# Foraminiferske zajednice i paleoekološka interpretacija eocenskih lapora lokaliteta Slani potok (Vinodolska dolina)

**Peradinović, Sanja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:217:621456

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-23**

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Sanja Peradinović

# FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE I PALEOEKOLOŠKA INTERPRETACIJA EOCENSKIH LAPORA LOKALITETA SLANI POTOK (VINODOLSKA DOLINA)

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Sanja Peradinović

# FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE I PALEOEKOLOŠKA INTERPRETACIJA EOCENSKIH LAPORA LOKALITETA SLANI POTOK (VINODOLSKA DOLINA)

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

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

Zagreb, 2024.

*Zahvale*

*Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Đurđici Pezelj na strpljenju, savjetima i uloženom vremenu tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem asistentu Igoru Pejnoviću, mag.geol. na fotografiranju uzoraka i određivanju rodova planktonskih foraminifera.*

*Hvala kolegicama i kolegi koji su moje studiranje učinili lakšim i boljim te hvala mojim prijateljima koji su me podržavali tijekom cijelog studija.*

*Hvala Tomislavu na strpljenju, podršci i lijepim riječima baš u trenutku kada je to potrebno.*

*Veliko hvala mojoj obitelji koja podržava svaku moju odluku i na koju se uvijek mogu osloniti.*

*I za kraj, zahvaljujem Njemu na svemu što jesam te što se cijeli moj život temelji na sljedećim riječima:*

*„Ne boj se! Samo vjeruj!“*
*Marko 5,36*

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

**Foraminiferske zajednice i paleoekološka interpretacija eocenskih lapora lokaliteta Slani potok (Vinodolska dolina)**

**Sanja Peradinović**

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

**Sažetak:** Srednjoeocenske foraminiferske zajednice laporovitih naslaga lokaliteta Slani potok u Vinodolskoj dolini analizirane su u svrhu rekonstrukcije paleoekoloških uvjeta. Udio planktonskih foraminifera u zajednicama varira u rasponu 14 % - 28 % ukazujući na okoliš srednjeg šelfa, te lagani trend produbljavanja taložnog okoliša. Određena su 23 roda i 34 vrste malih bentičkih foraminifera. Unutar zajednica bentičkih foraminifera dominiraju foraminifere s perforatnom stijenkom i trohospiralnim oblikom kućice, a dominantne vrste su *Cibicidoides* sp. i *Nuttallides truempyi* NUTTALL. Visoka zastupljenost epifaunalnih oblika, kao i visoke vrijednosti indeksa kisika bentičkih foraminifera upućuju na oligotrofične uvjete na morskom dnu.

**Ključne riječi:** srednji eocen, foraminifere, Vinodolska dolina, Slani potok, lapori
**Rad sadrži:** 47+XVIII stranica, 16 slika, 15 tablica, 43 literaturnih navoda i 5 tabli
**Jezik izvornika:** hrvatski
**Rad je pohranjen u:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF
**Mentor(i):** Izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj , PMF, Zagreb
**Ocjenjivači:** Izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj, PMF, Zagreb
Prof. dr. sc. Vlasta Ćosović, PMF, Zagreb
Prof. dr. sc. Nenad Tomašić, PMF. Zagreb
**Datum završnog ispita:** 22.02.2024.

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

**Foraminiferal assemblages and paleoecological interpretation of the Eocene marls at Slani Potok locality (Vinodol Valley)**

**Sanja Peradinović**

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

**Abstract:** Middle Eocene foraminiferal assemblages from marly deposits at Slani Potok (Vinodol Valley) were analyzed to reconstruct paleoenvironmental conditions. The percentage of planktonic foraminifera varies between 14 % and 28 % indicating a middle shelf environment, and a slight deepening trend of the depositional environment. A total of 23 genera and 34 species of small benthic foraminifera were determined. The benthic assemblages are characterized by domination of calcareous (hyaline perforate wall) trochospiral genera. Dominant species are *Cibicidoides* sp. and *Nuttallides truempyi* NUTTALL. The high abundances of epifaunal taxa as well as the high values of Benthic Foraminifera Oxygen Index point to oligotrophic conditions at the see floor.

**Keywords:** Middle Eocene, Foraminifera, Vinodol Valley, Slani Potok, Marls

**Thesis contains:** 47+XVIII pages, 16 figures, 15 tables, 43 references, and 5 plates

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** Đurđica Pezelj, Ph.D. Associate Professor, PMF, Zagreb

**Reviewers:** Đurđica Pezelj, Ph.D. Associate Professor, PMF, Zagreb
Vlasta Ćosović, Ph.D. Full Professor, PMF, Zagreb
Nenad Tomašić, Ph.D. Full Professor, PMF, Zagreb

**Date of the final exam:** February 22, 2024

# Sadržaj

**1. Uvod ..... 1**

**2. Geološka građa istraživanog područja s pregledom dosadašnjih istraživanja3**

**3. Geografski smještaj i opis profila ..... 8**

**4. Materijali i metode istraživanja ..... 12**

4.1. Metoda mokrog prosijavanja (šlemanja) lapora ..... 12

4.2. Pregled materijala ..... 15

4.3. Odabir uzoraka za mikropaleontološku analizu i standardizacija uzoraka ..... 15

4.4. Odnos planktonskih i bentičkih foraminifera ..... 16

4.5. Analiza zajednice malih bentičkih foraminifera ..... 16

*4.5.1. Stupanj očuvanosti ..... 16*

*4.5.2. Kriteriji određivanja rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera ..... 17*

*4.5.3. Bogatstvo i zastupljenost vrsta ..... 18*

*4.5.4. Indeksi bioraznoliksti ..... 19*

*4.5.5. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) ..... 21*

*4.5.6. Paleoekološki zahtjevi vrsta ..... 22*

**5. Rezultati ..... 23**

5.1. Pregled materijala ..... 23

5.2. Odnos planktonskih i bentičkih foraminifera ..... 28

5.3. Analiza zajednice malih bentičkih foraminifera ..... 29

*5.3.1. Stupanj očuvanosti ..... 29*

*5.3.2. Kriteriji određivanja rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera ..... 29*

*5.3.3. Bogatstvo i zastupljenost vrsta te dominantne i srednje zastupljene vrste ..... 30*

*5.3.4. Indeksi bioraznolikosti ..... 35*

*5.3.6. Paleoekološki zahtjevi vrsta ..... 36*

**6. Rasprava ..... 38**

**7. Zaključak ..... 42**

**8. Literatura ..... 43**

**Popis slika** ..... **VI**

**Popis tablica** ..... **VII**

**9. TABLE 1-5** ..... **VIII**

# 1. Uvod

Foraminifere su jednostanični eukarioti koji se prema načinu života dijele na bentičke foraminifere i planktonske foraminifere. Bentičke foraminifere su najbrojniji organizmi na morskom dnu (SNIDER i sur., 1984; GOODAY i sur., 1992), a pojavljuju se na svim geografskim širinama i u širokom rasponu marinskih okoliša od toplih, brakičnih laguna pa sve to hladnih antarktičkih dubokovodnih okoliša. Ekološka istraživanja dokumentirala su više od 2100 živućih vrsta bentičkih foraminifera, iako bi njihova stvarna raznolikost mogla biti čak dva puta veća (MURRAY, 2007).

Upravo zbog svoje brojnosti i raznolikosti, bentičke foraminifere se još od 19. stoljeća sve intenzivnije proučavaju, unatoč njihovoj maloj veličini, koja može varirati od nekoliko mikrona do nekoliko centimetara. Velike bentičke foraminifere većinom nastanjuju plitkovodna područja gdje mogu rasti zahvaljujući simbiontima i sunčevoj svjetlosti, dok su male bentičke foraminifere nađene na svim dubinama, ali postaju dominantne u dubokovodnijem okolišu (RIVERO CUESTA, 2021). Male bentičke foraminifere manje su od 2 mm u promjeru i imaju jednostavnu unutrašnju građu. Mogu se proučavati u preparatima ili kao izolirane jedinke. Proučavaju li se u preparatima odnosno u presjecima određivanje je moguće samo na nivou roda, a ako se proučavaju izvađene tj. kao izolirane jedinke određivanje je moguće i na nivou vrste.

Postoje zapisi o bentičkim foraminiferama od kasnog proterozoika (GAUCHER i SPRECHMANN, 1999), a njihov dug, kontinuiran i bogat fosilni zapis čini ih jednom od najkorisnijih fosilnih skupina u rekonstrukciji paleookoliša i paleoklimatskih istraživanja (HOLBOURN i sur., 2013, HAYWARD i sur., 2020).

U ovom diplomskom radu analizirani su uzorci lapora prikupljeni na lokalitetu Slani potok u Vinodolskoj dolini. Uzorci su obrađeni metodom mokrog prosijavanja te su nakon pregleda materijala pod stereoskopskom lupom odabrani najreprezentativniji uzorci (najbrojnije i najbolje očuvane male bentičke foraminifere i planktonske foraminifere) za detaljnu mikropaleontološku analizu.

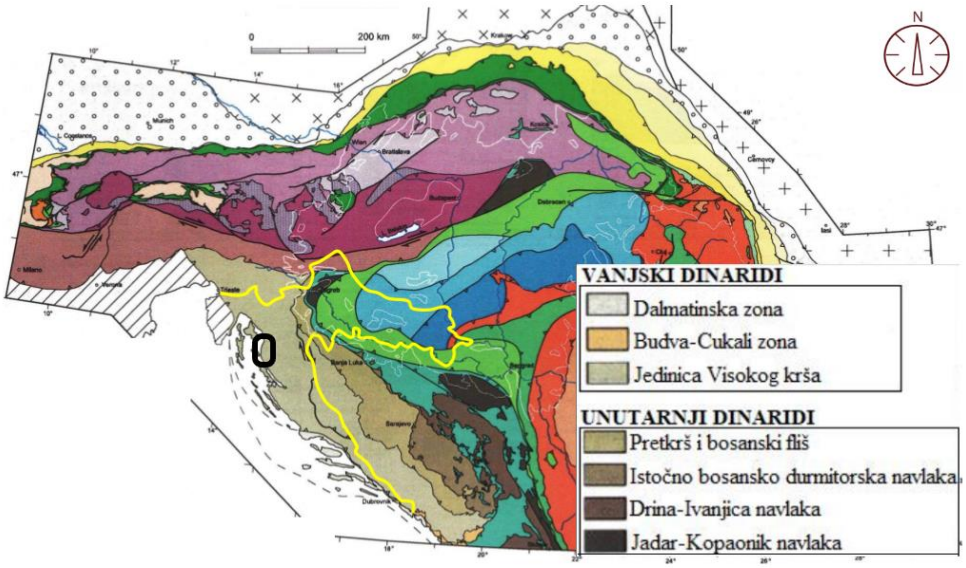
Glavni ciljevi rada bili su sljedeći:

1. Analiza foraminiferske zajednice s naglaskom na određivanje rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera.
2. Paleoekološka interpretacija okoliša.

Diplomski rad izrađen je u okviru HRZZ projekta Dinaridski predgorski bazen između dva eocenska termalna optimuma: mogući scenarij za sjevernojadranski bazen, BREEMECO (IP-2019-04-5775).

# 2. Geološka građa istraživanog područja s pregledom dosadašnjih istraživanja

Područje Dinarida dijeli se na Vanjske i Unutarnje Dinaride. Nadalje, Vanjski Dinaridi se mogu podijeliti na Dalmatinsku zonu, Budva-Cukali zonu i Jedinicu Visokog krša, dok se Unutarnji Dinaridi dijele na Pretkrš i Jedinicu bosanskog fliša i tri seta navlaka: Istočno Bosansko-durmitorske navlake, Drina-Ivanjica navlake te Jadar-Kopaonik navlake (SCHMID i sur. 2008). Područje Vinodolske doline pripada geotektonskoj jedinici Visokog krša (slika 1).




Slika 1. Tektonske jedinice Vanjskih i Unutarnjih Dinarida. Istraživano područje Vinodolske doline označeno je crnom oznakom na karti (modificirano prema SCHMID i sur., 2008)

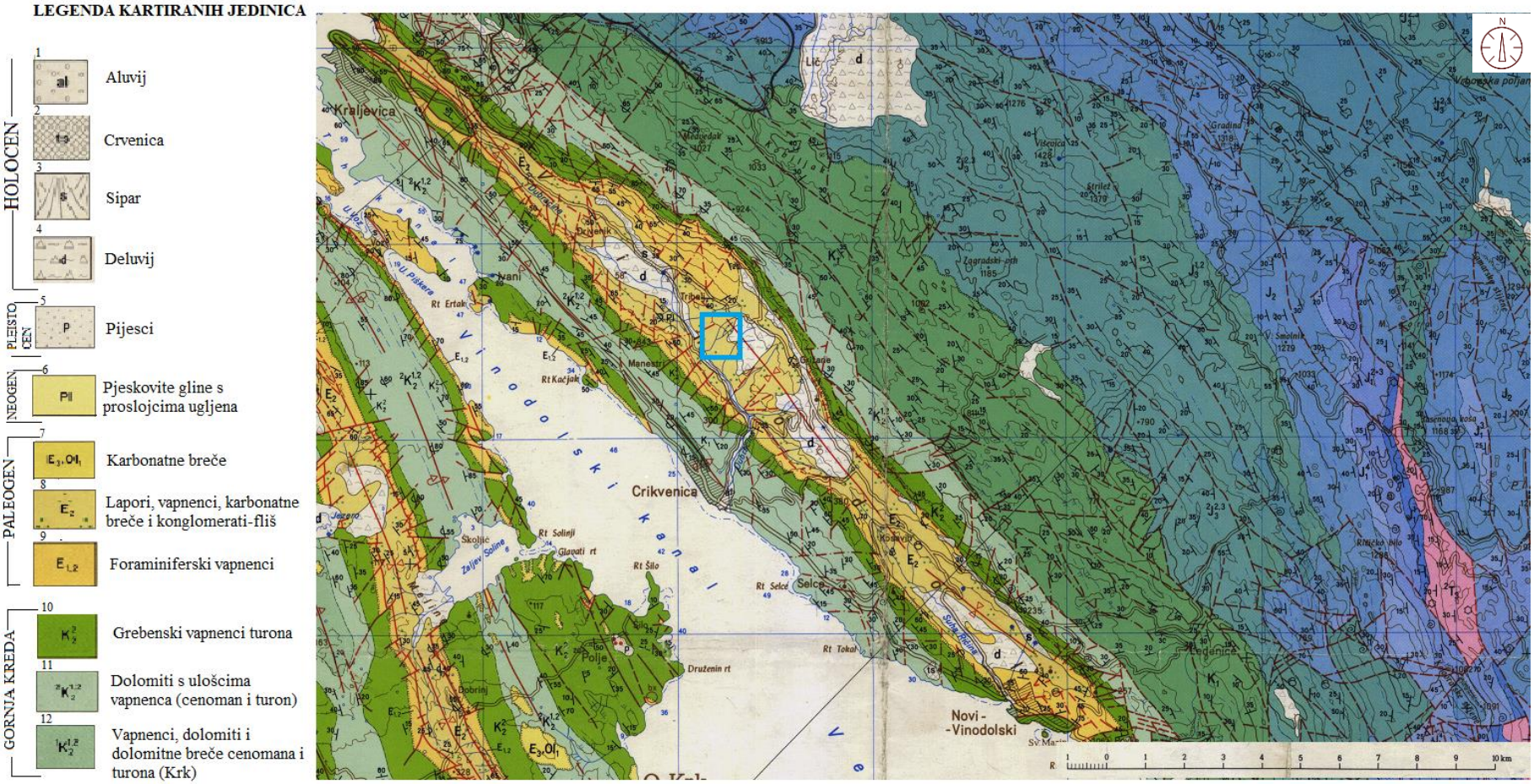
Tektonski pokreti na kraju krede formirali su navlačno borani pojas Vanjskih Dinarida (MARINČIĆ, 1981; BERGANT, 2003). Upravo zbog tektonskog razlamanja karbonatne platforme i reverznog tektonskog kretanja na području Vanjskih Dinarida stvoren je predgorski bazen gdje su taloženi fliški sedimenti. U predgorskom bazenu taloženi su donjoeocenski i srednjoeocenski foraminiferski vapnenci i srednjoeocenski fliš (ŠUŠNJAR i sur., 1970; GRIMANI i sur., 1973). Osim navedenog, na području Vinodolske doline utvrđeni su: gornjoeocenski vapnenci, fosilni konglomerati i pješčenjaci, breče, gornjopliocenski bočati klastiti koji sadrže ugljen i kvartarne breče (ŠUŠNJAR i sur., 1970; GRIMANI i sur., 1973 i BLAŠKOVIĆ i TIŠLJAR, 1983).

Na osnovnoj geološkoj karti SFRJ 1:100 000 - List Crikvenica (ŠUŠNJAR i sur., 1970) (slika 2) prikazane su kredne, paleogenske i kvartarne naslage na području Vinodolske doline. Donjokredne naslage transgresivno leže na naslagama malma te je upravo to razdoblje obilježeno prekidima u sedimentaciji i emerzijama. Tada su istaloženi konglomerati, dolomitne breče, karbonatne breče i vapnenci. Nakon kratkotrajne emerzije, u cenomanu se ponovno uspostavlja morski režim i karbonatne naslage se talože tijekom gornje krede. Eocenske naslage su u transgresivnom odnosu s naslagama gornje krede. SALOPEK (1956, 1960) je napravio detaljnu podjelu gornjokrednih naslaga na području Vinodolske kotline te ovo područje smatra tektonskim jarkom koji je nastao uz više uzdužnih rasjeda, dok je SCHUBERT (1912) objavio geološki vodič za sjeverni dio jadranskog priobalja u kojem opisuje donjokredne breče u blizini Novog Vinodolskog.

Detaljnija istraživanja proveo je i ČUBRILOVIĆ (1938). Prema njemu, sjeveroistočno i jugozapadno od Vinodola su bore, antiklinale grade kredne naslage, a u sinklinalama se nalazi fliš. BLAŠKOVIĆ (1999) također Vinodolsku dolinu opisuje kao sinklinalu u kojoj je os paralelna s pružanjem doline. Rasjedni sustavi, koji su kontrolirali morfologiju Vinodolske doline, imaju promjenjiva kinematička obilježja koja se mijenjanju duž pružanja i nagiba te se stapaju u reversne ili čak navlačne strukture (BLAŠKOVIĆ, 1997).

