izračunata temperatura prema metodi modernih analoga (Berger 1969) iznosi 15,80 °C, a ista izračunata prema metodi transfer funkcije Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) iznosi 9,71 °C.

Broj vrsta za uzorak T6-1 jednak je 37. Vrijednost Fisherovog indeksa α je 16,99, Shannon-Wienerovog 3,23, ekvitabilnosti 0,89, a Simpsonov indeks dominacije iznosi 0,95.

Zastupljenost planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici iznosi 76,43%. Dubina izračunata prema modelu Van der Zwaan *et al.* (1990) iznosi 567,3m.

Indeks kisika bentičkih foraminifera ( BFOI) ima vrijednost 82,8.

**Tablica 4.3.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera i njihov udio u uzorku T6-1 te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [*]Rice *et al.* (2000), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006), [4]Gebhardt *et al.* (2013) i [5]Matsui *et al.* (2016).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO (%) | STANIŠTE | SA ILI BEZ SIMBIONATA | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acarinina coalingensis* (Cushman & Hanna) | 1 | 0,64 | Miješani sloj* Površinski | Bez simbionata | Eutrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Acarinina* sp. | 1 | 0,64 | Površinski | Bez simbionata | Eutrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Catapsydrax dissimilis* (Cushman & Bermudez) | 9 | 5,73 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax* sp. | 2 | 1,27 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich & Tappan | 2 | 1,27 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Dentoglobigerina yeguaensis* (Weinzierl & Applin) | 1 | 0,64 | Miješani[5] Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Globigerina* cf. *officinalis* Subbotina | 1 | 0,64 | Površinski | Sa simbiontima | Eutrofik |
| *Globigerinatheka barri* Brönnimann | 3 | 1,91 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka mexicana* (Cushman) | 3 | 1,91 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka semiinvoluta* (Keyjzer) | 2 | 1,27 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka senni* (Beckmann) | 1 | 0,64 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka* sp. | 9 | 5,73 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Globigerinatheka subconglobata* (Chalilov) | 3 | 1,91 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globorotaloides suteri* Bolli | 16 | 10,19 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Globoturborotalita ouachitaensis* (Howe & Wallace) | 6 | 3,82 | Površinski | Sa simbiontima | Eutrofik |
| *Parasubbotina pseudobulloides* (Plummer) | 2 | 1,27 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Subbotina corpulenta* (Subbotina) | 2 | 1,27 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina eocaena* (Guembel) | 13 | 8,28 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina inaequispira* (Subbotina) | 1 | 0,64 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina linaperta* (Finlay) | 8 | 5,10 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina patagonica* (Todd & Kniker) | 1 | 0,64 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina velascoensis* (Cushman) | 1 | 0,64 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Turborotalia frontosa* (Subbotina) | 2 | 1,27 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia possagnoensis* (Toumarkine & Bolli) | 6 | 3,82 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| Oštećeni plankton | 24 | 15,29 | | | |
| UKUPNO | 120 | 76,43 | | | |

**Tablica 4.4.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T6-1 te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO U ZAJEDNICI (%) | NAČIN ŽIVOTA | KISIK | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Bolivina* sp. | 1 | 0,64 | Infauna-slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Cancris* sp. | 1 | 0,64 | Slobodna epifauna | Dizoksik | |
| *Cibicides* sp. | 4 | 2,55 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Cibicidoides* sp. | 8 | 5,10 | Infauna-pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Discorbinella* sp. | 1 | 0,64 | Epifauna | | |
| *Elphidium* sp. | 1 | 0,64 | Slobodna infauna-slobodna epifauna | Oksik-suboksik | |
| *Gyroidinoides* sp. | 1 | 0,64 | Epifauna | Dizoksik | |
| *Heterolepa* sp. | 4 | 2,55 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Nuttallides* sp. | 4 | 2,55 | Slobodna ili pričvršćena epifauna-plitka infauna | Oksik | |
| *Oridosalis* sp. | 5 | 3,18 | Slobodna epifauna | Suboksik | |
| *Rosalina* sp. | 3 | 1,91 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Textularia* sp. | 2 | 1,27 | Slobodna ili pričvršćena epifauna | Suboksik | |
| *Uvigerina* sp. | 2 | 1,27 | Većinom infauna, neke vrste slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| UKUPNO | 37 | 23,57 | | | |

### 4.1.3. Uzorak T8-2a

Iz uzorka T8-2a nakon pačetvorenja („splitanja“) izdvojeno je 45 jedinki planktonskih foraminifera (Tablica 4.5.) koje su prepoznate kao 15 vrsta. Kućice su srednje dobro očuvane, s rekristaliziranom površinom i zapunjenim ušćima, a tek 3,17% kućica je loše očuvano te ih nije bilo moguće prepoznati na razini roda i vrste.

Jedinke roda *Subbotina* s 8,73% su najbrojnije u zajednici planktonskih foraminifera, slijede predstavnici rodova *Turborotalia* s 7,14%, *Globorotaloides* s 5,56% i *Globigerinatheka* s 4,75%. Najmanje zastupljeni rodovi su *Catapsydrax* i *Parasubbotina* s 3,17%.

*Subbotina eocaena* najčešća je vrsta s udjelom 6,35% od ukupne foraminiferske zajednice, a slijede je *Globorotaloides suteri* i *Turborotalia frontosa* s 5,56%.

Iz uzorka je izdvojena 81 jedinka bentičkih foraminifera (Tablica 4.6.). Najzastupljeniji rodovi su *Cibicides* 9,52%, *Anomalina* 7,14% dok su *Elphidium*, *Heterolepa* i *Orodosalis* jednako zastupljeni, svaki s udjelom 6,35%.

Temperatura izračunata prema metodi modernih analoga (Berger 1969) iznosi 16,95 °C, a prema metodi transfer funkcije Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) njen je iznos 9,38 °C.

U uzorku T8-2a prisutne su ukupno 32 jedinke planktonskih i bentičkih foraminifera. Fisherov indeks α iznosi 14,12, Shannon-Wienerov 3,15 dok ekvitabilnost ima vrijednost 0,91, a Simpsonov indeks dominacije 0,95.

Udio planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici za ovaj uzorak iznosi 35,71%. Procijenjena dubina za ovaj uzorak dobivena korištenjem metode Van der Zwaan *et al.* (1990) iznosi 131,6m.

Izračunati indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) je jednak 80.

**Tablica 4.5.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2a te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006) i [4]Gebhardt *et al.* (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO (%) | STANIŠTE | SA ILI BEZ SIMBIONATA | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Catapsydrax africanus* (Blow & Banner) | 1 | 0,79 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax dissimilis* (Cushman & Bermudez) | 2 | 1,59 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax* sp. | 1 | 0,79 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Globigerinatheka mexicana* (Cushman) | 4 | 3,17 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka senni* (Beckmann) | 1 | 0,79 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka* sp. | 1 | 0,79 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globorotaloides suteri* Bolli | 7 | 5,56 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Parasubbotina pseudobulloides* (Plummer) | 1 | 0,79 | Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Parasubbotina pseudowilsoni* Olsson & Pearson | 3 | 2,38 | Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Subbotina eocaena* (Guembel) | 8 | 6,35 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina inaequispira* (Subbotina) | 2 | 1,59 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina velascoensis* (Cushman) | 1 | 0,79 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Turborotalia cerroazulensis* (Cole) | 1 | 0,79 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia frontosa* (Subbotina) | 7 | 5,56 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia* sp. | 1 | 0,79 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| Oštećeni plankton | 4 | 3,17 | | | |
| UKUPNO | 45 | 35,71 | | | |

**Tablica 4.6.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2a te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO U ZAJEDNICI (%) | NAČIN ŽIVOTA | KISIK | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Anomalina* sp. | 9 | 7,14 | Epifauna | | |
| *Bolivina* sp. | 1 | 0,79 | Infauna-slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Cibicides* sp. | 12 | 9,52 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Cibicidoides* sp. | 2 | 1,59 | Infauna-pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Elphidium* sp. | 8 | 6,35 | Slobodna infauna-slobodna epifauna | Oksik-suboksik | |
| *Gavelinopsis* sp. | 3 | 2,38 | Pričvršćena epifauna | Oksik | Mala |
| *Heterolepa* sp. | 8 | 6,35 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Nuttallides* sp. | 3 | 2,38 | Slobodna ili pričvršćena epifauna-plitka infauna | Oksik | |
| *Orodosalis* sp. | 8 | 6,35 | Slobodna epifauna | Suboksik | |
| *Planulina* sp. | 4 | 3,17 | Pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Pullenia* sp. | 2 | 1,59 | Slobodna epifauna | Suboksik | Umjerena |
| *Quinqueloculina* sp. | 1 | 0,79 | Slobodna ili pričvršćena epifauna | | |
| *Rosalina* sp. | 7 | 5,56 | Pričvršćena epifauna | Dizoksik | |
| *Stilostomela* sp. | 1 | 0,79 | Infauna | Dizoksik-manjak | Umjerena |
| *Textularia* sp. | 5 | 3,97 | Slobodna ili pričvršćena epifauna | Suboksik | |
| *Uvigerina* sp. | 1 | 0,79 | Većinom infauna, neke vrste slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Valvulineria* sp. | 6 | 4,76 | Epifauna | | |
| UKUPNO | 81 | 64,29 | | | |

### 4.1.4. Uzorak T8-2b

U ovom uzorku izdvojeno je 107 jedinki planktonskih foraminifera (Tablica 4.7.), klasificiranih u 19 vrsta. Foraminifere su srednje do loše očuvane, djelomično su rekristalizirane i deformirane, a površina kućice je „šećerasta“ što je otežalo identifikaciju. 7,26% kućica planktonskih foraminifera je oštećeno do te mjere da možemo prepoznati da je riječ o planktonu, ali ne možemo odrediti ni rod ni vrstu.

Brojčano su unutar planktonske zajednice najzastupljenije jedinke rodova *Subbotina* s 13,25% i *Turborotalia* s 10,25 %. Nešto manje je predstavnika rodova *Catapsydrax, Globigerinatheka* i *Globorotaloides*, dok je najmanje rodova *Acarinina* i *Parasubbotina*.

Dominantna je vrsta *Turborotalia* sp. koja prevladava s 5,98%, a slijede ju *Subbotina linaperta* s 5,13%, *S. eocaena* s 4,27% te *Globorotaloides suteri* s 3,85%.

Iz uzorka je izdvojeno 127 jedinki bentičkih foraminifera (Tablica 4.8.) te su među determiniranim rodovima najzastupljeniji predstavnici rodova *Anomalinoides* 8,55% te *Cibicides* i *Oridosalis* s jednakim udjelom od 5,98%.

Temperatura morske vode izračunata prema metodi modernih analoga (Berger 1969) iznosi 15,33 °C, dok je iznos temperature prema metodi transfer funkcije Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) jednak 10,92 °C.

Broj vrsta u uzorku T8-2b iznosi 38. Fisherov indeks α iznosi 13,34, Shannon-Wienerov 3,31. Ekvitabilnost u ovom uzorku ima vrijednost 0,91 dok je Simpsonov indeks dominacije jednak 0,96.

Udio planktonskih foraminifera u foraminiferskoj zajednici iznosi 45,73%. Prema metodi Van der Zwaan *et al.* izračunata je dubina od 201,5m.

Iznos indeksa kisika bentičkih foraminifera (BFOI) jednak je 79,4.

**Tablica 4.7.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2b te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [*]Rice *et al.* (2000), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006) i [4]Gebhardt *et al.* (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO (%) | STANIŠTE | SA ILI BEZ SIMBIONATA | TROFIČNOST |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acarinina pentacamerata* (Subbotina) | 2 | 0,85 | Miješani sloj* Površinski | Bez simbionata | Eutrofik |
| *Catapsydrax dissimilis* Cushman & Bermudez | 7 | 2,99 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax* sp. | 4 | 1,71 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich & Tappan | 3 | 1,28 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Globigerinatheka barri* Brönnimann | 1 | 0,43 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka curryi* Proto Decima & Bolli | 3 | 1,28 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Globigerinatheka mexicana* (Cushman) | 1 | 0,43 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globigerinatheka* sp. | 3 | 1,28 | Termoklina [3] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Oligotrofik[4]) |
| *Globorotaloides suteri* Bolli | 9 | 3,85 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Globorotaloides* sp. | 1 | 0,43 | Sub-termoklina[4] Duboko | Sa simbiontima | Oligotrofik |
| *Parasubbotina pseudobulloides* (Plummer) | 1 | 0,43 | Sub-termoklina[4] Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Subbotina cruciapertura* Blow | 1 | 0,43 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik (Eutrofik[4]) |
| *Subbotina eocaena* (Guembel) | 10 | 4,27 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Subbotina linaperta* (Finlay) | 12 | 5,13 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Subbotina* sp. | 8 | 3,42 | Termoklina** Srednje duboko | Sa simbiontima | Mezotrofik |
| *Turborotalia boweri* (Bolli) | 6 | 2,56 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia frontosa* (Subbotina) | 1 | 0,43 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia increbescens* (Bandy) | 3 | 1,28 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| *Turborotalia* sp. | 14 | 5,98 | Miješani Površinski/ srednje duboko | Sa simbiontima | Eutrofik/ Mezotrofik |
| Oštećeni plankton | 17 | 7,26 | | | |
| UKUPNO | 107 | 45,73 | | | |

