

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Monika Milošević

Rekonstrukcija srednjomiocenskih okoliša u Sjevernohrvatskom bazenu (Papuk) višedisciplinarnim pristupom

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Monika Milošević

Rekonstrukcija srednjomiocenskih okoliša u Sjevernohrvatskom bazenu (Papuk) višedisciplinarnim pristupom

DOKTORSKI RAD

Mentori:
prof. emer. dr. sc. Vlasta Ćosović
dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse

Zagreb, 2026.

University of Zagreb

Faculty of science
Department of Geology

Monika Milošević

The multidisciplinary reconstruction of Middle Miocene environments in the North Croatian Basin (Mount Papuk)

DOCTORAL DISSERTATION

Mentors:
prof. emer. dr. sc. Vlasta Ćosović
dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse

Zagreb, 2026

Ova doktorska disertacija izrađena je pod mentorstvom prof. emer. dr. sc. Vlaste Ćosović i dr. sc. Valentine Hajek-Tadesse u Hrvatskom geološkom institutu, Zavodu za geologiju u Zagrebu. Disertacija je pisana u okviru doktorskog studija Geologije pri Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Istraživanje je financirano istraživačkim internim projektom „**RAMPA** - Razvoj miocenskih paleookoliša na prostoru Hrvatske i njihova povezanost s globalnim događajima“ pri Hrvatskom geološkom institutu praćenog od strane Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, financiranog sredstvima iz Nacionalnog plana oporavka i otpornosti 2021.–2026.

Za dokumentiranje i morfološku analizu kućica foraminifera korišten je pretražni elektronski mikroskop (SEM) TESCAN VEGA, nabavljen u okviru projekta „Obnova infrastrukture i nabava instrumenata u Hrvatskom geološkom institutu – Geoznanstveni laboratoriji (**GEOLAB**)” (NPOO.C3.2.R2-I2.04.0001), financiranog sredstvima Mehanizma za oporavak i otpornost.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek

Doktorska disertacija

Rekonstrukcija srednjomiocenskih okoliša u Sjevernohrvatskom bazenu (Papuk) višedisciplinarnim pristupom

Monika Milošević

Disertacija donosi paleontološku, biostratigrafsku i paleoekološku analizu srednjomiocenskih naslaga iz bušotine Striježevica, smještene na južnim obroncima Papuka, unutar Sjevernohrvatskog bazena. Istraživano područje dio je jugozapadnog dijela Panonskog bazenskog sustava, koji je tijekom srednjeg miocena bio izložen značajnim paleogeografskim, paleoklimatskim i paleoceanografskim promjenama. Te su promjene utjecale na sedimentaciju, dinamiku morskih okoliša i sastav mikrofosilnih zajednica.

Cilj istraživanja bio je analizirati foraminiferske zajednice i prateću mikrofosilnu zajednicu u uzorcima bušotine Striježevica radi rekonstrukcije okoliša taloženja tijekom badena. Bentičke foraminifere korištene su kao pokazatelji uvjeta na morskom dnu, dok su planktonske foraminifere pružile uvid u uvjete površinskog sloja i povezanosti bazena. Paleoekološka interpretacija dopunjena je podacima dobivenima analizom ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona, palinomorfa te različitim sedimentološkim i izotopnim analizama. Rezultati su pokazali značajnu okolišnu promjenjivost tijekom taloženja sedimenata. Donji dio sukcesije obilježen je eutrofičnim, dubljevodnim okolišima vanjskog šelfa, dok je središnji dio karakteriziran stabilnijim marinskim uvjetima i boljom povezanošću s Mediteranom. U mlađem dijelu sukcesije zabilježene su epizode okolišne nestabilnosti i promjenjivih trofičkih uvjeta, koje su naposljetku dovele do oplićavanja i razvoja miješanih siliciklastično-karbonatnih okoliša.

Ključne riječi: srednji miocen, baden, Papuk, Sjevernohrvatski bazen, Središnji Paratetis, foraminifere, paleoekologija

Rad sadrži: XII + 167 stranica, 22 slike, 4 tablice, 7 tabli, 10 dodatnih tablica, 342 literaturna navoda

Jezik izvornika: Hrvatski

Rad je pohranjen u: Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu

Mentori: prof. emer. dr. sc. Vlasta Ćosović, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb

dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse, Zavod za geologiju, HGI, Zagreb

Ocjenjivači: 1. izv. prof. dr. sc. Đurđica Pezelj, PMF, Zagreb

2. prof. dr. sc. Marijan Kovačić, PMF, Zagreb

3. dr. sc. Anita Grizelj, HGI, Zagreb

Rad prihvaćen: 3. srpnja 2026.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Doctoral dissertation

The multidisciplinary reconstruction of Middle Miocene environments in the North Croatian Basin (Mount Papuk)

Monika Milošević

This dissertation examines the paleontological, biostratigraphic, and paleoecological aspects of Middle Miocene deposits from the Striježevica borehole, located on the southern slopes of Mt. Papuk in the North Croatian Basin, part of the Pannonian Basin System. The study investigates changes in foraminiferal assemblages to reconstruct depositional environments during the Badenian. Benthic foraminifera indicate bottom conditions, such as paleodepth, organic matter availability, and oxygenation, while planktonic foraminifera reflect surface water conditions, marine openness, and basin connectivity. The analysis is further enriched by data from ostracods, calcareous nannoplankton, palynomorphs, as well as sedimentological and isotope analyses.

Research reveals significant environmental changes during deposition. The lower part of the succession predominantly features eutrophic, deeper-water outer-shelf conditions with high organic input and low oxygen levels. The central part of the section reflects a transgressive phase with open-marine conditions and warmer waters, while the upper part of the section indicates environmental instability, variable trophicity, and a shift towards shallower mixed siliciclastic-carbonate environments.

Key words: Middle Miocene, Badenian, Papuk, North Croatian Basin, Central Paratethys, foraminifera, paleoecology

Dissertation contains: XII + 167 pages, 22 text-figures, 4 tables, 7 plates, 10 additional tables, 342 references

Original in: Croatian

Dissertation deposited in: National and University Library, Zagreb

Supervisor: Prof. emeritus Vlasta Ćosović, University of Zagreb, PMF, Zagreb

Ph. D. Valentina Hajek-Tadesse, Department of Geology, CGS, Zagreb

Reviewers: 1. Associate Professor Đurđica Pezelj, University of Zagreb, PMF, Zagreb

2. Professor Marijan Kovačić, University of Zagreb, PMF, Zagreb

3. Ph. D. Anita Grizelj, Department of Geology, CGS, Zagreb

Thesis accepted: 3rd July 2026.

ZAHVALE

Na početku svakog novog puta pronađemo neku nit vodilju. Tako je i moj put u svijetu geologije, od strogog lica na prijamnom ispitu, preko priče o maloj foraminiferi koja je svašta doživjela, do završnog seminara i, naposljetku, diplomskog rada, vodila i oblikovala prof. emer. Vlasta Ćosović. Mentorici iznimno zahvaljujem na strpljenju, pomoći i podršci, što je svaku moju tvrdoglavost, s puno vještine i još više strpljenja, znala izvesti na pravi put i što me nikada nije prestala poticati da iz svakog iskustva izvučem nešto vrijedno i pozitivno. Zahvaljujem joj što je kroz sve ove godine pratila moj znanstveni, ali i privatni razvoj i uvijek s radošću bila njegov dio.

Mojoj drugoj mentorici, dr. sc. Valentini Hajek-Tadesse, beskrajno zahvaljujem što je uvijek bila spremna biti štit dok smo predavale bezbrojne obrasce o napretku. Najviše joj zahvaljujem na razumijevanju i podršci koju mi je pružala u usklađivanju obiteljskih obaveza sa znanstvenim radom. Hvala joj i na poticanju, ohrabrivanju i vjeri da ovu disertaciju mogu privesti kraju. Zahvaljujem joj na lakoći razgovora, ugodnim terenima i bezbrojnim mogućnostima koje mi je otvorila i omogućila u sklopu projekta RAMPA.

Mirjani Miknić, koja mi je otvorila vrata i uvela me u svijet miocenskih foraminifera. Od srca hvala na prenesenom znanju, svakom podijeljenom iskustvu, svakom dolasku, razgovoru i diskusiji te na bezrezervnoj pomoći. Hvala joj što nikada nije štedjela ni vrijeme ni znanje i što je svojim iskustvom, strpljenjem i nesebičnošću ostavila neizbrisiv trag na mom znanstvenom putu.

Zahvaljujem i tročlanom povjerenstvu za ocjenu rada. Izv. prof. dr. sc. Đurđici Pezelj hvala na vremenu, trudu i pažnji uloženoj u čitanje i oblikovanje ove disertacije. Dr. sc. Aniti Grizelj hvala na brojnim dosadašnjim suradnjama, ali i na konstruktivnim komentarima i prijedlozima koji su ovu disertaciju učinili boljom. Prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću veliko hvala na prijedlozima koji su znatno pridonijeli konačnom obliku disertacije, kao i na iskazanoj brizi i pomoći u završavanju svega onoga što se ponekad činilo kao da nema kraja.

Hrvatskom geološkom institutu zahvaljujem na mogućnosti da upišem doktorski studij, a Zavodu za geologiju na dodatnoj financijskoj potpori. Laboratoriju Zavoda za geologiju veliko hvala na pripremi uzoraka, bez koje velik dio ovog rada jednostavno ne bi bio moguć. Mirjani Drušković osobito hvala na vremenu, trudu i strpljenju koje je uložila u pripremu svih tih uzoraka.

Svim kolegama i kolegicama koji su na različite načine učinili radne dane lakšima – usputnim rečenicama koje su potaknule neku novu misao, razgovorima koji su razriješili nedoumice ili jednostavno prisutnošću – hvala.

Jimbu, koji je kroz sve ove godine pratio moj napredak kroz cijelu sinusoidu psiho-fizičkih promjena.

Mariji, koja je brinula onda kada ja nisam ni bila svjesna da trebam brinuti.

Jasmini, koja je jednom rečenicom dala upravo onaj vjetar u leđa koji je bio potreban.

Katji, hvala na potrebnom miru i tišini u uredu.

Radeku i Koraljki, bez kojih svaki radni dan jednostavno ne bi započeo kako treba.

Viki, hvala što si me izvukla iz zone komfora i natjerala da napravim ono za što nisam ni znala da mogu.

Nini, koja je uvijek imala vremena i volje odgovarati na pitanja i nedoumice, koja je samnom dijelila i male uspjehe i skrivene suze u očima.

Duji, hvala na najiskrenijoj kritici i iskrenosti, ali i na nemjerljivoj pomoći, strpljenju, pogurancima i savjetima oko svakog djelića ove disertacije.

Mojoj proširenoj, stečenoj obitelj bez kojih svakodnevnica ne bi imala smisla, veliko hvala na podršci, smijehu i brisanju suza, svakom zagrljaju i razumijevanju. Hvala što se trudite proširiti svoje vidike i prihvatiti moj entuzijazam oko foraminifera. Svoj mojoj dječici koja me svaki dan podsjete na najvažnije stvari u životu.

Mojima, koji više nisu sa mnom i čiji ponos i sreću ne mogu vidjeti na njihovim licima, ali su duboko utkani u sve pore moga bića. Duboko vjerujem da je svaki njihov korak, svaka riječ i sva ljubav koju su mi dali utkana u ovo što sam danas.

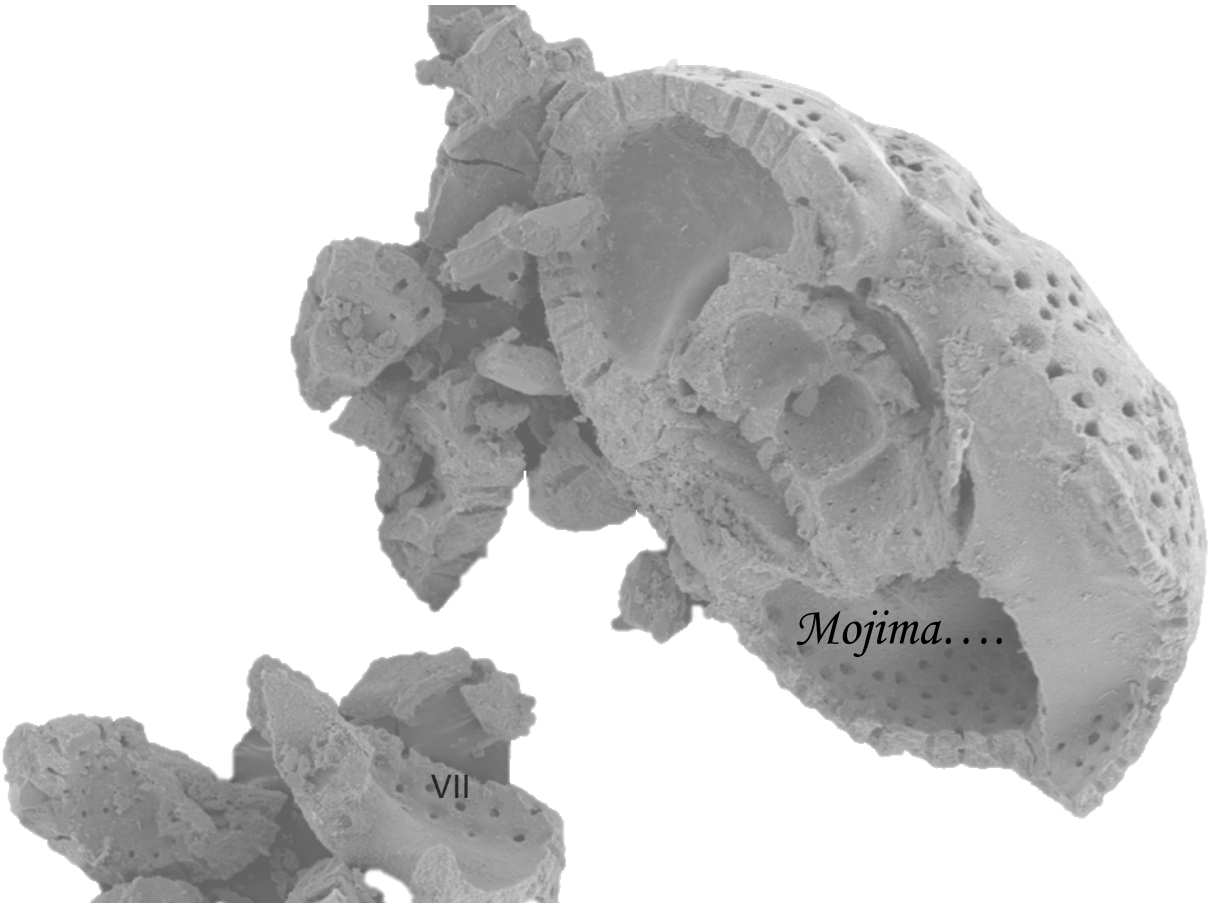
Mojim roditeljima, kojima je ova disertacija kruna svega onoga što su tijekom mog odrastanja ulagali u mene – truda, rada, odricanja, ali prije svega ljubavi, ponosa i bezuvjetne podrške. Sve ono što sam danas nije nastalo samo mojim trudom; u tome ima i neizmjerno mnogo njih.

Mom bratu, neprekidnom vjetru u leđa, nepokolebljivom motivatoru i nepresušnom izvoru ideja. Hvala što me vučeš, guraš, držiš i nikad ne odustaješ. Gabi, hvala što s istim entuzijazmom i ponosom pratiš i podržavaš cijeli ovaj proces.

Mom Darku, na bezuvjetnoj potpori, podmetnutim leđima i svim potrošenim živcima tijekom izrade ove disertacije. Hvala na poticaju, ponosu, punjenju baterija, strpljenju i hrabrosti da sve ovo guraš sa mnom, čak i onda kada sam sama već zaboravila zašto to uopće radim. Hvala ti što si bio tu – tiho kada je trebalo i glasno kada je bilo potrebno.

I na kraju, mojim dečkima.

Hvala vam što ste svojim osmjesima svaki dan učinili još mrvicu ljepšim i boljim. Hvala vam na malenim ručicama koje su me grlile onda kada je sve bilo previše, na smijehu koji je prekidao najteže dane i na tome što ste me podsjećali da, koliko god neka tablica, graf ili foraminifera bili važni, postoji i nešto puno važnije.


Mojima. . . .

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Cilj i hipoteze istraživanja 4

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 5

2.1. Geološki smještaj 5

2.2. Geološka građa Papuka i okolnog područja 7

2.3. Razvoj i paleookolišna evolucija Sjevernohrvatskog bazena tijekom neogena i kvartara 7

2.3.1. Otnang-karpat 8

2.3.2. Baden 8

2.3.3. Sarmat 11

2.3.4. Panon i pliocen 11

2.4. Pregled dosadašnjih istraživanja 12

2.4.1. Pregled istraživanja na području Slavonskih gora 12

2.4.2. Pregled biostratigrafskih i paleontoloških radova na području Sjevernohrvatskog bazena 15

3. MATERIJALI 18

3.1. Paleoekologija 18

3.2. Osnovna obilježja foraminifera 19

3.3. Osnovna obilježja vapnenačkog nanoplanktona 23

3.4. Osnovna obilježja palinomorfa i dinocista 24

3.5. Osnovna obilježja ostrakoda 25

4. METODE 27

4.1. Terenska istraživanja 27

4.2. Laboratorijska istraživanja 30

4.2.1. Paleontološke metode 30

4.2.2.Geokemijske i izotopne analize 43

4.2.3. Biostratigrafska analiza i korelacija biozona 45

4.2.4. Mineraloške analize 46

5. REZULTATI 50

5.1. Analiza mikroskopskih izbrusaka 50

5.2. Foraminifere 52

5.2.1. Bentičke foraminifere 52

5.2.2. Planktonske foraminifere 66

5.3. Izotopne analize na foraminiferama 74
5.4. Vapnenački nanoplankton 75
5.5. Palinološka zajednica 76
5.6. Ostrakodi 81
5.7. Geokemijske analize 83
5.7.1. Paleoklimatski pokazatelji - intenzitet kemijskog trošenja 83
5.7.2. Paleosalinitet – analiza omjera Sr/Ba 84
5.7.3. Redoks uvjeti – analiza omjera Th/U 84
5.8. Mineraloške analize 85
5.8.1. XRD analize 85
5.8.2. Kalcimetrija 88
6. DISKUSIJA 90
6.1. Biostratigrafija, vrijeme taloženja naslaga 90
6.2. Promjene ekoloških uvjeta u naslagama bušotine Striježevica 94
6.2.1. Rekonstrukcija paleodubina 94
6.2.2. Analiza međuovisnosti nutrijenata i otopljenog kisika 97
6.2.3. Rekonstrukcija paleotemperatura 104
6.2.4. Rekonstrukcija paleosaliniteta 108
6.2.5. Paleoklimatska obilježja 110
6.3. Rekonstrukcija paleookoliša 113
FAZA A. Eutrofični okoliši vanjskog šelfa (SP7-4 do SP7-17, donji/srednji baden) 113
FAZA B. Okoliš otvorenog vanjskog šelfa (SP7-18 do SP7-31, srednji baden) 115
FAZA C. Šelfni okoliš pod utjecajem vulkanske aktivnosti (SP7-37-SP7-65, srednji baden) 118
FAZA D. Miješano siliciklastično-karbonatni okoliš (SP7-67-SP7-81, gornji baden) 119
7. ZAKLJUČAK 121
8. EXTENDED SUMMARY 125
9. LITERATURA 131
10. ŽIVOTOPIS 163

Popis slika, tabla, tablica i dodatnih priloga

Slika 1. Geografski i geološki položaj bušotine Striježevica. **A.** Geografski položaj SHB-a unutar PBS-a; **B.** Pojednostavljena geološka karta s prikazanim položajem bušotine.

Slika 2. Prikaz taložnih okoliša, litologije i tektonske evolucije SHB-a.

Slika 3. Abiotički faktori koji utječu na raznolikost bentičkih foraminiferskih zajednica.

Slika 4. TROX (TROphic i OXygen) model.

Slika 5. Geološki stup naslaga bušotine Striježevica s prikazom litologije i označenim istraživanim uzorcima.

Slika 6. Okvirni udio planktonskih foraminifera (P%) na šelfu i dubokom moru.

Slika 7. Prikaz mikrofacijesa određenih analizom mikroskopskih izbrusaka.

Slika 8. A. Zastupljenost bentičkih foraminifera duž bušotine Striježevica. **B**. Distribucija udjela funkcionalnih skupina foraminifera prema načinu života, trofičnom afinitetu i otpornosti na stres te vertikalni profil ekoloških parametara u istraživanim zajednicama. **C**. Grafički prikaz distribucije vrijednosti ekoloških parametara.

Slika 9. Klaster analiza bentičkih foraminiferskih zajednica.

Slika 10. Rezultati procjene dubine prema omjeru plankton/bentos (crvena crta) te izračunom prema Hoheneggerovoj (2005) metodi dubinskih gradijenata.

Slika 11. Prostorni raspored uzoraka na PCA dijagramu.

Slika 12. Prostorni raspored uzoraka na nMDS dijagramu.

Slika 13. Relativna zastupljenost planktonskih foraminifera u istraživanim zajednicama.

Slika 14. Klaster analiza planktonskih foraminifera.

Slika 15. Vrijednosti kisikovog izotopa ($d^{18}O$) dobivene na kućicama bentičke (*H. dutemplei*) i planktonske (*T. trilobus*) foraminifere

Slika 16. Vrijednosti ugljikovih izotopa ($d^{13}C$) mjerenih na kućicama bentičke (*H. dutemplei*) i planktonske (*T. trilobus*) foraminifere.

Slika 17. Relativna zastupljenost i prikaz odabranih vrsta vapnenačkog nanoplanktona.

Slika 18. Relativna zastupljenost odabranih vrsta dinoflagelata i drugih palinomorfa.

Slika 19. Primjeri rendgenograma uzorka SP7-41.

Slika 20. Usporedba kronostratigrafske podjele srednjeg miocena, regionalnih katova Paratetisa i odabranih biozona s rasponima indeks vrsta foraminifera, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa.

Slika 21. Paleotemperaturna krivulja prema udjelima planktonskih foraminifera.

Slika 22. Objedinjeni prikaz rezultata kronostratigrafije, litologije bušotine Striježevica zajedno s dubinom, načinom života, markerima visokog unosa nutrijenata, stres markerima, TROX klasifikacijom te krivuljama vrijednosti kisikovog i ugljikovog izotopa.

Tabla 1-3. SEM fotografije odabranih vrsta bentičkih foraminifera.

Tabla 4. SEM fotografije odabranih vrsta planktonskih foraminifera.

Tabla 5. Mikrofotografije odabranih vrsta dinoflagelata iz bušotine Striježevica.

Tabla 6. Mikrofotografije odabranih dinocista i palinomorfa iz bušotine Striježevica.

Tabla 7. SEM mikrofotografije odabranih ostrakoda.

Tablica 1. Prikaz izračunatih geokemijskih omjera korištenih kao paleoklimatski pokazatelji, mjere saliniteta te redoks uvjeta.

Tablica 2. Rezultati semikvantitativne analize cjelokupnog uzorka.

Tablica 3. Rezultati semikvantitativne analize netopivog ostatka.

Tablica 4. Rezultati provedene kalcimetrije.

Dodatna tablica 1. Paleoekološke preference bentičkih foraminifera (dubinski raspon, način života, način hranjenja).

Dodatna tablica 2. Brojčana zastupljenost planktonskih foraminifera i njihova temperaturna pripadnost.

Dodatna tablica 3. Zastupljenost vrsta vapnenačkog nanoplanktona.

Dodatna tablica 4. Brojčana zastupljenost određenih vrsta bentičkih foraminifera.

Dodatna tablica 5. Vrijednosti izračunatih ekoloških parametara na zajednicama bentičkih foraminifera.

Dodatna tablica 6. Vrijednosti izračunatih ekoloških parametara na zajednicama planktonskih foraminifera.

Dodatna tablica 7. Prikaz rezultata dobivenih izotopnim analizama te izračunatih temperatura.

Dodatna tablica 8. Zastupljenost palinomorfa duž bušotine Striježevica.

Dodatna tablica 9. Zastupljenost ostrakoda u odabranim uzorcima bušotine Striježevica.

Dodatna tablica 10. Prikaz cjelokupnih rezultata dobivenih geokemijskim analizama.

1. UVOD

Srednji miocen predstavlja jedno od najdinamičnijih razdoblja u evoluciji Paratetisa, obilježeno izraženim paleogeografskim, paleoklimatskim i paleoceanografskim promjenama koje su značajno utjecale na razvoj sedimentacijskih sustava i morskih ekosustava (Rögl, 1998; Harzhauser i Piller, 2007; Kováč i sur., 2017, 2024; Sant i sur., 2020; Palcu i sur., 2023). Paleoklimatske promjene tijekom ovog razdoblja započele su toplim neogenskim razdobljem poznatim kao miocenski klimatski optimum (MCO; ~17-15 milijuna godina, Zachos i sur., 2001; Báldi, 2006; Harzhauser i Piller, 2007; Harzhauser i sur., 2011; Kováč i sur., 2017). Tijekom MCO-a zabilježene su značajne promjene u oceanskoj cirkulaciji, produktivnosti i stratifikaciji vodenih masa (Zachos i sur., 2001; Holbourn i sur., 2015; Vernyhorova i sur., 2023). U Središnjem Paratetisu ovo je razdoblje povezano s maksimalnom transgresijom, povećanom biološkom produkcijom i razvojem toplih, često stratificiranih marinskih okoliša (Harzhauser i Piller, 2007; Holcová i sur., 2015; Kranner i sur., 2021a). Recentna istraživanja Harzhauser i sur. (2024) potvrđuju kako su tijekom MCO-a povoljni klimatski uvjeti i izražena heterogenost staništa potaknuli razvoj bogatih morskih ekosustava visoke bioraznolikosti u području Središnjeg Paratetisa. Nakon ovog toplog razdoblja uslijedio je srednjomiocenski klimatski prijelaz (MMCT; 15-13 milijuna godina, Holbourn i sur., 2005), obilježen postupnim globalnim zahlađenjem povezanim s rastom Antarktičkog ledenog pokrova, padom globalne morske razine i promjenama u cirkulaciji vodenih masa. U Središnjem Paratetisu se MMCT očituje kroz povećanu nestabilnost okoliša, promjene trofičnih uvjeta i postupnu izolaciju bazena (Kouwenhoven i van der Zwaan, 2006; Piller i sur., 2007; Palcu i sur., 2023). Novija istraživanja pokazuju da je zahlađenje tijekom MMCT-a uzrokovalo snažan pad raznolikosti, promjene u cirkulaciji dubokih vodenih masa i fragmentaciju morskih staništa unutar Paratetisa (Harzhauser i sur., 2024; Harzhauser i Landau, 2023). Kao posljedica globalnog zahlađenja i smanjenja povezanosti sa svjetskim oceanom, u pojedinim dijelovima Središnjeg Paratetisa razvijaju se restriktivni uvjeti, povećava se salinitet te dolazi do intenzivnog taloženja evaporita tijekom badenske krize saliniteta (BSC; 13.8-13.6 milijuna godina, de Leeuw i sur., 2010). Recentni radovi dodatno naglašavaju kompleksnost procesa povezanih s BSC-om, uključujući regionalne razlike u salinitetu, cirkulaciji i stupnju izolacije pojedinih bazena (Báldi i sur., 2017; Palcu i Krijgsman, 2023; Palcu i sur., 2023)

Tijekom badena Središnji Paratetis predstavljao je izrazito heterogen sustav epikontinentalnih bazena različitih dubina, saliniteta i stupnja povezanosti s oceanom (Rögl, 1998; Kováč i sur., 2017, 2024). Takva paleogeografska složenost rezultirala je izraženim prostornim razlikama u taloženju, cirkulaciji i sastavu mikrofosilnih zajednica. Istraživanja dodatno ukazuju na važnu ulogu tektonskih procesa, promjena morske razine i regionalne povezanosti bazena u kontroli okolišnih uvjeta tijekom badena (Rundić i sur., 2024; Kováč i sur., 2024). Jedan od najistraživanijih bazena na prostoru Središnjeg Paratetisa, Panonski bazenski sustav (PBS), s izrazito debelim slijedom naslaga, ponegdje i do sedam kilometara debljine (Pavelić i Kovačić, 2018), čini ovaj prostor iznimno vrijednim izvorom podataka o paleoklimatskim promjenama, evoluciji paleookoliša i mikrofosilnim zajednicama koje su ga nastanjivale. PBS se razvio unutar prostora Središnjeg Paratetisa kao posljedica složenih geodinamskih procesa povezanih s alpsko-karpatsko-dinarskim orogenim sustavom (Pavelić i Kovačić, 2018). Njegovo formiranje započinje tijekom ranog miocena uslijed ekstenzijskih procesa, stanjivanja kontinentalne kore i rotacije mikroploča povezanih s povlačenjem subdukcijske zone u području Karpata (Kováč i sur., 2007; Pavelić i Kovačić, 2018). Na jugozapadnom dijelu PBS-a smjestio se Sjevernohrvatski bazen (SHB) koji obuhvaća područje između Medvednice, Slavonskih gora, Moslavačke gore i okolnih uzvišenja te uključuje više strukturnih depresija i uzdignutih blokova nastalih tektonskom aktivnošću tijekom neogena (Pavelić, 2001; Saftić i sur., 2003). Njegov razvoj praćen je kroz dvije faze: sin-riftnu fazu (otnang-srednji baden) karakteriziranu stanjivanjem litosfere uslijed tektonike i izostatičkog slijeganja te post-riftnu fazu (od gornjeg badena do danas) obilježenu prestankom riftovanja i tonjenjem uzrokovanim hlađenjem litosfere (Pavelić, 2001; Marković, 2017; Pavelić i Kovačić, 2018). Razvoj SHB-a nije bio određen isključivo tektonskim procesima, već i vulkanskom aktivnošću te čestim promjenama paleookolišnih uvjeta povezanih s transgresijama i regresijama Paratetisa. Tijekom badena prostor SHB bio je povezan s ostalim dijelovima Središnjeg Paratetisa preko morskih prolaza i depresija što je omogućavalo izmjenu vodenih masa i migraciju organizama, pri čemu su taloženi karbonatni, laporoviti i siliciklastični sedimenti bogati mikrofosilnim zajednicama (Kováč i sur., 2007; Pavelić i Kovačić, 2018). Relativno kontinuirani slijed sedimentacije i dobra očuvanost srednjomiocenskih naslaga čine prostor SHB-a jednim od ključnih za proučavanje paleoklimatskih i paleoceanografskih događaja čime je omogućena korelacija s ostalim dijelovima PBS-a i Središnjeg Paratetisa.

Evolucija epikontinentalnog mora Paratetisa i dalje predstavlja znanstveni izazov, posebno u vidu (bio)stratigrafske podjele i korelacije s istodobnim naslagama susjednih biogeografskih područja. Dodatnu složenost unose i paleoekološke i paleogeografske rekonstrukcije ovog dinamičnog prostora. U tom kontekstu, mikrofosili poput foraminifera, ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa pokazali su se ključnim alatima u rekonstrukciji promjene saliniteta, dubine mora, trofičnosti sustava, oksigenacije dna i paleoklimatskih promjena tijekom miocena. Posebno značajnu ulogu imaju foraminifere zbog njihove velike osjetljivosti na promjene temperature, saliniteta, količine otopljenog kisika, trofičnosti sustava i dinamike vodenog stupca (Murray, 2006; Schiebel i Hemleben, 2017; Schmiedl i sur., 2023). Bentičke foraminifere odražavaju uvjete na morskom dnu te omogućuju rekonstrukciju količine dostupnog kisika, produktivnosti i paleobatimetrije, dok planktonske foraminifere pružaju informacije o temperaturi površinskog sloja, stratifikaciji vodenog stupca i cirkulaciji vodenih masa (Jorissen i sur., 1995; Holcová i sur., 2019a; Kranner i sur., 2021a). Ostrakodi omogućuju detaljnu interpretaciju promjena saliniteta, dok vapnenački nanoplankton predstavlja jedan od najvažnijih alata za preciznu biostratigrafsku odredbu i korelaciju. Analiza palinomorfa omogućuje rekonstrukciju vegetacije i klimatskih uvjeta na kopnu. Dodatno, geokemijske i izotopne analize koriste se za rekonstrukciju paleotemperatura, produktivnosti i promjena u kemizmu morske vode. Integracijom svih navedenih metoda moguće je detaljno rekonstruirati promjene u okolišu, kao i paleogeografsku evoluciju Središnjeg Paratetisa tijekom srednjeg miocena.

1.1. Cilj i hipoteze istraživanja

Bušotina Striježevica predstavlja jedinstven zapis srednjomiocenskih naslaga SHB-a. Kontinuirana sedimentna sukcesija omogućuje detaljno praćenje promjena u sastavu mikrofosilnih zajednica, trofičnosti sustava, količini otopljenog kisika, paleotemperaturi i paleobatimetriji tijekom badena. Istraživanje u okviru ovog doktorskog rada usredotočeno je na analizu bentičke i planktonske zajednice foraminifera. Primarni cilj doktorske disertacije je opisati i odrediti foraminifersku zajednicu izdvojenu u uzorcima bušotine Striježevica, prepoznati promjene u foraminiferskoj zajednici te uz pomoć izračunatih ekoloških parametara odrediti promjene u okolišu i rekonstruirati okoliše taloženja. Primjenom integriranog, višedisciplinarnog pristupa, koji osim analize foraminifera, obuhvaća analize ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa, upotpunjenih s geokemijskim analizama sedimenta i izotopnim analizama kisika i ugljika na kućicama foraminifera, rekonstruirat će se evolucija paleookoliša tijekom srednjeg miocena. Dobiveni rezultati upotpunit će spoznaje o paleookolišima SHB-a te omogućiti bolju korelaciju s naslagama šireg područja Središnjeg Paratetisa.

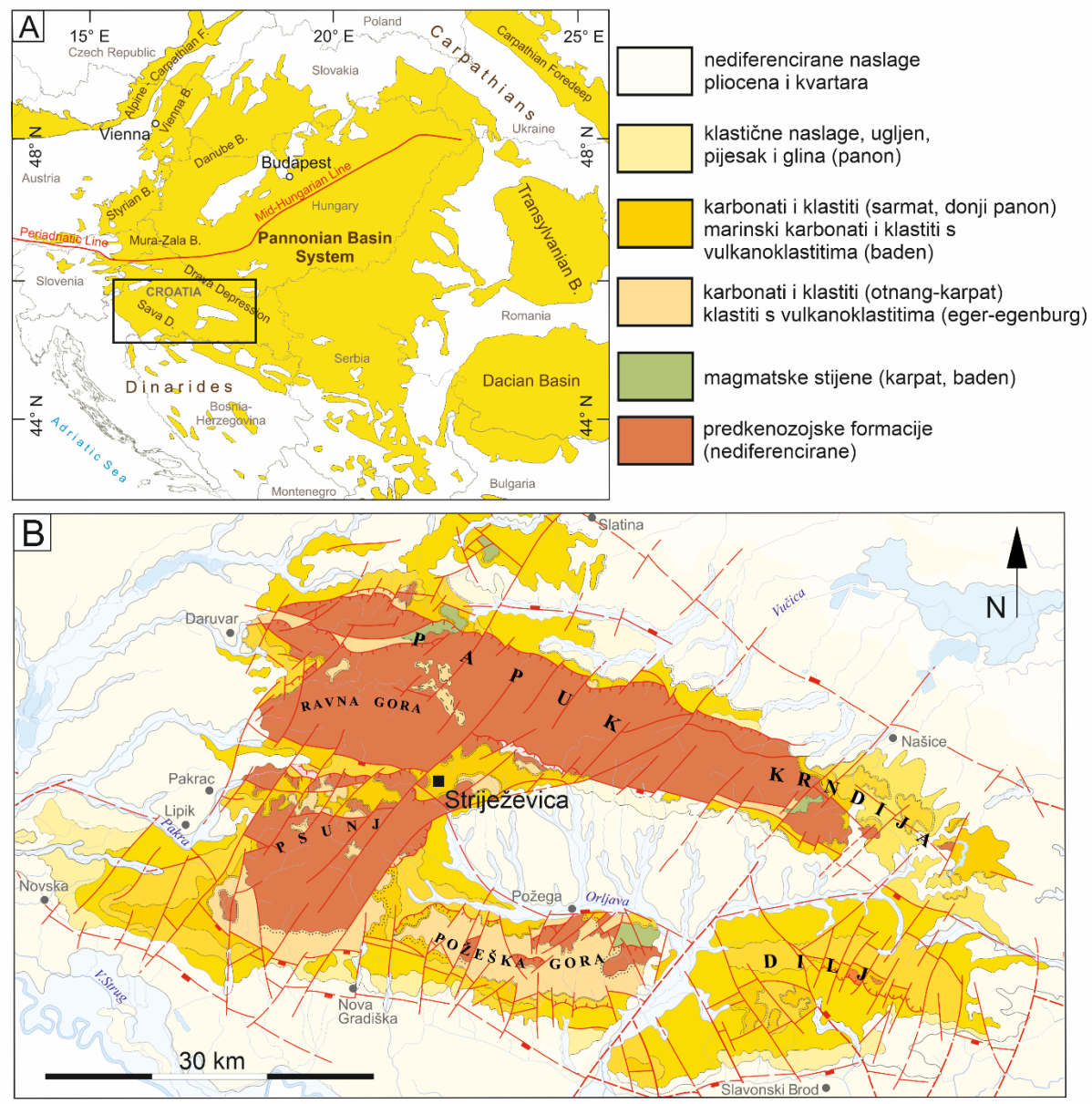
Istraživanje u okviru ove doktorske disertacije temelji se na nekoliko hipoteza. One su redom: (1) srednjomiocenske naslage bušotine Striježevica sadrže dobro očuvanu i raznoliku mikrofosilnu zajednicu koja omogućuje rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta ovog dijela SHB-a, (2) promjene u sastavu mikrofosilnih zajednica i geokemijskih pokazatelja odražavaju promjene paleoekoloških uvjeta tijekom badena na ovom prostoru, (3) višedisciplinarna analiza mikrofosilne zajednice zajedno s geokemijskim podacima omogućit će prepoznavanje klimatskih promjena u naslagama, (4) utvrđivanje paleoekološke evolucije okoliša i preciznije biostratigrafske zonacije omogućit će bolju korelaciju sa širim područjem Središnjeg Paratetisa.

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

2.1. Geološki smještaj

Panonski bazenski sustav (PBS, sl. 1A) veliki je zalučni (*back-arc*) bazen, smješten između Alpa, Karpata i Dinarida. Formirao se početkom miocena kao rezultat zalučne ekstenzije generirane kolizijom i podvlačenjem Europske ploče pod Jadransku mikroploču (Royden, 1988; Tari i sur., 1992; Horváth, 1995; Matenco i Radivojević, 2013). Razvoj bazena povezuje se s rastezanjem litosfere nakon zatvaranja dijelova Tetis oceana i kolizije između Afričke i Euroazijske ploče, što je tijekom donjeg miocena dovelo do tektonskih pomaka na području Karpata i Dinarida (Horváth i sur., 2006; Ustaszewski i sur., 2010; Matenco i Radivojević, 2012; Kovačić i Pavelić, 2017; Pavelić i Kovačić, 2018).

Na jugozapadnom dijelu PBS-a smjestio se Sjevernohrvatski bazen (SHB, Pavelić, 2001) čiji je razvoj bio pod utjecajem tektonike, klimatskih promjena, vulkanske aktivnosti i promjena razine mora (Pavelić i Kovačić, 2018). Razvoj bazena odvijao se kroz dvije faze. Sin-riftna faza, od otnanga do srednjeg badena (sl. 2), obilježena je tektonskim rasjedanjem, stanjivanjem kore, izostatskim slijeganjem i stvaranjem akumulacijskog prostora. Nakon prve faze, uslijedila je post-rifna faza, od gornjeg badena do kvartara (sl. 2), u kojoj prestaje riftovanje, a tonjenje bazena uglavnom je posljedica hlađenja litosfere (Pavelić, 2001; Marković, 2017; Pavelić i Kovačić, 2018). U središnjem do istočnom dijelu SHB-a, smjestile su se Slavonske gore. Slavonske gore, kojima uz Psunj, Krndiju, Dilj i Požešku goru, pripada i Papuk, poput prstena okružuju Požešku dolinu omeđenu Dravskim i Savskim bazenom (Jamičić i sur., 1987, 1989; Jamičić, 1989, sl. 1B). Istraživane naslage nalaze se u naselju Striježevica, na južnim obroncima Papuka.



Slika 1. Geografski i geološki položaj bušotine Striježevica. **A**. Geografski položaj SHB-a (crni pravokutnik) unutar PBS-a (žutom bojom označeni pripadajući bazeni, prilagođeno i preuzeto iz Mužek i sur., 2023.), **B**. Pojednostavljena geološka karta s prikazanim položajem bušotine (HGI-CGS, 2009).

2.2. Geološka građa Papuka i okolnog područja

Geološka građa Papuka (sl. 1B) detaljno je prikazana i opisana na listovima Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (Jamičić i Brkić, 1987) i list Daruvar (Jamičić, 1989) te tumačima geoloških karata za listove Orahovica (Jamičić i sur., 1987) i Daruvar (Jamičić i sur., 1989). Formalne litostratigrafske jedinice prvi put su sustavno izdvojene na geološkoj karti Požeške gore 1:50 000 (Halamić i sur., 2019) i u Tumaču za Požešku goru (Halamić i Belak (ur.), 2022), a primjenjuju se i na istraživano područje.

Papuk, kao i ostale Slavonske gore, predstavlja izolirani blok starijih stijena okružen mlađim neogenskim sedimentima. Suvremena geokronološka istraživanja granitoida Papuka i Psunja pokazala su da dio intruzija potječe iz razdoblja gornjeg devona, čime je potvrđena složena variscijska evolucija kristalinske podloge Slavonskih gora (Horvat i sur., 2018). Jezgru Papuka izgrađuju metamorfne i magmatske stijene paleozojske i mezozojske starosti, uključujući gnajseve, škriljavce, amfibolite te granitoidne intruzije, koje svjedoče o složenoj variscijskoj i alpinskoj tektonskoj evoluciji (Jamičić i sur., 1987; Jamičić, 1989; Balen i sur., 2015; Horvat i sur., 2018). Te su stijene tijekom neogena bile tektonski izdignute i erodirane, dok su ih u okolnim depresijama prekrivali sedimenti PBS-a.

2.3. Razvoj i paleookolišna evolucija Sjevernohrvatskog bazena tijekom neogena i kvartara

Tektonska aktivnost, vulkanizam, klimatske promjene i promjene razine mora kontrolirali su nastanak taložnog prostora SHB-a te su utjecali na raspored taložnih okoliša i litološki sastav naslaga. Tijekom miocena taložni okoliši SHB-a postupno se mijenjaju od kopnenih i jezerskih, preko marinskih prema restriktivnim brakičnim i na kraju slatkovodnim te riječnim okolišima (Pavelić i Kovačić, 2018). Najraniji miocenski sedimenti na području SHB-a ukazuju na intenzivnu vulkansku aktivnost i razvoj kontinentalnih, jezerskih i prijelaznih okoliša. Posebno su značajni podaci s jugozapadnih obronaka Papuka, gdje su u sedimentima lokaliteta Poljanska i Mala dokumentirani različiti ne-morski, brakični i morski mikroorganizmi, što ukazuje na prostorno i vremenski promjenjive paleookolišne uvjete (Hajek-Tadesse i sur.,

2023). U donjem dijelu profila Poljanska zabilježeni su tufitični sedimenti s brakičnim, rijetkim morskim, slatkovodnim i kopnenim mikroorganizmima. Metodom Ar/Ar datiranja vulkanskog stakla iz ovog sloja dobivena je starost od 22,2 ± 1,9 milijuna godina, koja odgovara najranijem ranom miocenu te predstavlja najstariju dosad utvrđenu starost tufitičnih sedimenata u SHB-u.

2.3.1. OTNANG-KARPAT

Donji miocen (otnang-karpat) obilježen je intenzivnom tektonskom i vulkanskom aktivnošću te razvojem jezerskih i prijelaznih okoliša sedimentacije (sl. 2). Ekstenzijska tektonika i sukcesivno rasjedanje omogućili su formiranje zatvorenih međugorskih bazena, u kojima su se taložili molasni sedimenti, vulkanoklastiti i sedimenti povezani s jezerskim sustavima (Hajek-Tadesse i sur., 2023; Pavelić i sur., 2024). Na području Papuka o toj ranoj fazi razvoja svjedoče efuzivne stijene, piroklastiti i slojevi smeđega ugljena opisani na više lokaliteta (Jamičić i sur., 1987; Pamić, 1998).

Nakon vulkanske faze uslijedilo je taloženje sedimenata u različitim okolišima, od slatkovodnih i brakičnih do potpuno marinskih, što odražava kompleksnu paleogeografsku evoluciju područja (Pavelić i Kovačić, 2018). Na području Papuka razvilo se hidrologijski zatvoreno jezero salina tipa prema kojem su se slijevali riječni sustavi iz jugozapadnog smjera, što potvrđuju paleogeografske rekonstrukcije ranomiocenskog razvoja SHB-a (Pavelić i sur., 2024). Litološki različiti donjomiocenski sedimenti poznati kao Poljanska jedinica predstavljaju naslage nastale u takvom jezerskom sustavu. Jedinicu čine dolomiti, peliti, pješčenjaci, tufovi i tufiti bogati analcimom, a njihova ciklička sedimentacija se povezuje s izmjenama suših i humidnijih klimatskih faza tijekom ranog miocena (Šćavničar i sur., 1983; Hajek-Tadesse i sur., 2009; Kovačić i Pavelić, 2017; Pavelić i sur., 2022).

2.3.2. BADEN

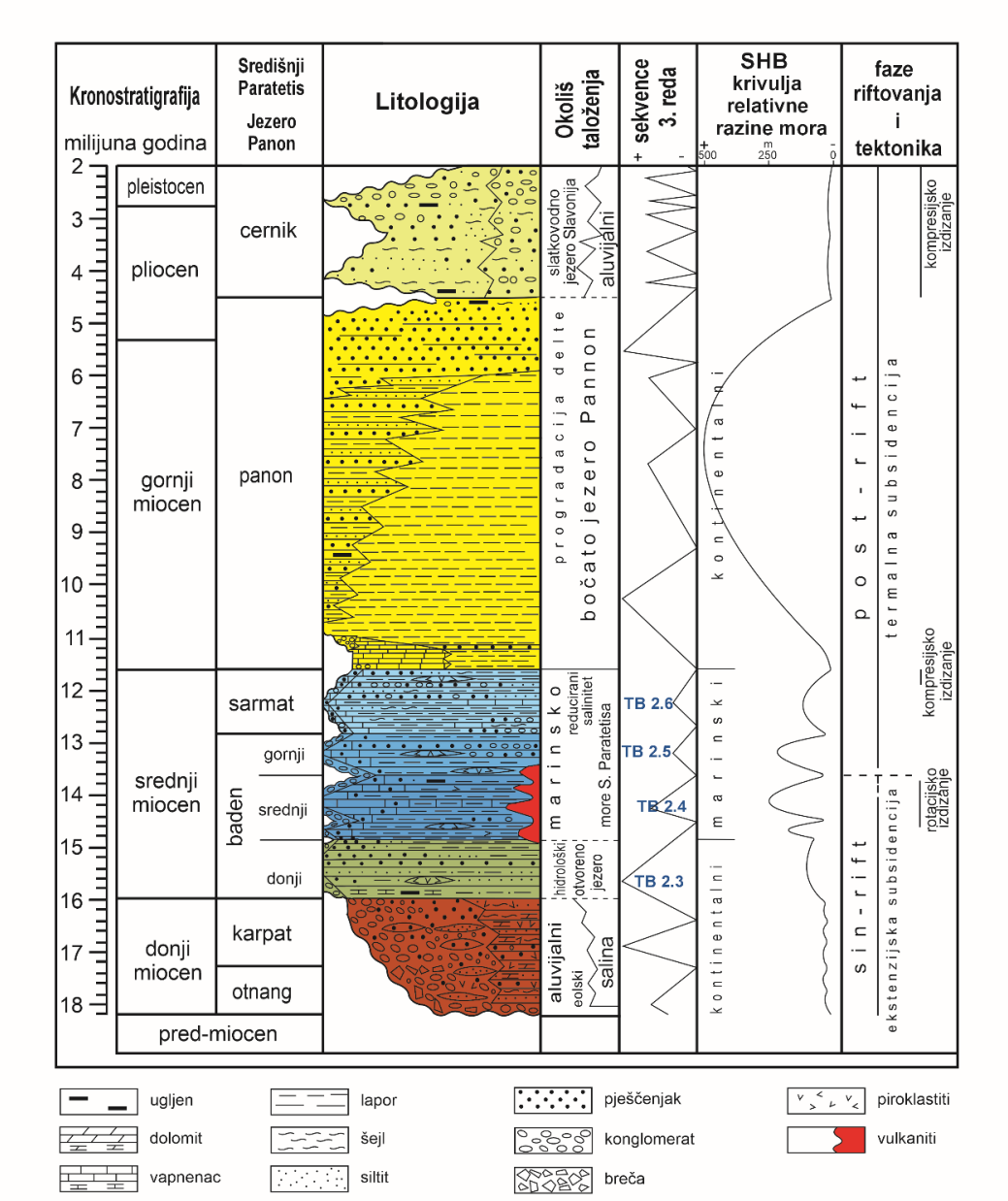
Badenske naslage zabilježene su na više lokaliteta s Papuka, Psunja i Požeške gore gdje se pojavljuju lapori, biokalkareniti i različiti vulkanoklastični sedimenti povezani s aktivnim vulkanizmom PBS-a (Pamić i Balen, 2001; Pavelić i Kovačić, 2018, sl. 2).

Vrijeme najranije marinske transgresije na području SHB-a još uvijek nije jednoznačno utvrđeno. Najraniji marinski utjecaj zabilježen je uz pomoć vapnenačkog nanoplanktona i planktonskih foraminifera na profilu Mala na jugozapadnim obroncima Papuka u karpatu

(Hajek-Tadesse i sur., 2023). Ćorić i sur. (2009), na profilu udaljenom približno 1 km od lokaliteta Mala, na temelju biostratigrafskih podataka početak marinskog taloženja smještaju u NN5 zonu, odnosno u donji baden. Geokronološka istraživanja vulkanoklastičnih naslaga Požeške gore pokazala su da je prva marinska transgresija na području SHB-a počela ranije nego se prethodno pretpostavljalo, već u NN4 zoni, prije 15 345 ± 0.02 milijuna godina (Brlek i sur., 2020; Kopecká i sur., 2022). Razdoblje donjeg badena (langhij) tako je obilježila marinska transgresija (TB 2.3) koja je preplavila područje Paratetisa i povezala ga otvorenim prolazima sa Sredozemnim morem i zapadnim dijelom Indijskog oceana (Rögl, 1998; Kováč i sur., 2007, 2017; Sant i sur., 2017). Središnji Paratetis je sa Sredozemnim morem bio povezan „Transtetijskim koridorom“ koji se nalazio na prostoru današnje Slovenije (Kováč i sur., 2004, 2007; Piller i sur., 2007; Bartol i sur., 2014; Ivančič i sur., 2018).

Tijekom srednjeg badena (langhija) područje zahvaća glavna marinska transgresija (TB 2.4), koja je povezana s globalnim porastom razine mora i regionalnom subsidencijom bazena (Rögl, 1998; Kovačić i Pavelić, 2017). U ovoj fazi uspostavljaju se otvoreniji marinski uvjeti, a sedimentacija se odvija u okolišima različitih dubina i energija vode. Plići dijelovi bazena obilježeni su razvojem bioklastičnih i karbonatnih facijesa bogatih ostacima školjkaša, mahovnjaka i alga, dok u dubljim dijelovima prevladavaju laporoviti i glinoviti sedimenti. Badenske naslage karakterizira bogata mikrofosilna zajednica, osobito planktonske i bentičke foraminifere te vapnenački nanoplankton. Njihova prisutnost dokazuje otvorenu povezanost Središnjeg Paratetisa s oceanom, kao i uspostavu relativno stabilnih marinskih uvjeta tijekom glavne transgresivne faze (Kovačić i Pavelić, 2017). Vulkanizam je u badenu imao važnu ulogu, ne samo u oblikovanju reljefa i sedimentacijskih prostora, nego i u stvaranju vulkanoklastičnih slojeva koji danas predstavljaju važne stratigrafske horizonte (Brlek i sur., 2020; Marković i sur., 2021; Trinajstić i sur., 2023). Na lokalitetima Nježić i Vranić opisani su tufovi i vulkanoklastični horizonti povezani s intenzivnom vulkanskom aktivnošću tijekom srednjeg miocena (Marković i sur., 2021; Banak i sur., 2024). Na području Požeške gore, Brlek i suradnici (2020) izdvojili su silicijske ignimbrite i vulkanoklastične turbidite interpretirane kao rezultat primarnog vulkanskog materijala taloženog tijekom riftne faze razvoja SHB-a, povezane s regionalnim eruptivnim fazama srednjeg miocena. Noviji kronostratigrafski podaci za južni dio PBS-a dodatno potvrđuju da je razvoj morskog okoliša tijekom badena bio prostorno i vremenski složen. Mandic i sur. (2026), na temelju novih U–Pb datiranja vulkanoklastičnih

slojeva iz bazena Prnjavor i Tuzla, potvrđuju srednjobadensku starost marinske transgresije te pokazuju njezino postupno širenje prema istoku. Početak transgresije datiran je na približno 14,6 milijuna godina u bazenu Prnjavor, odnosno oko 14,1 milijuna godina u bazenu Tuzla, što ukazuje na približno 0,5 milijuna godina razlike u vremenu uspostave marinskih uvjeta duž južnog ruba PBS-a (Mandic i sur., 2026). Ovi rezultati naglašavaju da granice badenskih regionalnih podjela ne treba nužno interpretirati kao strogo izokrone površine, nego ih je potrebno razmatrati u kontekstu prostorno promjenjive transgresije i regionalne paleogeografije.



Slika 2. Prikaz taložnih okoliša, litologije i tektonske evolucije SHB-a. Stup je preuzet i prilagođen prema Pavelić i Kovačić (2018).

Tijekom gornjeg badena (seravalija) zabilježena je posljednja marinska transgresija (TB 2.5) u miocenu na području Papuka i Psunja (Kovačić i Pavelić, 2017). Nakon nje dolazi do postupnog oplićavanja bazena, što se očituje u pojavi biokalkarenita, konglomerata i drugih plitkovodnih facijesa, kao i pojavi emerzija (Kovačić i Pavelić, 2017). Zatvaranjem „Transtetijskog koridora“ prestaje veza Središnjeg Paratetisa sa Sredozemnim morem (Kováč i sur., 2004, 2007).

2.3.3. SARMAT

Granica baden–sarmat obilježena je značajnim paleoekološkim promjenama povezanim s postupnom izolacijom dijelova PBS-a i razvojem restriktivnih, često brakičnih uvjeta sedimentacije (Kovačić i Pavelić, 2017). Smanjenje povezanosti s otvorenim morem dovelo je do promjena u salinitetu, cirkulaciji, dubini i sastavu zajednica. Posljedica tih promjena bilo je izumiranje većine stenohalinih marinskih organizama te promjene sastava foraminiferskih zajednica.

Sarmatske naslage predstavljaju transgresivno-regresivni ciklus. U ranoj fazi talože se plitkovodni facijesi karakteristični za visokoenergetske okoliše, uključujući šljunke, kalkarenite i bioklastične vapnence (sl. 2). Ti sedimenti često sadrže pretaloženu fosilnu zajednicu gornjeg badena, što upućuje na emerziju i ponovno taloženje starijih marinskih naslaga tijekom promjena razine mora i energije okoliša (Kovačić i Pavelić, 2017). Nakon početne plitkovodne faze, slijedi faza produbljavanja bazena, tijekom koje se talože lapori i glinoviti vapnenci s izraženom horizontalnom laminacijom. Takvi sedimenti upućuju na mirnije uvjete taloženja i smanjenu energiju vode (Pavelić i Kovačić, 2018). Tijekom gornjega sarmata ponovno se uspostavljaju plići okoliši visoke energije vode s povećanim donosom klastičnog materijala kao odraz regresivnog trenda (Kovačić i Pavelić, 2017). Vulkanizam u sarmatu znatno je reduciran u odnosu na baden, no njegova prisutnost je potvrđena lokalnim slojevima bentonita na području Krndije (Kovačić i sur., 2015; Marković, 2017). Sarmat stoga predstavlja prijelaz između otvorenijih marinskih okoliša badena i kasnijih, bočatih jezerskih okoliša panona.

2.3.4. PANON I PLIOCEN

Panonske naslage (sl. 2) kontinuirano naliježu na sarmatske i predstavljaju sedimente taložene u brakičnom Panonskom jezeru, nastalom potpunom izolacijom PBS-a (Magyar i sur., 1999; Ter Borgh i sur., 2013; Kovačić i Pavelić, 2017). Sedimentacija je obilježena finozrnatim siliciklastitima, laporima i pijescima te razvojem izrazito endemične faune mekušaca i

ostrakoda, poput rodova *Congeria*, *Limnocardium* i brojnih panonskih ostrakoda (Mužek i sur., 2023). U kasnom panonu, uslijed postupnog zatrpavanja i regresije Panonskog jezera, razvijaju se deltni i plićevodni facijesi poznati kao rhomboidea slojevi formacije Nova Gradiška, obilježeni pojavom vrste *Rhombocongeria rhomboidea* (Hornes) (Basch i sur., 2022; Mužek i sur., 2023).

Nakon prestanka bočatih uvjeta u ranom pliocenu (~4.5 milijuna godina) razvija se slatkovodno Slavonsko jezero, koje predstavlja završnu fazu evolucije južnog dijela PBS-a (Harzhauser i Mandic, 2008; Mandic i sur., 2015). U tom se okolišu talože tzv. Viviparus ili Paludina slojevi s vrlo bogatom faunom slatkovodnih gastropoda roda *Viviparus* (Mandic i sur., 2015; Mužek i sur., 2023). Slavonsko jezero opstalo je do ranog pleistocena, nakon čega je postupno nestalo, uz istodobni razvoj riječnog sustava Save i pripadajućih aluvijalnih ravnica (Mužek i sur., 2023).

2.4. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.4.1. PREGLED ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU SLAVONSKIH GORA

Prvi poznati podaci o geološkoj građi Slavonskih gora potječu iz rada Wodiczke (1855), koji donosi kratak prikaz geologije okolice Kutjeva. Radovi Stura iz 1861. i 1862. godine označili su početak sustavnih istraživanja usmjerenih k izradi pregledne geološke karte Austrougarske Monarhije autora Hauera (1867 – 1871, listovi VI i VII, M 1:576 000). Hauer (1867 – 1871, preuzeto iz Bošnjak, 2017) je na osnovu litoloških karakteristika i tektonskih odnosa raznobojne škriljavce na širem području Papuka i Krndije svrstao u donji trijas, a sve vapnence i dolomite u srednji i gornji trijas. Paleontološki nalazi, posebice školjkaši *Halobia lommeli* (Wissmann) i *Posidonia* sp., predstavljaju prve pouzdane biostratigrafske indikatore starosti (Stur, 1861). Tamni laporoviti vapnenci iz Daruvara također su, na temelju fosilnog sadržaja, pripisani gornjem trijasu (Stur, 1862).

U istom razdoblju razvijaju se i prve interpretacije metamorfnih stijena. Pilar (1875) ih pripisuje devonsko-karbonskoj starosti te ističe ulogu magmatskih procesa, dok Gorjanović-Kramberger (1897) uvodi podjelu prema stupnju metamorfizma, razlikujući starije (arhajske) i mlađe (paleozojske) komplekse. Početak 20. stoljeća obilježen je preciznijom stratigrafskom

razradom i intenzivnijim paleontološkim istraživanjima. Koch (1908) u okviru izrade geološke karte Daruvara izdvaja gornjotrijaske naslage, koje dijeli na karničke i noričke. Njegovi radovi sadrže opsežne popise makrofosila, uključujući školjkaše (*Myophoria kefersteini* (Münster), *Cardita* aff. *crenata*, *Gervilleia* sp.), gastropode (*Pleurotomaria* sp.) i brahiopode (*Spiriferina* sp.), kao i megalodontne školjkaše karakteristične za karbonatne platforme gornjeg trijasa (Koch, 1908). Poljak (1912) dodatno unapređuje stratigrafsku interpretaciju razlikujući srednji i gornji trijas te uvodi vengenske naslage ladinika. Značajni iskorak čini Salopek (1914) tezom o "Orijentalnom kopnu", interpretirajući Slavonske gore kao ostatak te time dovodi u pitanje pripadnost tog prostora alpskom sustavu. Sredina 20. stoljeća vrijeme je značajnog napretka u razumijevanju geološke građe zahvaljujući sustavnom kartiranju i integraciji paleontoloških podataka. Poljak u svojim kasnijim radovima (1934, 1940, 1952) uvodi i mikropaleontološke elemente kao sredstvo za točnije datiranje naslaga, osobito alge roda *Diplopora*. Revizijom tih nalaza Herak (1950) određuje vrstu *Teutloporella herculea* (Stoppani), čime potvrđuje ladiničku starost karbonatnih naslaga. Tijekom izrade Osnovne geološke karte, Tajder i suradnici (1960) reinterpretiraju klastične naslage grebena Vrani Kamen – Dujanova kosa – Crni vrh kao srednjotrijaske transgresivne sedimente. Nalaz alge *Diplopora annulata* (Schafhäutl) potvrđuje njihovu ladiničku starost. U istom razdoblju identificirani su i kredni rudistni vapnenci, koji predstavljaju značajne pokazatelje plitkomorskih karbonatnih okoliša (Tajder i sur., 1960). Vragović (1965 a, b) istražuje kristalinske stijene Papuka te utvrđuje njihovu složenu genezu kroz procese migmatizacije i granitizacije, što predstavlja temelj za kasnija petrogenetska istraživanja. Radovi Šikića i Brkića (1975) predstavljaju ključan doprinos jer se po prvi put uz pomoć fosilnih nalaza potvrđuje prisutnost donjotrijaskih sedimenata. Šikić (1981) dodatno razrađuje stratigrafske odnose te dokazuje kontinuirano taloženje od trijasa preko jure do donje krede, uz razvoj različitih facijesa karbonatnih platformi i klastičnih bazena. Jamičić (1988; 1995; 2001) definira višefaznu tektonsku evoluciju Slavonskih gora. Posebno se ističe uloga laramijskih deformacija i kasnijih transkurentnih rasjeda. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Daruvar (Jamičić, 1989; Jamičić i sur., 1989) predstavlja sintezu dotadašnjih istraživanja i temelj za daljnje radove.

Razvoj miocenskih naslaga Slavonskih gora ponajprije je prikazan kroz geološko kartiranje Papuka, Psunja, Požeške i Dilj gore te Krndije. Brkić i Jamičić (1976), Jamičić i Brkić (1987), Jamičić i suradnici (1987) te Šparica i suradnici (1979, 1980, 1984) u tumačima

osnovnih geoloških karata prikazali su rasprostranjenost neogenskih naslaga te njihov odnos prema predneogenskoj podlozi. Pavelić i Kovačić (1999) te Pavelić i suradnici (2001, 2003) doprinijeli su razumijevanju donjomiocenskog i srednjomiocenskog razvoja Slavonskih gora, osobito Požeške gore i Papuka. Pavelić i suradnici (2003) prikazuju razvoj miocena na području Papuka, Psunja, Požeške gore, Dilj gore i Krndije, omogućavajući usporedbu s drugim sukcesijama unutar SHB-a. Pavelić i Kovačić (1999) obrađuju donjomiocenske aluvijalne naslage Požeške gore te ih povezuju s ranim sin-riftnim razvojem bazena. Postojanje donjomiocenskog oligotrofnog i eutrofnog jezera s povremenim povišenjem saliniteta jezerske vode na prostoru Požeške gore opisuju Hajek-Tadesse (2006) i Hajek-Tadesse i suradnici (2009). Mandic i suradnici (2019a) rekonstruirali su srednjomiocensko Požeško paleojezero prije badenske transgresije Središnjeg Paratetisa. Za područje Papuka osobito su važna istraživanja Poljanska jedinice. Šćavničar i suradnici (1983) opisali su dolomitno-pelitne i tufitične naslage Poljanske, koje su kasnije tumačene kao naslage ranomiocenskog jezerskog sustava. Kovačić i Pavelić (2017), Pavelić i Kovačić (2018) te Pavelić i suradnici (2022) su te naslage povezali s razvojem hidrologijski zatvorenog jezera u polusušnim klimatskim uvjetima. Pavelić i suradnici (2022) su dodatno razradili prijelaz iz zatvorenog u otvoreni jezerski sustav na području Poljanske. Na Požeškoj gori, Brlek i suradnici (2020) datirali su silicijske ignimbrite i vulkanoklastične turbidite. Kovačić (2004) u svojoj doktorskoj disertaciji rekonstruirao je sedimentološku evoluciju gornjomiocenskih bazena jugozapadnog dijela PBS-a s posebnim naglaskom na razvoj jezerskih i deltnih taložnih sustava, facijesnih odnosa i progradaciju klastičnih sustava. Kovačić i Grizelj (2006) istraživali su provenijenciju gornjomiocenskih klastičnih naslaga jugozapadnog dijela PBS-a. Sastav i provenijenciju neogenskih sedimentnih stijena Dilj gore u svom radu prikazali su Kovačić i suradnici (2011). Grizelj i suradnici (2017) istražuju mineraloške i geokemijske značajke miocenskih pelitnih sedimentnih stijena jugozapadnog dijela PBS-a, uključujući uzorke s Psunja te Požeške subdepresije. Halamić i Belak (2022) u Tumaču za Požešku goru daju litostratigrafski okvir za neogenske naslage Slavonskih gora. Kovačić i suradnici (2024) obrađuju gornjomiocenske pješčenjake jugozapadnog dijela PBS-a, odnosno prikazuju završnu fazu neogenskog razvoja bazena. Matošević i suradnici (2024) obradili su gornjomiocenske jezerske pješčenjake PBS-a u Hrvatskoj, s naglaskom na dijagenetske promjene, mineralogiju, petrofizička svojstva i procjenu kvalitete ležišta. Špelić i suradnici (2023, 2025) dodatno su razradili mlađi neogenski razvoj Dravske depresije i jugozapadnog PBS-a.

2.4.2. PREGLED BIOSTRATIGRAFSKIH I PALEONTOLOŠKIH RADOVA NA PODRUČJU SJEVERNOHRVATSKOG BAZENA

Prva istraživanja neogenskih naslaga na prostoru SHB-a bila su uglavnom regionalnog geološkog i paleontološkog karaktera. U starijim radovima opisuje se rasprostranjenost tercijarnih naslaga, njihov litološki i fosilni sastav, osobito zastupljenost mekušaca i najbolje očuvanih makrofosila. Vukotinović (1855) među prvima navodi fosiliferne tercijarne, današnje paleogenske i neogenske naslage, u okolici Zagreba, dok Koch (1922) donosi važne podatke o tercijarnoj fauni Hrvatske, uključujući miocenske mekušce s područja Podsuseda. Šuklje (1938) opisuje faunu Vrapča i Otruševca te razlikuje litotamnijske vapnence kao pliće, obalne sedimente i glinovite lapore kao taloge mirnijih, dubljih dijelova bazena. Iako se u tim radovima primjenjuju povijesni stratigrafski nazivi, poput tercijara i mediterana te stariji nazivi katova koji su se u međuvremenu stratigrafski redefinirali, njihova su opažanja predstavljala važnu osnovu za kasnija geološka, paleontološka i biostratigrafska istraživanja neogenskih naslaga sjeverne Hrvatske.

Prve sustavne biostratigrafske rezultate za miocenske naslage na području Medvednice prikazala je Kochansky-Devidé (1944a, 1944b, 1957). Ona je badenske naslage podijelila u tri razvoja: „Doljanski“ ili jugozapadni, „Čučerski“ ili središnji i „Zelinski“ ili sjeverni/sjeveroistočni razvoj. Ova podjela poslužila je kao temelj za paleoekološke, facijesne i biostratigrafske interpretacije srednjomiocenskih naslaga čitavog SHB-a.