Naslage paleogena mogu se pronaći na području Vinodolske doline, od Bakra do Novog Vinodolskog, zatim sjeverozapadno od Crikvenice i Kraljevice. Također, prostiru se i na otoku Krku duž sjeveroistočne obale. Unutar paleogenskih sedimenata izdvojene su dvije litostratigrafske jedinice: foraminiferski vapnenci i klastiti. Gornji dio foraminiferskih vapnenaca u području Triblja je zastupljen s laporovitim vapnencima s proslojcima lapora. Kao što je već prethodno spomenuto, paleogenski sedimenti, vapnenci s miliolidama, alveolinama i numulitima, leže transgresivno na naslagama gornje krede.

Na otoku Krku su iz foraminiferskih vapnenaca određene sljedeće velike bentičke foraminifere: *Alveolina oblonga* D'ORBIGNY, 1826, *Alveolina elongata* D'ORBIGNY IN DESHAYES, 1828, *Discocyclina* sp., *Assilina* sp., *Nummulites atacicus* LEYMERIE, 1846, *Nummulites globulus* LEYMERIE, 1846, dok su na području Vinodola određene: *Nummulites perforatus* MONTFORT, 1808, *Alveolina oblonga* D'ORBIGNY, 1826, *Assilina exponens* SOWERBY, 1840.




Slika 2. Isječak iz OGK SFRJ 1:100 000 - List Crikvenica (ŠUŠNJAR i sur., 1970) s naznačenim položajem Slanog potoka

Najstarija istraživanja eocenske faune na području Vinodolske doline obradili su FRAUSCHER (1884), DE STEFANI i DAINELLI (1902) i VOGL (1912). VOGL (1912) poistovjećuje Vinodolsku faunu sa srednjoeocenskom faunom Istre i Dalmacije.

Odnos između foraminiferskih naslaga i klastita nije uvijek moguće odrediti. Na nekim područjima može se uočiti kontinuiran prijelaz iz naslaga foraminiferskih vapnenaca u klastite.

Srednjoeocenski klastiti sastoje se od lapora, pješčenjaka i vapnenaca, ponegdje breča i konglomerata koji se u vertikalnom i lateralnom smjeru izmjenjuju. U srednjoeocenskim karbonatnim laporima javljaju se brojne male bentičke foraminifere kao što su: *Cristellaria glaucina* STACHE, 1864, *Lenticulina alatolimbata* GÜMBEL, 1870, *Lenticulina limbosa* REUSS, 1863, *Percultazonaria fragaria* GÜMBEL, 1870, *Hemirobulina pediformis* BORNEMANN, 1855, *Cibicidoides dalmatinus* VAN BELLEN, 1941, *Heterolepa eocaena* GÜMBEL, 1870, *Anomalinoides capitatus* GÜMBEL, 1870, *Anomalinoides granosus* HANTKEN, 1875 te razne vrste rodova *Dentalina* i *Nodosaria*. Aglutinirane male bentičke foraminifere javljaju se u nešto manjem broju, a od važnijih su vrste *Tritaxia szaboi* HANTKEN, 1868, *Clavulinoides kruhelensis* WÓJCIK, 1903, *Clavulina parisiensis* D'ORBIGNY IN DESHAYES, 1830, *Tritaxilina pupa* GÜMBEL, 1870 i *Tritaxilina colei* CUSHMAN i SIEGFUS, 1935. Prisutne su također i planktonske foraminifere: *Subbotina eocaena* GÜMBEL, 1870 i *Dentoglobigerina venezuelana* HEDBERG, 1937. Upravo na temelju navedene (i druge) fosilne zajednice određeno je da naslage klastita pripadaju srednjem eocenu s mogućim prijelazom u gornji eocen (GRIMANI i sur., 1973).

U posljednje vrijeme napravljeno je nekoliko ocjenskih radova u kojima su istraživane eocenske naslage u Vinodolskoj kotlini. KOVAČIĆ (2022) u završnom preddiplomskom radu opisuje mineraloške karakteristike uzoraka eocenskih lapora prikupljenih na području Slanog potoka u Vinodolskoj dolini (uzorci oznaka K3, K5, K9 i K12). Korištena je metoda kalcimetrije i rendgenska difrakcijska analiza. Prema udjelu karbonatne komponentne uzorci su lapor ili kalcitični glinjak. Rendgenskom difrakcijskom analizom orijentiranih preparata utvrđen je sastav glinovite frakcije: klorit, ilit, ilit-smektit, dioktaedrijski ilit-vermikulit i kaolinit. Utvrđeni mineralni sastav sugerira dominaciju fizičkog trošenja na okolnom kopnu, no i ograničeno kemijsko trošenje te sezonalnost klime.

PAVLOVIĆ (2023) u svom diplomskom radu analizira naslage okolice Triblja opisane u literaturi kao Foraminiferski vapnenci i Prijelazne naslage. Na osnovi vrsta velikih bentičkih foraminifera *Alveolina aragonensis* HOTTINGER i *Asterocyclina stella taramelli* MUNIER-CHALMAS, određuje starost Foraminiferskih vapnenaca kao donji ipr (SBZ9 – SBZ11), a okoliš taloženja je srednja rampa. Prijelazne naslage taložene su na gornjem dijelu padine tijekom srednjeg luteta, određena je E9 (*Globigerapsis kugleri* / *Morozovella aragonensis*) biozona, na što ukazuju neki rodovi planktonskih foraminifera (*Hantkenina* i *Morozovella*) i vrsta *Globigerinatheka index* FINLAY.

Prijelazne naslage su plavkasto sivi lapori koji sadrže intraklaste glinovitog vapnenca. Predstavljaju postupno produbljavanje npr. prijelaz iz plitkih foraminiferskih vapnenaca do dubokovodnih fliških naslaga. Najbolje su vidljive na jugozapadnom dijelu Vinodolske doline. Procijenjena debljina prijelaznih naslaga na područje Vinodolske doline je oko 60 m te na temelju superpozicijskih odnosa vjerojatno su srednjoeocenske starosti (PALENIK, 2019).

Karbonatne breče su rasprostranjene na području Krka. Transgresivno leže na naslagama donje i gornje krede i na foraminiferskim vapnencima. Na temelju fragmenata eocenskih stijena u brečama, određeno je da su mlađe od srednjeg eocena. Fosilni ostaci nisu pronađeni, stoga se nije mogla odrediti starost na temelju fosila.

Fliške naslage središnjeg dijela Vinodolske doline, Slanog potoka karakteristične su po pojavi minerala tenardita (MILEUSNIĆ i sur., 2004; JURAK i sur., 2005). Pojava tenardita jedinstvena je pojava za cjelokupno fliško područje Vanjskih Dinarida. Povećane koncentracije natrijevih i sulfatnih iona u površinskoj vodi dovode do kristalizacije tenardita u suhoj i toploj sezoni. Voda koja isparava s površine sedimenta/tla u sušnoj sezoni povećava zasićenost natrijevim i sulfatnim ionima, a tenardit se pojavljuje kao kora na površini stijena/tla. Kasnijim otapanjem tenardita, otopine natrija djeluju kao disperzivno sredstvo na čestice gline iz fliških pelitnih stijena. Česta kristalizacija i otapanje tenardita postaje glavni pokretač klizanja i puzanja materijala (ALJINOVIĆ i sur., 2010).

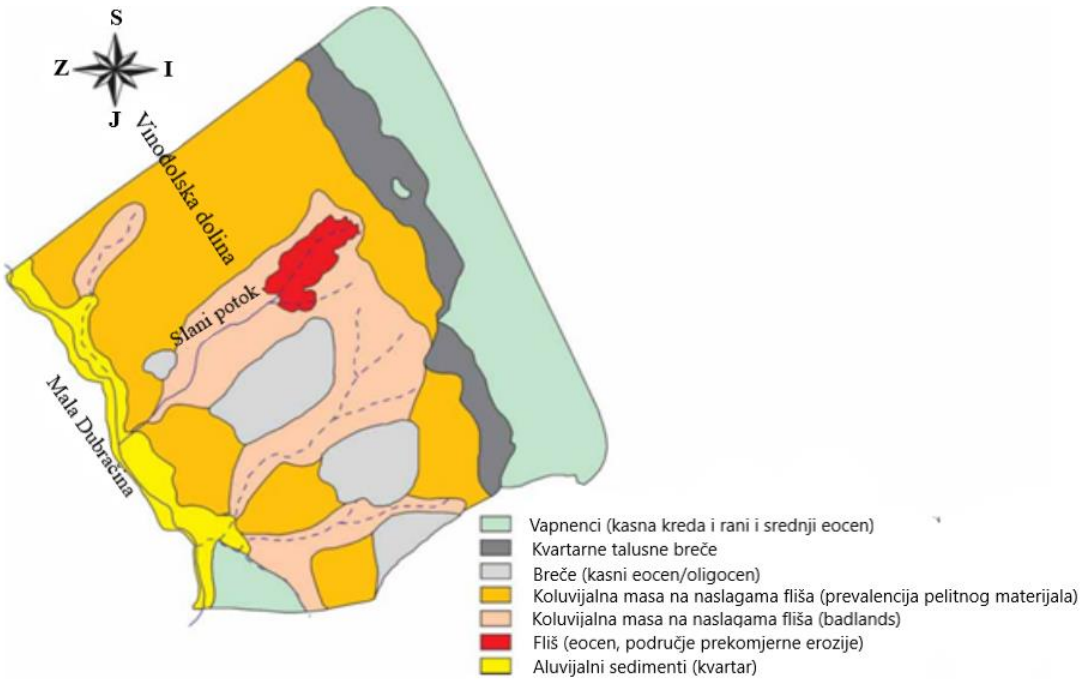
Na području Bribira i Triblja nalaze se naslage gornjeg pliocena. Naslage se sastoje od žutih pjeskovitih, sivih i crvenih glina. Unutar sivih glina nađeni su *Unio* sp. i *Viviparus* sp. Upravo je na temelju fosilnog sadržaja i određena pliocenska starost (GRIMANI i sur., 1973).

# 3. Geografski smještaj i opis profila

Vinodolska dolina je 20 km duga dolina pružanja sjeverozapad–jugoistok paralelno sa sjeveroistočnom obalom Jadrana. Rasprostire se od Križišća na sjeverozapadu do Novog Vinodolskog na jugoistoku i pripada Primorsko-goranskoj županiji (slika 3) [1].

Slika 3. Geografski položaj Vinodolske doline označen crvenom bojom (preuzeto iz Google Earth)

Rijeka Dubračina izvire podno naselja Križišće, duljine je 14,42 km, njezino porječje zauzima površinu od 49,40 km$^2$ te se u Crikvenici ulijeva u more. Ima veliki broj pritoka, a najveći pritoci su Kričina i Slani potok (slika 4). Slani potok je vodotok koji se nalazi u zaleđu Crikvenice, na lijevoj strani doline te zauzima površinu od 1,37 km$^2$ [2].




Slika 4. Shematizirana geološka karta dijela Vinodolske doline s naznačenim vodotokom Slanoga potoka (preuzeto iz ALJINOVIĆ i sur., 2010)

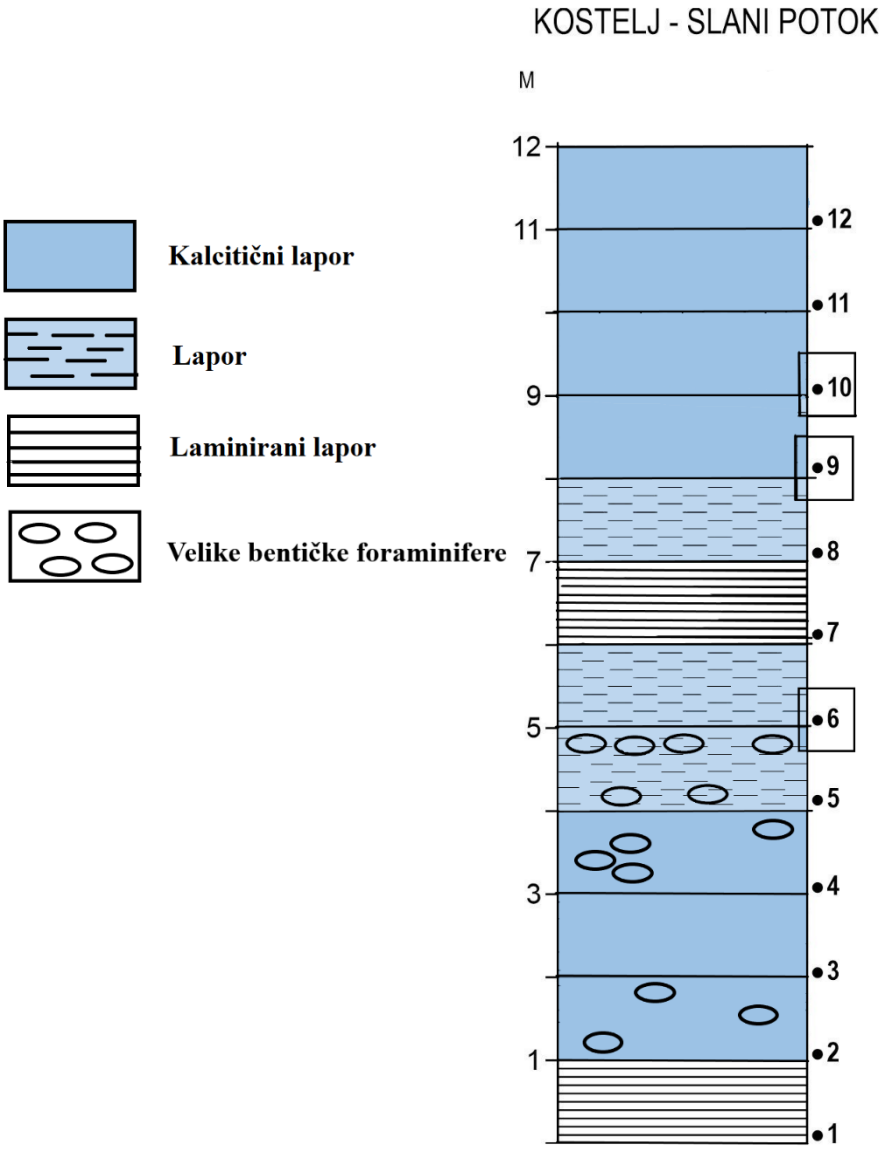
S lijeve strane Slanog potoka nalazi se vrlo strmi izdanak, visine oko 12 m (slika 5). Izdanak je laporovit (slika 6a), samo je djelomično prekriven vegatacijom (slika 6b) te se ne uočava slojevitost (slika 6c). U bazi izdanka uočen je veliki broj kućica velikih bentičkih foraminifera (slika 6d).

Slika 5. Pogled na dolinu Slanog potoka

Slika 6. Izdanak Kostelj-Slani potok a) pogled iz podnožja b) gornji dio izdanka c) detalj srednjeg dijela izdanka d) podnožje izdanka s velikim bentičkim foraminiferama

Tijekom srpnja 2021. godine u okviru HRZZ projekta BREEMECO obavljena su terenska istraživanja šireg područja Crikvenice i tom prilikom je u dolini Slanog potoka snimljen geološki stup Kostelj-Slani potok.

Geološki stup Kostelj-Slani potok (koordinate 45°12'18.08" N 14°42'24.08" E) debljine je 12 m te je uzorkovanje obavljeno na svakih 1 m (slika 7). U donjem (K1-K5) i srednjem (K6-K10) dijelu stupa dolazi do izmjene kalcitičnoga lapora s laminiranim laporom i laporom, a u gornjem dijelu stupa (K10-K12) zastupljen je kalcitični lapor. Uzorci K6 (lapor), K9 (kalcitični lapor) i K10 (kalcitični lapor) detaljno su mikroskopski obrađeni.



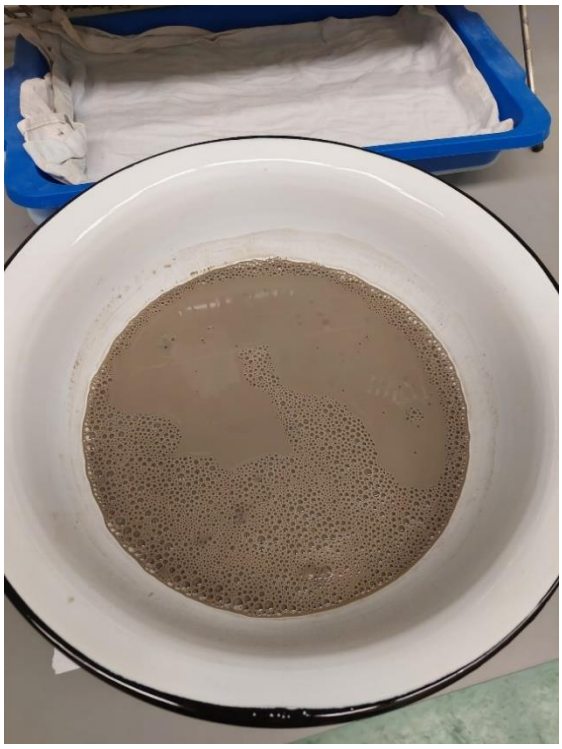

Slika 7. Shematizirani geološki stup Kostelj-Slani potok, ukupne debljine 12 m, mjesta uzorkovanja su označena brojevima 1 – 12, a istraživani uzorci su u kvadratićima.

# 4. Materijali i metode istraživanja

## 4.1. Metoda mokrog prosijavanja (šlemanja) lapora

Cilj metode mokrog prosijavanja je izdvajanje mikrofosila iz uzoraka sedimenta. Najprije se izvaže 300 g uzorka koji se zatim usitnjava pomoću geološkog čekića. Kao podloga se koristi papir zbog lakšeg prebacivanja usitnjenog materijala u posudu (slika 8). Materijal je potrebno usitniti na dimenzije manje od 2 mm kako bi se što prije otopio. Nakon usitnjavanja, bitno je oprati čekić i sve počistiti kako se uzorci ne bi miješali. Nakon što je uzorak usitnjen, u posudu se ulijeva vruća voda i dva čepa (oko 1 ml) 30-postotnog vodikovog peroksida. Ovako tretirani uzorak treba odstajati više od 24 sata kako bi potpuno izreagirao i bio spreman za daljnje laboratorijske analize (slika 9). Korištena aparatura: geološki čekić, obični papir, vaga, vodikov peroksid i posude.