**Tablica 4.8.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2b te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

| VRSTA | BROJ JEDINKI | UDIO U ZAJEDNICI (%) | NAČIN ŽIVOTA | KISIK | KOLIČINA NUTRIJENATA |
|---|---|---|---|---|---|
| *Anomalina* sp. | 6 | 2,56 | Epifauna | | |
| *Anomalinoides* sp. | 20 | 8,55 | Epifauna | Oksik | |
| *Asterigerinata* sp. | 2 | 0,85 | Slobodna epifauna | Oksik | |
| *Bolivina* sp. | 2 | 0,85 | Infauna-slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Brizalina* sp. | 6 | 2,56 | Slobodna infauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| *Bulimina* sp. | 2 | 0,85 | Slobodna infauna | Dizoksik-manjak | Velika |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cibicides* sp. | 14 | 5,98 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Cibicidoides* sp. | 4 | 1,71 | Infauna-pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Discorbinella* sp. | 4 | 1,71 | Epifauna | | |
| *Elphidium* sp. | 3 | 1,28 | Slobodna infauna-slobodna epifauna | Oksik-suboksik | |
| *Gavelinopsis* sp. | 5 | 2,14 | Pričvršćena epifauna | Oksik | Mala |
| *Heterolepa* sp. | 11 | 4,70 | Pričvršćena epifauna | Oksik | |
| *Nuttallides* sp. | 10 | 4,27 | Slobodna ili pričvršćena epifauna-plitka infauna | Oksik | |
| *Oridosalis* sp. | 14 | 5,98 | Slobodna epifauna | Suboksik | |
| *Planulina* sp. | 12 | 5,13 | Pričvršćena epifauna | Oksik | Umjerena |
| *Rosalina* sp. | 7 | 2,99 | Pričvršćena epifauna | Dizoksik | |
| *Stilostomela* sp. | 2 | 0,85 | Infauna | Dizoksik-manjak | Umjerena |
| *Triloculina* sp. | 1 | 0,43 | Slobodna ili pričvršćena epifauna | | |
| *Uvigerina* sp. | 2 | 0,85 | Većinom infauna, neke vrste slobodna epifauna | Dizoksik-manjak | Velika |
| UKUPNO | 127 | 54,27 | | | |

### 4.2. Biostratigrafija

Za određivanje starosti korišteni su stratigrafski rasponi planktonskih foraminifera (Pearson *et al*., 2006), odnosno biostratigrafska zonacija prema Berggren & Pearson, 2005.

#### 4.2.1. Uzorak T8-5

U ovom uzorku određeno je 10 vrsta planktonskih foraminifera pogodnih za utvrđivanje planktonske zone. Na temelju preklapanja raspona pojavljivanja vrsta (Tablica 4.9.) ovaj uzorak odgovara zoni E13 - *Morozovelloides crassatus* (Berggren & Pearson, 2005; Pearson *et al.*, 2006), što je kronostratigrafski srednji eocen, odnosno barton.

**Tablica 4.9.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-5.

| EPOHA | EOCEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SREDNJI | | | | | | | GORNJI |
| DOBA | LUTET | | | | BARTON | | | PRIABON |
| Berggren & Pearson (2005) | E8 | E9 | E10 | E11 | | E12 E13 | E14 | E15-E16 |
| VRSTE | | | | | | | | |
| *C. unicavus* | | | | | | | | |
| *D. yeguaensis* | | | | | | | | |
| *G. index* | | | | | | | | |
| *G. permicrus* | | | | | | | | |
| *G. suteri* | | | | | | | | |
| *S. angiporoides* | | | | | | | | |
| *S. eocaena* | | | | | | | | |
| *S. linaperta* | | | | | | | | |
| *T. cocoaensis* | | | | | | | | |
| *T. increbescens* | | | | | | | | |

### 4.2.2. Uzorak T6-1

U uzorku T6-1 određeno je 14 vrsta planktonskih foraminifera (Tablica 4.10.). Preklapanjem raspona određenih vrsta u ovom uzorku dokazano je da uzorak odgovara zoni E13 - *Morozovelloides crassatus* (Berggren & Pearson, 2005; Pearson et al., 2006). Kronostratigrafski to je gornji dio srednjeg eocena, odnosno barton.

**Tablica 4.10.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T6-1.

| EPOHA | EOCEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SREDNJI | | | | | | | GORNJI |
| DOBA | LUTET | | | | BARTON | | | PRIABON |
| Berggren & Pearson (2005) | E8 | E9 | E10 | E11 | | E12 E13 | E14 | E15-E16 |
| VRSTE | | | | | | | | |
| *C. dissimilis* | | | | | | | | |
| *C. unicavus* | | | | | | | | |
| *D. yeguaensis* | | | | | | | | |
| *G.* cf. *officinalis* | | | | | | | | |
| *G. barri* | | | | | | | | |
| *G. mexicana* | | | | | | | | |
| *G. semiinvoluta* | | | | | | | | |
| *G. senni* | | | | | | | | |
| *G. subconglobata* | | | | | | | | |
| *G. suteri* | | | | | | | | |
| *G. ouachitaensis* | | | | | | | | |
| *S. corpulenta* | | | | | | | | |
| *S. eocaena* | | | | | | | | |
| *S. linaperta* | | | | | | | | |

### 4.2.3. Uzorak T8-2a

U ovom uzorku određeno je 7 vrsta planktonskih foraminifera pogodnih za utvrđivanje planktonske zone. Na temelju preklapanja raspona pojavljivanja vrsta (Tablica 4.11.) ovaj uzorak odgovara zoni E13 - *Morozovelloides crassatus* (Berggren & Pearson, 2005; Pearson *et al.*, 2006). Kronostratigrafski to je srednji eocen, odnosno barton.

**Tablica 4.11.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-2a.

| EPOHA | EOCEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SREDNJI | | | | | | | GORNJI |
| DOBA | LUTET | | | | BARTON | | | PRIABON |
| Berggren & Pearson (2005) | E8 | E9 | E10 | E11 | ← | E12 E13 | E14 | E15-E16 |
| VRSTE | | | | | | | | |
| *C. africanus* | | | | | | | | |
| *C. dissimilis* | | | | | | | | |
| *G. mexicana* | | | | | | | | |
| *G. senni* | | | | | | | | |
| *G. suteri* | | | | | | | | |
| *S. eocaena* | | | | | | | | |
| *T. cerroazulensis* | | | | | | | | |

### 4.2.4. Uzorak T8-2b

Uzorak T8-2b, s 8 određenih planktonskih foraminifera (Tablica 4.12.) pogodnih za određivanje planktonske zone, pripada zoni E13 - *Morozovelloides crassatus* (Berggren & Pearson, 2005; Pearson *et al.*, 2006). Kronostratigrafski to odgovara razdoblju srednjeg eocena, odnosno bartona.

**Tablica 4.12.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-2b.

| EPOHA | EOCEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SREDNJI | | | | | | | GORNJI |
| DOBA | LUTET | | | | BARTON | | | PRIABON |
| Berggren & Pearson (2005) | E8 | E9 | E10 | E11 | | E12 E13 | E14 | E15-E16 |
| VRSTE | | | | | | | | |
| *C. dissimilis* | | | | | | | | |
| *C. unicavus* | | | | | | | | |
| *G. barri* | | | | | | | | |
| *G. mexicana* | | | | | | | | |
| *G. suteri* | | | | | | | | |
| *S. eocaena* | | | | | | | | |
| *S. linaperta* | | | | | | | | |
| *T. increbescens* | | | | | | | | |

# 5. DISKUSIJA

## Biostratigrafija

Na temelju sastava planktonskih foraminiferskih zajednica određena je starost uzoraka. Determinirane vrste pokazale su da istraživani uzorci prema novoj stratigrafskoj klasifikaciji eocena (Berggen & Pearson, 2005) odgovaraju zoni E13, *Morozovelloides crassatus*. Time je potvrđena srednje eocenska (Proto Decima & Piccoli 1969), odnosno bartonska (Benić 1983). starost naslaga kaštelanskog fliša.

## Paleotemperatura

Postoje dva pristupa izračuna paleotemperature, a zajedničko im je to što za određivanje uzimaju u obzir zastupljenost pojedinih vrsta i temperaturne raspone njihova pojavljivanja.

Metodom modernih analoga prepoznatim fosilnim vrstama koje imaju moderne srodnike, pripisuju se temperaturni rasponi. Paleogenske planktonske foraminifere gotovo da nemaju modernih srodnika (danas živi 50tak vrsta dok ih je u eocenu bilo 200tinjak). Stoga koristeći literaturne podatke prema BouDagher-Fadel (2013), za sve nađene vrste prepoznata je distribucija prema klimatskim pojasevima. Optimalna temperatura za svaku vrstu dobivena je iz aritmetičke sredine temperaturnih graničnih vrijednosti (što isto nije najbolje rješenje jer se treba gledati brojčana zastupljenost jedinki pojedinih vrsta). Pouzdanost i točnost ove metode opada sa starosti uzorka prvenstveno zbog nemogućnosti prepoznavanja modernih srodnika i nepostojanja literaturnih podataka optimalnih temperatura za svaku vrstu.

Metodom transfer funkcije Imbri & Kipp (CLIMAP, 1971, 1976) grupiraju se foraminifere u zajednice temeljem temperaturnih preferencija. Niske temperaturne vrijednosti dobivene ovom metodom posljedica su velikog broja planktonskih foraminifera koje su stanovnici termokline te nepostojanja konstante za eocen koja se uvećana dva puta pribraja na kraju formule.

**Bioraznolikost**

Kako bi se definirala bioraznolikost vrsta u uzorcima pomoću računalnog programa Past (Hammer *et al.* 2001) napravljena je statistička analiza kojom su dobivene vrijednosti pojedinih indeksa. Vrijednosti Fisherovog α indeksa za sve uzorke su visoke (između 12,37-16,99), što je u kombinaciji s visokim vrijednostima Shannon-Wienerovog H(S) indeksa tipično za morske okoliše gornjeg i donjeg batijala (α = 1-22, H(S) = 0,75-4,1) (Murray, 1991). Najmanja vrijednost α indeksa (12,37) i nešto niža vrijednost Shannon-Weaverova indeksa karakterizira zajednicu u uzorku T8-5 koja broji najmanje jedinki u ukupnoj foraminiferskoj zajednici i ima visoki udio oštećenih kućica planktonskih foraminifera (12,90%).

Udio planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici je, uz onaj u uzorku T8-2a, niži nego u preostalim uzorcima (36,56%), što sugerira i na manje dubine okoliša gdje se taložio sediment. Unutar zajednice planktonskih foraminifera dominiraju vrste roda *Subbotina* (*S. linaperta, S. angiporoides* i *S. eocaena*) stanovnici termokline koji preferiraju mezotrofične okoliše. Jedinke vrste *D. yeguaensi* koje su česte u zajednici, nastanjuju vodeni stupac od miješanog površinskog sloja pa do srednje dubokog sloja termokline, a preferira eutrofične do mezotrofične okoliše. Manja dubina okoliša i dominacija foraminifera koje žive u sloju termokline gdje je količina nutrijenata nešto veća, upućuje na niže temperature (procijenjene na nekih $16^0$C).

Zajednicu u uzorku T6-1 karakterizira najviša vrijednost Fisherovog α indeksa (16,99) te najviši udio planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici (76,43%). *G. suteri* je s udjelom od 10,19% dominantna planktonska foraminifera, a preferira duboke (sub-termoklina) oligotrofične okoliše. Prema zastupljenosti slijede vrste *S. eocaena, C. dissimilis, Globigerinatheka* sp. i *S. linaperta,* koje preferiraju mezotrofične okoliše, a žive u sloju termokline (srednje duboko). Kućice bentičkih foraminifera, koje čine mali dio zajednice izrazito su sitne i krhke. Iako u svim uzorcima dominiraju epifaunalni foraminiferski oblici, udio epifaune u ovom uzorku je znatno niži.

Vrijednosti Shannon-Weaverova indeksa su generalno visoke (2,85-3,31). Takve se vrijednosti mogu objasniti činjenicom da sve istraživane zajednice imaju tri do četiri vrste koje su nešto zastupljenije, dok su brojne vrste prisutne u podjednakom broju. Nisku dominaciju, odnosno visoku raznolikost kod koje su sve vrste jednako zastupljene, potvrđuju relativno visoke vrijednosti Simpsonovog indeksa.

**Paleobatimetrija**

Omjer planktonskih i bentičkih foraminifera (P/B) je vrijednost koju je lako i jednostavno izračunati, a koristi se za dobivanje veoma važne informacije u interpretaciji okoliša kao što je dubina taloženja sedimenta. Općenito, omjer planktonskih i bentičkih foraminifera je niži u plićim dijelovima i raste s dubinom.

Omjeri planktonskih i bentičkih foraminifera najmanji je u uzorku T8-2a, te iznosi 35,71%. Zatim slijede uzorci T8-5 s 36,56% udjela planktonskih foraminifera i T8-2b s 43,73% planktonskih foraminifera u ukupnoj foraminiferskoj zajednici. U uzorku T6-1 udio planktonskih foraminifera je najviši i iznosi 76,43%.

Prema modelu Murray (1991) možemo zaključiti da dubine taloženja odgovaraju okolišu srednjeg šelfa za uzorke T8-5 i T8-2a. Dubina taloženja sedimenta za uzorak T8-2b odgovara okolišima od srednjeg do vanjskog šelfa, dok je dubina taloženja za uzorak T6-1 najviša i to je okoliš gornjeg dijela kontinentske padine. S obzirom da su granice okoliša u šelfu definirane dubinama valnih baza za lijepa i olujna vremena, vrijednosti nisu univerzalne (mijenja se ovisno o nagibu šelfa, geografskom položaju, udaljenost od kopna, vrsti šelfa). Murray (1991) model pruža samo uvid u okoliše, ne apsolutne vrijednosti dubina.