Biostratigrafska istraživanja temeljena na foraminiferama osobito su se razvila u drugoj polovici 20. stoljeća. Šikić (1967, 1968) obrađuje torton (11,63–7,246 milijuna godina) i sarmat jugozapadnog dijela Medvednice te stratigrafiju miocena sjeveroistočne Medvednice na temelju foraminiferske faune. Bajraktarević (1977, 1982) dodatno razvija mikropaleontološki pristup u istraživanju u svom magistarskom i doktorskom radu uspoređujući badenske naslage zapadne Hrvatske sa širim prostorom Paratetisa te obrađuje mikro i nanofosile srednjeg miocena. Avanić (1997) u magistarskom radu obrađuje facijese karpatskih i badenskih naslaga jugoistočne Medvednice. Na temelju sedimentoloških obilježja izdvojio je više litofacijesa i definirao litostratigrafske jedinice. Vrsaljko (2005, 2010) je na temelju odredbi puževa i školjkaša predložio zonaciju srednjo i gornjomiocenskih sedimenata. Bakrač (2005) istražuje palinomorfe srednjeg i gornjeg miocena jugozapadnog dijela PBS-a, a zajedno sa suradnicima (2012) uspostavlja biozonaciju na temelju palinomorfa za područje Hrvatske. Hajek-Tadesse

(2006) obrađuje ostrakode donjeg i srednjeg miocena sjeverne Hrvatske te ih ističe kao važan dio biostratigrafskih i paleoekoloških interpretacija. Radovi Pezelj (2006), kao i Pezelj i suradnici u kasnijim radovima (2013, 2016), usmjereni su na paleoekologiju badenskih i sarmatskih naslaga na temelju foraminifera. Vrsaljko i suradnici (2006) daju pregled srednjomiocenskih okolišnih promjena u jugozapadnom dijelu Središnjeg Paratetisa. Ćorić i suradnici (2009) donose reinterpretaciju početka marinske transgresije na području SHB-a na temelju vapnenačkog nanoplanktona, planktonskih i betičkih foraminifera te mekušaca. Donjomiocenski ostrakodi profila Sadovi na Požeškoj gori opisani u radu Hajek-Tadesse i suradnici (2009), važni su za interpretaciju donjomiocenskih okoliša, pri čemu je osobito značajno izdvajanje bočate faze unutar jezera. Hajek-Tadesse i Prtoljan (2011) po prvi put daju ostrakodnu biozonaciju badenskih naslaga Banovine te geokemijske analize ljušturica ostrakoda važne za rekonstrukciju badenskih okoliša. Martinuš i suradnici (2013) opisali su srednjomiocenske karbonate Zrinske gore, jugozapadnog rubnog dijela SHB-a, a Sremac i suradnici (2016) grebene i bioakumulacije u miocenskim naslagama SHB-a. Brlek i suradnici (2016, 2018) na temelju zajednice foraminifera i vapnenačkog nanoplanktona određuju vrijeme srednjomiocenske transgresije. Bošnjak (2017) u svojoj doktorskoj disertaciji detaljno obrađuje paleoekologiju i biostratigrafiju badenskih naslaga Medvednice na temelju mekušaca i prateće fosilne zajednice. Špišić i suradnici (2017a, b) obrađuju lokalitete Ciprovac i Zdenci pokazujući raznolikost okoliša tijekom srednjeg miocena na geografski malom prostoru. Pezelj i Drobnjak (2019) daju važan doprinos biostratigrafiji i paleoekologiji srednjomiocenskih naslaga SHB-a na temelju malih bentičkih foraminifera. Grizelj i suradnici (2020) u radu primjenjuju mineraloške, geokemijske, sedimentološke i paleontološke analize za opisivanje okoliša na granici baden-sarmat jugozapadnog rubnog dijela PBS-a. Galović (2020) obrađuje sarmatsku biostratigrafiju sjeverne Hrvatske na temelju vapnenačkog nanoplanktona. Kopecká i suradnici (2022) istraživanjima s lokaliteta Škrabutnik, Tisovac, Ivan Dol, Bidrovac i Plaz, lokalne biostratigrafske podatke uspoređuju s drugim bazenima Paratetisa. Marković i suradnici (2021) integrirali su 40Ar/39Ar datiranja vulkanoklastičnih naslaga s biostratigrafskim podacima te pokazali da su tufovi na lokalitetima Čučerje i Nježić taloženi u marinskom okolišu. Za Nježić je dobivena 40Ar/39Ar starost od 14,40 ± 0,03 milijuna godina, dok su vapnenački nanoplankton i foraminifere iz podine i krovine ukazali na NN5 i M6 zone, čime je potvrđena srednjomiocenska, odnosno badenska starost marinskih naslaga. Pelagički utjecaj na jugozapadnom rubu Paratetisa u svom radu opisali su Sremac i suradnici

(2022). Hajek-Tadesse i suradnici (2023) istražuju donjomiocenske naslage profila Poljanska i Mala na Papuku kombiniranjem rezultata dobivenih analizom mikrofosilne zajednice, 40Ar/39Ar datiranjem, geokemijskim i mineraloškim podacima. Premec-Fuček i suradnici (2023) uz pomoć vapnenačkog nanoplanktona, foraminifera, ostrakoda i palinomorfa detaljno prikazuju prijelaz iz ograničenih marinskih uvjeta prema uvjetima otvorenog mora te povezuju lokalni slijed naslaga s regionalnim događajima u Središnjem Paratetisu. Trinajstić i suradnici (2023) povezuju vulkanoklastične horizonte s paleontološkim i biostratigrafskim podacima te time omogućuju precizniju korelaciju lokalnih sukcesija i regionalnih vulkanskih događaja. Bentička zajednica Panonskog jezera, sastavljena od ostrakoda i mekušaca, opisana je u radu Mužek i sur. (2023). Fio Firi i suradnici (2024) uz pomoć izotopnih analiza na kućicama foraminifera daju procjenu o temperaturi mora te na taj način uvode izotopne analize kao dodatni alat za rekonstrukciju paleotemperatura i okolišnih uvjeta u badenskom moru SHB-a. Banak i sur. (2024) na lokalitetu Vranić pronašli su ostatke kitova i riba zajedno s foraminiferskom zajednicom badenske starosti. Milošević i suradnici (2025) daju integrirani paleoekološki prikaz badenskih naslaga SHB-a na temelju odabranih uzoraka bušotine Striježevica na Papuku.

3. MATERIJALI

3.1. Paleoekologija

„Prošlost je ključ za razumijevanje budućnosti“

Paleoekologija je znanstvena disciplina koja proučava odnose između organizama i njihovog okoliša u geološkoj prošlosti. Njezin je osnovni cilj ispričati priču o zajednici organizama i njihova okoliša te rekonstruirati uvjete života i evoluciju okoliša kroz vrijeme. Paleoekologija povezuje spoznaje iz paleontologije, sedimentologije, geokemije i biologije kako bi pružila što potpuniju sliku paleookoliša. Temelji se na proučavanju fosila i njihovoj reakciji na promjene različitih abiotičkih i biotičkih parametara koji su vladali u okolišu. Najvažniji abiotički faktori koji utječu na žive organizme su temperatura, salinitet, količina otopljenog kisika, količina svjetla, tip podloge, kretanja vode (struje i plima/oseka) te količina nutrijenata. Kompetencija i predatorstvo smatraju se najvažnijim biotičkim faktorima.

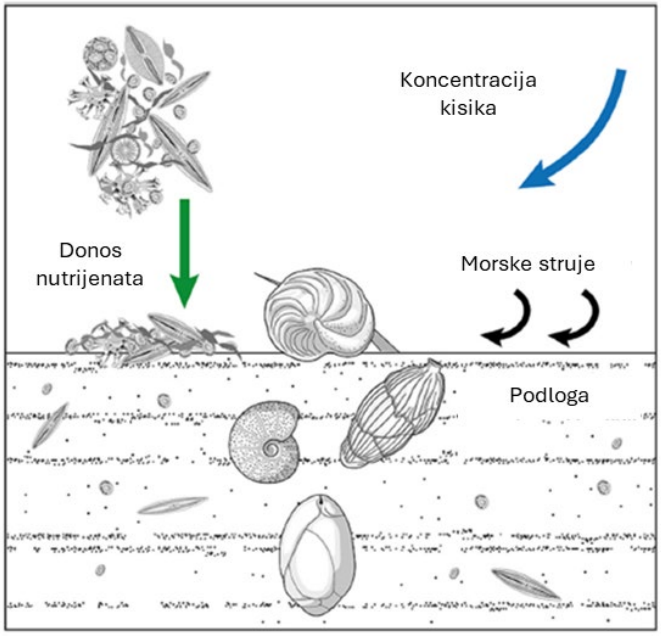
Paleoekološka istraživanja temelje se na principu aktualizama, koji kaže da su procesi i mehanizmi u geološkoj prošlosti djelovali analogno recentnim sustavima. Na tim se postavkama temelje paleoekološke analize, koje kroz kvantitativnu i statističku obradu fosilne zajednice omogućuju rekonstrukciju fosilnih okoliša. Analiza izračunatih paleoekoloških parametara omogućuje rekonstrukciju okolišnih uvjeta, uključujući tip staništa, trofični status te biološku raznolikost zajednice. Vertikalna distribucija ovih vrijednosti unutar stratigrafskog slijeda služi kao indikator visokorezolucijskih promjena u okolišu koje se koreliraju s globalnim promjenama klime ili razine mora. U okviru višedisciplinarnog pristupa, geokemijske analize postaju važan alat paleoekoloških interpretacija. Analiza stabilnih izotopa kisika $\delta^{18}O$ i ugljika $\delta^{13}C$ služi kao indikator za rekonstrukciju paleotemperatura i trofičnih gradijenata. Osim toga, distribucija elemenata u tragovima u sedimentu ili biogenom karbonatu pruža važne podatke o paleosalinitetu, oksigenaciji ili produktivnosti istraživanog paleookoliša.

3.2. Osnovna obilježja foraminifera

Foraminifere (Rhizaria) predstavljaju raznoliku skupinu jednostaničnih, heterotrofnih eukariotskih organizma koji pripadaju carstvu Protista. Njihova karakteristika je mineralni skelet-kućica (rezultat metabolizma ili "sakupljanja" i lijepljenja mineralnih zrna, tzv. aglutinirana kućica) različitih izgleda. Kućica je sastavljena od jedne (monotalamična) ili više klijetki koje su različito raspoređene, dajući različite stilove rasta (uniserijalna, bi/triserijalna planispiralna, trohospiralna, miliolidna). Zahvaljujući visokoj osjetljivosti na promjene u okolišu, brzoj evoluciji i globalnoj rasprostranjenosti među najvažnijim su mikroorganizmima u biostratigrafiji, paleoekologiji i paleoklimatologiji (Murray, 2006; Schiebel i Hemleben, 2017). Foraminifere su osobito pogodne za paleookolišne interpretacije obzirom na veličinu kućice (od 0.1 do 1 mm) i kratko generacijsko vrijeme te veliku brojnost u maloj količini uzorka. Isto tako, nastanjuju sve tipove morskih okoliša, od međuplimske zone do najdubljih dijelova oceana, a mogu nastanjivati slatkovodna i slana jezera te podzemna špiljska staništa (Boltovskoy i Lena, 1971; Cann i De Dekker, 1981; Baković i sur., 2025). Žive u svim klimatskim pojasevima, a poznate su od kambrija do danas. Njihova mineralizirana kućica ostaje sačuvana u sedimentu i nosi zapise o brojnim biološkim procesima (ontogeniji, načinu kretanja, prehrani, razmnožavanju, simbiontima) što omogućuje rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta (Scott i sur., 2001). Na temelju statističke obrade zajednice foraminifera iz pojedinih uzoraka možemo doznati o promjenama abiotičkih faktora u okolišu, kvaliteti okoliša te biološkoj raznolikosti zajednice. Izračun indeksa bioraznolikosti omogućuje usporedbu uzoraka s različitim brojem vrsta (S) i različitim brojem jedinki (N) te praćenje promjena u okolišu. Planktonske foraminifere su izvrsni paleooceanografski indikatori, prvenstveno pogodne za rekonstrukciju kretanja vodenih masa, paleodubina, paleoklimatskih zona te termalnog režima površinskog sloja mora. Nasuprot tome, bentičke foraminifere su pokazatelji trofičnosti sustava, tipa staništa i abiotičkih čimbenika (Boltovskoy i Wright, 2013). Taksonomska determinacija foraminifera u ovom doktorskom radu, od razine roda do vrste, dosljedno se temelji na standardnoj morfološkoj klasifikaciji koju su postavili Loeblich i Tappan (1987). Kriteriji za determinaciju su sljedeći: sastav i mikrostruktura stijenke (izgled u mikroskopskim preparatima i izoliranim jedinkama), oblik kućice (oblik, veličina i raspored klijetki), oblik i položaj pregrada - septi, obilježja ušća (položaj, izgled, jednostavno ili složeno).

Za rekonstrukciju paleookoliša osobine poput ontogenetskih promjena, dinamika razmnožavanja te geološki vremenski raspon imaju važnu ulogu. Prema Loeblichu i Tappanu (1988), opisano je oko 100 familija, 1 200 rodova te približno 27 000 fosilnih i recentnih vrsta. Prema bazi *World Foraminifera Database*, danas je poznato gotovo 50 000 prihvaćenih fosilnih i recentnih vrsta foraminifera (Hayward i sur., 2026). Tradicionalno foraminifere se opisuju kao velike bentičke foraminifere, male bentičke foraminifere i planktonske foraminifere (Murray, 2006). U ovoj disertaciji težište je stavljeno na zajednice malih bentičkih i planktonskih foraminifera, s ciljem rekonstrukcije uvjeta na morskom dnu, ali i u vodenom stupcu.

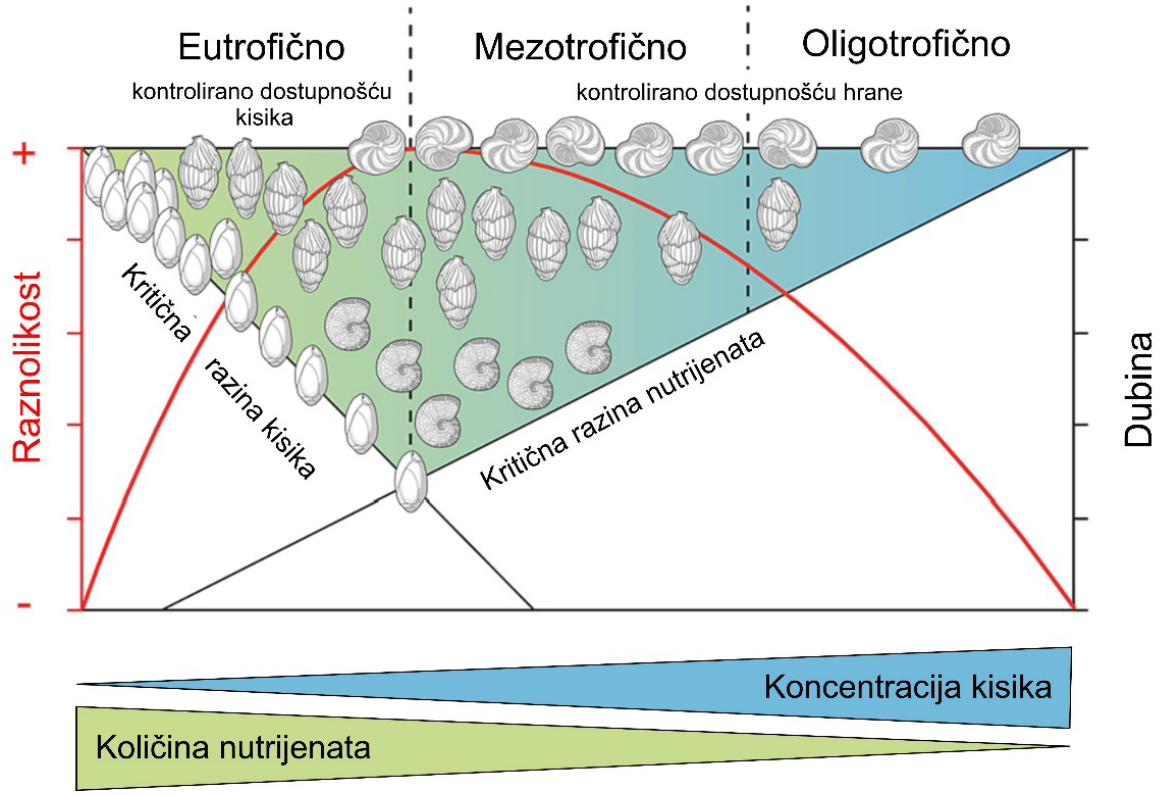
Glavni faktori koji utječu na distribuciju bentičkih foraminifera su količina otopljenog kisika i nutrijenata (sl. 3; Kaiho, 1994; Jorissen i sur., 1995; Van der Zwan i sur., 1999). Vertikalna raspodjela bentičkih foraminifera u sedimentu, odnosno njihova preferencija prema mikrostaništima, važna je za bolje razumijevanje njihove ekologije (Jorissen i sur., 1995). Sukladno njihovom obliku i poziciji u odnosu na granicu sediment/voda bentičke foraminifere se dijele na epifaunalne (koje žive na površini sedimenta ili na površini biogene strukture) i infaunalne (žive unutar sedimenta). Unutar ove dvije kategorije postoji podjela s obzirom na preferiranu podlogu, kao i detaljna vertikalnu podjela unutar sedimenta (Jorissen i sur. 1995). U svom istraživanju Corliss i Chen (1988) klasificirali su bentičke foraminifere u **funkcionalne skupine**, integrirajući morfologiju kućice, način rasta i distribuciju površinskih pora. Prema tom modelu, epifaunski morfotipovi obuhvaćaju zaobljene, plankonveksne i bikonveksne trohospiralne te miliolinske oblike. S druge strane, infaunsku skupinu karakteriziraju zaobljeni planispiralni, ovalno spljošteni, šiljati/cilindrični i sferični oblici. Infaunske oblike odlikuje veći omjer površine i volumena te ravnomjerna



Slika 3. Abiotički faktori koji utječu na raznolikost bentičkih foraminiferskih zajednica. Preuzeto i prilagođeno prema Schmiedl i sur., 2023.

raspodjela pora, što predstavlja ključnu ekomorfološku prilagodbu na smanjene koncentracije kisika u intersticijskim vodama sedimenta (Corliss i Chen, 1988).

Vertikalna raspodjela mikrookoliša i distribucija foraminifera može se objasniti TROX (*Trophic Oxygen Model*, sl. 4.) modelom kojeg je uveo Jorissen sa suradnicima (1995), a povezuje trofične uvjete s količinom otopljenog kisika u okolišu. Prema modelu (Jorissen i sur., 2007), u **oligotrofnim uvjetima**, gdje je primarna produkcija niska, kisik dopire duboko u sediment, no kritični limitirajući faktor postaje hrana (malo je nutrijenata). Posljedično, većina organizama živi u površinskom sloju (epifauna). U **eutrofičnim uvjetima** s visokim unosom organske tvari, pojačana mikrobna aktivnost brzo troši kisik, čime on postaje primarni limitirajući faktor. To uzrokuje uzlaznu migraciju infaune prema granici sediment/voda, rezultirajući plitkom stratifikacijom foraminifera unatoč obilju hrane. Optimalna stratifikacija i maksimalna raznolikost staništa stoga je u **mezotrofnim uvjetima**, gdje su oba faktora prisutna u količinama koje dopuštaju naseljavanje dubljih slojeva sedimenta.



Slika 4. TROX (TROphic i OXygen) model (Jorissen i sur., 1995.) povezanost dubine staništa i brojnosti bentičkih foraminifera s količinom hrane i koncentracijom otopljenog kisika. Preuzeto i prilagođeno prema Schmiedl i sur., 2023.

Za epifaunalne vrste karakteristično je brzo razmnožavanje i život na oksičnim površinskim staništima morskog dna (Murray, 2006). Infaunalne vrste pak karakterizira sporo razmnožavanje i život unutar sedimenata morskog dna, a tolerantne su na smanjenje kisika (Murray, 2006). Upravo zato, udio epifaunskih vrsta važan je pokazatelj količine kisika u okolišu te količine donosa organske tvari na morsko dno. U visokooksičnim okolišima s ograničenom količinom hrane dominira epifauna ili *surface dwelling* vrste prilagođene oligotrofnim uvjetima. U eutrofičnim uvjetima, dominiraju infaunski oblici. U mezotrofičnim uvjetima u okolišu ima dovoljno hrane i kisika te zajednica ima podjednak udio epifaunskih i infaunskih oblika, a hrana je dostupna i u dubljim slojevima sedimenta (duboka infauna).

Povezivanjem ekomorfoloških osobina kućice (Corliss i Chen, 1988) i TROX modela (Jorissen i sur., 1995), Jorissen i suradnici (2007) definirali su skupine vrsta foraminifera indikatore stresa u okolišu. U tom smislu opisane su skupine vrsta koje ukazuju na visoku produktivnost te one koje toleriraju stresne uvjete poput hipoksije.

Rasprostranjenost planktonskih foraminifera u vodenom stupcu određena je kombinacijom okolišnih čimbenika i bioloških osobina pojedinih vrsta. Na njihovu distribuciju ponajprije utječu temperatura, salinitet, dostupnost hranjivih tvari i produktivnost mora, ali i morfologija kućice te prisutnost fotosintetskih endosimbionata (Hohenegger i sur., 2008; Schiebel i Hemleben, 2017). Pojedine vrste nastanjuju specifične dijelove vodenog stupca, od površinskih do dubljih slojeva, pri čemu je njihov vertikalni raspored često povezan s dubinom termokline, piknokline i maksimuma koncentracije klorofila (Hohenegger i sur., 2008).

Tijekom ontogenetskog razvoja planktonske foraminifere mogu mijenjati dubinu staništa. Mnoge vrste migriraju prema dubljim slojevima mora u fazi reprodukcije, gdje se odvija gametogeneza pod uvjetima karakterističnima za pojedinu vrstu, uključujući određenu temperaturu i salinitet (Peryt i sur., 2024). Osim ontogenetskih migracija, kod vrsta koje sadrže fotosintetske endosimbionte zabilježene su i dnevne vertikalne migracije povezane s intenzitetom svjetlosti i dostupnošću fotosinteze, pri čemu se tijekom dana zadržavaju u plićim, osvijetljenim slojevima mora, a tijekom noći migriraju u dublje dijelove vodenog stupca (Schiebel i Hemleben, 2017).

Zbog izražene osjetljivosti na promjene temperature, saliniteta, produktivnosti i strukture vodenog stupca, planktonske foraminifere predstavljaju vrlo pouzdane pokazatelje klimatskih i oceanografskih promjena.

3.3. Osnovna obilježja vapnenačkog nanoplanktona

Vapnenački nanoplankton obuhvaća mikroskopske, pretežno marinske planktonske organizme koji izlučuju kalcitne skeletne elemente. Najvažniju skupinu čine kokolitoforidi, jednostanične fotosintetske alge, koje oko stanice stvaraju ovojnicu građenu od brojnih kalcitnih pločica – kokolita. Nakon ugibanja organizma kokosfera se najčešće raspada, a pojedinačni kokoliti se talože u sedimentu. Osim kokolita i kokosfera, u širem smislu vapnenački nanoplankton uključuju i nanolite (Young i Bown, 1997; Haq i Boersma, 1998; Bown, 1998).

Zbog vrlo malih dimenzija, velike brojnosti i široke rasprostranjenosti, vapnenački nanoplankton ima iznimnu stratigrafsku i paleoceanografsku vrijednost. Pojedinačni kokoliti najčešće su manji od 30 μm, a uobičajeno iznose približno 5 do 10 μm, što omogućuje analizu velikog broja jedinki u vrlo maloj količini sedimenta (Bown, 1998). Njihova rasprostranjenost, brza evolucija i česta pojava u pelagičkim i hemipelagičkim sedimentima razlog su primjene vapnenačkog nanoplanktona u određivanju relativne starosti i korelaciji naslaga, osobito u mezozojskim i kenozojskim sukcesijama (Perch-Nielsen, 1985; Haq i Boersma, 1998;).

Osim u biostratigrafiji, vapnenački nanoplankton ima važnu ulogu u rekonstrukciji paleoekoloških i paleoceanografskih uvjeta. Obzirom da su kokolitoforidi primarni proizvođači koji žive u površinskom dijelu vodenog stupca, sastav zajednice osjetljiv je na promjene temperature površinskog sloja, saliniteta, dostupnosti hranjivih tvari, stratifikacije, intenziteta miješanja vodenog stupca i promjena u cirkulaciji mora (Winter i sur., 1994; Brand, 1994). Stoga, promjene u relativnoj zastupljenosti pojedinih rodova/vrsta mogu odražavati promjene u produktivnosti, trofičnom statusu okoliša i hidrografskim značajkama bazena.

Paleoekološka interpretacija vapnenačkog nanoplanktona najčešće se temelji na kvantitativnoj analizi zajednica, odnosno na relativnoj zastupljenosti pojedinih vrsta, omjeru

ekološki osjetljivih skupina, raznolikosti zajednice te stupnju očuvanosti kokolita. Dominacija vrsta povezanih s toplim, stabilnim i oligotrofnim uvjetima može upućivati na stratificirani vodeni stupac i smanjen dotok hranjivih tvari. Nasuprot tome, povećanje udjela oportunističkih ili eutrofnih vrsta može ukazivati na pojačano miješanje, dotok hranjivih tvari, uzdizanje dubljih voda ili povećan terigeni utjecaj. Zajednice vapnenačkog nanoplanktona osjetljive su i na male promjene okolišnih uvjeta te se mogu koristii za ekološke rekonstrukcije s visokom vremenskom rezolucijom (Auer i sur., 2014).

3.4. Osnovna obilježja palinomorfa i dinocista

Palinomorfi su mikrofosili s organskom stijenkom veličine između 5 i 500 μm (Traverse, 2007). Stjenka je izgrađena od hitina, pseudohitina ili sporopolenina. To su sporomorfi (spore i pelud), fitoplankton (ciste dinoflagelata, fikome prazinofita, akritarke, cijanobakterije, klorokokalne zelene alge, spore rodoficeja) i zoomorfi (egzoskelet člankonožaca, okućene amebe, hitinski ostaci foraminifera). Velik značaj imaju kao klimatski i okolišni indikatori te kao stratigrafski markeri.

Počevši od prekambrija palinomorfi se javljaju u različitim sedimentnim stijenama svih starosti (Traverse, 2007). Dolaze na kopnu (sporomorfe), u slatkoj vodi (zelene alge, neki dinoflagelati i nekoliko sporomorfa) i slanoj vodi (većina dinoflagelata, akritarke i druge alge i mikroskopski ostaci izumrlih hitinozoa, skolekodonti i foraminifere). Palinomorfi su veličine silta i stoga su rijetki ili ih uopće nema u dobro sortiranim pješčenjacima i glinama. Osjetljivi su na oksidaciju i visok alkalitet i stoga se obično ne mogu naći u crvenim slojevima, "čistim" vapnencima, evaporitima ili trošnim stijenama, iako postoje iznimke. Osjetljivi su na visoku temperaturu i tlak, a time i na dijagenetske procese u stijenama te se stoga obično ne nalaze u metamorfnim stijenama. U tlima se vrlo rijetko sačuvaju sporomorfi (uglavnom oni s višim udjelom sporopolenina u stijenci) i to samo u tlima u kojima je pH manji od 5.5-6. Sporopolenin je otporan na većinu tipova kemijskog i fizičkog trošenja osim na oksidaciju. Dakle, palinomorfi se najbolje mogu sačuvati u anaerobnim uvjetima koji se nalaze gdje god postoji stalno zasićenje vodom: dno mora, jezera, cretova (tresetišta), pri niskom pH, u vrlo suhim ili slanim tlima, pod većim arheološkim strukturama te u blizini bakrenih ili brončanih artefakata.

Dinoflagelati su jednostanični eukariotski organizmi koji u motilnom stadiju posjeduju dva biča. Uglavnom žive pojedinačno, većinom u moru kao fitoplankton. Neke vrste žive kao simbionti u koraljima, spužvama, školjkašima te kao paraziti (Sremac, 1999). Samo 10% recentnih dinoflagelata stvara ciste od kojih se manje od 70% može fosilno sačuvati (Tyson, 1995). Dinoflagelati u motilnom stadiju mogu biti tekatni i atekatni ("obučeni" i "goli"). Tekatni grade teku (*theca*) koju čine celulozne poligonalne pločice izbušene brojnim porama putem kojih organizam komunicira s okolinom. Broj i raspored celuloznih pločica karakteristični su za vrstu. Organizacija tekalnih pločica se naziva tabulacija. U povoljnim uvjetima razvijena je teka unutar koje se u nepovoljnim uvjetima počinje stvarati cista, a potom dolazi do odbacivanja celulozne teke koja se uslijed biokemijskih procesa raspada pa se stoga ne može fosilizirati. Neki oblici mogu stvarati više različitih cista. Razlikujemo privremene i vegetativne, kao i ciste za preživljavanje nepovoljnih životnih uvjeta (*resting cyst*). Fosiliziraju se samo njihove dinosporinske, kalcitne i vrlo rijetko silicificirane ciste koje se tvore za preživljavanje nepovoljnih životnih uvjeta ili za zaštitu zigote (*hypnozygota*). Ciste reflektiraju istu tabulaciju kao i pripadajuća teka pa se stoga za ciste koristi naziv paratabulacija, a pripadajuće cistne pločice označavaju se isto kao pločice teke. Na kraju nepovoljnog razdoblja iz dinociste se izvlači protoplazma kroz arheopil (*archaeopyl*), a cista ulazi u sediment. Razmnožavaju se spolno (svega nekoliko recentnih oblika) i nespolno, tj. diobom (Bakrač, 1999).

3.5. Osnovna obilježja ostrakoda

Ostrakodi su mikroskopski rakovi čije je tijelo obavijeno dvodjelnom, kalcitnom ljušturicom. Njihove cjelovite i odvojene ljušturice sastavni su dio sedimentnog zapisa te se ubrajaju među najznačajnije mikrofosilne skupine za paleoekološke i paleokolišne interpretacije (Van Morkhoven, 1963; Holmes i Chivas, 2002). Prisutni su u morskim okolišima, dok su u kontinentalnim i prijelaznim okolišima zastupljeni u jezerima, rijekama, močvarama te brakičnim okolišima (Meisch, 2000; Horne i sur., 2002). Njihov fosilni zapis jedan je od najpotpunijih među člankonošcima i kontinuirano se prati od ordovicija do danas (Horne i sur., 2002; Williams i sur., 2008).

Osnovno morfološko obilježje ostrakoda je dvodijelna ljušturica sastavljena od lijeve i desne valve, povezane duž dorzalnog ruba. Vanjska površina ljušturice može biti glatka ili ornamentirana (čvorićima, jamicama, rebrima), dok unutarnja građa uključuje morfološke značajke kao što su brava, mišićni ožiljci, rubna zona i pore ključne za taksonomsku odredbu i paleokolišnu interpretaciju. Veličina ostrakoda najčešće se kreće od približno 0.2 do 2 mm (Horne i sur., 2002; Meisch i sur., 2019).

U mikropaleontologiji se ostrakodi primjenjuju u biostratigrafskim, paleoekološkim i paleookolišnim istraživanjima, pri čemu je njihova najveća vrijednost povezana s rekonstrukcijom uvjeta na dnu vodenih tijela. Sastav ostrakodnih zajednica, njihova brojnost, raznolikost i očuvanost mogu upućivati na promjene saliniteta, temperature, dubine, oksigenacije, tipa podloge, hidrodinamičke energije i stupnja povezanosti s otvorenim morem (Athersuch i sur., 1989; Holmes i Chivas, 2002; Frenzel i Boomer, 2005). Zbog pretežito bentičkog načina života, ostrakodi su osobito korisni u rekonstrukciji plitkomorskih, lagunskih, estuarijskih, jezerskih i močvarnih okoliša, gdje promjene u zajednicama često odražavaju lokalne hidrografske i ekološke uvjete. Dodatnu vrijednost u paleoekološkim rekonstrukcijama ima geokemijska analiza ostrakodnih ljušturica, osobito stabilni izotopi ugljka i kisika te omjeri poput Mg/Ca i Sr/Ca, koji mogu pružiti informacije o temperaturi, salinitetu, izotopnom sastavu vode i kemizmu okoliša (Holmes i Chivas, 2002; Decrouy, 2016).

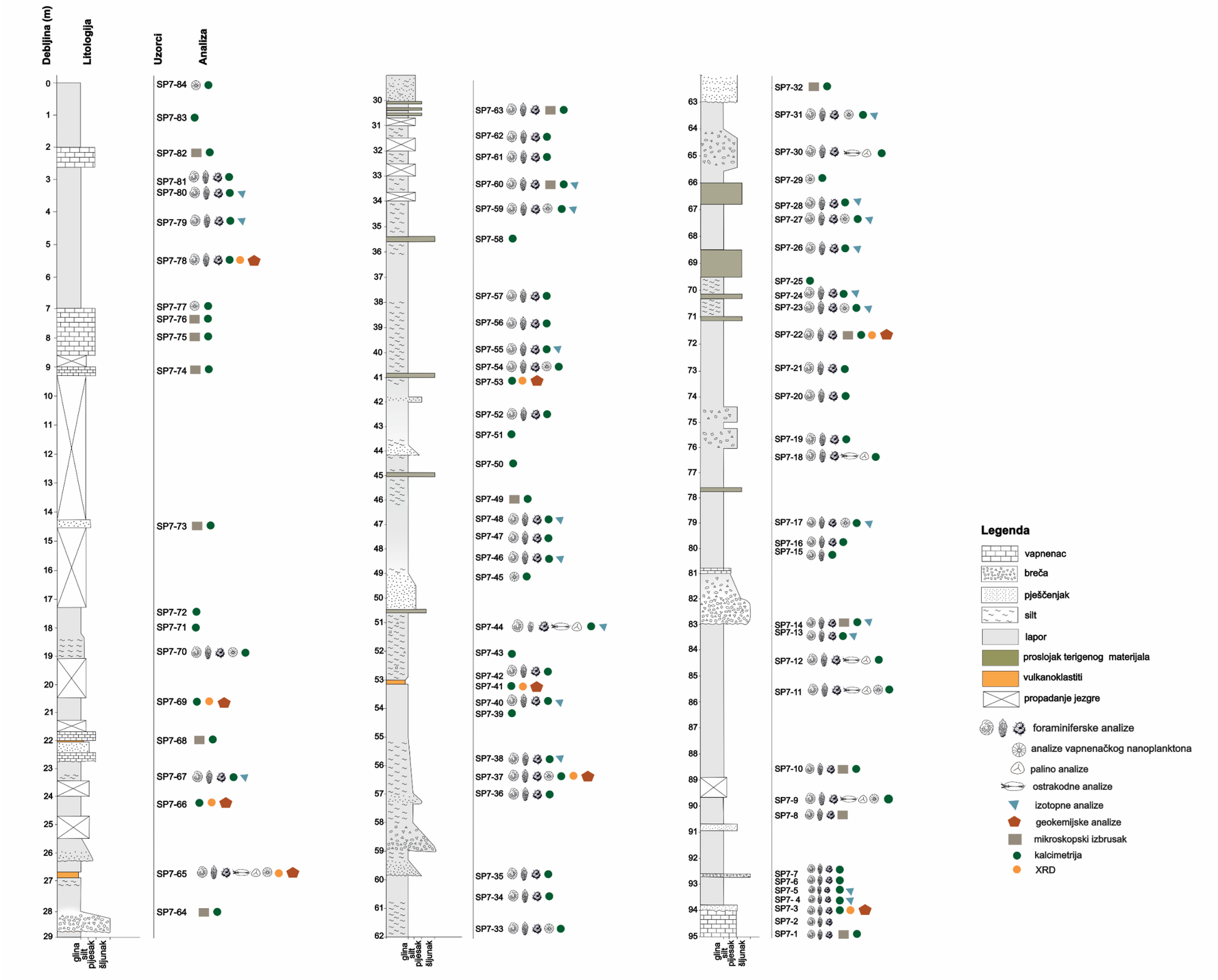
4. METODE

4.1. Terenska istraživanja

Tijekom 2015. godine na području Papuka tvrtka Karst d.o.o. provela je vodoistražne radove. U sklopu navedenih istraživanja izbušena je i 95 metara duboka bušotina Striježevica (578205.51, 5036049.92 u HTRS96 sustavu). U travnju iste godine, bušotina Striježevica uzorkovana je u metarskoj rezoluciji ili pri svakoj vidljivoj litološkoj promjeni. Ukupno su uzorkovana 84 uzoraka duž bušotine. Iz svakog uzorkovanog intervala odabrani su uzorci za daljnju analizu. Uzorci su pripremljeni za paleontološke analize (57 šlemanih uzoraka, 16 mikroskopskih izbrusaka, 16 uzoraka za analize vapnenačkog nanoplanktona te 7 za palino analize), analize stabilnih izotopa (20 uzoraka bentičkih foraminifera i 23 uzorka planktonskih foraminifera), geokemijske (9 uzoraka) te mineraloške analize (9 uzoraka za XRD analizu te 83 uzorka za kalcimetriju), sl. 5. Dobiveni rezultati su objedinjeni i interpretirani kako bi se dobila što detaljnija slika o evoluciji okoliša obuhvaćenih bušotinom Striježevica. Svi uzorci pripremljeni su u laboratoriju Zavoda za geologiju, Hrvatskoga geološkog instituta.

Litološki gledano, jezgrom dominiraju laporoviti intervali različitih debljina, od približno 1 do 7 m, koji se izmjenjuju sa siliciklastičnim i karbonatnim klastičnim naslagama različite granulacije (sl. 5). Siliciklastične naslage zastupljene su prvenstveno siltom i pješčenjakom, dok su karbonatne klastične naslage predstavljene kalkarenitima i kalciruditima. Vapnenci su ograničeni na stariji (donji) i mlađi (gornji) dio sedimentne jezgre. U donjem dijelu stupa, između 95 i 81 m (sl. 5), prevladavaju vapnenci i klastične naslage. Oko 82–81 m zabilježen je izraženiji horizont vapnenačke breče, odnosno krupnozrnatog karbonatnog klastita. Iznad njega, do približno 72 m, dominiraju laporoviti sedimenti s tanjim proslojcima siliciklastičnog materijala i silta. Srednji dio stupa, između 72 i 53 m (sl. 5), obilježava dominacija lapora uz česte tanke proslojke silta, pješčenjaka i drugog siliciklastičnog materijala. U intervalu oko 59–58 m pojavljuje se krupnozrnati brečasto-pješčenjački interval, a u istom dijelu stupa zabilježeni su i vulkanoklastični proslojci. U gornjem dijelu stupa, između 53 i 29 m (sl. 5), ponovno dominiraju laporoviti sedimenti s tankim proslojcima silta i pješčenjaka. Na otprilike tridesetom metru pojavljuju se tanji vapnenački proslojci, neposredno iznad kojih slijedi pješčenjak. Najgornji dio stupa, između 29 i 0 m (sl. 5), karakterizira izmjena lapora i vapnenaca s čestim intervalima propadanjima jezgre.

U svrhu mikropaleontoloških analiza odabrani su prvenstveno laporoviti intervali, dok su pjeskoviti i karbonatni klastiti odabrani za izradu mikroskopskih preparata, a uzorci za mineraloške i geokemijske analize su nasumično odabrani.



Slika 5. Geološki stup naslaga bušotine Striježevica s prikazom litologije i označenim istraživanim uzorcima. Objašnjenje litoloških simbola, kao i analiza prikazano je u legendi. Geološki stup izrađen je u mjerilu 1:50.

4.2. Laboratorijska istraživanja

4.2.1. PALEONTOLOŠKE METODE

U svrhu rekonstrukcije srednjomiocenskih okoliša primijenjen je višedisciplinirani pristup. Istraživanje obuhvaća analizu mikroskopskih preparata, kvalitativne i kvantitativne analize zajednica foraminifera, ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa. Dobiveni biostratigrafski i paleoekološki podaci dodatno se koreliraju i upotpunjuju s rezultatima izotopnih analiza.

4.2.1.1. Analiza mikroskopskih izbrusaka

Za potrebe sedimentološke, mikropaleontološke i mikrofacijesne analize izrađeni su mikroskopski izbrusci čvstih stijena, s ciljem interpretacije okoliša na temelju mikrofacijesnih obilježja, litološkog sastava i određenih fosila. Ukupno je izrađeno šesnaest mikroskopskih izbrusaka (sl. 5). Kako bi se dobila što točnija interpretacija okoliša detaljno je opisan mikrofosilni sadržaj i litološke karakteristike svih izbrusaka. Analiza mikroskopskih izbrusaka obavljena je uz pomoć stereoskopske lupe u prolaznom svjetlu. U svakom su izbrusku određeni vrsta stijene, vrsta veziva, sastav i tip zrna te prisutne biogene komponente. Zrna su prema podrijetlu i karakterističnim morfološkim, strukturnim i mikrostrukturnim obilježjima podijeljena na skeletna i neskeletna, prema kriterijima karbonatne petrografije i mikropaleontološke analize (Horowitz i Potter, 1971; Tucker i Wright, 1990; Tucker, 2008; Flügel, 2010).

Skeletnim zrnima smatraju se biogene karbonatne čestice nastale od mineraliziranih skeletnih ili ljušturastih dijelova organizama. Njihovo je prepoznavanje temeljeno na karakterističnoj morfologiji, geometriji skeletne građe, unutarnjoj mikrostrukturi te drugim obilježjima koja omogućuju njihovo razlikovanje od neskeletnih karbonatnih čestica (Horowitz i Potter, 1971; Flügel, 2010). U analiziranim izbruscima kao skeletne komponente utvrđene su kućice bentičkih i planktonskih foraminifera, ljušturice ostrakoda te fragmenti alga, mahovnjaka i bodljikaša.

Foraminifere su prepoznate na temelju morfologije kućice, oblika, broja i rasporeda klijetki, karakteristika stijenke te oblika i položaja otvora, kada su navedena obilježja bila očuvana. Kod fragmentiranih primjeraka u obzir su uzimana obilježja stijenke i presjeka kućice karakteristična za pojedine morfološke skupine (Horowitz i Potter, 1971; Flügel, 2010).

Ostrakodi su određeni na temelju karakterističnog izgleda, zakrivljenosti i mikrostrukture ljušture. Fragmenti mahovnjaka prepoznati su prema kolonijalnoj građi, rasporedu zooecija i karakterističnoj mikrostrukturi skeleta, dok su fragmenti bodljikaša određeni na temelju karakteristične stereomske mikrostrukture kalcitnog skeleta. Alge su prepoznate prema očuvanoj staničnoj odnosno tkivnoj građi i karakterističnoj organizaciji talusa (Horowitz i Potter, 1971; Flügel, 2010).

Neskeletna zrna obuhvaćaju karbonatne čestice koje nisu izravno predstavljene skeletnim ili ljušturastim dijelovima organizama, već nastaju različitim sedimentacijskim, erozijskim i ranodijagenetskim procesima (Tucker i Wright, 1990; Flügel, 2010). U analiziranim izbruscima među neskeletnim zrnima utvrđeni su intraklasti. Intraklasti predstavljaju fragmente prethodno formiranog, najčešće djelomično litificiranog karbonatnog sedimenta koji su erozijom ponovno mobilizirani i ugrađeni u mlađi sediment. Prepoznati su na temelju nepravilnog oblika, unutarnje sedimentne građe te teksturne i sastavne sličnosti s prethodno formiranim karbonatnim sedimentom (Tucker i Wright, 1990; Flügel, 2010). Njihovo je razlikovanje od skeletnih zrna temeljeno prvenstveno na odsutnosti organizirane biogene morfologije i prisutnosti vlastite sedimentne unutarnje građe.

Uz sastav zrna, određena je i vrsta karbonatnog veziva. Razlikovani su mikrit i sparit, pri čemu mikrit predstavlja sitnokristalni karbonatni materijal, dok sparit čini mozaik većih kristala kalcita koji ispunjavaju međuprostor između zrna ili pore unutar sedimenta (Tucker i Wright, 1990; Flügel, 2010). Odnos između zrna i veziva, način potpore sedimenta te teksturna obilježja korišteni su za klasifikaciju karbonatnih stijena prema Dunhamu (1962), uz primjenu kriterija i terminologije razvijenih u kasnijim pristupima karbonatnoj petrologiji i mikrofacijesnoj analizi (Tucker i Wright, 1990; Flügel, 2010).

Prema Tuckeru (2008), mikrofacijesna analiza karbonatnih stijena temelji se na prepoznavanju teksture, sastava zrna, vrste matriksa i cementa te fosilnog sadržaja, jer navedeni elementi omogućuju interpretaciju energije okoliša, dubine, udaljenosti od izvora detritusa, stupnja biološke aktivnosti i uvjeta očuvanja. Stoga su utvrđeni mikrofacijesi interpretirani u kontekstu taložnih procesa i okolišnih uvjeta, pri čemu su fosilne zajednice korištene kao dodatni pokazatelj paleoekoloških značajki taložnog prostora.

Na temelju teksturnih obilježja karbonatnih stijena vapnenci se najčešće klasificiraju prema Dunhamovoj klasifikaciji (Dunham, 1962), koja se temelji na odnosu zrna i karbonatnog matriksa te načinu potpore stijenske osnove. Prema toj klasifikaciji razlikuju se **mudstone**, **wackstone**, **packstone** i **grainstone**. **Mudstone** je karbonatna stijena koja sadrži manje od 10% zrna u mikritnom matriksu. **Wackstone** je matriksom potpomognuta stijena s više od 10% zrna, dok je packstone zrnima potpomognuta stijena koja još uvijek sadrži mikritni matriks. **Grainstone** je zrnima potpomognuta karbonatna stijena bez mikritnog matriksa, pri čemu je prostor između zrna ispunjen cementom. Ovakva klasifikacija omogućuje razlikovanje vapnenaca na temelju njihove teksture i načina taloženja, odnosno odnosa između karbonatnih zrna i matriksa (Dunham, 1962; Tucker, 2008). Dunhamovu klasifikaciju su proširili Embry i Klovan (1971) uvođenjem kategorija za krupnozrnate karbonatne stijene i stijene s *in situ* komponentama tijekom nastanka. **Rudstone** je zrnima potpomognuta karbonatna stijena koja sadrži više od 10% komponenti većih od 2 mm, dok se **floatstone** odnosi na matriksom potpomognutu stijenu s više od 10% komponenti većih od 2 mm. U *in situ* vapnencima prvotne komponente povezane su posredovanjem organizama tijekom taloženja. **Bafflestone** nastaje djelovanjem organizama koji usporavaju i hvataju sediment, **bindstone** organizmima koji inkrustriraju i vežu sediment, a **framestone** organizmima koji izgrađuju čvrstu, međusobno povezanu skeletnu strukturu (Embry i Klovan, 1971; Tucker, 2008).

Siliciklastične stijene određuju se ponajprije prema veličini zrna i sastavu detritičnog materijala. Prema granulometrijskim obilježjima razlikuju se **konglomerati**, **breče**, **pješčenjaci**, **siltiti**, **glinjaci** i **muljnjaci** (Tucker, 2008). **Konglomerati** i **breče** pripadaju krupnozrnatom siliciklastičnom litotipu, a razlikuju se prema stupnju zaobljenosti klasta. Konglomerate karakteriziraju zaobljeni do poluzaobljeni klasti, dok breče sadrže pretežno uglate i subangularne klaste. Dodatno se opisuju veličina i sastav klasta, vrsta i količina cementa, način potpore klasta te stupanj sortiranosti i zaobljenosti (Tucker, 2008). **Pješčenjak** se prepoznaje po dominaciji zrna pješčane frakcije, **siltit** po prevlasti prahaste frakcije, a **glinjak** ili **šejl** po dominaciji glinovite komponente. Dodatno se uzimaju u obzir mineralni sastav, primjerice udio kvarca, feldspata i ulomaka stijena, zatim sortiranost, zaobljenost zrna, matriks, cement i sedimentne teksture. Mješoviti litotipovi, poput lapora, određuju se prema odnosu

karbonatne i glinovito-siliciklastične komponente, budući da predstavljaju prijelaz između vapnenaca i glinovitih stijena (Tucker, 2008).

4.2.1.2. Analiza foraminiferskih i ostrakodnih zajednica

Sveukupno 57 uzoraka pripremljeno je metodom mokrog sijanja/šlemanja za foraminiferske i ostrakodne analize. Otprilike 200 grama uzorka dezintegrirano je potapanjem u otopinu vodikova peroksida – H_2O_2 (30 ml vodikovog peroksida (30%) u 1l vode). Nakon što su ostavljeni 24 sata u otopini, uzorci su isprani kroz seriju laboratorijskih sita (promjera rupica 2, 0.72, 0.35, 0.09 i 0.063 mm), talozi su osušeni i izvagani. Uz pomoć Braasovog mikrosplitera svaki osušeni uzorak je podijeljen na dva istovjetna dijela, jedan za foraminiferske analize, a drugi za ostrakodne analize. Kvantitativna analiza primijenjena je na 35 uzoraka bentičkih foraminifera te na 34 uzorka planktonskih foraminifera (sl. 5). Uzorci u kojima foraminiferska zajednica nije bila dovoljno bogata za primjenu kvantitativnih analiza (23 uzorka) pregledani su zbog bio- i ekostratigrafski važnih pojava foraminiferskih vrsta.

4.2.1.2.a Bentičke foraminifere

Za potrebe kvantitativne analize foraminiferskih zajednica, bentičkih i planktonskih, korištena su frakcije ≥0.09 mm koje su uz pomoć Brassovog mikrosplitera četvrtane do otprilike 200 jedinki po svakom uzorku. Frakcija od 0.063 mm nije uključena u kvantitativne analize zbog velikog broja juvenilnih formi ili vrlo malih jedinki koje je gotovo nemoguće taksonomski odrediti (Schönfeld i sur., 2012). Treba naglasiti kako je ta frakcija pregledana kako bi se eventualno uočile stratigrafski ili paleoekološki važne vrste foraminifera.

Taksonomska klasifikacija temelji se na radovima Papp i sur. (1978), Cicha i sur. (1998), Rögl i Spezzaferri (2003), Popescu i Crihan (2000; 2004; 2005a, b; 2008; 2011), Filipescu i Silye (2008), Peryt i Gedl (2010), Gonera (2013), Gedl i sur. (2016) i Milošević i sur. (2025) zasnovanoj na taksonomskim kriterijima koje su primijenili Loeblich i Tappan (1987). Autori su temeljili klasifikaciju foraminifera na sljedećim kriterijima: sastav i mikrostruktura stijenke, raspored i oblik klijetki, oblik ušća, prisutnost sepata, način života, odnosno stanište, obilježja protoplazme, ontogenetskim promjenama, reproduktivnim procesima te geološkom vremenskom rasponu. Nomenklatura određenih vrsta usklađena je sa trenutnom WoRMS bazom (WoRMS Editorial Board, 2024). Odredba i brojanje jedinki odrađeno je uz pomoć

binokularne lupe WILD M3Z, a odabrane jedinke snimljene su na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM-6510 LV SEM u INA d.d. (Industrija nafte d.d., Zagreb) te na skenirajućem elektronskom mikroskopu Tescan Vega u Hrvatskom geološkom institutu.

Kvantitativna analiza zajednice bentičkih foraminifera

U statističku analizu uključene su sve vrste bentičkih foraminifera čija je prisutnost u uzorku veća od 3% (Murray, 1991) kako bi se reducirala raspršenost podataka (*background noise*) (Armynot du Chatelet i sur., 2004). Za opisivanja paleoekoloških uvjeta, među drugim metodama, analizirana je raznolikost zajednice, odnosno izračunati su sljedeći indeksi: bogatstvo vrsta (S), indeks dominacije (D), Shannon-Wiener indeks (H(S)), indeks ujednačenosti (E) te Fisher α indeks uz pomoć programa PAST v. 4.11 (Hammer i sur., 2001).

Bogatstvo vrsta (S) najjednostavniji je indeks, kojem je Murray (1991) definirao vrijednost, a predstavlja broj vrsta u istraživanom uzorku. **Dominantnim vrstama** smatraju se one čija je zastupljenost veća od 10% u zajednici, **srednje zastupljene vrste** su one koje su zastupljene između 4 i 10%, dok se **rijetkom** zastupljenošću smatra ona između 1 i 4%. **Vrlo rijetko zastupljene vrste** su one s manje od 1% zastupljenosti u uzorku.

Shannon-Wiener-ov indeks H(S) ili informatički indeks raznolikosti ovisi o broju vrsta određenih u uzorku i raspodjeli jedinki među vrstama. Izračunava se prema formuli:

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

pri čemu je: **S** ukupan broj vrsta u uzorku, i ukupan broj jedinki jedne vrste, **pi** (decimalan broj) broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u populaciji.

Koristi se radi usporedbe raznolikosti različitih zajednica i okoliša, a ne kao apsolutna mjera s određenim granicama (Magurran, 2004). Zajednica je niske raznolikosti kada je vrijednost indeksa <1, srednje raznolika kada je indeks između 1 i 3 te vrlo raznolika kada su vrijednosti indeksa veće od 3. Prema empirijskim rasponima opaženim u foraminiferskim zajednicama, vrijednost indeksa manja od 0.6 ukazuje na bočate uvjete u okolišu, a vrijednosti >2.1 ukazuju na normalan marinski okoliš (Sen Gupta, 1999; Murray, 2006).

Indeks ujednačenosti (E) daje uvid u raspodjelu jedinki među vrstama. Manja zastupljenost jedne vrste u uzorku daje veći indeks ujednačenosti. Računa se uz pomoć formule:

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

pri čemu je **H(S)** Shannon-Wienerov indeks, a **S** ukupan broj vrsta u uzorku. Vrijednost indeksa kreće se od 0 kada je u uzorku prisutna samo jedna vrsta do 1 kada zastupljene vrste u uzorku imaju isti broj jedinki. Ovaj indeks ukazuje na ravnomjernost u zastupljenosti vrsta. Ukoliko su sve vrste u uzorku jednako zastupljene indeks ujednačenosti jednak je Shannon-Wienerovom indeksu.

Fisher α indeks je najčešće korišten indeks bioraznolikosti. Ujedno je i pokazatelj raznolikosti zajednice (broj vrsta prema broju jedinki), ali i mjera za salinitet. Ovaj indeks izuzetno je koristan i za determinaciju paleookoliša, obzirom da se vrijednosti indeksa mogu povezati s određenim okolišima. Vrijednost indeksa <5 ukazuje na ograničeni marginalno morski okoliš poput močvara, estuarija, hipersalinih i bočatih laguna. Također, može upućivati i na okoliš normalnog saliniteta u kojem je veliki udio jedne vrste. Fisher α indeks vrijednosti između 5 i 20 ukazuje na zajednicu umjerene do visoke raznolikosti okoliša kontinentalnog šelfa. Okoliš vanjskog šelfa, kontinentalne padine te dubokog mora karakterizira visoko do vrlo visoko raznolika zajednica s vrijednostima Fisher α indeksa većim od 20 (Murray, 2006).

Klaster analiza (*cluster analysis*) odjeljuje podatke u smislene i/ili korisne grupe (klastere) na temelju zadanih kriterija sličnosti ili razlika (udaljenosti) - Tan i sur., 2005. Konačni rezultat je grupiranje uzoraka u „prirodne klastere“ i prikaz njihovih međusobnih udaljenosti. Klaster analiza zajednica napravljena je na svih 35 uzoraka. U obzir je uzeto 18 ekološki značajnih vrsta/rodova bentičkih foraminifera. Pri tome su korišteni Euklidovi algoritmi te Wardova metoda na temelju koje se procjenjuje udaljenost među klasterima.

Osim klaster analize, za analizu strukture zajednica bentičkih foraminifera primijenjene su i PCA analiza (*Principal Component Analysis*) te nMDS analiza (*non-metric Multidimensional Scaling*). PCA je korišten za identifikaciju glavnih izvora varijabilnosti u sastavu zajednica i potencijalnih okolišnih gradijenata. Ova metoda omogućila je prepoznavanje skupina uzoraka sličnog sastava te vrsta koje najviše doprinose razlikama među njima. Provedena nMDS analiza

temeljena je na Bray-Curtisovoj mjeri sličnosti, koja je prikladnija za podatke o sustavu zajednica (Clarke, 1993). Zajednička primjena PCA i nMDS analiza omogućuje detaljniju interpretaciju načina raspodjele bentičkih foraminifera i njihovog odnosa prema uvjetima u okolišu.

Za potrebe paleookolišne interpretacije bentičkim foraminiferama dodani su podaci o dubinskim rasponima (Hohenegger, 2005, Murray, 2006, Sźekely i sur., 2017, Bulian i sur., 2020, Hudáčková i sur., 2020, Kranner i sur., 2021b), količini preferiranog otopljenog kisika (Kranner i sur., 2022) te tipovima ishrane, načinu života i toleranciji na stres (Jorissen i sur., 1995; Murray, 2006; Pezelj, 2013, 2016; Doláková i sur., 2014; Hudáčková i sur., 2020; Kranner i sur., 2021a; Bulian i sur., 2022; Kopecká i sur., 2022). Prikupljeni podaci objedinjeni su i prikazani u Dodatnoj tablici 1.

Za procjenu količine otopljenog kisika na morskom dnu korištena su tri indeksa: BFOI indeks (*Benthic Foraminiferal Oxygen index*, Kaiho, 1994, 1999), EBFOI (e*nhanced BFOI*, Kranner i sur., 2022) te korigirani EBFOI indeks (Schmiedl i sur., 2023). Prema Kaiho (1994) korištena je klasifikacija okoliša prema količini otopljenog kisika: oksično (> 1.5 ml/l), suboksično (0.3-1.5 ml/l) i disoksično (0.1-0.3 ml/l). Prema vrijednostima BFOI indeksa visoko oksični okoliš ima vrijednosti indeksa između 50 i 100 (Kaiho, 1994; Kranner i sur., 2022). Vrijednosti indeksa između 15 i 50 ukazuju na nisko oksični okoliš prema Kaiho (1994), dok Kranner i suradnici (2022) uzimaju raspon između 0 i 50 kao pokazatelj nisko oksičnog okoliša. Vrijednosti između 0 i 15 (Kaiho, 1994) ili između -40 i 0 (Kranner i sur., 2022) ukazuju na suboksični okoliš. Disoksični okoliš prepoznajemo po vrijednostima indeksa između -40 i 0 prema Kaiho (1994), odnosno između -55 i -40 prema Kranner i sur. (2022). Vrijednosti BFOI indeksa u anoksičnim okolišima su između -50 i -40 (Kaiho, 1994), odnosno manje od -55 (Kranner i sur., 2022). Korigirani EBFOI indeks (Schmiedl i sur., 2023) interpretira okoliše na temelju originalnih vrijednosti raspona koje je postavio Kaiho (1994, 1999).

Izvorni BFOI indeks (Kaiho 1994, 1999) određuje se prema broju oksičnih, odnosno disoksičnih pokazatelja u uzorku. Ukoliko su u uzorku prisutni oksični pokazatelji indeks se računa prema formuli:

$$BFOI=[O/(O+D)]x100$$

gdje je **O** - broj oksičnih pokazatelja, a **D** - broj disoksičnih pokazatelja.

Ukoliko u uzorku nije prisutna niti jedan oksični pokazatelj indeks se računa prema formuli:

$$BFOI=50 \times [S/(S+D) - 1]$$

gdje je **S** broj suboksičnih pokazatelja, a **D** broj disoksičnih pokazatelja.

Kranner i suradnici (2022) uvode poboljšane formule za izračun otopljenog kisika na morskom dnu, uzimajući u obzir i suboksične pokazatelje te dodaju i oksične pokazatelje u formulu u kojoj ih Kaiho izostavlja. Tako se EBFOI indeks izračunava uz pomoć formule:

1) ukoliko oksičnih pokazatelja ima više nego disoksičnih (O>D)

$$\mathrm{EFBOI} = 100 \cdot \left(\frac{O}{O + D + \frac{S}{2}} \right)$$

2) ukoliko disoksičnih pokazatelja ima više nego oksičnih (D>O), a oksičnih pokazatelja je manje od 10

$$\mathrm{EFBOI} = 50 \left(\frac{S}{S + D} - 1 \right) + O$$

3) ukoliko disoksičnih pokazatelja ima više nego oksičnih (D>O), a oksičnih pokazatelja je više ili jednako od 10

$$\mathrm{EFBOI} = \frac{100 \left(\frac{O}{O+D+\frac{S}{2}} \right) + \left[50 \left(\frac{S}{S+D} - 1 \right) + O \right]}{2}$$

Korigirani EBFOI indeks (Schmiedl i sur., 2023) iz formule isključuje aglutinirane foraminifere, osim rodova s visokim fosilizacijskim potencijalom (npr. *Karreriella*, *Martinotiella*, *Pseudogaudryina*, *Siphotextularia*, *Spirorutilus*, *Textularia*). Također, isključuje alohtone vrste, premještene iz plitkomorskih u dubljemorske okoliše poput velikih foraminifera sa simbiontima (*Amphistegina, Pararotalia*), kao i druge tipične plitkovodne vrste (*Ammonia, Cibicidoides, Elphidium, Lobatula*).

Odnos epifaunskih i infaunskih vrsta u okolišu daje podatak o trofičnosti ekosustava, odnosno o paleoproduktivnosti vodenog okoliša. Međusobni odnosi faktora koji utječu na broj infaunalnih i epifaunalnih vrsta konceptualizirani su TROX modelom (Jorissen i sur., 1995). Svakoj određenoj vrsti bentičke foraminifere pridodjeljen je podatak o načinu života prikupljen

iz literature (Dodatna tablica 1). Na osnovu brojčane zastupljenosti epifaunskih, odnosno infaunskih vrsta u pojedinom uzorku stupa pretpostavljena je trofičnost okoliša. Tako je oligotrofičan okoliš pretpostavljen u uzorcima u kojima dominiraju epifaunalne vrste (>50%), podjednak udio epifaunalnih i infaunalnih vrsta sugerira mezotrofičan okoliš, dok više od 50% infaunalnih vrsta u zajednici pretpostavlja eutrofični okoliš.

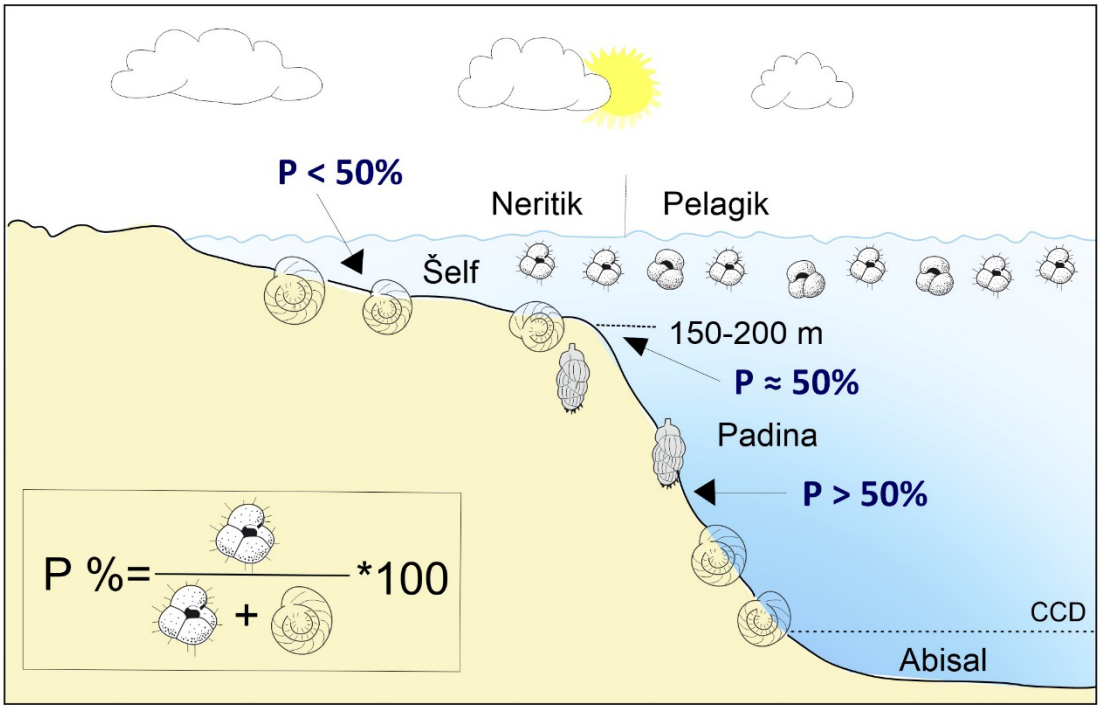
Fitodetritusnim markerima smatraju su bentičke vrste foraminifera povezane s iskorištavanjem svježe organske tvari, odnosno fitodetritusa, koji se nakon produkcije u površinskim vodama taloži na morskom dnu. Koncept fitodetritusnih markera utemeljio je Gooday (1988), a *Globocassidulina subglobosa* je među vrstama za koje je dokumentirana povezanost s dotokom i iskorištavanjem fitodetritusa (Gooday, 1993; Suhr i sur., 2003).

Vrste bentičkih foraminifera čija je povećana zastupljenost povezana s okolišnim stresom, osobito s povišenim dotokom organske tvari, eutrofikacijom i smanjenom dostupnošću kisika u sedimentu i pridnenim vodama smatraju se stres markerima. Takve se vrste koriste kao pokazatelji promjena u okolišnim uvjetima i stupnju ekološkog opterećenja (van Hinsbergen i sur., 2005; Kaiho, 1994, 1999; Murray, 2006).

Kao markeri visokog unosa nutrijenata izdvojene su bentičke vrste foraminifera povezane s povećanom dostupnošću organske hrane i pojačanim organskim donosom prema morskom dnu. U ovu su skupinu uvršteni su rodovi poput *Melonis* i *Uvigerina*, koji se u literaturi povezuju s uvjetima povećane produktivnosti i dostupnosti organske tvari (van der Zwaan i sur., 1990; Murray, 2006).

Dubina taloženja procijenjena je uz pomoć plankton/bentos omjera (P/B omjer, izračunata kao P/(P+B) *100), (Murray, 1991). Udio planktonskih foraminifera raste s udaljavanjem od unutarnjeg šelfa prema otvorenom moru (Murray, 1991). Udio planktonskih foraminifera do 10% ukazuje na plitke okoliše poput močvara, estuarija, zaštićenih zaljeva i najplićih dijelova unutarnjeg šelfa (Murray, 2006). Okoliš unutarnjeg šelfa prepoznaje se po udjelu planktonskih foraminifera između 10 i 30%, dok zastupljenost planktonskih foraminifera između 30 i 60% ukazuje na okoliš srednjeg šelfa (Murray, 2006). Zastupljenost planktonskih foraminifera između 60 i 80% karakteristika je okoliša vanjskog šelfa i prijelaza prema kontinentalnoj padini (Murray, 2006). Okoliš batijala karakteriziraju vrijednosti indeksa veće od 80% (Murray, 2006). Prema Schmiedlu (2019, sl. 6), planktonske foraminifere čine

približno 50% zajednice na rubu kontinentalnog šelfa, dok su vrijednosti manje od 50% karakterističnije za šelfne okoliše, a vrijednosti veće od 50% za kontinentalnu padinu i dublje morsko dno. Međutim, vrijednosti ovog indeksa nisu kontrolirane isključivo dubinom. Na njega utječu geometrija šelfa i padine, površinska produktivnost, dotok organske tvari, oksigenacija dna i očuvanost karbonatnih kućica (Schmiedl, 2019).



Slika 6. Okvirni udio planktonskih foraminifera (P%) na šelfu i dubokom moru. Planktonske foraminifere su rijetke u plitkomorskim okolišima, no udaljavanjem od obale njihov udio se povećava. Za razliku od planktonskih foraminifera, brojnost bentičkih foraminifera se smanjuje s porastom dubine. Preuzeto i prilagođeno prema Schmiedl, 2019.

Relativna dubina je izračunata primjenom metode transfer funkcije i preklapanja dubinskih raspona (Hohenegger, 2005; Baldi i Hohenegger, 2008) vrsta nađenih u istraživanom uzorku prema formuli:

$$depth = \sum_{j=1}^{m} (n_j l_j d_j^{-1}) / \sum_{j=1}^{m} (n_j d_j^{-1})$$

gdje je $\mathbf{n_j}$ - brojnost, odnosno relativna zastupljenost vrste **j** u uzorku, $\mathbf{l_j}$ - optimalna ili srednja dubina za vrstu j, a $\mathbf{d_j}$ - označava širinu distribucije, odnosno toleranciju vrste na dubinu.

Dubinski rasponi vrsta prikazani su u Dodatnoj tablici 1. Za vrste kojima u literaturi nije pronađen dubinski raspon korišten je dubinski raspon roda jedinke. Za otprilike 8% određenih vrsta nije pronađen podatak o rasponu dubina pa su te vrste isključene iz izračuna.

4.2.1.2.b Planktonske foraminifere

Planktonske foraminifere izdvojene su iz ukupno 34 uzorka duž bušotine Striježevica (sl. 5). Klasifikacija određenih vrsta prema njihovim temperaturnim preferencijama u vodenom stupcu provedena je na temelju relevantne literature (Spezzaferri i Ćorić, 2001; Rögl i Spezzaferri, 2002; Bicchi i sur., 2003; Rupp i Hohenegger, 2008; Holcová i Demeny, 2012; Mandic i sur., 2019c). Prema tom kriteriju foraminifere su podijeljene u četiri grupe: indikatore toplih mora, indikatore umjereno toplih mora, indikatore umjereno hladnih mora te indikatore hladnih mora. Indikatori hladnog mora su rodovi *Globigerina* i *Turborotalita*, umjerene temperature *Tenuitella, Tenuitellinata, Globorotalia* i *Globoturborotalita*, toplo umjerene *Globigerinella* dok su indikatori toplog mora vrste roda *Trilobatus*, *Orbulina* i *Dentoglobigerina* (Dodatna tablica 2).

Promjena udjela tih grupa prikazane su kao relativna paleotemperaturna krivulja koja se koristi za praćenje trenda toplijih i hladnijih faza, dok se izotopni podaci primjenjuju za dobivanje apsolutnih temperatura. Na izotopni signal $đ^{18}O$ osim temperature mogu utjecati i salinitet, dijageneza i sekundarna kalcifikacija (Kováčová i sur., 2009; Kováčová i Hudáčková, 2009) te se ti parametri trebaju uzeti u obzir prilikom interpretacije. Paleotemperaturna interpretacija temelji se na broju vrsta koje u pojedinom uzorku pripradaju određenoj temperaturnoj skupini. Za svaki uzorak određeno je koliko je vrsta pripadalo indikatorima toplog, umjereno toplog, umjereno hladnog i hladnog mora. Uzorci u kojima su indikatori toplog i umjereno toplog mora činili više od pola ukupnog broja prisutnih vrsta interpretirani su kao pokazatelji toplih uvjeta u moru. Suprotno tome, uzorci u kojima su indikatori hladnih i umjereno hladnih mora činili više od pola zajednice interpretirani su kao hladni uvjeti u moru. Planktonske foraminifere odražavaju uvjete u površinskom sloju mora, dok bentičke foraminifere pružaju informaciju o temperaturi morskog dna, odnosno pridnenih voda (Kováčová i Hudáčková, 2009; Schiebel i Hemleben, 2017).

Kvantitiativna analiza zajednica planktonskih foraminifera

Klaster analiza obuhvatila je sva 34 uzorka, a u obzir su uzete sve određene planktonske vrste čija je zastupljenost u barem jednom uzorku veća od 3%. Grupiranje je napravljeno temeljem Wardove metode uz korištenje Euklidske udaljenosti kao mjere sličnosti, čime je osigurana maksimalna kohezija unutar formiranih klastera. Također, za zajednicu planktonskih foraminifera izračunati su i ekološki indeksi opisani u prethodnom poglavlju.