Slika 8. Usitnjavanje uzoraka



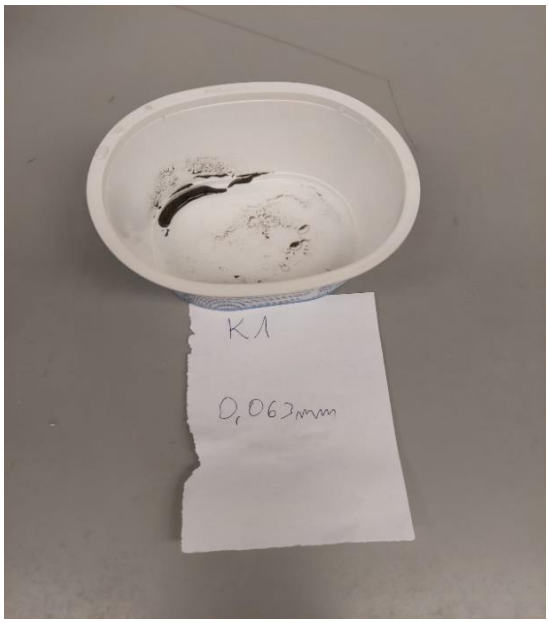
Slika 9. Uzorak pripremljen za mokro prosijavanje

Nakon što je tako pripremljeni uzorak odstojao više od 24 sata u vodikovom peroksidu i vrućoj vodi, podvrgava se šlemanju ili mokrom prosijavanju. Šlemanje je proces prosijavanja uzorka uz pomoć vode kako bi se dobio fosilni materijal za proučavanje pod mikroskopom. Za ovu metodu korištena su sita promjera 0,063, 0,125 i 0,250 mm. Sita je potrebno poredati u sudoperu na način da je sito s najmanjim promjerom rupica na dnu, a sito s najvećim promjerom rupica na vrhu. Zatim se pod mlazom vode dodaje uzorak na sito te se kružnim pokretima ruke uzorak ispire sa svakog sita, sve dok u sudoperu ne poteče bistra voda (slika 10). Vrlo lako može doći do zaštopavanja sita, stoga ih je potrebno često provjeravati.

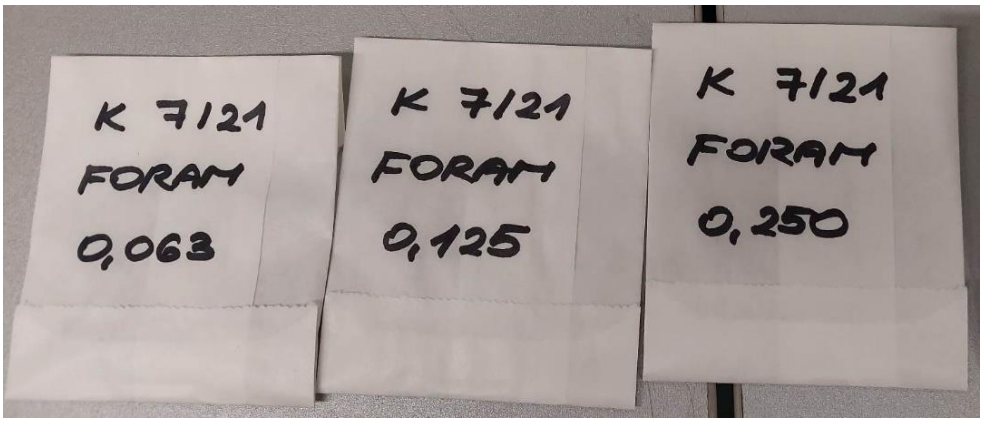
Nakon što na svakom situ ostane određena frakcija, potrebno je pohraniti uzorak u posudice za sušenje (slika 11). Kada uzorci postanu suhi potrebno ih je spremiti u vrećice. Na vrećicama mora pisati naziv uzorka i veličina frakcije (slika 12).

Postupak koji se provodi prije i nakon svakog korištenja sita je detaljno pranje sita kako ne bi došlo do onečišćenja sljedećeg uzorka. Sito se pere pod mlazom vode kružnim pokretima, a zatim se stavlja u ultrazvučnu kadicu na temperaturu oko 30 stupnjeva i 30 minuta (slika 13).

Slika 10. Ispiranje uzorka kroz sistem sita




Slika 11. Uzorak spreman za sušenje




Slika 12. Uzorak raspoređen u vrećice s naznačenom oznakom uzorka i pripadajućom frakcijom

Slika 13. Ultrazvučna kadica za čišćenje sita

## 4.2. Pregled materijala

Nakon metode šlemanja, uzorci se pregledavaju pod stereoskopskom lupom u svrhu opažanja mikrofosilnog sadržaja i ostalog popratnog materijala (mineralnih zrna) u uzorku te njihove zastupljenosti u uzorcima. Za svaki uzorak detaljno su pregledane sve frakcije: 0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm i 0,500 mm. U uzorcima su promatrane planktonske foraminifere - PF, male bentičke foraminifere – MBF i velike bentičke foraminifere – VBF. Nadalje, promatran je i popratni mineralni sastav, „zrna pirita“ i „zrna kremena“ te neodređena mineralna zrna opisana prema boji kao „zrna stakalaca“, „crna zrna“ i „narančasta zrna“. Materijal je ravnomjerno prosut na pliticu i određen je pojedinačni udio na osnovu sljedećih kriterija: O – obilje: 70 %-100 %; P – puno: 70 %-40 %; M – malo: 40 %-10 %; J – jako malo: <10 %; – sterilan: 0 %.

## 4.3. Odabir uzoraka za mikropaleontološku analizu i standardizacija uzoraka

Uzorci koji sadržavaju najbrojnije i najbolje očuvane foraminifere (prvenstveno male bentičke foraminifere i planktonske foraminifere) odabrani su za daljnju mikropaleontološku analizu, nakon čega je izvršena standardizacija uzoraka. Za ovu tehniku koristi se uređaj mikrospliter (slika 14) pomoću kojeg se uzorak dijeli na dva jednaka dijela. Proces se ponavlja sve dok se ne dobije približno 300 jedinki foraminifera. Jedan pod-uzorak stavlja se u pliticu i spreman je za daljnje analize, a drugi se stavlja u vrećicu kao rezerva. Prethodni pod-uzorci u kojima je više od 300 jedinki spremaju se u papirnate vrećice s odgovarajućom oznakom. Cilj standardizacije uzorka je izbjegavanje subjektivnosti te se na ovaj način dobije približno 300 slučajnih jedinki foraminifera.

Slika 14. Uređaj za standardizaciju uzoraka

## 4.4. Odnos planktonskih i bentičkih foraminifera

Odnosom plankton/bentos dobije se podatak o dubini taložnog bazena, a računa se prema formuli (MURRAY, 1991):

$$\frac{P}{B} = \frac{P}{P+B} \cdot 100\ [\%] \qquad (1)$$

Pri čemu je $P$ - broj planktonskih foraminifera, a $B$ - broj bentičkih foraminifera.
Na temelju dobivenih podataka okoliše je moguće podijeliti na:

a) plankton/bentos (<20 : >80) – unutrašnji šelf
b) plankton/bentos (10-60 : 90-40) – srednji šelf
c) plankton/bentos (40-70 : 60-30) – vanjski šelf
d) plankton/bentos (>70 : <30) – gornja kontinentalna padina

## 4.5. Analiza zajednice malih bentičkih foraminifera

### 4.5.1. Stupanj očuvanosti

Pri analizi zajednice malih bentičkih foraminifera na jedinkama je definiran stupanj očuvanosti, tip stijenke, oblik kućice i položaj ušća te ukrasi na površini kućice.

Stupanj očuvanosti može se podijeliti na tri stupnja:

1) Dobra očuvanost – neoštećene i cjelovite kućice bez mehaničkog ili kemijskog oštećenja te su vidljivi svi elementi i ukrasi. Identifikacija je na razini roda i vrste.
2) Srednje dobra očuvanost – površina kućice je rekristalizirana, a izgleda kao da je posuta prahom ili šećerom, prostor između klijetki i ušća je zapunjen kalcitom. Kućice mogu biti razlomljene i deformirane, ali i dalje se mogu odrediti na nivou roda ili vrste.
3) Loša očuvanost – kućice su razlomljene i deformirane. Može se odrediti da je riječ o maloj bentičkoj foraminiferi, ali rod i vrsta se ne mogu odrediti.

### 4.5.2. Kriteriji određivanja rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera

Za određivanje rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera korištena je sljedeća literatura: FORAMINIFERI PADANI (1982), HELBOURN i sur. (2013), ORTIZ i THOMAS (2006) te LOEBLICH i TAPPAN (1988a, b).

a) Tip stijenke

Male bentičke foraminifere se prema tipu stijenke dijele na: aglutinirane (red Textulariina), imperforatne (red Milioliina) i perforatne (red Rotaliina). U rubnim marinskim okolišima kao što su brakični estuariji i lagune te slane ili brakične močvare prevladavaju foraminifere s aglutiniranom i perforatnom stijenkom, no nalazimo i manji broj foraminifera imperforatnih stijenki (MURRAY, 2006).

1) Aglutinirana stijenka - građena je na način da su zrna pijeska povezana kalcitnim, organskim ili silikatnim cementom.
2) Imperforatna stijenka - homogena tekstura.
3) Perforatna stijenka - prozirna tekstura sastavljena od jednog ili više slojeva kristala.

b) Oblik kućice

Prema obliku kućice male bentičke foraminifere mogu biti:

1) Uniserijalne - klijetke su posložene u jednom nizu, kućica je izduženog oblika.
2) Biserijalne - klijetke su posložene u dva niza, kućica je izduženog oblika.
3) Triserijalne - klijetke su posložene u tri niza, kućica je izduženog oblika.
4) Planispiralne - klijetke se spiralno nižu oko jedne osi namatanja. Kućice mogu biti involutne, evolutne ili djelomično evolutne. Kod involutne kućice zadnji zavoj prekriva sve prethodne zavoje, a kod evolutne kućice svi su zavoji vidljivi.
5) Trohospiralne - klijetke se nižu oko helikoidalne osi. Postoje spiralna i umbilikalna strana.

c) Oblik i položaj ušća

Ušće ili apertura nalazi se na najmlađoj klijetki, a preko njega foraminifere komuniciraju s okolišem. Iako položaj i oblik ušća ovise o vrsti, položaj ušća može biti sljedeći: terminalno, interiomarginalno, umbilikalno, ekstraumbilikalno, umbilikalno-ekstraumbilikalno te arealno dok oblik ušća može biti: okruglo, ovalno, bubrežasto, lučno i linearno, u obliku kratkog proreza, radijalno ili kao pore u redovima, izdignuto na vratu i obrubljeno usnom te u obliku ušice igle (zareza).

d) Oblik i istaknutost sutura

Kućica se sastoji od klijetki koje su međusobno odijeljene septima ili pregradama. Na svakom septu nalazi se otvor ili foramen koji služi za komunikaciju između klijetki dok na mjestu gdje se septi dodiruju s površinom kućice nastaju suture koje po obliku mogu biti ravne, povijene prema vanjskom rubu, zrakaste ili izdignute u odnosu na površinu kućice.

e) Izgled površine kućice

Površina kućice može biti glatka, ali može imati i razne ukrase kao što su uzdužna rebra. Isto tako, površina može biti ukrašena i kvržicama, bodljama, strijama ili stupićima. Neke foraminifere mogu imati glatku površinu, ali im je donji rub klijetki oštar, resast ili bodljast.

### 4.5.3. Bogatstvo i zastupljenost vrsta

Bogatstvo vrsta je broj vrsta određenih u uzorku. U ovisnosti o broju jedinki neke vrste unutar cijele zajednice razlikuju se (MURRAY, 1991):

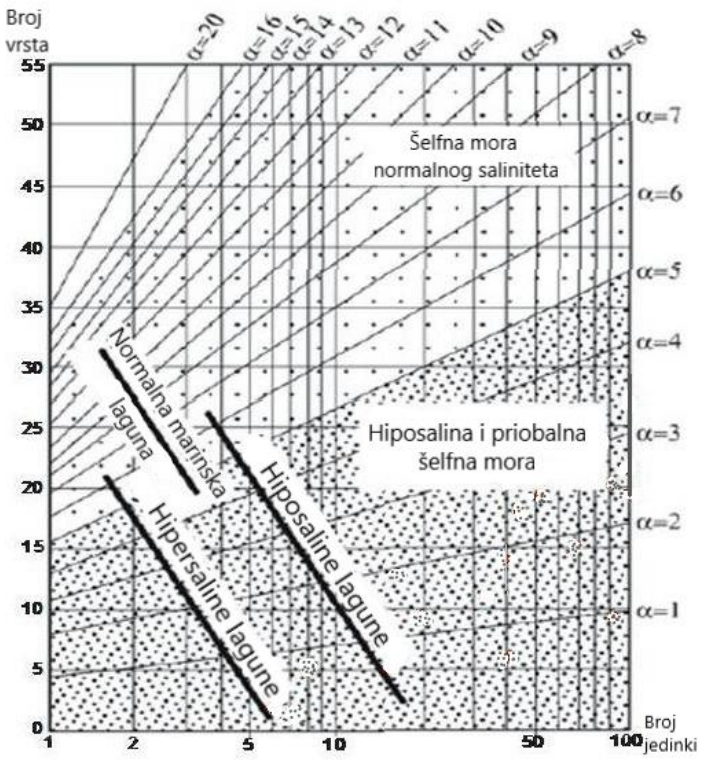
a) Dominantne vrste: >10 %
b) Srednje zastupljene vrste: 4-10 %
c) Rijetko zastupljene vrste: 1-4 %
d) Vrlo rijetko zastupljene vrste: <1 %

### 4.5.4. Indeksi bioraznoliksti

Indeksi bioraznolikosti pokazuju koliko je pojedina vrsta česta ili rijetka u standardnom uzorku. Računaju se prema posebnim formulama ili pomoću programa PAST (HAMMER i HARPER, 2001). U indekse bioraznolikosti ubrajaju se: Fisher α indeks, Shannon-Wiener indeks, indeks ekvitabilnosti (ujednačenosti) i indeks dominacije.

*a) Fisher α indeks*

Fisher α indeks ukazuje na raznolikost foraminiferske zajednice te eliminira utjecaj veličine uzorka. Računa se na način da se broj vrsta i broj jedinki unesu u dijagram ispod te se očitaju vrijednosti i pripadajući okoliš (slika 15).




Slika 15. Dijagram raznolikosti vrsta koji pokazuje vrijednosti Fisher α indeksa za različite okoliše (modificirano prema MURRAY, 1974)

Vrijednosti *Fisher α indeksa* koji se kreću u rasponu od 1-19 ukazuju na različite okoliše tj. od marinskih močvara pa sve do donjeg batijala (MURRAY, 2006) (Tablica 4-1).

Tablica 4-1. Vrijednosti Fisher α indeksa i pripadajući okoliši

| **Vrijednost *α indeksa*** | **Okoliš** |
|---|---|
| 1-2 | marinske močvare |
| 1-3 | brakične mangrove |
| 1-5 | brakične močvare i lagune |
| 1-6 | hipersaline lagune |
| 1-7 | hipersaline močvare |
| 1-22 | gornji i donji batijal |
| 3-12 | marinske lagune |
| 3-19 | unutrašnji šelf |
| 5-19 | vanjski šelf |

*b) Shannon-Wiener indeks*

Predstavlja omjer broja vrsta prema njihovoj važnosti unutar zajednice. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$H(s) = -\sum_{i=1}^{S} p_i \cdot \ln(p_i) \tag{2}$$

Pri čemu je: $S$ – ukupan broj vrsta u uzorku, $i$ – ukupan broj jedinki jedne vrste, $p_i$ (decimalan broj) – broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u populaciji. Prema vrijednostima Shannon-Wienerovog indeksa, koji mogu biti manji od 0,6, u rasponu od 0,6 do 2,1 te veći od 2,1, mogući su brakični okoliši, priobalni okoliši s varijacijama u salinitetu te marinski normalni okoliši (Tablica 4-2).

Tablica 4-2. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa i pripadajući okoliši

| **Vrijednost *H(s) indeks*** | **Okoliš** |
|---|---|
| < 0,6 | brakičan |
| 0,6 – 2,1 | priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu |
| >2,1 | marinski normalni okoliš |

*c) Indeks ekvitabilnosti ili ujednačenosti*

Ovaj indeks daje podatke o sličnosti pojedinih vrsta u uzorku. Vrijednosti se kreću između 0 i 1, a računa se prema sljedećoj formuli:

$$E(S) = \frac{e^{H(S)}}{S} \tag{3}$$

Pri čemu je:

$H(s)$ – Shannon -Wiener indeks; $S$ – ukupan broj vrsta u uzorku

*d) Indeks dominacije*

Indeks dominacije ili Berger-Parkerov indeks izračunava se kao omjer broja jedinki najzastupljenije vrste i ukupnog broja jedinki u uzorku. Obrnuto je proporcionalan indeksu ekvitabilnosti, što znači da se porastom raznolikosti njegova vrijednost smanjuje. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$D = \frac{N_{max}}{N} \tag{4}$$

Pri čemu je: $N_{max}$ – broj jedinki najzastupljenije vrste; $N$ – ukupan broj jedinki u uzorku.

### 4.5.5. Indeks kisika bentičkih foraminifera (*BFOI*)

*BFOI* (engl. *Bentic Foraminifera Oxygen Index*) pokazuje količinu kisika pri morskom dnu. Prema KAIHO (1994, 1999) rodovi bentičkih foraminifera dijele se na oksične, suboksične i disoksične pokazatelje. Indeks bentičkih foraminifera može se izračunati pomoću izraza (5) i (6). Ako je broj oksičnih pokazatelja veći od nule tada je formula:

$$BFOI = \frac{O}{O + D} \cdot 100 \tag{5}$$

Pri čemu je:

$O$ – broj oksičnih pokazatelja

$D$ – broj disoksičnih pokazatelja

Ako nema oksičnih pokazatelja, a pri tom zbroj suboksičnih (S) i disoksičnih (D) pokazatelja veći od nule, tada se koristi formula:

$$BFOI = \left[\frac{S}{S + D} - 1\right] \cdot 100 \tag{6}$$

Vrijednosti parametra *BFOI* u intervalu od 0 do 100 predstavljaju uvjete niske, srednje i visoke oksičnosti, dok vrijednosti manje od 0 predstavljaju suboksične, disoksične te anoksične uvjete (Tablica 4-4) (KAIHO, 1994).

