Paleogenski karbonatni facijesi nižega dijela naslaga dinaridskoga predgorskoga bazena sjeverne Dalmacije

Španiček, Jelena

Doctoral thesis / Disertacija

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:809755

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Jelena Španiček

Paleogenski karbonatni facijesi nižega dijela naslaga dinaridskoga predgorskoga bazena sjeverne Dalmacije

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Jelena Španiček

Paleogenski karbonatni facijesi nižega dijela naslaga dinaridskoga predgorskoga bazena sjeverne Dalmacije

DOKTORSKI RAD

Mentori:
Prof. dr. sc. Vlasta Ćosović
Doc. dr. sc. Ervin Mrinjek

Zagreb, 2017

University of Zagreb

Faculty of Science
Department of Geology

Jelena Španiček

PALAEOGENE CARBONATE FACIES OF THE LOWER PART OF THE DINARIDIC FORELAND BASIN SUCCESSION IN THE NORTHERN DALMATIA

DOCTORAL THESIS

Supervisors:
Professor Vlasta Ćosović, PhD
Assistant Professor Ervin Mrinjek, PhD

Zagreb, 2017

Ova doktorska disertacija izrađena je na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Vlaste Ćosović i doc. dr. sc. Ervina Mrinjeka.

ZAHVALE

Ovom prilikom bih se na prvom mjestu htjela zahvaliti **prof. dr. sc. Jasenki Sremac** koja mi je omogućila da postanem dio Geološko-paleontološkog zavoda Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, te time odredila moj put u znanosti i geologiji.

Od srca zahvaljujem svojim mentorima **prof. dr. sc. Vlasti Ćosović** i **doc. dr. sc. Ervinu Mrinjeku**. Ovaj veliki pothvat, ovu pustolovinu, ne bih niti započela, a još manje završila da nije bilo njih.

Htjela bih se zahvaliti **prof. dr. sc. Vlasti Ćosović** na iznimnoj ustrajnosti, volji, beskompromisnoj iskrenosti, svom prenesenom znanju i poticanju da naučim i obogatim svoje znanje, na svim savjetima i komentarima te pažljivom čitanju disertacije i želim joj prenijeti svoje najdublje poštovanje.

Želim zahvaliti i **doc. dr. sc. Ervinu Mrinjeku** na potpori i pomoći prilikom terenskog dijela izrade disertacije te ustupljenoj literaturi i poticajnim razgovorima koji su uvelike odredili smjer ovog rada.

Veliku zahvalnost dugujem i **prof. dr. sc. Igoru Vlahoviću**. Njegova dobronamjernost i izuzetno oko za detalje, kao i za širu sliku su mi pomogli i više nego sam i sama bila svjesna u danim trenucima, a kao članu povjerenstva za ocjenu i obranu disertacije zahvaljujem mu na pažljivom čitanju teksta i danim komentarima, preporukama i savjetima koji su znatno pridonijeli njegovom poboljšanju.

Iskreno se zahvaljujem **prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović**, članici povjerenstva za ocjenu i obranu disertacije i voditeljici Poslijediplomskog studija geologije. Uvijek spremna saslušati i pomoći osoba je na koju sam se ja i ostali kolege uvelike oslanjali. Kao članici povjerenstva zahvaljujem joj na detaljnom čitanju teksta i korisnim primjedbama koje su upotpunile tekst i danu materiju.

Srdačno zahvaljujem **prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću**, članu povjerenstva za ocjenu i obranu disertacije na vrijednim savjetima i nadasve susretljivosti koju je iskazao.

Bez ˝magičnog dodira˝ **Roberta Košćala** ova disertacija ne bi izgledala kako izgleda te mu zahvaljujem kao vrijednom kolegi i još boljem prijatelju što je uvijek imao vremena i volje za rad i za druženje.

Zahvaljujem i gospodinu **Željku Ištuku** što se nikada nije pokolebao količinom donošenih uzoraka i na izuzetnoj pomoći pri obradi uzoraka i izradi izbrusaka.

Željela bih se zahvaliti svim kolegama i prijateljima s Geološko-paleontološkog zavoda, a također i Mineraloško-petrografskog zavoda, na svoj pomoći koju su mi pružili i lijepim trenucima. Vrijeme provedeno ovdje je bilo jedinstveno životno iskustvo koje nikada ne bih mijenjala i zauvijek će mi ostati u sjećanju.

Želim se ovom prilikom zahvaliti **dr. sc. Katici Drobne** na vrijednim sugestijama koje su mi pomogle pri izradi rada i članka te **prof. dr. sc. Wojciechu Nemecu** na bogatom znanju koje je unaprijedilo ovaj rad.

Posebnu zahvalu zaslužuju moji dugogodišnji **prijatelji** na neizmjernom razumijevanju i potpori u svim sretnim, i onim malo manje sretnim, trenucima tijekom ove pustolovine. Među njima istaknuto mjesto ima **dr. sc. Igor Felja**, prijatelj, ˝cimer˝ u uredu i suputnik u pustolovini zvanoj doktorat. Prijatelji se mogu naći na najneočekivanijim mjestima i situacijama te neopisivo obilježe i ispune život.

Hvala svim dragim ljudima u mom životu koji su mi bili društvo i potpora cijelo ovo vrijeme.

Neizmjernu zahvalnost dugujem svojoj obitelji na strpljenju i velikoj pomoći, pogotovo **Deniju** i **svojim roditeljima, Miljenku i Dragici**. Njihova potpora i ljubav je stvarno bez granica i ovaj rad je posvećen njima.

Na kraju moram još spomenuti svog vjernog pratitelja, Plavu munju, te najslađeg pomagača u pisanju, malog Tratinčicu, koji su obilježili ovaj period mog života.

SADRŽAJ

ZAHVALE
SADRŽAJ
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
BASIC DOCUMENTATION CARD
POPIS SLIKA, TABLICA I PRILOGA
POPIS KORIŠTENIH KRATICA
ABECEDNI POPIS ODREĐENIH VRSTA

1. UVOD **1**
1.1. PALEOGEN – DOBA VELIKIH PROMJENA (KLIMATSKIH, PALEOGEOGRAFSKIH I BIOLOŠKIH) 2
1.2. VELIKE BENTIČKE FORAMINIFERE 5
1.3. KARBONATNA SEDIMENTACIJA NA PROSTORU PREDGORSKIH BAZENA 8
1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 12

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA PALEOGENSKIH NASLAGA SJEVERNE DALMACIJE **13**

3. METODE ISTRAŽIVANJA **16**
3.1. TERENSKE METODE ISTRAŽIVANJA 16
3.2. KABINETSKE METODE ISTRAŽIVANJA 22
3.3. ODABRANA TERMINOLOGIJA 25
3.3.1. Odabrana terminologija naslaga 25
3.3.2. Primijenjena terminologija okoliša karbonatne rampe 29

4. GEOLOŠKI RAZVOJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA **31**

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA **35**
5.1. LITOSTRATIGRAFSKE ZNAČAJKE GEOLOŠKIH STUPOVA 35
5.1.1. Geološki stup 'Čikola I' 35
5.1.2. Geološki stup 'Čikola II' 38
5.1.3. Geološki stup 'Novigrad' 40
5.1.4. Geološki stup 'Ostrovica' 43
5.1.5. Geološki stup 'Grabova Glava' 45
5.2. TIPOVI I INTERPRETACIJA MIKROFACIJESA 47
5.2.1. MFT 1: Dolomitizirani haroficejsko–gastropodni madston do pekston 47
5.2.2. MFT 2: Miliolidno–diskorbidni madston do vekston 48
5.2.3. MFT 3: Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama. 50
5.2.4. MFT 4: Vekston s fragmentima bodljikaša 52
5.2.5. MFT 5: Alveolinsko–numulitni pekston do grejnston 52
5.2.6. MFT 6: Peloidno–foraminiferski pekston 53
5.2.7. MFT 7: Koraljno–foraminiferski pekston 54

5.2.8. MFT 8: Acervulidno–foraminiferski pekston do grejnston 56
5.2.9. MFT 9: Koralinacejsko–numulitidni pekston 57
5.2.10. MFT 10: Ortofragminidni pekston do radston 58
5.2.11. MFT 11: Koraljno–koralinacejski pekston 60
5.2.12. MFT 12: Numulitidno–bioklastični vekston 61
5.2.13. MFT 13: Madston do vekston s planktonskim foraminiferama 62
5.3. FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE 63
5.3.1. Miliolidna zajednica 63
5.3.2. Zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera 63
5.3.3. Alveolinska zajednica 64
5.3.4. Alveolinsko–numulitna zajednica 65
5.3.5. Numulitidna zajednica 65
5.3.6. Numulitidno–ortofragminidna zajednica 66
5.3.7. Zajednica planktonskih foraminifera 67
5.4. BIOSTRATIGRAFIJA ISTRAŽIVANIH NASLAGA 68
5.4.1. Geološki stup 'Čikola I' 68
5.4.2. Geološki stup 'Čikola II' 68
5.4.3. Geološki stup 'Novigrad' 69
5.4.4. Geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava' 69
5.5. SISTEMATSKA PALEONTOLOGIJA AGLUTINIRANIH KONIČNIH FORAMINIFERA 70
5.5.1. Sistematski opis eocenskih aglutiniranih koničnih foraminifera 72
5.6. OPAŽENE MORFOLOŠKE ABNORMALNOSTI KUĆICA FORAMINIFERA 75
5.6.1. Dodatni poludisk 75
5.6.2. Dvostruki ili višestruki embrionalni aparat 76
5.6.3. Dvostruka ili višestruka kućica 76

6. DISKUSIJA **78**
6.1. FACIJESNI POJASOVI I OKOLIŠI TALOŽENJA KARBONATNIH NASLAGA NA PROSTORU SJEVERNODALMATINSKOG PREDGORSKOG BAZENA 78
6.1.1. Facijesni pojasovi 78
6.1.2. Rekonstrukcija okoliša taloženja 82
6.1.2.1. *Geološki stup 'Čikola I'* 82
6.1.2.2. *Geološki stup 'Čikola II'* 85
6.1.2.3. *Geološki stup 'Novigrad'* 88
6.1.2.4. *Geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'* 91
6.1.3. Paleoekologija foraminiferske zajednice istraživanih izdanaka 95
6.2. USPOREDBA ISTRAŽIVANIH IZDANAKA NA PODRUČJU SJEVERNE DALMACIJE 99
6.2.1. **Podbazen Čikola** 101
6.2.2. **Novigradski podbazen** 102
6.2.3. **Podbazen Ostrovica** 104
6.3. USPOREDBA ISTRAŽIVANIH IZDANAKA S DRUGIM PALEOGENSKIM NASLAGAMA NA PROSTORU VANJSKIH DINARIDA 106
6.3.1. **Dinaridski sustav karbonatnih rampa** 109

7. ZAKLJUČAK **112**

8. SAŽETAK **114**

9. SUMMARY **119**

10. LITERATURA **124**

BIOGRAFIJA **148**

PRILOZI **150**

TABLE

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Doktorska disertacija

JELENA ŠPANIČEK

Paleogenski karbonatni facijesi nižega dijela naslaga dinaridskoga predgorskoga bazena sjeverne Dalmacije

Rad je izrađen na: Prirodoslovno-matematičkom fakultet, Geološkoum odsjeku, Geološko-paleontološkom zavodu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Sažetak: Na prostoru sjeverne Dalmacije pet je geoloških stupova ranopaleogenskih karbonatnih naslaga (Čikola I i II, Novigrad, Ostrovica i Grabova Glava) bilo predmetom detaljnih sedimentoloških i mikropaleontoloških istraživanja, te su biostratigrafskim pristupom u kombinaciji s mikrofacijesnom analizom rekonstruirani karbonatni taložni okoliši tijekom taloženja. Taloženje se odvijalo u okolišima unutarnjih, srednjih i vanjskih dijelova rampi, a organizmi koji su obilježili te okoliše bile su velike bentičke foraminifere. Tijekom paleogena kolizijski procesi između Jadranske mikroploče i Euroazijske kontinentalne ploče uzrokovali su formiranje predgorskog bazena ispred uzdižućeg dinaridskog orogena, te je ranopaleogenska transgresija započela u različitim bazenima, odnosno u različitim dijelovima Vanjskih Dinarida, u različito vrijeme taloženjem naslaga bočatih laguna, koje su u literaturi poznate pod imenom Kozinske naslage. Istraživane naslage nalaze su u dijelu bazena poznatom kao Sjevernodalmatinski bazen. Tijekom postojanja sjevernodalmatinskog dijela predgorskog bazena optimalni uvjeti za taloženje karbonatnih naslaga postignuti su u dva navrata, u ranom eocenu, kada su taloženi Foraminiferski vapnenci na širokom području *forebulge* sustava, te u srednjem eocenu kada su na padinama *wedge-top* bazena taloženi Gornji Numulitni vapnenci. Tijekom različitih vremenskih intervala, od ipra do bartona, na prostorima predgorskog bazena, pružanja SZ–JI, u okolišima nastalim na rampama, uz kontrolu sinsedimentacijske tektonike, taložen je nekoliko stotina metara debeo slijed naslaga u okolišima koje opisujemo kao Dinaridski sustav karbonatnih rampa.

Ključne riječi: paleogen, Sjevernodalmatinski predgorski bazen, mikrofacijesi, velike bentičke foraminifere, paleookoliši, Dinaridski sustav karbonatnih rampa.

Rad sadrži: xiii + 158 stranice, 35 slika u tekstu, 2 tablice, 7 priloga i 20 tabla

Jezik izvornika: hrvatski jezik.

Mentori:

Prof. dr. sc. Vlasta Ćosović, Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Doc. dr. sc. Ervin Mrinjek, Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Ocjenjivači:

Prof. dr. sc. Igor Vlahović, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb.

Izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Izv. prof. dr. sc. Marijan Kovačić, Mineraloško-petrografski zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 95, 10000 Zagreb.

Rad je prihvaćen: 15. rujna 2017. godine na sjednici Vijeća Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu,

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Ph. D. Thesis

JELENA ŠPANIČEK

The Palaeogene carbonate facies of the lower part of the Dinaridic Foreland Basin succession in the Northern Dalmatia

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

Abstract: In the Northern Dalmatia area five outcrops of the lower Palaeogene carbonate deposits (Čikola I i II, Novigrad, Ostrovica i Grabova Glava) have been the subject of detailed sedimentological, micropaleontological and microfacies research. Furthermore, the biostratigraphic approach in combination with conventional facies analysis was used to reconstruct a range of carbonate depositional systems. Carbonate sedimentation took place in the inner, middle to outer ramp environments, where the dominant organisms were Large Benthic Foraminifera. The collision processes between the Adriatic continental microplate and Euroasia continental plate caused the formation of the Dinaridic foreland basin, developed during the Palaeogene in front of the uplifting mountain belt. Early Palaeogene transgression occurred in different times in different basins, as parts of the Outer Dinarides, firstly by the brackish lagoonal deposits known in literature as Kozina beds. Studied deposits are part of the Northern Dalmatian foreland basin and during its existence the conditions for the carbonate sedimentation were attained on two occasions. During the Early Eocene Foraminifera limestones were deposited on the vast forebulge area, and in the Middle Eocene Upper Nummulitic limestones deposited on the limbs of the wedge-top basins. During the different time intervals, spanning from the Ypresian to the Bartonian, in the NW–SE oriented foreland basin, carbonate ramps developed, controlled by synsedimentary tectonics, creating a couple hundreds of meters of deposits within environments described as Dinaridic Carbonate Ramps System.

Key words: Palaeogene, North Dalmatian Foreland basin, microfacies, Larger Benthic Foraminifera, palaeoenvironments, Dinaridic Carbonate Ramps System.

Thesis contains: xiii + 158 pages, 35 text pictures, 2 tables, 7 appendices and 20 plates

Original in: Croatian.

Supervisors:

Professor Vlasta Ćosović, PhD, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia.
Assistant Professor Ervin Mrinjek, PhD, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia.

Reviewers:

Professor Igor Vlahović, PhD, Department of Geology and Geological Engineering, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia.
Associate Professor Blanka Cvetko Tešović, PhD, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia.
Associate Professor Marijan Kovačić, PhD, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia.

Thesis accepted: September 15th, 2017., Department of Geology Council Meeting.

POPIS SLIKA, TABLICA I PRILOGA

Slika 1. Pojednostavljena karta pružanja paleogenskih naslaga duž istočne obale Jadranskog mora (preuzeto od ĆOSOVIĆ i sur. (2008a) i DROBNE i sur. (2011) i modificirano).

Slika 2. Shematski prikaz globalne klimatske i tektonske evolucije tijekom paleogena u odnosu na evoluciju VBF i koralja na prostoru Neotetisa (modificirano prema HÖNTZSCH i sur., 2013).

Slika 3. a) Pojednostavljeni shematski poprečni presjek predgorskog sustava bazena s označenim rasprostiranjem taložnih zona: *wedge-top* taložne zone, *foredeep* taložne zone, *forebulge* taložne zone i *back-bulge* taložne zone; **b)** Tektonsko-stratigrafski model nastanka karbonatnih rampa u navlačno–rasjednoj zoni, odnosno *wedge-top* taložnoj zoni; **c)** Tektonsko-stratigrafski model nastanka karbonatnih rampa na vanjskoj granici predgorskog bazena u *forebulge* taložnoj zoni (preuzeto od DECELLES i GILLES (1996) i BOSENCE (2005) i modificirano).

Slika 4. Satelitska snimka istraživanog područja sjeverne Dalmacije s prikazanim lokacijama uzorkovanih izdanaka u kanjonu rijeke Čikole (Čikola I i Čikola II), uz obalu Novigradskog mora (Novigrad) i na području između mjesta Lišane i Ostrovica (Ostrovica i Grabova Glava).

Slika 5. Panoramska snimka izdanka u kanjonu rijeke Čikole na kojem je snimljen geološki stup 'Čikola I'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 6. Panoramska snimka izdanaka u kanjonu rijeke Čikole na kojem je snimljen geološki stup 'Čikola II'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 7. Panoramska snimka izdanka uz obalu Novigradskog mora na kojem je snimljen geološki stup 'Novigrad'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 8. Panoramska snimka padine na kojoj je snimljen geološki stup 'Ostrovica'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 9. Panoramska snimka sjeveroistočne padine brda Grabova Glava na kojoj je označen položaj snimljenog geološkog stupa 'Grabova Glava'.

Slika 10. Pojednostavljena paleogeografska karta prostora oceana Neotetis tijekom ranog i srednjeg eocena s označenim približnim položajem SdPB. Raspored kontinenata i oceanskih bazena je preuzet i modificiran prema HÖNTZSCH i sur., 2013 i ŠPANIČEK i sur., 2017.

Slika 11. Geološka karta i profil kroz istraživano područje, s označenim glavnim tektonskim elementima (modificirano prema geološkoj karti RH 1:300,000, preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Slika 12. Fotografije naslaga geološkog stupa 'Čikola I': A) gornjokredni masivni vapnenci tipa vekston s fragmentima rudista; B) detalj slike A na kojoj su vidljivi fragmenti ljuštura rudista; C) naslage koje predstavljaju ˝prijelaznu zonu˝ između gornjokrednih i najstarijih paleogenskih naslaga na lokalitetu; D) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A1, izmjena srednjoslojevitih vapnenaca tipa vekston do pekston s tankoslojevitim vapnencima tipa madston do vekston, E) srednjoslojeviti vapnenci tipa vekston do pekston s čestim kamenim jezgrama i fragmentima ostataka kućica puževa, kao i ostacima bilja; F) proslojci ugljena unutar tankoslojevitih vapnenaca tipa madston do vekston.

Slika 13. Fotografije naslaga na geološkom stupu 'Čikola I': A) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, slojeviti vapnenci tipa vekston do pekston; B) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, slojeviti vapnenci tipa vekston do pekston; C) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, masivni vapnenci tipa vekston do pekston; D) srednjoslojeviti vapnenci tipa vekston do pekston s kućicama miliolida i aglutiniranih koničnih foraminifera; E) masivni vapnenci tipa pekston s brojnim kućicama orbitolitesa, F) masivni vapnenci tipa pekston s koncentričnim nakupinama koralinaceja – rodolitima; G) sloj kalkarenita koji označava kraj masivnih vapnenaca tipa pekston na lokalitetu 'Čikola I' i početak Prominskih naslaga; H) Panoramska snimka kanjona rijeke Čikole, uzvodno od istraživanog lokaliteta, s dobro vidljivim slojevima konglomerata Prominskih naslaga.

Slika 14. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Čikola II': A) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B1, masivni vapnenci tipa pekston s ostacima raznovrsnih VBF;

B) kućica alveoline – detalj slike A; C) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B2, trošni i rastresiti glinoviti, žućkasti do sivkasti vapnenci tipa madston (osoba na slici je visine 1,53 m); D) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B3, masivni kalkareniti i slojeviti vapnenci tipa madston, koji predstavljaju najstariji dio Prominskih naslaga; E) izmjena masivnih vapnenaca tipa madston sa sitno- do krupnozrnastim kalkarenitima i/ili vapnencima tipa madston s tankim slojevima ili lećama silta i sitnozrnastog pješčenjaka; F) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B4, masivni vapnenci tipa radston, s brojnim kućicama ortofragmina i numulita; G) detalj slike F; H) sitnozrnasti kalkarenit – detalj Prominskih naslaga u gornjem djelu stupa; I) nastavak Prominskih naslaga na istraživanom lokalitetu (širina ceste je otprilike 3 m).

Slika 15. Fotografije naslaga istraživanog geološkog stupa 'Novigrad': A) rasjedni kontakt na 268-om metru stupa 'Novigrad'; B) breča – detalj slike A; C) masivni i karstificirani gornjokredni vapnenci s vidljivim cijelim i fragmentiranim ostacima rudista; D) fragment rudista – detalj slike C; E) recentna plaža koja pokriva ˝prijelaznu zonu˝ od gornjokrednih rudistnih vapnenaca do najstarijih paleogenskih naslaga na istraživanom terenu; F) najstarije paleogenske naslage na istraživanom geološkom stupu; G) paleogenske naslage stratigrafske jedinice C1, masivni i trošeni vapnenci tipa pekston, s vidljivim presjecima kućica alveolina (osoba na slici je visine 1,53 m); H) brojni presjeci kućica alveolina i numulita u masivnom vapnencu tipa pekston.

Slika 16. Fotografije naslaga istraživanog geološkog stupa 'Novigrad': A) i B) sloj boksita iznad trošnih i karstificiranih vapnenaca tipa pekston stratigrafske jedinice C1; C) tanki sloj breče, koji slijedi na sloju boksita; D) nepravilni do zaobljeni klasti svijetlosivih vapnenaca stratigrafske jedinice C; E) paleogenske naslage stratigrafske jedinice C2, svijetli, trošni i masivni vapnenci tipa pekston; F) dio skeleta tubularnog serpulida *Ditrupa* sp.; G) dio čahure bodljikaša; H) sedimenti recentne plaže.

Slika 17. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Ostrovica': A) heterolitski slijed naslaga jedinice Ostrovica, snimljen na sjeveroistočnoj strani brda Grabova Glava; B) panoramska snimka vapnenačkih interkalacija na lokalitetu 'Ostrovica', unutar heterolitskih naslaga jedinice Ostrovica, koje su jasno vidljive zbog rjeđe vegetacije na njima; C) prva vapnenačka interkalacija na stupu 'Ostrovica', stratigrafska podjedinica D1a (razmak između tračnica je 1,435 m); D) druga vapnenačka interkalacija na stupu 'Ostrovica', stratigrafska podjedinica D1b; E) skelet fosilnog koralja u podnožju stratigrafske podjedinice D1a u trošnom vapnencu tipa pekston; F) panoramska snimka lokaliteta 'Ostrovica,' područja s gustom vegetacijom su slojevi laporovitog kalkarenita i biokalkarenita, G) panoramska snimka središnjeg i gornjeg dijela jedinice Ostrovica (Prominske naslage), snimljen na lokalitetu 'Ostrovica'.

Slika 18. Fotografije karbonatnog mulja s lokaliteta 'Grabova Glava'; snimljena na SEM mikroskopu u METRIS, Pula (www. centarmetris.hr), koja prikazuje karbonatni mulj djelomično izgrađen od mnogobrojnih raznolikih ostataka nanolita, skeleta vapnenačkog nanoplanktona.

Slika 19. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Grabova Glava': A) brdo Grabova Glava; B) vapnenačka interkalacija, u heterolitskom slijedu jedinice Ostrovica, na lokalitetu 'Grabova Glava'; C) Struktura ˝muljnog humka˝ na lokalitetu 'Grabova Glava', gdje je snimljen geološki stup 'Grabova Glava', D) trošni, masivni vapnenac tipa pekston, sa skeletom kolonijskog koralja, u stratigrafskoj jedinici E1; E) skelet kolonijskog koralja u sivom masivnom vapnencu tipa pekston, u stratigrafskoj jedinici E1; F) presjeci kućica numulita u vapnencu tipa vekston, u stratigrafskoj jedinici E2; G) tankoslojeviti vapnenci tipa vekston, s ostacima perforatnih foraminifera, u stratigrafskoj jedinici E2.

Slika 20. Rekonstrukcija građe kućice koničnih foraminifera s odgovarajućim presjecima. **a)** aksijalni presjek koji siječe kućicu površinom koja je okomita na horizintalnu smjerom od embrionalnog dijela u smjeru rasta; **b)** gotovo tangencijani presjek smjerom rasta koji otkriva građu stijenke i organizaciju klijetki; **c)** presjek paralelan s horizontalnom ravninom, tzv. bazalni presjek koji prolazi najmlađom klijetkom; **d)** kosi presjek. Shematski prikaz, nije u mjerilu. Preuzeto iz

HOTTINGER i DROBNE, 1980 i modificirano. Kratice: a – apertura (ušće), ap – vrh stošca kućice, ax – os kućice, p – stupići, s – septum.

Slika 21. Neke deformacije kućica VBF pronađenih na istraživanom području: A) dodatni poludisk na kućici orbitolitesa, preparat: Č1.171b, geološki stup 'Čikola I'; B) dodatni poludisk na kućici *O. complanatus*, preparat: NF.28, geološki stup 'Novigrad'; C) amalgamacija megalosferičnih embrionalnih klijetki alveolina, preparat: Č1.84a, geološki stup 'Čikola I'; D) amalgamacija megalosferičnih embrionalnih klijetki alveolina, preparat: Č1.57e, geološki stup 'Čikola I'; E) dvostruka kućica ili ˝sijamski blizanci˝ numulita, preparat: Č2.l1, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 22. Panoramska snimka geološkog stupa 'Čikola I'. Na gornjokredne rudistne vapnence nekonformno naliježu istraživane donjoeocenske Kozinske naslage i Foraminiferski vapnenci, koji su prividno konkordantno prekriveni Prominskim naslagama (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Slika 23. 3D model rekonstrukcije paleookoliša tijekom ranog eocena, na lokalitetu 'Čikola I' (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Slika 24. Panoramska snimka istraživanog lokaliteta 'Čikola II'. Na donjoeocenskim Foraminiferskim vapnencima slijede Prijelazne naslage, koje su diskordantno prekrivene Prominskim naslagama unutar kojih se nalaze Gornji Numulitni vapnenci.

Slika 25. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Čikola II' tijekom ranog eocena.

Slika 26. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Čikola II' tijekom srednjeg eocena.

Slika 27. Panoramska snimka geološkog stupa 'Novigrad'. Na gornjokredne rudistne vapnence nekonformno naliježu donjoeocenski Foraminiferski vapnenci, čiji je vršni dio prekriven slojem boksita. Boksit je nekonformno prekriven srednjoeocenskim Gornjim Numulitnim vapnencima), koji pripadaju Prominskim naslagama.

Slika 28. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Novigrad' tijekom ranog eocena.

Slika 29. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Novigrad' tijekom srednjeg eocena (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur. 2017 i modificirano).

Slika 30. Panoramska snimka geološkog stupa 'Ostrovica' s označenim naslagama srednjoeocenskih vapnenačkih interkalacija (Gornjih Numulitnih vapnenaca), unutar nižeg dijela Prominskih naslaga.

Slika 31. Snimka lokaliteta ˝Grabova Glava˝, na kojem je snimljen geološki stup sa strukturama ˝muljnih humaka˝.

Slika 32. 3D model srednjoeocenske karbonatne rampe na lokalitetu 'Grabova Glava'.

Slika 33. Shematski presjek podbazena Čikola (znatno prenaglašenog vertikalnog mjerila). Na suprotnim stranama podbazena Čikola, iznad naslaga Foraminiferskih vapnenaca, te Prijelaznih naslaga u slučaju stupa 'Čikola II', taložene su različite serije naslaga tijekom srednjeg eocena. Neujednačeno izdizanje podloge uslijed aktivacije sustava slijepih reversnih rasjeda, uzrokovalo je izdizanje i plitkomorsku sedimentaciju *shoreface* Prominskih naslaga i Gornjih Numulitnih vapnenaca na JZ strani bazena (stup 'Čikola II'), uz istodobno taloženje dubljemorskih *offshore* Prominskih naslaga, na SI strani bazena (stup 'Čikola I') (preuzeto iz MRINJEK i sur., 2012 i modificirano).

Slika 34. Shematski tektonsko–stratigrafski model razvoja SdPB tijekom eocena, na primjeru Novigradskog podbazena (nije izrađeno u mjerilu). **a)** taloženje Foraminiferskih vapnenaca odvijalo se tijekom kasnog ipra (SBZ 11–12), u *forebulge* taložnoj zoni; **b)** krajem ipra (SBZ 12/13), uslijed tektonskih pokreta, došlo je do izdizanja i okršavanja Foraminiferskih vapnenaca; **c)** naknadno u srednjem eocenu (SBZ 13–?), također zbog tektonskih pokreta, *forebulge* i *foredeep* zona prešle su u *wedge-top* taložnu zonu, unutar koje su sustavi ˝slijepih reversnih rasjeda˝ stvarali antiklinalna uzvišenja na kojima se odvijala karbonatna sedimentacija na prostorima rampa (Gornji Numulitni vapnenci), uz istodobnu sedimentaciju Prominskih naslaga (preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2017 i modificirano).

Slika 35. Shematski prikaz prostora podbazena Ostrovica (nije izrađeno u mjerilu). Tijekom srednjeg eocena u *wedge-top* taložnoj zoni, na topografskim uzvišenjima nastalim aktivacijom sustava slijepih reversnih rasjeda u području prodelte (koja je predstavljena jedinicom Gradina), nastajale su strukture ˝muljnih humaka˝ i odvijala se sedimentacija Gornjih numulitnih vapnenaca jedinice Ostrovica (preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2014 i modificirano).

Tablica 1. Tablica s popisom uzorkovanih geoloških stupova te GPS koordinatama, debljinom snimljenog intervala, brojem prikupljenih uzoraka i brojem napravljenih mikroskopskih izbrusaka za svaki od lokaliteta.

Tablica 2. Nazivi krednih i paleogenskih naslaga u literaturi s navedenim originalno definiranim nazivima i pripadajućom starosti.

Prilog 1. Geološki stup 'Čikola I' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka te legendom geoloških stupova prikazanih na prilozima 1– 5 (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Prilog 2. Geološki stup 'Čikola II' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, te položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka.

Prilog 3. Geološki stup 'Novigrad' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, te položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka.

Prilog 4. Geološki stup 'Ostrovica' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova.

Prilog 5. Geološki stup 'Grabova Glava' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova.

Prilog 6. Rekonstrukcija razvoja SdPB. **a)** raspored karbonatnih rampa tijekom ranog eocena na prostoru *forebulge* taložne zone, **b)** raspored karbonatnih rampa tijekom srednjeg eocena na prostoru *wedge-top* taložne zone (preuzeto iz PENCINGER, 2012, i modificirano).

Prilog 7. Shematska usporedba dobro dokumentiranih gornjokrednih do paleogenskih serija karbonatnih i klastičnih naslaga istraženih na prostoru Vanjskih Dinarida. Od sjeverozapada prema jugoistoku Vanjskih Dinarida slijede: (1) područje Krasa (prema DROBNE i PAVŠIĆ, 1991, ŽIVKOVIĆ i BABIĆ, 2003; ZAMAGNI i sur., 2008), (2) Istra (prema BENIĆ, 1991; DROBNE i PAVLOVEC, 1991; ĆOSOVIĆ i sur., 2004), (3) 'Novigrad' (prema ĆOSOVIĆ i sur., 2017), (4) područje Korlat–Benkovac (prema IVANOVIĆ i sur., 1976; DROBNE i sur., 1991; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000), (5) područje 'Lišani–Ostrovica' (prema MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2014), (6) područje Skradin–Dubravice (prema MAMUŽIĆ, 1975b; DROBNE i sur., 1991; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000), (7) 'Čikola I' (prema ŠPANIČEK i sur., 2017), (8) 'Čikola II', (9) Podstina (prema PUŠKARIĆ, 1987; MARJANAC i sur., 1998; PAVŠIĆ i PREMEC FUČEK, 2000; SCHWEITZER i sur., 2007; KORBAR i sur., 2015) i (10) Orebić (prema MARJANAC i sur., 1998; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000) (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

SdPB – Sjevernodalmatinski predgorski bazen

PETM – paleocensko–eocenski temperaturni maksimum (*Palaeocene–Eocene Thermal Maximum*; ZACHOS i sur., 2001)

EECO – ranoeocenski klimatski optimum (*Early Eocene Climatic Optimum*; ZACHOS i sur., 2001)

SST – temperature površinskih voda (*Sea Surface Temperature*)

VBF – velike bentičke foraminifere

GCM ciklus – ciklus globalnoga sazrijevanja zajednice (G*lobal Community Maturation Cycle*; HOTTINGER, 2001)

LFT – promjena zajednica velikih bentičkih foraminifera (*Larger Foraminifera Turnover*; ORUE-ETXEBARRIA i sur., 2001)

SBZ – plitkomorske bentičke zone (*Shallow Benthic Zonation*; SERRA-KIEL i sur., 1998)

SMF – standardni tipovi mikrofacijesa (*Standard microfacies types*; prema WILSON, 1975 i modificirano u FLÜGEL, 2010)

RMF – uobičajeni tipovi mikrofacijesa paleozojskih i mezozojskih karbonata rampa (*Common microfacies types of Paleozoic and Mesozoic ramp carbonates*; FLÜGEL, 2010)

LMF – uobičajeni lakustrinski tipovi mikrofacijesa (*Common lacustrine microfacies types*; FLÜGEL, 2010)

SFB – standardni facijesni pojasovi (*Standard Facies Belts*; WILSON, 1975)

VBLV – valna baza lijepog vremena

VBOV – valna baza olujnog vremena

AdCP – Jadranska karbonatna platforma (*Adriatic Carbonate Platform*; VLAHOVIĆ i sur., 2005)

PgAdCP – Paleogenska Jadranska karbonatna platforma (*Paleogene Adriatic Carbonate Platform*; DROBNE i sur., 2009, 2011)

DCRS – Dinaridski sustav karbonatnih rampa (*Dinaridic Carbonate Ramps System*)

ABECEDNI POPIS ODREĐENIH VRSTA i njihov slikovni prikaz

Acervulina linearis HANZAWA, 1947, tab. 7, sl. 3, 6; tab. 8, sl. 5

Alveolina cremae CHECCHIA-RISPOLI, 1905, tab. 12., sl. 3, 8; tab. 13, sl. 3; 15, sl. 2.

Alveolina croatica DROBNE, 1977, tab. 13, sl. 2.

Alveolina cuspidata DROBNE, 1977, tab. 12, sl. 5, 10; tab. 13, sl. 1, 4; tab. 14, sl. 3, 5, 6.

Alveolina decastroi DI CARLO, 1966, tab. 12, sl. 4, 6, 9; tab. 14, sl. 4, 8.

Alveolina elliptica nuttalli DAVIES,1940, tab. 15, sl. 3.

Alveolina levantina HOTTINGER, 1960, tab. 12, sl. 7; tab. 15, sl. 1.

Alveolina multicanalifera DROBNE, 1977, tab. 12, sl. 1, 2; tab. 14, sl. 1, 2, 7.

Asterocyclina stellata (D'ARCHIAC, 1846), , tab. 9, sl. 6.

Chapmania gassiniensis SILVESTRI, 1905, tab. 7, sl. 8

Coskinolina (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE, 1875, tab. 19 i 20.

Discocyclina radians (D'ARCHIAC, 1850), tab. 9, sl. 5.

Fabiania cassis (OPPENHEIM, 1896), tab. 4, sl. 8; tab. 7, sl. 2, 6

Gyroidinella magna LE CALVEZ, 1949, tab. 4, sl. 8; tab. 7, sl. 7; tab. 8, sl. 7

Lithoporella melobesioides (FOSLIE, 1909)

Neorotalia ex gr. *litothamnica* (UHLIG, 1886), tab. 6, sl. 3

Neorotalia ex gr. *viennoti* (GREIG, 1935)

Orbitolites complanatus LAMARCK, 1801, slika 21/A, B

Periloculina dalmatina DROBNE, 1985, tab. 16

Pfendericonus makarskae (VAN SOEST, 1942), tab. 18

Pseudochrysalidina alva (SILVESTRI, 1939), tab. 17

Polystrata alba (PFENDER, 1968), tab. 8, sl. 5

Rotalia ex gr. *trochidiformis* (LAMARCK, 1804), tab. 5, sl. 5

1. UVOD

Naslage proučavane u okviru ovog rada dio su više–manje kontinuiranog pojasa izdanaka paleogenskih sedimentnih stijena, koji se pružaju od sjeverozapada prema jugoistoku duž sjeveroistočne obale Jadranskog mora (ĆOSOVIĆ i sur., 2008a) (slika 1). Tijekom paleogena je, uslijed kompleksnih orogenskih procesa formiranja dinaridskog sustava navlaka i bora, u ovom pojasu formiran dinaridski predgorski bazen. Za izradu ovog doktorskog rada istraživane su karbonatne naslage na prostoru sjeverne Dalmacije u Sjevernodalmatinskom predgorskom bazenu (u daljnjem tekstu SdPB; MRINJEK i sur., 2010b, 2012; BABIĆ i ZUPANIČ, 2012), njihova starost i okoliši nastanka.

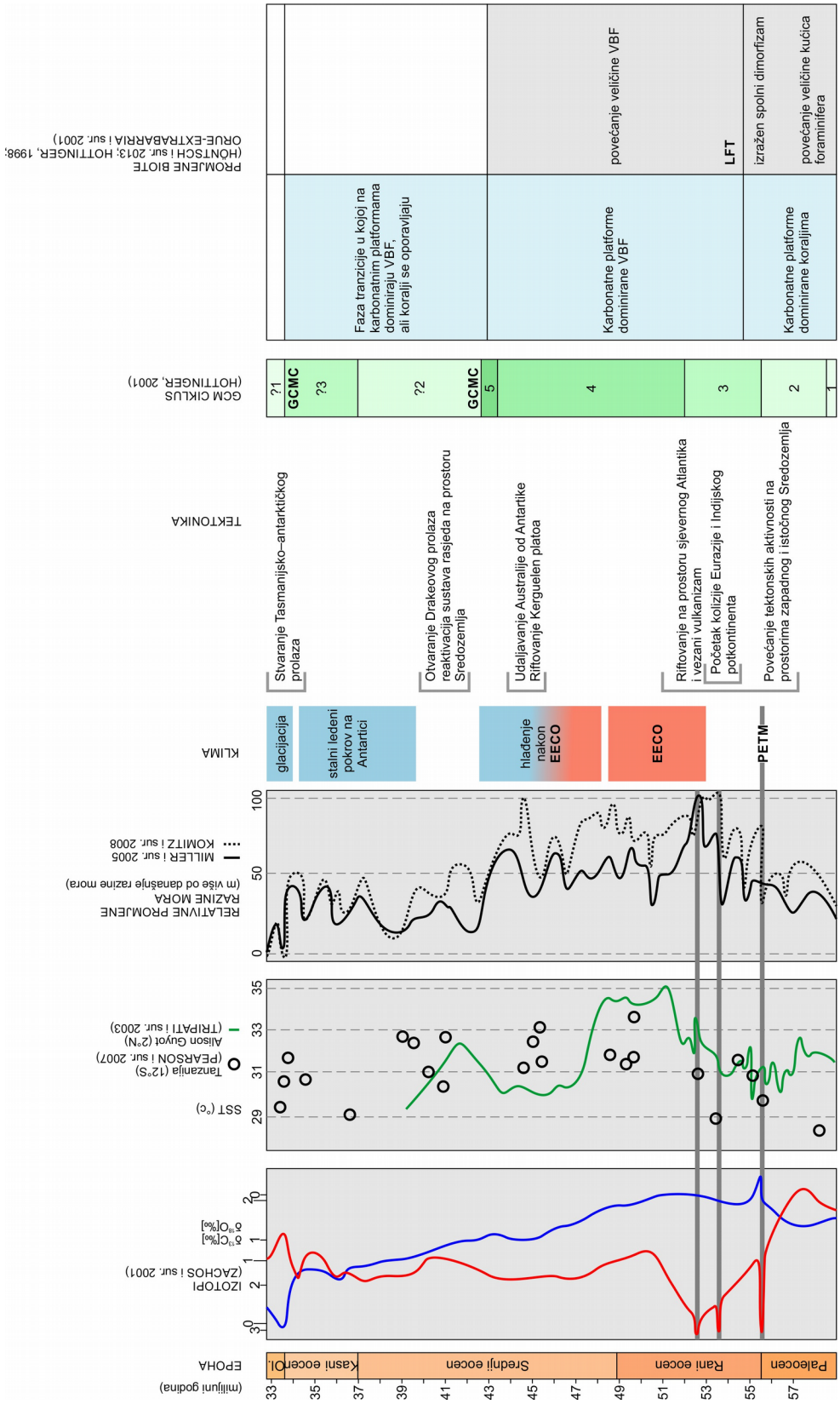
Slika 1. Pojednostavljena karta pružanja paleogenskih naslaga duž istočne obale Jadranskog mora (preuzeto od ĆOSOVIĆ i sur. (2008a) i DROBNE i sur. (2011) i modificirano).

1.1. PALEOGEN – DOBA VELIKIH PROMJENA (KLIMATSKIH, PALEOGEOGRAFSKIH I BIOLOŠKIH)

Dugoročne i kratkoročne klimatske i biološke promjene u najvećoj su mjeri vezane uz izdizanje velikih planinskih lanaca te otvaranje i zatvaranje oceanskih bazena (ZACHOS i sur., 2001; BOHATY i ZACHOS, 2003). Ta su zbivanja utjecala na mnoštvo promjena kao što su promjene globalne i regionalne klime, promjene globalnih i regionalnih paleogeografskih odnosa, te relativne promjene morske razine i dominantne biote kako u kopnenim, tako i u morskim okolišima. Riftovanje u sjevernom Atlantiku početkom paleogena uzrokovalo je jačanje vulkanske aktivnosti što je za posljedicu imalo naglo oslobađanje velikih količina metana zarobljenog u naslagama na oceanskom dnu i posljedično globalno zagrijavanje (SVENSEN i sur., 2004; STOREY i sur., 2007). Početak kolizije Indijskog potkontinenta i Euroazije prije otprilike 55 do 50 milijuna godina uzrokovao je zatvaranje Neotetis oceana i Istočnotetiskog morskog prolaza (CLEMENTZ i sur., 2011). Kontinuirana konvergencija između Afričko-arapskog kratona, Indijskog potkontinenta i Euroazije tijekom paleogena rezultirala je izdizanjem Alpsko–Himalajskog orogenskog sustava koji se proteže na prostoru od Pireneja, preko Alpa, Dinarida, Albanida, Helenida, Taurida i Iranida sve do Himalaja (VERDEL i sur., 2007). Krajem eocena (Neo-)Tetiski je ocean prestao postojati (RÖGL, 1999). Na istoku je stvoren novi Indijski ocean, a zapadni je dio Tetisa reduciran na Sredozemno more i epikontinetalna mora na područjima Europe i zapadne Azije (RÖGL, 1999). Opisani procesi reaktivirali su stare sustave rasjeda koji su izazvali kompleksne tektonske deformacije i uz to vezane promjene u rubnim morskim okolišima na prostoru cijelog Sredozemlja (VERDEL i sur., 2007). Početak izolacije Antarktike i stvaranje stalnog ledenog pokrova vjerojatno je ubrzano prije 46 do 41 milijuna godina udaljavanjem Antarktike od Australije i riftovanjem Kerguelen platoa (BOHATY i ZACHOS, 2003). Smatra se da je konačnim formiranjem Cirkumantarktičke morske struje uslijed otvaranja Tasmansko–antarktičkog prolaza (prije 41 do 31 milijuna godina – EXON i sur., 2000; WEI, 2004; SIJP i sur., 2009) i Drakeovog prolaza (prije 41 milijuna godina – SCHER i MARTIN, 2006) proces te izolacije završen.

Istraživanja su pokazala da su najviše temperature u kenozoiku dosegnute tijekom ranog paleogena, nakon čega je slijedilo dugotrajno razdoblje globalnoga zahlađenja, koje je završilo uspostavom stalnog ledenog pokrivača početkom oligocena (ZACHOS i sur., 2001) (slika 2). Tranzicija sadrži brojne oscilacije zabilježene brojnim okolišnim parametrima, kao na primjer promjenama u skupinama organizama koje su naseljavale rubne prostore kontinentskog šelfa.

Ranopaleogenska klima obilježena je dugoročnim globalnim zatopljavanjem koje je započelo u mlađem paleocenu i završilo u starijem eocenu (ZACHOS i sur., 2001). Tijekom tog razdoblja dokumentirane su tri kratkoročne klimatske promjene: kraće razdoblje hlađenja prije 60 do 58 milijuna godina, zagrijavanje poznato kao paleocensko–eocenski temperaturni maksimum (*Palaeocene–Eocene Thermal Maximum* – PETM) na granici paleocen–eocen i toplo razdoblje poznato kao ranoeocenski klimatski optimum (*Early Eocene Climatic Optimum* – EECO) (ZACHOS i sur., 2001). Procjenjuje se da su tijekom PETM temperature površinskih voda (*Sea Surface Temperature* – SST) bile povišene za 5° C u tropima i do 8° C na višim geografskim širinama u odnosu na današnje vrijednosti, što je značajno utjecalo na kopnene i morske organizme (ZACHOS i sur. 2003; TRIPATI i sur., 2003). Zatopljenje tijekom ranog paleogena je najznačajniji utjecaj imalo tijekom ranog eocena (EECO, prije 53 do 49 milijuna godina; ZACHOS i sur, 2001), s procijenjenim temperaturama mora u tropima od 28 do 32° C (PEARSON i sur., 2007) (slika 2). Povećanje globalne temperature tijekom ranog paleogena (58–49 milijuna godina), i općenito niski omjeri iona magnezija i kalcija u oceanima, ograničavali su rast većih koraljnih struktura i omogućili razvoj i dominaciju skupine foraminifera poznatih kao velike bentičke foraminifere (VBF) (SCHEIBNER i SPEIJER, 2008) (slika 2). VBF su u to doba ujedno predstavljale i najvažniji izvor karbonata (PEARSON, 2012), a sve do kraja eocena su proizvodile masivne karbonatne naslage na kontinentskim rubovima (pasivnim i aktivnim), ne samo na prostoru toplih (tropskih) mora, već i u morima smještenima na umjerenim geografskim širinama, upravo zahvaljujući porastu globalne temperature i proširenju područja s uvjetima optimalnim za razvoj i održavanje VBF (POMAR i HALLOCK, 2008).



Slika 2. Shematski prikaz globalne klimatske i tektonske evolucije tijekom paleogena u odnosu na evoluciju VBF i koralja na prostoru Neotetisa (modificirano prema HÖNTZSCH i sur., 2013).

1.2. VELIKE BENTIČKE FORAMINIFERE

Najvažnija značajka istraživanih paleogenskih karbonatnih naslaga Sjevernodalmatinskog predgorskog bazena jest brojnost i raznolikost VBF. One su osobito pogodne za terenska istraživanja jer se radi o markantnoj skupini foraminifera koje se mogu razmjerno lako prepoznati, čak i na razini skupine pa i roda, direktno na izdancima. Općenito, fosilne i recentne foraminifere imaju kućice različitih (ali jedinstvenih i zato prepoznatljivih) oblika i veličina, te kontinuirano, od kambrija do danas (PAWLOWSKI i sur., 2003) nastanjuju različite prvenstveno morske okoliše, od priobalja do abisalnih ravnica, živeći u vodenom stupcu i na morskom dnu. Foraminifere većinom grade kućice od kalcita pa se fosilno dobro očuvaju, a upravo je jedinstvenost njihovog skeleta i evolucija (specijacija i izumiranja) tijekom vremena temelj njihove primjenljivosti u geologiji. Fosilne i recentne VBF pritom su specifične jer imaju velike kućice, komplicirane unutarnje građe, što je posljedica mutualističkih odnosa s različitim jednostaničnim algama ili ˝udomljavanja˝ kloroplasta (LEE, 1998; HALLOCK, 1999, zajedno s referencama).

VBF su u fosilnom zapisu prisutne od kasnog paleozoika te su u nekoliko navrata određene skupine postigle značajnu raznolikost, brojnost i paleogeografsko rasprostiranje. Najbolji primjeri za to su fuzulinide tijekom karbona i perma, orbitolinide, alveolinide i orbitoidi tijekom krede te alveolinide, numulitidi (numuliti, operkuline, heterostegine), ortofragmine i kompleksne miliolide tijekom kenozoika. VBF su raznolika i specijalizirana skupina organizama s vrlo specifičnim okolišnim zahtjevima jer njihova pojava i brojnost ovisi o temperaturi mora, salinitetu, energiji vode, intenzitetu svjetlosti, količini nutrijenata i tipu podloge na kojoj žive. VBF su brojne u fotičkoj zoni (do 130 m dubine) oligotrofičnih tropskih i subtropskih mora (HOTTINGER, 1983, 1997; BOUDAGHER-FADEL, 2008), što ih čini pouzdanim okolišnim i paleookolišnim indikatorima (HOTTINGER, 1983, 1997; HOHENEGGER, 2004, 2005). One se na specifičan način prilagođavaju različitim plitkomorskim okolišima zahvaljujući raznolikosti i kompleksnosti svojeg skeleta. Oblik i građa njihovih kućica ovisna je o genotipu i staništu u kojem su određene skupine, rodovi ili vrste živjele ili žive (HOTTINGER, 1997, 2000). Sastav foraminiferske zajednice i brojnost određenih rodova i vrsta VBF ukazuje na uvjete koji su vladali u okolišu u kojemu su živjele, geografsku rasprostranjenost tog okoliša, kao i trajanje tako specifičnih uvjeta. Na primjer, ako u određenom plitkomorskom okolišu dođe do promjene nekog od abiotičkih čimbenika može doći do promjene zajednice (jedna se zajednica zamjenjuje s drugom koja je obilježena dominacijom neke druge skupine) i/ili se postojeća zajednica prilagođuje novim uvjetima

s drugačijom strategijom razmnožavanja (trimorfizam kod VBF) ili prehranom, što pratimo kroz promjene u arhitekturi kućica i brojnosti pripadnika pojedinih generacija. Kad govorimo o paleoekološkoj interpretaciji mikrofosilnih zajednica, LUTERBACHER (1984) preporuča korištenje tri međusobno nadopunjujuća pristupa: usporedbu s analognim, živućim formama (HALLOCK, 1984; LIPPS i SEVERIN, 1986; SEVERIN i LIPPS, 1989; HOHENEGGER i sur., 1999, 2014; HOHENEGGER, 2009; BRIGUGLIO i sur., 2013), morfofunkcionalnu analizu skeleta (PÉCHEUX, 1995; HOTTINGER, 1997), te usporedbu s distribucijom mikrofosila u facijesnim modelima. Pritom treba biti oprezan glede VBF jer direktna usporedba sa živućim formama putem taksonomske srodnosti nije moguća za skupine starije od srednjomiocenske biološke revolucije (HOTTINGER, 1997). Mnogobrojna, dugogodišnja i opsežna istraživanja funkcionalne morfologije kućica recentnih i fosilnih formi, te ekoloških uvjeta pojavljivanja velikih foraminifera u prirodi, kao i u posebno kontroliranim laboratorijskim uvjetima, rezultirala su vrijednim zaključcima i modelima koji omogućuju paleookolišnu interpretaciju naslaga koje ih sadrže (HALLOCK, 1979, 1985, 1988; HOTTINGER, 1983, 1986, 1997, 1999, 2000, 2006a, b; BUXTON i PEDLEY, 1989; HALLOCK i sur., 1991; HOHENEGGER i sur., 1999; GEEL, 2000; ROMERO i sur., 2002; BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004; ĆOSOVIĆ i sur., 2004; BASSI, 2005; YORDANOVA i HOHENEGGER, 2007; ZAMAGNI i sur, 2008, 2009; BRIGUGLIO i HOHENEGGER, 2011; EDER i sur., 2015; TOMASSETTI i sur., 2016; WÖGER i sur., 2016).

Prema HOTTINGER (1997, 2001) dugoročna evolucija VBF kontrolirana je postupnim promjenama u sastavu zajednica između dvaju diskontinuiteta, kao što su masovna izumiranja ili sveobuhvatne okolišne promjene. Tijekom ovih razdoblja nestabilnosti organizmi specijalisti (K-stratezi) su najpogođeniji i nakon nekog vremena zamijenjeni oportunističkim organizmima (HOTTINGER, 2001). Ovaj ciklus postupne promjene između dva diskontinuiteta naziva se ciklusom globalnoga sazrijevanja zajednice (G*lobal Community Maturation Cycle* – GCM ciklus) (HOTTINGER, 2001). U slučaju paleogenskih foraminifera specijalista ili K-stratega GCM ciklus se sastoji od pet faza (HOTTINGER, 2001). Masovnim izumiranjem na granici kreda/paleogen eliminirana je gotovo čitava zajednica VBF, izuzev jednog roda rotalida (*Laffitteina*). Prva faza ciklusa započinje ˝oporavkom˝ te skupine, tijekom dana i selanda, kad predstavnici preživjelog roda zauzimaju slobodne niše, a prilagođavajući se novim uvjetima dalje se morfološki diferenciraju. Tijekom selanda i taneta traje druga faza za vrijeme koje se počinju pojavljivati nove morfologije kućica predstavljene vrstama kao što su *Glomalveolina primaeva* (REICHEL), *Periloculina slovenica* DROBNE, *Coskinon rajkae* (HOTTINGER & DROBNE), *Fallotella alavensis*

MANGIN, *Cribrobulimina carniolica* (HOTTINGER & DROBNE), *Vania anatolica* SIREL & GÜNDÜZ, *Miscellanea yvette* LEPPIG, *Ranikothalia bermudezi* (PALMER), *Nummulites heberti* D'ARCHIAC & HAIME i *Discocyclina seunesi* DOUVILLÉ. Prve dvije faze su obilježene povećanjem raznolikosti rodova, ali i dalje su VBF imale male kućice, a jedinke različitih generacija su bile jako slične. Treća faza GCM ciklusa (tijekom ranog ″ilerda″) označava potpuni oporavak VBF tijekom koje raznolikost zajednice na razini vrsta raste (HOTTINGER, 1997, 2001). Poslije oporavka u trećoj, četvrtu fazu obilježava povećanje veličine kućica i daljnja diverzifikacija uspješnih skupina. Ovaj ciklus je trajao od kasnog ″ilerda″ do luteta i završio je prije 33 milijuna godina, u kasnom lutetu. Tad započinje peta faza, odnosno pad raznolikosti vrsta VBF, koja završava u ranom bartonu.

Početak treće faze, potpuni oporavak foraminifera specijalista i porast raznolikosti na razini vrsta, podudarao se s PETM i promjenom zajednica velikih foraminifera (*Larger Foraminifera Turnover* prema ORUE-ETXEBARRIA i sur., 2001 – LFT), kojeg su prvo opisali HOTTINGER i SCHAUB (1960). LFT znači početak izraženog dimorfizma i porast veličine kućica u VBF, pogotovo kod numulitida i alveolinida, a vremenski se podudara s početkom ″ilerda″, (HOTTINGER i SCHAUB, 1960; HOTTINGER, 1998; SCHEIBNER i SPEIJER, 2008; PUJALTE i sur., 2009). U razdoblju od kasnog starijeg eocena do srednjeg eocena VBF su doživjele svoju najveću raznolikost, što je definirano kao vrhunac eocenskog GCM ciklusa (HOTTINGER, 1997, 1998, 2001) (slika 2).

1.3. KARBONATNA SEDIMENTACIJA NA PROSTORU PREDGORSKIH BAZENA

U literaturi su opisana mnogobrojna istraživanja različitih tipova karbonatnih platforma na prostorima pasivnih kontinentskih rubova u sklopu kojih su prvenstveno proučavane posljedice promjena razina mora i klime na građu, biotu i taloženje na karbonatnim platformama. Spoznaje o tome kako geotektonski smještaj ima utjecaj na morfologiju i razvoj karbonatnih platforma su dokumentirane u radovima READ (1985), TUCKER i WRIGHT (1990) i WILSON (2002), koji ukazuju na povezanost tipova platforma s različitim tektonski aktivnim bazenskim sustavima, kao što su primjerice konvergentni kontinentski rubovi na kojima se razvijaju predgorski bazeni (BOSENCE, 2005). Sama karbonatna sedimentacija na kontinentskim rubovima je rezultat međudjelovanja mnogih faktora, prije svega globalne i regionalne klime te globalne i regionalne tektonike, koji kontroliraju relativne promjene razine mora i distribuciju organizama koji stvaraju i grade stijene (POMAR, 2001; BOSENCE, 2005). Predgorski su bazeni pogodno mjesto za nastanak velikih karbonatnih platforma jer intenzivna i dugotrajna tektonika neprestano stvara novi akomodacijski prostor na rubovima bazena (BOSENCE, 2005).

Prema DECELLES i GILES (1996) predgorski su bazeni geometrijski kompleksna tijela, izgrađena od odvojenih taložnih zona koje se međusobno preklapaju do određenog stupnja, a ujedinjene su u predgorskom sustavu bazena (slika 3). To je područje potencijalne akumulacije sedimenata koje se formira na kontinentskoj kori između sažimajućeg planinskog lanca i kratona kao odgovor na geodinamske procese vezane uz subdukcijske sustave orogenskog pojasa. Predgorski sustav bazena je izduženog oblika, a dužina mu otprilike odgovara dužini pridruženog navlačno–rasjednog pojasa orogena (DECELLES i GILES, 1996). Kao što je prikazano na slici 3 predgorski sustav bazena može se podijeliti u četiri taložne zone: *wedge-top*, *foredeep*, *forebulge* i *back-bulge* zonu. Granice pojedinih taložnih zona lateralno se pomiču tijekom razvoja sustava predgorskih bazena.

