

Prostorna raspodjela i sastav bentičke foraminiferske zajednice u slanoj močvari Čižići (otok Krk)

Neral, Natali

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:129393>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-21**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Natali Neral

**PROSTORNA RASPODJELA I SASTAV
BENTIČKE FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE U
SLANOJ MOČVARI ČIŽIĆI (OTOK KRK)**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

NATALI NERAL

PROSTORNA RASPODJELA I SASTAV BENTIČKE
FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE U SLANOJ
MOČVARI ČIŽIĆI (OTOK KRK)

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

Mentor:
Prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Komentor:
Dr. sc. Igor Felja

Zagreb, 2020.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološko-paleontološkom zavodu pod vodstvom prof. dr. sc. Vlaste Čosović i dr. sc. Igora Felje u sklopu Diplomskog studija geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALE:

Prije svega, zahvaljujem se mentorici, prof. dr. sc. Vlasti Čosović na velikoj pomoći, mnogobrojnim savjetima i strpljenju tijekom izrade ovog diplomskog rada. Osim toga, na ljubaznosti, pruženom znanju, razumijevanju, neizmjerne podršci i još mnogo toga tijekom svih godina studiranja;

dr. sc. Igoru Felji na pomoći i savjetima prilikom izrade diplomskog rada, pomoći oko terenskog i laboratorijskog dijela, te ljubaznosti i pristupačnosti tijekom studiranja;

svim ostalim profesorima i djelatnicima Geološkog odsjeka na svemu što su me naučili;

roditeljima i ostalim članovima obitelji na velikoj podršci, pomoći i razumijevanju tijekom studiranja, ali i cijelog života;

mojim kolegicama, Marini i Kristini, na svim lijepim druženjima, razgovorima, veselju i pomoći tijekom studiranja;

Jakovu, na iskazanoj ljubavi i svemu ostalom; uvijek!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

PROSTORNA RASPODJELA I SASTAV BENTIČKE FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE U SLANOJ MOČVARI ČIŽIĆI (OTOK KRK)

NATALI NERAL

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

Sažetak: Diplomski rad obuhvaća istraživanje zajednice bentičkih foraminifera i granulometrijskih osobina površinskog sedimenta slane močvare Čižići na otoku Krku. Pomoću jezgrila za uzorkovanje prikupljene su 10 cm dugačke jezgre površinskog sedimenta. Mikropaleontološka analiza provedena je na ukupno 10 pod-uzoraka koji predstavljaju najplići (0 – 2 cm) i najdublji (8 – 10 cm) interval svake jezgre. Zajedničko obilježje foraminiferske zajednice je dominacija infaunalnih jedinki, perforatne stijenske i roda *Ammonia*. Vrsta *Ammonia tepida* (Cushman), uz čestu prisutnost roda *Haynesina* i vrste *Trochammia inflata* (Montagu), prevladava u osam analiziranih pod-uzoraka. Indeksi bioraznolikosti ukazuju na povećavanje raznolikosti udaljavanjem od mora, a Fisherov (α) indeks sugerira okoliš marinske lagune. Stresni uvjeti u okolišu potvrđeni su pronalaskom različitih deformacija u obliku kućica i klijetki, a udio deformiranih jedinki povećava se udaljavanjem od mora. Rezultati kombinirane metode mokrog sijanja i sedigrafa otkrili su podjednaku zastupljenost pjeskovite i prahovite komponente i rezultat su dinamike okoliša, odnosno uloge valova u redistribuciji sedimenta. Usporedba s okolišima sličnih karakteristika diljem Jadranske obale ukazuje na sličan sastav i prostornu raspodjelu zajednice te slične granulometrijske osobine sedimenta.

Ključne riječi: *Ammonia tepida*, slana močvara, bentičke foraminifere, sitnozrnati sediment

Rad sadrži: 47 + XV stranica, 22 slike, 6 tablica, 3 table, 2 priloga, 57 literaturnih navoda i 4 internetska izvora

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a

Mentori: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović
dr. sc. Igor Felja

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović
dr. sc. Igor Felja
prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Datum završnog ispita: 13. studenog, 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master's Thesis

SPATIAL DISTRIBUTION AND COMPOSITION OF BENTHIC FORAMINIFERAL ASSEMBLAGE FROM THE SALT MARSH ČIŽIĆI (KRK ISLAND)

NATALI NERAL

Thesis completed in: Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia

Abstract: This master thesis includes a study of the benthic foraminiferal assemblage and granulometric properties of the surface sediment of the salt marsh Čižići on the island of Krk. Ten cm long cores of the surface sediment were collected with a sediment corer. Micropaleontological analysis were performed on a total of 10 sub-samples representing the uppermost (0 – 2 cm) and the lowest (8 – 10 cm) interval of each core. Common features of the foraminiferal assemblage are the dominance of infaunal species, species with perforated tests and genus *Ammonia*. Species *Ammonia tepida* (Cushman), accompanied by *Haynesina* sp. and *Trochammina inflata* (Montagu), dominate in eight sub-samples. Biodiversity indices increase with distance from the sea, and the Fisher (α) index indicates a marine lagoon environment. Stressful environmental conditions were confirmed by the discovery of various deformations of tests. Granulometric analysis revealed a uniform occurrence of sand and mud fractions due to environmental dynamics (waves). The comparison with salt marshes along the eastern Adriatic coast indicates a similar composition and spatial distribution of foraminiferal assemblages and similar granulometric properties of the sediment.

Keywords: *Ammonia tepida*, salt marsh, benthic foraminifera, fine grained sediment

Thesis contains: 47 + XV pages, 22 figures, 6 tables, 3 plates, 2 appendix, 57 references and 4 internet sources

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science, University of Zagreb

Supervisors: Ph.D, Vlasta Čosović, full professor
Ph.D, Igor Felja

Reviewers: Ph.D, Vlasta Čosović, full professor
Ph.D, Igor Felja
Ph.D, Nenad Tomašić, full professor

Date of the final exam: November 13th, 2020.

Sadržaj

| | |
|--|------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Geografske i geološke karakteristike istraživanog područja | 3 |
| 2.1. Geografske karakteristike otoka Krka | 3 |
| 2.2. Geološke karakteristike otoka Krka..... | 4 |
| 3. Materijali i metode | 7 |
| 3.1. Terenske metode | 7 |
| 3.2. Laboratorijske metode | 8 |
| 3.2.1. Priprema uzoraka za mikropaleontološku analizu..... | 8 |
| 3.2.2. Priprema uzoraka za granulometrijsku analizu | 9 |
| 3.3. Kabinetske metode..... | 12 |
| 3.3.1. Mikropaleontološka analiza..... | 12 |
| 3.3.2. Granulometrijska analiza..... | 18 |
| 4. Rezultati | 19 |
| 4.1. Rezultati mikropaleontološke analize | 19 |
| 4.1.1. Uzorak K1 | 19 |
| 4.1.2. Uzorak K2 | 21 |
| 4.1.3. Uzorak K4 | 23 |
| 4.1.4. Uzorak K5 | 25 |
| 4.1.5. Uzorak K6 | 28 |
| 4.2. Rezultati granulometrijske analize..... | 30 |
| 5. Rasprava | 34 |
| 6. Zaključak | 39 |
| 7. Literatura | 40 |
| 8. Popis slika u tekstu | 45 |
| 9. Popis tablica u tekstu | 47 |
| 10. Table | VI |
| 11. Prilozi | XIII |

1. Uvod

Jadranska obala poznata je i pod nazivom „dalmatinski tip obale“, a njezina razvedenost posljedica je složene geološke povijesti tog područja. Razvedenu kršku obalu krase više od 1000 otoka, otočića i hridi, a osim mnoštva uvala, zaljeva i plaža (Pikelj & Juračić, 2013) Jadranska obala sadrži i nekoliko značajnijih slanih močvara.

Slane močvare predstavljaju jedinstvene ekosustave bogate bioraznolikosti, te su stoga vrlo često i privremena ili stalna staništa brojnim biljnim i životinjskim vrstama. Nalazimo ih diljem svijeta, a najčešće na srednjim do visokim geografskim širinama, na relativno zaklonjenim mjestima. Takva međuplimna (intertajdalna), močvarna područja pod svakodnevnim utjecajem plime i oseke smještena su između, odnosno na granici kopnenih i morskih okoliša, te nerijetko povezuju slane sa slatkovodnim staništima (Mcowen *et al.*, 2017). Utjecaj morskih mijena stvara uske vertikalne niše u kojima žive karakteristične zajednice organizama, a brojnost jedinki omogućuje razlikovanje pod-okoliša sukladno toleranciji ili preferiranju određenih ekoloških parametara kao što je trajanje izloženosti bez vodenog pokrivača, salinitet, sastav sedimenta i raspoloživost hrane. Ipak, unatoč razlikama u geografskom položaju, režimu plime i oseke, okoliši slanih močvara imaju sličnu foraminifersku zajednicu.

Foraminifere su jednostanični mikroorganizmi, prisutni su od kambrija do danas, a sistematski predstavljaju koljeno *Chromista* unutar carstva *Protista*. Zahvaljujući velikoj osjetljivosti na promjene u okolišu, nerijetko su iznimno važni pokazatelji kvalitete marinskih i prijelaznih okoliša. Iako je foraminiferska zajednica marinskih okoliša duž zapadne obale Jadrana istražena (o čemu svjedoče brojni radovi), zajednica istočne obale slabije je poznata (Ćosović *et al.*, 2011; 2016), a prijelazni okoliši poput slanih močvara poprilično su zapostavljeni (Shaw *et al.*, 2016; Felja, 2017). Radi malo dostupnih podataka vezanih uz foraminifersku zajednicu slanih močvara kao i nedostatka općenitog prikaza osobina takvih okoliša, analizirana je zajednica foraminifera iz sedimenta slane močvare Čižići (slika 1). Zaljev Soline smješten je na istočnoj obali otoka Krka, a Čižići su dio istoimenog zaljeva. Kao i ostale slane močvare diljem svijeta, i ovaj je zaljev pod antropogenim utjecajem koja je posebno izražena tijekom ljetnih mjeseci kada Čižići, zbog poznatog „ljekovitog blata“, postaju okupljalište mnoštva domaćih i stranih gostiju. S obzirom na to, područje je dodatno narušeno zbog nasipavanja i betonizacije obale s ciljem postizanja boljih turističkih uvjeta. Navedene

aktivnosti dodatno narušavaju ionako nestabilan i svakodnevno promjenjiv okoliš te pogoduju razvitku stresnih uvjeta na tom području.

Cilj je ovog rada analizirati i odrediti prostornu raspodjelu i sastav bentičke foraminiferske zajednice u okolišu zatvorenog zaljeva Čižići. Uzorkovanje je obavljeno u prosincu 2019. god plitkim jezgrovanjem na šest lokacija duž profila močvare okomitog na pružanje obalne linije od kopna prema moru, a za interpretaciju foraminiferske zajednice korišteni su podaci dobiveni analizom pet jezgara. Osim mikropaleontološke analize, cilj je opisati sediment i uz pomoć granulometrijskog sastava prepoznati dominantne taložne procese i odrediti mogući utjecaj sedimentne podloge na sastav zajednice. Statističke analize omogućiti će bolji prikaz kvalitete okoliša i usporedbu s ostalim foraminiferskim zajednicama sličnih okoliša. S obzirom na malu istraženost slanih močvara Jadranske obale, ovaj će rad pružiti detaljnije podatke o jednom od karakterističnih prijelaznih okoliša Jadrana te omogućiti usporedbu i nadopunu dosad poznatih saznanja o foraminiferskoj zajednici sličnih okoliša. Istraživanja koja su napravljena dio su istraživanja sjevernojadranskog bazena u sklopu HRZZ projekta IP-2019-04-5775 BREEMECO.



Slika 1 Slana močvara Čižići (uvala Soline) na otoku Krku

2. Geografske i geološke karakteristike istraživanog područja

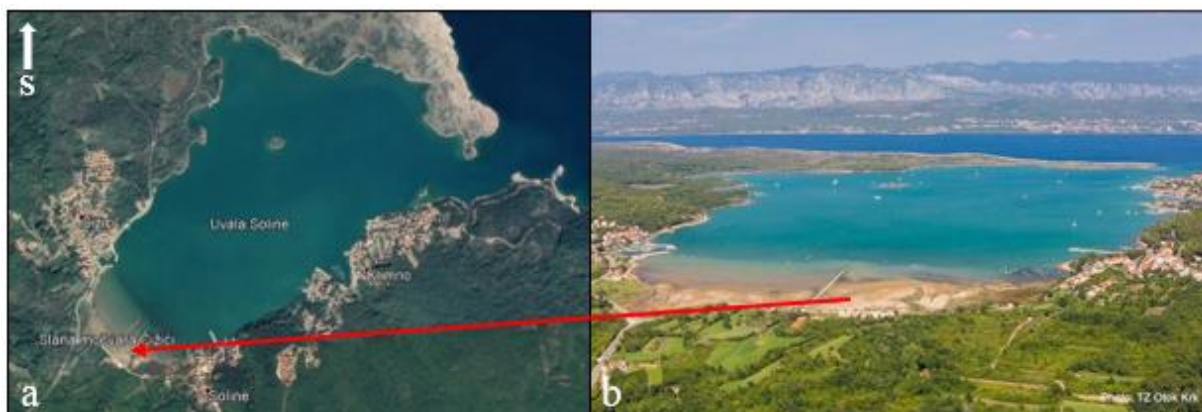
2.1. Geografske karakteristike otoka Krka

Otok Krk najsjeverniji je i površinom najveći otok Jadranskog mora (409,9 km², Magaš, 1996, slika 2a) smješten u središtu Kvarnerskog zaljeva (slika 2b). Najduži dio otoka iznosi oko 38, a najširi oko 20 km (mrežni izvor, http://www.krk.hr/otok_krk). Administrativno pripada Primorsko-goranskoj županiji, a kao i čitava istočna Jadranska obala s otocima, odlikuje se vrlo razvedenim krškim reljefom te visokom i stjenovitom obalnom linijom s mnoštvom uvala i plaža. Geološke karakteristike otoka doprinijele su razvitku vrlo složene hidrološke mreže, pa se tako na otoku nalaze dva jezera i potok, ujedno i jedini stalni vodotok na nekom Jadranskom otoku (Lončarić, 2011). Takve karakteristike, zajedno s dobrom povezanošću s kopnom i blizinom graničnog prijelaza sa sjevernijim Europskim zemljama, čine otok Krk jednim od najpoznatijih turističkih odredišta Jadrana. Tome doprinosi i ugodna mediteranska klima (Magaš, 1996) s prosječnom temperaturom mora oko 24,5°C izmjerenom tijekom kolovoza (mrežni izvor, <https://www.britannica.com/place/Krk>). Ipak, turistička sezona za sobom ostavlja i negativne posljedice poput nasipavanja i betonizacije obale, izgradnje objekata nadomak mora i onečišćenja obalne linije što postepeno uzrokuje sve lošiju kvalitetu obalnih i kopnenih ekosustava.

Poznato turističko odredište, uvala Soline, nalazi se na sjeveroistočnoj obali otoka. Dio uvale je i slana močvara Čižići (slika 3a,b) te istoimeni zaljev s plažom Meline, najpoznatijom po ljekovitim svojstvima blata koje se tamo nalazi (mrežni izvor, <https://www.adriagate.com/Hrvatska-hr/Cizici-otok-Krk>). Uvala je poznata i pod nazivom uvala Klimno, a administrativno pripada općini Dobrinj. Ulaz u uvalu vrlo je uzak što uzrokuje slabu izmjenu morske vode. U smjeru istok-zapad duga je oko 3 km, dok u smjeru sjever-jug dužina uvale iznosi oko 2 km (https://hr.wikipedia.org/wiki/Uvala_Soline). Uvala je vrlo plitka s prosječnom dubinom od 3 do 4 m. Najveća dubina iznosi 7 m, a izmjerena je nedaleko hridi Mali Školjić dok je zapadni dio uvale najplići s do 2 m dubine. Uvalu zatvara poluotok Sulinj u nastavku kojeg je i istoimeni greben.



Slika 2 (a) Geografski smještaj otoka Krka (Izvor: Google Earth) u Kvarnerskom zaljevu i (b) na karti Republike Hrvatske (mrežni izvor: <http://croatia.eu/index.php?view=article&lang=1&id=6>)



Slika 3 (a) Geografski položaj (izvor: *Google Earth*) i (b) prikaz slane močvare Čiči (mrežni izvor: <https://www.adriagate.com/Hrvatska-hr/Plaza-Meline-Silo-Hrvatska>)

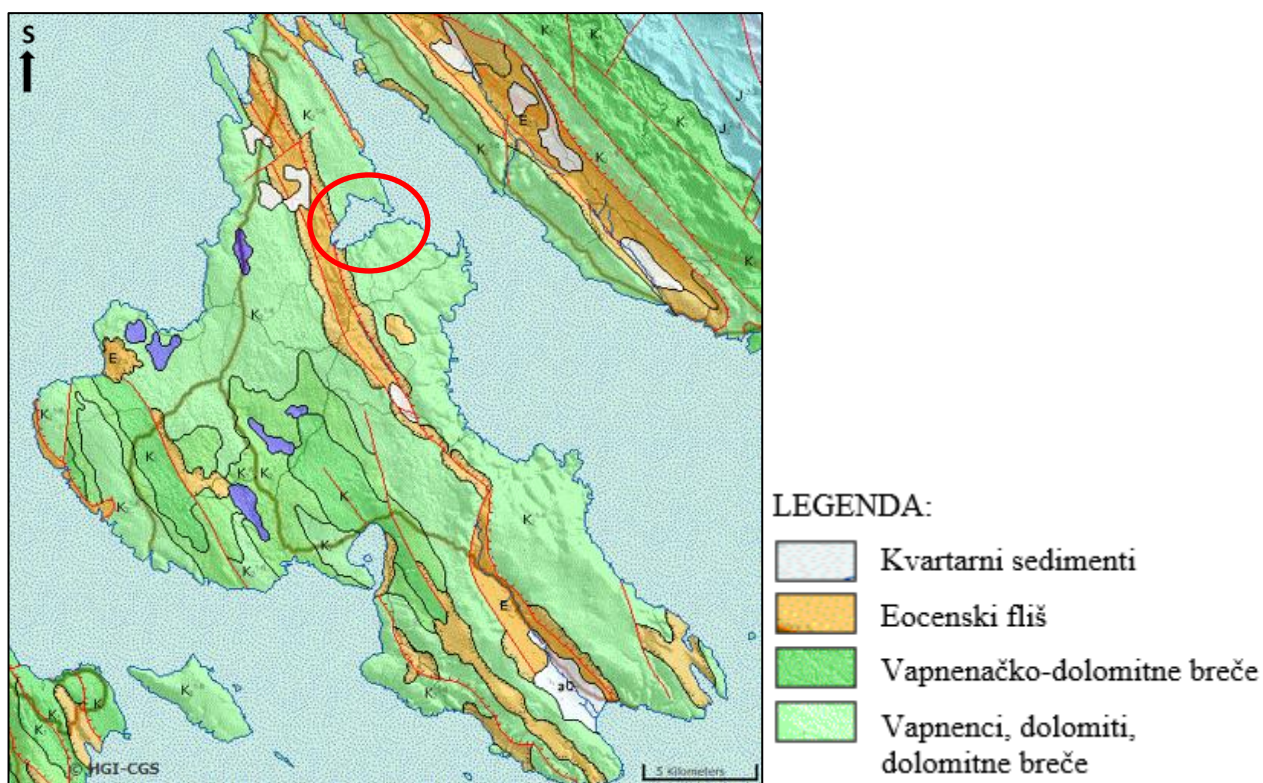
2.2. Geološke karakteristike otoka Krka

Otok Krk pripada zapadnom dijelu Vanjskih Dinarida i dio je ljuskano-boranog pojasa s pružanjem SZ-JI (Velić, 2000). Najveći dio naslaga Vanjskih/Krških Dinarida nastao taloženjem na Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi. U razdoblju krede, na prostranoj karbonatnoj platformi prevladavala je plitkomorska sedimentacija čije su naslage danas rasprostranjene u središnjem dijelu otoka, a sastoje se od nekoliko stotina metara debelih donjokrednih vapnenaca i vapnenačkih breča (apt-alb). Slijede naslage iz razdoblja kasnog

cenomana, turona ili santona koje ujedno predstavljaju najmlađe kredne naslage otoka, a sastoje se od kasnodijagenetskog dolomita i jako rekristaliziranog vapnenca te grade najveći dio otoka Krka (slika 4, Babić, 2003). Granica kreda/paleogen obilježena je pojačanom sinsedimentacijskom kompresijskom tektonikom koja je uzrokovala prestanak plitkomorske sedimentacije. Veliki dio tadašnje karbonatne platforme, uključujući i krčki dio je izronio, nema taloženja, već trošenje i karstifikacija kredne podloge. Morski (jezersko-brakični prvo, a zatim lagunarni, odnosno marinski) uvjeti uspostavljaju se tijekom ipra i plitkomorsko taloženje se nastavlja u lutetu (Bignot, 1972). Naknadna tektonika, uglavnom tijekom srednjeg eocena, dovela je do diferencijacije morskog dna, stvaranja dubljemorskih okoliša gdje su se tijekom mlađeg luteta (Bignot, 1972) taložili lapori i fliš. Mjestimično na krednim vapnencima, odnosno na eocenskim starijim klastitima leže eocenski plitkomorski klastiti (pješčenjaci s velikim udjelom karbonatnih čestica i brojnim kućicama velikih bentičkih foraminifera, školjkaša, puževa i solitarnih koralja) te oligocensko-miocenske breče, čija je starost (mlađi srednji eocen prema nekima ili ipr ili stariji lutet; Schaub, 1981; Marjanac *et al.*, 2004) kao i postanak još uvijek neistražena.