Tablica 4-3. Vrijednosti indeksa kisika i oksičnost

| **Vrijednost *BFOI indeksa*** | **Oksičnost** |
|---|---|
| 50-100 | visoka |
| 15-50 | srednje |
| 0-15 | niska |
| -40-0 | suboksičan |
| (-55)-(-22) | disoksičan |
| < -55 | anoksična |

### 4.5.6. Paleoekološki zahtjevi vrsta

a) Način ishrane

Po načinu uzimanja hrane male bentičke foraminifere mogu biti detrivori (muljojedi), pasivni suspenzojedi, a prema vrsti hrane koju konzumiraju su biljojedi i svejedi. Međutim, za mnoge vrste nije sa sigurnošću utvrđen način i vrsta ishrane što je naznačeno upitnikom (Tablica 5-5). Svi podaci su preuzeti iz MURRAY (2006), ŽIVKOVIĆ i GLUMAC (2007) i PEZELJ i DROBNJAK (2019).

b) Omjer epifauna/infauna

Ovim omjerom morfogrupa malih bentičkih foraminifera dobije se podatak o trofičnosti nekadašnjeg ekosustava (TROX model; JORISSEN i sur. 1995). Za epifaunalne vrste je karakteristično da se brzo razmnožavaju i žive u normalno oksičnim površinskim staništima morskog dna. Za infaunalne vrste karakteristično je sporo razmnožavanje i tolerancija na smanjenje koncentracije otopljenog kisika (DE RIJK i sur. 2000). Ovisno o tome prevladava li epifauna ili infauna, razlikuju se sljedeći okoliši:

- Oligotrofičan okoliš – s puno kisika i malo hrane, dominira epifauna
- Eutrofičan okoliš – malo kisika, puno hrane, dominira infauna
- Mezotrofični okoliš – podjednaki je udio epifaune i infaune

# 5. Rezultati

## 5.1. Pregled materijala

Nakon provedenog šlemanja, uzorci lapora s lokaliteta Slani Potok detaljno su mikroskopski pregledani. Proučavao se udio malih i velikih bentičkih foraminifera te udio planktonskih foraminifera i njihova zastupljenost po frakcijama. Osim foraminifera proučavana su „zrna pirita“ (Tabla 5, slika 1), „zrna stakalaca“ (Tabla 5, slika 2), „zrna kremena“ (Tabla 5, slika 3), „crna“ (Tabla 5, slika 4) i „narančasta zrna“ (Tabla 5, slika 5) (Tablica 5-1).

Tablica 5-1. Pregled mikrofosilnog i popratnog materijala u uzorcima profila Kostelj (K1 do K12). Planktonske foraminifere – PF, male bentičke foraminifere – MBF i velike bentičke foraminifere – VBF. Popratni mineralni sastav, „zrna pirita“, „zrna kremena“, te neodređena mineralna zrna opisana prema boji kao „zrna stakalaca“, „crna zrna“ i „narančasta zrna“. Kriterij zastupljenosti u uzorku: O – obilje: 70 %-100 %; P – puno: 70 %-40 %; M – malo: 40 %-10 %; J – jako malo: < 10 %; bez oznake – sterilan: 0 %

| Uzorak | Frakcija (mm) | PF | MBF | VBF | „Zrna pirita“ | „Zrna stakalaca“ | „Zrna kremena“ | „Crna zrna“ | „Narančasta zrna“ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K12 | 0,250 | | | | | | | | |
| | 0,125 | | M | | J | | J | J | J |
| | 0,063 | J | J | | J | P | **O** | M | M |
| K11 | 0,500 | | | | | | | | |
| | 0,250 | | | | | | | | |
| | 0,125 | | J | | | | **O** | | |
| | 0,063 | | J | | | **O** | **O** | P | J |
| K10 | 0,250 | P | **O** | | | | J | J | J |
| | 0,125 | P | **O** | | J | | P | J | J |
| | 0,063 | **O** | **O** | | M | M | P | P | M |
| K9 | 0,250 | P | **O** | | | | P | J | J |
| | 0,125 | P | **O** | | J | | P | J | J |
| | 0,063 | **O** | **O** | | P | M | M | J | M |
| K8 | 0,500 | | | | | | | | |
| | 0,250 | P | **O** | | | | **O** | | |
| | 0,125 | P | **O** | | | | **O** | J | |
| | 0,063 | P | **O** | | J | M | **O** | J | M |
| K7 | 0,500 | | | | | | | | |
| | 0,250 | | | | | | **O** | | |
| | 0,125 | | J | | J | J | **O** | J | J |
| | 0,063 | M | M | | J | **O** | **O** | M | M |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K6** | 0,250 | P | **O** | | P | | P | J | J |
| | 0,125 | P | **O** | | P | J | **O** | J | J |
| | 0,063 | P | **O** | | P | **O** | **O** | J | J |
| **K5** | 0,250 | | | **O** | | | | | |
| | 0,125 | M | J | J | | **O** | **O** | M | J |
| | 0,063 | J | J | | | **O** | **O** | P | P |
| **K4** | 0,250 | | J | **O** | | | J | | |
| | 0,125 | | J | | | **O** | **O** | P | J |
| | 0,063 | | J | | | **O** | **O** | P | M |
| **K3** | 0,500 | | | | | | | | |
| | 0,250 | | | | | | | | |
| | 0,125 | | J | | J | J | **O** | J | J |
| | 0,063 | | J | | J | P | **O** | J | M |
| **K2** | 0,500 | | | **O** | | | | | |
| | 0,250 | | J | | | | **O** | J | J |
| | 0,125 | | J | | J | | **O** | M | J |
| | 0,063 | | J | | | **O** | **O** | P | M |
| **K1** | 0,250 | | | | | | | | J |
| | 0,125 | | | | J | P | | J | M |
| | 0,063 | | J | | J | **O** | **O** | M | M |

**K1**

0,063 mm – gotovo cijelu frakciju čine „zrna stakalaca“ različite debljine u izmjeni sa zrnima bijelog „kremena“ (>70 %). U frakciji se može naći pokoja mala bentička foraminifera (<10 %), kao i nekoliko „zrna pirita“ (<10 %). Također, prisutna su „crna“ i „narančasta zrna“ u nešto većem postotku (<40 %).

0,125 mm – gotovo cijelu frakciju čine zrna sivog „kremena“ (>70 %). Foraminifere se ne nalaze u ovoj frakciji. Količina „zrna pirita“ je jednaka kao i kod frakcije 0,063 mm (<10 %), ali se povećao broj „narančastih zrna“. Također, značajno se smanjio broj „zrna stakalaca“ u odnosu na spomenutu frakciju (<70 %).

0,250 mm – cijeli uzorak sastoji se od komadića stijena te se nazire par „narančastih zrna“ (<10 %).

**K2**

0,063 mm – prevladavaju „zrna stakalaca“ u izmjeni sa zrnima bijelog „kremena“ kao i u uzorku K1 iste frakcije (>70 %). U frakciji se može uočiti pokoja mala bentička foraminifera (<10 %), ali u ovoj frakciji izostaju „zrna pirita“. „Crna“ i „narančasta zrna“ su rasprostranjeni kroz cijeli uzorak, s malo većom količinom „crnih zrna“ (>40 %) u odnosu na „narančaste“ (<40 %). Frakcija je vrlo slična uzorku K1 iste frakcije.

0,125 mm – u frakciji prevladavaju „zrna kremena“ bijele i sive boje (>70 %). Uočeno je par malih bentičkih foraminifera (<10 %). Ovdje je po prvi put uočena miliolidna foraminifera. U ovoj frakciji ima više „crnih zrna“ (<40 %) od „narančastih“ (<10 %).

0,250 mm – u frakciji prevladavaju zrna „kremena“ (>70 %). „Crna“ i „narančasta zrna“ se nalaze u jednakom omjeru (<10 %). U prethodne dvije frakcije „crnih zrna“ je bilo znatno više. Uočeno je nekoliko malih bentičkih foraminifera (<10 %). „Zrna pirita“ i „zrna stakalaca“ izostaju.

0,500 mm – cijela frakcija sastoji se od komada stijena s obiljem velikih bentičkih foraminifera (>70 %). Ostali elementi izostaju. U ovom uzorku su prvi put uočene velike bentičke foraminifere.

**K3**

0,063 mm – u uzorku prevladavaju „zrna kremena“ i „zrna stakalaca“ (>70 %). Moguće je uočiti nekoliko malih bentičkih foraminifera (<10 %), u istim količinama kao i u prethodnim uzorcima iste frakcije. Uočeno je više „narančastih zrna“ (<40 %) od „crnih“ (<10 %).

0,125 mm – frakcija je slična uzorku K2 iste frakcije. Ima manje „narančastih zrna“ od frakcije 0,063 mm. Prilično je jednoličan i nema velike promjene u elementima.

0,250 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

0,500 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

**K4**

0,063 mm – u frakciji prevladavaju „zrna stakalaca“ i zrna bijelog „kremena“ (>70 %). Moguće je uočiti nekoliko malih bentičkih foraminifera (<10 %). Također su zastupljena „crna“ (<70 %) i „narančasta zrna“, ali u nešto manjem broju (<40 %).

0,125 mm – u frakciji prevladavaju „zrna kremena“ i „zrna stakalaca“ (>70 %), a značajniji elementi za spomenuti su „crna zrna“ (<70 %).

0,250 mm – uzorak se sastoji samo od dijelova stijena i velikih bentičkih foraminifera (>70 %). Može se naći pokoja i mala bentička foraminifera (<10 %).

**K5**

0,063 mm – frakcija je jako slična uzorku K4 iste frakcije. Prevladavaju „zrna stakalaca“ i „zrna kremena“ (>70 %), a „crna“ i „narančasta zrna“ su u jednakom omjeru (<70 %). U uzorku se nalazi pokoja mala bentička foraminifera (<10 %).

0,125 mm – u frakciji prevladavaju „zrna stakalaca“ i zrna bijelog „kremena“ (>70 %). Uočene su velike bentičke foraminifere i male bentičke foraminifere (<10 %). Nešto je više „crnih zrna“ (<40 %) od „narančastih“ (<10 %). Frakcija je slična istoj frakciji uzorka K4.

0,250 mm – frakcija se sastoji od velikih bentičkih foraminifera i komadića stijena (>70 %).

**K6**

0,063 mm – u ovom uzorku prvi puta se pojavljuju planktonske foraminifere. Može se naći obilje malih bentičkih i planktonskih foraminifera (<70 %). U frakciji prevladavaju „zrna stakalaca“, „zrna kremena“, foraminifere i „zrna pirita“. U ovoj frakciji može se naći značajnija količina „zrna pirita“ u odnosu na ostale uzorke i frakcije (<70 %).

0,125 mm – u frakciji prevladavaju male bentičke i planktonske foraminifere (cca 70 %). Također, prisutna je velika količina „zrna pirita“ i „zrna kremena“ (<70 %).

0,250 mm – obilje malih bentičkih i planktonskih foraminifera (cca 70 %). Frakcija je vrlo slična frakciji 0,125 mm istog uzorka.

**K7**

0,063 mm – frakcija je slična uzorku K6 iste frakcije, ali sadrži manje foraminifera (<40 %) i „zrna pirita“ (<10 %), dok je količina „narančastih“ i „crnih zrna“ u frakciji podjednaka, ali veća od prethodnog uzorka (<40 %).

0,125 mm – u frakciji prevladavaju zrna grudastog „kremena“ (>70 %). Male bentičke foraminifere, „zrna pirita“, „zrna stakalaca“, „narančasta“ i „crna zrna“ su podređeni (<10 %).

0,250 mm – frakcija se sastoji samo od zrna grudastog „kremena“ (>70 %).

0,500 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

**K8**

0,063 mm – u frakciji dominiraju planktonske foraminifere i male bentičke foraminifere te „zrna kremena“ (>70 %). Više je „narančastih zrna“ (<40 %) od „crnih“ (<10 %).

0,125 mm – frakcija se sastoji od planktonskih i malih bentičkih foraminifera (>70 %) te od „zrna kremena“ i komadića stijena. Ostali elementi se ne nalaze ili se nalaze u malom broju (<10 %).

0,250 mm – u frakciji su prisutne male bentičke i planktonske foraminifere (>70 %), „zrna kremena“ (>70 %) i komadići stijena.

0,500 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

**K9**

0,063 mm – frakcija se sastoji od obilja planktonskih i malih bentičkih foraminifera (>70 %), „zrna pirita“ (<70 %) i zrna bijelog „kremena“ (>40 %). Ostali elementi su podređeni.

0,125 mm – prevladavaju „zrna kremena“ (<70 %), stijena i foraminifere (>70 %)

0,250 mm – frakcija je slična frakciji 0,125 mm istog uzorka, razlikuju se po tome što frakcija 0,125 mm ima nešto više „zrna pirita“.

**K10**

0,063 mm – u frakciji prevladavaju planktonske i male bentičke foraminifere (>70 %). Zatim slijede „zrna kremena“ (<70 %), „crna zrna“ (<70 %), „zrna stakalaca“ (<40 %), „zrna pirita“ (<40 %) i „narančasta zrna“ (<40 %).

0,125 mm – prevladavaju male bentičke foraminifere (>70 %), planktonskih foraminifera ima puno (<70 %), zatim slijede „zrna kremena“ (<70 %), a ostali elementi su podređeni (<10 %).

0,250 mm – sastoji se od puno planktonskih (<70 %) i obilja bentičkih foraminifera (>70 %) te sadrži „zrna kremena“, dok su „crna“ i „narančasta zrna“ prisutni u manjim količinama (<10 %).

**K11**

0,063 mm – prevladavaju „zrna kremena“ i „zrna stakalaca“ (>70 %) te „crna zrna“ (<70 %). Male bentičke foraminifere i „narančasta zrna“ su podređeni (<10 %).

0,125 mm – prevladavaju „zrna kremena“ (>70 %) i dijelovi stijene. Male bentičke foraminifere se nalaze u malom postotku (<10 %).

0,250 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

0,500 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

**K12**

0,063 mm – frakcija se sastoji od „zrna kremena“ (>70 %), „zrna stakalaca“ (<70 %), „crnih“ i „narančastih zrna“ (<40 %), dok su planktonske, male bentičke foraminifere i „zrna pirita“ zastupljeni u malom postotku (<10 %).

0,125 mm – frakcija se sastoji od „zrna kremena“ (>70 %), „zrna stakalaca“ (<70 %), „crnih“ i „narančastih zrna“ (<40 %). Planktonske, male bentičke foraminifere i „zrna pirita“ su podređeni (<10 %).

0,250 mm – frakcija se sastoji samo od komadića stijena.

## 5.2. Odnos planktonskih i bentičkih foraminifera

Udio planktonskih foraminifera u uzorku K6 iznosi 13,79 %, u uzorku K9 iznosi 27,29 %, a u uzorku K10 iznosi 28,18 % (Tablica 5-2). Dakle, najveći udio planktonskih foraminifera ima uzorak K10. Na temelju ovih podataka prema MURRAY (1991), može se zaključiti da idući od uzorka K6 prema uzorku K10 dolazi do laganog produbljavanja taložnog okoliša. Mikrofosilna zajednica iz uzorka K6 ukazuje na područje unutrašnjeg do srednjega šelfa, dok zajednice iz uzoraka K9 i K10 sugeriraju nešto dublji okoliš srednjega šelfa. Očuvanost planktonskih foraminifera je puno bolja od očuvanosti malih bentičkih foraminifera, planktonske foraminifere prema stupnju očuvanosti pripadaju kategoriji dobre očuvanosti što znači da imaju neoštećene i cjelovite kućice. Vidljivi su svi elementi i ukrasi te nema mehaničkog ili kemijskog oštećena, a identifikacija je moguća na razini roda ili vrste.

Tablica 5-2. Udio planktonskih foraminifera po uzorcima

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K6 | | K9 | | K10 | |
| | A | % | A | % | A | % |
| **Udio planktona** | 52 | 13,79 | 113 | 27,29 | 124 | 28,18 |

U analiziranim uzorcima određeni su sljedeći rodovi planktonskih foraminifera (Tabla 4): *Acarinina* sp., *Globoturborotalita* sp., *Morozovella* sp., *Paragloborotalia* sp., *Pseudohastigerina* sp. i *Subbotina* sp.

## 5.3. Analiza zajednice malih bentičkih foraminifera

### 5.3.1. Stupanj očuvanosti

U sva tri obrađena uzorka (K6, K9 i K10) stupanj očuvanosti malih bentičkih foraminifera je srednje dobra očuvanost. Površina kućice je rekristalizirana, a suture i prostor oko ušća je ponegdje zapunjen kalcitom. Neke kućice su i deformirane, ali se i dalje mogu odrediti na nivou roda ili vrste.

### 5.3.2. Kriteriji određivanja rodova i vrsta malih bentičkih foraminifera

a) Tip stijenke

U uzorku K6 udio foraminifera s perforatnom stijenkom iznosi 91,57 %, udio foraminifera s imperforatnom stijenkom iznosi 7,63 % te s aglutiniranom stijenkom iznosi 0,80 %.

U uzorku K9 udio foraminifera s perforatnom stijenkom iznosi 90,48 %, udio foraminifera s imperforatnom stijenkom iznosi 5,16 % te s aglutiniranom stijenkom iznosi 4,36 %.

U uzorku K10 udio foraminifera s perforatnom stijenkom iznosi 82,60 %, udio foraminifera s imperforatnom stijenkom iznosi 13,84 % te s aglutiniranom stijenkom iznosi 3,56 % (Tablica 5-3).

U svim uzorcima dominiraju foraminifere s perforatnom stijenkom.

Tablica 5-3. Udio tipova stijenki po uzorcima

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K6 | | K9 | | K10 | |
| **Tip stijenke** | A | % | A | % | A | % |
| Perforatna | 228 | 91,57 | 228 | 90,48 | 209 | 82,60 |
| Imperforatna | 19 | 7,63 | 13 | 5,16 | 35 | 13,84 |
| Aglutinirana | 2 | 0,80 | 11 | 4,36 | 9 | 3,56 |

b) Oblik kućice

Prema obliku kućice foraminifere mogu biti trohospiralne, planispiralne, miliolidne, triserijalne, biserijalne i uniserijalne (Tablica 5-4). Trohospiralnim foraminiferama pripadaju: *Anomalinoides, Cibicidoides, Gyroidinoides, Hanzawaia, Nuttallides, Oridorsalis* i *Osangularia,* dok planispiralnim foraminiferama pripada *Lenticulina*. Rodovi *Saracenaria, Marginulinopsis i Siphogenerinoides* u početku imaju planispiralan rast, a kasnije uniserijalan. Međutim, jedino *Vulvulina* u početku ima planispiralni rast, dok kasnije ima biserijalni rast. Miliolidnom rastu pripadaju imperforatne foraminifere *Quinqueloculina* i *Sigmoilopsis,* triserijalnom rastu pripadaju: *Bulimina, Globobulimina* i *Uvigerina,* biserijalnom rastu pripadaju *Bolivina, Bolivinoides* i *Textularia* te uniserijalnom rastu pripadaju *Dentalina, Marginulina* i *Nodosaria* (LOEBLICH I TAPPAN, 1988).