Svaka od četiri taložne zone kontrolirana je specifičnim mehanizmima tonjenja (subsidencije) i stvaranja akomodacijskog prostora, a glavni mehanizam promjena je litosferno svijanje kao odgovor na orogensko opterećenje i potpovršinsko duboko opterećenje, koji se drugačije manifestiraju u svakoj od taložnih zona (DECELLES i GILES, 1996).

1. *Wedge-top* taložna zona

U prednjem dijelu kontinentskih navlačno–rasjednih pojasova (prednji dio orogenskog klina), reljef je razveden i pokriven velikim količinama sinorogenskog materijala koji čini *wedge-top* taložnu zonu (DECELLES i GILES, 1996). Tijekom razvoja predgorskog bazena orogenski se klin deformira i pritisci se najčešće očituju kao napredujuće deformacije sustava ˝slijepih rasjeda˝ koji deformiraju površinu u obliku rastućih antiklinala (MITRA, 1990; YEATS i LILLIE, 1991, DECELLES i GILES, 1996). Ova taložna zona uključuje *piggyback* bazene (ORI i FRIEND, 1984), dodatne manje bazene (RICCI LUCCHI, 1986) i ispune velikih kanjona koji odvode sedimente dalje prema *foredeep* zoni, a nalaze se u rasjednom pojasu (naslage regionalnog drenažnog sustava; VINCENT i ELLIOT, 1995). Najčešće su to aluvijalni i fluvijalni sedimenti ili u morskom taložnom okolišu masivni tokovi i sitnozrnasti sedimenti šelfa koji se talože na gornjoj površini orogenskog klina tijekom razdoblja relativnog tektonskog mira u prednjem dijelu (ORI i sur., 1986; DECELLES i MITRA, 1995; VINCENT i ELLIOTT, 1995; DECELLES i GILES, 1996) (slika 3a).

2. *Foredeep* taložna zona

Foredeep taložnu zonu grade sedimenti koji se talože između *wedge-top* (prednjeg dijela orogenskog klina) i *forebulge* taložne zone (DECELLES i GILES, 1996). Sastoji se od slojeva sedimenata uklinjenih prema kratonu i upravo je ova zona najčešći predmet studija predgorskih bazena. Površinske *foredeep* taložne zone primaju sedimente uzdužnih i poprečnih fluvijalnih, aluvijalnih i jezerskih taložnih sustava, a morske od šelfnih taložnih sustava do sedimenata turbiditnih delta (DECELLES i GILES, 1996). Karakterističan je prijelaz iz početne dubokomorske sedimentacije (fliš) u kasniju plitkomorsku i kopnenu sedimentaciju (SINCLAIR i ALLEN, 1992) jer većina sustava predgorskih bazena započinje kao dublji prostor koji se s vremenom zapunjava, pa postaje plitkomorski do kopneni taložni sustav, kako se kontinentska kora približava zoni subdukcije (DECELLES i GILES, 1996). Recentne morske *foredeep* bazene na kontinentskim pločama obilježavaju plitkomorski, šelfni sedimenti koji se talože u vodenim okolišima plićim od 200 m, najčešće iz rasjedno–navlačnog pojasa s manjim donosima sedimenata s *forebulge* područja (DECELLES i HERTEL, 1989; CRITELLI i INGERSOLL, 1994) (slika 3a).

3. *Forebulge* taložna zona

Uslijed subdukcijskog i topografskog svijanja može nastati zona izdizanja uz kratonsku stranu *foredeep* područja – *forebulge* taložna zona (DECELLES i GILES, 1996). Izdignuće može

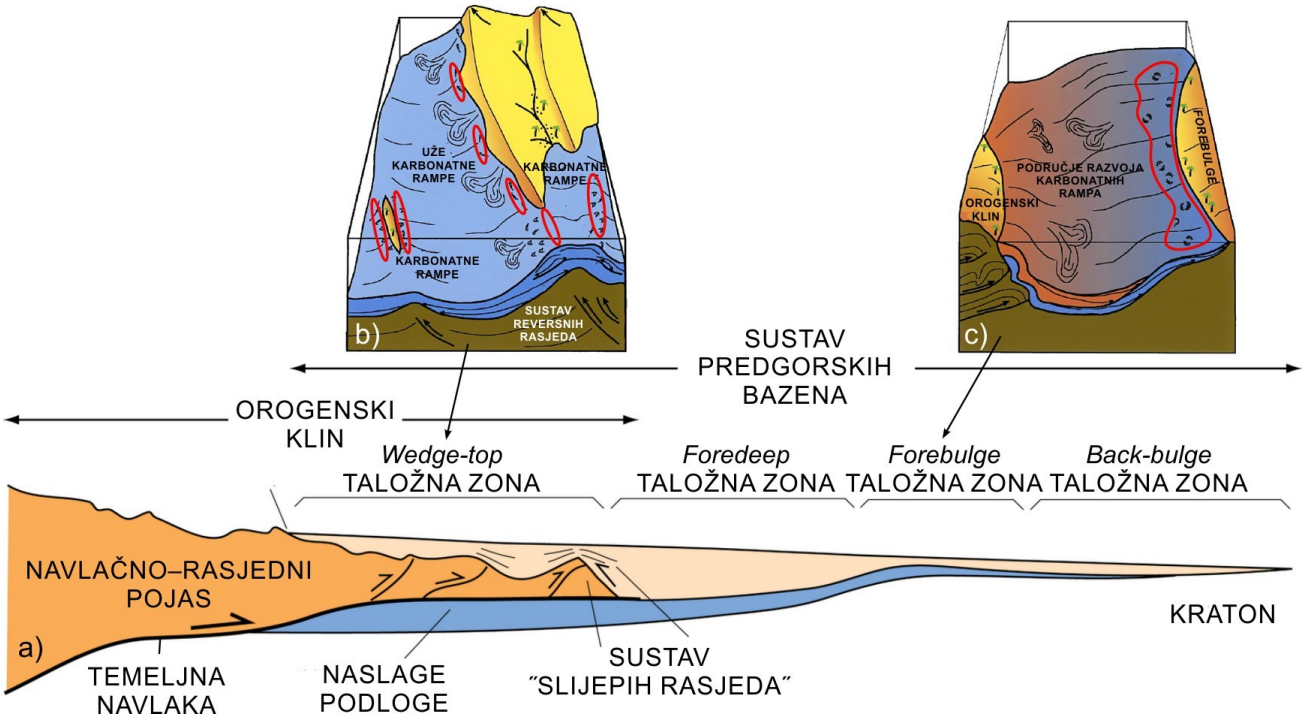
migrirati tijekom vremena i za sobom može ostaviti samo diskordancije na području prolaska (JACOBI, 1981), jer su to često zone bez taloženja sedimenata ili čak s izraženom erozijom (JACOBI, 1981; CRAMPTON i ALLEN, 1995). U morskim predgorskim bazenima, u kojima *forebulge* taložna zona nije ispunjena do vrha, na rubovima *forebulge* područja mogu se razviti i lokalne karbonatne platforme (ALLEN i sur., 1991; DOROBEK, 1995) (slika 3a).

4. *Back-bulge* taložna zona

Back-bulge taložna zona se sastoji od sedimenata koji se nakupljaju između *forebulge* taložne zone i kratona (DECELLES i GILES, 1996). Iako veći dio sedimenata dolazi iz izdižućeg orogena, manji dio može potjecati s prostora kratona i/ili potencijalno razvijenih karbonatnih platformi na *forebulge* području (DECELLES i GILES, 1996) (slika 3a).

Jedan od glavnih preduvjeta za razvoj karbonatnih platforma je potpuna ili djelomična izolacija plitkomorskog područja od donosa siliciklastičnog i vulkanskog materijala. U slučaju predgorskih bazena najčešće se u *foredeep* taložnoj zoni taloži većina materijala donošenog s orogena, te ako je *forebulge* zona pod morem i povoljni su uvjeti, često u njoj dolazi do razvoja karbonatnih platforma, u pravilu karbonatnih rampa (CRAMPTON i ALLEN, 1995; DOROBEK, 1995; DECELLES i GILES, 1996; SINCLAIR, 1997; BOSENCE, 2005) (slika 3b). Stalne litosferne promjene vezane uz razvoj predgorskih bazena i orogenezu kontinuirano stvaraju novi akomodacijski prostor duž taložnog profila, te su zato većina karbonatnih platforma na rubovima predgorskih bazena oblika rampe (BOSENCE, 2005). Kako se i granice pojedinih taložnih zona lateralno pomiču tijekom razvoja sustava predgorskih bazena, tako se pomiču i karbonatni facijesi unutar *forebulge* područja (DOROBEK, 1995). Ako se, primjerice, poveća topografsko opterećenje uslijed napredovanja orogenskog klina, razvijena karbonatna rampa će morati ili brže agradirati da zadrži korak sa subsidencijom ili će potonuti (DOROBEK, 1995; GALEWSKY, 1998). Pošto su ovo tektonski aktivna područja, prostori s karbonatnom sedimentacijom mogu biti prvo izdignuti i karstificirani, a potom potopljeni, čak i na dubine ispod fotičke zone (GALEWSKY, 1998). Kako je subsidencija predgorskog bazena konstantna i uz pojačani donos klastičnog materijala, u pravilu ne dolazi do ponovne uspostave karbonatne sedimentacije (BOSENCE, 2005). U slučaju taloženja velikih količina sliciklastičnog/klastičnog materijala iz napredujućeg orogenskog klina, takav materijal naliježe, prekriva (*onlap, overlie*) i zakapa naslage karbonatnih rampa u bazi ispune predgorskih bazena (SINCLAIR, 1997).

Osim u *forebulge* zoni, prema BOSENCE (2005), karbonatne platforme mogu nastati i u rasjednim i rasjedno–navlačnim zonama u područjima kompresije, što bi prema DECELLES i GILES (1996) odgovaralo *wedge-top* taložnoj zoni. Ove su platforme prostorno i vremenski ograničene (malih dimenzija i kratkog trajanja), te su lokalizirane na antiklinalnim uzvišenjima vezanim uz aktivnost rasjeda (BOSENCE, 2005) (slika 3c).



Slika 3. a) Pojednostavljeni shematski poprečni presjek predgorskog sustava bazena s označenim rasprostiranjem taložnih zona: *wedge-top* taložne zone, *foredeep* taložne zone, *forebulge* taložne zone i *back-bulge* taložne zone; **b)** Tektonsko-stratigrafski model nastanka karbonatnih rampa u navlačno–rasjednoj zoni, odnosno *wedge-top* taložnoj zoni; **c)** Tektonsko-stratigrafski model nastanka karbonatnih rampa na vanjskoj granici predgorskog bazena u *forebulge* taložnoj zoni (preuzeto od DECELLES i GILLES (1996) i BOSENCE (2005) i modificirano).

1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Do sada su obavljena mnogobrojna istraživanja mlađeg, kalciklastičnog dijela slijeda naslaga dinaridskog predgorskog bazena sjeverne Dalmacije poznatog kao Prominske naslage (popis referenci vidi u PENCINGER, 2012). U ovom istraživanju naglasak je stavljen na karbonatne naslage. Kako bi se prvenstveno rekonstruirali karbonatni taložni okoliši nižeg, starijeg dijela, naslaga dinaridskog predgorskog bazena sjeverne Dalmacije primijenjena je konvencionalna mikrofacijesna analiza kombinirana s detaljnim terenskim opažanjima i spoznajama o ulozi ekoloških i paleogeografskih čimbenika na rasprostiranje, raznolikost i brojnost VBF. Kako se unutar Prominskih naslaga također nalaze karbonatne naslage, one su isto obuhvaćene ovim istraživanjem u svrhu opisivanja njihove tektonsko–stratigrafske uloge u razvoju predgorskog bazena.

Jedan od ciljeva ovog rada je na temelju podataka dobivenih mikropaleontološkim analizama iz uzoraka prikupljenih na istraživanim lokalitetima opisati foraminiferske zajednice na lokalitetima koji do sada nisu bili ili su bili slabo istraživani i odrediti Plitkomorske bentičke zone (*Shallow Benthic Zonation* prema SERRA-KIEL i sur., 1998 – SBZ) u njima. Poseban naglasak stavljen je na skupinu aglutiniranih koničnih foraminifera zbog njihove brojnosti.

Kako promjene u sastavu foraminiferskih zajednica i litoloških karakteristika naslaga ukazuju na promjene u taložnom okolišu, sljedeći cilj ovog rada bio je odrediti karbonatne mikrofacijese i analizirati pripadajuće zajednice foraminifera i ostalih organizama u svrhu rekonstrukcije i interpretacije paleookoliša. Upravo su tijekom paleogena VBF bile brojni stanovnici i graditelji karbonatnih okoliša, a ističu se predstavnici skupina kao što su primjerice alveoline, numuliti i ortofragmine.

Te su karakteristike omogućile da se istraženi geološki stupovi mogu staviti u odnos s ranijim istraživanjima na prostoru Hrvatske, ali i Vanjskih Dinarida u cjelini.

Sedimentacija paleogenskih karbonatnih naslaga na prostoru sjeverne Dalmacije odvijala se u početnoj fazi stvaranja i oblikovanja dinaridskog predgorskog bazena. Procesi koji su utjecali na taloženje su u ovom radu definirani, što pridonosi boljem razumijevanju mehanizama koji utječu na formiranje predgorskih bazena.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA PALEOGENSKIH NASLAGA SJEVERNE DALMACIJE

Geološka istraživanja paleogenskih naslaga sjeverne Dalmacije započinju još u 19. stoljeću kad su austrougarski geolozi opisali i interpretirali paleontološke, litološke, stratigrafske i tektonske značajke u svrhu izrade prvih detaljnih geoloških karata. HAUER (1852) je opisao zbirku eocenskih fosila pronađenih u naslagama na Promini i u okolici Drniša. Posebno istaknuto mjesto među regionalnim prikazima geologije Austro-Ugarske Monarhije zauzima Pregledna geološka karta u mjerilu 1:576,000 (HAUER, 1867–1871), s općenitim stratigrafsko–tektonskim prikazom građe prostora, a u istraživanom području su, između ostalih, posebno izdvojene eocenske naslage. Ova karta je značajna jer je bila osnova za izradu Stacheove Pregledne geološke karte Istre i Primorja mjerila 1:1.008,000 (STACHE, 1889), koja detaljno prikazuje paleogenske karbonatne naslage s posebnim naglaskom na naslage ″Liburnijske faze″ (naziv naslaga potječe od imena prostora koji se pruža između rijeka Raše u Istri i Zrmanje u sjevernoj Dalmaciji, koje je nekada nastanjivalo ilirsko pleme Liburna). U radu iz 1912. Stache se detaljnije bavio geologijom Dalmacije s posebnim osvrtom na ″Liburnijske naslage″, koje je usporedio s onima u Istri. Početkom 20. stoljeća Schubert je proveo opsežna istraživanja prostora sjeverne Dalmacije, s naglaskom na opisu klastičnih naslaga eocenske starosti. ″Liburnijskim naslagama″ je pripisao donjoeocensku starost, uz napomenu da su u Šibenskom području slabo razvijene. Srednjoeocensku starost je odredio Foraminiferskim vapnencima, ″Prijelaznim slojevima″ i ″Fliškim laporima″. U brojnim radovima dao je pregled geoloških prilika ovog područja, a između ostalog spominje jedinicu koju naziva ″Gornji Numulitni ili Litotamnijski Vapnenci″ te srednjoeocenske ″fliške naslage″ bogate makrofaunom kod mjesta Ostrovica (SCHUBERT, 1904, 1905a, b, c, 1909a, b, 1910).

KOCHANSKY-DEVIDÉ (1947) je iz naslaga razvijenih na prostoru Dubravica i Ostrovica opisala 18 vrsta eocenskih koralja i tri vrste eocenskih hidrozoa. Opisala je koralje samce i fragmente kolonijskih koralja koji nisu nađeni *in situ* u zajednici s drugim skupinama fosila (gastropodi, školjkaši), te je zaključila da organizmi tijekom eocena nisu mogli dijeliti isti životni prostor, kao i da je tako raznovrsna i bogata koraljna fauna morala imati svoje "izvorište". NEDÉLA-DEVIDÉ (1956) je na području Ravnih Kotara (sjeverna Dalmacija) u karbonatnim paleogenskim naslagama izdvojila ″Kozinske vapnence″, ″Miliolidne″, ″Alveolinske″ i ″Numulitne vapnence″, a pretpostavila je njihovu eocensku starost. Pored toga je izdvojila i Prijelazne naslage (tzv. ″Glaukonitnu seriju″), a u klastičnim paleogenskim naslagama ″Eocenski fliš″ i ″Prominski fliš

s uloščima konglomerata″. MILAN (1957) je istraživao mekušce koje je našao u naslagama u području Ostrovice te je odredio značajan broj vrsta puževa i školjkaša.

RADOIČIĆ (1960) je za Foraminiferske vapnence koji sadrže brojne kućice koničnih foraminifera koskinolina, pretpostavila donjoeocensku, a za Foraminiferske vapnence s alveolinama i orbitolitesima donjo- do srednjoeocensku starost. ŠIKIĆ (1969) je prikazao sintezu rezultata ranijih radova o paleogenskim naslagama Ravnih Kotara i kutvrdio postojanje ″Istarske″ tektonske faze tijekom srednjeg eocena na ovom prostoru.

Opsežna istraživanja paleogenskih naslaga, uključujući i karbonatne naslage, napravljena su šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća u svrhu izrade Osnovne geološke karte SFRJ 1:100,000. Geološki odnosi područja prikazani su listovima i opisani u Tumačima Obrovac (IVANOVIĆ i sur., 1973, 1976), Šibenik (MAMUŽIĆ, 1975a, b), Drniš (IVANOVIĆ i sur., 1977, 1978) i Zadar (MAJCEN i sur., 1970; MAJCEN i KOROLIJA, 1973). Najstarije paleogenske karbonatne naslage su tankoslojeviti ″Liburnijski vapnenci″ ili ″Kozinski vapnenci″. One su u transgresivnom kontaktu s naslagama krede i pretpostavljeno su donjoeocenske starosti. U tim naslagama su nađene sitne foraminifere, nakupine haraceja i puževa, a nastale su u slatkovodnim, brakičnim i rubnim morskim okolišima. Na njima u kontinuitetu slijede Foraminiferski vapnenci, ali ponegdje Foraminiferski vapnenci i direktno transgresivno leže na vapnencima gornje krede. Foraminiferske vapnence karakterizira brojna zajednica VBF, a na osnovu brojnosti pojedinih skupina izdvojeni su Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci. Nakon Foraminiferskih vapnenaca talože se Prijelazne naslage (vapnenačke i laporovite naslage s glaukonitom), te naslage Fliša.

Kasniji radovi koji zahvaćaju ovo područje prvenstveno su bili usmjereni na istraživanje paleogenskih klastita sjeverne Dalmacije. Istraživanja su se uglavnom bavila problematikom vezanom za eksploataciju mineralnih sirovina kao što su boksitna ležišta u podini Prominskih naslaga (SAKAČ, 1961, 1969), ugljeni (NIKLER, 1982) i građevinsko-arhitektonski kamen (″benkovački kamen″). Osim spomenutih radova u većoj je mjeri riječ o neobjavljenim elaboratima. Pored toga, brojni su znanstveni radovi bili orijentirani na sedimentološku analizu Prominskih naslaga u svrhu interpretacije facijesa i taložnih procesa (BABIĆ i ZUPANIČ, 1983, 1988, 1990, 2008, 2012; MRINJEK, 1993a, b, 1994, 2008; MRINJEK i sur., 2005, 2007; MRINJEK i PENCINGER, 2008). Najnoviji radovi, koji se uglavnom bave Prominskim naslagama, imaju drugačiji pristup i zahvaćaju veći prostor, te u prvom redu razmatraju utjecaj slijepih reversnih rasjeda, odnosno "rastućih" bora na taloženje, a Prominske naslage tretiraju kao sedimente

orogenog *wedge-top* (*piggyback*) bazena (MRINJEK i sur., 2010a, b, 2011, 2012; PENCINGER, 2012).

U manjoj mjeri dosadašnjim su istraživanjima bile obuhvaćene i karbonatne naslage. Pregledni rad DROBNE i sur. (1991) sadrži litološki, biostratigrafski, mikrofacijesni i mikropaleontološki pregled (s naglaskom na zajednice VBF) karbonatnih izdanaka na područjima Benkovac–Korlat, Skradin–Dubravice i u okolici Skradinskog Buka. CUKROV i sur. (2010) u opisu geologije estuarija rijeke Krke daju i kratki stratigrafsko–sedimentološki pregled paleogenskih naslaga tog područja. Opis slabo poznatih Gornjih Numulitnih vapnenaca (ukupne debljine od 60 do 90 m) iz SdPB (područje Novigradskog mora) nalazi se u radu BABIĆ i ZUPANIČ (2016). U kanjonu rijeke Čikole, ŠPANIČEK i sur. (2017), su sedimentološki i mikropaleontološki istražili Kozinske naslage i Foraminiferske vapnence donjoeocenske starosti, koji su taloženi tijekom inicijalne faze razvoja SdPB. ĆOSOVIĆ i sur. (2017) kombinirali su sedimentološke i mikropaleontološke analize (osobito analize zajednica VBF) kako bi rekonstruirali okoliše taloženja na ˝kratko živućim˝ karbonatnim rampama koje nastaju u tektonski aktivnom predgorskom bazenu.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

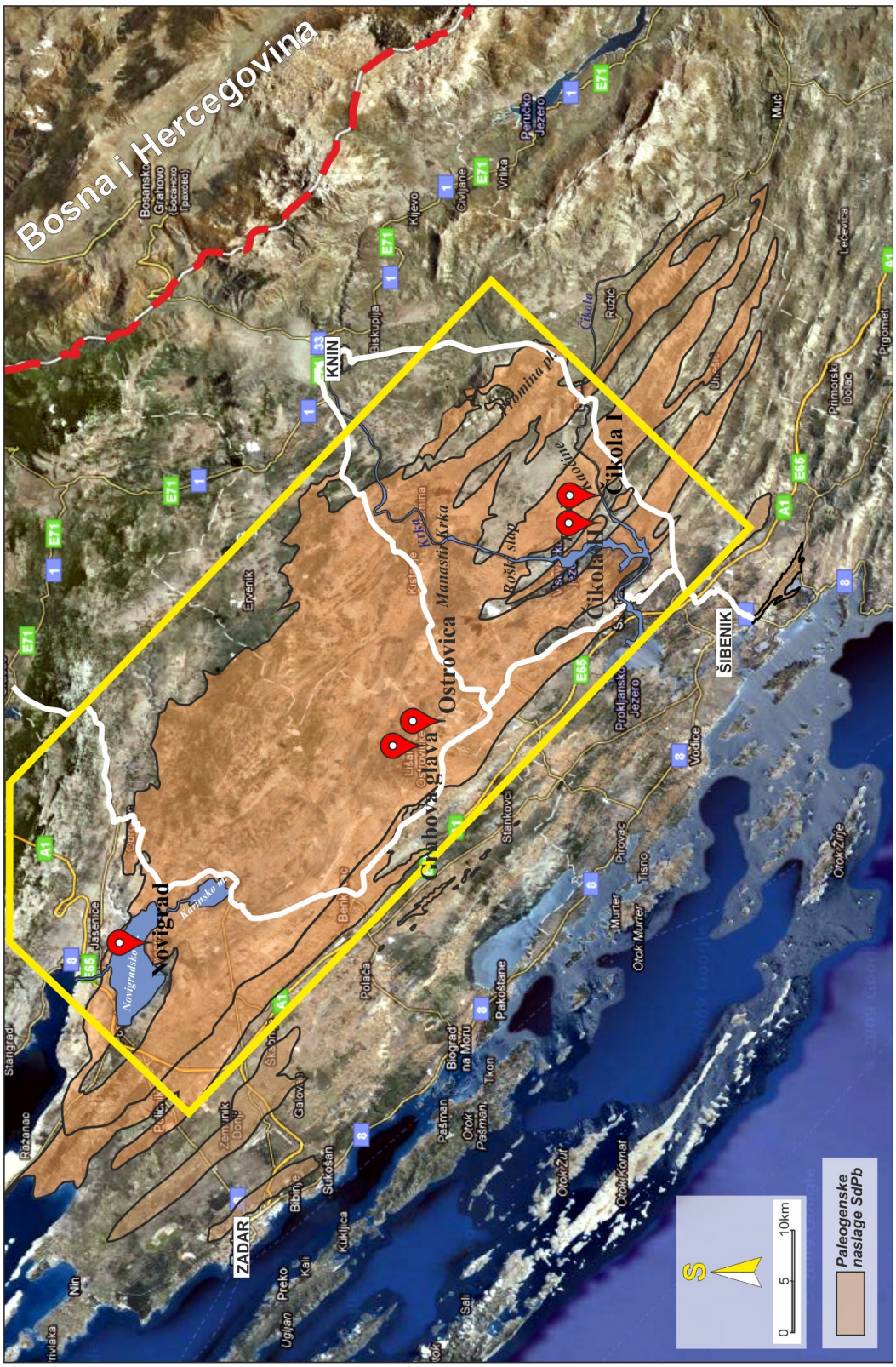
Metode istraživanja korištene prilikom izrade ovog rada mogu se podijeliti na terenske i kabinetske. U pripremnom dijelu istraživanja obavljeno je upoznavanje s relevantnom literaturom i pregled šireg područja u svrhu odabira lokaliteta pogodnih za snimanje geoloških stupova, prvenstveno kroz karte i Tumače OGK SFRJ 1:100,000, listova Obrovac (IVANOVIĆ i sur., 1973, 1976), Drniš (IVANOVIĆ i sur., 1977, 1978), Zadar (MAJCEN i sur., 1970; MAJCEN i KOROLIJA, 1973) i Šibenik (MAMUŽIĆ, 1975a, b).

3.1. TERENSKE METODE ISTRAŽIVANJA

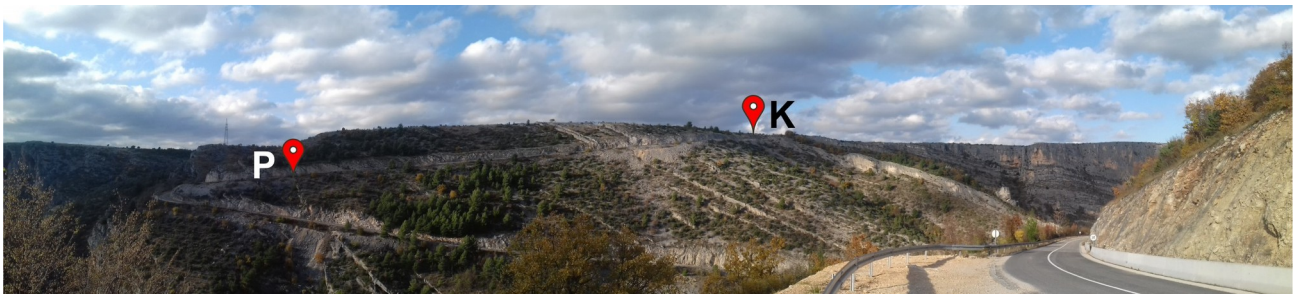
Za detaljna terenska geološka istraživanja izabrano je pet lokaliteta s dobro vidljivim i pristupačnim izdancima paleogenskih karbonatnih naslaga (slika 4): dva u kanjonu rijeke Čikole (Čikola I i Čikola II; slike 5 i 6), jedan uz obalu Novigradskog mora (Novigrad; slika 7) i dva na području između mjesta Lišane i Ostrovica (Ostrovica i Grabova Glava; slike 8 i 9).

Tijekom terenskih istraživanja za početak je bilo potrebno utvrditi donju granicu budućih geoloških stupova, odnosno istražiti kontakt krednih i paleogenskih naslaga, a nakon toga su odabrani izdanci detaljno istraživani. Na svakom lokalitetu obavljena je makroskopska terenska (sedimentološka i paleontološka) analiza naslaga.

Na svakom od lokaliteta su prikupljeni reprezentativni uzorci i zabilježeni svi važni podaci o naslagama: položaj svakog prikupljenog uzorka, oznaka uzorka, debljina svakog pojedinačnog sloja, strukturni elementi slojeva, primarne taložne strukture i fosilni sadržaj. Dobiveni podaci su dali uvid u redoslijed događaja i odnose među naslagama na temelju kojih su izrađeni geološki stupovi.



Slika 4. Satelitska snimka istraživanog područja sjeverne Dalmacije s prikazanim lokacijama uzorkovanih izdanaka u kanjonu rijeke Čikole (Čikola I i Čikola II), uz obalu Novigradskog mora (Novigrad) i na području između mjesta Lišane i Ostrovica (Ostrovica i Grabova Glava).



Slika 5. Panoramska snimka izdanka u kanjonu rijeke Čikole na kojem je snimljen geološki stup 'Čikola I'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 6. Panoramska snimka izdanaka u kanjonu rijeke Čikole na kojem je snimljen geološki stup 'Čikola II'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 7. Panoramska snimka izdanka uz obalu Novigradskog mora na kojem je snimljen geološki stup 'Novigrad'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 8. Panoramska snimka padine na kojoj je snimljen geološki stup 'Ostrovica'. **P** označava početak, a **K** kraj snimljenog stupa.

Slika 9. Panoramska snimka sjeveroistočne padine brda Grabova Glava na kojoj je označen položaj snimljenog geološkog stupa 'Grabova Glava'.

Debljine snimljenih intervala, broj prikupljenih uzoraka i broj izrađenih mikroskopskih izbrusaka prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Tablica s popisom uzorkovanih geoloških stupova te GPS koordinatama, debljinom snimljenog intervala, brojem prikupljenih uzoraka i brojem napravljenih mikroskopskih izbrusaka za svaki od lokaliteta.

LOKALITET	GPS koordinate	Debljina snimljenog intervala (m)	Broj prikupljenih uzoraka	Broj izrađenih izbrusaka
Čikola I	P: 43°50’8.9”S, 16°2’49.3”I K: 43°50’20.4”S,16°2’58.2”I	310	336	273
Čikola II	P: 43°49’42”S, 16°1’42”I K: 43°49’46,6”S,16°1’21,7”I	175	44	24
NOVIGRAD	P:44°10’39,8”S,15°31’49.9”I K: 44°10’59,7”S,15°32’13,3”I	412	163	78
OSTROVICA	43°58’20,7”S, 15°46’23,8”I	73	13	13
GRABOVA GLAVA	43°57’59,4”S, 15°47’25,3”I	5	13	12

Pri opisu naslaga korištena je uobičajena opisna sedimentološka terminologija koju su uveli HARMS i sur. (1975) te COLLINSON i THOMPSON (1982), a klasifikacija karbonata je na terenu obavljena prema DUNHAM-ovoj (1962) klasifikaciji karbonata koju su naknadno dopunili EMBRY i KLOVAN (1971). Treba napomenuti da se termin sedimentacijski facijes odnosi na različite varijetete sedimentnih stijena koji su definirani na temelju glavnih makroskopskih značajka (mineralni sastav, teksture, primarne i sekundarne sedimentne strukture, biogenetske značajke, geometrija slojeva) (HARMS i sur., 1975).

3. 2. KABINETSKE METODE ISTRAŽIVANJA

Kako su prikupljeni uzorci u pravilu predstavljali konsolidirane stijene, od njih su izrađeni mikroskopski izbrusci koji su poslužili za daljnju detaljnu sedimentološku i mikropaleontološku, odnosno mikrofacijesnu analizu stijena, a kako bi se na temelju određenih mikrofacijesa i fosilnih zajednica mogli interpretirati okoliši taloženja. U tu su svrhu detaljno opisani mikrofosilni sadržaj i litološke karakteristike svih izbrusaka. Pregled je obavljen stereoskopskom lupom u prolaznom svjetlu.

Prilikom pregleda izbrusaka određivana je vrsta veziva (mikrit ili sparit) i vrsta zrna, koja su podijeljena na skeletna i neskeletna. Skeletna zrna su klasificirana kao kućice VBF (trematoforne miliolide, aglutinirane konične foraminifere, alveoline, numuliti i ortofragmine), te ostale bentičke foraminifere (male miliolide, rotalije ili neodredive bentičke foraminifere), fragmenti alga i ostalih organizama. Neskeletna zrna su obuhvaćala peloide, intraklaste i litoklaste. Određene su očuvanost i tafonomske osobine skeletnih zrna: fragmentacija, tragovi bioerozije, abrazije, ispunjenost sedimentom ili cementom, mikritizacija i rekristaliziranost. Korištenjem usporednih dijagrama prema BACCELLE i BOSELLINI (1965), kao i *point-counting* metode (FLÜGEL, 2010) određena je relativna zastupljenost određenih vrsta zrna.

Na izbuscima napravljenim iz uzoraka geološkog stupa 'Čikola I' modalna distribucija vrsta zrna u preparatima je procijenjena koristeći *point-counting* metodu. Na svakom pregledanom izbrusku nacrtana je dvodimenzionalna rešetka veličine 1 cm^2 i pobrojano je svako zrno unutar rešetke. Iz podataka o broju svake vrste zrna izračunat je njihov postotak u odnosu na ukupan broj zrna. Radi pojednostavljenja rezultata, volumen određene vrste zrna je predstavljen s četiri podgrupe: od 0 do 5 % (nema ili vrlo rijetka zrna), od 5 do 15 % (rijetka zrna), od 15 do 49 % (česta zrna) i iznad 50 % (vrlo česta zrna).

Mikropaleontološkom analizom određeni su rodovi i vrste foraminifera iz skupine VBF. Taksonomski kriteriji preuzeti su iz LOEBLICH i TAPPAN (1988) i PAWLOWSKI i sur. (2013). U tekstu su pod pojmom rotalije obuhvaćene filogenetski povezane porodice perforatnih foraminifera Rotaliidae i Calcarinidae iz reda Rotaliida prema HOTTINGER (2014). Taksonomsko određivanje foraminiferskih kućica obavljeno je na temelju slučajnih presjeka, a kad su to presjeci omogućavali (orijentirani presjeci kućica dobiveni ne-ciljanim rezanjem uzoraka) i na razini vrste, koristeći relevantnu literaturu. U ovom radu su prvenstveno korišteni kriteriji za određivanje vrsta alveolina (HOTTINGER, 1960; DROBNE, 1977), trematofornih (˝velikih˝) miliolida (DROBNE, 1974,

1985) i aglutiniranih koničnih foraminifera (HOTTINGER i DROBNE, 1980; VECCHIO i HOTTINGER, 2007). Kriteriji za određivanje vrsta alveolina su veličina kućice u orijentiranim presjecima. U aksijalnim ili osnim presjecima kućica mjeri se ekvatorijalni i aksijalni promjer kućice, oblik kućice (sferičan, fuziforman, lećast,...), oblik polova (zaobljen, istanjen, odrezan,...) i izduženost (elongacija ili brzina prirasta u određenom zavoju), postojanje zadebljanja bazalnog sloja i alveola te veličina prolokulusa. Način namatanja i gustoća zavoja u različitim stadijima rasta kućica, postojanje floskulinizacije i blizanaca megasferičnh embrionalnih klijetki, veličina ekvatorijalnog dijametra, položaj pre- i post-septalnih kanala se prepoznaje i mjeri iz ekvatorijalnog (medijalnog) presjeka kućica. Kriteriji za određivanje aglutiniranih koničnih foraminifera iz orijentiranih aksijalnih presjeka kućica su morfologija kućica (visokostožasti, niskostožasti oblici...), građa (struktura) stijenke, raspored i oblik klijetki prema ontogenetskim stadijima (embrionalnom, juvenilnom, adultnom i gerontnom), broj klijetki u jednom zavoju, dimenzije klijetki, prisustvo ili odsustvo egzoskeleta, prisustvo ili odsustvo rubnih ušća, raspored i oblik endoskeletalnih elemenata i broj ušća u radijusu baze kućice.

Na temelju identificiranih vrsta VBF određena je starost naslaga. U ovu svrhu je primijenjena SBZ zonacija prema SERRA-KIEL i sur. (1998). SBZ sustav se temelji na biostratigrafskim studijama alveolinskih vrsta HOTTINGER-a (1960, 1974) i DROBNE (1977), te numulitida (numulita, asilina i operkulina) prema SHAUB-u (1981) i ortofragmina prema LESS (1987). Uspostavljeno je ukupno dvadeset biozona VBF (od SBZ 1 do SBZ 20) koje su korelirane s biozonama planktonskih foraminifera prema BERGGREN i sur. (1995) i biozonama nanofosila prema MARTINI (1971) (SERRA-KIEL i sur., 1998; PAPAZZONI i sur., 2017).

Fosilni ostaci skupina organizama koji svoje skelete grade od kalcijeva karbonata pružaju nam pogled u drevne ekološke uvjete, s time da uvijek treba imati na umu da je akumulacija sedimenata spora u odnosu na životni vijek organizama koji ga grade, te da karbonatne fosilne zajednice u biti odražavaju njihov sastav nakupljen kroz tisuće godina (KIDWELL i BOSENCE, 1991). Na temelju sastava foraminiferske zajednice i pridruženih ostataka organizama, očuvanosti foraminiferskih kućica, zastupljenosti rodova foraminifera, te strukturnih i teksturnih osobina karbonata određeni su tipovi karbonatnih mikrofacijesa.

Definirani tipovi mikrofacijesa i foraminiferskih zajednica omogućavaju interpretaciju paleookoliša proučavanih naslaga te usporedbu sa standardnim tipovima mikrofacijesa (*Standard microfacies (SMF)* – SMF), uobičajenim tipovima mikrofacijesa paleozojskih i mezozojskih karbonata rampa (*Common microfacies types of Paleozoic and Mesozoic ramp carbonates (RMF)* – RMF) i uobičajenim lakustrinskim tipovima mikrofacijesa (*Common lacustrine microfacies types (LMF)* – LMF) te standardnim facijesnim zonama (*Standard facies belts – SFB*) definiranima prema WILSON (1975) i modificiranim u priručniku FLÜGEL (2010). Promjene karbonatnih mikrofacijesa ukazuju na promjene u taložnom okolišu, što pomaže u interpretaciji i rekonstrukciji taložnih okoliša.

3. 3. ODABRANA TERMINOLOGIJA

3.3.1. Odabrana terminologija naslaga

Jedan od ciljeva ovog rada je razjasniti i pojednostaviti stratigrafsku terminologiju paleogenskih plitkomorskih vapnenaca. Tradicionalno, kako je opisano u Tumaču Geološke karte Republike Hrvatske 1:300,000 (VLAHOVIĆ i VELIĆ, 2009a, b; MARINČIĆ, 2009) donjopaleogenske naslage na području Vanjskih Dinarida neformalno su podijeljene na tri jedinice: ″Liburnijske naslage″, Foraminiferske vapnence (s pripadajuća tri do četiri člana: Miliolidne, Alveolinske, Numulitne i/ili Diskociklinske vapnence) i Prijelazne naslage. Na njima slijede Fliš (fliške naslage) i Prominske naslage, ovisno o području Vanjskih Dinarida koje se istražuje. ″Liburnijske naslage″ nekonformno naliježu na gornjokredne vapnence, a karakterizira ih brakična do slatkovodna biota (ostaci puževi i charophycea), često sadrže proslojke ugljena, a interpretirane su kao palustrinski i zaštićeni morski vapnenci pretežito ranoeocenske starosti. Foraminiferski se vapnenci negdje kontinuirano talože na ″Liburnijskim naslagama″, a negdje transgresivno leže na gornjokrednim vapnencima. Ova je jedinica karakterizirana brojnošću i raznolikošću VBF, te je s obzirom na zastupljenost pojedine specifične grupe VBF nerijetko podijeljena na tri do četiri člana. Oni predstavljaju različite paleookolišne uvjete s obzirom na postupno produbljivanje sedimentacijskog bazena tijekom starijeg eocena i ranog srednjeg eocena. Prijelazne su naslage vapnenci tipa madston i lapori s planktonskim foraminiferama i klastima bentičkih organizama, te predstavljaju dublje okoliše srednjeg eocena.

Tijekom desetljeća istraživanja primjenjuju se različite i/ili slične terminologije pri opisivanju starijih paleogenskih naslaga na prostoru Vanjskih Dinarida što rezultira ″zbrkom″ u korištenju termina (GUŠIĆ i JELASKA, 1990; KORBAR, 2009). Kao što je vidljivo iz tablice 2 ovaj je problem pogotovo vezan uz termin ″Liburnijske naslage″, ″Kozinske naslage/slojevi″, Liburnijska formacija, ″Liburnijski slojevi″. Razlog tome je primjena različitih pristupa u istraživanju naslaga, fokusiranje samo na pojedine setove naslaga, ali i nepostojanje ili ograničena rasprostranjenost izdanaka s naslagama koje svjedoče o kontinuiranom taloženju od mlađe krede i tijekom paleogena.

To je primijetio već i STACHE (1872, 1889) koji je za naslage ″Liburnijske faze″ naglasio kako njihova rasprostranjenost i debljina mogu jako varirati na različitim lokacijama. U sjeverozapadnom dijelu Vanjskih Dinarida, u području Krasa, na jugozapadu Republike Slovenije, nalaze se izdanci s naslagama koje potvrđuju kontinuirano taloženje u rasponu od najmlađe krede

do ranog paleogena u plitkomorskim okolišima (DROBNE i sur., 1988, 1989, 1995, 1996; DROBNE i OGORELEC, 1991; JURKOVŠEK i sur., 1996, 1997; OGORELEC i sur., 1995, 2001, 2007; PUGLIESE i sur., 1995; ZAMAGNI i sur., 2008).

Tablica 2. Nazivi krednih i paleogenskih naslaga u literaturi s navedenim originalno definiranim nazivima i pripadajućom starosti.

Autor	Godina	Nazivi opisanih krednih naslaga	Nazivi opisanih paleogenskih naslaga
STACHE	**1872–1889**	″Rudistenkalk″	″Nummulitenkalke″ (E) ″Hauptalveolinenkalke″ (E) ″Liburnische Stufe″ – 3 dijela: ″Untere Foraminiferenkalke″ i ″Rudistenbreccien″, ″Hauptharaceenkalke″/ ″Cosinia-schichten″, ″Obere Foraminiferenkalke″/ ″Milioliden Kalke″ (K–Pc)
NEDÉLA-DEVIDÉ	**1956**		Prominski fliš Eocenski fliš (E) Prijelazne naslage/ Glaukonitna serija (E) Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci (E) Kozinski vapnenci (E)
MAJCEN i KOROLIJA	**1973**	Gornjokredni rudistni vapnenci (senon)	Prominske naslage ($E_{2,3}$) Prijelazne naslage (lapori s glaukonitom) ($E_{1,2}$) Foraminiferski vapnenci: Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) Tankouslojeni vapnenci (Liburnijske naslage) (Pc, E_1)
MAMUŽIĆ	**1975**	Gornjokredni rudistni vapnenci (senon)	Konglomerati, vapnenci i lapori (Prominske naslage) (E_3) Detritični vapnenci s laporima i konglomeratima ($E_{2,3}$) Fliški lapori i pješčenjaci (E_2) Foraminiferski vapnenci: Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) Liburnijski slojevi (Pc, E)
IVANOVIĆ i sur.	**1976**	Gornjokredni rudistni vapnenci (senon)	Promina naslage ($E_{2,3}$) Detritični vapnenci, lapori i klastiti ($^2E_2$)

			Vapnenci i laporoviti vapnenci s glaukonitom ($^1E_2$) Foraminiferski vapnenci: Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) Kozinski slatkovodno-brakični vapnenci (Pc, E_1)
IVANOVIĆ i sur.	**1978**	Gornjokredni rudistni vapnenci (gornji turon/senon)	Promina naslage ($^3E_2$, E_3) Vapnenačke breče ($^2E_2$) Vapnenci i lapori s glaukonitom i fliški lapori ($^1E_2$) Foraminiferski vapnenci: Miliolidni, Alveolinski i Numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) Kozinski slatkovodno-brakični vapnenci (E_1)
PAVLOVEC i PLENIČAR (opisano u GUŠIĆ i JELASKA, 1990)	**1981**	Rudistni vapnenci (Sumartin formacija)	Liburnijska formacija
VLAHOVIĆ i VELIĆ; MARINČIĆ	**2009**	Gornjokredni rudistni vapnenci	Promina naslage (E, Ol) Flišne naslage ($E_{2,3}$) Prijelazne naslage ($E_{1,2}$) Foraminiferski vapnenci: Miliolidni, Alveolinski, Numulitni i Diskociklinski vapnenci ($E_{1,2}$) Liburnijske naslage (?Pc, E)
BRLEK i sur.	**2014**	Rudistni vapnenci (Sumartin formacija)	Foraminiferski vapnenci (E) Kozinski slojevi (E)
ŠPANIČEK i sur.	**2017**	Gornjokredni rudistni vapnenci	Prominske naslage (E, Ol) Foraminiferski vapnenci (E) Kozinske naslage (E)

Detaljna geološka istraživanja u Sloveniji (JURKOVŠEK i sur., 1996, 1997; KOŠIR, 2003; OTONIČAR, 2007; JURKOVŠEK i sur., 2016) od 90-ih godina prošlog stoljeća, po uzoru na istraživanja u Hrvatskoj koje provodi Hrvatski geološki institut, s težištem na litostratigrafskim interpretacijama naslaga, rezultirala su definiranjem Kras grupe koja se sastoji od sljedećih formacija: Liburnijske formacije, Trstelj formacije, *Alveolina–Nummulites* vapnenaca, zajedno sa stijenama Prijelaznih naslaga i Fliša.

Najstariji dio Kras Grupe, Liburnijska formacija, taložena je povrh karstificiranog krednog reljefa tijekom mastrihta i paleocena. Sama formacija se dijeli na više članova. To su plitkomorski vapnenci s foraminiferama taloženi tijekom mastrihta koji se nazivaju Vreme naslage i odgovaraju članu Lovrečina Sumartin formacije opisane na otoku Braču (GUŠIĆ i JELASKA, 1990), i na njima kontinuirano taložene Kozina naslage – tamni paralički i palustrinski vapnenci s proslojcima ugljena. Nakon Liburnijske formacije slijedi Trstelj formacija, koju u donjem dijelu sačinjavaju plitkomorski vapnenci s brojnim miliolidama nastali u plitkom zaštićenom okolišu s povremenim emerzijama, a u gornjem plitkomorski vapnenci s brojnim VBF (predstavnici rodova *Assilina*, *Lacazina* i *Pseudolacazina*), paleocenske starosti (ZAMAGNI i sur., 2008). Na naslagama Trstelj formacije se tijekom mlađeg paleocena i starijeg eocena kontinuirano talože *Alveolina–Nummulites* vapnenci, s dominantnom, po brojnosti i raznolikosti, zajednicom alveolina, numulita, orbitolitesa i ortofragmina, pri čemu se donja granica formacije podudara s pojavom brojnih alveolina (JURKOVŠEK i sur., 1996; OGORELEC i sur., 2001, ZAMAGNI i sur., 2008). Najmlađi članovi Kras grupe su Prijelazne naslage, hemipelagički i pelagički vapnenci taloženi tijekom starijeg eocena i Fliš, koji slijedi na Prijelaznim naslagama, a čine ga turbiditne naslage lapora, vapnenaca tipa madstona i pretaloženih vapnenaca, taložene tijekom starijeg i srednjeg eocena.

Paleogenske naslage na susjednim područjima su različite starosti, ali prema okolišima taloženja predstavljaju slične ili iste paleookoliše (ZAMAGNI i sur., 2008; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008a). U dostupnoj literaturi je vrlo opsežno istraženo i dokumentirano kako je paleogenska transgresija započela i trajala različito na različitim područjima u Vanjskim Dinaridima (ĆOSOVIĆ i sur., 2008a).

U ovom radu za najstarije paleogenske naslage predlaže se naziv Kozinske naslage, kao Kozinske naslage koje su član Liburnijske formacije. Na istraživanom području, koliko je za sada poznato, nisu razvijeni svi članovi Liburnijske formacije, a i oni koji jesu nisu iste starosti kao u području Krasa u Sloveniji, jer u to vrijeme na prostoru današnje sjeverne Dalmacije nije bilo sedimentacije. Emerzija na granici kreda–paleogen na prostoru sjeverne Dalmacije započela je ranije i dulje je trajala, pa je samim time i paleogenska transgresija, odnosno taloženje započelo kasnije nego na sjeverozapadu Vanjskih Dinarida, tek u eocenu i to slijedom naslaga sličnim opisanom razvoju taložnih okoliša Kras grupe (DROBNE i sur., 1991, 2011). U prilog ovakvoj nomenklaturi govori zaključak koji su iznjeli PAVLOVEC i PLENIČAR (1981) kako praktični razlozi govore u prilog zajedničke nomenklature vapnenačkih paleogenskih naslaga nastalih u razdoblju oko emerzije, odnosno u rasponu od kraja krede do ranog paleogena. GUŠIĆ i JELASKA

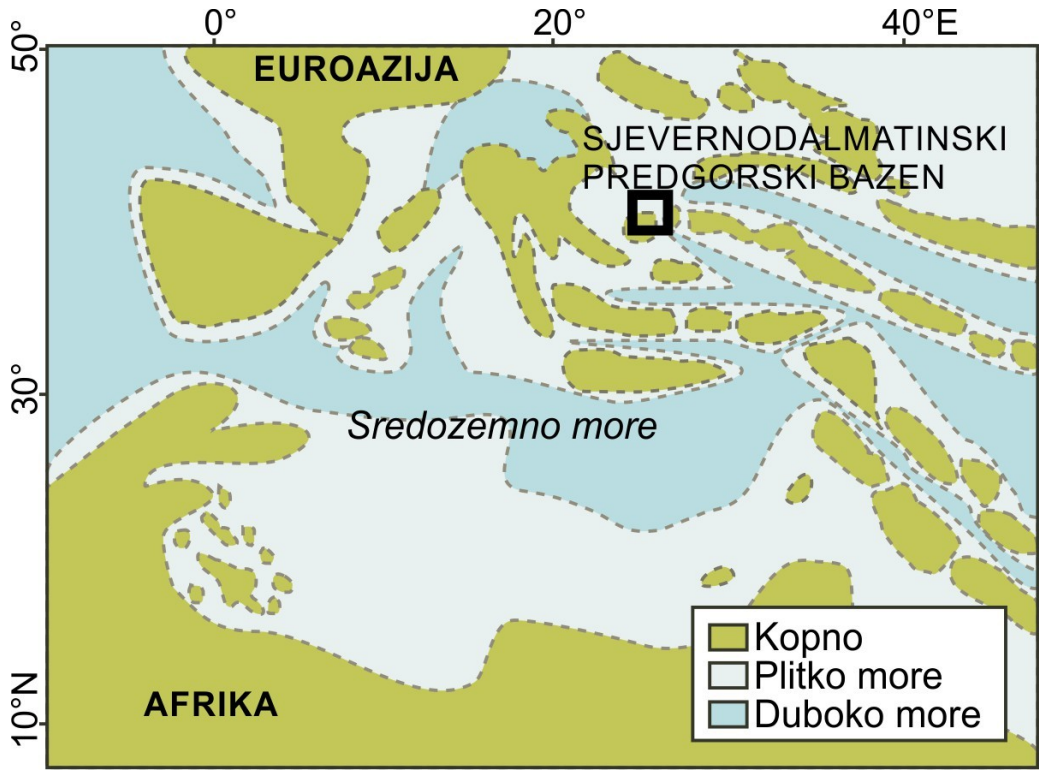
(1990) u ˝pionirskom radu˝ o litostratigrafskim odnosima na otoku Braču, koji je predstavljao početak multidisciplinarnih istraživanja obalnih Dinarida, slijede njihove sugestije o korištenju termina. Zbog njihovog pojavljivanja i postupnog prijelaza u starije dijelove Foraminiferskih vapnenaca, Kozinske naslage se često interpretiraju kao najstariji dio široko rasprostranjenih Foraminiferskih vapnenaca (Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50,000; dostupna na www.hgi–cgs.hr).

Za mlađe paleogenske naslage pretežito se koriste tradicionalni nazivi navedeni u VLAHOVIĆ i VELIĆ (2009) i MARINČIĆ (2009).

3.3.2. Primijenjena terminologija okoliša karbonatne rampe

Karbonatne paleogenske naslage su u obalnim Dinaridima istaložene u okolišima koje poznajemo kao karbonatne platforme. Specifičan tip karbonatnih platformi su rampe, i u dostupnoj literaturi kao okoliš u kojem nastaju istraživane naslage navode se karbonatne rampe. Karbonatne rampe prevladavaju tijekom razdoblja u kojima grebenotvornih organizama nije bilo ili su bili inhibirani (BURCHETE i WRIGHT, 1992), kao što je bio slučaj tijekom starijeg paleogena (SCHEIBNER i SPEIJER, 2008). Sam prostor karbonatne rampe se dijeli na unutarnji, srednji i vanjski dio rampe (BURCHETTE i WRIGHT, 1992) na temelju dvije temeljne hidrodinamičke granice u morskom okolišu: valne baze lijepog vremena (VBLV), kao dubine na kojoj valovi kontinuirano utječu na morsko dno, i valne baze olujnog vremena (VBOV), kao dubine na kojoj valovi utječu na morsko dno samo tijekom oluja. Naziv unutarnja rampa u ovom se istraživanju koristi kako bi se opisali okoliši taloženja između gornjeg *shorefacea* (obalne linije, npr. obale plaže ili lagune) i VBLV. Srednji dio smješten je između VBLV i VBOV (u daljnjem tekstu – srednja rampa), a vanjski dio se nalazi ispod VBOV (u daljnjem tekstu – vanjska rampa) (BURCHETTE i WRIGHT, 1992). Nadalje, podjela na fotičke zone s obzirom na dubinu temelji se na kriterijima iz rada HOTTINGER (1997) i uključuje gornju fotičku zonu (dvije podzone, otprilike od 0 do 40 m i od 40 do 80 m) te donju fotičku zonu (od 80 do 120 m, odnosno 140 m). Ove dubine se ne mogu direktno primijeniti na istraživane naslage jer je HOTTINGER (1997) raspravljao o pretpostavljenim dubinama u tropskim geografskim širinama u oligotrofičnim oceanskim prostorima, dok se tijekom ranog–srednjeg eocena (ipr i lutet) istraživano područje nalazilo na umjerenim geografskim širinama, na otprilike 38° s.g.š. (MEULENKAMP i SISSINGH, 2000, 2003) (slika 10).

U radu se koristi podjela plitkomorskih karbonatnih okoliša na temelju dostupne količine svjetla za bentičke organizme te se opisani okoliši dijele na eufotičke do oligofotičke (prema POMAR, 2001).



Slika 10. Pojednostavljena paleogeografska karta prostora oceana Neotetis tijekom ranog i srednjeg eocena s označenim približnim položajem SdPB. Raspored kontinenata i oceanskih bazena je preuzet i modificiran prema HÖNTZSCH i sur., 2013 i ŠPANIČEK i sur., 2017.

4. GEOLOŠKI RAZVOJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Dinaridski predgorski bazen sjeverne Dalmacije (BABIĆ i ZUPANIČ, 1983, 2007, 2012; MRINJEK i sur., 2012) pripada Vanjskim Dinaridima, ″sistemu navlaka i rasjeda″ (TARI, 2002; KORBAR, 2009) koji su izgrađeni od pretežito karbonatnih stijena različitih starosti, od gornjeg karbona do eocena (VLAHOVIĆ i sur., 2005). U tom su bazenu brojni izdanci paleogenskih naslaga.

Tijekom paleogena jugozapadno–sjeveroistočno orijentirana kompresija (MRINJEK i sur., 2012), uslijed kolizije između Jadranske mikroploče i Euroazijske kontinentalne ploče (PICHA, 2002; BATTAGLIA i sur., 2004; STAMPFLI, 2005; WRIGLEY i sur., 2015), uzrokovala je razvoj rasjedno–navlačnog pojasa karakteriziranog dominantnim jugozapadnim tektonskim transportom struktura. Prema HANDY i sur. (2015) Jadranska mikroploča je bila ″donja ploča″ tijekom kredno–paleogenske orogenske evolucije, a u prilog postojanju ″subdukcije″ Jadranske mikroploče pod Europsku ploču idu brojna seizmička istraživanja koja su potvrdila zadebljanje kore ispod Dinarida (LIPPITSCH i sur., 2003; SCHMID i sur., 2004, 2008; KOLUAKOV i sur., 2009; ŠUMANOVAC, 2015). Na Jadranskoj mikroploči je tijekom trijasa i rane jure formirana od kontinentalnog utjecaja izolirana plitkomorska karbonatna platforma golemih dimenzija u južnom prostoru oceana Tetis nazvana Južnotetiska Megaplatforma (*Southern Tethyan Megaplatform*) (VLAHOVIĆ i sur., 2005). Nakon raspada te magaplatforme na nekoliko manjih platforma tijekom mlađeg dijela rane jure formirana je i Jadranska karbonatna platforma (*Adriatic Carbonate Platform* – u daljnjem tekstu AdCP) s prevladavajućom plitkomorskom karbonatnom sedimentacijom (VLAHOVIĆ i sur., 2005).

Početak kolizije Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče krajem krede uzrokovao je velike promjene na do tada više ili manje jedinstvenoj platformi: široko rasprostranjenu emerziju (okopnjavanje), trošenje izloženih vapnenačkih stijena i denudaciju dotadašnje AdCP (VLAHOVIĆ i sur., 2005). Dokaz tome su i lokalne pojave boksitnih ležišta (SAKAČ, 1961, 1969; MRINJEK i sur., 2012). Trošeni gornjokredni vapnenci su tako postali podloga naslaga budućeg dinaridskog predgorskog bazena (MRINJEK i sur., 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2017) (slika 11).