Tijekom pleistocena i holocena, razvoj Jadranskog bazena i njegove razvedene obale povezan je s promjenama morske razine uzrokovanih izmjenom glacijalnih i interglacijalnih razdoblja. Tijekom zadnjeg glacijalnog maksimuma (prije 29 000–19 000 god) razina mora bila je oko 120 m niža nego danas (Clark *et al.*, 2009). Otapanje ledenih pokrova, a time i nagli porast razine mora započeo je prije 19 000 god (Clark *et al.*, 2002). Globalnom transgresijom poplavljen je velik dio dotad presušanih korita i bazena, uključujući i Jadranski bazen, vrhovi tadašnjih uzvišenja zaostali iznad površine mora postali su otoci. Promjene morske razine snažno su utjecale na razvitak različitih okoliša duž obalne linije otoka Krka ali i čitavog Jadrana koja je prestankom transgresije, prije 6000–7000 god., poprimila svoj današnji izgled (Felja, 2017; Babić, 2003). Pleistocenske naslage sastoje se od uslojenih pješčenjaka i šljunaka u okolici Šila ili pak izdanjuju na mnogim mjestima otoka najčešće ispod strmih obronaka, gdje se sastoje od sedimenata šljunaka i pijeska uglavnom sastavljenih od uglatih i poluuglatih vapnenačkih klasta (Babić, 2003). Izdanci su više puta istraživani te je i njihovo podrijetlo nekoliko puta promijenjeno, a značajno otkriće predstavlja pronalazak glacijalnih naslaga iz glacijala Riss i Würm odvojenih erozijskim plohama istaloženih za vrijeme glacijalnih razdoblja.

Tektonsku građu otoka definiraju brojni rasjedi i bore te sinklinala koja se pruža cijelim otokom, od Omišlja do Baške, čija su krila rasjedana s mjestimičnim navlačenjima (Šušnjar *et al.*, 1970; Grimani, 1973; Mamužić & Milan, 1973). Pojas je omeđen dubokim reversnim rasjedima od kojih je onaj na sjeverozapadu otoka aktivan i danas što uzrokuje česte potrese na Riječkom zaljevu (Babić, 2003). Geološka građa najvećeg dijela otoka prikazana je na listu Crikvenica Osnovne geološke karte mjerila 1:100 000 (Šušnjar *et al.*, 1970), krajnji istočni dio otoka je na listu Labin (Šikić *et al.*, 1969), a južni dio nalazi se na listu Rab (Mamužić *et al.*, 1969). Nova Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 kontinuirano se izrađuje na Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu, a za razliku od prethodnih karata temeljenih na kronostratigrafskom principu, nova karta temelji se na litostratigrafskim jedinicama. Geološka građa većeg dijela otoka Krka biti će prikazana na listu „Delnice-3“.

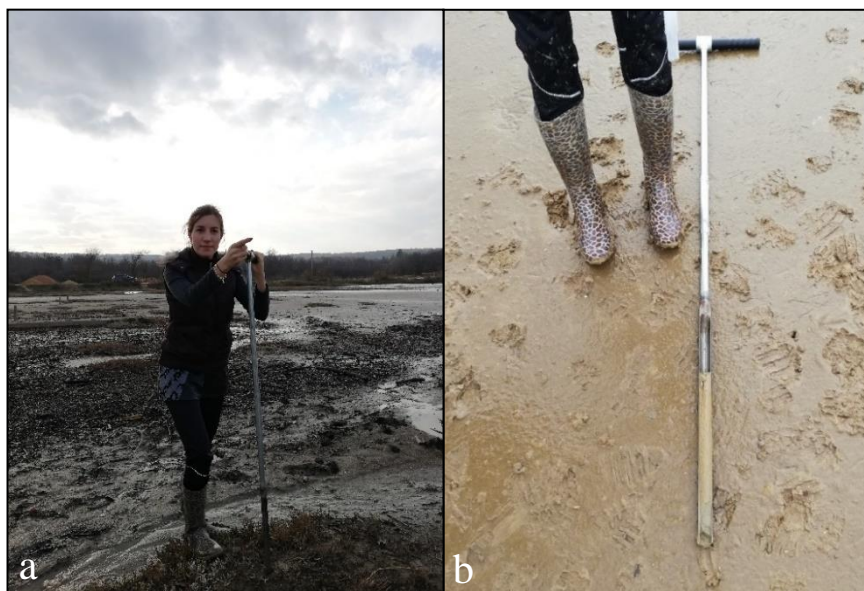


Slika 4 Geološka karta istraživanog područja, uvala Soline zaokružena je crvenom bojom (mrežni izvor: <http://webgis.hgi-cgs.hr/gk300/default.aspx>)

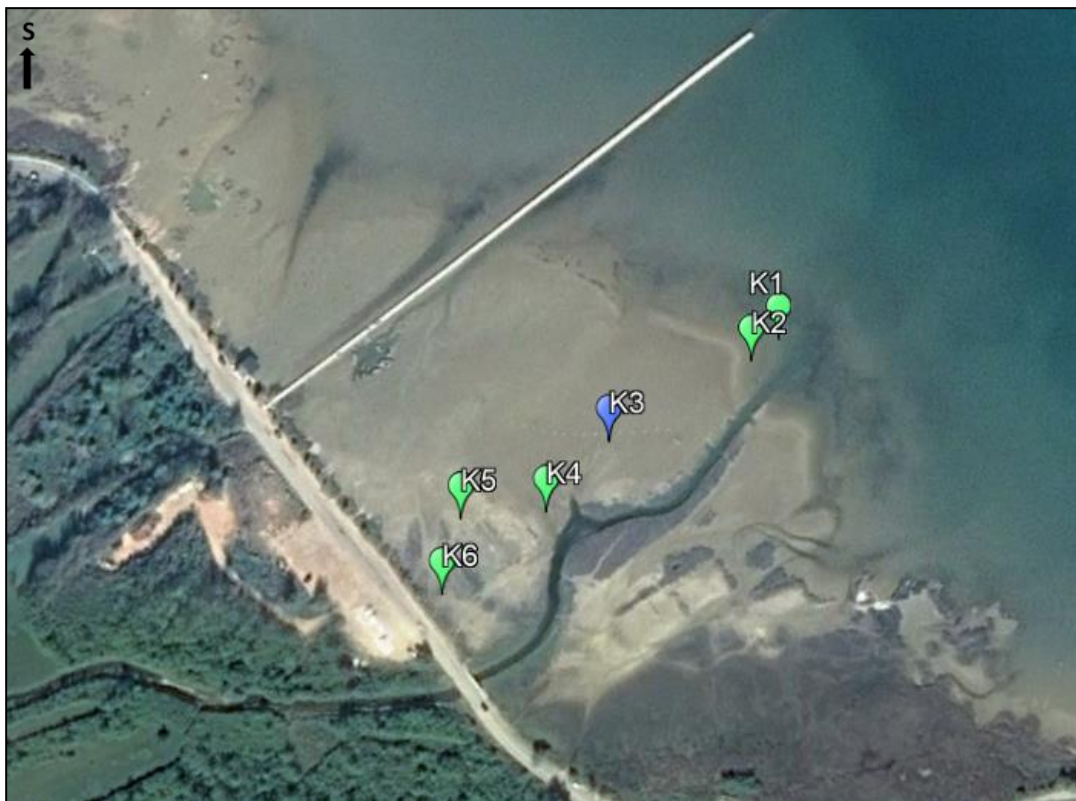
3. Materijali i metode

3.1. Terenske metode

Terensko uzorkovanje napravljeno je uz pomoć Edelman jezgrila za uzorkovanje sedimenta u prosincu 2019. god (slika 5a). Pomoću jezgrila promjera cijevi 3 cm prikupljeno je šest jezgara površinskih 10 cm muljevito sedimenta (slika 5b), a za potrebe istraživanja foraminiferske zajednice korišteni su podaci dobiveni analizom pet jezgara. S ciljem uočavanja promjena u kvaliteti okoliša, te raznolikosti i prostornoj distribuciji foraminiferske zajednice, uzorkovanje je obavljeno duž profila močvare okomito na pružanje obalne linije počevši s lokacijom najbližom moru (slika 6). Osim jezgri potrebnih za analizu foraminiferske zajednice, sa svake je lokacije u plastične posudice prikupljeno površinskih 2 cm sedimenta za ispitivanje granulometrijskih osobina sedimentne podloge. Koordinate uzorkovanih lokacija zabilježene su pomoću aplikacije *GPS essentials*, a sve strukturne i teksturne karakteristike sedimenta promatrane su i bilježene na terenu. Nakon uzorkovanja, svaka je jezgra pravilno označena i pohranjena u aluminijsku foliju i plastičnu vrećicu kako bi bila spremna za daljnju laboratorijsku obradu. Terensko uzorkovanje, pohrana i analiza uzoraka slijedila je standardizirani FOBIMO protokol (Schönfeld *et al.*, 2012) namijenjen istraživanju bentičke foraminiferske zajednice rubnih marinskih ekosustava.



Slika 5 (a) Terensko uzorkovanje pomoću jezgrila u slanoj močvari Čižići i (b) uzorkovana jezgra sedimenta (foto: K. Križnjak)



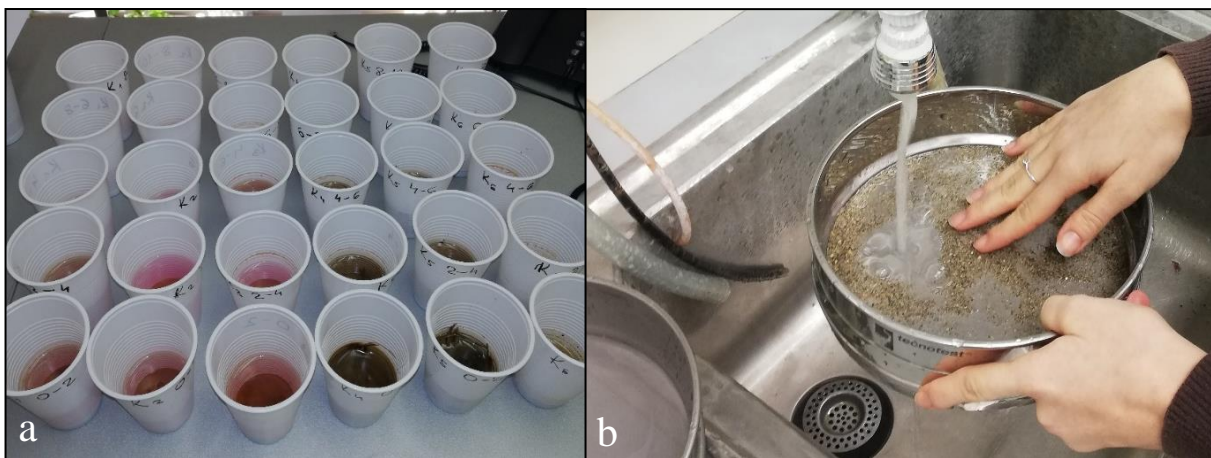
Slika 6 Lokacije uzorkovanja u slanoj močvari Čižići; Lokacije uzorkovanja korištene u interpretaciji foraminiferske zajednice označene su zelenom bojom (Izvor: *Google Earth*).

3.2. Laboratorijske metode

3.2.1. Priprema uzoraka za mikropaleontološku analizu

Laboratorijska obrada uzoraka napravljena je u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Laboratorijska obrada započinje dijeljenjem svake jezgre duljine 10 cm u 2 cm debele pod-uzorke. Boja svakog pod-uzorka uspoređena je i zabilježena pomoću Munsell-ove knjižice s bojama sedimenta. Prema FOBIMO protokolu (Schönfeld *et al.*, 2012), u svaki je pod-uzorak dodana 2% *Rose Bengal* otopina razrijeđena u 70% etanolu (slika 7a). Sediment je povremeno pomiješan i ostavljen 14 dana kako bi se tijekom daljnjih analiza omogućilo razlikovanje živih (obojenih) od uginulih (neobojenih) foraminifera. Budući da je vrlo jednostavna i uz minimalne troškove, „*Rose Bengal* metoda“ vrlo se često koristi u ekološkim istraživanjima. Otopina se adsorbira na proteine i time citoplazmu živo uzorkovanih ili nedavno živućih foraminifera boji

u intenzivno ružičastu boju (Schönfeld *et al.*, 2012). Nakon što je otopina isparila, a uzorci se posušili, uslijedilo je prosijavanje na Retsch®ASTM situ promjera rupica 0,063 mm i ispiranje pod mlazom vode (slika 7b). Budući da uzorci nisu obilovali organskom tvari, nije ih bilo potrebno rastopiti u 30% otopini vodikovog peroksida (H₂O₂). Nakon prosijavanja, uzorci su osušeni na sobnoj temperaturi, te potom pohranjeni u papirnate vrećice za daljnju mikropaleontološku obradu pod lupom.

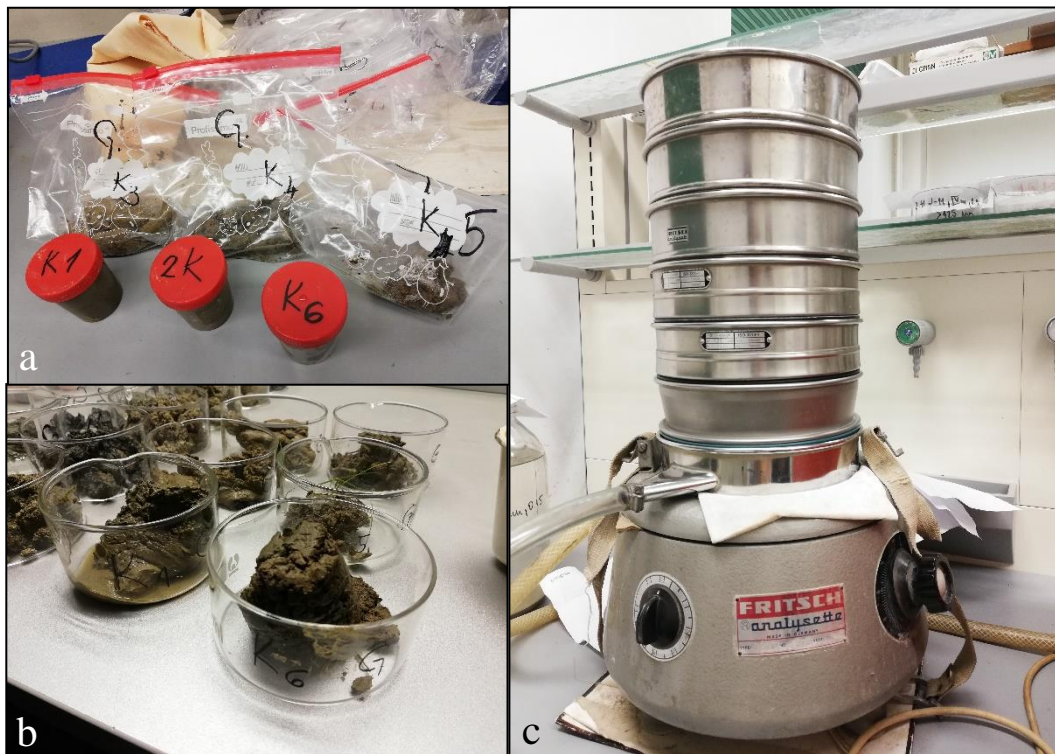


Slika 7 (a) Pod-uzorci pomiješani s *Rose Bengal* otopinom i
(b) prosijavanje kroz sito promjera rupica 0,063 mm (foto: M. Čančar)

3.2.2. Priprema uzoraka za granulometrijsku analizu

Drugi set prikupljenih uzoraka korišten je za ispitivanje granulometrijskih osobina sedimenta. Svaki prikupljeni uzorak površinskih 2 cm sedimenta (slika 8a) ostavljen je u staklenim posudicama i osušen na sobnoj temperaturi (slika 8b). Nakon toga, od svakog je uzorka izvagano 10 g suhog sedimenta potrebnog za daljnju laboratorijsku obradu. Granulometrijska analiza napravljena je kombiniranom metodom mokrog sijanja i sedigrafa. Za prosijavanje je korišten set Retsch®ASTM sita od nehrđajućeg čelika (slika 8c) promjera otvora 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,250 mm, 0,125 mm te 0,063 mm, definirano Wentworth-ovom (1922) klasifikacijom od sitnog šljunka do vrlo sitnog pijeska. Svaki je uzorak prosijan kroz set navedenih sita pomoću tresilice Fritsch Analysette®, a svaka je frakcija nakon prosijavanja odvojena u staklene zdjelice, osušena na sobnoj temperaturi te potom izvagana. Po završetku prosijavanja svakog uzorka, sita su detaljno isprana pod mlazom vode, te dodatno pročišćena u ultrazvučnoj kadi s ciljem što manje kontaminacije sljedećeg uzorka. Prilikom prosijavanja, uzorci su ispirani destiliranom vodom, a frakcija sitnija od 0,063 mm u suspenziji je odvojena u

staklene posude i ostavljena nekoliko dana da se istaloži. Suspenzija je nakon dekantiranja analizirana na sedigrafu (SediGraph 5100).