4.2.1.2.c Ostrakodi

Za ostrakodne analize odabrano je 7 uzoraka (sl. 5). Svi ostrakodi izdvojeni su iz frakcija >0.063mm, određeni i kvalitativno prebrojani uz pomoć Zeiss Discovery 20 stereomikroskopa. Taksonomska odredba ostrakodnih vrsta temelji se na radovima Van Morkhoven (1963), Hartmann i Puri (1974), Brestenská i Jiříček (1978), Szczechura (2006) te Hajek-Tadesse i Prtoljan (2011). Ostrakode je taksonomski odredila i interpretirala paleoekološke uvjete dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse.

4.2.1.3. *Analiza vapnenačkog nanoplanktona*

Mikroskopski preparati pripremljeni su prema metodi opisanoj u radu Shamrock i suradnici (2015). Za izradu preparata korišten je Naprax (indeksa loma 1.74) zbog bolje lučivosti nanofosila te preciznije taksonomske odredbe. Ukupno je pripremljeno 16 uzoraka iz različitih intervala bušotine Striježevica (sl. 5, Dodatna tablica 3). Nanoplanktonske vrste odredila je dr. sc. Ines Galović koristeći polarizacijski mikroskop Leitz Orthoplan (Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu). Za određivanja sastava i raznolikosti zajednice primijenjena je metoda brojanja za rubna (marginalna) mora opisana u radu Galović (2020). Više od 300 jedinki određeno je u polovici mikroskopskog preparata uz povećanje od 1 250 puta. Indeks vrste korištene su za biostratigrafiju, ali su isključene iz paleoekoloških interpretacija zbog vrlo niske zastupljenosti u zajednici.

4.2.1.4. Palinološke analize

Za pripremu palinoloških uzoraka primijenjene su standardne metode pripreme (Moore i sur., 1991; Wood i sur., 1996). Uzorci su tretirani natrijevim pirofosfatom ($Na_4P_2O_7$), klorovodičnom (15%) i fluorovodičnom kiselinom (40%) kako bi se uklonili karbonati i silikati iz uzorka. Za odvajanje organskih čestica od netopivih anorganskih čestica korištena je separacija teškom tekućinom ($ZnCl_2$, gustoće >2.1 kg/l). Organski ostatak potom je prosijan kroz sito promjera rupica 10 µm. Preparati su fiksirani glicerinom za palinofacijesne analize te silikonskim uljem za palinomorfne analize. Uzorci su analizirani na Olympus BH2 mikroskopu, a odabrani uzorci su snimljeni uz pomoć AmScopeTM kamere i AmScope v.3.7. softvera. Identifikaciju palinomorfa napravila je dr. sc. Viktória Baranyi.

4.2.2.GEOKEMIJSKE I IZOTOPNE ANALIZE

4.2.2.1. Analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Geokemijske, cjelostjenske (*whole rock*) analize odrađene su u Bureau Veritas laboratoriju (Kanada, Vancouver). Ukupno je pripremljeno devet uzoraka (sl. 5). Analiza glavnih elemenata (makroelemenata) i elemenata u tragovima (mikroelemenata) na cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku provedena je metodama emisijske spektroskopije s induktivno-spregnutom plazmom ICP-ES i masenim spektroskopom s induktivno-spregnutom plazmom ICP-MS. ICP-ES metoda korištena je za utvrđivanje udjela glavnih elemenata, a ICP-MS za utvrđivanje udjela elemenata u tragovima. Sadržaj makroelemenata i mikroelemenata je analiziran prevođenjem uzorka u taljevinu pomoću litij-metaborata ($LiBO_2$).

Kao indikator paleosaliniteta korišten je omjer Sr/Ba (Vlček i sur., 2020). Prema graničnim vrijednostima koje navode Wei i Algeo (2019), omjeri Sr/Ba <0.2 interpretirani su kao pokazatelj slatkovodne sredine, srednje vrijednosti između 0.2 i 0.5 ukazuju na brakičnu sredinu, dok visoke vrijednosti Sr/Ba>0.5 upućuju na marinsku sredinu.

Redoks uvjeti procijenjeni su na temelju omjera Th/U i Ni/Co. Niske vrijednosti omjera Th/U (<2) karakteristične su za disoksične do anoksične uvjete, dok vrijednosti omjera Ni/Co veće od 7 upućuju na anoksične uvjete taloženja (Algeo i Maynard, 2004).

U svrhu interpretacije paleoklimatskih uvjeta, primjenjeni su geokemijski omjeri Ga/Rb i K_2O/Al_2O_3. Aluminij i galij primarno su vezani uz sitnozrnatu frakciju te pokazuju povišene koncentracije u kaolinitu, koji nastaje intenzivnim kemijskim trošenjem u uvjetima tople i vlažne klime (Nesbitt i Young, 1982; Vlček i sur., 2020). Suprotno tome, rubidij i K_2O ugrađeni su u strukturu illita, čija je stabilnost povezana sa slabijim kemijskim trošenjem (Weaver, 1989; Vlček i sur., 2020). Stoga se njihova relativna zastupljenost koristi kao pokazatelj intenziteta trošenja i posljedično klimatskih uvjeta. Tijekom hladnih i suhih (paleo)klimatskih razdoblja dolazi do slabijeg kemijskog trošenja, što rezultira relativnim obogaćenjem Rb i K_2O te povišenim vrijednostima omjera K_2O/Al_2O_3 i Ga/Rb. Nasuprot tome, u toplim i vlažnim uvjetima intenzivno kemijsko trošenje potiče formiranje kaolinita i obogaćenje Al i Ga, što dovodi do smanjenja navedenih omjera (Nesbitt i Young, 1982; Vlček i sur., 2020).

Omjer SiO_2/Al_2O_3 korišten je kao indikator zrelosti sedimentnih stijena, pri čemu više vrijednosti upućuju na veći stupanj sedimentne zrelosti i veći udio kvarca u odnosu na minerale glina (Pettijohn i sur., 1987; Grizelj i sur., 2017).

4.2.2.2. Analize stabilnih izotopa

Izotopne analize na kućicama planktonskih i bentičkih foraminifera odrađene su u ISOLAB laboratoriju na sveučilištu u Lausanni (dr. sc. László Kocsis je interpretirao dobivene podatke). Analizirano je ukupno 20 uzoraka (sl. 5) s bentičkim foraminiferama i 23 uzorka s planktonskim foraminiferama obzirom na stupanj očuvanja, dijagenetske procese te zastupljenost jedinki. Iz svakog uzorka izdvojeno je između 100 i 140 mikrograma jedinki. Planktonska vrsta *Trilobatus trilobus* i bentička vrsta *Heterolepa dutemplei* odabrane su za određivanje sastava izotopa ugljika ($đ^{13}C$) i kisika ($đ^{18}O$) kako bi se dobili podaci o količini nutrijenata te temperaturi. Obzirom na način života odabrane vrste ukazuju na izotopne sastave morske vode u različitim dijelovima vodenog stupca. Planktonska vrsta *T. trilobus* nastanjuje površinski, miješani sloj vodenog stupca te je odabrana kako bi ukazivala na izotopni sastav onog dijela vodenog stupca koji je pod izravnim atmosferskim i klimatskim utjecajem. Bentička vrsta *H. dutemplei* živi kao epifauna na morskom dnu, gdje je termalni režim stabilniji i zaštićen od naglih klimatskih fluktuacija. Zbog toga izotopni sastav njezinih kućica odražava temperaturu u pridnenom sloju.

Na temelju dobivenih vrijednosti kisikovih izotopa izračunata je paleotemperatura primjenom formule (Spero i sur., 2003) s dobivenim vrijednostima izotopa kisika iz kućica planktonske vrste *T. trilobus* :

$$\delta^{18}\mathrm{O} = \left[\frac{\left(^{18}\mathrm{O}/^{16}\mathrm{O}\right)_{\text{uzorak}}}{\left(^{18}\mathrm{O}/^{16}\mathrm{O}\right)_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000\,‰$$

Paleotemperature u pridnenom sloju morske vode izračunate su na temelju kisikovih izotopa izmjerenih na kućicama *H. dutemplei,* koristeći formulu Shackelton i Kennett (1975):

$$T\,(^{\circ}\mathrm{C}) = 16{,}9 - 4{,}38\left(\delta^{18}\mathrm{O}_c - \delta^{18}\mathrm{O}_w\right) + 0{,}10\left(\delta^{18}\mathrm{O}_c - \delta^{18}\mathrm{O}_w\right)^2$$

gdje $\delta^{18}O_c$ predstavlja izmjerenu vrijednost kisikovih izotopa na kućicama foraminifere, a $\delta^{18}O_w$ označava izotopni sastav ambijentalne vode. U skladu s istraživanjima Gonere i sur. (2000), za izračun je uzeta pretpostavljena vrijednost $\delta^{18}O$ morske vode tijekom miocena od 0‰.

4.2.3. BIOSTRATIGRAFSKA ANALIZA I KORELACIJA BIOZONA

Biostratigrafska analiza istraživanih naslaga provedena je s ciljem određivanja relativne starosti naslaga bušotine Striježevica te korelacije s regionalnim i globalnim biostratigrafskim okvirima. Analiza je provedena integracijom svih analiziranih mikrofosilnih grupa: planktonskih i bentičkih foraminifera, vapnenačkog nanoplanktona, palinomorfa te ostrakoda. Za svaku fosilnu skupinu primijenjen je odgovarajući biostratigrafski okvir.

Za planktonske foraminifere primijenjena je globalna neogenska zonacija prema Berggrenu i sur. (1995) uz usporedbu s neogenskim biostratigrafskim i kronostratigrafskim okvirom prema Raffi i sur. (2020). U interpretaciji su u obzir uzete prve (FO) i zadnje pojave (LO) stratigrafski važnih vrsta planktonskih foraminifera te su zajedno s pojedinim biohorizontima korištene za korelaciju s M-zonama i regionalnim zonama Paratetisa. Zbog specifičnosti razvoja Središnjeg Paratetisa globalna zonacija temeljena na planktonskim foraminiferama uspoređena je s regionalnim biostratigrafskim i kronostratigrafskim podjelama prema Rögl (1998), Cicha i sur. (1998), Piller i sur. (2007) te novijim korelacijskim shemama (Raffi i sur., 2020).

Bentičke foraminifere u ovom istraživanju nisu korištene kao primarni stratigrafski pokazatelj. Njihova biostratigrafska primjena može biti ograničena zbog okolišne ovisnosti, ekološke osjetljivosti i regionalno promjenjive rasprostranjenosti pojedinih vrsta. Stoga su određene zajednice bentičkih foraminifera uspoređene s prethodno opisanim bentičkim zajednicama s različitih lokaliteta Središnjeg Paratetisa i SHB-a. Pri interpretaciji je u obzir uzet i koncept ekostratigrafskog *layer-cake* modela, prema kojem srednjomiocenske ekozone malih bentičkih foraminifera ne predstavljaju isključivo vremenski slijed, nego mogu odražavati i lateralne facijesne promjene i pomake okoliša unutar bazena (Kováč i sur., 2018). Zbog toga su bentičke foraminifere korištene primarno za interpretaciju dubine, količine otopljenog kisika, saliniteta te trofičkih uvjeta.

Vapnenački nanoplankton analiziran je prema standardnoj neogenskoj NN zonaciji (Martini, 1971), uz primjenu kalibracija neogenskih nanoplanktonskih biohorizonata prema Raffi i sur. (2020). Nanoplanktonska zonacija temelji se na stratigrafski značajnim prvim (FO) i zadnjim pojavama (LO) te učestalim pojavama pojedinih vrsta vapnenačkog nanoplanktona.

Palinološki podaci korelirani su prema zonacijama Jiménez-Moreno (2006) te Bakrač i sur. (2012), pri čemu su za stratigrafsku interpretaciju korištene prve (FO) i zadnje pojave (LO) te promjene u zastupljenosti stratigrafski važnih palinomorfa.

Interpretacija ostrakodnih zajednica provedena je usporedbom s u radovima prethodno opisanim badenskim ostrakodnim zajednicama i zonama SHB-a i Središnjeg Paratetisa (Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011; Premec Fuček i sur., 2022).

4.2.4. MINERALOŠKE ANALIZE

4.2.4.1.Rendgenska difrakcijska (XRD) analiza

Metoda rendgenske difrakcije na prahu (XRD) omogućuje identifikaciju mineralnih faza prisutnih u stijeni ili sedimentu te semikvantitativnu procjenu njihovih relativnih udjela. Primjenom ove metode dobivaju se podaci o osnovnom mineralnom sastavu uzorka, uključujući udio karbonatnih minerala, siliciklastičnih komponenti, minerala glina i akcesornih mineralnih faza (Tucker, 2008). U okviru ovog istraživanja XRD analiza provedena je radi dodatne mineraloške odredbe odabranih uzoraka iz bušotine Striježevica te provjere litoloških interpretacija dobivenih makroskopskim opisom, analizom mikroskopskih izbrusaka te mikrofacijesnom analizom.

Svrha XRD analize je utvrditi odnos karbonatne i siliciklastične komponente, prepoznati minerale pokazatelje terigenog donosa i dijagenetskih promjena te izdvojiti mineralne faze koje mogu upućivati na specifične uvjete taloženja i rane dijageneze. Posebna pozornost usmjerena je na prisutnost kalcita, dolomita, kvarca, feldspata, minerala glina i pirita. Kalcit i dolomit važni su za procjenu karbonatne sedimentacije i mogućih dijagenetskih procesa, dok kvarc, feldspati i minerali glina omogućuju interpretaciju siliciklastičnog, odnosno terigenog donosa materijala (Tucker, 2008; Grizelj i sur., 2017).

Miocenski pelitni sedimenti sadrže karbonate, minerale glina te silikate čija se prisutnost može povezati s procesima trošenja, transporta, taloženja i dijageneze (Grizelj i sur., 2017). Analiza se osim za utvrđivanje mineralnog sastava uzorka koristi za dobivanje informacija o paleookolišu, vrsti donosa materijala, stupnju dijageneze i redoks uvjetima (Grizelj i sur., 2017).

Kvarc i feldspati su pretežno terigenog podrijetla. Povišen udio kvarca upućuje na jaču mehaničku eroziju ili transport, a prisustvo feldspata ukazuje na kratak transport i slabiju kemijsku alteraciju (Nesse, 2017).

Minerali glina (illit, smektit, kaolinit, klorit) iznimno su važni pokazatelji procesa trošenja, transporta i paleoklimatskih uvjeta. Illit se najčešće povezuje s umjerenim klimatskim uvjetima i fizičkim trošenjem, dok smektit može potjecati od intenzivnijeg kemijskog trošenja ili vulkanskog materijala. Kaolinit se formira u toplim i vlažnim klimama, a klorit ukazuje na doprinos materijala iz hladnijih, glacijalnih ili visokoreljefnih izvora s intenzivnom erozijom i brzim transportom materijala (Chamley, 1989).

Kalcit i aragonit predstavljaju dva najvažnija primarna karbonatna minerala. Kalcit je dominantan karbonatni mineral u većini morskih karbonatnih sedimenata, dok se aragonit češće pojavljuje kao biogeni karbonat, primjerice u ljušturama pojedinih skupina mekušaca i drugih morskih organizama. Iako se kod nekih biogenih karbonatnih organizama izvorno taloži aragonit, ovaj je mineral metastabilan u površinskim uvjetima te tijekom dijageneze može rekristalizirati u stabilniji kalcit (Tucker, 2008).

Dolomit je važan zbog ukazivanja na dijagenezu, promjene u kemiji pornih voda ili na evaporitne/bočate uvjete tijekom sedimentacije, a u klastičnim stijenama je često detritičan (Machel, 2004).

Pirit je sulfidni mineral koji nastaje u uvjetima smanjenog prisustva kisika i povećane organske tvari. Njegova prisutnost često se smatra pokazateljem anoksičnih ili disoksičnih uvjeta tijekom ili neposredno nakon sedimentacije (Berner, 1984). Iako nije dominantna komponenta, važno ga je utvrditi XRD analizom zbog povezanosti s redoks uvjetima okoliša (Grizelj i sur., 2017).

Mineraloška analiza primjenom metode rendgenske difrakcije napravljena je u laboratoriju Hrvatskog geološkog instituta (dr. sc. Jasmina Martinčević Lazar) te su podaci, kao i opis metode, preuzeti iz internog izvještaja (Martinčević Lazar, 2020). Na ukupno devet nasumično odabranih uzoraka provedena je kvalitativna i semikvantitativna mineraloška analiza primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu pomoću rendgenskog difraktometra marke PANalytical X'Pert Powder. Izvor zračenja je bakrena cijev koja odašilje CuKα zračenje valne duljine λ = 1.54 Å. Difraktometar je opremljen vertikalnim goniometrom θ-θ geometrije, nosačem za uzorke, optičkim modulom za kontrolu ulaznog i difraktiranog zračenja te PIXcel detektorom. Rendgenskim difraktometrom upravlja se preko programa X'Pert Quantify, dok su difrakcijske slike analizirane pomoću programskog paketa X'Pert HighScore Plus 2016 povezanog s bazom podataka PDF-4/Minerals (2018). Generiranje rendgenskog zračenja odvijalo se pri naponu od 45 kV i jakosti struje od 40 mA.

Uz analizu cjelokupnog uzorka provedena je i analiza netopivog ostatka te izdvojene glinovite frakcije manje od 2 μm. Uzorci su prije analize osušeni, usitnjeni do praškaste frakcije i homogenizirani. Cjelokupni uzorci snimani su u području od 4 do 66° 2θ, netopivi ostatak u području od 5 do 65° 2θ, dok su preparati glinovite frakcije snimani u području od 4 do 30° 2θ.

Radi detaljnijeg određivanja nekarbonatne mineralne komponente iz uzoraka je izdvojen netopivi ostatak. Karbonatni minerali uklonjeni su otapanjem u puferiranoj otopini natrijeva acetata i octene kiseline pri pH = 5 prema metodi Jackson (1958), čime je omogućena preciznija identifikacija silikatnih i glinovitih minerala. Frakcija manja od 2 μm izdvojena je centrifugiranjem (Krumm, 1994) iz suspenzije netopivog ostatka te su od nje izrađeni orijentirani preparati za analizu minerala glina.

Identifikacija minerala glina provedena je usporedbom rendgenskih zapisa nakon sušenja preparata na zraku, saturacije etilen-glikolom te žarenja na 400 °C i 550 °C. Takav postupak omogućuje razlikovanje bubrivih i nebubrivih minerala glina te njihovu pouzdaniju identifikaciju. Na temelju analize glinovite frakcije određeni su smektit, klorit, kaolinit te illit/muskovit. Budući da illit i muskovit imaju vrlo slična difrakcijska obilježja, u rezultatima su prikazani zajedno. U semikvantitativnoj analizi cjelokupnog uzorka minerali glina i tinjci prikazani su u širim mineraloškim skupinama zbog preklapanja njihovih difrakcijskih maksimuma, dok je njihova detaljna diferencijacija provedena analizom izdvojene frakcije manje od 2 μm. Dobiveni rezultati korišteni su za interpretaciju terigenog donosa, intenziteta

trošenja izvorišnih područja, dijagenetskih procesa te paleo-okolišnih uvjeta tijekom taloženja sedimenata.

4.2.4.2. Kalcimetrija

Analizu je odradila Ana Čaić Janković, mag. chem. u laboratoriju Zavoda za geologiju pri HGI-u. Kalcimetrija je odrađena na svim uzorcima (83 uzorka, sl. 5).

Kalcimetrija se provodi kako bi se odredio sadržaj kalcijeva karbonata ($CaCO_3$) u uzorcima. Udio $CaCO_3$ omogućuje razlikovanje karbonatnih i siliciklastičnih stijena te preciznije određivanje vrste sedimenta (Tucker, 2008). Koristi se i za rekonstrukciju okoliša taloženja, jer visoki udjeli karbonata često ukazuju na marinske ili jezerske uvjete s izraženom biogenom produkcijom, dok niži udjeli upućuju na veći terigenski unos (Flügel, 2010).

Sadržaj karbonata također može služiti kao indikator paleoklimatskih uvjeta, budući da su karbonati stabilniji u sušnim i polusušnim uvjetima, dok intenzivno kemijsko trošenje u toplim i vlažnim klimama dovodi do njihovog otapanja (Nesbitt i Young, 1982).

Iz posebne odvage određuje se sadržaj kalcijeva karbonata (% $CaCO_3$) u uzorcima na instrumentu SCM1 Calcimeter prema Scheiblerovoj metodi (ISO 10693). Kalibracija je rađena s kalcijevim karbonatom ($CaCO_3$).

U Erlenmeyerovu tikvici je izvagan uzorak, dodana je deionizirana voda te posebno u epruvetici klorovodična kiselina (4 mol/L HCl p.a.). Nakon reakcije klorovodične kiseline s uzorkom nastaje ugljikov(IV) oksid (CO_2), plin koji istiskuje vodu iz birete. Na temelju očitanja istisnutog volumena vode i vlage određene na 105 °C izračunat je postotak kalcijeva karbonata (% $CaCO_3$) u uzorku.

5. REZULTATI

5.1. Analiza mikroskopskih izbrusaka

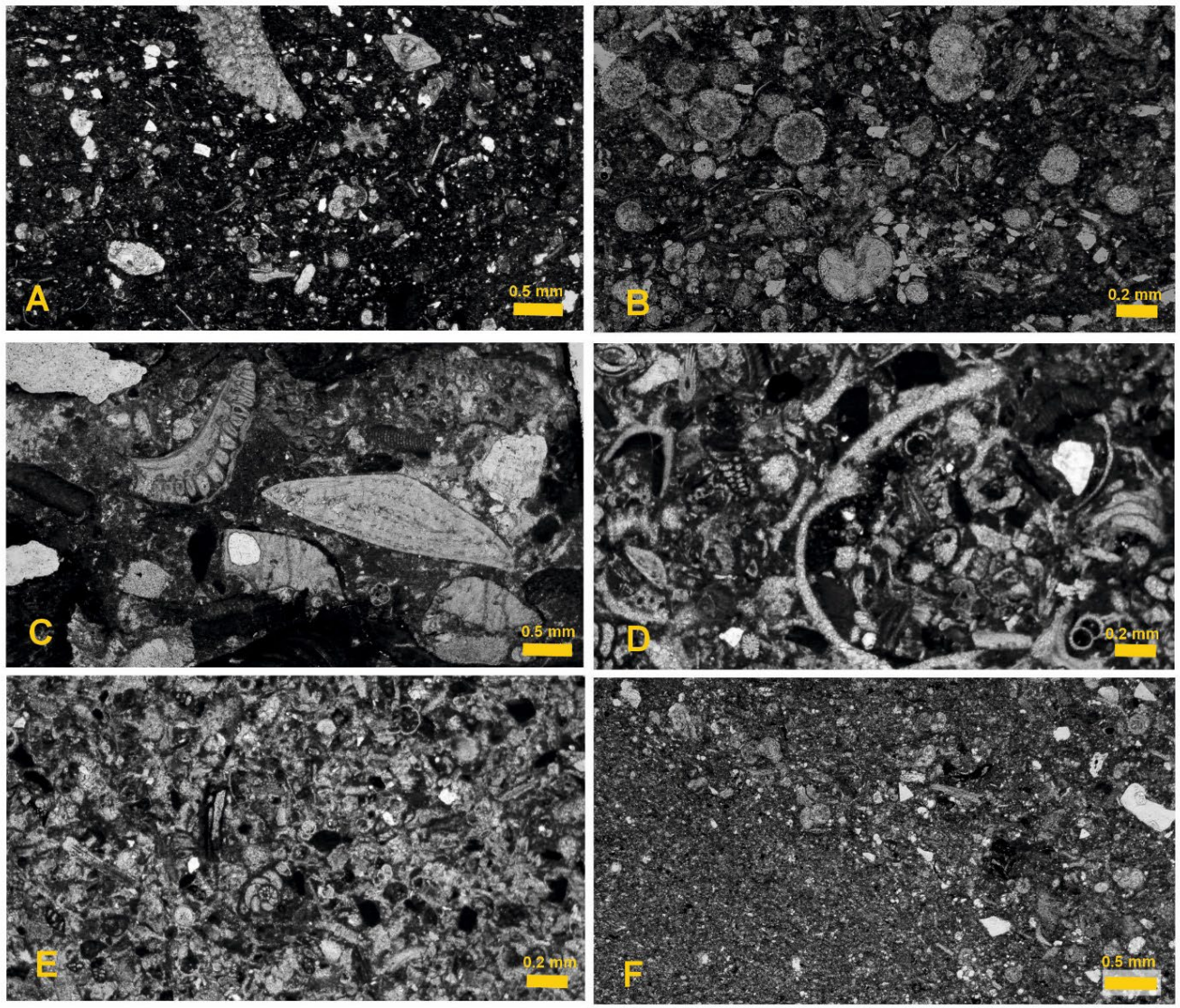
Mikroskopski izbrusci napravljeni su iz šesnaest uzoraka (sl. 5). Na temelju strukturnih osobina i fosilnog sadržaja definirana su četiri tipa mikrofacijesa, koji su imenovani prema dominantnim skupinama fosila.

Mikrofaciijes 1. **Planktonski foraminiferski wackestone** (uzorci SP7-8, -10, -14, -20, -22, -49, -60, -64, sl. 7A, B): u mikritnom vezivu raspršeneni su brojni presjeci planktonskih foraminifera. Mjestimično se javljaju nakupine većih fragmenata crvenih algi, mahovnjaka, bodlji ježinaca i bentičkih foraminifera. Udio biogene komponente pokazuje manje varijacije među analiziranim izbruscima. Pojedine klijetke foraminifera ispunjene su glaukonitom.

Mikrofacijes 2. **Litotamnijski rudstone** (uzorci SP7-1, -74; -82, sl. 7C, D): brojni ostaci crvenih algi (*Lithothamnium* sp.) uz čestu pojavu fragmenata mahovnjaka, bodlji ježinaca te ostrakoda. Česti su i presjeci bentičke foraminifere roda *Amphistegina* sp., *Elphidium* sp., neodredivih biserijalnih foraminifera i miliolida. U mikritnom dijelu preparata se pojavljuju raznoliki presjeci planktonskih foraminifera. Litotamnijski rudstone uzorka SP7-1 predstavlja krupnoklastični varijatet, dok su litotamnijski rudstone uzoraka SP7-74 i SP7-82 sitnozrnatiji.

Mikrofacijes 3. **Foraminiferski kalkarenit** (uzorci SP7-32, -68, -73, -75, -76, sl. 7E): sitnozrnati pješčenjak s vrlo visokim udjelom biogene komponente u vidu različitih presjeka planktonskih i bentičkih (biserijalne, planispiralne) foraminifera te zrncima glaukonita.

Mikrofacijes 4. **Planktonski mudstone-packstone** (izbrusak SP7-63, sl. 7F): zabilježen je uložak kalkrudita bogatog fosilnim ostacima (fragmenti litotamnijskog rudstona u mudstonu (muljnjaku)). Mudstone (muljnjak) je vrlo jednolične strukture s malim udjelom biogene komponente i s obje strane nepravilno obrubljuje krupniji, biogenom komponentom bogatiji sediment. Različiti presjeci planktonskih foraminifera te brojni presjeci bentičkih foraminifera (vjerojatno *Amphistegina* sp., biserijalni oblici) zajedno s fragmentima crvenih alga te mahovnjaka čine biogeno bogati sediment.



Slika 7. Prikaz mikrofacijesa određenih analizom mikroskopskih izbrusaka. **A**) planktonski foraminiferski wackstone (SP7-8); **B**) planktonski foraminiferski wackstone (SP7-22); **C**) litotamnijski rudstone (SP7-1) s ostacima bentičke foraminifere *Amphistegina* sp., fragmentima crvenih alga i mahovnjacima; **D**) litotamnijski rudstone (SP7-74) s ostacima planktonskih i bentičkih foraminifera (biserijalna forma), ostacima bodlji ježinaca, fragmentima crvenih alga i ostrakoda; **E**) foraminiferski pješčenjak (SP7-68) s brojnim presjecima planktonskih i bentičkih foraminifera; **F**) planktonski mudstone-packstone (SP7-63), kontakt krupnoklastičnog sedimenta i mudstona.

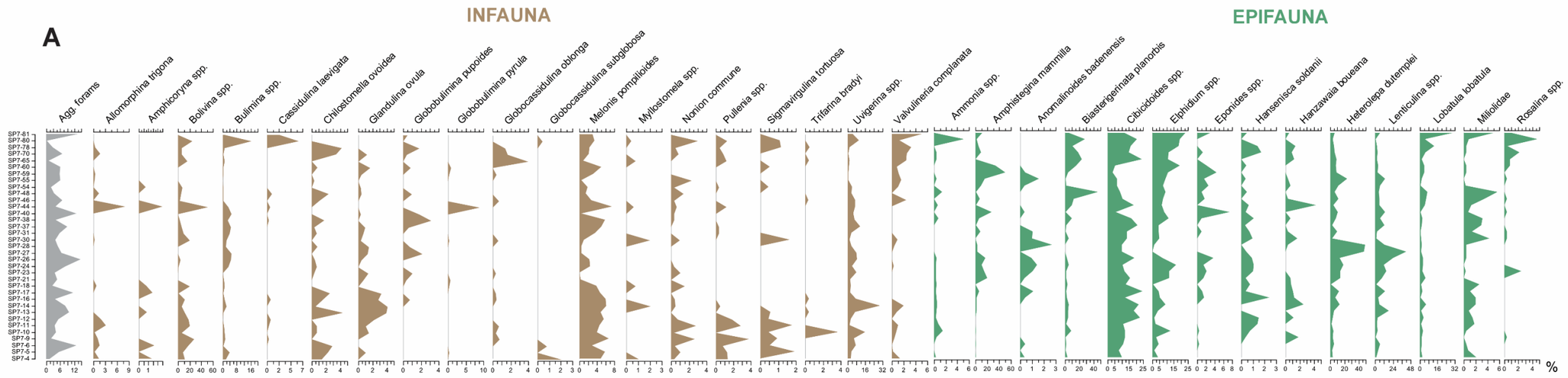
5.2. Foraminifere

5.2.1. BENTIČKE FORAMINIFERE

Unutar 35 uzoraka određene su 243 vrste bentičkih foraminifera (Dodatna tablica 4). Od ukupnog broja određenih vrsta, 208 vrsta ima hijalinsku stijenku (85.6%), 25 vrsta ima aglutiniranu stijenku (10.3%), a porculanastu stijenku ima 10 vrsta, odnosno 4.1%. Foraminifere su dobro do srednje očuvane, a u pojedinim uzorcima zabilježeni su tragovi abrazije i fragmentacija. Dominantne vrste duž bušotine su *Heterolepa dutemplei* (Tabla 3O), *Lobatula ungeriana* (Tabla 3F), *Amphistegina mammilla* (Tabla 3K), *Biasterigerina planorbis* (Tabla 3J), *Cibicides pachyderma* (Tabla 3H), *Lenticulina austriaca*, *Lobatula lobatula* (Tabla 3I), *Melonis pompilioides* (Tabla 3M), *Elphidium crispum* (Tabla 3S) i *Lenticulina inornata* (Tabla 1V).

U intervalu od SP7-4 do SP7-18 zajednicom dominiraju različite vrste bolivina: *Bolivina antiqua*, *B*. cf. *lowmani*, *B. dilatata*, *B. fastigia* (Tabla 2C), *B*. *papulata*, *B*. *pseudoplicata*, *B*. *retiformis* (Tabla 2E), *B*. *sagittula*, *B*. *scalprata muscosa* (Tabla 2B), *B*. *simplex*, *B*. *viennensis* (Tabla 2D, najveći udio u uzorku SP7-9, 32%, sl. 8A) uz različite vrste roda Cibicidoides (*C*. *austriacus*, *C*. *pachyderma* (Tabla 3H), *L. ungeriana* (Tabla 3F); najveći udio u uzorku SP7- 12, 25%, sl. 8A). Prevladavaju infaunski oblici bentičkih foraminifera (42-57%, sl. 8B). U svim uzorcima zastupljenost duboke infaune je više od 39% (sl. 8B). Prema strategiji ishrane prevladavaju muljojedi (63-79%, sl. 8B), a udio markera visokog unosa nutrijenata varira između 11% (SP7-17) i 53% (SP7-9)(sl. 8B). Visok udio infaune, kao i duboke infaune uz značajnu prisutnost stres-markera (14-31%) karakteristika su ovog intervala (sl. 8B).

U uzorcima SP7-21 do SP7 26 prevladava epifauna (56-66%, sl. 8B). Dominantno je zastupljena vrsta *A. mammila* (10-22%, sl. 8A) uz rod *Cibicidoides* (*C*. *pachyderma*, *L. ungeriana*; 10-17%, sl. 8A), kao i vrstu *H. dutemplei* (10-17%, sl. 8A), *Elphidium* spp. (5-12%, sl. 8A), *Lenticulina* spp. (10-18%, sl. 8A). Udio oksičnih markera u svim uzorcima veći je od 43% (sl. 8B), dok je udio markera visokog unosa nutrijenata do 16%, a stres markera do niskih 19% (sl. 8B).

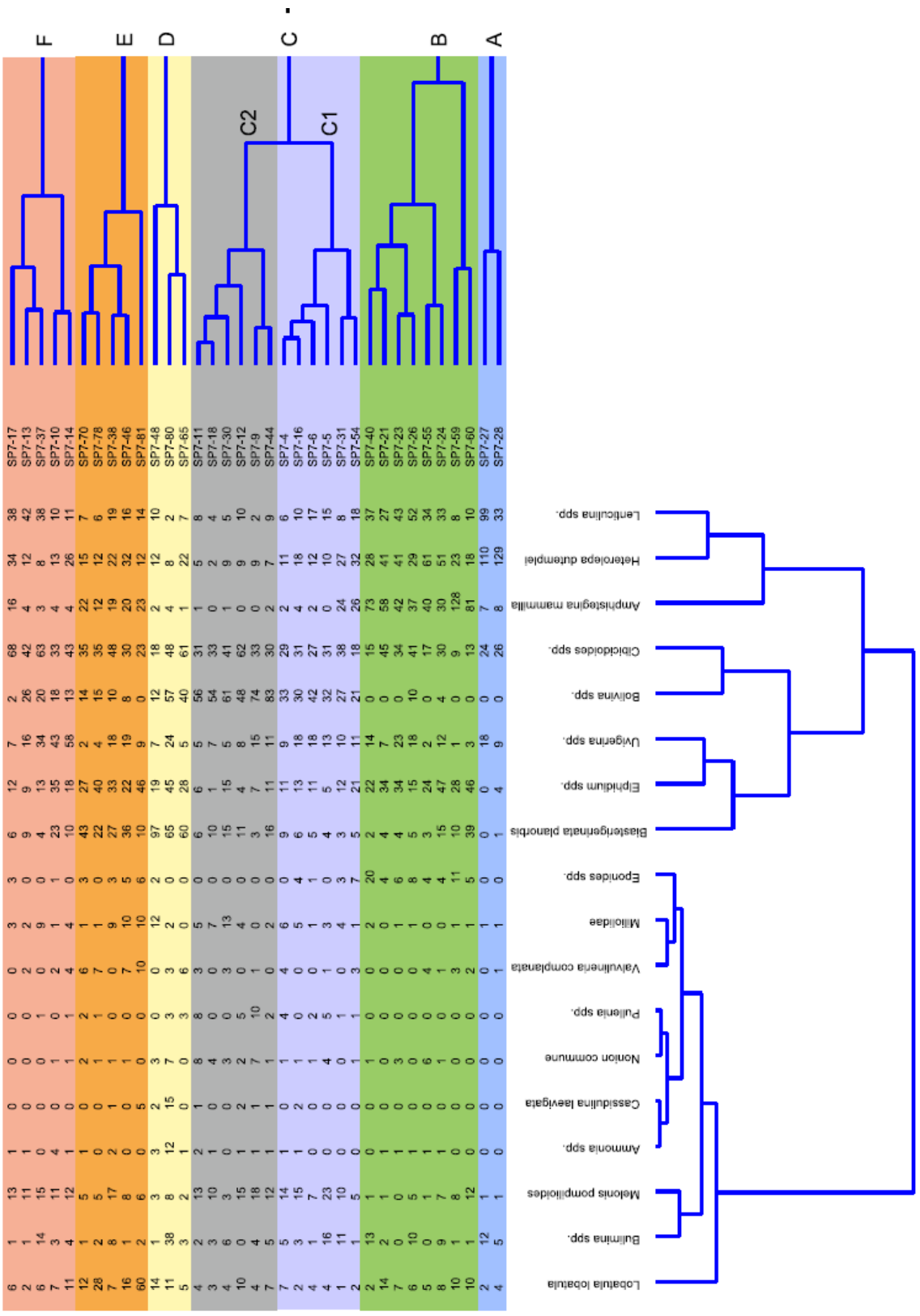


Slika 8. **A.** Zastupljenost bentičkih foraminifera duž bušotine Striježevica prikazana je u postocima. Smeđom bojom prikazane su vrste s infaunalnim načinom života, dok su zelenom bojom prikazane vrste s epifaunalnim načinom života. Aglutinirane foraminifere prikazane su sivom bojom. **B.** Distribucija udjela funkcionalnih skupina foraminifera prema načinu života, trofičnom afinitetu i otpornosti na stres te vertikalni profil ekoloških parametara u istraživanim zajednicama iz bušotine Striježevica. Grafovima su prikazane promjene količina otopljenog kisika mjerene uz pomoć tri indeksa, BFOI, EBFOI prema Kranner i sur., 2022 te EBFOI prema Schmiedl i sur., 2023. Grafovima je prikazana i zastupljenost oksičnih, suboksičnih i disoksičnih pokazatelja duž bušotine. **C.** Grafički prikaz distribucije vrijednosti ekoloških parametara u istraživanim zajednicama. Uočen je isti trend u vrijednostima Simpsonovog, Shannon-Wienerovog indeksa te indeksa ujednačenosti i Fisher α indeksa, dok indeks dominacije pokazuje suprotan trend vrijednosti.

S druge strane, uzorke SP7-27 i SP7-28, karakterizira dominacija vrste *H. dutemplei* (36-45%, sl. 8A) i roda *Lenticulina* spp. (18-33%, sl. 8A). U uzorcima prevladava epifauna (49-56%, sl. 8B). Udio stres markera je 15%, a markera visokog unosa nutrijenata 8 - 12% (sl. 8B). U gornjem dijelu stupa infaunski i epifaunski oblici podjednako su zastupljeni (sl. 8B), uz povremene intervale prevladavanja jedne od skupina. Unutar ovog intervala zabilježene su najveće i najmanje vrijednosti udjela markera visokog unosa nutrijenata, od maksimalnih 51% (SP7-44) do minimalnih 4% (SP7-55), sl. 8B. Isti uzorak (SP7-55) ima i najniži udio disoksičnih vrsta u zajednici (1%), dok je najveći udio oksičnih vrsta utvrđen u uzorku SP7-81 (58%), sl. 8B. Kao i u ostatku stupa, prevladavaju muljojedi, s maksimumom od 81% u uzorcima SP7-37 i SP7-80 , dok je udio stres markera između 10 i 32% (sl. 8B).

Za potrebe klaster analize odabrano je 18 vrsta/rodova bentičkih foraminifera: *L. lobatula* (Tabla 3I), *Bulimina* spp., *M. pompiliodes* (Tabla 3M), *Ammonia* spp., *C. laevigata*, *Nonion commune* (Tabla 3L), *Pullenia* spp., *Valvulineria complanata*, *Miliolidae* spp., *Eponides* spp., *B. planorbis* (Tabla 3J), *Elphidium* spp., *Uvigerina* spp., *Bolivina* spp., *Cibicidoides* spp., *A. mammilla* (Tabla 3K), *H. dutemplei* (Tabla 3O) i *Lenticulina* spp. (sl. 9).

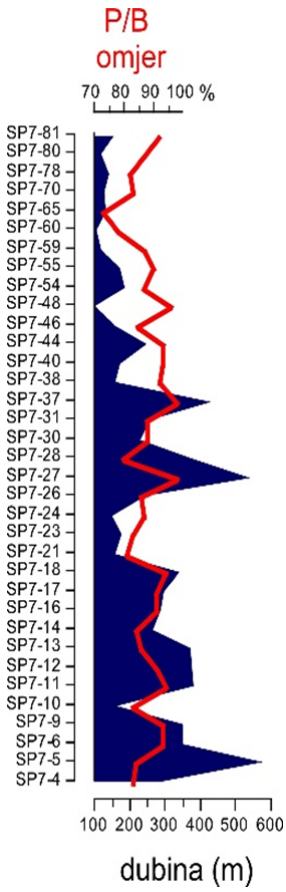
Analiza je rezultirala izdvajanjem **6 tipova** zajednica bentičkih foraminifera (A-F) i 2 podtipa (C1 i C2) (sl. 9).



Slika 9. Klaster analiza bentičkih foraminiferskih zajednica pokazuje postojanje šest glavnih tipova zajednica bentičkih foraminifera (A-F) te dva podtipa (C1, C2). Klasteriranje je napravljeno Wardovom metodom na temelju Euklidske udaljenosti. U analizu je uključeno 18 vrsta/rodova ekološki važnih bentičkih foraminifera.

Zajednica A: *Heterolepa-Lenticulina*

Ova zajednica obuhvaća uzorke SP7-27 i SP7-28, a karakterizira ju dominacija vrste *H. dutemplei* (36% (SP7-27) i 49% (SP7-28)) te različitih vrsta roda *Lenticulina* (*L. austriaca*, *L. cultrata*, *L. inornata* (Tabla 1V)*, L. orbicularis, L. vortex*, 42% (SP7-27) i 13% (SP7-28), sl. 8A). Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa (1.7-1.8, sl. 8C), najniže su u cijeloj sukcesiji, dok su vrijednosti indeksa dominacije (0.26 – 0.3) najviše (sl. 8C), ukazujući na slabo raznoliku zajednicu s izraženom dominacijom, što dodatno potvrđuju i najniže vrijednosti Fisher α indeksa (2.8 u uzorku SP7-28 te 4.4 u uzorku SP7-27, sl. 8C). U zajednici prevladavaju epifaunalni oblici (56% i 49%, sl. 8B). Za ovu su zajednicu (klaster) izračunate znatno veće dubine u usporedbi s ostalim zajednicama (542 m u uzorku SP7-27 te 375 m u uzorku SP7-28, sl. 10). Dobivene vrijednosti sugeriraju nisko oksične uvjete, na što ukazuju i vrijednosti EBFOI indeksa (36 u SP7-27 te 53 u SP7-28, sl. 8B). U ovom klasteru zabilježen je najviši udio suboksičnih markera s maksimalnom vrijednošću od 48% u SP7-27 (sl. 8B). Nizak udio markera visokog unosa nutrijenata (12% u uzorku SP7-27 i 8% u uzorku SP7-28, sl. 8B) uz dominaciju epifaune ukazuje na oligotrofične uvjete u okolišu.



Slika 10. Rezultati procjene dubine prema omjeru plankton/bentos (crvena crta) te izračunom prema Hoheneggerovoj (2005) metodi dubinskih gradijenata

Zajednica B: *Amphistegina*

Klaster B definiran je u uzorcima u kojima dominira vrsta *A. mammilla* (SP7-21 (22%), -23 (15%), -24 (10%), -26 (13%), -40 (25%), -55 (18%), -59 (47%, -60 (29%), sl. 8A). Osim navedene vrste, brojne su *H. dutemplei* (od 3% (SP7-5) do 12% (SP7-54) te *B. planorbis* kao i vrste roda *Cibicidoides* (sl. 8A). Umjereno visoke vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa [1.9 (SP7-59) -2.4 (SP7-24), sl. 8C], kao i vrijednosti Fisher α indeksa [4.6 (SP7-24,26,40) – 5.7 (SP7-60), sl. 8C] karakteristične su za srednje raznoliku zajednicu bentičkih foraminifera. Najviši indeks dominacije unutar ovog klastera zabilježen je u uzorku SP7-59 (0.3, sl. 8C). Foraminiferskom zajednicom dominira epifauna (56-66%, sl. 8B) uz značajnu zastupljenost

oksičnih pokazatelja (43-49%, sl. 8B). Ovakav sastav zajednice ukazuje na visoko oksične uvjete u okolišu (EBFOI 57-66, sl. 8B) te prevladavajuću oligotrofiju (prema TROX modelu, Jorissen i sur., 1995). Unutar ovog klastera utvrđen je i najniži udio disoksičnih vrsta, koji u uzorku SP7-55 iznosi svega 1% (sl. 8B). Izračunate batimetrijske vrijednosti su u rasponu od 108 metara (SP7-60) do 247 metara (SP7-26) (sl. 10).

Zajednica C: *Bolivina-Cibicidoides*

Klaster C ima dva podklastera C1 i C2.

Podklaster C1 (uzorci SP7-4, -5, -6, -16, -31 i -54).

U uzorcima su dominantno zastupljene vrste roda *Cibicidoides* (*C. pachyderma* (Tabla 3H), *L. ungeriana* (Tabla 3F); od 7% (SP7-54) do 13% (SP7-31)) i *Bolivina* (*B. dilatata, B. fastigia* (Tabla 2C), *B. papulata, B. pseudoplicata, B. retiformis* (Tabla 2E), *B. viennensis* (Tabla 2D); od 8% (SP7-54) do 17% (SP7-6), sl. 8A). Zajednica je vrlo raznolika na što upućuje visoka vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa [2.5 (SP7-6, -31, -54) -2.8 (SP7-4, -16), sl. 8C], kao i Fisher α indeksa [5.8 (SP7-5,-31) -8 (SP7-16), sl. 8C]. U uzorku SP7-16 dobivena je najviša vrijednost Fisher α indeksa (8, sl. 8C), što uz niske vrijednosti dominacije (0.1, sl. 8C) ukazuje na visoku raznolikost zajednice u ovom podklasteru. Veća zastupljenost infaune, kao i visoki udio markera visokog unosa nutrijenata [22% (SP7-54) do 43% (SP7-5), sl. 8B], ukazuju na eutrofični okoliš. Osim markera visokog unosa materijala u ovom klasteru značajan je i udio fitodetritus markera (*Globocassidulina* sp., sl. 8A) Udio stres markera je visok, između 22% (SP7.6) i 31% (SP7-16), sl. 8B. Okoliš je niskooksičan, s najmanjom vrijednosti EBFOI indeksa u uzorku SP7-5 (13, sl. 8B). Izračunate dubine pokazuju široki raspon od 579 metara (SP7-5) do 188 metara (SP7-54)(sl. 10).

Podklaster C2 (uzorci SP7-9, -11, -12, -18, -30, -44).

Dominiraju različite vrste bolivina (*B*. *antiqua*, *B*. cf. *lowmanii*, *B*. *dilatata*, *B*. *plicatella* (tabla 2A), *B*. *retiformis* (Tabla 2E), *B*. *sagittula*, *B*. *scalprata muscosa* (Tabla 2B), *B*. *simplex*, *B*. *viennensis* (Tabla 2D); od 18% u uzorku SP7-12 do 51% u uzorku SP7-44, sl. 8A) i cibicidoidesa (*C*. *pachyderma* (Tabla 3H), *L*. *ungeriana* (Tabla 3F); od 11% u uzorku SP7-11 do 23% u uzorku SP7-12, sl. 8A). Zajednica je srednje do razmjerno visoko raznolika, vrijednosti Shannon-

Wienerovog indeksa kreću se između 2.2 (SP7-18) i 2.6 (SP7-11)(sl. 8C) što potvrđuje i vrijednost Fisher α indeksa (5.6 (SP7-12) -7.6 (SP7-30), sl. 8C). Indeks dominacije u ovom klasteru je u rasponu od 0.1 (SP7-11, -12, -30) do 0.2 (SP7-9, -18, -44) (sl. 8C). Infauna je dominantna u svim uzorcima (48 (SP7-12)-58% (SP7-44), sl. 8B), duboka infauna čini gotovo 50% zajednica (sl. 8B), a udio stres markera je između 23% (SP7-12) i 31% (SP7-18), sl. 8B. Udio disoksičnih markera u svim uzorcima ovog klastera prelazi 30% (sl. 8B). Navedeni parametri ukazuju na eutrofičan okoliš, niske oksičnosti (EBFOI – 9 (SP7-11) -42 (SP7-30), sl. 8B). Izračunate su dubine između 233 metra (SP7-30) i 384 metara (SP7-11) (sl. 10).

Zajednica D: *Biasterigerina*

Zajednica je utvrđena u tri uzorka (SP7-48, -65 i -80) u kojima dominira vrsta *B. planorbis* (39% u uzorku SP7-48, 22% u uzorku SP7-65 i 18% u uzorku SP7-80, sl. 8A). Promjenjiv odnos epifaune i infaune karakteristika je ove zajednice, a visoki udio infaunskih vrsta u svim uzorcima (42% (SP7-48) - 63% (SP7-80), sl. 8B) sugerira eutrofični okoliš. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa su između 2.2 (SP7-65) i 2.5 (SP7-80)(sl. 8C), a vrijednosti Fisher α indeksa između 5.1 (SP7-80) i 5.9 (SP7-48)(sl. 8C). Visoki udio disoksičnih [24% (SP7-65) -32% (SP7-80), sl. 8B] i suboksičnih markera [25 (SP7-48) -40% (SP7-80), sl. 8B], uz vrijednosti EBFOI [16 (SP7-80) -51 (SP7-65), sl. 8B], ukazuje na niskooksični okoliš. U uzorku SP7-80 zabilježen je najviši udio infaune (63%, sl. 8B). Izračunate su dubine okoliša između 103 (SP7-48) i 137 metara (SP7-65), sl. 10.

Zajednica E: *Elphidium-Cibicidoides-Biasterigerina*

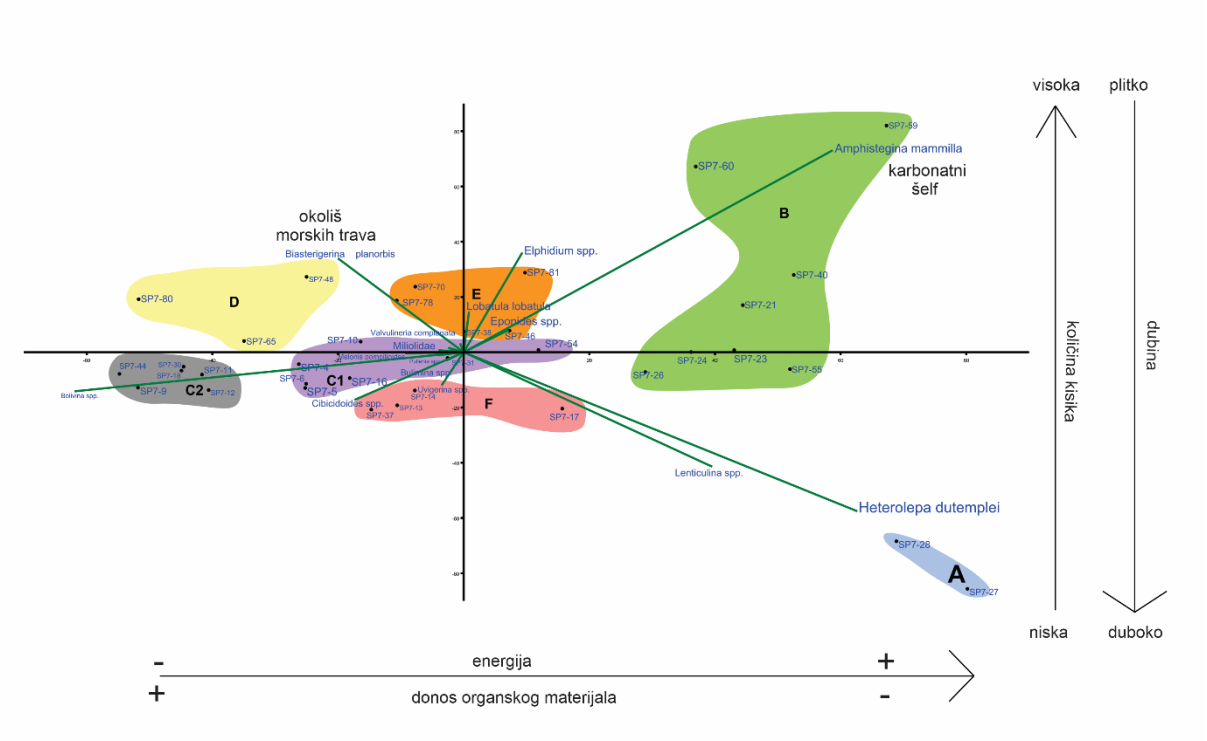
Ovim klasterom obuhvaćeni su uzorci SP7-38, -46, -70, -78 i -81. Karakteristika klastera je visoki udio epifaunskih vrsta (39% (SP7-78) -65% (SP7-81), sl. 8B) poput *Cibicidoidesa* sp. div., *L. lobatula*, *Elphidium* sp. div. te *H. dutemplei* (sl. 8A). Shannon-Wiennerov indeks pokazuje srednje vrijednosti [2.5 (SP7-81) -2.8 (SP7-70), sl. 8C]. Vrijednosti EBFOI indeksa ukazuju na oksični okoliš, osim u uzorku SP7-78 gdje je vrijednost indeksa 44 što ukazuje na niskooksični okoliš (sl. 8B). Vrijednost Fisher α indeksa je između 5 (SP7-81) i 7.7 (SP7-70) (sl. 8C). Prema TROX modelu pretpostavljen je mezo-eutrofični okoliš. Izračunata dubina u svim uzorcima je manja od 200 metara (133 (SP7-70) -164 metra (SP7-46), sl. 10).

Zajednica F: *Cibicidoides – Lenticulina - Uvigerina*

Pet uzoraka (SP7-10, -13, -14, -17 i -37) pripada ovom klasteru. Njihova zajednička karakteristika je povećana zastupljenost rodova *Cibicidoides*, *Lenticulina* i *Uvigerina* (sl. 8A). Rod Cibicidoides zastupljen je ponajprije vrstama *C*. *pachyderma* i *C*. *austriacus*, pri čemu udio roda doseže oko 2% u uzorku SP7-13 te gotovo 18% u uzorku SP7-17 (sl. 8A). Rod *Lenticulina* najzastupljeniji je u uzorcima SP7-13 (oko 16 %), SP7-17 (13,4 %) i SP7-37 (13 %), dok je najmanje zastupljen u uzorku SP7-10 (4%, sl. 8A). Unutar roda *Lenticulina* najzastupljenije su vrste *L*. *austriaca* i *L*. *inornata* (Tabla 1V), koje u pojedinim uzorcima dosežu i više od 5% ukupne zajednice. Posebno se ističu u uzorcima SP7-17, gdje *L*. *austriaca* čini 7.2%, a *L*. *inornata* 5.8% te u uzorku SP7-13, u kojem zajedno čine gotovo 12.5 %. Manje su zastupljene vrste *L*. *vortex*, *L*. *orbicularis* i *L*. *cultrata*. Rod *Uvigerina* pokazuje najveću zastupljenost u uzorcima SP7-14 (21.1 %) i SP7-37 (13.4 %), dok je u uzorcima SP7-10 i SP7-13 zastupljena s približno 15%, odnosno 13% (sl. 8A). Rod *Uvigerina* predstavljaju vrste *U*. *grilli*, *U*. *semiornata* (Tabla 2O, P) i *U*. *pygmoides* (Tabla 2AB). Najbrojnija je *U*. *grilli* (Tabla 2U, V), koja doseže 9% u uzorku SP7-37 i 6.3 % u uzorku SP7-14. Značajna je i *U*. *semiornata* (Tabla 2O, P) s udjelima do 5.2 % u uzorku SP7-14, dok je *U*. *pygmoides* (Tabla 2AB) zastupljena s tek 1 do 2%. Vrste roda *Bolivina* čine 3.1% ukupne zajednice u uzorku SP7-17, 5.6% u uzorku SP7-14, 6.3% u uzorku SP7-37, 8.7% u uzorku SP7-10 te 9% u uzorku SP7-13. U uzorku SP7-10 najzastupljenije su *B*. *pseudoplicata* (2.4 %), *B*. *retiformis* (2%), *B*. *antiqua* (1.2%) i *B*. *dilatata* (1.2%). Uzorak SP7-13 karakterizira povećana zastupljenost vrste *B*. *fastigia* (5.5%, Tabla 2C), dok su ostale vrste roda rijetke. U uzorku SP7-14 najzastupljenije su *B*. *fastigia* (1.9%, Tabla 2C), *B*. *dilatata* (1.5%) i *B*. *viennensis* (1.1%, Tabla 2D). U uzorku SP7-37 najzastupljenije su *B*. *simplex* (2.5 %) i *B*. *viennensis* (1.4 %, Tabla 2D). Uz navedene rodove, značajan udio u svim uzorcima imaju i vrste *B*. *planorbis* (Tabla 3J) i *H*. *dutemplei* (sl. 8A, Tabla 3O). *B*. *planorbis* najveću zastupljenost ima u uzorku SP7-10 (9.1 %), a najmanju u uzorku SP7-17 (2.1 %). *H*. *dutemplei* najmanju zastupljenost (2.9%) ima u uzorku SP7-37, a najveću (12.6%) u uzorku SP7-17, dok je u uzorcima SP7-13 i SP7-14 zastupljena s 4.7%, odnosno 9.6%. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa su između 2.4 (SP7-37) i 2.6 (SP7-10) (sl. 8) što ukazuje na srednju raznolikost zajednice. Fisher α indeks je najniži u uzorku SP7-37 (4.7), a najviši u uzorku SP7-10 (6.6) (sl. 8C). Visok udio disoksičnih [20% (SP7-14) -31% (SP7-13), sl. 8B] i suboksičnih markera [33% (SP7-17) -40% (SP7-10), sl. 8B] u svim uzorcima rezultirao je niskooksičnim uvjetima u okolišu

[EBFOI 39 (SP7-13) -49 (SP7-14), sl. 8B]. Izračunata je dubina između 165 metara (SP7-10) i 434 metra (SP7-37) [sl. 10].

PCA analiza pokazala je da su uzorci raspoređeni duž dvaju glavnih gradijenata koji opisuju varijabilnost okolišnih uvjeta (sl. 11). Prva glavna komponenta (PC1, x os) povezana je s gradijentom energije i organskog unosa, pri čemu se uzorci s lijeve strane grafa odlikuju nižom energijom i većim organskim donosom, dok su uzorci s desne strane povezani s uvjetima visoke energije i nižeg organskog donosa. Druga glavna komponenta (PC2, y os) odražava gradijent dubine i oksigenacije, gdje su uzorci u gornjem dijelu grafa povezani s plićim i bolje oksigeniranim uvjetima, dok donji dio grafa predstavlja dublje i slabije oksigenirane uvjete.



Slika 11. Prostorni raspored uzoraka na PCA dijagramu ukazuje na grupiranje unutar sedam zasebnih cjelina u ovisnosti o dubini, dostupnoj količini otopljenog kisika te energiji okoliša i dostupnosti nutrijenata.

Grupa **A** je povezana s dubljim i slabije oksigeniranih okolišima koje obilježava relativno visoka energija vode.

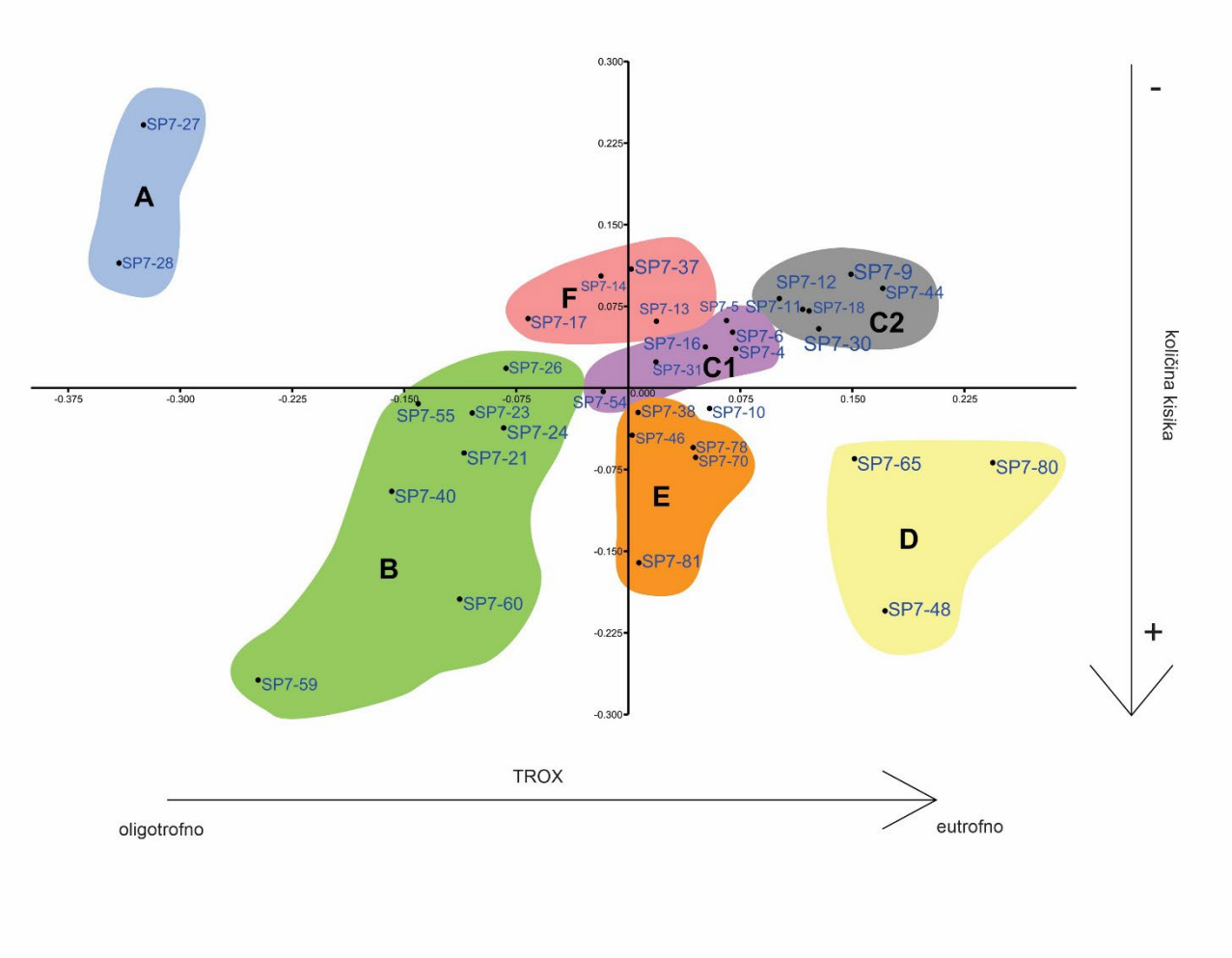
Grupa **B** smještena je u domeni visokih energija i plićih, dobro prozračenih uvjeta, što sugerira taloženje na karbonatnom šelfu.

Grupe **C1** i **C2** zauzimaju prijelazni položaj između definiranih glavnih ekoloških gradijenata.

Grupa **D** povezana je s niskoenergetskim uvjetima i visokim unosom organske tvari što je karakteristično za okoliše livada morskih cvjetnica.

Grupe **E** i **F** također predstavljaju prijelazne zajednice između plićih/oksigeniranijih i dubljih/nižih energetskih uvjeta.

NMDS analizom uzorci su podijeljeni u **sedam grupa** u ovisnosti o trofičnosti sustava i oksigenaciji (sl. 12). Horizontalna os ordinacijskog dijagrama povezana je s trofičnosti okoliša, pri čemu lijeva strana grafa predstavlja oligotrofične uvjete, a desna eutrofične uvjete. Vertikalna os odražava razine oksigenacije, gdje gornji dio grafa označava niže koncentracije kisika, a donji dio više koncentracije kisika.



Slika 12. Prostorni raspored uzoraka na nMDS dijagramu ukazuje na grupiranje u sedam zasebnih grupa u ovisnosti o trofičnosti sustava i oksigenaciji.

NMDS analizom (sl. 12) razlikujemo ove grupe:

Grupa **A** karakterizirana je oligotrofnim, ali slabije oksigeniranim uvjetima.

Grupa **B** povezana je s oligotrofnim i dobro oksigeniranim uvjetima.

Grupe **C1** i **C2** grupirane su u području umjereno povišenih koncentracija nutrijenata, uz male međusobne razlike.

Grupa **D** nalazi se u eutrofnim i dobro oksigeniranim uvjetima.

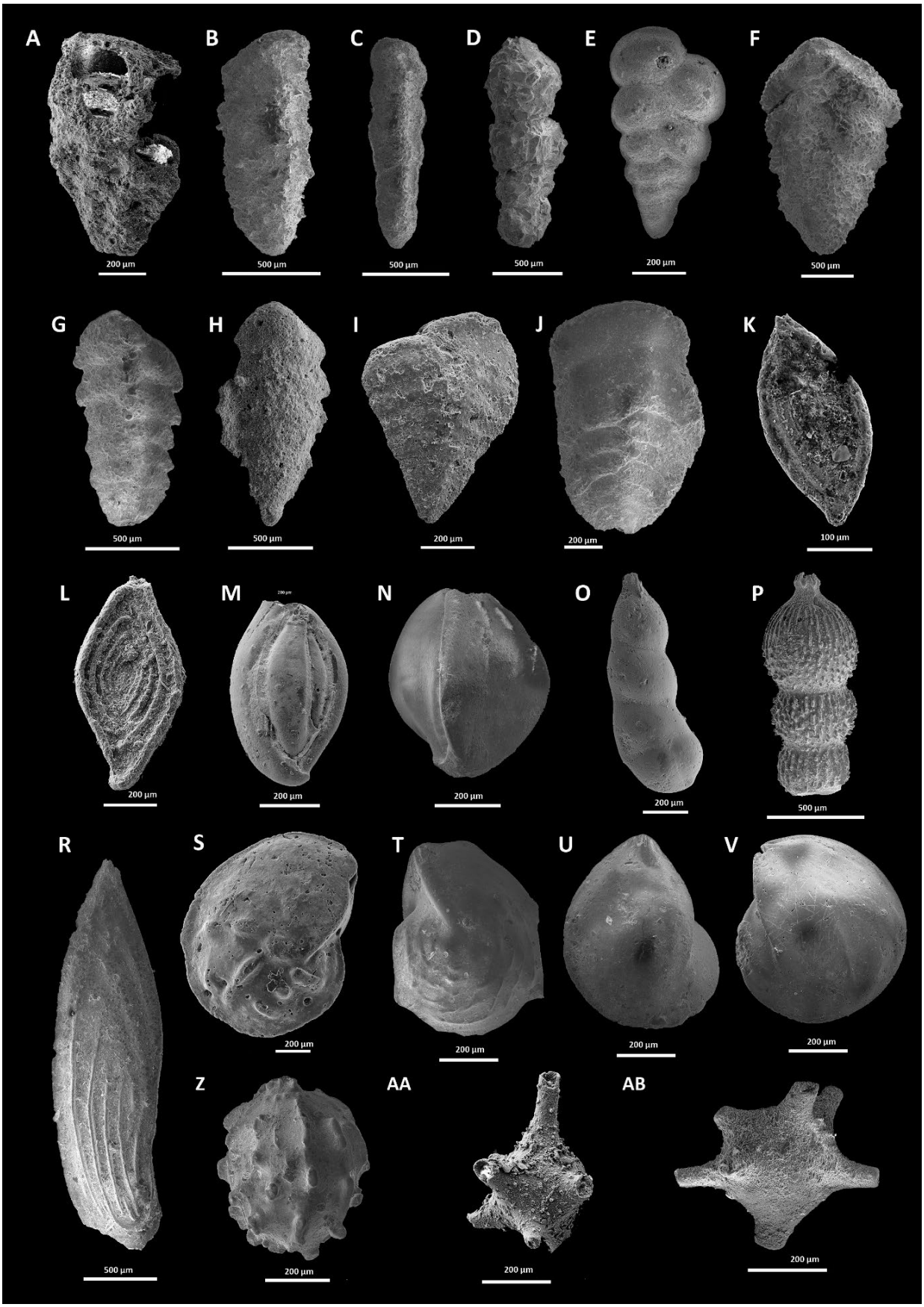
Grupa **E** zauzima prijelazni položaj prema eutrofnim uvjetima.

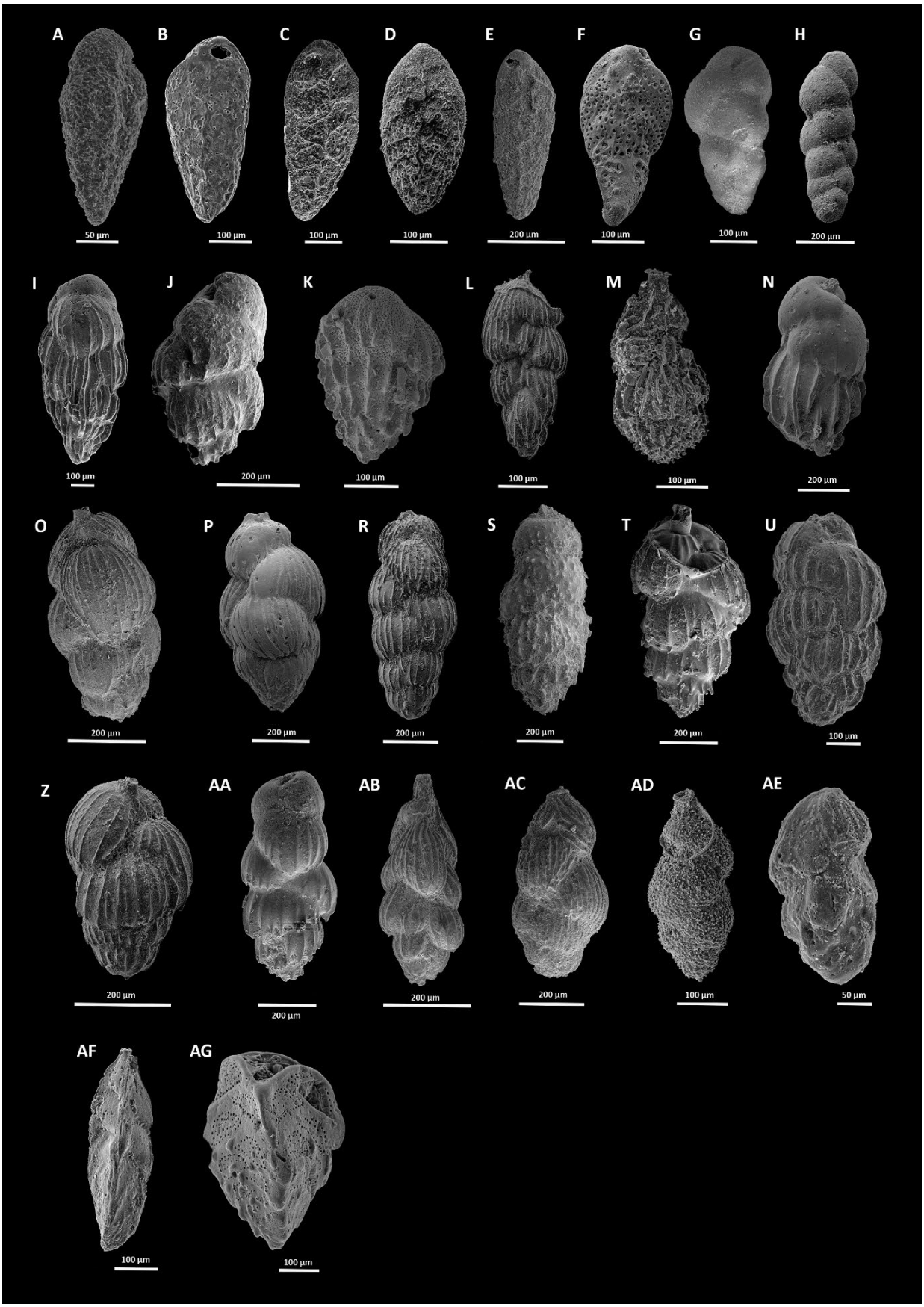
Grupa **F** smještena je u području nižih koncentracija nutrijenata i kisika.