Trajanje emerzije između naslaga AdCP i donjopaleogenskih vapnenaca je bilo predmet mnogobrojnih studija. Sama kompleksnost tog događaja je osobito izražena u sjeverozapadnom dijelu paleogenskog sedimentacijskog pojasa (Istra; MATIČEC i sur., 1996) gdje transgresivni eocenski vapnenci prekrivaju čak i kredne vapnence valendiske starosti (donja kreda), dok je u sjeverozapadnoj Sloveniji istodobno postojala gotovo kontinuirana plitkomorska karbonatna

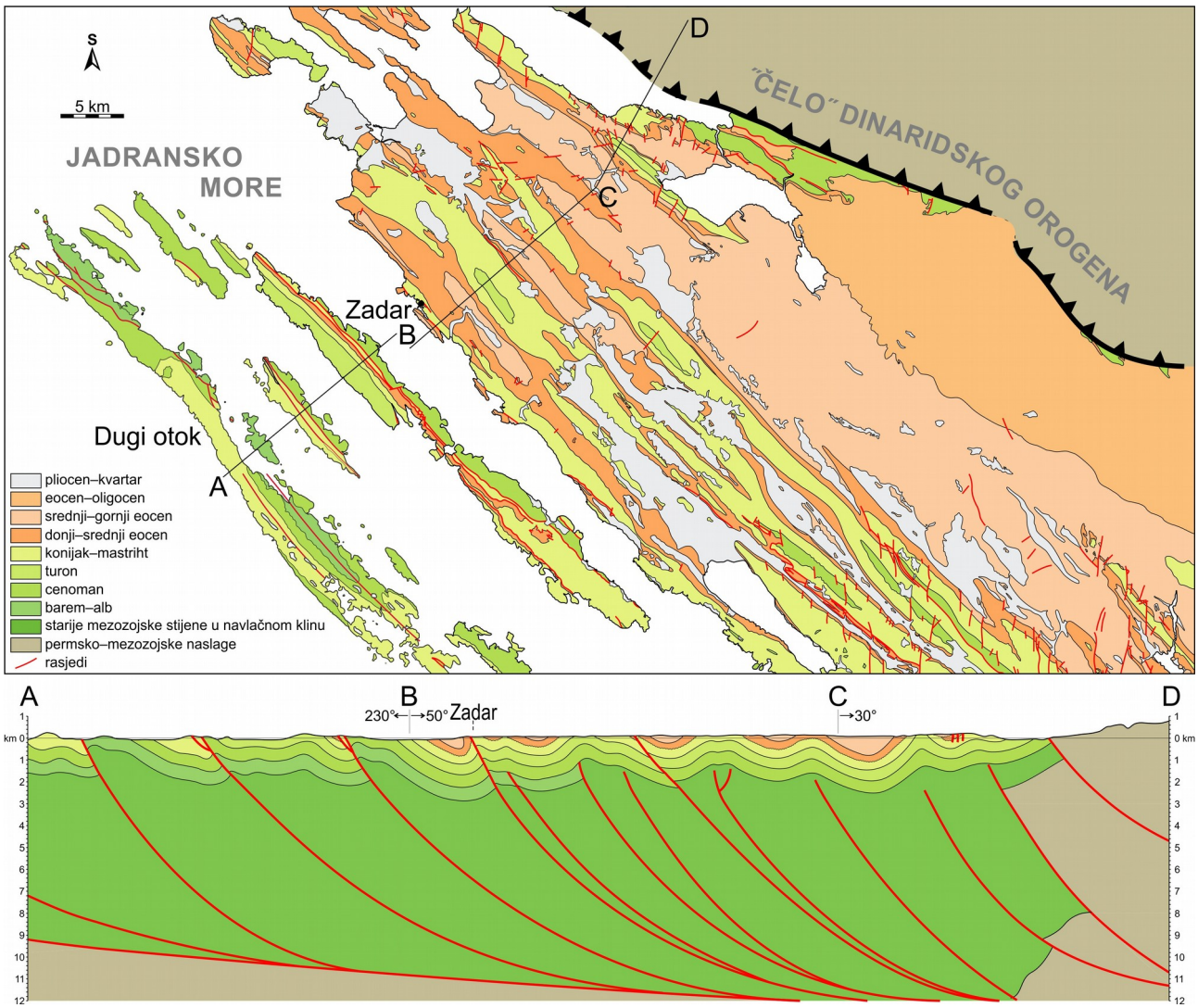
sedimentacija od gornjeg mastrihta do ranog eocena (DROBNE, 1977; OGORELEC i sur., 2001; ZAMAGNI i sur., 2008, 2012). Kako se ide prema jugoistoku Vanjskih Dinarida početak krednog okopnjavanja varira od konijaka do kampana (sjeverna Dalmacija, IVANOVIĆ i sur., 1976, 1978; MAJCEN i KOROLIJA, 1973; MAMUŽIĆ, 1975; DROBNE i sur., 1991; BRLEK i sur., 2014) i mastrihta (središnja i južna Dalmacija, GUŠIĆ i JELASKA, 1990; ĆOSOVIĆ i sur., 1994; BRLEK i sur., 2014; KORBAR i sur., 2015, 2017). Valja spomenuti kako u nekim područjima nema prekida u taloženju tijekom mlađe krede i starijeg paleogena. Tako su izolirani izdanci gornjokrednih do paleocenskih vapnenaca i kalcidebrita opisani u središnjoj i južnoj Dalmaciji, na planini Kozjaku (CHOROWICZ, 1975), lokalitetu Tilovica na Mosoru (JELASKA i sur., 2003; ĆOSOVIĆ i sur., 2006), lokalitetu Kotišina na Biokovu (JELASKA i sur., 2003; ĆOSOVIĆ i sur., 2008b), lokalitetu Majerovica na otoku Hvaru (KORBAR i sur., 2015) i uvali Likva na otoku Braču (KORBAR i sur., 2017).

Sve jača kompresija uslijed kolizijskih procesa tijekom eocena uzrokovala je formiranje predgorskog bazena s izraženom *foredeep* taložnom zonom i rubnim širokim pojasom *forebulge* zone. U *forebulge* taložnoj zoni nastavljena je plitkomorska karbonatna sedimentacija tijekom koje su taložene Kozinske naslage i Foraminiferski vapnenci sve do srednjeg eocena (BABIĆ i ZUPANIČ, 2008, 2012). Ponovna uspostava karbonatne sedimentacije je u području Vanjskih Dinarida zabilježena kao široko rasprostranjena paleogenska transgresija koja je započela u ipru (od ˝ilerda˝ do ˝kviza˝; DROBNE, 1977; DROBNE i sur., 1991; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008a).

Nastavljanjem kompresije taložni je prostor dodatno diferenciran. MRINJEK i sur. (2010a, b) su zaključili da je tijekom srednjeg i mlađeg eocena predgorski bazen u sjevernoj Dalmaciji napredovanjem slijepih reversnih rasjeda podijeljen u dva potpuno ili djelomično izolirana bazena: sjeveroistočni prominski bazen (*piggyback* bazeni *wedge-top* taložne zone) i jugoistočno fliško korito (*foredeep* taložnu zonu), koji su međusobno bili odvojeni hrptom (područjem Ravnih Kotara), čija je blago borana površina u obliku niza niskih brda i plitkih dolina vjerojatno odraz slijepih reversnih rasjeda. U razdoblju između srednjeg i mlađeg eocena temeljna navlaka je definirala vanjski doseg *wedge-top* bazena, duž linije jugozapadno od Benkovca i Skradina, završivši tako podjelu predgorskog bazena u plitkomorsku proksimalnu *wedge-top* taložnu zonu (bazen) i tektonski mirniju dubokomorsku *foredeep* taložnu zonu (bazen). Istodobno, tektonske su deformacije poticale rast slijepih reversnih rasjeda unutar samog *wedge-top* bazena, koji je stoga dodatno rascjepkan na više manjih podbazena ili *piggyback* bazena. Naslage koje ispunjavaju novonastale bazene poznate su kao Fliš i Prominske naslage, a one prekrivaju Foraminiferske

vapnence i Prijelazne naslage (MRINJEK i sur., 2012). Granice između starijih vapnenačkih naslaga te Fliša i Prominskih naslaga različitog su karaktera upravo zbog razvoja sustava slijepih reversnih rasjeda, budući da je priroda kontakata uvjetovana položajem starijih vapnenaca (pretežito Foraminiferski vapnenci, a ponegdje čak i gornjokredni) u bazenima tijekom taloženja mlađih, klastičnih naslaga. Prominske naslage su taložene na prednjem dijelu orogenskog klina te predstavljaju sintektonsku sedimentaciju u *wedge-top* taložnoj zoni, u proksimalnom dijelu sustava predgorskog bazena (KORBAR, 2009; MRINJEK i sur., 2012). Naslage dalmatinskog Fliša ispunjavaju distalnu zonu predgorskog bazena (*foredeep* taložnu zonu) i postupno su prekrivene Prominskim naslagama kako se predgorski bazen punio, te se smatraju lateralno istodobnim facijesima (BABIĆ i ZUPANIČ, 2012). U srednjem i mlađem eocenu na rubnim područjima manjih podbazena (unutar *wedge-top* taložne zone) povremeno su formirane manje karbonatne rampe u literaturi poznate kao Gornji Numulitni vapnenci (SCHUBERT, 1904, 1905, 1908, 1909b; MAJCEN i KOROLIJA, 1973; MRINJEK i sur., 2012, 2015; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Grananje "rastućih bora" i napredovanje velikog deltnog sustava (neformalna litostratigrafska jedinica Gradina) u vanjskom dijelu *wedge-top* bazena, između Benkovca i Lišana, podijelilo je sedimentacijski bazen na dva djelomično izolirana taložna prostora – Korlat podbazen (neformalna litostratigrafska jedinica Korlat) i Ostrovica podbazen (neformalna litostratigrafska jedinica Ostrovica) (MRINJEK i sur., 2007, 2011, 2012; PENCINGER, 2012). U tom je razdoblju u središnjem dijelu bazena, jugozapadno od Drniša, postupno formirano razmjerno duboko i usko "sinklinalno korito" nazvano Čikola podbazen (predstavljeno neformalnom litostratigrafskom jedinicom Čikola) (MRINJEK i sur., 2012; ŠPANIČEK i sur., 2017). U unutarnjem dijelu bazena, na prostoru današnjeg Novigradskog mora, formirano je ˝sinklinalno korito˝ Novigradskog podbazena (MRINJEK i sur., 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Krajem eocena i početkom oligocena *wedge-top* bazen je i dalje bio pod utjecajem orogenskog izdizanja i zapunjavanja aluvijalnih sustava. U oligocenu je temeljni reversni rasjedni sustav dovoljno podigao *wedge-top* bazen tako da je postao kompletno odvojen od *foredeep* dijela predgorskog bazena. Aluvijalni i fluvijalno–deltni taložni sustavi napredovali su od planinskog pojasa progradirajući u područja terminalnih jezera. Naknadnom erozijom izdignutih dijelova predgorskog bazena ostali su očuvani samo dijelovi aluvijalnih i fluvijalno–deltnih naslaga (PENCINGER, 2012).



Slika 11. Geološka karta i profil kroz istraživano područje, s označenim glavnim tektonskim elementima (modificirano prema geološkoj karti RH 1:300,000, preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. LITOSTRATIGRAFSKE ZNAČAJKE GEOLOŠKIH STUPOVA

Na prostoru SdPB sedimentacija je započela paleogenskom transgresijom povrh okršenih gornjokrednih rudistnih vapnenaca. Istraživane paleogenske naslage izgrađene su uglavnom od vapnenca s brojnim ostacima foraminifera, hermatipnih koralja i crvenih alga te manjim dijelom od kalciklastičnih sedimentnih stijena. Dokumentirano je ukupno pet geoloških stupova:

5.1.1. Geološki stup 'Čikola I'

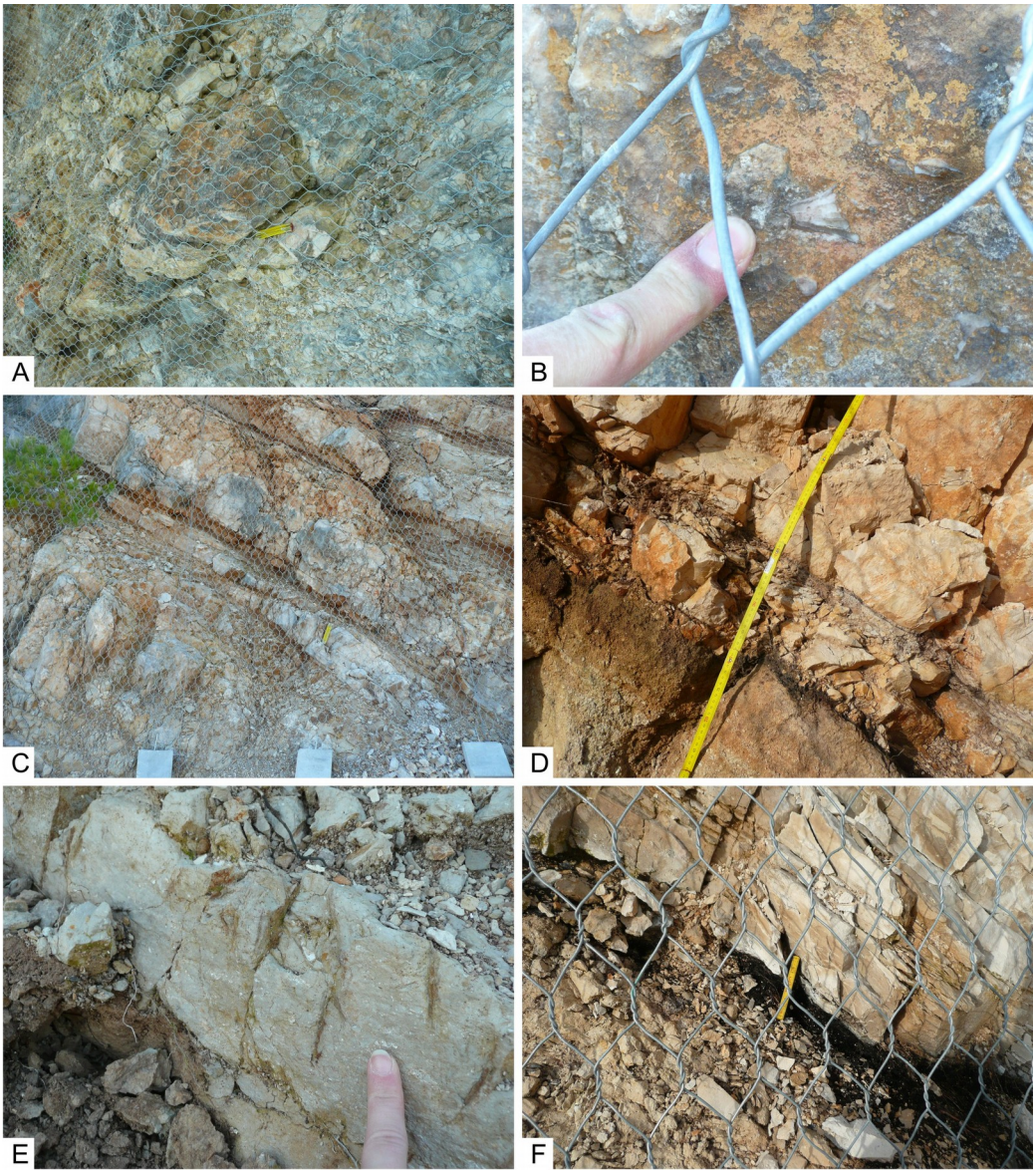
Paleogenske se naslage na geološkom stupu 'Čikola I' (slika 4) mogu podijeliti na dvije stratigrafske jedinice, A1 i A2, u kojima je izdvojeno pet podjedinica (A1a, A1b, A2a, A2b i A2c), na temelju fosilnog sadržaja (uglavnom foraminifera) i sedimentnih tekstura (prilog 1).

Jedinica A1 leži transgresivno na masivnim gornjokrednim rudistnim vapnencima (slika 12/A, B). Sam prijelaz iz gornjokrednih vapnenaca u paleogenske naslage nije dobro vidljiv na terenu, jer ne sadrži značajnu kutnu diskordanciju, a ni karstifikacija nije jasno vidljiva usprkos značajnom stratigrafskom hijatusu (slika 12/C). Prijelazna zona definirana je postupnim smanjenjem morskog utjecaja, što je vidljivo po postupnom smanjenju raznovrsnosti i brojnosti fosilnog sadržaja u najmlađim gornjokrednim naslagama, povrh kojih se nalaze slojevi s nakupinama *Microcodium* sp.

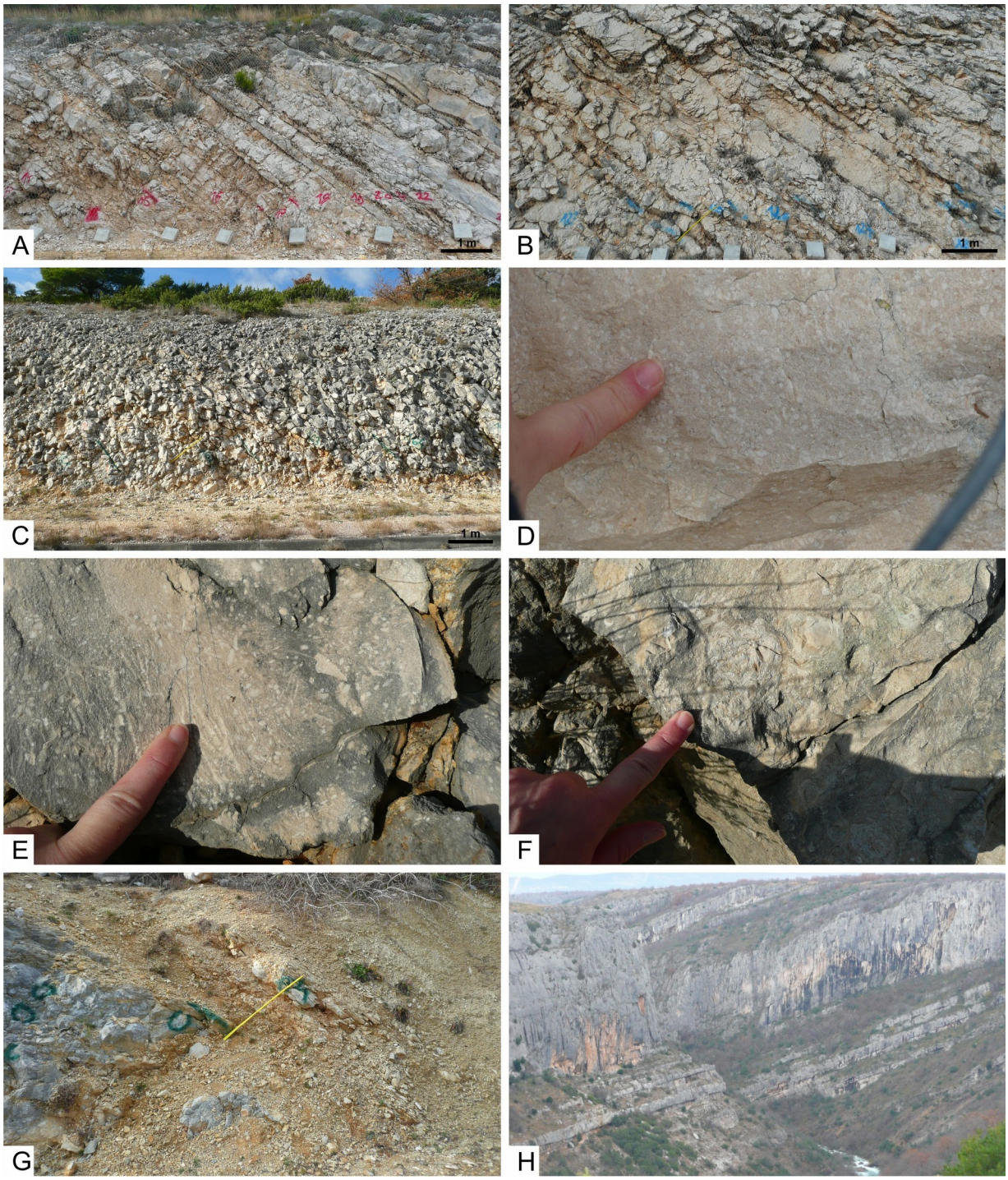
Najstarije paleogenske naslage, stratigrafska jedinica A1, sastoje se od izmjena slojevitih vapnenaca tipa vekston do pekston i tankoslojevitih vapnenaca tipa madston do vekston (slika 12/D, E). Unutar tankoslojevitih vapnenaca tipa madston do vekston na početku slijeda naslaga nalaze se proslojci ugljena debljine nekoliko centimetara (slika 12/F), čiji se postupni nestanak podudara s prvim pojavama foraminifera – diskorbidnih foraminifera i malih miliolida. Donji dio jedinice A1, podjedinica A1a, je karakteriziran fosilnim sadržajem u kojem prevladavaju puževi, haroficeje i ostrakodi, a fosilni sadržaj se naviše, prema podjedinici A1b, mijenja tako da se učestalost ostrakoda i puževa smanjuje, a malih milolida i diskorbidnih foraminifera povećava.

U nižem dijelu je stratigrafska jedinica A2 izgrađena od dobroslojevitih vapnenaca (slika 13/A, B), tipa vekston do pekston, koji naviše postaju masivni (slika 13/C). Oni sadrže bogatu zajednicu VBF, u kojoj u donjem dijelu jedinice, podjedinici A2a, dominiraju miliolide. Srednji dio, podjedinica A2b, sadrži najraznovrsniju foraminifersku zajednicu: miliolide, alveoline, aglutinirane

konične foraminifere i orbitolitese (slika 13/D, E). Gornji dio ove jedinice, podjedinica A2c, masivni je krupnozrnasti foraminiferski vapnenac tipa pekston u kojem se nalaze kućice lećastih numulita, fragmenti koralja i koralinaceja, uključujući i male rodolite (slika 13/F), te rijetke kućice ortofragmina (ŠPANIČEK i sur., 2017). Slijed završava slojem kalkarenita (slika 13/G), koji označava početak Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012) (slika 13/H).



Slika 12. Fotografije naslaga geološkog stupa 'Čikola I': A) gornjokredni masivni vapnenci tipa veksto n s fragmentima rudista; B) detalj slike A na kojoj su vidljivi fragmenti ljuštura rudista; C) naslage koje predstavljaju ˝prijelaznu zonu˝ između gornjokrednih i najstarijih paleogenskih naslaga na lokalitetu; D) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A1, izmjena srednjoslojevitih vapnenaca tipa veksto n do pekston s tankoslojevitim vapnencima tipa madston do veksto n, E) srednjoslojeviti vapnenci tipa veksto n do pekston s čestim kamenim jezgrama i fragmentima ostataka kućica puževa, kao i ostacima bilja; F) proslojci ugljena unutar tankoslojevitih vapnenaca tipa madston do veksto n.



Slika 13. Fotografije naslaga na geološkom stupu 'Čikola I': A) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, slojeviti vapnenci tipa vekston do pekston; B) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, slojeviti vapnenci tipa vekston do pekston; C) paleogenske naslage stratigrafske jedinice A2, masivni vapnenci tipa vekston do pekston; D) srednjoslojeviti vapnenci tipa vekston do pekston s kućicama miliolida i aglutiniranih koničnih foraminifera; E) masivni vapnenci tipa pekston s brojnim kućicama orbitolitesa, F) masivni vapnenci tipa pekston s koncentričnim nakupinama koralinaceja – rodolitima; G) sloj kalkarenita koji označava kraj masivnih vapnenaca tipa pekston na lokalitetu 'Čikola I' i početak Prominskih naslaga; H) Panoramska snimka kanjona rijeke Čikole, uzvodno od istraživanog lokaliteta, s dobro vidljivim slojevima konglomerata Prominskih naslaga.

5.1.2. Geološki stup 'Čikola II'

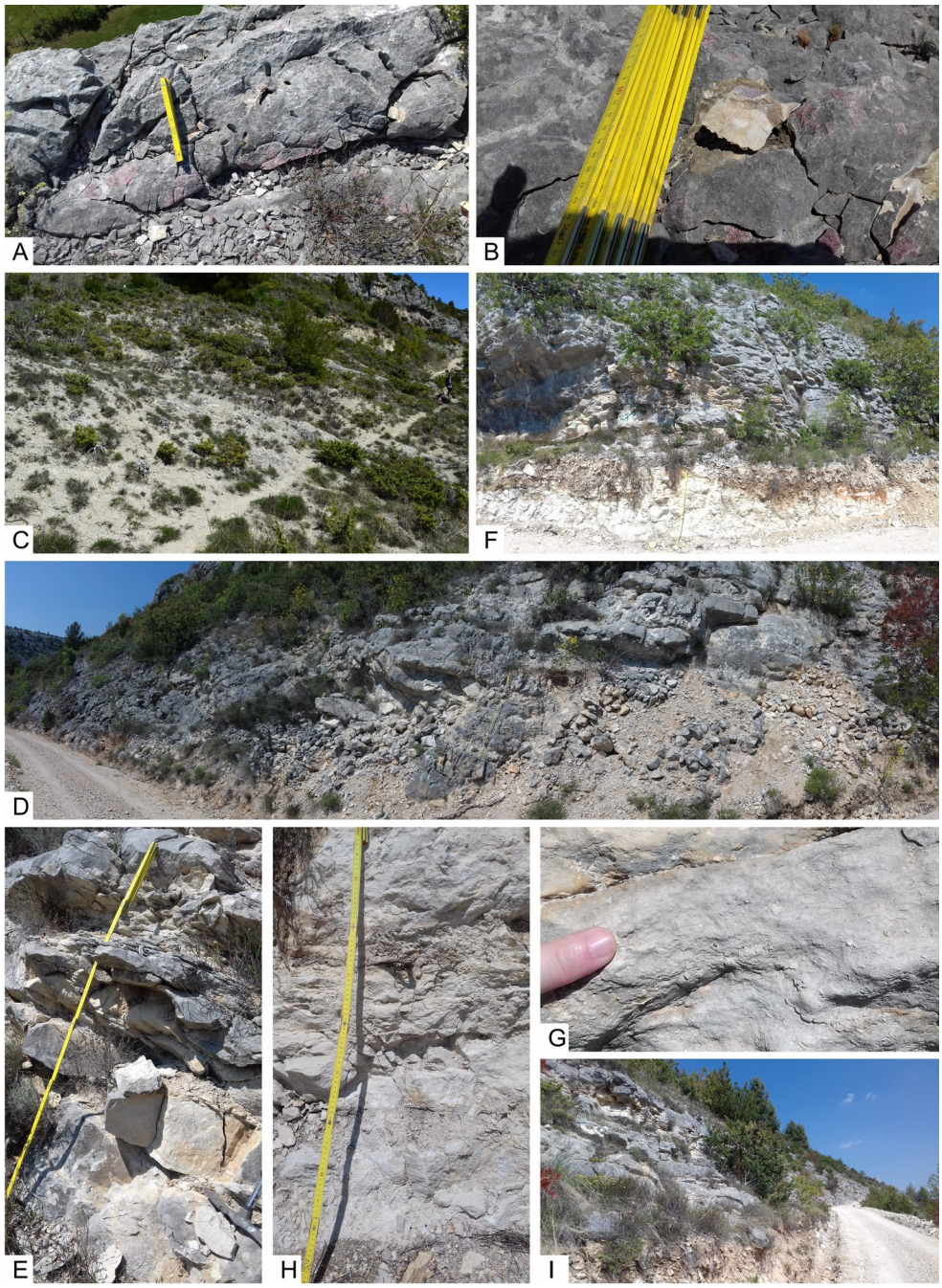
Na geološkom stupu 'Čikola II' (slika 4) paleogenske se naslage na temelju pripadajućeg fosilnog sadržaja i sedimentoloških karakteristika mogu podijeliti na četiri stratigrafske jedinice: B1, B2, B3 i B4, s time da se stratigrafska jedinica B1 može podijeliti na još dvije podjedinice, B1a i B1b (prilog 2).

Najstarije istraživane naslage stupa 'Čikola II' pripadaju stratigrafskoj jedinici B1. To su masivni vapnenci uglavnom tipa pekston, s raznovrsnom zajednicom foraminifera (pretežito VBF) (slika 14/A, B). Naslage donjeg dijela ove jedinice, izdvojene u podjedinicu B1a, sadrže kućice miliolida, alveolina, aglutiniranih koničnih foraminifera i orbitolitesa. Gornji dio, podjedinicu B1b, čine masivni krupnozrnasti foraminiferski vapnenci tipa pekston do grejnston u kojima se nalaze brojne kućice numulita, asilina i rijetke operkuline s brojnim fragmentima koralinaceja, bodljikaša i obraštajućih foraminifera.

Stratigrafska jedinica B2 predstavljena je sitnozrnastim vapnencima tipa madston do vekston s planktonskim foraminiferama (slika 14/C).

Jedinicu B3 sačinjavaju masivni kalkareniti i sitnozrnasti vapnenci tipa madston, koji predstavljaju početni dio Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012) (slika 14/D, E). U donjem dijelu, u vapnencima tipa madston nalaze se bioturbacije i tanki slojevi i leće silta i sitnozrnastih pješčenjaka. U gornjem dijelu se takvi masivni vapnenaci tipa madston izmjenjuju s krupno- do sitnozrnastim kalkarenitima s planarnom paralelnom stratifikacijom, sitno do vrlo sitnozrnastim kalkarenitima sa simetričnim do asimetričnim 2D i 3D riplovima (*micro-hummocky* teksture) te sitno- do srednjozrnastim kalkarenitima s konkavnim gornjim površinama, skoro planarnom erozijskom bazom i humčastom kosom slojevitošću (HCS).

Stratigrafska jedinica B4 je obilježena masivnim, krupnozrnastim vapnencima tipa radstona s brojnim gusto raspoređenim kućicama ortofragmina i numulitida (slika 14/F, G). Slijed opisanih naslaga završava naslagama sitnozrnastog kalkarenita koji označava nastavak Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012) (slika 14/H, I).



Slika 14. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Čikola II': A) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B1, masivni vapnenci tipa pekston s ostacima raznovrsnih VBF; B) kućica alveoline – detalj slike A; C) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B2, trošni i rastresiti glinoviti, žućkasti do sivkasti vapnenci tipa madston (osoba na slici je visine 1,53 m); D) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B3, masivni kalkareniti i slojeviti vapnenci tipa madston, koji predstavljaju najstariji dio Prominskih naslaga; E) izmjena masivnih vapnenaca tipa madston sa sitno- do krupnozrnastim kalkarenitima i/ili vapnencima tipa madston s tankim slojevima ili lećama silta i sitnozrnastog pješčenjaka; F) paleogenske naslage stratigrafske jedinice B4, masivni vapnenci tipa radston, s brojnim kućicama ortofragmina i numulita; G) detalj slike F; H) sitnozrnasti kalkarenit – detalj Prominskih naslaga u gornjem djelu stupa; I) nastavak Prominskih naslaga na istraživanom lokalitetu (širina ceste je otprilike 3 m).

5.1.3. Geološki stup 'Novigrad'

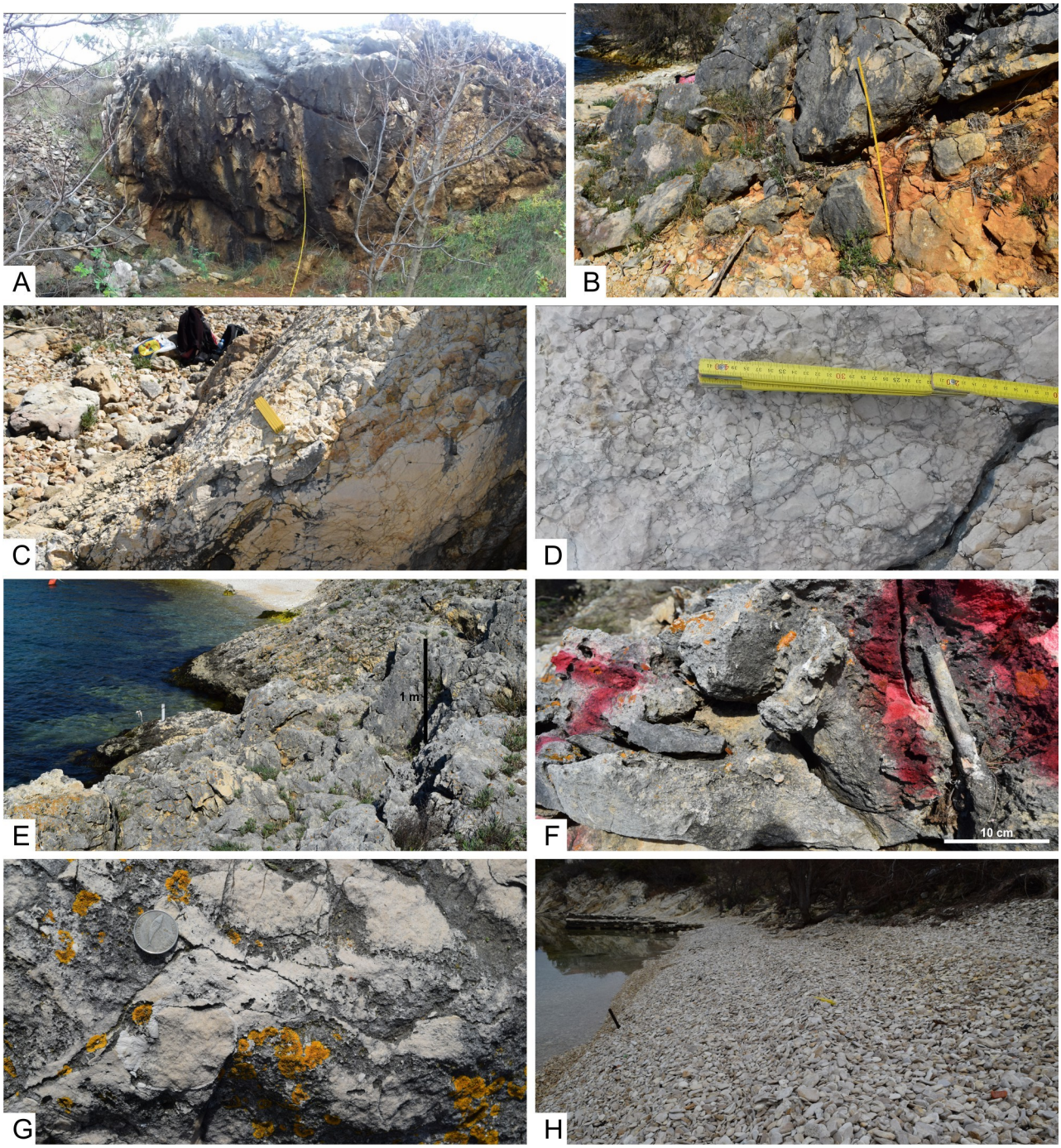
Paleogenske se naslage na istraživanom geološkom stupu 'Novigrad' (slika 4) mogu podijeliti na dvije stratigrafske jedinice, C1 i C2, koje se zatim na temelju sedimentnih tekstura i pripadajuće fosilne zajednice dijele na četiri podjedinice, C1a, C1b, C2a i C2b (prilog 3). Sam istraživani slijed naslaga vjerojatno sadrži više manjih ˝skrivenih˝ prekida kao što je vidljiv rasjedni kontakt na 268-om metru stupa (slika 15/A, B).

Jedinica C1 leži transgresivno na masivnim i karstificiranim gornjokrednim rudistnim vapnencima (slika 15/C, D). Sam prijelaz iz gornjokrednih u najdonje paleogenske naslage na istraživanom terenu je pokriven sedimentima recentne plaže (slika 15/E). Stratigrafska jedinica C1a, najstarije paleogenske naslage (15/F), trošni su i masivni vapnenci tipa pekston s brojnim VBF: trematofornim miliolidama, alveolinama, aglutiniranim koničnim foraminiferama i orbitolitesima (slika 15/G). Na njoj slijedi podjedinica C1b koja je karakterizirana krupnozrnastijim vapnencima tipa pekston do grejnston s brojnim alveolinama i numulitima, uz fragmente koralinaceja, obraštajućih foraminifera i ostataka tubularnih serpulida (*Ditrupa* sp.), a u vršnom dijelu je karstificirana (slika 15/H).

Između stratigrafskih jedinica C1 i C2 uočljiv je sloj boksita (slika 16/A, B) na kojemu slijedi tanki sloj konglomerata/breča (slika 16/C, D), izgrađenih od klasta jedinice C1 i gornjokrednih vapnenaca. Sâm sloj boksita označava kopnenu fazu i hijatus. Nekonformno slijede vapnenci stratigrafske podjedinice C2a, sitnozrnaste osnove s brojnim ostacima bodljikaša, na kojima kontinuirano slijede vapnenci podjedinice C2b (slika 16/E). Ova podjedinica sadrži najraznolikiju zajednicu organizama na opisanom profilu: VBF (numulite i rijetke ortofragmine), kolonijske koralje i koralje samce, fragmente i nakupine koralinaceja, skelete serpulida (*Ditrupa* sp.) i fragmente bodljikaša (slika 16/F, G).

Istraživani slijed naslaga završava sedimentima recentne plaže na kojima slijede Prominske naslage (slika 16/H) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Slika 15. Fotografije naslaga istraživanog geološkog stupa 'Novigrad': A) rasjedni kontakt na 268-om metru stupa 'Novigrad'; B) breča – detalj slike A; C) masivni i karstificirani gornjokredni vapnenci s vidljivim cijelim i fragmentiranim ostacima rudista; D) fragment rudista – detalj slike C; E) recentna plaža koja pokriva ˝prijelaznu zonu˝ od gornjokrednih rudistnih vapnenaca do najstarijih paleogenskih naslaga na istraživanom terenu; F) najstarije paleogenske naslage na istraživanom geološkom stupu; G) paleogenske naslage stratigrafske jedinice C1, masivni i trošeni vapnenci tipa pekston, s vidljivim presjecima kućica alveolina (osoba na slici je visine 1,53 m); H) brojni presjeci kućica alveolina i numulita u masivnom vapnencu tipa pekston.



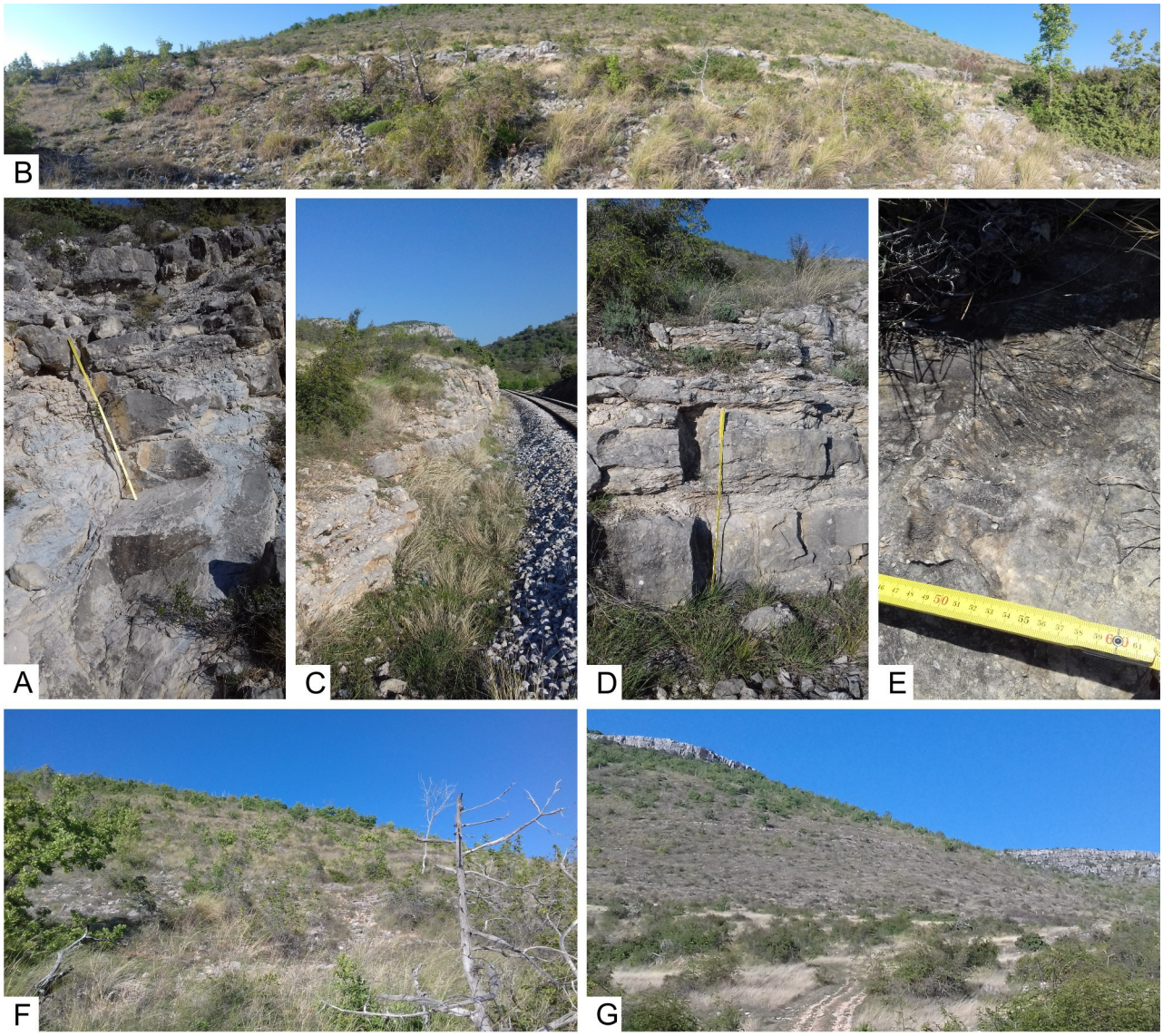
Slika 16. Fotografije naslaga istraživanog geološkog stupa 'Novigrad': A) i B) sloj boksita iznad trošnih i karstificiranih vapnenaca tipa pekston stratigrafske jedinice C1; C) tanki sloj breče, koji slijedi na sloju boksita; D) nepravilni do zaobljeni klasti svijetlosivih vapnenaca stratigrafske jedinice C; E) paleogenske naslage stratigrafske jedinice C2, svijetli, trošni i masivni vapnenci tipa pekston; F) dio skeleta tubularnog serpulida *Ditrupa* sp.; G) dio čahure bodljikaša; H) sedimenti recentne plaže.

5.1.4. Geološki stup 'Ostrovica'

Na temelju vidljivih sedimentoloških značajki i pripadajućih fosilnih ostataka, paleogenske se naslage na istraživanom geološkom stupu 'Ostrovica' (slika 4) mogu podijeliti na dvije stratigrafske jedinice, D1 i D2 (prilog 4).

Najstarije istraživane naslage pripadaju stratigrafskoj jedinici D1, koja kontinuirano slijedi na Prominskim naslagama jedinice Ostrovica. Jedinica je izgrađena od heterolitskih slijedova, izmjene laporovitih kalkarenita, kalksiltita i vapnenaca tipa madston (slika 17/A) s brojnim tragovima bioturbacija unutar kojih se nalaze lećasti i pločasti slojevi vapnenaca (slika 17/B). Stratigrafska jedinica D1 obuhvaća četiri sloja pločastih do lećastih vapnenaca debljine od 1,5 do 2,5 m (podjedinice D1a, D1b, D1c i D1d), s ograničenim lateralnim prostiranjem (slika 17/C, D). To su masivni vapnenci tipa pekston, mjestimično baflston, koji se na terenu lako uočavaju po ˝busenima˝ koralja i brojnim, uglavnom perforatnim VBF (slika 17/E). U jedinici D1 oni su u izmjeni s masivnim biokalkarenitima i kalkarenitima izgrađenim od dobrosortiranih fragmenata raznolikih organizama: mekušaca, koralja, mahovnjaka, bodljikaša, kućica numulita, rotaliidnih foraminifera, ortofragmina i obraštajućih foraminifera, s promjenljivim udjelom siliciklastične komponente (i do 25%, MRINJEK i sur., 2012). Sâmi laporoviti kalkareniti i biokalkareniti su na terenu najčešće obrasli vegetacijom (slika 17/F).

Na jedinici D1 slijedi stratigrafska jedinica D2, u kojoj su prepoznata dva tanja sloja pločastih vapnenaca debljine oko 1,5 m na 50-om i 60-om metru stupa (podjedinice D2a i D2b). To su masivni vapnenci tipa pekston s kućicama VBF, obraštajućim foraminiferama, koralinacejama, fragmentima koralja i rijetkim planktonskim foraminiferama, koji se izmjenjuju s ranije opisanim laporovitim kalkarenitima i biokalkarenitima. Na stratigrafskoj jedinici D2 kontinuirano slijede Prominske naslage gornjeg dijela formacije Ostrovica, koje su u većoj mjeri prekrivene gustom vegetacijom (PENCINGER, 2012) (slika 17/G).



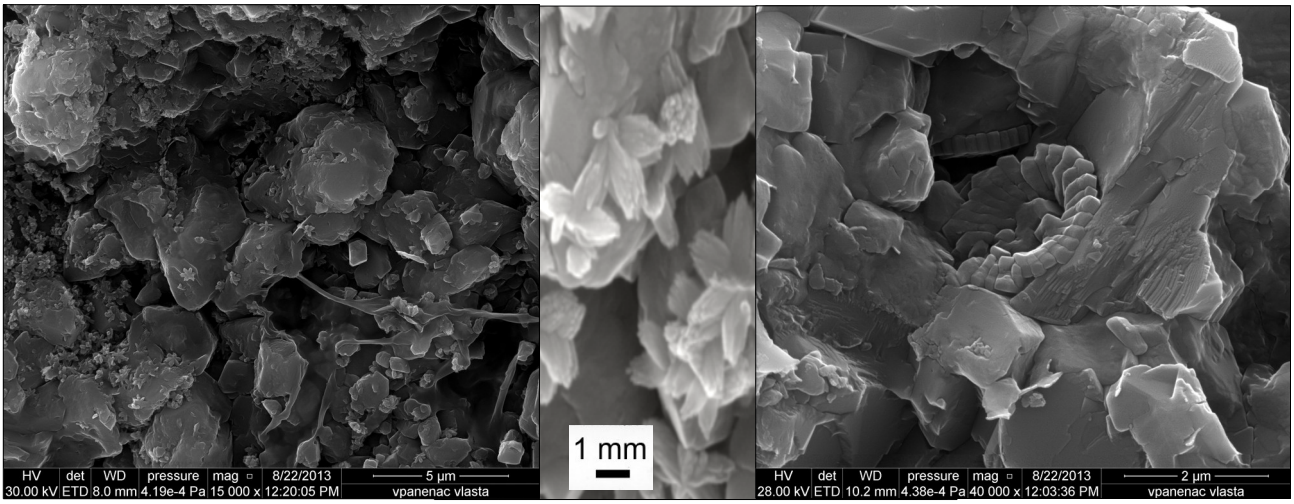
Slika 17. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Ostrovica': A) heterolitski slijed naslaga jedinice Ostrovica, snimljen na sjeveroistočnoj strani brda Grabova Glava; B) panoramska snimka vapnenačkih interkalacija na lokalitetu 'Ostrovica', unutar heterolitskih naslaga jedinice Ostrovica, koje su jasno vidljive zbog rjeđe vegetacije na njima; C) prva vapnenačka interkalacija na stupu 'Ostrovica', stratigrafska podjedinica D1a (razmak između tračnica je 1,435 m); D) druga vapnenačka interkalacija na stupu 'Ostrovica', stratigrafska podjedinica D1b; E) skelet fosilnog koralja u podnožju stratigrafske podjedinice D1a u trošnom vapnencu tipa pekston; F) panoramska snimka lokaliteta 'Ostrovica,' područja s gustom vegetacijom su slojevi laporovitog kalkarenita i biokalkarenita, G) panoramska snimka središnjeg i gornjeg dijela jedinice Ostrovica (Prominske naslage), snimljen na lokalitetu 'Ostrovica'.

5.1.5. Geološki stup 'Grabova Glava'

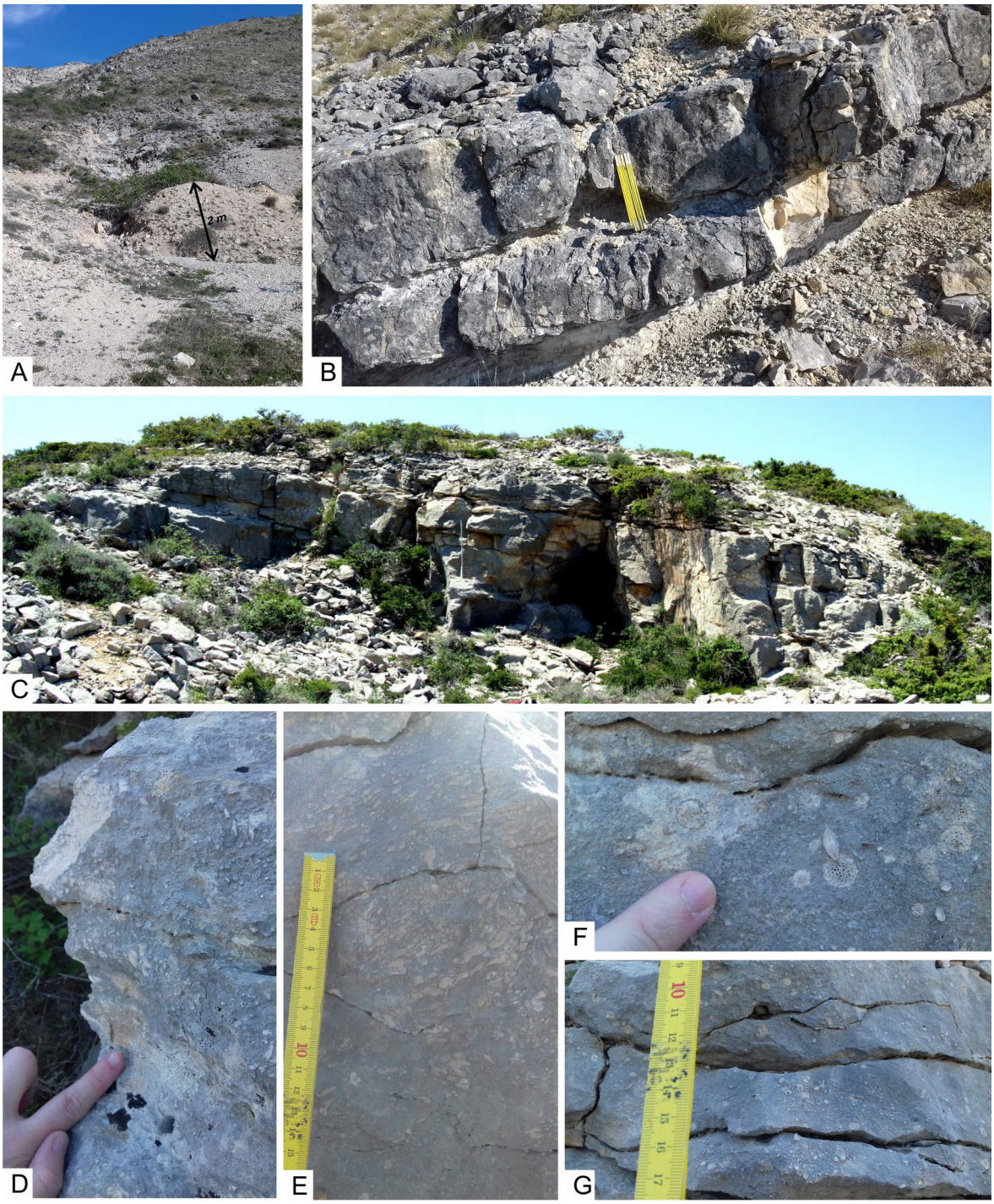
Na brdu Grabova Glava, koje se nalazi 3,4 km zračne udaljenosti zapadnije od lokaliteta 'Ostrovica' (slika 19/A), uz mjesto Lišane Ostrovačke, mogu se dobro pratiti slojevi lećastih vapnenaca (slika 19/B), a u blizini vrha brda snimljen je detalj lećaste strukture ˝muljnog humka˝ – geološki stup 'Grabova glava' (slike 4 i 19/C).

Geološki stup 'Grabova glava' podijeljen je na temelju fosilnog sadržaja na dvije stratigrafske jedinice: E1 i E2 (prilog 5). Stratigrafska jedinica E1 su masivni vapnenci tipa pekston s koraljima, koralinacejama koje mjestimično grade i rodolite, te perforatnim VBF (slika 19/D, E). Gornji dio stupa, jedinicu E2, izgrađuju vapnenci tipa vekston do floutston s kućicama numulita (slika 19/F, G).

ĆOSOVIĆ i sur. (2014) su analizirali karbonatni mulj na stupovima 'Ostrovica' i 'Grabova Glava' i utvrdili da je djelomično izgrađen od nanolita, skeletnih elemenata vapnenačkog nanoplanktona (slika 18).



Slika 18. Fotografije karbonatnog mulja s lokaliteta 'Grabova Glava'; snimljena na SEM mikroskopu u METRIS, Pula (www. centarmetris.hr), koja prikazuje karbonatni mulj djelomično izgrađen od mnogobrojnih raznolikih ostataka nanolita, skeleta vapnenačkog nanoplanktona.



Slika 19. Fotografije istraživanih paleogenskih naslaga geološkog stupa 'Grabova Glava': A) brdo Grabova Glava; B) vapnenačka interkalacija, u heterolitskom slijedu jedinice Ostrovica, na lokalitetu 'Grabova Glava'; C) Struktura ˝muljnog humka˝ na lokalitetu 'Grabova Glava', gdje je snimljen geološki stup 'Grabova Glava', D) trošni, masivni vapnenac tipa pekston, sa skeletom kolonijskog koralja, u stratigrafskoj jedinici E1; E) skelet kolonijskog koralja u sivom masivnom vapnencu tipa pekston, u stratigrafskoj jedinici E1; F) presjeci kućica numulita u vapnencu tipa vekston, u stratigrafskoj jedinici E2; G) tankoslojeviti vapnenci tipa vekston, s ostacima perforatnih foraminifera, u stratigrafskoj jedinici E2.

5.2. TIPOVI I INTERPRETACIJA MIKROFACIJESA

Mikrofacijesi su definirani na temelju dominantnih rodova VBF, ostataka drugih organizama (uključujući bentičke i planktonske forminifere) i sedimentoloških struktura istraživanih stijena. Određeno je ukupno 13 tipova mikrofacijesa.

5.2.1. MFT 1: Dolomitizirani haroficejsko–gastropodni madston do pekston

Mikrofacijesu MFT 1 odgovara donjih 45 m geološkog stupa 'Čikola I' (prilog 1) u stratigrafskoj podjedinici A1a. Na izdanku je predstavljen žućkastim, svijetlosmeđim do smeđesivkastim, tanko- do srednjoslojevitim vapnencima (tab. 1, sl. 1, 2). Ovaj mikrofacijes prekriva gornjokredne rudistne vapnence i predstavlja najstarije paleogenske naslage na cijelom istraživanom području. Makroskopski ga karakteriziraju brojni ostaci kućica gastropoda (tab. 1, sl. 3, 4) i proslojci ugljena u tankoslojevitim vapnencima (slika 12/D, F). Ukupno se može izdvojiti osam ugljenih proslojaka debljine nekoliko centimetara, a prema stratigrafski mlađim slojevima ovog mikrofacijesa proslojci ugljena izostaju (ŠPANIČEK i sur., 2017).

U mikroskopskim izbruscima to su biomikritni vapnenci tipa madston do pekston, s nalazima *Microcodium* sp. (tab. 1, sl. 5, 6) u najstarijim slojevima. Udio sitnozrnaste mikritne osnove u izbruscima varira od 40 do 90%, a osnova je često i rekristalizirana. Brojni veći i manji izolirani euhedralni kristali dolomita, romboedralnog i nepravilnog oblika raspršeni su u mikritnom matriksu ili su kao ispuna u skeletnim zrnima i intraskeletnim porama, a njihov udio varira od 5 do 60% (tab. 2, sl. 1, 3). Fosilni sadržaj čine brojne kućice gastropoda *Stomatopsis* sp. i *Cosinia* sp., ljušture ostrakoda, cijanobakterijski filamenti određeni kao *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO) i oogoniji haroficeja (tab. 1, sl 7, 8; tab. 2, sl. 1). U mikroskopskim izbruscima u kojima su brojne ljušture ostrakoda vidljiva je laminacija. Važno je napomenuti kako su ostaci kućica gastropoda u pravilu stiješnjeni (komprimirani) i fragmentirani, te ispunjeni sedimentom (tab 2, sl. 2). Karakteristično je i otapanje pod pritiskom kojim su nastali stilolitni šavovi te smeđa do smeđecrvenkasta boja (od organske tvari, oksida i hidroksida željeza) (tab 2, sl. 3). Fosilni sastav pokazuje malu raznolikost i veliku brojnost jedinki.

***Interpretacija*:** Na temelju male raznolikosti fosilne zajednice i sedimentoloških struktura mikrofacijes MFT 1 interpretiran je kao karbonatni mulj taložen u vrlo plitkom lagunarnom okolišu. *In situ* pojave rozeta *Microcodium* sp. u plitkomorskim facijesima ukazuju na površinsko izranjanje, te procese pedogeneze u palustrinskim okolišima i/ili formiranje kalkreta u aridnim ili poluaridnim

uvjetima na karbonatnoj podlozi. Akumulacije *Microcodium* sp. zapravo predstavljaju kalcificirano korijenje pionirske zajednice vaskularnih biljaka, koje su kolonizirale karbonatnu podlogu u ranim fazama površinskog izranjanja (KOŠIR, 2004). Prisustvo oogonija haroficeja i kućica gastropoda *Stomatopsis* sp. i *Cosinia* sp. ukazuju na povremeno oslađivanje (brakični ili čak slatkovodni okoliš). Recentne haroficeje su ograničene na slatkovodne i brakične vode, pa su stoga fosilni oogoniji haroficeja korisni indikatori paleosaliniteta (FLÜGEL, 2010). Ovaj mikrofacijes je taložen u brakičnom, lagunarnom okolišu unutarnjeg dijela karbonatne rampe (ŠPANIČEK i sur., 2017). Prema opisanim tipovima mikrofacijesa na rampama (FLÜGEL, 2010), mikrofacijes MFT 1 u nižem dijelu odgovara SMF 23 (TUCKER i WRIGHT, 1990; FLÜGEL, 2010), odnosno facijesu tipičnom za nadplimni dio unutarnje karbonatne rampe, a ima i sličnosti s facijesima RMF 17, LMF 7 i LMF 9, koje karakterizira mala raznolikost u vapnencima tipa madston do pekston i dotok slatke vode u plitki, zaštićeni rubni okoliš unutarnjeg dijela rampe.

5.2.2. MFT 2: Miliolidno–diskorbidni madston do vekston

Srednjoslojeviti svijetlosivi do sivi vapnenci unutar kojih se mjestimično makroskopski mogu razaznati miliolide predstavljaju mikrofacijes MFT 2. Sljedeća su karakteristika vertikalne do subvertikalne šupljine ispunjene sparitom koje se vrlo jasno uočavaju na izdanku (tab. 2, sl. 4). Ovaj mikrofacijes je prevladavajući mikrofacijes u intervalu od 20 do 75 m geološkog stupa 'Čikola I' (prilog 1), u stratigrafskoj jedinici A1, ali u manjoj mjeri se pojavljuje kroz cijeli stup 'Čikola I', do 253 m (ŠPANIČEK i sur., 2017). U stupu 'Novigrad' ovaj se mikrofacijes pojavljuje u njegovom donjem dijelu, u stratigrafskoj podjedinici C1a, na približno 123 m debljine (prilog 3).