Slika 8 (a) Uzorci površinskih 2 cm sedimenta korišteni za granulometrijsku analizu i (b) osušeni uzorci korišteni za prosijavanje kroz (c) set Retsch® ASTM sita

Sedigraph 5100 sustav za sedimentacijsku analizu (slika 9) sastoji se od analizatora, sučelja i računala. U analizatoru se nalaze izvor i detektor rendgenskih zraka, ugrađen sustav za cirkulaciju (pumpe) koji odvodi sedimentacijsku tekućinu s uzorkom u ćeliju za analizu, odvodna i dovodna cijev za otpadnu i čistu sedimentacijsku tekućinu i čašica za suspendirani uzorak. Upravljanje i rad analizatorom omogućen je pomoću računalnog programa SediGraphWin 5100 (Pikelj, 2010; Micromeritics, 2002). Određivanje veličine zrna pomoću sedigrafu u tekućini poznatih svojstva temelji se na gravitacijskoj sedimentaciji i apsorpciji (niskoenergetskih) rendgenskih (rtg) zraka. Sedimentacija uslijed gravitacije opisana je Stokes-ovim zakonom prema kojem je brzina taloženja sferične čestice proporcionalna promjeru čestice, odnosno:

$$v = (d/K)^2$$

Gdje je v brzina taloženja čestica (m/s), a d promjer čestice. K predstavlja konstantu proporcionalnosti koja ovisi o gustoći čestice i fizikalnim karakteristikama fluida (Pikelj, 2010), odnosno:

$$K = [(18\eta) / (\rho - \rho_0)g]^{1/2}$$

Gdje je ρ gustoća čestice, ρ_0 gustoća tekućine, η viskoznost tekućine, a g ubrzanje sile teže. Ipak, budući da oblik čestica u prirodi najčešće nije sferičan, rezultat mjerenja veličine zrna sedigrafom mjeri ekvivalentni promjer brzine sedimentacije, odnosno promjer sferične čestice, koja ima isti sastav i brzinu sedimentacije kao analizirana čestica.

Za mjerenje masene koncentracije čestica u suspenziji sedigraf koristi snop paralelnih rendgenskih zraka pri čemu se najprije mjeri intenzitet rendgenskih zraka koje su prošle kroz čistu suspenzijsku tekućinu, a nakon toga intenzitet rendgenskih zraka kroz pomiješanu (homogenu) suspenziju. Prolaskom kroz takvu suspenziju, intenzitet propuštenih x-zraka se smanjuje jer jedan njihov dio apsorbiraju čestice u suspenziji. Prema tome, što je veća količina čestica u suspenziji veća je energija apsorpcije rendgenskih zraka. Intenzitet rendgenskih zraka mjeri se na određenoj dubini s , a procesi mjerenja programski su automatizirani (Micromeritics, 2002; Pikelj, 2010).



Slika 9 Sedigraf korišten pri granulometrijskoj analizi sedimenta

3.3. Kabinetske metode

3.3.1. Mikropaleontološka analiza

Kabinetski rad obuhvaća izdvajanje foraminiferskih kućica iz sedimenta, te identifikaciju foraminiferskih rodova i vrsta. Ipak, prije samog izdvajanja foraminiferskih kućica, uzorke je bilo potrebno standardizirati metodom „splitanja“, odnosno „pačtvorenja“. Standardizacija se provodi kod uzoraka s velikim brojem mikrofosila pri čemu se pomoću „mikrosplitera“ uzorak podijeli na polovine sve dok „splitana“ količina uzorka ne sadrži približno 300 mikrofosila odnosno foraminiferskih kućica. Nakon standardizacije, mala količina uzorka prosipa se u tamno obojenu pliku posudu (pliticu), podijeljenu na kvadratiće, a foraminiferske kućice se, pomoću specijalne igle lagano umočene u vosak, izdvajaju u mikropaleontološke kutijice ili „Frankove ćelije“. Za potrebe ovog istraživanja, analizirani su najplići (0-2 cm) i najdublji (8-10 cm) intervali odabranih jezgara. Izdvajanje foraminiferskih kućica obavljeno je pomoću stereoskopske lupe „Nikon“, a jedinke su potom određene na nivou roda i/ili vrste, te fotografirane pomoću mikroskopa Olympus SZX7, kamerom Olympus U-TV1XC.

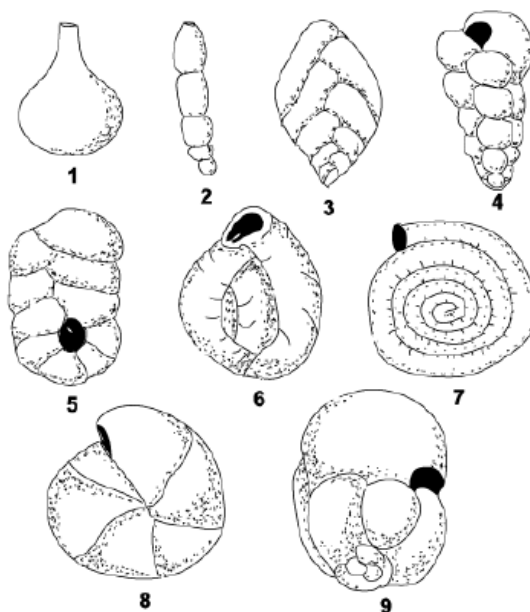
3.3.1.1. Identifikacija foraminiferskih rodova i vrsta

Klasifikacija foraminiferskih rodova i vrsta napravljena je prema kriterijima Loeblich & Tappan (1987). Pri određivanju je korištena monografija autora Cimerman & Langer (1991), a pojedini rodovi i vrste određeni su i uz pomoć Atlasa recentnih bentičkih foraminifera Turske (Meric, *et al.*, 2014), te rada pod naslovom “The taxonomy, distribution and ecology of Adriatic Foraminifera: with Atlas (tables 1–36).” (Alfirević, 1979).

Prilikom određivanja foraminiferskih rodova i vrsta potrebno je najprije prepoznati jedan od tri moguća tipa stijenske. Razlikuju se aglutinirana stijenska, nastala lijepljenjem zrnca pijeska i sličnih čestica na membranu stanice foraminifere, te kalcitna stijenska podijeljena na imperforatnu i perforatnu stijenkicu. Nakon određivanja tipa stijenske, potrebno je promotriti broj i oblik klijetki, te prepoznati način rasta kućice. Kućica može biti monotalamična, s jednom prisutnom klijetkom tijekom cijelog života ili, mnogo češće, politalamična, koju karakterizira postepeno povećanje broja i veličine klijetki. Oblik i način nizanja klijetki različiti su (slika 10). Dok je za izdužene kućice karakterističan uniserijalan, biserijalan ili triserijalan rast, kuglaste kućice najčešće su trohospiralne, a foraminifere složenije građe posjeduju koncentričan,

miliolidan, planispiralan ili orbiotoidalan rast. Klijetke su najčešće prividno kuglastog ili cjevastog (izduženog) oblika. Za razlikovanje jedinki na nivou vrste potrebno je promotriti položaj i oblik ušća te moguće ukrase i zadebljanja na kućici. Ušće predstavlja otvor kojim foraminifera komunicira s okolinom, a njegov oblik i položaj karakteristični su za pojedinu vrstu. Dok neke foraminifere posjeduju maleno, jedva uočljivo ušće (rod *Ammonia*) ili pak u obliku niza otvora (rod *Elphidium*), druge su prepoznatljive po velikom i istaknutom ušću koje dodatno može sadržavati jedan ili više zubića i biti smješteno na vratu (podred Miliolida). Za razliku od ušća koje je prisutno na svim foraminiferama, pupak posjeduju isključivo trohospiralne i planispiralne jedinke, a predstavlja ravninu oko koje je jedinka namotana. Njegova prisutnost i položaj također može biti karakteristična za pojedini rod i/ili vrstu.

Nakon identifikacije izoliranih foraminiferskih jedinki, sva je nomenklatura usklađena s internetskom bazom *World register of marine species* (WoRMS, 2020), a tablični prikaz apsolutne i relativne zastupljenosti svih rodova i vrsta napravljen je pomoću PAST računalnog programa (Hammer *et al.*, 2001).

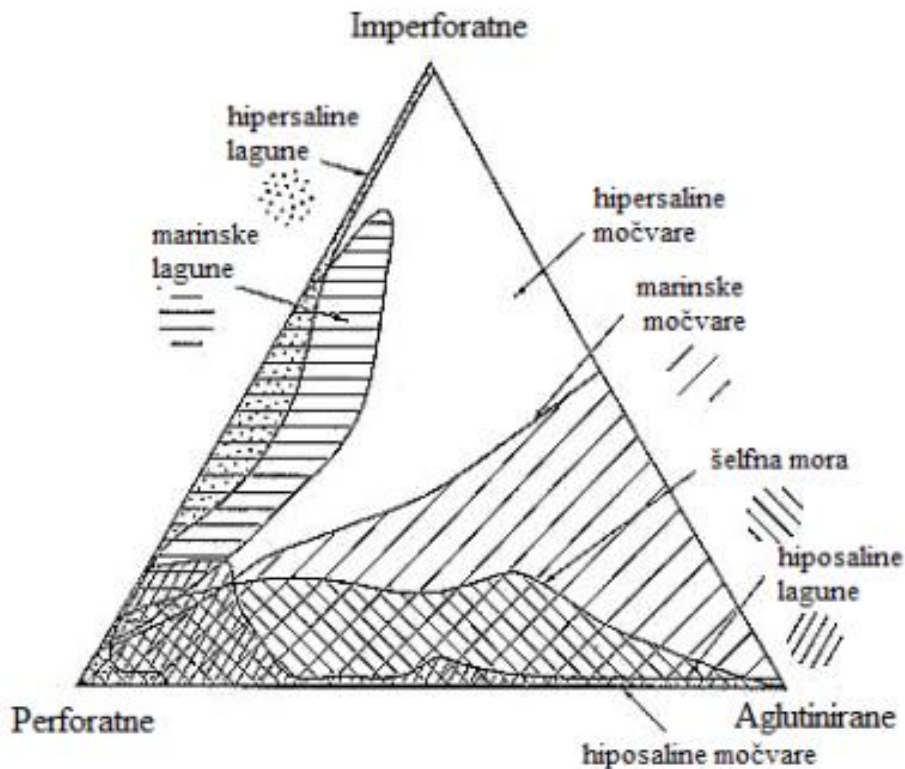


Slika 10 Načini rasta kućice; 1, monotalamična kućica; 2, uniserijalna; 3, biserijalna; 4, triserijalna; 5, planispiralna do biserijalna; 6, miliolidna; 7, planispiralna evolutna; 8, planispiralna involutna i 9, trohospiralna (modificirano prema Loeblich & Tappan, 1964; preuzeto sa <https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html>)

3.3.1.2. Kvantitativne (statističke) metode

Podatci o ukupnom broju i relativnoj zastupljenosti pojedinih vrsta neophodni su pri svakoj (paleo)ekološkoj interpretaciji okoliša. Izračunavanje relativnog udjela svakog roda i/ili vrste u zajednici omogućuje usporedbu zastupljenosti različitih vrsta u zajednici. Na taj način, prepoznate su dominantne (>10%) i srednje zastupljene (4–10%) te rijetko (1–4%) i jako rijetko zastupljene vrste (<1%). Osim standardno prepoznatih vrsta, u tu su kategoriju pridodane i jedinke identificirane kao sp. s brojem (npr. *Elphidium* sp. 1) preuzete iz rada Cimerman & Langer (1991). S obzirom na pretpostavljene stresne uvjete u okolišu, bilježena je očuvanost te moguće deformacije u izgledu kućica ili klijetki. Kućice čija je zadnja klijetka gotovo duplo veća od prethodne zabilježena je u deformirane jedinke. Na isti način, u kategoriju su pridodane i one jedinke čiji se vanjski oblik kućice ili klijetki razlikuje od ostalih kućica (ili slikovnog opisa) te vrste u zajednici (npr. promjena u cjelokupnom obliku kućice). Sitne kružne rupice na kućicama određene su kao tragovi bioerozije. U dobro sačuvane jedinke ubrojene su cjelovite kućice dok su malo oštećene one kojima nedostaje najviše jedna klijetka. Djelomično razbijenim jedinkama nedostaju do dvije zadnje klijetke ili je pak dio kućice okrhnut. Jako razbijene kućice su one kojima nedostaje gotovo pola ili više od polovine kućice. Sve kućice „zaglađene“ površine, bez ikakvih vidljivih ukrasa ili jasno raspoznatljivih sutura određene su kao pretaložene, abradirane jedinke.

Budući da foraminifere posjeduju jedan od tri tipa stijenke, od kojih je svaki karakterističan za pojedini okoliš, često se koristi trokomponentni dijagram za određivanje plitkovodnih okoliša s obzirom na tip stijenke, odnosno određivanje saliniteta (slika 11). Velika zastupljenost foraminifera s imperforatnom stijenkam karakteristična je za okoliš hiperslane lagune ili močvare dok je obilje foraminifera s aglutiniranom kućicom tipično za hiposaline okoliše i/ili marinske močvare. Velika abundacija foraminifera s perforatnom stijenkam karakteristična je za širok raspon okoliša od hiperslane ili marinske močvare do hiposaline ili marinske lagune. Osim tipa stijenke, način života također ukazuje na karakterističan tip i uvjete u okolišu. Epifaunalne vrste dominiraju na normalnoj oksidnoj površini morskog dna, dok više infaunalnih vrsta ukazuje na smanjenu količinu kisika u okolišu (suboksični ili disoksični okoliš).



Slika 11 Trokomponentni dijagram za određivanje plitkovodnih okoliša s obzirom na tipove stijenki (modificirano prema Murray, 1974)

Broj vrsta u uzorku najjednostavnije je odrediti prebrojavanjem vrsta u standardiziranom uzorku čime se dobije bogatstvo vrsta. Ipak, takva metoda ne uzima u obzir obilje jedinki po pojedinoj vrsti i time „ulogu“ koju svaka vrsta ima u zajednici. Zbog tih razloga, u (paleo)ekološkoj interpretaciji okoliša vrlo se često koriste indeksi koji obuhvaćaju brojnost i obilje jedinki u uzorku, otkrivaju dominaciju pojedinih vrsta, te omogućuju usporedbu s okolišima sličnih karakteristika. Za potrebe ovog diplomskog rada korištene su dvije skupine takvih indeksa; Indeksi dominacije (Simpsonov indeks, Berger-Parkerov indeks) i informatičko-statistički indeksi (Shannon-Wienerov indeks, indeks ujednačenosti) te Fisherov (α) indeks, izračunati pomoću PAST računalnog programa (Hammer *et al.*, 2001).

Simpsonov indeks raznolikosti;

koristi se za određivanje raznolikosti zajednice. Nije osjetljiv na promjene bogatstva vrsta i daje vjerojatnost da će bilo koje dvije slučajno odabrane jedinke iz beskonačno velike zajednice pripadati različitim vrstama. Simpsonov indeks raznolikosti koristi sljedeću formulu:

$$D_s = \frac{\sum(n_i * (n_i - 1))}{N * (N - 1)}$$

Gdje je D_s oznaka za Simpsonov indeks, n_i označava broj jedinki pojedine vrste, a N ukupan broj jedinki u zajednici. S povećanjem raznolikosti smanjuje se vrijednost indeksa, stoga se obično, radi lakšeg razumijevanja, vrijednost indeksa prikazuje kao recipročna vrijednost ($1/D_s$) ili komplementarna forma (1-D) (Simpson, 1949).

Berger-Parkerov indeks dominacije;

izražava proporcionalnu važnost najzastupljenije vrste. Indeks ne ovisi o bogatstvu vrsta, ali ovisi o veličini uzorka. Izračunava se pomoću formule:

$$d = N_{\max} / N$$

Gdje je N_{\max} broj jedinki najzastupljenije (dominantne) vrste, a N ukupan broj jedinki u uzorku. Vrijednost Berger-Parkerovog indeksa se smanjuje kako raznolikost raste, stoga se i kod ovog indeksa najčešće koristi recipročna vrijednost ($1/d$), pri čemu veća vrijednost indeksa označava i veću raznolikost (Caruso *et al.*, 2007).

Shannon-Wienerov indeks;

Predstavlja omjer indeksa broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici, a koristan je prilikom usporedbe raznolikosti različitih zajednica i okoliša. Izračunava se koristeći formulu:

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

Gdje S označava ukupan broj vrsta u uzorku, i ukupan broj jedinki jedne vrste, a p broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u zajednici. Vrijednost indeksa u rasponu je od 1,3 do 3,5, a najveću vrijednost postiže kad zajednica sadrži vrste zastupljene jednakim brojem jedinki. Vrijednost $<0,6$ ukazuje na brakičnu sredinu, a vrijednosti $>2,1$ predstavljaju okoliše normalnog saliniteta (Murray, 2006).

Indeks ujednačenosti (ekvitabilnosti);

Prikazuje raznolikost neke zajednice u odnosu na najveću moguću raznolikost, a koristi sljedeću formulu:

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

Gdje je E indeks ekvitabilnosti, H predstavlja Shannon-Wienerov indeks, a S ukupan broj vrsta u uzorku. Indeks ima raspon od 0 (zajednica sadrži samo jednu vrstu) do 1 (zastupljene vrste imaju jednak broj jedinki, Hayek & Buzas, 1997).

Fisherov (α) indeks;

Koristan je pokazatelj raznolikosti u zajednici jer uzima u obzir i vrste koje su prisutne malim brojem jedinki. Indeks se očitava s dijagrama ili izračunava pomoću formule:

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

Gdje S označava broj vrsta, n broj jedinki, a α Fisherov indeks.

Vrijednosti Fisherovog (α) indeksa u različitim okolišima prema Murray (1991):

- < 5 brakične močvare;
- < 3 marinske močvare;
- < 7 hiperslane močvare;
- 1 – 5 brakične lagune;
- 3 – 12 marinske lagune;
- 1 – 6 hiperslane lagune;
- 3 – 19 unutarnji šelf;
- 5 – 20 vanjski šelf;
- 5 – 25 batijal.