Za utvrđivanje dubine taloženja upotrijebljena je i formula prema Van der Zwaanu *et al.* (1990), koja za sada daje najpouzdanije podatke za izračun dubine taloženja u oceanskim prostorima koristeći zastupljenosti planktonskih foraminifera i epifaunalnih bentičkih foraminifera u zajednici. Prema rezultatima dobivenim iz istraživanih uzoraka taloženje se odvijalo na dubinama od 131,6 m do 567,3 m. Dobivene dubine za uzorke T8-5 i T8-2a ukazuju na prostor vanjskog šelfa (100-200 m). Dubina 201,5 m koja je izračunata za uzorak T8-2b odgovara prostoru najgornjeg batijala (200-400 m), dok najveća dubina 567,3 m (uzorak T6-1) odgovara gornjem batijalu (400-600 m).

**Količina otopljenog kisika (BFOI)**

Visoke i stalne vrijednosti indeksa količine otopljenog kisika (BFOI) koje se kreću se od 76,6 (T8-5) do 82,2 (T6-1) ukazuju na visoko oksične okoliše, odnosno dobru prozračenost pridnenih voda. U takvim okolišima dominiraju plankonveksne, bikonveksne te zaobljene trohospiralne bentičke foraminifere epifaunalnog načina života, debelih stjenki i velikih dimenzija. Količina otopljenog kisika u visoko oksičnom okolišu iznosi između 3,0 i 6,0 mL/L (Kaiho, 1994, 1999).

Rezultati istraživanja ukazuju na stalnu temperaturu morske vode (Tablica 5.1.), relativno malu zastupljenost foraminiferskih vrsta koje žive u površinskom (miješanom sloju) i relativno veliku raznolikost. Izostanak površinskih planktonskih vrsta može biti posljedica otapanja njihovih kućica (češće i brže se otapaju u odnosu na kućice stanovnika termokline), promjene njihova staništa ili promjene sezone kalcifikacije zbog stresa izazvanog hlađenjem površinske vode ili eutrofikacije.

Prema (Makarova *et al.*, 2017) dva su moguća uzroka tome:

a) promjena hidrografskih uvjeta
b) značajne promjene u površinskom sloju koje su natjerale jedinke da potonu u termoklinski sloj gdje su našli svoje refugije.

Kako bi se utvrdilo koji je scenarij vjerojatniji, trebalo bi na puno više mjesta uzorkovati, ali i napravite geokemijske analize kućica foraminifera (stabilne izotope kisika i ugljika).

**Tablica 5.1.** Usporedba rezultata indeksa bioraznolikosti, količine otopljenog kisika (BFOI), paleotemperatura i dubine istraživanih zajednica planktonskih i bentičkih foraminifera

| | **T8-5** | **T6-1** | **T8-2a** | **T8-2b** |
|---|---|---|---|---|
| **Paleotemperatura izračunata metodom modernih analoga Berger (1969)** | 16,18 °C | 15,80 °C | 16,95 °C | 15,33 °C |
| **Paleotemperatura izračunata metodom transfer funkcije Imbri & Kipp** | 9,73 °C | 9,71 °C | 9,38 °C | 10,92 °C |
| **Broj vrsta** | 25 | 37 | 32 | 38 |
| **Fisherov α indeks** | 12,37 | 16,99 | 14,12 | 13,34 |
| **Shannon-Wienerov H(S)** | 2,85 | 3,23 | 3,15 | 3,31 |
| **Ekvitabilnost** | 0,89 | 0,89 | 0,91 | 0,91 |
| **Simpsonov indeks dominacije (1-D)** | 0,92 | 0,95 | 0,95 | 0,96 |
| **P/B (%)** | 36,56 | 76,43 | 35,71 | 45,73 |
| **Okoliš taloženja sedimenta prema Murray (1991)** | srednji šelf | gornja kontinentalna padina | srednji šelf | srednji-vanjski šelf |
| **Dubina izračunata prema Van der Zwaan *et al.* (1999)** | 143,8 m | 567,3 m | 131,6 m | 201,5 m |
| **BFOI** | 76,6 | 82,2 | 80 | 79,4 |

## 6. ZAKLJUČAK

Istraživane su naslage eocenskog fliša na području Kaštel Štafilića u svrhu interpretacije nekih paleoekoloških parametara kao što su temperatura, dubina i starost taloženja te sastav zajednice. Uzorkovano je 10 uzoraka koji su laboratorijski obrađeni, 4 uzoraka su obrađeni metodom šlemanja, a iz preostalih uzoraka napravljeni su mikroskopski preparati. Određene su 33 vrste planktonskih foraminifera (na temelju izoliranih kućica) dok se rodovi određeni iz mikroskopskih preparata. Kućice su loše sačuvane, manje ili više razlomljene i deformirane, stijenka izgleda kao da je posuta šećerom ili prahom, a prostor između klijetki i ušća je zapunjen. Vrste se pojavljuju s različitom abundancijom iz čega je zaključeno sljedeće:

1) Usporedbom stratigrafskih raspona određenih planktonskih vrsta istraživani uzorci upućuju na mlađi dio srednjeg eocena, barton, odnosno E13 zonu, *Morozovelloides crassatus*. Time je određena starost naslaga istraživanih nivoa kaštelanskog fliša.

2) Vrijednosti paleotemperatura su stalne za sve uzorke, a kreću se od 15,33 do 16,95 °C. Relativno niske vrijednosti temperature posljedica su dominacije vrsta planktonskih foraminifera koje su stanovnici termokline, te male zastupljenosti onih koje nastanjuju miješani površinski sloj.

3) Zbog malog broja modernih srodnika opisanih planktonskih vrsta u usporedbi s bogatom eocenskom zajednicom metoda modernih analoga dala je nesigurne rezultate.

4) Visoke i manje više stalne vrijednosti indeksa bioraznolikosti i dominacije ukazuju na stabilne morske okoliše tijekom taloženja u okolišu gornjeg batijala.

5) Iz omjera planktonskih i bentičkih foraminifera možemo zaključiti da je taloženje bilo na dubinama od 131,6 m (uzorak T8-2a) do 567,3 m (uzorak T6-1), odnosno na prostorima od vanjskog šelfa do gornjeg batijala.

6) Male bentičke foraminifere s visokim omjerom oksičnih indikatora ukazuju na visoko oksične okoliše, dobro prozračenu pridnenu vodu, gdje količina otopljenog kisika varira od 3,0 do 6,0 mL/L.

## 7. LITERATURA


BENIĆ, J. (1983): Vapnenački nanoplankton i njegova primjena u biostratigrafiji krednih i paleogenskih naslaga Hrvatske. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 159 str.

BERGER, W. H. (1969): Ecologic patterns of living planktonic foraminifera. Deep-Sea Research, 16: 1–24.

BERGGREN, W.A. & PEARSON, P.N. (2005): A revised tropical to subtropical Paleogene planktonic foraminifera zonation. Journal of Foraminiferal Research, 54/9, 279-298.

BOUDAGHER-FADEL, M.K. (2013): Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera, Second Edition. Office of the Vice Provost (Research), UCL, London, UK, 287 str.

CLIMAP Project (1976): The surface of the ice-age Earth. Science, 191, 1131-1136.

DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. U: Classification of carbonate rocks (Ham, W. E., ur.), American Association of Petroleum Geologists Memoir, 108-121.

GEBHARDT, H., ĆORIĆ, S., DARGA, R., BRIGUGLIO, A., SCHENK, B., WERNER, W., ANDERSEN, N. & SAMES, B. (2013): Middle to late Eocene paleoenvironmental changes in a marine transgressive sequences from the northen Tethyan margin (Adelholzen, German). Australian Journal of Earth Sciences, 106(2), 45-72.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T & RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1).

HAYEK, L.-A.C. & WILSON, B. (2013): Quantifying Assemblage Turnover and Species Contributions at Ecologic Boundaries. PLoS ONE 8(10).

HERNITZ KUČENJAK, M., PREMEC FUĆEK, 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.

IMBRIE, J. & KIPP, N. (1971): A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a late Pleistocene Caribbean core. U: The Late Cenozoic glacial ages (Turekian, K.K, ur.), New Haven, Connecticut: Yale University Press, 71–181.

KAIHO, K. (1994): Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. Geology, 719-722.

KAIHO, K. (1998): Phylogeny of deep-sea calcareous trochospiral benthic foraminifera: evolution and diversification. Micropaleontology, 44/3, 291-311.

KERNER, F. (1903): Gliederung der Spalatiner Flyschformation, Verhandl. Geol. Reichanst. 18, 420-427.

KIRTLAND TURNER, S., HULL, P.M., KUMP, L.R. & RIDGWELL, A. (2017): A probalistic assessment of the rapidity of PETM onset. Nature Communications, 8, 353.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, A. (1988): Foraminiferal Genera and Their Classification – Plates, Van Nostrand Reinhold Com., New York, VIII+212 str.

MAGAŠ, N. & MARINČIĆ, S. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100000. Tumać za listove Split i Primošten, K 33-20 i K 33-21, 5-47, Inst. geol. Istraž. Zagreb, Savezni geol. zavod, Beograd.

MAKAROVA, M., WRIGHT, J.D., MILLER, K.G., BABILA, T.L., ROSENTHAL, Y. & PARK, J.I. (2017): Hydrographic and ecologic implications of foraminiferal stable isotopic response across the U.S. mid-Atlantic continental shelf during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. Paleoceanography, 31/1, 56-73.

MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš Jadranskog pojasa. Geološki vjesnik, 34, 27-38.

MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. & BOROVIĆ, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, List Split, K 33-21, Inst. geol. Istraž. Zagreb, Savezni geol. zavod, Beograd.

MARJANAC T. (1993): Evolution of Eocene-Miocene flysch basin of Central Dalmatia, Croatia. Doktorska dizertacija, Sveučilište u Zagrebu, 348 str.

MARJANAC, T. (2000): Kaštela-Split Flysch Region. Vijesti hrvatskog geološkog društva, posebni broj, 37/2, 109-116.

MATSUI, H., NISHI, H., TAKASHIMA, R., KURONAYAGI, A., IKEHARA, M., TAKAYANAGI, H. & IRYU, Y. (2016): Changes in the depth habitat of the Oligocene planktic foraminifera (Dentoglobigerina venezuelana) induced by thermocline deepening in the eastern equatorial Pacific. Paleoceanography, 31/6, 715-731.

MATTAVELLI, L. (1982): Foraminiferi padani (Terziario e Quaternario). Atlante iconografico e distribuzione stratigrafica. Seconda edizione. Agip, Milano, 126 str.

MURRAY, J. W. (1991): Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. Harlow, Longman, 397 str.

MURRAY, J.W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, New York, 426 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.

PREMEC FUČEK, V. (1993): Terminologija morfoloških značajki kućica planktonskih foraminifera. Vijesti hrvatskog geološkog društva, 30/1, 29-36.

PREMEC FUČEK, V. (2009): Biostratigrafija, filogenija i paleoekologija paleogenskih planktonskih foraminifera podmorja Jadrana. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 207 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.

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.

PROTO-DECIMA, F. & PICCOLI, G. (2006): La sedimentazione clastica flyshoide del Paleogene nel Veneto si e Spostata nel tempo in prosecuzione con Quella della costa orientale dell' Adriatico. III. Simp. Din. Asoc., 1, Zagreb, 179-202.

RICE, K.L., SLOAN, L.C. & BARRON, T.J. (2000): Deep sea evironments on a warm earth: latest Paleocene-early Eocene. U: Warm Climates in Earth History (Huber, B.T., MacLeod, K.G & Wing, S.L., ur.), Cambride university Press, 197-238.

SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUN, S., SPEZZAFERRI, S., ABRAMOVICH, S., ALMOGI-LABIN, A., ARMYNOT DU CHATELET, E., BARRAS, C., BERGAMIN, L., BICCHI, E., BOUCHET, V., CEARRETA, A., DI BELLA, E., DIJKSTRA, N., TREVISAN DISARO, S., FERRARO, L., FRONTALINI, F., GENNARI, G., GOLIKOVA, E., HAYNERT, K., HESS, S., HUSUM, K., MARTINS, V., MCGANN, M., ORON, S., ROMANO, E., MELLO SOUSA, S. & TSUJIMOTO, A. (2012): The FOMIBO (Foraminiferal BIo-Monitoring) initiative towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring sudies. Marine Micropaleontology, 94-95, 1-13.

VAN DER ZWAAN, G.J., JORISSEN, F.J. & DE STIGTER, H.C. (1990): The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications. Marine Geology, 95, 1-16.

## 8. POPIS SLIKA U TEKSTU

**Slika 1.** Isječak iz geološke karte OGK list Split, s mjerilom i označenim točkama uzorkovanja (Marinčić et al., 1971).

**Slika 2.** Pojednostavljeni geološki stup izdanka s točke T4. Biostratigrafsku zonacija prema Berggren & Pearson, 2005.

**Slika 3.** Izdanak označen kao točka T4 na kojoj su prikupljeni uzorci T4-1 i T4-2.

**Slika 4.** Pojednostavljeni geološki stup izdanka s točke T8. Biostratigrafsku zonacija prema Berggren & Pearson, 2005.

**Slika 5.** Izdanak označen kao točka T8 na kojoj su prikupljeni uzorci T8-2, T8-5 i T8-6.

## 9. POPIS TABLICA U TEKSTU

**Tablica 3.1.** Količina otopljenog kisika, oksičnost te pripadajući indeks izračunat temeljem karakteristika bentičkih foraminifera prema Kaiho (1994).