Mikrofacijes MFT 2 je biomikritni vapnenac tipa madston do vekston, čija sitnozrnasta mikritna osnova u mikroskopskim izbruscima ponegdje pokazuje djelomičnu rekristalizaciju uz brojne šupljine ispunjene djelomično mikritom, rekristaliziranim mikritom, te sparitom. Količina mikrita varira od 70 do 90%. Dominantne skupine foraminifera su male miliolide *Quinqueloculina* sp. i *Pyrgo* sp., trematoforna miliolida *Idalina* sp. i spiroline. Od drugih skupina organizama česte su diskorbidne foraminifere, rijetki do česti su ostrakodi i aglutinirane konične foraminifere, a rijetke su tekstularije (tab. 2, sl. 5). Najizraženija karakteristika ovog mikrofacijesa jest bioturbiranost sedimenta, najvjerojatnije ubušivanjem (tab. 2, sl. 6). U izbruscima biturbiranost je vidljiva u obliku nodula sedimenta različite boje, dajući im mrljasti izgled, i kao šupljine promjera nekoliko milimetara, koje su ispunjene sparitom i obavijene gustom, mikritnom ovojnicom okruglog do nepravilnog i izduženog oblika, ali bez jasno vidljivog uzorka i orijentacije (tab. 2, sl.

7). U izbruscima s izraženom rekristalizacijom mikritne osnove bioturbirani dijelovi ostali su nerekristalizirani i jasno se ocrtavaju. Na sličan je način opisan izgled i mogući postanak tubularnih fenestralnih šupljina (FLÜGEL, 2010). Zanimljivost ovog facijesa su fenestre, koje su za razliku od prethodno opisanih, veće i nepravilnog oblika (tab. 2, sl. 8). Zajednička im je značajka da su u svom donjem dijelu redovito ispunjene sitnozrnastim mikritom, ponekad čak s mikrofosilima, a preostali dio fenestre ispunjen je sparitnim cementom. To su najvjerojatnije fenestre tipa ˝ptičje oko˝ prema FLÜGEL (2010), korisne kao i geopetalni pokazatelji.

Interpretacija: Na temelju mikropaleontoloških karakteristika i sedimentoloških struktura može se pretpostaviti da je mikrofacijes MFT 2 istaložen u vrlo plitkom okolišu niske energije vode, moguće u lagunama, s razvijenim ˝livadama˝ morskih trava. Recentne miliolide su eurihaline i epifitalne forme koje žive u plitkim okolišima niske energije, gdje na morskom dnu (bilo na sitnozrnastoj ili stjenovitoj podlozi) uspjevaju morske trave i alge (DAVIES, 1970; BRASIER, 1975). Prema MURRAY (1991) male miliolide kao *Quinqueloculina sp.* i *Triloculina* sp. su biljojedi, vezani uz hiperslane lagune i močvare, kao i *Spirolina* sp. Naslage koje su opisane kao ˝Spirolina facijes˝ interpretirane su kao istaložene u jako plitkom okolišu niske energije (VECCHIO i sur., 2007). Kad su prisutne u velikom broju, miliolidne foraminifere mogu ukazivati na uvjete povišene količine nutrijenata i/ili na ekstremni salinitet (GEEL, 2000). Prisustvo aglutiniranih koničnih foraminifera, koje također žive u zaštićenim, lagunskim okolišima (VECCHIO i HOTTINGER, 2007), potvrđuje takvu interpretaciju. Recentna diskorbidna foraminifera, *Discorbis* sp., je također biljojed koji živi na području unutarnjeg šelfa (MURRAY, 1991). Ubušujući organizmi su posebno česti u karbonatnom mulju istaloženom u plitkim mirnim vodama zaštićenih morskih uvala kao što su lagune i plimne zaravni te dubljim morskim okolišima ispod VBLV i VBOV (FLÜGEL, 2010). S obzirom na prisutnu foraminifersku zajednicu najvjerojatnije su to naslage nastale u međuplimnom i/ili plitkom podplimnom okolišu (ŠPANIČEK i sur., 2017). U prilog ovoj interpretaciji idu i brojne strukture ˝ptičjeg oka˝ (FLÜGEL, 2010), koje karakteriziraju Standardni mikrofacijes SMF 21, odnosno RMF 23, te su pouzdani pokazatelji taloženja mulja u nadplimnom okolišu, a mogu se naći i u podplimnoj zoni.

5.2.3. MFT 3: Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama

Mikrofacijes MFT 3 predstavljen je dobroslojevitim do masivnim svijetlosivim vapnencima unutar kojih se makroskopski mogu razaznati brojne i raznovrsne VBF: alveoline (do 3 cm duge kućice), trematoforne miliolide i orbitolitesi (tab. 3, sl. 1, 2; slika 13/E). Mikrofacijes MFT 3 počinje oko 35-og m geološkog stupa 'Čikola I' (prilog 1), u stratigrafskoj podjedinici A1b i nalazi se kontinuirano do kraja stupa (ŠPANIČEK i sur., 2017). Izdvojen je i na stupu 'Čikola II' (prilog 2) u stratigrafskoj podjedinici B1a, približno na 25 m, i u stratigrafskoj podjedinici B1b, u rasponu od 37 do 72 m. U stupu 'Novigrad' (prilog 3) stratigrafska podjedinica C1a ovim mikrofacijesom započinje, te i završava na debljini 224 m, a prepoznat je i u središnjem dijelu podjedinice C1b u rasponu od 240 do 262 m (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Mikroskopskom analizom izbrusaka mikrofacijes MFT 3 određen je kao biopelmikriti i biomikriti. U vapnencima tipa pekston dominanta je sitnozrnasta mikritna osnova koja je djelomično rekristalizirana, s mjestimice krupnozrnastijim matriksom izgrađenim od brojnih sitnih fragmenata foraminifera i neprepoznatljivih bioklasta. Dominiraju skeletna zrna VBF s rijetkim fragmentima bodljikaša, *Haddonia* sp. i rijetkim do čestim nakupinama peloida (tab. 3, sl. 3–5). Zrna su slabo sortirana i neorijentirana. U fosilnoj zajednici dominiraju porculanaste foraminifere; alveoline i milolide. Alveoline su cilindrične do fuziformne s izraženim bazalnim slojem: *Alveolina decastroi* SCOTTO DI CARLO, *A. cremae* CHECCHIA-RISPOLI, *A. multicanalifera* DROBNE, *A. levantina* HOTTINGER, *A. cuspidata* DROBNE i *A. croatica* DROBNE (tab. 12, 13; tab. 14, sl. 1, 4–8; tab. 15, sl. 1, 2), ponegdje s vidljivim ubušivanjem (tab. 3, sl. 6). Male miliolide su predstavljene rodovima *Quinqueloculina* sp., *Pyrgo* sp. i *Triloculina* sp., a trematoforne vrstama *Idalina* cf. *sinjarica* (tab. 3, sl. 7) i *Periloculina dalmatina* DROBNE (tab. 16). Česte su spiroline i kućice *Orbitolites complanatus* LAMARCK, pri čemu su kućice orbitolitesa često fragmentirane, iako ima i dobro očuvanih. Zanimljiva je pojava dodatnog diska na njihovim kućicama (slika 14/E). Prema HOTTINGER (1983) kratkotrajna razdoblja ekstremnih uvjeta, kao što su ona u okolišima međuplimnih ˝barica˝, često uzrokuju nepravilnosti u rastu kućica VBF, kao što su dodatni poludiskovi kod diskoidalnih porculanastih foraminifera. Rotalije su prisutne, ali su jako rijetke i malih dimenzija. Brojne su, a mjestimice vrlo brojne, aglutinirane konične foraminifere (tab. 3, sl. 8) koje su predstavljene vrstama *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI), *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST) i *Coskinolina liburnica* STACHE (tab. 17, sl. 1–5, 7; tab. 18; tab. 19; tab. 20, sl. 1–3, 5, 7).

Interpretacija: Prema HOTTINGER (1983) fosilne su alveoline mogle naseljavati cijeli niz plitkomorskih okoliša, bez obzira na tip podloge. Današnji živući srodnici alveolina, *Borelis* sp. i *Alveolinella quoyi* (D'ORBIGNY), žive na dubinama manjim od 35 m (LANGER i HOTTINGER, 2000). SEVERIN i LIPPS (1989) su opisali *A. quoyi* kao epibionta na tvrdim podlogama prekrivenim algama, u zaštićenim plitkim okolišima do pet metara dubine i na stabilnim, nešto dubljim podlogama prekrivenim organskom tvari do 30 m dubine. Zajednice u kojima su dominirale alveoline su vjerojatno uspijevale na muljevitom pijesku djelomično obraslom morskim travama, u zaštićenim lagunama ili zaljevima (BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2006). Miliolidne foraminifere su vrlo tolerantne na promjene saliniteta i u pravilu žive u plitkomorskim, lagunarnim okolišima s niskom energijom vode, kao epifiti na morskim travama ili podlogama obraslim algama (BRASIER, 1975; LANGER, 1993). Za trematoforne se miliolide smatra da su obitavale u eufotičkoj zoni plitkih litoralnih tropskih do suptropskih mora (DROBNE i sur., 2002). Pošto je rod *Orbitolites* sp. izumro krajem eocena, na temelju strukturnih sličnosti kao najbliži predstavnicima se smatraju recentni soritidi *Marginopora* sp., *Sorites* sp. i *Amphisorus* sp. Njih se obično opisuje kao epifite koji žive u plitkim lagunama prilijepljeni na algalne filamente (LANGER, 1993). Stoga se i *Orbitolites* sp. obično smatra epifitom u plitkomorskim okolišima, da je živio pričvršćen za algalnu ili čak i koraljnu podlogu (GEEL, 2000). Pojava orbitolitesa upućuje na taloženje u okolišu mirne zaštićene lagune, s dnom prekrivenim morskim travama (BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2004; ZAMAGNI i sur., 2008), a u prilog tome idu i povremene deformacije kućica nastale zbog kratkotrajnih ekstremnih uvjeta, poput povišenih razina saliniteta (HOTTINGER, 1983) koje se u lagunama često događaju. Smatra se da je facijes s brojnim alveolinama, miliolidama i orbitolitesima nastao u plitkim zaštićenim laguna na području unutarnje rampe (GILHAM i BRISTOW, 1998; LUTERBACHER, 1998; TOMASSETTI i sur., 2016). Paleogenske aglutinirane konične foraminifere također nemaju odgovarajućeg recentnog predstavnika, stoga je njihovo stanište interpretirano prema staništima organizama koji se pojavljuju u naslagama zajedno s njima. HOTTINGER i DROBNE (1980) i HOTTINGER (1983) smatraju zajednicu koničnih foraminifera najplićom asocijacijom VBF, koja je karakteristična za podplimne okoliše u gornjoj fotičkoj zoni (eufotičkoj zoni). Slično tome i VECCIO i HOTTINGER (2007) povezuju nastanak naslaga bogatih rano- do srednjoeocenskim koničnim aglutiniranim foraminiferama sa zaštićenim, jako plitkim morskim okolišima s muljevitom podlogom. Sedimentološke i paleontološke karakteristike ukazuju na taloženje u okolišima niske do umjerene energije, poput plitkog zaštićenog dijela unutarnje rampe, gdje je bila dovoljna količina svjetla (eufotička zona), a dno je bilo prekriveno algalnim

pokrovom ili morskim travama (ĆOSOVIĆ i sur., 2017; ŠPANIČEK i sur., 2017). Prema uobičajenim tipovima mikrofacijesa na karbonatnim rampama (FLÜGEL, 2010) ovaj mikrofacijes bi bio kombinacija RMF 20 i RMF 16 jer je obilježen vapnencima tipa vekston ili pekston s brojnim kućicama imperforatnih foraminifera, koji je taložen u zaštićenim i niskoenergijskim okolišima unutarnje rampe, kao što su morske lagune.

5.2.4. MFT 4: Vekston s fragmentima bodljikaša

Mikrofacijes MFT 4 je predstavljen sivkastim vapnencem s vidljivom laminacijom i fragmentima bodljikaša (tab. 4, sl. 1, 2). Nalazi se samo u geološkom stupu 'Novigrad' (prilog 3), u stratigrafskoj podjedinici C2a, u prvih 10 m odmah povrh sloja boksita (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Ovaj mikrofacijes (MFT 4) je u mikroskopskim izbruscima određen kao biomikritni vapnenac tipa vekston sa sitnozrnastim matriksom. Dominantni alokemi su fragmenti čahura i radiola bodljikaša, a uz njih su brojne ljušture ostrakoda i kućice malih miliolida (tab. 4, sl. 3, 4). Na fragmentima bodljikaša vidljiva je bioerozija u obliku ubušivanja.

Interpretacija: Facijesi bogati miliolidama su interpretirani kao tipični za područja zaštićenih laguna, odnosno plićih dijelova fotičke zone, obilježenih niskom energijom vode i dubinama manjim od 40 m, s mogućim hipersalinitetom i/ili mezotrofičnim uvjetima (GEEL, 2000; HOTTINGER, 1983, 1997). Prema uobičajenim tipovima mikrofacijesa karbonatnih rampa odgovarao bi mikrofacijesu RMF 7, koji je karakteriziran čestim do brojnim fragmentima bodljikaša i karakterističan je za zaštićene, niskoenergijske okoliše unutarnje rampe (FLÜGEL, 2010).

5.2.5. MFT 5: Alveolinsko–numulitni pekston do grejnston

Mikrofacijes MFT 5 je predstavljen svijetlim vapnencima koje je lako raspoznati po brojnim kućicama alveolina i numulita unutar dobrosortiranog bioklastičnog kalkarenita svijetlosive boje (tab. 4, sl. 5). Nalazi se na stupu 'Novigrad' (prilog 3), u stratigrafskoj podjedinici C1b, koja ovim mikrofacijesom započinje i završava, te u podjedinici C2b, koja ovim facijesom započinje (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

U mikroskopskim izbruscima mikrofacijes MFT 5 je slabosortirani vapnenac tipa pekston s krupnozrnastim matriksom koji djelomičnom rekristalizacijom poprima grejnstonsku strukturu. Od skeletnih ostataka česte su kućice alveolina (*A. elliptica nuttalli* DAVIES; tab. 15, sl. 3) i numulita, koje pokazuju abraziju i obraštanje (tab. 4, sl. 6, 7). Krupnozrnasta je osnova izgrađena od kućica

malih foraminifera i fragmentiranih ostataka raznolikih organizama: kućica većih foraminifera, koralinaceja, fragmenata bodljikaša i mekušaca. Od drugih foraminifera prisutne su obraštajuće foraminifere *Fabiania cassis* (OPPENHEIM), *Haddonia* sp. i *Gyroidinella magna* LE CALVEZ (tab. 4, sl. 8).

Interpretacija: Recentne alveoline i numuliti nastanjuju različite okoliše karbonatnih rampa. Alveoline nastanjuju dobro osvijetljene plitkomorske okoliše unutarnje rampe prekrivene ″livadama″ morskih trava (HOHENEGGER i sur., 1999). Numuliti nastanjuju raznolike okoliše na karbonatnim platformama (BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004), a GEEL (2000) je manje lećaste numulite opisao u zajednici s alveolinama u zaštićenijim okolišima unutarnje rampe. BEAVINGTON-PENNEY i RACEY (2004) su opisali dvije foraminiferske zajednice s A-formom numulita povezane uz okoliše morskih trava. Obje sadrže biotu tipičnu za plitkomorske zaštićene okoliše kao što su alveoline, miliolide i obraštajuće foraminifere te su zaključili kako se taloženje vjerojatno odvijalo na djelomično ili sezonski obraslom dnu ili u blizini ″livada″ morske trave, jer u tom slučaju je moglo zbog povremeno povišene energije okoliša doći do ″miješanja″ kućica alveolina i numulita, budući da su ekološke preferencije pripadnika roda *Nummulites* i *Alveolina* različite. Ovu tezu podupiru i nalazi foraminifera *G. magna* i *Haddonia* sp., koje ukazuju na umjerenu do visoku energiju okoliša (MATTEUCCI, 1996; PIGNATTI i sur., 1998; SERRA-KIEL i sur., 2003) te *Fabiania* sp. koja je česta u plitkomorskim okolišima vezanim uz morske livade (BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2006; TOMASSETTI i sur., 2016). Prema uobičajenim tipovima mikrofacijesa na karbonatnim rampama kako ih je definirao FLÜGEL (2010), ovaj mikrofacijes odgovara RMF 16, bioklastičnom vekstonu do pekstonu s brojnim VBF, koji je taložen u zaštićenom i nisko- do umjerenoenergijskim okolišima unutarnje rampe (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

5.2.6. MFT 6: Peloidno–foraminiferski pekston

Mikrofacijes MFT 6 predstavljen je masivnim svijetlosivim vapnencima (tab. 5, sl. 1, 2). Ovaj mikrofacijes prisutan je u geološkom stupu 'Čikola I' (prilog 1), u stratigrafskoj podjedinici A2b, u rasponu od 118 do 262 m (ŠPANIČEK i sur., 2017). U geološkom stupu 'Čikola II' (prilog 2) izgrađuje donju polovicu podjedinice B1a.

Unutar mikrofacijesa MFT 6 u mikroskopskim izbruscima najčešća su neskeletna zrna – peloidi. Oni čine 20 do 25% izbrusaka pelmikritnog vapnenca tipa pekston. Peloidi su različitih veličina i oblika, od nepravilnih do kružnih (tab. 5, sl. 3, 4). Relativna količina mikrita varira od 40 do 60%. Važno je napomenuti kako je raspodjela mikrita u vezi s relativnom količinom peloida u

određenom mikroskopskom izbrusku, jer ponegdje je vrlo teško razlikovati mikritno vezivo od peloida i lakše je razlučivati tamo gdje je mikritno vezivo djelomično rekristalizirano, jer se onda jasnije vide obrisi peloida. Od fosilnih zrna dominiraju ostaci VBF. Određene su alveoline (*A. multicanalifera*, *A. cuspidata;* tab. 14, sl. 2, 3) i aglutinirane konične foraminifere (*Pseudochrysalidina alva*, *Pfendericonus makarskae*, *Coskinolina liburnica*; tab. 17, sl. 6, 8–11; tab. 20, sl. 4, 6). Uobičajeni su do česti ostaci malih miliolida (*Quinqueloculina* sp.), trematofornih miliolida (*Idalina* sp.) i spirolina (tab. 5, sl. 5). Česte su rotalije malih dimenzija i vrlo jednostavne građe (*Rotalia* ex gr. *trochidiformis* (LAMARCK)), a ističu se u izbruscima zbog perforatne stijenke kućica (tab. 5, sl. 6), pa se može steći dojam da je njihova zastupljenost veća nego što u stvari jest. Česti su i fragmenti bodljikaša. U mnogim izbuscima uočavaju se kompakcija i deformacije kućica aglutiniranih koničnih foraminifera (tab. 5, sl. 6, 7). Kućice alveolina su često bioerodirane, ubušene i uništeni su im zadnji zavoji (tab. 5, sl. 7, 8).

Interpretacija: Peloidi su česti u recentnim plimnim i podplimnim okolišima (FLÜGEL, 2010). Dominacija peloida i manji postotak bioklastičnog materijala ukazuju na taloženje u plitkim i zaštićenim okolišima (WILSON, 1975). Prema TUCKER i WRIGHT (1990), peloidi obično ukazuju na okoliše s umjerenom ili ograničenom cirkulacijom. Brojne miliolide, uz aglutinirane konične foraminifere, obilježavaju ograničene eutrofičke do mezotrofičke lagunske okoliše (REISS i HOTTINGER, 1984; GEEL, 2000). Rotalije su česte u unutarnjim neritičkim (plitkomorskim) facijesima bogatim terigenim muljem, a rjeđe u ˝čistim˝ karbonatima (*Rotalia* s.l. u LUTERBACHER, 1984). Za njih se općenito smatra da žive u plitkomorskim područjima laguna i otvorenog mora (GEEL, 2000). Prema LEVIN (1957) usporedbom sa strukturno sličnim recentnim asimetričnim bikonveksnim laminiranim perforatnim foraminiferama, koje žive u plitkomorskim okolišima, izumrla vrsta *R. trochidiformis* obitavala je na dubinama od 20 do 40 m. Prema Standardnim tipovima mikrofacijesa (FLÜGEL, 2010) ovaj mikrofacijes bi odgovarao SMF 16, kojega karakterizira akumulacija malih nepravilnih do oblih muljnih peloida podjednake veličine u asocijaciji s bentičkim foraminiferama. To ukazuje na taloženje na prostoru unutarnje rampe, u okolišu niske do umjerene energije vode (ŠPANIČEK i sur., 2017).

5.2.7. MFT 7: Koraljno–foraminiferski pekston

Mikrofacijes MFT 7 na izdancima predstavlja masivni svijetlosivi vapnenac unutar kojeg se može prepoznati kršje koralja i perforatne VBF (do 15 mm duge kućice numulita) (tab. 6, sl. 1, 2). Ovaj mikrofacijes se nalazi u vršnih 25 m geološkog stupa 'Čikola I' (prilog 1), na početku

stratigrafske podjedinice A2c (ŠPANIČEK i sur., 2017), u stupu ″Novigraď (prilog 3) u podjedinici C2b, u rasponu od 300 do 320 m, te 376 i 396 m (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

U mikroskopskim izbruscima mikrofacijes MFT 7 je obilježen izmjenom fragmenata kolonijskih koralja i koralja samaca s bioklastično–foraminiferskim pekstonima do grejnstonima (tab. 6, sl. 3-7). U sitnozrnastoj mikritnoj do mjestimično krupnozrnastoj osnovi nalaze se brojni ostaci raznolikih organizama: koralja (tab. 6, sl. 8; tab. 7, sl. 1), bodljikaša, mahovnjaka, koralinaceja i foraminifera. Utvrđene su i kućice malih lećastih numulita, rotalija (*Neorotalia* ex gr. *litothamnica* (UHLIG)) i obraštajuće foraminifere (*Acervulina linearis* HANZAWA, *Miniacina* sp., *Solenomeris* sp., *Fabiania cassis*, *Haddonia* sp. i *Gyroidinella magna* (tab. 7, sl. 2–4) te *Sphaerogypsina* sp. Rijetke su kućice miliolida, alveolina, ortofragmina i planktonskih foraminifera. ***Interpretacija:*** Za kenozojske se koralje općenito smatra da su brojni i grade grebene u toplim, plitkim, dobro osvijetljenim (eufotičkim) i oligotrofičnim morima tropskog i subtropskog pojasa. Tijekom ranog eocena pojavnost i raznolikost koralja bila je smanjena, te su u izgradnji humaka bili u podređenom položaju u odnosu na koralinaceje i VBF (ZAMAGNI i sur., 2012). U recentnim tropskim okolišima obraštajuće foraminifere kao što su *Acervulina* sp., *Carpenteria* sp. i *Homotrema* sp. su stanovnici koraljnih grebena, ali njihova uloga u izgradnji grebena nije definirana budući da im rasprostranjenost do sada nije povezana s količinom svjetla ili dubinom. One nastanjuju široki raspon okoliša od vrlo plitkih do čak 130 m dubine, s time da u vrlo plitkim okolišima preferiraju skrovita i poluskrovita staništa unutar i oko koraljnih tvorbi (REISS i HOTTINGER, 1984; ROMERO i sur., 2002; BOSELLINI i PAPAZZONI, 2003). PERRIN (1992) je opisao obraštajuće foraminifere kao prilagođene na slabo osvijetljena područja, budući da su lošiji kompetitori prema ostalim obraštajućim organizmima, prije svega koralinacejama. Recentni analog paleogenske *Haddonia* sp. u morima oko Jave i uz obale Somalije uspijeva u vrlo plitkim okolišima niske energije vode, s malo svijetlosti (oligofotička zona), gdje stabilizira bioklastično pješčano dno (MATTEUCCI, 1996). Na plitkomorske okoliše umjerene do visoke energije vode ukazuju nalazi *G. magna* i *Sphareogypsina* sp. (PIGNATTI i sur., 1998; SERRA-KIEL i sur., 2003). Robustne, ukrašene kućice rotalija, pogotovo *Neorotalia* spp., tipični su stanovnici vrlo plitkih mora (do 40 m dubine) visoke energije (PIGNATTI i sur., 2012; TOMASSETTI i sur., 2016). Lećasti numuliti žive na morskom dnu u raznolikim okolišima platforme (AIGNER, 1983; GEEL, 2000), a ponegdje ih se može naći na dubinama manjim od 30 m iako su dominantni u mezofotičkim do oligofotičkim dubinama (≥30 m; HOHENEGGER, 2005). Zajedničko pojavljivanje z-koralja i VBF ukazuje na mezofotičke uvjete, u kojima koralji uspjevaju uz koralinaceje (MORSILLI i sur., 2012).

Prema uobičajenim tipovima mikrofacijesa na karbonatnim rampama prema FLÜGEL-u (2010) ovaj mikrofacijes odgovara RMF 12 zbog brojnih ostataka koralja, crvenih alga i ostalih obraštajućih organizama. Naslage ovog mikrofacijesa su vjerojatno taložene na distalnom dijelu unutarnje rampe, gdje se povremeno osjećala viša energija vode (ĆOSOVIĆ i sur., 2017; ŠPANIČEK i sur., 2017).

5.2.8. MFT 8: Acervulidno–foraminiferski pekston do grejnston

Mikrofacijes MFT 8 je na izdancima predstavljen masivnim svijetlosivim vapnencima unutar kojih se makroskopski mogu raspoznati ostaci različitih organizama, posebno skeleti tubularnih serpulida *Ditrupa* sp. (tab. 7, sl. 5). Nalazi se u geološkom stupu 'Novigrad' (prilog 3), gdje prevladava u stratigrafskoj podjedinici C2b, prvi put se pojavljuje na 289 m i prisutan je kontinuirano do kraja stupa, te tako predstavlja najmlađe istraživane naslage na tome stupu (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Acervulidno–foraminiferski pekston do grejnston karakterizira krupnozrnasta osnova. U vapnencima mikrofacijesa MFT 8 dominiraju fragmentirani ostaci raznolikih organizama, koji su ujednačenih veličina, tako da je sortiranost dobra. Krupnozrnasta osnova izgrađena je od brojnih sitnih skeletnih fragmenata, među kojima su lako prepoznatljive radiole bodljikaša i kućice sitnih foraminifera (tab. 7, sl. 6). Brojni su fragmenti ˝kora˝ koralinaceja, u pravilu sastavljenih od rodova *Sporolithon* sp. i *Lithotamnion* sp., česti su fragmenti koralja, mahovnjaka i tubularnih serpulida (*Ditrupa* sp.). Od foraminifera najbrojnije su perforatne foraminifere predstavljene čestim rotalijama, *Asterigerina* sp. i rijetkim ortofragminama. Prisutne su i brojne obraštajuće foraminifere: *Gyroidinella magna, Fabiania cassis*, *Haddonia* sp., *Acervulina linearis* i *Planorbulina* sp. (tab 7, sl. 7), a nalazi se i *Chapmania gassiniensis* SILVESTRI (tab. 7, sl. 8). U izbruscima ima i malih miliolida, kao i *Borelis* sp. (tab. 8, sl. 1).

Interpretacija: Recentne obraštajuće foraminifere nastanjuju široki raspon okoliša od vrlo plitkih do 130 m dubine (REISS i HOTTINGER, 1984). Primjerice, *Haddonia* sp. nastanjuje oligofotičke okoliše stvarajući guste kolonije na pješčanoj podlozi, ali često je *post mortem* uništena u uvjetima povišene energije vode (MATTEUCCI, 1996). Prema ROMERO i sur. (2002) zajednice obraštajućih foraminifera, kao npr. *Acervulina* sp., karakteriziraju zone više energije okoliša. Također, ˝ukrašenije˝ forme rotaliidnih foraminifera, kao što je npr. *Neorotalia* sp., obitavaju u plitkim okolišima povišenije energije vode do 40 m dubine (GEEL, 2000). Nalazi brojnih skeleta serpulida *Ditrupa* sp., kao organizama filtratora, ukazuju na razdoblja povišenog donosa nutrijenata

na morsko dno, i u zajednici s VBF i obraštajućim foraminiferama mogu ukazivati na mezo- do oligofotične uvjete (POMAR i sur., 2014). Mješavina sitno skršenih koralinaceja s foraminiferama i drugim bentičkim organizmima ukazuje na bioklastični sediment povremeno prerađivan olujama, koji je izvorno dolazio iz područja unutarnje rampe, a taložen je na području srednje rampe (BASSI i sur., 2007; VARRONE i D'ATRI, 2007). Prisustvo brojnih fragmenata skeleta bodljikaša, mekušaca, serpulida, foraminifera i obraštajućih organizama (koralinaceja i acervulidnih foraminifera) odgovara kombinaciji uobičajenih tipova mikrofacijesa na karbonatnim rampama RMF 7 i RMF 12 prema FLÜGEL (2010). Na temelju sedimentoloških i mikropaleontoloških karakteristika mikrofacijes MFT 8 taložen je na prostoru distalne unutarnje ili proksimalne srednje rampe, oko VBLV, pod ujecajem morskih struja (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

5.2.9. MFT 9: Koralinacejsko–numulitidni pekston

Mikrofacijes MFT 9 se nalazi u najviših 7 m geološkog stupa 'Čikola I' (prilog 1), na kraju stratigrafske podjedinice A2c. To su masivni slojevi svijetlosivog vapnenca unutar kojeg se mogu prepoznati perforatne foraminifere i koncentrični rodoliti koralinaceja čiji je promjer u prosjeku od 3 do 5 cm (tab. 8, sl. 2) (ŠPANIČEK i sur., 2017). Prisutan je i u stupu 'Čikola II' (prilog 2), u stratigrafskoj podjedinici B1b, a na tom su lokalitetu to masivni svijetlosivi do sivi vapnenci s perforatnim VBF, kao i u stupu 'Novigrad' (prilog 3), u stratigrafskoj podjedinici C2b, u rasponima od 320 do 330 m i od 366 do 376 m stupa (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Mikrofacijes MFT 9 u mikroskopskim izbruscima predstavlja slabosortirani sitno- do krupnozrnasti biomikritni vapnenac tipa pekston u kojem dominiraju kućice numulitida i fragmenti koralinaceja, koji ponegdje formiraju algalni boundston i rodolite. Mogu se prepoznati genikulatne i negenikulatne crvene alge: *Lithotamnion* sp., *Sporolithon* sp., *Mesophyllum* sp., *Lithoporella melobesioides* (FOSLIE) i *Polystrata alba* (PFENDER) (tab. 8, sl. 3, 4). Unutar samih rodolita vidljivo je kako se lamine koralinaceja izmjenjuju s laminama obraštajućih foraminifera (tab. 8., sl. 5). Gomolji koralinaceja su ponegdje ubušeni te su šupljine ispunjene sparitom ili čak geopetalnim punjenjem (tab. 8, sl. 6). Od obraštajućih foraminifera prisutne su *Miniacina* sp., *Solenomeris* sp., *Acervulina linearis* i *Planorbulina* sp. Od drugih organizama nalaze se fragmenti bodljikaša, mekušaca i rijetki ostatci koralja i mahovnjaka. Česte su kućice lećastih numulita, rotalija (*N.* ex gr. *litothamnica*) i *Gyroidinella magna* (tab. 8, sl. 7). Mjestimice se pojavljuju kućice gusto namotanih asilina (tab. 8, sl. 8) i operkulina (tab. 9, sl. 1), a rijetke su kućice planktonskih foraminifera (tab. 9, sl. 3), ortofragmina (*Discocyclina* sp.) i alveolinida (*Alveolina* sp. i *Borelis sp.*; tab. 9, sl. 2), s time

da su ove posljednje uz to i često fragmentirane. Numulitidi i rotalije mjestimično tvore i do 45% ostataka u izbruscima.

Interpretacija: Prema BASSI (2005) rodoliti nastaju u proksimalnim i distalnim dijelovima srednje rampe, s time da laminirani subsferični rodoliti (promjera do 4 cm), izgrađeni od koralinaceja iz skupina melobesioida i sporolitaceja, karakteriziraju proksimalne dijelove srednje rampe. Rodoliti u recentnim karbonatnim okolišima nastaju ispod VBLV, na dubinama većim od 60 m, i to u tropskim i subtropskim morima (BASSI, 2005). Općenito, koralinaceje grade male i velike rodolite na mekim bioklastičnim podlogama, a pojave manjih fragmentiranih rodolita u vapnencima tipa pekston/grejnston ukazuju na određeni stupanj transporta pridnenim strujama (BASSI, 2005). U prilog tome da je u istraživanim naslagama postojao određeni transport ukazuju i fragmentirani ostaci numulita i bodljikaša. Rodovi koralinaceja *Lithotamnion* sp. i *Mesophyllum* sp. dominiraju u recentnoj koralinacejskoj zajednici, od 30 do 80 m dubine na šelfovima Indo-Pacifičkog područja (ADEY, 1979). Slični koralinacejski facijesi interpretirani su kao taloženi u eufotičkoj zoni (RASSER, 2000; NEBELSICK i sur., 2013), na što upućuju i lećasti numuliti (HOTTINGER, 1997). Gusto namotane asiline su vrlo česte na muljevitim do pjeskovitim karbonatnim dnima do 80 m dubine (GEEL, 2000), a operkuline su dominantno stanovnici mekog morskog dna na dubinama između 15 i 150 m (GEEL, 2000). Obraštajuće foraminifere su oportunistički organizmi koji zauzimaju istu ekološku nišu kao i koralinaceje, ali ih zamjenjuju u uvjetima reducirane količine svjetlosti zbog produbljivanja ili smanjenja prozirnosti vode uslijed suspenzije i/ili povećanog donosa sedimenta (BASSI i sur., 2007; VARRONE i D´ALTRI, 2007). Na temelju sedimentoloških i mikropaleontoloških karakteristika ovaj mikrofacijes bi prema FLÜGEL (2010) najbolje odgovarao RMF 12, uobičajenom tipu mikrofacijesa na karbonatnoj rampi. Ovaj mikrofacijes je taložen na prostoru srednje rampe, ispod VBLV, u fotičkoj zoni s povremenim razdobljima povišene energije, jer se recentni rodoliti stvaraju u okolišima pokretne vode (FOSTER, 2001).

5.2.10. MFT 10: Ortofragminidni pekston do radston

Mikrofacijes MFT 10 predstavljen je svijetlosivim vapnencima unutar kojih se mogu razaznati krupne kućice perforatnih VBF i nalazi se samo u geološkom stupu 'Čikola II' (prilog 2), u stratigrafskoj jedinici B4 (tab 9, sl. 4).

Glavna karakteristika mikroskopskih izbrusaka mikrofacijesa MFT 10 su vrlo česte kućice ortofragmina. U biomikritnim i biosparitnim vapnencima tipa pekston do radston dominiraju dobro očuvane velike, tanke i sedlaste foraminifere *Discocyclina* sp. i *Asterocyclina* sp., gusto posložene

jedne povrh drugih i preferentno orijentirane (tab. 9, sl. 5, 6). Osim ortofragmina prisutni su i ostaci lećastih numulita (tab. 9, sl. 7), rotalija (*Neorotalia* ex gr. *viennoti (*GREIG)), koji su često abradirani i nedostaje im zadnji zavoj, te obraštajuća foraminifera *Fabiania cassis*. Osim njih česti su i fragmenti koralinaceja (rijetke razgranate forme *Lithotamnion* sp. i *Mesophyllum* sp.) (tab. 9, sl. 8), bodljikaša i serpulida (*Ditrupa* sp.), te rijetkih do mjestimice češćih planktonskih foraminifera (tab 10, sl. 1). Vapnenac tipa radston je izgrađen od gusto naslaganih, slabo sortiranih ortofragminidnih kućica između kojih je mikrit, a djelomično i sparit. Vapnenci tipa pekston imaju prevladavajuću krupnozrnastu osnovu izgrađenu od raznovrsnih fragmenata ostataka organizama (tab 10, sl. 2).

Interpretacija: Brojnost velikih, tankih ortofragmina, zajedno s opisanim sedimentološkim značajkama naslaga, ukazuje na taložni okoliš niske energije, te na dubine pri samoj donjoj granici fotičke zone. Vapnenci tipa radston sa sparitnom ispunom interskeletnih prostora i slabo sortiranim kućicama ortofragmina ukazuju na taloženje u području distalne srednje ili proksimalne vanjske rampe, u blizini VBOV, gdje je povišena energija vode mogla transportirati fini karbonatni mulj. S druge strane, vapnenci tipa pekston, s dobrosortiranim ortofragminidnim kućicama, zajedno s mikritnom interskeletnom ispunom, ukazuju na prostor niske turbulencije vode, vjerojatno ispod VBOV, u prostoru proksimalne vanjske rampe (FLÜGEL, 2010). Za vrlo gustu akumulaciju kućica VBF najvjerojatnije je zaslužna spora sedimentacija (BASSI, 2005). YORDANOVA i HOHENEGGER (2002) su na temelju analize veličine zrna interpretirali akumulacije tankih i plosnatih kućica *Cycloclypeus carpenteri* BRADY (mogući recentni analog fosilnih orofragmina) kao posljedicu usporene sedimentacije. Facijesi s brojnim tankim ortofragminama taloženi tijekom eocena na prostoru Neotetiskih karbonatnih platforma interpretirani su kao facijesi distalnih srednjih do vanjskih platforma, u uvjetima niske energije vode i male količine svjetlosti (BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004; ĆOSOVIĆ i sur., 2004; BASSI, 2005). Prema FLÜGEL (2010) vapnenci tipa radston spadaju u SMF 12, ali u tom slučaju se ne radi o koncentraciji ljuštura školjkaša već o gusto naslaganim čitavim i fragmentiranim kućicama VBF, s visokim udjelom ostataka plitkomorskih organizama, te vjerojatnije predstavlja SMF 5.

5.2.11. MFT 11: Koraljno–koralinacejski pekston

Mikrofacijes MFT 11 se na izdancima prepoznaje po "busenima" kolonijskih koralja (slika 17/E, 19/D, E) i brojnim perforatnim foraminiferama, a nalazi se u geološkom stupu 'Ostrovica', u stratigrafskoj jedinici D1 u četiri vapnenačke leće (podjedinice D1a, D1b, D1c i D1d), te u D2 u dvije vapnenačke leće (podjedinice D2a i D2b) (prilog 4). Ovaj mikrofacijes izgrađuje i stratigrafsku jedinicu E1, odnosno donji dio geološkog stupa 'Grabova Glava' (prilog 5).

U mikroskopskim izbruscima mikrofacijes MFT 11 je određen kao biomikritni vapnenac tipa pekston unutar kojeg se i makroskopski vide dijelovi kolonijskih koralja i koralji samci (tab. 10, sl. 3, 4). Osnova je sitnozrnasti mikrit s mjestimično malim udjelom siliciklastične komponente, do 5% zrna kvarca, a karbonatni mulj je djelomično sastavljen od raznovrsnih nanolita. Dominantni alokemi su fragmenti koralja i koralinaceja koje su predstavljene rodovima *Sporolithon* sp., *Lithotamnion* sp. i *Lithophylum* sp. Fragmenti koralja i brojnih mahovnjaka su u pravilu bioerodirani i obrasli obraštajućim foraminiferama, čiji su fragmenti nađeni i u matriksu: *Acervulina linearis*, *Haddonia* sp., *Placopsilina* sp., *Sphaerogypsina* sp. i *Fabiania cassis* (tab. 10, sl. 5, 6). Preostali dio skeletnih zrna su VBF: *Nummulites* sp., *Operculina* sp., *Asterigerina* sp., *Discocyclina* sp. (vjerojatno *Discocyclina radians* (D'ARCHIAC); ĆOSOVIĆ i sur., 2014) i *Asterocyclina* sp. (vjerojatno *Asterocyclina stellata* (D'ARCHIAC); ĆOSOVIĆ i sur., 2014) (tab. 10, sl. 7, 8). Česti su i fragmenti bodljikaša, dok je poneka kućica planktonskih foraminifera (tab. 11, sl. 1) raspršena u matrksu. Općenito su ostaci fragmentirani, abradirani (osobito *Nummulites* sp.) i ispunjeni mikritom.

Interpretacija: BACETA i sur. (2005) su sličnu zajednicu koralja, koralinaceja i VBF, opisali kao bentičku zajednicu prilagođenu na život u okolišima niske energije, djelomično na muljevitoj podlozi, a djelomično na stjenovitoj podlozi (koralji i vezani obraštajući organizmi) u mezofotičkoj do oligofotičkoj zoni na području srednje rampe. Recentne strukture izgrađene od koralinaceja s razmjerno visokim postotkom mikritnog mulja nalaze se na dubinama većim od 60 m u tropskom pojasu i od 20 do 160 m dubine u Sredozemlju (MINNERY, 1990). Grebeni izgrađeni i od koralja i od koralinaceja su također dubljemorske strukture (MINNERY, 1990). U Španjolskoj su tijekom eocena koralji stvarali biostrome i bioherme, u asocijaciji s koralinacejama i perforatnim VBF, u mezo- do oligofotičkoj zoni, ispod VBLV, u okolišima bogatim muljem (MORSILLI i sur., 2012). Ovakvu interpretaciju podupire dominacija karbonatnog mulja i sastav foraminiferske zajednice. Upravo zbog brojnosti koralja, koralinaceja i ostalih obraštajućih organizama prema FLÜGEL-u (2010) ovaj bi se mikrofacijes mogao usporediti s RMF 12. Numulitidi s tankim plosnatim

kućicama kao što su *Heterostegina* sp. i *Operculina* sp., te *Cycloclypeus carpenteri*, koji se smatra analogom ortofragmina, brojni su u okolišima srednje rampe, ispod VBLV, te označavaju najdublji dio fotičke zone (REISS i HOTTINGER, 1984; HOHENEGGER i sur., 1999). Ovaj mikrofacijes je taložen u području niske energije vode, ispod VBLV, na području srednje rampe i povremeno je bio pod utjecajem olujnih događaja, što je vidljivo po prerađenim skeletnim zrnima.

5.2.12. MFT 12: Numulitidno–bioklastični vekston

Mikrofacijes MFT 12 na izdancima čine svijetlosivi tankoslojeviti vapnenci u asocijaciji s vapnencima mikrofacijesa MFT 11 (slika 19/F, G). Nalazi se u vapnenačkim lećama stratigrafskih jedinica D1 i D2 geološkog stupa 'Ostrovica' (podjedinice D1a, D1b, D1c, D1d, D2a i D2b; prilog 4), te izgrađuje gornji dio stupa 'Grabova Glava', stratigrafsku jedinicu E2 (prilog 5).

U sitnozrnastoj mikritnoj osnovi mikrofacijesa MFT 12 dominiraju kućice numulita. U mikroskopskim izbruscima to je biomikritni vapnenac tipa vekston, mjestimice pekston, s promjenljivom količinom siliciklastične komponente, do 5%. Sitnozrnasti mikrit djelomično grade nanoliti. Kućice numulita su abradirane, mjestimice fragmentirane i unutrašnjost im je ispunjena mikritom (tab. 11, sl. 2). Druga skeletna zrna čine brojne kućice roda *Asterigerina* sp., rjeđe fragmentirane kućice *Assilina* sp. i *Operculina* sp., te pokoja kućica malih miliolida, tekstularija i planktonskih foraminifera (tab. 11, sl. 3, 4). Makroostaci su malobrojni fragmenti mekušaca, koralja i bodljikaša (tab. 11, sl. 5, 6).

Interpretacija: Numuliti su tijekom ranog paleogena živjeli u raznolikim okolišima na karbonatnim rampama i šelfu (RACEY, 2001; BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004). Vrsta *Paleonummulites venosus* je recentno pronađena na dubinama od 15 do 85 m u mirnim oklišima vezanim uz grebene, na pjeskovitom dnu, ispod VBLV, uz japansko otočje Okinawa i otoke Sesoko, Jima i Minna, a vrsta *Operculina complata* u najdubljem dijelu fotičke zone, u bistrom moru, na pješčanoj podlozi na dubinama od 80 m uz otok Okinawa (HOHENEGGER, 2000). Recentne *Asterigerina* sp. su epifaunalni biljojedi koji žive u toplim morima unutarnjeg šelfa (MURRAY, 1991). Asocijacija numulita, asilina i operkulina u mikritnom matriksu sugerira da se taloženje odvijalo na prostoru srednje rampe, a prisustvo bioklasta plitkomorskih organizama (male miliolide i kućice *Asterigerina* sp.) ukazuju na transport iz plićih područja karbonatne rampe u udaljenije srednje ili vanjske dijelove rampe (cf. FLÜGEL, 2010). Vapnenci tipa vekston s bioklastima izvorno s plićih prostora rampe, prema FLÜGEL-u (2010) bi odgovarali SMF 8. Za sličan facijes su MORSILLI i sur. (2012) zaključili da je taložen u području niske energije vode, ispod VBLV, u

mezo- do oligofotičkoj zoni, dakle na prostoru srednje rampe koji je povremeno bio pod utjecajem olujnih događaja.

5.2.13. MFT 13: Madston do vekston s planktonskim foraminiferama

Ovaj mikrofacijes prisutan je samo na geološkom stupu 'Čikola II' (prilog 2), gdje čini stratigrafsku jedinicu B2, a nalazi se i u stratigrafskoj jedinici B4 u rasponu od 161 do 165 m. Na izdanku je predstavljen svijetlosivkastim do žućkastim glinovitim vapnencima (tab. 11, sl. 7).

Mikrofacijes MFT 13 je u mikroskopskim izbruscima karakteriziran biomikritnim madston do vekston tipovima vapnenaca, u kojima nalazimo česte do vrlo česte planktonske foraminifere (tab. 11, sl. 8). Drugi bioklasti pripadaju rijetkim ostacima bentičkih foraminifera i zaobljenim litoklastima vapnenaca tipa madston.

Interpretacija: Zajednica planktonskih foraminifera u mikritnom matriksu ukazuje da je ovaj mikrofacijes taložen na području vanjske rampe (FLÜGEL, 2010). Prema Standardnim tipovima mikrofacijesa ovaj mikrofacijes bi odgovarao SMF 3, pelagičkom karbonatnom madstonu do vekstonu s planktonskim foraminiferama, koji je taložen na prostoru bazena ili otvorenog dubokog šelfa (FLÜGEL, 2010).

5.3. FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE

Mnogi plitkomorski organizmi koji žive u okolišima karbonatnih platforma su prilagođeni na određene temperaturne raspone, količinu svjetlosti i nutrijenata. Stoga i klasificiranje glavnih gradbenih organizama istraživanih stijena, prije svega VBF, zajedno s interpretacijom tipova mikrofacijesa, omogućuje prepoznavanje prevladavajućih ekoloških uvjeta u okolišima taloženja, ali i bilježi kratkoročne i dugoročne okolišne promjene. Istraživanja su pokazala kako su prijelazi između pojedinih zajednica VBF postupni radi čega je interpretacija paleoekoloških čimbenika koji dominiraju kompleksna, što je jasno vidljivo u poglavlju 5.2. interpretacije mikrofacijesa.

5.3.1. Miliolidna zajednica

Opis: Miliolidna zajednica je u podjednakim postotcima predstavljena takozvanim malim miliolidama (poput kvinkvelokulina, pirga) i spirolinama. Milliolidne su foraminifere brojne u asocijaciji s pseudohrisalidinama i alveolinama. U takvim zajednicama uz njih se rijetko nalaze i fragmenti bodljikaša, a od neskeletnih zrna česti su peloidi. Miliolidna zajednica je utvrđena na geološkim stupovima 'Čikola I', u stratigrafskim podjedinicama A1b i A2a (ŠPANIČEK i sur., 2017), i 'Novigrad', u stratigrafskoj podjedinici C2a (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), u mikrofacijesima MFT 2, 3 i 4.

Interpretacija: Dominacija miliolida ukazuje na plitku, zaštićenu lagunu koja je postojala na prostoru unutarnje rampe gdje su navedene foraminifere živjele na vlatima morskih trava ili uz njihovo korijenje, i/ili na algama (DAVIES, 1970; BRASIER, 1975; LANGER, 1993). Današnje miliolidne vrste su eurihaline i nastanjuju područja s ograničenom cirkulacijom te ″meko″, muljevito dno (MURRAY, 1991).

5.3.2. Zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera

Opis: U zajednici s malim i trematofornim miliolidama (*Idalina* sp., *Periloculina* sp.) te alveolinama mjestimice su brojne aglutinirane konične foraminifere (njihov udio u zajednici je od 39 do 58%). Zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera utvrđena je na geološkom stupu 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A2b (ŠPANIČEK i sur., 2017), u geološkom stupu 'Čikola II', u stratigrafskoj podjedinici B1a i na stupu 'Novigrad' u jedinici C1a (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), u mikrofacijesima MFT 3 i 6.

Interpretacija: Zajednica u kojoj dominiraju aglutinirane konične foraminifere može se povezati s najplićom zajednicom VBF. Zaključujući prema staništima organizama koji se nalaze u zajednici s ovim foraminiferama, budući da aglutinirane konične foraminifere nemaju recentnih analoga, HOTTINGER i DROBNE (1980), HOTTINGER (1983) i VECCHIO i HOTTINGER (2007), su pretpostavili kako su živjele u potplimnoj, dobro osvijetljenoj zoni na muljevitom dnu kao epifauna. Staništa aglutiniranih koničnih foraminifera su mirne, zaštićene do otvorene lagune s povremenim epizodama više energije (VECCHIO i HOTTINGER, 2007). Preklapanje u pojavljivanju s alveolinskom zajednicom u istraživanim naslagama može se objasniti činjenicom da je algalni pokrivač čest u lagunama, a alveoline preferiraju upravo takav tip dna (HOTTINGER, 1983; GEEL, 2000; VECCHIO i HOTTINGER, 2007).

5.3.3. Alveolinska zajednica

Opis: Alveolinska je zajednica karakterizirana kako brojnošću i raznolikošću alveolina tako i brojnošću trematofornih miliolida. Zajednicu sačinjavaju i orbitolitesi, male miliolide (s udjelom između 15 do 20% ukupne zajednice), aglutinirane konične foraminifere (10 do 27%) i fragmenti bodljikaša. Rjeđe se nalaze fragmenti koralinaceja i obraštajućih foraminifera. Među alveolinama najčešće su fuziformne i ovoidne kućice predstavnika A-generacije (makrosferične). Alveolinska je zajednica utvrđena na geološkom stupu 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A2b (ŠPANIČEK i sur., 2017), na geološkom stupu 'Čikola II', u stratigrafskoj podjedinici B1a, i na stupu 'Novigrad', u podjedinici C1a (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), u mikrofacijesima MFT 3 i 6.

Interpretacija: Eufotička zona i niska energija vode su karakteristike okoliša u kojem se razvijala ova zajednica. Takve uvjete nalazimo na unutarnjoj rampi gdje postoje ˝algalne livade˝. Naime, recentni predstavnici skupine alveolinida nastanjuju područja zaštićene unutarnje rampe gdje su dna prekrivena morskim travama (SEVERIN i LIPPS, 1989). Čestom eocenskom rodu *Orbitolites* sp. morfološki je najsličniji recentni rod *Marginopora* sp., čije su jedinke brojne u plitkim, zaštićenim okolišima do najviše 10 m dubine, gdje žive pričvršćene za algalne filamente koji obraštaju karbonatne stijene (ROSS, 1974; LANGER, 1993). Za trematoforne miliolide (*Periloculina* sp., *Idalina* sp.) zna se da su bile česte u dobro osvijetljenim plitkim tropskim i subtropskim morima (DROBNE i sur., 2002).

5.3.4. Alveolinsko–numulitna zajednica

Opis: Specifičnost Alveolinsko–numulitne zajednice je zajedničko pojavljivanje predstavnika rodova *Alveolina* sp. i *Nummulites* sp. Numuliti su zastupljeni manjim, lećastim kućicama (najvećeg prmjera do 20 mm). Drugi bioklasti u zajednici su kućice obraštajućih foraminifera, fragmenti bodljikaša i koralinaceje. Alveolinsko–numulitna zajednica je utvrđena na geološkom stupu 'Novigrad', u stratigrafskim podjedinicama C1b i C2b (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), u mikrofacijesu MFT 5.

Interpretacija: Recentni predstavnici skupine alveolina preferiraju za staništa zaštićene prostore unutarnje rampe gdje uspijevaju u zajednicama s morskim travama. Uloga morskih trava je dvostruka, jer trave ˝fiksiraju˝ poziciju kućica u slučaju mogućih kretanja morske vode, a vlati trave mogu djelovati i kao absorbenti prevelike količine sunčeve energije stvarajući ˝zelena skrovišta˝ (HOTTINGER, 1983). S druge strane numuliti, stanovnici pješčanih dna, nastanjuju okoliše od unutarnje do vanjske rampe (HOHENEGGER i sur., 1999; BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004). Dijatomeje, odnosno dinoflagelate, su endosimbionti ovih skupina i njihove se potrebe za ˝količinom˝ sunčeve energije bitno ne razlikuju, ali imperforatna (nepropusna) i perforatna stijenka imaju veliku ulogu u pogledu propuštanja i apsorpcije svijetla. Zbog toga predstavnici ovih dviju skupina VBF ne dijele životni prostor, iako preklapanja postoje (zato imamo različite oblike kućica predstavnika A-i B-generacija). Procesi koji se zbivaju nakon uginuća su odgovorni za zajedničko pojavljivanje predstavnika ovh skupina u istim naslagama. To je svakako olakšano jer su jedinke živjele jedne pokraj drugih, a kako nakon uginuća zaostali skeleti (kućice oslobođene citoplazme) imaju drugačije hidrodinamičke osobine, njihovo je premještanje s mjesta uginuća vjerojatno (BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004; BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2004).

5.3.5. Numulitidna zajednica

Opis: Numulitidna zajednica je karakterizirana zajedničkom pojavom manjih lećastih kućica *Nummulites* sp., asimetričnih kućica *Asterigerina* sp., *Assilina* sp. i *Operculina* sp. uz mjestimičnu pojavu fragmenata obraštajućih foraminifera i koralinaceja. Numulitidna zajednica je utvrđena na geološkim stupovima 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A2c (ŠPANIČEK i sur., 2017), 'Čikola II', u stratigrafskoj podjedinici B1b, 'Novigrad', u stratigrafskoj podjedinici C2b (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), u mikrofacijesima MFT 7 i 9, te stupu 'Ostrovica', u stratigrafskim podjedinicama D2a i D2b, i na stupu 'Grabova Glava', u stratigrafskoj jedinici E2, u mikrofacijesu MFT 12.

Interpretacija: Tijekom ranog paleogena numuliti su živjeli u različitim okolišima na karbonatnim rampama i na šelfu (RACEY, 2001; BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004). Mogli su živjeti na dubinama manjim od 30 m (u tropskim i subtropskim oligoftrofičnim oceanima, čak i u blizini zajednica morskih trava; BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004; BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2004). Međutim oni su bili dominantni u mezo- do oligofotičkim dubinama (≥30 m; HOHENEGGER, 2005). Prema GEEL (2000) jedinke asilina s gusto namotanim zavojima su vrlo česte na muljevitim do pjeskovitim karbonatnim dnima, do 80 m dubine, dok su operkuline živjele na muljevitim dnima na dubinama između 15 i 150 m. To se slaže s istraživanjima recentnih analoga prema REISS i HOTTINGER (1984) i HOHENEGGER i sur. (1999), koji su utvrdili da plosnati numulitidi, kao što su *Heterostegina* sp. i *Operculina* sp., nastanjuju okoliše srednje rampe, ispod VBLV, u vodenom sloju koji odgovara najdubljim dijelovima fotičke zone.

5.3.6. Numulitidno–ortofragminidna zajednica

Opis: U Numulitidno–ortofragminidnoj fosilnoj zajednici najbrojnije su velike i plosnate kućice numulitida (*Nummulites* sp., *Assilina* sp., *Operculina* sp.) i ortofragmina (*Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp.). S promjenljivom brojnošću uz njih su prisutne kućice rotalija, obraštajućih planktonskih foraminifera te fragmenti koralinaceja. Numulitidno–ortofragminidna zajednica utvrđena je na geološkom stupu 'Čikola II, u stratigrafskoj jedinici B4, u mikrofacijesu MFT 10, te na stupu 'Ostrovica', u stratigrafskim podjedinicama D1a, D1a, D1c i D1d, i na stupu 'Grabova Glava', u stratigrafskoj jedinici E1, u mikrofacijesu MFT11.

Interpretacija: Velike, plosnate kućice ortofragmina i numulitida sugeriraju dubine oligofotičke zone, od 80 do 130 m (suptropski i tropski oligotrofični oceani, RACEY, 1994; ĆOSOVIĆ i sur., 2004; ZAMAGNI i sur., 2008), gdje zbog manje količine svjetla koje prodire u dubinu površine kućica moraju biti veće i plosnate. Algalni endosimbionti nalaze se raspoređeni u lateralnim klijetkicama ortofragmina uz stijenku kućica ili u posebnim ˝strukturama˝ uz stijenku numulita. Veći broj endosimbionata jamstvo je za prijem veće količine svjetla, a veća površina kućice znači i više mjesta za endosimbionte (FERRÁNDEZ-CAÑADEL i SERRA-KIEL, 1992; HOTTINGER, 1997; ĆOSOVIĆ i sur., 2004) Asiline, operkuline i numuliti se mogu pojaviti u istom taložnom okolišu, ali tijekom života oni zauzimaju različite dubine i ne žive zajedno (HOHENEGGER i sur., 1999). Njihova zajednička pojava u okolišima srednje rampe ukazuje na *post mortem* transport.

5.3.7. Zajednica planktonskih foraminifera

Opis: Zajednicu planktonskih foraminifera sačinjavaju kućice planktonskih foraminifera s rijetkim bioklastima drugih organizama (najčešće su to fragmenti kućica VBF, bodljikaša, koralja). Zajednica planktonskih foraminifera nađena je na geološkom stupu 'Čikola II', u stratigrafskoj jedinici B2, i izgrađuje mikrofacijes MFT 13.

Interpretacija: Brojne planktonske foraminifere ukazuju na okoliš u kojima su dubine veće od reprodukcijskih dubina planktonskih foraminifera, odnosno otvorenost mora (GRIMSDALE i VAN MORKHOVEN, 1955; HEMLEBEN i sur., 1989; MURRAY 1991). Reprodukcijske dubine su veće od 100 m (HEMLEBEN i sur., 1989), pa su okoliši u kojima nastaje ova zajednica okoliši vanjske rampe (HOHENEGGER, 2005).

5.4. BIOSTRATIGRAFIJA ISTRAŽIVANIH NASLAGA

5.4.1. Geološki stup 'Čikola I'

Stratigrafska jedinica A1 u stupu 'Čikola I' je bila obilježena povremenim slatkovodnim utjecajem i proslojcima ugljena. Pronađeni mikrofosili nisu dobri biostratigrafski markeri i fosilna asocijacija u MFT 2 (Miliolidno–diskorbidni madston do vekston*)* ne daje mogućnost određivanja starosti naslaga.