3.3.2. Granulometrijska analiza

Nakon kombinirane metode mokrog sijanja i sedigrafa, granulometrijska analiza napravljena je pomoću statističkog paketa GRADISTAT Ver. 6.0. (Blott & Pye, 2001) unutar Microsoft Office Excel računalnog programa. Tip sedimenta za svaki uzorak, prema Folk-ovoj klasifikaciji (1954), prikazan je u trokomponentnom dijagramu pijesak/prah/glina. Ukoliko je postotni udio šljunka u uzorku viši od 0,5%, tip sedimenta dodatno je prikazan i u trokomponentnom dijagramu šljunak/pijesak/mulj. Izračunata je prosječna i srednja veličina zrna te koeficijent sortiranosti za svaki uzorak. Prosječna veličina zrna predstavlja aritmetičku sredinu veličina svih čestica u uzorku, dok srednja veličina zrna prikazuje veličinu zrna od koje je istovremeno 50% čestica veće i 50% čestica manje veličine. Koeficijent sortiranosti (ϕ) ukazuje na jednoličnost raspodjele veličinskih frakcija u uzorku. Vrijednosti koeficijenta sortiranosti manje od 0,50 ukazuju na dobru sortiranost dok iznosi veći od 1,00 prikazuju lošu sortiranost sedimenta. Ukoliko je vrijednost koeficijenta sortiranosti od 0,50 do 1,00 uzorak je umjereno dobro sortiran.

4. Rezultati

4.1. Rezultati mikropaleontološke analize

Mikropaleontološka analiza provedena je na ukupno 10 pod-uzoraka koji predstavljaju najplići (0–2 cm) i najdublji (8–10 cm) interval svake jezgre (ukupno pet jezgara). Identificirano je ukupno 27 foraminiferskih rodova te 42 vrste. Osim toga, u uzorcima su pronađeni fragmenti školjkaša, puževa i karapaksi ostrakoda koji za potrebe ovog diplomskog rada nisu detaljnije istraživani. Iako su prilikom laboratorijske obrade uzorci obojani *Rose bengal* otopinom, broj obojenih kućica vrlo je malen, stoga su svi rezultati i analize napravljeni na ukupnoj foraminiferskoj zajednici. U gotovo svim uzorcima prevladava rod *Ammonia* predstavljen vrstama *A. beccarii* (Linnaeus), *A. parkinsoniana* (d'Orbigny) i *A. tepida* (Cushman), s obzirom na to, najzastupljenije su kućice s perforatnom stijenkom dok je sljedeća po zastupljenosti aglutinirana stijenka. Pojedini udio tipova stijenki za svaki pod-uzorak prikazan je u prilogu 1, a okoliš karakterističan za pojedini uzorak prikazan je pomoću trokomponentnog dijagrama na slikama 12–16.

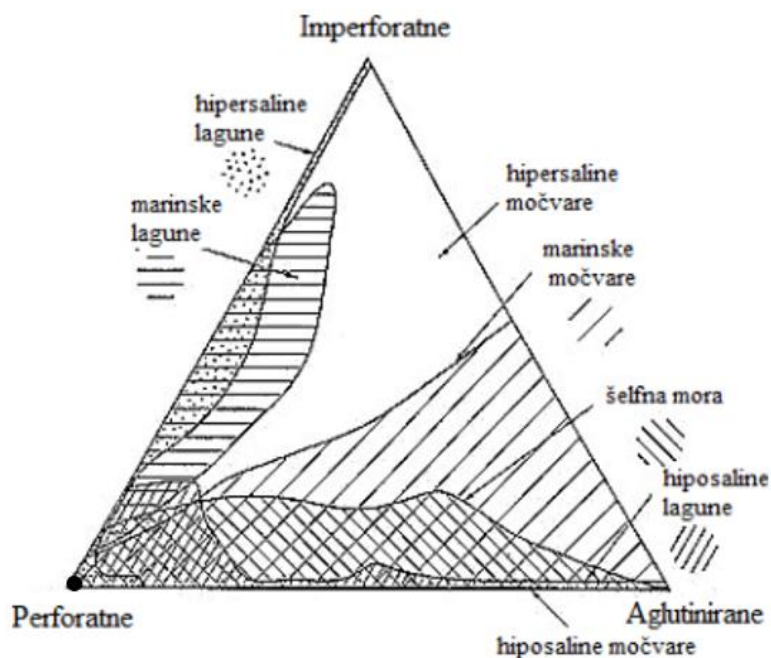
4.1.1. Uzorak K1

U standardiziranim uzorcima jezgre K1 pronađeno je ukupno 12 rodova i 15 vrsta bentičkih foraminifera (tablica 1). Uzorak osim toga sadrži i pretaložene kućice planktonskih foraminifera, te veliki broj pretaloženih foraminiferskih kućica roda *Nummulites* (26,00%). Dominantni rod u oba uzorka je *Ammonia* koji u plićem intervalu predstavlja 56,35%, a u dubljem 37,00% foraminiferske zajednice. Dominantna vrsta je *A. tepida*, s relativnom zastupljenosti od 41,12% u plićem, odnosno 27,00% u dubljem intervalu ove jezgre. U površinskom intervalu, više od 90% kućica dobro je sačuvano dok je u dubljem intervalu oko 13% kućica malo ili djelomično oštećeno. Na 17% kućica u plićem i 10% kućica u dubljem intervalu primijećeno je jače povećanje zadnje klijetke. Također, na 8% kućica u plićem, odnosno 10% u dubljem intervalu uočeni su tragovi bioerozije. U površinskom intervalu slijedi podjednaka srednja zastupljenost vrsta *A. beccarii* i *Haynesina depressula* (Walker & Jacob, 6,09%) dok su u dubljem intervalu to *A. beccarii* (7,00%) i *A. parkinsoniana* (6,00%). Zajednicu foraminifera s imperforatnom stijenkom tvore *Quinqueloculina* i *Pseudotriloculina*, pronađene samo u dubljem intervalu. Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) za jezgru K1 iznosi 0,31 u

plicem, odnosno 0,20 u dubljem intervalu. U intervalu 0–2 cm, Berger-Parkerov indeks dominacije iznosi 0,54, dok je u dubljem intervalu 0,41. Shannon-Wienerov indeks je 1,77 za plicí, te 2,22 za dublji interval, dok je indeks ujednačenosti u rasponu od 0,64 (površinski interval) do 0,73 (dublji interval). Vrijednosti Fisherovog (α) indeksa od 4,52 (u površinskom intervalu) i 7,06 (u dubljem intervalu) ukazuju na okoliš marinske lagune.

Tablica 1 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K1, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, a svi ostali perforatnu stijenkú. Vrste s oznakom sp. 1 ili 3 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991). ■ dominantne vrste, ■ srednje zastupljene vrste, ■ rijetko zastupljene vrste i ■ jako rijetko zastupljene vrste.

| Rodovi i vrste | K1 0–2 cm | | K1 8–10 cm | | Način života |
|--|----------------|--------|----------------|--------|--------------|
| | Relativni broj | | Relativni broj | | |
| <i>Quinqueloculina</i> sp. • | - | - | 1 | 0,50% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny) • | - | - | 1 | 0,50% | epifauna |
| <i>Bolivina striatula</i> (Cushman) | 1 | 0,51% | - | - | infauna |
| <i>Bulimina</i> sp. | 2 | 1,02% | - | - | infauna |
| <i>Rosalina</i> sp. | 1 | 0,51% | 2 | 1,00% | epifauna |
| <i>Cibicidoides</i> sp. | - | - | 3 | 1,50% | epi-infauna |
| <i>Cibicides</i> sp. | - | - | 2 | 1,00% | epifauna |
| <i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob) | 12 | 6,09% | 7 | 3,50% | infauna |
| <i>Haynesina</i> sp. 3 | - | - | 3 | 1,50% | infauna |
| <i>Haynesina</i> sp. | 7 | 3,55% | 4 | 2,00% | infauna |
| <i>Porosononion granosum</i> (d'Orbigny) | 7 | 3,55% | 3 | 1,50% | epifauna |
| <i>Porosononion</i> sp. 1 | - | - | 4 | 2,00% | epifauna |
| <i>Bucella granulata</i> (di Napoli Alliata) | 3 | 1,52% | 2 | 1,00% | infauna |
| <i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) | 12 | 6,09% | 14 | 7,00% | infauna |
| <i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny) | 7 | 3,55% | 12 | 6,00% | infauna |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman) | 81 | 41,12% | 54 | 27,00% | infauna |
| <i>Ammonia</i> sp. | 11 | 5,58% | 9 | 4,50% | infauna |
| <i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny) | 1 | 0,51% | 3 | 1,50% | epifauna |
| <i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll) | 1 | 0,51% | 1 | 0,50% | epifauna |
| <i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus) | 1 | 0,51% | - | - | epifauna |
| <i>Elphidium translucens</i> (Natland) | - | - | 1 | 0,50% | epifauna |
| <i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny) | - | - | 1 | 0,50% | infauna |
| <i>Elphidium</i> sp. | - | - | 2 | 1,00% | epi-infauna |
| <i>Criboelphidium</i> sp. | 1 | 0,51% | - | - | infauna |



Slika 12 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K1 (modificirano prema Murray, 1974)

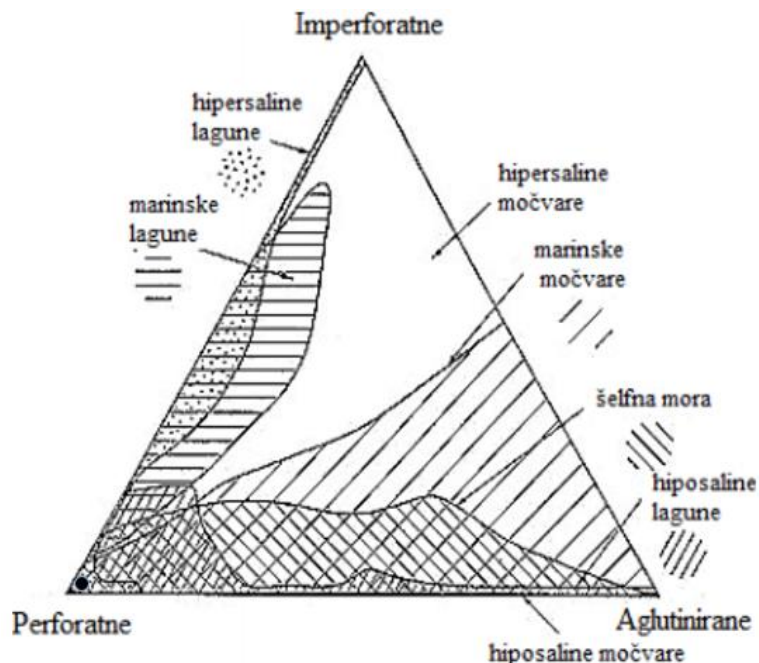
4.1.2. Uzorak K2

U dva analizirana intervala sedimentne jezgre K2 pronađeno je ukupno 16 foraminiferskih rodova i jednako toliko vrsta (tablica 2). I u ovim uzorcima, u oba intervala dominira rod *Ammonia* (51,75% i 31,81% zajednice plićeg i dubljeg intervala). Prepoznate su tri vrste ovog roda, a najbrojnija je vrsta *A. tepida*. Na oko 7% kućica te vrste (u oba intervala) primijećeno je povećanje zadnje klijetke. Oko 9% kućica površinskog i 14% kućica dubljeg intervala malo je oštećeno, dok je postotak djelomično ili jako razbijenih kućica manji od 5%. U površinskom intervalu prema zastupljenosti slijedi rod *Porosonion* (7,70%), a u dubljem intervalu rod *Haynesina* (20,80%). Na oko 10% zajednice tog roda uočena je deformacija oblika kućice. U dubljem intervalu pronađene su i pretaložene jedinice roda *Nummulites* (27,27% zajednice), a uz perforatne kućice, prepoznate su i aglutinirane forme roda *Trochammina*, vrsta *Trochammina inflata* (Montagu). Osim bentičkih foraminifera, i u ovim intervalima pronađene su pretaložene planktonske foraminifere koje tvore 0,70% zajednice plićeg te 4,92% zajednice dubljeg intervala. Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) iznosi 0,27 u površinskom te 0,75 u dubljem intervalu. U površinskom intervalu Berger-Parkerov indeks iznosi 0,50, a Shannon-Wienerov

indeks 1,96. Vrijednosti tih dvaju indeksa u dubljem intervalu su 0,44 odnosno 1,97. Indeks ekvitabilnosti jednak je u oba intervala s vrijednosti 0,65. Fisherov (α) indeks u površinskom intervalu iznosi 7, u dubinskom 6 te ukazuje na okoliš marinske lagune.

Tablica 2 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K2, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenku. Vrste s oznakom sp. 1 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991). ■ dominantne vrste, ■ srednje zastupljene vrste, ■ rijetko zastupljene vrste i ■ jako rijetko zastupljene vrste.

| Rodovi i vrste | K2 0–2 cm | | K2 8–10 cm | | Način života |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | |
| <i>Trochammina inflata</i> (Montagu) ◦ | 1 | 0,70% | 1 | 0,32% | epi-inafauna |
| <i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny) • | 1 | 0,70% | - | - | epifauna |
| <i>Laevidentalina</i> sp. | - | - | 1 | 0,32% | inafauna |
| <i>Bolivina striatula</i> (Cushman) | 1 | 0,70% | 1 | 0,32% | inafauna |
| <i>Bolivina</i> sp. | 1 | 0,70% | - | - | epi-inafauna |
| <i>Bulimina elongata</i> (d'Orbigny) | 1 | 0,70% | - | - | inafauna |
| <i>Bulimina</i> sp. | - | - | 1 | 0,32% | inafauna |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> (Hofker) | - | - | 1 | 0,32% | inafauna |
| <i>Cibicidoides pseudoungeriana</i> (Cushman) | 2 | 1,40% | - | - | epifauna |
| <i>Cibicides refulgens</i> (Montfort) | 1 | 0,70% | - | - | epifauna |
| <i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob) | 2 | 1,40% | 40 | 12,94% | inafauna |
| <i>Haynesina</i> sp. | - | - | 12 | 3,88% | inafauna |
| <i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny) | 10 | 7,00% | 12 | 3,88% | epifauna |
| <i>Porosonion</i> sp. | 1 | 0,70% | 3 | 0,97% | epifauna |
| <i>Discorbis</i> sp. | - | - | 5 | 1,62% | epifauna |
| <i>Valvulineria</i> sp. | - | - | 2 | 0,65% | inafauna |
| <i>Eponides</i> sp. | 1 | 0,70% | 4 | 1,30% | epifauna |
| <i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) | 4 | 2,80% | 4 | 1,30% | inafauna |
| <i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny) | 6 | 4,20% | 2 | 0,65% | inafauna |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman) | 57 | 39,86% | 85 | 27,60% | inafauna |
| <i>Ammonia</i> sp. | 7 | 4,90% | 7 | 2,27% | inafauna |
| <i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll) | 2 | 1,40% | - | - | epifauna |
| <i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus) | - | - | 3 | 0,97% | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. 1 | 2 | 1,40% | 2 | 0,65% | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. | 1 | 0,70% | 1 | 0,32% | epi-inafauna |



Slika 13 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenci za uzorak K2 (modificirano prema Murray, 1974)

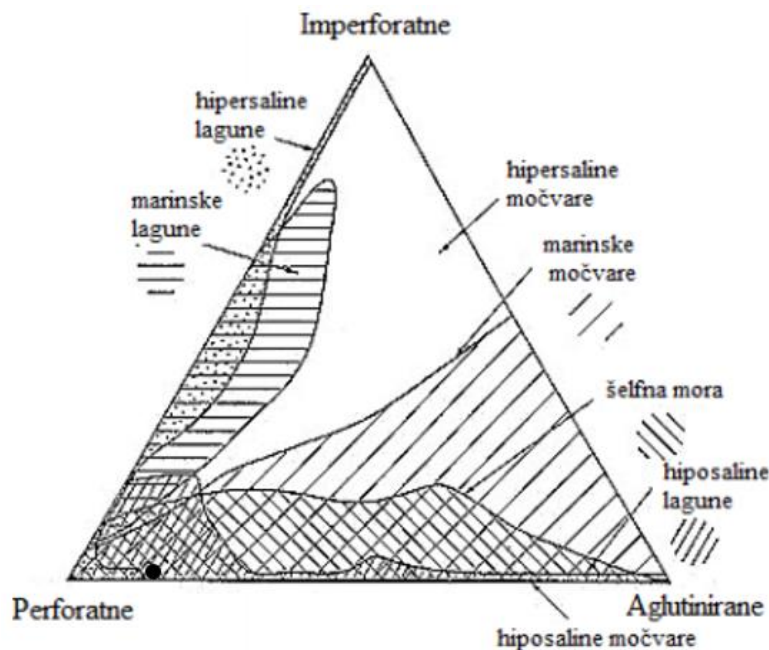
4.1.3. Uzorak K4

U standardiziranim uzorcima jezgre K4 identificirano je 12 foraminiferskih rodova i 16 vrsta (tablica 3). Najzastupljeniji rod je *Ammonia* koji izgrađuje 66,99% zajednice površinskog i 70,10% zajednice dubljeg intervala. U oba intervala dominiraju kućice *A. tepida* koje u površinskom intervalu tvore 53,85% zajednice. Iako manje brojne u dubljem intervalu (32,47%), kućice su lošije očuvane pa je tako udio malo oštećenih jedinki 14%, dok je u površinskom intervalu taj postotak oko 8%. Udio djelomično ili jako razbijenih jedinki u oba je intervala manji od 5%. Zanimljivo, relativno veliki broj jedinki iz dubljeg intervala (15%) ima povećane zadnje klijetke, dok je u površinskom intervalu taj postotak oko 11%. U dubljem intervalu, prema zastupljenosti slijedi vrsta *A. beccarii* (20,90%), dok je u površinskom to rod *Trochammina* (vrsta *T. inflata*, 12,18%). Oko 18% kućica *T. inflata* ima jako povećanu zadnju klijetku. U oba intervala prisutne su pretaložene kućice roda *Nummulites* (4,17% zajednice) kao i kućice planktonskih foraminifera (3,53% u površinskom te 5,47% u dubljem intervalu). Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) iznosi 0,56 u površinskom i 0,69 u dubljem intervalu. U površinskom uzorku Berger-Parkerov indeks iznosi 0,64, a Shannon-Wienerov indeks 1,38. Vrijednosti tih dvaju indeksa u dubljem pod-uzorku su 0,45 odnosno 1,68. Indeks ekvitabilnosti

iznosi 0,47 u površinskom, odnosno 0,53 u dubljem intervalu. Vrijednost Fisherovog (α) indeksa u površinskom intervalu iznosi 4,59, odnosno 6,36 u dubljem intervalu ukazujući na hiperslanu lagunu.