Tablica 5-4. Podjela uzoraka po obliku kućice

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K6 | | K9 | | K10 | |
| **Oblik kućice** | % | A | % | A | % | A |
| Trohospiralne | 65,06 | 162 | 53,96 | 136 | 62,46 | 158 |
| Planispiralne | 0 | 0 | 6,75 | 17 | 3,16 | 8 |
| Miliolidne | 7,64 | 19 | 5,16 | 13 | 13,83 | 35 |
| Triserijalne | 16,47 | 41 | 22,62 | 57 | 7,90 | 20 |
| Biserijalne | 3,62 | 9 | 7,94 | 20 | 10,28 | 26 |
| Uniserijalne | 7,21 | 18 | 3,57 | 9 | 2,37 | 6 |

Kod rodova *Saracenaria, Marginulinopsis i Siphogenerinoides* korišten je uniserijalan oblik kućice, dok je kod *Vulvuline* korišten biserijalni oblik kućice za izračun tablice 5-4.

### 5.3.3. Bogatstvo i zastupljenost vrsta te dominantne i srednje zastupljene vrste

Ukupno je određeno 23 roda i 34 vrste malih bentičkih foraminifera. Izračunata je njihova apsolutna i relativna zastupljenost po uzorcima, prikazani su način života, način ishrane i pokazatelji oksičnosti svake vrste (Tablica 5-5).

Tablica 5-5. Apsolutna i relativna zastupljenost malih bentičkih foraminifera, način života prema MURRAY (2006) i *ŽIVKOVIĆ i GLUMAC (2007), način ishrane prema MURRAY (2006) i stupanj oksičnosti prema KAIHO (1994) i PEZELJ i DROBNJAK (2019)

| **VRSTA** | **UZORAK** | | | | | | **SVOJSTVA** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **K6** | | **K9** | | **K10** | | **Način života** | **Način ishrane** | **Stupanj oksičnosti** |
| | **A** | **%** | **A** | **%** | **A** | **%** | | | |
| **Aglutinirane** | | | | | | | | | |
| *Textularia* sp. | 0 | 0 | 9 | 3,57 | 6 | 2,37 | E* | detrivor? | S |
| *Vulvulina* sp. | 2 | 0,80 | 2 | 0,79 | 3 | 1,19 | E | detrivor | O |
| **Imperforatne** | | | | | | | | | |
| *Quinqueloculina* sp. | 1 | 0,40 | 12 | 4,76 | 24 | 9,49 | E* | biljojed | O |
| *Sigmoilopsis* sp. | 18 | 7,23 | 1 | 0,40 | 11 | 4,35 | E | detrivor? | O |
| **Perforatne** | | | | | | | | | |
| *Anomalinoides capitatus* GÜMBEL, 1870 | 7 | 2,81 | 5 | 1,98 | 6 | 2,37 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Anomalinoides spissiformis* CUSHMAN i STAINFORTH, 1945 | 4 | 1,61 | 2 | 0,79 | 2 | 0,79 | E | pasivni suspenzojed? | O |
| *Anomalinoides* sp. | 14 | 5,62 | 3 | 1,19 | 8 | 3,16 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Bolivina nobilis* HANTKEN, 1875 | 4 | 1,61 | 8 | 3,17 | 16 | 6,32 | I* | detrivor? | D |
| *Bolivinoides crenulata* CUSHMAN, 1936 | 3 | 1,20 | 1 | 0,40 | 1 | 0,40 | I | detrivor? | D |
| *Bulimina alazanensis* CUSHMAN, 1927 | 13 | 5,22 | 10 | 3,97 | 0 | 0 | I | detrivor? | D |
| *Cibicidoides eocaenus* GÜMBEL, 1870 | 17 | 6,83 | 9 | 3,57 | 6 | 2,37 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Cibicidoides grimsdalei* NUTTALL, 1930 | 9 | 3,61 | 6 | 2,38 | 5 | 1,98 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Cibicidoides micrus* BERMÚDEZ, 1949 | 1 | 0,40 | 0 | 0 | 1 | 0,40 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Cibicidoides* sp. | 26 | 10,44 | 51 | 20,24 | 43 | 17,00 | E* | pasivni suspenzojed? | O |
| *Dentalina* sp. | 0 | 0 | 2 | 0,79 | 2 | 0,79 | I* | detrivor | S |
| *Globobulimina ovata* D'ORBIGNY, 1846 | 9 | 3,61 | 18 | 7,14 | 0 | 0 | I | detrivor | D |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Globobulimina pyrula* D'ORBIGNY, 1846 | 3 | 1,20 | 10 | 3,97 | 7 | 2,77 | I | detrivor | D |
| *Gyroidinoides dissimilis* CUSHMAN i RENZ, 1947 | 12 | 4,83 | 1 | 0,40 | 11 | 4,35 | E | detrivor | D |
| *Hanzawaia ammophila* GÜMBEL, 1870 | 3 | 1,20 | 2 | 0,79 | 3 | 1,19 | E* | pasivni suspenzojed ? | O |
| *Hanzawaia* sp. | 7 | 2,81 | 6 | 2,38 | 3 | 1,18 | E | pasivni suspenzojed ? | O |
| *Lenticulina cultrata* MONTFORT, 1808 | 0 | 0 | 17 | 6,75 | 8 | 3,15 | E* | detrivor? | O |
| *Marginulina* sp. | 3 | 1,20 | 0 | 0 | 1 | 0,40 | I* | detrivor | S |
| *Marginulinopsis fragaria* GÜMBEL, 1870 | 3 | 1,20 | 0 | 0 | 0 | 0 | I* | detrivor | S |
| *Marginulinopsis* cf. *fragaria* GÜMBEL, 1870 | 2 | 0,80 | 1 | 0,40 | 0 | 0 | I* | detrivor | S |
| *Nodosaria* sp. | 0 | 0 | 3 | 1,19 | 2 | 0,79 | I* | detrivor | S |
| *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1930 | 35 | 14,07 | 36 | 14,30 | 40 | 15,80 | E* | detrivor? | O |
| *Nuttalides* sp. | 9 | 3,62 | 0 | 0 | 0 | 0 | E | detrivor? | O |
| *Oridorsalis umbonatus* REUSS, 1851 | 8 | 3,21 | 5 | 1,98 | 12 | 4,74 | I* | detrivor | S |
| *Oridorsalis* sp. | 7 | 2,82 | 7 | 2,78 | 13 | 5,14 | E | detrivor | S |
| *Osangularia pteromphalia* GÜMBEL, 1870 | 3 | 1,20 | 3 | 1,19 | 5 | 1,97 | E* | detrivor | S |
| *Saracenaria* sp. | 8 | 3,22 | 3 | 1,19 | 1 | 0,40 | I* | detrivor | S |
| *Siphogenerinoides* sp. | 2 | 0,80 | 0 | 0 | 0 | 0 | I | detrivor? | S |
| *Uvigerina farinosa* HANTKEN, 1875 | 5 | 2,01 | 8 | 3,17 | 13 | 5,14 | I | detrivor? | D |
| *Uvigerina havanensis* CUSHMAN i BERMÚDEZ, 1936 | 11 | 4,42 | 11 | 4,37 | 0 | 0 | I* | detrivor? | D |
| **UKUPNO BENTIČKIH** | **249** | **100** | **252** | **100** | **253** | **100** | | | |

U uzorku K6 (Tabla 1) određeno je 19 rodova i 30 vrsta malih bentičkih foraminifera. Utvrđene su dvije dominantne vrste: *Nuttallides truempyi* (14,06 %) (Tabla 1, slika 3) i *Cibicidoides* sp. (10,44 %) (Tabla 1, slika 2) te šest srednje zastupljenih vrsta: *Sigmoilopsis* sp. (7,23 %) (Tabla 1, slika 11), *Cibicidoides eocaenus* (6,83 %), *Anomalinoides* sp. (5,62 %) (Tabla 1, slika 1), *Bulimina alazanensis* (5,22 %) (Tabla 1, slika 6), *Gyroidinoides dissimilis* (4,82 %) i *Uvigerina havanensis* (4,42 %) (Tabla 1, slika 8) (Tablica 5-6).

Tablica 5-6. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K6 [%]

| VRSTA | K6 | |
|---|---|---|
| *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1851 | 14,06 | dominantna vrsta |
| *Cibicidoides* sp. | 10,44 | dominantna vrsta |
| *Sigmoilopsis* sp. | 7,23 | srednje zastupljena vrsta |
| *Cibicidoides eocaenus* GÜMBEL, 1870 | 6,83 | srednje zastupljena vrsta |
| *Anomalinoides* sp. | 5,62 | srednje zastupljena vrsta |
| *Bulimina alazanensis* CUSHMAN, 1927 | 5,22 | srednje zastupljena vrsta |
| *Gyroidinoides dissimilis* CUSHMAN i RENZ, 1947 | 4,82 | srednje zastupljena vrsta |
| *Uvigerina havanensis* CUSHMAN i BERMÚDEZ, 1936 | 4,42 | srednje zastupljena vrsta |

U uzorku K9 (Tabla 2) utvrđen je 21 rod i 29 vrsta malih bentičkih foraminifera. Utvrđene su dvije dominantne vrste *Cibicidoides* sp. (20,24 %) i *Nuttallides truempyi* (14,29 %) (Tabla 2, slika 2) te četiri srednje zastupljene vrste: *Globobulimina ovata* (7,14 %), *Lenticulina cultrata* (6,75 %) (Tabla 2, slika 3), *Quinqueloculina* sp. (4,76 %) (Tabla 2, slika 7) i *Uvigerina havanensis* (4,37 %) (Tablica 5-7).

Tablica 5-7. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K9 [%]

| VRSTA | K9 | |
|---|---|---|
| *Cibicidoides* sp. | 20,24 | dominantna vrsta |
| *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1851 | 14,29 | dominantna vrsta |
| *Globobulimina ovata* D'ORBIGNY 1846 | 7,14 | srednje zastupljena vrsta |
| *Lenticulina cultrata* MONTFORT, 1808 | 6,75 | srednje zastupljena vrsta |
| *Quinqueloculina* sp. | 4,76 | srednje zastupljena vrsta |
| *Uvigerina havanensis* CUSHMAN i BERMÚDEZ, 1936 | 4,37 | srednje zastupljena vrsta |

U uzorku K10 (Tabla 3) utvrđeno je 20 rodova i 27 vrsta malih bentičkih foraminifera. Utvrđene su dvije dominantne vrste: *Cibicidoides* sp. (17 %) i *Nuttallides truempyi* (15,81 %) (Tabla 3, slika 3) i sedam srednje zastupljenih vrsta: *Quinqueloculina* sp (9,49 %) (Tabla 3, slika 7), *Bolivina nobilis* (6,32 %) (Tabla 3, slika 4), *Oridorsalis* sp. (5,14 %), *Uvigerina farinosa* (5,14 %) (Tabla 3, slika 5), *Oridorsalis umbonatus* (4,74 %), *Sigmoilopsis* sp. (4,35%) i *Gyroidinoides dissimilis* (4,35 %) (Tabla 3, slika 2) (Tablica 5-8).

Tablica 5-8. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K10 [%]

| **VRSTA** | **K10** | |
|---|---|---|
| *Cibicidoides* sp. | 17,00 | dominantna vrsta |
| *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1851 | 15,81 | dominantna vrsta |
| *Quinqueloculina* sp. | 9,49 | srednje zastupljena vrsta |
| *Bolivina nobilis* HANTKEN, 1875 | 6,32 | srednje zastupljena vrsta |
| *Oridorsalis* sp. | 5,14 | srednje zastupljena vrsta |
| *Uvigerina farinosa* HANTKEN, 1875 | 5,14 | srednje zastupljena vrsta |
| *Oridorsalis umbonatus* REUSS, 1851 | 4,74 | srednje zastupljena vrsta |
| *Sigmoilopsis* sp. | 4,35 | srednje zastupljena vrsta |
| *Gyroidinoides dissimilis* CUSHMAN i RENZ, 1947 | 4,35 | srednje zastupljena vrsta |

Uzorak K6 najbogatiji je s vrstama malih bentičkih foraminifera (30 vrsta), dok uzorak K10 ima najmanje vrsta (27 vrsta). Dominantne vrste su jednake u sva tri uzorka (*Cibicidoides* sp. i *Nuttallides truempyi*), dok kod srednje zastupljenih vrsta dolazi do promjena. Tako vrsta *Sigmoilopsis* sp. je srednje zastupljena u uzorcima K6 i K10. Nadalje, vrste *Cibicidoides eocaenus*, *Anomalinoides* sp. i *Bulimina alazanensis* srednje su zastupljene samo u uzorku K6, dok vrste *Globobulimina ovata* i *Lenticulina cultrata* su srednje zastupljene samo u K9. *Bolivina nobilis*, *Oridorsalis* sp. i *Oridorsalis umbonatus* karakteristični su za uzorak K10. *Gyroidinoides dissimilis* je srednje zastupljena vrsta u uzorcima K6 i K10, a *Uvigerina havanensis* u uzorcima K6 i K9. Iako isti rod kao i prethodni, ali ne i ista vrsta, *Uvigerina farinosa* javlja se kao srednje zastupljena vrsta u uzorku K10. *Quinqueloculina* sp. prva je srednje zastupljena vrsta u uzorku K10, a javlja se još i u uzorku K9.

### 5.3.4. Indeksi bioraznolikosti

U sljedeće izračune ne ulazi rod *Quinqueloculina* sp. jer se po svojim ekološkim zahtjevima ne uklapa u zajednicu npr. biljojed je, dok su svi ostali rodovi detrivori ili pasivni suspenzojedi.

Udio transportiranih plitkovodnih foraminifera u zajednici u uzorku K6 je 0,40 %, u uzorku K9 je 4,76 %, a u uzorku K10 je 9,49 % i nazivaju se alohtoni. Sve ostale foraminifere su autohtone i koriste se za izračunavanje paleoekoloških pokazatelja.

Tablica 5-9. Indeksi bioraznolikosti malih bentičkih foraminifera izračunati u programu PAST (*Paleontology Statistic*)

| | **K6** | **K9** | **K10** |
|---|---|---|---|
| Broj vrsta | 29 | 28 | 26 |
| Fisher α indeks | 8,52 | 8,22 | 7,55 |
| Shannon-Wiener indeks | 3,04 | 2,79 | 2,76 |
| Indeks ekvitabilnosti | 0,90 | 0,84 | 0,85 |
| Indeks dominacije | 0,14 | 0,21 | 0,19 |

Vrijednosti Fisher α indeksa variraju između 7,55 i 8,52 (Tablica 5-9). Najmanja vrijednost ovog indeksa utvrđena je kod uzorka K10, a najveća vrijednost utvrđena je kod uzorka K6. Prema navedenim podacima moguće je više različitih okoliša taloženja. Mogući okoliši taloženja za sva tri uzorka su: gornji i donji batijal, marinske lagune, unutrašnji i vanjski šelf.

Shannon-Wiener indeks za uzorak K6 iznosi 3,04, za uzorak K9 iznosi 2,79 te za uzorak K10 iznosi 2,76 (Tablica 5-9). Vidljivo je da su sve vrijednosti >2,1 što upućuje na normalne marinske okoliše.

Uzorak K6 ima najveću vrijednost indeksa ekvitabilnosti (0,90) i najmanju vrijednost dominacije (0,14) (Tablica 5-9). Navedeni podaci ukazuju da je raznolikost bentičke foraminiferske zajednice u tom uzorku najveća, ali i da je dominacija najmanje izražena.

### 5.3.5. Indeks kisika bentičkih foraminifera

U sva tri uzorka dominiraju oksične foraminifere (60,32 % - 64,43 %), zatim slijede disoksične (18,97 % - 26,58 %), dok su najmanje zastupljene suboksične foraminifere, a njihov udio u foraminiferskoj zajednici iznosi od 13,10 % do 16,60 % (Tablica 5-10).

Tablica 5-10. Vrijednosti indeksa kisika bentičkih foraminifera za sva tri uzorka

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **K6** | | **K9** | | **K10** | |
| **Oksičnost foraminifera** | A | % | A | % | A | % |
| Oksične | 153 | 61,45 | 152 | 60,32 | 163 | 64,43 |
| Suboksične | 36 | 14,45 | 33 | 13,10 | 42 | 16,60 |
| Disoksične | 60 | 24,10 | 67 | 26,58 | 48 | 18,97 |
| Ukupno | 249 | 100 | 252 | 100 | 253 | 100 |
| *BFOI* | 71,83 | | 69,41 | | 77,25 | |
| Uvjeti oksičnosti | Visoko oksični uvjeti | | Visoko oksični uvjeti | | Visoko oksični uvjeti | |

S obzirom da u svakom uzorku ima oksičnih pokazatelja, korištena je formula za Indeks kisika bentičkih foraminifera (5). Dobiveni podaci ukazuju na visoko oksične uvjete na morskom dnu u sva tri uzorka (Tablica 5-10).

### 5.3.6. Paleoekološki zahtjevi vrsta

a) Način ishrane

U sva tri uzorka prevladavaju detrivori, u postotku koji se kreće od 60,08 % do 64,26 %, sljedeći po zastupljenosti su pasivni suspenzojedi s 30,43 % do 35,34 %, a najmanje zastupljeni su biljojedi kojima pripadaju postotci od 0,40 % do 9,49 % (Tablica 5-11.) U biljojede je ubrojena samo jedna vrsta foraminifera, a to je *Quinqueloculina* sp.