U jedinici A2, u intervalu od 80 do 276 m, u mikrofacijesima MFT 3 (Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama) i MFT 6 (Peloidno–foraminiferski pekston), utvrđeno je nekoliko biostratigrafski značajnih vrsta alveolina (*Alveolina decastroi*, *A. cremae*, *A. multicanalifera*, *A. levantina, A. cuspidata, A. croatica* – tab. 12, sl. 1–10; tab. 13, sl. 1–4; tab. 14, sl. 1–4, 8; tab. 15, sl. 1), aglutiniranih koničnih foraminifera (*Pseudochrysalidina alva* – tab. 17, sl. 1–4, 6–11), *Pfendericonus makarskae* – tab. 18, sl. 1–4, 6, 8–11) i *Coskinolina liburnica* – tab. 19, sl. 1–4; tab. 20, sl. 2–7), trematoforna miliolida *Periloculina dalmatina* (tab. 16, sl. 1–5), kao i predstavnik soritidne skupine *Orbitolites complanatus* (ŠPANIČEK i sur., 2017).

Identificirane vrste foraminifera ukazuju na SBZ 11–12, dakle kasnoipersku (˝kviz˝) starost ove serije naslaga, koja je ukupno trajala otprilike 2,2 milijuna godina (od prije 51,1 do 48,9 milijuna godina) (SERRA-KIEL i sur., 1998).

5.4.2. Geološki stup 'Čikola II'

U stratigrafskoj jedinici B1 geološkog stupa 'Čikola II', u njezinom donjem dijelu (B1a), u MFT 3 (Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama) i MFT 6 (Peloidno–foraminiferski pekston), prepoznate su biostratigrafski značajne vrste *Alveolina multicanalifera* (tab. 14, sl. 7) i *Coskinolina liburnica* (tab. 19, sl. 8), te se pretpostavlja pripadnost SBZ 11–12, dakle kasnoiperska (˝kviz˝) starost ove vapnenačke serije naslaga (prema SERRA-KIEL i sur., 1998).

U stratigrafskoj jedinici B2 pronađena je zajednica planktonskih foraminifera, ali pošto se istraživanje temeljilo na VBF, one nisu određivane u svrhu biostratigrafije.

U stratigrafskoj jedinici B4, u mikrofacijesu MFT 10 (Ortofragmidni pekston do radston), biostratigrafski značajne vrste su *Discocyclina radians* i *Asterocyclina stellata* (tab. 9, sl. 5, 6), koje ukazuju na SBZ 15–17, odnosno kasnolutetsku do ranobartonsku starost ovih vapnenačkih naslaga.

SBZ 15–17 je ukupno trajala otprilike 3,1 milijun godina (od prije 41,5 do 38,4 milijuna godina) (SERRA-KIEL i sur., 1998).

5.4.3. Geološki stup 'Novigrad'

U stratigrafskoj jedinici C1, u mikrofacijesima MFT 3 (Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama) i MFT 5 (Alveolinsko–numulitni pekston do grejnston), određene su vrste: *Alevolina cuspidat*a i *A. cremae* (tab. 14, sl. 5, 6; tab. 15, sl. 2), *Pseudochrysalidina alva* (tab. 17, sl. 5), *Pfendericonus makarskae* (tab. 18, sl. 5, 7), *Coskinolina liburnica* (tab. 19, sl. 5-7; tab. 20, sl. 1), *Periloculina dalmatina* (tab. 16, sl. 6–8), kao i *Orbitolites complanatus* (slika 21/A) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), koje upućuju na SBZ 11–12, dakle kasnoipersku (˝kviz˝) starost naslaga ispod sloja boksita (prema SERRA-KIEL i sur., 1998).

U transgresivnoj vapnenačkoj seriji naslaga iznad boksita, u stratigrafskoj podjedinici C2b, u mikrofacijesu MFT 5 (Alveolinsko–numulitni pekston do grejnston), opisana je vrsta *Alveolina elliptica nuttalli* (tab. 15, sl. 3) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017), a u MFT 8 (Acervulidno–foraminiferski pekston do grejnston) vrste *Chapmanina gassiniensis* (tab. 7, sl. 8) i *Fabiania cassis*, što odgovara SBZ 13, odnosno lutetu (SERRA-KIEL i sur., 1998).

5.4.4. Geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'

U geološkim stupovima 'Ostrovica' i 'Grabova Glava', u mikrofacijesu MFT 11 (Koraljno–koralinacejski pekston) određene su vrste *Discocyclina radians* i *Asterocyclina stellata* (tab. 10, sl. 7), vrste koje su tipične za SBZ 15–17, odnosno kasni lutet do rani barton (SERRA-KIEL i sur., 1998).

Unutar same formacije Ostrovica određene su i sljedeće planktonske foraminifere (odredila dr. sc. Sanja Živković u PENCINGER, 2012): *Turborotalia pomeroli* (TOUMARKINE i BOLLI 1970), *Turborotalia cerroazulensis* (COLE 1928), *Pseudohastigerina naguewichiensis* (MYATLIUK 1950), *Subbotina linaperta* (FINLAY 1939) i *Globoturborotalita gnaucki* (BLOW i BANNER 1962). Ova zajednica definira P15 do P16/17 prema BERGGREN i sur. (1995), odnosno E15 do O1 prema BERGGREN i PEARSON (2005), dakle priabonsku do rupelsku starost naslaga.

5.5. SISTEMATSKA PALEONTOLOGIJA AGLUTINIRANIH KONIČNIH FORAMINIFERA

U istraživanom području SdPB posebno je zanimljiva foraminiferska zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera utvrđena u naslagama geoloških stupova 'Čikola I', 'Čikola II' i 'Novigrad', u mikrofacijesima MFT 3 i MFT 6. Usprkos tome što su određene tek tri vrste, zajednica se ističe brojnošću jedinki.

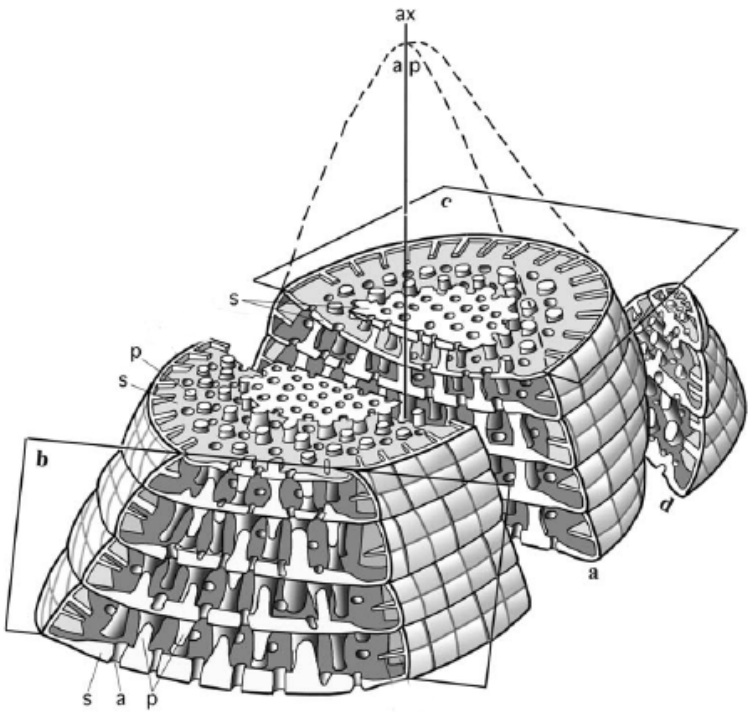
Na području nekadašnjeg oceana Neotetisa, u plitkomorskim područjima zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera postojala je tijekom taneta (paleocen), kad je imala prvi vrhunac razvoja manifestiran velikom brojnošću jedinki. Taj vrhunac razvoja bio je prije nego što je došlo do diverzifikacije VBF (imperforatnih i perforatnih), kao što su alveoline, numuliti, ortofragmine i trematoforne miliolide. Drugi vrhunac razvoja ova skupina doživila je tijekom ˝kviza˝ (kasni ipr, rani eocen). Najmlađe naslage u kojima su nađene kućice ovih foraminifera su srednjo- do gornjoeocenske starosti, a tada su još prisutne tek s dva roda: *Dictyoconus* i *Coskinolina* (HOTTINGER i DROBNE, 1980). Nakon granice eocen/oligocen potpuno nestaju, tako da ne postoje njihovi neogenski i recentni ekološki ekvivalenti.

Naslage koje sadrže kućice aglutiniranih koničnih foraminifera nalaze se u prostoru Vanjskih Dinarida, od područja Krasa na SZ gdje su srednjopaleocenske starosti, preko Istre, otoka do Dalmacije gdje su eocenske starosti (HOTTINGER i DROBNE, 1980).

U geološkom stupu 'Čikola I' ove foraminifere nalaze se u stratigrafskim podjedinicama A1b, A2a i A2b. U podjedinici A1b su rjeđe i predstavljene su jednostavnijim formama, *Pseudochrysalidina* sp. unutar mikrofacijesa MFT 2, u asocijaciji s brojnim malim miliolidama i spirolinama. Kako se ide u mlađe naslage nalaze se kompleksnije forme u asocijaciji s trematofornim miliolidama, fuziformnim alveolinama i orbitolitesima, u podjedinicama A2a i A2b (ŠPANIČEK i sur., 2017). Najbrojnije i najraznovrsnije su u podjedinici A2b, u MFT 3 i rjeđe u MFT 6, gdje su predstavljene vrstama *Pseudochrysalidina alva*, *Pfendericonus makarskae* i *Coskinolina liburnica*. Na geološkim stupovima 'Čikola II' i 'Novigrad' brojne kućice foraminifera su zabilježene u najstarijim stratigrafskim podjedinicama, B1a i C1a, unutar mikrofacijesa MFT 3, gdje su predstavljene vrstom *C. liburnica*, u zajednici s kompleksnim miliolidama, fuziformnim alveolinama i orbitolitesima. Upravo je na temelju pripadajuće alveolinske zajednice određena starost naslaga kao SBZ 11–12 (kasni ipr).

Građa kućica koničnih foraminifera (stožastog oblika) se proučava u orijentiranim presjecima (slika 20). Aksijalni presjeci i/ili presjeci stijenke kućice koji su više-manje paralelni s

osi stošca su potrebni da bi se prepoznali elementi egzoskeleta, postojanje ili nepostojanje gredica i generalni smjer aperturnih osi koji određuje endosklet kućice, a presjeci okomiti na os stošca su tangencijalni na septum klijetki i otkrivaju uzorak aperturnog lica (slika 20).



Slika 20. Rekonstrukcija građe kućice koničnih foraminifera s odgovarajućim presjecima. **a)** aksijalni presjek koji siječe kućicu površinom koja je okomita na horizintalnu smjerom od embrionalnog dijela u smjeru rasta; **b)** gotovo tangencijani presjek smjerom rasta koji otkriva građu stijenke i organizaciju klijetki; **c)** presjek paralelan s horizontalnom ravninom, tzv. bazalni presjek koji prolazi najmlađom klijetkom; **d)** kosi presjek. Shematski prikaz, nije u mjerilu. Preuzeto iz HOTTINGER i DROBNE, 1980 i modificirano. Kratice: a – apertura (ušće), ap – vrh stošca kućice, ax – os kućice, p – stupići, s – septum.

5.5.1. Sistematski opis eocenskih aglutiniranih koničnih foraminifera

Phylum	***Protozoa***	Goldfuss, 1817
Classis	***Rhizopodea***	Von Siebold, 1845
Ordo	***Foraminiferida***	Eichwald, 1830
Subordo	***Textulariina***	Delage & Hérouard, 1896
Superfamilia	***Textulariacea***	Ehrenberg, 1838
Familia	***Chrysalidinidae***	Neagu, 1968

Genus	***Pseudochrysalidina***	Cole, 1941
Type species	***Pseudochrysalidina floridana***	**Cole, 1941**

Pseudochrysalidina alva (Silvestri, 1939)
Tabla 17, Sl. 1–11

1938 *Coskinolina alvus* Silvestri – Silvestri, str. 77, Tabla 5, Sl. 5 (*nomen nudum*).
1939 *Coskinolina alvus* Silvestri – Silvestri, str. 65 (originalni opis).
1942 *Lituonella makarskae* (van Soest), *partim* – van Soest, Tabla 1, Sl. 20.
1980 *Chrysalidina (Chrysalidina)* cf. *alva* (Silvestri) – Hottinger i Drobne, Tabla 4, Sl. 4–14; Tabla 6, Sl. 4, 5; Tekst–Sl. 2.
1982 *Chrysalidina* cf. *alva* (Silvestri) – Bonnefous i Bismuth, Tabla 2, Sl. 8, 9; Tabla 3, Sl. 1, 3, 6, 8, 9.
2007 *Pseudochrysalidina alva* (Silvestri) – Vecchio i Hottinger, Sl. 8a – p.

Opis: Aglutinirana kućica s debljim stijenkama pseudokeriotekalne građe, bez egzoskeleta. Kućica je izdužena, konična, triserijalna s brojnim niskim i preklapajućim klijetkama raspoređenim u nisku trohospiralnu zavojnicu do 2,5 mm duljine i promjera 1,6 mm (mjereno horizontalno, poprečno na os namatanja). Zadnji zavoj zauzima jednu trećinu do jednu polovicu dužine kućice. Rubna klijetka čini otprilike trećinu kruga. Veća rubna ušća komuniciraju s prostorom umbilikusa prethodnih klijetki. Umbilikus je prekriven grubo perforiranim nastavcima koji formiraju konveksni središnji štit. Endoskelet karakteriziraju stupići. Aperturne osi i stupići su raspoređeni linearno od jedne do druge klijetke.

Lokaliteti: jug Italije (Južni Apenini, Trentinara formacija), sjeverna Dalmacija (područje Benkovca).

Genus	***Pfendericonus***	Hottinger i Drobne, 1980
Type species	***Lithuonella makarskae***	**van Soest, 1942**

Pfendericonus makarskae (van Soest, 1942)
Tabla 18, Sl. 1–10

1942 *Lituonella makarskae* (van Soest) – van Soest, str. 27, Tabla 1, Sl. 18, 19.
1970 *Lituonella douvillei* (Davies) – Kaever, Tabla 2, Sl. 1.
1979 *Chrysalidina (Pfendericonus) makarskae* (van Soest) – Drobne (bez opisa), str. 54.
1980 *Chrysalidina (Pfendericonus) makarskae* (van Soest) – Hottinger i Drobne, Tabla 5, Sl. 1–13; Tabla 6, Sl. 1–5, Tekst–Sl. 2.
1998 *Pfendericonus makarskae* (van Soest) – Tari-Kovačić, Kalac, Lučić i Benić, Tabla 7, Sl. 6.
2007 *Pfendericonus makarskae* (van Soest) – Vecchio i Hottinger, Sl. 10a–n, 11a–i.

***Opis*:** Aglutinirana stijenka s pseudokeriotekalnom građom. Kućica je nepravilnog oblika, subcilindrična do konična, do 2 mm duljine (izmjereno u aksijalnom presjeku) i 1,7 mm u promjeru. Klijetke su raspoređene u visokotrohospiralnu zavojnicu, s pet do šest klijetki u zavoju, u adultnom dijelu kućice. U jednom milimetru nalaze se otprilike tri do četiri klijetke paralelno s aksijalnom osi kućice. Zadnja faza rasta se može sastojati od par uniserijalnih klijetki, gotovo diskoidalnog oblika, kako je prikazano u HOTTINGER i DROBNE (1980). Umbilikus je širok i prekriven konveksnim produžecima, koji se pružaju od aperturnog lica te tvore središnji štit perforiran brojnim foramenima. Nema egzoskelet već rubna udubljenja, s rubnim ušćima. Endoskeletni elementi su vertikalni interseptalni stupići, koji su široko linearno raspoređeni i nema ih u prvim zavojima, već se pojavljuju tek u četvrtoj ili petoj klijetki te se radijalno izmjenjuju između krugova.
Lokaliteti: jug Italije (Južni Apenini, Trentinara formacija), Istra (Karojba i Pićan lokaliteti), Dalmacija (Benkovac, Makarska i otok Silba).

Familia	***Coskinolinidae***	*Moullade*, 1965
Genus	***Coskinolina***	Stache, 1875
Type species	***Coskinolina liburnica***	**Stache, 1875**

Coskinolina (*Coskinolina*) *liburnica* Stache, 1875

Tabla 19, Sl. 1–8; Tabla 20, Sl. 1–7

1875 *Coskinolina liburnica* Stache – Stache, str. 337.
1912 *Lituonella liburnica* Schubert – Schubert, str. 195, Tabla 10, Sl. 10, 11, 13.
1912 *Coskinolina liburnica* Stache – Schubert, str. 195, Tabla 10, Sl. 4–9.
1937 *Lituonella liburnica* Schubert – Cushman, str. 185, Tabla 22, Sl. 5, 6.
1937 *Coskinolina liburnica* Stache – Cushman, str. 186, Tabla 22, Sl. 18–20.
1942 *Lituonella liburnica* Schubert – van Soest, Tabla 1, Sl. 16, 17.
1964 *Lituonella liburnica* Schubert – Poignant, str. 215.
1966 *Lituonella liburnica* Schubert – Hofker, Tabla 10, Sl. 9, 11, 15.
1973 *Lituonella liburnica* Schubert – Bignot, str. 197, Tabla 1, Sl. 1–8, 11–16.
1974 *Coskinolina liburnica* Stache – Schroeder, str. 702.
1980 *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* Stache – Hottinger i Drobne, Tabla 6, Sl. 1, 3, 5; Tabla 7, Sl. 1–15; Tabla 8, Sl. 1–10; Tekst–Sl. 2.

Opis: Vrste roda *Coskinolina,* koje karakteriziraju klijetke s endoskeletom i rubnim uščima, ali bez egzoskeleta, imaju konične do visokokonične kućice, dvostruko duže nego što su široke. Suture su blago udubljene. Debele stijenke i stupići formiraju grubu i gustu unutarnju strukturu. U adultnom stadiju pojavljuje se šest do sedam klijetki u jednom milimetru paralelno s aksijalnom osi kućice. Aksijalna os presjeca otprilike osam stupića u zadnjim stadijima rasta, gdje je promjer kućice 1,75 do 2 mm. Rubna klijetka je uska i lagano stiješnjena u aksijalnom smjeru. Aperturno lice adultnog stadija je konveksno. Prolokulus je promjera 0,4 mm i prati ga deuterokonh, s pet do jedanaest juvenilnih klijetki, koje tvore od polovice do jednog i pol zavoja s jasnim endoskeletom. U odnosu na druge vrste koskinolina razlikuje se po relativno malom kutu stošca, zajedno s niskim uniserijalnim klijetkama.

Lokaliteti: Istra (Pićan, Pazin i Karojba), Primorje (otok Lošinj), sjeverna Dalmacija (Benkovac i otoci Molat, Silba), središnja Dalmacija (Makarska).

5.6. OPAŽENE MORFOLOŠKE ABNORMALNOSTI KUĆICA FORAMINIFERA

U istraživanom materijalu opažene su zanimljive deformacije kućica VBF, i to u alveolina, orbitolitesa i numulita. Bentičke su foraminifere indikatori ekoloških uvjeta u cijelom nizu različitih morskih okoliša zbog razmjerno kratkog životnog ciklusa (životni ciklus vrste recentnih VBF *Baculogypsina sphaerulata* je oko 17 mjeseci; HOHENEGGER, 2006). Brojne su studije recentnih bentičkih foraminifera pokazale da foraminifere izložene različitim vrstama stresa na njega odgovaraju abnormalnim rastom: smanjenom veličinom kućica, aberantnim (nepravilnim) oblicima klijetki, dodavanjem klijetki, te stvaranjem dvostrukih i višestrukih kućica. U pravilu su ta istraživanja provedena na uzorcima iz područja pod jakim antropogenim utjecajem, gdje postoji kontaminacija teškim metalima i kemikalijama, zagađenje otpadnim vodama i izljevi nafte (ALVE, 1991; YANKO i sur., 1998; GESLIN i sur., 1998, 2002; VILELA i sur., 2004; BUZAS-STEPHENS i BUZAS, 2005; MERIÇ i sur., 2005; CEVISON i HALLOCK, 2007; LUCIANI, 2007; FRONTALINI i COCCIONI, 2008; POLOVODOVA i SCHÖNFELD, 2008; MADKOUR i ALI, 2008; DEBENAY i sur., 2009; MARTÍNEZ-COLÓN i sur., 2009; POPADIĆ i sur., 2013; VIDOVIĆ i sur., 2016). Ipak, abnormalnosti kućica nisu povezane samo sa zagađenjima. BOLTOVSKOY i sur. (1991) su povezali nepravilnosti rasta s prirodnim faktorima poput promjene temperature, povišenog ili smanjenog saliniteta, povišene ili smanjene količine nutrijenata, količine otopljenog kisika, količine svjetlosti, te tipa podloge. Morfološke abnormalnosti u kućica fosilnih foraminifera zabilježene su još od 19. i početka 20. stoljeća (CARPENTER, 1856; AMICIS, 1895; RHUMBLER, 1902). Opažene morfološke abnormalnosti kućica VBF na istraživanim uzorcima mogu se podijeliti u tri kategorije: (1) stvaranje dodatnog poludiska u diskoidalnih foraminifera, (2) razvoj dvostrukog ili višestrukog embrionalnog aparata, i (3) dvostruke ili višestruke kućice.

5.6.1. Dodatni poludisk

Pojava dodatnog poludiska uočena je na diskoidalnim porculanastim kućicama orbitolitesa. Na geološkom stupu 'Čikola I', na 274 m (pri vrhu podjedinice A2b), zanimljiva je brojnost kućica orbitolitesa, lako uočljiva i makroskopski (tab. 3, al. 1). U mikroskopskom izbrusku Č1.171b, uočen je presjek kućice orbitolitesa s tri kraka umjesto uobičajenog ˝leptirastog˝ izgleda (slika 21/A) (ŠPANIČEK i sur., 2017). U geološkom stupu ˝Novigrad˝, na 220 m, u mikroskopskom izbrusku NF.28 također je uočena kućica *O. complanatus* s tri kraka (slika 21/B). Na primjerku kućice u mikroskopskom izbrusku Č1.171b nije vidljiv prolokulus i dodatni poludisk nalazi se pod kutom

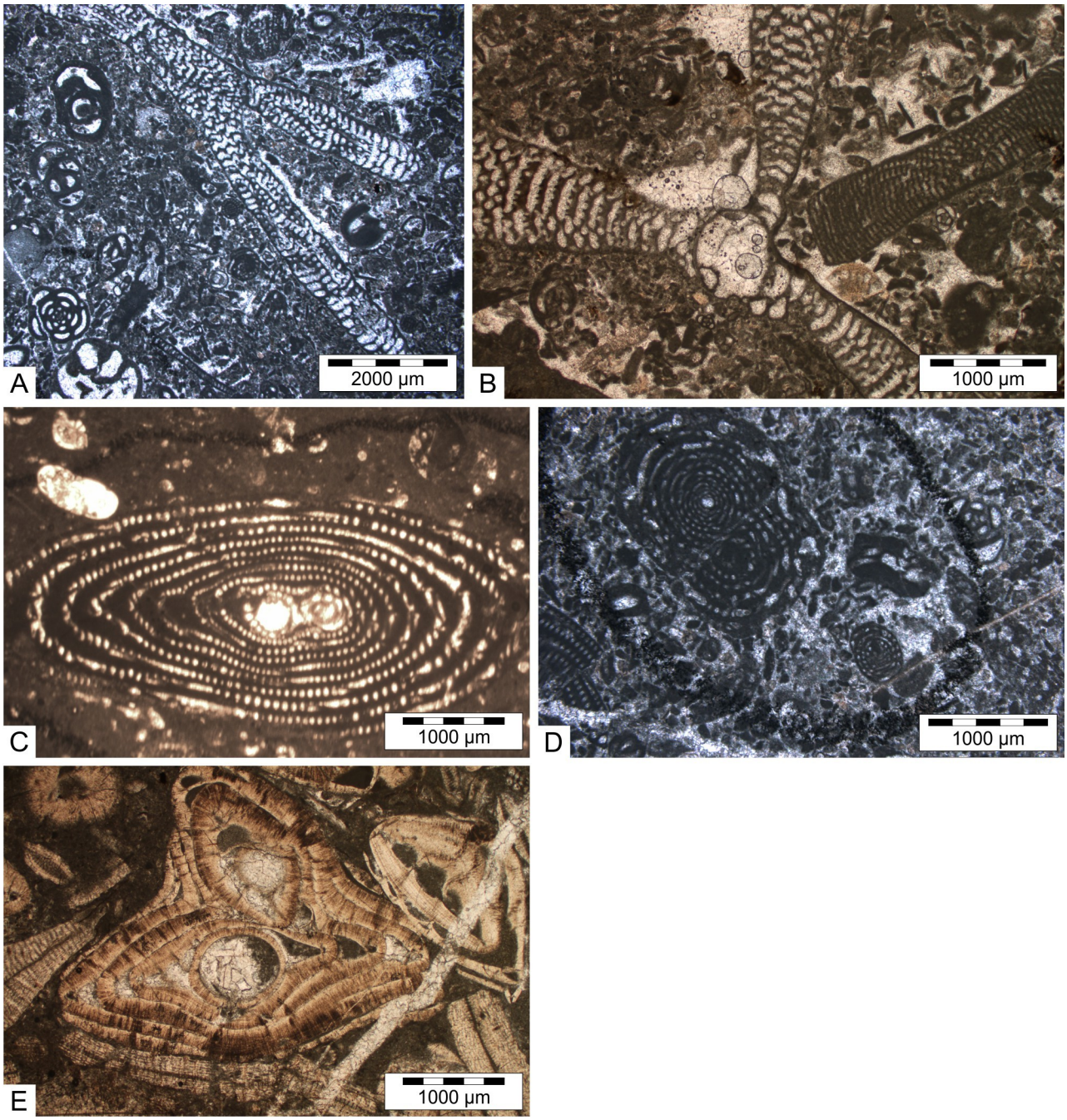
(slika 21/A). U mikroskopskom izbrusku NF.28 kućica ima prolokulus promjera 750 μm, a diskovi su gotovo pravilno raspoređeni i zatvaraju kut od 120° jedan u odnosu na drugog (slika 21/B).

5.6.2. Dvostruki ili višestruki embrionalni aparat

Na geološkom stupu 'Čikola I' u dva su uzorka uočene amalgamacije makrosferičnih embrionalnih klijetki u alveolina. Utvrđeno je postojanje dvije ili više embrionalnih klijetki u pojedinim jedinkama u uzorku Č1.57e (slika 21/C), na 57 m stupa (stratigrafska podjedinice A2a), te u uzorku Č1.84a (slika 21/D), na 101 m stupa (početak stratigrafske podjedinice A2b).

5.6.3. Dvostruka ili višestruka kućica

U geološkom stupu 'Čikola II', u uzorku Č2.l1, na otprilike 160 m stupa (središnji dio stratigrafske jedinice B4), uočena je pojava ˝dvostruke˝ kućice u numulita (slika 21/E). Sam nalaz je zanimljiv jer se radi o dvije makrosferične jedinke kućice (jedna ima dva, druga četiri zavoja) koje su se u jednoj fazi spojile i nastavile rasti zajedno. Do spajanja nije došlo u juvenilnom stadiju, već je prošlo određeno vrijeme odvojenog rasta prije nego li su jedinke počele zajednički graditi kućicu. Kut između dvije početno planspiralne kućice je 58°.



Slika 21. Neke deformacije kućica VBF pronađenih na istraživanom području: A) dodatni poludisk na kućici orbitolitesa, preparat: Č1.171b, geološki stup 'Čikola I'; B) dodatni poludisk na kućici *O. complanatus*, preparat: NF.28, geološki stup 'Novigrad'; C) amalgamacija megalosferičnih embrionalnih klijetki alveolina, preparat: Č1.84a, geološki stup 'Čikola I'; D) amalgamacija megalosferičnih embrionalnih klijetki alveolina, preparat: Č1.57e, geološki stup 'Čikola I'; E) dvostruka kućica ili ˝sijamski blizanci˝ numulita, preparat: Č2.l1, geološki stup 'Čikola II'.

6. DISKUSIJA

6.1. FACIJESNI POJASOVI I OKOLIŠI TALOŽENJA KARBONATNIH NASLAGA NA PROSTORU SJEVERNODALMATINSKOG PREDGORSKOG BAZENA

Bentičke foraminifere, a posebno skupina VBF pokazale su se korisnim alatom u rekonstrukciji paleookolišnih uvjeta. Zajednice VBF poslužile su kao temelj definiranja facijesnih pojasova karbonatnih naslaga na prostoru SdPB. Najbrojnije skupine u karbonatnim okolišima istraživanog područja bile su miliolide (male i trematoforne), aglutinirane konične foraminifere, alveoline, orbitolitesi, numuliti, asiline, operkuline, diskocikline, asterocikline, rotalije i obraštajuće foraminifere.

6.1.1. Facijesni pojasovi

Na temelju opisa i prostorne rasprostranjenosti 13 karbonatnih mikrofacijesa i u njima prepoznatih sedam fosilnih zajednica foraminifera, istraživane su naslage izdvojene u osam facijesnih pojasova, te je zaključeno kako se taloženje odvijalo na prostoru karbonatne platforme tipa karbonatne rampe.

FP 1: Brakični facijesni pojas

Mala raznolikost ostataka, ostrakodi tankih ljuštura i filamenti cijanobakterija, u dominantno muljevitom matriksu, predstavljaju okoliš niske energije u fotičkoj zoni s povremenim utjecajem slatke vode. Nalazi *Microcodium* sp. ukazuju na povremeno izranjanje (KOŠIR, 2004). Prisutnost ostataka haroficeja i kućica slatkovodnih puževa rodova *Stomatopsis* sp. i *Cosinia* sp. (MFT 1, geološki stup 'Čikola I'; prilog 1) ukazuju na plitki, zaštićeni okoliš slabo povezan s morem i s izrazitim utjecajem slatke vode. Blizina kopna prepoznaje se i po proslojcima ugljena.

UNUTARNJA RAMPA

FP 2: Međuplimni i podplimni facijesni pojas

Prisustvo miliolida (*Pyrgo* sp., *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* sp. i *Idalina* sp.), spirolina, diskorbidnih i aglutiniranih koničnih foraminifera (*Pseudochrysalidina* sp.) uz brojne bioturbacije u MFT 2 (geološki stupovi 'Čikola I' i 'Novigrad'; prilozi 1 i 3), ukazuju na vrlo plitki okoliš, niske energije vode, s muljevitim dnom obraslim vegetacijom, te promjenljivim salinitetom (cf.

MURRAY, 1991; GEEL; 2000; FLÜGEL, 2010). Brojne strukture ˝ptičjeg oka˝ su pouzdani pokazatelji taloženja u nadplimnom i/ili plitkom podplimnom okolišu (FLÜGEL, 2010).

FP 3: Facijesni pojas zaštićene morske lagune

Facijesni pojas zaštićene morske lagune obilježavaju brojne kućice miliolida, alveolina i koničnih foraminifera. Lagune u podplimnoj zoni su staništa aglutiniranih koničnih foraminifera (*Pseudochrysalidina* sp., *Pfendericonus* sp. i *Coskinolina* sp.) s pridruženim VBF, kao što su alveoline i rotalije (HOTTINGER i DROBNE, 1980; HOTTINGER, 1983; VECCHIO i HOTTINGER, 2007). U zaštićenim lagunama često su razvijene zajednice morskih trava, a takve su sredine karakterizirane brojnošću porculanastih foraminifera – miliolida i alveolina (cf. HOTTINGER, 1983, 1997; MURRAY, 1991; LANGER, 1993; GEEL, 2000; MATEU-VINCENS i sur., 2010; POMAR i sur., 2014). U zajednicama bogatim porculanastim foraminiferama ponegdje značajnu ulogu zbog velike brojčane zastupljenosti jedinki imaju aglutinirane konične foraminifere i orbitolitesi (MFT 3; geološki stupovi 'Čikola I', 'Čikola II' i 'Novigrad'; prilozi 1–3), kojima plitkomorski okoliši niske energije odgovaraju. Zanimljiva je pojava dodatnog poludiska na pojedinim kućicama orbitolitesa, koje su protumačene kao deformacije nastale uslijed kratkotrajnih ekstremnih uvjeta, kao što je povišena razina saliniteta (HOTTINGER, 1983). Vapnenci tipa vekston, s brojnim ostacima bodljikaša i miliolida (MFT 4; geološki stup 'Novigrad'; prilog 3), taloženi su u zaštićenim niskoenergijskim okolišima na prostoru unutarnje rampe (FLÜGEL, 2010). U ovom pojasu nalazi se i Alveolinsko–numulitna zajednica (MFT 5; geološki stup 'Novigrad'; prilog 3), koja prema BEAVINGTON-PENNEY i sur. (2004) također preferira plitkomorske zaštićene okoliše s dnom djelomično prekrivenim morskim travama. Zbog povremeno nešto povišene energije okoliša mogle su u neposredan kontakt nakon uginuća doći zajednice koje inače ne dijele životni prostor, kao što su alveoline i numuliti (BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004).

Temeljem podataka dobivenih sedimentološkom, mikrofacijesnom i mikropaleontološkom analizom taloženje ovih facijesa je interpretirano unutar pojasa zaštićene morske lagune. Prevladavanje karbonatnoga mulja u mikroskopskim izbruscima i nepostojanje tekstura koje upućuju na visokoenergijske okoliše podupiru takvu interpretaciju. Tek mjestimično se nalaze slojevi s abradiranim i fragmentiranim skeletnim ostacima, u kojima su ponegdje foraminifere strujno orijentirane paralelno sa slojevitošću, što je posljedica povremene više energije vode.

FP 4: Facijesni pojas unutarnje rampe

Facijesni pojas unutarnje rampe je karakteriziran miliolidnom i alveolinskom zajednicom. Brojni peloidi, u asocijaciji s kućicama porculanastih foraminifera (miliolida i alveolina), aglutiniranih koničnih foraminifera i s čestim malim rotalijama (MFT 6; geološki stupovi 'Čikola I' i 'Čikola II'; prilozi 1 i 2) ukazuju na taloženje u prostoru unutarnje rampe, u okolišu niske do umjerene energije (FLÜGEL, 2010). Nešto distalniji dijelovi unutarnje rampe, s niskom do umjerenom energijom, karakterizirani su koraljno–foraminiferskim pekstonima (MFT 7; geološki stupovi 'Čikola I' i 'Novigrad'; prilozi 1 i 3) s brojnim ostacima z-koralja, fragmentima koralinaceja, bodljikaša, mahovnjaka, obraštajućih foraminifera i VBF, kao što su lećasti numuliti i rotalije (cf. BACETA i sur., 2005; PERRIN, 1992; ZAMAGNI i sur., 2008; MORSILLI i sur., 2012).

SREDNJA RAMPA

FP 5: Facijesni pojas proksimalne srednje rampe

Ovaj facijes je karakteriziran numulitidnom zajednicom. Proksimalni dio srednje rampe je na geološkom stupu 'Čikola I' (prilog 1) obilježen malim rodolitima koralinaceja u vapnencima tipa pekston (MFT 9), uz brojne i raznovrsne obraštajuće foraminifere, fragmente bodljikaša i perforatne VBF (lećaste numulite, rotalije i rijetke ortofragmine). Naslage su nastale na prostoru srednje rampe, ispod VBLV, u fotičkoj zoni, uz povremene epizode povišene energije mora, koje su bile potrebne da bi nastali rodoliti (FOSTER, 2001). Fragmentacija i abrazija na ostacima bentičkih organizama ukazuje da je postojao određeni transport. Osim rodolita, u facijesnom pojasu srednje rampe taloženi su i vapnenci tipa pekston s brojnim fragmentima koralinaceja, koje tek mjestimice tvore kore, s perforatnim VBF: lećastim numulitima, asilinama i rijetkim kućicama operkulina (MFT 9; geološki stupovi 'Čikola II' i 'Novigrad'; prilozi 2 i 3). Oni ukazuju na uvjete srednje rampe, ispod VBLV (GEEL; 2000; BEAVINGTON-PENNEY i sur., 2005), kao i bioklastični vapnenci tipa pekston do rjeđe grejnston (MFT 8; geološki stup 'Novigrad'; prilog 3) u kojem su fragmentirani i sortirani ostaci raznolikih bentičkih organizama, u prvom redu obraštajućih foraminifera i koralinaceja, te bodljikaša, koralja, mahovnjaka i kućica perforatnih foraminifera (rotalija, asterigerina, ortofragminida i rijetkih planktonskih foraminifera). Mješavina sitno fragmentiranih crvenih alga s foraminiferama i drugim bentičkim organizmima ukazuje na bioklastični sediment koji je povremeno prerađivan (cf. BASSI i sur., 2007; VARRONE i D´ATRI, 2007).

FP 6: Facijesni pojas distalne srednje rampe

Facijesni pojas distalne srednje rampe je karakteriziran numulitidno–ortofragminidnom zajednicom. Velike plosnate kućice ortofragmina u vapnencima tipa pekston do radston (MFT 10; geološki stup 'Čikola II'; prilog 2) sugeriraju mezo- do oligofotičku zonu, s niskom energijom vode, odnosno na prostor distalne srednje rampe (cf. BEAVINGTON-PENNEY i RACEY, 2004; ĆOSOVIĆ i sur., 2004; BASSI, 2005).

FP 7: Facijesni pojas ˝muljnih humaka˝

Facijesni pojas ˝muljnih humaka˝ predstavlja bentičku zajednicu prilagođenu na život u okolišu niske energije, na području distalne srednje rampe, djelomično na muljevitoj, a djelomično na stjenovitoj podlozi (koralji i obraštajuće foraminifere) u mezofotičkoj zoni (BACETA i sur., 2005; MORSILLI i sur., 2012). Kolonijski koralji i koralji samci međusobno su povezani mikritnim vezivom unutar kojeg se nalaze kućice VBF (numulita i ortofragmina), kore i fragmenti koralinaceja, obraštajuće foraminifere (često oko samih koralja), mahovnjaci, bodljikaši i planktonske foraminifere (MFT 11; geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'; prilozi 4 i 5). Gdje u stijenama nema koralja nalazi se numulitidna zajednica, numulitne biostrome, s rijetkim i često fragmentiranim ostacima perforatnih VBF (numulita, operkulina, asterigerina), bodljikaša i koralinaceja, koje su taložene u niskoenergijskom okolišu srednje rampe muljevitog dna, u mezofotičkoj zoni, povremeno prerađivanom, vjerojatno olujama (cf. MORSILLI i sur., 2012) (MFT 12; geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'; prilozi 4 i 5).

VANJSKA RAMPA

FP 8: Facijesni pojas vanjske rampe

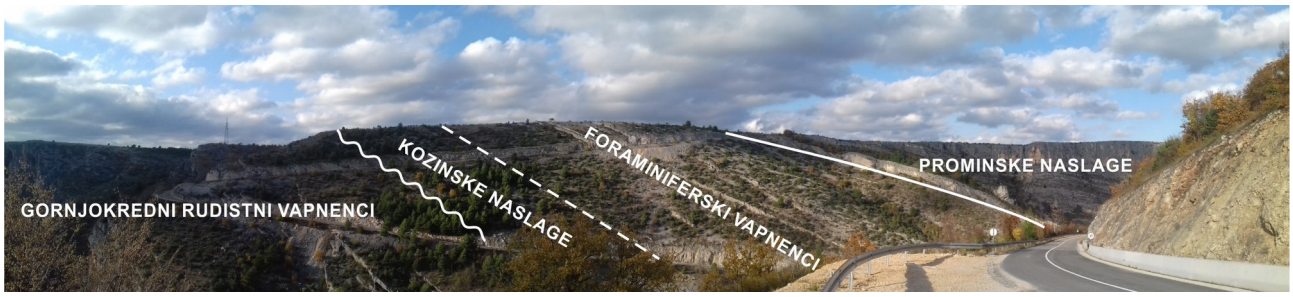
Facijesni pojas vanjske rampe je karakteriziran zajednicom planktonskih foraminifera. Vapnenci tipa madston do vekston, s čestim do brojnim kućicama planktonskih foraminifera (MFT 13; geološki stup 'Čikola II'; prilog 2) i mjestimičnim ostacima drugih bentičkih organizama, ukazuju na taloženje na dubinama većim od reprodukcijske dubine planktonskih framinifera, u prostoru vanjske rampe (cf. GEEL, 2000; FLÜGEL, 2010).

6.1.2. Rekonstrukcija okoliša taloženja

6.1.2.1. *Geološki stup 'Čikola I'*

Tijekom ranog eocena istaložena je otprilike 300 m debela vapnenačka serija, u plitkomorskim okolišima, u rasponu od brakičnih i zaštićenih do unutarnje i srednje karbonatne rampe. Općenito, taloženje se odvijalo u subtropskom, oligotrofičnom i eufotičkom okolišu (ŠPANIČEK i sur., 2017).

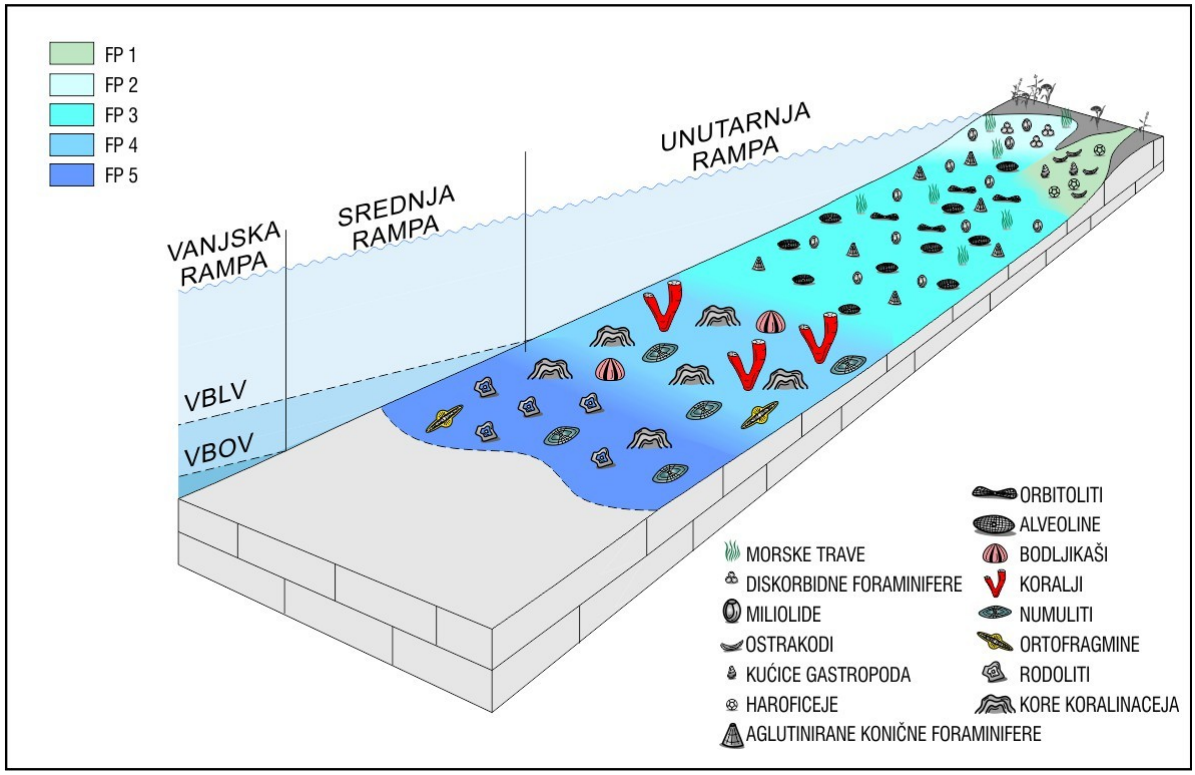
Ukupno je prepoznato šest tipova mikrofacijesa, koji ukazuju na raznolike taložne i okolišne uvjete, podijeljenih u pet facijesnih pojasova na temelju dominantne foraminiferske zajednice, što upućuje na raznolikost plitkomorskih organizama (posebno VBF) (ŠPANIČEK i sur., 2017).



Slika 22. Panoramska snimka geološkog stupa 'Čikola I'. Na gornjokredne rudistne vapnence nekonformno naliježu istraživane donjoeocenske Kozinske naslage i Foraminiferski vapnenci, koji su prividno konkordantno prekriveni Prominskim naslagama (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Plitkomorska karbonatna sedimentacija je započela transgresivnim naslagama brakičnog facijesnog pojasa (FP 1) u kojima su nađeni oogoniji haroficeja, kućice puževa i ostrakodi, uz proslojke ugljena. Te su naslage opisane kao litostratigrafska jedinica Kozinske naslage, a nalaze se iznad okršenih gornjokrednih rudistnih vapnenaca kampanske starosti (MAMUŽIĆ, 1975b). Kao što je već spomenuto u tekstu, sama granica krede i paleogena nije jasno vidljiva na terenu i označena je ostacima *Microcodium* sp. Prema KOŠIR (2004), *Microcodium* sp. su nastajali tijekom rane faze razvoja paleotla i vjerojatno predstavljaju ostatke specifičnih pionirskih vaskularnih biljaka, koje su mogle kolonizirati vapnenačke podloge tijekom početne faze okopnjavanja. Manjak biostratigrafskih markera onemogućio je preciznu odredbu starosti Kozinskih naslaga. Kako je poznato iz literature, na prostoru sjeverne Dalmacije transgresija je započela u srednjem ˝kvizu˝ (SBZ 11; DROBNE i sur., 1991), te se može pretpostaviti približno takva starost. Na temelju

identificiranih alveolina i pripadajuće foraminiferske zajednice određena je gornjoiperska (SBZ 11–12) starost naslaga Foraminiferskih vapnenaca koji leže iznad Kozinskih naslaga (slika 22). Slabljenje brakičnog utjecaja i uspostavljanje potpuno morskog režima očituje se u taloženju Foraminiferskih vapnenaca, koji sadrže miliolide, VBF (alveoline, orbitolitese, numulite i rijetke ortofragmine) i aglutinirane konične foraminifere (ŠPANIČEK i sur., 2017). Taloženje je bilo na prostoru rampe u niskoenergijskom međuplimnom i/ili podplimnom facijesnom pojasu (FP 2), facijesnom pojasu zaštićene lagune (FP 3), nisko do umjerenoenergijskom facijesnom pojasu unutarnje rampe (FP 4) i proksimalnom dijelu srednje rampe (FP 5). Međuplimni i/ili podplimni facijesni pojas (FP 2) obilježavale su brojne kućice malih miliolida, spirolina i diskorbidnih foraminifera, uz brojne strukture ″ptičjeg oka″ i intenzivnu bioturbaciju ubušivanjem. Najraznovrsnija zajednica miliolida, aglutiniranih koničnih foraminifera, alveolina i orbitolitesa obilježavala je facijesni pojas zaštićene morske lagune (FP 3), karakteriziran postojanjem ″livada″ morskih trava. Na prostoru unutarnje rampe su kućice porculanastih foraminifera (miliolida i alveolina) i rotalija taložene uz peloide (FP 4), a distalni dijelovi su bili karakterizirani zajednicom z-koralja, različitih bentičkih organizama i dominantno perforatnih foraminifera (rotalije, numuliti i ortofragmine). Srednji dio karbonatne rampe (FP 5) bio je obilježen brojnošću koralinaceja, koje su tvorile čak i rodolite, s dominantno perforatnim VBF (numulitima). Plitkomorsko taloženje na prostoru današnjeg stupa 'Čikola I' imalo je agradacijski karakter (slika 23). Serija naslaga Foraminiferskog vapnenca završava prividno konkordantnim slojevima masivnog bioklastičnog madstona, s tankim slojevima i lećama silta i sitnozrnastog pješčenjaka, koji predstavljaju početak Prominskih naslaga Čikola podbazena (slika 22), što znači da se tome može pretpostaviti tektonski uzrok (MRINJEK i sur., 2012; ŠPANIČEK i sur., 2017).



Slika 23. 3D model rekonstrukcije paleookoliša tijekom ranog eocena, na lokalitetu 'Čikola I' (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

6.1.2.2. *Geološki stup 'Čikola II'*

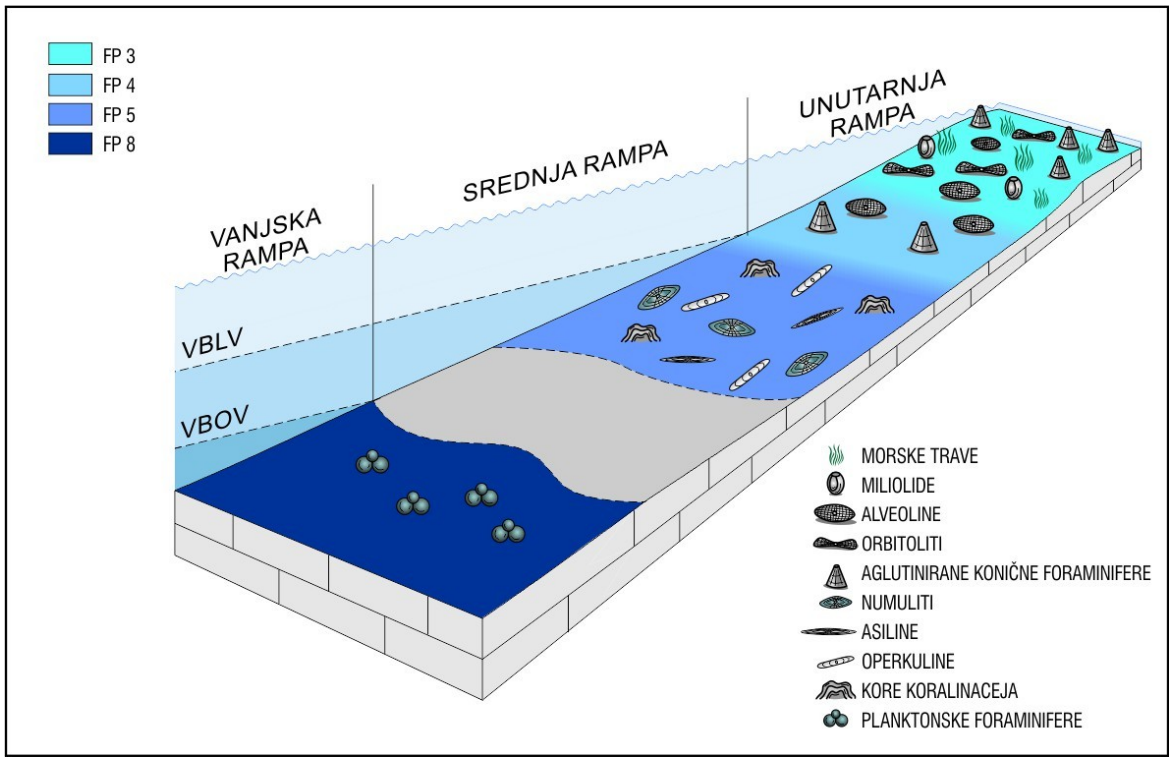
Tijekom ranog i srednjeg eocena istaložena je otprilike 180 m debela serija plitkomorskih i dubljemorskih vapnenačkih i kalciklastičnih naslaga stratigrafske jedinice B3. Vapnenačke su naslage taložene u okolišima srednje do vanjske rampe, u subtropskom i oligotrofičnom moru.

Prepoznato je ukupno pet tipova mikrofacijesa podijeljenih u pet facijesnih pojasova na temelju dominantne foraminiferske zajednice, što upućuje na raznolikost taložnih i okolišnih uvjeta.

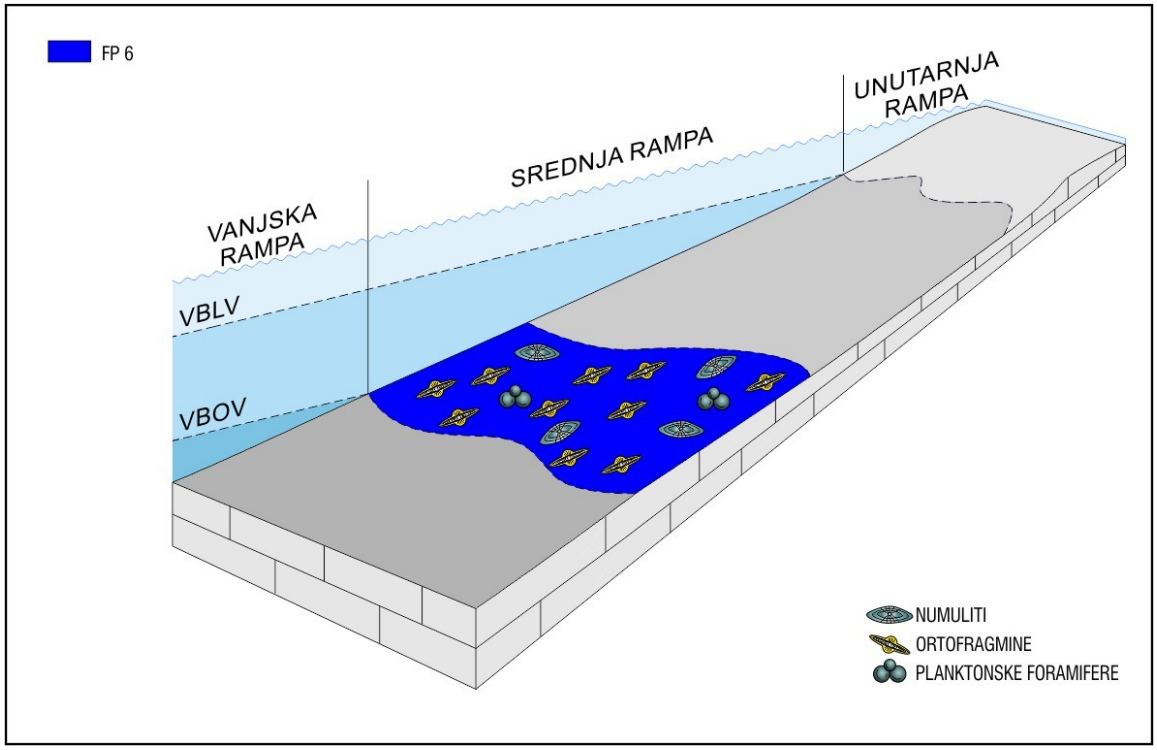
Slika 24. Panoramska snimka istraživanog lokaliteta 'Čikola II'. Na donjoeocenskim Foraminiferskim vapnencima slijede Prijelazne naslage, koje su diskordantno prekrivene Prominskim naslagama unutar kojih se nalaze Gornji Numulitni vapnenci.

Najstarije istraživane naslage na geološkom stupu 'Čikola II' su plitkomorski Foraminiferski vapnenci s bogatom zajednicom VBF, taloženi na unutarnjoj rampi (slika 24). Na temelju identificiranih aglutiniranih koničnih foraminifera i pripadajuće foraminiferske zajednice u stratigrafskoj podjedinici B1a određena je gornjoiperska starost (SBZ 11–12) Foraminiferskih vapnenaca. Ove naslage sadrže kućice miliolida, VBF (alveolina, orbitolitesa, numulitida) i aglutiniranih koničnih foraminifera, a taložene su u niskoenergijskom facijesnom pojasu zaštićene morske lagune (FP 3), nisko- do umjerenoenergijskom facijesnom pojasu unutarnje rampe (FP 4) i proksimalnom dijelu srednje rampe (FP 5). Facijesni pojas zaštićene morske lagune (FP 3) obilježen

je zajednicom malih i trematofornih miliolida, alveolina, aglutiniranih koničnih foraminifera i orbitolitesa, koji sugeriraju postojanje ˝livada˝ morskih trava. Facijes unutarnje rampe (FP 4) je na stupu 'Čikola II' obilježen brojnim peloidima, kućicama porculanastih, aglutiniranih koničnih foraminifera, te čestim malim rotalijama. Na ovim naslagama slijede naslage facijesa proksimalne srednje rampe (FP 5), s brojnim i dobro sortiranim fragmentiranim ostacima raznolikih bentičkih organizama, primarno koralinaceja i perforatnih VBF, kao što su numuliti, asiline i operkuline, kao i bodljikaša, koralja, mahovnjaka i kućica drugih foraminifera (obraštajuće foraminifere, male miliolide, rijetke alveoline). Za postanak takvih naslaga važne su bile povremene struje (BASSI i sur., 2007; VARRONE i D´ATRI, 2007). Produbljivanje, odnosno potapanje rampe, očituje se u taloženju facijesa vanjske rampe (FP 8), hemipelagičkih i pelagičkih naslaga s brojnim kućicama planktonskih foraminifera (Prijelazne naslage) (slika 25). Na njima s jedva zamjetnom kutnom diskordancijom od 3 do 4° slijede Prominske naslage podbazena Čikola, sitnozrnasti vapnenci tipa madston i kalkareniti (MRINJEK i sur., 2012). To su obalne (*shoreface*) naslage nastale pod utjecajem stalnih, snažnih valova i povremenih olujnih događaja, te prijelazne *offshore* (prostor vanjske rampe) naslage nastale taloženjem hemipelagičkog mulja iz suspenzije, ispod VBOV, povremeno poremećene olujnim događajima. Kraj istraživanog slijeda obilježava ponovna uspostava tipične vapnenačke sedimentacije, koja se u literaturi spominje kao Gornji Numulitni ili Litotamnijski vapnenci (SCHUBERT, 1908, 1909b; SAKAČ, 1961; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016) (slika 24), koji na geološkom stupu 'Čikola II' odgovaraju facijesima nastalim na distalnom dijelu srednje rampe (FP 6). u tom se području talože naslage s brojnim kućicama velikih i plosnatih ortofragmina, gusto naslaganih jedne na druge (slika 26). Na njima kontinuirano slijede kalkareniti Prominskih naslaga podbazena Čikola (MRINJEK i sur., 2012).



Slika 25. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Čikola II' tijekom ranog eocena.



Slika 26. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Čikola II' tijekom srednjeg eocena.

6.1.2.3. *Geološki stup 'Novigrad'*

Na geološkom stupu 'Novigrad' istaloženo je otprilike 280 m plitkomorskih vapnenačkih naslaga istaloženo je u raznolikim okolišima unutarnje rampe u toplom (subtropskom) i oligotrofičnom moru tijekom ranog eocena (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

U vapnenačkoj seriji donjeg eocena prepoznata su tri tipa mikrofacijesa, koji su na temelju dominantne foraminiferske zajednice grupirani u dva facijesna pojasa.