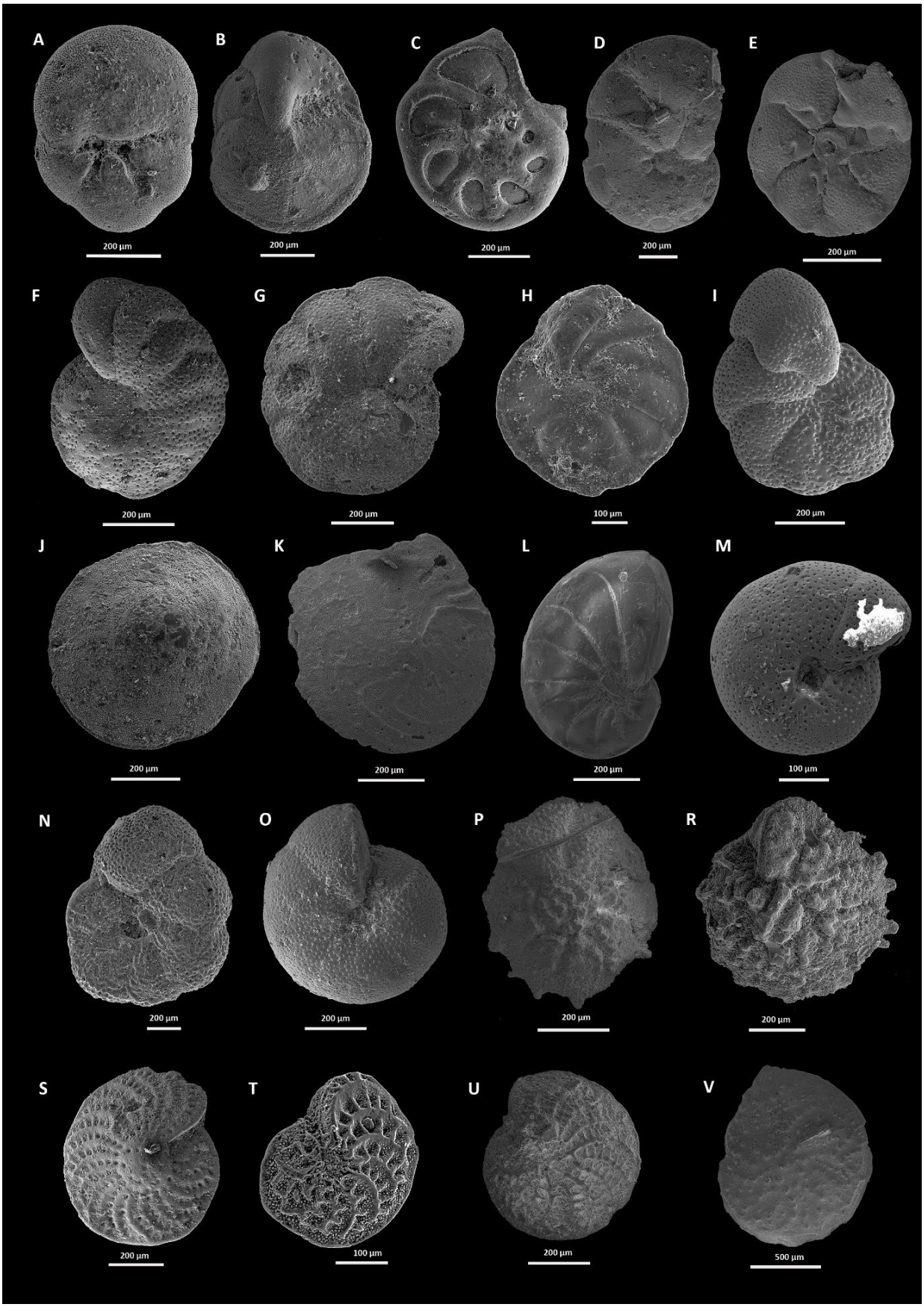
Tabla 1. SEM fotografije odabranih vrsta bentičkih foraminifera. A. *Pseudogaudryina mayeriana* SP7-40, B. *P. sturi* SP7-40, C. *Martinotiella communis*, SP7-5; D. *Reophax* sp., SP7-10; E. *Karreriella chilostoma*, SP7-5; F. *Textularia gramen*, SP7-26; G. *T. mariae*, SP7-6; H. *Spirorutilus carinatus*, SP7-6; I. *Spiroplectammina deperdita*, SP7-5; J. *Vulvulina pennatula*, SP7-13; K. *Spirosigmoilinita tenuis*, SP7-30; L. *Spiroloculina canaliculata*, Sp7-37; M. *Cycloforina badenensis*, SP7-81; N. *Pyrgo simplex*, SP7-48; O. *Dimorphina akneriana*, SP7-5; P. *Marginulina hirsuta*, SP7-13 R. *Planularia lanceolata*, SP7-17; S. *Lenticulina clypeiformis*, SP7-9; T. *L. echinata*, SP7-5; U. *L. subcrassa*, Sp7-12; V. *L. inornata*, SP7-31; Z. *Globulina spinosa*, SP7-9; AA i AB. *Ramulina globulifera*, SP7-6

Tabla 2. SEM fotografije odabranih vrsta bentičkih foraminifera. A. *Bolivina plicatella*, SP7-44; B. *Bolivina scalprata muscosa*, SP7-9; C. *B. fastigia*, SP7-6; D. *B. viennensis*, SP7-18; E. *B. retiformis*, SP7-6; F. *B. tortuosa*, SP7-54; G. *Bulimina elongata*, SP7-4; H. *B. elongata longa*, SP7-80; I. i J. *B. striata*, SP7-11; K. *B. buchiana*, SP7-5; L. *Pappina* cf. *neudorfensis*, SP7-54; M. *Uvigerina bulbacea*, SP7-31; N. *U. macrocarinata*, SP7-10; O. i P. *U. semiornata*, SP7-14; R. *U. brunensis*, SP7-24; S. *U. aculeata*, SP7-14; T. *U. acuminata*, SP7-10; U. i V. *U. grilli*, SP7-14; Z. *U. venusta*, SP7-24; AA. *U. romaniaca*, SP7-10; AB. *U. pygmoides*, SP7-38; AC. *Neouvigerina proboscidea*, SP7-15; AD. *Angulogenerina* sp., SP7-11; AE. *Trifarina bradyi*, SP7-10, AF. *Reussella spinulosa,* SP7-65

Tabla 3. SEM fotografije odabranih vrsta bentičkih foraminifera. A. *Baggina* cf. *californica*, SP7-11; B. *Eponides repandus*, SP7-16; C. *Stomatorbina concentraria*, SP7-60; D. *Mississipina* sp., SP7-81; E. *Rosalina uhligi austriaca*, SP7-80; F. *Lobatula ungeriana*, SP7-65; G. *Cibicidoides ornatus*, SP7-17; H. *Cibicides pachyderma*, SP7-37; I. *Lobatula lobatula*, SP7-81; J. *Biasterigerina planorbis*, SP7-48; K. *Amphistegina mammilla*, SP7-21; L. *Nonion commune*, SP7-55; M. *Melonis pompilioides*, SP7-5; N. A*nomalinoides badenensis*, SP7-17; O. *Heterolepa dutemplei*, SP7-23; P. i R. *Pararotalia aculeata*, SP7-55; S. *Elphidium crispum*, SP7-24; T. *E. macellum*, SP7-38; U. *E. grilli*, SP7-80


A
200 µm
B
500 µm
C
500 µm
D
500 µm
E
200 µm
F
500 µm
G
500 µm
H
500 µm
I
200 µm
J
200 µm
K
100 µm
L
200 µm
M
200 µm
N
200 µm
O
200 µm
P
500 µm
R
500 µm
S
200 µm
T
200 µm
U
200 µm
V
200 µm
Z
200 µm
AA
200 µm
AB
200 µm

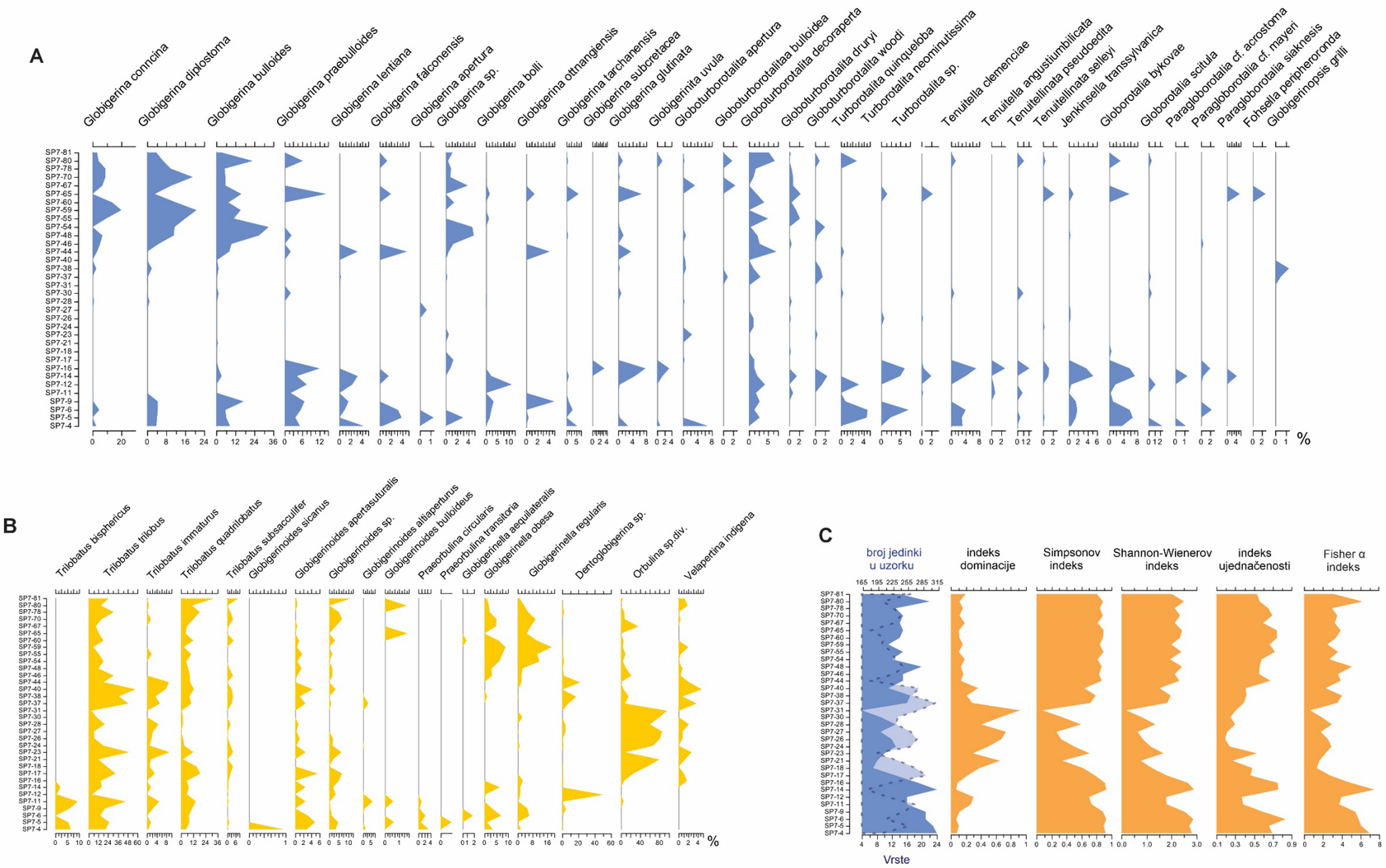

A
50 µm
B
100 µm
C
100 µm
D
100 µm
E
200 µm
F
100 µm
G
100 µm
H
200 µm
I
100 µm
J
200 µm
K
100 µm
L
100 µm
M
100 µm
N
200 µm
O
200 µm
P
200 µm
R
200 µm
S
200 µm
T
200 µm
U
100 µm
Z
200 µm
AA
200 µm
AB
200 µm
AC
200 µm
AD
100 µm
AE
50 µm
AF
100 µm
AG
100 µm


A
200 µm
B
200 µm
C
200 µm
D
200 µm
E
200 µm
F
200 µm
G
200 µm
H
100 µm
I
200 µm
J
200 µm
K
200 µm
L
200 µm
M
100 µm
N
200 µm
O
200 µm
P
200 µm
R
200 µm
S
200 µm
T
100 µm
U
200 µm
V
500 µm

5.2.2. PLANKTONSKE FORAMINIFERE

Analiza planktonskih foraminifera napravljena je na 34 uzorka iz bušotine Striježevica (sl. 5) u kojima je zastupljenost planktonskih foraminifera bila dovoljna za kvantitativnu obradu. Preostali uzorci su pregledani kako bi se uočile eko- i biostratigrafski važne vrste (poput uzoraka SP7-10 i SP7.15), dok je zajednica u preostalim pripremljenim uzorcima bila ili nedovoljno brojna ili vrlo loše očuvana. Ukupno je određeno 47 vrsta (Dodatna tablica 2, sl. 13), dok je zbog stupnja očuvanosti ili morfološke nejasnoće, identifikacija zadržana na nivou roda (5 rodova). Jedinke su uglavnom srednje očuvane, a u određenim uzorcima (SP7-1, -2, -3, -7, -8, -19, -20, -22, -25, -29, -32, -33, -34, -35, -36, -39, -42, -47, -52, -56, -57, -61, -62, -63) veći dio jedinki ima sekundarno kalcificirane kućice (što je otežalo čišćenje) ili su sitniji morfotipovi (gotovo nemoguća odredba vrsta).

U intervalu od uzorka SP7-4 do SP7-9 najbrojnije vrste su *Globigerina bulloides* (17.2% u uzorku SP7-9, sl. 13A) i *Trilobatus trilobus* (25.3% u uzorku SP7-5, sl. 13B), a slijede ih *Globigerina praebulloides* (6.9% u uzorku SP7-9, sl. 13A) te *Trilobatus quadrilobatus* (10.7% u uzorku SP7-5, sl. 13B). Udio jedinki roda Globigerinella (*G. obesa* i *G. regularis*) unutar ovog intervala doseže svoj maksimum u uzorku SP7-6 (13.2%, sl. 13B), dok je udio roda Globorotalita najviši u najdonjem uzorku (SP7-4) i iznosi 7% (sl. 13A). Vrste *Turborotalita quinqueloba* i *T. neominutissima* najzastupljenije su u uzorku SP7-6 (11.4%, sl. 13A). Značajno je istaknuti da u je uzorku (SP7-4) zabilježena jedina pojava vrste *T. sicanus*. Orbuline su u ovom intervalu zastupljene rijetkim pojavama vrsta *P. circularis*, s najvećim udjelom u uzorku SP7-4 (3.3%) te pojedinačnim jedinkama vrste *P. transitoria* (sl. 13B). U ovom intervalu podjednako su zastupljeni pokazatelji hladnog mora te pokazatelji toplog mora (~40%, sl. 13A, B).



Slika 13. Relativna zastupljenost(%) planktonskih foraminifera u istraživanim zajednicama duž bušotine Striježevica. Prema temperaturnim preferencama vrste planktonskih foraminifera obojanje su plavom bojom, one koje su indikatori hladnih i umjereno hladnih voda (**A**) te žutom one koje su indikatori toplih i umjerenotoplih mora (**B**). **C**. Vrijednosti ekoloških indeksa mjerene na zajednicama planktonskih foraminifera duž bušotine Striježevica. Mjereni ekološki parametri (Simpsonov, Shannon-Wienerov, indeks ujednačenosti i Fisher α indeks) pokazuju obrnuti trend od vrijednosti indeksa dominacije.

Prva pojava (FO) vrste *O. suturalis* zabilježena je u uzorku SP7-10 (sl. 13B). U uzorku SP7-11 udio vrste je 6% u zajednici kojom dominira rod *Trilobatus* (85%) uz popratnu pojavu vrste *P. circularis* (sl. 13B). Uzorak SP7-12 karakteriziraju veličinom manje jedinke, vrlo često s bulama. Uzorak ima najveći udio toplovodnih markera, prvenstveno zbog visokog udjela roda *Dentoglobigerina* sp. (51%, sl. 13B). Udio globigerina (21%) je veći u odnosu na udio trilobatusa (sl. 13A, B). U intervalu od uzorka SP7-14 do SP7-16 utvrđena je podjednaka zastupljenost toplovodnih i hladnovodnih vrsta. Najizraženija karakteristika ovog intervala je značajni udio globigerinela (7.8% u SP7-14) i vrste *Globigerinita uvula* (3.3% u SP7-16), uz najveći zastupljenost tenuitela i tenuitelinata (5% u SP7-14 i 13% u SP7-16), sl. 13A. Biostratigrafski su značajne prva pojave (FO) vrste *V. indigena* u uzorku SP7-15 te zadnja pojava (LO) vrste *T. bisphericus* u uzorku SP7-14 (sl. 13A).

Intervalom od SP7-17 do SP7-31 dominiraju predstavnici roda *Orbulina* (*O. suturalis*, *O. universa* te *Biorbulina*). Njihov udio doseže maksimum od 96% u uzorku SP7-31, dok je minimalna vrijednost od 12.24% zabilježena u uzorku SP7-23. U ostatku intervala udio orbulina kreće se u rasponu od 26 % (SP7-17) do ~80% u uzorcima SP7-21, -26, -27 te -30 (sl. 13A). Osim orbulina, značajan udio u zajednici čine i trilobatusi, osobito u uzorku SP7-23 (83%), dok su dentoglobigerine rjeđe zastupljene (~4% u uzorcima SP7-27 i SP7-28, sl. 13 A, B). Globigerinele su unutar ovog intervala najzastupljenije u uzorku SP7-30 (2.5%, sl. 13B). Hladnovodni markeri u ovom dijelu sukcesije su vrlo rijetko zastupljeni, rod *Globigerina* bilježi tek 4.2% (SP7-30), dok su rodovi *Turborotalita*, *Tenuitella* i *Tenuitellinata* sporadično zastupljeni (sl. 13 A, B).

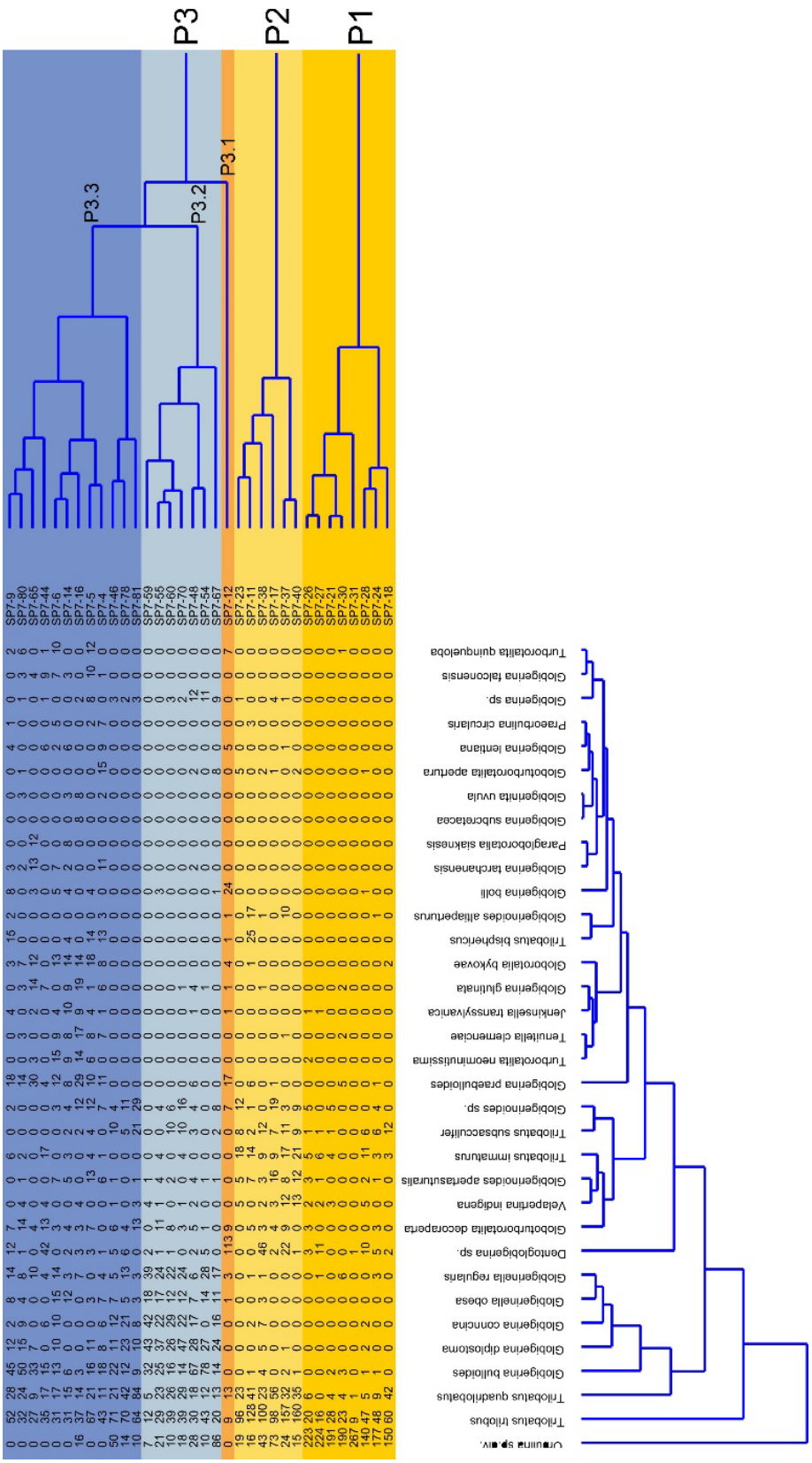
Intervalu SP7-37 do SP7-46 dominiraju toplovodni markeri, globigerinoidesi i orbuline. Udio orbulina je od 2.1% (SP7-44) do 22% (SP7-46) (sl. 13B). U uzorku SP7-48 zabilježena je promjena u sastavu zajednice planktonskih foraminifera. Dosadašnju dominaciju roda *Trilobatus* (čiji udjeli variraju od 36.5% u SP7-44 do 88.5% u SP7-40) (sl. 13B), predvođenu vrstom *T. trilobus* (58% u SP7-40, sl. 13B), zamjenjuje zajednica hladnovodnih markera. Ovom zajednicom dominira rod *Globigerina*, koji u uzorku SP7-48 doseže 55% (sl. 13A). Među hladnovodnim oblicima posebno se ističu vrste *G. bulloides* (8% u SP7-44 i 10% u SP7-46) te vrsta *Globigerina concinna* (5.2% u uzorku SP7-46, sl. 13A).

Dominacija hladnovodnih markera karakteristika je intervala od uzorka SP7-54 do uzorka SP7-59. Globigerine su u ovom intervalu najbrojnije, do 56.3% u uzorku SP7-59 (sl. 13A). Najbrojnije su jedinke vrste *G. bulloides* s udjelom do 33% (SP7-54), a slijede *Globigerina*

diplostoma čija zastupljenost je od do 21% (SP7-59) i *G. concinna* sa zastupljenošću do 20% (SP7-59, sl. 13A). Brojnost globigerinela također pokazuje varijacije u uzorcima unutar ovog intervala (do 27% u uzorku SP7-59), kao i umjereno hladnih markera, rodova *Globoturborotalita* (od 1% u uzorku SP7-59 do 7% u uzorku SP7-55) i *Globorotalia* (15 % u uzorku SP7-65, sl. 13A).

Promjenjivi udjeli toplovodnih i hladnovodnih vrsta karakteristika su intervala od uzorka SP7-60 do uzorka SP7-81 (sl. 13B). U analiziranim zajednicama zastupljenost toplovodnih trilobatusa ima značajnu varijabilnost u njihovom relativnom udjelu među uzorcima od 18% (SP7-65) do 76% (SP7-81, sl. 13B). Vrsta *T. trilobus,* ima različite udjele koji variraju od minimalnih 8% (uzorak SP7-67) do 30% (uzorak SP7-78, sl. 13B). Sličan trend distribucije pokazuje i vrsta *T. quadrilobatus,* čija zastupljenost doseže 32% u uzorku SP7-81, dok njen najniži udio iznosi 4% u uzorku SP7-65 (sl. 13B). Nadalje, u uzorku SP7-67 zabilježena je izrazita dominacija orbulina s udjelom od 36% (sl. 13B), a najniži udio je u uzorku SP7-81, gdje čine svega 4% zajednice (sl. 13B). U uzorku SP7-80 globigerine su ipak brojnije (44%, sl. 13A), a udio trilobatusa iznosi 28% (sl. 13B). Značajna promjena u sastavu zajednice foraminifera zabilježena je u uzorku SP7-81, kojom ponovo dominiraju trilobatusi s visokim udjelom od 76% (sl. 13B). Istovremeno, minimalni je udio globigerina u intervalu (11.5%, sl. 13A). Trend opadanja brojnosti primijećen je i kod globigerinela čiji se udio smanjuje prema mlađem dijelu stupa, od 17% u uzorku SP7-60 do neznatnih 2% u uzorku SP7-81 (sl. 13B). Uzorak SP7-80 karakterizira najveći udio umjereno hladnih vrsta rodova *Globoturborotalita* (10%) i *Globorotalia* (4%) (sl. 13A).

Za potrebe klaster analize obuhvaćene su sve vrste planktonskih foraminifera čija je relativna zastupljenost veća od 3% u barem jednom od analiziranih uzoraka. Ukupno 34 vrste su klasificirane u četiri različite zajednice (klastera).



Slika 14. Klaster analiza planktonskih foraminifera.U analizu su uključene sve vrste čija je zastupljenost veća od 3%. Klasteriranje je provedeno Wardovom metodom na temelju euklidijske udaljenosti. Na temelju sličnosti u sastavu i brojnosti zajednica izdvojene su 3 glavne skupine (P1, P2, P3), a skupina P3 dodatno je podijeljena na tri podskupine (P3.1, P3.2; P3.3).

Zajednica P1: Zajednica *Orbulina* spp.

Ovaj klaster je prepoznat u uzorcima SP7-18 do SP7-31, izuzev uzorka SP7-23 (sl. 14). Zajednicom planktonskih foraminifera dominiraju orbuline (*O*. *suturalis*, *O*. *universa*, Biorbulina). Analiza bioraznolikosti ukazuje na varijacije u samom klasteru, vrijednosti Simpsonovog indeksa su između 0.1 (SP7-31) i 0.6 (SP7-18, -28) [sl. 13C, Dodatna tablica 6]. Sukladno tome, Shannon-Wienerovog indeks svoju najveću vrijednost ima u uzorku SP7-28 (1.4, sl. 13C), a najnižu u uzorku SP7-31 (0.2, sl. 13C), što je pokazatelj niske raznolikosti zajednica. Vrijednosti indeksa ujednačenosti variraju između 0.2 (SP7-24, -26, -27, 3-0) i 0.5 (SP7-18, sl. 13C) sugerirajući nisku do umjerenu zastupljenost vrsta. Vrlo visoka vrijednost omjera P/B unutar ovog klastera (između 80 i 98%, sl. 10), karakteristična je za otvorenije morske uvjete.

Zajednica P2: *Trilobatus* spp. zajednica

Uzorci SP7-11, -17, -23, -37, -38 i -40 odgovaraju klasteru kojeg obilježava domininacija toplovodnih vrsta (sl. 14). Najbrojnija vrsta je *T. trilobus* (od 33% u uzorku SP-17 do 58% u uzorku SP7-40), uz *T. quadrilobatus* (9% u SP7-38 do 19% u SP7-40) te orbuline (6% u SP7-11 do 25% u SP7-17). Vrijednosti Simpsonovog indeksa su između 0.6 (SP7-40) do 0.8 (SP7-17 i 38, sl. 13C). Najviša vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa iznosi 2 u uzorku SP7-38, a najniža vrijednost iznosi 1.5 u uzorku SP7-40 (sl. 13C). U preostalom dijelu uzoraka ovog klastera vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa je 1.8 (sl. 13C). Indeks ujednačenosti pokazuje konstantnost s vrijednošću od 0.4 u svim uzorcima, uz blagi porast na 0.5 u uzorku SP7-17 (sl. 13C). Analiza omjera P/B otkriva izrazitu dominaciju planktonskih foraminifera, najniži udio od 83% zabilježen je u uzorku SP7-23, a u preostalim uzorcima vrijednosti premašuju 90% (sl. 10).

Zajednica P3: planktonska zajednica miješanog karaktera

Obuhvaća 3 podklastera: P3.1, P3.2 i P3.3.

Podklaster P3.1 čini jedan uzorak, SP7-12 (sl. 14). Posebnost ovog uzorka u odnosu na sve preostale uzorke u stupu je izrazita dominacija jedinki roda *Dentoglobigerina* sp. (51%, sl. 13B).

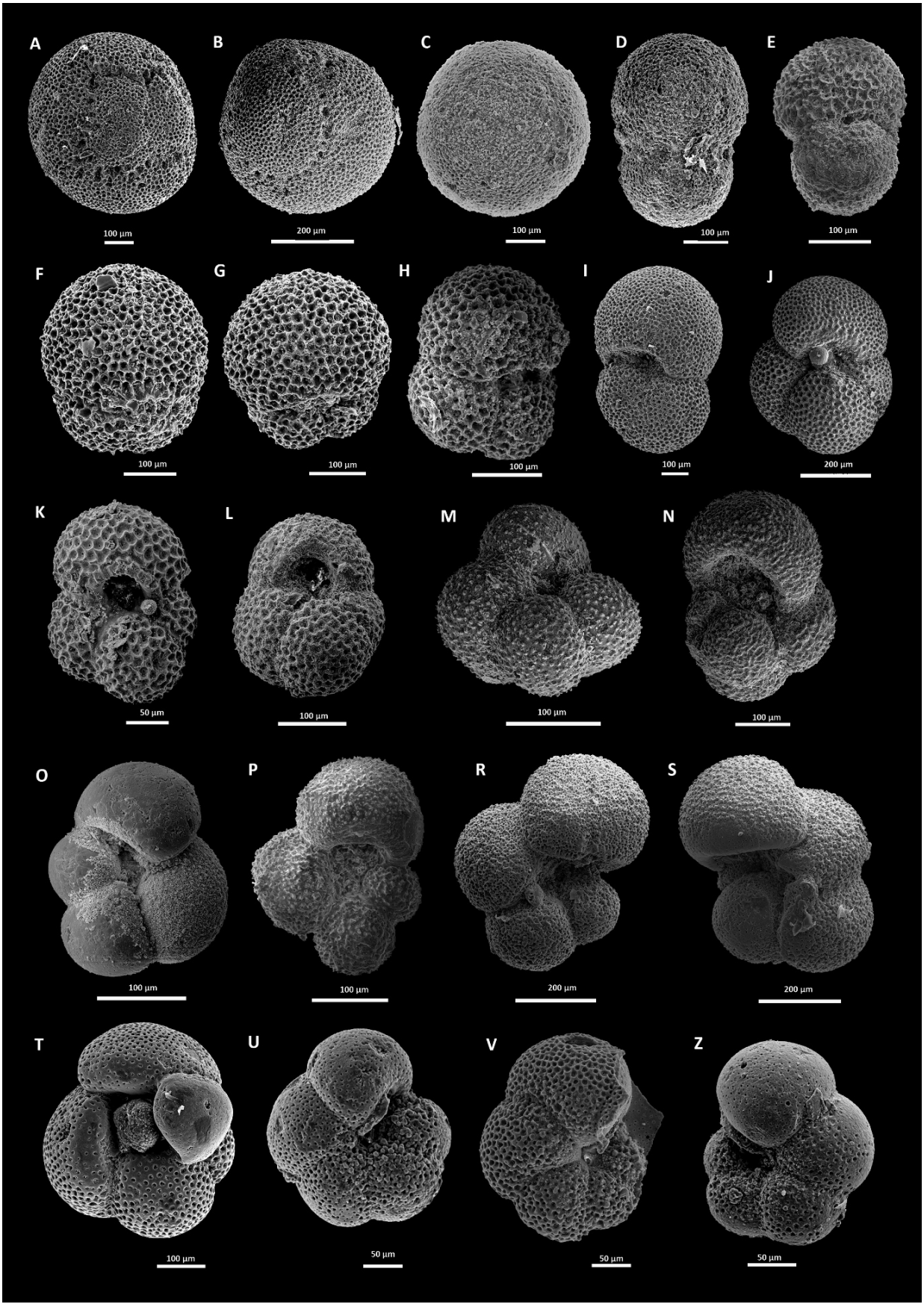
Osim njih zajednicu čine globigerine (21%) i trilobatusi (14%). Udio markera umjereno hladnog mora (*Globoturborotalita* i *Globorotalia*) u ovom uzorku je 8.6%, dok su globigerinele, kao marker umjereno toplog mora slabije prisutne (1.8%, sl. 13A, B). Vrijednost Simpsonovog indeksa je 0.7, a Shannon-Wienerovog indeksa 1.8 (sl. 13C). Otvoreni marinski uvjeti taloženja potvrđeni su visokom vrijednošću omjera P/B (91%, sl. 10).

Podklaster P3.2 odgovara uzorcima SP7-48, -54, -55, -59, -60, -67, -70 (sl. 14). Glavna karakteristika ove zajednice planktonskih foraminifera je visoka zastupljenost globigerinela, čiji udio je od minimalnih 11.8% (uzorak SP7-67) do maksimalnih 27.4% (uzorak SP7-59, sl. 13B). Uočljive su promjene u zastupljenosti paleotemperaturnih indikatora, u uzorku SP7-70 prevladavaju markeri toplih mora, dok je u uzorku SP7-60 podjednak udio markera hladnog i toplog mora. U svim ostalim uzorcima (SP7-48, -54, -55, -59 i -67) dominiraju markeri hladnog mora, prvenstveno zastupljeni globigerinama. Vrijednosti Simpsonovog indeksa iznose 0.8 (SP7-54, 59) i 0.9 (SP7-48, 59, 60 i 70), sl. 13C. Vrijednosti Shannon-Wienerov indeksa variraju od minimalnih 1.9 (uzorak SP7-54) do maksimalnih 2.4 (uzorci SP7-48 i 55)[sl. 13C]. Indeks ujednačenosti ima stabilnu vrijednost od 0.7 (uzorci SP7-55 do SP7-70, sl. 13C), dok u preostala dva uzorka ovog klastera opada na 0.6 (sl. 21). Omjer P/B i u ovom klasteru je visok (od 78% u uzorku SP7-60 do 96% u uzorku SP7-48, sl. 10), što sugerira kontinuiranost pelagičkog okoliša taloženja.

Podklaster P3.3 (uzorci SP7-4, -5, -6, -9, -14, -16, -44, -46, -65, -78, -80 i -81, sl. 14) obilježava veći udio umjereno hladnih markera, *Globoturborotalita* (do 10%) i *Globorotalia* (do 18%, sl. 13A). Markeri toplih i hladnih mora zastupljeni su u svim uzorcima u različitim omjerima. Udio globigerinela je viši od 1% u uzorku SP7-5 do 14.4% u uzorku SP7-6 (sl. 13A). Vrijednosti Simpsonovog indeksa su 0.8 u uzorcima SP7-78 i -81 te 0.9 u uzorcima SP7-4, -5, -6, -9, -14, -16, -44, -46, -65 i -80 (sl. 13C). Shannon-Wiennerov indeks je u rasponu od 2 (SP7-81) do 2.9 (SP7-14) (sl. 13C). Vrijednost indeksa ujednačenosti je od 0.5 (SP7-81) do 0.8 (SP7--6, -14, -16)(sl. 13C). Kontinuitet pelagičkog okoliša taloženja ukazuju vrijednosti omjer P/B, od najnižih 73% u uzorku SP7-65 do 83% u preostalim uzorcima (sl. 10).

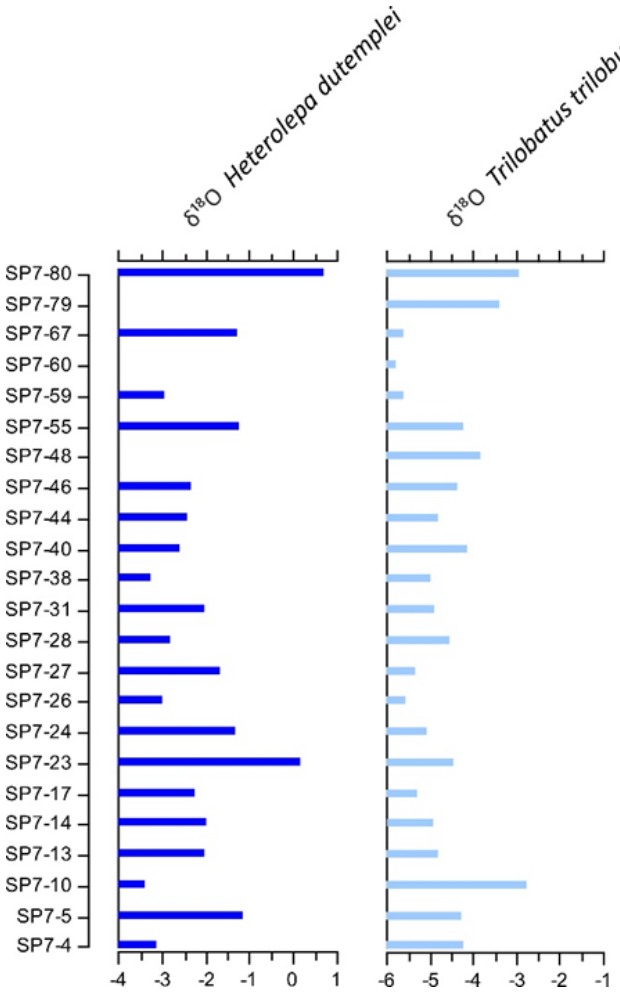
Tabla 4. SEM prikaz odabranih planktonskih vrsta foraminifera. A. i B. *Praeorbulina glomerosa circularis*, SP7-4 C. *Orbulina universa*, SP7-44; D. *Orbulina* (*Biorbulina* stadij), SP7-44; E. *Velapertina* cf. *indigena*, SP7-15, F. *Trilobatus sicanus*, SP7-4; G. *T. bisphericus*, SP7-11; H. *T. trilobus*, SP7-9; I. *T. immaturus*, SP7-23; J. *T. quadrilobatus*, SP7-78; K. *Globoturborotalita woodi*, SP7-37; L. *G. druryi*, SP7-59; M. *G. decoraperta,* SP7-46, N. *Globoturborotalita bulloidea*, SP7-67; O. *Globigerina bulloides*, SP7-

54; P. *G. praebuloides*, SP7-65; R. *G. diplostoma*, SP7-59; S. *Globigerinella regularis*, SP7-54, T. *Dentoglobigerina* sp., SP7-12; U. *Jenkinsella transsylvanica*, SP7-16; V. *Paragloborotalia mayeri*, SP7-6; Z. *Tenuitellinata pseudoedita, SP7-16*



5.3. Izotopne analize na foraminiferama

Rezultati dobiveni izotopnim analizama na odabranim kućicama foraminifera prikazani su u Dodatnoj tablici 8 te na slikama 15 i 16. Raspon dobivenih vrijednosti za $d^{18}O$ (VPDB) mjeren na kućicama planktonske vrste *T. trilobus* iznosi od -5.78‰ (SP7-60) do -2.77‰ (SP7-10), dok je na kućicama bentičke vrste *H. dutemplei* u rasponu od -3,39‰ (SP7-10) do 0.69 (SP7-80). Izotopni sastavi bentičkih i planktonskih foraminifera pokazuju izraženu razliku što upućuje na dobro razvijenu stratifikaciju vodenog stupca i postojanje različitih okolišnih uvjeta u površinskim i pridnenim vodama. Vrijednosti izotopa $d^{18}O$ mjerene na planktonskim kućicama negativnijih su vrijednosti duž cijele bušotine Striježevica u usporedbi s onima dobivenim analizom bentičkih kućica koje pokazuju manji otklon prema negativnim vrijednostima. Unatoč razlikama u izotopnom sastavu, krivulje varijacija planktonskih i bentičkih foraminifera pokazuju visoki stupanj korelacije, prateći isti trend cijelom istraživanom sukcesijom (sl.15).

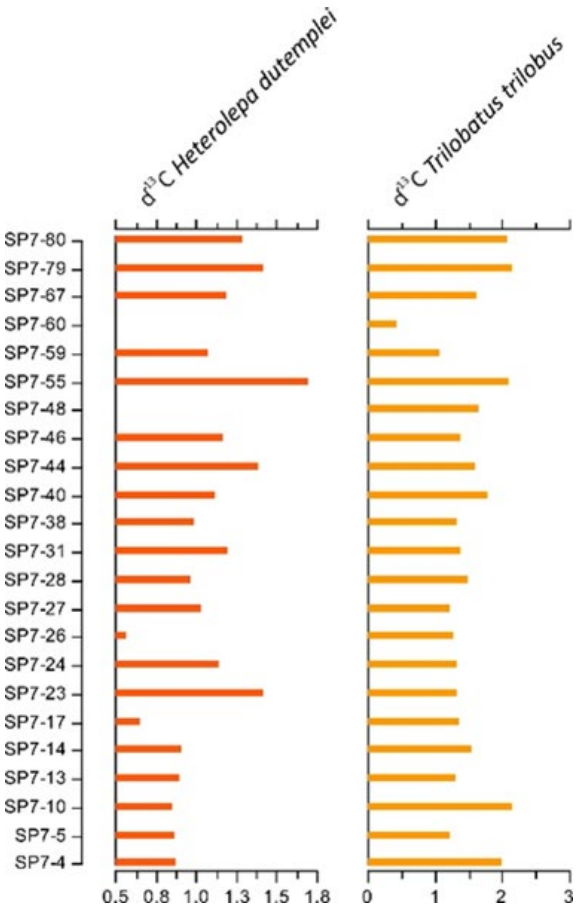


Slika 15. Vrijednosti kisikovog izotopa dobivene na kućicama bentičke (*H. dutemplei*) i planktonske (*T. trilobus*) foraminifere.

Vrijednosti izotopa $d^{13}C$ (sl. 16) u kućicama planktonske vrste *T. trilobus* iznose od 0.43 (SP7-60) do 2.16 (SP7-79). Kod bentičke vrste *H. dutemplei* vrijednosti su od 0.57 (SP7-26) do 1.69 (SP7-55). Analiza distribucije pokazuje da su vrijednosti $d^{13}C$ mjerene na bentičkim kućicama znatno stabilnije i ujednačenije, osobito u donjem i srednjem dijelu snimljenog stupa (interval od uzorka SP7-4 do SP7-46). U gornjem dijelu stupa od uzorka SP7-46 nadalje,

bentički signali postaju neujednačeniji. S druge strane, izotopni sastav ugljika u planktonskim kućicama pokazuju izrazitu neujednačenost duž cijelog stupa, pri čemu krivulja $\delta^{13}C$ u velikoj mjeri korelira s trendom krivulje kisikovog izotopa.

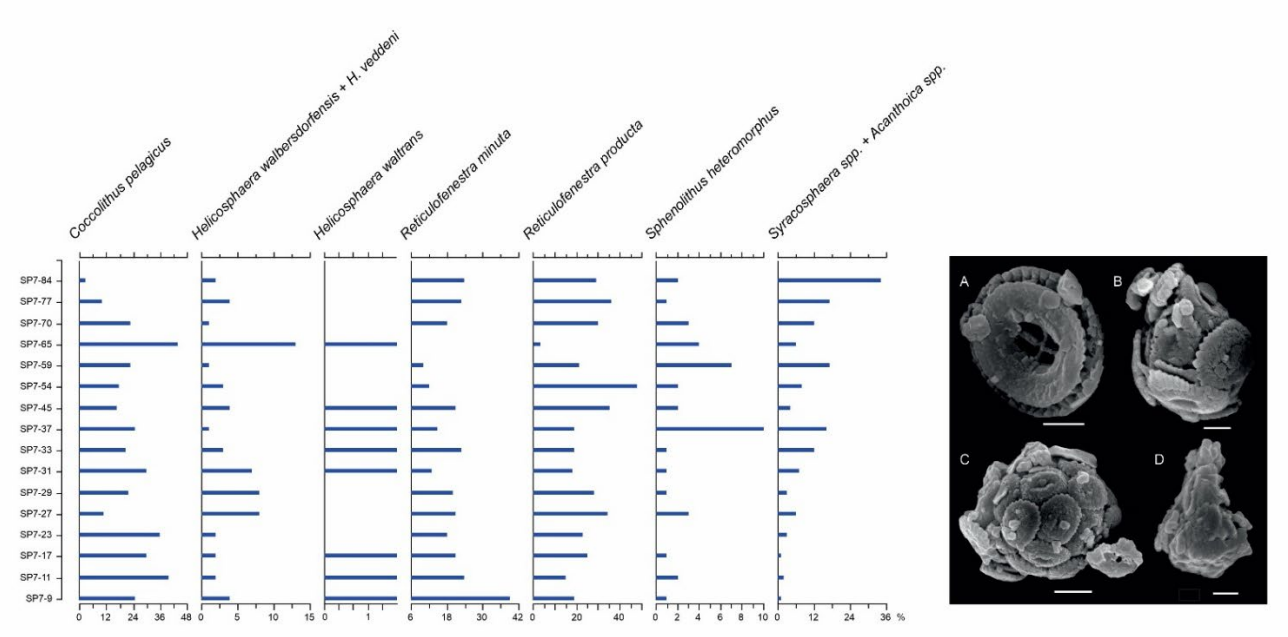
Dobiveni rezultati paleotemperature za površinski sloj otkrivaju kako je temperatura morske vode bila između 26 i 43°C. Ovako visoke vrijednosti su i biološki i oceanografski nerealne za istraživano područje. One se mogu objasniti dijagenetskim promjenama na kućicama ili postojanjem specifičnih lokalnih uvjeta okoliša taloženja. Izračunate temperature na morskom dnu su očekivano niže, u rasponu od 12.7 do 31.5°C, ali i njihove vrijednosti znatno odstupaju od uobičajenih dubokomorskih prosjeka.



Slika 16. Vrijednosti ugljikovih izotopa mjerenih na kućicama bentičke (*H. dutemplei* i planktonske (*T. trilobus*) foraminifere.

5.4. Vapnenački nanoplankton

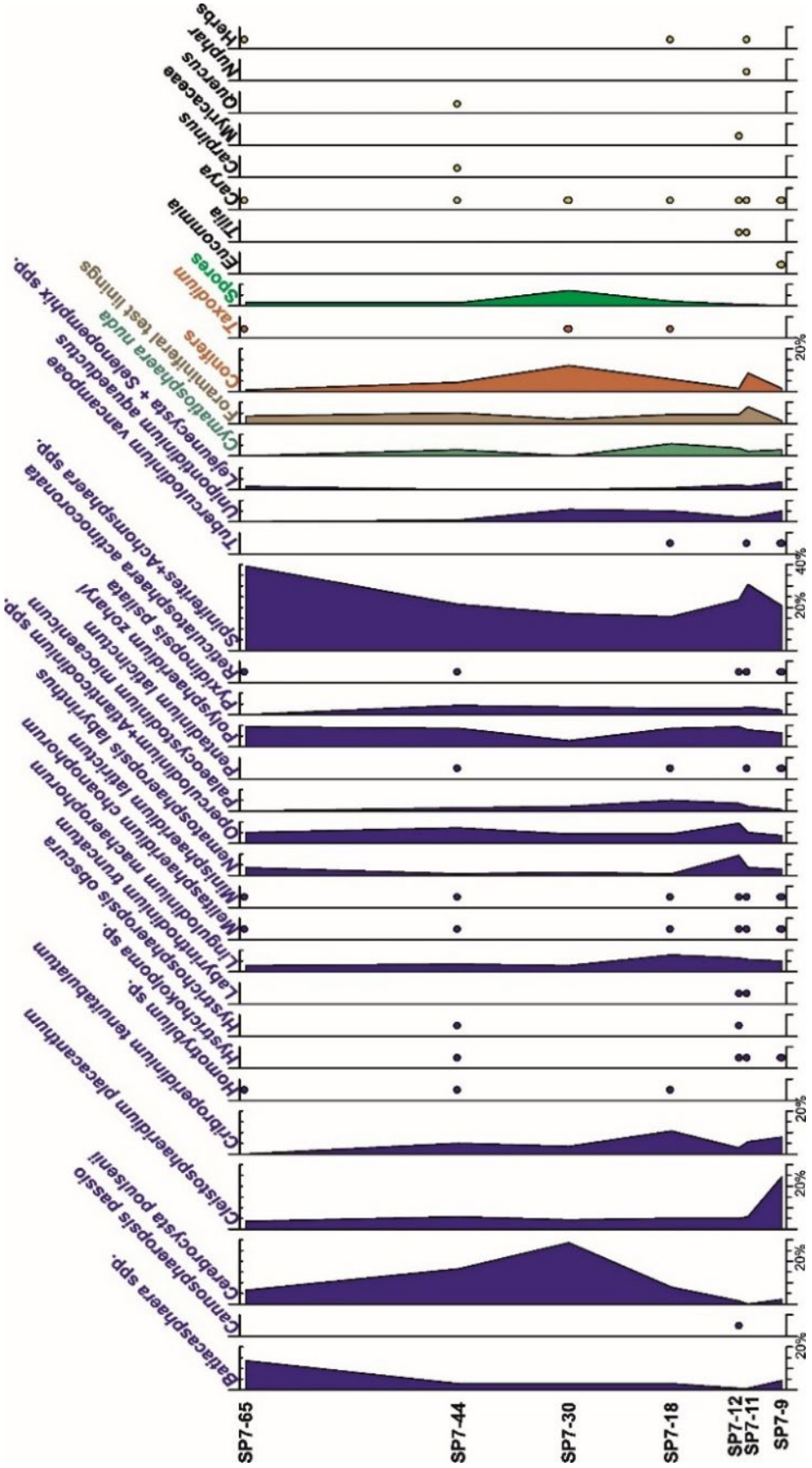
Od ukupno 36 određenih vrsta vapnenačkog nanoplanktona (Dodatna tablica 3), najzastupljenija vrsta je *Coccolithus pelagicus* (do 44 % u uzorku SP7-65; sl. 17A), zatim skupina malih *Reticulofenestra minuta* (do 39 % u uzorku SP7-9; sl. 17B), ovdje označena kao *Reticulofenestra galovicorum* (Ćorić i sur., 2023) te *Reticulofenestra producta* (do 35 % u uzorku SP7-45; sl. 17C). Manje su zastupljene *Helicosphaera walbersdorfensis* (do 13 %) i *H. carteri* (do 9 %), obje zabilježene u uzorku SP7-65 (sl. 17).



Slika 17. Relativna zastupljenost (%) i prikaz odabranih vrsta. **A.** *Coccolithus pelagicus*; **B.** *Reticulofenestra galovicorum* određena kao R*. minuta;* **C.** *Reticulofenestra producta*; **D.** *Sphenolithus heteromorphus*. Preuzeto i prilagođeno prema Galović, 2024 i Milošević i sur., 2025.

5.5. Palinološka zajednica

Istraživani uzorci duž bušotine Striježevica imaju raznoliku i dobro očuvana palinološku zajednicu koja uključuju kopnene (spore, pelud, ostatke gljiva) te vodene palinomorfe, među kojima su *in situ* gonijaulakoidne i peridinioidne ciste dinoflagelata, prasinofiti, pretaloženi mikroplankton s hitinskom stijenkom te hitinski ostaci foraminiferskih kućica. Ukupno je određena 41 vrsta dinoflagelata, koji su navedeni u Dodatnoj tablici 8. Zabilježen je nalaz jedne vrste zelenih algi iz skupine prasinofita (*Cymatiosphaera nuda*). Kopneni palinomorfi klasificirani su prema botaničkoj pripadnosti ili, ponekad, prema morfološkoj klasifikaciji temeljnoj na fosilima. Uzorci SP7-18 i SP7-30 pokazuju slabu zastupljenost dinoflagelata, s ukupnim brojem palinomorfa manjim od 200.



Slika 18. Relativna zastupljenost (%) odabranih vrsta dinoflagelata i drugih palinomorfa duž bušotine Striježevica. Kružićima su označene rijetke vrste zastupljene manje od 5%. Preuzeto iz Milošević i sur., 2025.

Gonijaulakoidne vrste dinoflagelata, poput *Spiniferites*, *Achomosphaera*, *Lingulodinium*, *Operculodinium*, *Melitasphaeridium*, *Reticulatosphaera*, *Nematosphaeropsis*, *Polysphaeridium* i *Cleistosphaeridium*, česte su u svim uzorcima (Dodatna tablica 7). Uz to, često se pojavljuju *C. poulsenii* (tab. 5D), *Cribroperidinium tenuitabulatum*, *Minisphaeridium latirictum* (tab. 6B–C), *Pyxidinopsis psilata* (tab. 6J) i *Batiacasphaera* spp. Rjeđe su zabilježeni *U. aquaeductus* (tab. 5H), *Pentadinium laticinctum* (tab. 5E), *Operculodinium piaseckii* (tab. 5L) i *Atlandicodinium janduchenei*. Peridinioidne ciste dinoflagelata, poput *Lejeunecysta* i *Selenopemphix*, manje su zastupljene te čine približno 1–4 % ukupnog broja cisti dinoflagelata (sl. 18). Prasinofitna vrsta *C. nuda* prisutna je u umjerenim količinama (1–8 % vodenih palinomorfa; sl. 18). Hitinski ostaci foraminiferskih kućica čine manje od 5% ukupnog broja morskih palinomorfa, osim u uzorku SP7-11 gdje njihova zastupljenost doseže oko 11 % (sl. 18).

U kopnenoj frakciji dominiraju bisakatna peludna zrna bez aperture, pripisana rodovima *Cathaya*, *Picea* i osobito *Pinus*, dok se rjeđe pojavljuju *Taxodium*, *Tsuga*, *Abies* i *Keteleeria*. Spore su uglavnom zastupljene pteridofitima (npr. *Schizaeaceae*, *Pteridaceae*), kao što su *Polypodiaceoisporites*, *Corrugatisporites*, *Cryptogammasporites* i *Cicatricosisporites*, te briofitima (*Stereisporites*). Među peludom kritosjemenjača češći su drvenasti oblici poput *Carya* (orah, *Juglandaceae*, *Fagales*), *Quercus* i *Engelhardia*. Zeljaste biljke predstavljene su uglavnom porodicom *Asteraceae* (*Cichorium*, *Ambrosia*, *Artemisia*) te peludom vodene biljke *Nuphar* (lopoč).

Pelud roda *Pinus* sam po sebi ima ograničenu klimatsku i paleookolišnu interpretacijsku vrijednost te je isključen iz kvantitativne analize (prema Kern i sur., 2013). Ovaj tip peluda može se transportirati na velike udaljenosti, čak i do oceanskih područja (Traverse i Ginsburg, 1966), zbog visoke uzgonske sposobnosti zračnih vrećica, što dovodi do precijenjene zastupljenosti roda *Pinus* u morskim sedimentima (Nevesov efekt).

Tabla 5. Mikrofotografije odabranih vrsta dinoflagelata iz bušotine Striježevica. Mjerka prikazana na slici A duga je 10 µm i može se primijeniti na sve ostale mikrofotografije ako nije drugačije naznačeno. A. Hitinski ostaci foraminifera, SP7-9. B. Hitinski ostaci foraminifera SP7-9, mjerka je 20 µm. C. *Cleistosphaeridium placacanthum* SP7-9. D. *Cerebrocysta poulsenii* SP7-9. E. *Tectatodinium pellitum* SP7-9. F. *Operculodinium* sp. SP7-11. G. *Reticulatosphaera actinocoronata* SP7-11. H. *Unipontidinium aquaeductus* SP7-9. I. *Melitasphaeridium choanophorum* SP7-11. J. *Hystrichosphaeropsis obscura* SP7-12. K. *Spiniferites pseudofurcatus* SP7-12. L. *Operculodinium piaseckii* SP7-18. M. *Nematosphaeropsis labyrinthus* SP7-44. N. *Tuberculodinium vancampoae* SP7-9. O. *Achomosphaera ramulifera* SP7-9. P–R. *Atlanticodinium janduchenei* SP7-9. S. *Atlanticodinium janduchenei* SP7-30. T. *Operculodinium borgerholtense* SP7-9. U. *Lingulodinium machaerophorum* SP7-11.

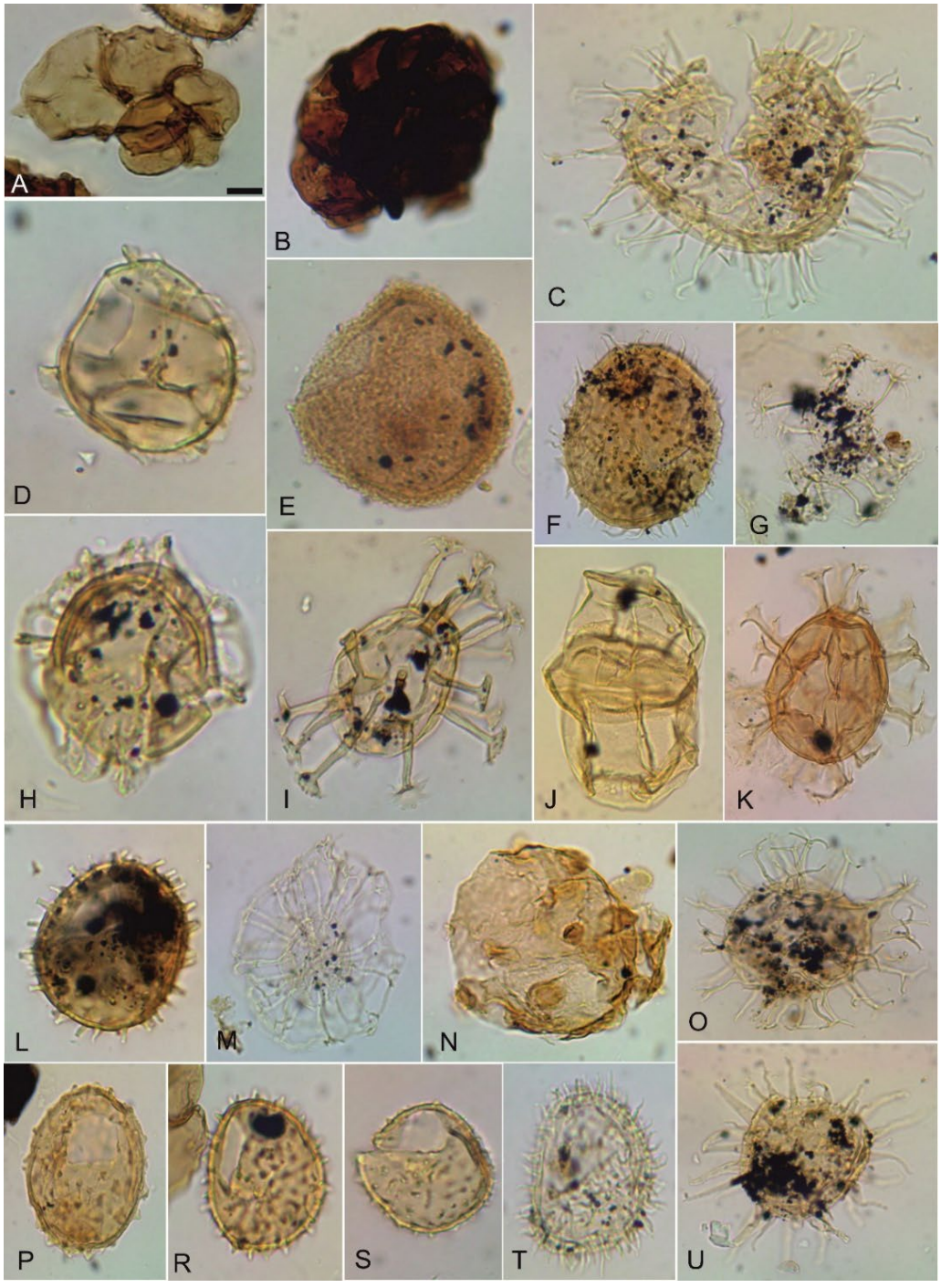
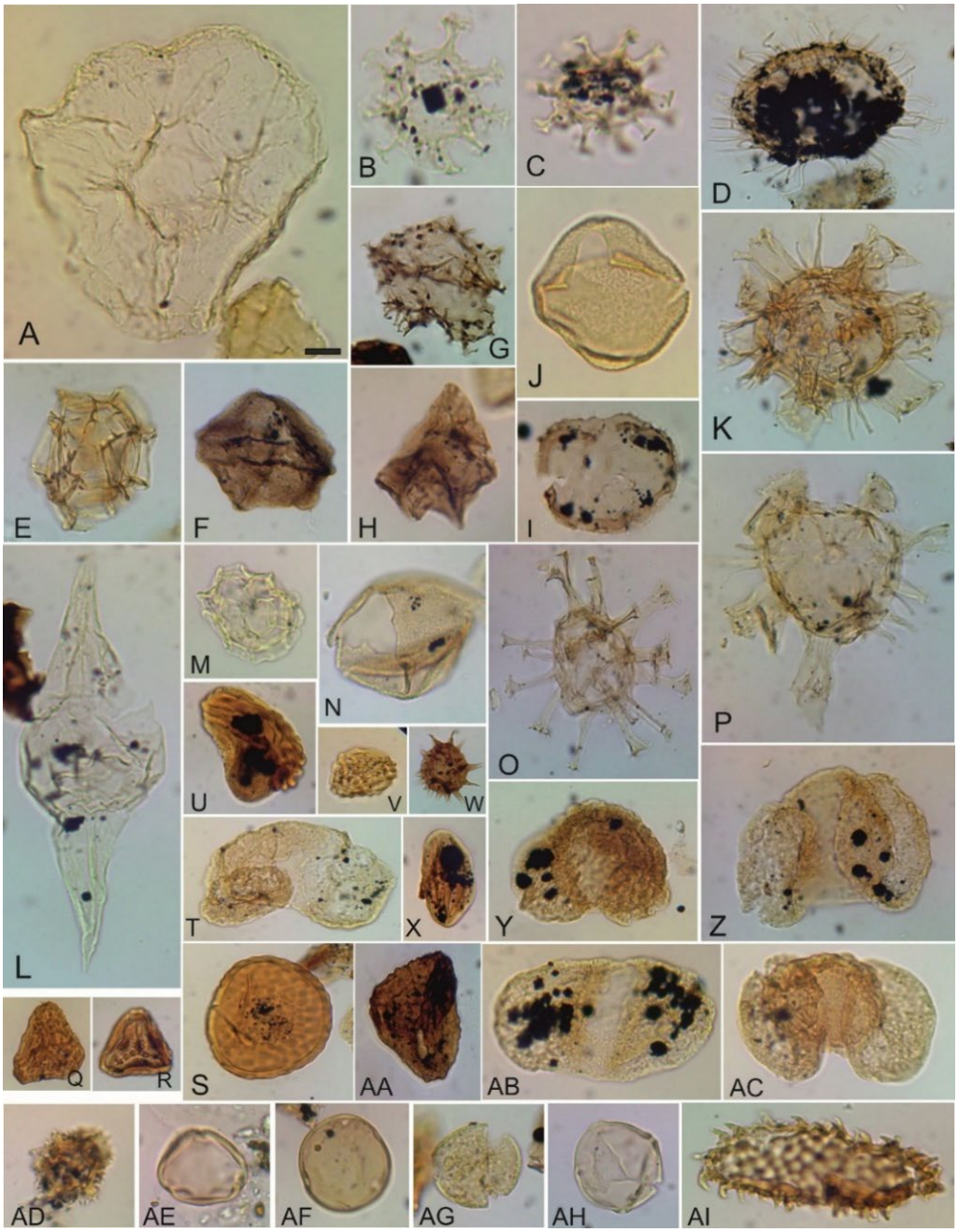


Tabla 6. Mikrofotografije odabranih dinocista i palinomorfa iz bušotine Striježevica. Mjerka prikazana na slici A predstavlja 10 µm i odnosi se na sve mikrofotografije. A. *Cousteaudinium aubryae* (pretaloženo?) SP7-12. B. *Minisphaeridium latirictum* SP7-9. C. *Minisphaeridium latirictum* SP7-12. D. *Cleistosphaeridium placacanthum* SP7-30. E. *Pentadinium laticinctum* SP7-44. F. *Lejeunecysta* sp. SP7-44. G. *Selenopemphix quanta* SP7-9. H. *Lejeunecysta* sp. SP7-12. I. *Selenopemphix brevispinosa* SP7-11. J. *Pyxidinopsis psilata* SP7-12. K. *Hystrichokolpoma* sp. SP7-44. L. *Palaeocystodinium miocaenicum* SP7-44. M. *Cymatiosphaera nuda* SP7-11. N. *Batiacasphaera micropapillata* SP7-44. O. *Homotryblium* sp. SP7-44. P. *Hystrichokolpoma* sp. SP7-44. Q. *Corrugatisporites* sp. SP7-12. R. *Polypodiaceoisporites* sp. SP7-9. S. *Polypodium* sp. SP7-18. T. *Pinus* SP7-9. U. *Cicatricosisporites* sp. SP7-11. V. *Cicatricosisporites* sp. SP7-12. W. *Echinatisporis* sp. SP7-44. X. *Ephedra*? SP7-9. Y. *Cedrus* SP7-11. Z. *Pinus* SP7-11. AA. *Cryptogammasporites* sp. SP7-30. AB. *Cathaya* SP7-9. AC. *Podocarpus* SP7-12. AD. *Cichorium* SP7-11. AE. *Engelhardia* SP7-12. AF. *Carya* SP7-65. AG. *Tricolporopollenites* sp. (Quercus) SP7-44. AH. *Pterocarya* SP7-44. AI. *Nuphar* SP7-11.



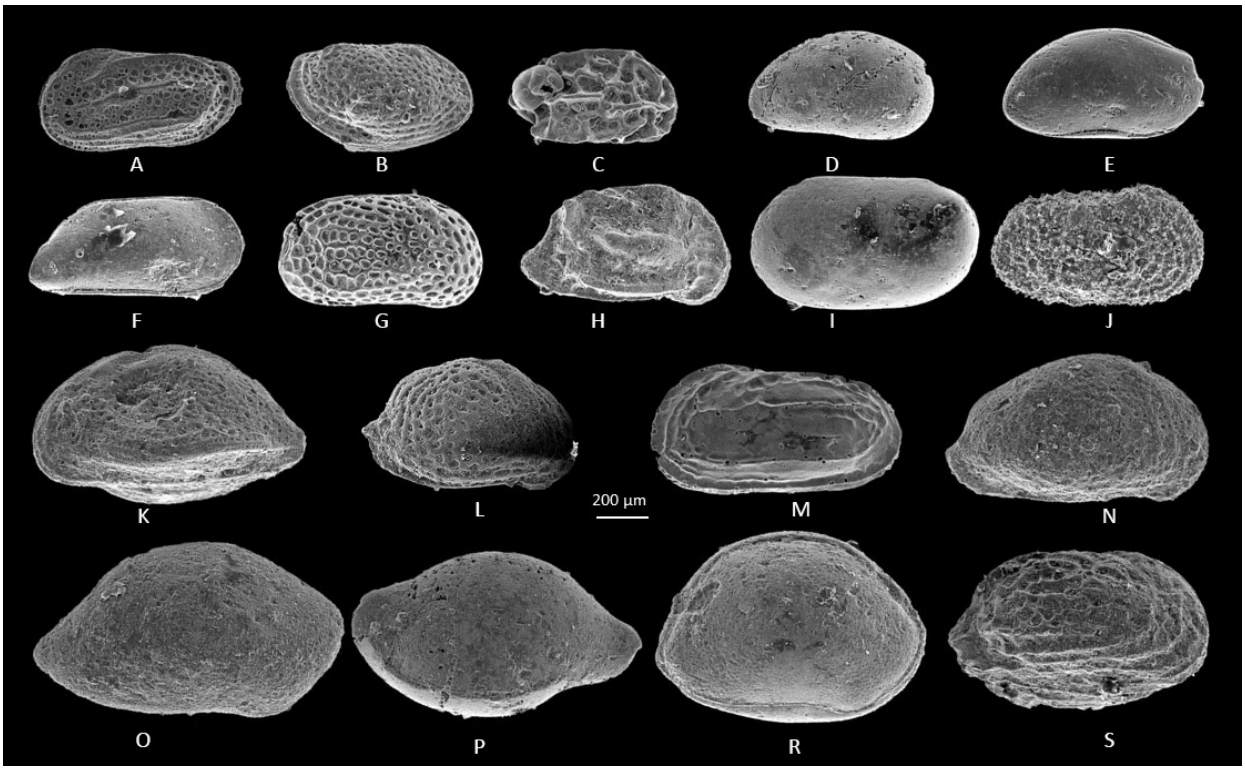
5.6. Ostrakodi

U svim analiziranim uzorcima utvrđena je prisutnost morske ostrakodne faune. Ukupno je determinirana 31 vrsta, od čega je 15 ostavljeno u otvorenoj nomenklaturi. Brojnost ostrakoda varira između uzoraka, pri čemu su najbrojniji u uzorcima SP7-9, -11, -12, -30 i -44, dok su rijetki u uzorcima SP7-18 i -65. Distribucija vrsta prikazana je u Dodatnoj tablici 9. Zatvorene ljušturice (karapaks) zastupljenije su od pojedinačnih valvi. Zabilježen je manji broj fragmentiranih i oštećenih primjeraka, dok su juvenilni oblici rijetki. Raznolikost vrsta u većini uzoraka je visoka (prosječno 12–14 vrsta po uzorku), dok je u uzorcima SP7-18 i -65 niska (3–4 vrste).