Tablica 5-11. Podjela foraminifera prema načinu ishrane

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K6 | | K9 | | K10 | |
| **Način ishrane** | A | % | A | % | A | % |
| Detrivori | 160 | 64,26 | 156 | 61,90 | 152 | 60,08 |
| Pasivni suspenzojed | 88 | 35,34 | 84 | 33,34 | 77 | 30,43 |
| Biljojed | 1 | 0,40 | 12 | 4,76 | 24 | 9,49 |

b) Omjer epifauna/infauna

Prema načinu života dominira epifauna (64,68 % do 75,89 %), zatim slijedi infauna s 24,11 % - 35,32 % te dominacija epifaunalnih vrsta ukazuje na oligotrofične okoliše gdje ima puno kisika i malo hrane (Tablica 5-12).

Tablica 5-12. Broj epifaunalnih i infaunalnih foraminifera izraženih kao apsolutna vrijednost i relativna zastupljenost

| | **Uzorak** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K6 | | K9 | | K10 | |
| **Način života** | A | % | A | % | A | % |
| Epifauna | 175 | 70,28 | 163 | 64,68 | 192 | 75,89 |
| Infauna | 74 | 29,72 | 89 | 35,32 | 61 | 24,11 |
| Ukupno | 249 | 100 | 252 | 100 | 253 | 100 |

# 6. Rasprava

Tijekom srpnja 2021. godine u okviru HRZZ projekta BREEMECO obavljena su terenska istraživanja šireg područja Crikvenice (Vinodolska dolina) i tom je prilikom u dolini Slanog potoka snimljen geološki stup Kostelj-Slani potok (koordinate 45°12'18.08" N 14°42'24.08" E) (slika 7, slika 16). Vrlo strmi izdanak laporovitih naslaga bez vidljive slojevitosti visine je oko 12 m, a u bazi izdanka uočeno je obilje kućica velikih bentičkih foraminifera. Uzorkovanje je obavljeno svakih 1 m (uzorci K1-K12). U donjem (K1-K5) i srednjem (K6-K10) dijelu stupa izmjenjuju se kalcitični lapori s laminiranim laporima i laporima, dok je u gornjem dijelu stupa (K11 i K12) prisutan kalcitični lapor. Udio karbonatne komponente u četiri uzorka s lokaliteta Slani potok određen je u KOVAČIĆ (2022) i HORVAT i sur. (2023). Prema dobivenim podacima uzorci K3 (17,20 %), K9 (18,55 %) i K12 (15,82 %) imaju manje karbonatne komponentne, stoga pripadaju kalcitičnim laporima, dok se uzorak K5 (27,28 %) ističe većim udjelom karbonatne komponente i iz tog razloga pripada laporima.

Starost analiziranih naslaga preuzeta je iz podataka OGK SFRJ 1:100 000 - List Crikvenica (ŠUŠNJAR i sur., 1970) i ukazuje na taloženje tijekom srednjega eocena. Nadalje, prema HORVAT i sur. (2023) također je određena starost srednji eocen (lutet) - planktonska zona E11.

Nakon provedene metode mokrog prosijavanja uzorci su pregledani pod stereoskopskom lupom u svrhu opažanja mikrofosilnog sadržaja i ostalog popratnog materijala (mineralnih zrna) te njihove zastupljenosti u uzorcima. U donjem dijelu stupa (K1-K5) uočeno je obilje velikih bentičkih foraminifera koje se javljaju jedino u ovom dijelu stupa (slika 16). Zastupljenost malih bentičkih foraminifera jako je mala (<10 %), dok je prva pojava planktonskih foraminifera zabilježena tek u uzorku K5. U središnjem dijelu stupa (K6-K10) prisutno je obilje malih bentičkih i planktonskih foraminifera, posebice u uzorcima K9 i K10, dok je u vršnom dijelu stupa (K11 i K12) njihova zastupljenost opet jako mala.

Što se tiče popratnog mineralnog materijala, „zrna pirita“ (Tabla 5, slika 1) ili nisu zabilježena ili su prisutna u jako maloj količini (u odnosu na sva zrna), no zanimljivo je da ga u uzorku K6 ima puno (40 % - 70 %). „Zrna stakalaca“ (Tabla 5, slika 2) su uočena duž čitavog stupa s većom zastupljenosti u donjem i gornjem dijelu. „Zrna kremena“ (Tabla 5, slika 3) su kontinuirano zastupljena u velikom broju u svim uzorcima (70 % - 100 %),

nešto manje u središnjem dijelu stupa, dok su „crna zrna“ (Tabla 5, slika 4) i „narančasta zrna“ (Tabla 5, slika 5) prisutna po svim uzorcima, ali u znatno manjem udjelu u odnosu na ostali popratni mineralni materijal.

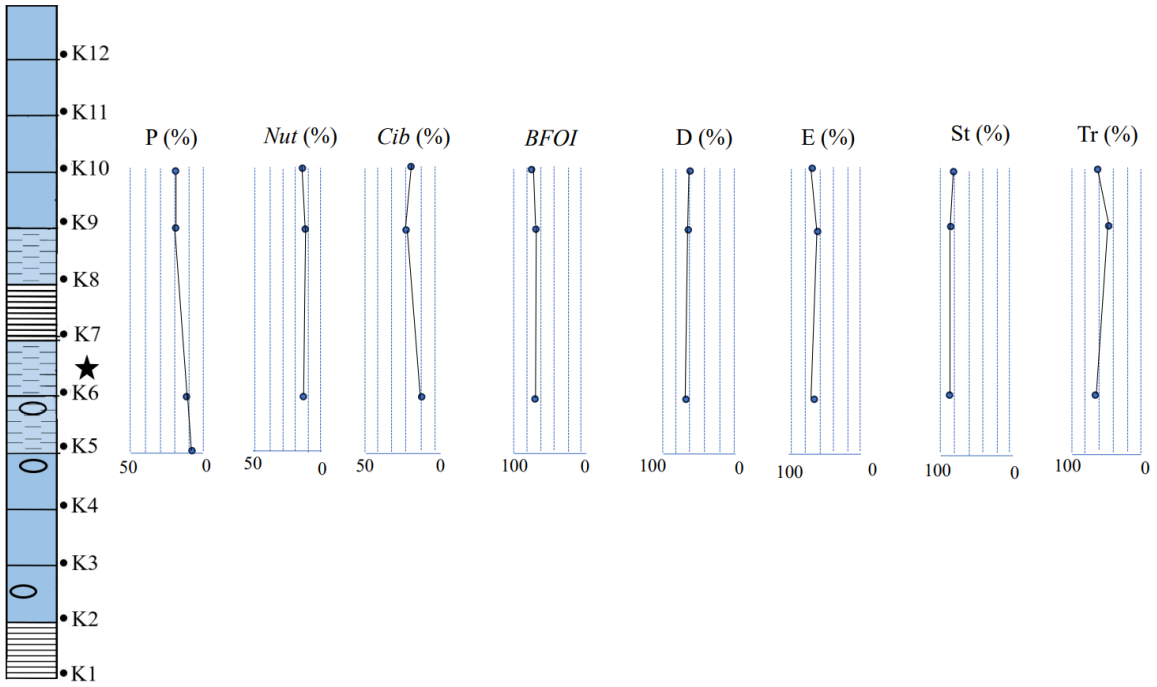
Pregledom mikrofosilnog sadržaja i popratnog mineralnog materijala moguće je uočiti promjenu u uzorku K5. Naime, u donjem dijelu stupa do uzorka K5 prisutne su velike bentičke foraminifere, a u uzorku K5 prvi put se pojavljuju planktonske foraminifere (Tablica 5-1). Zanimljivo je da se značajnija količina „zrna pirita“ javlja u uzorku K6. Prisustvo pirita u sedimentu posredna je mjera za koncentraciju otopljenog kisika (više pirita, manja koncentracija kisika). Sastav i raznolikost zajednice foraminifera ukazuju kako u sedimentu s najvećom koncentracijom tih zrna imamo i najveću raznolikost zajednice malih bentičkih foraminifera, kao i prvu brojniju zastupljenost planktonskih foraminifera.

Nakon pregleda materijala za detaljne mikropaleontološke analize odabrani su uzorci K6, K9 i K10 jer su sadržavali najbrojnije i najbolje očuvane jedinke malih bentičkih i planktonskih foraminifera.

Udio planktonskih foraminifera unutar mikrofosilne zajednice dobar je pokazatelj dubine taložnog okoliša. U uzorcima lokaliteta Slani potok udio planktona raste prema mlađim naslagama (od K6 - 13,79 % do K10 - 28,18 %, Tablica 5-2) što ukazuje na lagani trend produbljavanja taložnog okoliša srednjega šelfa. No, pri odredbi dubine taložnog okoliša treba biti oprezan jer na udio planktona unutar fosilne zajednice može utjecati i povećana primarna produkcija u gornjem dijelu vodenog stupca, ali i veća osjetljivost planktonskih foraminifera na otapanje.

Ukupno su određena 23 roda i 34 vrste malih bentičkih foraminifera (Tablica 5-5). Najveći broj vrsta je u uzorku K6 (30 vrsta) i lagano se smanjuje prema mlađim naslagama K9 (29 vrsta ) i K10 (27 vrsta). Kućice su srednje dobro očuvane, a poznato je da je dobra očuvanost posljedica niske energije u okolišu, ali i jako smanjenje bioerozije. Prema tipu stijenke u analiziranim uzorcima dominiraju foraminifere s perforatnom stijenkom, po načinu ishrane detrivori, a po obliku kućice trohospiralni oblici (Tablica 5-3, 5-11 i 5-4, slika 16). Nešto veći udio foraminifera s imperforatnom stijenkom je u uzorku K10 (13,84 %) što odgovara okolišu koji ima najveći *BFOI* indeks i gdje je najveća koncentracija foraminifera „biljojeda“ (tablice 5-10 i 5-11).

U analiziranim uzorcima utvrđene su dvije dominantne vrste (slika 16): *Nuttallides truempyi* (14,06 % - 15,81%) (Tabla 1, slika 3; Tabla 2, slika 2; Tabla 3, slika 3) i *Cibicidoides* sp. (10,44 % - 20,24 %) (Tabla 1, slika 2). Poznato je kako jedinke vrste *N. trumpyi* žive na dnu gdje postoji stalni, ograničeni donos organske tvari (mezo- do oligotrofično dno; GIRALDO-GOMEZ i sur., 2018) i gdje je dovoljna koncentracija otopljenog kisika. Također i epifaunalne jedinke roda *Cibicidoides* preferiraju oligotrofično dno (ŽIVKOVIĆ i GLUMAC, 2007).




Slika 16. Grafički trendovi različitih paleoekoloških pokazatelja: P – planktonske foraminifere; *Nut* – vrsta *Nuttallides truempy; Cib* – vrsta *Cibicidoides* sp.; *BFOI* – Indeks kisika bentičkih foraminifera; D – detrivora; E – epifauna; St – foraminifere sa staklastom stijenkom; Tr – trohospiralne foraminifere; ★ – obilje pirita; ▭ – kalcitični lapor; ▭ – lapor; ▭ – laminirani lapor; ▭ – velike bentičke foraminere;

Od srednje zastupljenih vrsta koje su prisutne s udjelom više od 5 % unutar zajednice ističu se epifaunalne oksične vrste *Cibicidoides eocaenus* (6,83 %), *Anomalinoides* sp. (5,62 %) (Tabla 1, slika 1; Tabla 2, slika 1; Tabla 3, slika 1), *Lenticulina cultrata* (6,75 %) (Tabla 2, slika 3; Tabla 3, slika 6) i *Sigmoilopsis* sp. (7,23 %) (Tabla 1, slika 11). Također, prisutni su i infaunalni disoksični oblici vrsta *Bulimina alazanensis* (5,22 %) (Tabla 1,

slika 6), *Globobulimina ovata* (7,14 %), *Bolivina nobilis* (6,32 %) (Tabla 3, slika 4), te vrsta *Uvigerina farinosa* (5,14 %) (Tabla 3, slika 5).

Rasprostranjenost malih bentičkih foraminifera ovisi o količini hrane i koncentraciji kisika kako u vodenom stupcu tako i u sedimentu (D'ONOFRIO i sur., 2021). Stoga je za interpretaciju okolišnih prilika relevantan odnos epifaunalnih i infaunalnih jedinki (TROX model, JORISSEN i sur., 1995). Visok udio epifaunalnih jedinki (64,68 % do 75,89 %) u analiziranim uzorcima ukazuje na relativno nisku količinu hrane u okolišu. Zastupljenost infaunalne zajednice pokazatelj je volumena organske tvari te relativno mala zastupljenost tih oblika potvrđuje pretpostavku da je okoliš bio mezotrofičan do oligotrofičan. Provedene analize ukazuju kako na lokalitetu Slani potok količina karbonatne komponentne ne utječe na omjer epifaunalnih i infaunalnih foraminifera. Visoke vrijednosti indeksa kisika bentičkih foraminifera (*BFOI*) u rasponu od 69,41 – 77,25 ukazuju da su prilikom taloženja naslaga na morskom dnu vladali visoko oksični uvjeti (Tablica 5-10; Slika 16).

Pomoću programa PAST (HAMMER i HARPER, 2001) izračunati su indeksi bioraznolikosti (Fisher α indeks, Shannon-Wiener indeks, indeks ekvitabilnosti i indeks dominacije). Indeksi pokazuju slične vrijednosti u istraživanim uzorcima. Podjednake vrijednosti sugeriraju stabilnost okoliša kroz cijelo vrijeme taloženja naslaga. Iako sama vrijednost Fisher α indeksa ukazuje na vrlo široki raspon okoliša – od unutrašnjeg i vanjskog šelfa, marinskih laguna pa sve do gornjeg i donjeg batijala (MURRAY, 1974) iz odnosa P/B te vrijednosti Shannon-Wiener indeksa jasno je da se radi o šelfnom moru normalnog saliniteta.

Ono što je zanimljivo da je sastav i zastupljenost rodova i vrsta zajednica malih bentičkih foraminifera sličan rezultatima istraživanja eocenskih naslaga Pazinskog fliša (ŽIVKOVIĆ i GLUMAC, 2007), a koje su interpretirane kao batijalne. Eocenske naslage Slanog potoka su zbog malog udjela planktonskih foraminifera interpretirane kao šelfne. Poznato je kako su kućice planktonskih foraminifera sklonije otapanju i uništavanju od bentičkih (ŽIVKOVIĆ i GLUMAC, 2007) pa ostaje moguća sumnja da je u istraživanim uzorcima ipak dijagenetski umanjen njihov broj.

# 7. Zaključak

Na lokalitetu Slani potok (Vinodolska dolina) snimljen je geološki stup Kostelj visine 12 m pri čemu je uzorkovanje laporovitih naslaga obavljeno svakih jedan metar. Uzorci (K1-K12) su obrađeni metodom mokrog prosijavanja te pregledani pod stereoskopskom lupom u svrhu odabira uzoraka s najbrojnijim i najbolje očuvanim malim bentičkim i planktonskim foraminiferama za detaljnu mikropaleontološku analizu. Pregledom mikrofosilnog sadržaja i popratnog mineralnog materijala uočena je promjena u uzorku K5. U donjem dijelu stupa do uzorka K5 prisutne su velike bentičke foraminifere, a u uzorku K5 prvi put se pojavljuju planktonske foraminifere što je popraćeno značajnijom količinom „zrna pirita“ u uzorku K6.

Udio planktonskih foraminifera u zajednicama raste prema mlađim naslagama te ukazuje na lagani trend produbljavanja taložnog okoliša srednjega šelfa. Ukupno su određena 23 roda i 34 vrste malih bentičkih foraminifera, a dominantne vrste su *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1930 i *Cibicidoides* sp. U analiziranim zajednicama malih bentičkih foraminifera po tipu stijenke dominiraju perforatne foraminifere, po obliku kućice trohospiralne foraminifere, a po načinu ishrane detrivori. Dominantan udio epifaunalnih oblika ukazuje da je okoliš taloženja bio oligotrofičan (puno kisika i malo hrane), a znatnu količinu kisika pri morskom dnu potvrđuju i visoke vrijednosti Indeksa kisika bentičkih foraminifera.

Istraživane zajednice malih bentičkih foraminifera lokaliteta Slani potok su raznolike (visoke vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa), dominacija je uglavnom mala (samo dvije vrste su dominantne), a podjednake vrijednosti indeksa bioraznolikosti u istraživanim uzorcima sugeriraju stabilnost okoliša kroz cijelo vrijeme taloženja naslaga.

# 8. Literatura

ALJINOVIĆ, D., JURAK, V., MILEUSNIĆ, M., SLOVENEC, D., PRESEČKI, F. (2010): The origin and composition of flysch deposits as an attribute to the excessive erosion of the Slani Potok Valley („Salty Creek“), Croatia. Geologia Croatica, 63/3, 313–322 str.

BERGANT, S., TIŠLJAR, J. i ŠPARICA, M. (2003): Eocene Carbonates and Flysch Deposits of the Pazin Basin.− u: VLAHOVIĆ, I. i TIŠLJAR, J. (eds.): Field trip guidebook: Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Institut za geološka istraživanja, 57−64 str.

BLAŠKOVIĆ, I. i TIŠLJAR, J. (1983): Prominske i Jelar naslage u Vinodolu (Hrvatsko primorje) [Promina and Jelar deposits in the Vinodol area – in Croatian].− Geol. vjesnik, 36, 37−50 str.

BLAŠKOVIĆ, I. (1997): The Helicoidal Fault Systems of Vinodol (Croatia) and Their Genesis.− Geol. Croat., 50/1, 49−56 str.

BLAŠKOVIĆ, I. (1999): Tectonics of Part of the Vinodol Valley Within the Model of the Continental Crust Subduction.− Geol. Croat., 52/2, 153−189 str.

ČUBRILOVIĆ, V. (1938): GEOLOŠKI SASTAV VINODOLA I OKOLINE. Vesnik Geol. inst. Kralj. Jug. 7, Beograd.

DE RIJK, S., JORISSEN, F.J., ROHLING, E.J. & TROELSTRA, S.R. (2000): Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. - Mar. Micropaleontol., 40, 151-166 str.

D’ONOFRIO, R., ZAKY, A.S., FRONTALINI, F., LUCIANI, V., CATANZARITI, R., FRANCESCANGELI, F., GIORGIONI, M., COCCIONI, R., ÖZCAN, E., i JOVANE, L. (2021): Impact of the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) on Foraminiferal and Calcareous Nannofossil Assemblages in the Neo-Tethyan Baskil Section (Eastern Turkey): Paleoenvironmental and Paleoclimatic Reconstructions. Appl. Sci., 11, 11339.

FORAMINIFERI PADANI (1982): Atlante iconográfico e distribuzione stratigrafica, 52 plates, Milano.