Slika 27. Panoramska snimka geološkog stupa 'Novigrad'. Na gornjokredne rudistne vapnence nekonformno naliježu donjoeocenski Foraminiferski vapnenci, čiji je vršni dio prekriven slojem boksita. Boksit je nekonformno prekriven srednjoeocenskim Gornjim Numulitnim vapnencima), koji pripadaju Prominskim naslagama.

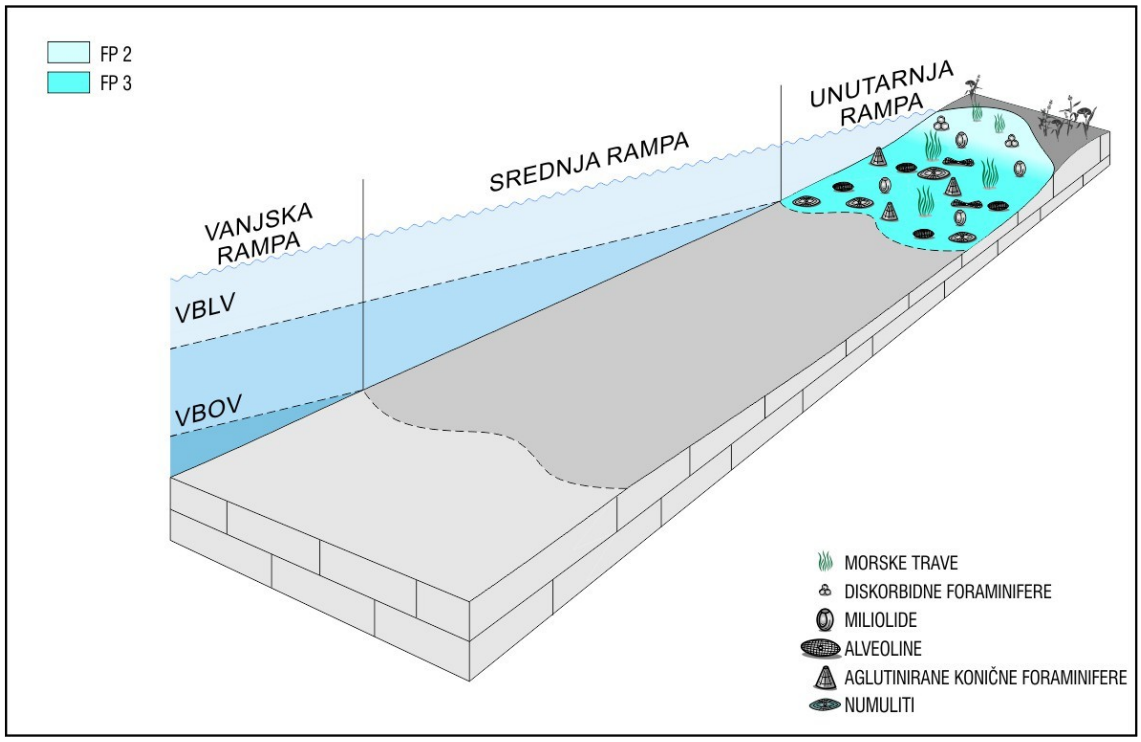
Na stupu 'Novigrad' paleogenska plitkomorska sedimentacija započinje transgresivnim vapnenačkim naslagama, s raznovrsnom zajednicom VBF (Foraminiferski vapnenci), taloženim na prostoru unutarnje rampe. Foraminiferski vapnenci taloženi su povrh okršenih gornjokrednih rudistnih vapnenaca (kampanske starosti; MAMUŽIĆ, 1975b), ali sâm kontakt je prekriven recentnim plažnim sedimentima (slika 27). Na temelju identificiranih alveolina, trematofornih miliolida i aglutiniranih koničnih foraminifera određena je gornjoiperska starost ovih vapnenaca (SBZ 11–12) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Naslage Foraminiferskih vapnenaca taložene su u niskoenergijskom međuplimnom i/ili podplimnom facijesnom pojasu (FP 1) i dominantno u facijesnom pojasu zaštićene morske lagune (FP 3). Podplimni facijes je obilježen strukturama ˝ptičjeg oka˝ i prevladavanjem sitnozrnastog karbonatnog mulja s brojnim kućicama malih miliolida, spirolina i diskorbidnih foraminifera. Brojne jedinke s imperforatnim stijenkama (male i

trematoforne miliolide, kao i alveoline), aglutinirane konične foraminifere i orbitolitesi, te mjestimično i lećasti numuliti, nalaze se u naslagama istaloženima u zaštićenim lagunama s algalnim/travnatim pokrovom na dnu ili u blizini algalnog/travnatog pokrova (FP 3) (slika 28).

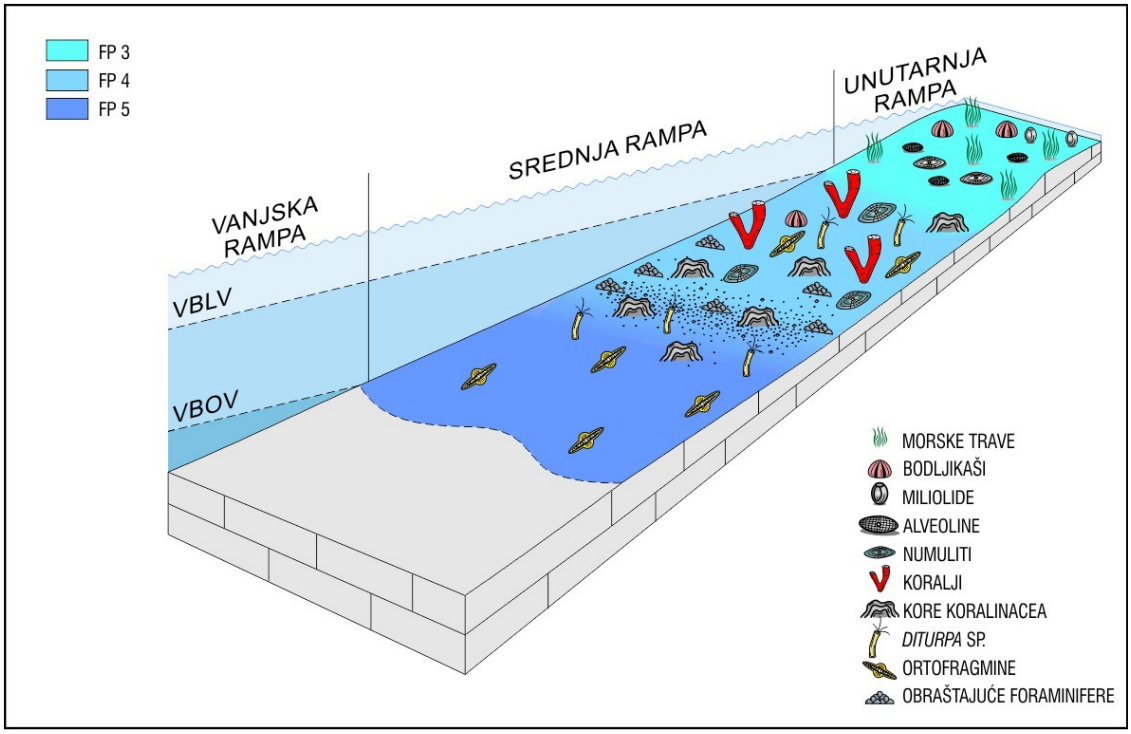
Krajem ipra došlo je do okopnjavanja, o čemu svjedoči pojava boksita iznad Foraminiferskih vapnenaca, na kojem erozijski/transgresivno slijede srednjoeocenski vapnenci u literaturi poznati kao Gornji Numulitni vapnenci (SCHUBERT, 1908, 1909b; SAKAČ, 1961; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017) (slika 27). Na temelju identificiranih alveolina ovaj, otprilike 120 m debeli slijed vapnenaca, taložen je najkasnije tijekom luteta (SBZ 13). Naslage Gornjih Numulitnih vapnenaca taložene su u okolišima unutarnje i srednje rampe.

Određeno je ukupno pet mikrofacijesa, koji su grupirani u tri facijesna pojasa. Paleookolišni model Gornjih Numulitnih vapnenaca u stupu 'Novigrad' prikazan je na slici 29. Ponovna uspostava sedimentacije obilježena je tankim slojem konglomerata koji sadrže valutice Foraminiferskih vapnenaca i gornjokrednih rudistnih vapnenaca. Karbonatna sedimentacija započinje taloženjem u okolišima plitke, mirne zaštićene lagune (FP 3) gdje su jedinke ˝malih˝ miliolida (jednostavne građe kućica i malih dimenzija odraslih jedinki) i fragmenti bodljikaša brojni, a nalazimo i kućice alveolina i numulita. Slijede naslage taložene u okolišima unutarnje rampe, obilježene zajednicom z-koralja, različitih bentičkih organizama i dominantno perforatnih foraminifera (rotalije, numuliti i ortofragmine) (FP 4), te naslage nastale na prostoru proksimalne srednje rampe (FP 5). Na proksimalnom dijelu srednje rampe istaložene naslage sadrže brojne fragmente koralinaceja, tako da one mjestimično stvaraju i algalne bandstone, kao i naslage s brojnim fragmentiranim i dobro sortiranim ostacima različitih bentičkih organizama, među kojima se po brojnosti izdvajaju obraštajuće foraminifere, koralinaceje i perforatne VBF. Valja spomenuti i brojne nalaze kako čitavih tako i fragmentiranih skeleta tubularnog serpulida *Ditrupa* sp. (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Opisane naslage karbonatne rampe, na kojoj su postojali razmjerno plitki okoliši niske do umjerene energije mora, transgresivno su prekrivene Prominskim naslagama Novigradskog podbazena. To su *offshore* (prostor vanjske rampe) vapnenci tipa madston nastali taloženjem hemipelagičkog mulja iz suspenzije (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Povrh ovog prvog, najdebljeg sloja Gornjih Numulitnih vapnenaca postoje još četiri tanje serije vapnenačkih naslaga, debljine od po nekoliko metara, koje nisu bile predmet ovog istraživanja (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).



Slika 28. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Novigrad' tijekom ranog eocena.



Slika 29. 3D model rekonstrukcije paleookoliša na lokalitetu 'Novigrad' tijekom srednjeg eocena (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur. 2017 i modificirano).

6.1.2.4. *Geološki stupovi 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'*

Neformalna litostratigrafska jedinica Ostrovica (MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012) pripada Prominskim naslagama. To je otprilike 600 m debela serija naslaga srednje- do gornjoeocenske starosti. Između mjesta Lišane i Bribir jedinica kontinuirano slijedi na Prijelaznim naslagama ili nekonformno direktno naliježe na Foraminiferske vapnence. Na istraživanom području bilo je moguće pratiti samo središnji dio formacije jer su njezini donji i gornji dijelovi prekriveni kvartarnim naslagama i/ili gustom vegetacijom (MRINJEK i sur., 2012).

Slika 30. Panoramska snimka geološkog stupa 'Ostrovica' s označenim naslagama srednjoeocenskih vapnenačkih interkalacija (Gornjih Numulitnih vapnenaca), unutar nižeg dijela Prominskih naslaga.

Neformalna litostratigrafska jedinica je heterolitski slijed naslaga gdje se izmjenjuju tanko- do srednjeslojeviti glinoviti biokalkareniti (debljine 5 do 120 cm), s tanko- do srednjeslojevitim biokalkarenitima (debljine 10 do 50 cm). Fragmentirani i oštećeni ostatci koralja, ljuštura školjkaša, kućica puževa, fragmenti mahovnjaka, kućice bentičkih (numulita, asterigerina, operkulina, asilina, ortofragmina, miliolida i obraštajućih foraminifera) i planktonskih foraminifera te fragmenti koralinaceja sačinjavaju naslage koje su intenzivno bioturbirane i sadrže promjenljivi postotak siliciklastične komponente, mjestimice i do 25% (PENCINGER, 2012; MRINJEK i sur., 2012). Na temelju strukturnih karakteristika i fosilnog sadržaja zaključeno je da se taloženje odvijalo u tranzicijskoj *offshore* (prostor srednje rampe) i *offshore* zoni (prostor vanjske rampe), pod utjecajem povremenih olujnih događaja i uz razmjerno visok donos sedimenta, vjerojatno u blizini prodelte (ĆOSOVIĆ i sur., 2014). Uočen je i generalni trend oplićavanja naviše, predstavljen smanjenjem udjela planktonskih foraminifera od središnjeg prema vršnom dijelu formacije (od 12% do praktički 0%; prema odredbama dr. sc. Sanje Živković u MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012).

Između mjesta Lišani i Ostrovica monotonija heterolitskog slijeda prekinuta je interkalacijama vapnenaca, u obliku leća debljine od jedan do četiri metara ili slojeva do 1,2 m debljine (Gornji Numulitni vapnenci; SCHUBERT, 1908, 1909b; SAKAČ, 1961; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Ovi su vapnenci ograničenog lateralnog pružanja, od nekoliko desetaka do 250 m i obilježeni su kososlojevitim glinovitim kalcilutitima, npr. na brdu Grabova Glava (slika 19/C) (PENCINGER, 2012).

U središnjem dijelu formacije istraživan je 70 m debeli slijed naslaga – geološki stup 'Ostrovica' (slika 30). Unutar ovog slijeda izdvojeno je šest vapnenačkih interkalacija, opisana su dva mikrofacijesa i jedan facijesni pojas. Vapnenci su taloženi u facijesnom pojasu ˝muljnih humaka˝ (FP 7) koji je bio razvijen na prostoru distalne srednje rampe tijekom SBZ 15–17, dakle od kasnog luteta do ranog bartona (slika 32).

Sama struktura ˝muljnih humaka˝ je mehanička akumulacija mulja i različite količine fosila donešenih iz okolnih područja, koji obično imaju vertikalno zoniranu jezgru bez razvijene grebenske rešetke, okruženu bočnim facijesima razmjerno strmo nagnutih slojeva (JAMES i BOURQUE, 1992). Unutar jedinice Ostrovica ovakva je struktura dobro vidljiva na brdu Grabova Glava (slika 31), gdje je i snimljen sedam metara debeo stup 'Grabova Glava' (prilog 5).

Slika 31. Snimka lokaliteta ˝Grabova Glava˝, na kojem je snimljen geološki stup sa strukturama ˝muljnih humaka˝.

Za rast humaka neophodni su bili organizmi koji su nakupljali donešeni muljni materijal, npr. u brojnim nepravilnim šupljinama, što su u slučaju izdanka 'Grabova Glava' činili kolonijski koralji i koralji samci. Oni su onemogućili da mulj bude odnešen iako su muljni humci vezani za područja s nižom energijom vode. Takav je sediment dodatno vezan obraštajućim organizmima (koralinacejama i obraštajućim foraminiferama). Skeleti organizama uglavnom su ostajali na svojem mjestu, ali nisu morali nužno biti sačuvani u položaju rasta. Većina je sedimenta nastala usitnjavanjem skeleta organizama koji su živjeli unutar i oko humka, te različitim biološkim razarajućim djelovanjima organizama koji su nastanjivali prostor humka.

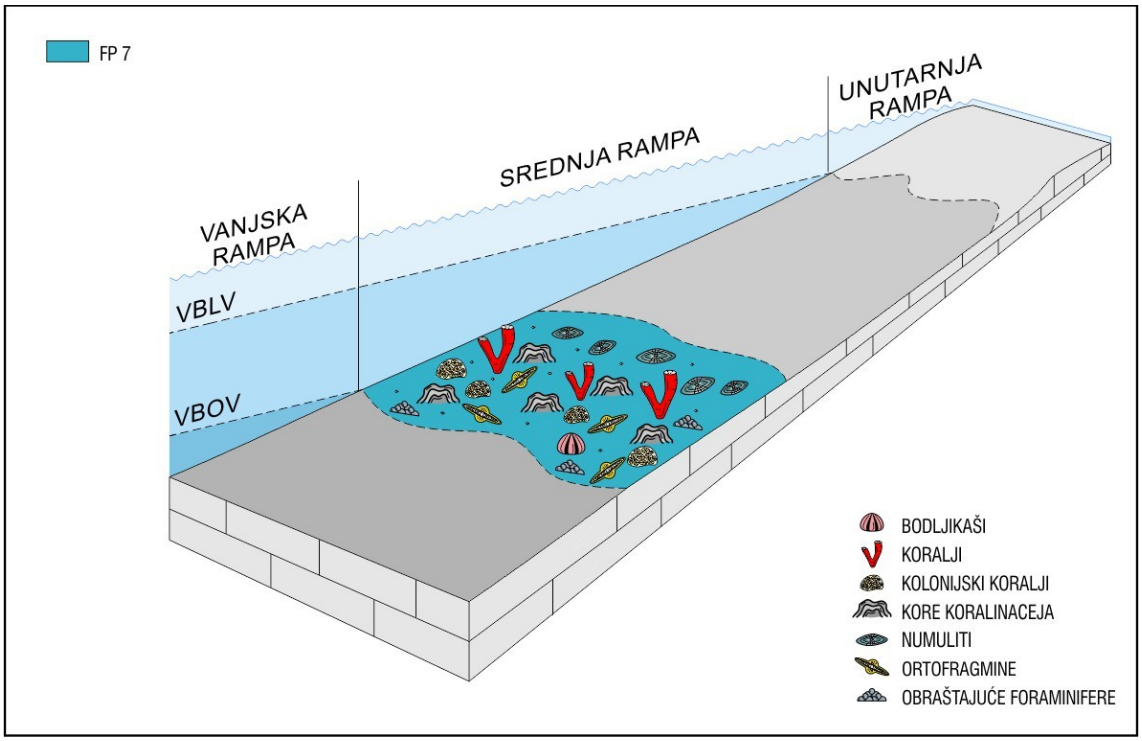
Prilikom ranijih istraživanja naslaga jedinice Ostrovica prikupljena je obilna količina makrofosilne faune i flore unutar heterolitskih slojeva i vapnenaca. Prena broju vrsta i njihovih primjeraka dominiraju koralji, školjkaši i puževi (makrofloru i faunu je odredio dr. sc. Goran Mikša; iz PENCINGER, 2012).

Određeni su sljedeći rodovi i vrste solitarnih i kolonijskih koralja: *Wellsia* sp., *Stylophora* sp., *Steptocyathopsis* sp., *Chevalierismilia* sp., *Placotrochus* sp., *Flabellum* sp., *Montanarophyllia* sp., *Protocycloseris* cf. *vinassai*, *Chevalieriphyllia* cf. *costata*, *Steptocyathus falloti* (GRANGE), *Circophyllia annulata* (REUSS), *Nicaeotrochus allonsensis* (TOURNOUËR), *N. cyclolitoides* (BELLARDI), *Placosmiliopsis fimbriatus* (MICHELIN), *Leptoseris dinarica* (OPPENHEIM), *Goniopora* sp., *Rhabdophyllia* sp., *Stylophora* sp., *Astrocoenia* sp., *Siderastrea morloti* (REUSS), *Cladocora prolifera* (D´ACHIARDI), *Astrocoenia lobato-rotundata* (MICHELIN), *Astrocoenia reussiana* (D´ACHIARDI) i *Astraeopora mostarensis* (OPPENHEIM). Pronađeni su i brojni rodovi i vrste školjkaša: *Cucullaea* sp., *Ostrea* sp., *Pecten* sp., *Miltha illyrica* (OPPENHEIM), *M. pullensis* (OPPENHEIM), *Pseudomiltha prominensis* (OPPENHEIM), *Pterolucina menardi* (DESHAYES), *Chama dissimilis* (BRONN), *Trachycardium dalmatinum* (DAINELLI), *Pholadomya puschi* (MÜNSTER) i *Spondylus buchi* (PHILIPPI).

Puževi su također vrlo česti, a identificirani su sljedeći rodovi i vrste: *Nerita* sp., *Campanile* sp., *Diastoma* sp., *Globularia* sp., *Velates perversus* (GMELIN), *Campanile lachesis* (BAYAN), *C. vicetinum* (BAYAN), *Cerithium cvijici* (DAINELLI), *Tympanotonos diaboli* (BRONGNIART), *Seraphs sopitus* (SOLANDER IN BRANDER), *Ampullina vulcani* (BRONGNIART) i *Postalia destefanii* (DAINELLI).

Ježinci su zastupljeni sljedećim rodovima i vrstama: *Echinolampas* sp., *Phymosoma* sp., *Conoclypus conoideus* (LESKE), *Eupatagus formosus* (LORIOL) i *Schizaster leymerieri* (COTTEAU).

U naslagama spomenutog područja sporadično se mogu uočiti tragovi fosilne flore (otisci listova i grančica) kao i tragovi ugljena. Od kopnenih biljnih vrsta utvrđeni su *Comptonia* sp. koja pripada porodici Myricaceae i *Tetraclinis* sp. koji pripada porodici Conifera.



Slika 32. 3D model srednjoeocenske karbonatne rampe na lokalitetu 'Grabova Glava'.

6.1.3. Paleoekologija foraminiferske zajednice istraživanih izdanaka

VBF se općenito smatraju K-stratezima prilagođenima na stabilne, oligotrofične okoliše (HOTTINGER, 1997). Unutar pojedinih skupina VBF jedinke A-generacija se smatraju više oportunistima (r-stratezima), a jedinke B-generacija specijalistima ili K-stratezima (HOTTINGER, 1999). Okolišni stres (niska temperatura, nedovoljno ili previše hrane ili svjetlosti, povišena energija vode, manjak kisika i niske pH-vrijednosti) odgovara jedinkama koje ulažu svoje resurse u razmnožavanje i karakteriziraju ih odlike kao što su visoka plodnost, veliki broj potomaka i kućice manjih dimenzija – odlike r-stratega. U nepovoljnijim, stresnim uvjetima, stvaraju se manji embriji A-generacije, dok se u stabilnijim, pogodnijim uvjetima razvijaju B-generacije (PÉCHEUX, 1995; BENEDETTI i sur., 2010). Tijekom istraživanja recentne vrste VBF *Operculina ammonoides* SIDEBOTTOM u Aquaba zaljevu otkriveno je da najveće kućice i predstavnike B-generacije imaju one jedinke koje žive na dubinama koje predstavljaju srednju vrijednost dubinskih raspona vrste (niti u najplićim niti u najdubljim zonama), u pojasu svojeg ekološkog optimuma prema dubini staništa. Jedinke koje nalazimo da žive u plićem i dubljem dijelu su predstavnici A-generacije i pokazuje odlike r-stratega (PÉCHEUX, 1995).

Foraminifere se mogu razmnožavati nespolno, dijeljenjem, kad se razvijaju stotine identičnih potomaka (KRÜGER i sur., 1997), ili spolno, produkcijom, ispuštanjem i spajanjem gameta u zigotu (KRÜGER i sur., 1997; HOHENEGGER, 2011). Razmnožavanje dijeljenjem se događa iz nediferencirane protoplazme koja okružuje ″stanicu-roditelja″. ″Stanice-kćeri″ (potomstvo) ostaju u roditeljskoj kućici dok ne razviju drugu klijetku, nakon čega se ispuštaju u okolnu morsku vodu (KRÜGER i sur., 1997). Svaka od ″stanica-kćeri″ sadrži dio roditeljske citoplazme sa simbiontima i svim organelima potrebnima mladoj foraminiferi za život. Životni ciklus foraminifera odgovara njihovom ciklusu razmnožavanja jer, u pravilu, razmnožavanje rezultira uginućem roditeljske stanice. Životni je ciklus VBF predstavljen nepravilnom ili pravilnom izmjenom dvije ili tri generacije, te ih odlikuje spolni dimorfizam jer se generacije u pojedinih vrsta razlikuju. Velike su foraminifere dimorfne, imaju dvije forme koje su rezultat izmjene generacija između haploidnog megalosferičnog gamonta s jednom jezgrom (spolna generacija koja proizvodi gamete – A generacija) i diploidnog mikrosferičnog agamonta (nespolna generacija koja producira potomstvo dijeljenjem – B-generacija) (RÖTTGER i sur., 1990; DETTMERING i sur., 1998). Uz ove dvije generacije postoji i treća, koja je dokumentirana u recentnih VBF, tzv. megalosferični shizont. Postojanje ove generacije može objasniti dominaciju megalosferičnih oblika u foraminiferskim zajednicama (RÖTTGER, 1974).

Shizonti su produkt dijeljenja i u sebi sadrže simbionte roditeljske stanice (DETTMERING i sur., 1998), dok su gamete, kao produkt mejoze, premale da nose simbionte tijekom formiranja zigote. B-generacija je diploid i dijeljenjem stvara haploidne gamonte, A2-generaciju, ili shizonte, A1-generaciju, koje mogu proizvesti nekoliko uzastopnih nespolnih generacija.

Jedinke s kućicama koje sadrže dvije ili više embrionalnih klijetki (prolokulusa), bez obzira je li to rezultiralo stvaranjem normalne ili deformirane kućice, nazivaju se u recentnih VBF polivalentne jedinke (LE CALVEZ, 1938; HOTTINGER, 2006b). One su opisane kao teratologične (NGUYEN, 1980) i nalaze se u fosilnih formi koje imaju mogućnost razmnožavanja shizogonijom (dijeljenjem). Najčešće se manifestiraju abnormalnom morfologijom kućice i višestrukim embrionalnim aparatom, a pretpostavlja se kako je uzrok njihovom nastanku promjena okolišnih uvjeta što utječe na jedinku tijekom njezine ontogenije (YANKO i sur., 1994; KRÜGER i sur., 1997).

Višestruki embrionalni aparati u VBF su opaženi i opisani u krednih orbitoida (OMAÑA i sur., 2012), eocenskih diskociklina (MERIÇ, 1992), recentnih numulitida (BRIGUGLIO i sur., 2011) i lepidociklina (BENEDETTI i PIGNATTI, 2013; BENEDETTI., 2015). U istraživanim naslagama dvostruke embrionalne aparate imaju alveoline koje se nalaze u naslagama geološkog stupa 'Čikola I' (SBZ 11–12) (slika 21/C, D). IBRAHIMPAŠIĆ (2004, 2012) je opisao brojne primjerke kućica alveolina s višestrukim prolokulusima, nađenim u naslagama starijim od SBZ 12–13 od Istre do središnje Dalmacije.

Konsenzus oko ovog fenomena ne postoji, a moguća objašnjenja su razvoj reproduktivne ciste s odebljalom stijenkom (STOUFF i sur., 1999; MERIÇ i sur., 2008), ili zakašnjelo pucanje reproduktivne ciste, tijekom shizogenije u stresnim uvjetima (MERIÇ, 1992). To može uzrokovati određeno kašnjenje u ispuštanju jako mladih megalosferičnih jedinki, koje se mogu spojiti i početi zajedničku izgradnju druge klijetke, te tako biti puštene u morsku vodu kao polivalentne jedinke (STOUFF i sur., 1999; MERIÇ i sur., 2008). Također, jedno je od mogućih objašnjenja spajanja megalosferičnih embrija da je to rezultat smanjene mogućnosti širenja jedinki nakon shizogenije. Smanjena mogućnost širenja je posljedica usporenog širenja pseudopodija jedinki do kojeg može doći pod utjecajem ekoloških čimbenika kao što su hipersalinitet (STOUFF i sur., 1999), niska pH-vrijednost (GESLIN i sur., 2002), disoksija (LEITER i ALTENBACH, 2010), zagađenje (YANKO i sur., 1994), vrlo niska energija vode (GESLIN i sur., 2000) i povišena količina nutrijenata (MERIÇ i sur., 2004). Pod utjecajem takvih stresnih uvjeta dvostruke ili višestruke kućice su znatno češće.

Dvostruke ili višestruke kućice opažene su i u recentnih (STOUFF i sur., 1999; MERIÇ i sur., 2004, 2008; BRIGUGLIO i sur., 2014) i u fosilnih bentičkih foraminifera (FERRÁNDEZ CAÑADELL, 2012; OMAÑA i sur., 2012; BENEDETTI i PIGNATTI, 2013; FERRÁNDEZ CAÑADELL i sur., 2014). Takav tip deformacija se najčešće povezuje s količinom stresa koja je prisutna u nekom okolišu, te njegov utjecaj na reproduktivne strategije ″stanica-roditelja″, i vezan je uz pojavu dvostrukih i višestrukih embrionalnih aparata, te abnormalno udvostručavanje druge i treće klijetke tijekom shizogenije (KRÜGER i sur., 1997; STOUFF i sur., 1999). U naslagama geoloških stupova 'Čikola I' (SBZ 11–12) (slika 21/A) i 'Novigrad' (SBZ 11–12) (slika 21/B) kućice orbitolitesa imaju dodatni poludisk. Prema HOTTINGER (1983), ekstremne vrijednosti saliniteta opažene u međuplimnim ″baricama″ često uzrokuju nepravilnosti u rastu kućica diskoidalnih porculanastih foraminifera koje tu žive.

Zanimljiv je primjer dvostruke kućice vrste *Nummulites aspermontis* SCHAUB pronađene na jugu Francuske, snimljene kompjutorskom tomografijom s visokom rezolucijom, što je omogućilo rekonstrukciju rasta jedinki. FERRÁNDEZ CAÑADELL i sur. (2014) su otkrili kako se u ovom slučaju radi o odvojenom rastu dviju jedinki prije spajanja, te nastavku zajedničkog rasta kao jedne jedinke, dakle dolazi do spajanja kućica odraslih jedinki. Vrlo sličan primjerak pronađen je u naslagama geološkog stupa 'Čikola II' (slika 21/E). Može se pretpostaviti da je tu također prošlo određeno vrijeme samostalnog rasta jedinki prije njihovog spajanja u dvostruku kućicu. FERRÁNDEZ CAÑADELL i sur. (2014) smatraju da je u tom slučaju došlo do zakazivanja sustava samoprepoznavanja (*alorecognition* – sposobnost organizama da razlikuju vlastito tkivo od drugih). Ovaj sustav ne djeluje u vrlo mladih jedinki (starih jedan dan), ali nakon par dana već djeluje i mlade se jedinke odbijaju (JENSEN, 1895). Pošto foraminifere odbijaju jedna drugu i izbjegavaju međusobni kontakt kad se sretnu kao odrasle jedinke, moraju se na neki način biti prisiljene spojiti. Mogućnost je mehanički nametnuta blizina (pokus u SCHWAB i SCHWAB-STEY, 1980), što bi se u prirodi moglo dogoditi prolaskom kroz probavni sustav metazoa, s određenim oštećenjima na kućicama, kao što su pucanje ili jetkanje tijekom prolaska kroz probavni sustav, te izlučivanjem živih primjeraka unutar fekalnih peleta gdje ostaju spojeni i nastavljaju rasti zajedno kao jedna dvostruka kućica. Različiti metazoi znaju progutati male i velike bentičke foraminifere, koje preživljavaju prolazak kroz probavni sustav uz oštećenja kućica (WALKER, 1971; CULVER i LIPPS, 2003; GOLDBECK i sur., 2005). S druge strane, spajanje odraslih jedinki može biti potaknuto biokemijskim procesima uslijed okolišnih uvjeta koji ograničavaju pokretljivost foraminifera, zajedno s pogreškom u sustavu samoprepoznavanja. Primjer za to je npr. okolišni stres

kao što su hipersalinitet ili zagađenje. U slučaju odraslih jedinki numulita teško je istaknuti salinitet kao uzrok stresa jer se radi o okolišima srednje rampe u kojima salinitet nije potencijalni faktor stresa (FERRÁNDEZ CAÑADELL, 2012), ali stres u takvim okolišima može uzrokovati povišena količina nutrijenata, dostupna količina svjetlosti i prozirnost vode, što može utjecati na simbiotski odnos.

Opažene morfološke abnormalnosti kućica rezultat su nekoliko bioloških (razmnožavanje, sustav samoprepoznavanja), ekoloških i okolišnih faktora (STOUFF i sur., 1999; MERIÇ i sur., 2008; FERRÁNDEZ CAÑADELL, 2012; FERRÁNDEZ CAÑADELL i sur., 2014; BENEDETTI, 2015). Učestalost abnormalosti je vjerojatno veća u stresnim okolišnim uvjetima, koji u slučaju nezagađenosti ljudskom aktivnošću odgovaraju plićoj ili dubljoj rasprostranjenosti proučavane skupine od njezinoga ekološkog optimuma, jer u tim manje povoljnim uvjetima prevladava nespolno razmnožavanje i r-strategija VBF.

Istraživane naslage predstavljaju treću i četvrtu fazu GCM ciklusa (HOTTINGER, 2001). U studiji raznolikosti i rasprostranjenosti alveolinida u paleogenskim plitkomorskim karbonatnim naslagama duž istočne obale Jadranskog mora DROBNE i sur. (2011) su pokazali da je raznolikost i brojnost alveolinida dosegla svoj vrhunac tijekom ″kviza″ (kasni ipr), s najvišim stupnjem endemizma uslijed diversifikacije plitkomorskih okoliša uzrokovanih porastom razine mora na granici ″ilerď″/″kviz″ (ipr). U lutetu je zajednica postala kozmopolitska, sa smanjenom raznolikošću vrsta. Prve dvije faze GCM ciklusa, kolonizacija malog broja vrsta (ponovna uspostava života nakon krednog izumiranja) i posljedična diverzifikacija nisu uočene na istraživanim lokalitetima, jer su se ti procesi odvijali ranije tijekom paleogena, dok na istraživanim lokalitetima u to vrijeme nije bilo taloženja zbog tektonskih i paleogeografskih prilika. Iako su navedene pojave zanimljive, ipak su vrlo rijetke (uočene su kod tek pet primjeraka), i stoga istražene naslage ukazuju na već stabilizirani okoliš o čemu svjedoče raznolike skupine VBF – trematoforne miliolide, alveoline, numuliti, orbitoliti, ortofragmine i aglutinirane konične foraminifere.

6.2. USPOREDBA ISTRAŽIVANIH IZDANAKA NA PODRUČJU SJEVERNE DALMACIJE

Razvoju dinaridskog predgorskog bazena u sjevernoj Dalmaciji prethodilo je okopnjavanje u mlađoj kredi, okršavanje i erodiranje naslaga mezozojske Jadranske karbonatne platforme (VLAHOVIĆ i sur., 2005). To je rezultiralo erozijskim nekonformitetom s lokalnim pojavama boksita (SAKAČ, 1961). Pretpostavlja se da je okopnjavanje predstavljalo posljedicu kolizije kontinentalnih ploča (Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče), radi čega se započela razvijati jezgra orogena i široko antiformno uzdizanje uz zonu kolizije (prema ROYDEN, 1993; CATUNEANU i sur., 1997; MATENCO i sur., 2010; RĂBĂGIA i sur., 2011; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Posljedično, podvlačenjem Jadranske mikroploče (HANDY i sur., 2014) započela je jugozapadno usmjerena orogenska kompresija (MRINJEK i sur., 2011) i razvoj predgorskog bazena, u svojoj početnoj fazi kao razvoj širokog *forebulge* sustava, što je uzrokovalo hijatus na granici kreda/paleogen (KORBAR, 2009).

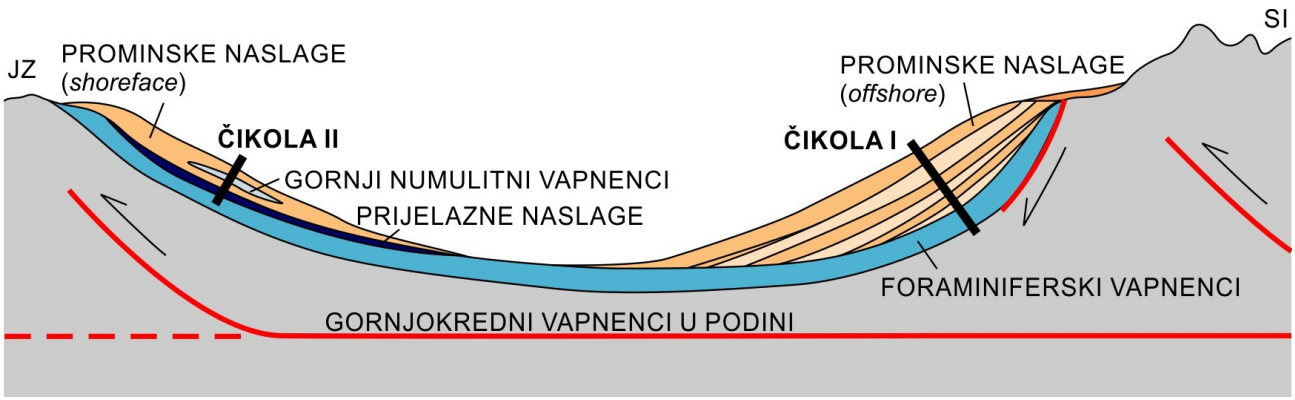
Na istraživanim lokalitetima vidljiva je diverzifikacija okoliša taloženja u predgorskom bazenu. Kako je napredovala orogenska kompresija razvoj sustava slijepih reversnih rasjeda transformirao je unutarnji dio predgorskog bazena u orogenski *wedge-top* bazen (MRINJEK i sur, 2012; PENCINGER, 2012), dok su istodobno u vanjskom dijelu – *foredeep* taložnoj zoni – taloženi Foraminiferski vapnenci u području *forebulge* taložnog sustava, koji su prekriveni debelom serijom (oko 900 m) turbiditnih naslaga poznatih kao Fliš (okolica Splita; PENCINGER, 2012). Sam *wedge-top* bazen je napredovanjem sustava slijepih reversnih rasjeda dodatno rascjepkan na manje podbazene, s time da su se na topografskim uzvišenjima, nastalim uslijed takovog deformiranja, tijekom srednjeg i mlađeg eocena razvijale karbonatne rampe (MRINJEK i sur., 2011, 2012, 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Razvoj takvih rampa na pojedinim dijelovima bazena bio je vremenski i postorno ne-sinhroniziran i izmjenjivao se s epizodama izdizanja topografskih uzvišenja, koja su istodobno bila izložena trošenju, a produkti trošenja su stvarali materijal za kalciklastite (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). *Wedge-top* bazen i vezani podbazeni su tijekom i nakon tektonskog sažimanja ispunjeni serijom plitkomorskih do kopnenih naslaga srednjoeocenske do oligocenske starosti, poznatima kao Prominske naslage (BABIĆ i ZUPANIČ, 1983, 2008, 2012; MRINJEK i sur., 2011, 2012). U okviru ovog rada obuhvaćena su tri takva podbazena koji su imali razvijenu plitkomorsku karbonatnu sedimentaciju na prostoru karbonatnih rampa: podbazen Čikola, Novigradski podbazen i podbazen Ostrovica.

U istraživanom području sjeverne Dalmacije paleogenska karbonatna sedimentacija započela je u srednjem ˝kvizu˝ (SBZ 11; DROBNE i sur., 1991), što je potvrđeno i rezultatima mikropaleontoloških analiza. Taloženje je započelo u formiranoj plitkomorskoj *foredeep* zoni, na blago nagnutim padinama široke *forebulge* taložne zone, gdje su formirane široko rasprostranjene karbonatne rampe (BABIĆ i ZUPANIČ, 2008, 2012) (prilog 6).

Tijekom ranog eocena na istraživanom području Kozinske su naslage taložene u dubljim dijelovima paleoreljefa okršenih krednih rudistnih vapnenaca. Taloženje se nastavilo Foraminiferskim vapnenacima, karakteriziranim bogatom zajednicom VBF, u okolišima unutarnje i srednje rampe, na području *forebulge* taložne zone. Na geološkom stupu 'Čikola I' oni obuhvaćaju oko 250 m debeli slijed naslaga (unutarnja i srednja rampa) (ŠPANIČEK i sur., 2017), na geološkom stupu 'Čikola II', zbog konfiguracije terena, obuhvaćen je samo vršni dio Foraminiferskih vapnenaca u debljini od 70 m (unutarnja i srednja rampa), a na geološkom stupu 'Novigrad' oko 280 m (unutarnja rampa) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Važno je napomenuti da je raspored i tip facijesnih pojasova Foraminiferskih vapnenaca vrlo sličan ili čak isti na sve tri lokacije. Idealno, prema modelu karbonatnih rampa (BURCHETTE i WRIGHT, 1992) karbonatna sedimentacija bi se trebala odvijati i na prostoru vanjske rampe, što je slučaj bio samo na stupu 'Čikola II' (gdje vapnenačka sedimentacija završava hemipelagičkim i pelagičkim Prijelaznim naslagama). Usprkos sličnim facijesnim pojasovima i foraminiferskim zajednicama koje ih izgrađuju, razvoj rampa nije bio jednak, što ukazuje da su drugi čimbenici značajno utjecali na oblikovanje prostora taloženja tijekom ranog eocena – vjerojatno različit stupanj tektonikih deformacija.

6.2.1. Podbazen Čikola

Podbazen Čikola je tijekom srednjeg i mlađeg eocena predstavljao razmjerno duboko i usko korito u *wedge-top* taložnoj zoni (MRINJEK i sur., 2012). U Čikola podbazenu istraživana su dva geološka stupa smještena na suprotnim stranama bazena (sjeveroistočnoj i jugozapadnoj strani). Na stupu 'Čikola I' na Foraminiferskim vapnencima pretpostavljena je konkordantna granica s Prominskim naslagama (ŠPANIČEK i sur., 2017). Prominske naslage su predstavljene sitnozrnastim dubljemorskim naslagama, a utjecaj slijepih reversnih rasjeda je vidljiv u izmjeni dubljemorskih (*offshore*) i plitkomorskih (*shoreface*) kalciklastičnih naslaga (MRINJEK i sur., 2012). Na suprotnoj strani bazena, na stupu 'Čikola II', očuvan je cijeli slijed plitkomorskih vapnenaca nastalih na karbonatnoj rampi, s okolišima od unutarnje, preko srednje (Foraminiferski vapnenci), do okoliša vanjske rampe (Prijelazne naslage). Na tom području nisu pronađene naslage Fliša, već na Prijelaznim naslagama, uz jedva zamjetnu kutnu diskordanciju od 3 do 4°, slijede Prominske naslage podbazena Čikola (MRINJEK i sur., 2012). U nižem dijelu to su dubljemorski vapnenci tipa madston i kalkareniti (MRINJEK i sur., 2012). Nakon aktivacije sustava slijepih rasjeda, na jugozapadnoj je strani bazena formirana razmjerno mala i kratkotrajna karbonatna rampa, na kojoj je istaložen pet do sedam metara debeo slijed vapnenaca (Gornji Numulitni vapnenci; SCHUBERT, 1908, 1909b; SAKAČ, 1961; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017) u kojima dominiraju VBF (ortofragmine i numuliti), i za koji se može pretpostaviti da je nastao u okolišu koji odgovara srednjoj rampi. Na njima slijedi ostatak Prominskih naslaga, plitkomorskih (*shoreface*) do dubljemorskih (*offshore*) kalciklastičnih naslaga (MRINJEK i sur., 2012) (slika 34; prilog 6).

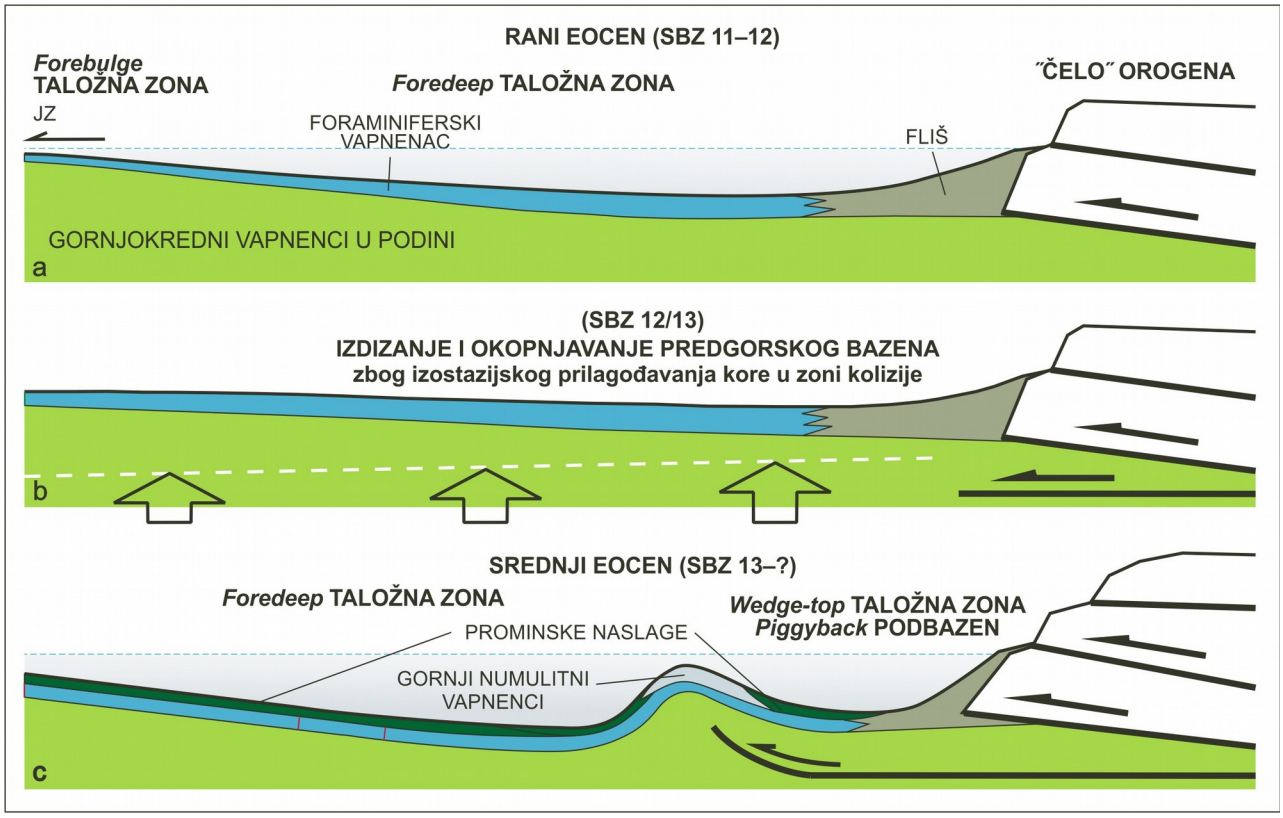


Slika 33. Shematski presjek podbazena Čikola (znatno prenaglašenog vertikalnog mjerila). Na suprotnim stranama podbazena Čikola, iznad naslaga Foraminiferskih vapnenaca, te Prijelaznih naslaga u slučaju stupa 'Čikola II', taložene su različite serije naslaga tijekom srednjeg eocena. Neujednačeno izdizanje podloge uslijed aktivacije sustava slijepih reversnih rasjeda, uzrokovalo je izdizanje i plitkomorsku sedimentaciju *shoreface* Prominskih naslaga i Gornjih Numulitnih vapnenaca na JZ strani bazena (stup 'Čikola II'), uz istodobno taloženje dubljemorskih *offshore* Prominskih naslaga, na SI strani bazena (stup 'Čikola I') (preuzeto iz MRINJEK i sur., 2012 i modificirano).

6.2.2. Novigradski podbazen

Novigradski podbazen je interpretiran kao usko korito razvijeno u unutarnjem dijelu *wedge-top* bazena (MRINJEK i sur., 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). U njemu su opisani Foraminiferski vapnenci nekonformo prekriveni serijom Gornjih Numulitnih vapnenaca (BABIĆ i ZUPANIČ, 2016) lutetske starosti i debljine oko 120 m, koji su nastali na rampi razvijenoj na sjeveroistočnoj strani podbazena. Ovaj erozijski nekonformitet krajem ipra predstavlja epizodu izdizanja i okopnjavanja dijela predgorskog bazena (o čemu svjedoče i nalazi boksita; SAKAČ, 1961, 1969), a objašnjen je izostazijskim prilagođavanjem kore u zoni kolizije (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Ovo izdizanje je bilo razmjerno kratkotrajno (na samoj granici SBZ 12/13) i prostorno ograničeno, a bilo je istodobno s opisanim procesom tektonskog sažimanja, koje je pretvorilo unutarnji dio predgorskog bazena u orogensku *wedge-top* taložnu zonu. Tim procesima je uspostavljena plitkomorska karbonatna sedimentacija u samom početku razvoja podbazena (prilog 6). Sâma rampa karakterizirana je raznolikom zajednicom organizama: VBF (numuliti i rijetke ortofragmine), kolonijskim koraljima i koraljima samcima, fragmentima i nakupinama koralinaceja, skeletima

serpulida (*Ditrupa* sp.) i mahovnjaka, a taloženje se odvijalo u okolišima unutarnje i srednje rampe. Iznad ove serije karbonatnih naslaga nalaze se naizmjenični paketi plitkomorskih i dubljemorskih kalciklastičnih naslaga te mlađih karbonatnih naslaga koje su istaložene na rampi (BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Kalciklastična sedimentacija Prominskih naslaga posljedica je izdizanja i erozije topografskih uzvišenja uzrokovanih napredovanjem sustava slijepih rasjeda (MRINJEK i sur., 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017), a vapnenačka sedimentacija na prostoru rampe uzrokovana je potapanjem i uspostavom stabilnijih uvjeta koji su omogućili nesmetanu biogenu vapnenačku produkciju (ĆOSOVIĆ i sur., 2015, 2017) (slika 33).

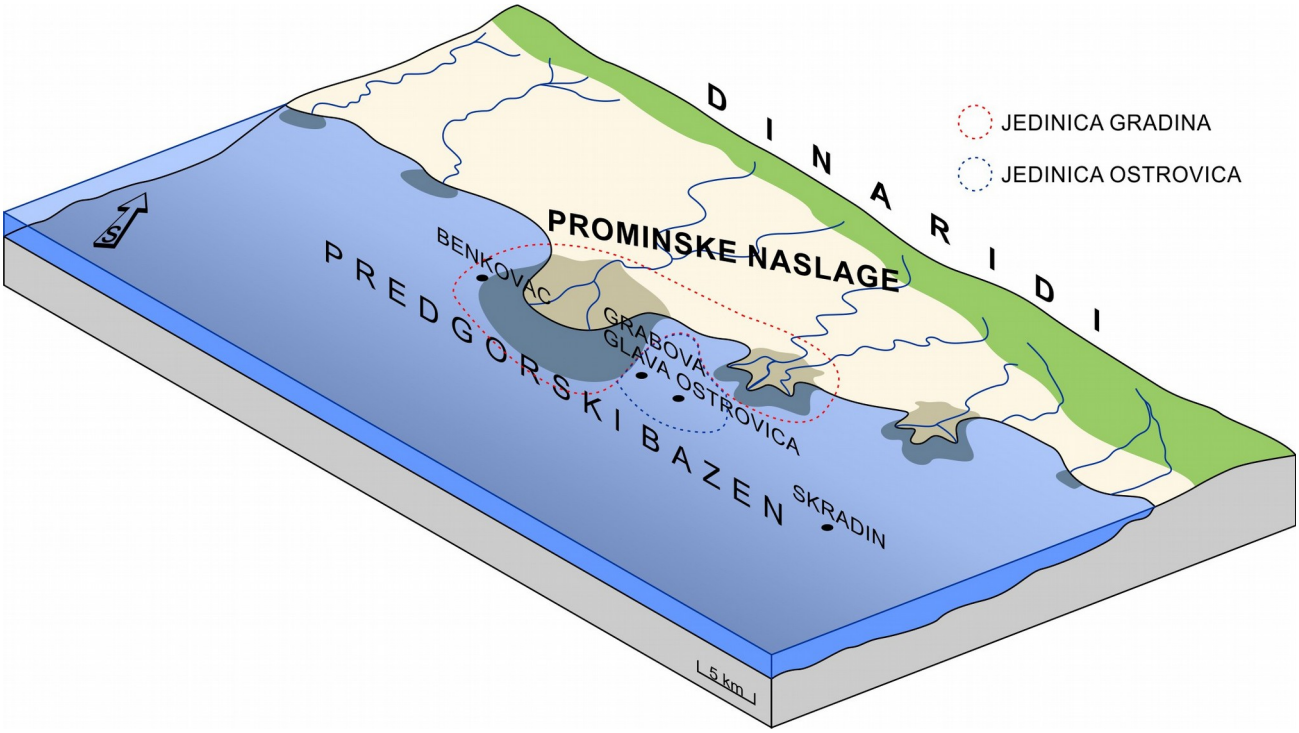


Slika 34. Shematski tektonsko–stratigrafski model razvoja SdPB tijekom eocena, na primjeru Novigradskog podbazena (nije izrađeno u mjerilu). **a)** taloženje Foraminiferskih vapnenaca odvijalo se tijekom kasnog ipra (SBZ 11–12), u *forebulge* taložnoj zoni; **b)** krajem ipra (SBZ 12/13), uslijed tektonskih pokreta, došlo je do izdizanja i okršavanja Foraminiferskih vapnenaca; **c)** naknadno u srednjem eocenu (SBZ 13–?), također zbog tektonskih pokreta, *forebulge* i *foredeep* zona prešle su u *wedge-top* taložnu zonu, unutar koje su sustavi ˝slijepih reversnih rasjeda˝ stvarali antiklinalna uzvišenja na kojima se odvijala karbonatna sedimentacija na prostorima rampa (Gornji Numulitni vapnenci), uz istodobnu sedimentaciju Prominskih naslaga (preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2017 i modificirano).

6.2.3. Podbazen Ostrovica

Unutar podbazena Ostrovica na padinama bazena i na središnjem dijelu topografskog uzvišenja (PENCINGER, 2012) su tijekom srednjeg i mlađeg eocena (SBZ 15–17; ĆOSOVIĆ i sur., 2014) razvijene strukture ˝muljnih humaka˝. Mjesta njihova nastanka su sudeći prema osobinama stijena (fosilni sadržaj, sedimentološke strukture i teksture) bili okoliši srednje rampe. Može se pretpostaviti da je mjesto taloženja bilo u blizini prodelte, predstavljene istodobnom neformalnom litostratigrafskom jedinicom Gradina (PENCINGER, 2012) (slika 35; prilog 6). Sâm prostor prodelte bio je karakteriziran umjerenim do niskim donosom muljevitog klastičnog materijala. U srednjem i mlađem eocenu dominiralo je intezivno trošenje izdignutog dijela Dinarida pa je u područjima u relativnoj blizini ušća rijeka donos aluvijalnih sedimenata bio intenzivan, te su bile moguće i epizode znatno jačeg donosa terigenog (klastičnog) materijala (PENCINGER, 2012). Povećana količina materijala u suspenziji mogla je uzrokovati stvaranje mezofotičkih uvjeta u plitkomorskim okolišima unutarnje i srednje rampe (MORSILLI i sur., 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2014).

Kako djelovanje sustava slijepih reversnih rasjeda nije bilo kontinuirano, aktivacija rasjeda mogla je uzrokovati izdizanje topografskih uzvišenja i posljedično oplićavanje, pri čemu su se uspostavljali uvjeti povoljni za razvoj ˝muljnih humaka˝. Spuštanje predgorskog bazena, pod utjecajem pokreta u dinaridskom navlačnom sustavu, uzrokovalo je potapanje rampe, zajedno s humcima, te prestanak karbonatne produkcije i nastavak klastične sedimentacije (MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012).



Slika 35. Shematski prikaz prostora podbazena Ostrovica (nije izrađeno u mjerilu). Tijekom srednjeg eocena u *wedge-top* taložnoj zoni, na topografskim uzvišenjima nastalim aktivacijom sustava slijepih reversnih rasjeda u području prodelte (koja je predstavljena jedinicom Gradina), nastajale su strukture ˝muljnih humaka˝ i odvijala se sedimentacija Gornjih numulitnih vapnenaca jedinice Ostrovica (preuzeto iz ĆOSOVIĆ i sur., 2014 i modificirano).

6.3. USPOREDBA ISTRAŽIVANIH NASLAGA S DRUGIM PALEOGENSKIM NASLAGAMA NA PROSTORU VANJSKIH DINARIDA

Tektonska aktivnost, klimatske promjene i promjene u relativnoj razini mora, zajedno s promjenljivom konfiguracijom sedimentacijskih bazena i različitom brzinom subsidencije bazena, pridonijeli su razvoju diferenciranih taložnih okoliša tijekom ranog paleogena (od brakičnih, lagunarnih do okoliša unutarnje, srednje i vanjske rampe) na prostoru Vanjskih Dinarida (ŠPANIČEK i sur., 2017).

U području Krasa (JZ Slovenija) opisana je gotovo kompletna plitkomorska karbonatna sedimentacija od kasnog mastrihta do ranog eocena (DROBNE, 1977; ZAMAGNI i sur., 2008, 2012), a naslage su u literaturi opisane kao Kras grupa (KOŠIR, 2003; JURKOVŠEK i sur., 2016). Nju čine tri formacije plitkomorskih vapnenaca taloženih iznad okršene gornjokredne podloge (opis članova formacije prikazan je u poglavlju 3.3). Kraj plitkomorske karbonatne sedimentacije u području Krasa označilo je taloženje hemipelačkih i pelagičkih naslaga (Prijelaznih naslaga), koje predstavljaju potapanje karbonatne rampe (ZAMAGNI i sur., 2008).

Na Istarskom poluotoku paleogenska transgresija je većinom započela tijekom ″ilerda″ (donji ipr), a mjestimično tijekom ″kviza″ (gornji ipr) (DROBNE, 1977). Najstarije paleogenske naslage su brakični i lagunski vapnenci s proslojcima ugljena (Kozinske naslage) koje diskordantno leže na krednim vapnencima različite starosti (čak do valendijske starosti; MATIČEC i sur., 1996). Karbonatna je sedimentacija kontinuirano nastavljena tijekom ipra pa sve do bartona, taloženjem Foraminiferskih vapnenca u okolišima unutarnje i srednje rampe. Kraj plitkomorske karbonatne sedimentacije predstavlja taloženje Prijelaznih naslaga (vapnenaca koje karakterizira povećanje udjela planktonskih foraminifera i prisustvo zrna glaukonita; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008a).

Istraživanja na prostoru sjeverne Dalmacije (područje Benkovac–Korlat i Dubravica–Skradin) pokazala su da su najstarije paleogenske naslage starosti srednjg ″kviza″, a Foraminiferski vapnenci i Prijelazne naslage (DROBNE i sur., 1991) taložene su do mlađeg luteta.

Na otoku Hvaru okopnjavanje mezozojske AdCP nije započelo prije paleocena (BRLEK i sur., 2014). KORBAR i sur. (2015) opisali su tsunamitne naslage taložene tijekom prijelaza iz kasnog mastrihta u danski kat (paleocen). Taloženje Kozinskih naslaga započelo je tijekom ipra (srednji ″kviz″). Tijekom srednjeg ″kviza″ došlo je i do okopnjavnja (MARJANAC i sur., 1998). Morski režim plitkomorske sedimentacije vapnenaca, s brojnim numulitima i ortofragminama (Foraminiferski vapnenci), uspostavljen je ponovno tijekom srednjeg luteta. Taloženje

Foraminiferskih vapnenaca bilo je kontinuirano sve do bartona (SCHWEITZER i sur., 2007), kad su postupno prešli u Prijelazne naslage (MARJANAC i sur., 1998).