Tablica 3 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K4, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006), Schlagintweit & Rigaud (2019) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenku. Vrste s oznakom sp. 1 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991). dominantne vrste, srednje zastupljene vrste, rijetko zastupljene vrste i jako rijetko zastupljene vrste.

| Rodovi i vrste | K4 0–2 cm | | K4 8–10 cm | | Način života |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | |
| <i>Spiroplectamina</i> sp. ◦ | - | - | 2 | 0,64% | infauna |
| <i>Trochamina inflata</i> (Montagu) ◦ | 38 | 12,18% | 8 | 2,57% | epi-infauna |
| <i>Trochamina</i> sp. ◦ | 8 | 2,56% | 3 | 0,96% | epi-infauna |
| <i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny) • | - | - | 1 | 0,32% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny) • | - | - | 1 | 0,32% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina</i> sp. • | - | - | 1 | 0,32% | epifauna |
| <i>Bolivina earlandi</i> (Parr) | - | - | 2 | 0,64% | infauna |
| <i>Bolivina striatula</i> (Cushman) | 1 | 0,32% | 1 | 0,32% | infauna |
| <i>Cibicides</i> sp. | 2 | 0,64% | 3 | 0,96% | epifauna |
| <i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob) | 2 | 0,64% | 13 | 4,18% | infauna |
| <i>Haynesina</i> sp. | 1 | 0,32% | - | - | infauna |
| <i>Porosononion granosum</i> (d'Orbigny) | 3 | 0,96% | 2 | 0,64% | infauna |
| <i>Porosononion</i> sp. | 2 | 0,64% | 2 | 0,64% | infauna |
| <i>Discorbis</i> sp. | 2 | 0,64% | - | - | epifauna |
| <i>Eponides</i> sp. | 8 | 2,56% | 3 | 0,96% | epifauna |
| <i>Stomatorbina</i> sp. | 1 | 0,32% | - | - | epifauna |
| <i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) | 12 | 3,85% | 65 | 20,90% | infauna |
| <i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny) | 14 | 4,49% | 47 | 15,11% | infauna |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman) | 168 | 53,85% | 101 | 32,47% | infauna |
| <i>Ammonia</i> sp. | 15 | 4,81% | 5 | 1,61% | infauna |
| <i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny) | 1 | 0,32% | 1 | 0,32% | epifauna |
| <i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus) | - | - | 1 | 0,32% | epifauna |
| <i>Elphidium fichtelianum</i> (d'Orbigny) | - | - | 1 | 0,32% | infauna |
| <i>Elphidium translucens</i> (Natland) | 2 | 0,64% | - | - | epifauna |
| <i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny) | - | - | 1 | 0,32% | infauna |
| <i>Elphidium</i> sp. 1 | 1 | 0,32% | - | - | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. | 3 | 0,96% | 1 | 0,32% | epi-infauna |



Slika 14 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenci za uzorak K4 (modificirano prema Murray, 1974)

4.1.4. Uzorak K5

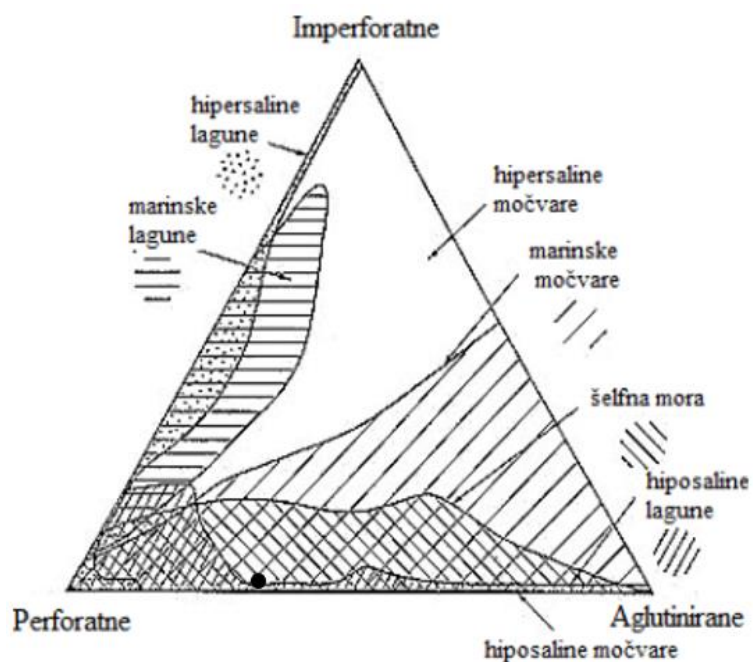
U dva analizirana intervala sedimentne jezgre K5 određena su ukupno 23 roda te 26 vrsta (tablica 4). U površinskom intervalu dominira rod *Trochammina* (27,61%), a slijedi rod *Ammonia* (25,10%). Suprotno tome, u dubljem intervalu dominira rod *Ammonia* (31,67%), a slijedi rod *Trochammina* s 24,59%. Također, većina kućica roda *Trochammina* (80%) ima spljoštene klijetke (njihova osobina je da su kuglaste zbog čega i vrsta ima takav naziv jer cijela kućica teži prema obliku kugle). Kao i u prethodnim uzorcima, prepoznate su tri vrste roda *Ammonia*; *A. beccarii*, *A. parkinsoniana* i *A. tepida*. U oba intervala najzastupljenija vrsta je *A. tepida* (12,13% površinskog, odnosno 16,67% dubljeg intervala). Na 12,50% kućica dubljeg intervala primijećeno je povećanje zadnje klijetke, a na 17,50% kućica uočeni su tragovi bioerozije. Također, 20% kućica malo je oštećeno, dok je 5,50% kućica jače ili jako razbijeno. Bioerozijom je zahvaćeno i 5% do 7% kućica *A. parkinsoniana*. U površinskom intervalu oko 25% kućica *A. tepida* malo je oštećeno, na 30% kućica uočeno je povećanje zadnje klijetke, a na oko 10% kućica tragovi bioerozije. Osim recentne foraminiferske zajednice, oko 9%

zajednice predstavljaju i pretaložene jedinke roda *Nummulites*. Aglutinirane kućice predstavljene s dva roda, *Spiroplectammina* i *Textularia* rijetko su zastupljene (2,52%). Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) za jezgru K5 iznosi 0,83 u plićem, odnosno 0,85 u dubljem intervalu. U površinskom intervalu, Berger-Parkerov indeks dominacije iznosi 0,35, dok je u dubljem intervalu vrijednost 0,29. Shannon-Wienerov indeks je 2,33 za plići, te 2,41 za dublji interval, dok je indeks ujednačenosti jednak u oba intervala (0,72). Vrijednosti Fisherovog (α) indeksa iznose 8,04 za površinski te 9,54 za dublji interval te ukazuju na okoliš marinske lagune.

Tablica 4 Način života te relativna i apsolutna zastupljenost pojedinih rodova i vrsta u jezgri K5 (intervali 0–2 cm i 8–10 cm). Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993) Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ° aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenkku. Vrste s oznakom sp. 1 ili 4 preuzeti su iz rada Cimerman & Langer (1991). ■ dominantne vrste, ■ srednje zastupljene vrste, ■ rijetko zastupljene vrste i ■ jako rijetko zastupljene vrste.

| Rodovi i vrste | K5 0–2 cm | | K5 8–10 cm | | Način života |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | |
| <i>Spiroplectammina</i> sp. ° | 3 | 1,26% | - | - | infauna |
| <i>Textularia</i> sp. ° | 3 | 1,26% | - | - | epifauna |
| <i>Trochammina inflata</i> (Montagu) ° | 39 | 16,32% | 33 | 13,75% | epi-infauna |
| <i>Trochammina</i> sp. ° | 27 | 11,30% | 26 | 10,83% | epi-infauna |
| <i>Adelosina elegans</i> (Williamson) • | 1 | 0,42% | - | - | epifauna |
| <i>Adelosina</i> sp. 1 • | 1 | 0,42% | - | - | epifauna |
| <i>Cycloforina</i> sp. • | - | - | 1 | 0,42% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina auberiana</i> (d'Orbigny) • | - | - | 1 | 0,42% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina disparilis</i> (d'Orbigny in Schlumberger) • | - | - | 1 | 0,42% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner) • | 1 | 0,42% | - | - | epifauna |
| <i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus) • | - | - | 2 | 0,83% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina</i> sp. • | 2 | 0,84% | 1 | 0,42% | epifauna |
| <i>Pseudotriloculina limbata</i> (d'Orbigny in Fornasini) • | 1 | 0,42% | - | - | epifauna |
| <i>Peneroplis pertusus</i> (Forsskål in Niebuhr) | 1 | 0,42% | - | - | epifauna |
| <i>Bolivina spathulata</i> (Williamson) | - | - | 1 | 0,42% | infauna |
| <i>Bolivina striatula</i> (Cushman) | - | - | 1 | 0,42% | infauna |
| <i>Bulimina</i> sp. | 1 | 0,42% | - | - | infauna |
| <i>Rosalina</i> sp. | 2 | 0,84% | 2 | 0,83% | epifauna |
| <i>Cibicides</i> sp. | 8 | 3,35% | - | - | epi-infauna |
| <i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny) | 2 | 0,84% | - | - | infauna |
| <i>Cibicides refulgens</i> (Montfort) | - | - | 4 | 1,67% | epifauna |





| | | | | | |
|--|----|--------|----|--------|-------------|
| <i>Cibicides</i> sp. | 10 | 4,18% | 9 | 3,75% | epifauna |
| <i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob) | - | - | 2 | 0,83% | infauna |
| <i>Haynesina</i> sp. | - | - | 2 | 0,83% | infauna |
| <i>Nonionoides turgidus</i> (Williamson) | - | - | 1 | 0,42% | infauna |
| <i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny) | 1 | 0,42% | 3 | 1,25% | infauna |
| <i>Porosonion</i> sp. | - | - | 2 | 0,83% | infauna |
| <i>Discorbis</i> sp. | 4 | 1,67% | - | - | epifauna |
| <i>Eponides</i> sp. | - | - | 2 | 0,83% | epifauna |
| <i>Bucella granulata</i> (di Napoli Alliata) | 1 | 0,42% | 6 | 2,50% | infauna |
| <i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) | 5 | 2,09% | 2 | 0,83% | infauna |
| <i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny) | 14 | 5,86% | 20 | 8,33% | infauna |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman) | 29 | 12,13% | 40 | 16,67% | infauna |
| <i>Ammonia</i> sp. | 12 | 5,02% | 14 | 5,83% | infauna |
| <i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus) | - | - | 5 | 2,08% | epifauna |
| <i>Elphidium fichtelianum</i> (d'Orbigny) | - | - | 1 | 0,42% | infauna |
| <i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll) | 1 | 0,42% | 5 | 2,08% | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. 1 | - | - | 1 | 0,42% | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. 4 | 3 | 1,26% | - | - | epifauna |
| <i>Elphidium</i> sp. | 6 | 2,51% | 6 | 2,5% | epi-infauna |
| <i>Criboelphidium gerthi</i> (van Voorthuysen) | 1 | 0,42% | - | - | infauna |
| <i>Criboelphidium</i> sp. | - | - | 1 | 0,42% | infauna |



Slika 15 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenci za uzorak K4 (modificirano prema Murray, 1974)

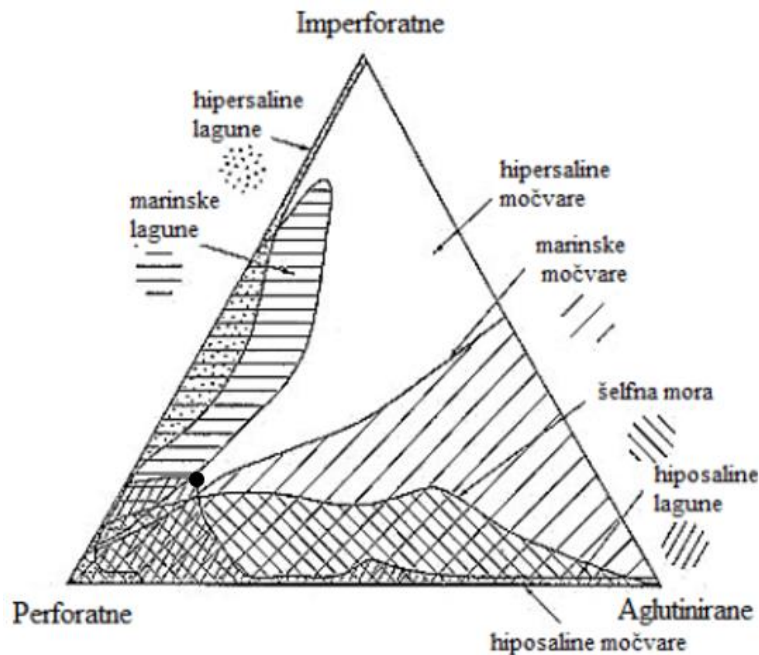
4.1.5. Uzorak K6

U standardiziranim uzorcima jezgre K6 određeno je ukupno 18 rodova i 20 vrsta (tablica 5). U površinskom intervalu dominira rod *Ammonia* (49,21%) odnosno vrsta *A. tepida* (30,79%). Oko 13% kućica malo je ili djelomično razbijeno, na 15% kućica uočeno je povećanje zadnje klijetke, a na 10% kućica tragovi bioerozije. U površinskoj zajednici dominantne su i kućice s imperforatnom stijenkom, odnosno predstavnici podreda Miliolida (26,03%): *Pseudotriloculina* i *Quinqueloculina*. Budući da je većina tih foraminiferskih kućica vrlo malih dimenzija prepoznavanje nekih jedinki na nivou vrste nije bilo moguće. Više od 90% kućica dobro je sačuvano. Srednje zastupljena vrsta u površinskom intervalu je *Porosononion granosum* (d'Orbigny, 8,25%), a 23% kućica te vrste malo je oštećeno. U dubljem intervalu dominiraju rodovi *Nummulites* (35,20%) i *Eponides* (15,20%). Jedinke tih rodova tafonomski su promijenjene, abradirane, stoga identifikacija na nivou vrste nije bila moguća. Srednje zastupljena je vrsta *A. beccarii* (8,00%). Osim bentičkih foraminifera, oko 5% zajednice dubljeg, odnosno 1% zajednice plićeg intervala čine pretaložene planktonske foraminifere. Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) iznosi 0,86 u oba intervala. U površinskom intervalu Berger-Parkerov indeks iznosi 0,31, a Shannon-Wienerov indeks 2,4. Vrijednosti tih dvaju indeksa u dubljem intervalu su 0,33 odnosno 2,58. Indeks ekvitabilnosti u površinskom intervalu iznosi 0,77, a u dubljem 0,84. Vrijednost Fisherovog (α) indeksa u površinskom intervalu iznosi 5,74, u dubinskom 11,85 te ukazuje na okoliš brakične odnosno marinske lagune.

Tablica 5 Način života te relativna i apsolutna zastupljenost foraminiferskih rodova i vrsta iz jezgre K6 (intervali 0–2 cm i 8–10 cm). Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ° aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenu.  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

| Rodovi i vrste | K6 0–2 cm | | K6 8–10 cm | | Način života |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | Relativni broj | |
| <i>Spiroplectamina</i> sp. ° | - | - | 2 | 1,60% | infauna |
| <i>Trochammina inflata</i> (Montagu) ° | 5 | 1,59% | 8 | 6,40% | epi-infauna |
| <i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny) • | - | - | 4 | 3,20% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina parvula</i> (Schlumberger) • | 1 | 0,32% | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner) • | 17 | 5,40% | - | - | epifauna |
| <i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus) • | 4 | 1,27% | 2 | 1,60% | epifauna |

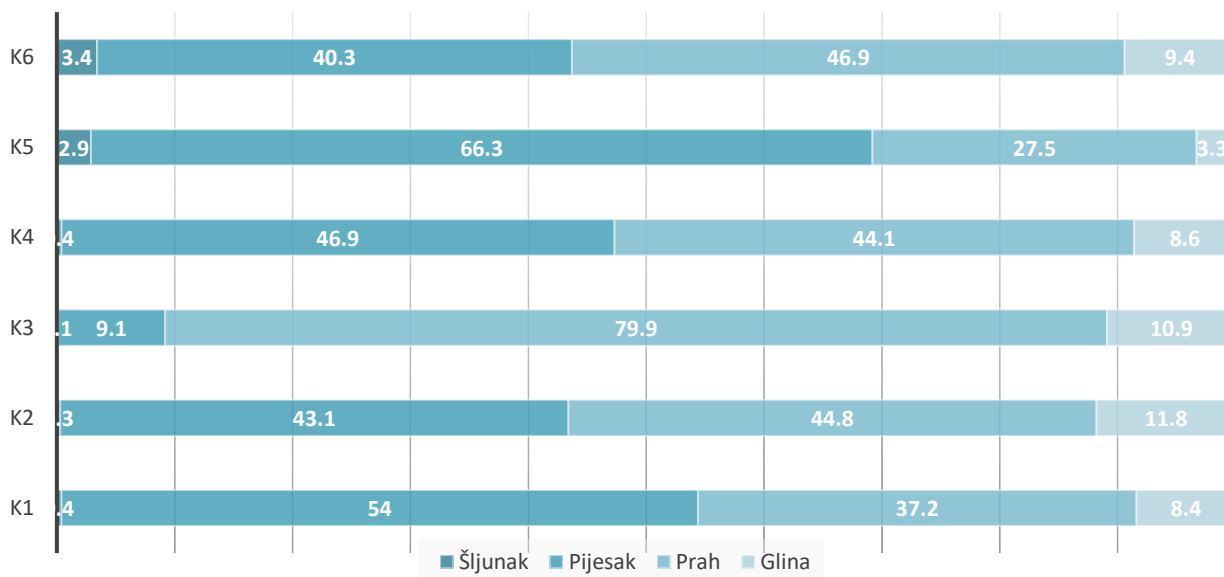
| | | | | | |
|--|----|--------|----|--------|-------------|
| <i>Quinqueloculina</i> sp. • | 35 | 11,11% | 3 | 2,40% | epifauna |
| <i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny) • | 20 | 6,35% | - | - | epifauna |
| <i>Pseudotriloculina rotunda</i> (d'Orbigny in Schlumberger) • | - | - | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus) | - | - | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Lagena doveyensis</i> (Haynes) | 1 | 0,32% | 1 | 0,80% | infauna |
| <i>Bolivina spathulata</i> (Williamson) | 9 | 2,86% | - | - | infauna |
| <i>Bolivina striatula</i> (Cushman) | 4 | 1,27% | - | - | infauna |
| <i>Bolivina</i> sp. | - | - | 1 | 0,80% | epi-infauna |
| <i>Uvigerina</i> sp. | - | - | 1 | 0,80% | infauna |
| <i>Rosalina</i> sp. | 1 | 0,32% | - | - | epifauna |
| <i>Cibicides</i> sp. | 4 | 1,27% | - | - | epifauna |
| <i>Cibicidoides</i> sp. | - | - | 2 | 1,60% | epi-infauna |
| <i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob) | 11 | 3,49% | 2 | 1,60% | infauna |
| <i>Haynesina</i> sp. | 5 | 1,59% | 1 | 0,80% | infauna |
| <i>Porosononion granosum</i> (d'Orbigny) | 26 | 8,25% | 4 | 3,20% | infauna |
| <i>Discorbis</i> sp. | - | - | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Eponides concameratus</i> (Montagu) | - | - | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Eponides</i> sp. | - | - | 18 | 14,40% | epifauna |
| <i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) | 10 | 3,17% | 10 | 8,00% | infauna |
| <i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny) | 33 | 10,48% | 1 | 0,80% | infauna |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman) | 97 | 30,79% | 4 | 3,20% | infauna |
| <i>Ammonia</i> sp. | 15 | 4,76% | - | - | infauna |
| <i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny) | 1 | 0,32% | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Elphidium advenum</i> (Cushman) | 1 | 0,32% | 1 | 0,80% | epifauna |
| <i>Elphidium limbatum</i> (Chapman) | 1 | 0,32% | - | - | infauna |
| <i>Elphidium</i> sp. | 1 | 0,32% | 3 | 2,40% | epi-infauna |
| <i>Criboelphidium</i> sp. | - | - | 1 | 0,80% | infauna |