Najzastupljeniji rod je *Aurila*, prisutan u svim uzorcima, dok su rodovi *Argilloecia* pronađeni u šest uzoraka, a *Bythocypris*, *Cytherella*, *Henryhowella* i *Xestoleberis* u pet uzoraka. Ostali rodovi javljaju se sporadično, u jednom ili dva uzorka. Rodovi *Bairdoppilata* i *Krithe* zastupljeni su s više nedeterminiranih vrsta, dok su rodovi *Aurila* i *Cytherella* prisutni s po dvije vrste, a ostali uglavnom s jednom vrstom.

U većini uzoraka (osim SP7-18 i SP7-65) zabilježene su vrste *Krithe* sp. (tab. 7F), *Henryhowella asperrima* (tab. 7J), *Bythocypris* sp. (tab. 7E), *Parakrithe* cf. *dactilomorpha*, *Cytherella* cf. *vulgata*, *Cytherella* sp. (tab. 7I) i *Macrocypris* sp. Također su utvrđene vrste plićevodnog tipa, uključujući *Aurila* cf. *angulata*, *Aurila* cf. *haueri* (tab. 7N), *Senesia* sp. (tab. 7K), *Pokornyella deformis* (tab. 7L), *Callistocythere* sp., *Cnestocythere lamellicosta* (tab. 7C), *Flexus triebeli* (tab. 7A), *Grinioneis haidingeri*, *Loxoconcha* sp., *Loxocorniculum hastatum* (tab. 7B), *Tenedocythere* cf. *selebrosa* (tab. 7S), *Neonesidea* cf. *corpulenta* (tab. 7P), *Urocythereis* sp. (tab. 7G), *Semicytherura* sp., *Xestoleberis dispar* (tab. 7D), *Pachycaudites ungeri* (tab. 7H) i *Neocytherideis* cf. *linaris*. Nedeterminirani primjerci roda *Bairdoppilata* zabilježeni su u uzorcima SP7-30 i -44, dok su nedeterminirani predstavnici roda *Krithe* česti u uzorcima SP7-9, -11, -12 i -44.

Tabla 7. SEM mikrofotografije odabranih ostrakoda. A. *Flexus triebeli*, uzorak SP7-9, lijeva ljuštura, vanjska strana; B. *Loxocorniculum hastatum*, uzorak SP7-44, desna ljuštura, vanjska strana, C. *Cnestocythere lamellicosta*, uzorak SP7-11, desna ljuštura, vanjska strana; D. *Xestoleberis dispar*, uzorak SP7-11, lijeva ljuštura, vanjska strana; E. *Bythocypris* sp., uzorak SP7-9, karapaks, vanjska strana; F. *Krithe* sp., uzorak SP7-11, karapaks, vanjska strana; G. *Urocythereis* sp., uzorak SP7-9, desna ljuštura, vanjska strana, H. *Pachicaudites ungeri*, uzorak SP7-11, desna ljuštura, vanjska strana; I. *Cytherella* sp., uzorak SP7-9, lijeva ljuštura, vanjska strana; J. *Henryhowella asperrima*, uzorak SP7-12, desna ljuštura, vanjska strana; K. *Senesia* sp., uzorak SP7-30, karapaks, vanjska strana; L. *Pokornyella deformis*, uzorak SP7-30, desna ljuštura, vanjska strana; M. *Olymafalunia* sp., uzorak SP7-9, lijeva ljuštura, vanjska strana; N. *Aurila* cf. *haueri*, uzorak SP7-30, desna ljuštura, vanjska strana; O. *Bairdoppilata* sp., uzorak SP7-44, desna ljuštura, vanjska strana; P. *Neonesidea* cf. *corpulenta*, uzorak SP7-44, lijeva ljuštura, vanjska strana; R. *Bairdoppilata* sp., uzorak SP7-44, karapaks, vanjska strana; S. *Tenedocythere* cf. *salebrosa*, uzorak SP7-30, vanjska strana. Preuzeto iz Milošević i sur., 2025.



5.7. Geokemijske analize

U ovom poglavlju prikazani su rezultati geokemijskih analiza uzoraka iz bušotine Striježevica. Svi podaci dobiveni geokemijskim analizama prikazani su u Dodatnoj tablici 10, a omjeri korišteni kao pokazatelji prikazani su u tablici 1.

5.7.1. PALEOKLIMATSKI POKAZATELJI - INTENZITET KEMIJSKOG TROŠENJA

Omjer Ga/Rb je duž cijele bušotine Striježevica gotovo konstantan (između 0.13 do 0.14) osim u uzorcima SP7-37 (0.40), SP7-41 (0.53) i SP7-65 (0.67) gdje je najviši (tablica 1). Omjer K_2O/Al_2O_3 (tablica 1) u većini uzoraka bušotine iznosi od 0.19 do 0.23 (SP7-22). U uzorcima SP7-37, 41 i 65 ima najmanje zabilježene vrijednosti (0.04 do 0.07). U donjem dijelu stupa (do SP7-22) i gornjem dijelu stupa (od SP7-66) omjer Ga/Rb, kao i omjer K_2O/Al_2O_3 je konstantan. U srednjem dijelu stupa izražena su 3 intervala/uzorka (SP7-37, 41, 65) u kojima je omjer Ga/Rb izrazito visok, a omjer K_2O/Al_2O_3 izrazito nizak.

Tablica 1. Prikaz izračunatih geokemijskih omjera korištenih kao paleoklimatski pokazatelji, mjere saliniteta te redoks uvjeta. Narančasto su označene najviše izmjerene vrijednosti, a zelenom bojom najniže izmjerene vrijednosti.

	Ga/Rb	K_2O/Al_2O_3	Sr/Ba	Th/U
SP7-78	0.14	0.19	**4.5**	0.79
SP7-69	0.14	0.19	5.9	**0.48**
SP7-66	**0.13**	0.19	**4.6**	0.63
SP7-65	**0.67**	**0.04**	9.9	**2.37**
SP7-53	0.14	**0.20**	8.3	**0.58**
SP7-41	**0.53**	**0.04**	**11.1**	2.00
SP7-37	**0.40**	0.07	5.3	**4.57**
SP7-22	0.14	**0.23**	5.3	1.14
SP7-3	**0.13**	**0.21**	**10.5**	0.70

5.7.2. PALEOSALINITET – ANALIZA OMJERA SR/BA

Za procjenu paleosaliniteta korišten je uz omjer Sr/Ba (tablica 1). Visoke vrijednosti omjera dobivene su u uzorcima SP7-3 (10.5) i SP7-41 (11.1). Najniže izmjerene vrijednosti su u uzorcima SP7-78 (4.5) i SP7-66 (4.6).

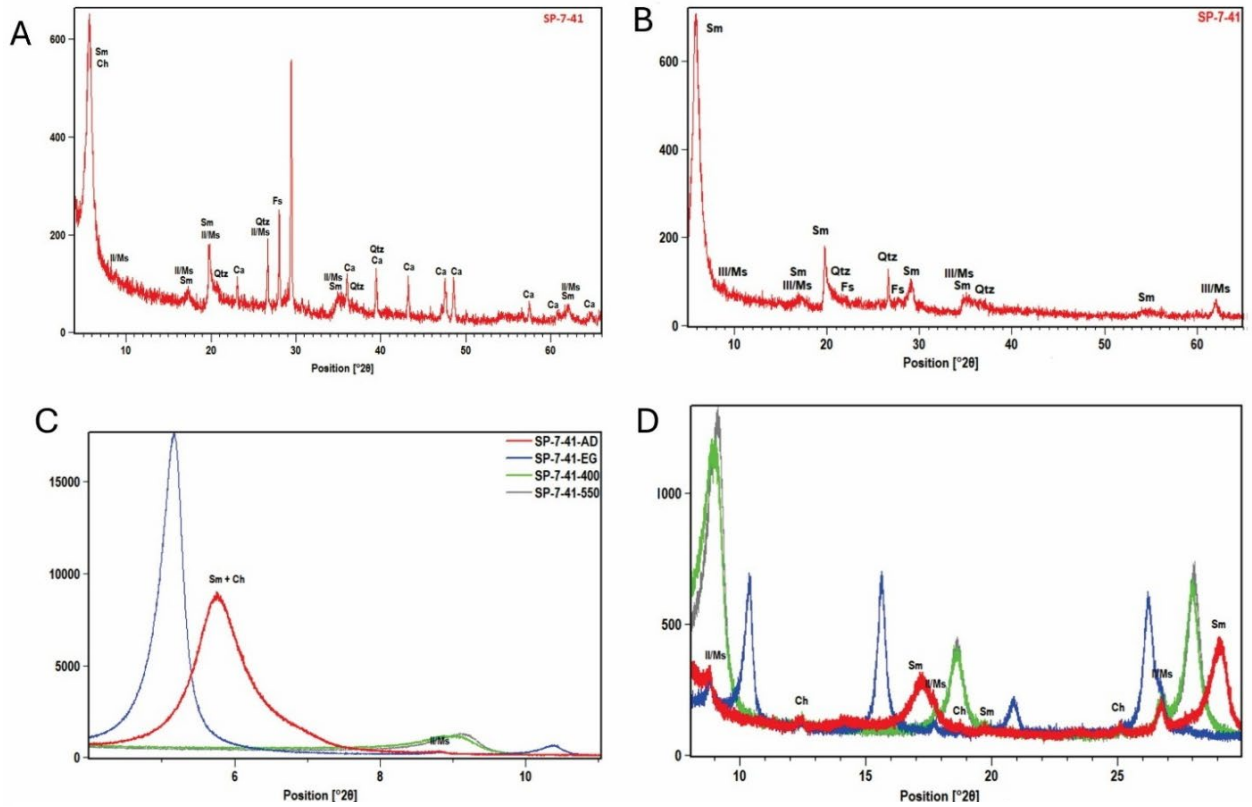
5.7.3. REDOKS UVJETI – ANALIZA OMJERA TH/U

Za procjenu redoks uvjeta u bušotini Striježevica korišten je omjer Th/U (tablica 1). Najniža vrijednost omjera zabilježena je u uzorku SP7-69 (0.48), a najviša vrijednost zabilježena je u uzorku SP7-37 (4.57). U preostalim uzorcima vrijednosti omjera se kreću u rasponu od 0.58 do 2.37.

5.8. Mineraloške analize

5.8.1. XRD ANALIZE

Dobivenim analizama utvrđene su mineralne vrste prisutne u uzorcima (tablica 2, 3). Prema rezultatima kvantitativne analize cjelokupnog uzorka (tablica 2) dominantna komponenta su karbonati, od kojih je najviše zastupljen kalcit, a u manjoj mjeri ankerit, odnosno Mg-kalcit. Osim karbonata u uzorcima SP7-37, -41 (sl.19) i -65 dominantna komponenta su minerali glina (tablica 2). Uz navedene minerale u uzorcima su još prisutni tinjčasti minerali (ilit/muskovit), kvarc i feldspati (tablica 2). U uzorcima SP7-22, -53 i -66 zabilježen je dolomit, a u uzorcima SP7-65, -66, -69 i -78 pirit. Udio ovih minerala je u odnosu na kalcit ili minerale glina vrlo malen.



Slika 19. A. Rendgenogram uzorka SP-7-41 dobiven kvalitativnom analizom cjelokupnog uzorka snimljen u području od 4 - 66°2θ. **B**. Rendgenogram uzorka SP-7-41 dobiven kvalitativnom analizom netopivog ostatka u području od 5 – 65 º2θ. Rendgenogram frakcije <2 µm sniman nakon različitih tretmana u području (**C**) od 4-11 °2θ i (**D**) 8 - 30 °2θ (AD- sušen na zraku, EG - saturiran etilen glikolom, 400 - žaren na 400°C, 550 žaren na 550°C). Ank-ankeri; Ch-klorit; Do-dolomit; Fs-feldspati; Gy-gips; Ill-illit; K-fs-kalijski feldspat; Kln-kaolinit; Mg-cal-magnezijski kalcit; Ms-muskovit; Pl-plagioklas; Py-pirit; Sm-smektit Preuzeto iz Martinčević-Lazar, 2020.

Tablica 2. Rezultati semikvantitativne analize cjelokupnog uzorka;~ -mineral u tragovima (<1%), x -sporedni mineral (1-10%), xx -glavni mineral (11-25%), xxx -dominantni mineral (26-50%), xxxx -predominantni mineral (>50%), ostali minerali: pirit, gips, dolomit. Od minerala prikazanih u skupini ostali minerali, gips je identificiran u uzorcima SP-7-3 i SP-7-22, dolomit u uzorcima SP-7-22, SP-7-53 i SP-7-66, dok je pirit potvrđen u uzorcima SP-7-65, SP-7-66, SP-7-69 i SP-7-78. Njihov udio je malen te su zbog preglednosti u tablici prikazani objedinjeno. Preuzeto iz internog izvještaja Martinčević Lazar, 2020.

UZORAK	kvarc	feldspati	kalcit	Mg-kalcit, ankerit?	tinjci	min. glina	ostali minerali
SP-7-78	x	x	xxxx		x	x	x
SP-7-69	x	x	xxxx	x	x	x	x
SP-7-66	x	x	xxxx	xx	x	x	x
SP-7-65	x	x	xx		x	xxxx	x
SP-7-53	x	x	xxxx	x	x	x	~
SP-7-41	x	xx	xx	x	x	xxx	~
SP-7-37	xx	x	xx	x	x	xxxx	~
SP-7-22	xx	x	xxxx	xx	x	x	~
SP-7-3	x	x	xxxx	x	x	x	~

Rendgenskom difrakcijskom analizom netopivog ostatka (tablica 3) u svih devet uzoraka utvrđena je prisutnost kvarca, tinjčastih minerala (illita i muskovita) te minerala glina. Kvarc i minerali glina su glavni sastojci u svim uzorcima, osim u uzorcima SP7-41 (sl. 19) i SP7-65 gdje čine sporednu komponentu. Uz njih, kao glavna komponenta u svakom uzorku, prisutni su i feldspati. Utvrđeni su plagioklasi i kalijski feldspati (K-feldspat), pri čemu su plagioklasi općenito zastupljeniji od kalijskih feldspata. Uz navedene mineralne vrste, u uzorcima SP7-3 i -65 prisutni su i gips i pirit u vrlo malim udjelima.

Tablica 3. Rezultati semikvantitativne analize netopivog ostatka; x-sporedni mineral (1-10%), xx-glavni mineral (11-25%), xxx – dominantan mineral (26-50%), xxxx-predominantni mineral (>50%). Frakcija <2 µm izdvajana je iz netopivog ostatka nakon otapanja karbonata. Pojava karbonata u pojedinim rezultatima netopivog ostatka vjerojatno odražava zaostale tragove nedovoljno uklonjenih karbonatnih faza ili prisutnost teško topljivih karbonata (Ca-dolomit/ankerit), a ne dominantnu karbonatnu komponentu cjelokupnog uzorka. Preuzeto iz internog izvještaja Martinčević Lazar, 2020.

UZORAK	kvarc	feldspati		pirit	gips	karbonati		minerali glina			
		plagioklas	K-feldspat			ankerit?, Mg-kalcit	dolomit	illit/ muskovit	smektit	klorit	kaolinit
SP-7-78	xx	x	x					xx	xx		x
SP-7-69	xx	x	x			xxx	x	xx	xxx	x	x
SP-7-66	xx	x	x			xx	x	xx	xxx	x	x
SP-7-65	x	x	x	x	x			x	xxxx		x
SP-7-53	xx	xx	x			x	x	xx	xx	x	x
SP-7-41	x	x						x	xxxx	x	
SP-7-37	xx	xx	x					xx	xxx		x
SP-7-22	xx	x	x			xx	x	xx	xxx	x	x
SP-7-3	xx	xx	x	x	x			xx	xx	xx	x

U glinovitoj frakciji (<2µm), osim illita i muskovita, utvrđeni su smektiti, klorit i kaolinit. Među navedenim mineralima glina, smektit čini dominantnu (glavnu) komponentu u svim uzorcima. U uzorcima SP7-41 i SP7-65 čini gotovo dvije trećine uzorka. Kaolinit je prisutan u vrlo malim udjelima te se uglavnom javlja kao sporedna komponenta, a u uzorku SP7-41 ga nema. Klorit je u uzorcima uglavnom prisutan kao sporedna komponenta, osim u uzorku SP7-3 gdje se javlja kao glavna komponenta, a u uzorcima SP7-37, -65 i -78 nije prisutan.

5.8.2. KALCIMETRIJA

Kalcimetrija je provedena na 83 uzorka iz bušotine Striježevica, s ciljem određivanja udjela kalcijeva karbonata (% $CaCO_3$) i procjene promjena u karbonatnoj komponenti duž istraživanog slijeda. Dobivene vrijednosti pokazuju širok raspon, od 6% $CaCO_3$ u uzorku SP7-73 do 99% $CaCO_3$ u uzorku SP7-76 (tablica 4).

Najveći broj uzoraka karakteriziraju srednje do visoke vrijednosti $CaCO_3$. Vrijednosti između 60 i 70% zabilježene su u 32 uzorka, dok se vrijednosti između 70 i 80% javljaju u 16 uzoraka. Ukupno 13 uzoraka ima više od 80% $CaCO_3$, od čega devet uzoraka prelazi 90% $CaCO_3$. Najviše vrijednosti zabilježene su u uzorcima SP7-1, -4, -68, -71, -74, -75, -76, -82 i -84.

Niže vrijednosti $CaCO_3$ zabilježene su u manjem broju uzoraka. Vrijednosti ispod 50 % pojavljuju se u šest uzoraka: SP7-11, -12, -37, -41, -65 i -73. Posebno se izdvajaju uzorci SP7-73 s 7%, SP7-65 s 14%, SP7-37 sa 17% i SP7-41 s 26% $CaCO_3$.

U intervalu od uzorka SP7-1 do SP7-7, prevladavaju visoke vrijednosti $CaCO_3$, uglavnom između 70 i 97%. Nakon toga slijedi interval od SP7-8 do SP7-31 u kojem su vrijednosti uglavnom umjerene i kreću se najčešće između približno 50 i 70% $CaCO_3$, uz snižene vrijednosti u uzorcima SP7-11 i SP7-12. Srednji dio slijeda, od SP7-32 do SP7-64, pokazuje dominantno stabilne vrijednosti oko 60–70% $CaCO_3$, ali s izraženim negativnim odstupanjima u uzorcima SP7-37 i SP7-41. Gornji dio slijeda, od SP7-65 do SP7-84, obilježen je najvećom promjenjivošću. U tom se dijelu izmjenjuju izrazito niske vrijednosti, primjerice u uzorcima SP7-65 i SP7-73, s vrlo visokim vrijednostima koje dosežu gotovo čisti karbonatni sastav u uzorcima SP7-74, -75, -76 i -82.

Tablica 4. Rezultati kalcimetrije provedeni na odabranim uzorcima bušotine Striježevica.

Red. Br.	Oznaka uzorka	%$CaCO_3$	Red. Br.	Oznaka uzorka	% $CaCO_3$
1.	SP7-84	90	42.	SP7-43	65
2.	SP7-83	80	43.	SP7-42	62
3.	SP7-82	98	44.	SP7-41	26
4.	SP7-81	77	45.	SP7-40	65
5.	SP7-80	72	46.	SP7-39	67
6.	SP7-79	70	47.	SP7-38	63
7.	SP7-78	79	48.	SP7-37	17
8.	SP7-77	78	49.	SP7-36	51
9.	SP7-76	99	50.	SP7-35	53
10.	SP7-75	98	51.	SP7-34	62
11.	SP7-74	97	52.	SP7-33	61
12.	SP7-73	6	53.	SP7-32	89
13.	SP7-72	82	54.	SP7-31	54
14.	SP7-71	90	55.	SP7-30	61
15.	SP7-70	68	56.	SP7-29	69
16.	SP7-69	75	57.	SP7-28	57
17.	SP7-68	98	58.	SP7-27	63
18.	SP7-67	63	59.	SP7-26	50
19.	SP7-66	58	60.	SP7-25	59
20.	SP7-65	14	61.	SP7-24	63
21.	SP7-64	65	62.	SP7-23	68
22.	SP7-63	59	63.	SP7-22	65
23.	SP7-62	67	64.	SP7-21	65
24.	SP7-61	82	65.	SP7-20	70
25.	SP7-60	61	66.	SP7-19	57
26.	SP7-59	60	67.	SP7-18	62
27.	SP7-58	65	68.	SP7-17	59
28.	SP7-57	63	69.	SP7-16	65
29.	SP7-56	71	70.	SP7-15	67
30.	SP7-55	67	71.	SP7-14	59
31.	SP7-54	56	72.	SP7-13	65
32.	SP7-53	70	73.	SP7-12	46
33.	SP7-52	68	74.	SP7-11	48
34.	SP7-51	61	75.	SP7-10	70
35.	SP7-50	59	76.	SP7-9	58
36.	SP7-49	64	77.	SP7-8	51
37.	SP7-48	73	78.	SP7-7	78
38.	SP7-47	71	79.	SP7-6	71
39.	SP7-46	63	80.	SP7-5	70
40.	SP7-45	65	81.	SP7-4	93
41.	SP7-44	50	82.	SP7-3	78
			83.	SP7-1	97

6. DISKUSIJA

Kroz cijelu bušotinu Striježevica detaljno su praćene promjene u zajednicama foraminifera (bentičkih i planktonskih), kao i u zajednicama ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa. Primjenom različitih metoda rekonstruirani su okolišni parametri i njihove promjene, s ciljem što detaljnije paleookolišne interpretacije.

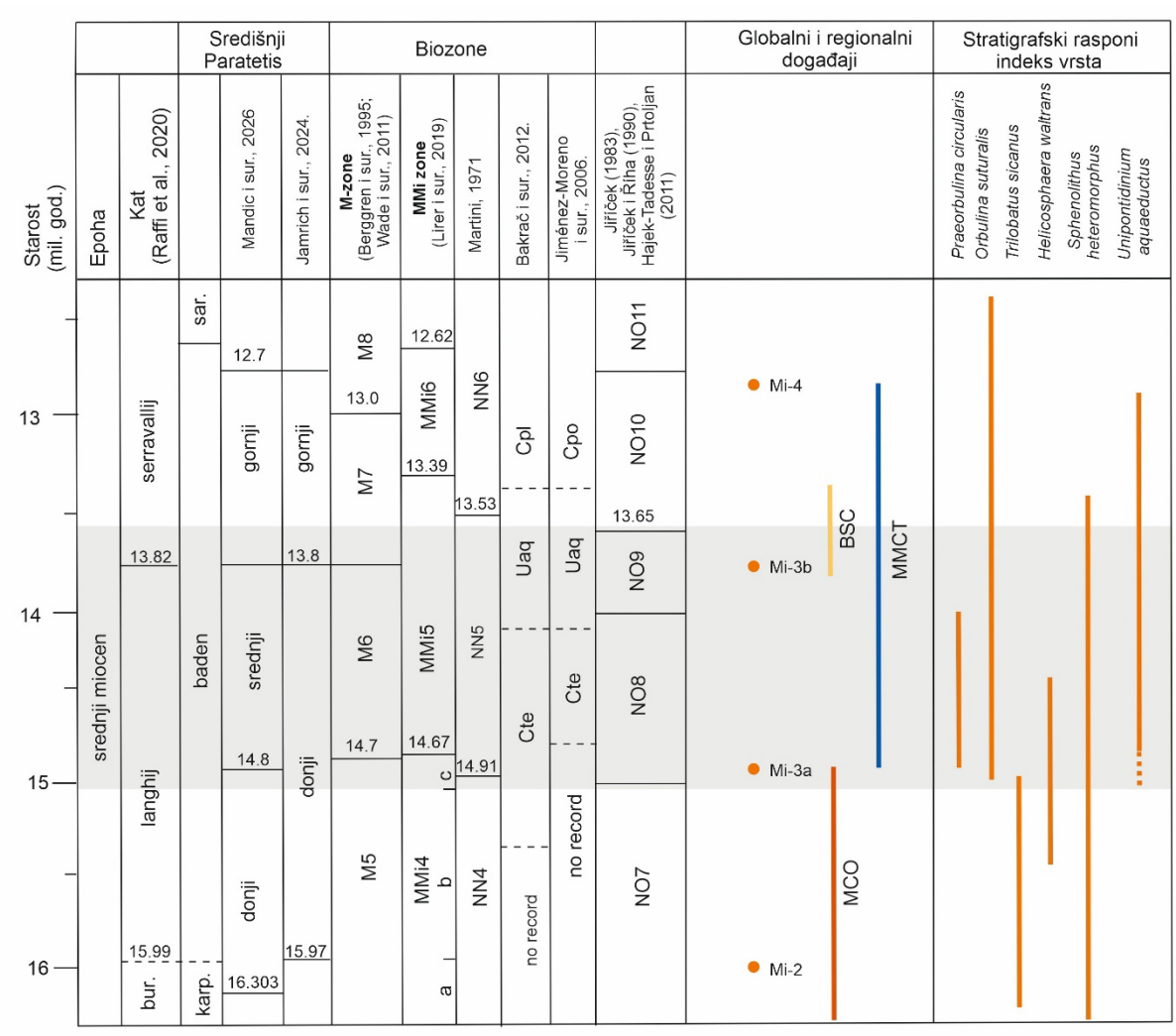
Iz tog razloga, diskusija je podijeljena u tri ključna poglavlja. Odgovarajući biostratigrafski okvir pridružen je naslagama bušotine Striježevica u prvom poglavlju. Drugo poglavlje, kroz niz manjih potpoglavlja, prati promjene okolišnih parametara duž bušotine te ih objedinjuje u cjelovitu paleookolišnu interpretaciju u trećem poglavlju gdje su dobiveni rezultati korelirani s drugim lokalitetima u Središnjem Paratetisu.

6.1. Biostratigrafija, vrijeme taloženja naslaga

Biostratigrafska interpretacija naslaga bušotine Striježevica temelji se na analizama sastava zajednice planktonskih foraminifera, koje zbog relativno visoke stratigrafske rezolucije u analiziranim uzorcima omogućuju najpreciznije određivanje relativne starosti i korelaciju badenskih naslaga. Na temelju raspona i pojave karakterističnih planktonskih foraminifera izdvojena su dva glavna zonalna intervala: stariji **pre-*Orbulina* interval** (do SP7-9), koji odgovara zoni M5, odnosno dijelu MMi4-MMi5 zonacije te mlađi, ***Orbulina suturalis* interval** (od SP7-10) koji odgovara zoni M6 i dijelu MMi5 zonacije (Berggren i sur., 1995; Wade i sur., 2011; Lirer i sur., 2019, sl. 21). Ovakva interpretacija je u skladu s regionalnom biostratigrafijom Središnjeg Paratetisa, u kojoj prijelaz iz zajednica s jedinkama roda *Praeorbulina* prema pojavi roda *Orbulina* predstavlja jedan od najvažnijih događaja srednjomiocenske biostratigrafije. Dobiveni podaci dodatno su uspoređeni s rezultatima analiza vapnenačkog nanoplanktona, dinoflagelata i ostrakoda te s regionalnom kronostratigrafijom Središnjeg Paratetisa. Takav integrirani pristup omogućuje pouzdanije određivanje starosti taloženja naslaga bušotine i razlikovanje lokalnih biostratigrafskih događaja od regionalnih kronostratigrafskih granica.

Zajednička pojava vrsta *P. circularis* i *T. bisphericus*, do uzorka SP7-9, sporadično praćena vrstama *T. sicanus* i *P. transitoria* (uzorci SP7-4 i SP7-5, sl. 21), bila je ključna za definiranje donjobadenske starosti donjeg (starijeg) dijela sukcesije bušotine Striježevica (Hudáčková i sur., 2020). Prisutnost vrsta roda *Praeorbulina* predstavlja važan biostratigrafski

pokazatelj srednjomiocenske starosti te omogućuje izdvajanje **pre-*Orbulina* intervala**, odnosno M5 zone prema Berggren i sur. (1995). Ovaj interval može se korelirati s odgovarajućim zonama Središnjeg Paratetisa te s ranijim badenskim naslagama Bečkog, Panonskog i Transilvanijskog bazena (Kováč i sur., 2007; Piller i sur., 2007; Kováč i sur., 2018). Zabilježeni sastav zajednice planktonskih foraminifera odgovara gornjem dijelu zone MMi4c–MMi5 (Lirer i sur., 2019), odnosno zoni *P. glomerosa* koja je primjenjena za neogenske naslage u Mediteranu, što odgovara nanoplanktonskoj zoni NN5 (Raffi i sur., 2006, 2020, sl.21).



Slika 20. Usporedba kronostratigrafske podjele srednjeg miocena, regionalnih katova Paratetisa i odabranih biozona s rasponima indeks vrsta foraminifera, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa. Globalni i regionalni događaji su preuzeti iz Mandic i sur., 2026. Sivom bojom označen je promatrani stratigrafski interval, a narančastim linijama stratigrafski raspon odabranih vrsta. Preuzeto i prilagođeno prema Milošević i sur., 2025.

Prva pojava vrste *O. suturalis* u uzorku SP7-10 definira bazu zone MMi5 (Lirer i sur., 2019), a to se u Mediteranu podudara s gornjim dijelom zone NN5. Ova vrsta je u Mediteranu datirana na 14.56 milijuna godina (Abdul Aziz i sur., 2008; Di Stefano i sur., 2008), a njena zajednička pojava s vrstom *P. circularis* (FO 14.9 milijuna godina u Mediteranu, Abdul Aziz i sur., 2008) upućuje na starost mlađu od 14.9 milijuna godina (Trinajstić i sur., 2023). Prijelaz *Praeorbulina–Orbulina* široko je prepoznat u Središnjem Paratetisu te označava tranziciju iz donjeg u srednji baden (Piller i sur., 2007; Kováč i sur., 2018). Starost dodatno potvrđuje i vrsta vapnenačkog nanoplanktona *H. waltrans* (prisutna do uzorka SP7-17), karakteristična za zonu NN5, odnosno subzonu MNN5a–MNN5b (Fornaciari i sur., 1996; Di Stefano i sur., 2008). Granica između tih subzona (~14,36 milijuna godina) u Paratetisu (~14,49 milijuna godina; Sant i sur., 2020), omogućila je preciznu međuregionalnu korelaciju. Kontinuirana pojava vrste *S. heteromorphus* (sl. 17D) u cijeloj istraživanoj sukcesiji ukazuje na pripadnost zonama NN5-NN6, pri čemu je njena zadnja pojava definira granicu NN5/NN6 (13.4 milijuna godina u Mediteranu (Di Stefano i sur., 2008)).

Prva pojava vrste *V. indigena* u uzorku SP7-15 dodatno potvrđuje mlađi badenski interval. Ovaj događaj može se povezati s gornjim dijelom MMi5 zone i prijelazom prema MMi6 zoni (Hohenegger et al., 2014). Stratigrafsko značenje pojave ove vrste treba promatrati u okviru integrirane regionalne kronostratigrafije, a ne kao samostalni marker granice između pojedinih dijelova badena.

Zajednica dinoflagelata odgovara zonama DN4–DN5 (de Verteuil i Norris, 1996; Munsterman i Brinkhuis, 2004; Dybkjær i sur., 2021), koje se uspoređuju s nanoplanktonskim zonama NN5 i donjim dijelom NN6 zone (sl. 21). Zajednička pojava vrsta *U. aquaeductus*, *C. poulsenii*, *C. tenuitabulatum* i *O. borgerholtense* ukazuje na srednjomiocensku starost istraživane sukcesije (Jiménez-Moreno i sur., 2006; Bakrač i sur., 2012; Soliman i sur., 2022). Prva pojava vrste *U. aquaeductus* važan je događaj kako u naslagama iz Atlantika tako i Mediterana, odnosno Središnjeg Paratetisa, budući da njena prva pojava definira bazu nekoliko zona dinocista koje su obično kalibrirane nanoplanktonskim zonama NN5 i donjim dijelom NN6 (Zevenboom, 1995; Gedl, 2016). Prva pojava *U. aquaeductus* zabilježena je na oko 15.1-14.8 milijuna godina (Jiménez-Moreno i sur., 2006), dok je zadnja pojava različita između različitih područja (Schreck i Matthiessen, 2013).

Unutar badenskih naslaga na području Hrvatske određene su i detaljno opisane četiri ostrakodne zone prema Hajek-Tadesse (2000) i Hajek-Tadesse i Prtoljan (2011). Najniža donjobadenska zona predstavljena je asocijacijom *Acanthocythereis hystrix* - *Bythocypris lucida* (NO7, Jiříček, 1983; Jiříček i Říha, 1990, prema Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011). Druga zona *Eocytheropteron inflatum* - *Falunia spinulosa* (NO8, Jiříček, 1983; Jiříček i Říha, 1990, prema Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011) ekvivalent je srednjem badenu. U gornjem badenu mogu se izdvojiti dvije zone: Zona *Paijenborchella* (*E*.) *laskarevi- Neocyprideis* (M.) *sarmatica elongata* (NO9, Jiříček, 1983; Jiříček i Říha, 1990, prema Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011) i *Carinocythereis carinata -Phlyctenophora farkasi* (NO10, Jiříček, 1983; Jiříček i Říha, 1990, prema Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011) koja se podudara s najvišim djelom badena. Ostrakodna zajednica naslaga Striježevica potvrđuje badensku starost. Većina određenih vrsta ostrakoda poznata je iz srednjomiocenskih naslaga Vejalnica formacije SHB-a, a među najznačajnijima su *Aurila* cf. *haueri*, *Cytherella* cf. *vulgata*, *Henryhowella asperrima* i *Cnestocythere lamellicosta*, koje se često navode u badenskim zajednicama ostrakoda Središnjeg Paratetisa (Hajek-Tadesse, 2006; Hajek-Tadesse i Prtoljan, 2011; Vesel Lukić i Hajek-Tadesse, 2017; Avanić i sur., 2022; Premec Fuček i sur., 2023).

Tradicionalno je baden bio podijeljen na tri dijela – donji (Moravian), srednji (Wielician) i gornji (Kosovian) (Papp i sur., 1978), pri čemu je podjela temeljena na litostratigrafskim i paleontološkim kriterijima. Međutim, noviji radovi "slovačke i bečke škole" ukazuju na ograničenja takve podjele zbog njezine nesinkronosti između različitih bazena i ovisnosti o lokalnim facijesima (Hohenegger i sur., 2014; Kováč i sur., 2007, 2017). Stoga se baden danas interpretira kao srednjomiocenski interval (langhij–donji seravalij, 15.97–12.8 milijuna godina), definiran kombinacijom biostratigrafskih i kronostratigrafskih kriterija (Hohenegger i sur., 2014). Posebno važan marker predstavlja pojava roda *Orbulina*, koja označava početak srednjeg badena i fazu maksimalne transgresije (Wagreich i sur., 2014). Baden se dodatno interpretira kao sustav dvaju glavnih sedimentacijskih ciklusa (transgresija – razina visokog mora ili *highstand*), što naglašava njegovu sekvencijsku organizaciju (Kováč i sur., 2024). Donji baden obilježen je početkom marinske transgresije i uspostavom veze s otvorenim oceanom, srednji baden predstavlja maksimum dubine i planktonske produkcije, dok gornji baden karakterizira postupna regresija, povećana eutrofija i pogoršanje oksigenacije dna, što vodi prema restrikciji Paratetisa i prijelazu u sarmat (Kováč i sur., 2017; Nováková i sur., 2020;

Harzhauser i sur., 2024; Jamrich i sur., 2024). U praktičnoj primjeni, uz trodijelnu podjelu često se koristi i pojednostavljeni model temeljen na ključnim događajima, osobito pojavi roda *Orbulina*, na pre*Orbulina* i *Orbulina* interval.

U skladu s novijom kronostratigrafskom podjelom badena, istraživana sukcesija obuhvaća interval od donjeg do gornjeg badena. Donji baden prema Mandic i sur. (2026) obuhvaća interval od 16.0 do 14.8 milijuna godina, srednji baden od 14.8 do 13.8 milijuna godina, a gornji baden od 13.8 do 12.7 milijuna godina. Takva podjela omogućuje bolje povezivanje lokalnog biostratigrafskog zapisa s regionalnom kronostratigrafijom Središnjeg Paratetisa i novim geokronološkim podacima (Mandic i sur., 2026). U tom okviru, donji dio bušotine, do uzorka SP7-9, pripada **pre-*Orbulina* intervalu**, odnosno M5 zoni, dok pojava vrste *O. suturalis* u SP7-10 označava prijelaz u ***Orbulina* interval**, odnosno M6 zonu (sl. 21). Pojava vrste *V. indigena* u SP7-15 dodatno ukazuje na mlađi badenski interval u gornjem dijelu sukcesije.

Na temelju integriranih biostratigrafskih podataka može se zaključiti da su naslage bušotine Striježevica srednjomiocenske, odnosno badenske starosti. Rezultati dobiveni analizom vapnenačkog nanoplanktona, dinoflagelata i ostrakoda u skladu su s ovakvom interpretacijom i potvrđuju da je istraživana sukcesija taložena tijekom srednjeg miocena, odnosno badena. Integrirana biostratigrafska interpretacija stoga ukazuje na raspon od donjeg do gornjeg badena, pri čemu se granice pojedinih regionalnih podjela ne mogu izjednačiti isključivo na temelju jednog biostratigrafskog događaja.

6.2. Promjene ekoloških uvjeta u naslagama bušotine Striježevica

6.2.1. REKONSTRUKCIJA PALEODUBINA

Udio planktonskih foraminifera jedan je od najpouzdanijih parametara za procjenu dubine u otvorenim marinskim sustavima (Gibson, 1989; Van der Zwaan i sur., 1990; Murray, 1991; Van Hinsbergen i sur., 2005; Drinia i sur., 2007; Tapia i sur., 2022). Međutim, u poluzatvorenim epikontinentalnim bazenima poput Paratetisa taj pokazatelj treba uzeti s rezervom jer na omjer plankton/bentos osim dubine, utječu i produktivnost, ventilacija i stupanj povezanosti bazena (Kováč i sur., 2017; Kranner i sur., 2021b). Visoke vrijednosti

omjera plankton/bentos u svim uzorcima bušotine (iznad 80%, osim za uzorke SP7-60 i 65, sl. 10) ukazuju na okoliš gornjeg batijala (Murray, 1991). Dubina izračunata prema gradijentima bentičkih foraminifera (Hohenegger, 2005) uključuje dubinske raspone svake određene vrste, kao i njenu zastupljenost u zajednici. Primjenom te formule, dubine taloženja su varirale od 103 metra (SP7-48, sl. 10) do 579 metara (SP7-5, sl. 10), što pokriva okoliše od šelfa do gornjeg dijela padine (batijala). Primjena transfer formule ukazala je i na pojedine nedostatke. Formula se temelji samo na dokazanim dubinama, ali ne uzima u obzir ekološke parametre koji utječu na brojnost pojedinih vrsta u zajednici. Tako na primjer, niskooksični uvjeti na morskom dnu zajedno s povećanim donosom nutrijenata, rezultiraju većom zastupljenošću jedinki bolivina i bulimina u zajednici (Kranner i sur., 2021b). Bolivine i bulimine obično nastanjuju dubokomorske okoliše niske oksičnosti, bogate nutrijentima, no mogu se proširiti i u plitkomorske okoliše ukoliko to ekološki parametri dozvoljavaju (Kranner i sur., 2021b) što će utjecati na procijenjenu dubinu prema formuli. Upravo takvi uvjeti zabilježeni su u intervalu do uzorka SP7-9 pa je i izračunata dubina precijenjena. Slična odstupanja zabilježena su na badenskim lokalitetima Medvednice, gdje je dubina interpretirana kao pokazatelji srednjeg do vanjskog šelfa i gornjeg batijala, uz povremeno slabije oksigenirane pridnene uvjete (Pezelj i Sremac, 2007; Pezelj i Drobnjak, 2019). Takvi uvjeti usporedivi su sa zajednicama donjeg i srednjeg dijela bušotine Striježevica, gdje su određeni brojni infaunalni i disoksični oblici. Brojnost bolivina, bulimina i uvigerina, upućuje na povećanu trofičnost i slabiju ventilaciju morskog dna, što može dovesti do precjenjivanja paleodubine prema transfer funkciji (Kranner i sur., 2021b). U preostalim dijelovima bušotine procijenjene paleodubine pokazuju realnije i jednoličnije vrijednosti. Takve procjene podudaraju se s paleoekološkim pokazateljima dobivenima iz zajednica foraminifera i ostrakoda te sa sedimentološkim obilježjima analiziranih naslaga.

Raspored klastera zajednica bentičkih foraminifera uglavnom prati dubinski trend. Dublje i slabije oksigenirane faze predstavljaju klasteri **C1** i **C2** (*Bolivina* – *Cibicidoides*, sl. 9) te klaster **F** (*Cibicidoides*-*Lenticulina*-*Uvigerina*, sl. 9), u kojima su česti infaunalni i disoksični pokazatelji (sl. 8B), a omjer P/B je visok (sl.10). Nasuprot tome, klaster **B** (sl. 9) s dominacijom vrste *A. mammilla* te klasteri **D** i **E** (sl. 9), s vrstama *B. planorbis*, *Elphidium* spp. i *Cibicidoides* spp., vezani su uz pliće, bolje osvjetljene i bolje prozračene šelfne okoliše, uključujući karbonatne podloge i staništa morskih trava (Holcová i Zágoršek, 2008; Holcová i sur., 2015).

Klaster **A** (*Heterolepa-Lenticulina*; SP7-27 i SP7-28, sl. 9) izdvaja se kao najveće odstupanje: P/B omjer sugerira najveće produbljavanje, dok dominacija vrste *H. dutemplei* i *Lenticulina* spp., kao i niska raznolikost, rezultat su dominacije nekoliko tolerantnih vrsta u zajednici. Obzirom na navedene parametre ovaj interval predstavlja najdublju i najstabilniju transgresivnu fazu s izraženim stresom na morskom dnu. Nepodudaranje između P/B omjera i dubina izračunatih u intervalu SP7-46 do SP7-48 (sl. 10) vjerojatno je posljedica miješanja autohtonih elemenata iz plićeg okoliša sa sedimentima bogatim planktonom, što upućuje na fazu oplićavanja tijekom koje je planktonska produkcija još uvijek bila visoka.

Visoke vrijednosti P/B omjera također možemo povezati s postojanjem obalnih vjetrova (promjenama u vodenom stupcu) ili pojačanom primarnom produkcijom (Pezelj i Drobnjak, 2019) kao što je zabilježeno drugim parametrima u donjem i srednjem dijelu bušotine. Brojnost planktonskih foraminifera korelira se s količinom dostupne hrane, fitoplanktonom, koji ovise o količini nutrijenata u moru (Hemleben i sur., 1989). Pojačani vjetrovi uz obalu mogu uzrokovati miješanje vodenog stupca ili potaknuti *upwelling*, što će rezultirati podizanjem dubokomorske vode bogate nutrijentima k površini (Mann i Lazier, 2006). To za posljedicu ima povećanu primarnu produkciju i posljedično veću brojnost planktonskih foraminifera (Schiebel i Hemleben, 2017). Primijenjene metode izračuna palodubine (sl. 10), pokazuju isti trend, dubljevodniji okoliš u donjem dijelu sukcesije (SP7-4 do SP7-14), porast dubine/transgresiju (SP7-15 do SP7-28) te trend oplićavanja prema vršnom dijelu bušotine (od uzorka SP7-30).

Stalna prisutnost dubokomorskih vrsta ostrakoda poput *Krithere* spp., *Henryhowella asperrima*, *Bathocypris* sp. i *Cytherella* spp., karakterističnih za stabilne, niskoenergetske uvjete (Boomer i sur., 2003) upućuje na taloženje na gornjem dijelu padine. Na postojanje donosa materijala iz plićih okoliša upućuju plitkovodne vrste *Aurila*, *Callistocythere* i *Cnestocythere*. Miješanje plitkovodnih s dubokomorskim zajednicama zabilježeno je i zajednicom palinomorfa. Umjerena do visoka zastupljenost *Polysphaeridium zoharyi*, vrste vezane uz plitke, šelfne, lagunske i donekle restriktivne okoliše, dokaz je blizine plićih priobalnih staništa i mogućeg donosa materijala s obalnog dijela šelfa prema mjestu taloženja (Baranyi, 2023), dok prisutnost vrste *Nematosphaeropsis labyrinthus* pokazuje da je postojao i dubokomorski utjecaj.

Rezultati multivarijatnih statističkih analiza, odnosno analize glavnih komponenti (PCA) i nelinearnog višedimenzionalnog skaliranja (nMDS), potvrđuju postojanje izraženog okolišnog gradijenta koji odražava promjene u dubini taloženja. Na temelju okolišnih parametara (oksigenacije, trofičnosti, energije okoliša) indirektno možemo doznati o plaeodubini. PCA i nMDS dijagrami potvrđuju interpretaciju dobivenu zajednicom foraminifera, ostrakoda i palinomorfa.

Zajedničkom interpretacijom može se pretpostaviti da su naslage iz bušotine Striježevica istaložene na šelfu. Izražajniji utjecaj dubokomorskih okoliša vidljiv je u starijem (donjem i srednjem) dijelu bušotine, dok prema mlađem dijelu bušotine prevladava utjecaj plitkomorskih okoliša, vjerojatno povezan s oplićavanjem tijekom srednjeg badena (Báldi i sur., 2002; Mandic i sur., 2019c).

6.2.2. ANALIZA MEĐUOVISNOSTI NUTRIJENATA I OTOPLJENOG KISIKA

Promjena u sastavu foraminiferske zajednice održava povezanost/međuovisnost između količine kisika i raspoloživosti nutrijenata u okolišu (Jorissen i sur., 1995; Pezelj i Drobnjak, 2019). Povećan unos organske tvari najčešće potiče razgradnju u sedimentu i povećanu potrošnju kisika. U prostorima s ograničenim dotokom kisika to rezultira okolišem s manjkom otopljenog kisika. S druge strane, bolja ventilacija i slabi organski donos omogućuju razvoj oksičnih i oligotrofnih zajednica.

6.2.2.a PreOrbulina interval (SP7-4 do SP7-9)

U starijem intervalu dominiraju uzorci podklastera **C1** i **C2**, odnosno *Bolivina-Cibicidoides* zajednice. Obilje muljojeda (66-79%, sl. 8B) zajedno sa značajnim udjelom indikatora visoke koncentracije nutrijenata (37-53%, sl. 8B) pokazatelj su visoke količine nutrijenata na dnu (Hudáčková i sur., 2020; Kranner i sur., 2021a). Brojne jedinke uvigerina, bolivina i bulimina ukazuju na pridnene uvjete koji su zbog povećane primarne produkcije (Mandic i sur., 2019b) bogati organskom tvari i posljedično velikom potrošnjom otopljenog kisika. Visok udio vrsta *M. pompilioides* i *V. complanata* (sl. 8A) sugerira na mogući značajan udio organske tvari terigenog porijekla (Holcová i sur., 2019b; Pezelj i sur., 2013), dok bogati donos fitoplanktona

potvrđuje vrsta *G. subglobosa* (Szekely i sur., 2017, sl. 8A). Iz omjera zastupljenih foraminiferskih oblika, TROX model sugerira eutrofične uvjete u okolišu. Infaunalni način života dominantan je u svim uzorcima (53 do 57%, sl. 8B), osim u uzorku SP7-6 gdje epifauna neznatno prevladava (45%, sl. 8B). EBFOI indeks (sl. 8B) ukazuje na niskooksične uvjete na morskom dnu nastale kao rezultat povećanog unosa organske tvari i njene razgradnje. To upućuje na povišenu dostupnost nutrijenata i povećanu produktivnost u površinskom sloju, ali i na slabiju ventilaciju morskog dna. Izotopni podatci $\delta^{13}C$ dobiveni mjerenjima na kućicama bentičke foraminifere *H. dutemplei* (~0.8‰, sl. 16) potvrđuju postojanje pojačanog donosa nutrijenata. U vodenom stupcu cvjetanje (jaka produkcija) oportunističkih, na stres otpornih vrsta poput *G. tarchanensis* i *T. quinqueloba* (do SP7-9, sl. 13A) ukazuje na eutrofične površinske vode s visokim udjelom nutrijenata te moguć utjecaj slatke vode (Dolaková i sur., 2014; Kopecká i sur., 2022). Brojčana dominacija vrsta *G. bulloides* i *G. prebulloides* u donjem dijelu stupa (sl. 13A) upućuje na izraženu primarnu produkciju uvjetovanu procesima *upwellinga* i/ili priljevom slatke vode (Mandic i sur., 2019b), što je dodatno potvrđeno visokim vrijednostima ugljikovih izotopa (2.14 (SP7-10)-1.2 (SP7-5), sl. 16). Ovako visoka primarna produkcija u površinskom sloju može uzrokovati mikrobiološko raspadanje organske tvari, što posljedično dovodi do pada količine otopljenog kisika na morskom dnu (Šarinova i sur., 2021) na što ukazuje visok udio disoksičnih i suboksičnih vrsta bentičkih foraminifera, kao i niske vrijednosti indeksa oksigenacije (sl. 8B). Anoksične uvjete neposredno ispod granice more-sediment potvrđuju i nalazi framboidalnog pirita i njegovih agregata, karakterističnih za visoko produktivne okoliše. U Bečkom bazenu zabilježeni su slični uvjeti na profilu Mühlbach (Rögl i Spezzaferri, 2003), dok je Kranner sa suradnicima (2021a,b) zabilježio veću raznolikost okoliša uključujući i plitkomorske okoliše prekrivene morskim travama.

6.2.2.b Orbulina interval (SP7-10 do SP7-81)

U donjem dijelu ovog intervala SP7-10 do SP7-17 prevladavaju klaster **F** (*Cibicidoides-Lenticulina-Uvigerina*) i dijelom podklaster **C2** (sl. 9). Iako je u ovom intervalu prisutna planktonska vrsta *O. suturalis*, bentička zajednica još uvijek pokazuje eutrofičan i niskooksičan karakter: muljojedi čine 63 do 79% (sl. 8B), a značajan je udio i markera visokog unosa

nutrijenata (26 do 40%, sl. 8B) što i dalje sugerira visok donos nutrijenata u okoliš (Hudáčková i sur., 2020; Kranner i sur., 2021a). Bolivine i uvigerine su i dalje brojne kao u starijim dijelovima naslaga, no udio bulimina je niži. Visok udio vrsta *M. pompilioides* i *V. complanata* (sl.8A) i dalje je prisutan ukazujući na stalan donos terigenog materijala. Brojčano veći udio vrsta poput *Cibicidoides* spp., *Elphidium* spp., *H. dutemplei* i *L. lobatula* (sl. 8A) zabilježen u ovom intervalu sugerira plići okoliš bogat morskim travama kao što je opisan u Bečkom bazenu (Kranner i sur., 2021a) i Istočnoalpskom predgorskom bazenu (Mandic, 2004). Ova zajednica vjerojatno je pretaložena olujnim strujama u dubljemorski okoliš (Kranner i sur., 2021a) na što upućuje i krupnoklastična komponenta sedimenta. U vodenom stupcu do uzorka SP7-17 dominiraju predstavnici hladnih mora (~56%, sl. 13A), nakon čega prevladavaju orbuline. Zajednica planktonskih foraminifera karakterizirana velikim brojem jedinki *G*. *bulloides*, *G*. *praebulloides*, *G*. *concinna* i *Globigerina* sp. (sl. 13A), odgovara sredinama s površinskim slojevima visoke produktivnosti i/ili pod oceanskim utjecajem i *upwellingom* (Holcová i sur., 2019b; Kranner i sur., 2021a). Visoki udjeli vapnenačkog nanoplanktona *R*. *minuta* i *C*. *pelagicus* (sl. 17) te dinocista (*Spiniferites*, *Achomosphaera* i *L*. *machaerophorum,* sl. 18) zajedno ukazuju na eutrofičan okoliš i sezonski donos nutrijenata.

Bentička foraminiferska zajednica u intervalu od SP7-21 do SP7-28 (sl. 8A) razlikuje se od prethodno opisanog dijela jer prevladavaju klaster **B** (*Amphistegina*) i klaster **A** (*Heterolepa-Lenticulina*, sl. 9). Epifaunske vrste (*A. mammilla*, *Cibicidoides* spp., *Elphidium* spp., *H. dutemplei*, *Lenticulina* spp., sl. 8A) su brojnije (49-66%), a ukazuju na oligotrofičan okoliš i dobro prozračeno dno. Okoliš siromašan nutrijentima potvrđen je niskim udjelom markera visokog unosa nutrijenata (5-12%, sl. 8B). Planktonskom zajednicom dominiraju orbuline (sl. 13B), povezane s toplim i oligotrofičnim površinskim vodama (Peryt, 2013). Zamjena dominantno globigerinske planktonske zajednice orbulinskom zabilježena je na brojnim lokalitetima diljem Središnjeg Paratetisa (Kováčova i Hudačková, 2009; Holcova i sur., 2015, 2018; Mandic i sur., 2019c; Ilies i sur., 2020). Rod velike bentičke foraminifere *Amphistegina* je bioindikator oligotrofnih i oligofotnih uvjeta te temperature morske vode između 14 i 16°C, dok su prosječne vrijednosti iznad 20°C (Langer i Hottinger, 2000; Murray, 2006; El Kateb i sur., 2018; Piller i sur., 2022). Zahvaljujući simbiozi s dijatomejama, amfistegine opstaju i to u velikom broju u okolišima s niskom koncentracijom nutrijenata te visokom prozirnošću i dostupnošću svjetla. Unutar ovog intervala zabilježena je prva izraženija

pojava vrste *A. mammilla* [10% u SP7-24 do 22% u SP7-21, sl. 8A], a duž bušotine Striježevica zabilježena su još tri intervala: SP7-31 (11%), SP7-44 (25%) i od SP7-54 (13%) do SP7-60 (29%) [sl. 8A]. Najveća zastupljenost ove vrste zabilježena je u uzorku SP7-59 (47%, sl. 8A).

U intervalu od SP7-30 do SP7-44 (sl. 8B) udio infaunalnih oblika raste, osobito u podklasterima **C1** i **C2**, što sugerira moguću promjenu u trofičnosti, stvaranje eu-mezotrofičnih uvjeta, koje prati srednja do niska koncentracija otopljenog kisika (sl. 8B). Udio markera visokog unosa nutrijenata raste, a najveće su vrijednosti u uzorku SP7-44 (sl. 8B), što sugerira pojačanu koncentraciju nutrijenta. Stratifikacija vodenog stupca će pogodovati eutrofikaciji, što potvrđuje velika brojčana zastupljenost planktonskih foraminifera markera toplih mora (sl. 13B). Udio pojedinih markera dozvoljava rekonstrukciju vodenog stupca za vrijeme kad su taložene naslage ovog intervala. Vertikalna distribucija rodova odražava temperaturnu stratifikaciju vodenog stupca. Površinski, miješani sloj nastanjuju vrste roda *Trilobatus*/*Globigerinoides*, dok se jedinke orbulina zadržavaju u sloju neposredno iznad termokline. Nasuprot tome dublje dijelove vodenog stupca, ispod termokline, karakterizira prisutnost dentoglobigerina.

Nakon uzorka SP7-48 (najmlađi dio središnjeg dijela stupa, sl. 13A, B) mijenja se sastav planktonske zajednice. Zajednica markera toplog mora zamijenjena je zajednicom markera hladnih mora. Dominacija globigerina u planktonskoj zajednici ukazuje na postojanje jačeg vertikalnog miješanja vodenog stupca i povećane koncentracije nutrijenata u površinskom dijelu (Spezzaferri i sur., 2001). Na morskom dnu, kao rezultat boljeg miješanja vodenih slojeva povećana je koncentracija otopljenog kisika (sl. 8B) u odnosu na stariju fazu, što potvrđuje i veća zastupljenost epifaunalnih jedinki.

Naslage intervala od uzorka SP7-65 do 81 odražavaju uvjete na dnu u kojima količine kisika i nutrijenata fluktuiraju. Podjednaka zastupljenost globigerina i trilobatusa (sl. 13A) upućuje na neku vrstu sezonalnosti (Hudáčkova i sur., 2020). Sličan omjer zabilježen je i u starijem dijelu bušotine. Povećan udio globoturbortalia može se povezati s povećanom produktivnošću u površinskom sloju, ali i boljom ventilacijom vodenog stupca (Spezzaferri i sur., 2001). Postojanje donosa s kopna potvrđuju bentičke vrste *M. pompilioides* i *V. complanata* (Holcová i sur., 2019a; Pezelj i sur., 2013, sl. 8A) prisutne u značajnom udjelu.

Ovakvu interpretaciju potvrđuju i PCA i nMDS analize. Klasteri **C1** i **C2** (sl. 9) objedinjuju uzorke s povećanim donosom organske materije i slabijom količinom otopljenog kisika, klaster **B** (sl. 9) je povezan s oligotrofijom i dobro prozračenim karbonatnim šelfom, **D** (sl. 9) s eutrofnim, plitkim okolišima morskih trava, a klasteri **E** i **F** (sl. 9) predstavljaju prijelazne zajednice. Klaster **A** (sl. 9) pokazuje odstupanje jer se visok omjer P/B i izračunata dubina (sl.10) javljaju zajedno s niskom raznolikošću (sl. 8C) i dominacijom *Heterolepa-Lenticulina* zajednice što se može protumačiti kao lokalni marker transgresivnog maksimuma i ekološkog stresa.

6. 2. 2. c Trofičnost i raspoloživost otopljenog kisika u badenskim okolišima Središnjeg Paratetisa

Izmjena eutrofnih/niskooksičnih i oligotrofnih/oksičnih okoliša u naslagama bušotine Striježevica odgovara promjenama u okolišu koje su zabilježene i na drugim lokalitetima Središnjeg Paratetisa. Tijekom badena, okoliši su bili pod utjecajem promjena u povezanosti s morem Mediterana, transgresivno-regresivnih ciklusa, tektonske aktivnosti, klimatskih promjena te lokalnog donosa terigenog i vulkanoklastičnog materijala (Rögl, 1998; Piller i sur., 2007; Kováč i sur., 2017). Eutrofni i niskooksični uvjeti zabilježeni u **pre-*Orbulina* intervalu** podudaraju se s podacima iz Bečkog bazena, gdje su tijekom badena opisani okoliši s povećanom primarnom produkcijom, pojačanim donosom organske tvari i slabijom ventilacijom pridnenih voda (Rupp i Hohenegger, 2008; Kováčová i Hudáčková, 2009; Kováčová i sur., 2009; Hohenegger i sur., 2009; Kranner i sur., 2021a, b). U tim su okolišima, na morskom dnu česte zajednice s bolivinama, buliminama i uvigerinama (Jorissen i sur., 1995; Báldi, 2006; Kováčová i Hudáčková, 2009; Kranner i sur., 2021b). Sličnost sa istraživanim naslagama je izražena u dominaciji infaunalnih oblika, visokom udjelu indikatora povećanog unosa nutrijenata te pojavi disoksičnih i suboksičnih bentičkih vrsta. Povišena produktivnost u starijim intervalima može se dodatno usporediti s podacima iz Karpatskog bazena gdje su badenske foraminiferske zajednice interpretirane kao odraz pojačanog miješanja vodenog stupca, sezonskog *upwellinga* i povećanog dotoka nutrijenata prije badenske krize saliniteta (Gonera, 2013; Peryt, 2013). U takvim uvjetima dominacija vrsta *G. bulloides*, *G. praebulloides* i *T. quinqueloba* upućuje na produktivne površinske vode, dok povećani udio oportunističkih i na stres tolerantnih bentičkih foraminifera odražava povećanu razgradnju organske tvari i

smanjenu oksigenaciju morskog dna (Peryt, 2013; Holcová i sur., 2015, 2019a; Hudáčková i sur., 2020).

Donji dio ***Orbulina*** **intervala** u Striježevici, u kojem se i nakon pojave vrste *O. suturalis* zadržava eutrofni i niskooksični karakter bentičke zajednice, pokazuje prijelazni karakter sličan drugim lokalitetima Središnjeg Paratetisa. U Bečkom i Karpatskom bazenu početak dominacije orbulina ne znači nužno trenutačni prijelaz u potpuno oligotrofne uvjete, nego često označava fazu toplijeg i stratificiranijeg vodenog stupca u kojem se eutrofni signal može zadržati na morskom dnu zbog razgradnje organske tvari i slabije ventilacije (Rupp i Hohenegger, 2008; Kováčová i Hudáčková, 2009; Peryt, 2013; Kranner i sur., 2021b). Stoga se zajednica u intervalu od SP7-10 do SP7-17 može interpretirati kao rezultat istovremenog djelovanja toplijih površinskih voda, još uvijek visokog donosa nutrijenata i povremeno ograničene pridnene oksigenacije.

Središnji dio ***Orbulina*** **intervala**, osobito intervali s povećanim udjelom epifaunalnih oblika i vrstom *A. mammilla*, odgovara regionalno prepoznatljivoj fazi stabilnijih, toplijih i oligotrofnijih šelfnih okoliša. Ta faza zabilježena je u naslagama Bečkog bazena, gdje su orbuline i velike bentičke foraminifere posljedica razvoja toplih, dobro osvijetljenih i oligotrofnih okoliša tijekom srednjobadenskog maksimuma transgresije (Hohenegger i sur., 2009; Kranner i sur., 2021a, b). Takav signal u Striježevici vjerojatno odražava kombinaciju lokalnog razvoja oligotrofnijih šelfnih uvjeta i mogućeg pretaloživanja dijela plitkovodne zajednice u dublji okoliš, što je usporedivo s interpretacijama iz Bečkog bazena i Istočnoalpskog predgorskog bazena (Mandic, 2004; Kranner i sur., 2022a). Na istoku, u Transilvanijskom bazenu obilje vrsta *O. suturalis*, *T. trilobus* i drugih toplovodnih planktonskih foraminifera upućuje na tople površinske vode i relativno stabilne marinske uvjete (Filipescu, 2001; Sant i sur., 2019; Ilies i sur., 2020).

Smanjenje udjela toplovodnih planktonskih foraminifera i porast udjela globigerina, zabilježene nakon uzorka SP7-48 (sl. 13A, B), mogu biti posljedica jačeg vertikalnog miješanja vodenog stupca, izraženije sezonalnosti i postupnog prijelaza prema nestabilnijim uvjetima srednjomiocenskog klimatskog prijelaza (MMCT). Slične promjene zabilježene su u Karpatskom bazenu prije badenske krize saliniteta, gdje se promjene u foraminiferskim zajednicama tumače kao posljedica promjena temperature, saliniteta, produktivnosti i cirkulacije vodenih masa (Peryt, 2013). Trendovi temperature, saliniteta i produktivnosti

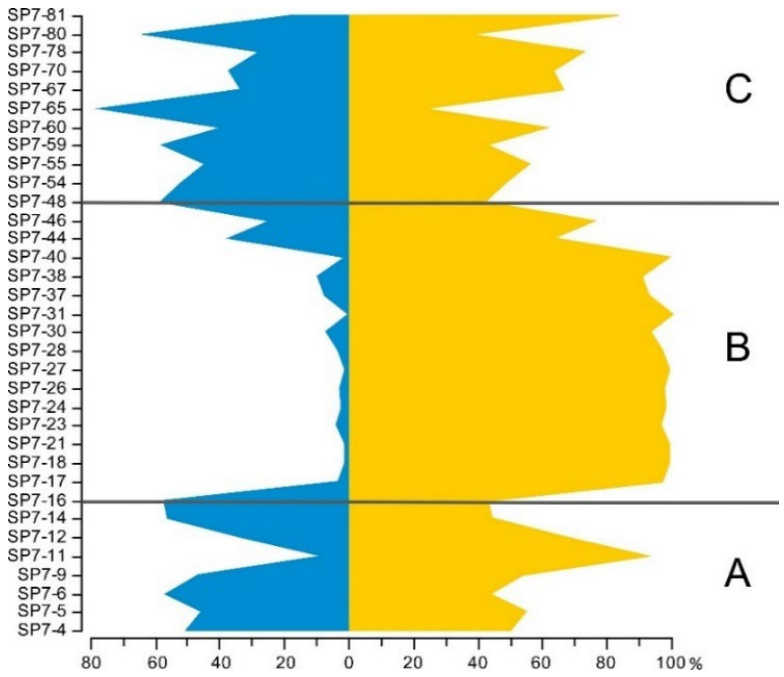
tijekom ranog i srednjeg miocena u Bečkom bazenu također pokazuju da su promjene u sastavu foraminiferskih zajednica rezultat regionalnih nestabilnosti okoliša, a ne samo promjena u paleodubini (Kranner i sur., 2021b).

U mlađem dijelu bušotine Striježevica izmjena globigerina i trilobatusa (sl. 13A, B), promjenjiva zastupljenost epifaune i infaune (sl. 8B) te ponovna pojava indikatora povećanog donosa nutrijenata (sl. 8B) upućuju na okolišne oscilacije između bolje ventiliranih oligotrofnih i kratkotrajnijih eutrofnih faza. Takav razvoj prati regionalni trend Središnjeg Paratetisa tijekom srednjeg i gornjeg badena, kada su promjene u povezanosti bazena, padovi razine mora, vulkanska aktivnost i lokalno pojačan terigeni donos utjecali na miješanje vodenog stupca i raspoloživost nutrijenata (Báldi, 2006; Piller i sur., 2007; de Leeuw i sur., 2010; Kováč i sur., 2017).

Promjene zabilježene u uzorcima bušotine Striježevica odražavaju regionalni paleookolišni razvoj Središnjeg Paratetisa tijekom badena.

6.2.3. REKONSTRUKCIJA PALEOTEMPERATURA

Paleotemperaturni uvjeti rekonstruirani su kombinacijom analize zajednica planktonskih foraminifera i izotopnog sastava kisika na kućicama bentičkih i planktonskih foraminifera.



Slika 21. Paleotemperaturna krivulja prema udjelima planktonskih foraminifera pokazatelja hladnih i umjereno hladnih mora (plavo) i pokazatelja toplih i umjereno toplih mora (žuto)

- **Zona A** obuhvaća donji/stariji dio naslaga bušotine Striježevica (SP7-4 do SP7-16, sl. 21)

Pokazatelji toplih i hladnih mora podjednako su zastupljeni (sl. 21), a vrijednosti $\delta^{18}O$ su izrazito negativne (sl. 15). Visok udio pokazatelja toplog mora potvrđuje tropsko do umjereno toplo more, karakteristično za badenske okoliše Središnjeg Paratetisa (Mandic i sur., 2019c; Spezzaferri, 2004). Razvijeni sloj termokline je moguć zbog visokog udjela pokazatelja hladnog mora (sl. 21). Razlike između vrijednosti izotopa i sastava faune zabilježene su na više lokaliteta u Paratetisu i povezuju se s povećanom produktivnošću i mogućim miješanjem vodenog stupca (Kouwenhoven i van der Zwan, 2006; Báldi, 2006). U poljskom dijelu Karpatskog bazena (Gonera, 2013) i u Bečkom bazenu (Rupp i Hohenegger, 2008) zajednica planktonskih foraminifera bilježi visok udio vrsta *Globorotalia bykovae*, *Paragloborotalia mayeri* te

Jenkinsella transsylvanica, kao i u ovom intervalu bušotine Striježevica, što je karakteristično za zahlađenje tijekom MCO-a povezanog s *upwelling* uvjetima.

- **Zona B** obuhvaća središnji dio naslaga bušotine Striježevica (SP7-17 do SP7-44, sl. 21)

Zajednicom planktonskih foraminifera dominiraju pokazatelji toplih mora, a u više od polovice uzoraka (62%, 8 od 12 uzoraka ovog intervala, sl. 13B, 21) najbrojnije su orbuline. Orbuline preferiraju topla, stratificirana, eutrofična mora (Holcová 2015, 2018; Kranner i sur., 2021a). Najtopliji i najstabilniji interval dokazan je visokim udjelom pokazatelja toplog mora te niskim vrijednostima kisikova izotopa (sl. 13B, 15, 21). Uvjeti odgovaraju razdoblju MCO-a, tijekom kojeg je Paratetis bio povezan sa Sredozemnim morem (Harzhauser i Piller, 2007). Stratifikacija vodenog stupca potvrđena je vrijednostima kisikovih izotopa mjerenima na kućicama bentičke vrste *H. dutemplei* (sl. 15). Pri tome je topliji i stabilniji površinski sloj vodenog stupca bio odvojen od hladnijeg, dobro oksigeniranog morskog dna, što je kao fenomen zabilježeno i u Bečkom bazenu te otvorenijim dijelovima PBS-a (Harzhauser i Piller, 2007, Kováčová i Hudáčková, 2009).