Na poluotoku Pelješcu najstarije transgresivne naslage su iperske (˝kviz˝) Kozinske naslage na kojima slijede Foraminiferski vapnenci. Foraminiferski vapnenci su taloženi kontinuirano tijekom ranog i srednjeg luteta te su završili početkom taloženja Prijelaznih naslaga tijekom mlađeg luteta. Zanimljivo je da je krajem luteta ponovno uspostavljena plitkomorska karbonatna sedimentacija na prostoru rampe (Gornji Numulitni vapnenci; MARJANAC i sur., 1998).

Usporedba sa sličnim okolišima taloženja u drugim područjima Vanjskih Dinarida otkriva sljedeće (prilog 7) (ŠPANIČEK i sur., 2017):

1) Promatrano od sjeverozapada prema jugoistoku, na području dinaridskog predgorskog bazena (ili dinaridskih predgorskih bazena), zabilježen je široki spektar okoliša unutar sustava karbonatnih rampa u području Krasa, na Istarskom poluotoku, u sjevernoj Dalmaciji (Ravni Kotari) i središnjoj Dalmaciji (otok Hvar i poluotok Pelješac).
2) Zabilježeno je prostorno nepodudaranje razvoja sustava karbonatnih rampa, odnosno postojanje okoliša od unutarnje do vanjske rampe u cijelom bazenu, idući od međuplimnih i podplimnih brakičnih vapnenaca Kozinskih naslaga, preko Foraminiferskih vapnenaca kao tipičnih naslaga unutarnje i srednje rampe do Prijelaznih naslaga karakterističnih za vanjsku rampu. Od sjeverozapada prema jugoistoku Vanjskih Dinarida može se uočiti jasno odstupanje u vremenu početka, završetka i ukupnog trajanja uvjeta taloženja na prostorima karbonatnih rampa. Na sjeverozapadnom dijelu, u području Krasa u Sloveniji, stariji dio slijeda Liburnijske formacije, čiji su član Kozinske naslage, je mastrihtske starosti, a taloženje na prostoru rampa odvijalo se tijekom kasnog paleocena i ranog eocena (ZAMAGNI i sur., 2008, 2012; JURKOVŠEK, 2016). Okoliši karbonatnih rampa su postojali u Istri od ˝ilerda˝ do bartona (DROBNE, 1977; DROBNE i sur., 2011; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008a), u sjevernoj Dalmaciji od srednjeg ˝kviza˝ do kasnog luteta/bartona (DROBNE i sur., 1991; BABIĆ i ZUPANIČ, 2016), a u središnjoj Dalmaciji od ranog–srednjeg ˝kviza˝ do srednjeg–kasnog luteta/bartona (Pelješac i otok Hvar; MARJANAC i sur., 1998; SCHWEITZER i sur., 2007).
3) Debljina paleogenskih karbonatnih naslaga varira od 38 m na otoku Hvaru (MARJANAC i sur., 1998) do 280 m na prostoru grada Benkovca (DROBNE i sur., 1991).
4) Na većini područja, odnosno lokaliteta, uključujući i istraživano, nije razvijen cjeloviti sustav karbonatne rampe kako su ga definirali BURCHETTE i WRIGHT (1992). Ako

istraživano područje usporedimo s drugim područjima Vanjskih Dinarida uočava se kako je samo na Istarskom poluotoku razvijen cjeloviti sustav karbonatne rampe, dok su u područjima Krasa i Dalmacije dokumentirani samo dijelovi.

5) Taloženje vapnenaca je na cijelom prostoru sjeverne Dalmacije od srednjeg ″kviza″ pa nadalje bilo karakterizirano više–manje kontinuiranim plitkomorskim okolišima koji pokazuju prijelaz iz okoliša unutarnjeg pa sve do vanjskog dijela rampe (ruba šelfa).

Odstupanja u starosti i fiziografiji taložnih okoliša vjerojatno su rezultat dijakrone deformacije progresivno razvijajućeg orogena (KORBAR, 2009) tijekom ranog i srednjeg eocena. Intenzivna tektonska aktivnost spriječila je cjeloviti razvoj sustava karbonatnih rampa, pa se stoga može zaključiti kako su paleogenske naslage u Vanjskim Dinaridima bile sinorogenske. One su bile usko vezane za procese postanka i razvoja predgorskog sustava bazena, te su i same bile taložene u bazenima čiji su razvoj i morfologiju prvenstveno kontrolirale deformacije vezane uz razvoj dinaridskog planinskog lanca (OTONIČAR, 2007; SCHMID i sur., 2008; KORBAR, 2009; ŠPANIČEK i sur., 2017).

6.3.1. Dinaridski sustav karbonatnih rampa

Paleogenske naslage u području Vanjskih Dinarida tvore više–manje kontinuirani pojas duljine do 800 km s promjenljivom širinom od 100 do 130 km (ĆOSOVIĆ i sur., 2008a). One su taložene na deformiranoj mezozojskoj AdCP, pretežito iznad regionalnog tektonsko-erozijskog diskontinuiteta (OTONIČAR, 2007; KORBAR, 2009; BRLEK i sur., 2014).

Blago borane naslage AdCP su tijekom najmlađe krede i paleogena postupno potopljene i prekrivene kompleksnom mrežom taložnih okoliša za koje su DROBNE i sur. (2009, 2011) predložili naziv Paleogenska Jadranska karbonatna platforma (*Paleogene Adriatic Carbonate Platform* – u daljnjem tekstu PgAdCP).

Takav je taložni sustav, od paleocena (dana) do kasnog srednjeg eocena (bartona), bio dio središnjeg dijela Neotetis oceana, smješten na približno 32° s.g.š. Bio je to izduženi zaljev, sjeverozapadno–jugoistočnog pružanja, koji je u ranom paleogenu bio povezan s oceanom prema sjeveru, zapadu i istoku, a kasnije i prema jugu (DROBNE, 2003; DROBNE i sur., 2011). Na temelju zajednice VBF i sedimentoloških tekstura DROBNE (2000) i DROBNE i sur. (2008, 2009, 2011) opisuju četiri biosedimentacijske zone – BiosZ 2, BiosZ 3.1, BiosZ 3.2 i BiosZ 4 koje slijede jedna drugu u seriji geografski jasno razlučenih faza, a njihov je prostorni i vremenski završetak uzrokovan promjenom ekoloških uvjeta. Sedimentacija u svakoj od zona započela je taloženjem u zaštićenim, rubnim morskim i/ili brakičnim okolišima, koji prethode razvoju pravih morskih uvjeta taloženja (ĆOSOVIĆ i sur. 2008a), a jednom kad je morski režim uspostavljen u tom su području živjele raznovrsne i brojne foraminiferske zajednice (Foraminiferski vapnenci).

OTONIČAR (2007) je u svome radu plitkomorske gornjokredne do donjopaleogenske vapnence Liburnijske formacije i *Alveolina-Nummulites* vapnence, taložene povrh regionalnog nekonformiteta u području Krasa nazivao generalnim geodinamičkim terminom ˝sinorogenska karbonatna platforma˝. Prema njemu plitkomorski vapnenci ˝sinorogenske karbonatne platforme˝ predstavljaju donju jedinicu SINCLAIR-ove (1997) *underfilled trinity* predgorskih bazena, srednju čine progradirajući hemipelagički muljevi Prijelaznih naslaga, koji su prekrili platformu, a gornju dubljemorski klastiti Fliša.

Na području Krasa dokumentiran je i nastavak plitkomorske sedimentacije na mezozojskoj karbonatnoj platformi tijekom najmlađe krede i paleocena na lokalitetima Dolenja Vas, Sopada i Čebulovica (DROBNE i sur., 1988, 1989, PUGLIESE i sur., 1995; OGORELEC i sur., 2001; ZAMAGNI i sur., 2007). Također, na otocima Hvaru (lokalitet Majerovica) i Braču (lokalitet Likva)

nalaze se karbonatne naslage s planktonskim foraminiferama paleocenske starosti (danski kat) u okolišu unutarnje karbonatne platforme koji su interpretirani kao tsunamit istaložen na prostoru AdCP (KORBAR i sur., 2015, 2017). Ove naslage završavaju regionalnim diskontinuitetom (BRLEK i sur., 2014) koji je prekriven slijedom eocenskih Kozinskih naslaga i Foraminiferskih vapnenca taloženih na prostoru karbonatne rampe (KORBAR i sur., 2015, 2017).

Međutim, tijekom paleogena na širem prostoru Vanjskih Dinarida formiran je potpuno drugačiji taložni sustav, koji u sedimentacijskom smislu ne predstavlja nastavak plitkomorske karbonatne sedimentacije AdCP, i stoga naziv PgAdCP i ˝sinorogenska karbonatna platforma˝ ne odgovaraju u potpunosti novonastalim prilikama.

Naslage nekadašnje AdCP su samo djelomično prekrivene paleogenskim morskim naslagama. Nadalje, tijekom mezozoika karbonatna se sedimentacija odvijala na širokom i razmjerno zaravnjenom prostoru više–manje jedinstvene karbonatne platforme i dominantan čimbenik je bila karbonatna produkcija u ravnoteži sa subsidencijom i relativnim promjenama morske razine (VLAHOVIĆ i sur., 2005). Tijekom paleogena, međutim plitkomorski karbonatni režim pokazuje specifičnost razvoja na različitim lokacijama – zato se na nekim mjestima nalaze naslage svih okoliša rampe, a negdje samo naslage unutarnje rampe. Zbog geografskog položaja i zrelosti zajednice VBF u svim tim okolišima foraminifere su bile dominantni graditelji. Ovakva rascjepkanost nam daje mogućnost da govorimo o sistemu rampa u predgorskom bazenu Dinarida.

Stoga, da bi se izbjegla moguća zabuna, mogao bi se uvesti novi termin za paleogeografski taložni sustav karbonata formiran tijekom paleogenske transgresije na prostoru Vanjskih Dinarida: Dinaridski sustav karbonatnih rampa (DSKR). Usporedba rezultata ovog istraživanja s podacima o paleogenskim karbonatima s drugih lokaliteta pokazuje kako je tijekom paleogena razvijen kompleksan taložni sustav karbonatnih rampa duž cijelog pružanja današnjih Vanjskih Dinarida, vezan uz postanak i razvoj pripadajućeg predgorskog sustava bazena. Taloženje je tijekom paleogena dominantno bilo kontrolirano kompresijskom sinsedimentacijskom tektonikom i iako je karbonatna produkcija, predstavljena dominantno s VBF, bila značajan čimbenik, primarni pokretač u modificiranju akomodacijskog prostora bila je upravo tektonika, što se uvelike razlikuje od situacije na mezozojskoj AdCP (VLAHOVIĆ i sur., 2005).

Svaka dinaridska karbonatna rampa nosi specifična obilježja. Paleogenske naslage u sjeverozapadnom dijelu predgorskog bazena obilježava dijakroni početak taloženja tijekom ranog paleogena (MATIČEC i sur., 1996), dok je u području sjeverne Dalmacije morski režim uspostavljen tijekom ipra (DROBNE, 1977; DROBNE i sur., 1991; ĆOSOVIĆ i sur., 2004, 2008a).

Najstarije taložene naslage su Kozinske naslage, brakični i lagunski facijesi različitih debljina (od nekoliko metara do više od stotinjak metara u području Labinskog bazena), a slijede ih Foraminiferski vapnenci koji nastaju u okolišima unutarnje i srednje rampe. Osim što se razlikuju po debljini, jer je ovisno o blizini orogena i brzina ˝tonjenja˝ bila različita, zajedničko im je da Kozinske naslage i Foraminiferske vapnence nalazimo samo na rubnom, širokom pojasu *forebulge* zone predgorskog bazena (BABIĆ i ZUPANIČ, 2008, 2012).

Nastavljanje kompresije tijekom srednjeg i mlađeg eocena uzrokovalo je podjelu predgorskog bazena na dva potpuno ili djelomično izolirana bazena: sjeveroistočni prominski bazen (*piggyback* bazeni *wedge-top* taložne zone) i jugoistočno fliško korito (*foredeep* taložnu zonu), koji su međusobno bili odvojeni hrptom (područjem Ravnih Kotara) (PENCINGER, 2012). Prema MRINJEK i sur. (2012) novonastale bazene ispunjavaju Flišne i Prominske naslage, koje prekrivaju Foraminiferske vapnence i Prijelazne naslage taložene na karbonatnim rampama. Prominske naslage su taložene u *wedge-top* taložnoj zoni (KORBAR, 2009; MRINJEK i sur., 2012), ali su se na razvijenim topografskim uzvišenjima unutar zone ponovno mogle razviti karbonatne rampe s naslagama Gornjih Numulitnih vapnenaca (MRINJEK i sur., 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2014; ĆOSOVIĆ i sur., 2017), a naslage dalmatinskog Fliša ispunjavaju *foredeep* taložnu zonu i postupno su prekrivene Prominskim naslagama kako se predgorski bazen punio, tako da se smatraju lateralno istodobnim facijesima (BABIĆ i ZUPANIČ, 2012).

7. ZAKLJUČAK

- Na istraživanom području sjeverne Dalmacije snimljeno je pet geoloških stupova: 'Čikola I', 'Čikola II', 'Novigrad', 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'.
- Na temelju sedimentoloških karakteristika, tipa dominantnih alokema i fosilnog sastava (prvenstveno VBF), određeno je 13 tipova mikrofacijesa. Mikrofacijesi MFT 1 i 2 su tipični za naslage taložene u okolišima sa slatkovodnim utjecajem. Mikrofacijesi MFT 3 do MFT 7 su vapnenci tipa vekston do pekston s brojnim i raznolikim velikim bentičkim foraminiferama, taloženi u okolišima niske energije vode na zaštićenom prostoru unutarnje rampe. Na prostoru srednje rampe razlikuju se okoliši proksimalnog i distalnog dijela prema sastavu zajednice VBF. U proksimalnim facijesima uz VBF dominiraju ili obraštajuće foraminifere (MFT 8) ili koralinaceje (MFT 9), dok se okoliši distalne rampe mogu prepoznati prema brojnosti ortofragmina (MFT 10) te koralja i koralinaceja (MFT 11 i 12). Okoliše vanjske rampe karakteriziraju planktonske foraminifere (MFT 13).
- Mikrofacijesi su na temelju dominantne foraminiferske zajednice (Miliolidna, Alveolinska, Zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera, Alveolinsko–numulitna, Numulitidna, Numulitidno–ortofragminidna i Planktonska) grupirani u osam facijesnih pojasova: Brakični facijesni pojas (FP 1), Međuplimni i/ili podplimni facijesni pojas (FP 2), Facijesni pojas zaštićene morske lagune (FP 3), Facijesni pojas unutarnje rampe (FP 4), Facijesni pojas proksimalne srednje rampe (FP 5), Facijesni pojas distalne srednje rampe (FP 6), Facijesni pojas ˝muljnih humaka˝ (FP 7) i Facijesni pojas vanjske rampe (FP 8).
- Na geološkom stupu 'Čikola I', u kanjonu rijeke Čikole je tijekom ranog eocena istaložena 300 m debela karbonatna serija, što predstavlja jednu od najdebljih serija paleogenskih karbonata na prostoru Vanjskih Dinarida. Paleogenski slijed naslaga, koji obuhvaća Kozinske naslage i Foraminiferske vapnence, istaložen je tijekom mlađeg ipra (SBZ 11–12), u razmjerno stabilnim plitkomorskim okolišima unutarnje i proksimalne srednje rampe.
- Na geološkom stupu 'Čikola II' u kanjonu rijeke Čikole su tijekom mlađeg ipra (SBZ 11–12) taloženi Foraminiferski vapnenci, u okolišima unutarnje i srednje rampe, koji postupno prelaze u Prijelazne naslage vanjske rampe. Plitkomorska karbonatna sedimentacija obnovljena u kasnom lutetu taloženjem Gornjih Numulitnih vapnenaca na prostoru srednje rampe.

- Na geološkom stupu 'Novigrad' je tijekom ranog eocena istaložena 280 m debela serija Foraminiferskih vapnenaca na prostoru unutarnje rampe tijekom gornjeg ipra (SBZ 11–12). Krajem ipra došlo je do kratkotrajnog okopnjavanja tijekom kojeg su taloženi boksiti. Plitkomorski režim taloženja je nastavljen najranije u lutetu (SBZ 13) transgresivnim slijedom 120 m debelih naslaga Gornjih Numulitnih vapnenaca.
- Na geološkom stupu 'Ostrovica', u 70 m debelom heterolitskom slijedu naslaga glinovitih kalkarenita i biokalkarenita, nalaze se interkalacije vapnenaca izuzetno bogatih ostatcima mikro- i makroflore i faune (koralji, mekušci i VBF). Takvi lećasti i pločasti Gornji Numulitni vapnenci su zbog dominacije karbonatnog mulja i izostanka grebenske rešetke opisani kao ˝muljni humci˝, a nastali su u okolišima srednje rampe, tijekom kasnog luteta do priabona.
- Plitkomorska karbonatna sedimentacija je na prostoru Sjevernodalmatinskog predgorskog bazena započela u mlađem ipru, u formiranoj plitkomorskoj *foredeep* zoni, na blago nagnutim padinama širokog *forebulge* taložnog pojasa. U tom su području formirane karbonatne rampe. Usprkos sličnim facijesnim pojasovima i foraminiferskim zajednicama koje ih izgrađuju, razvoj rampa nije bio jednak, što ukazuje da su drugi faktori, osobito sinsedimentacijska tektonika, utjecali na oblikovanje taložnog prostora tijekom ranog eocena. U Sjevernodalmatinskom predgorskom bazenu paleogenska karbonatna sedimentacija se odvijala u dvije vremenski i prostorno odvojene faze tijekom razvoja predgorskog bazena. Tijekom ranog eocena sedimentacija Foraminiferskih vapnenaca se odvijala na blagim padinama *forebulge* taložne zone, a tijekom srednjeg i mlađeg eocena taloženi su Gornji Numulitni vapnenaci u diferenciranom i tektonski dinamičnom prostoru *wedge-top* taložnog bazena, uz istodobnu kalciklastičnu sedimentaciju Fliša i/ili Prominskih naslaga.
- Na području Vanjskih Dinarida je u razdoblju od kraja krede do bartona (mlađi eocen) nastalo nekoliko sustava karbonatnih rampa. Svaka od rampa je bila obilježena različitim razvojem i odlikama tijekom svojeg postojanja: od različite debljine slijeda naslaga, početka taloženja, trajanja sedimentacije i taložnih okoliša, što je sve najvećim dijelom bilo kontrolirano sinsedimentacijskom tektonikom vezanom uz aktivni dinaridski orogen. Da bi se ovaj taložni sustav formiran tijekom paleogena na prostoru Vanjskih Dinarida razlikovao od mezozojskog predložen je novi paleogeografski termin Dinaridski sustav karbonatnih rampa (DSKR).

8. SAŽETAK

U istraživanju je korišten biostratigrafski pristup u kombinaciji s konvencionalnom facijesnom i mikrofacijesnom analizom kako bi se rekonstruirali karbonatni taložni okoliši nižeg, starijeg dijela naslaga dinaridskog predgorskog bazena sjeverne Dalmacije. Istraženo je pet lokaliteta s izdancima paleogenskih karbonatnih naslaga, na kojima su snimljeni geološki stupovi: 'Čikola I', 'Čikola II', 'Novigrad', 'Ostrovica' i 'Grabova Glava'.

Na temelju litoloških karakteristika i mikropaleontološkog sastava mikroskopskih izbrusaka određeno je 13 tipova mikrofacijesa: MFT 1: Dolomitizirani haroficejsko–gastropodni madston do pekston, MFT 2: Miliolidno–diskorbidni madston do vekston, MFT 3: Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama, MFT 4: Vekston s fragmentima bodljikaša, MFT 5: Alveolinsko–numulitni pekston do grejnston, MFT 6: Peloidno–foraminiferski pekston, MFT 7: Koraljno–foraminiferski pekston, MFT 8: Acervulidno–foraminiferski pekston do grejnston, MFT 9: Koralinacejsko–numulitidni pekston, MFT 10: Ortofragminidni pekston do radston, MFT 11: Koraljno–koralinacejski pekston, MFT 12: Numulitidno–bioklastični vekston i MFT 13: Madston do vekston s planktonskim foraminiferama.

Na temelju dominantne skupine VBF određeno je sedam fosilnih zajednica foraminifera: Miliolidna zajednica, Zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera, Alveolinska zajednica, Alveolinsko-numulitna zajednica, Numulitidna zajednica, Numulitidno-ortofragminidna zajednica i Zajednica planktonskih foraminifera. U istraživanom području posebno je brojna foraminiferska zajednica aglutiniranih koničnih foraminifera (na stupovima 'Čikola I', 'Čikola II' i 'Novigrad') u mikrofacijesima MFT 3 i MFT 6, s određenim vrstama *Pseudochrysalidina alva*, *Pfendericonus makarskae* i *Coskinolina liburnica*. Zanimljivost su i opažene morfološke abnormalnosti kućica VBF kao što su stvaranje dodatnog poludiska u orbitolitesa (geološki stup 'Čikola I', Č1.171b i geološki stup 'Novigrad', NF.28), razvoj dvostrukog embrionalnog aparata u alveolina (geološki stup 'Čikola I', Č1.57e i Č1.84a) i pojava dvostruke kućice u numulita (geološki stup 'Čikola II', Č2.l1).

Na temelju opisa i prostorne distribucije karbonatnih mikrofacijesa i vezanih foraminiferskih zajednica istraživane su naslage grupirane u osam facijesnih pojasova na prostoru karbonatne rampe: FP 1: Brakični facijesni pojas, FP 2: Međuplimni i podplimni facijesni pojas, FP 3: Facijesni pojas zaštićene morske lagune, FP 4: Facijesni pojas unutarnje rampe, FP 5: Facijesni pojas

proksimalne srednje rampe, FS P: Facijesni pojas distalne srednje rampe, FP 7: Facijesni pojas ˝muljnih humaka˝ i FP 8: Facijesni pojas vanjske rampe.

Na geološkom stupu 'Čikola I', u kanjonu rijeke Čikole, tijekom ranog eocena istaložena je 300 m debela karbonatna serija transgresivno preko gornjokrednih rudistnih vapnenaca. Paleogenska sedimentacija započela je taloženjem 45 m debelih Kozinskih naslaga. To su tanko- do srednjoslojeviti vapnenci s proslojcima ugljena u starijem dijelu slijeda. U njima su pronađeni oogoniji haroficeja, kućice puževa i ljušture ostrakoda (MFT 1), a taložene su u bočatom facijesnom pojasu (FP 1). Sedimentacija se nastavila slijedom Foraminiferskih vapnenca. To je 250 m debela serija naslaga bogatih VBF (aglutiniranim koničnim foraminiferama, miliolidama, alveolinama; MFT 2, 3, 6), ostacima koralja (MFT 7) i koralinacejama, koje povremeno grade i rodolite (MFT 9). Na temelju utvrđenih stratigrafski značajnih vrsta alveolina, koničnih aglutiniranih foraminifera, trematofornih miliolida i orbitolitesa Foraminiferski vapnenci su taloženi tijekom gornjeg ipra (SBZ 11–12) u razmjerno stabilnim plitkomorskim okolišima unutarnje (FP 2, FP 3 i FP 4) i proksimalne srednje rampe (FP 5), pokazujući agradacijski karakter (ŠPANIČEK i sur., 2017).

Također u kanjonu rijeke Čikole, na geološkom stupu 'Čikola II' najstarije istraživane stijene su gornjoiperski (SBZ 11–12) Foraminiferski vapnenci bogati malim miliolidama i VBF (alveolinama, orbitolitesima, aglutiniranim koničnim foraminiferama; MFT 3 i 6) te numulitidima i koralinacejama (MFT 9), a taloženi su u okolišima unutarnje (FP 3, 4) i srednje rampe (FP 5). Foraminiferski vapnenci postupno prelaze u Prijelazne naslage s planktonskim foraminiferama (MFT 13) koje su taložene na prostoru vanjske rampe (FP 8). Na Prijelazne naslage pod jedva zamjetnom kutnom diskordancijom slijede Prominske naslage. U kasnom lutetu (SBZ 15–17) obnavlja se plitkomorska karbonatna sedimentacija taloženjem pet do sedam metara debelog slijeda Gornjih Numulitnih vapnenaca, s brojnim kućicama ortofragmina i numulitida (MFT 10) na prostoru distalne srednje rampe (FP 6).

Na geološkom stupu 'Novigrad' utvrđeno je da je tijekom kasnog ipra (SBZ 11–12) na gornjokrednim rudistnim vapnencima istaložena 280 m debela plitkomorska serija Foraminiferskih vapnenaca agradacijskog karaktera. U njoj dominiraju zajednice miliolida (MFT 2), alveolina (MFT 3) te alveolina, numulita i obraštajućih foraminifera (MFT 5), koje su živjele u niskoenergijskim međuplimnim (FP 2) i okolišima ˝livada˝ morskih trava na prostoru unutarnje rampe (FP 3). Krajem ipra dolazi do kratkotrajnog okopnjavanja i postanka boksita. Plitkomorska sedimentacija je nastavljena u lutetu (SBZ 13) transgresivnim slijedom 120 m debelih naslaga Gornjih Numulitnih vapnenaca. U svom starijem dijelu oni sadrže fragmente bodljikaša (MFT 4) i kućice VBF

(alveolina i numulita, MFT 5), a taloženi su u zaštićenim okolišima unutarnje rampe (FP 3). U mlađem dijelu je zabilježena izmjena naslaga s brojnim ostacima koralja i perforatnih VBF (MFT 7), obraštajućih foraminifera (MFT 8) i koralinaceja (MFT 9), a taložene su u okolišima unutarnje (FP 4) i srednje rampe (FP 5) (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Na području između mjesta Lišane i Ostrovica izloženi su izdanci jedinice Ostrovica Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012). Na geološkom stupu 'Ostrovica', u 70 m debelom heterolitskom slijedu naslaga glinovitih kalkarenita i biokalkarenita, nalazi se šest interkalacija jedinice Gornji Numulitni vapnenaci s izuzetno bogatom mikro- i makroflorom i faunom, prvenstveno koralja i koralinaceja (MFT 11) i numulita (MFT 12). Zbog dominacije karbonatnog mulja i izostanka grebenske rešetke lećasti i pločasti vapnenci određeni su kao ˝muljni humci˝ (FP 7). Jako dobro vidljiva pet do sedam metara debela struktura ˝muljnog humka˝ nalazi se na lokalitetu 'Grabova Glava'. To su vapnenci taloženi na prostoru srednje rampe, od kasnog luteta do priabona (SBZ 15–17) u blizini prodelte velikog deltnog sustava definiranog naslagama istodobne jedinice Gradina koja predstavlja dio Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2014).

U istraživanom području sjeverne Dalmacije paleogenska karbonatna sedimentacija započela je u srednjem ˝kvizu˝ (SBZ 11; DROBNE i sur., 1991), na blago nagnutim padinama široke *forebulge* taložne zone, gdje su formirane široko rasprostranjene karbonatne rampe Foraminiferskih vapnenaca (BABIĆ i ZUPANIČ, 2008, 2012). U srednjem i mlađem eocenu dolazi do diversifikacije okoliša taloženja. Napredovanjem orogenske kompresije sustav slijepih reversnih rasjeda transformirao je unutarnji dio predgorskog bazena u *wedge-top* taložnu zonu (MRINJEK i sur, 2012; PENCINGER, 2012), koja je daljnjim napredovanjem sustava rasjeda dodatno rascjepkana na manje podbazene (ĆOSOVIĆ i sur., 2017). U ovom radu istraživani su Novigradski te podbazeni Čikola i Ostrovica. Tijekom srednjeg i mlađeg eocena na topografskim uzvišenjima, nastalim kao posljedica rasjedanja, također su nastale karbonatne rampe (MRINJEK i sur., 2011, 2012, 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). Razvoj ovih (užih) rampa, na kojima su taloženi Gornji Numulitni vapnenci, nije bio ujednačen na prostoru predgorskog bazena i izmjenjivao se s epizodama izdizanja topografskih uzvišenja, kad je dolazilo do erozije materijala i sedimentacije kalciklastita (ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Podbazen Čikola se razvijao tijekom srednjeg i gornjeg eocena kao relativno duboko i usko korito u *wedge-top* taložnoj zoni (MRINJEK i sur., 2012). Na sjeveroistočnoj padini bazena ('Čikola I'), slijed plitkomorskih Foraminiferskih vapnenaca završava prividno konkordantnim slojevima

sitnozrnastih, kalciklastičnih dublje- do plitkomorskih Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012; ŠPANIČEK i sur., 2017). Na jugozapadnoj padini taloženi su Foraminiferski vapnenci na kojima slijede Prijelazne naslage. Na Prijelaznim naslagama s jedva zamjetnom kutnom diskordancijom leže Prominske naslage (MRINJEK i sur., 2012). Tijekom aktivacije sustava slijepih rasjeda razvila se mala i kratkotrajna karbonatna rampa (Gornji Numulitni vapnenci), nakon koje slijedi nastavak kalciklastične sedimentacija u obliku Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012).

Novigradski podbazen interpretiran je kao usko korito razvijeno u unutarnjem dijelu *wedge-top* bazena (MRINJEK i sur., 2015; ĆOSOVIĆ i sur., 2017). U njemu su opisani Foraminiferski vapnenci nekonformo prekriveni serijom Gornjih Numulitnih vapnenaca lutetske starosti, debljine oko 120 m, koji su bili taloženi na rampi razvijenoj na sjeveroistočnoj strani podbazena. Karbonatne rampe (Gornji Numulitni vapnenci) formirane su povremeno tijekom srednjeg i gornjeg eocena, naizmjence s taloženjem plitkomorskih i dubokomorskih kalciklastičnih Prominskih naslaga (BABIĆ i ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ i sur., 2017).

Unutar podbazena Ostrovica, na padinama bazena i središnjem dijelu topografskog uzvišenja (PENCINGER, 2012), tijekom srednjeg i mlađeg eocena (SBZ 15–17; ĆOSOVIĆ i sur., 2014), nastale su strukture ˝muljnih humaka˝ na prostoru srednje rampe (Gornji Numulitni vapnenci), vjerojatno u blizini velikog deltnog sustava (ĆOSOVIĆ i sur., 2014). Kako djelovanje sustava slijepih rasjeda nije bilo kontinuirano, već povremeno, aktivacija rasjeda uzrokovala je izdizanje topografskih uzvišenja i oplićavanje, prilikom kojeg su uspostavljeni uvjeti za razvoj humaka. ˝Spuštanje˝ predgorskog bazena uzrokovalo je potapanje rampa s razvijenim humcima, te prestanak karbonatne produkcije i nastavak kalciklastične sedimentacije Prominskih naslaga (MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012).

Tijekom paleogena na prostoru Vanjskih Dinarida formiran je potpuno drugačiji taložni sustav u odnosu na mezozojsku Jadransku karbonatnu platformu Tijekom mezozoika, karbonatna se sedimentacija odvijala na širokom i razmjerno ravnom prostoru jedinstvene karbonatne platforme, a dominantan faktor je bila karbonatna produkcija u ravnoteži sa subsidencijom i relativnim promjenama morske razine (VLAHOVIĆ i sur., 2005). Usporedbom rezultata ovog istraživanja s drugim lokalitetima paleogenskih karbonata može se zaključiti kako je tijekom paleogena razvijen kompleksan taložni sustav karbonatnih rampi duž cijelog pružanja Vanjskih Dinarida, prvenstveno vezan uz postanak i razvoj pripadajućeg predgorskog sustava bazena (ŠPANIČEK i sur., 2017). Taloženje je tijekom paleogena dominantno bilo kontrolirano kompresijskom sinsedimentacijskom tektonikom i isto je karbonatna produkcija, predstavljena dominantno VBF, bila značajan faktor,

primarni pokretač u modificiranju akomodacijskog prostora bila je upravo tektonika, što se uvelike razlikuje od situacije na mezozojskoj AdCP (VLAHOVIĆ i sur., 2005). Nadalje, značajka sedimentacije tijekom paleogena je i to što nije bila jedinstvena na prostoru Vanjskih Dinarida i odvijala se na dijelovima dezintegrirane nekadašnje Jadranske karbonatne platforme, većinom iznad regionalnog nekonformiteta (OTONIČAR, 2007; KORBAR, 2009; BRLEK i sur., 2014).

Stoga, da bi se izbjegla zabuna, predložen je novi termin za paleogeografski taložni sustav formiran tijekom paleogenske transgresije na prostoru Vanjskih Dinarida: Dinaridski sustav karbonatnih rampa (DSKR). Duž prostora Vanjskih Dinarida svaki od paleogenskih taložnih bazena, koji se može smatrati erozijskim ostatkom izduženog tijela predgorskog bazena ili predgorskih bazena, a koji je karakteriziran dijakronom pojavom naslaga vezanih uz izdizanje dinaridskog orogena, može se smatrati dijelom DSKR, uključujući i Sjevernodalmatinski predgorski bazen.

9. SUMMARY

The present study used the biostratigraphic approach in combination with conventional facies and microfacies analysis to reconstruct a range of carbonate depositional systems of the lower, older part of the Dinaric foreland basin in the Northern Dalmatia area.

Investigation of five selected sections of Palaeogene carbonate deposits was undertaken: 'Čikola I', 'Čikola II', 'Novigrad', 'Ostrovica' and 'Grabova Glava'.

Based on the sedimentological, micropalaeontological and microfacies analysis of the thin-sections 13 microfacies were identified: MFT 1: Dolomitized charophyceae–gastropod mudstone to packstone, MFT 2: Miliolid–discorbid mudstone to wackestone, MFT 3: Alveolinid–miliolid packstone with conical agglutinated foraminifera, MFT 4: Wackestone with echinoid fragments, MFT 5: Alveolinid–miliolid packstone to grainstone, MFT 6: Peloidal–foraminiferal packstone, MFT 7: Coral–foraminiferal packstone, MFT 8: Acervulid–foraminiferal packstone to grainstone, MFT 9: Corallinacean–nummulitid packstone, MFT 10: Ortofragminid packstone to rudstone, MFT 11: Coral–corallinacean packstone, MFT 12: Nummulitid–bioclastic wackestone, and MFT 13: Mudstone to wackestone with planktonic foraminifera.

Seven fossil foraminiferal assemblages were determined on the basis of dominant Large Benthic Foraminifera (LBF): Miliolid assemblage, Conical agglutinated foraminiferal assemblage, Alveolina assemblage, Alveolina–nummulite assemblage, Nummulitid assemblage, Nummulitid–ortofragminid assemblage and Planktonic foraminifera assemblage. Due to its abundance of particular interest is Conical agglutinated foraminiferal assemblage in 'Čikola I', 'Čikola II' and 'Novigrad' sections, where in microfacies MFT 3 and MFT 6 following species were identified: *Pseudochrysalidina alva*, *Pfendericonus makarskae* and *Coskinolina liburnica*. Furthermore, morphological abnormalities of the LBF tests have been detected, such as additional perpendicular half-disc in discoidal foraminifera *Orbitolites* sp. ('Čikola I'; Č1.171b) and *O. complanatus* ('Novigrad', NF.28), the development of twin embryos in alveolinids ('Čikola I'; Č1.57e, Č1.84a) and test fusion in one nummulitid test ('Čikola II'; Č2.l1).

Based on the description and spatial distribution of 13 microfacies and connected seven foraminiferal assemblages, investigated carbonate deposits are grouped into eight facies belts deposited on the carbonate ramp: FP 1: Brackish facies belt, FP 2: Tidal and subtidal facies belt, FP 3: Protected lagoon facies belt, FP 4: Inner ramp facies belt, FP 5: Proximal middle ramp facies belt,

FS P: Distal middle ramp facies belt, FP 7: ˝Mud mound˝ facies belt, and FP 8: Outer ramp facies belt.

At the 'Čikola I' locality, in the Čikola canyon, during the Early Eocene around 300 m of carbonates were deposited transgressively over the Upper Cretaceous (Campanian) rudist-bearing limestones. In the studied section the carbonate succession starts with c. 45 meters thick succession of very shallow-marine Kozina Beds with charophyceae, gastropod shells and ostracods (MFT 1) deposited in brackish facies belt (FP 1). The sedimentation continued during the Upper Ypresian (SBZ 11–12) with the deposition of approximately 250 m of the Foraminiferal Limestones dominated by LBF (mostly conical agglutinated foraminifera, larger miliolids and alveolinids; MFT 2, 3, 6), coral residues (MFT 7) and corallinaceans, which occasionally formed rhodoliths (MFT 9), deposited in a relatively stable shallow-marine environments of the inner (FP 2, FP 3 i FP 4) and proximal middle ramp (FP 5) and showing aggradational character (ŠPANIČEK et al., 2017).

In other section in the Čikola canyon, on the 'Čikola II', the Foraminiferal Limestones represent the oldest deposits. They contain miliolids and LBF (alveolinids, orbitolites and conical agglutinated foraminifera; MFT 3 i 6), as well as nummulitids and corallinaceans (MFT 9) deposited during the Late Ypresian (SBZ 11–12) in the inner (FP 3, 4) and middle ramp (FP 5) environments which gradually pass to Transitional Beds with abundant planktonic foraminifera (MFT 13) deposited in the outer ramp environments (FP 8). Transitional Beds are overlain by Promina Beds with barely detectable angular unconformity. During the Late Lutetian to Early Bartonian shallow-marine carbonate sedimentation was restored with the deposition of Upper Numulitic Limestones with numerous ortofragminid and nummulitid tests (MFT 10) deposited in the distal middle ramp environment (FP 6).

Along the Novigrad sea present-day shoreline, in 'Novigrad' section, the Upper Cretaceous bedrock is unconformably overlain by the 280 m thick Late Ypresian (SBZ 11–12) Foraminiferal Limestone. They are dominated by miliolid (MFT 2), alveolinid (MFT 3) and alveolinid-nummulitid association with encrusting foraminifera (MFT 5) which inhabited low-energy intertidal (FP 2) and protected lagoonal environments (FP 3) of the inner ramp. At the end of the Ypresian a short subareal exposure occurred, represented by the bauxite deposits. The sedimentation continued in Lutetian (SBZ 13) by a 120 m thick succession of the Upper Nummulitic Limestones. The lower part of the stratigraphic succession contains echinoid fragments (MFT 4) and LBF tests (alveolinids and nummulitids, MFT 5) deposited in the protected inner ramp environments (FP 3). The upper part consists of the alternating packages of deposits with coral fragments and perforate LBF (MFT

7) with those containing encrusting foraminifera (MFT 8) or corallinaceans (MFT 9). Deposition took place in the inner (FP 4) to middle ramp (FP 5) environments.

The Ostrovica unit (part of the Promina Beds) crops out on the wide area between Lišane and Ostrovica village (MRINJEK et al., 2012; PENCINGER, 2012). At 'Ostrovica' locality, a 70 m thick heterolithic succession of biocalcarenites and marly biocalcarenites comprises six thin intercalations of the Upper Nummulitic Limestones. Fragmented macrofossils and microfossils are very common, especially corals and corallinaceans (MFT 11), and perforate LBF (MFT 12). Due to carbonate mud dominance, and lack of framework within scattered coral colonies, the limestone intercalations were interpreted as ″mud mounds″. One of the prime examples is a five to seven meters thick carbonate succession on the 'Grabova Glava' locality. These carbonates were deposited in the middle ramp environments (FP 7) from the Late Lutetian to Early Bartonian (SBZ 15–17 in the prodelta environment of a large alluvial system defined as Gradina unit (also part of the Promina Beds) (MRINJEK et al., 2012; PENCINGER, 2012; ĆOSOVIĆ et al., 2014).

In studied part of the northern Dalmatia, the Palaeogene transgression started in the middle ″Cuisian″ (SBZ 11; DROBNE et al., 1991), when widely distributed carbonate ramps developed over a broad gentle flanks of the forebulge depositional zone (Foraminiferal Limestone; BABIĆ & ZUPANIČ, 2008, 2012). During the Middle Eocene progression of the orogen compression caused the outward propagation of blind-thrusts and the inner foreland basin was converted into an orogenic wedge-top basin (MRINJEK et al., 2012; PENCINGER, 2012). The wedge-top basin was bathymetrically diversified, compartmentalized into sub-basins such as Čikola, Novigrad and Ostrovica subbasins, by the topographic ridges of blind-thrust growth anticlines on which new carbonate ramps formed in the Middle to Late Eocene (MRINJEK et al., 2011, 2012, 2015; ĆOSOVIĆ et al., 2017). The development of these narrow ramps (Upper Nummulitic Limestone) was not uniform in the foreland basin system, but alternated with topographic ridges growth, causing the erosion and calciclastic sedimentation (ĆOSOVIĆ et al., 2017).

The Čikola subbasin developed during the Middle and Late Eocene as a relatively deep and narrow trough in a wedge-top depositional zone (MRINJEK et al., 2012). Two carbonate successions were investigated in this area, 'Čikola I' and 'Čikola II', situated on the opposite slopes of the basin. On the NE slope, top of the Foraminiferal Limestone is marked by disconformity overlain by deep-marine to shallow-marine calciclastic Promina Beds (MRINJEK et al., 2012; ŠPANIČEK et al., 2017). The Foraminiferal Limestone in 'Čikola II' gradually pass onto Transitional Beds, and represents a development from inner, via middle, to outer carbonate ramp

environments. Promina Beds overlie unconformably Transitional Beds (MRINJEK et al., 2012). On the SW slope, activation of blind-thrusts resulted in creation of a small and short-lived carbonate ramp (Upper Nummulitic Limestones) followed by Promina Beds calciclastic sedimentation (MRINJEK et al., 2012).

The Novigrad subbasin is interpreted as a synclinal trough in the inner part of the wedge-top basin (MRINJEK et al., 2015; ĆOSOVIĆ et al., 2017). Studied Foraminiferal Limestone is overlain unconformably by a 120 m thick succession of Lutetian Upper Nummulitic Limestone, forming on NE-dipping and more gently sloping slope of the carbonate ramp. Carbonate ramps formed episodically in the Middle to Late Eocene, in alternation with shallow-marine and deep-marine calciclastic Promina Beds (BABIĆ & ZUPANIČ, 2016; ĆOSOVIĆ et al., 2017).

In the Ostrovica subbasin, on basin slopes and on the central topographically elevated area (PENCINGER, 2012), during the Middle and Late Eocene (SBZ 15–17; ĆOSOVIĆ et al., 2014), ″mud mounds″ developed in the central parts of carbonate ramps, presumably near vast alluvial system (ĆOSOVIĆ et al., 2014). As the progression of blind-thrusts was not continuous, their activation caused the uprise of incipient blind-thrust anticlines, thus creating the conditions favourable for development of local carbonate ″factories″ in the photic zone. During the periods of foreland basin descend, ″mud mounds″ ″drowned″ and the carbonate production ended enabling the calciclastic sedimentation (MRINJEK et al., 2012; PENCINGER, 2012).

During the Palaeogene in the Outer Dinarides a completely different depositional system was formed with regard to Mesozoic Adriatic carbonate platform (AdCP). During the Mesozoic carbonate sedimentation occurred on a vast, relatively flat, shallow-marine more or less uniform carbonate platform and the dominant factor for sedimentation was carbonate production in balance with the subsidence (VLAHOVIĆ et al., 2005). Comparison with similar deposits from neighbouring regions reveals that during the Palaeogene complex carbonate ramp depositional systems were formed spreading along Outer Dinarides, primarily associated with the creation and development of the Dinaric foreland basin (ŠPANIČEK et al., 2017). The deposition was primarily controlled by compressional synsedimentary tectonics and carbonate production (represented by LBF) played a subordinate role, as opposed to Mesozoic AdCP (VLAHOVIĆ et al., 2005). Furthermore, the Palaeogene sedimentation was not uniform on the whole Outer Dinarides area, and it occurred on the disintegrated and deformed parts of the former AdCP, mostly over the regional unconformity (OTONIČAR, 2007; KORBAR, 2009; BRLEK et al., 2014).

Therefore, to avoid any confusion, a new term is proposed for the palaeogeographical depositional systems entity formed during the Palaeogene transgression in the area of the Outer Dinarides: Dinaric Carbonate Ramps System (DCRS). Each of Palaeogene sedimentary basins, that can be considered as erosional remnants of an elongated basin (entity), characterized by a diachronous occurrence within an evolving Dinaric orogen, may be considered as a part of the DCRS, including the North Dalmatian Foreland Basin (SdPB).

10. LITERATURA

ADEY, W.H. (1979): Crustose coralline algae as microenvironmental indicators in the Tertiary.− U: GRAY, J. & BOUCOT, A.J. (ur.): Historical Biogeography, Plate Tectonics and the Changing Environment. Oregon State University Press, Corvallis, 459–464.

AIGNER, T (1983): Event-stratification in Nummulite accumulations and in shell beds from the Eocene of Egypt.– U: EINSELE, G & SEILACHER, A. (ur.): Cyclic and Event Stratification. Springer, Berlin, 248–262.

ALLEN, P.A., CRAMPTON, S.L. & SINCLAIR, H.D. (1991): The inception and early evolution of the North Alpine Foreland Basin, Switzerland.– Basin Research, 4, 143–163.

ALVE, E. (1991): Benthic foraminifera reflecting heavy metal pollution in Sorljord, Western Norway.– Journal of Foraminiferal Research, 21, 1–19.

AMICIS, G. (1895): Sopra alcune forme nuove di Foraminiferi del Pliocene Inferiore.– Naturali Memorie, Società Toscana di Scienze, 14, 18–30.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (1983): Paleogene clastic formations in northern Dalmatia.− U: BABIĆ, Lj. & JELASKA, V. (ur.): Contributions to Sedimentology of some Carbonate and Clastic Units of the Coastal Dinarides, Excursion Guidebook. International Association of Sedimentologists 4th Regional Meeting, Split, 37–61.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (1988): Coarse-grained alluvium in the Paleogene of northern Dalmatia (Croatia, Yugoslavia).– Rad JAZU, 441/23, 139–164, Zagreb.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (1990): Progradacijski sljedovi u paleogenskom klastičnom bazenu Vanjskih Dinarida, od sjeverne Dalmacije do zapadne Hercegovine.– Rad JAZU, 449/24, 319–343, Zagreb.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (2007): Major events and stages in the sedimentary evolution of the Paleogene Promina basin (Dinarides, Croatia).– Natura Croatica, 16/4, 215–232.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (2008): Evolution of a river-fed foreland basin fill: the North Dalmatian flysch revisited (Eocene, Outer Dinarides).− Natura Croatica, 17, 357–374.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (2012): Laterally variable development of a basin-wide transgressive unit of the North Dalmatian foreland basin (Eocene, Dinarides, Croatia).− Geologia Croatica, 65, 1–27.

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (2016): The Youngest Stage In The Evolution Of The Dinaric Carbonate Platform: The Upper Nummulitic Limestones In The North Dalmatian Foreland, Middle Eocene, Croatia.− Natura Croatica, 25/1, 55–71.

BACCELLE, L. & BOSELLINI, A. (1965): Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie.– Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie), Sezione IX, Scienze Geologiche e Paleontologiche, 1, 117–153.

BACETA, J.I., PUJALTE, V. & BERNAOLA, G. (2005): Paleocene coralgal reefs of the western Pyrenean basin, northern Spain: new evidence supporting an earliest Paleogene recovery of reefal systems.− Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 224, 117–143.

BASSI, D. (2005): Larger foraminiferal and coralline algal facies in an Upper Eocene storm influenced, shallow water carbonate platform (Colli Berici, north-eastern Italy).− Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 226, 17–35.

BASSI, D., HOTTINGER, L. & NEBELSICK J.H. (2007): Larger foraminifera from the Late Oligocene of the Venetian area, north-eastern Italy.– Palaeontology, 50, 845–868.

BATTAGLIA, M., MURRAY, M. H., SERPELLONI, E. & BURGMANN, R. (2004): The Adriatic region: An independent microplate within the Africa-Eurasia collision zone.− Geophysical Research Letters, 31/9, 1–4.

BEAVINGTON-PENNEY, S.J. & RACEY, A. (2004): Ecology of extant nummulitids and other LBF: application in palaeoenvironmental analysis.– Earth-Science Reviews, 67, 219–265.

BEAVINGTON-PENNEY, S.J., WRIGHT, V.P. & WOELKERLING, W.J. (2004): Recognising macrophyte vegetated environments in the rock record: a new criterion using „hooked" forms of crustose coralline red algae.– Sedimentary Geology, 166, 1–9.

BEAVINGTON-PENNEY, S.J., WRIGHT, V.P. & RACEY, A. (2005): Sediments production and dispersal on foramifera-dominated early Tertiary ramps: the Eocene El Garia Fm, Tunisia.– Sedimentology, 52, 537–569.

BEAVINGTON-PENNEY, S.J., WRIGHT, V.P. & RACEY, A. (2006): The Middle Eocene Seeb Formation of Oman: An Investigation of Acyclicity, Stratigraphic Completeness, and Accumulation Rates in Shallow Marine Carbonate Settings.– Journal of Sedimentary Research, 76/10, 1137–1161.

BENEDETTI, A. (2015): Twin embryos in the larger benthic foraminifer *Nephrolepidina praemarginata*.– Journal of Mediterranean Earth Sciences, 7, 9–17.

BENEDETTI, A. & PIGNATTI, J. (2013): Conflicting evolutionary and biostratigraphical trends in *Nephrolepidina praemarginata* (Douvillé, 1908) (Foraminiferida).– Historical Biology, 25, 363–383.

BENEDETTI, A., DI CARLO, M. & PIGNATTI, J. (2010): Embryo size variation in larger foraminiferal lineages: stratigraphy versus paleoecology in *Nephrolepidina praemarginata* (R. Douvillé, 1908) from the Majella Mt. (Central Appennines).– Journal of Mediterranean Earth Sciences, 2, 19–29.

BENIĆ, J. (1991): The age of the Istria flysch deposits based on calcareous nannofossils.− U: DROBNE, K. & PAVLOVEC, R. (ur.): Introduction to the Paleogene SW Slovenia and Istria. IGCP Project 286 ˝Early Paleogene Benthos˝, 2nd Meeting Postojna, Paleontološki Inštitut I. Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana, 25.

BERGGREN, W.A. & PEARSON, P.N. (2005): A revised tropical to subtropical Palaeogene planktonic foraminiferal zonation.– Journal of Foraminiferal Research, 35, 279–298.

BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER, C.C. & AUBRY, M.P. (1995): A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy.– U: BERGGREN, W.A., KENT, D.V., AUBRY, M.P. & HARDENBOL, J.A. (ur.):

Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlations: A Unified Temporal Framework for an Historical Geology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Volume, 54, 129–212.

BOLTOVSKOY, E., SOTT, D.B. & MEDIOLI, E.S. (1991): Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review.– Journal of Paleontology, 65, 175–185.

BOHATY, S.M. & ZACHOS, J.C. (2003): Significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene.– Geology, 31, 1017–1020.

BOSELLINI, F.R. & PAPAZZONI, C.A. (2003): Palaeoecological significance of coral−encrusting foraminiferan associations: A case−study from the Upper Eocene of northern Italy.– Acta Palaeontologica Polonica, 48/2, 279–292.

BOSENCE, D.W.J. (2005): A genetic classification of carbonate platforms based on their basinal and tectonic settings in the Cenozoic.− Sedimentary Geology, 175, 49–72.

BOUDAGHER-FADEL, M.K. (2008): Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera.– Development in Palaeontology and Stratigraphy, 21, Elsevier, 540 str.

BRASIER, M.D. (1975): An outline history of seagrass communities.– Palaeontology, 18, 681–702.

BRIGUGLIO, A. & HOHENEGGER, J. (2011): How to react to shallow water hydrodynamics: The larger benthic foraminifera solution.– Marine Micropaleontology, 81/1, 63–76.

BRIGUGLIO, A., METSCHER, B. & HOHENEGGER, J. (2011): Growth rate biometric quantification by X-ray microtomography on larger benthic foraminifera: three-dimensional measurements push nummulitids into the fourth dimension.– Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 684–699.

BRIGUGLIO, A., HOHENEGGER, J. & LESS, G. (2013): Paleobiological Applications of Three-Dimensional Biometry on Larger Benthic Foraminifera: A New Route of Discoveries.– Journal of Foraminiferal Research, 43/1, 72–87.

BRIGUGLIO, A., WÖGER, J., WOLFGRING, E. & HOHENEGGER, J. (2014) Changing investigation perspectives: methods and applications of computed tomography on larger benthic foraminifera.– U: BERNARD, J. & KITAZATO, H. (ur.): Experimental Approaches in Living Foraminifera: Collection, Maintenance and Experiments. Springer, Tokyo, 55–70.

BRLEK, M., KORBAR, T., KOŠIR, A., GLUMAC, B., GRIZELJ, A. & OTONIČAR, B. (2014): Discontinuity surfaces in Upper Cretaceous to Paleogene carbonates of central Dalmatia, Croatia: *Glossifungites* ichnofacies, biogenic calcretes, and stratigraphic implications.− Facies, 60/2, 467–487.

BURCHETTE, T.P. & WRIGHT, V.P. (1992): Carbonate ramp depositional systems.− Sedimentary Geology, 79, 3–57.

BUXTON, M.W.N. & PEDLEY, H.M. (1989): A standardized model for Tethyan Tertiary carbonate ramps.− Journal of the Geological Society (London), 146, 746–748.

BUZAS-STEPHENS, P. & BUZAS, M.A. (2005): Population dynamics and dissolution of foraminifera in Nueces Bay, Texas.– Journal of Foraminiferal Research, 35, 248–258.

CARPENTER, W. B. (1856): Researches on the Foraminifera. Part I. Containing general introduction, and monograph on the genus *Orbitolites*.– Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 146, 181–236.

CERISON, H. & HALLOCK, P. (2007): Anomalous features observe on tests of live Archaiasine foraminifers from the Florida Keys, USA.– Journal of Foraminiferal Research, 37, 223–233.

CATUNEANU, O., BEAUMONT, C. & WASCHBUSCH, P. (1997): Interplay of static loads and subduction dynamics in foreland basins: reciprocal stratigraphies and the 'missing' peripheral bulge.– Geology, 25, 1087–1090.

CHOROWICZ, J. (1975): Le devenir de la zone de Budva vers le Nord-Ouest de la Yougoslavie.– Bulletin de la Societe Geologique de France, 7/17, 699–709.

CLEMENTZ, M., BAJPAI, S., RAVIKANT, V., THEWISSEN, J.G.M., SARAVANAN, N., SINGH, I.B. & PRASAD, V. (2011): Early Eocene warming events and the timing of terrestrial faunal exchange between India and Asia.– Geology, 39, 15–18.

COLLINSON, J.D. & THOMPSON, D.B. (1982): Sedimentary Structures.– Allen and Unwin, London, 207 str.

CRAMPTON, S.L. & ALLEN, P.A. (1995): Recognition of forebulge unconformities associated with early stage foreland basin development: Example from the North Alpine foreland basin.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 79, 1495–1514.

CRITELLI, S. & INGERSOLL, R.V. (1994): Sandstone petrology and provenance of the Siwalik Group (northwestern Pakistan and western-southeastern Nepal).– Journal of Sedimentary Research, 64/4a, 815–823.

CUKROV, N., SURIĆ, M., FUČEK, L., ĆOSOVIĆ, V., KORBAR, T. & JURAČIĆ, M. (2010): Ekskurzija B1´ – Geologija estuarija Krke.– U: HORVAT, M. (ur.): 4. Hrvatski geološki kongres, Šibenik, Vodič ekskurzija. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 129–148.

CULVER, J. & LIPPS, JH. (2003): Predation on and by Foraminifera.– U: KELLEY, P.H. (ur.): Predator-Prey Interactions in the Fossil Record. Topics in Geobiology, 20/I, 7–32.

ĆOSOVIĆ, V., BALONČIĆ, D., KOIĆ, M., MARJANAC, T., MORO, A., GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1994): Paleontological evidence of Paleogene transgression on Adriatic carbonate platform.– Géologie Mediterranee, 21/3-4, 49–53.

ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K. & MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula).– Facies, 50, 61-75.

ĆOSOVIĆ, V., PREMEC FUČEK, V., GUŠIĆ, I., JELASKA, V. & MORO, A. (2006): The age of the Tilovica breccias in Central Dalmatia, Croatia.– Micropaleontology, 52, 281–286.

ĆOSOVIĆ, V., MARJANAC, T., DROBNE, K. & MORO, A. (2008a): Outer Dinarides: eastern Adriatic coast. Paleogene and Neogene.– U: McCANN, T. (ur.): The Geology of Central Europe, Volume 2: Mesozoic and Cenozoic. The Geological Society London, London, 1031–1139.

ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K., OGORELEC, B., MORO, A., KOIĆ, M., ŠOŠTARKO, I., TARLAO, A. & TUNIS, G. (2008b): *Decastronema barattoloi* (De Castro), characteristic fossil of the Paleocene and the Eocene peritidal sediments from the Adriatic Carbonate Platform.− Geologia Croatica, 61, 321–332.

ĆOSOVIĆ, V., MRINJEK, E., PEZELJ, Đ. & VIDOVIĆ, J. (2014): Paleoenvironmental interpretation of the Eocene mud-mounds based on larger benthic foraminifera (Promina beds, Croatia).– U: MARCHANT, M. & HROMIC, T. (ur.): International symposium on Foraminifera Forams 2014, Chile, Abstract Volume. Grzybowski Foundation Special Publication, 20, 100–101.

ĆOSOVIĆ, V., MRINJEK, E., NEMEC, W., TERZIĆ, K., ŠPANIČEK, J. & MIKŠA, G. (2015): Large benthic foraminifers as proxies of bathymetric changes in the middle to late eocene Dinaric Foreland Basin (northern Dalmatia, Croatia).– U: GÜLL, E. & PILLER, W.E. (ur.): Berichte des Institutes für Erdwissenschaften Karl-Franzens-Universität Graz Band 21, Graz, 66–66.

ĆOSOVIĆ, V., NEMEC, W, MRINJEK, E., ŠPANIČEK, J. & TERZIĆ, K. (2017): Development conditions and facies architecture of transient carbonate ramps in an evolving foreland basin. – Basin Research (u postupku objavljivanja).

DAVIES, G. (1970): Carbonate bank sedimentation, eastern Shark Bay, Western Australia.– American Association of Petroleum Geologists Memoir, 13, 85–168.

DEBENAY, J-P., DELLA PATRONA, L., HERBLAND, A. & GOGUENHEIM, H. (2009): The impact of easily oxidized material (EOM) on the meiobenthos: Foraminifera abnormalities in shrimp ponds of New Caledonia; implications for environmenta and paleoenvironment survey.– Marine Pollution Bulletin, 59, 323–335.