**Tablica 4.1.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-5 te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [**]Katland Turner *et al.* (2017),[3] Hernitz Kučenjak *et al.* (2006), [4]Gebhardt *et al.* (2013) i [5]Matsui *et al.* (2016).

**Tablica 4.2.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-5 te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

**Tablica 4.3.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera i njihov udio u uzorku T6-1 te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [*]Rice *et al.* (2000), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006), [4]Gebhardt *et al.* (2013) i [5]Matsui *et al.* (2016).

**Tablica 4.4.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T6-1 te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

**Tablica 4.5.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2a te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006) i [4]Gebhardt *et al.* (2013).

**Tablica 4.6.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2a te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

**Tablica 4.7.** Popis određenih rodova i vrsta planktonskih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2b te ekološki zahtjevi prema BouDagher-Fadel (2013), [*]Rice *et al.* (2000), [**]Katland Turner *et al.* (2017), [3]Hernitz Kučenjak *et al.* (2006) i [4]Gebhardt *et al.* (2013).

**Tablica 4.8.** Popis određenih vrsta bentičkih foraminifera, njihov udio u uzorku T8-2b te način života prema Murray (2006) i [6]Hayek & Wilson (2013).

**Tablica 4.9.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-5.

**Tablica 4.10.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T6-1.

**Tablica 4.11.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-2a.

**Tablica 4.12.** Vrste planktonskih foraminifera sa stratigrafskim rasponima (Pearson *et al.*, 2006) i biostratigrafska zonacija (Berggren & Pearson, 2005) u uzorku T8-2b.

**Tablica 5.1.** Usporedba rezultata indeksa bioraznolikosti, količine otopljenog kisika (BFOI), paleotemperatura i dubine istraživanih zajednica planktonskih i bentičkih foraminifera

**10. TABLE 1-15**

TABLA 1

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T8-5

Slika 1. *Catapsydrax unicavus* Bolli Loeblich & Tappan

Slika 2. *Globorotaloides permicrus* (Blow & Banner)

Slika 3. *Globigerinatheka index* (Finlay)

Slika 4. *Subbotina linaperta* (Finlay)

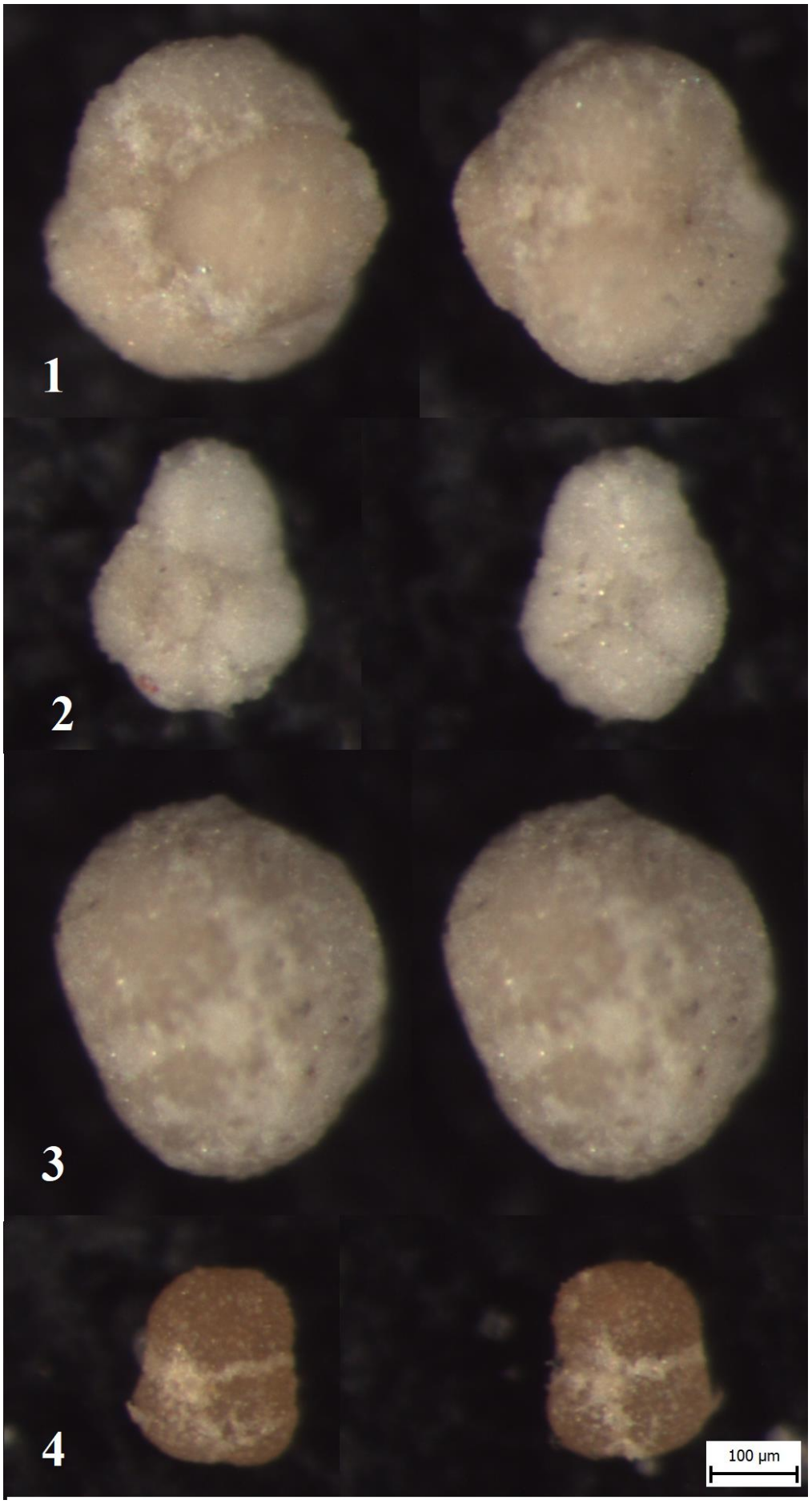

1
2
3
4
100 µm

TABLA 2

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T6-1

Slika 1. Oštečena kućica planktonske foraminifere

Slika 2. *Acarinina* sp.

Slika 3. *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich & Tappan

Slika 4. *Globorotaloides suteri* Bolli

Slika 5. Oštečena kućica planktonske foraminifere

Slika 6. *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich & Tappan

Slika 7. *Globigerinatheka mexicana* (Cushman)

Slika 8. *Globigerinatheka senni* (Beckmann)

Slika 9. *Catapsydrax* sp.

Slika 10. *Turborotalia possagnoensis* (Toumarkine & Bolli)

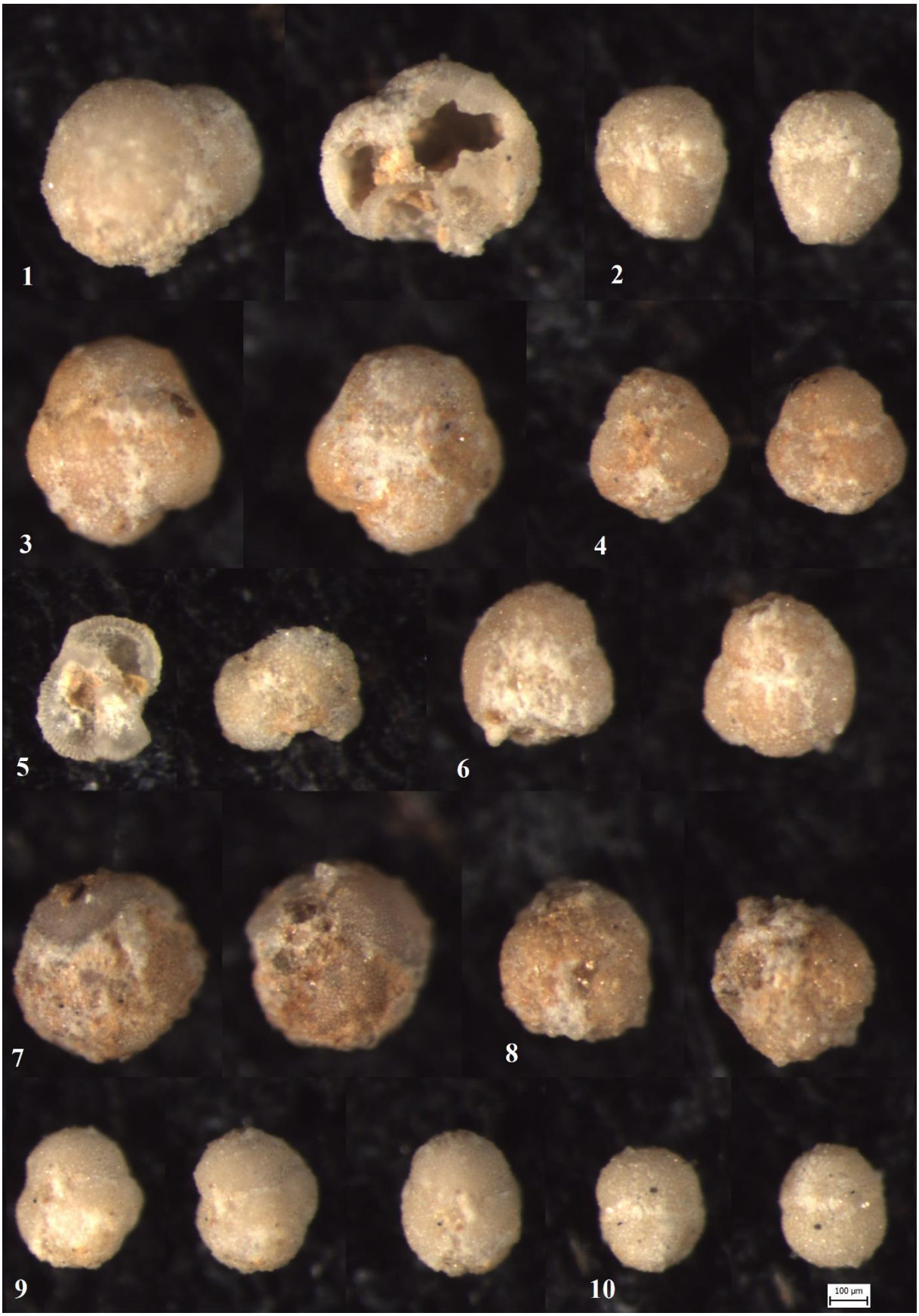

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
100 µm

TABLA 3

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T6-1

Slika 1. *Globigerinatheka* sp.
Slika 2. *Turborotalia frontosa* (Subbotina)
Slika 3. *Turborotalia frontosa* (Subbotina)
Slika 4. *Globorotaloides suteri* Bolli
Slika 5. *Catapsydrax* sp.
Slika 6. *Subbotina linaperta* (Finlay)
Slika 7. *Subbotina eocaena* (Guembel)
Slika 8. *Globigerina* cf. *officinalis* Subbotina
Slika 9. *Turborotalia possagnoensis* (Toumarkine & Bolli)
Slika 10. *Subbotina eocaena* (Guembel)

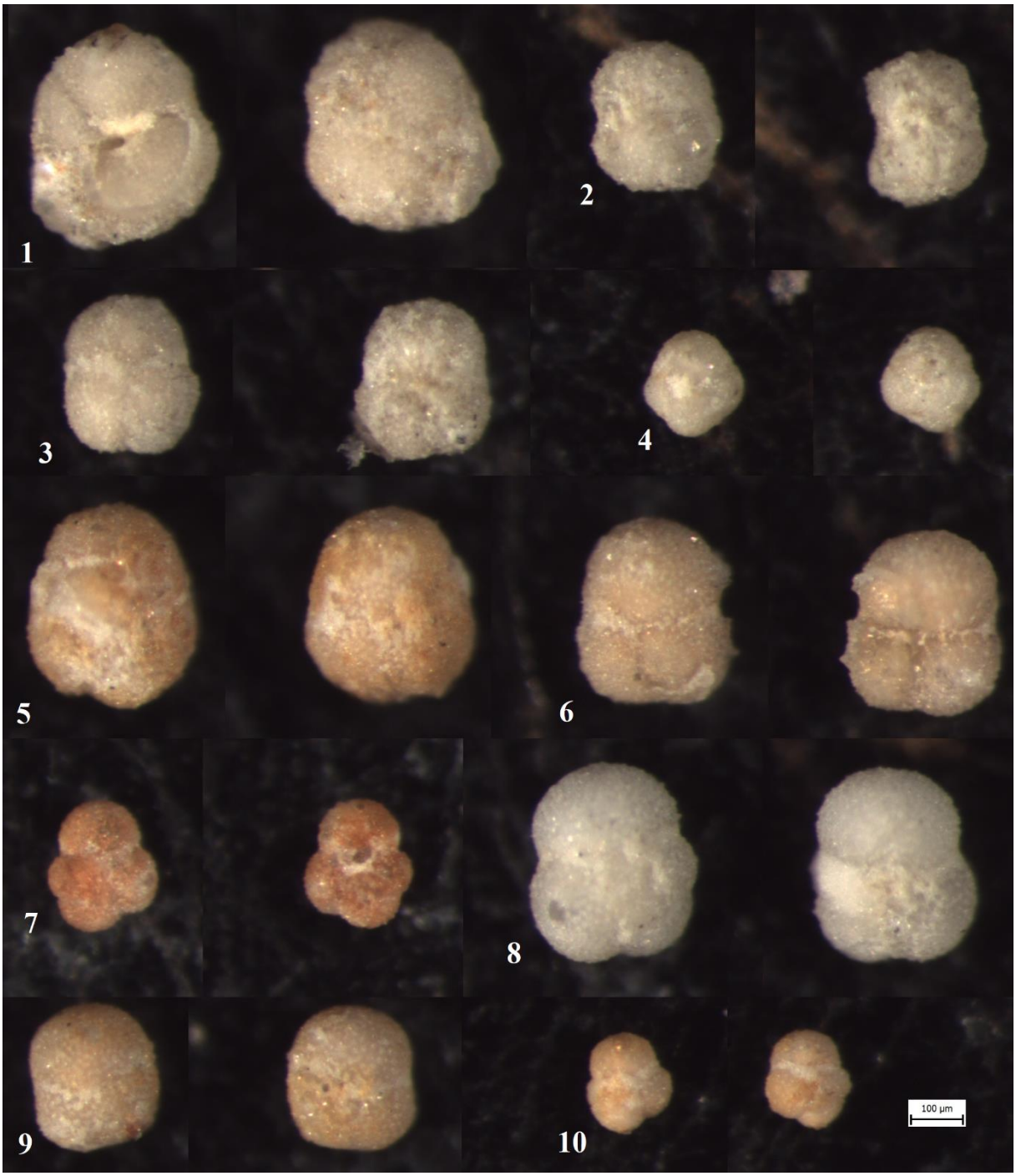

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
100 µm

TABLA 4

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T8-2a

Slika 1. *Subbotina eocaena* (Guembel)

Slika 2. *Subbotina inaequispira* (Subbotina)

Slika 3. *Catapsydrax* sp.