FRAUSCHER, C. F. (1884): DIE EOCÄNFAUNA VON KOSAVIN NÄCHST BRIBIR IN CROATIEN. Verhandl. d.k.k. geol. RA. Wien.

GAUCHER, C. i SPRECHMANN, P. (1999): Upper Vendian skeletal faunas of the Arroyo del Soldado Group, Uruguay. Berinegria 23, 55–921 str.

GIRALDO-GÓMEZ, V.M., MUTTERLOSE, J., PODLAHA, O.G., SPEIJER, R.P., STASSEN, P. (2018); Benthic Foraminifera and Geochemistry Across the Paleocene–eocene Thermal Maximum Interval in Jordan. Journal of Foraminiferal Research 2018; 48 (2): 100–120 str.

GOODAY, A.J., LEVIN, L.A., LINKE, P., HEEGER, T. (1992): The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs and carbon cycling. In: Rowe, G.T., Pariente, V. (Eds.), Deep-sea food chains and the global carbon cycle. Springer Netherlands, 63–91 str.

GRIMANI, I., ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., MILAN, A., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., ŠIKIĆ, D. i BLAŠKOVIĆ, I. (1973): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ za list Crikvenica 1:100000 [Geology of the Crikvenica sheet, Basic Geological Map of SFRY 1:100000 – in Croatian].− Savezni geološki zavod, Beograd, 47 str.

HAYWARD, B. W., LE COZE, F., VACHARD, D. i GROSS, O. (2024): World Foraminifera Database. Accessed at http://www.marinespecies.org/foraminifera on 2024-02-05. doi:10.14284/305

HOLBOURN, A., HENDERSON, A.S. i MACLEOD, N., (2013): Atlas of Benthic Foraminifera. Natural History Museum, 1–651 str.

HORVAT, M., TOMAŠIĆ, N., ALJINOVIĆ, D., BUCKOVIĆ, D., ĆORIĆ, S., ĆOSOVIĆ, V., FELJA, I., GALOVIĆ, I., IŠTUK, Ž., KAMPIĆ, Š., KURTANJEK, D., PEZELJ, Đ. (2023): Eocene Weathering Oscillations Imprinted in Marl Mineral and Geochemical Record (Dinaric Foreland Basin, Croatia). Rad prihvaćen za objavljivanje u časopisu Journal of Earth Science.

JORISSEN, F.J., DE STIGTER, H.C., WIDMARK, J.G.V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. Mar. Micropaleontol., 26, 3-15 str.

JURAK, V., SLOVENEC, D. i MILEUSNIĆ, M. (2005): Pretjerana erozija fliša – Slani potok. U: Biondić, R., Vlahović, I. i Velić, I. (ur.): Vodič ekskurzija, 3. Hrvatski geološki kongres, Zagreb, 51–55 str.

KAIHO, K. (1999): Effect of organic carbon flux and dissolved oxgen on the benthic foraminiferal oxygen indeks (BFOI). Mar. Micropaleontol., 37, 67–76 str.

KAIHO, K. (1994): Benthic foraminiferal dissolved-oxygen indeks and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. Geology, 22, 719–722 str.

KOVAČIĆ, T. (2021): Mineraloška obilježja eocenskih lapora na području Slanog potoka, Vinodolska dolina. Seminar III - Preddiplomski studij geologije, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 1–29 str.

LOEBLICH, A.R. i TAPPAN, H. (1988a): Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 1–847 str.

LOEBLICH, A.R. i TAPPAN, H. (1988b): Foraminiferal genera and their classification plates. Van Nostrand Reinhold, New York, 1–970 str.

MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš jadranskog pojasa [Eocene flysch of Adriatic area – in Croatia].– Geol. vjesnik, 34, 27−38 str.

MILEUSNIĆ, M., SLOVENEC, D. i JURAK, V. (2004): Thenardite-efflorescence indicating cause of the excessive flysch erosion, Slani potok, Croatia. U: Nemeth, T. i Terbocs, A. (ur.): ACTA Mineralogica-Petrographica Abstract Series, Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology, University of Szeged, 75–75 str.

MURRAY, J.W. (1974). Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids, Heinemann Educational Books, London, 274 str.

MURRAY, J.W. (1991): Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. John Wiley i Sons, New York, 379 str.

MURRAY, J. W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge, 337–343 str.

MURRAY, J.W., (2007): Biodiversity of living benthic foraminifera: How many species are there? Marine Micropaleontology 64, 163–176 str.

ORTIZ, S. i THOMAS, E. (2006): Lower-middle Eocene benthic foraminifera from the Fortuna Section (Betic Cordillera, southeastern Spain). Micropaleontology, vol. 52, no. 2, pp. 97–150 str.

PALENIK, D i sur. (2019): Geological and structural setting of the Vinodol Valley (NW Adriatic, Croatia): insights into its tectonic evolution based on structural investigations. Geologica Croatica. 72/3, 179–193 str.

PAVLOVIĆ, M. (2023): Paleogenske prijelazne naslage područja Vinodolske kotline. Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Geološki odsjek, Zagreb, 1–87 str.

PEZELJ, Đ. I DROBNJAK, L. (2019): Foraminifera-based estimation of water depth in epicontinental seas: Badenian deposits from Glavnica Gornja (Medvednica Mt., Croatia), Central Paratethys. Geologia Croatica, 72/2, 5–18 str.

RIVERO CUESTA, L. (2021): Paleoenvironmental assessment across key Eocene climatic events based on benthic foraminifera. Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zaguan, 7–10 str.

SALOPEK, M. (1956): O GEOLOŠKOJ GRAĐI ŠIRE OKOLICE SAPJANA, KLANE I RIJEKE. Acta geologica 1, JAZU, Zagreb.

SALOPEK, M. (1960): PRILOG POZNAVANJU GEOLOŠKE GRAĐE VINODOLA. Ibidem.

SCHMIDT, S. M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M., USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units, Birkhäuser Verlag, Basel, Swiss J. Geosci. 101, 139–182 str.

SCHUBERT, R (1912): GEOL. FÜHRER DURCH DIE NORDLISCHE ADRIA. Sammlung geol. Führer No. 17, Berlin.

SNIDER, L.J., BURNET, B.R., HESSLER, R.R. (1984): The composition and distribution of meiofauna and nanobiota in a central North Pacific deep-sea area. Deep-Sea Research I 31, 1225–1249 str.

STEFANI DE i DAINELLI, G. (1902): I TERRENI EOCENICI PRESSE BRIBIR IN CROATIA. Rendic. r. Acc. Lincei. 11/4, Roma.

ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., MILAN, A., ŠIKIĆ, D., GRIMANI, I., VULIĆ, Ž., BLAŠKOVIĆ, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ Crikvenica, 1:100.000, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1961.-1969.), Savezni geološki zavod, Beograd.

TOŠEVSKI, A., GRGEC, D., PADOVAN, B. (2012): Osnovno o genezi, sastavu i trošenju eocenskog fliša hrvatskog obalnog pojasa. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 25, 47–62 str.

VOGL, V. (1912): DIE FAUNA EOZÄNEN MERGEL IM VINODOL IN CROATIEN. Mitt. Jahrb. d. kgl. ungar. geol. Reichsanst. 20, Bd. 2, Wien.

ŽIVKOVIĆ, S. i GLUMAC, B. (2007): Paleoenvironmental reconstruction of the Middle Eocene Trieste-Pazin basin (Croatia) from benthic foraminiferal assemblages, *Micropaleontology*, 53(4):285–310 str.

Internetski izvori:

[1] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=64731 (pristupljeno 13.01.2024.)

[2] https://www2.pgz.hr/doc/graditeljstvo/2023/EZO-uredenje-sliva-Slani-potok_web.pdf (pristupljeno 13.01.2024.)

# Popis slika

Slika 1. Tektonske jedinice Vanjskih i Unutarnjih Dinarida. Istraživano područje Vinodolske doline označeno je crnom oznakom na karti (modificirano prema SCHMID i sur., 2008) ..... 3

Slika 2. Isječak iz OGK SFRJ 1:100 000 - List Crikvenica (ŠUŠNJAR i sur., 1970) s naznačenim položajem Slanog potoka ..... 5

Slika 3. Geografski položaj Vinodolske doline označen crvenom bojom (preuzeto iz Google Earth) ..... 8

Slika 4. Shematizirana geološka karta dijela Vinodolske doline s naznačenim vodotokom Slanoga potoka (preuzeto iz ALJINOVIĆ i sur., 2010) ..... 9

Slika 5. Pogled na dolinu Slanog potoka ..... 9

Slika 6. Izdanak Kostelj-Slani potok a) pogled iz podnožja b) gornji dio izdanka c) detalj srednjeg dijela izdanka d) podnožje izdanka s velikim bentičkim foraminiferama ..... 10

Slika 7. Shematizirani geološki stup Kostelj-Slani potok, ukupne debljine 12 m, mjesta uzorkovanja su označena brojevima 1 – 12, a istraživani uzorci su u kvadratićima. ..... 11

Slika 8. Usitnjavanje uzoraka ..... 12

Slika 9. Uzorak pripremljen za mokro prosijavanje ..... 12

Slika 10. Ispiranje uzorka kroz sistem sita ..... 13

Slika 11. Uzorak spreman za sušenje ..... 13

Slika 12. Uzorak raspoređen u vrećice s naznačenom oznakom uzorka i pripadajućom frakcijom ..... 14

Slika 13. Ultrazvučna kadica za čišćenje sita ..... 14

Slika 14. Uređaj za standardizaciju uzoraka ..... 15

Slika 15. Dijagram raznolikosti vrsta koji pokazuje vrijednosti Fisher α indeksa za različite okoliše (modificirano prema MURRAY, 1974) ..... 19

Slika 16. Grafički trendovi različitih paleoekoloških pokazatelja ..... 40

# Popis tablica

Tablica 4-1. Vrijednosti Fisher α indeksa i pripadajući okoliši ..... 20

Tablica 4-2. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa i pripadajući okoliši ..... 20

Tablica 4-3. Vrijednosti indeksa kisika i oksičnost ..... 22

Tablica 5-1. Pregled mikrofosilnog i popratnog materijala u uzorcima profila Kostelj (K1 do K12). Planktonske foraminifere – PF, male bentičke foraminifere – MBF i velike bentičke foraminifere – VBF. Popratni mineralni sastav, „zrna pirita“, „zrna kremena“, te neodređena mineralna zrna opisana prema boji kao „zrna stakalaca“, „crna zrna“ i „narančasta zrna“. Kriterij zastupljenosti u uzorku: O – obilje: 70 %-100 %; P – puno: 70 %-40 %; M – malo: 40 %-10 %; J – jako malo: < 10 %; bez oznake – sterilan: 0 % ..... 23

Tablica 5-2. Udio planktonskih foraminifera po uzorcima ..... 28

Tablica 5-3. Udio tipova stijenki po uzorcima ..... 29

Tablica 5-4. Podjela uzoraka po obliku kućice ..... 30

Tablica 5-5. Apsolutna i relativna zastupljenost malih bentičkih foraminifera, način života prema MURRAY (2006) i *ŽIVKOVIĆ i GLUMAC (2007), način ishrane prema MURRAY (2006) i stupanj oksičnosti prema KAIHO (1994) i PEZELJ i DROBNJAK (2019) ..... 31

Tablica 5-6. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K6 [%] ..... 33

Tablica 5-7. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K9 [%] ..... 33

Tablica 5-8. Dominantne i srednje zastupljene vrste u uzorku K10 [%]34Tablica 5-9. Indeksi bioraznolikosti malih bentičkih foraminifera izračunati u programu PAST (*Paleontology Statistic*) ..... 35

Tablica 5-10. Vrijednosti indeksa kisika bentičkih foraminifera za sva tri uzorka ..... 36

Tablica 5-11. Podjela foraminifera prema načinu ishrane ..... 36

Tablica 5-12. Broj epifaunalnih i infaunalnih foraminifera izraženih kao apsolutna vrijednost i relativna zastupljenost ..... 37

# 9. TABLE 1-5

TABLA 1

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka K6:

Slika 1. *Anomalinoides* sp.

Slika 2. *Cibicidoides* sp.

Slika 3. *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1930

Slika 4. *Oridorsalis* sp.

Slika 5. *Osangularia pteromphalia* GÜMBEL, 1870

Slika 6. *Bulimina alazanensis* CUSHMAN, 1927

Slika 7. *Saracenaria* sp.

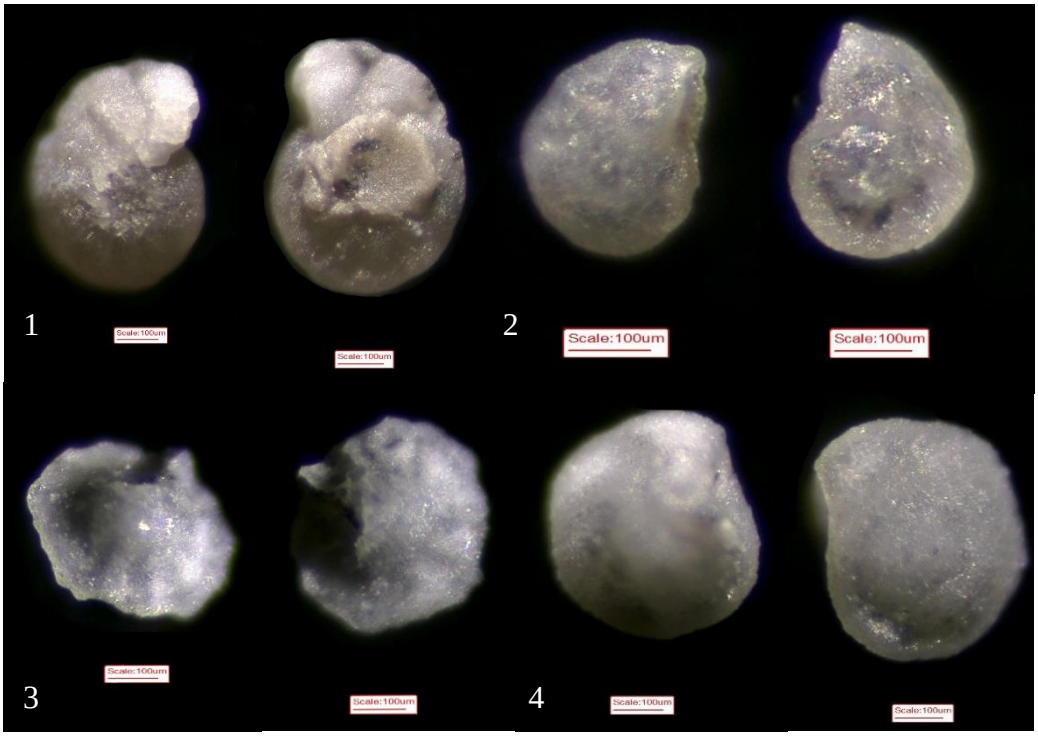
Slika 8. *Uvigerina havanensis* CUSHMAN i BERMÚDEZ, 1936

Slika 9. *Vulvulina* sp.

Slika 10. *Quinqueloculina* sp.

Slika 11. *Sigmoilopsis* sp.

TABLA 1


1
Scale:100um
Scale:100um
2
Scale:100um
Scale:100um
3
Scale:100um
Scale:100um
4
Scale:100um
Scale:100um

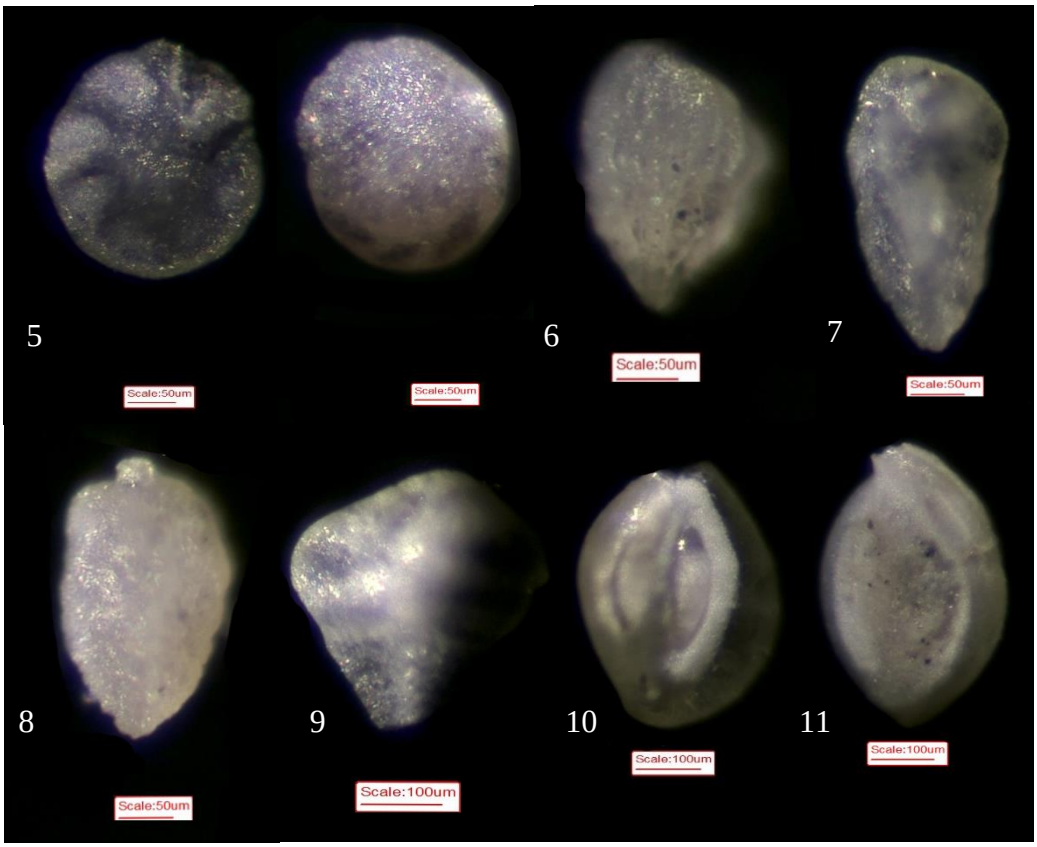

5
Scale:50um
Scale:50um
6
Scale:50um
7
Scale:50um
8
Scale:50um
9
Scale:100um
10
Scale:100um
11
Scale:100um

TABLA 2

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka K9:

Slika 1. *Anomalinoides* sp.