- **Zona C** interval s uzorcima SP7-48 do SP7-85 (sl. 21)

Nestabilnost u okolišnim uvjetima zabilježena je promjenom u sastavu planktonske zajednice u uzorku SP7-48 (sl. 13A, B). Udio pokazatelja toplih mora se naglo smanjuje, dok udio pokazatelja hladnih mora raste (sl. 21). Vrijednosti kisikovih izotopa također su u porastu unutar ovog intervala (sl. 15). Početak perioda zahlađenja u uzorku SP7-48 prepoznaje se po istovremenom smanjenju udjela toplovodnih i povećanju udjela hladnovodnih planktonskih foraminifera te porastu vrijednosti kisikovih izotopa, što zajedno ukazuje na pad temperature morske vode. Na području Paratetisa zabilježena je jača stratifikacija vodenog stupca, povećana organska produkcija te slabija prozračenost morskog dna (Kouwenhoven i van der Zwan, 2006; Hohenegger, 2009; Holbourn i sur., 2015). Veći udio pokazatelja hladnih mora te porast vrijednosti kisikovih izotopa mjerenih na kućicama i planktonskih i bentičkih foraminifera ukazuju na nastavak trenda zahlađenja u gornjem dijelu sukcesije (sl. 13A, 15). Podaci se uklapaju u regionalni obrazac postupnog zahlađenja i izolacije Središnjeg Paratetisa tijekom srednjeg i gornjeg badena (Piller i sur., 2007; Báldi, 2006). Trend zahlađenja dostiže svoj vrhunac pojavom evaporita, odnosno BSC-om (Piller i sur., 2007; Báldi, 2006).

Tropsko do umjereno more potvrđuju i nalazi termofilnih vrsta dinoflagelata, poput vrsta *Melitasphaeridium choanophorum*, *Selenopemphix nephroides*, *L. machaerophorum*, *Polysphaeridium zoharyi* i *Tuberculodinium vancampoae* (Zonneveld i sur., 2013) na brojnim istraživanim lokacijama Paratetisa, a tako i u istraživanoj bušotini. Među bentičkim foraminiferama, pouzdan temperaturni indikator tople morske vode je vrsta *A. mammilla.* Njezini maksimumi nisu kontinuirani, nego se javljaju u nekoliko intervala: u SP7-21 do SP7-24 (10-22 %), zatim u SP7-31 (11 %), SP7-44 (25 %) te u intervalu SP7-54 do SP7-60 (13-29 %), s najvećom vrijednošću u uzorku SP7-59 (47 %) (sl. 8A). Ti maksimumi uglavnom odgovaraju intervalima bolje oksigeniranog morskog dna, nižeg udjela pokazatelja visokog unosa nutrijenata i razvoja plićih, dobro osvijetljenih šelfnih staništa. Termofilne dinociste, uključujući *L. machaerophorum*, *P zoharyi* i *T. vancampoae*, podupiru interpretaciju toplog i plitkog do šelfnog okoliša, ali njihova distribucija nije uvijek jednoznačno usporediva s maksimumima amfistegina zbog različitog ekološkog signala, transporta, očuvanosti organske stijenke i vremenske rezolucije uzorkovanja. Sastav zajednica vapnenačkog nanoplanktona indirektno možemo povezati s paleotemperaturom na temelju ekoloških preferencija pojedinih vrsta i njihove povezanosti s oceanografskim uvjetima (Wade i Bown, 2006; Cachão i Moita, 2000). U starijim naslagama brojčana dominacija vrste *R. minuta* (do 39%, sl. 17B) upućuje na plitke, eutrofne uvjete s fluktuacijama saliniteta. Promjene saliniteta mogu biti rezultat donosa slatke vode (na temelju visoke zastupljenosti *R*. *galovicorum* i *C*. *pelagicus* (sl. 17A), visokog udjela markera obilja fitodetritusa te viših vrijednosti omjera SiO_2/Al_2O_3) i nutrijenata, te posljedično povezanom povećanom produktivnošću i nestabilnšću vodenog stupca (Wade i Brown, 2006). Vrsta *C. pelagicus*, pokazatelj je hladnijih i produktivnijih mora, no u poluzatvorenim bazenima poput Paratetisa odražava eutrofiju i lokalnu cirkulaciju (Cachão i Moita, 2000). Veliku brojnost ove vrste u uzorcima preferirano se povezuje s intervalima veće produkcije (*upwellinga* ili donosa rijekama), nego kao pokazatelj hladnog mora.

Vrijednosti izotopa $\delta^{18}O$ mjerenima na kućicama planktonskih foraminifera su u rasponu od -5.78‰ do -2.77 ‰ (sl. 15) što je u skladu s rasponima dobivenima na lokalitetu Nježić (Fio Firi i sur., 2024), ali i drugim lokalitetima Središnjeg Paratetisa. U Bečkom bazenu zabilježene negativne vrijednosti $\delta^{18}O$ planktonskih foraminifera interpretirane su kao topliji površinski sloj i/ili smanjenje saliniteta (Kováčova i Hudáčkova, 2009; Kováčova i sur., 2008).

Temperatura površinskog sloja određena na jedinkama vrsta *Globigerina* i *Globigerinoides* je između 16 i 22°C (Kováčova i Hudáčkova, 2009). Slične vrijednosti zabilježene su i u uzorcima iz Karpatskog bazena (Gonera, 2001; Báldi, 2006), s izračunatim temperaturama površinskog sloja između 14 i 20°C. U Striježevici se izotopni trendovi dobiveni iz planktonskih i bentičkih foraminifera dobro podudaraju: topliji i stratificiraniji interval u središnjem dijelu profila prati stabilniji bentički signal, dok se nakon SP7-48 bilježi porast $\delta^{18}O$ i u planktonskim i u bentičkim foraminiferama (sl. 15). To pokazuje da planktonski izotopni signal nije isključivo posljedica dijageneze, nego čuva regionalni klimatski signal, iako je lokalno mogao biti modificiran promjenama saliniteta, produktivnošću i očuvanošću kućica. Prema objavljenim podacima analiza izotopa kisika iz SHB-a (Fio Firi i sur., 2024) temperature mora bile su više od 25°C. Ovako visoke temperature su nerealne i vjerojatno su rezultat dijagenetski izmijenjenih uzoraka, odnosno odabira vrsta foraminifera za analizu. Dijagenetske promjene zahvatile su i jedinke iz istraživane bušotine. Kućice su bile kalcificirane i teško su se čistile prilikom laboratorijske obrade. Čak i nakon ponovljenog čišćenja, tek 10% ukupnih kućica bilo je adekvatno očišćeno, što ostavlja otvoreno pitanje o izboru laboratorijske metode obrade uzoraka. Vrijednosti dobivene iz jedinki bentičke *H. dutemplei* sugeriraju temperature na morskom dnu u rasponu od 15°C (uzorak SP7-23, procijenjene dubine 178 metara, sl. 10) do 12.8°C (uzorka SP7-80, procijenjene dubine 121 metara, sl. 10). Prema istraživanju Kováčova i Hudáčkova (2009) na kućicama bentičke vrste *Uvigerina* sp., određene su temperature pridnenih voda u Bečkom bazenu između 10 i 16°C, a slične temperature zabilježene su u Karpatskom bazenu (10 do 15°C, Gonera, 2001). Ujednačene vrijednosti ukazuju na homogene temperaturne uvjete u dubljim dijelovima Paratetisa tijekom badena. Većina izmjerenih vrijednosti koncentrirana je u rasponu od približno +0.4‰ do +1.3‰, što upućuje na ograničene temperaturne oscilacije na morskom dnu i relativno stabilne uvjete tijekom srednjeg miocena (Schneiner, 2019). Usporedba planktonskog i bentičkog izotopnog signala potvrđuje postojanje vertikalno stratificiranog vodenog stupca. Površinske vode bile su toplije i osjetljivije na sezonske promjene, produktivnost i salinitet, dok su pridnene vode bile hladnije i temperaturno stabilnije. Takav odnos odgovara modelima badenskog Paratetisa u kojima su otvoreniji dijelovi bazena tijekom MCO-a imali tople, stratificirane površinske vode, ali relativno stabilnije pridnene uvjete (Kováčová i sur., 2008; Kováčová i Hudáčková, 2009; Scheiner i sur., 2019). Dodatno, stabilnost bentičkog $\delta^{18}O$ signala (sl. 15) sugerira da su

promjene temperature na morskom dnu bile znatno manje izražene nego u površinskom sloju, što je tipično za epikontinentalna mora poput Paratetisa.

Paleotemperaturni rezultati dobiveni analizom uzoraka bušotine Striježevica su usporedivi s rezultatima istraživanja diljem Središnjeg Paratetisa. Oni ukazuju na tople i stratificirane površinske vode tijekom MCO-a, relativno hladnije i stabilnije pridnene vode te postupni prijelaz prema hladnijim, produktivnijim i slabije ventiliranim uvjetima u mlađem dijelu sukcesije. Razlike između Striježevice i lokaliteta Nježić na prostru SHB-a i Bečkog te Karpatskog bazena uglavnom su odraz lokalne paleogeografije, stupnja povezanosti s otvorenim morem, intenziteta riječnog donosa, produktivnosti i očuvanosti foraminiferskih kućica. Zbog toga se za naslage bušotine Striježevica može zaključiti da su istaložene u uvjetima toplog, šelfnog badenskog mora, u kojem su regionalni klimatski signali MCO-a i MMCT-a jasno zabilježeni, ali su lokalno modificirani stratifikacijom, eutrofijom, promjenama saliniteta i dijagenetskim procesima.

6.2.4. REKONSTRUKCIJA PALEOSALINITETA

Za određivanje paleosaliniteta uobičajeno se koristi omjer Sr/Ba. Prema istraživanjima Wei i Algeo (2020) Sr/Ba omjer je najpouzdaniji pokazatelj saliniteta u siliciklastičnim sedimentima, a u karbonatnim okolišima primjena tog omjera postaje složena. Za veći dio istraživanih uzoraka (tablica 1) omjer Sr/Ba nije moguće smatrati pouzdanim pokazateljem saliniteta jer su uzorci bogati karbonatnom komponentom, koja može značajno utjecati na sadržaj stroncija u sedimentu. Stroncij se može ugrađivati u karbonatne minerale, pri čemu povećani udio karbonatne komponente može rezultirati povišenim vrijednostima ukupnog Sr/Ba omjera neovisno o promjenama saliniteta (Wei i Algeo, 2020; Wang i sur., 2021). Stoga povišene vrijednosti Sr/Ba u analiziranim uzorcima ne treba izravno interpretirati kao pokazatelj povećanog saliniteta, već ih je potrebno razmatrati u kontekstu udjela karbonata i drugih neovisnih pokazatelja saliniteta. Jedino uzorci s nižim karbonatnim udjelom, poput SP7-37 i SP7-65 (tablica 4), mogu omjerom Sr/Ba dati adekvatne vrijednosti primjenjive za interpretaciju paleosaliniteta. Tako omjer Sr/Ba u uzorku SP7-37 (5.5) ukazuje na normalni salinitet, dok omjer Sr/Ba u uzorku SP7-65 (9.9) indicira povišeni salinitet, što je u skladu s pronalaskom gipsa u istom (tablica 1, 3). Međutim, bentička foraminiferska i ostrakodna zajednica u uzorku SP7-65 i dalje je pretežito marinskog karaktera te ne upućuje na trajne

izrazito hipersaline uvjete, što sugerira da je povećani salinitet vjerojatno bio lokalnog ili kratkotrajnog karaktera.

Paleosalinitet se može procijeniti primjenom Fisher α indeksa i trokomponentnog dijagrama (Murray, 1991, 2006). Vrijednosti ovog indeksa su u rasponu od 2.8 do 8 (sl. 8C), što sugerira promjenjivost sastava foraminiferskih zajednica i promjene okolišnih uvjeta. U intervalu SP7-4 do SP7-16 vrijednosti Fisher α indeksa su visoke, što je u skladu s normalnim marinskim uvjetima. Prema Kováč i sur., 2007; de Leeuw i sur., 2010; Kováč i sur., 2017 ovaj dio sukcesije odgovara badenskoj fazi uspostave otvorenih marinskih uvjeta. Nestabilni uvjeti nastavljaju se do uzorka SP7-59. Vrijednost Fisher α indeksa u uzorku SP7-65 (5.4, sl. 8C) zajedno s pojavom gipsa (tablica 4) može upućivati na kratkotrajni događaj povišenog saliniteta i evaporitnih uvjeta. Ovi uvjeti podudaraju se s promjenama u okolišu izazvanim BSC-om. Globalni i regionalni uzroci, uključujući zahlađenje i glacijalni događaj Mi3b (~13,8 milijuna godina,) te s njim povezan pad globalne morske razine i zatvaranja prolaza između Paratetisa i ondašnjeg Sredozemnog mora (Kováč i sur., 2007; de Leeuw i sur., 2010, 2018; Palcu i Krijgsman, 2023) uzrokovali su nastanak hipersalinih uvjeta i taloženje evaporita u bazenima poput Transilvanijskog, Transkarpatskog i Karpatskog bazena (Báldi, 2006; de Leeuw i sur., 2010; Peryt i sur., 2020).

U intervalu od uzorka SP7-70 naviše, vrijednosti Fisher α indeksa (sl. 13) ponovno rastu upućujući na obnovu marinskih uvjeta normalnog saliniteta. Ponovna uspostava marinskih uvjeta omogućena je otvaranjem marinskih prolaza i novom transgresijom u gornjem badenu (de Leeuw i sur., 2018; Kováč i sur., 2024). Marinski uvjeti u gornjem badenu nisu bili stabilni te se često razvijao okoliš sa znakovima restrikcije, odnosno stratifikacije vodenog stupca, smanjene prozračenosti uz razvoj hipooksičnih ili disoksičnih uvjeta na morskom dnu (Kováč i sur., 2007; Piller i sur., 2007).

Smanjena povezanost s otvorenim morem i razvoj restriktivnih okoliša nastavilo se i tijekom sarmata omogućujući razvoj okoliša različitog saliniteta (Tóth i sur., 2010; Piller i Harzhauser, 2005).

Ostrakodi su jako osjetljivi na promjenu saliniteta, različite vrste su prilagođene specifičnim uvjetima. Opisane zajednice ostrakoda su marinske. Visoka raznolikost i prisutnost rodova *Krithe*, *Henryhowella*, *Bathocypris* i *Cytherella* odgovaraju normalnim marinskim

uvjetima, dok smanjena raznolikost u uzorcima SP7-18 i SP7-65 upućuje na promjenu. U uzorku SP7-65 promjenu u okolišu povezujemo s povišenim salinitetom i potencijalnim evaporitnim uvjetima.

6.2.5. PALEOKLIMATSKA OBILJEŽJA

Paleoklimatska interpretacija temelji se na modelu srednjomiocenskih klimatskih i oceanografskih promjena u Središnjem Paratetisu, osobito na temelju transgresija, sezonskog *upwellinga*, stratifikacije, trofičnosti i zahlađenja tijekom MMCT-a (Holcová, 2017; Holcová i sur., 2015, 2019a). Bušotina Striježevica bilježi prijelaz od toplijih i humidnijih uvjeta s izraženim donosom nutrijenata prema hladnijim, aridnijim i hidrološki restriktivnijim uvjetima u mlađem dijelu sukcesije. Takav razvoj dobro se uklapa u regionalni obrazac Središnjeg Paratetisa, gdje su tijekom srednjeg miocena klimatske promjene bile snažno povezane s promjenama morske razine, cirkulacije, povezanosti sa Sredozemnim morem i postupnom fragmentacijom bazena (Báldi, 2006; Harzhauser i Piller, 2007; Kováč i sur., 2017; de Leeuw i sur., 2010; Harzhauser i sur., 2024). Pad globalne razine mora tijekom MMCT-a u novijim je radovima istaknut kao jedan od ključnih uzroka fragmentacije Središnjeg Paratetisa i razvoja BSC-a (Harzhauser i sur., 2024).

Topliji i vlažniji interval s pojačanim donosom materijala rijekama i sezonskim *upwellingom* karakteristika je klimatskih uvjeta u donjem dijelu bušotine Striježevica (do SP7-15). Dokazi za takvu interpretaciju su sljedeći: 1) zajednica planktonskih foraminifera sa zajedničkom pojavom pokazatelja hladnog mora, *G. bulloides*/*praebulloides*, *G. regularis* i pokazatelja toplog mora *Trilobatus* spp. i *Orbulina* spp. (sl. 13A, b) te izrazito negativnim vrijednostima kisikova izotopa (sl. 15) ukazuje na toplo more s nestabilnim uvjetima zbog pojačanog miješanja vodenog stupca ili povećane produktivnosti (Gonera, 2013; Mandic i sur., 2019c); 2) morsko dno nastanjuju vrste markeri pojačanog donosa nutrijenata te markeri slabije prozračenosti poput *Bulimina* spp., *M. pompilioides*, *Pullenia bulloides*, *N. commune* i *Uvigerina* spp. (sl. 8). Upravo su brojne jedinke uvigerina, bolivina i bulimina zajedno s vrstom *M. pompilioides* karakteristične za područja visoke produktivnosti i kontinuiranog donosa organskog materijala na morsko dno, kao što je karakteristično u područjima *upwellinga* (Jorissen i sur., 1995; Holcová i sur., 2019a; Kranner i sur., 2021a). Osim foraminiferske zajednice na postojanje vertikalne cirkulacije i okoliš povišene količine nutrijenata upućuje i

brojnost vrste vapnenačkog nanoplanktona *C. pelagicus* (Cachão i Moita, 2000, sl.17A); dinociste *Spiniferites* i *Achomosphaera*, kao i vrste *L. machaerophorum* (Zonneveld i sur., 2013, sl. 23). Nalaz vrste *L. machaerophorum* u uzorcima se povezuje s pojačanim unosom slatke vode i humidnijom klimom (Zonneveld i sur., 2013). Zadnja pojava (LCO) nanoplanktonske vrste *H. waltrans* zabilježena je u uzorku SP7-17. U mediteranskim naslagama zadnja pojava ove vrste zabilježena je u vrijeme langhija (14.36 Ma, Fornaciari i sur., 1996; Di Stefano i sur., 2008) i povezuje se s Mi-3a događajem (14.3 Ma; Gradstein i sur., 2012).

U središnjem dijelu sukcesije (SP7-16 do SP7-40) zajednicom planktonskih foraminifera dominiraju pokazatelji toplog mora, osobito orbuline (tzv. *Orbulina bloom*, SP7-17 do SP7-38, sl. 13B). Masovna pojava orbulina karakteristična je za topla mora, stratificirani i dobro prozračeni vodeni stupac (Peryt, 2013; Wade i sur., 2011). Fenomen "cvjetanja orbulina" zabilježen je diljem Paratetisa (Peryt, 2013; Rögl, 1998; Kováč i sur., 2007; Hohenegger i sur., 2009; Filipescu, 2001; Ćorić i sur., 2009, Pavelić, 2001), a novijim istraživanjima (Kiss i sur., 2023, Wade i sur., 2011) prepoznat je kao globalni marker nakon kojeg se sastav zajednica značajno mijenja, pada globalna razina mora i slijedi globalni porast $\delta^{18}O$ vrijednosti čime se definira početak MMCT-a (Holbourn i sur., 2015; Zachos i sur., 2008). U Paratetisu ovaj događaj označava postupan početak izolacije bazena te promjene u cirkulaciji i salinitetu (Harzhauser i sur., 2024).

Promjena u sastavu zajednica planktonskih foraminifera, zamjena zajednice pokazatelja toplih mora, zajednicom pokazatelja hladnih mora, zabilježena je u uzorku SP7-48 (sl., 13A, B, 21) i može se povezati s kratkotrajnim događajem zahlađenja (Mi-3b) zabilježenim na čitavom prostoru Paratetisa (Gonera i sur., 2000; Hudáčkova i Spezzaferri, 2002; Jiménez-Moreno i sur., 2005; Báldi, 2006; Harzhauser i Piller, 2007). Slični prijelazi prema hladnijim i produktivnijim uvjetima opisani su u Karpatskom bazenu i Gornjošleskom bazenu, gdje su porast vrijednosti $\delta^{18}O$ i promjene planktonske faune interpretirani kao posljedica zahlađenja, promjena saliniteta i postupne izolacije bazena neposredno prije BSC-a (Gonera i Bukowski, 2012; Peryt, 2013; Bukowski i sur., 2014). Pad morske razine, kao jedna od karakteristika MMCT-a (Holbourn i sur., 2015; Zachos i sur., 2008, Holcová, 2017) zabilježen je i u istraživanim naslagama (izračunate dubine ispod 200 metara nakon uzorka SP7-44, sl. 10), omogućio je proširenje plitkomorskih okoliša koje prekrivaju morske trave, a staništa su bentičkih foraminifera poput vrsta *B. planorbis*, *Elphidium* spp. i *A. mammilla* (Holcová, 2017).

Slični šelfni okoliši tijekom srednjeg i gornjeg badena postojali su i na drugim lokalitetima Središnjeg Paratetisa. U SHB-u, istraživane badenske naslage na području Papuka, Psunja i Požeške gore, dokumentiraju prijelaz od dubljih laporovitih i glinovitih facijesa prema plićim biokalkarenitima, konglomeratima i karbonatnim facijesima bogatima školjkašima, mahovnjacima i algama, što upućuje na postupno oplićavanje nakon transgresivnih faza (Kovačić i Pavelić, 2017; Pavelić i Kovačić, 2018). Sličan razvoj utvrđen je i na Medvednici, gdje je transgresivno-regresivni razvoj badenskiih naslaga kontroliran paleoreljefom, promjenama morske razine i lokalnom tektonikom (Bošnjak, 2017). U Bečkom bazenu, osobito na području Devínske Kobile i Sandberga, gornjobadenske naslage predstavljaju plitkovodne litoralne okoliše i okoliše unutrašnjeg šelfa s konglomeratima, pijescima, bioklastičnim vapnencima i karbonatnim facijesima s crvenim algama (Hyžný i sur., 2012; Jamrich i sur., 2024). Novija istraživanja ističu razvoj litotamnijskih biohermi, algalnih grebena i algalnih „tepiha“, što potvrđuje plitke, dobro osvijetljene šelfne uvjete, ali i povremene promjene okoliša povezane s donosom siliciklastičnog materijala i lokalnom cirkulacijom (Jamrich i sur., 2024). Podaci iz rubnih bazena, primjerice Slovenj Gradec bazena, dodatno pokazuju da je oplićavanje u zapadnom dijelu Središnjeg Paratetisa bilo uvjetovano lokalnom tektonikom, zatvaranjem bazena i razvojem ograničenih okoliša s povećanim udjelom organske tvari i ugljenim slojevima (Ivančič i sur., 2018). Slično tome, miliolidne i epifitske foraminiferske zajednice kasnog badena i sarmata upućuju na česte okoliše unutrašnjeg šelfa, lagunske i vegetacijom obrasle okoliše s promjenjivim salinitetom (Babejová-Kmecová i sur., 2022, 2024). Aridifikacija je uzrokovala povećanje saliniteta površinskog sloja što je omogućilo stvaranje *downwelling* cirkulacije i dobro izmiješanog vodenog stupca, kao što se i očekuju tijekom MMCT događaja (Holcová, 2017; Harzhauser i sur., 2024). Stoga, mlađi dio bušotine Striježevica odražava prijelaz prema hladnijim, aridnijim i restriktivnijim uvjetima, usporedivima s promjenama zabilježenima u Gornjošleskom, Karpatskom bazenu i drugim dijelovima Središnjeg Paratetisa prije BSC-a (Gonera i Bukowski, 2012; Bukowski i sur., 2014; Piller i sur., 2007). Uz nastavak trenda oplićavanja karakterističnog za srednji baden (Báldi i sur., 2002; Mandic i sur. 2019c) u uzorku SP7-65 udio gipsa (Martinčević Lazar, 2020) može upućivati na utjecaj evaporitnih, restriktivnih uvjeta unutar bušotine. Pojava gipsa mogla bi se povezati s BSC događajem taloženja evaporita u Središnjem Paratetisu.

Paleoklimatska rekonstrukcija bušotine Striježevica pokazuje tri glavne faze. Prva faza obuhvaća topliji i humidniji interval s pojačanim riječnim donosom, visokom produktivnošću i sezonskim *upwellingom*. Druga faza odgovara toplim, stabilnijim i stratificiranim uvjetima tijekom kojih se javlja *Orbulina bloom*, usporediv s brojnim lokalitetima Središnjeg Paratetisa. Treća faza obilježena je zahlađenjem, padom morske razine, aridifikacijom, porastom saliniteta, oplićavanjem i mogućim razvojem restriktivnih uvjeta. Takav slijed pokazuje da se naslage bušotine Striježevica dobro uklapaju u regionalni klimatsko-oceanografski razvoj Središnjeg Paratetisa tijekom srednjeg miocena, no lokalna sedimentacija je dodatno bila pod utjecajem lokalnih paleogeografskih uvjeta SHB-a, donosom slatke vode i nutrijenata, promjenama saliniteta te stupnjem povezanosti s otvorenim marinskim prostorima.

6.3. Rekonstrukcija paleookoliša

Na temelju zajedničke interpretacije foraminiferskih, ostrakodnih, palinoloških i nanoplanktonskih zajednica zajedno s izotopnim, mineraloškim i geokemijskim pokazateljima, izdvojene su četiri glavne paleookolišne faze. One odražavaju prijelaz od eutrofičnih, dubljevodnih okoliša vanjskog šelfa, preko transgresivne faze otvorenog vanjskog šelfa do postupnog oplićavanja i razvoja miješanih siliciklastično-karbonatnih okoliša. Takav razvoj dobro se uklapa u regionalnu evoluciju Središnjeg Paratetisa tijekom badena, obilježenu transgresivno-regresivnim ciklusima, promjenama povezanosti sa Sredozemnim morem, vulkanskom aktivnošću, klimatskim zahlađenjem tijekom MMCT-a i lokalnim tektonskim i paleogeografskim razlikama među bazenima.

FAZA A. EUTROFIČNI OKOLIŠI VANJSKOG ŠELFA (SP7-4 DO SP7-17, DONJI/SREDNJI BADEN)

Donji, stariji dio sukcesije Striježevica taložen je u dubljevodnom okolišu u kojem je postojao donos materijala s kopna, što podrazumijeva veću koncentraciju nutrijenata. Određena paleodubine su oko 330 metara (sl. 23), što je u skladu s visokim omjerom plankton/bentos (P/B≥80%, sl. 23). Vrsta dinociste *N. labyrinthus* (sl. 18), kozmopolitske pučinske vrste (Zonneveld i sur., 2013), kao i povišen udio globorotalia (*G. bykovae* i *J. transsylvanica,* sl. 13A) u zajednici planktonskih foraminifera idu u prilog takvoj interpretaciji.

Nadalje, visoke vrijednosti Fisher α indeksa (sl. 8C), kao i izostanak brakičnih i slatkovodnih ostrakoda ukazuju na okoliš normalnog saliniteta.

Eutrofični okoliš, tipičan za *upwelling* zonu u donjem dijelu stupa dokazan je dominacijom indikatora visoke koncentracije nutrijenata poput vrsta *C*. *pelagicus* (sl. 17A) i *T. quinqueloba* (Hudáčková i sur., 2020, sl. 13A). Veća zastupljenost planktonskih vrsta *G. bykovae*, *J. transsylvanica* i *Paragloborotalia mayeri* zabilježena u Bečkom bazenu (Rupp i Hohenegger, 2008) te u poljskom dijelu Karpatskog bazena (Gonera, 2013) upućuje na zahlađenje tijekom MCO intervala, što možemo povezati s *upwellingom* (Kranner i sur., 2021a). Povećana produktivnost površinskog sloja dokazana je i mješovitom zajednicom planktonskih foraminifera, podjednako zastupljenim pokazateljima toplih i hladnih mora (*G. bulloides*, *G*. *praebulloides*, *G*. *falconensis* i *G*. *tarchanensis*, Holcová i sur., 2019a) uz izrazito negativne vrijednosti kisikovih izotopa (-2.8 (SP7-10) do -5.3 (SP7-17), sl. 15). More bogato nutrijentima omogućuje cvjetanje fitoplanktona, kao i njegovo propadanje/razgradnju zbog čega pridnene vode postaju bogate organskom tvari te zajednicom foraminifera dominiraju infaunske vrste (bolivina, bulimina i *Cassidulina),* koje toleriraju disoksične uvjete (Hudáčková i sur., 2020), dok manjak kisika u sedimentu i na granici voda/sediment potvrđuju cibicidoidesi.

Zajednica planktonskih foraminifera također potvrđuje dubljemorske okoliše. Vrste *Trilobatus* spp., *Praeorbulina* spp., *T*. *bisphericus*, *T*. *quadrilobatus* i *T*. trilobus, tipične su vrste otvorenog mora (Vlček i sur., 2020). Značajan udio indikatora visokog udjela nutrijenata i markeri obilja fitodetritusa (*Globocassidulina,* sl. 8A) u donjem dijelu sukcesije dokaz su znatnog donosa s kopna, što potvrđuju i više vrijednosti omjera SiO_2/Al_2O_3 (najviše vrijednost u uzorku SP7-3, tablica 1). Pojačan unos može biti posljedica povećane precipitacije, odnosno obilnih kiša (Vlček i sur., 2020) koje ispiru naslage na kopnu. Obilje nutrijenata potvrđuju brojne jedinke *Spiniferites* i *Achomosphaera* te vrste *L. machaerophorum* (Zonneveld i sur., 2013, sl. 18). S druge strane, značajna zastupljenost nanoplanktonskih vrsta *R. galovicorum* i *C. pelagicus* (sl. 17A, Wade i Brown, 2006; Cachão i Moita, 2000), dokumentira sezonski karakter unosa nutrijenata i eutrofični režim. To će sve pogodovati brojnosti fitoplanktona, što dovodi do obilja vrste *G. subglobosa* u donjem dijelu sukcesije (do uzorka SP7-9, sl. 8A).

Velika zastupljenost bentičkih foraminifera *M. pompilioides*, *N. commune* i *Uvigerina* spp. (sl. 8A) potvrđuje postojanje obilja organske tvari na morskom dnu. Redoks pokazatelji (Th/U iznosi 0.7 u uzorku SP7-3, tablica 1) zajedno s izračunatim indeksima količine otopljenog

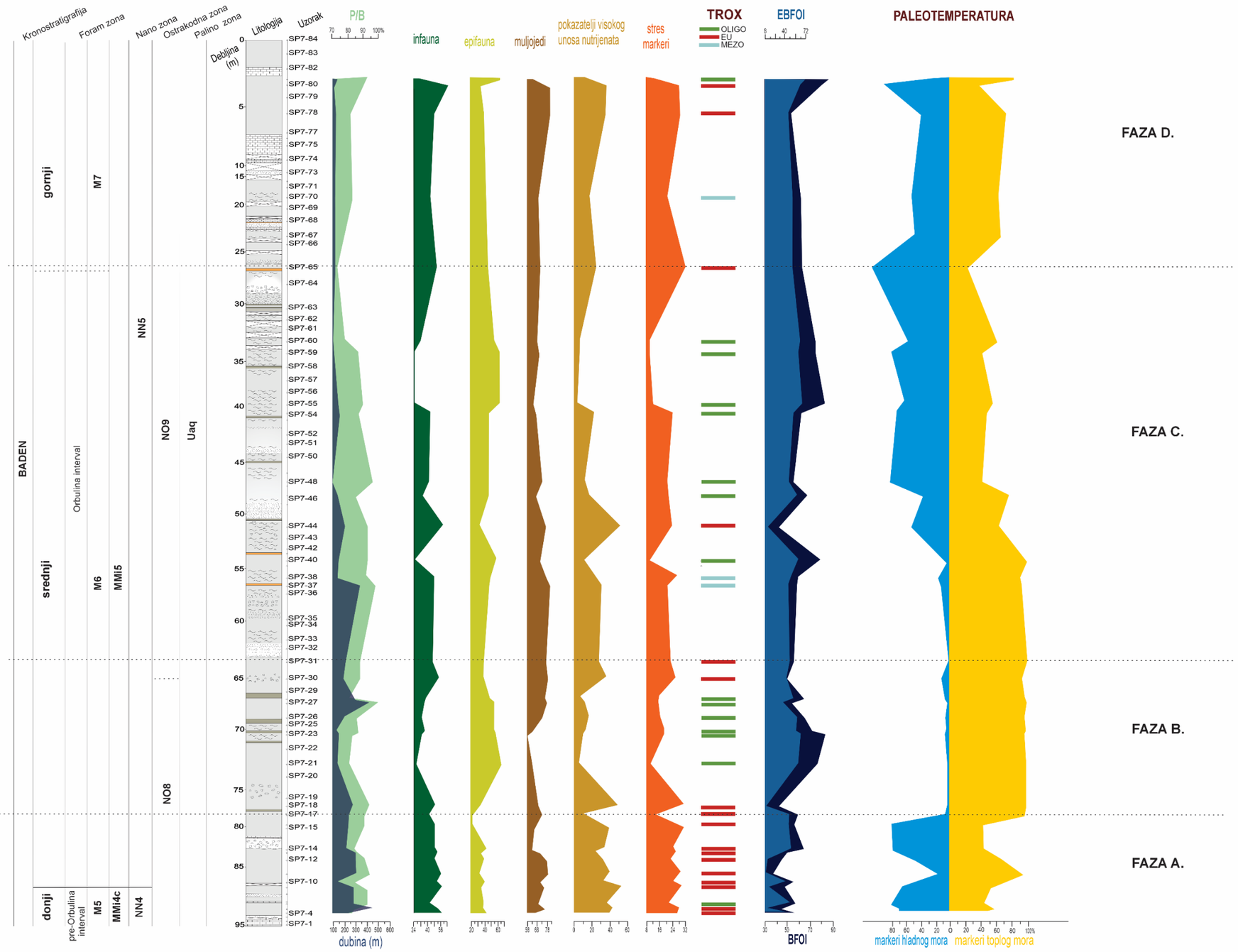
kisika, BFOI i EBFOI (od 37 i 9 u uzorku SP7-11 do 65 i 49 u uzorku SP7-14, sl. 8B) ukazuju na smanjenu količinu otopljenog kisika na dnu. Izražena dominacija pojedinih bentičkih foraminifera (npr. bulimina, od 5% u uzorku SP7-14 do 32% u uzorku SP7-9) popraćena je padom vrijednosti Shannon-Wienerovog i Simpsonovog indeksa, kao i indeksa ujednačenosti (sl. 8C). Smanjene vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa povezuju se s povećanim stresom u okolišu (Peryt, 2013).

Povremeno su postojale promjene u količini nutrijenata, vjerojatno zbog promjene donosa s kopna. Brojne jedinke *Dentoglobigerina* spp. (uzorak SP7-12, sl. 13B) te značajni udio *R. minuta* (sl. 17) karakteristika su nestabilnog, eutrofičnog okoliša s promjenama u količini nutrijenata i stratifikacije (Hudáčkova i sur., 2020; Holcova i sur., 2019a, b; Wade i Brown, 2006). Ovakva zajednica prethodi transgresiji (iznad uzorka SP7-14), a interpretaciju podupiru i indeksi zajednice bentičkih foraminifera (pad vrijednosti indeksa dominacije te istovremeni porast vrijednosti Shannon-Wienerov indeksa i indeksa ujednačenosti, sl. 8C) koji upućuju na uspostavu stabilnih, dubljevodnih okoliša karakterističnih za transgresivnu fazu.

FAZA B. OKOLIŠ OTVORENOG VANJSKOG ŠELFA (SP7-18 DO SP7-31, SREDNJI BADEN)

Tijekom langhija, područje Središnjeg Paratetisa zahvatila je druga transgresija (TB. 2.4, Kováč i sur., 2007; Hohenegger i sur., 2014). More je preplavilo ogromno područje Paratetisa, šireći se od SHB-a preko Bečkog i Dunavskog bazena pa sve do Istočno-slovačkog i Transilvanijskog te Karpatskog bazena (Kováč i sur., 2007; Ćorić i sur., 2009; Brlek i sur., 2016; Marković i sur., 2021; Kopecká i sur., 2022; Sremac i sur., 2022). Istovremena pojava *O. suturalis i S. heteromorphus,* uz odsutnost *H. waltrans,* karakteristično je biostratigrafsko obilježje transgresije zabilježene na brojnim lokalitetima Središnjeg Paratetisa (Mandic i sur., 2019b, c). Masovna pojava toplovodnih planktonskih vrsta, orbulina (*Orbulina bloom*), kao i prvi nalazi vrste *V. indigena* (sl. 13B) ukazuju na pučinske uvjete i dobru povezanost sa Sredozemnim morem (Peryt, 2013; Hohenegger i sur., 2014). Zajednicom bentičkih foraminifera dominiraju *Cibicidoides* spp., *Elphidium* spp., *H. dutemplei*, *Lenticulina* spp., *A. mammilla,* sl. 8A), dok je udio indikatora visokog unosa nutrijenata vrlo nizak (ispod 12%, sl. 8B, 22). Navedene osobine zajednice sugeriraju stabilnu i raznoliku zajednicu na dobro prozračenom morskom dnu. Ipak, prema vrhu intervala (uzorci SP7-27 i 28, sl. 8C) uočava se trend rasta vrijednosti indeksa dominacije, dok vrijednosti Shannon-Wienerovog,

Simpsonovog indeksa, kao i indeksa ujednačenosti padaju. Pad vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa ispod 2 (sl. 8C), u vršnoj (najmlađoj) fazi ovog intervala ukazuje na selektivnu dominaciju nekoliko tolerantnih vrsta (Peryt, 2013), unatoč tome što je zabilježen najveći P/B omjer (98% u uzorku SP7-27, sl. 10, 22). Na postojanje oligotrofičnih, oligofotičnih uvjeta ukazuju brojne jedinke roda *Amphistegina* sp. (Mandic i sur., 2019b) koje se pojavljuju u istraženim intervalima, osobito u SP7-21 do SP7-24, -31, -44 i SP7-54 do SP7-60, s maksimumom u SP7-59 (sl. 8A).



Slika 22. Objedinjeni prikaz rezultata kronostratigrafije, litologije bušotine Striježevica zajedno s dubinom, načinom života, markerima visokog unosa nutrijenata, stres markerima, TROX klasifikacijom te krivuljama vrijednosti kisikovog i ugljikovog izotopa.

FAZA C. ŠELFNI OKOLIŠ POD UTJECAJEM VULKANSKE AKTIVNOSTI (SP7-37-SP7-65, SREDNJI BADEN)

Glavno obilježje ovog okoliša očituje se u nestabilnosti, s čestim epizodama povećane primarne produktivnosti, razvoja stratificiranog vodenog stupca te progresivnim trendom oplićavanja. Mineraloške analize utvrdile su znatan udio smektita u tri sukcesivna maksimuma (SP7-37, -41 i -65, tablica 3), što se povezuje s regionalnom vulkanskom aktivnošću. Uzorci SP7-22, -66 i -69 razlikuju se od smektitom bogatih uzoraka SP7-37, -41 i -65 po većem udjelu karbonata. U netopivom ostatku ovih uzoraka identificirani su dolomit te karbonatna faza određena kao Ca-dolomit odnosno ankerit, što ukazuje na promjene u karbonatnoj sedimentaciji i dijagenezi tijekom taloženja. Smatra se da je uočeni eutrofikacijski trend rezultat oslobađanja vulkanskog pepela koji je obogatio morsku vodu nutrijentima. Vulkanska aktivnost tijekom srednjeg miocena bila je široko rasprostranjena u Središnjem Paratetisu (Holcová i sur., 2019a; Hudáčkova i sur., 2020; Rybár i sur., 2024), uključujući i SHB (Brlek i sur., 2020; Marković i sur., 2021; Trinajstić i sur., 2023). U uzorcima SP7-37, 38, 44 i 65 površinski sloj karakteriziraju oligotrofični uvjeti s dominacijom vrsta *Orbulina* sp. i *Trilobus* spp. (sl. 13A, B), dok na morskom dnu vladaju eutrofični uvjeti. Visok udio indikatora visokog unosa nutrijenata, koji u uzorku SP7-44 dosežu maksimum od 51% (sl. 8B, 22) te prisutnost indikatora primarne produkcije, poput *G. pyrula* (sl. 8A), zajedno s pokazateljima suboksičnih uvjeta (sl. 8B, 22), sugeriraju stabilne uvjete na morskom dnu i specifične uvjete na površini tijekom taloženja naslaga u ovom dijelu sukcesije. Unutar uzorka SP7-48 zabilježena je i promjena u sastavu zajednice planktonskih foraminifera (sl. 13A, B, 22), kojom počinju prevladavati vrste markeri hladnog mora. Promjena se može korelirati s kratkotrajnim periodom zahlađenja (Mi-3b) tijekom MMCT intervala, što je zabilježeno u naslagama sjeverne Bosne te Srbiji (Pezelj i sur., 2013; Peryt, 2013; Mandic i sur., 2019b; Jovanović i sur., 2020, 2021; Rundić i sur., 2024). Temperaturni pad registriran je u cijelom Paratetisu promjenom foraminiferske zajednice u onu kojom dominiraju hladnovodni markeri, kao i padom raznolikosti gastropoda (Harzhauser i Piller, 2007; Peryt, 2013; Gonera i sur., 2000). Ovaj kratkotrajni period zahlađenja povezuje se s početkom BSC događaja. Dok su u brojnim bazenima Središnjeg Paratetisa tijekom BSC-a taloženi evaporiti, na južnom rubu PBS-a, primjerice u profilu Ugljevik, evaporiti nisu zabilježeni, nego je nakon kratkotrajne Mi-3b regresije uslijedila ponovna uspostava dubljih, potpuno marinskih uvjeta s vezom prema Sredozemnom moru (Mandic i sur., 2019b). Najniži omjer SiO_2/Al_2O_3 u uzorku SP7-65 (tablica 1) upućuje na minimalan donos materijala s kopna

(Vlček i sur., 2020), a viša koncentracija gipsa (tablica 3) sugerira naznake BSC-a. Mineraloški podaci dodatno podupiru izdvajanje ovog intervala kao razdoblja pojačanog vulkanogenog utjecaja. U uzorcima SP7-37, -41 i SP7-65 minerali glina predstavljaju dominantnu komponentu cjelokupnog sedimenta, a smektit je dominantan mineral u frakciji <2 μm. U SP7-41 i SP7-65 njegov udio doseže gotovo dvije trećine glinovite frakcije. Istodobno su upravo u tim uzorcima zabilježene najviše vrijednosti Ga/Rb (0,40–0,67) i najniže vrijednosti K_2O/Al_2O_3 (0,04–0,07). Takva podudarnost mineraloških i geokemijskih promjena ukazuje na promjenu karaktera siliciklastičnog materijala. S obzirom na prethodno utvrđene pokazatelje vulkanogenog utjecaja, povećani udio smektita može biti povezan s doprinosom i alteracijom vulkanogenog materijala, što je u skladu s činjenicom da smektit može nastati alteracijom vulkanskog pepela (Chamley, 1989). Istodobno, budući da na sastav minerala glina utječu i provenijencija, intenzitet trošenja i dijagenetski procesi (Lipp i sur., 2020), ovaj se signal ne može pripisati isključivo vulkanizmu.

Izuzev definiranih intervala pod utjecajem vulkanske aktivnosti, na morskom dnu prevladavaju oligotrofni uvjeti u većini uzoraka, osim u uzorcima SP7-37 i 38 gdje su procijenjeni mezotrofični uvjeti. U uzorku SP7-37 dominira duboka infauna (98%, sl. 8B, 22) čija prisutnost sugerira veliku koncentraciju organskog materijala na dnu, gdje se velika količina kisika troši na razgradnju istog (Peryt i sur., 2014) što je potvrđeno niskim vrijednostima indeksa količine otopljenog kisika (sl. 8B, 22).

Oligotrofni, visoko oksični uvjeti definirani su u uzorcima SP7-40, -55, -59, -60 na temelju dominacije epifaunalnih oblika (sl. 8B, 22), osobito vrste *A. mammilla* (sl. 8A). Udio pokazatelja visokog unosa nutrijenata je drastično smanjen (najmanja vrijednost 4% u uzorku SP7-55, sl. 8B, 22).

FAZA D. MIJEŠANO SILICIKLASTIČNO-KARBONATNI OKOLIŠ (SP7-67-SP7-81, GORNJI BADEN)

Vrhunac faze oplićavanja zabilježen je tipičnim zajednicama *Biasterigerina-Cibicidoides* i *Elphidium-Biasterigerina-Ammonia*, koje su karakteristične za plitkovodne šelfne okoliše s livadama morskih trava (Pezelj i sur., 2013, 2016; Holcová, 2017). Na oplićavanje upućuje: 1) manja prisutnost dinoflagelata *N. labyrinthus*, *U. aquaeductus* te veći udio jedinki roda *Batiacasphaera* (sl. 18, Gedl, 1996, 1997; Peryt i sur., 2024); 2) obilje nanoplanktona iz skupine

helikolita (*Helicosphaera ampliamperta*, *H. carteri*, *H. walberdorfensis,* sl. 17) (Rundić i sur., 2024), 3) najniži zabilježeni P/B omjer (73%, sl. 10, 22), 4) prisutnost plićevodnih rodova ostrakoda (*Aurila*, *Callistocythere* i *Cnestocythere);* 5) foraminiferska zajednica sastavljena od *B. planorbis*, *Elphidium* spp., *Amphistegina* spp. (sl. 8A), čestih na dnima s razvijenim morskim travama. Mala raznolikost ostrakoda u SP7-65, pojava gipsa (tablica 3) i povišeni Sr/Ba signal (tablica 1) upućuje na kratkotrajnu krizu saliniteta, vjerojatno povezanu s evaporitnom fazom tijekom BSC-a. Prema najmlađim naslagama nastavlja se trend oplićavanja, pri čemu se periodi karbonatnih facijesa (SP7-67 do 69 i SP7-78) izmjenjuju sa siliciklastičnim sekvencama (sl. 5). Karbonatne facijese karakterizira zajednica bentičkih foraminifera *Elphidium-Biasterigerina-Ammonia*, analogna onoj opisanoj na lokalitetu Borovnjak na Medvednici (Pezelj i sur., 2016). Pad vrijednosti indeksa dominacije i porast vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa i indeksa ujednačenosti (sl. 8C), korelira se s povećanim udjelom planktonske zajednice miješanog karaktera (podjednako zastupljeni markeri hladnog i toplog mora, sl. 13A, B, 22) te porastom P/B omjera (sl. 10, 22). Nabrojani parametri mogli bi ukazivati na transgresivnu fazu ciklusa TB 2.5. U najvišem dijelu intervala SP7-70 do 81, niske vrijednosti Fisher α indeksa (sl. 15) i minimalne vrijednosti Sr/Ba (tablica 1), sugeriraju uvjete smanjenog saliniteta (Peryt i sur., 2020, Wei i Algeo, 2020) iako to ostrakodnom zajednicom nije potvrđeno.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog višedisciplinarnog istraživanja srednjomiocenskih naslaga bušotine Striježevica, koje je obuhvatilo analizu planktonskih i bentičkih foraminifera, ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona, palinomorfa te stabilnih izotopa kisika i ugljika, kao i sedimentoloških, mineraloških i geokemijskih pokazatelja, doneseni su sljedeći glavni zaključci:

- Istraživana sukcesija bušotine Striježevica predstavlja razmjerno cjelovit zapis badenskih marinskih naslaga Sjevernohrvatskog bazena. Dobiveni podaci pokazuju važnost i doprinos istraživane bušotine za rekonstrukciju paleookolišne evolucije jugozapadnog dijela Panonskog bazenskog sustava i korelaciju s istovremenim naslagama Središnjeg Paratetisa.

- Biostratigrafskom analizom planktonskih foraminifera, vapnenačkog nanoplanktona, dinoflagelata i ostrakoda utvrđeno je da su naslage istraživane bušotine Striježevica taložene tijekom srednjeg miocena, odnosno od donjeg do gornjeg badena. Donji dio profila, do uzorka SP7-9, pripisan je *Praeorbulina* intervalu, odnosno M5 zoni, na temelju zajedničke pojave vrsta *Praeorbulina circularis* i *Trilobatus bisphericus* te rijetke pojave vrsta *Praeorbulina transitoria* i *Trilobatus sicanus*. Ovaj interval odgovara donjobadenskim naslagama Središnjeg Paratetisa i može se korelirati sa zonom *Praeorbulina glomerosa* u mediteranskoj biostratigrafskoj podjeli. Prva pojava vrste *Orbulina suturalis* u uzorku SP7-10 označava prijelaz u M6 zonu, odnosno *Orbulina suturalis* zonu Paratetisa, što predstavlja važan marker prijelaza iz donjeg u srednji baden. Starost dobivena na temelju planktonskih foraminifera potvrđena je vapnenačkim nanoplanktonom: kontinuirana prisutnost vrste *Sphenolithus heteromorphus* i zadnja učestala pojava vrste *Helicosphaera waltrans* u uzorku SP7-17 upućuju na nanoplanktonske zone NN4–NN5, odnosno na dominantnu pripadnost NN5 zoni. Palinostratigrafski podaci, osobito prisutnost vrsta *Unipontidinium aquaeductus*, *Cerebrocysta poulsenii*, *Operculodinium borgerholtense* i *Cribroperidinium tenuitabulatum*, omogućuju korelaciju s Uaq intervalnom zonom,

karakterističnom za srednji miocen i približno vezanom za interval oko granice langhij–seravalij. Ostrakodna zajednica potvrđuje pripadnost badenskim zajednicama SHB-a, osobito usporedbom s naslagama Vejalnica formacije. Prisutnost vrsta *Henryhowella asperrima*, *Cytherella* cf. *vulgata*, *Parakrithe* cf. *dactylomorpha*, *Aurila* cf. *haueri* i *Cnestocythere lamellicosta* ukazuje na pripadnost srednjobadenskim do gornjobadenskim marinskim zajednicama, koje se u regionalnoj ostrakodnoj zonaciji Središnjeg Paratetisa mogu povezati prvenstveno s ostrakodnim zonama NO8 (*Eocytheropteron inflatum – Falunia spinulosa*) i dijelom NO9 (*Paijenborchella laskarevi – Neocyprideis sarmatica elongata*). Integracijom svih biostratigrafskih pokazatelja zaključuje se da bušotina Striježevica obuhvaća donjobadenski *Praeorbulina* interval (M5 zona), prijelaz u srednjebadenski *Orbulina suturalis* interval (M6 zona) te mlađi gornjobadenski dio sukcesije.

- Paleobatimetrijska interpretacija pokazuje da su naslage bušotine Striježevica taložene u marinskom šelfnom okolišu, uz promjene dubine koje odražavaju transgresivno-regresivnu dinamiku SHB-a tijekom badena. Visoke vrijednosti omjera planktonskih i bentičkih foraminifera, uglavnom veće od 80 %, upućuju na taloženje u okolišu gornjeg batijala, dok vrijednosti dobivene Hoheneggerovom metodom transfer funkcije pokazuju raspon od približno 103 do 579 m. Ipak, u pojedinim intervalima, osobito u donjem dijelu sukcesije, visoka produktivnost, povećan donos organske tvari, slabija oksigenacija morskog dna i dominacija infaunalnih rodova *Bolivina*, *Bulimina* i *Uvigerina* mogli su uzrokovati precjenjivanje paleodubine. Stoga se istraživanu bušotinu najpouzdanije interpretira kao okoliš vanjskog šelfa, lokalno s obilježjima prijelaza prema gornjem dijelu padine.

  Obje primijenjene metode, omjer plankton/bentos i Hoheneggerova metoda gradijenata, pokazuju isti opći trend promjene dubine. Donji dio sukcesije, približno od SP7-4 do SP7-14, obilježen je dubljevodnijim uvjetima i slabijom ventilacijom morskog dna. U intervalu SP7-15 do SP7-28 zabilježen je porast dubine, odnosno transgresivna faza, pri čemu uzorci SP7-27 i SP7-28 predstavljaju najdublji i najstabilniji dio profila. Od uzorka SP7-30 prema vršnom dijelu bušotine slijedi postupno oplićavanje, koje je u najmlađem dijelu sukcesije dodatno potvrđeno povećanom zastupljenošću plićevodnih šelfnih zajednica, uključujući foraminifere i ostrakode vezane uz karbonatne podloge i staništa morskih trava. Prisutnost dubljevodnih ostrakoda, poput

rodova *Krithe*, *Henryhowella*, *Bathocypris* i *Cytherella*, potvrđuje utjecaj stabilnijih, dubljih i niskoenergetskih uvjeta, dok nalaz plićevodnih elemenata upućuje na povremeni donos materijala iz plićih dijelova šelfa. Paleobatimetrijska evolucija bušotine Striježevica obilježena je prijelazom iz relativno dubljeg, slabije ventiliranog šelfnog okoliša, preko transgresivnog maksimuma, prema postupnom oplićavanju i razvoju plićih, bolje osvijetljenih šelfnih okoliša u gornjem dijelu sukcesije.

- Promjene u dostupnosti nutrijenata i trofičnosti tijekom taloženja naslaga bušotine Striježevica pokazuju prijelaz od eutrofnih prema oligotrofnijim uvjetima, uz povremene epizode ponovne eutrofikacije u mlađem dijelu sukcesije. Donji dio profila obilježen je povećanim donosom organske tvari i nutrijenata na morsko dno, na što upućuju dominacija muljojeda, visok udio infaunalnih bentičkih foraminifera te povećana zastupljenost rodova *Bolivina*, *Bulimina*, *Uvigerina*, *Melonis*, *Valvulineria* i *Globocassidulina*. Takav sastav zajednice ukazuje na eutrofične uvjete, pojačanu primarnu produkciju i slabiju ventilaciju pridnenih voda, u skladu s TROX modelom. Povećana produktivnost vjerojatno je bila povezana s pojačanim donosom nutrijenata s kopna, sezonskim miješanjem vodenog stupca i/ili *upwellingom*, što dodatno potvrđuju planktonske foraminifere povezane s produktivnim površinskim vodama. U središnjem dijelu sukcesije smanjuje se udio pokazatelja visokog unosa nutrijenata, a povećava zastupljenost epifaunalnih oblika, osobito vrste *Amphistegina mammilla*, što upućuje na stabilnije, bolje oksigenirane i oligotrofnije šelfne uvjete. U mlađem dijelu profila trofični uvjeti ponovno postaju promjenjivi: izmjenjuju se oligotrofne faze s dobro oksigeniranim morskim dnom i kratkotrajne eutrofne epizode, osobito u intervalima s povećanim udjelom duboke infaune i pokazatelja visokog unosa nutrijenata Takav razvoj pokazuje da trofičnost u bušotini Striježevica nije bila kontrolirana samo dubinom, nego međudjelovanjem primarne produkcije, terigenog i mogućeg vulkanoklastičnog donosa nutrijenata, ventilacije morskog dna i regionalnih promjena u Središnjem Paratetisu tijekom badena.

- Na temelju integrirane interpretacije izdvojene su četiri glavne paleookolišne faze razvoja bušotine Striježevica. Prva faza obuhvaća eutrofične okoliše vanjskog šelfa s povećanim donosom nutrijenata i smanjenom oksigenacijom dna. Druga faza

odgovara transgresivnom, otvorenijem i stabilnijem marinskom okolišu s toplim i stratificiranim vodenim stupcem. Treća faza obilježena je povećanom okolišnom nestabilnošću, epizodama eutrofikacije i mogućim utjecajem vulkanske aktivnosti. Četvrta faza odražava postupno oplićavanje, razvoj miješanih siliciklastično-karbonatnih okoliša i pojavu restriktivnijih uvjeta u završnom dijelu sukcesije.

- Paleookolišna evolucija zabilježena u bušotini Striježevica rezultat je međudjelovanja regionalnih i lokalnih čimbenika. Regionalni čimbenici uključuju transgresivno-regresivne cikluse Središnjeg Paratetisa, promjene povezanosti sa Sredozemnim morem, srednjomiocenski klimatski optimum, srednjomiocenski klimatski prijelaz, vulkansku aktivnost i razvoj restriktivnih uvjeta povezanih s badenskom solnom krizom. Lokalni čimbenici uključuju paleogeografski položaj SHB-a, donos terigenog i slatkovodnog materijala te povremeno pretaloživanje plitkovodnih mikrofosilnih zajednica u dublje dijelove bazena.

- Rezultati ove disertacije potvrđuju da integracija mikropaleontoloških, sedimentoloških, izotopnih, mineraloških i geokemijskih podataka omogućuje pouzdanu i visokorezolucijsku rekonstrukciju badenskih paleookoliša. Bušotina Striježevica pokazuje prijelaz od produktivnih i slabije ventiliranih dubljevodnih okoliša, preko stabilnijih i toplijih transgresivnih uvjeta do postupnog oplićavanja i povećane restrikcije bazena. Time istraživana sukcesija predstavlja važan zapis okolišnih promjena u SHB-u i doprinosi boljem razumijevanju srednjomiocenske evolucije Središnjeg Paratetisa.

8. EXTENDED SUMMARY

The research presented in this dissertation involves a multidisciplinary analysis of Middle Miocene deposits from the Striježevica core in the North Croatian Basin (NCB). The main objective was to reconstruct Badenian palaeoenvironmental conditions in this part of the Central Paratethys. The study integrates data from analyses of benthic and planktonic foraminifera, ostracods, calcareous nannoplankton, and palynomorphs, along with stable carbon and oxygen isotope analyses, as well as sedimentological and geochemical data. This multidisciplinary approach enabled a detailed reconstruction of changes in palaeodepth, trophic conditions, oxygenation, palaeotemperature, salinity and palaeoclimate during the deposition of the Striježevica borehole succession.

Biostratigraphic analysis indicates that deposition occurred from the Lower to Upper Badenian. The lower part of the succession is characterised by the co-occurrence of the planktonic foraminiferal species *Praeorbulina circularis* and *Trilobatus bisphericus*, with rare occurrences of *T. sicanus* and *P. transitoria*. This assemblage corresponds to the planktonic *Praeorbulina glomerosa* Zone and the calcareous nannoplankton NN5 Zone (Raffi et al., 2020). The first occurrence of *Orbulina suturalis* (14.56 Ma, Abdul Aziz et al., 2008; Di Stefano et al., 2008) marks the beginning of the Middle Badenian, corresponding to the Orbulina suturalis Interval Zone. The continuous presence of *Sphenolithus heteromorphus* throughout the core further confirms its age within the NN5 zone and, alongside the occurrence of *Velapertina indigena*, may indicate an Upper Badenian age or the NN6 zone in the upper part of the succession. Dinoflagellate cyst assemblages support this proposed age, while the ostracod assemblage shows a clear affinity with assemblages from other parts of the NCB (Hajek-Tadesse, 2006; Hajek-Tadesse and Prtoljan, 2011).

The results of paleobathimetric analysis suggest that the depositional environment ranged from the outer shelf to the upper slope. The high planktonic/benthic ratio, with P/B values generally exceeding 80%, indicates water depths greater than 120 m (Murray, 2006). Estimates based on Hohenegger's transfer function model (Hohenegger, 2005) indicate depths ranging from approximately 100 to nearly 580 meters. The dominance of infaunal foraminifera, which tolerate low oxygen concentrations, may have led to an overestimation

of paleodepth values in a few samples. However, all methods applied indicate the same general trend: a deeper-water environment in the lower, older part of the succession; maximum transgression in the middle part; and gradual shallowing in the upper, younger part. The deep-marine character of the depositional environment is further supported by ostracod taxa such as *Krithe* spp., *Henryhowella asperrima*, and *Bathocypris* sp., alongside the dinocyst species *Nematosphaeropsis labyrinthus*. The presence of shallow-water ostracods, foraminifera, and dinocysts suggests occasional transport of material from shallower parts of the basin.

Changes in trophic conditions and dissolved oxygen levels were observed throughout the succession. The lower, older part of the borehole is characterised by eutrophic conditions, increased organic matter input, and enhanced nutrient supply to the seafloor. The dominance of infaunal foraminifera, particularly buliminids, bolivinids, and uvigerinids, together with low dissolved oxygen index values and the presence of framboidal pyrite, indicates suboxic conditions at the sediment-water interface (Jorissen et al., 1995; Hudáčková et al., 2020; Kranner et al., 2021a). High primary productivity in the surface waters was likely related to upwelling and/or freshwater input, as indicated by planktonic foraminiferal assemblages rich in *Globigerina bulloides*, *G. praebulloides*, and *Turborotalia quinqueloba*, as well as variations in carbon isotope values. Such assemblages are typical of environments characterised by strong water-column mixing and abundant phytoplankton in surface waters. This interpretation is further supported by the highest proportion of *Globocassidulina subglobosa* recorded in the succession. The presence of dinocysts such as *Spiniferites* and *Achomosphaera*, alongside *Lingulodinium machaerophorum* (Zonneveld et al., 2013), and the high abundance of calcareous nannoplankton species *Reticulofenestra galovicorum* and *Coccolithus pelagicus*, further supports the interpretation of a eutrophic environment with a possible riverine nutrient influx (Wade and Bown, 2006; Cachão and Moita, 2000).

The more stable part of the borehole succession was deposited under oligotrophic conditions, as indicated by the dominance of epifaunal forms, particularly *Amphistegina mammilla* (Langer and Hottinger, 2000; El Kateb et al., 2018), and the high abundance of orbulinids within the planktonic foraminiferal assemblage. The composition of these assemblages suggests warm marine conditions and a stratified, stable water column, corresponding to the Miocene Climatic Optimum (MCO). The low proportion of high-nutrient indicators, combined

with increased diversity of benthic assemblages, suggests a decreased input of organic matter to the seafloor and more stable environmental conditions.

In the upper, younger section of the succession, trophic conditions became more variable, leading to increased environmental instability. The interval above sample SP7-37 is characterised by frequent alternations between oligotrophic and eutrophic episodes, which are reflected in the changing composition of benthic and planktonic foraminiferal assemblages. Several samples display a higher abundance of high-nutrient indicators, particularly *Globobulimina pyrula*, *Bolivina* spp., and *Uvigerina* spp. This indicates an increase in organic matter accumulation on the seafloor and reduced oxygen availability, as supported by the high proportion of deep infaunal taxa. Volcanic activity, observed throughout the Paratethys, may have contributed to this trophic instability. Increased proportions of smectite and volcaniclastic material in certain intervals suggest that volcanic ash may have served as a source of nutrients in the marine environment. A similar relationship between volcanic activity and eutrophication has also been documented in other regions of the Paratethys (Hudáčková et al., 2020; Holcová et al., 2019a).

Changes in the planktonic foraminiferal assemblages also point to instability in the upper, younger part of the succession. After sample SP7-48, the warm-water orbulinid assemblage was replaced by an assemblage dominated by cold-water indicators, such as globigerinids. This shift may have been driven by intensified vertical mixing of the water column during the Middle Miocene Climate Transition (MMCT).

The trophic evolution observed in the Striježevica borehole reveals a transition from eutrophic conditions during the Lower Badenian, through an oligotrophic and stratified phase during the Middle Badenian, and then to alternating eutrophic and oligotrophic episodes during the Upper Badenian. These changes align with broader regional patterns observed in the Central Paratethys during the Middle Miocene, where climate change, sea-level fluctuations, volcanic activity, and the gradual isolation of the Paratethys played key roles in controlling trophic conditions and seafloor ventilation. The eutrophic conditions recorded in the lower part of the Striježevica borehole during the Lower Badenian were characterised by the dominance of infaunal taxa such as uvigerinids, bolivinids, and buliminids, a higher abundance of high-nutrient indicators, and reduced dissolved oxygen levels at the seafloor. These conditions closely resemble environments described in the Vienna, Carpathian, and

Transylvanian Basins. In the Vienna Basin, Rögl and Spezzaferri (2002) and Hohenegger et al. (2009) identified Lower Badenian eutrophic conditions marked by increased primary productivity and seasonal upwelling, accompanied by the dominance of uvigerinids, bolivinids, and buliminids. Similar assemblages have been noted in the Polish part of the Carpathian Basin, where Gonera (2013) and Peryt (2013) attributed increased productivity to enhanced water-mass circulation and nutrient input during the MCO. Increased productivity and eutrophic conditions during the Lower Badenian in the Paratethys are often considered a consequence of seasonal upwelling and intensified water-column mixing under the warm climate regime of the MCO (Holcová et al., 2015, 2019; Kranner et al., 2021a). In the studied deposits, these conditions are indicated by the co-occurrence of warm-water and cold-water planktonic foraminifera, the high abundance of *G*. *bulloides* and *T*. *quinqueloba*, and notably negative oxygen isotope values, resembling patterns recorded in the Vienna and East Slovak Basins (Kováčová and Hudáčková, 2009; Hudáčková et al., 2020). Holcová et al. (2019) proposed that eutrophic conditions were widespread throughout the Paratethys during the Lower Badenian, linked to intensified circulation between the Mediterranean and the Paratethys, which facilitated nutrient supply and the development of productive surface waters.

The middle part of the borehole is characterised by a more stable, oligotrophic environment dominated by epifaunal benthic foraminifera and warm-water planktonic foraminifera. This aligns with the Middle Badenian maximum transgression observed throughout the entire Central Paratethys. In the Vienna Basin, Hohenegger et al. (2009) and Kranner et al. (2021a) documented the formation of a stable open-marine environment, marked by the dominance of orbulinids and large benthic foraminifera, particularly the genus *Amphistegina*. Such conditions are associated with warm, oligotrophic seas during the peak of the MCO. Similar environments have also been observed in the Transylvanian Basin (Filipescu, 2001) and the Carpathian Basin (Peryt, 2013), where the prevalence of orbulinids indicates the regionally recognisable Orbulina bloom event.

The youngest, upper part of the succession exhibits highly variable trophic conditions, reflecting regional environmental changes that occurred during the Middle Miocene Climate Transition (MMCT). After the sample SP7-48, there was a sudden increase in cold-water planktonic foraminifera, accompanied by a decrease in orbulinids. This change in planktonic

foraminiferal assemblage is also recorded in the Vienna, Carpathian, and Tuzla basins (Gonera et al., 2000; Harzhauser and Piller, 2020; Jovanović et al., 2020; Rundić et al., 2024). Additionally, a connection between environmental eutrophication and volcanic activity in the Central Paratethys has been documented in the Vienna Basin and the Moravian region of the Paratethys (Holcová et al., 2019, 2020).

In the upper part of the succession, oligotrophic and well-oxygenated conditions were intermittently re-established, as indicated by the prevalence of epifaunal taxa and large benthic foraminifera. These oligotrophic phases have also been observed in the Vienna and Pannonian basins, and they were associated with periods of improved water-column ventilation during Middle Miocene regressive phases (Mandic et al., 2019a; Kranner et al., 2021b). In contrast to the more open areas of the Paratethys, the upper section of the Striježevica succession shows increasing signs of environmental restriction and stress, manifested through fluctuating salinity levels, reduced assemblage diversity, the occurrence of gypsum, and changes in the composition of ostracod and foraminiferal assemblages. These conditions align with the development of the Badenian Salinity Crisis (BSC), which significantly impacted the Transylvanian and Carpathian Basins (de Leeuw et al., 2010; Peryt et al., 2020).

The palaeotemperature range was estimated using analyses of planktonic foraminiferal assemblages and oxygen isotope values obtained from benthic and planktonic foraminiferal tests. The older part of the succession was formed under mixed to seasonally stratified water column conditions with upwelling, as indicated by the alternating presence of warm-water and cold-water planktonic foraminiferal species. The middle section represents the warmest and most stable interval, characterised by a clear dominance of orbulinids and very negative oxygen isotope values. After sample SP7-48, a shift in the composition of the planktonic assemblage occurred, accompanied by rising oxygen isotope values. This change corresponds with the onset of the MMCT and may be related to the regional Mi-3b cooling event (Holbourn et al., 2015; Zachos et al., 2008). The cooling trend continues toward the top of the succession, reflecting the gradual isolation of the Paratethys Sea and the beginning of BSC (Piller et al., 2007; de Leeuw et al., 2010).

Salinity changes were reconstructed by combining geochemical indicators, diversity indices, and palaeontological data. Most of the succession is characterised by normal marine conditions and good connection with the Mediterranean, as indicated by high Fisher α index

values and the absence of brackish ostracods. Short-lived episodes of elevated salinity were recorded in the upper part of the succession, particularly in sample SP7-65, where gypsum occurs, and the Sr/Ba ratio points to evaporitic conditions associated with the BSC.

The comprehensive analysis of all proxy data allowed for the identification of four palaeoenvironmental phases. The first phase corresponds to a eutrophic outer-shelf environment significantly influenced by upwelling and input of organic matter. The second phase represents a stable Middle Badenian marine environment characterised by maximum transgression and the dominance of warm-water planktonic foraminifera. The third phase is characterised by volcanic influence, increased eutrophication, and notable environmental instability during the onset of the MMCT. The fourth phase reflects a mixed carbonate–siliciclastic environment of the Upper Badenian.

The obtained data show that, during the Badenian, the NCB was strongly influenced by regional and global climatic and oceanographic events. Changes in microfossil assemblage composition, isotope values and sedimentological characteristics clearly reflect the effects of the MCO and the MMCT, as well as changes in water-mass circulation and the gradual isolation of the Paratethys. The use of a multidisciplinary approach has enabled a detailed reconstruction of palaeoenvironmental conditions and environmental dynamics, highlighting the significance of the Strižeževica borehole as a valuable record of the palaeoenvironmental evolution of the southern Central Paratethys during the Middle Miocene.

9. LITERATURA

Abdul Aziz, H., Di Stefano, A., Foresi, L.M., Hilgen, F.J., Iaccarino, S.M., Kuiper, K.F., Lirer, F., Salvatorini, G., Turco, E., 2008. Integrated stratigraphy and 40Ar/39Ar chronology of early Middle Miocene sediments from DSDP Leg 42A, Site 372 (Western Mediterranean). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 257, 123–138.

Algeo, T. J. i Maynard, J. B., 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems. Chemical Geology, 206 (3–4), 289–318. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2003.12.009

Armynot du Châtelet, E., Debenay, J.-P., Soulard, R., 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. Environmental Pollution 127(1), 27–40.

Athersuch, J., Horne, D. J. i Whittaker, J. E., 1989. Marine and Brackish Water Ostracods. Synopses of the British Fauna, New Series 43. E. J. Brill, Leiden.

Auer, G., Piller, W. E. i Harzhauser, M., 2014. High-resolution calcareous nannoplankton palaeoecology as a proxy for small-scale environmental changes in the Early Miocene. Marine Micropaleontology, 111, 53–65. https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2014.06.005

Avanić, R., 1997. Analiza facijesa srednjeg miocena jugoistočnog dijela Medvednice. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 55 str.

Avanić, R., Miknić, M., Milošević, M., Hajek-Tadesse, V., Bakrač, K., Galović, I., Pavelić, D., Sarkotić Šlat M., Brkić, M., 2022. Formacija Vejalnica (VEJ). Tumač za Požešku goru Halamić, J., Belak, M. (ur.). Zagreb, Hrvatski geološki institut, 106–111.