Slika 4. *Subbotina eocaena* (Guembel)

Slika 5. *Catapsydrax africanus* (Blow & Banner)

Slika 6. *Catapsydrax* sp.

Slika 7. *Subbotina velascoensis* (Cushman)

Slika 8. *Globigerinatheka senni* (Beckmann)

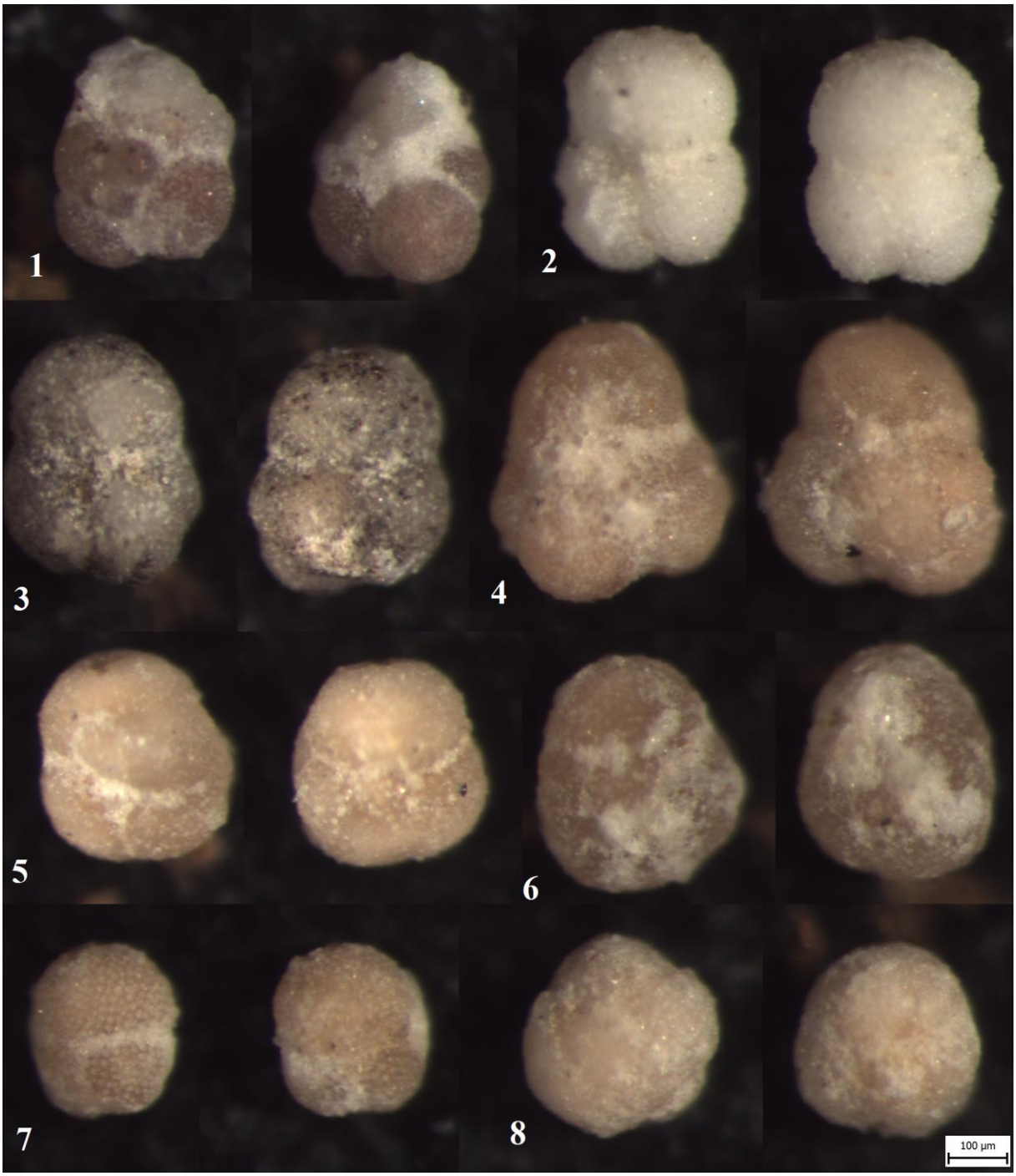

1
2
3
4
5
6
7
8
100 µm

TABLA 5

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T8-2b

Slika 1. Oštečena plantonska foraminifera

Slika 2. *Globorotaloides suteri* Bolli

Slika 3. *Turborotalia* sp.

Slika 4. *Globorotaloides suteri* Bolli

Slika 5. *Turborotalia* sp.

Slika 6. *Globigerinatheka curryi* Proto Decima & Bolli

Slika 7. *Subbotina* sp.

Slika 8. *Turborotalia boweri* (Bolli)

Slika 9. *Catapsydrax* sp.

Slika 10. *Globorotaloides* sp.

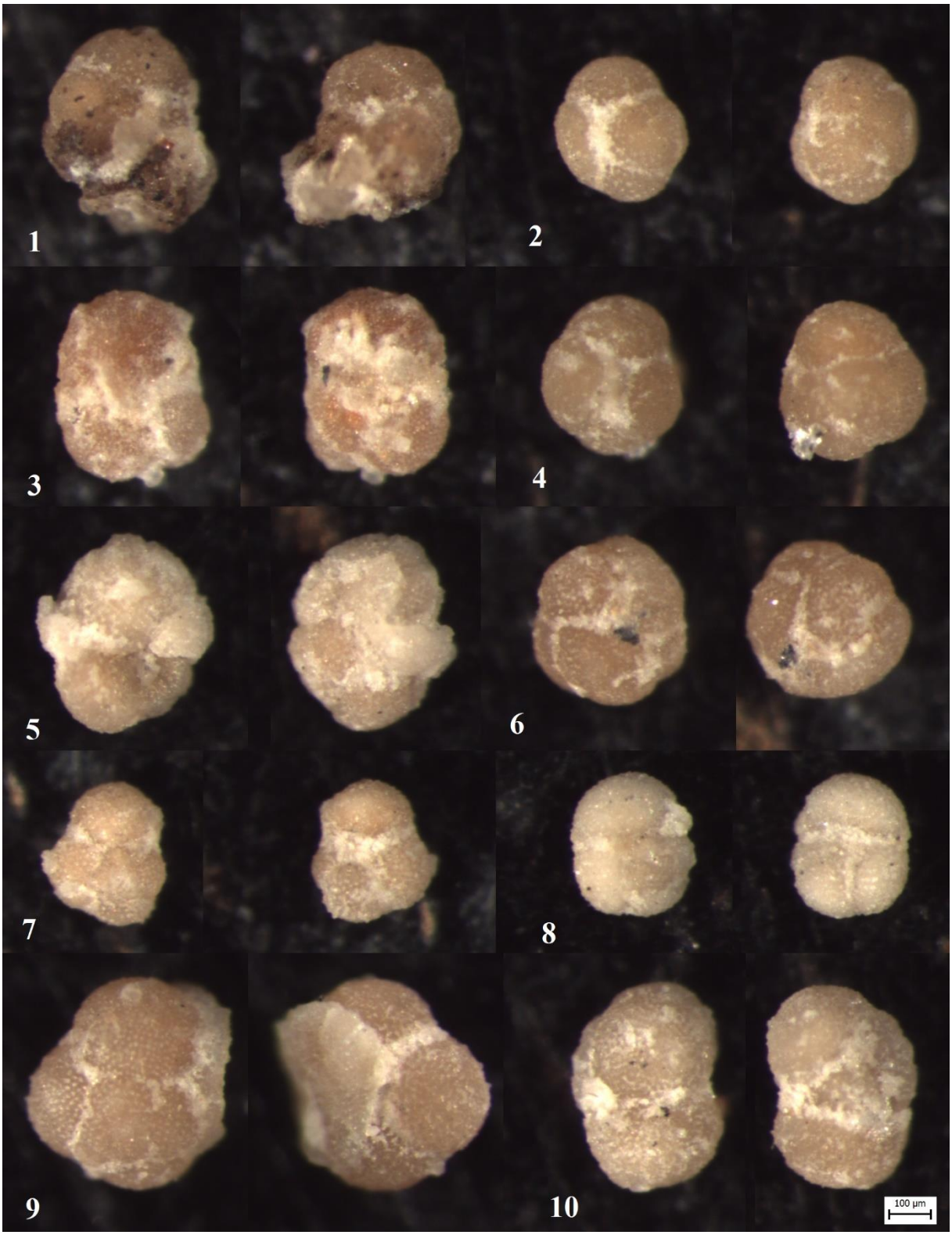

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
100 µm

TABLA 6

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T8-2b

Slika 1. *Catapsydrax* sp.

Slika 2. *Subbotina linaperta* (Finlay)

Slika 3. *Globorotaloides* sp.

Slika 4. *Globorotaloides suteri* Bolli

Slika 5. *Globigerinatheka curryi* Proto Decima & Bolli

Slika 6. *Turborotalia increbescens* (Bandy)

Slika 7. *Subbotina* sp.

Slika 8. *Subbotina eocaena* (Guembel)

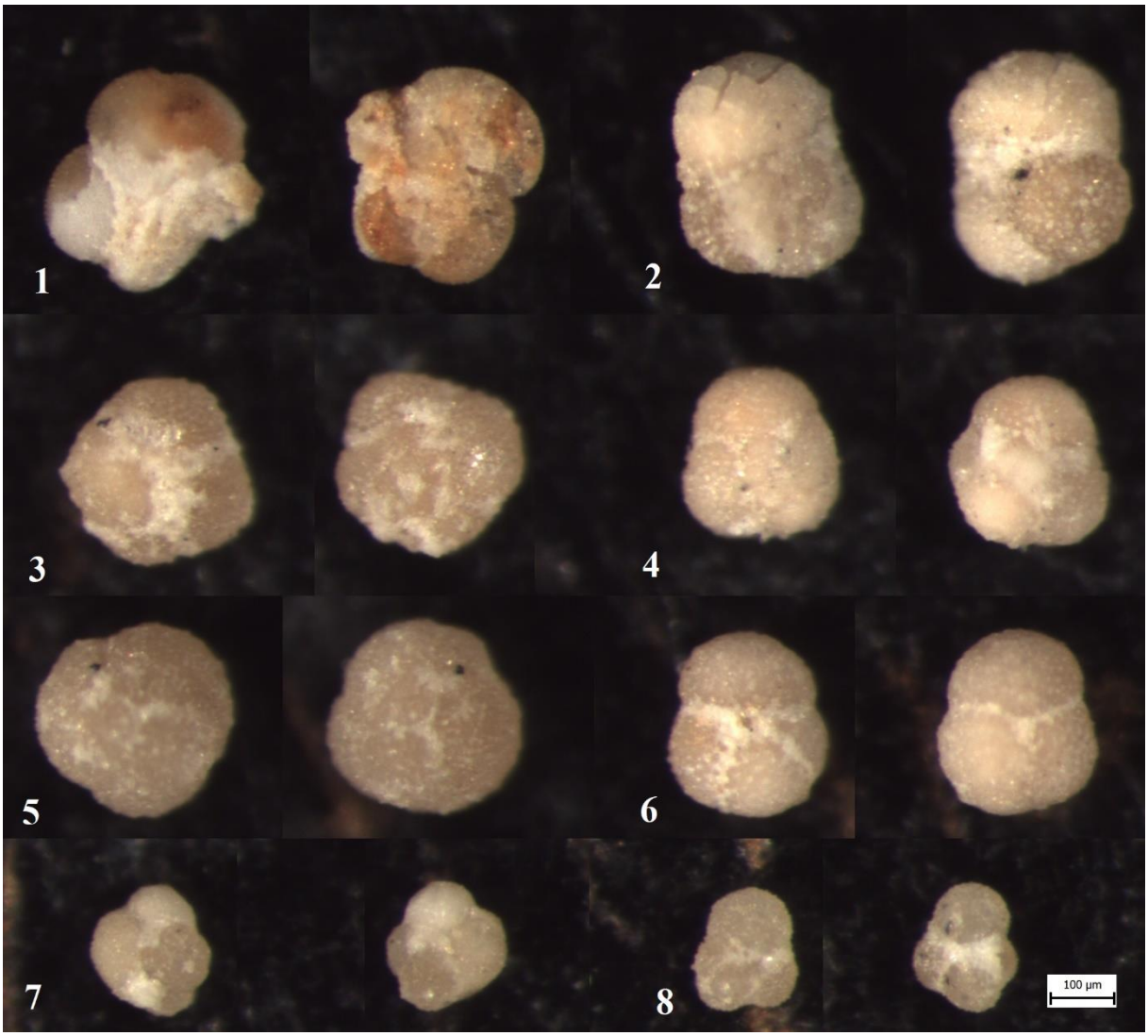

1
2
3
4
5
6
7
8
100 µm

TABLA 7

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka T8-5

Slika 1. *Rosalina* sp.