Slika 16 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenci za uzorak K6 (modificirano prema Murray, 1974)

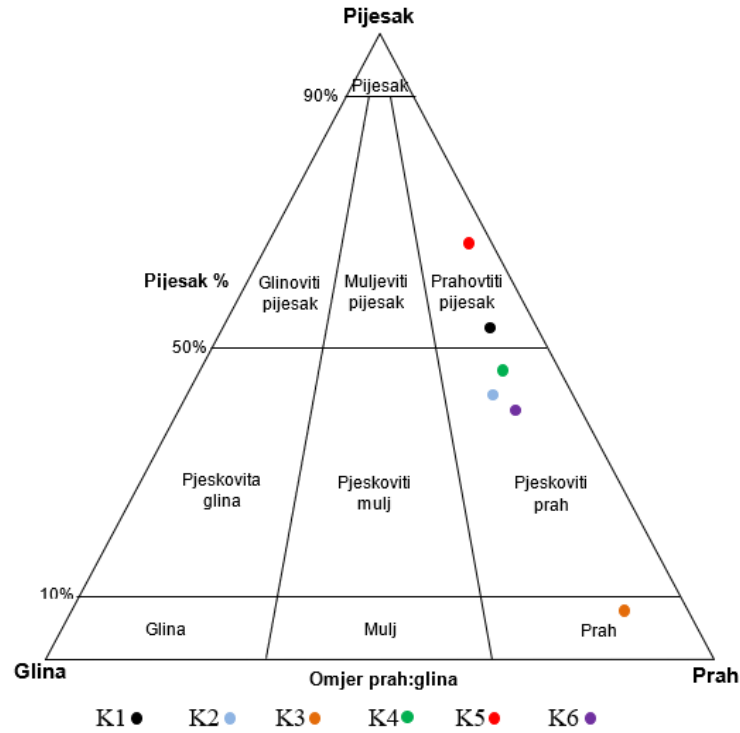
4.2. Rezultati granulometrijske analize

Rezultati granulometrijske analize ukazali su na različite karakteristike sedimenta iz okoliša analizirane slane močvare. Slika 17 prikazuje udjele pojedinih veličinskih frakcija u uzorcima prema Folk-ovoj (1954) klasifikaciji. U uzorcima K1, K4 i K5 uočena je dominacija pjeskovite komponente s najvećim udjelom u jezgri K5 gdje iznosi 66,3%. U preostala tri uzorka prevladava prahovita komponenta s najvećim udjelom u uzorku K3 (79,9%). Istovremeno, uzorci K3 i K5 ukazuju na najmanju prisutnost pijeska (9,1%) odnosno praha (27,5%). Udio šljunka u uzorcima u rasponu je od 3,4% u uzorku K6 do 0,1% u uzorku K3. Preostali dio čini glina s postotnim udjelom od 3,3% u uzorku K5 do 11,8% u uzorku K2. Budući da prah i glina zajedno čine mulj, čak 90,8% uzorka K3 predstavlja mulj, dok je taj postotak najmanji u uzorku K5 (30,8%).

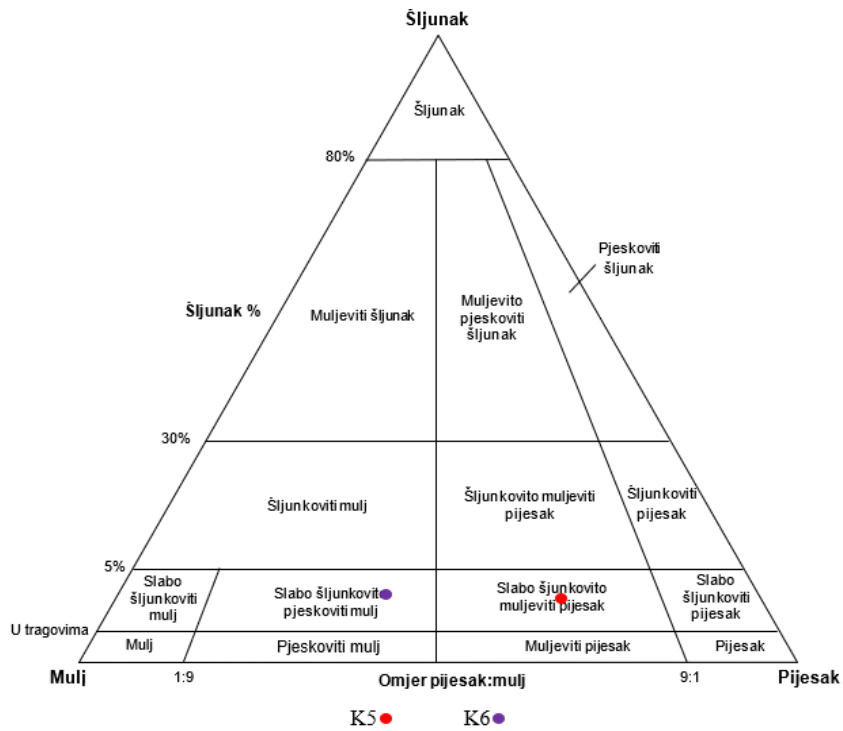


Slika 17 Grafički prikaz postotnih udjela pojedinih veličinskih frakcija za uzorke K1, K2, K3, K4, K5 i K6

Granulometrijski sastav sedimenta s obzirom na veličinu zrna prikazan je u trokomponentnom dijagramu pijesak/prah/glina prema Folk-ovoj klasifikaciji (Folk, 1954, slika 18). U uzorcima dominira pjeskovita i prahovita (siltozna) komponenta pa su tako uzorci K2, K4 i K6 klasificirani kao pjeskoviti prah, a uzorci K1 i K5 određeni su kao prahoviti pijesak. Uzorak K3 klasificiran je kao prah. Budući da je udio šljunka u uzorcima K5 i K6 veći od 0,5%, granulometrijski sastav sedimenta s obzirom na veličinu zrna istovremeno je prikazan i u trokomponentnom dijagramu šljunak/pijesak/mulj (slika 19). Uzorak K5 klasificiran je kao slabo šljunkovito muljeviti pijesak dok je K6 slabo šljunkovito pjeskoviti mulj. Čestice šljunka i pijeska najvećim su dijelom litološkog podrijetla, a dio čestica poput ljušturica organizama i fragmenata drveća biogenog je podrijetla.



Slika 18 Trokomponentni dijagram pijesak/prah/glina za određivanje granulometrijskog sastava sedimenta za uzorke K1, K2, K3, K4, K5 i K6



Slika 19 Trokomponentni dijagram šljunak/pijesak/mulj za određivanje granulometrijskog sastava sedimenta za uzorke K5 i K6

U tablici 6 prikazane su prosječne i srednje vrijednosti veličine zrna te koeficijent sortiranosti za svaki uzorak prema Folk-ovoj klasifikaciji (1954). Prosječna i srednja vrijednost veličine zrna značajno se razlikuju. Prosječna veličina zrna iznosi 39,52 μm , a srednja 54,59 μm . Najmanja vrijednost prosječne i srednje veličine zrna zabilježena je u uzorku K3, a najveća u uzorku K5. Budući da se uzorak K3 sastoji od najvećeg udjela prahovite, a uzorak K5 pjeskovite komponente, rezultati su u skladu s postotnim udjelima veličinskih frakcija u uzorcima. Koeficijent sortiranosti u rasponu je od 3,89 μm do 6,21 μm što ukazuje na vrlo lošu do izrazito lošu sortiranost sedimenta.

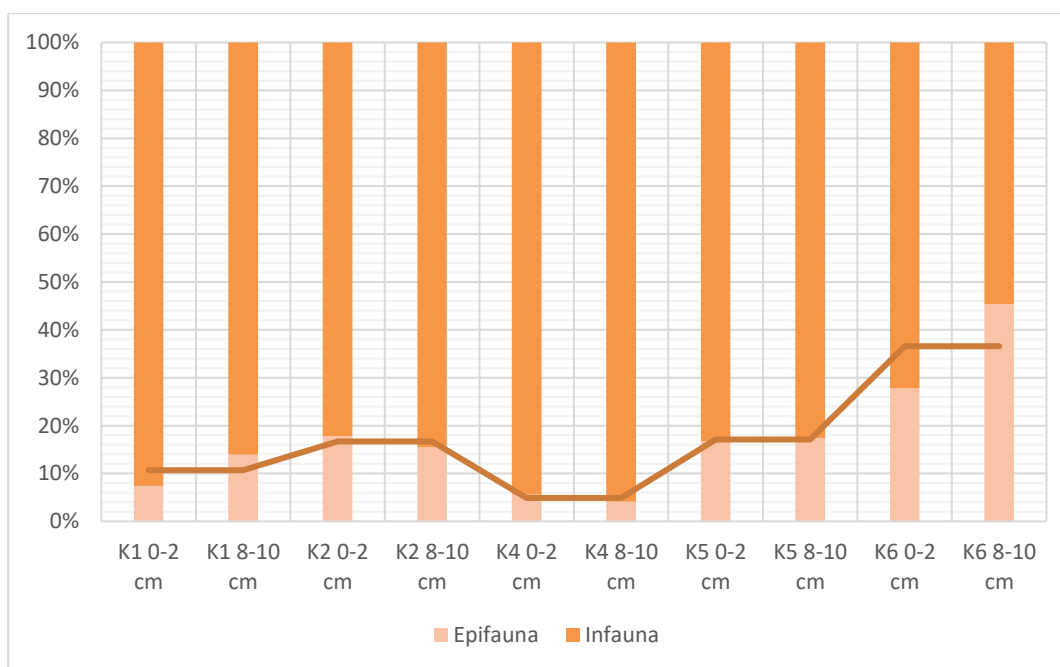
Tablica 6 Koeficijent i opis sortiranosti, te prosječna i srednja veličina zrna za svaki uzorak

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Koeficijent sortiranosti (Φ) | 5,36 μm | 6,21 μm | 3,89 μm | 5,36 μm | 4,52 μm | 6,00 μm |
| i opis sortiranosti | Izrazito loša sortiranost | Izrazito loša sortiranost | Vrlo loša sortiranost | Izrazito loša sortiranost | Izrazito loša sortiranost | Izrazito loša sortiranost |
| Prosječna veličina zrna (<i>mean</i>) | 43,50 μm | 26,84 μm | 14,16 μm | 35,60 μm | 83,56 μm | 33,46 μm |
| Srednja veličina zrna (<i>median</i>) | 70,18 μm | 43,30 μm | 17,68 μm | 53,65 μm | 94,59 μm | 48,11 μm |

5. Rasprava

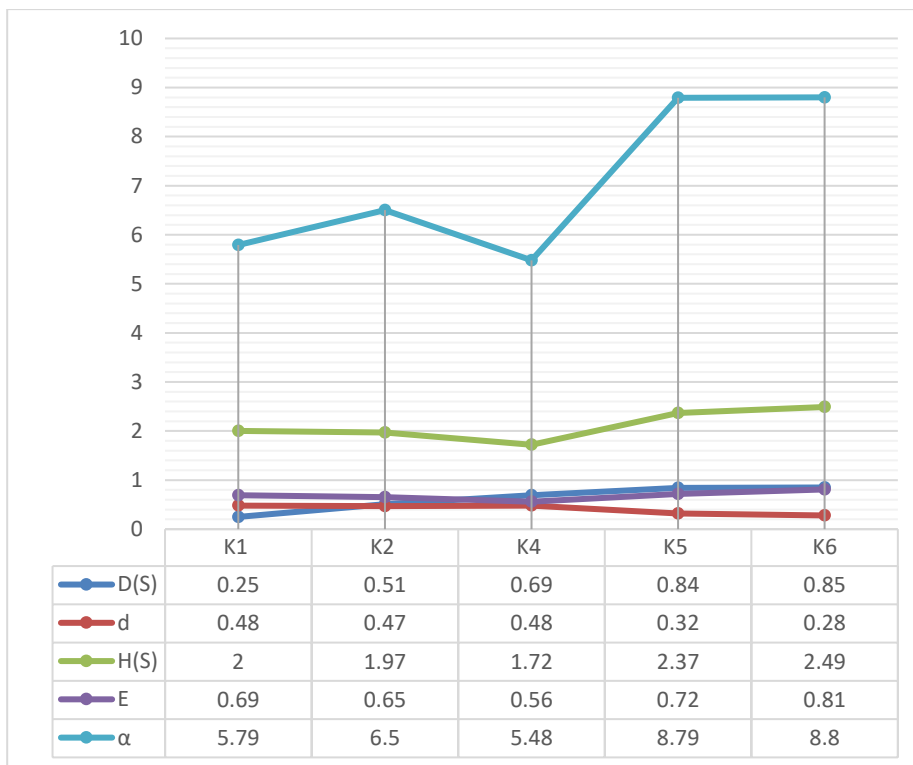
Prostorna raspodjela i sastav bentičke foraminiferske zajednice slane močvare Čižići otkriven je mikropaleontološkom analizom pet jezgara odnosno 10 pod-uzoraka koji obuhvaćaju najplići i najdublji interval svake jezgre. Određeno je ukupno 27 foraminiferskih rodova, te 42 vrste. Broj vrsta u pod-uzorcima u rasponu je od 15 u jezgri K1 do 26 u jezgri K5. Zajedničko obilježje foraminiferske zajednice iz svih istraživanih uzoraka je dominacija infaunalnih jedinki, perforatne stijenske (prilog 1) i roda *Ammonia*. S obzirom na relativnu zastupljenost u zajednici, sve tri prepoznate vrste ovog roda dominantne su u većini pod-uzoraka, a najzastupljenija je vrsta *A. tepida* koja prevladava u osam od deset analiziranih pod-uzoraka. Jedinke ovog roda nastanjuju brakične marinske okoliše do dubine 50 m (Murray, 2006), a zbog tolerancije visokog saliniteta i temperature često nastanjuju i hipersaline lagune (Zaninetti, 1982; 1984). Budući da mogu preživjeti i do nekoliko dana bez kisika, nalazimo ih rasprostranjene u području smanjene opskrbe kisika (Moodley & Hess, 1992), te nije neobično da su pronađene i u sedimentu s anoksičnog dna Rogozničkog jezera (Ćosović *et al.*, 2019; Čančar *et al.*, 2019). Oprečna su mišljenja o preferiranom tipu sedimenta koji nastanjuje ovaj rod; Murray (2006) sugerira muljeviti sastav sedimenta, dok rezultati drugih istraživanja ukazuju na obilje jedinki pronađenih na pjeskovitoj podlozi (Debenay *et al.*, 1998; Donnici & Serandrei Barbero, 2002). Osim roda *Ammonia*, izražena je abundancija još dvaju rodova, *Eponides* i *Haynesina*. Eponidesi su epifauna, a njihove kućice, slobodne ili pričvršćene, rasprostranjene su na šelfu (Murray, 2006), dok predstavnici roda *Haynesina* (vrsta *H. depressula*), herbivori, žive kao infauna, u muljevitim područjima brakičnih močvara, laguna i unutarnjeg šelfa, te toleriraju širok raspon temperature u okolišu (Murray, 2006). S obzirom na preferiranje uglavnom muljevitog sedimenta, česta prisutnost ovih rodova u istraživanim uzorcima u skladu je s granulometrijskom analizom sedimenta koja, unatoč prisutnosti pjeskovite frakcije, sadrži značajan udio prahovite (muljevite) komponente. Prema zastupljenosti u zajednicama slijede kućice s aglutiniranom stijenkom (prilog 1) predstavljene vrstom *Trochammina inflata*. Česta prisutnost vrste zabilježena je u površinskim intervalima uzorka K4 i K5. Predstavnici vrste su herbivori, žive kao in- ili epifauna najčešće pričvršćena za močvarno raslinje, te nastanjuju intertjadalna močvarna područja diljem svijeta (Matera & Lee, 1972). Iako najmanje zastupljene (prilog 1), foraminifere s imperforatnom stijenkom, odnosno predstavnici roda *Quinqueloculina*

sp., brojni su u površinskom intervalu uzorka K6. Jedinke ovog roda podnose širok raspon temperatura, a zbog tolerancije visokog saliniteta, osim marinskih nastanjuju i hipersaline okoliše. Prema načinu života su slobodni ili pričvršćeni epifiton, herbivori (Langer, 1993; Murray, 2006). Unatoč podjednakom omjeru in- i epifaunalnih vrsta, relativni udio infaune je, zbog izražene dominacije roda *Ammonia*, značajno viši u gotovo svim pod-uzorcima (slika 20). Infaunalna zajednica karakteristika je muljevitoz sedimenta što odgovara rezultatima granulometrijske analize, odnosno prisutnosti prahovitog, sitnozrnog sedimenta.



Slika 20 Grafički prikaz relativne zastupljenosti infaunalnih i epifaunalnih jedinki u uzorcima

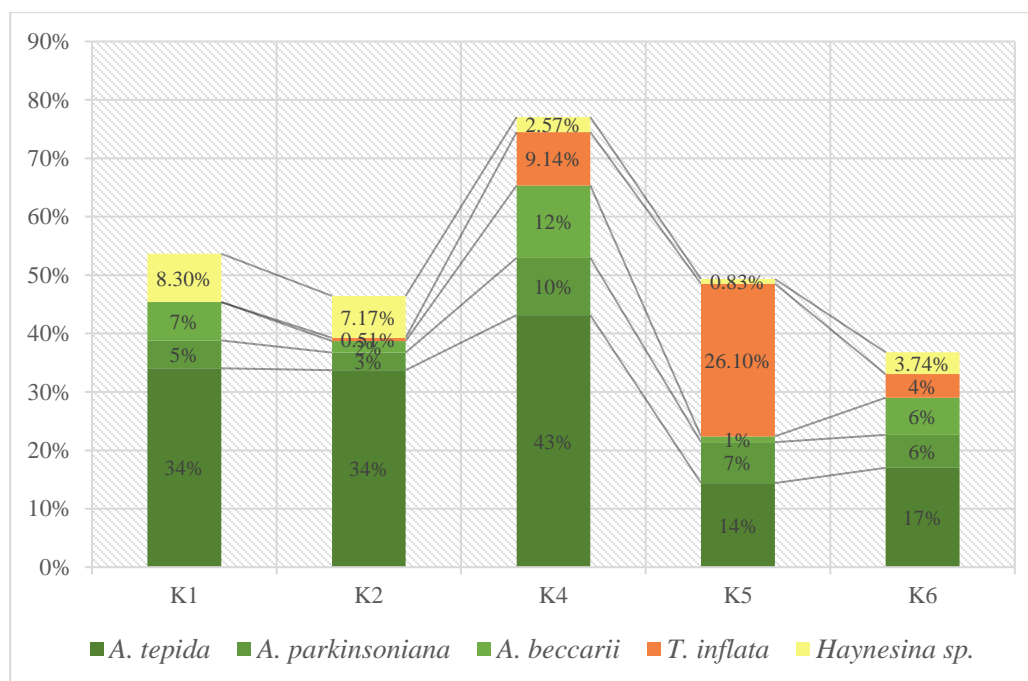
Rezultati statističke analize odnosno indeksi bioraznolikosti (slika 21, prilog 2) ukazuju na različitu dominaciju i raznolikost foraminiferske zajednice. Neujednačene vrijednosti Simpsonovog indeksa (1-D) u rasponu su od 0,25 do 0,85 (od dominacije do raznolikosti), a prostorno se povećavaju od uzorka K1 do uzorka K6 (najbližeg kopnenom okolišu). S obzirom na dubinu intervala (starost) vrijednosti indeksa jednake su ili pak neznatno više u dubljem intervalu što znači da porastom dubine raste tek neznatno raste broj vrsta u zajednici. Sličan trend pokazuju i vrijednosti Berger-Parkerovog, Shannon-Wienerovog te indeksa ujednačenosti. Vrijednosti Fisherovog (α) indeksa su u rasponu od 5,79 do 8,80, karakteristične za okoliš marinske lagune.