Babejová-Kmecová, J., Hudáčková, N., Király, E., Báldi, K., Preto, N., Bielich, M., Golej, M., 2024. Miliolid-rich assemblages in the Paratethys: Paleoenvironmental implications for Serravallian (Badenian–Sarmatian) sediments. Geologica Carpathica, 75(4), 279–299. doi: 10.31577/GeolCarp.2024.16.

Babejová-Kmecová, J., Plašienková, I., Sliva, Ľ., Halásová, E., Hlavatá Hudáčková, N., 2022. From dysoxic sea to hypersaline lagoon: paleoenvironmental changes on the Badenian/Sarmatian boundary (borehole MZ102; Vienna Basin). Acta Geologica Slovaca, 14(1), 57–70.

Bajraktarević, Z., 1983. Middle Miocene (Badenian and Lower Sarmatian) Nannofossils of Northern Croatia (Nanofosili srednjeg miocena (baden – donji sarmat) sjeverne Hrvatske).

Paleontologia Jugoslavica, 30, 5−23.

Bajraktarević, Z., 1984. Primjena mikroforaminiferskih zajednica i nanofosila u biostratigrafskoj klasifikaciji srednjeg miocena sjeverne Hrvatske. Acta geologica, 14/1 (Prir. istraž. Jugosl. akad. znan. umjetn. 49), 1−34.

Baković, N., Siemensma, F., Holzmann, M., 2025. Two new freshwater foraminiferal species (SAR, Rhizaria) from Dinaric karst caves (southeastern Europe). European Journal of Protistology, article 126172. doi: 10.1016/j.ejop.2025.126172.

Bakrač, K., 2005. Palinološka karakterizacija naslaga srednjeg i gornjeg miocena jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 173 str.

Bakrač, K., 1999. Palinologija pontskih naslaga Medvednice, Magistarski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.

Bakrač, K., Koch, G., Sremac, J., 2012. Middle and Late Miocene palynological biozonation of the south-western part of Central Paratethys (Croatia). Geologia Croatica 65(2), 207–222.

Banak, A., Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Grizelj, A., Đuras, M., Petrinjak, K., ASTER Team, Wieser, A., Milošević, M., Pavelić, D., 2024. Mammal-bearing Pleistocene deposits, Vranić, southwestern Pannonian Basin System. Journal of Palaeogeography, 13(3), 430–452. https://doi.org/10.1016/j.jop.2024.04.001

Balen, D., Massonne, H.-J., Petrinec, Z., 2015. Collision-related Early Paleozoic evolution of a crustal fragment from the northern Gondwana margin (Slavonian Mountains, Tisia Mega-Unit, Croatia): Reconstruction of the P–T path, timing and paleotectonic implications. Lithos, 232, 211–228. doi:10.1016/j.lithos.2015.07.003

Báldi, K., Velledits, F., Ćorić, S., Lemberkovics, V., Lőrincz, K., Shevelev, M., 2017. Discovery of the Badenian evaporites inside the Carpathian Arc: Implications for global climate change and Paratethys salinity. Geologica Carpathica, 68(3), 193–206. doi:10.1515/geoca-2017-0015

Báldi, K., Hohenegger, J., 2008. Paleoecology of benthic foraminifera of the Baden-Sooss section (Badenian, Middle Miocene, Vienna Basin, Austria). Geologica Carpathica 59(5), 411–424.

Báldi, K., Benkovics, L., Sztanó, O., 2002. Badenian (Middle Miocene) basin development in SW Hungary: subsidence history based on quantitative paleobathymetry of foraminifera. International Journal of Earth Sciences. 91(3); 490–504.

Báldi K., 2006. Paleoceanography and climate of the Badenian (Middle Miocene, 16.4–13.0 Ma) in the Central Paratethys based on foraminifera and stable isotope ($\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$) evidence. Journal of Earth Science. 95,119–142.

Baranyi, V., 2023. Palinološka analiza uzoraka iz bušotine Striježevica (SP-7) (za potrebe doktorata Monike Milošević). Hrvatski geološki institut. Fond stručne dokumentacije, 20/23.

Bartol, M., Mikuž, V., Horvat, A., 2014. Palaeontological evidence of communication between the Central Paratethys and the Mediterranean in the late Badenian/early Serravalian. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 394, 144−157.

Basch, O., Brkić, M., Grizelj, A., Kovačić, M., Miknić, M., Sarkotić Šlat, M., 2022. Formacija Nova Gradiška (NGR). Tumač za Požešku goru Halamić, J., Belak, M. (ur.). Zagreb, Hrvatski geološki institut, 124-127.

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III, Aubry, M.-P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In W. A. Berggren, D. V. Kent, M.-P. Aubry, J. Hardenbol (ur.), Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation (SEPM Special Publication No. 54, pp. 129–212). SEPM Society for Sedimentary Geology. https://doi.org/10.2110/pec.95.04.0129

Berner, R. A., 1984. Sedimentary pyrite formation: An update. Geochimica et Cosmochimica Acta, 48(4), 605–615. https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90089-9

Bicchi, E., Ferrero, E., Gonera, M., 2003. Palaeoclimatic interpretation based on Middle Miocene planktonic foraminifera: the Silesia Basin (Paratethys) and Monferrato (Tethys) records. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 196(3-4), 265-303.

Boltovskoy, E., Wright, R. C. (ur.), 2013. Recent foraminifera. Springer Science & Business Media.

Boltovskoy, E., Lena, H., 1971: The foraminifera (except family Allogromiidae) which dwell in fresh water. Journal of Foraminiferal Research, 1, 71–76.

Boomer, I., Horne, D. J., Slipper, I. J., 2003. The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell? The Paleontological Society Papers, 9, 153–180. https://doi.org/10.1017/S1089332600002199

Bošnjak, M., 2017. Paleoekologija i biostratigrafija badenskih (srednjomiocenskih) naslaga Medvednice na temelju mekušaca i pratećih fosilnih organizama / Disertacija. Sremac, J.; Vrsaljko, D. (mentor). Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 214 str

Bown, P. R. (ur.), 1998. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publication Series. London: Chapman & Hall. ISBN 9780412789700.

Brand, L. E., 1994. Physiological ecology of marine coccolithophores. A. Winter & W. G. Siesser (ur.), Coccolithophores (str. 39–50). Cambridge: Cambridge University Press.

Brestenská E., Jiříček R., 1978. Ostracoden des Badenien der Zentralen Paratethys. [Badenian ostracods of the Central Paratethys]. Papp A., Cicha I., Seneš J., Steininger F. (ur.), Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Parathetys, M4 Badenien. [Chronostratigraphy and Neostratotypes, Miocene of the Central Paratethys, M4 Bedenian] SAV VEDA, Bratislava, 405-439.

Brkić, M., Jamičić, D. 1976. Izvještaj o geološkom kartiranju za Osnovnu geološku kartu SFRJ na listu Orahovica od 1971–1975 god. (Geological mapping report for the Basic Geological Map of the SFRY on the Orahovica sheet from 1971– 1975). Geološki vjesnik 29, 417–427.

Brlek, M., Kutterolf, S., Gaynor, S., Kuiper, K., Belak, M., Brčić, V., Holcová, K., Wang K-L., Bakrač, K., Hajek-Tadesse, V., Mišur, I., Horvat, M., Šuica, S.,Schaltegger, U., 2020. Miocene syn-rift evolution of the North Croatian Basin (Carpathian–Pannonian Region): new constraints from Mts. Kalnik and Požeška gora volcaniclastic record with regional implications. Journal of Earth Science 109, 2775–2800. doi: 10.1007/s00531-020-01927-4

Brlek, M., Iveša, Lj., Brčić, V., Santos, A., Ćorić, S., Milošević, M., Avanić, R., Devescovi, M., Pezelj, Đ., Mišur, I., Miknić, M., 2018. Rocky-shore unconformities marking the base of Badenian (Middle Miocene) transgressions on Mt. Medvednica basement (North Croatian Basin, Central Paratethys). Facies, 64, 25. doi:10.1007/s10347-018-0537-0

Brlek, M., Špišić, M., Brčić, V., Mišur, I., Kurečić, T., Miknić, M., Avanić, R., Vrsaljko, D., Slovenec, D., 2016. Mid-Miocene (Badenian) transgression on Mesozoic basement rocks in the Mt. Medvednica area of northern Croatia. Facies 62(3), 1–21.

Brunović, D., 2019. Morska i jezerska sedimentacija u potopljenom krškom bazenu: Taložni sustav Lošinjskoga kanala tijekom kasnog kvartara / Disertacija. Slobodan Miko (mentor), Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 355 str.

Bukowski, K., de Leeuw, A., Gonera, M., 2014. Isotopic Events Preceding the Badenian Salinity Crisis in the Central Paratethys, Middle Miocene, Poland. R. Rocha, J. Pais, J. C. Kullberg, & S. Finney (ur.), STRATI 2013. Springer Geology. Springer, Cham, pp. 837–839. doi:

10.1007/978-3-319-04364-7_157.

Bulian, F., Kouwenhoven, T.J., Andersen, N., Krijgsman, W., Sierro, F. J. 2022. Reflooding and repopulation of the Mediterranean Sea after the Messinian Salinity Crisis: Benthic foraminifera assemblages and stable isotopes of Spanish basins. Marine Micropaleontology 176, 102160.

Cachão, M., Moita, M.T., 2000. *Coccolithus pelagicus*, a productivity proxy related to moderate fronts off Western Iberia. Marine Micropaleontology 39, 131–155.

Cann, J. H. i De Deckker, P., 1981. Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) saline lakes, southern Australia. Journal of Paleontology, 55/3, 660–670.

Chamley, H., 1989. Clay Sedimentology. Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag. 623 str. ISBN: 978-3-540-50889-2. DOI: 10.1007/978-3-642-85916-8.

Cicha, I., Rögl, F., Rupp, C.,Ctyroka, J., 1998. Oligocene - Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 549, 1–153.

Clarke, K. R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology, 18(1), 117–143. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

Corliss, B. H., Chen, C., 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. Geology, 16/8, 716–719.

Ćorić, S., Galović , I., Matošević, M., 2023. New calcareous nannofossils from the middle to late Miocene of the North Croatian Basin. Central Paratethys. Journal of Nannoplankton Research 41(1), 1–12.

Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandic, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L., Vranjkovic, A., 2009. Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). Geologia Croatica 62, 31–43.

Decrouy, L., 2016. Ostracods and stable isotopes: proxies for palaeoenvironmental reconstructions. Journal of Micropalaeontology, 35, 113–133.

de Leeuw, A., Bukowski, K., Krijgsman, W., Kuiper, K. F., 2010. Age of the Badenian salinity crisis; impact of Miocene climate variability on the circum-Mediterranean region. Geology, 38(8), 715–718. https://doi.org/10.1130/G30982.1

De Verteuil, L., Norris, G., 1996. Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. Micropaleontology 42, 1–172.

Di Stefano, A., Foresi, L.M., Lirer, F., Iaccarino, S.M., Turco, E., Amore, F.O., Mazzei, R., Morabito, S., Salvatorini, G., Abdul Aziz, H., 2008. Calcareous plankton high-resolution bio-magnetostratigraphy for the Langhian of the Mediterranean area. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 114(1), 51–76.

Doláková, N., Holcová, K., Nehyba, S., Hladilová, Š., Brzobohatý, R., Zágoršek, K., Hrabovský,J., Seko, M., Utescher, T. 2014. The Badenian parastratotype at Židlochovice from the perspective of the multiproxy study. Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie Abhandlungen, 271:169–201.https://doi.org/10.1127/0077-7749/2014/0383

Drinia, H., Antonarakou, A., Tsaparas, N., Kontakiotis, G., 2007. Palaeoenvironmental conditions preceding the Messinian Salinity Crisis: a case study from Gavdos Island. Geobios 40(3), 251–265.

Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. U: Ham, W. E. (ur.), Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 108–121.

Dybkjær, K., Rasmussen, E.S., Eidvin, T., Grøsfjeld, K., Riis, F., Piasecki, S., Śliwinska, K.K., 2021. A new stratigraphic framework for the Miocene–Lower Pliocene deposits offshore Scandinavia: A multiscale approach. Geological Journal 56, 1699–1725.

El Kateb, A.E., Stalder C., Stainbank, S., Fentimen, R., Spezzaferri S., 2018. The genus Amphistegina (benthic foraminifera): distribution along the southern Tunisian coast. BioInvasions Record 7(4), 391-398.

Embry, A. F., Klovan, J. E., 1971. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 19, 730–781.

Filipescu, S., Silye, L., 2008. New paratethyan biozones of planktonic foraminifera described from the Middle Miocene of the Transylvanian Basin (Romania): Geologica Carpathica, 59, 537–544

Filipescu, S., 2001. Wielician foraminifera at the western border of the Transylvanian Basin. Studia UBB Geologia, 46(2), 115–123. https://doi.org/10.5038/1937-8602.46.2.10

Fio Firi, K., Marković, F., Kovačić, M., Hernitz Kučenjak, M., Ćorić, S., Pezelj, Đ., Spangenberg, J., 2024. Paratethys sea temperature evaluation based on oxygen isotope composition of Badenian foraminifera; Nježić locality (North Croatian Basin, Croatia). 10th International Workshop Neogene of Central and South-Eastern Europe, Abstract Volume, 26-27

Flügel, E., 2010. Microfacies of carbonate rocks: Analysis, interpretation and application (2.

izd.). Springer Berlin Heidelberg. 984 str. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2

Fornaciari, E., Di Stefano, A., Rio, D., Negri, A., 1996. Middle Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. Micropaleontology 42, 37–63.

Frenzel, P., Boomer, I., 2005. The use of ostracods from marginal marine, brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary environmental change. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 225, 68–92.

Galović, I., 2024. Razvoj miocenskih paleookoliša na prostoru Hrvatske i njihova povezanost s globalnim događajima (RAMPA). Paleontološke analize vapnenačkog nanoplanktona. Interni izvještaj, HGI

Galović, I., 2020. Sarmatian biostratigraphy of a marginal sea in northern Croatia based on calcareous nannofossils. Marine Micropaleontol. 161, 101928. doi: 10.1016/j.marmicro.2020.101928.

Gedl, P., 2016. Dinoflagellate cysts and palynofacies from the upper Badenian (Middle Miocene) of the Roztocze area at Józefów and Żelebsko (Carpathian Foredeep Basin, Poland): palaeoenvironmental implications. Annales Societatis Geologorum Poloniae 86, 273–289.

Gedl, P., 1997. Palynofacies of the Miocene deposits in the Gliwice area (Upper Silesia, Poland). Bull. Pol. Acad. Sc., Earth Sc., 45 (2–4): 191–201.

Gedl, P.1996. Middle Miocene dinoflagellate cysts from the Korytnica clays (Góry Świętokrzyskie Mountains, Poland). In Annales Societatis Geologorum Poloniae 66, 2, 191-218

Gedl, P., Peryt, D., Peryt, T.M., 2016. Foraminiferal and palynological organic matter records of the Upper Badenian (Middle Miocene) deposits at Anadoly (marginal part of the Ukrainian Carpathian Foredeep Basin): Geological Quarterly, 60, 517–536, doi:10.7306/gq.1300.

Gibson, T. G., 1989. Planktonic benthonic foraminiferal ratios: modern patterns and Tertiary applicability. Marine micropaleontology, 15(1-2), 29-52.

Gonera M., 2013. Globorotaliid intervals of the sub-evaporite Badenian (Middle Miocene) in the Upper Silesia Basin (Central Paratethys, Poland). Geological Quarterly. 57:757-68.

Gonera, M., Bukowski, K., 2012. Isotopic events in the Early/Middle Badenian (Miocene) of the Upper Silesia Basin (Central Paratethys). Geological Quarterly, 56(3), 561–568. doi: 10.7306/gq.1040.

Gonera, M., 2001. Foraminiferida and palaeoenvironment of the Badenian formation (Middle Miocene) in Upper Silesia (Poland). Studia Naturae, 48, 1–211. Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences, Kraków.

Gonera, M., Peryt, T. M., Durakiewicz, T., 2000. Biostratigraphical and palaeoenvironmental implications of isotopic studies (^{18}O, ^{13}C) of Middle Miocene (Badenian) foraminifers in the Central Paratethys. Terra Nova, 12, 231–238. doi:10.1046/j.1365-3121.2000.00303.x

Gooday, A. J., 1988. A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. Nature, 332, 70–73. https://doi.org/10.1038/332070a0

Gooday, A. J., 1993. Deep-sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: Characteristic features and controls on distribution. Marine Micropaleontology, 22(3), 187–205. https://doi.org/10.1016/0377-8398(93)90043-W

Gorjanović-Kramberger D., 1897. Geologija okolice Kutjeva. Rad JAZU, 131, 10-29, Zagreb.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., Ogg, G. M. (ur.), 2012. The Geologic Time Scale 2012. Elsevier. ISBN 978-0-444-59425-9.

Grizelj, A., Milošević, M., Bakrač, K., Galović, I., Kurečić, T., Hajek-Tadesse, V., Avanić, R., Miknić, M., Horvat, M., Čaić Janković, A., Matošević, M., 2020. Palaeoecological and sedimentological characterisation of Middle Miocene sediments from the Hrvatska Kostajnica area (Croatia). Geologia Croatica, 73/3, 153–175. doi: 10.4154/gc.2020.15.

Grizelj, A., Peh, Z., Tibljaš, D., Kovačić, M., Kurečić, T., 2017. Mineralogical and geochemical characteristics of Miocene pelitic sedimentary rocks from the south-western part of the Pannonian Basin System (Croatia): Implications for provenance studies. Geoscience Frontiers, 8, 65–80.

Hajek-Tadesse, V., 2006. Miocenski ostrakodi sjeverne Hrvatske. Ph. D. thesis, University of Zagreb, 179 str.

Hajek-Tadesse, V., Wacha, L., Horvat, M., Galović, I., Bakrač, K., Grizelj, A., Mandic, O., Reichenbacher, B., 2023. New evidence for Early Miocene palaeoenvironmental changes in the North Croatian Basin: Insights implicated by microfossil assemblages. Geobios 77, 1–25.

Hajek-Tadesse, V., Prtoljan, B., 2011. Badenian Ostracoda from the Pokupsko area (Banovina, Croatia). Geologica Carpathica 62(5), 447–461.

Hajek-Tadesse, V., Belak, M., Sremac, J., Vrsaljko, D., Wacha, L., 2009. Early Miocene ostracods from the Sadovi section (Mt Pozeska gora, Croatia). Geologica Carpathica, 60(3), 251–262.

Hayward, B. W., Le Coze, F., Vachard, D., Gross, O., 2026. World Foraminifera Database. World Register of Marine Species. doi:10.14284/305.

Halamić, J., Belak., M., Pavelić, D., Avanić, R., Filjak, R., Šparica, M., Brkić, M., Kovačić, M., Vrsaljko, D., Banak, A. i Crnko, J., 2019. Osnovna geološka karta Požeške gore M 1: 50 000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.

Halamić, J. i Belak, M. (ur.), 2022. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1 : 50 000-Tumač za Požešku goru. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 198 str., Zagreb

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: palaeontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4/1: 1–9.

Haq, B. U., Boersma, A. (ur.),1998. Introduction to Marine Micropaleontology (2. izd.). Elsevier Science. ISBN 9780444826725 / eISBN 9780080534961.

Hartmann, G., Puri, H.S., 1974. Summary of neontological and palaeontological classification of Ostracoda. Mitteilung aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut 70, 7–73.

Harzhauser, M., Mandic, O., 2008. Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 260, 417–434. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.12.013

Harzhauser, M., Piller, W.E., 2007. Benchmark data of a changing sea – Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 8–31.

Harzhauser, M., Landau, B., Mandic, O., Neubauer, T. A., 2024. The Central Paratethys Sea—rise and demise of a Miocene European marine biodiversity hotspot. Scientific Reports 14, 16288. https://doi.org/10.1038/s41598-024-67370-6

Harzhauser, M., Landau, B., 2023. The Architectonicidae and Mathildidae (Gastropoda, Heterobranchia) of the Miocene Paratethys Sea—victims of the Miocene Climatic Transition. Zootaxa, 5370(1), 1–74. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5370.1.1

Harzhauser, M., Piller, W.E., Müllegger, S., Grunert, P., Micheels, A., 2011. Changing seasonality patterns in Central Europe from Miocene Climate Optimum to Miocene Climate Transition deduced from the Crassostrea isotope archive. Global and Planetary Change, 76, 77–84.

Hauer, F. R. von, 1867–1871. Geologische Uebersichtskarte der österreichisch-ungarischen Monarchie. Nach den Aufnahmen der k. k. geologischen Reichsanstalt bearbeitet. Blätter VI–VII, M 1:576 000. k. k. geologische Reichsanstalt, Wien.

HGI, 2009. Geološka karta Republike Hrvatske, mjerilo 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 1 list.

Hohenegger, J., Ćorić, S., Wagreich, M., 2014. Timing of the Middle Miocene Badenian Stage of the Central Paratethys. Geologica Carpathica, 65(1), 55–66. https://doi.org/10.2478/geoca-2014-0004

Hohenegger, J., Rögl, F., Ćorić, S., Pervesler, P., Lirer, F., Roetzel, R., Scholger, R., Stingl, K., 2009. The Styrian Basin: A key to the Middle Miocene (Badenian/Langhian) Central Paratethys transgressions. Austrian Journal of Earth Sciences, 102, 102–132.

Hohenegger, J., Andersen, N., Báldi, K., Ćorić, S., Pervesler, P., Rupp, C., Wagreich, M., 2008. Paleoenvironment of the Early Badenian (Middle Miocene) in the southern Vienna Basin (Austria) – multivariate analysis of the Baden-Sooss section. Geologica Carpathica, 59/5, 461–487.

Hohenegger, J., 2005. Estimation of environmental paleogradient values based on presence/absence data: A case study using benthic foraminifera for paleodepth estimation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 217, 115–130.

Holbourn, A., Kuhnt, W., Kochhann, K. G. D., Andersen, N., Sebastian Meier, K. J., 2015. Global perturbation of the carbon cycle at the onset of the Miocene Climatic Optimum. Geology, 43(2), 123–126.

Holbourn, A., Kuhnt, W., Schulz, M., Flores, J.-A., Andersen, N., 2005. Impacts of orbital forcing and atmospheric carbon dioxide on Miocene ice-sheet expansion. Nature, 438, 483–487. doi:10.1038/nature04123

Holcová, K., Kopecká, J., Scheiner, F., 2019a. An imprint of the Mediterranean middle Miocene circulation pattern in a satellite sea during the Langhian: A case study from the Carpathian Foredeep (Central Paratethys): Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 514, 336–348, doi:10.1016/j.palaeo.2018.10.024.

Holcová, K., Dašková, J., Fordinál, K., Hrabovský, J., Milovský, R., Scheiner, F., Vacek, F., 2019b. A series of ecostratigraphic events across the Langhian/Serravallian boundary in an epi-continental setting: The northern Pannonian Basin. Facies 65(3), 36.

Holcová, K., Doláková, N., Nehyba, S., Vacek, F., 2018. Timing of Langhian bioevents in the Carpathian Foredeep and northern Pannonian Basin in relation to oceanographic, tectonic and climatic processes. Geological Quarterly 62(1), 3–17.

Holcová, K., 2017. Calcareous nannoplankton and foraminiferal response to global Oligocene and Miocene climatic oscillations: a case study from the Western Carpathian segment of the Central Paratethys. Geologica Carpathica 68, 207–228.

Holcová, K., Brzobohatý, R., Kopecká, J., Nehyba, S., 2015. Reconstruction of the unusual Middle Miocene (Badenian) palaeoenvironment of the Carpathian Foredeep (Lomnice/Tisnov denudational relict, Czech Republic). Geological Quarterly 59, 654-678. https://doi.org/10.7306/gq.1249

Holcová, K., Demeny, A., 2012. The oxygen and carbon isotopic composition of Langhian foraminiferal tests as a paleoecological proxy in a marginal part of the Carpathian Foredeep (Czech Republic). Geologica Carpathica, *63*(2), 121.

Holcová, K., Zágoršek, K., 2008. Bryozoa, foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the ‘‘bryozoan event’’ in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 267: 216–234

Holmes, J. A., Chivas, A. R. (ur.), 2002. The Ostracoda: Applications in Quaternary Research. Geophysical Monograph Series 131. American Geophysical Union, Washington, D.C.

Horne, D. J., Cohen, A., Martens, K., 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. U: Holmes, J. A. i Chivas, A. R. (ur.), The Ostracoda: Applications in Quaternary Research. American Geophysical Union, Washington, D.C., 5–36.

Horowitz, A.S. i Potter, P.E., 1971. Introductory Petrography of Fossils. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 302 str.

Horvat, M., Klötzli, U., Jamičić, D., Buda, G., Klötzli, E., Hauzenberger, C., 2018. Geochronology of Granitoids from Psunj and Papuk Mt., Croatia. Geochronometria 45(1), 198–210.

Horváth, F., Bada, G., Szafián, P., Tari, G., Ádám, A., Cloetingh, S., 2006. Formation and deformation of the Pannonian Basin: Constraints from observational data. Geological Society, London, Memoirs, 32(1), 191–206.

Horváth, F., 1995. *Phases of Compression During the Evolution of the Pannonian Basin and Its Bearing on Hydrocarbon Exploration*. Marine and Petroleum Geology, 12(8), 837-844.

Hudáčková, N., Holcová, K., Halásová, E., Kováčová, M., Doláková, N., Trubač, J., Starek, D., Rybár, S., Ruman, A., Šujan, M., Jamrich, M., Kováč, M., 2020. The Pannonian Basin System northern margin paleogeography, climate and depositional environments in the time range during MMCT (Central Paratethys, Novohrad-Nógrád Basin, Slovakia). Paleontologia Electronica 23, (3) a50.

Hyžný, M., Hudáčková, N., Biskupič, R., Rybár, S., Fuksi, T., Halásová, E., Zágoršek, K., Jamrich, M., Ledvák, P., 2012. Devínska Kobyla – a window into the Middle Miocene shallow-water marine environments of the Central Paratethys (Vienna Basin, Slovakia). Acta Geologica Slovaca, 4(2), 95–111.

Ilies, I.A., Oltean, G., Haitonic, R.B., Filipescu, S., Miclea, A., Jipa, C., 2020. Early middle Miocene paleoenvironmental evolution in southwest Transylvania (Romania): Interpretation based on foraminifera. Geolica Carpathica, 71(5), 444-461.

Ivančič, K., Trajanova, M., Ćorić, S., Rožič, B., Šmuc, A., 2018. Miocene paleogeography and biostratigraphy of the Slovenj Gradec Basin: a marine corridor between the Mediterranean and Central Paratethys. Geolica Carpathica 69(6), 528–544. https:// doi. org/ 10. 1515/geoca- 2018- 0031

Jackson, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 498 str.

Jamičić, D. 2001. Main geological features of the Slavonian Mts. focused to the Našice area. Našički zbornik, 6, 29–36.

Jamičić, D., 1995. The role of sinistral strike-slip faults in the formation of the structural fabric of the Slavonian Mts. (Eastern Croatia). Geologia Croatica, 48, 155-160.

Jamičić D. 1989. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Daruvar, L33–95. Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.

Jamičić, D., 1988. Strukturni sklop slavonskih planina (sjeverni Psunj, Papuk, Krndija). Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 152 str.

Jamičić, D., Vragović, M., Matičec, D., 1989. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. Tumač za list Daruvar, L33–95. Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 55 str.

Jamičić, D., Brkić, M., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Orahovica, L33–96, Savezni geološki zavod Beograd.

Jamičić, D., Brkić, M., Crnko, J., Vragović, M., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. Tumač za list Orahovica, L33–96. Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 72 str.

Jamrich, M., Rybár, S., Ruman, A., Kováčová, M., Hudáčková, N., 2024: Biostratigraphy and paleoecology of the upper Badenian carbonate and siliciclastic nearshore facies in the Vienna Basin (Slovakia). Facies, 70:5. https://doi.org/10.1007/s10347-023-00679-2

Jiménez-Moreno, G., Head, M.J., Harzhauser, M., 2006. Early and Middle Miocene dinoflagellate cyst stratigraphy of the Central Paratethys, Central Europe. Journal of Micropalaeontology 25, 113–139.

Jiménez-Moreno, G., Rodríguez-Tovar, F. J., Pardo-Igúzquiza, E., Fauquette, S., Suc, J.-P., Müller, P., 2005. High-resolution palynological analysis in late early–middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central Paratethys. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 216, 73–97. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.10.007

Jiříček, R. i Říha, J., 1991. Correlation of ostracod zones in the Paratethys and Tethys. U: Proceedings of the International Symposium on Shallow Tethys 3, Sendai, Japan, 435–457. Saito Ho-on Kai Special Publication, 3, 435–457.

Jiříček, R., 1983. Redefinition of the Oligocene and Neogene ostracod zonation of the Paratethys. Miscellanea Micropalaeontologica, 4, 195–236. Hodonín.

Jorissen, F. J., Fontanier, C., Thomas, E., 2007. Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A. (ur.), Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography, Developments in Marine Geology, 1, 263–325. Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/S1572-5480(07)01012-3.

Jorrissen, F.J., De Stigter, H.C., Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. Marine Micropalaeontology 26, 3–15.

Jovanović, G., Đurić, D., Vrabac, S., Ćorić, S., Jovanović, J., Bojić, Z., 2021. New biostratigraphic interpretation of the Middle Miocene (Badenian) transgression in the southern margin of the Pannonian Basin (Hrvaćani, northern Bosnia, Central Paratethys), based on the fossil assemblages. Geologica Carpathica, 72(4), 315–332. doi:10.31577/GeolCarp.72.4.3

Jovanović, G., Vrabac, S., Ćorić, S., 2020. Stratigraphy revision of Upper Badenian of Rakovica stream near Belgrade (Central Paratethys, Serbia). Geološki anali Balkanskoga poluostrva, 81(1), 11–30. doi:10.2298/GABP200213005J

Kaiho, K., 1999. Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). Marine Micropalaeontology 37, 67–76.

Kaiho, K., 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. Geology 22, 719–722.

Kern, A.K., Harzhauser, M., Soliman, A., Piller, W.E., Gross,M., 2012. Precipitation driven decadal scale declineand recovery of wetlands of Lake Pannon during the Tortonian. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 317–318, 1–12.

Kiss, P., Hudáčková, N., Titschack, J., Siccha, M., Heřmanová, Z., Silye, L., Ruman, A., Rybár, S., Kučera, M. 2023: Convergent evolution of spherical shells in Miocene planktonic foraminifera documents the parallel emergence of a complex character in response to environmental forcing. Paleobiology, 1–17. doi:10.1017/pab.2022.48.

Kochansky, V., 1944a. Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Vjestnik Hrv. drž. geol. zav. i Hrv. drž. geol. muz., 2/3, 171–280.

Kochansky, V., 1944b. Izvještaj o paleontološkom iztraživanju miocena Zagrebačke gore. Vjestnik Hrv. drž. geol. zav. i Hrv. drž. geol. muz., 2-3, 26–27.

Kochansky-Devidé, V., 1957. O fauni marinskog miocena i o tortonskom "šliru" Medvednice (Zagrebačka gora). Geološki vjesnik, 10 (1956), 39–50.

Koch, F., 1908. Geologische Übersichtkarte der Königreiche Kroatien und Slavonien 1: 75 000, Daruvar, zone 23, col. XVI. Naklada Kraljevske zemaljske vlade, Odjel unutarnjih poslova, Zagreb

Koch, F., 1922. Sitni prinosi poznavanju tercijarne faune u Hrvatskoj. Glasnik Hrv. prir. društva, 34/2, 185–193.

Kopecká, J., Holcová, K., Brlek, M., Scheiner, F., Ackerman, L., Rejšek, J., Milovsky´, R., Baranyi, V., Gaynor, S., Galović, I., Brčić, V., Belak, M., Bakrač, K., 2022. A case study of paleoenvironmental interactions during the Miocene Climate Optimum in southwestern Paratethys. Global and Planetary Change 211, 103784.

Kouwenhoven, T. J., van der Zwaan, G. J., 2006. A reconstruction of late Miocene Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera. Palaeogeography,

Palaeoclimatology, Palaeoecology, 238(1–4), 373–385. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.035

Kováč, M., Csibri, T., Fordinál, K., Hók, J., Hudáčková, N., Jamrich, M., Joniak, P., Kováčová, M., Ruman, A., Šarinová, K., Sliva, Ľ., Tomašových, A., Vojtko, R., Šujan, M., 2024. The Miocene to Quaternary evolution of the Vienna Basin (northeastern part): Geodynamics, eustasy, stratigraphy and depositional systems. Geological Society, London, Special Publications.

Kováč, M., Halásová, E., Hudáčková, N., Holcová, K., Hyžný, M., Jamrich, M., Ruman, A., 2018. Towards better correlation of the Central Paratethys regional time scale with the standard geological time scale of the Miocene Epoch. Geologica Carpathica, 69(3), 283–300. https://doi.org/10.1515/geoca-2018-0017

Kováč, M., Hudáčková, N., Halásová, E., Kováčová, M., Holcová, K., Oszczypko-Clowes, M., Báldi, K., Less, Gy., Nagymarosy, A., Ruman, A., Klučiar, T., Jamrich, M. 2017: The Central Paratethys palaeoceanography: a water circulation model based on microfossil proxies, climate, and changes of depositional environment. Acta Geologica Slovaca, 9, 2, 75–114

Kováč, M., Andreyeva-Grigorovich, A., Bajraktarević, Z., Brzobohaty, R., Filipescu, S., Fodor, L., Harzhauser, M., Nagymarosy, A., Oszczypko, N., Pavelić, D., Rögl, F., Saftić, B., Sliva, L., Studencka, B., 2007. Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: palaeogeography, climate and eustatic sea-level changes. Geolica Carpathica 58: 579–606.

Kováč, M., Baráth, I., Harzhauser, M., Hlavatý, I., Hudáčková, N., 2004. Miocene depositional systems and sequence stratigraphy of the Vienna Basin. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 246, 187–212.

Kovačić, M., Šujan, M., Kurečić, T., Marković, F., 2024. Authigenic $^{10}Be/^{9}Be$ dating and provenance of Late Miocene deposits from the North Croatian Basin (Bozara section, SW Pannonian Basin System, Croatia). Bartol, M., Ivančič, K. & Horvat, A. (ur.): 10th International Workshop NCSEE – Neogene of Central and South-Eastern Europe, Abstract Volume, Podčetrtek, Slovenia, 27–31 May 2024. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 47–48.

Kovačić, M., Pavelić, D., 2017. Neogene Stratigraphy of the Slavonian Mountains. Field Trip Guidebook: Neogene of Central and South-Eastern Europe / Kovačić, M.; Wacha, L.; Horvat, M. (ur.). Zagreb: Croatian Geological Society, str. 5–9.

Kovačić, M., Horvat, M., Pikija, M., Slovenec, D., 2011. Composition and provenance of Neogene sedimentary rocks of Dilj gora Mt. (south Pannonian Basin, Croatia). Geol. Croat., 64, 121–132. doi: 10.4154/gc.2011.10

Kovačić, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, 216 str.

Kováčová, P., Emmanuel, L., Hudáčková, N., Renard, M., 2009. Central Paratethys paleoenvironment during the Badenian (Middle Miocene): evidence from foraminifera and stable isotope (d13C and d 18O) study in the Vienna Basin (Slovakia). International Journal of Earth Sciences, *98*, 1109-1127.

Kováčová, P., Hudáčková, N., 2009. Late Badenian foraminifers from the Vienna Basin (Central Paratethys): stable isotope study and paleoecological implications. Geologica Carpathica, 60(1), 59–70. https://doi.org/10.2478/v10096-009-0006-3

Kranner, M., Harzhauser, M., Beer, C., Auer, G., Piller, W. E., 2022. Calculating dissolved marine oxygen values based on an enhanced Benthic Foraminifera Oxygen Index. Scientific Reports, 12(1), 1376.

Kranner, M., Harzhauser, M., Mandic, O., Strauss, P., Siedl, W., Piller, W.E., 2021a. Trends in temperature, salinity and productivity in the Vienna Basin (Austria) during the early and middle Miocene, based on foraminiferal ecology. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 581, 110640.

Kranner, M., Harzhauser, M., Mandic, O., Strauss, P., Siedl, W., Piller, W. E., 2021b. Early and middle Miocene paleobathymetry of the Vienna Basin (Austria). Marine and Petroleum Geology, 132, 105187.

Krumm, S., 1994. Centrifuge. Sveučilište u Erlangenu. Dostupno na: http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/krumm/html/software/winsoft.html

Langer, M. R., Hottinger, L., 2000. Biogeography of selected “larger” foraminifera. Micropaleontology, 46(Supplement 1), 105–126.

Lipp, A. G., Shorttle, O., Syvret, F., Roberts, G. G., 2020. Major element composition of sediments in terms of weathering and provenance: Implications for crustal recycling. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 21,

Loeblich, A.R., Tappan, H., 1988a. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 970 pp.

Loeblich, A.R., Tappan, H., 1988b. Foraminiferal genera and their classification. Plates. Van Nostrand Reinhold, New York, 1059 pp.

Machel, H. G., 2004. Concepts and models of dolomitization: A critical reappraisal. Geological Society, London, Special Publications, 235, 7–63. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.235.01.02

Magurran, Anne E., 2004. Measuring Biological Diversity. Oxford, UK: Blackwell Publishing. viii + 256 str. ISBN: 978-0-632-05633-0 / 0-632-05633-9.

Magyar, I., Geary, D. H., Müller, P., 1999. Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 147, 151–167. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00155-2

Mandic, O., Andrić-Tomašević, N., Šamarija, R., Ćorić, S., Rundić, L., Zeh, A., Pavelić, D., Vrabac, S. i Grunert, P., 2026. Timing and mode of initial marine flooding in the southern Pannonian Basin: New U-Pb age constraints from the Prnjavor and Tuzla basin. Global and Planetary Change, 263, 105532. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2026.105532

Mandic, O., Hajek-Tadesse, V., Bakrač, K., Reichenbacher, B., Grizelj, A., Miknić, M., 2019a. Multiproxy reconstruction of the middle Miocene Požega palaeolake in the Southern Pannonian Basin (NE Croatia) prior to the Badenian transgression of the Central Paratethys Sea. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 516, 203–219. doi:10.1016/j.palaeo.2018.12.003

Mandic, O., Sant, K., Kallanxhi, M. E., Ćorić, S., Theobalt, D., Grunert, P., de Leeuw, A., Krijgsman, W., 2019b. Integrated bio-magnetostratigraphy of the Badenian reference section Ugljevik in southern Pannonian Basin-implications for the Paratethys history (middle Miocene, Central Europe). Global and Planetary Change, 172, 374-395.

Mandic, O., Rundić, L., Ćorić, S., Pezelj, Đ., Theobalt, D., Sant, K., Krijgsman, W., 2019c. Age and mode of the middle Miocene marine flooding of the Pannonian Basin—constraints from Central Serbia. Palaios, 34(2), 71-95.

Mandic, O., Kurečić, T., Neubauer, T. A., Harzhauser, M., 2015. Stratigraphic and palaeogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene Viviparus beds in central Croatia. Geologia Croatica, 68(3), 179–207. https://doi.org/10.4154/gc.2015.15

Mandic, O., 2004. Foraminiferal paleoecology of a submarine swell – the Lower Badenian (Middle Miocene) of the Mailberg Formation at the Buchberg in the Eastern Alpine

Foredeep: initial report. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 105A, 161–174.

Mann, K. H., Lazier, J. R. N., 2006. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans (3. izd.). Blackwell Publishing.

Marković, F., Kuiper, K., Ćorić, S., Hajek-Tadesse, V., Kučenjak Hernitz, M., Bakrač, K., Pezelj, Đ., Kovačić, M., 2021. Middle Miocene marine flooding: New 40Ar/39Ar age constraints with integrated biostratigraphy on tuffs from the North Croatian Basin. Geologia Croatica 74 (3), 237–252.

Marković, F., 2017. Miocenski tufovi Sjevernohrvatskoga bazena. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 174 str.

Martinčević Lazar, J., 2020. Izvještaj o mineraloškoj analizi metodom rentgenske difrakcije (XRD). Određivanje mineraloškog sastava laporovitih sedimenata za potrebe izrade doktorske disertacije. Hrvatski geološki institut. Fond stručne dokumentacije, 27/20. Zagreb

Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. A. Farinacci (ur.). Proceedings of the Second International Conference on Planktonic Microfossils 2: 739−785.

Martinuš, M., Fio, K., Pikelj, K., Aščić, Š., 2013. Middle Miocene warm-temperate carbonates of Central Paratethys (Mt. Zrinska Gora, Croatia): paleoenvironmental reconstruction based on bryozoans, coralline red algae, foraminifera, and calcareous nannoplankton. Facies, 59, 481–504. doi:10.1007/s10347-012-0327-z

Matenco, L. i Radivojević, D., 2012**.** On the Formation and Evolution of the Pannonian Basin: Constraints Derived from the Structure of the Junction Area Between the Carpathians and Dinarides. Tectonics, 31(6), TC6007.

Matošević, M., Tomašić, N., Perković, A., Kampić, Š., Kovačić, M., Pavelić, D., 2024. Reservoir Quality Evaluation: Unveiling Diagenetic Transformations through Mineralogical and Petrophysical Analyses of the Upper Miocene Lacustrine Sandstones in the Pannonian Basin System, Croatia. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 39/3, 153–172. doi:10.17794/rgn.2024.3.12

Meisch, C., 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Meisch, C., Smith, R. J., Martens, K., 2019. A subjective global checklist of the extant non-

marine Ostracoda. European Journal of Taxonomy, 492, 1–135.

Milošević, M., Ćosović, V., Hajek-Tadesse, V., Galović, I., Miknić, M., Baranyi, V., 2025. Palaeoecological insight into the Badenian Sea – Middle Miocene palaeoenvironments from the North Croatian Basin, Central Paratethys. Geobios, 92, 45–64. doi: 10.1016/j.geobios.2025.05.005.

Moore P.D., Webb J.A., Collinson M., 1991: Pollen Analysis (2. izd.). Blackwell Science Publication, London, 1–216.

Munsterman, D.K., Brinkhuis, H., 2004. A southern North Sea Miocene dinoflagellate cyst zonation. Geologie en Mijnbouw 83/4: 267–285.

Murray, J.W., 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, Cambridge, 438 str.

Murray, J.W., 1991. Ecology and Palaeoecology of Benthic foraminifera. Longman. Scientific and Tehnical, Harlow, Essex, 397 str.

Mužek, K., Mandic, O., Hajek Tadesse, V., Harzhauser, M., Kovačić, M., Kurečić, T., Pezelj, Đ., 2023. Tracing the origin of Lago Mare biota: Ostracods and mollusks from the late Neogene of the Slavonian mountains in the southern Pannonian Basin (NE Croatia). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 632, 111847

Nesbitt, H. W., Young, G. M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 299, 715–717. DOI: 10.1038/299715a0

Nesse, W. D., 2017. Introduction to Mineralogy (3. izd.). New York: Oxford University Press. 495 str. ISBN: 978-0-19-061835-3.

Nováková, P., Rybár, S., Šarinová, K., Nagy, A., Hudáčková, N., Jamrich, M., Teodoridis, V., Kováčová, M., Šujan, M., Vlček, T., Kováč, M., 2020. The late Badenian–Sarmatian (Serravallian) environmental transition calibrated by sequence stratigraphy (eastern Danube Basin, Central Paratethys). Geologica Carpathica, 71(4), 291–313. https://doi.org/10.31577/GeolCarp.71.4.1

Papp, A., Cicha, I., Čtyroká, J. 1978. Foraminifera. Papp, A., Cicha, I., Seneš, J., Steininger, F. (ur.): Chronostratigraphie und neostratotypen miozän der Zentralen Parathetys. Badenian, Verlag der Slowak. Akad. der Wissen., Bratislava, 263–325.

Palcu, D.V., Mariș, I., de Leeuw, A., Melinte-Dobrinescu, M.C., Anton, E., Frunzescu, D., Popov, S., Stoica, M., Jovane, L., Krijgsman, W., 2023. The legacy of the Tethys Ocean: Anoxic

seas, evaporitic basins, and megalakes in the Cenozoic of Central Europe. Earth-Science Reviews.

Palcu, D. V., Krijgsman, W., 2023. The dire straits of Paratethys: Gateways to the anoxic giant of Eurasia. Geological Society, London, Special Publications, 523(1), 111–139. https://doi.org/10.1144/SP523-2021-73

Pamić, J., Gušić, I., Jelaska, V., 1998. Geodynamic evolution of the Central Dinarides. Tectonophysics, 297(1–4), 251–268. https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00171-1

Pamić, J., Balen, D., 2001. Tertiary magmatism of the Dinarides and the adjoining South Pannonian Basin. Acta Vulcanologica, 13(1–2), 9–24.

Pavelić, D., 2001. Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. Basin Research, 12, 359–376.

Pavelić, D., Kovačić, M., 2018. Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review. Marine and Petroleum Geology 91, 455–469.

Pavelić, D., Kovačić, M., 1999. Lower Miocene alluvial deposits of the Požeška Mt. (Pannonian Basin, northern Croatia): cycles, megacycles and tectonic implications. Geologia Croatica, 52, 67-76.

Pavelić, D., Kovačić, M., Vrsaljko, D., Avanić, R., 2024. Alluvial-lacustrine-marine complex of Mount Medvednica: The early syn-rift deposition and palaeogeography (Early to Middle Miocene, North Croatian Basin). Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 39(1), 65–85. https://doi.org/10.17794/rgn.2024.1.7

Pavelić, D., Kovačić, M., Tibljaš, D., Galić, I., Marković, F., Pavičić, I., 2022. The transition from a closed to an open lake in the Pannonian Basin System (Croatia) during the Miocene Climatic Optimum: Sedimentological evidence of Early Miocene regional aridity. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 586, 110786.

Pavelić, D., Avanić, R., Kovačić, M., Vrsaljko, D., Miknić, M., 2003. An Outline of the Evolution of the Croatian Part of the Pannonian Basin System. Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin (Vlahović, I. i Tišljar, J., ur.). 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, Field Trip Guidebook, 155–161, Zagreb.

Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. H. M. Bolli, J. B. Saunders, K. Perch-Nielsen (ur.), Plankton Stratigraphy (Cambridge Earth Science Series, str. 427–554). Cambridge: Cambridge University Press.

Peryt, D., Gedl, P., Jasionowski, M., Peryt, T., Poberezhskyy, A., 2024. The Badenian/Sarmatian (Middle Miocene) boundary in the Central Paratethys (Kreminna, western Ukraine): Foraminiferal and palynological evidence. Geological Quarterly 68, 7.

Peryt, D., Gedl, P. & Peryt, T. M. (2020). Marine transgression(s) to evaporite basin: The case of middle Miocene (Badenian) gypsum in the Central Paratethys, SE Poland. Journal of Palaeogeography, 9, article 16. https://doi.org/10.1186/s42501-020-00062-0

Peryt, D., Gedl, P., Peryt, T. M., 2014. Foraminiferal and palynological records of the Late Badenian (Middle Miocene) transgression in Podolia (Shchyrets near Lviv, western Ukraine). Geological Quarterly, 58(3). doi: 10.7306/gq.1195.

Peryt, D., 2013. Foraminiferal record of the Middle Miocene climate transition prior to the Badenian salinity crisis in the Polish Carpathian Foredeep Basin (Central Paratethys). Geological Quarterly, 57(1), 141–164. https://doi.org/10.7306/gq.1080

Peryt, D., Gedl, P., 2010. Palaeoenvironmental changes preceding the Middle Miocene Badenian salinity crisis in the northern Polish Carpathian Foredeep Basin (Borków quarry) inferred from foraminifers and dinoflagellate cysts. Geological Quarterly 54:487-508.

Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R., 1987. Sand and sandstone (2. izd.). New York: Springer-Verlag, 553 str.

Pezelj, Đ., Drobnjak, L., 2019. Foraminifera–based estimation of water depth in epicontinental seas: Badenian deposits from Glavnica Gornja (Medvednica Mt., Croatia), Central Paratethys. Geologia Croatica, 72(2), 93-100.

Pezelj, Đ., Sremac, J., Bermanec, V., 2016. Shallow-water benthic foraminiferal assemblages and their response to the palaeoenvironmental changes - example from the Middle Miocene of Medvednica Mt. (Croatia, Central Paratethys). Geolica Carpathica 67, 329–345.

Pezelj, D., Mandic, O., Ćorić, S., 2013. Palaeoenvironmental dynamics in the southern Pannonian Basin during initial Middle Miocene marine flooding. Geologica Carpathica 64(1), 81–100.

Pezelj, Đ., Sremac, J., 2007. Badenian marginal marine environment in the Medvednica Mt. (Croatia). Joannea Geologie und Paläontologie, 9, 82–84.

Pezelj, Đ., 2006. Paleoekološki odnosi badena i sarmata područja Medvednice. Disertacija, , Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 132 str.

PDF-4/Minerals 2018: Powder Diffraction File. International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, Pennsylvania, USA.

Pilar, Đ., 1875. Podravina, Djakovština i Dilj-gora, Rad Jugoslavenske akademije

znanosti i umjetnosti 33, 38-57

Piller, W.E., Auer, G., Graber, H., Gross, M., 2022. Marine facies differentiation along complex paleotopography: an example from the Middle Miocene (Serravallian) of Lower Austria: Swiss Journal of Geosciences, 115, doi:10.1186/s00015-022-00425-w.

Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., 2007. Miocene Central Paratethys stratigraphy: Current status and future directions. Stratigraphy, 4(2/3), 151–168.

Piller, W. E., Harzhauser, M., 2005. The myth of the brackish Sarmatian Sea. Terra Nova, 17(5), 450–455. https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2005.00632.x

Poljak, J., 1912. Prethodni izvještaj o geologijskom snimanju u opsegu listova Orahovica-Beničani i Našice-Kutjevo. Vesnik geologijskog Povjerenstva Kraljevine Hrvatske i Slavonije, knjiga 2.

Poljak, J., 1934. Prilog geološkom poznavanju Krndije. Vesnik geologijskog Povjerenstva Kraljevine Hrvatske i Slavonije, knjiga 3/1.

Poljak, J., 1940. Izvještaj o terenskom radu na listu Slatina-Voćin. Godišnjak Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije. Beograd

Poljak, J., 1952. Predpaleozojske i paleozojske naslage Papuka i Krndije. Geološki vijesnik 2-4 za 1948/50. godine, Zagreb

Popescu, G., Crihan, I., 2011. Middle Miocene Globigerinas of Romania. Acta Palaeontologica Romaniae, 7, 291–314, doi:10.1016/j.bcp.2004.07.023.

Popescu, G., Crihan, I.M., 2008. Contributions to the knowledge of the rotaliiform foraminifera from the marine Middle Miocene deposits from Romania. Acta Palaeontologica Romaniae, 6, 287–324.

Popescu, G., Crihan, I.M., 2005a. Middle Miocene foraminifera from Romania: order Buliminida, part I. Acta Palaeontologica Romaniae, 5, 379–396.

Popescu, G., Crihan, I.M., 2005b. Middle Miocene foraminifera from Romania: order Buliminida, part II. Acta Palaeontologica Romaniae, 5, 397–412.

Popescu, G., Crihan, I.M., 2004. Contribution to the knowledge of the calcareous unicameral foraminifera from the Middle Miocene of Romania. Acta Palaeontologica from Romania, 4, 403–421.

Popescu, G., Crihan, I., 2000. Contributions to the knowledge of the Miocene Foraminifera from Romania: Superfamily Nodosariacea (Fam. Nodosariidae). Acta Palaeontologica Romaniae, 4, 385–402

Prelogović, V., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M., Lučić, D., 1998. Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian Basin. Tectonophysics, 297, 283–293.

Premec Fuček, V., Galović, I., Mikša, G., Hernitz Kučenjak, M., Krizmanić, K., Hajek-Tadesse, V., Matošević, M., Pecimotika, G. and Zlatar, S., 2023. Paleontological and lithological evidence of the late Karpatian to early Badenian marine succession from Medvednica Mountain (Croatia), Central Paratethys. International Journal of Earth Sciences 112, 1-30.

Raffi, I., Wade, B.S., Pälike, H., Beu, A.G., Cooper, R., Crundwell, M.P., Krijgsman, W., Moore, T., Raine, I., Sardella, R. and Vernyhorova, Y.V., 2020. The neogene period. In Geologic time scale 2020, 1141-1215. Elsevier.

Raffi, I., Backman, J., Fornaciari, E., Pälike, H., Rio, D., Lourens, L., Hilgen, F., 2006. A review of calcareous nannofossil astrobiochronology encompassing the past 25 million years. Quaternary Science Reviews, 25(23–24), 3113–3137. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.07.007

Royden, L. H., 1988. Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System. U: L.H. Royden & F. Horváth (ur.), The Pannonian Basin: A Study in Basin Evolution, AAPG Memoir 45, 27-48. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa.

Rögl, F., Spezzaferri, S., 2003. Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Mühlbach section (Gaindorf Formation, lower Badenian), Lower Austria. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 104A, 23–75.

Rögl, F., 1998. Palaeogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 99A, 279–310.

Rundić, L., Gajić, V., Ćorić, S., Stefanović, J., Batoćanin, N., Radisavljević, M., & Prelević, D., 2024. Timing and facies analysis of the Middle Miocene Badenian flood deposits in southern Central Paratethys—insights from KC-4 borehole, western Serbia. International Journal of Earth Sciences, 113, 1067–1094. https://doi.org/10.1007/s00531-024-02430-w

Rupp, C., Hohenegger, J., 2008. Paleoecology of planktonic foraminifera from the Baden-Sooss section (Middle Miocene, Badenian, Vienna Basin, Austria). Geologica Carpathica, 59(5), 425-445.

Rybár S., Šarinová K., Jourdan F., Mayers C., Sliva Ľ., 2024. Middle Miocene vocanic flare up preceding and synchronous with the Langhian/Serravallian sea-level decline in the North Pannonian Basin: Insights from 40Ar/39Ar dating, geo-sesmic analysis and 3D visualization of the subterranean Kráľová stratovolcano. Basin Research 36, e12844. https://doi.org/10.1111/ bre.12844

Saftić, B., Velić, J., Sztanó, O., Juhász, G., Ivković, Ž., 2003. Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary). Geologia Croatica, 56/1, 101–122.

Salopek, M., 1914. Moderna Alpinska Tektonika I Geologija Hrvatske I Slavonije. Glasnik Hrv. prir. društva, 26/2, 85 – 109, Zagreb.

Sant, K., Kuiper, K.F., Rybár, S., Grunert, P., Harzhauser, M., Mandic, O., Jamrich, M., Šarinová, K., Hudáčková, N., Krijgsman, W., 2020. 40Ar/39Ar geochronology using high sensitivity mass spectrometry: examples from middle Miocene horizons of the Central Paratethys. Geologica Carpathica 71/2, 166–182. https://doi.org/10.31577/ GeolCarp.71.2.5

Sant, K., Palcu, D.V., Turco, E., Di Stefano, A., Baldassini, N., Kouwenhoven, T., Kuiper, K.F., Krijgsman, W., 2019. The mid-Langhian flooding in the eastern Central Paratethys: integrated stratigraphic data from the Transylvanian Basin and SE Carpathian Foredeep. International Journal of Earth Sciences 108, 2209–2232.

Sant, K., Palcu, D.V., Mandic, O., Krijgsman, W., 2017. Changing seas in the Early-Middle Miocene of Central Europe: A Mediterranean approach to Paratethyan stratigraphy. Terra Nova 29/5: 273–281.

Scheiner, F., Holcová, K., Milovský, R., Dolakova, N., Rigova, J., 2019. Response of benthic foraminiferal communities to changes in productivity and watermass conditions in the epicontinental Paratethys during the middle Miocene. Marine Micropaleontology 151,

101750. https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2019.101750

Scheiner, F., Holcová, K., Milovský, R., Kuhnert, H., 2018. Temperature and isotopic composition of seawater in the epicontinental sea (Central Paratethys) during the middle Miocene Climate Transition based on Mg/Ca, δ18O and δ13C from foraminiferal tests. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 495:60–71

Schiebel, R., Hemleben, C., 2017. Planktic foraminifers in the modern ocean XVII, Springer Berlin, Heidelberg, 358 str.

Schmiedl, G., Milker, Y., Mackensen, A., 2023. Climate forcing of regional deep-sea biodiversity documented by benthic foraminifera. Earth-Science Reviews, 244, 104540. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104540

Schmiedl, G., 2019. Use of foraminifera in climate science. Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.735

Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S. 2012. The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MOnitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. Marine Micropaleontology, 94, 1-13.

Schreck, M., Matthiessen, J., 2013. *Batiacasphaera micropapillata*: Palaeobiogeographic distribution and palaeoecological implications of a critical Neogene species complex. In Lewis, J.M., Marret, F., Bradley, L. (ur) Biological and Geological Perspectives of Dinoflagellates. The Micropalaeontological Society, Special Publications, Geological Society, London, 301–314

Scott, D. B., Medioli, F. S., Schafer, C. T., 2001. Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511546020.

Sen Gupta, Barun K. (ur.), 1999. Modern Foraminifera. Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers. 371 str. ISBN: 0-412-82430-2.

Shackleton, N. J., Kennett, J. P., 1975. Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: Oxygen and carbon isotope analyses in DSDP Sites 277, 279, and 281. J. P. Kennett, R. E. Houtz, i sur. (ur.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project (Vol. 29, str. 743–755). U.S. Government Printing Office. https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.29.117.1975

Shamrock, J.L., Munoz, E.J., Carter, J.H., 2015. An improved sample preparation technique for calcareous nannofossils in organic–rich mudstones. Journal of Nannoplankton Research 35, 101–110.

Soliman, A., Piller, W.E., Dybkjær, K., Slimani, H., Auer, G., 2022. Middle Miocene (Serravallian; upper Badenian–lower Sarmatian) dinoflagellate cysts from Bad Deutsch-Altenburg, Vienna Basin, Austria. Palynology 47: 2116498.

Spero, H. J., Mielke, K. M., Kalve, E. M., Lea, D. W., Pak, D. K., 2003. Multispecies approach to reconstructing eastern equatorial Pacific thermocline hydrography during the past 360 kyr. Paleoceanography, 18(1), 1022. https://doi.org/10.1029/2002PA000814

Spezzaferri, S., 2004. Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Grund Formation (Molasse Basin, Lower Austria). Geologica Carpathica 55, 155–164.

Spezzaferri, S., Ćorić, S., 2001. Ecology of Karpatian (Early Miocene) foraminifers and calcareous nannoplankton from Laa an der Thaya, Lower Austria: a statistical approach. Geologica Carpathica 52/6, 361–374.

Sremac, J., Bošnjak, M., Velić, J., Malvić, T., Bakrač, K., 2022. Nearshore pelagic influence at the SW margin of the Paratethys Sea—examples from the Miocene of Croatia. Geosciences, 12(3), 120.

Sremac, J., Bošnjak Makovec, M., Vrsaljko, D., Karaica, B., Tripalo, K., Fio Firi, K., Majstorović Bušić, A., Marjanac, T., 2016. Reefs and bioaccumulations in the Miocene deposits of the North Croatian Basin – Amazing diversity yet to be described. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 31/1, 19–29.

Sremac, J., 1999. Opća paleontologija, skripta. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 192 str.

Stur, D., 1861. Erste Mittheilung uber die geologische Ubersichtsaufnhme von West-Slavonien. Jahrb. Geol. Reichsanst., 12, H.1, Verhandl., 115 – 118, Wien.

Stur, D., 1862. Zweite mittheilung uber die geologische Ubersichtsaufnhme von West-Slavonien. Jahrb. Geol. Reichsanst., Jahrg. 1861. und 1862., 12, H.2, Verhandl., 200 – 205, Wien.

Suhr, S. B., Pond, D. W., Gooday, A. J., Smith, C. R., 2003. Selective feeding by benthic foraminifera on phytodetritus on the western Antarctic Peninsula shelf: Evidence from fatty acid biomarker analysis. Marine Ecology Progress Series, 262, 153–162. https://doi.org/10.3354/meps262153

Szczechura J., 2006. Middle Miocene (Badenian) ostracods and green algae (Chlorophyta) from Kamienica Nawojowska, Nowy Sacy Basin (Western Carpathians, Poland). Geologica Carpathica, 57, 103-122

Székely, S. F., Bindiu-Haitonic, R., Filipescu, S., Bercea, R., 2017. Biostratigraphy and paleoenvironmental reconstruction of the marine lower Miocene Chechiș Formation in the Transylvanian Basin based on foraminiferal assemblages. Carnets Geol., 17(2), 11.

Šarinova, K., Hudáčková, N., Rybar, S., Jamrich, M., Jourdan, F., Frew, A., Mayers, C., Ruman, A., Subova, V., Sliva, L., 2021. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating and palaeoenvironments at the boundary of the early-late Badenian (Langhian-Serravallian) in the northwest margin of the Pannonian basin system. Facies 67, 29.

Šćavničar, S., Krkalo, E., Šćavničar, B., Halle, R., Tibljaš, D. 1983. Naslage s analcimom u Poljanskoj. Rad JAZU 404, 137–169.

Šikić, L., 1967. Torton i sarmat jugozapadnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminfiera. Geološki vjesnik, 20, (1966), 127−135.

Šikić, L., 1968. Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera. Geološki vjesnik, 21, (1967), 213−227.

Šikić, K., 1981. Facijesi mezozoika Papučkog gorja. Magistarski rad. Sveucilište u Zagrebu, Postdiplomski studij prirodnih znanosti, Zagreb, 81 str.

Šikić, K., Brkić, M., 1975. Donji trijas u Papuku i Krndiji. Geol. vjesnik, 28, 133 – 141, Zagreb.

Šparica, M., Buzaljko, R., 1984. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Nova Gradiška. Institut za geološka istraživanja, Zagreb; Institut za geologiju, Sarajevo, Savezni geološki institut, Beograd, 54 str.

Šparica, M., Juriša, M., Crnko, J., Šimunić, A., Jovanović, Č., Živanović, D., 1979. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Nova Kapela, L 33-108. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki institut, Beograd.

Šparica, M., Juriša, M., Crnko, J., Šimunić, A., Jovanović, Č., Živanović, D., 1980. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Nova Kapela L 33-108. Institut za geološka istraživanja, Zagreb; Institut za geologiju, Sarajevo, Savezni geološki institut, Beograd, 55 str.

Špelić, M. 2023. Dinamika taloženja gornjomiocenskih i pliocenskih naslaga u istočnom dijelu Dravske depresije / Disertacija. Saftić, Bruno; Bakrač, Koraljka (mentor). Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 213 str.

Špelić, M., Šujan, M., Baranyi, V., Chyba, A., Aherwar, K., Rukavina, D., Bakrač, K., 2025. Late Miocene to Pliocene Enigma in the SW Pannonian Basin System: New cosmogenic nuclide dating indicates ~ 1 Myr earlier regression of Lake Pannon and basin inversion. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 680, 113313, 10. doi: 10.1016/j.palaeo.2025.113313

Špišić, M., Bakrač, K., Hajek-Tadesse, V., Filjak, R., Brlek, M., Avanić, R., Galović, I., Miknić, M., 2017a. Micropaleontological study of the middle Miocene section Ciprovac, Dilj Mt. 7th international workshop Neogene of Central and south-eastern Europe, Knjiga sažetaka. str. 66-67

Špišić, M., Miknić, M., Horvat, M., Kovačić, M., 2017b. Badenian Fossiliferous Shallow Marine Carbonates with Fragments of Rhyolite Volcanic Rock. Vodič ekskurzije: Neogene of Central and South-Eastern Europe. Zagreb: Hrvatsko geološko društvo, str. 26-30

Šuklje, F., 1938. Mediteranska sirena iz Vrapča kod Zagreba i Otruševca kod Samobora.Glasnik Hrv. prir. društva, 49-50, (1937-38), 87-93.

Tajder, M., Nedela-Devide, D., Magdalenić, Z., Ožegović, F., 1960. Tumač Osnovnoj geološkoj karti FNRJ. List Daruvar-52. Fond struč. dok. IGI , Zagreb.

Tan, P.-N., Steinbach, M., Kumar, V., 2005. Cluster analysis: Basic concepts and algorithms. Introduction to data mining (1. izd.). Addison-Wesley.

Tapia, R., Le, S., Ho, S.L., Bassetti, M.A., Lin, I.T., Lin, H.L., Chang, Y.P., Jiann, K.T., Wang, P.L., Lin, J.K., Babonneau, N., 2022. Planktic-benthic foraminifera ratio (% P) as a tool for the reconstruction of paleobathymetry and geohazard: A case study from Taiwan. Marine Geology,453, 106922.

Tari, G., Horváth, F., Rumpler, J.,1992. Styles of Extension in the Pannonian Basin. Tectonophysics, 208(1-3), 203-219.

ter Borgh, M., Vasiliev, I., Stoica, M., Knežević, S., Matenco, L., Krijgsman, W., Rundić, L., Cloetingh, S., 2013. The isolation of the Pannonian basin (Central Paratethys): New constraints from magnetostratigraphy and biostratigraphy. Global and Planetary Change, 103, 99–118. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.001

Tóth, E., Görög, Á., Lécuyer, C., Moissette, P., Balter, V., Monostori, M., 2010.

Palaeoenvironmental reconstruction of the Sarmatian (Middle Miocene) Central Paratethys based on palaeontological and geochemical analyses of foraminifera, ostracods, gastropods and rodents. Geological Magazine, 147(2), 299–314. https://doi.org/10.1017/S0016756809990203

Traverse, A. 2007. Paleopalynology, Second Edition (Topics in Geobiology 28). Springer, Dordrecht, Netherlands, 813 pp.

Traverse, A., Ginsburg, R.N., 1966. Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank as related to water movements and sedimentation. Marine Geology 4/6, 417–459.

Trinajstić, N., Brlek, M., Gaynor, S.P., Schindlbeck-Belo, J., Šuica, S., Avanić, R., Kutterolf, S., Wang, K.-L., Lee, H.-Y., Holcová, K., Kopecká, J., Baranyi, V., Hajek-Tadesse, V., Bakrač, K., Brčić, V., Kukoč, D., Milošević, M., Mišur, I., Lukács, R., 2023. Provenance and depositional environment of Middle Miocene silicic volcaniclastic deposits from Mt. Medvednica (North Croatian Basin, Carpathian-Pannonian Region). Journal of Volcanology and Geothermal Research 443, 107917.

Tucker, M. E., 2008. Petrologija sedimenata: Uvod u postanak sedimentnih stijena. Prijevod G. Medunić, AZP Grafis, Samobor, 262 str.

Tucker, M.E. i Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 482 str.

Tyson, RV., 1995. Sedimentary organic matter: Organic facies and palynofacies. Chapman and Hall, London, 615 str.

Ustaszewski, K., Schmid, S.M., Lüdin, E., Fugenschuh, B. i Bernoulli, D., 2010. A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridic system for the Early Miocene. Swiss Journal of Geosciences, 103, 273-294. doi:10.1007/s00015-010-0018-2.

van der Zwaan, G. J., Duijnstee, I. A. P., den Dulk, M., Ernst, S. R., Jannink, N. T., Kouwenhoven, T. J., 1999. Benthic foraminifers: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. Earth-Science Reviews, 46/1–4, 213–236. doi: 10.1016/S0012-8252(99)00011-2.

van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J., De Stigter, H.C., 1990. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: constrains and applications. Marine Geology 95,1–16.

Van Hinsbergen, D. J. J., Kouwenhoven, T. J., Van der Zwaan, G. J. 2005. Paleobathymetry in the backstripping procedure: Correction for oxygenation effects on depth estimates. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 221(3-4), 245-265.

Van Morkhoven, F.P.C.M., 1963. Post-Palaeozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy and Economic Use. Elsevier Publishing Company 2,1–478.

Vernyhorova, Y. V., Holcová, K., Doláková, N., Reichenbacher, B., Scheiner, F., Ackerman, L., Rejšek, J., De Bortoli, L., Trubač, J., Utescher, T., 2023. The Miocene Climatic Optimum at the interface of epicontinental sea and large continent: A case study from the Middle Miocene of the Eastern Paratethys. Marine Micropaleontology, 181, 102231. https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2023.102231

Vesel Lukić, M., Hajek Tadesse, V., 2017. Badenian ostracods from Požeška gora and Papuk Mts. 7th International Workshop Neogene of Central and South-Eastern Europe. Horvat, M., Wacha, L. (ur.). Zagreb: Hrvatski geološki institut, 73–74.

Vlček, T., Šarinová, K., Rybár, S., Hudáčková, N., Jamrich, M., Šujan, M., Franců, F., Nováková, P., Sliva, Ľ., Kováč, M., Kováčová, M., 2020. Paleoenvironmental evolution of Central Paratethys Sea and Lake Pannon during the Cenozoic. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 559, 109892

Vragović, M., 1965a. Prilog poznavanju petrografskog sastava granitoidnih terena Papuka. Acta geologica 34, 327 – 332.

Vragović, M., 1965b. Graniti i gnajsi Papuka. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 232 str.

Vrsaljko, D., Pavelić, D., Bajraktarević, Z., 2005. Stratigraphy and Palaeogeography of Miocene Deposits from the Marginal Area of Žumberak Mt. and the Samoborsko Gorje Mts. (Northwestern Croatia). Geologia Croatica, 58/2, 133–150.

Vrsaljko, D., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M., Kovačić, M., Hećimović, I., Hajek-Tadesse, V., Avanić, R., Kurtanjek, N., 2006. Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) Palaeoecology and Evolution of the Environments in the Area of Medvednica Mt., (North Croatia). Geologia Croatica, 59, 1; 51-63

Vukotinović (Farkaš), Lj., 1855. Sitzungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt. Sitzung am 9. Jänner 1855. (Izvještaj o tercijarnim naslagama između Zagreba i Podsuseda u Hrvatskoj). Jahrb. Geol. Recihsanst., 6/1, str. 173.

Wade, B. S., Pearson, P. N., Berggren, W. A., Pälike, H., 2011. Review and revision of Cenozoic

tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the Geomagnetic Polarity and Astronomical Time Scale. Earth-Science Reviews, 104(1–3), 111–142. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.09.003

Wade, B.S., Brown, P.R., 2006. Calcareous nannofossils in extreme environments: the Messinian Salinity Crisis, Polemi Basin, Cyprus. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 223, 271–286.