Slika 2. *Heterolepa* sp.

Slika 3. *Anomalinoides* sp.

Slika 4. *Cibicidoides* sp.

Slika 5. *Pullenia* sp.

Slika 6. *Pullenia* sp.

Slika 7. *Heterolepa* sp.

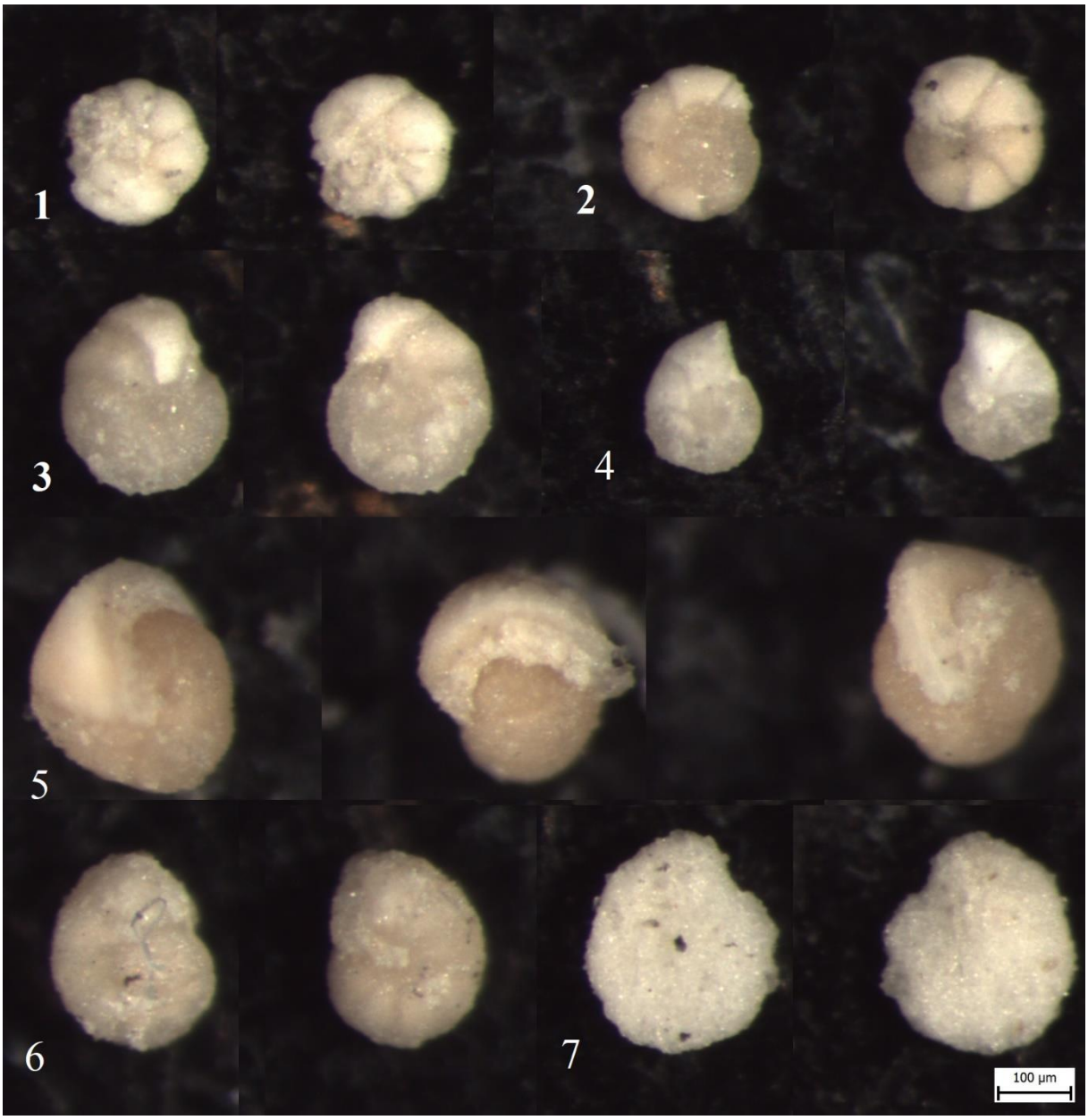

1
2
3
4
5
6
7
100 µm

TABLA 8

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka T6-1

Slika 1. *Nuttallides* sp.

Slika 2. *Elphidium* sp.

Slika 3. *Bolivina* sp.

Slika 4. *Cibicides* sp.

Slika 5. *Uvigerina* sp.

Slika 6. *Discorbinella* sp.

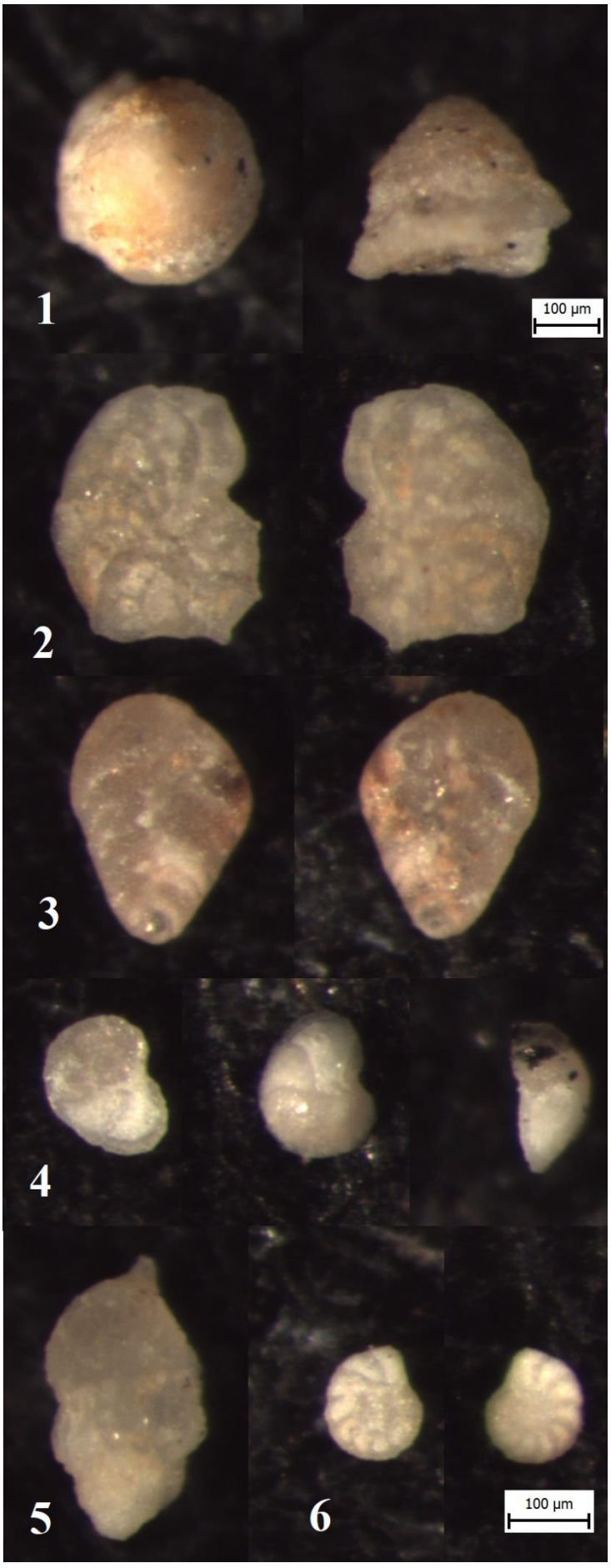

1
100 µm
2
3
4
5
6
100 µm

TABLA 9

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzorka T8-2a

Slika 1. *Rosalina* sp.

Slika 2. *Anomalina* sp.

Slika 3. *Heterolepa* sp.

Slika 4. *Planulina* sp.

Slika 5. *Quinqueloculina* sp.

Slika 6. *Orodosalis* sp.

Slika 7. *Anomalina* sp.

Slika 8. *Rosalina* sp.

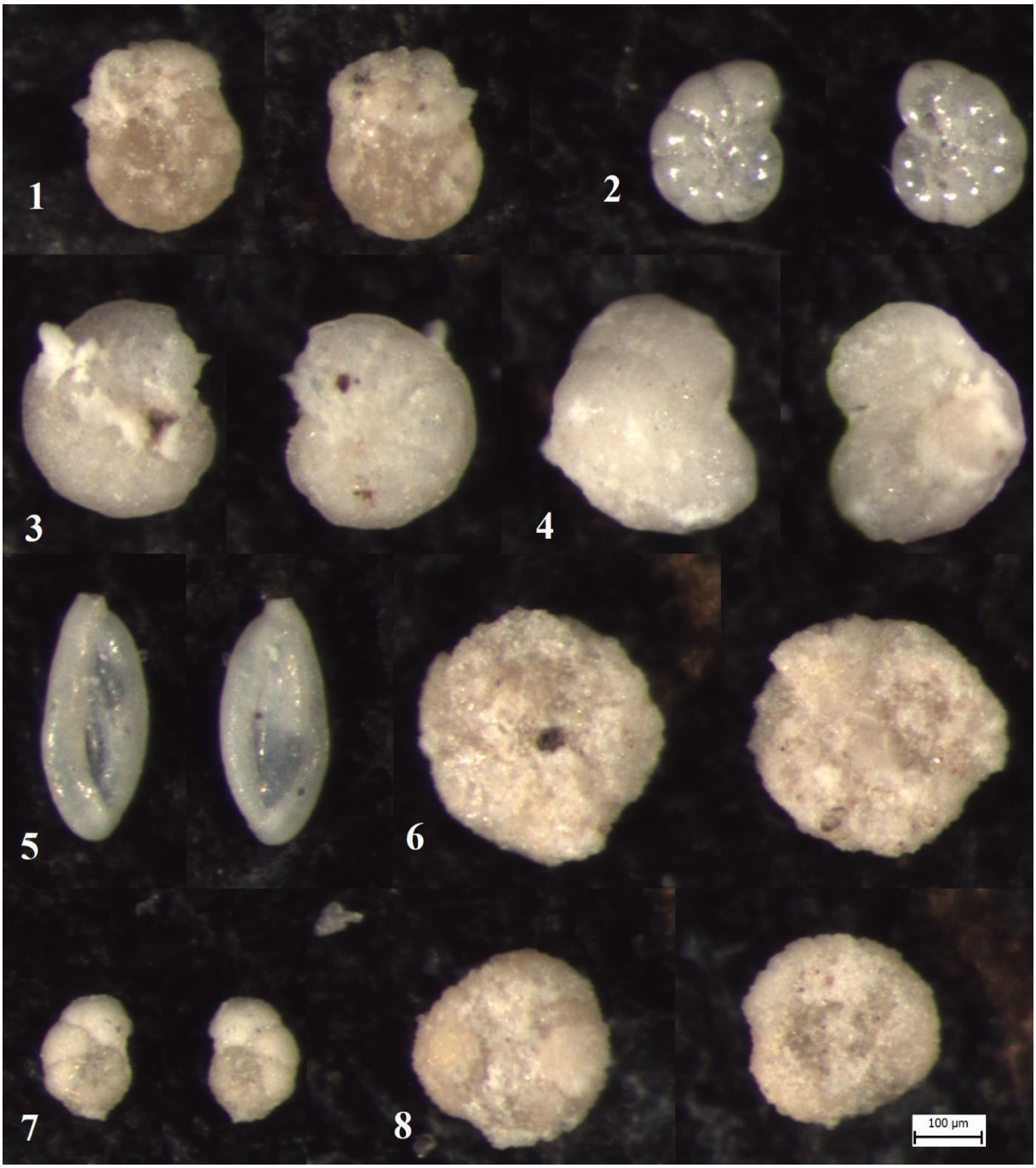

1
2
3
4
5
6
7
8
100 µm

TABLA 10

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka T8-2b

Slika 1. *Stilostomella* sp.

Slika 2. *Uvigerina* sp.

Slika 3. *Uvigerina* sp.

Slika 4. Mala bentička foraminifera

Slika 5. *Nuttallides* sp.

Slika 6. *Anomalinoides* sp

Slika 7. *Brizalina* sp.

Slika 8. *Anomalinoides* sp.