Slika 21 Grafički prikaz vrijednosti indeksa bioraznolikosti u jezgrama. Oznake: Ds-Simpsonov indeks, d-Berger-Parkerov indeks, H(S)-Shannon-Wienerov indeks, E-indeks ujednačenosti i α -Fisherov (α) indeks

S obzirom na tip stijenki, udaljavanjem od mora povećava se udio imperforatnih (miliolidnih) i aglutiniranih jedinki, a istovremeno smanjuje broj perforatnih kućica. Prema tome, trokomponentni dijagram s obzirom na tip stijenki (slika 12) sugerira okoliš marinske močvare. Jedino odstupanje prisutno je u uzorku K6 koji se, zbog obilja pronađenih miliolidnih kućica, nalazi u okolišu hipersaline močvare. Slični rezultati uočeni su i u okolišu slane močvare Sjevernog mora (Müller-Navarra *et al.*, 2016) i Europe (Lehmann *et al.*, 2006). Prema Shaw *et al.* (2016) dominacija roda *Trochammina*, odnosno aglutiniranih jedinki, karakteristika je „više“ močvare, dok je pretežito perforatna zajednica uočena na nižim dijelovima, u okolišu „srednje“ do „niske“ močvare. Takva prostorna raspodjela je u slanim močvarama Jadrtovac i Blace u okolici Šibenika (Shaw *et al.*, 2016). Dominacija roda *Ammonia* i česta prisutnost roda *Haynesina* (slika 22) zabilježena je u slanoj močvari Lokunja (otok Pag, Ban, 2019) i okolišu na ušću rijeke Mirne (Felja 2017; usmeno priopćenje, Križnjak). Odstupanje, odnosno značajno veći udio imperforatnih jedinki s izraženim tafonomskim promjenama utvrđen je u slanoj

močvari Kraljičine plaže u Ninu (usmeno priopćenje, Čančar). Brojnost *T. inflata* kućica te izražena dominacija roda *Ammonia* može ukazivati na stresne i promjenjive uvjete (Murray, 2006; Scott, 2004) koje obično karakterizira i mala raznolikost foraminiferske zajednice (Nagendra *et al.*, 2015). Deformirane kućice pronađene su u znatnom broju što može biti posljedica nestabilnih ili nepovoljnih uvjeta u okolišu. Uočena je prisutnost iznimno povećane zadnje klijetke kod jedinki vrste *A. tepida*, te rjeđe *A. parkinsoniana* i *H. depressula*, a udio deformiranih kućica u zajednicama raste udaljavanjem od mora. Uzroci deformiranosti ponekad su i odstupanja od standardnih vrijednosti određenih kemijskih elemenata ili pojava novih najčešće izazvana snažnim antropogenim djelovanjem (Caruso *et al.*, 2011). Plaža Melin dio je istraživanog područja, a zbog ljekovitih svojstava blata poznato je okupljalište mnoštva turista. Sukladno tome, neke promjene kemijskog sastava sedimenta mogući su uzrok deformiranosti foraminiferskih kućica.



Slika 22 Grafički prikaz relativne zastupljenosti roda *Ammonia* (vrste *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana* i *Ammonia beccarii*) i *Haynesina*, te vrste *Trochammina inflata* u uzorcima

Analiza granulometrijskog sastava sedimenta omogućila je prepoznavanje dominantnih taložnih procesa. Podjednaka zastupljenost pjeskovite (uzorci K1, K4 i K5) i prahovite komponente (K2, K3 i K6) bez određenog trenda pokazatelj je uloge valova u

redistribuciji sedimenta. Sitnozrna, muljevita komponenta karakteristika je slanih močvara gdje je, s obzirom na slabe valove, omogućeno taloženje sitnih čestica mulja. Krupnijeznatija (pjeskovita) komponenta dijelom je litološkog podrijetla, sastavljena od ljuštura školjkaša i foraminiferskih kućica. Ipak, slaba dinamika okoliša onemogućuje taloženje i donos veće količine krupnijih čestica pa je, s obzirom na geomorfološke karakteristike, veći udio pjeskovite komponente posljedica mehaničkog trošenja i transporta okolnih flišnih naslaga (slika 4). Moguća korelacija između granulometrijskog sastava sedimenta i očuvanja foraminiferskih kućica uočena je u uzorku K5 koji sadrži najveći udio pjeskovite frakcije, ali i najmanju očuvanost foraminiferske zajednice. Razbijenost kućica moguće je objasniti djelovanjem valova na čestice pijeska uslijed čega dolazi do sudaranja i fragmentacije foraminiferskih kućica, koja je zbog jačine valova, posebno izražena u plićem intervalu. Osim toga, mogući razlozi razbijenosti kućica su i oštećenja nastala uslijed laboratorijske pripreme uzoraka.

6. Zaključak

Istraživanje foraminiferske zajednice i granulometrijskih osobina odgovarajućeg površinskog sedimenta slane močvare Čižići napravljeno je s ciljem definiranja prostorne raspodjele i sastava foraminiferske zajednice te njihova korelacija s granulometrijskim karakteristikama sedimenta. Mikropaleontološkom analizom 10 pod-uzoraka iz pet jezgri ukupno je određeno 27 rodova te 42 vrste bentičkih foraminifera.

- Foraminifersku zajednicu gotovo svih pod-uzoraka obilježava dominacija roda *Ammonia* uz čestu prisutnost roda *Trochammina* (vrsta *Trochammina inflata*) i *Haynesina*. Od tri prepoznate vrste roda *Ammonia*, najzastupljenija je *Ammonia tepida*, poznata po svojoj otpornosti i prilagođavanju različitim uvjetima u okolišu.
- Vrijednosti Simpsonovog indeksa dominacije u rasponu od 0,20 do 0,86 sugeriraju na povećanje raznolikosti udaljavanjem od mora. Vrijednosti ostalih indeksa sličnog su trenda, dok rezultati Fisherovog (α) indeksa, s manjim odstupanjima, odgovaraju okolišu marinske lagune.
- Stresni uvjeti u okolišu potvrđeni su pronalaskom različitih deformacija kućica. Udio deformiranih jedinki, a time i lošiji uvjeti u okolišu, povećavaju se udaljavanjem od mora.
- Muljevit granulometrijski sastav sedimenta odgovara području slane močvare, gdje je s obzirom na slabu dinamiku okoliša, omogućeno taloženje sitnih čestica mulja. Veliki udio pjeskovite komponente uz mnoštvo pretaloženih foraminiferskih kućica ukazuje na mehaničko trošenje i donos sedimenta iz okolnih flišnih naslaga.
- Usporedba foraminiferske zajednice te granulometrijskih osobina sedimenta potvrdila je podjednak sastav i prostornu raspodjelu zajednice, te slične granulometrijske osobine sedimenta u okolišima slanih močvara Jadrana.

7. Literatura

- ALFIREVIĆ, S. (1979): The taxonomy, distribution and ecology of Adriatic Foraminifera: with Atlas (tables 1–36). *Acta Adriatica*, 39, 11–251.
- BABIĆ, LJ. (2003): Geološki razvitak i građa otoka Krka, pregled. U: Klepač, K. (ur.): Fossilna fauna otoka Krka. Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka, 1–22.
- BAN, A. (2019): Distribucija foraminifera i ostrakoda u slanoj močvari Lokunja (Otok Pag). Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 52 str. (neobjavljeno)
- BIGNOT, G. (1972): Recherches stratigraphiques sur les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocene d'Istrie et de région voisines: essai de révision du Liburnien. *Travaux du Laboratoire de micropaléontologie* 2, 355 str.
- BLOTT, S.J. & PYE, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1237–1248.
- CARUSO, T., PIGINO G., BERNINI, F., BARGAGLI, R. & MIGLIORINI, M. (2007): The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages. *Biodiversity Conservation Journal*, 16, 3277–3285. DOI: 10.1007/s10531-006-9137-3.
- CARUSO, A., COSENTINO, C., TRANCHINA, L. & BRAI, M. (2011): Response of benthic foraminifera to heavy metal contamination in marine sediments (Sicilian coasts, Mediterranean Sea), *Chemistry and Ecology*, 27/1, 9–30. DOI: 10.1080/02757540.2010.529076
- CIMERMAN, F. & LANGER, M.R., (1991): Mediterranean foraminifera, Slovenska akademija znanosti in umetnosti v Ljubljani, 210 str.
- CLARK, P.U., MITROVICA, J.X., MILNE, G.A., TURON J.L. & SIANI, G. (2002): Sea-level fingerprint as a direct test for the source of global Meltwater Pulse 1A. *Science*, 295/29, 2438–2441.
- CLARK, P.U., DYKE, A.S., SHAKUN, J.D., CARLSON, A.E., CLARK, J., WOHLFARTH, B., MITROVICA, J.X., HOSTETLER, S.W. & MCCABE, A.M. (2009): The last Glacial Maximum. *Science*, 324, 714–720.
- ČANČAR, M., NERAL, N., CIGLENEČKI JUŠIĆ, I., MIKAC, N., ČANKOVIĆ, M. & ČOSOVIĆ, V. (2019): Population dynamics of benthic foraminifera *Ammonia tepida* (Cushman): Data from Rogoznica lake. U: Horvat, M., Matoš, B. & Wacha, L. (ur.): Knjiga sažetaka, 6. hrvatski geološki kongres, Zagreb, 49–49.

- ČANČAR, M. (2020): Distribucija i tafonomske karakteristike bentičkih foraminifera u međuplinskoj zoni Kraljičine plaže u Ninu. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. (neobjavljeno)
- ĆOSOVIĆ, V., ZAVODNIK, D., BORČIĆ, A., VIDOVIĆ, J., DEAK, S. & MORO, A. (2011): A checklist of Foraminifera of the Eastern Shelf of the Adriatic Sea. *Zootaxa*, 3035, 1–56.
- ĆOSOVIĆ, V., GAJSKI, N., PTIČEK, A., VIDOVIĆ, J. & KRUŽIĆ, P. (2016): The distribution of benthic foraminifera in *Cladocora caespitosa* coral banks of the Veliko Jezero sediments (Mljet National Park, eastern Adriatic Sea). *Neues jahrbuch fur geologie und palaontologie-abhandlungen*, 279/3, 323–340. DOI: 10.1127/njgpa/2016/0559.
- ĆOSOVIĆ, V., CIGLENEČKI JUŠIĆ, I., MIKAC, N., ČANČAR, M. & NERAL, N. (2019): Responses of *Ammonia* species to euxinic conditions in a seasonally stratified, marine Rogoznica Lake (Croatia). U: Book of abstracts, International Conference Adriatic Biodiversity Protection, Kotor, Montenegro, 38–38. DOI:10.5281/zenodo.2614428
- DEBENAY, J.P., BÉNÉTEAU, E., ZHANG, J., STOUFF, V., GESLIN, E., REDOIS, F. & FERNANDEZ-GONZALEZ, M. (1998): *Ammonia beccarii* and *Ammonia tepida* (Foraminifera): morphofunctional arguments for their distinction. *Marine Micropaleontology*, 34, 235–244.
- DONNICI, S. & SERANDREI BARBERO, R. (2002): The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf. *Marine Micropaleontology*, 44, 93–123.
- FELJA, I. (2017): Krški estuariji duž istočne Jadranske obale: evolucija ušća rijeka Mirne i Neretve u mlađem kvartaru. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 169 str. (neobjavljeno)
- FOLK, R. L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology and Geophysics*, 62/4, 344–356.
- GRIMANI, I., ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., MILAN, A., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., ŠIKIĆ, D. & BLAŠKOVIĆ, I. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Crikvenica L 33–102, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 5–43.
- HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001): PAST paleontological statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, 1–9.
- HAYEK, L. A. C. & BUZAS, M. A. (1997): *Surveying Natural Populations*. Columbia university Press, New York, 563 str.
- JURAČIĆ, M., BENAC, Č. & CRMARIĆ, R. (1999): Seabed and Surface Sediment Map of the Kvarner Region, Adriatic Sea, Croatia (Lithological Map, 1:500,000). *Geologia Croatica*, 52/2, 131–140.
- KRIŽNJAK, K. (2020): Mikropaleontološke i granulometrijske karakteristike sedimenta slane močvare na ušću rijeke Mirne. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. (neobjavljeno)

- LANGER, M.R. (1993): Epiphytic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 20, 235–265.
- LEHMANN, G., RÖTTGER, R. & HOHENEGGER, J. (2006): Life cycle variation including trimorphism in the foraminifer *Trochammina inflata* from North European salt marshes. *Journal of Foraminiferal Research*, 36/4, 279–290.
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1987): *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Reinhold Company, New York, 970 str.
- LONČARIĆ, R., MAGAŠ, D. & SURIĆ, M. (2011): The influence of water availability on the historical, demographic and economic development of the Kvarner islands (Croatia). *Series Historia et Sociologia*, 21/2, 425–436.
- MAGAŠ, D. (1996): Croatian islands - main geographical and geopolitical characteristics. *Geoadria*, 1, 5–16.
- MAMUŽIĆ, P. & MILAN, A. (1973): Osnovna geoloska karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Rab, L 33 – 144, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1963), Savezni geološki Institut, Beograd, 1–39.
- MAMUŽIĆ, P., MILAN, A., KOROLIJA, B., BOROVIĆ, I., & MAJCEN, Ž. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Rab, L 33 – 114, Institut za geološka istraživanja Zagreb (195.–1967), Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARJANAC, T., TOMŠA, A.M. & MARJANAC, L. (2004): Krk-breccia, Possible Impact-Crater Fill, Island of Krk in Eastern Adriatic Sea (Croatia). U: Dypvik H., Burchell M.J. & Claeys P. (ur.): *Cratering in Marine Environments and on Ice*. *Impact Studies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 115–134. DOI:10.1007/978-3-662-06423-8_7
- MATERA, N. J. & LEE, J. J. (1972): Environmental factors affecting the standing crop of foraminifera in sublittoral and psammolittoral communities of a Long Island salt marsh. *Marine Biology*, 14, 89–103.
- MCOWEN, C.J., WEATHERDON, L.J., VAN BOCHOVE, J.W., SULLIVAN, E., BLYTH S., ZOCKLER, C., STANWELL-SMITH, D., KINGSTON, N., MARTIN, C.S., SPALDING, M. & FLETCHER, S. (2017): A global map of saltmarshes, *Biodiversity Data Journal* 5: e11764. DOI: 10.3897/BDJ.5.e11764
- MERIC, E., AVSA, N., BAKI YOKES, M. & DINCER, F. (2014): Atlas of Recent Benthic foraminifera from Turkey. *Micropaleontology*, 60/3–4, 211–250.
- MICROMERITICS (2002): *SediGraph 5100 Particle size analysis system operator' manual*. Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia.
- MOODLEY, L. & HESS, C. (1992): Tolerance of infaunal benthic foraminifera for low and high oxygen conditions. *Biological Bulletin*, 183, 8–94.
- MURRAY, J.W. (1974): *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. Heinemann educational books, London, 274 str.

- MURRAY, J.W. (1991): Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. Logman Scientific & Technical, London, 291 str.
- MURRAY, J. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera, Cambridge University Press, 426 str.
- MÜLLER-NAVARRA, K., MILKER, Y. & SCHMIEDL, G. (2016): Natural and anthropogenic influence on the distribution of salt marsh foraminifera in the bay of Tümlau, German North sea. Journal of Foraminiferal Research, 46/1, 61–74.
- NAGENDRA, R., SATHIYAMOORTHY, P., NALLAPA REDDY, A. & RAMACHANDRAN, A. (2015): Spatial distribution of Benthic Foraminifera in the Palar Estuary, Tamil Nadu. Jour. Geological Society of India, 86, 305-316.
- PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadrankog mora, Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 239 str. (neobjavljeno)
- PIKELJ, K. & JURAČIĆ, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. Journal of Coastal Research, 29/4, 944–957.
- SCHAUB, H., (1981): Nummulites et Assilines de la Tethys Paléogène. Taxonomie, phylogénèse et biostratigraphie. Mémoires Suisses de Paléontologie, 236 str.
- SCHLAGINTWEIT, F. & RIGAUD, S.(2019): The benthic foraminifer *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss, 1862): Taxonomic review and ecological insights. Austrian Journal of Earth Sciences, 112/2, 195–206. DOI: 10.17738/ajes.2019.0011
- SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUN, S., SPEZZAFERRI, S. & MEMBERS OF THE FOBIMO GROUP (2012): The FOBIMO (FOraminiferal BIO-MONitoring) initiative-Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. Marine Micropaleontology, 94-95, 1–13.
- SCOTT, D.B., MEDIOLI, F.S. & SCHAFFER C.T. (2004): Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators, Cambridge university press, 193 str.
- SHAW, T. A., KIRBY, J. R., HOLGATE, S., TUTMAN, P. & PLATER, A. J. (2016): Contemporary salt-marsh foraminiferal distribution from the Adriatic coast of Croatia and its potential for sea-level studies. Journal of Foraminiferal Research, 46/3, 314–332.
- SIMPSON, E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature, 163, 688–688.
- ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. & MAGAŠ, N. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Labin, L 33–101, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1958–1967), Savezni geološki zavod, Beograd.
- ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., MILAN, A., ŠIKIĆ, D., GRIMANI, I., VULIĆ, Ž. & BLAŠKOVIĆ, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000. List Crikvenica, L 33–102, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1961–1969), Savezni geološki zavod, Beograd.

VELIĆ, I., (2000): The Karst Dinarides: the Adriatic Carbonate Platform or carbonate pie up to 8.000 m thick, built through the period of more than 200 millions of years. U: Carulli, G.B., Longo Salvador, G. (Ur.): Riassunti Delle Comunicazioni Orali e di Poster. Riunione estiva, Trieste 2000, Societa Geologica Italiana, 80, 452–455.