Wagreich, M., Hohenegger, J., Ćorić, S., 2014. Base and New Definition of the Lower Badenian and the Age of the Badenian Stratotype (Middle Miocene, Central Paratethys). R. Rocha, J. Pais, J. C. Kullberg, S. Finney (ur.), STRATI 2013. Springer Geology, Springer, Cham, pp. 615–618. doi: 10.1007/978-3-319-04364-7_118.

Wang, A., Wang, Z., Liu, J., Xu, N., Li, H., 2021. The Sr/Ba ratio response to salinity in clastic sediments of the Yangtze River Delta. Chemical Geology, 559, 119923. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2020.119923.

Weaver, C. E., 1989. Clays, muds, and shales. Developments in Sedimentology, 44. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-444-87381-1.

Wei, W., Algeo, T. J., 2020. Elemental proxies for paleosalinity analysis of ancient shales and mudrocks. Geochimica et Cosmochimica Acta, 287, 341–366. DOI: 10.1016/j.gca.2019.06.034

Williams, M., Siveter, D. J., Salas, M. J. i Vannier, J. M. C., 2008. The earliest ostracods: the geological evidence. Senckenbergiana Lethaea, 88, 11–21.

Winter, A., Jordan, R. W., Roth, P. H., 1994. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. In A. Winter & W. G. Siesser (ur.), Coccolithophores (str. 161–177). Cambridge: Cambridge University Press.

Wood, G.D., Gabriel, A.M., Lawson J.C., 1996. Palynological techniques: processing and microscopy. Jansonius J., McGregor D.C. (ur.): Palynology: Principles and Applications.American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1, 29–50.

WoRMS Editorial Board (2024). World Register of Marine Species. Available from https://www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2024-10-19. Doi:10.14284/170

Young, J. R., Bown, P. R., 1997. Cenozoic calcareous nannoplankton classification. Journal of Nannoplankton Research, 19(1), 36–47.

Zachos, J., Pagani, M., Sloan, E., Thomas, E., Billups, K., 2001. Trends, Rhytms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. Science, 292, 686−693.

Zevenáoom, D., 1995. Dinoflagellate cysts from the Mediterranean Late Oligocene and Miocene. PhD thesis. State University of Utrecht and CIP-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, 221.

Zonneveld, K.A.F., Marret, F., Versteegh, G.J.M., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch, E., de Vernal, A., Elshanawany, R., Edwards, L., Esper, O., Forke, S., Grøsfjeld, K., Henry, M., Holzwarth, U., Kielt, J.-F., Kim, S.-Y., Ladouceur, S., Ledu, D., Chen, L., Limoges, A., Londeix, L., Lu, S.-H., Mahmoud, M.S., Marino, G., Matsouka, K., Matthiessen, J., Mildenhal, D.C., Mudie, P.J., Neil, H.L., Pospelova, V., Qi, Y., Radi, T., Richerol, T., Rochon, A., Sangiorgi, F., Solignac, S., Turon, J.-L., Verleye, T., Wang, Y., Wang, Z., Young, M., 2013. Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. Review of Palaeobotany and Palynology. 191, 1–197.

10. ŽIVOTOPIS

Monika Milošević rođena je 5. lipnja 1986. godine u Zagrebu, gdje je završila osnovnoškolsko i srednjoškolsko gimnazijsko obrazovanje. Godine 2005. upisala je studij geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a 2011. godine stekla je akademski naziv magistre geologije.

Od ožujka 2015. godine zaposlena je u Hrvatskom geološkom institutu. Tijekom zaposlenja napredovala je na stručnim radnim mjestima te trenutačno obnaša radno mjesto stručne savjetnice u sustavu znanosti i visokog obrazovanja.

Njezin znanstveni i stručni rad usmjeren je na proučavanje bentičkih i planktonskih foraminifera miocenske starosti, s posebnim naglaskom na njihovu biostratigrafsku i paleoekološku primjenu. Autorica je jednog znanstvenog rada te koautorica osam znanstvenih radova. Sudjelovala je na brojnim domaćim i međunarodnim znanstvenim skupovima te stručnim i znanstvenim radionicama.

Članica je Hrvatskog geološkog društva.

Popis objavljenih radova

Prilog u knjizi

Izvorni znanstveni rad

1. **Špišić, Monika** ; Miknić, Mirjana ; Horvat, Marija ; Kovačić, Marijan: Badenian Fossiliferous Shallow Marine Carbonates with Fragments of Rhyolite Volcanic Rock // Field Trip Guidebook: Neogene of Central and South-Eastern Europe. Zagreb: Hrvatsko geološko društvo, 2017. str. 26-30

Prilog u časopisu

Izvorni znanstveni rad

1. **Milošević, Monika**; Ćosović, Vlasta; Hajek Tadesse, Valentina; Galović, Ines; Miknić, Mirjana; Baranyi, Viktoria: Palaeoecological insight into the Badenian Sea-Middle Miocene palaeoenvironments from the North Croatian BAsin, Central Paratethys // Geobios (Lyon), 92 (2025), 45-64. doi: 10.1016/j.geobios.2025.05.005

2. Šuica, Sanja; Trinajstić, Nina; Schindlbeck-Belo, Julie Christin; Kutterolf, Steffen; **Milošević, Monika**; Brlek, Mihovil; Hauff, Folkmar; Grizelj, Anita; Kukoč, Duje; Brčić, Vlatko et al.: Record of Late Oligocene silicic volcanism in the Hrvatsko Zagorje Basin, Croatia: Insights from U-Pb zircon geochronology and volcanology // Journal of the geological society, 182 (2025), 3; jgs2024–132, 1. doi: 10.1144/jgs2024-132

3. Brlek, Mihovil; Trinajstić, Nina; Schindlbeck-Belo, Julie Christin; Kutterolf, Steffen; Vukovski, Matija; Guillong, Marcel; Markovic, Sava; Šuica, Sanja; Wang, Kuo-Lung; Lee, Hao-Yang et al.: A distal record of the Middle Miocene silicic eruption of the Carpathian-Pannonian Region stored within the Dinaride Lake System: implications for tephrostratigraphy and emplacement of volcaniclastic deposits // International journal of earth sciences, 113 (2024), 6; 1427-1455. doi: 10.1007/s00531-024-02450-6

4. Banak, Adriano; Ruszkiczay-Rüdiger, Zsófia; Grizelj, Anita; Đuras, Martina; Petrinjak, Krešimir; Aumaître, Georges; Keddadouche, Karim; Wieser, Alexander; **Milošević, Monika**; Pavelić, Davor: Mammal-bearing Pleistocene deposits, Vranić, southwestern Pannonian Basin System // Journal of palaeogeography, 13 (2024), 3; 430-452. doi: 10.1016/j.jop.2024.04.001

5. Trinajstić, Nina; Brlek, Mihovil; Gaynor, Sean; Schindlbeck-Belo, Julie; Šuica, Sanja; Avanić, Radovan; Kutterolf, Steffen; Wang, Kuo-Lung; Lee, Hao-Yang; Holcová, Katarína et al.: Provenance and depositional environment of Middle Miocene silicic volcaniclastic deposits from Mt. Medvednica (North Croatian Basin, Carpathian-Pannonian Region) // Journal of volcanology and geothermal research, 443 (2023), 107917, 18. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2023.107917

6. Grizelj, Anita; **Milošević, Monika**; Miknić, Mirjana; Hajek Tadesse, Valentina; Bakrač, Koraljka; Galović, Ines; Badurina, Luka; Kurečić, Tomislav; Wacha, Lara; Šegvić, Branimir et al.: Evidence of Early Sarmatian volcanism in the Hrvatsko Zagorje Basin, Croatia - mineralogical, geochemical and biostratigraphic approach // Geologica Carpathica, 74 (2023), 1; 59-82. doi: 10.31577/GeolCarp.2023.02

7. Grizelj, Anita; **Milošević, Monika**; Bakrač, Koraljka; Galović, Ines; Kurečić, Tomislav; Hajek-Tadesse, Valentina; Avanić, Radovan; Miknić, Mirjana; Horvat, Marija; Čaić Janković, Ana et al.: Palaeoecological and sedimentological characterisation of Middle Miocene sediments from the Hrvatska Kostajnica area (Croatia) // Geologia Croatica, 73 (2020), 3; 153-175. doi: 10.4154/gc.2020.15

8. Brlek, Mihovil; Iveša, Ljiljana; Brčić, Vlatko; Santos, Ana; Ćorić, Stjepan; **Milošević, Monika**; Avanić, Radovan; Devescovi, Massimo; Pezelj, Đurđica; Mišur, Ivan et al.: Rocky-shore unconformities marking the base of Badenian (Middle Miocene) transgressions on Mt. Medvednica basement (North Croatian Basin, Central Paratethys) // Facies, 64 (2018), 3; 25, 22. doi: 10.1007/s10347-018-0537-0

9. Brlek, Mihovil; **Špišić, Monika**; Brčić, Vlatko; Mišur, Ivan; Kurečić, Tomislav; Miknić, Mirjana; Avanić, Radovan; Vrsaljko, Davor; Slovenec, Damir: Mid-Miocene (Badenian) transgression on Mesozoic basement rocks in the Mt. Medvednica area of northern Croatia // Facies, 62 (2016), 3; 62-1-62-18. doi: 10.1007/s10347-016-0470-z

Prilog sa skupa (u zborniku)

Sažetak izlaganja sa skupa

1. **Milošević, Monika**; Hajek-Tadesse, Valentina; Bakrač, Koraljka; Grizelj, Anita; Mandic, Oleg; Ćorić, Stjepan: Shallow-water Sarmatian paleoenvironment from the southern margin of the Pannonian Basin revealed by multi-paleontological approach // Advances in understanding the Neogene Mediterranean-Paratethyan System, RCMNS Interim Colloquium 2025 Vienna/ Harzhauser, Mathias (ur.). Beč: Natural History Museum Vienna, 2025. str. 22-22

2. **Milošević, Monika**; Baranyi, Viktória; Ćosović, Vlasta; Hajek-Tadesse, Valentina; Galović, Ines; Miknić, Mirjana: The first results of paleoecological interpretation of the Middle Miocene sediments in the North Croatian basin based on smaller benthic foraminifera, Case study: Striježevica borehole, Papuk Mt. // 10th Neogene of Central and South-Eastern Europe Abstract Volume / Bartol, Miloš; Ivančič, Kristina & Horvat, Aleksander (ur.). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2024. str. 60-61

3. **Milošević, Monika**; Grizelj, Anita; Bakrač, Koraljka; Galović, Ines; Kurečić, Tomislav; Hajek Tadesse, Valentina; Avanić, Radovan; Miknić, Mirjana; Horvat, Marija; Čaić Janković, Ana et al.: The Badenian/Sarmatian environment on the edge of the Pannonian Basin System // 36th International Meeting of Sedimentology : Abstracts Book / Vlahović, Igor; Matešić, Darko (ur.). Zagreb: Hrvatsko geološko društvo, 2023. str. 296-296

4. **Milošević, Monika**; Ćosović, Vlasta; Hajek Tadesse, Valentina: The holy grail of micropaleontology // 7th Faculty of Science PhD Student Symposium - Book of Abstracts / Pavlek, Katarina (ur.). Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2023. str. 55-56

5. **Milošević, Monika**; Brlek, Mihovil; Brčić, Vlatko; Mišur, Ivan; Baranyi, Viktoria; Kukoč, Duje; Ćosović, Vlasta: Geokronologija i biostratigrafija Sjevernohrvatskog bazena (NCB) – uloga mikropaleontoloških zajednica u izazovu projekta PYROSKA // Simpozij studenata doktorskih studija PMFa, Knjiga sažetaka. Zagreb, 2020. str. 46-46

14. **Špišić, Monika**; Bakrač, Koraljka; Hajek-Tadesse, Valentina; Filjak, Radovan; Brlek, Mihovil; Avanić, Radovan; Galović, Ine ; Miknić, Mirjana: Micropaleontological study of the middle miocene section Ciprovac, Dilj Mt. // 7th international workshop Neogene of Central and south-eastern Europe, abstracts book. 2017. str. 66-67

Prilog sa skupa (neobjavljen)

Neobjavljeni prilog sa skupa

1. **Milošević, Monika**; Baranyi, Viktória; Ćosović, Vlasta; Hajek-Tadesse, Valentina; Galović, Ines; Miknić, Mirjana: Micropaleontological insight into the Badenian Sea from the North Croatian Basin // EGU General Assembly 2025. Beč, Austrija, 27.04.2025-02.05.2025. doi: 10.5194/egusphere-egu25-8064

2. **Milošević, Monika**; Ćosović, Vlasta; Hajek Tadesse, Valentina; Baranyi, Viktoria; Galović, Ines: A snapshot into the Middle Miocene Sea of Central Paratethys – the role of foraminiferal assemblage // TMS-CFFR Foraminiferal Spring MeetingGöteborg, Švedska, 10.06.2025-13.06.2025

Dodatna tablica 1	DUBINSKI RASPON	NAČIN ŽIVOTA	NAČIN HRANJENJA	OKSIČNOST	OSTALO
Allomorphina trigona	150 - 1000	DI	D	D	oportunist
Alveolophragmium crassum	20 - 700	E	D		
Ammonia beccarri	5 - 80	SI	H	S	
Ammonia pseudobeccari	5 - 80	SI	H	S	
Ammonia sp.	10 - 80	SI	H	S	
Ammonia tepida	5 - 80	SI	H	S	
Ammonia vienensis	5 - 80	SI	H	S	
Amphicoryina badenensis	13 - 3000	DI	D	D	
Amphicoryna hirsuta	13 - 3000	DI	D	D	
Amphicoryna proxima	13 - 3000	DI	D	D	
Amphicoryna sp.	13 - 3000	DI	D	D	
Amphimorphina haueriana	100 - 600		D		
Amphistegina mammilla	10 - 100	E	H, simbionti	O	
Angulogerina angulosa	20 - 800	DI	D	D	
Anomalinoides badenensis	0 - 4000	E	S	O	
Baggina cf. californica	150 - 1500	E - SI	D	D	
Baggina sp.	150 - 1500	E - SI	D	D	
Biapertorbis sp.	200 - 600	E		O	
Biasterigerinata planorbis	5 - 120	E	H	O	
Bolivina antiqua	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina cf. hebes	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina cf. jriensis	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina cf. lowmani	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina dilatata	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina ex gr pokornyi	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina fastigia	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina hebes	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina jriensis	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina lownanii	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina miocenica	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina papulata	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina plicatella	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina pseudoplicata	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina retiformis	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina sagittula	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina scalprata	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina scalprata muscosa	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina simplex	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina sp.	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina tortuosa	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Bolivina viennensis	50 - 2500	DI	D	D	stres marker
Brizalina cf. B.striatula	50 - 2500	DI	D	D	
Bulimina buchiana	80 - 100	DI	D	D	stres marker
Bulimina elongata	80 - 100	DI	D	D	stres marker
Bulimina striata	100 - 800	DI	D	D	stres marker
Bulimina subulata	100 - 800	DI	D	D	
Cancris auricula	10 - 576	E	D	S	
Cassidulina laevigata	37 - 2000	DI	D	S	
Caucasina elongata longa	80 - 100	DI	D	D	stres marker
Caucasina schischkinskayae	80 - 100	DI	D	D	stres marker
Chilostomella ovoidea	80 - 1600	DI	D	D	stres marker

Cibicidoides austriacus	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides cf. lopjanicus	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides ornatus	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides ornatus/Riminopsis boueanus?	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides pachyderma	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides sp.	30-2000	E	S	O	
Cibicidoides ungerianus	30-2000	E	S	O	
Colominella paalzowi	0,1 - 150	E - SI	D	D	
Cornuspira plicata		E	D	O	
Coryphostoma digitale	100 - 200		D		
Cyclamina sp.?					
Cycloforina badenensis	0,1 -100	E	H	O	
Cylindroclavulina rudis		I	D		
Dentalina acuta		DI	D	D	
Dimorphina akneriana	20 -	DI	D	S	
Ehrenbergina serrata	200 - 600	E - SI	D	D	
Elphidiella artifex	0,1 - 50	E			
Elphidium advenum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium cf. advenum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium cf. rugosum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium crispum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium fichtelianum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium hauerinum	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium macellum	5 - 120	E	H	O	
Elphidium ortenburgense	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium pseudoinflatum?	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium reussi	0,1 - 70	E	H	O	
Elphidium sp.	0,1 - 70	E	H	O	
Eponides boueanus		E	D	O	
Eponides repandus		E	D	O	
Favulina hexagona		E - SI			
Fontbotia wuellerstorfi		E	S	O	
Fursekoina acuta	30 - 1200	DI	D	D	stres marker
Geminiela caudata	50 - 300	E - SI	D	D	oportunist
Glandulina ovula	50 - 3700	DI	D	S	
Globobulimina gibba	80 - 800	DI	D	O	marker visoke produktivnosti
Globobulimina pupoides	80 - 800	DI	D	D	
Globobulimina pyrula	80 - 800	DI	D	D	marker visoke primarne produkcije
Globobulimina subglobosa	80 - 800	DI	D	D	
Globocassidulina laevigata	50 - 3000	DI	D	S	
Globocassidulina oblonga	50 - 3000	DI	D	S	
Globocassidulina subglobosa	50 - 3000	DI	D	S	
Globulina gibba	80 - 800	DI	D	O	
Globulina punctata/Spinosa	10 - 300	DI	D	O	
Polymorphina spinosa	100 - 350				
Grigelis pyrula	0,1 - 100	DI	D	S	
Grigelis sp.		DI	D	S	
Guttulina communis		DI	D	S	
Gyroidinoides octocameratus (Cushman & Hanna)	70 - 3000	E	D	S	
Gyroidinoides umbonatus	90 - 1000	E	D	S	
Hansenisca soldanii	50 - 1470	E	D	S	
Hanzawaia boueana	10 - 80	E	S	O	

Hanzawaia crassiseptata	10 - 80	E	S	O	
Heterolepa dutemplei	100 - 600	E	S	O	
Heterolepa praecinta	100 - 600	E	S	O	
Heterolepa sp.	100 - 600	E	S	O	
Hyalinonetrion clavatum	<50	E - SI	D	O	
Islandiella punctata	20 - 600	E - SI	D	O	
Karreriella brady		DI	D	D	
Karreriella chilostoma		DI	D	D	
Laevidentalina badenensis	100 - 4000	DI	D	D	
Laevidentalina elegans	100 - 4000	DI	D	D	
Laevidentalina sp.	100 - 4000	DI	D	D	
Lagena clavata	20-2000	DI	D	S	
Lagena isabella	20 - 2000	DI	D	S	
Lagena striata	20 - 2000	DI	D	S	
Lapugyina schmidi Popescu	160 - 2000	E - SI	D	S	
Lenticulina austriaca	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cf. americana	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cf. cultrata	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cf. meynae	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cf. orbicularis	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cf. ornatus	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina clypeiformis	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina cultrata	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina echinata	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina inornata	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina meynae	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina obtusa	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina orbicularis	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina sp.	50 - 2600	E	D	S	
Lenticulina vortex	50 - 2600	E	D	S	
Lobatula lobatula	5 - 110	E	S	O	
Marginulina hirsuta		DI	D	O	
Martinotiella communis	50 - 100	E	D	O	
Melonis pompilioides	30 - 1000	DI	D	D	marker visokog unosa nutrijenata i visoke produkcije
Milioida sp.		E		O	
Mississipina sp.	100 - 600				
Myllostomela advena	230 - 2500	DI	D	S	
Myllostomela recta	230 - 2500	DI	D	S	
Neoeponides schreibersi		E	H	O	
Neogeborina irregularis		DI	D	S	
Neouvigerina proboscidea		DI	D	S	
Neugeborina longiscata		DI	D	S	
Nodosaria cf. hispida	30 - 1700	DI	D	D	
Nodosaria cf. radicula	30 - 1700	DI	D	D	
Nodosaria radicula	30 - 1700	DI	D	D	
Nodosaria sp.	30 - 1700	DI	D	D	
Nodosaria urnula?	30 - 1700	DI	D	D	
Nonion commune	0,1-180	SI	H	S	
Nonion sp.	0,1-180	SI	H	S	
Nonionella turgida	10 - 200	E - SI	S	D	
Oolina		E	D	O	
Oolina orbignyana/Sequenzella miocenica		E - SI		O	

Oolina orbignyina Seguenza		E - SI		O	
Oridorsalis umbonatus	200 - 2800	E	D	S	
Orthomorphina collumella		DI	D	S	
Orthomorphina sp.		DI	D	S	
Palliolatella sp.		E - SI			
Pappina parkeri	100 - 4500	DI	D	S	stres marker
Pappina sp.	100 - 4500	DI	D	S	stres marker
Pararotalia aculeata		E	H	O	
Planostegina granulatestata	10 - 100	E		O	
Planostegina politatesta	10 - 100	E		O	
Planostegina sp.	10 - 100	E		O	
Planularia lanceolata		E	D	O	
Planularia sp.		E	D	O	
Pleurostomella alterans		DI	D	S	
Pleurostomella polymorpha		DI	D	S	
Porosolenia tibiscens					
Porosononion tibiscens		E	H	O	
Pseudogaudryina karreriana		I			
Pseudogaudryina mayeriana		E - SI	D		
Pseudogaudryina sp.		E - SI	D		
Pseudogaudryina sturi		E - SI	D		
Pseudogaudryina tumidula		E - SI	D		
Pseudonodosaria brevis		DI	D	D	
Pseudonodosaria sp.					
Pseudotriloculina consobrina	0,1 - 50	E	H	O	
Pullenia bulloides	250 - 1700	DI	D	S	
Pullenia guinqueloba	251 - 1700	DI	D	S	
Pyrgo simplex					
Quinqueloculina hauerina		E	H	O	
Reophax sp.		DI	D	D	
Reticulophragmium sp.			D	S	
Reussela spinulosa	20 - 140	E	D	O	
Rosalina uhligi austriaca	0,1-100	E	H/O	O	
Rosalina obtusa	0,1 - 100	E	O	O	
Rosalina sp.	0,1 - 100	E	H	O	
Rotalia serrata		E	D	O	
Sagrina reticulata		E - SI			
Semivulvulina deperdita		E	D	S	
Semivulvulina pectinata		E	D	S	
Sigmavirgulina tortuosa		E - SI	D	D	
Sigmoilinita tenuis	80 - 2800	E	H	O	
Siphonina reticulata		E - SI		O	
Siphonodosaria consobrina					
Siphonodosaria scripta		DI	D	S	
Siphonodosaria sp.					
Siphotextularia concava	50 - 630	E - SI	D	S	
Sphaeroidina bulloides	65 - 1300	E	D	S	
Spiroloculina canaliculata		E	H	O	
Spiroloculina excavata		E	H	O	
Spiroloculina sp.		E	H	O	
Spirorutilus carinatus		E	D	O	
Caveastomella (Stilostomella) adolphina d'Orbignyi	230? - 2500	DI	D	S	

Stilostomella sp.	230? - 2500	DI	D	S	
Stromatorbina concentrica					
Textularia gramen	0,1-500	E	D	O	
Textularia laevigata	0,1-500	E	D	O	
Textularia lanceolata	0,1-500				
Textularia mariae	0,1-500	E	D	O	
Textularia pala	0,1-500				
Textularia sp.	0,1-500	E	D	O	
Trifarina bradyi	20 - 400	DI	D	S	
Uvigerina aculeata	100 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina acuminata	101 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina asperula	102 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina brunnensis	103 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina bulbacea	104 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. farinosa	105 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. lapugyensis	106 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. orbignyana	107 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. peregrina	108 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. pygmea	109 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. romaniaca	110 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina cf. Uniseriata	111 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina grilli	112 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina lapugyensis	113 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina macrocarinata	114 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina proboscidea/venusta	115 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina pudica	116 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina pygmoides	117 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina romaniaca	118 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina semiornata	119 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina sp.	120 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina uniseriata	121 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina urnula	122 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Uvigerina venusta	123 - 4500	DI	D	S	stres marker, marker visokog unosa nutrijenta
Vaginulina legumen		SI	D	S	
Vaginulopsis hauerina		E - SI	D	O	
Vaginulopsis pedum		E - SI	O	O	
Valvulina pennatula		E	D	O	
Valvulineria complanata	40 - 100	SI	D	S	stres marker
Vasicostella diaripata					
Virgulinella pertusa	10 - 60	E - SI		D	
Vulvulina pennatula		E	D	O	

DI-duboka infauna
SI-plitka infauna
D-muljojed (deposit feeder)
H-biljojed (herbivore)
E-epifauna
S-suspenzojed

D-disoksični pokazatelj
O-oksični pokazatelj
S-Suboksični pokazatelj

Dodatna tablica 2.

Vrsta/uzorak	SP7-81	SP7-80	SP7-78	SP7-70	SP7-67	SP7-65	SP7-60	SP7-59	SP7-55	SP7-54	SP7-48	SP7-46	SP7-44	SP7-40	SP7-38	SP7-37	SP7-31	SP7-30	SP7-28	SP7-27	SP7-26	SP7-24	SP7-23	SP7-21	SP7-18	SP7-17	SP7-16	SP7-14	SP7-12	SP7-11	SP7-9	SP7-6	SP7-5	SP7-4
Globigerina concinna Reuss	8	9	21	22	16	0	29	42	22	0	17	12	6	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	10	0	6
Globigerina diplostoma Reuss	10	15	23	47	24	7	26	43	37	27	28	11	0	0	5	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	10	11	8
Globigerina bulloides d'Orbigny	9	50	12	14	14	33	16	32	25	78	67	22	15	1	4	2	0	3	1	0	0	1	0	2	0	0	3	6	0	1	45	13	16	18
Globigerina praebulloides Blow	0	14	0	0	0	30	0	0	0	0	6	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	1	29	8	17	6	18	12	10	11
Globigerina lentiana Rögl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	4	2	0	9
Globigerina falconensis Blow	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7	10	1
Globigerina apertura Cushman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Globigerina sp.	3	1	2	2	9	0	3	0	0	11	12	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	8	0
Globigerina bolli Cita i Silva	0	0	0	0	1	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24	0	8	5	4	0
Ciperoella angulifficinalis (Blow)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1	0
Globigerina tarchanensis Subbotina i Khutsieva	0	2	0	0	0	13	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	7	0	11
Globigerina subcretacea Chapman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Globigerinita glutinata (Egger)	0	3	0	1	0	14	0	0	0	1	4	0	7	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19	9	1	0	0	0	1	6
Trilobatus bisphericus (Todd)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	25	15	0	14	13
Trilobatus trilobus (Reuss)	64	32	70	39	20	27	39	12	29	43	30	71	35	160	100	157	9	23	47	16	20	48	96	28	60	98	37	31	9	128	52	31	67	43
Trilobatus immaturus (LeRoy)	0	2	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	17	21	9	17	0	0	11	6	5	3	18	4	3	9	0	3	0	14	6	0	4	1
Trilobatus quadrilobatus (d'Orbigny)	84	24	42	29	13	9	26	5	23	12	18	21	17	35	23	32	1	4	5	0	6	9	23	4	42	56	14	15	13	41	28	17	21	11
Trilobatus subsacculifer (Cita, Premoli Silva i Rossi)	21	0	5	10	2	0	10	0	0	0	3	10	0	9	12	11	0	0	6	1	1	6	8	1	12	7	2	2	0	2	0	0	4	0
Trilobatus sicanus (De Stefani)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Globigerinoides apertasuturalis Jenkins	1	1	0	0	1	0	2	1	4	1	4	1	0	12	3	8	0	0	2	1	3	1	5	0	0	16	0	5	0	7	0	7	13	6
Globigerinoides sp.	29	0	11	16	8	0	6	0	4	0	4	4	0	9	0	3	0	0	0	0	5	4	12	5	0	19	12	4	7	1	2	3	12	7
Globigerinoides altiaperturus Bolli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	17	2	0	0	3
Globigerinoides bulloideus Crescenti	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Praeorbulina circularis (Blow)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	2	7
Praeorbulina transitoria (Blow)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Globigerinella siphonifera (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Globigerinella obesa (Bolli)	3	4	5	12	11	0	12	18	17	14	7	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1	0	8	15	3	7
Globigerinella regularis d'Orbigny	3	8	13	24	17	10	22	39	24	28	6	5	4	0	1	0	0	6	0	1	0	3	0	0	0	0	7	3	3	1	14	14	0	4
Globigerinita uvula (Ehrenberg)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	0	0	0	0	2
Globoturborotalita apertura (Cushman)	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15
Globoturborotalita bulloidea (Crescenti)	0	4	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Globoturborotalita decoraperta (Takayanagi & Saito)	13	14	4	3	0	4	8	0	11	1	5	6	13	0	3	9	0	0	0	0	3	3	0	0	0	4	3	4	9	5	7	3	7	0
Globoturborotalita druryi (Akers)	1	0	1	2	2	5	1	3	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	2	0	0	0	0
Globoturborotalita woodi (Jenkins)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0
Turborotalita quinqueloba (Natland)	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	10	12	0
Turborotalita neominutissima Bermúdez i Bolli	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14	9	0	0	0	15	6	0
Turborotalita sp.	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0	0
Dentoglobigerina sp.	0	1	6	0	0	0	1	2	1	5	2	5	42	1	46	22	1	0	10	11	3	5	0	0	2	2	3	2	113	0	12	0	3	1
Tenuitella clemenciae (Bermúdez)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	17	8	0	0	0	9	8	7
Tenuitella angustiumbilicata (Bolli)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	2	0	0	0	0
Tenuitellinata pseudoedita (Subbotina)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	1	0
Tenuitellinata selleyi Li, Radford i Banner	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0
Jenkinsella transsylvanica Popescu	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	9	10	1	0	4	4	4	1
Globorotalia bykovae Saakyan-Gezalyan	0	7	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	14	14	4	1	3	13	18	8
Globorotalia scitula (Brady)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
Paragloborotalia cf. acrostoma (Wezel)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Paragloborotalia mayeri (Cushman i Ellisor)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	5	0	0
Paragloborotalia siakensis (Le Roy)	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Fohsella peripheroronda (Blow i Banner)	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orbulina sp.div.	10	0	14	18	86	0	10	7	21	10	28	50	0	15	43	24	267	190	140	224	223	177	19	191	150	73	16	0	0	16	0	0	0	0
Velapertina indigena (Łuczkowska)	3	4	0	1	0	0	0	4	1	0	2	1	4	13	2	12	0	0	5	2	2	0	5	3	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0
Globigerinopsis grilli (Schmid)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

indikatori hladnog mora
indikatori umjereno hladnog mora
indikatori toplog mora
indikatori umjereno toplog mora

Dodatna tablica 3.

Vrsta/uzorak	SP7-84	SP7-77	SP7-70	SP7-65	SP7-59	SP7-54	SP7-45	SP7-37	SP7-33	SP7-31	SP7-29	SP7-27	SP7-23	SP7-17	SP7-11	SP7-9
Coccolithus pelagicus (Wallich) J.Schiller	3	10	23	44	23	18	17	25	21	30	22	11	36	30	40	25
Helicosphaera walbersdorfensis (Müller) + *H. vedderi* Bukry	2	4	1	13	1	3	4	1	3	7	8	8	2	2	2	4
Helicosphaera waltrans Theodoridis	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Reticulofenestra minuta Roth	24	23	18	6	10	12	21	15	23	13	20	21	18	21	24	39
Reticulofenestra producta Kamptner	29	36	30	3	21	48	35	19	19	18	28	34	23	25	15	19
Sphenolithus heteromorphus Deflandre	2	1	3	4	7	2	2	10	1	1	1	3	0	1	2	1
Syracosphaera spp. + *Acanthoica* spp.	34	17	12	6	17	8	4	16	12	7	3	6	3	1	2	1

Dodatna tablica 4.

VRSTA	SP7-4	SP7-5	SP7-6	SP7-9	SP7-10	SP7-11	SP7-12	SP7-13	SP7-14	SP7-16	SP7-17	SP7-18	SP7-21	SP7-23	SP7-24	SP7-26	SP7-27	SP7-28	SP7-30	SP7-31	SP7-37	SP7-38	SP7-40	SP7-44	SP7-46	SP7-48	SP7-54	SP7-55	SP7-59	SP7-60	SP7-65	SP7-70	SP7-78	SP7-80	SP7-81
Allomorphina trigona (Reuss)	4	1	4	3	1	9	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	0	3	0	1	1	0	0	4	1	0	0
Alveolophragmium crassum (Reuss)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia beccarrii (Linnaeus)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia pseudobeccari (Putrya)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0
Ammonia sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia sp./viennesnis	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia tepida (Cushman)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Ammonia viennensis (d'Orbigny)	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3	0	1	0	0	0	1	0	5	0
Amphicoryna badenensis (d'Orbigny)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphicoryna hirsuta (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphicoryna proxima (Silvestri)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphicoryna sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphimorphina haueriana Neugeboren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Amphistegina mammilla (Fichtel i Moll)	2	0	2	0	4	1	0	4	4	4	16	0	58	42	30	37	7	8	1	24	3	19	73	2	20	2	26	40	128	81	1	22	12	4	23
Angulogerina angulosa (Williamson)	2	2	0	2	0	4	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Anomalina sp.	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Anomalinoides badenensis (d'Orbigny)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	3	4	2	0	7	3	3	0	0	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0
Baggina cf. californica Cushman	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baggina sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2
Biapertorbis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biasterigerina planorbis (d'Orbigny)	9	4	5	3	23	6	11	9	10	6	6	10	4	4	15	5	0	1	15	3	4	27	2	16	36	97	5	3	10	39	60	43	22	65	10
Bitubulogenerina reticulata Cushman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina antiqua d'Orbigny	0	1	1	5	3	0	10	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	2	2	1	0	0	0	0	2	0	2	1	0
Bolivina cf. hebes Macfadyen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina cf. jriensis Tedeschi	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina cf. lowmani Phleger i Parker	0	7	0	0	0	5	0	0	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina dilatata Reuss	8	2	11	17	3	13	7	2	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0	0	5	2	3	12	0	0	0	28	2	7	15	0
Bolivina ex gr. pokornyi Cicha i Zapletalová	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Bolivina fastigia Cushman	3	6	7	0	0	5	5	14	5	11	1	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina hebes Macfayden	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	10	3	2	0	7	0	1	3	0	0	0	2	3	0	0	0
Bolivina jriensis Tedeschi	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina lownanii Phleger i Parker	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Bolivina miocenica Macfayden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Bolivina papulata Cushman	5	3	0	0	0	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bolivina plicatella Cushman	0	0	0	9	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Bolivina pseudaplicata Heron-Allen i Earland	5	7	2	8	6	10	5	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	5	0	0	17	0
Bolivina retiformis Cushman	4	0	13	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina sagittula Didkovskiy	0	0	0	11	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	9	5	1	0	0	13	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
Bolivina scalprata muscosa Cicha i Zapletalova	0	0	0	9	0	0	10	0	0	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bolivina scalprata Schwager	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina simplex Phleger i Parker	0	0	0	9	1	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	3	0	0
Bolivina sp.	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	2	0
Bolivina striatula Cushman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina tortuosa (Brady)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolivina viennensis Marks	2	6	0	6	0	5	4	4	3	6	0	6	0	0	0	2	0	0	10	3	9	1	0	3	3	3	0	0	0	0	1	1	1	4	0
Bulimina buchiana d'Orbigny	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
Bulimina elongata d'Orbigny	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Bulimina elongata longa d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Bulimina subulata Cushman i Parker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	9	5	0	8	8	1	10	0	1	1	1	0	1	0	0	0	2	8	0
Cancris auricula (Fichtel i Moll)	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	2	0	5	4	0	0	0	0	1	0	2	4	0
Cassidulina laevigata d'Orbigny	0	0	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cassidulina laevigata d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	15	5
Caucasina schischkinskayae (Samoilova)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Caveastomella adolphina (d'Orbigny)	0	0	0	4	0	4	1	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	5	1
Chilostomella ovoidea Reuss	4	9	7	0	2	2	0	10	1	4	7	0	0	1	2	1	0	2	0	2	1	5	0	0	3	5	0	1	0	2	0	8	9	0	0
Cibicides pachyderma Rzehak	2	15	3	8	4	0	20	7	18	2	31	12	13	9	13	14	13	17	13	21	47	11	7	18	0	0	2	1	0	0	4	2	0	0	0
Cibicidoides austriacus (d'Orbigny)	0	0	0	4	0	6	0	1	4	2	4	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	0	8	0
Cibicidoides cf. lopjanicus (Myatlyuk)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cibicidoides ornatus (Costa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cibicidoides ornatus/Riminopsis boueanus?	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cibicidoides sp.	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cornuspira plicata (Cžjžek)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coryphostoma digitale (d'Orbigny)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	1
Cyclamina sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cycloforina badenensis (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Cycloforina haurina (d'Orbigny)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
Cylindroclavulina rudis (Costa)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dentalina acuta d'Orbigny	0	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dentalina urnula? d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimorphina akneriana (Neugeboren)	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ehrenbergina serrata Reuss	0	0	0	0	0	1	5	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	6	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	1	3	0	0
Elphidiella artifex (Serova)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Elphidium advenum (Cushman)	1	0	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	1	2	0	0	2	1	0	3	1	2
Elphidium cf. advenum (Cushman)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium cf. Rugosum (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium crispum (Linnaeus)	2	1	3	0	6	0	3	0	2	6	3	0	20	31	30	10	0	4	0	5	2	7	18	4	5	3	13	16	24	17	3	6	0	12	15
Elphidium fichtelianum (d'Orbigny)	0	0	2	2	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	6	0	3	4	0	1	2	1	3	5	7	6	5	0
Elphidium hauerinum (d'Orbigny)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium macellum (Fichtel i Moll)	4	1	0	5	7	0	1	7	7	5	8	0	14	3	8	4	0	0	7	0	4	12	4	4	8	11	5	6	3	21	15	9	21	15	29
Elphidium ortenburgense (Egger)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Elphidium pseudoinflatum? Cushman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium reussi Marks	3	3	4	0	5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	7	6	3	0	0	3	3	0	0	0	3	0	0	6	0	0
Elphidium sp.	0	0	1	0	12	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	4	5	10	5	0
Eponides boueanus (d'Orbigny)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Eponides repandus (Fichtel i Moll)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	3	0	4	1	4	8	0	0	0	3	0	3	16	0	5	2	7	4	10	5	0	3	0	0	6
Favulina hexagona (Williamson)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Fissurina orbignyana Seguenza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Fursenkoina subacuta (d'Orbigny)	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	1	1	0
Geminiela caudata n. sp.	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glandulina ovula d'Orbigny	0	4	0	0	4	3	6	9	8	7	9	0	2	4	0	1	3	4	1	2	3	0	1	0	0	1	1	0	1	4	0	3	0	0	0
Globobulimina affinis Hofker	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Globobulimina gibba (d'Orbigny)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Globobulimina pyrula (d'Orbigny)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
Globocassidulina oblonga (Reuss)	0	0	0	2	1	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	10	4	3	0	0
Globocassidulina subglobosa (Brady)	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Globulina gibba (d'Orbigny)	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Globulina punctata/spinosa d'Orbigny	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Grigelis pyrula (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Grigelis sp.	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guttulina communis (d'Orbigny)	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	7	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyroidina umbonata (Silvestri)	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyroidinoides octocamerata (Cushman i Hanna)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hansenisca soldanii (d'Orbigny)	0	0	0	1	2	4	4	0	0	6	1	2	1	3	3	2	1	0	3	2	1	3	1	1	0	1	0	1	0	1	0	4	3	0	1
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)	0	0	0	5	0	0	3	0	5	3	3	2	2	0	0	0	0	1	5	1	0	2	0	7	1	0	2	1	0	0	3	2	3	0	1
Hanzawaia crassiseptata (Łuczkowska)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heterolepa dutemplei (d'Orbigny)	11	10	12	9	13	5	9	12	26	18	34	2	41	41	51	29	110	129	9	27	8	22	28	7	32	12	32	61	23	18	22	15	12	8	12
Heterolepa praecinta (Karrer)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Heterolepa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyalinonetrion clavatum (d'Orbigny)	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Islandiella punctata (Reuss)	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karreriella brady (Cushman)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karreriella chilostoma (Reuss)	0	0	2	0	1	0	0	4	3	5	3	0	1	0	1	1	0	2	0	3	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laevidentalina badenensis (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laevidentalina elegans (d'Orbigny)	0	0	0	0	1	3	2	1	2	0	3	0	0	0	0	1	5	5	1	0	2	1	0	1	0	3	2	0	0	1	0	0	0	2	1
Laevidentalina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Lagena striata (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapugyina schmidi Popescu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Lenticulina austriaca (d'Orbigny)	4	3	3	0	6	3	2	15	5	6	15	1	13	20	12	18	48	27	0	4	20	7	13	4	11	6	14	21	5	5	5	2	0	0	0
Lenticulina cf. americana (Cushman)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina cf. cultrata (Montfort)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina cf. orbicularis (d'Orbigny)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina cf. ornata (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina cf. subcrassa (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Lenticulina clypeiformis (d'Orbigny)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina cultrata (Montfort)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina echinata (d'Orbigny)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina inornata (d'Orbigny)	1	4	7	2	1	3	4	17	6	4	20	3	7	18	10	25	33	0	5	1	16	7	18	5	5	2	0	6	2	4	0	5	6	1	12
Lenticulina obtusa (Reuss)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina orbicularis (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	3	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina sp.	0	6	5	0	3	0	2	2	0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lenticulina subcrassa (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina vortex (Fichtel i Moll)	0	0	2	0	0	0	0	6	0	0	1	0	4	5	7	3	4	0	0	1	0	0	3	0	0	1	4	4	0	1	2	0	0	1	0
Lobatula lobatula (Walker i Jackob)	7	4	4	4	7	4	10	2	11	2	6	3	14	7	8	6	2	4	4	1	6	7	2	7	16	14	2	5	10	10	5	12	28	11	60
Lobatula ungeriana (d'Orbigny)	25	11	23	21	28	25	42	34	19	27	30	19	29	22	14	27	11	9	28	17	16	35	8	12	30	18	16	11	9	12	43	33	34	40	23
Lobatula wuellerstorfi (Schwager)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marginulina hirsuta d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Martinottiella communis (d'Orbigny)	0	8	8	2	4	2	2	7	5	0	16	1	4	4	6	9	10	3	1	6	10	0	3	2	1	1	0	0	0	4	1	2	0	0	3
Melonis pompilioides (Fichtel i Moll)	14	23	7	18	11	13	15	11	12	15	13	10	1	0	7	5	1	1	3	10	15	17	1	12	8	3	5	1	8	12	2	5	5	8	6
Milioidae sp. indet.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mississipina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Myllostomella recta Palmer i Bermúdez	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
Neoeponides schreibersi (d'Orbigny)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	3	0	1	0	0	1
Neopleurostomella polymorpha (Popescu i Crihan)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neugeborina longiscata (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nodosaria cf. radicula (Linnaeus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nodosaria radicula (Linnaeus)	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Nodosaria sp.	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nonion commune (d'Orbigny)	1	4	1	7	1	8	2	0	1	1	0	4	0	3	1	0	0	0	3	0	0	1	1	1	1	3	1	6	0	0	0	2	1	7	0
Nonion sp.	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nonionoides turgidus (Williamson)	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oolina isabella d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Oolina sp.	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oridorsalis umbonatus (Reuss)	2	1	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	6	0
Orthomorphina columella (Karrer)	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthomorphina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Palliolatella sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pappina parkeri (Karrer)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Pappina sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pararotalia aculeata (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	2	5	5	2	0	4	1	0	0
Pararotalia serrata (Ten Dam i Reinhold)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Planostegina granulatatesta (Papp i Küpper)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Planostegina politatesta (Papp i Küpper)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planostegina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Planularia lanceolata (d'Orbigny)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planularia sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Pleurostomella alterans Schwager	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Polymorphina spinosa (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Porosolenia tibiscens (Popescu)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoglobobulimina pupoides (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	0	5	2	0	0	2	9	5	0	0	2	0	0	0	2	0	1	4	0	1
Pseudogaudryina karreriana (Cushman)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Pseudogaudryina mayeriana (d'Orbigny)	0	1	7	0	2	2	0	0	5	2	4	0	3	3	6	4	1	1	2	4	0	7	12	0	7	3	3	5	7	4	0	11	4	0	11
Pseudogaudryina sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudogaudryina sturi (Karrer)	0	5	3	0	1	0	0	0	1	0	2	2	1	0	3	2	0	0	0	1	0	0	6	0	5	2	1	1	2	2	0	2	0	0	0
Pseudogaudryina tumidula (Cushman)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	1	0	1	0	0	5	0	3	0	0	5	3	4	0	0	0	0	0
Pseudonodosaria brevis (d'Orbigny)	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudonodosaria sp.	0	0	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina consobrina (d'Orbigny)	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pullenia bulloides (d'Orbigny)	1	5	0	10	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Pullenia quinqueloba (Reuss)	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	3	0
Pyrgo simplex (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reophax sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reticulophragmium sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reussella spinulosa (Reuss)	0	0	0	1	1	0	2	0	4	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	0	0	1	0	4	2	0	1	0
Rosalina obtusa d'Orbigny	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rosalina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	5	1	0	2
Rosalina uhligi austriaca (Enger)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	11	0
Seguenzaella miocenica Margerel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semivulvulina pectinata Reuss	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
Sigmavirgulina tortuosa (Brady)	0	6	1	2	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0
Siphonina reticulata (Cžjžek)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Siphonodosaria consobrina (d'Orbigny)	0	0	0	1	0	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Siphonodosaria scripta (d'Orbigny)	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonodosaria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphotextularia concava (Karrer)	0	1	2	2	0	5	7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphouvigerina proboscidea (Schwager)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sphaeroidina bulloides (d'Orbigny)	0	3	2	3	0	3	1	3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1
Spiroloculina canaliculata d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Spiroloculina excavata d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spiroloculina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Spiroplectammina deperdita (d'Orbigny)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Spirorutilus carinatus (d'Orbigny)	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spirosigmoilina tenuis (Cžjžek)	0	1	1	0	1	4	4	2	2	4	0	6	0	0	0	0	0	0	13	4	6	8	0	0	2	6	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2
Stilostomella sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stomatorbina concentrica (Parker i Jones)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Strictocostella advena (Cushman i Laiming)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Textularia gramen d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Textularia laevigata d'Orbigny	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Textularia lanceolata Roemer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Textularia mariae d'Orbigny	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Textularia pala Cžjžek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Textularia sp.	0	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Textulariella paalzowi Cushman	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	4	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Trifarina bradyi Cushman	0	0	0	0	10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
unilocular sp. indet.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0
Uvigerina aculeata d'Orbigny	4	1	0	0	0	0	0	4	12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina acuminata Hosius	0	3	0	4	21	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina asperula Cžjžek	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina brunnensis Karrer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina bulbacea Galloway i Heminway	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. farinosa Hantken	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. lapugyensis Popescu i Crihan	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. orbignyana Cžjžek	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. peregrina Cushman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. pygmaea d'Orbigny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Uvigerina cf. romaniaca Papp i Schmid	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina cf. uniseriata Jedlitschka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina grilli Schmid	1	0	5	0	2	3	2	5	17	3	0	0	0	4	0	11	9	0	0	0	25	7	7	6	4	4	6	1	0	2	0	1	0	5	0	0
Uvigerina lapugyensis Popescu i Crihan	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina macrocarinata Papp & Turnovsky	1	2	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina pudica Łuczkowska	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0
Uvigerina pygmoides Papp i Turnovsky	0	0	2	0	2	0	4	0	5	3	0	2	0	5	4	3	4	2	2	0	3	5	1	0	4	3	1	1	0	0	2	0	0	2	0	1
Uvigerina romaniaca Papp i Schmid	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Uvigerina semiornata d'Orbigny	2	1	2	0	3	0	0	1	14	10	5	1	6	7	0	4	5	4	0	1	0	2	0	0	3	0	4	0	0	1	0	1	1	5	0	3
Uvigerina sp.	0	6	9	0	0	0	0	2	5	1	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Uvigerina uniseriata Jedlitschka	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvigerina venusta Franzenau	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaginulina legumen (Linnaeus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaginulinopsis hauerina (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaginulinopsis pedum (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valvulineria complanata (d'Orbigny)	4	1	0	1	2	3	0	2	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	7	0	3	4	3	2	6	6	7	3	10	
Vasicostella diaripata (Popescu)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Virgulinella pertusa (Reuss)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Vulvulina pennatula (Batsch)	0	0	0	0	0	0	8	1	1	2	0	0	1	2	2	0	5	1	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UKUPNO	**194**	**224**	**212**	**234**	**249**	**239**	**251**	**256**	**270**	**207**	**288**	**160**	**267**	**287**	**300**	**283**	**301**	**263**	**229**	**213**	**277**	**282**	**283**	**257**	**276**	**250**	**196**	**228**	**271**	**282**	**269**	**266**	**245**	**372**	**286**	

Dodatna tablica 5.

Klaster	E					F					D			C1						C2						A		B							
Uzorak	**SP7-81**	**SP7-78**	**SP7-70**	**SP7-46**	**SP7-38**	**SP7-37**	**SP7-17**	**SP7-14**	**SP7-13**	**SP7-10**	**SP7-80**	**SP7-65**	**SP7-48**	**SP7-54**	**SP7-31**	**SP7-16**	**SP7-6**	**SP7-5**	**SP7-4**	**SP7-44**	**SP7-30**	**SP7-18**	**SP7-12**	**SP7-11**	**SP7-9**	**SP7-28**	**SP7-27**	**SP7-60**	**SP7-59**	**SP7-55**	**SP7-40**	**SP7-26**	**SP7-24**	**SP7-23**	**SP7-21**
Broj vrsta	20	26	27	21	21	19	24	22	21	24	22	21	22	22	21	26	23	21	24	24	26	21	21	25	23	18	13	22	19	20	19	19	19	20	19
Broj jedinki	268	227	247	258	274	263	275	256	225	241	370	265	236	184	206	198	200	209	178	246	223	156	229	201	211	251	298	270	260	226	273	275	285	271	260
Indeks dominacije	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Simpsonov indeks	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Shannon-Wienerov indeks	2,5	2,7	2,8	2,6	2,7	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,2	2,3	2,5	2,5	2,8	2,5	2,6	2,8	2,5	2,5	2,2	2,4	2,6	2,3	1,8	1,7	2,3	1,9	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,2
Indeks ujednačenosti	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
Fisher alpha indeks	5	7,6	7,7	5,4	5,3	5	6,3	5,8	5,7	6,6	5,1	5,4	5,9	6,5	5,8	8	6,7	5,8	7,5	6,6	7,6	6,5	5,6	7,5	6,6	4,4	2,8	5,7	4,7	5,3	4,6	4,6	4,6	4,9	4,7
BFFOI	86	53	62	68	59	58	59	65	50	55	46	63	55	63	56	56	57	45	56	43	50	43	45	37	48	65	54	74	75	84	79	66	72	84	77
EBFOI (Kranner)	71	44	51	58	49	45	46	49	39	40	16	51	46	52	47	46	47	13	41	12	42	10	13	9	15	53	36	63	60	66	61	58	57	64	60
EBFOI (Schmiedl)	63	3	13	49	7	10	8	9	10	3	1,5	7	7	39	12	9,5	7	3	7	2	7	0,3	6	0,5	7	43	3	45	44	52	52	49	38	51	42
Udio disoksičnih vrsta (%)	10	30	25	22	29	27	25	20	31	25	32	24	29	11	30	29	29	31	25	35	35	38	30	38	32	22	22	17	15	1	13	25	17	9	13
Udio oksičnih vrsta (%)	58	35	40	47	42	37	35	37	31	31	28	41	35	19	38	37	38	26	31	26	35	29	25	22	30	41	26	49	45	48	46	48	43	49	45
Udio suboksičnih vrsta (%)	28	28	29	24	29	35	33	37	35	40	40	32	25	13	25	29	27	36	40	33	24	27	41	38	38	30	48	24	30	30	33	21	35	37	34
Oksičnost okoliša	**O**	**LO**	**O**	**O**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**O**	**LO**	**O**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**LO**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**	**O**
Udio duboke infaune (%)	25	41	36	31	44	46	39	42	48	45	56	44	37	39	47	47	40	48	48	54	47	47	42	51	51	32	37	29	21	15	23	31	31	28	24
Udio epifaune (%)	65	39	44	47	50	48	22	42	34	40	32	46	48	48	43	22	45	38	42	32	39	36	39	32	36	49	56	56	64	64	58	56	56	58	66
P/B	92	82	83	85	92	98	91	84	86	83		73	96	87	88	91	93	84	83	93	88	94	91	94	93	80	98	78	87	90	93	86	87	83	81
Dubina metodom gradijenata	156	144	133	164	163	434	299	266	374	165	121	137	103	188	260	291	351	579	286	252	233	345	377	384	351	375	542	108	120	176	177	247	154	178	160
Udio muljojeda (%)	63	69	69	67	77	81	73	63	71	71	81	71	73	67	77	65	69	76	66	77	79	69	78	79	75	76	78	68	70	64	71	73	63	58	63
Udio markera stresa (%)	12	26	21	22	27	21	14	25	26	25	28	32	21	24	23	31	22	28	27	24	26	31	23	29	30	16	15	10	10	12	10	17	19	19	11
Udio markera visokog unosa nutrijenata (%)	12	22	18	17	25	31	11	34	26	33	36	25	13	22	29	39	37	43	40	51	36	49	33	40	53	8	12	9	6	4	12	16	13	11	5
TROX	**OLIGO**	**EU**	**MEZO**	**OLIGO**	**MEZO**	**MEZO**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**OLIGO**	**OLIGO**	**EU**	**EU**	**OLIGO**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**EU**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**	**OLIGO**

Dodatna tablica 6	SP7-81	SP7-80	SP7-78	SP7-70	SP7-67	SP7-65	SP7-60	SP7-59	SP7-55	SP7-54	SP7-48	SP7-46	SP7-44	SP7-40	SP7-38	SP7-37	SP7-31	SP7-30	SP7-28	SP7-27	SP7-26	SP7-24	SP7-23	SP7-21	SP7-18	SP7-17	SP7-16	SP7-14	SP7-12	SP7-11	SP7-9	SP7-6	SP7-5	SP7-4
Broj vrsta	14	22	13	15	14	15	14	11	15	12	20	15	15	11	17	16	4	9	13	9	12	13	10	8	7	13	19	24	16	16	21	21	23	24
Broj jedinki	261	207	228	242	230	183	210	205	226	231	248	229	181	278	265	311	278	236	233	263	274	262	192	238	271	293	221	175	216	270	248	212	258	206
Indeks dominacije	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	0,9	0,7	0,4	0,7	0,7	0,5	0,3	0,7	0,4	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Simpsonov indeks	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,6	0,8	0,7	0,1	0,3	0,6	0,3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,6	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9
Shannon-Wienerov indeks	2,0	2,5	2,1	2,3	2,1	2,4	2,3	2,0	2,4	1,9	2,4	2,1	2,3	1,5	2,0	1,8	0,2	0,8	1,4	0,6	0,8	1,2	1,7	0,8	1,2	1,8	2,7	2,9	1,8	1,8	2,5	2,9	2,7	2,8
Indeks ujednačenosti	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4	0,6	0,8	0,7	0,7
Fisher alpha indeks	3,2	6,2	3,0	3,5	3,3	3,9	3,4	2,5	3,6	2,7	5,1	3,6	3,9	2,3	4,1	3,6	0,7	1,9	3,0	1,8	2,6	2,9	2,2	1,6	1,3	2,8	5,0	7,5	4,0	3,7	5,5	5,8	6,1	7,0

Dodatna tablica 7.

		SP7-80	SP7-79	SP7-67	SP7-60	SP7-59	SP7-55	SP7-48	SP7-46	SP7-44	SP7-40	SP7-38	SP7-31	SP7-28	SP7-27	SP7-26	SP7-24	SP7-23	SP7-17	SP7-14	SP7-13	SP7-10	SP7-5	SP7-4
Bentos	**δ^{13}C VPDB**	1,29	1,42	1,19	-	1,07	1,69	-	1,16	1,38	1,12	0,99	1,2	0,96	1,03	0,57	1,14	1,42	0,65	0,91	0,9	0,85	0,86	0,88
	δ^{18}O VPDB Calcite	0,69		-1,3	-	-2,94	-1,23	-	-2,32	-2,42	-2,59	-3,27	-2,02	-2,81	-1,68	-3	-1,32	0,16	-2,23	-2	-2,04	-3,39	-1,15	-3,13
Plankton	**δ^{13}C VPDB**	2,07	2,16	1,63	0,43	1,05	2,1	1,64	1,39	1,6	1,79	1,34	1,39	1,48	1,22	1,28	1,34	1,33	1,36	1,55	1,3	2,14	1,21	2
	δ^{18}O VPDB Calcite	-2,94	-3,38	-5,61	-5,78	-5,59	-4,23	-3,82	-4,38	-4,79	-4,15	-4,97	-4,9	-4,53	-5,34	-5,54	-5,07	-4,43	-5,31	-4,92	-4,81	-2,77	-4,29	-4,21
Heterolepa dutemplei	**T (°C) Scheiner/Shackleton-Kennett; δ18Ow=0‰**	12,79	-	21,52	-	29,31	21,20	-	26,30	26,78	27,60	30,94	24,87	28,67	23,27	29,60	21,61	15,04	25,87	24,78	24,97	31,54	20,83	30,24
Trilobus trilobatus	**T (°C) Spero et al., 2003**	27,14	29,63	42,28	43,24	42,16	34,45	32,13	35,3	37,63	34	38,65	38,25	36,15	40,75	41,88	39,22	35,59	40,58	38,37	37,74	26,18	34,79	34,34

Dodatna tablica 8.

Vrsta/uzorak	SP7-9	SP7-11	SP7-12	SP7-18	SP7-30	SP7-44	SP7-65
Organic-walled microplankton							
Achomosphaera/Spiniferites					3		19
Achomosphaera callosa Matsuoka, 1983	3	1	1		2	1	5
Achomosphaera ramulifera (Deflandre, 1937) Evitt, 1963	1	12	8		3		10
Atlanticodinium janduchenei (Head et al., 1989) Head & Mantilla-Duran, 2020		4	2		4		1
Batiacasphaera micropapillata Stover, 1977	8	1			4	4	27
Batiacasphaera sphaerica Stover, 1967	7	1	3	5		5	2
Cannosphaeropsis passio de Verteuil & Norris, 1996			5				
Cerebrocysta poulsenii de Verteuil & Norris, 1996	8		5	15	47	55	14
Cleistosphaeridium ancyreum (Cookson & Eisenack, 1965) Eaton et al., 2001		2					
Cleistosphaeridium placacanthum (Deflandre & Cookson, 1955,) Eaton et al., 2001	82	18	15	10	7	18	7
Cousteaudinium aubryae de Verteuil & Norris, 1996			1				
Cribroperidinium tenuitabulatum (Gerlach, 1961) Helenes, 1984	27	18	10	21	6	16	
Dapsilidinium pastielsii (Davey & Williams, 1966) Bujak et al., 1980			7				
Habibacysta tectata Head et al., 1989			2	4		4	
Homotryblium sp.				4		10	3
Hystrichokolpoma sp.	3	4	5			3	
Hystrichosphaeropsis obscura Habib, 1972			3			10	
Impagidinium paradoxum (Wall, 1967) Stover & Evitt, 1978		1					
Labyrinthodinium truncatum Piasecki, 1980		1	1				
Lingulodinium machaerophorum (Deflandre & Cookson, 1955) Wall, 1967	17	18	20	15	4	11	6
Melitasphaeridium choanophorum (Deflandre & Cookson, 1955) Harland & Hill, 1979	5	1	14	3		2	3
Minisphaeridium latirictum (Davey & Williams, 1966) Fensome et al., 2009	3	4	12	2		3	4
Nematosphaeropsis labyrinthus (Ostenfeld, 1903) Reid, 1974	9	11	30	1	2	2	7
Operculodinium sp.	5	7	24	6		19	
Operculodinium borgerholtense Louwye, 2001 emend. Soliman et al., 2009					2		9
Operculodinium piaseckii Strauss & Lund, 1992 emend. de Verteuil & Norris, 1996	6	3	4	2	1	4	
Palaeocystodinium miocaenicum Strauss et al., 2001	2	6	10	9	3	4	
Pentadinium laticinctum Gerlach, 1961 emend. Benedek et al., 1982	6	1		1		4	
Polysphaeridium zoharyi (Rossignol, 1962) Bujak et al., 1980	21	25	30	17	4	28	20
Pyxidinopsis psilata (Wall & Dale in Wall et al., 1973) Head, 1994	6	11	9	5	5	13	
Reticulatosphaera actinocoronata (Benedek, 1972) Bujak & Matsuoka, 1986	6	5	3			1	6

Spiniferites bentorii **(Rossignol, 1964) Wall et Dale, 1970**					2	11	13
Spiniferites mirabilis **(Rossignol, 1964) Sarjeant, 1970**	14	18	30	14	2	10	18
Spiniferites ramosus **(Ehrenberg, 1838) Mantell, 1854**	20	18	12	1	5	1	8
Spiniferites pseudofurcatus **(Klumpp, 1953) Sarjeant, 1981**	33	48	26	16	11	32	11
Tectatodinium pellitum **Wall, 1967**	2						
Tuberculodinium vancampoae **(Rossignol, 1962) Wall, 1967**	1	1		1			
Unipontidinium aquaeductus **(Piasecki, 1980) Wrenn, 1988**	16	6	6	9	9	2	
Lejeunecysta **sp.**			5			2	6
Selenopemphix brevispinosa **Head et al. 1989**	5	2	5	1			
Selenopemphix nephroides **Benedek, 1972 emend. Bujak in Bujak et al., 1980**	2						
Selenopemphix quanta **(Bradford, 1975) Matsuoka, 1985**	3	1					2
Protoperidinoid indet.				5		5	
Ukupno	321	249	307	167	123	298	201
Protoperidinoid total	10	3	5	6	0	5	2
Pretaloženo	2	5			3		
Prazinoficejske zelene alge							
Cymatiosphaera nuda **Hajós, 1966**	11	7	13	13	1	12	
	3,426791	2,811245	4,234528	7,784431	0,813008	4,026846	0
Polen i spore							
Abies						1	1
Cathaya	5	20	5	8	15	10	1
Keteleeria						1	
Pinus	d*	d	d	d	d	d	d
Picea		8	1	4	3	3	
Tsuga			1				
Podocarpus					2		
Taxodium				1	1		1
Ephedra	1						
Polypodium **sp.**		3	1	2	3		
Echinatisporis **sp.**		1		1	1	2	
Leiotriletes **sp.**				1		1	1
Polypodiaceoisporites **sp.**			3	1		3	
Stereisporites **sp.**					1		

***Cicatricosiporites* sp.**					1		
***Cryptogammasporites* sp.**					5		
***Corrugatisporites* sp.**					1		2
Tilia		1	1				
Carya	1	1	1	3	1	3	3
Carpinus						1	
Engelhardia			1				
***Tricolporopollenites* sp. (*Quercus* -type)**						1	
Cichorium		1					
Nuphar		1					
Artemisia				1			
Ambrosia							2
Drugo							
Hitinski ostaci foraminiferskih kućica	6	27	15	10	4	18	8
Ostaci gljiva		2					
	321	249	308	167	126	298	201
	1,9	10,8	4,9	6,0	3,2	6,0	4,0
***Lycopodium* (exotic marker)**	11	70	40	33	19	30	43
**d=predominantno*							

Dodatna tablica 9.

O. **VRSTA** \ **Uzorak**	**SP 7-9**	**SP7-11**	**SP7-12**	**SP 7-18**	**SP 7-30**	**SP 7-44**	**SP 7-65**
Aurila cf. *angulata* (Reuss)	xxx	xx	x	x	xxx	xxx	xx
Aurila cf. *haueri* (Reuss)					x	xx	
Argilloecia cf. *acuminata* Müller	xx	xx	x	x		xx	xx
Bairdoppilata spp.					xxx	xxx	
Bythocypris sp.	x	x	x		x	x	
Callistocythere sp.	x					x	
Cnestocythere lamellicosta Triebel		x	x				
Cytherella sp.					x		
Cytherella cf. *vulgata* Ruggieri	x	x	xx		x	x	
Echinocythereis scabra (Muenster)	x						
Eucytherura sp.	x	x					
Flexus triebeli (Ruggieri)	x						
Grinioneis haidingeri (Reuss)		x			x		
Henryhowella asperrima (Reuss)	x	x	xx		x	x	
Krithe spp.	xx	xx	xx			xxx	
Leptocythere sp.					x		
Loxoconcha sp.			x		x		
Loxocorniculum hastatum (Reuss)	x	x			x	x	
Macrocypris sp.					x		
Neocytherideis cf. *linearis* (Roemer)	x						
Neonesidea cf. corpulenta (Müller)					x	xx	
Olimfalunia sp.	x						
Pachycaudites ungeri (Reuss)					xx	x	
Paracytheridea sp.			x				
Parakrithe ? sp.			xx	x			
Pokornyella deformis (Reuss)					xx		
Semicytherura sp.		x					x
Senesia sp.					x		
Tenedocythere cf. *selebrosa* Uliczny		x	x		xx		
Urocythereis sp.	x						
Xestoleberis dispar Müller		x	x	x	x	xx	

xxx	abundant
xx	common
x	rare

Dodatna tablica 10.	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOT/C	TOT/S
SP7-3	14,76	3,06	1,07	1,12	42,89	0,68	0,63	0,14	0,08	0,03	<0,002	134	<20	3	<1	4,2	1,3	3	1,3	2,1	23,2	1400,5	0,2	1,9	2,7	27	0,7	52,6	8,2	8,1	14,2	1,79	7	1,29	0,34	1,49	0,24	1,34	0,31	0,82	0,15	0,75	0,14	9,76	0,4
SP7-22	18,65	5,1	2,37	2,59	36,35	0,64	1,19	0,25	0,13	0,09	<0,002	257	28	6	<1	7,6	3,8	7,1	1,7	4,8	52,1	1370,4	0,3	4	3,5	52	1,4	61,4	11,8	13,5	22,6	2,85	11,1	2,1	0,47	2,29	0,36	2,24	0,46	1,22	0,18	1,12	0,2	8,85	0,55
SP7-37	46,92	14,59	1,68	3,76	9,74	0,68	0,99	0,25	0,04	0,03	<0,002	255	28	10	1	6,1	2,9	18,3	5,1	8,2	45,4	1346,2	1,2	16	3,5	37	0,9	127,9	12,1	27,1	58,3	6,82	23,6	4,64	0,62	3,7	0,55	2,8	0,52	1,5	0,23	1,46	0,22	2,31	0,44
SP7-41	39,46	12,58	1,9	3,35	15,94	0,38	0,55	0,21	0,05	0,04	<0,002	133	32	9	<1	5,5	2,4	15,9	4,6	9,8	30	1471,9	1,1	14,2	7,1	43	0,6	137	23,4	30,3	59,3	7,05	26,6	5,05	0,71	4,98	0,79	4,62	0,96	2,95	0,41	2,64	0,39	3,73	0,51
SP7-53	15,5	4,99	1,77	2,16	38,52	0,33	0,99	0,24	0,11	0,07	0,004	160	37	6	2	7,4	3,9	6,6	1,5	4,8	48,7	1325,3	0,3	3,7	6,4	60	1	55,9	14,2	13,3	22,9	2,87	10,4	2,17	0,49	2,34	0,36	2,21	0,45	1,36	0,19	1,28	0,19	9,98	0,58
SP7-65	45,79	15,35	4,4	3,52	7,69	0,32	0,58	0,3	0,08	0,02	<0,002	136	48	6	<1	6,8	2,2	17,6	5,4	7,2	26,3	1344,8	1	15,4	6,5	36	0,7	136,7	13,5	23,9	49,2	5,74	20,2	4,14	0,63	3,25	0,53	2,97	0,56	1,61	0,23	1,59	0,24	1,03	2,63
SP7-66	17,83	5,73	2,06	3,59	34,66	0,33	1,11	0,26	0,11	0,05	0,004	301	42	6	1	8,1	5,1	7,6	1,5	5,1	56,3	1396,1	0,4	4,2	6,7	60	1,1	60,5	14,9	13,9	24,4	3,07	12,1	2,4	0,52	2,49	0,37	2,22	0,47	1,39	0,2	1,2	0,2	9,38	0,59
SP7-69	13,44	4,42	1,47	2,39	40,2	0,26	0,86	0,2	0,12	0,04	0,003	204	37	5	<1	6	3,8	5,9	1,2	3,7	40,9	1194,7	0,3	3,2	6,7	52	0,6	44,9	11,7	11,4	19,6	2,43	9,7	1,89	0,41	2,03	0,29	1,9	0,4	1,11	0,15	1,01	0,17	10,37	0,53
SP7-78	14,97	4,88	1,94	0,93	40,26	0,27	0,95	0,23	0,12	0,05	<0,002	187	44	5	1	6,3	3,5	5,9	1,4	3,9	41,6	841	0,2	3,8	4,8	58	0,8	47,7	12,6	10,6	19,3	2,51	9,8	1,94	0,43	2,01	0,32	1,92	0,44	1,16	0,18	1,04	0,17	8,89	0,04

	Ga/Rb	K2O/Al2O3	Sr/Ba	Th/U	SiO2/Al2O3
SP7-3	0,13	0,21	10,5	0,70	4,8
SP7-22	0,14	0,23	5,3	1,14	3,7
SP7-37	0,40	0,07	5,3	4,57	3,2
SP7-41	0,53	0,04	11,1	2,00	3,1
SP7-53	0,14	0,20	8,3	0,58	3,1
SP7-65	0,67	0,04	9,9	2,37	3,0
SP7-66	0,13	0,19	4,6	0,63	3,1
SP7-69	0,14	0,19	5,9	0,48	3,0
SP7-78	0,14	0,19	4,5	0,79	3,1