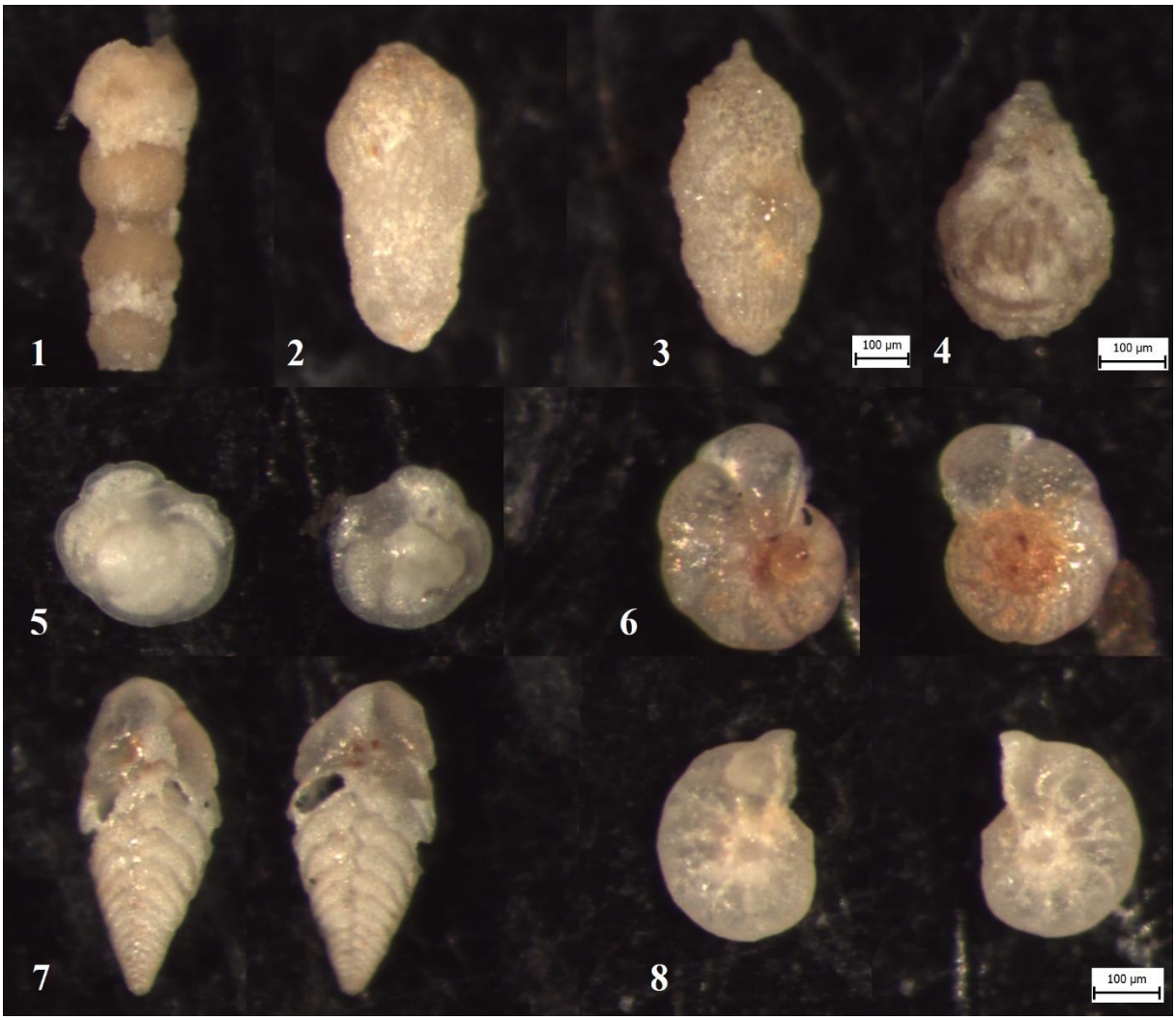

1
2
3
100 µm
4
100 µm
5
6
7
8
100 µm

TABLA 11

Mikrofotografija mikroskopskog preparata uzorka T4-1 (točka T4), wackestone – packstone

Slika 1. Planktonska foraminifera, *Acarinina* sp., neodrediva mala bentička foraminifera

Slika 2. Ostatci planktonskih foraminifera, *Subbotina* sp.

Slika 3. Planktonske foraminifere, *Parasubbotina* sp.

Slika 4. Planktonske foraminifere, *Subbotina* sp.

Slika 5. Planktonska foraminifera, *Subbotina* sp.

Slika 6. Planktonska foraminifera, *Subbotina* sp.

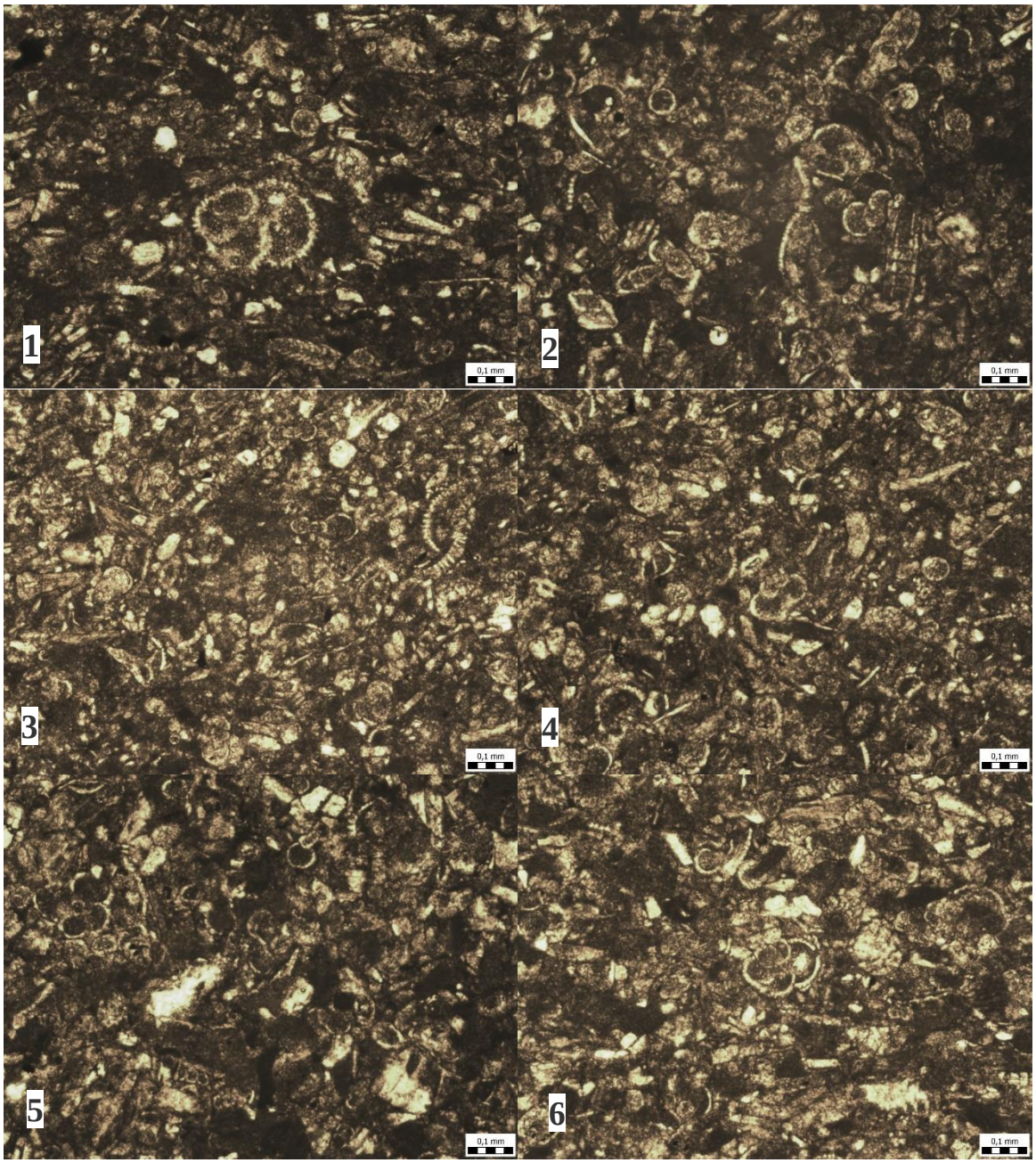

1
0,1 mm
2
0,1 mm
3
0,1 mm
4
0,1 mm
5
0,1 mm
6
0,1 mm

TABLA 12

Mikrofotografije mikroskopskog preparata uzorka T4-2 (točka T4), wackestone – packstone

Slika 1. Ostatci planktonskih foraminifera

Slika 2. Ostatci planktonskih foraminifera, *Subbotina* sp.

Slika 3. Ostatci planktonskih foraminifera

Slika 4. Planktonska foraminifera, *Subbotina* sp.

Slika 5. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 6. Ostatci planktonskih foraminifera,: *Acarinina* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 7. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp., *Turborotalia* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 8. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp., *Subbotina* sp., fragmen*ti* crvenih algi

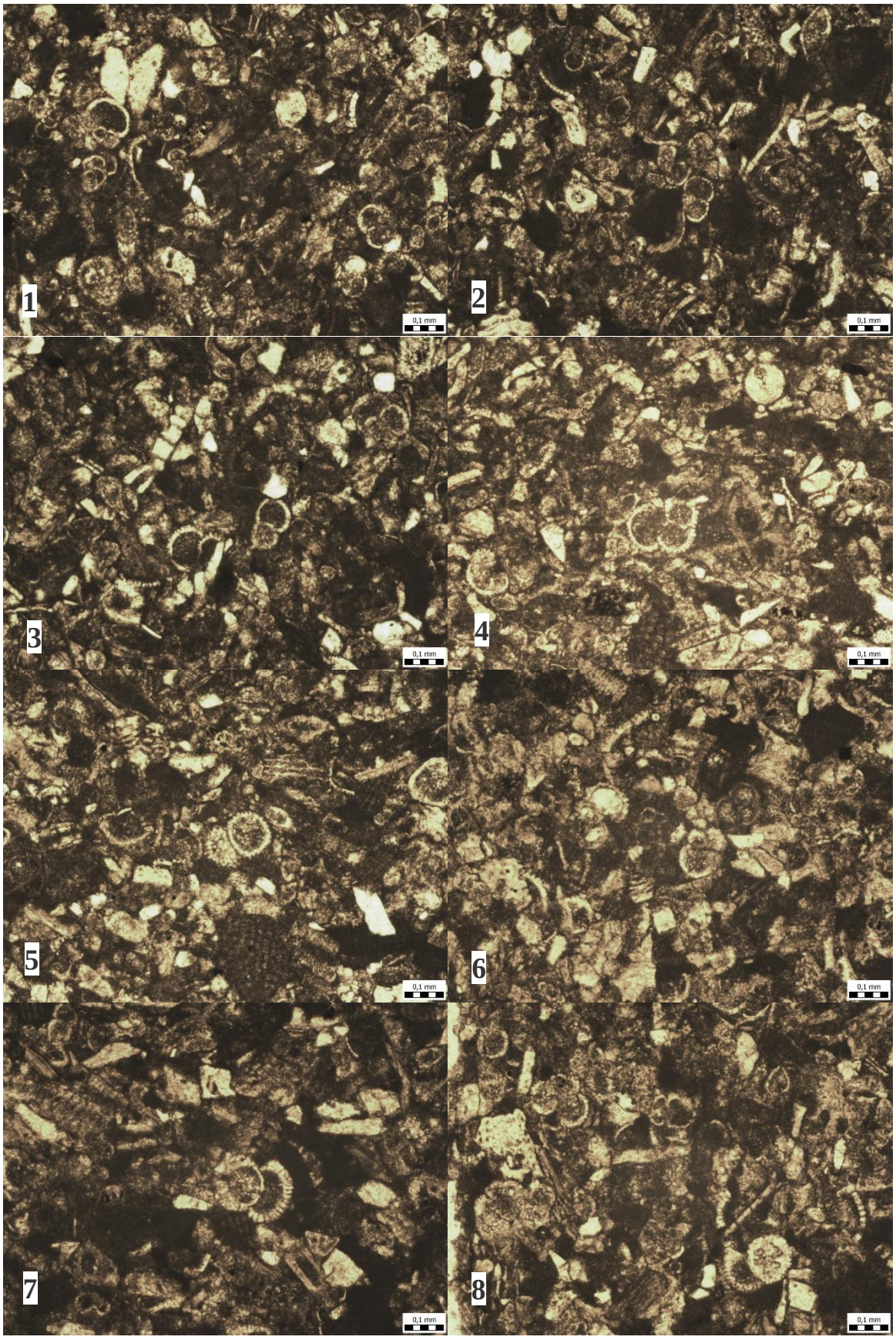

1
0,1 mm
2
0,1 mm
3
0,1 mm
4
0,1 mm
5
0,1 mm
6
0,1 mm
7
0,1 mm
8
0,1 mm

TABLA 13

Mikrofotografija mikroskopskog preparata uzorka T4-2 (točka T4), wackestone – packstone

Slika 1. Ostatci planktonskih foraminifera, fragmenti crvenih algi

Mikrofotografije mikroskopskog preparata uzorka T8-5 (točka T8), wackestone – packstone

Slika 2. Ostatci planktonskih foraminifera, *Subbotina* sp., Turborotalia sp., *Nummulites* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 3. Ostatci planktonskih foraminifera, *Subbotina* sp, fragmenti crvenih algi

Slika 4. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp., fragment velike bentičke foraminifere

Slika 5. Ostatci planktonskih i bentičkih foraminifera, *Acarinina* sp., *Discocyclina* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 6. Ostatci planktonskih i bentičkih foraminifera, *Nummulites* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 7. Ostatci planktonskih i bentičkih foraminifera, *Asterigerina* sp., *Discocyclina* sp., fragmenti crvenih algi

Slika 8. Ostatci planktonskih i bentičkih foraminifera, *Acarinina* sp., *Discocyclina* sp., fragmenti crvenih algi