Slika 2. *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1930

Slika 3. *Lenticulina cultrata* MONTFORT, 1808

Slika 4. *Oridorsalis* sp.

Slika 5. *Globobulimina pyrula* D'ORBIGNY, 1846

Slika 6. *Marginulinopsis* cf. *fragaria* GÜMBEL, 1870

Slika 7. *Quinqueloculina* sp.

TABLA 2

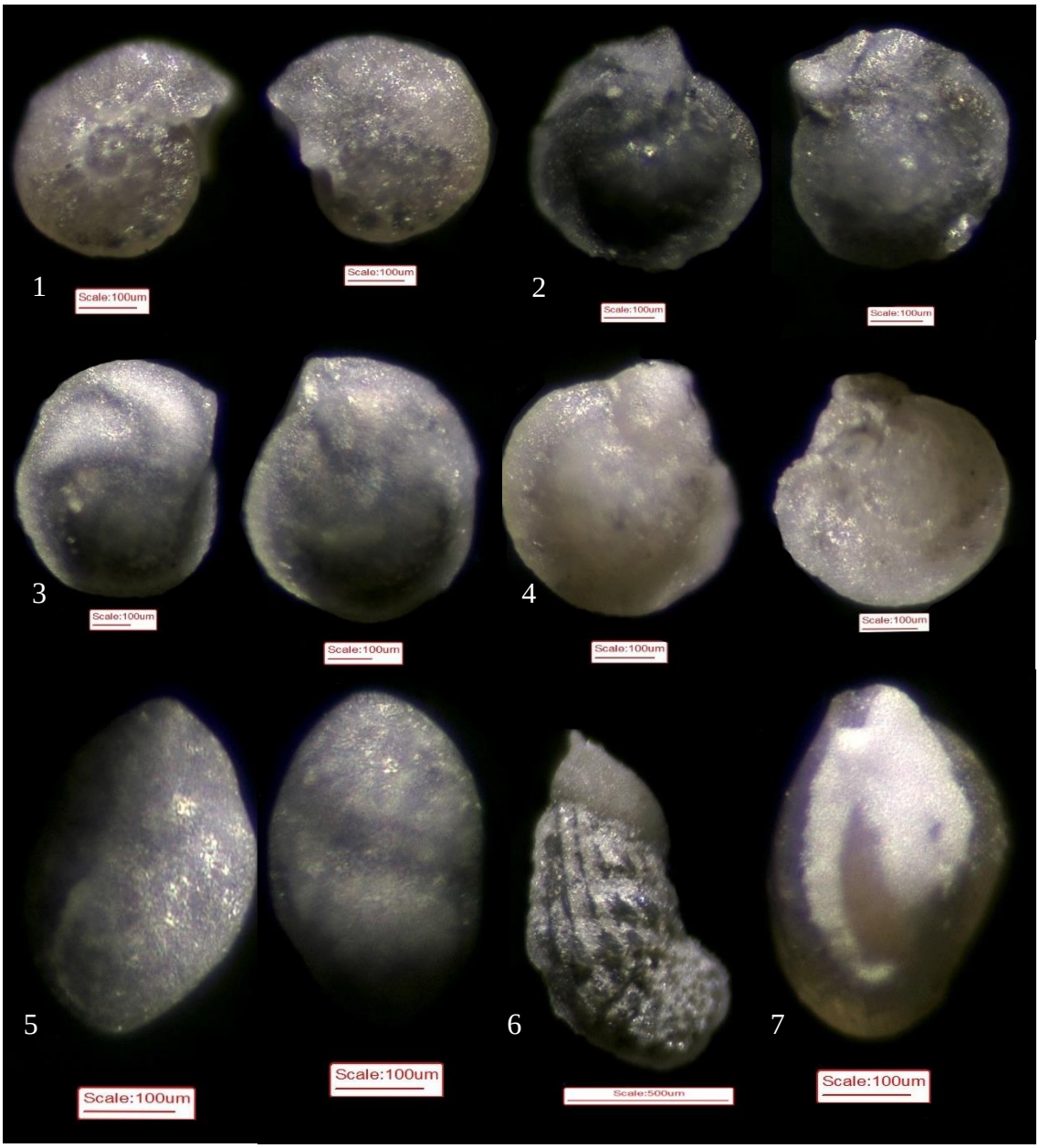

1
Scale:100um
Scale:100um
2
Scale:100um
Scale:100um
3
Scale:100um
Scale:100um
4
Scale:100um
Scale:100um
5
Scale:100um
Scale:100um
6
Scale:500um
7
Scale:100um

TABLA 3

Mikrofotografije kućica bentičkih foraminifera iz uzorka K10:

Slika 1. *Anomalinoides* sp.

Slika 2. *Gyroidinoides dissimilis* CUSHMAN i RENZ, 1947

Slika 3. *Nuttallides truempyi* NUTTALL, 1930

Slika 4. *Bolivina nobilis* HANTKEN, 1875

Slika 5. *Uvigerina farinosa* HANTKEN, 1875

Slika 6. *Lenticulina cultrata* MONTFORT, 1808

Slika 7. *Quinqueloculina* sp.

Slika 8. *Textularia* sp.

Slika 9. *Vulvulina* sp.

TABLA 3

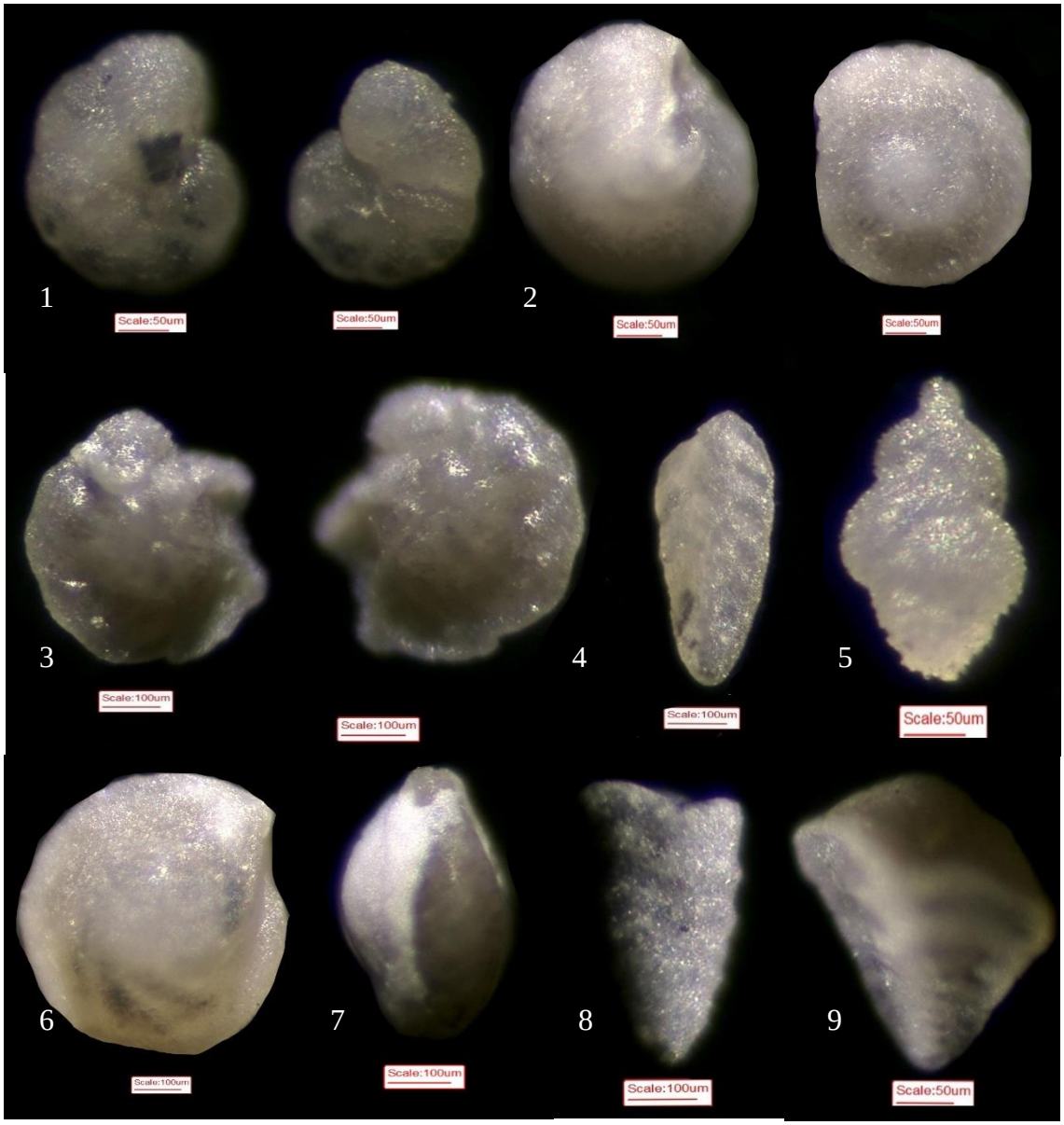

1
Scale:50um
Scale:50um
2
Scale:50um
Scale:50um
3
Scale:100um
Scale:100um
4
Scale:100um
5
Scale:50um
6
Scale:100um
7
Scale:100um
8
Scale:100um
9
Scale:50um

TABLA 4

Mikrofotografije kućica planktonskih foraminifera iz uzoraka K6, K9 i K10:

Slika 1 (uzorak K6):

a) *Acarinina* sp.
b) *Subbotina* sp.
c) *Morozovella* sp.
d) *Pseudohastigerina* sp.

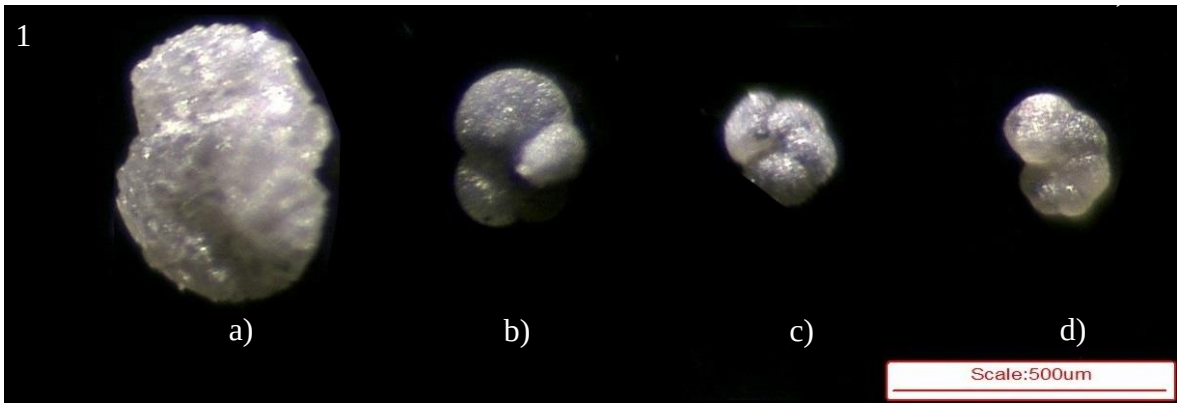
Slika 2 (uzorak K9):

a) *Morozovella* sp.
b) *Morozovella* sp.
c) *Acarinina* sp.
d) *Pseudohastigerina* sp.
e) *Paragloborotalia* sp.

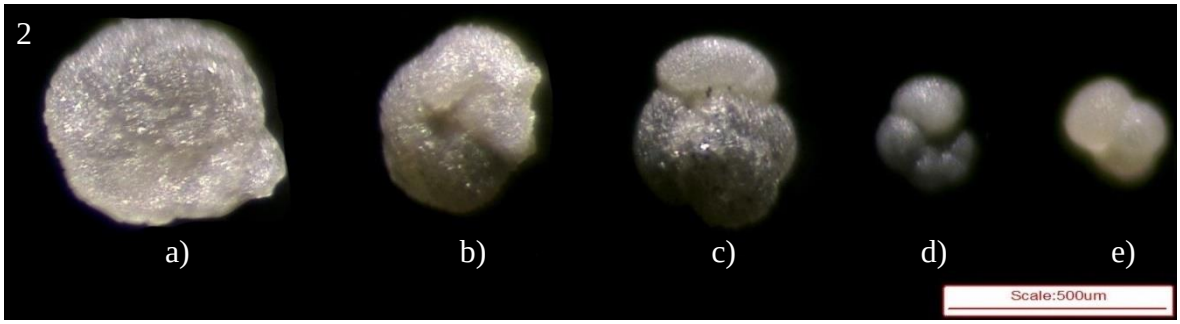
Slika 3 (uzorak K10):

a) *Acarinina* sp.
b) *Morozovella* sp.
c) *Globoturborotalita* sp.
d) *Acarinina* sp.
e) *Paragloborotalia* sp.

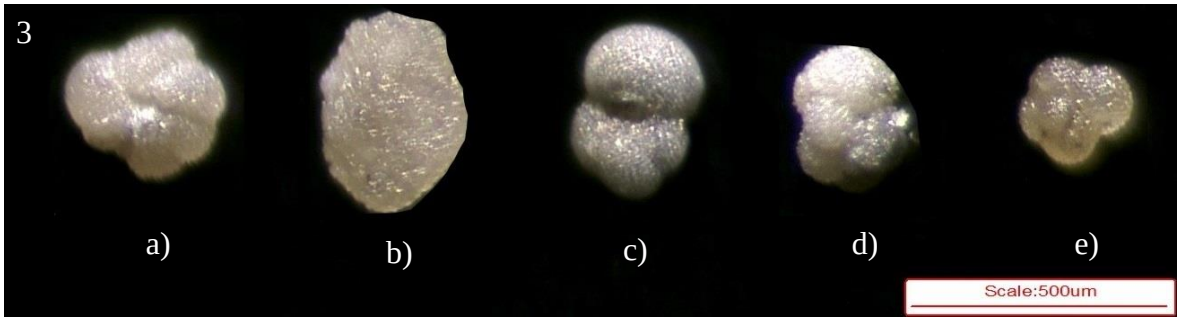
TABLA 4




Slika 1. Uzorak K6




Slika 2. Uzorak K9




Slika 3. Uzorak K10

TABLA 5

Mikrofotografije popratnog materijala iz uzorka K6:

Slika 1: „Zrna pirita“

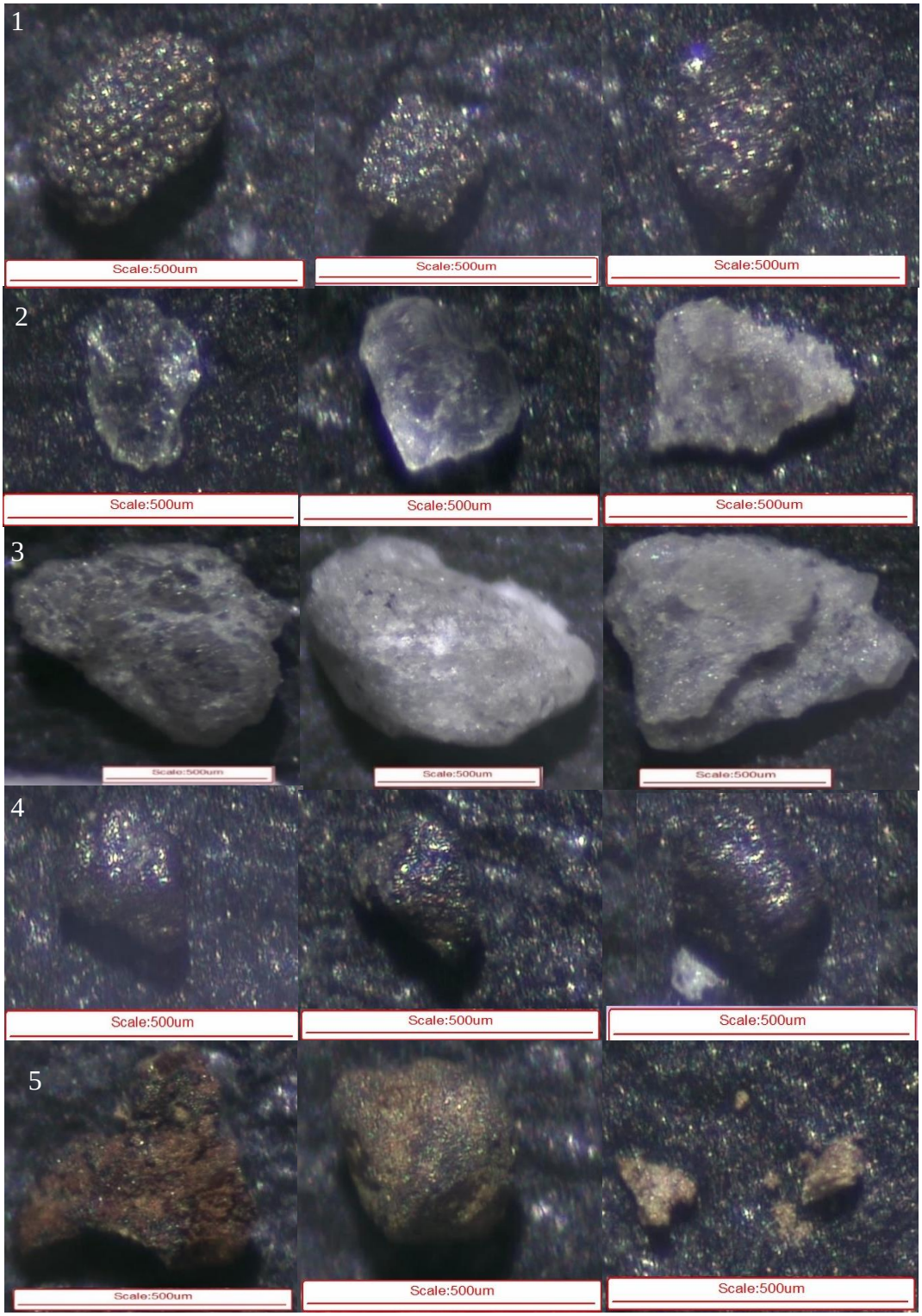
Slika 2: „Zrna stakalaca“

Slika 3. „Zrna kremena“

Slika 4: „Crna zrna“

Slika 5: „Narančasta zrna“

TABLA 5


1
Scale:500um
Scale:500um
Scale:500um
2
Scale:500um
Scale:500um
Scale:500um
3
Scale:500um
Scale:500um
Scale:500um
4
Scale:500um
Scale:500um
Scale:500um
5
Scale:500um
Scale:500um
Scale:500um