WENTWORTH, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of Geology, 30, 377–392.

WoRMS Editorial Board (2020): World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. 18.8.2020. DOI: 10.14284/170

ZANINETTI, L. (1982): Les foraminifères des marais salants de Salin-de-Giraud (sud de la France): milieu de vie et transports dans le salin, comparaison avec les microfaunes marines. Géologie Méditerranéenne, 9, 70–447.

ZANINETTI, L. (1984): Les foraminifères du salin de Bras del Port (Santa Pola, Espagne) avec remarques sur le distribution des ostracodes. Revista d'investigacions geologiques, 38-39, 38–123.

Mrežni izvori:

http://www.krk.hr/otok_krk, 28.7.2020.

<https://www.britannica.com/place/Krk>, 28.7.2020.

<https://www.adriagate.com/Hrvatska-hr/Cizici-otok-Krk>, 28.7.2020.

https://hr.wikipedia.org/wiki/Uvala_Soline, 28.7.2020.

8. Popis slika u tekstu

Slika 1 Slana močvara Čižići (uvala Soline) na otoku Krku.

Slika 2 (a) Geografski smještaj otoka Krka (Izvor: Google Earth) u Kvarnerskom zaljevu i (b) na karti Republike Hrvatske (mrežni izvor: <http://croatia.eu/index.php?view=article&lang=1&id=6>).

Slika 3 (a) Geografski položaj (izvor: Google Earth) i (b) prikaz slane močvare Čižići (mrežni izvor: <https://www.adriagate.com/Hrvatska-hr/Plaza-Meline-Silo-Hrvatska>).

Slika 4 Geološka karta istraživanog područja, uvala Soline zaokružena je crvenom bojom (mrežni izvor: <http://webgis.hgi-cgs.hr/gk300/default.aspx>).

Slika 5 (a) Terensko uzorkovanje pomoću jezgrila u slanoj močvari Čižići i (b) uzorkovana jezgra sedimenta (foto: K. Križnjak).

Slika 6 Lokacije uzorkovanja u slanoj močvari Čižići; Lokacije uzorkovanja korištene u interpretaciji foraminiferske zajednice označene su zelenom bojom (Izvor: Google Earth).

Slika 7 (a) Pod-uzorci pomiješani s *Rose Bengal* otopinom i (b) prosijavanje kroz sito promjera rupica 0,063 mm (foto: M. Čančar).

Slika 8 (a) Uzorci površinskih 2 cm sedimenta korišteni za granulometrijsku analizu i (b) osušeni uzorci korišteni za prosijavanje kroz (c) set Retsch® ASTM sita.

Slika 9 Sedigraf korišten pri granulometrijskoj analizi sedimenta.

Slika 10 Načini rasta kućice; 1, monotalamična kućica; 2, uniserijalna; 3, biserijalna; 4, triserijalna; 5, planispiralna do biserijalna; 6, miliolidna; 7, planispiralna evolutna; 8, planispiralna involutna i 9, trohospiralna (modificirano prema Loeblich & Tappan, 1964; preuzeto sa <https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html>).

Slika 11 Trokomponentni dijagram za određivanje plitkovodnih okoliša s obzirom na tipove stijenki (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 12 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K1 (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 13 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K2 (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 14 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K4 (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 15 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K5 (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 16 Prikaz trokomponentnog dijagrama za određivanje okoliša s obzirom na tip stijenki za uzorak K6 (modificirano prema Murray, 1974).

Slika 17 Grafički prikaz postotnih udjela pojedinih veličinskih frakcija za uzorke K1, K2, K3, K4, K5 i K6.

Slika 18 Trokomponentni dijagram pijesak/prah/glina za određivanje granulometrijskog sastava sedimenta za jezgre K1, K2, K3, K4, K5 i K6.





Slika 19 Trokomponentni dijagram šljunak/pijesak/mulj za određivanje granulometrijskog sastava sedimenta za jezgre K5 i K6.





Slika 20 Grafički prikaz relativne zastupljenosti infaunalnih i epifaunalnih jedinki u uzorcima.





Slika 21 Grafički prikaz vrijednosti indeksa bioraznolikosti u jezgrama. Oznake: Ds-Simpsonov indeks, d-Berger-Parkerov indeks, H(S)-Shannon-Wienerov indeks, E-indeks ujednačenosti i α -Fisherov (α) indeks.





Slika 22 Grafički prikaz relativne zastupljenosti roda *Ammonia* (vrste *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana* i *Ammonia beccarii*) i *Haynesina*, te vrste *Trochammina inflata* u uzorcima.





9. Popis tablica u tekstu

Tablica 1 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K1, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, a svi ostali perforatnu stijenkku. Vrste s oznakom sp. 1 ili 3 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991).  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

Tablica 2 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K2, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenkku. Vrste s oznakom sp. 1 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991).  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

Tablica 3 Način života te apsolutna i relativna zastupljenost rodova i vrsta u jezgri K4, intervali 0–2 cm i 8–10 cm. Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006), Schlagintweit & Rigaud (2019) i Langer (1993). Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenkku. Vrste s oznakom sp. 1 preuzete su iz rada Cimerman & Langer (1991).  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

Tablica 4 Način života te relativna i apsolutna zastupljenost pojedinih rodova i vrsta u jezgri K5 (intervali 0–2 cm i 8–10 cm). Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993) Oznake: Rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenkku. Vrste s oznakom sp. 1 ili 4 preuzeti su iz rada Cimerman & Langer (1991).  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

Tablica 5 Način života te relativna i apsolutna zastupljenost foraminiferskih rodova i vrsta iz jezgre K6 (intervali 0–2 cm i 8–10 cm). Način života pojedinih rodova i vrsta određen je prema Murray (2006) i Langer (1993). Oznake: rodovi ili vrste s oznakom • imaju imperforatnu, s oznakom ◦ aglutiniranu, a svi ostali perforatnu stijenkku.  dominantne vrste,  srednje zastupljene vrste,  rijetko zastupljene vrste i  jako rijetko zastupljene vrste.

Tablica 6 Koeficijent i opis sortiranosti, te prosječna i srednja veličina zrna za svaki uzorak.

10. Table (I–III)

TABLA I

Slika 1 *Ammonia tepida* (Cushman), K6 0–2 cm

Slika 2 *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny), K1 8–10 cm

Slika 3 *Ammonia beccarii* (Linnaeus), K1 0–2 cm

Slika 4 *Trochammina inflata* (Montagu), K4 0–2 cm

Slika 5 *Trochammina inflata* (Montagu), K4 0–2 cm

Slika 6 *Haynesina depressula* (Walker & Jacob), K2 8–10 cm

Slika 7 *Porosononion granosum* (d'Orbigny), K6 0–2 cm

Slika 8 *Nummulites* sp., K6 8–10 cm

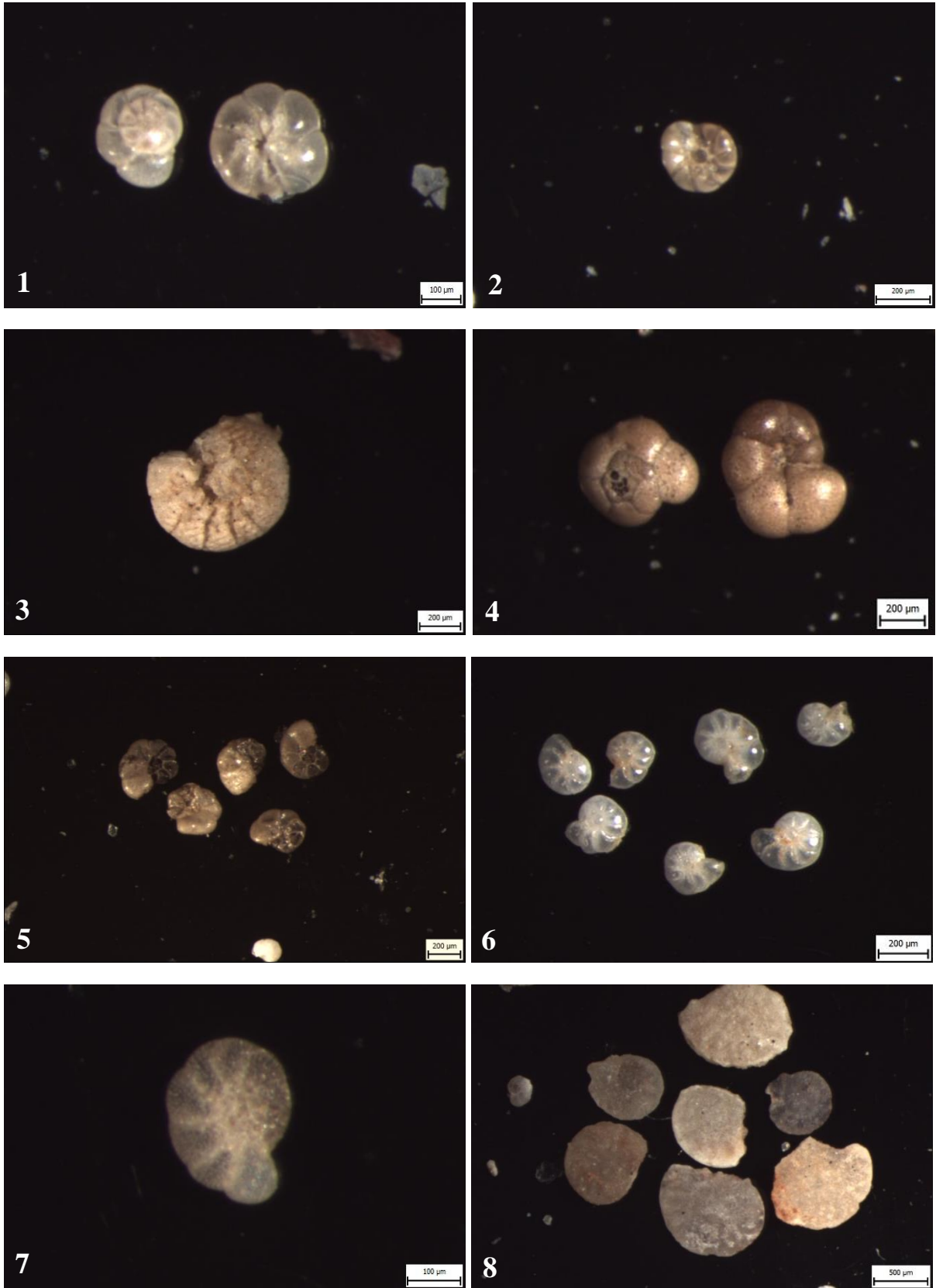


TABLA II

Slika 1 podred Miliolida sp., K6 0–2 cm

Slika 2 *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus), K6 8–10 cm

Slika 3 *Quinqueloculina schlumbergeri* (Wiesner), K6 0–2 cm

Slika 4 *Elphidium crispum* (Linnaeus), K4 8–10 cm

Slika 5 *Elphidium macellum* (Fichtel & Moll), K2 8–10 cm

Slika 6 *Cibicides* sp., K5 0–2 cm

Slika 7 *Lagena doveyensis* (Haynes), K6 0–2 cm

Slika 8 *Bolivina spathulata* (Williamson), K5 8–10 cm

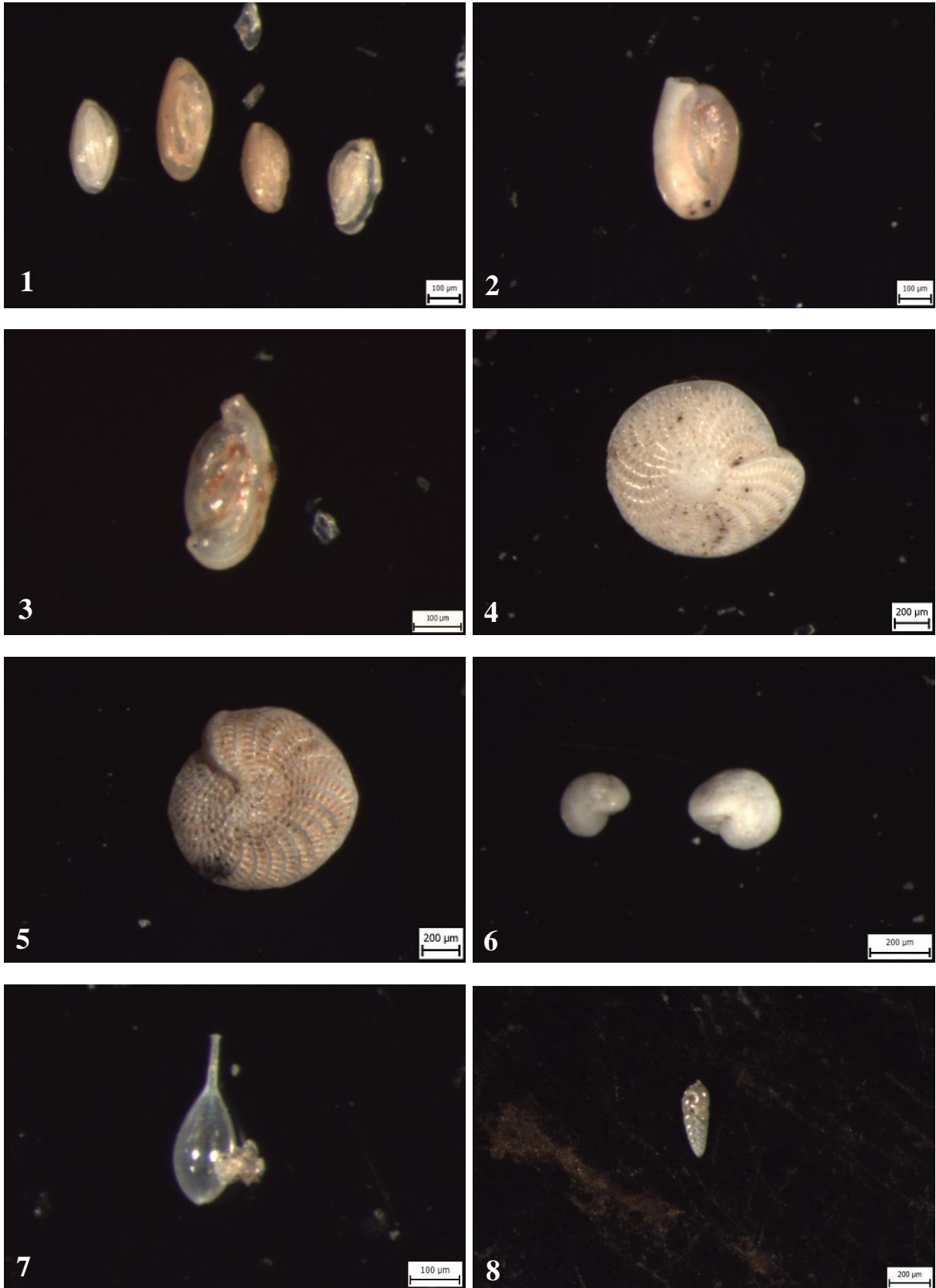


TABLA III

Slika 1 *Nonionoides turgidus* (Williamson), K5 8–10 cm

Slika 2 *Eponides* sp., K6 8–10 cm

Slika 3 *Spiroplectammina* sp., K5 0–2 cm

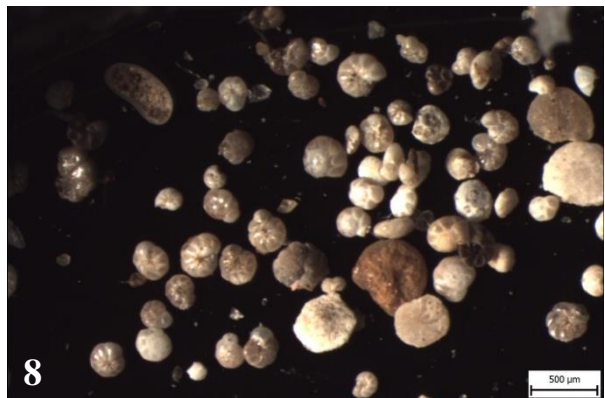
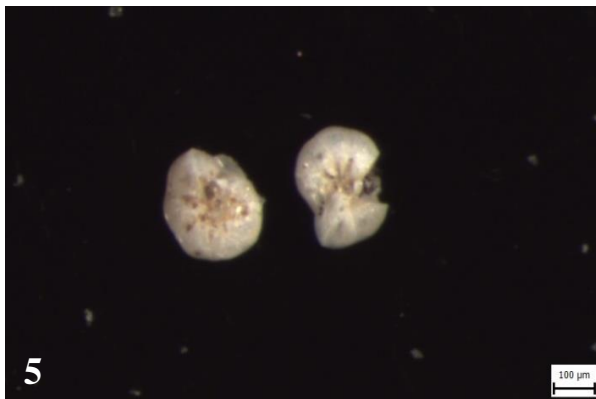
Slika 4 *Ammonia tepida* (Cushman) s povećanom zadnjom klijetkom, K4 0–2 cm

Slika 5 Djelomično (lijevo) i jako razbijena (desno) *Ammonia tepida* (Cushman),
K4 0–2 cm

Slika 6 *Trochammina inflata* (Montagu) uništena i deformirana kućica, K6 0–2
cm

Slika 7 Zajednica iz uzorka K2, interval 8–10 cm

Slika 8 Zajednica iz uzorka K4, interval 0–2 cm



11. Prilozi

Prilog 1 Prikaz relativnog udjela pojedinih tipova stijenki za svaki uzorak.

Prilog 2 Grafički prikaz vrijednosti statističkih indeksa u površinskim i dubljim intervalima analiziranih jezgri; oznake: Ds-Simpsonov indeks, d-Berger-Parkerov indeks, H(S)-Shannon-Wienerov indeks, E-indeks ujednačenosti i α -Fisherov (α) indeks.

Prilog 1 Prikaz relativnog udjela pojedinih tipova stijenki za svaki uzorak

| | | Perforatna stijenka | Aglutinirana stijenka | Imperforatna stijenka |
|-----------|---------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| K1 | 0-2 cm | 100% | - | - |
| | 8-10 cm | 96,92% | - | 3,08% |
| K2 | 0-2 cm | 96,11% | 0,97% | 2,92% |
| | 8-10 cm | 98,42% | 0,53% | 1,05% |
| K4 | 0-2 cm | 83,51% | 16,14% | 0,35% |
| | 8-10 cm | 93,26% | 4,87% | 1,87% |
| K5 | 0-2 cm | 56,42% | 40,22% | 3,36% |
| | 8-10 cm | 66,33% | 30,10% | 3,57% |
| K6 | 0-2 cm | 72,85% | 1,65% | 25,50% |
| | 8-10 cm | 71,05% | 13,16% | 15,79% |

Prilog 2 Grafički prikaz vrijednosti statističkih indeksa u površinskim i dubljim intervalima analiziranih jezgri; oznake: Ds-Simpsonov indeks, d-Berger-Parkerov indeks, H(S)-Shannon-Wienerov indeks, E-indeks ujednačenosti i α -Fisherov (α) indeks