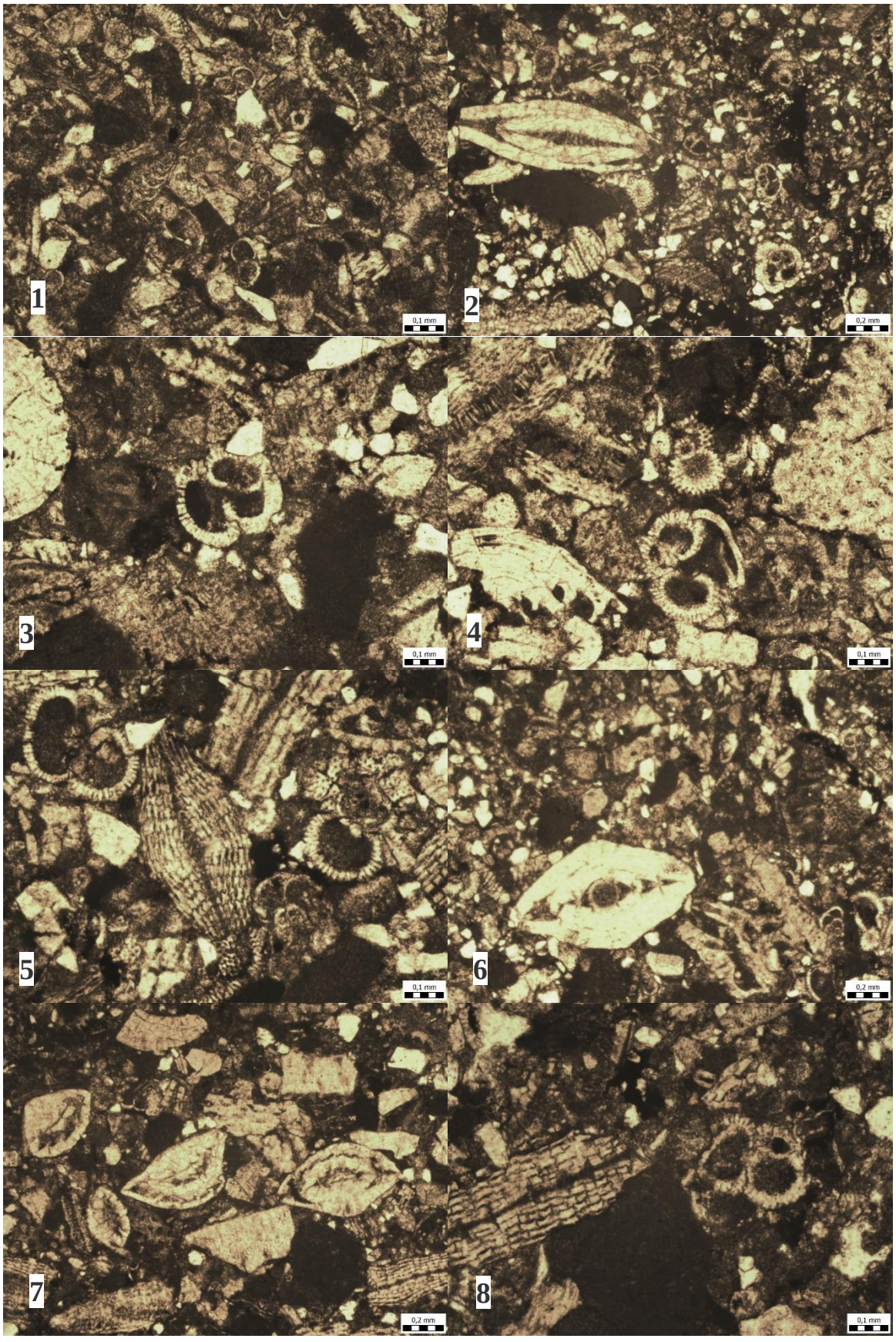

1
0,1 mm
2
0,2 mm
3
0,1 mm
4
0,1 mm
5
0,1 mm
6
0,2 mm
7
0,2 mm
8
0,1 mm

TABLA 14

Mikrofotografije mikroskopskog preparata uzorka T8-5 (točka T8), wackestone – packstone

Slika 1. Ostatci planktonskih foraminifera

Slika 2. Planktonska foraminifera, *Subbotina* sp.

Slika 3. Ostatci planktonskih, bentičkih foraminifera (ortofragmina i numulitida) i crvenih algi

Slika 4. Ostatci planktonskih (*Subbotina* sp.), bentičkih (diskociklina i numulitida) foraminifera i fragment crvenih algi

Slika 5. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp., *Turborotalia* sp. i fragmenti crvenih algi

Slika 6. Ostatci planktonskih (*Subbotina* sp.), fragmenti velikih bentičkih foraminifera i crvenih algi

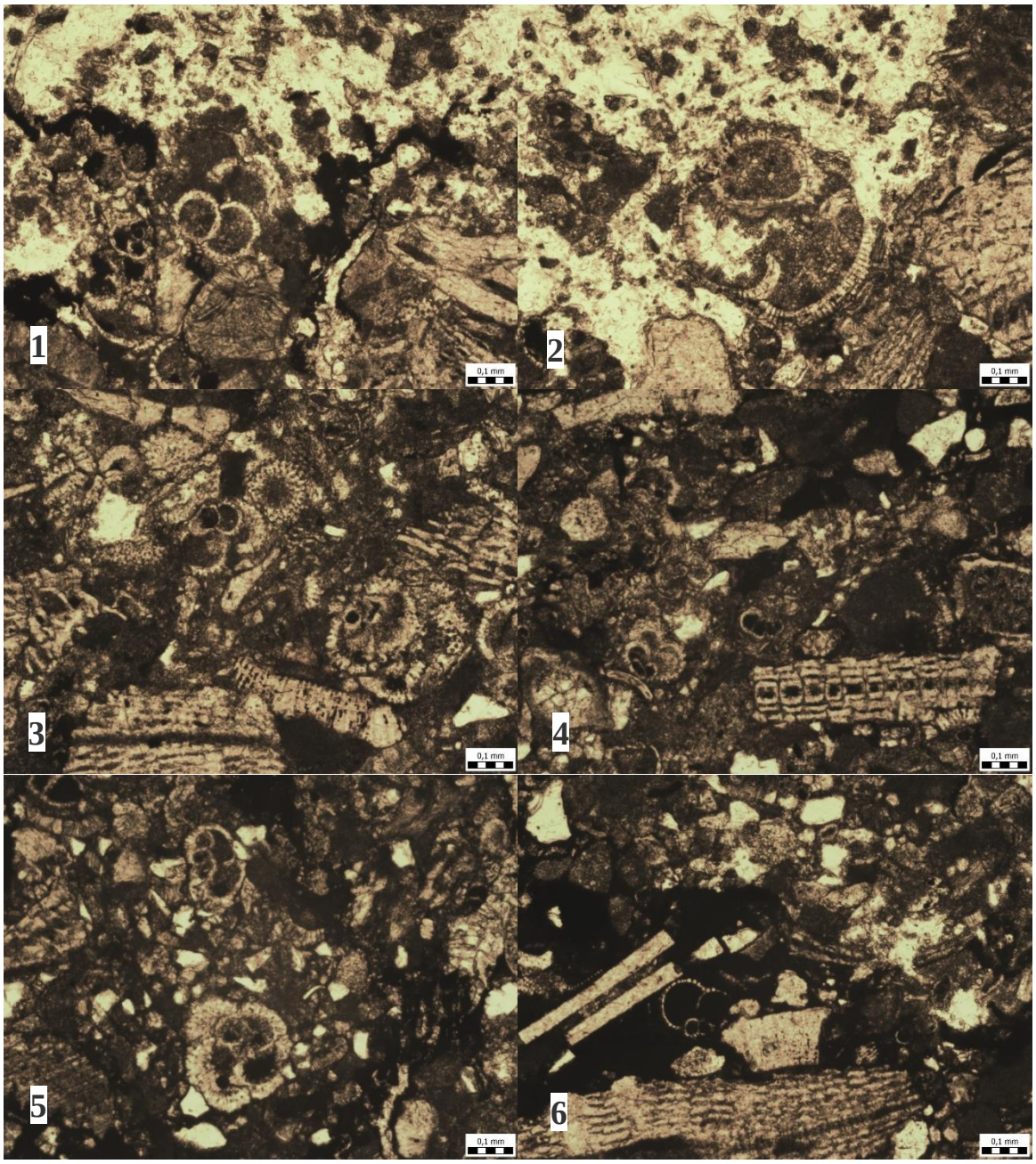

1
0,1 mm
2
0,1 mm
3
0,1 mm
4
0,1 mm
5
0,1 mm
6
0,1 mm

TABLA 15

Mikrofotografije mikroskopskog preparata uzorka T8-5 (točka T8), wackestone – packstone

Slika 1. Ostatci planktonskih foraminifera, *Subbotina* sp. i crvenih algi

Slika 2. Ostatci planktonskih foraminifera, *Acarinina* sp. i crvenih algi

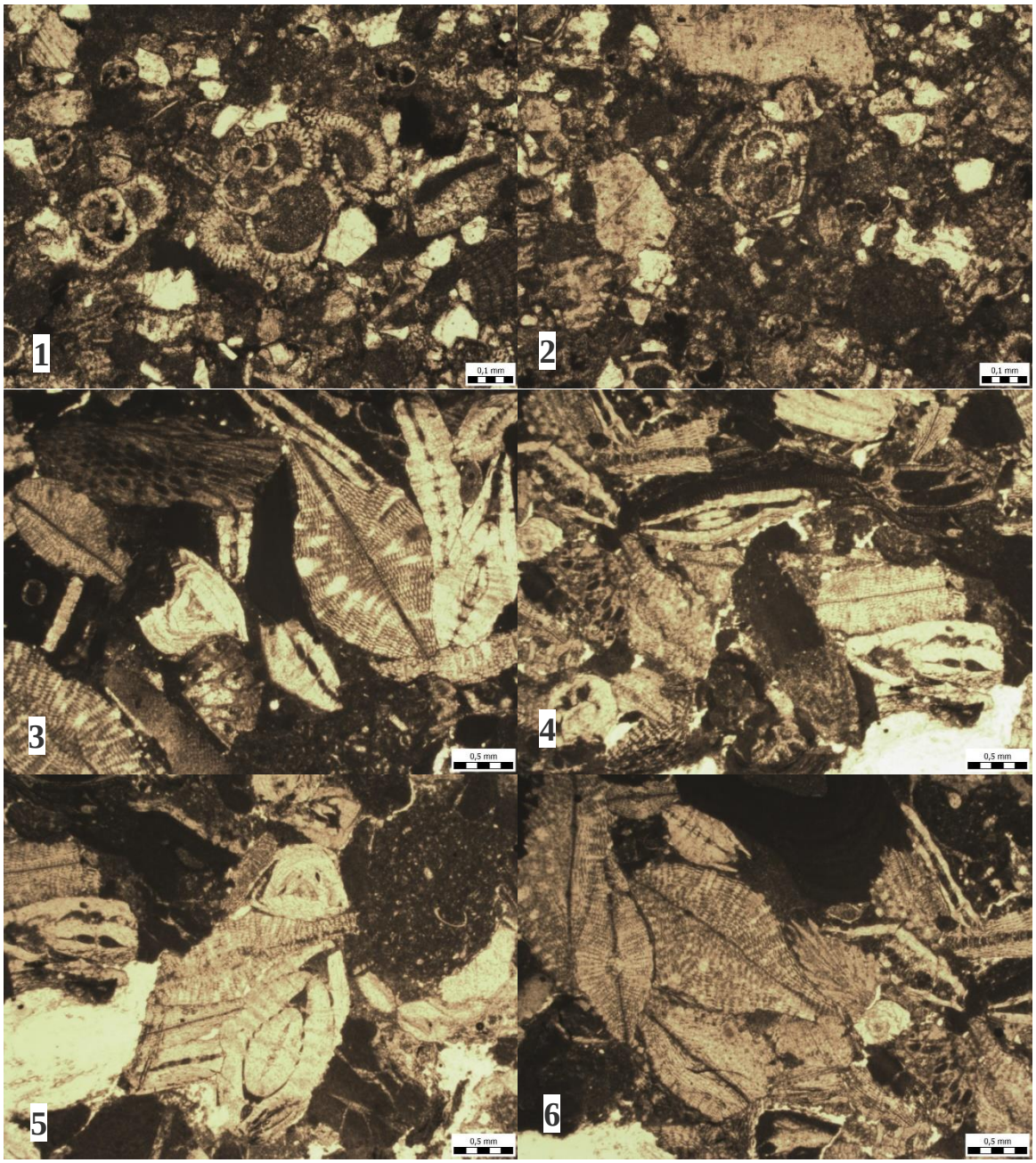
Mikrofotografije mikroskopskog preparata uzorka T8-6 (točka T8), floatstone

Slika 3. Velike bentičke foraminifere, *Nummulites* sp., *Asterigerina* sp., *Discocyclina* sp. i ostatci crvenih algi i mahovnjaka

Slika 4. Velike bentičke foraminifere, *Nummulites* sp. i diskocikline (fragmenti) i ostatci crvenih algi i mahovnjaka

Slika 5. Velike bentičke foraminifere, *Nummulites* sp., *Asterigerina* sp., *Discocyclina* sp. i ostatci crvenih algi

Slika 6. Gusto naslagane kućice („kontaktna imbrikacija“) *Discocyclina* sp. i ostatci crvenih algi


1
0,1 mm
2
0,1 mm
3
0,5 mm
4
0,5 mm
5
0,5 mm
6
0,5 mm