DECELLES, P.G. & HERTEL, F. (1989): Petrology of fluvial sands from the Amazonian foreland basin, Peru and Bolivia.– Geological Society of America Bulletin, 101, 1552–1562.

DECELLES, P.G. & MITRA, G. (1995): History of the Sevier orogenic wedge in terms of critical taper models, northeast Utah and southwest Wyoming.– Geological Society of America Bulletin, 107, 454–462.

DECELLES, P.G. & GILES, K.A. (1996): Foreland basin systems.– Basin Research, 8, 105–123.

DETTMERING, C., RÖTTGER, R., HOHENEGGER, J. & SCHMALJOHANN, R. (1998): The trimorphic life cycle in foraminifera: observations from cultures allow new evaluation.– European Journal of Protistology, 34, 363–368.

DOROBEK, S. (1995): Synorogenic carbonate platforms and reefs in foreland basins: controls on stratigraphic evolution and platform/reef morphology.– U: DOROBEK, S. & ROSS, G.M. (ur.): Stratigraphic evolution of foreland basins. SEPM Special Publication, 52, 127–147.

DROBNE, K. (1974): Les grandes miliolidées des couches paléocènes de Yougoslavie du Nord-Ouest.− Razprave IV. razreda SAZU, 17, 129−184.

DROBNE, K. (1977): Alvéolines paléogènes de la Slovénie et de l'istrie.– Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 99, 1–132.

DROBNE, K. (1985): *Periloculina dalmatina* a new Trematophorid Miliolid Foraminifera from the Cuisian of Yugoslavia.– Razprave IV. razreda SAZU, 26, 159–176.

DROBNE, K. (2000): The Northwestern part of the Adria carbonate platform from the K/T boundary to the fl ysch deposition during Paleocene–Eocene.– U: CARULLI, G.B. & SALVADOR, G.L. (ur.): Società Geologica Italiana 80a Riunione estiva. Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, 231–232.

DROBNE, K. (2003): Paleogene biota from the sedimentary zones 1–4 on the Adriatic carbonate platform (ADC).– U: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (ur.): Abstract Book. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, 47–47.

DROBNE, K. & PAVLOVEC, R. (1991): Paleocene and Eocene beds in Slovenia and Istria.− U: DROBNE, K. & PAVLOVEC, R. (ur.): Introduction to the Paleogene SW Slovenia and Istria. IGCP Project 286 "Early Paleogene Benthos", 2nd Meeting Postojna, Paleontološki Inštitut I. Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana, 7–18.

DROBNE, K. & PAVŠIČ, J. (1991): Clastic carbonate deposits in SW Slovenia and Istria (Podsabotin beds – Paleocene; flysch – Paleocene, Eocene; Kožbana beds – Paleocene; Međana beds – Eocene).− U: DROBNE, K. & PAVLOVEC, R. (ur.): Introduction to the Paleogene SW Slovenia and Istria. IGCP Project 286 ˝Early Paleogene Benthos˝, 2nd Meeting Postojna. Paleontološki Inštitut I. Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana, 19–21.

DROBNE, K. & OGORELEC, B. (1991): The section Dolenja Vas, Upper Maastrichtian, Lower and Upper Danian, Thanetian.– IGCP Project 286 Early Paleogene Benthos, Introduction to the Paleogene, SW Slovenia and Istria, Field Trip Guidebook, Postojna, 47–54.

DROBNE, K., OGORELEC, B., PLENIČAR, M., ZUCCHI-STOLFA, M. L. & TURNŠEK, D. (1988): Maastrichtian, Danian and Thanetian Beds in Dolenja vas (NW Dinarides, Yugoslavia): mikrofacies, foraminifers, rudists and corals.– Razprave IV. razreda SAZU, 29, 147–224.

DROBNE, K., OGORELEC, B., PLENIČAR, M., BARATTOLO, F., TURNŠEK, D. & ZUCCHI-STOLFA, M.L., (1989): The Dolenja vas section, a transition from Cretaceous to Paleocene in the NW Dinarides, Yugoslavia.– Memorie Della Societa' Geologica Italiana, 40, 73–84.

DROBNE, K., VLAHOVIĆ, I., TRUTIN, M., PAVLOVEC, R., ĆOSOVIĆ, V., BABAC, D., CIMERMAN, F., LUČIĆ, D. & PAVŠIČ, J. (1991): Excursion B – Ravni Kotari, Paleogene.− U: VLAHOVIĆ, I. & VELIĆ, I. (ur.): Some Aspects of the Shallow-water Sedimentation on the Adriatic Carbonate Platform (Permian to Eocene), 2nd International Symposium on the Adriatic Carbonate Platform, Excursion Guidebook. Institute of Geology, Zagreb, 53–70.

DROBNE, K., OGORELEC, B., BARATTOLO, F., DOLENEC, T., PLENIČAR, M., TURNŠEK, D., & MARTON, E. (1995). The Dolenja vas section (Upper Maastrichtian, Lower and Upper Danian, Thanetian).– Atti Museo Geologico e Paleontologico, Quaderno Speciale, 3, 99–115.

DROBNE, K., OGORELEC, B., DOLENEC, T., MARTON, E. & PALINKAŠ, L. (1996): Biota and abiota at the K/T boundary in the Dolenja vas sections, Slovenia.– U: DROBNE, K., GORIČAN, Š. & KOTNIK, B. (ur.): The role of impact processes in the geological and biological evolution of planet Earth: international workshop, Postojna, Slovenia. Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Ljubljana, 163–181.

DROBNE, K., ĆOSOVIĆ, V. & ROBINSON, E. (2002): Larger miliolids of the Late Cretaceous and Paleogene seen through space and time.– Geologija, 45/2, 359–366.

DROBNE, K., ĆOSOVIĆ, V., VRABEC, M. & TARI, V. (2008) Paleocene–Eocene carbonate platforms from the Adriatic Sea to the Pannonian Basin (Western Central Tethys) and their tectonic position.– European Geosciences Union, General Assembly 2008, Wien, Geophysical Research Abstracts, EGU2008-A-08707.

DROBNE, K., OGORELEC, B., PAVŠIČ, J. & PAVLOVEC, R. (2009): Paleocene and Eocene in SW Slovenia.− U: PLENIČAR, M., OGORELEC, B. & NOVAK, M. (ur.): Geology of Slovenia. Geološki zavod Slovenije, 311–372.

DROBNE, K., ĆOSOVIĆ, V., MORO, A. & BUCKOVIĆ, D. (2011): The role of the Palaeogene Adriatic Carbonate Platform in the spatial distribution of Alveolinids.− Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 721–751.

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.

EDER, W., BRIGUGLIO, A. & HOHENEGGER, J. (2016): Growth of *Heterostegina depressa* under natural and laboratory conditions.– Marine Micropaleontology, 122, 27–43.

EMBRY, A.F., III & KLOVAN, J.S. (1971): A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island.− N.W.T. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 4, 730–781.

EXON, N., KENNETT, J., MALONE, M. & PARTYAT, L.S.S. (2000): The opening of the Tasmanian gateway drove global Cenozoic paleoclimatic and paleoceanographic changes: results of Leg 189.– Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth sampling Journal, 26, 11–17.

FERRÀNDEZ-CAÑADELL, C. (2012): Multispiral growth in *Nummulites*. Paleobiological implications.– Marine Micropaleontology, 96/97, 105–122.

FERRÁNDEZ-CAÑADELL, C. & SERRA-KIEL, J. (1992): Morphostructure and paleobiology of *Discocyclina* Gümbel, 1870.– The Journal of Foraminiferal Research, 22, 147–165.

FERRÀNDEZ-CAÑADEL, C., BRIGUGLIO, A., HOHENEGGER, J. & WÖGER, J. (2014): Test fusion in adult Foraminifera: A review with new observations of an Early Eocene *Nummulites* specimen.– Journal of Foraminiferal Research, 22, 316–324.

FLÜGEL, E. (2010): Microfacies of Carbonate Rocks.− Springer-Verlag, Berlin, 976 str.

FOLK, R.L. (1959): Practical petrographic classification of limestones.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43, 1−38.

FRONTALINI, F., & COCCIONI, R. (2008): Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea coast of Italy.– Estuarine Coastal and Shelf Science, 76, 404–417.

FOSTER, M.S. (2001): Rhodoliths: between rocks and soft places.– Journal of Phycology, 87, 659–667.

FRASER, G.S. & DECELLES, P.G. (1992): Geomorphic controls on sediment accumulation at margins of foreland basins.− Basin Research, 4, 233–252.

GALEWSKI, J. (1998): The dynamics of foreland basin carbonate platforms: tectonic and eustatic controls.− Basin Research, 10, 409–416.

GEEL, T. (2000): Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain.− Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 155, 211–238.

GESLIN, E., DEBENAY, J.P. & LESOURD, M. (1998): Abnormal wall textures and test deformation in *Ammonia beccarii* (hyaline foraminifer).– Journal of Foraminiferal Research, 28, 148–156.

GESLIN, E., STOUFF, V., DEBENAY, J.P. & LESOURD, M. (2000): Environmental variation and foraminiferal test abnormalities.– Environmental Micropaleontology, 15, 191–215.

GESLIN, E., DEBENAY, J.P., DELUBIA, W. & BONETTI, C. (2002): Morphological abnormalities of foraminiferal shells in Brazilian environments: a comparison between polluted and non-polluted areas.– Marine Micropaleontology, 45, 151–168.

GILHAM, R.E & BRISTOW, C.S. (1998): Facies architecture and geometry of a prograding carbonate ramp during the early stages of foreland basin evolution: Lower Eocene Sequences, Sierra del Cadí, SE Pyrenees, Spain.– U: WRIGHT, V.E & BURCHETTE, T.R (ur.): Carbonate Ramps. Geological Society, Special Publications, 149, London, 181–203.

GOLDBECK, E.J., HOUBEN, C. & LANGER, M.R. (2005): Survival of foraminifera in the gut of holothuroids from Elba Island (Mediterranean Sea).– Revue de Micropaléontologie, 48, 169–174.

GRIMSDALE, T.F. & VAN MORKHOVEN, F.P.C.M. (1955): The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks.– Procedengs of 4th World Petroleum Congress, Rome, 4/1, 473–491.

GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme.– JAZU, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 160 str.

HALLOCK, P. (1979): Trends in test shape with depth in large, symbiont-bearing foraminifera.– The Journal of Foraminifeal Research, 9, 61–69.

HALLOCK, P. (1984): Distribution of larger foraminiferal assemblages on two Pacific coral reefs.– The Journal of Foraminifeal Research, 14, 250–261.

HALLOCK, P. (1985): Why are larger foraminifera large?.– Paleobiology, 11, 195–208.

HALLOCK, P. (1988): Diversification in algal Symbiont-Bearing Foraminifera: A response to Oligothrophy?.– Revue de Paléobiologie, Special Volume 2, Benthos 1988, 789–797.

HALLOCK, P. (1999): Symbiont-bearing Foraminifera.− U: SEN GUPTA, B.K. (ur.): Modern Foraminifera. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 123–139.

HALLOCK, P. & GLENN, C.E. (1986): Larger Foraminifera: A tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies.− Palaios, 1, 55–64.

HALLOCK, P., PREMOLI-SILVA, I. & BOERSMA, A. (1991): Similarities between planktonic and larger foraminiferal evolutionary trends through Palaeogene paleoceanographic changes.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 83, 49–64.

HANDY, M.R., USTASZEWSKI, K. & KISSLING, E. (2015): Reconstructing the Alps–Carpathians–Dinarides as a key to understanding switches in subduction polarity, slab gaps and surface motion.– International Journal of Earth Sciences, 104/1, 1–26.

HARMS, J.C., SOUTHARD, J.B., SPEARING, D.R. & WALKER, R.G. (1975): Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences.– SEPM Short Course, 2, Lecture Notes.– SEPM, Dallas, 161 str.

HAUER, F. (1852): Vorlage Von Gebirgskarte und Fossilien aus Dalmatien.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien.

HAUER, F. (1867–1871): Pregledna geološka karta Austro-Ugarske Monarhije, M 1:576,000, Wien.

HEĆIMOVIĆ, I. (2010): Geološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:300,000.– Kartografija i geoinformacije, 9/14, 126–131.

HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. & ANDERSON, O.R. (1989): Modern planktonic Foraminifera.– Springer, New York, 363 str.

HOHENEGGER, J. (2000): Coenoclines of larger foraminifera.– Micropaleontology, 46, 127–151.

HOHENEGGER, J. (2004): Depth biocoenoclines and environmental considerations of Western Pacific larger foraminifera.− The Journal of Foraminifeal Research, 34, 9–33.

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.

HOHENEGGER, J. (2006): The importance of symbiont-bearing benthic foraminifera for West Pacific carbonate beach environments.– Marine Micropaleontology, 61, 4–39.

HOHENEGGER, J. (2009): Functional Shell Geometry of Symbiont-Bearing Benthic Foraminifera.– Galaxea, Journal of Coral Reef Studies, 11, 81–89.

HOHENEGGER, J. (2011): Large Foraminifera: Greenhouse Constructions and Gardeners in the Oceanic Microcosm.– The Kagoshima University Museum, Kagoshima, Japan, 85 str.

HOHENEGGER, J., YORDANOVA, E., NAKANO, Y. & TATZREITER, F. (1999): Habitats of larger foraminifera on the upper reef slope of Sesoko Island, Okinawa, Japan.– Marine Micropaleontology, 100, 1–10., 36, 109–168.

HOHENEGGER, J., BRIGUGLIO, A. & EDER, W. (2014): The Natural Laboratory of Algal Symbiont-Bearing Benthic Foraminifera: Studying Individual Growth and Population Dynamics in the Sublittoral.– U: HIROSHI, K. & BERNHARD, J. (ur.): Approaches to Study Living Foraminifera: Collection, Maintenance and Experimentation. Springer, Japan, 13–29.

HOTTINGER, L. (1960): Recherches sur les Alvéolines paléocènes et éocènes.− Schweizerische paläontologische Abhandlungen, 75-76, 1–236.

HOTTINGER, L. (1974): Alveolinids, Cretaceous Tertiary Larger Foraminifera.– Exxon Research–European Laboratories, A Schudel & Co, Riehen, Basel, 85 str.

HOTTINGER, L. (1983): Processes determining the distribution of larger Foraminifera in space and time.− Utrecht Micropaleontological Bulletins, 30, 239–253.

HOTTINGER, L. (1986): Construction, structure and function of foraminiferal shells.– U: LEADBEATER, B.S.C. & RIDING, R. (ur.): Biomineralisation in Lower plants and animals. Special volume, Systematics Association, 30, 219–235.

HOTTINGER, L. (1997): Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations.− Bulletin de la Société géologique de France, 168, 591–505.

HOTTINGER, L. (1998): Shallow benthic foraminifera at the Paleocene-Eocene boundary.− Strata, 19, 61–64.

HOTTINGER, L. (1999): "Odd partnership", a particular size relation between close species of larger foraminifera, with an emendation of an outstanding odd partner, *Glomalveolina delicatissima* (Smout, 1954), Middle Eocene.– Eclogae Geologicae Helvetiae, 92/3, 385–393.

HOTTINGER, L. (2000): Functional morphology of benthic foraminiferal shells, envelopes of cells beyond measure.– U: LEE, J.J. & MULLER, P.H. (ur.): Advances in the Biology of Foraminifera. Micropaleontology, Special Publication, 46, 57–86.

HOTTINGER, L. (2001): Learning from the past?.– U: BOX, E. & PIGNATTI, J. (ur.): The Living World. Academic Press, San Diego, IV, 449–477.

HOTTINGER, L. (2006a): The depth-depending ornamentation of some lamellar-perforate foraminifera.– Symbiosis, 42, 141–151.

HOTTINGER, L. (2006b): Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research.– Carnets de Gèologie Memoir, 2, 1–126.

HOTTINGER, L. (2014): Paleogene Larger Rotaliid Foraminifera from the Western and Central Neotethys.− Springer International Publishing Switzerland, 196 str.

HOTTINGER, L. & SCHAUB, H. (1960): Zur Stufeneinteilung des Paleocaens und des Eocaens.– Eclogae Geologicae Helvetiae, 53, 453–479.

HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (1980): Early Tertiary conical imperforate foraminifera.− Razprave IV. razreda SAZU, 22, 186–276.

HÖNTZSCH, S., SCHEIBNER, C., BROCK, J.P. & KUSS, J. (2013): Circum-Tethyan carbonate platform evolution during the Palaeogene: the Prebetic platform as a test for climatically controlled facies shifts.− Turkish Journal of Earth Sciences, 22, 891–918.

IBRAHIMPAŠIĆ, H. (2004): Velike foraminifere kao osnova biostratigrafsije paleogenskih naslaga odabranih lokaliteta u Istri.– neobjavljeni magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 105 str.

IBRAHIMPAŠIĆ, H. (2012): Takosnomija, paleoekologija i biostratigrafija paleogenskih alveolinida sjeverozapadnog i središnjeg dijela Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme.– neobjavljena doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 204 str.

IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., MARKOVIĆ, S., SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L. & ŠUŠNJARA, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Obrovac.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., SOKAČ, B., VRSALOVIĆ-CAREVIĆ, I. & ZUPANIČ, J. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000. Tumač za list Obrovac.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 61 str.

IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. & SAKAČ, K. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Drniš.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V. & SAKAČ, K. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000. Tumač za list Drniš.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 59 str.

JACOBI, R.D. (1981): Peripheral bulge - a causal mechanism for the Lower Ordovician unconformity along the western margin of the northern Appalachians.– Earth and Planetary Science Letters, 56, 245–251.

JAMES, N.P. & BOURQUE, P.A. (1992): Reefs and mounds.− U: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (ur.): Facies Models Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada Reprint Series, 323–345.

JELASKA, V., BENČEK, Đ., CVETKO TEŠOVIĆ B., ĆOSOVIĆ, V., GUŠIĆ, I., IŠTUK, Ž. & MATIČEC, D. (2003): Platform Dynamics During the Late Cretaceous and Early Palaeogene – External Dinarides, Dalmatia.− U: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (ur.): Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Panonnian basin, 22nd IAS Meeting of sedimentology − Opatija 2003, Field Trip Guidebook. Hrvatski geološki institut, 101–107.

JENSEN, P. (1895): Über individuelle physiologische Unterschiede zwischen Zellen der gleichen.– Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, 62, 172–200.

JURKOVŠEK, B., TOMAN, M., OGORELEC, B., ŠRIBAR, L., DROBNE, K., POLJAK, M. & ŠRIBAR, L. (1996): Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote. Kredne in paleogenske karbonatne kamnine, 1:50,000 (Geological map of the southern part of the Trieste-Komen plateau. Cretaceous and Paleogene carbonate rocks).− Inštitut za geologio, geotehniko in geofiziko Ljubljana, 143 str.

JURKOVŠEK, B., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & OGORELEC, B. (1997): Geologija avtocestnega odseka Divača – Kozina. Geology of the Divača-Kozina motorway section (Kras, Slovenia).− Annales, 11/4, 161–186.

JURKOVŠEK, B., BIOLCHI, S., FURLANI, S.,KOLAR-JURKOVŠEK, T., ZINI, L., JEŽ, J., TUNIS, G., BAVEC, M. & CUCCHI, F. (2016): Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy).− Journal of Maps, 12/S1, 352–362.

KIDWELL, S.M., & BOSENCE, D.W.J. (1991): Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas.– U: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G. (ur.): Taphonomy, Releasing the Data Locked in the Fossil Record.– Plenum Press, New York, 115–209.

KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. (1947): Eocenski koralji i hidrozoi Dubravice i Ostrovice u Dalmaciji.– Geološki Vjesnik, 1, 48−65.

KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates.– Earth-Science Reviews, 96/4, 296–312.

KORBAR, T., MONTANARI, A., PREMEC FUĆEK, V., FUČEK, L., COCCIONI, R., McDONALD, I., CLAEYS, P., SCHULZ, T. & KOEBERL, C. (2015): Potential Cretaceous-Paleogene boundary tsunami deposit in the intra-Tethyan Adriatic carbonate platform section of Hvar (Croatia).− Geological Society of America Bulletin, 127/11–12, 1666–1680.

KORBAR, T., MCDONALD, I., PREMEC FUĆEK, V., FUČEK, L. & POSILOVIĆ, H. (2017): Post-impact event bed (tsunamite) at the Cretaceous–Palaeogene boundary deposited on a distal carbonate platform interior.– Terra Nova, 29/2, 135–143.

KOMINZ, M.A., BROWNING, J.V., MILLER, K.G., SUGARMAN, P.J., MIZINTSEVA, S. & SCOTESE, C.R. (2008): Late Cretaceous to Miocene sea-level estimates from the New Jersey and Delaware coastal plain coreholes: an error analysis.– Basin Research, 20, 211–226.

KOŠIR, A. (1997): Eocene platform-to-basin depositional sequence, southwestern Slovenia.– Gaea Heidelbergensis, 3, 205 str.

KOŠIR, A. (2003): Litostratigrafska revizija zgornje krede in paleogena v jugozahodni Sloveniji (Lithostratigraphic revision of Upper Cretaceous and Paleogene in southwestern Slovenia).− U: HORVAT, A. (ur.): 16. posvetovanje slovenskih geologov − Slovenia 2003, Geološki zbornik 17, Povzetki referatov. Naravoslovnotehninka fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana, 92–98.

KOŠIR, A. (2004): *Microcodium* revisited: root calcification products of terrestrial plants on carbonate-rich substrates.– Journal of Sedimentary Research, 74/6, 845–857.

KOULAKOV, I., KABAN, M.K. & TESAURO, M. (2009): P- and S-velocity anomalies in the upper mantle beneath Europe from tomographic inversion of ISC data.– Geophysical Journal International, 179, 345–366.

KRÜGER, R., RÖTTGER, R., LIETZ, R. & HOHENEGGER, J. (1997): Biology and reproductive processes of the larger foraminiferan *Cycloclypeus carpenteri* (Protozoa Nummulitidae).– Archiv fur Protistenkunde, 147, 307–321.

LANGER, M.R. (1993): Epiphytic foraminifera.− Marine Micropaleontology, 20**,** 235–265.

LANGER, M.R. & HOTTINGER, L. (2000): Biogeography of selected “larger” foraminifera.– Micropaleontology, 46, 105–126.

LEE, J.J. (1998): Living sands: Larger Foraminifera and their endosymbiotic algae.− Symbiosis, 25, 71–100.

LE CALVEZ, J. (1938): Recherches sur les foraminifères: I. Dévelopement et reproduction.– Archives de Zoologie Experimentale et Générale, 80, 163–333.

LEITER, C. & ALTENBACH, A.V. (2010): Benthic foraminifera from the diatomaceous mud belt off Namibia: characteristic species for severe anoxia.– Paleontologia Electronica, 15/1, 13.2.11A.

LESS, G. (1987): Paleontology and Stratigraphy of european orthophragminae.– Geologica Hungarica (Palaeontologica), 51, 373 str.

LEVIN, H.L. (1957): Micropaleontology of the Oldsmar limestone (Eocene).– Micropaleontology, 3/2, 137–154.

LIPPITSCH, R., KISSLING, E. & ANSORGE, J. (2003): Upper mantle structure beneath the Alpine orogen from high-resolution teleseismic tomography.– Journal of Geophysical Research, 108/B8, 2156–2202.

LIPPS, J.H. & SEVERIN K.P. (1986): *Alveolinella quoyi*, a living fusiform foraminifer at Motupore island, Papua New Guinea.– Science in New Guinea, 11, 126–137.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988): Foraminiferal Genera and their Classification.– Van Nostrand Reinhold, New York, 1–1728.

LUCIANI, V. (2007): Test abnormalities in benthic foraminifera and heavy metal pollution at the Goro Lagoon (Italy): a multi-year history.– Geophysical Research Abstracts, 9, 09765.

LUTERBACHER, H. (1984): Paleoecology of foraminifera in the Paleogene of the southern Pyrenees.– Benthos´83, 2nd Int. Symp. Benthic. Foraminifera, 389–392.

LUTERBACHER, H. (1998): Sequence stratigraphy and the limitations of biostratigraphy in the marine Paleogene strata of the Tremp Basin (central part of the southern Pyrenean foreland basin, Spain).– U: DE GRACIANSKY, P.C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T. & VAIL, P.R. (ur.): Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. Society for Sedimentary Geology Special Publication, 60, 303–309.

MADKOUR, H.A. & ALI, M.Y. (2008): Heavy metals in the benthic foraminifera from the coastal lagoons, Red Sea, Egypt: indicators of anthropogenic impact on environment (case study).– Environmental Geology, 58, 543–553.

MAJCEN, Ž. & KOROLIJA, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000. Tumač za list Zadar.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 44 str.

MAJCEN, Ž., KOROLIJA, B., SOKAČ, B. & NIKLER, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Zadar.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

MAMUŽIĆ, P. (1975a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Šibenik.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

MAMUŽIĆ, P. (1975b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000. Tumač za list Šibenik K33-8.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 37 str.

MARINČIĆ, S. (2009): Flišne naslage (srednji gornji eocen – $E_{2,3}$).− U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I.(ur.): Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300,000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 77−79.

MARINČIĆ, S., KOROLIJA, B. & MAJCEN, Ž. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Omiš.– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

MARJANAC, T. & ĆOSOVIĆ, V. (2000): Tertiary depositional history of Eastern Adriatic realm.– Vijesti Hrvatskoga geološkog društva, 37/2, 93–103.

MARJANAC, T., BABAC, D., BENIĆ, J., ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K., MARJANAC, LJ., PAVLOVEC, R. & VELIMIROVIĆ, Z. (1998): Eocene carbonate sediments and sea-level changes on the SE part of Adriatic Carbonate Platform (Island of Hvar and Pelješac Peninsula, Croatia).− U: HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (ur.): Paleogene shallow benthos of the Tethys. Dela, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti (SAZU), 34, 243–254.

MARTÍNEZ-COLÓN, M., HALLOCK, P. & GREEN-RUIZ, C. (2009): Strategies for using shallow-water benthic foraminifers as bioindicators of potentially toxic elements: A review.– Journal of Foraminiferal Research, 39, 278–299.

MARTINI, E. (1971): Standard Cenozoic and Quaternary calcareous nannoplankton zonation.– Proceedings of the Second International Conference on Planktonic Microfossils, Rome, 2, 739–777.

MATENCO, L., KRÉZSEK, C., MERTEN, S., SCHMID, S.M., CLOETINGH, S. & ANDRIESSEN, P. (2010): Characteristics of collisional orogens with low topographic build-up: an example from the Carpathians.– Terra Nova, 22, 155–195.

MATTEUCCI, R. (1996): Autoecologic remarks on recent and fossil Haddonia (Textulariina, Foraminifera).− U: CHERCHI, A. (ur.): Autoecology of Selected Fossil Organisms: Achievements and Problems. Bollettino della Societá Paleontolologica Italiana Volume Speciale 3, 113–122.

MATEU-VICENS, G., BOX, A., DEUDERO, S. & RODRÍGUEZ, B. (2010): Comparative analysis of epiphytic foraminifera in sediments colonized by seagrass *Posidonia oceanica* and invasive macroalgae *Caulerpa* spp.− The Journal of Foraminifeal Research, 40, 134–147.

MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1996): Eocene limestones overlying lower Cretaceous deposits of Western Istria (Croatia): did some parts of present Istria form land during the Cretaceous?.– Geologia Croatica, 49/1, 117–127.

MERIÇ, E. (1992): Twin development in Discocyclinidae.– Micropaleontology, 38, 310–312.

MERIÇ, E., AVŞAR, N., GÖRMÜŞ, M. & BERGIN, F. (2004): Twin embryos in the larger benthic foraminifer *Nephrolepidina praemarginata* and triplet forms of recent benthic foraminifera from the eastern Aegean Sea, Turkish coast.– Micropaleontology, 50, 297–300.

MERIÇ, E., AVSAR, N., GÖRMÜS, M. & BERGIN, F. (2005): Twin and triplet forms of Recent benthic foraminifera from the eastern Aegean Sea, Turkish coast.– Micropaleontology, 50, 297–300.

MERIÇ, E., YOKEŞ, M.B., NIELSEN, J.K., GÖRMÜŞ, M., AVŞAR, N. & DINÇER, F. (2008): Abnormal formations in peneroplids: *Peneroplis-Coscinospira* togetherness.– Anales de Biología, 30, 1–7.

MEULENKAMP, J.E. & SISSINGH, W. (2000): Early to Middle Ypresian, late Lutetian, late Rupelian, early Burdigalian, early Langhian, late Tortonian, Piacenzian/Gelasian.– U: DERCOURT, J. & GAETANI, M. i sur.. (ur.): Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps. CCGM/CGMW, Paris, 17–23.

MEULENKAMP, J.E. & SISSINGH, W. (2003): Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the northern and southern Peri-Tethys platforms and the intermediate domains of the African-Eurasian convergent plate boundary zone.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 196, 209– 228.

MILAN, A. (1957): Prilog poznavanju eocenske faune moluska sjeverne Dalmacije.− Geološki vjesnik, 10, 57–70.

MILLER, K.G., KOMINZ, M.A., BROWNING, J.V., WRIGHT, J.D., MOUNTAIN, G.S., KATZ, M.E., SUGARMAN, P.J., CRAMER, B.S., CHRISTIE-BLICK, N. & PEKAR, S.F. (2005): The Phanerozoic record of global sea-level change.– Science, 310, 1293–1298.

MINNERY, G.A. (1990): Crustose coralline algae from the flower garden banks, northwestern Gulf of Mexico: controls on distribution and growth morphology.– Journal of Sedimentary Research, 60, 992–1007.

MITRA, S. (1990): Fault-propagation folds: geometry, kinematic evolution, and hydrocarbon traps.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 74, 921–945.

MORSILLI, M., BOSELLINI, F. R., POMAR, L., HALLOCK, P., AURELL, M. & PAPAZZONI, C. A. (2012): Mesophotic coral buildups in a prodelta setting (Late Eocene, southern Pyrenees, Spain): a mixed carbonate–siliciclastic system.– Sedimentology, 59/3, 766–794.

MRINJEK, E. (1993a): Conglomerate fabric and paleocurrent measurement in the braided fluvial system of the Promina Beds in northern Dalmatia (Croatia).– Geologia Croatica, 46/1, 125–136.

MRINJEK, E. (1993b): Sedimentology and depositional setting of alluvial Promina Beds in northern Dalmatia, Croatia.– Geologia Croatica, 46/2, 243–261.

MRINJEK, E. (1994): Internal architecture of alluvial Promina Beds in northern Dalmatia, Croatia.– Acta geologica, 24/1–2, 1–36.

MRINJEK, E. (2008): The Promina beds in canyon of Krka River and Bribirske Mostine.− U: MARJANAC, T. (ur.): 5th ProGEO International Symposium, Rab Island, Guidebook. Progeo – Croatia, Zagreb, 37–77.

MRINJEK, E. & PENCINGER,V. (2008): The Benkovac Stone – a building stone from the Promina Beds: A Late Eocene heterolithic succession of storm-dominated shelf deposits with highly diverse trace fossils.− U: MARJANAC, T. (ur.): 5th ProGEO International Symposium, Rab Island, Guidebook. Progeo – Croatia, Zagreb, 105–125.

MRINJEK, E., PENCINGER, V. & SREMAC, J. (2007): The stacked shallow coarse-grained mouth-bar type deltas in Promina Formation: a Late Eocene prograding succession in Bribir area, Northern Dalmatia, Croatia.− Abstracts, 25th IAS meeting, Patras, Greece.

MRINJEK, E., PENCINGER, V., SREMAC, J. & LUKŠIĆ, B. (2005): The Benkovac Stone member of the Promina formation: a Late Eocene succession of storm-dominated shelf deposits.– Geologia Croatica, 58/2, 163–184.

MRINJEK, E., PENCINGER, V., MATIČEC, D., MIKŠA, G., BERGANT, S., VELIĆ, I., VELIĆ, J., PRTOLJAN, B. & VLAHOVIĆ, I. (2010a): Sedimentology, origin and depositional setting of sandstone beds within the oldest Promina Deposits (Middle to Upper Eocene) of Northern Dalmatia, Croatia.− U: HORVAT, M. (ur.): 4. Hrvatski geološki kongres, Šibenik, Knjiga sažetaka. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 24–25.

MRINJEK, E., PENCINGER, V., MATIČEC, D., MIKŠA, G., BERGANT, S., VELIĆ, I., VELIĆ, J., PRTOLJAN, B. & VLAHOVIĆ, I. (2010b): Carbonate olistoliths and megabeds within Middle to Upper Eocene Promina Deposits: a sedimentary response to thrusting and fold growth an the Dinaric Foreland Basin.− U: HORVAT, M. (ur.): 4. Hrvatski geološki kongres, Šibenik, Knjiga sažetaka. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 26–27.

MRINJEK, E., PENCINGER, V., NEMEC, W., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEC, D. (2011): The effects of blind-thrust folding on foreland sedimentation: examples from the Eocene-Oligocene Dinaric foreland basin of Croatia.− U: BÁDENAS, B., AURELL, M. & ALONSO-ZARZA, A.M. (ur.): 28th IAS Meeting of Sedimentology – Zaragoza 2011, Abstracts. IAS, Zaragoza, 443–443.

MRINJEK, E., NEMEC, W., PECINGER, V., MIKŠA, G., VLAHOVIĆ, I., ĆOSOVIĆ, V., VELIĆ, I., BERGAN, S. & MATIČEC, D. (2012): The Eocene–Oligocene Promina Beds of the Dinaric Foreland Basin in northern Dalmatia.− Journal of Alpine Geology, 55, 409–451.

MRINJEK, E., NEMEC, W., ĆOSOVIĆ, V., VLAHOVIĆ, I. & MIKŠA, G. (2015): Contrasting styles of sedimentation on the opposing limbs of blind-thrust synclinal troughs in an evolving orogenic wedge-top basin (Eocene Dinaric Foreland, Croatia).– 31st IAS Meeting of Sedimentology, Abstracts, Kraków, 361.

MURRAY, J.W. (1991): Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera.– Longman Scientific and Technical, New York, 397 str.

NEBELSICK, J.H., BASSI, D. & LEMPP, J. (2013): Tracking paleoenvironmental changes in coralline algal-dominated carbonates of the Lower Oligocene Calcareniti di Castelgomberto formation (Monti Berici, Italy).− Facies, 59/1, 133–148.

NEDÉLA-DEVIDÉ, D. (1956): Prethodni izvještaj o geološkom kartiranju u Ravnim Kotarima.− Arhiv Geološkog Instituta, Zagreb, 30–54.

NIKLER, L. (1982): Značaj i karakteristike smeđih ugljena Dalmacije.− Geološki vjesnik, 35, 181–194.

NGUYEN, D.T. (1980): Remarques sur quelques anomalies du test de ‘Fusulines’.– Revue de Micropaléontologie, 23, 116–120.

OGORELEC, B., DOLENEC, T., CUCCHI, F., GIACOMICH, R., DROBNE, K., & PUGLIESE, N. (1995): Sedimentological and geochemical characteristics of carbonate rocks from the K/T boundary to lower Eocene in the Karst area (NW Adriatic platform).– First Croatian Geological Congress, Zbornik radova 2, Opatija, 415–421.

OGORELEC, B., DROBNE, K., JURKOVŠEK, B., DOLENEC, T. & TOMAN, M. (2001): Paleocene beds of the Liburnia Formation in Čebulovica (Slovenia, NW Adriatic Dinaric platform).– Geologija, 44/1, 15–65.

OGORELEC, B., DOLENEC, T., & DROBNE, K. (2007): Cretaceous–Tertiary boundary problem on shallow carbonate platform: Carbon and oxygen excursions, biota and microfacies at the K/T boundary sections Dolenja Vas and Sopada in SW Slovenia, Adria CP.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 255, 64–76.

OMAÑA, L., ALENCÁSTER, G., TORRES HERNÁNDEZ, J.R. & RUBÉN LÓPEZ DONCEL, R. (2012): Morphological Abnormalities and Dwarfism in Maastrichtian Foraminifera from the Cárdenas Formation, Valles–San Luis Potosí Platform, Mexico: evidence of paleoenvironmental stress.– Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 64, 305–318.

ORI, G.G. & FRIEND, P.G. (1984): Sedimentary basins, formed and carried piggyback on active thrust sheets.– Geology, 12, 475–478.

ORI, G.G., ROVERI, M. & VANNONI, F. (1986): Plio-Pleistocene sedimentation in the Apenninic-Adriatic foredeep (central Adriatic Sea, Italy).– U: ALLEN, P.A. & HOMEWOOD, P. (ur.): Foreland Basins. Special Publication, The International Association of Sedimentologists, 8, 183–198.

ORUE-ETXEBARRIA, X., PUJALTE, V., BERNAOLA, G., APELLANIZ, E., BACETA, J.I., PAYROS, A., NUNEZ-BETELU, K., SERRA-KIEL, J. & TOSQUELLA, J. (2001): Did the Late Paleocene thermal maximum affect the evolution of larger foraminifers? Evidence from calcareous plankton of the Campo Section (Pyrenees, Spain).– Marine Micropaleontology, 41, 45–71.

OTONIČAR, B. (2007): Upper Cretaceous to Paleogene Forbulge Unconformity Associated with Foreland Basin Evolution (Kras, MatarskoPodolje and Istria; SW Slovenia and NW Croatia).– Acta Carsologica, 36/1, 101–120.

PAPAZZONI, C.A., ĆOSOVIĆ, V., BRIGUGLIO, A. & DROBNE; K. (2017): Towards a calibrated Larger Foraminifera Biostratigraphic Zonation: Celebrating 18 Years of the Application of Shallow Benthic Zones.– Palaios, 32, 1–5.

PAVLOVEC, R. & PLENIČAR, M. (1981): The boundary between Cretaceous and Tertiary in the limestone beds of the West Dinarides.– Rudarsko-metalurški zbornik (Ljubljana), 28/1, 25–31.

PAVŠIČ, J. & PREMEC FUČEK, V. (2000): Calcareous nannoplankton and planktonic foraminiferal zones during the Middle and Upper Eocene of the ″Transitional beds″ of the Adriatic platform.– Annali di Museo Civico di Storia Naturali Ferrara, 3, 22–23.

PAWLOWSKI, J., HOLZMANN, M., BERNEY, C., FAHRNI, J., GOODAY, A.J., CEDHAGEN, T., HABURA, A. & BOWSER, S.S. (2003): The evolution of early Foraminifera.– PNAS, 100/20, 11494–11498.

PAWLOWSKI, J., HOLZMANN, M. & TYSZKA, J. (2013): New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology.– Marine Micropaleontology, 100, 1–10.

PEARSON, P.N. (2012): Oxygen isotopes in foraminifera: overview and historical review.– U: IVANY, L.C. & HUBER, B.T. (ur.): Reconstructing Earth's Deep-Time Climate – The State of the Art in 2012, Paleontological Society Short Course. The Paleontological Society Papers, 18, 1–38.

PEARSON, P.N., VAN DONGEN, B.E., NICHOLAS, C.J., PANCOST, R.D., SCHOUTEN, S., SINGANO, J.M. & WADE, B.S. (2007): Stable warm tropical climate through the Eocene Epoch.− Geology, 35, 211–214.

PÉCHEUX, M.J.-F. (1995): Ecomorphology of a recent large foraminifera, *Operculina ammonoides*.– Geobios, 28, 529–566.

PENCINGER, V. (2012): Sedimentološke i stratigrafske značajke Prominskih naslaga sjeverozapadne Dalmacije.– neobjavljena doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 195 str.

PERRIN, C. (1992): Signification écologique des foraminifères acervulinidés et leur rôle dans la formation de faciès récifaux et organogènes depuis le Paléocène.− Geobios, 25/6, 725–751.

PICHA, F. J. (2002): Late Orogenic Strike-Slip Faulting and Escape Tectonics in Frontal Dinarides- Hellenides, Croatia, Yugoslavia, Albania, and Greece.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 86/9, 1659–1671.

PIGNATTI, J., MATTEUCCI, R., PARLOW, T. & FANTOZZI, P.L. (1998): Larger foraminifera biostratigraphy of the Maastrichtian–Ypresian Wadi Mashid succession (Southern Hadramawt Arch, SE Yemen).– Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, 26, 609–635.

PIGNATTI, J., FREZZA, V., BENEDETTI, A., CARBONE, F., ACCORDI, G. & MATTEUCCI, R. (2012): Recent foraminiferal assemblages and mixed carbonate-siliciclastic sediments along the coast of southern Somalia and northern Kenya.– Italian Journal of Geosciences, 131/1, 66–75.

POLOVODOVA, I., & SCHÖNFELD, J. (2008): Foraminiferal test abnormalities in the western Baltic Sea.– Journal of Foraminiferal Research, 38, 318–336.

POMAR, L. (2001): Types of carbonate platforms: a genetic approach.− Basin Research, 13, 313–334.

POMAR, L. & HALLOCK, P. (2008): Carbonate factories: A conundrum in sedimentary geology.– Earth-Science Reviews, 87, 134–169.

POMAR, L., MATEU-VICENS, G., MORSILLI, M. & BRANDANO, M. (2014): Carbonate ramp evolution during the Late Oligocene (Chattian), salento Penninsula, southern Italy.− Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 404, 109–132.

POPADIĆ, A., VIDOVIĆ, J., ĆOSOVIĆ, V., MEDAKOVIĆ, D., DOLENEC, M. & FELJA, I. (2013): Impact evaluation of the industrial activities in the Bay of Bakar (Adriatic Sea, Croatia): Recent benthic foraminifera and heavy metals.– Marine Pollution Bulletin, 76/1–2, 333–348.

PUGLIESE, N., DROBNE, K., BARATTOLO, F., CAFFAU, M., GALVANI, R., KEDVES, M., MONTENEGRO, M. E., PIRINI RADRIZZANI, C., PLENIČAR, M., & TURNŠEK, D. (1995): Micro- and Macrofossils from K/T Boundary through Paleocene in the Northern Adriatic Platform.– First Croatian Geological Congress, Zbornik radova 2, Opatija, 505–513.

PUJALTE, V., ROBLES, S., ROBADOR, A., BACETA, J.I. & ORUE-ETXEBARRIA, X. (2009): Shelf-to-Basin Palaeocene Palaeogeography and Depositional Sequences, Western Pyrenees, North Spain.– Blackwell Publishing Ltd., 369–395 str.

PUŠKARIĆ, S. (1987): Calcareous nannoplankton from clastic sediments of the island of Hvar.– Radovi Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti, 22/431, 7–16.

RĂBĂGIA, T., MATENCO, L. & CLOETINGH, S. (20119: The interplay between eustacy, tectonics and surface processes during the growth of a fault-related structure as derived from sequence stratigraphy: the Govora-Ocnele Mari antiform, South Carpathians.– Tectonophysics, 502, 196–220.

RACEY, A. (1994): Biostratigraphy and palaeobiogeographic significance of Tertiary nummulitids (foraminifera) from northern Oman.– U: SIMMONS, M.D. (ur.): Micropalaeontology and Hydrocarbon Exploration in the Middle East. Chapman and Hall, London, 343–370.

RACEY, A. (2001): A review of Eocene nummulite accumulations: structure, formation and reservoir potential.– Journal of Petroleum Geology, 24, 79–100.

RADOIČIĆ, R. (1960): Mikrofacijes krede i starijeg tercijara spoljnjih Dinarida Jugoslavije.– Paleontologija Jugoslavenskih Dinarida-Serija A. Mikropaleontologija, IV/1, Titograd, 5–172.

RASSER, M.W. (2000): Coralline red algal limestones of the Late Eocene Alpine Foreland Basin in Upper Austria: component analysis, facies and paleoecology.− Facies, 42, 59–92.

READ, J.F. (1985): Carbonate platform facies models.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 69, 1–21.

REISS, Z. & HOTTINGER, L. (1984): The Gulf of Aqaba: ecological micropaleontology.– Springer, New York, 354 str.

RHUMBLER, L. (1902): Die Doppelschalen von Orbitolites und anderen Foraminiferen, vom entwicklungsmechanischen Standpunkt aus betrachtel.– Archiv für Protistenkunde, 1, 193–296.

RICCI LUCCHI, F. (1986): The Oligocene to Recent foreland basins of the northern Apennines.– U: Allen, P.A. & HOMEWOOD, P. (ur.): Foreland Basins. Special Publication, The International Association of Sedimentologists, 8, 105–139.

ROSS, C.A. (1974): Evolutionary and ecological significance of large, calcareous Foraminiferida (Protozoa), Great Barrier Reef.– Proceedings of the 2nd International Coral Reef Symposium, Brisbane, Australia, 1, 327–333.

RÖGL, F. (1999): Mediterranean And Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (Short overview).– Geologica Carpathica, 50/ 4, 339–349.

RÖTTGER, R. (1974): Larger foraminifera: reproduction and early stages of development in *Heterostegina depressa*.– Marine Biology, 26, 5–12.

RÖTTGER, R., KRÜGER, R., DE RIJK, S. (1990): Trimorphism in foraminifera (Protozoa)–verification of an old hypothesis.– European Journal of Protistology, 25, 226–228.

ROYDEN, I.H. (1993): Evolution of retreating subduction boundaries formed during continental collision.– Tectonics, 12, 629–638.

SAKAČ, K. (1961): Geološka građa i boksitne pojave područja Novigrad-Obrovac u sjevernoj Dalmaciji.– Geološki vjesnik, 14, 323–345.

SAKAČ, K. (1969): Analiza eocenskog paleoreljefa i tektonskih zbivanja u području Drniša u Dalmaciji s obzirom na postanak ležista boksita.– Geološki Vijesnik, 23, 163–179.

SCHAUB, H. (1981): Nummulites et Assilines de la Téthys paléogène, taxinomie, phylogenèse et biostratigraphie.– Schweizerische Palaeontologische Abhandlungen, 104–106, 1–236.

SCHEIBNER, C. & SPEIJER, R.P. (2008): Late Paleocene–early Eocene Tethyan carbonate platform evolution – a response to long- and short-term paleoclimatic change.− Earth–Science Reviews, 90, 71–102.

SCHER, H.D., MARTIN, E.E. (2006): Timing and Climatic Consequences of the Opening of Drake Passage.– Science, 312, 428–430.

SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E. & SCHUSTER, R. (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen.– Eclogae Geolicae Helvetiae, 97, 93–117.

SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 139–183.

SCHUBERT, R.J. (1904): Das Verbreitungsgebiet der Prominaschichten im Kartenblatte Novigrad – Benkovac (Norddalmatien).– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, 54, 461–510.

SCHUBERT, R.J. (1905a): Zur Stratigraphie des Istrisch-Norddalmatinischen Mittel eocäns.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, 55, 153–190.

SCHUBERT, R.J. (1905a): Erläuterungen zur Geologisches Karte Zaravechia-Stretto.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien

SCHUBERT, R.J. (1905c): Die Geologische Verhältnisse des Norddalmatinischen Küstentreifens Ždrilo-Castelveiner-Ražanac und Scogliengrupe Ražan.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien.

SCHUBERT, R.J. (1908): Geologische Spezialkarte der Osterreichisch-ungarischen Monarchie, 1:75,000. Novigrad und Benkovac.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien.

SCHUBERT, R.J. (1909a): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Österreichisch-ungarischen Monarchie, Novigrad–Benkovac.− Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, 1–26.

SCHUBERT, R.J. (1909b): Geologija Dalmacije.− Matica Dalmatinska, Zadar, 183 str.

SCHUBERT, R.J. (1910): Der Geologische Aufbau der Umgebung von Zara-Nona.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, 57, Wien.

SCHWAB, D., & SCHWAB-STEY, H. (1980): Induced cell fusion in foraminifera.– Protoplasma, 102, 141–146.

SCHWEITZER, C.E., SHIRK, A.M., ĆOSOVIĆ, V., OKAN, Y., FELDMANN, R.M. & HOŞGÖR, I. (2007): New species of *Harpactocarcinus* from the Tethyan Eocene and their paleoecological setting.– Journal of Paleontology, 81, 1091–1100.

SERRA-KIEL, J., HOTTINGER, L., CAUS, E., DROBNE, K., FERRÀNDEZ, C., JAUHRI, A.K., LESS, G., PAVLOVEC, R., PIGNATTI, J., SAMSÓ, J.M., SCHAUB, H., SIREL, E., STROUGO, A., TAMBAREAU, Y.,

TOSQUELLA, J. & ZAKREVSKAYA, E. (1998): Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene.− Bulletin de la Société géologique de France, 169, 281–299.

SERRA-KIEL, J., MATÓ, E., SAULA, E., TRAVÉ, A., FERRÀNDEZ-CAÑADELL, C., BUSQUETS, P., SAMSÓ, J.M., TOSQUELLA, J., BARNOLAS, A., ÀLVAREZ-PÉREZ, G., FRANQUÈŞ, J. & ROMERO, J. (2003): An inventory of the marine and transitional Middle/Upper Eocene deposits of the Southestern Pyrenean Foreland Basin (NE Spain).− Geologica Acta, 1, 201–229.

SEVERIN, K.P. (1983): Test morphology of benthic foraminifera as a discriminator of biofacies.– Marine Micropaleontology, 8, 65–76.

SEVERIN, K.P. & LIPPS, J.H. (1989): The wightt-volume relationship of the test of *Alveolinella quoyi*: implications for the taphonomy of large fusiform foraminifera.– Lethaia, 22/1, 1–12.

SIJP, W., ENGLAND, M. & TOGGWEILER, J.R. (2009): Effect of Ocean Gateway Changes under Greenhouse Warmth.– Journal of Climate, 22, 6639–6652.

SINCLAIR, H.D. (1997): Tectonostratigraphic model for underfilled foreland basins: an Alpine perspective.– American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 109, 324–346.

SINCLAIR, H.D. & ALLEN, P.A. (1992): Vertical vs. Horizontal motions in the Alpine orogenic wedge: stratigraphic response in the foreland basin.– Basin Research, 4, 215–232.

SOKAČ, B., VELIĆ, I, GRGASOVIĆ, T., ĆOSOVIĆ, V. & VLAHOVIĆ, I. (2012): Taxonomy and stratigraphy of an algal assemblage in Palaeogene deposits of the northern foothills of Mt. Biokovo (Southern Croatia).− Geologia Croatica, 65/2, 161–205.

STACHE, G. (1872): Geologische Reisenotizen aus Istrien.– Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien, 215–223.

STACHE, G. (1889): Die Liburnische Stufe und deren Grenz-Horizonte. Eine studie über die Schichtenfolgen der Cretacisch-Eoceanen oder Protocanen Landbildungsperiode im Bereiche der Kustenlander von Osterreicu-Ungarn.− Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, 13, 1–170.

STACHE, G. (1912): Über *Rhipidionina* St. Und *Rhapydionina* St. Zwei Neuebekannte Miliolidentypen der Unter Grenzstufe des Küstenlandischen Paläogens und die Kerampsphaerinen der Oberen karstkreide.–Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, 62, Wien.

STAMPFLI, G.M. (2005): Plate tectonics of the Apulia–Adria microcontinents.– U: FINETTI, J.R. (ur.): CROP Project: Deep Seismic Exploration of the Central Mediterranean and Italy. Elsevier, Amsterdam, 747–766.

STOUFF, V., DEBENAY, J.-P., & LESOURD, M. (1999): Origin of double and multiple tests in benthic foraminifera: observations in laboratory cultures, environments.– Marine Micropaleontology, 36, 189–204.

STOREY, M.; DUNCAN, R.A. & SWISHER III, C.C. (2007): Paleocene-Eocene Thermal Maximum and the Opening of the Northeast Atlantic.– Science, 316, 587–589.

SVENSEN, H., PLANKE, S., MALTHE-SØRENSSEN, A., JAMTVEIT, B., MYKLEBUST, R., RASMUSSEN EIDEM, T. & REY, S.S. (2004): Release of methane from a volcanic basin as a mechanism for initial Eocene global warming.– Nature, 429, 542–545.

ŠIKIĆ, D. (1969): O razvoju paleogena i lutetskim pokretima u sjevernoj Dalmaciji.− Geološki vjesnik, 22, 309–331.

ŠPANIČEK, J., ĆOSOVIĆ, V., MRINJEK, E. & VLAHOVIĆ, I. (2017): Early Eocene evolution of carbonate depositional environments recorded in the Čikola Canyon (North Dalmatian Foreland Basin, Croatia).– Geologia Croatica, 70/1, 11–25.

ŠUMANOVAC, F. (2015): Lithosphere model of the Pannonian–Adriatic overthrusting.– Tectonophysics, 665, 79–91.

TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides : a tectonostratigraphic approach.– U: BERTOTTI, G., SCHULMANN, K. & CLOETINGH, S.A.P.L. (ur.): Continental collision and the tectono-sedimentary evolution of forelands. Copernicus, Katlenburg-Lindau, 223−236.

TOMASSETTI, L., BENEDETTI, A. & BRANDANO, M. (2016): Middle Eocene seagrass facies from Apennine carbonate platforms (Italy).− Sedimentary Geology, 335, 136–149.

TRIPATI, A.K., DELANEY, M.L., ZACHOS, J.C., ANDERSON, L.D., KELLY, D.C. & ELDERFIELD, H. (2003): Tropical sea-surface temperature reconstruction for the early Palaeogene using Mg/Ca ratios of planktonic foraminifera.– Paleoceanography, 18/4, 1101.

TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (1990): Carbonate Sedimentology.– Blackwell, Oxford, 496 str.

VARRONE, D. & D'ALTRI, A. (2007): Acervulinid macroid and rhodolith facies in the Eocene Nummulitic Limestones of the Dauphinois Domain (Maritime Alps, Liguria, Italy).− Swiss Journal of Geoscience, 100, 503–515.

VECCHIO, E. & HOTTINGER, L. (2007): Agglutinated conical foraminifera from the Lower-Middle Eocene of the Trentinara Formation (southern Italy).− Facies, 53, 509–533.

VECCHIO, E., BARATTOLO, F. & HOTTINGER, L. (2007): Alveolina Horizons in the Trentinara Formation (Southern Apennines, Italy): Stratigraphic and Paleogeographic Implications.– Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 113/1, 21–42.

VERDEL, C., WERNICKE, B.P., RAMEZANI, J., HASSANZADEH, J., RENNE, P.R. & SPELL, T.L. (2007): Geology and thermochronology of Tertiary Cordilleran-style metamorphic core complexes in the Saghand region of central Iran.– Geological Society of America Bulletin, 119, 961–977.

VIDOVIĆ, J., NAWROT, R., GALLMETZER, I., HASELMAIR, A., TOMAŠOVÝCH, A., STACHOWITSCH, M., ĆOSOVIĆ, V. & ZUSCHIN, M. (2016): Anthropogenically induced environmental changes in the northeastern Adriatic Sea in the last 500 years (Panzano Bay, Gulf of Trieste).– Biogeosciences, 13/21, 5965–5981.

VILELA, C.G., BATISTA, D.S., BAPTISTA-NETO, A., CRAPEZ, M. & MCALLISTER J.J. (2004): Benthic foraminifera in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil.– Anais da Academia Brasileira de Ciências, 76, 161–171.

VINCENT, S.J. & ELLIOT, T. (1995): Long-lived fluvial palaeo-valleys sited on structural lineaments in the Tertiary of the Spanish Pyrenees.– U: FRIEND, P.F. & DABRIO, C. (ur.): Tertiary Basins of Spain. Cambridge University Press.

VLAHOVIĆ, I. & VELIĆ, I. (2009a): Liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage (?gornji paleocen, donji i srednji eocen -?Pc, $E_{1,2}$).− U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300,000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 76−77.

VLAHOVIĆ, I. & VELIĆ, I. (2009b): Prominske naslage (eocen, oligocen - E, O).− U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300,000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 79−80.

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

WALKER, D.A. (1971): Etching of the test surface of benthonic foraminifers due to ingestion by the gastropod *Littorina littorea* Linné.– Canadian Journal of Earth Science, 8, 1487–1491.

WEI, W. (2004): Opening of the Australia-Antarctica Gateway as dated by nannofossils.– Marine Micropaleontology, 52, 133–152.

WILSON, J.L. (1975): Carbonate Facies in Geologic History.− Springer-Verlag, New York, 471 str.

WILSON, M.E.J. (2002): Cenozoic carbonates in southeast Asia: implications for equatorial carbonate development.– Sedimentary Geology, 147, 295–428.

WÖGER, J., BRIGUGLIO, A., EDER, W., KINOSHITA, S. & HOHENEGGER, J. (2016): First results of a long-term cultivation experiment of different species of Nummulitidae (Foraminifera) from the island of Sesoko (Okinawa, Japan).– Proceedings of the 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu, 206–217.

WRIGLEY., R, HODGSON, N. & ESESTIME, P. (2015): Petroleum Geology and Hydrocarbon Potential of the Adriatic Basin, Offshore Croatia.– Journal of Petroleum Geology, 38/3, 301–316.

YANKO, V., KRONFELD, J. & FLEXER, A. (1994): Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring.– Journal of Foraminiferal Research, 24, 1–17.

YANKO, V., AHMAD, M. & KAMINSKI, M. (1998): Morphological deformities of benthic foraminifera in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring.– Journal of Foraminiferal Research, 28, 177–200.

YEATS, R.S. & LILLIE, R.J. (1991): Contemporary tectonics of the Himalayan frontal fault system: folds, blind thrusts and the 1905 Kangra earthquake.– Journal of Structural Geology, 13, 215–225.

YORDANOVA, E.K. & HOHENEGGER, J. (2002): Taphonomy of larger foraminifera: relationships between living individuals and empty tests on flat reef slopes (Sesoko Island, Japan).– Facies, 46, 169–204.

YORDANOVA, E.K. & HOHENEGGER, J. (2007): Studies on settling, traction and entrainment of larger benthic foraminiferal tests: Implications for accumulation in shallow marine sediments.– Sedimentology, 54/6, 1273–1306.

ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E. & BILLUPS, K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present.− Science, 292, 686-693.

ZACHOS, J.C., WARA, M.W., BOHATY, S., DELANEY, M.L., PETRIZZO, M.R., BRILL, A., BRALOWER, T.J. & PREMOLI-SILVA, I. (2003): A transient rise in tropical sea surface temperature during the Paleocene–Eocene Thermal Maximum.− Science, 302, 1551–1554.

ZAMAGNI, J., MUTTI, M. & KOŠIR, A. (2008): Evolution of shallow benthic communities during the Late Paleocene-earliest Eocene transition in the Northern Tethys (SW Slovenia).− Facies, 54, 25-43.

ZAMAGNI, J., KOŠIR, A. & MUTTI, M. (2009): The first microbialite-coral mounds in the Cenozoic (Uppermost Paleocene) from the Northern Tethys (Slovenia): Environmentally-triggered phase shifts preceding the PETM?.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 274/1-2, 1–17.

ZAMAGNI, J., MUTTI, M. BALLATO, P. & KOŠIR, A (2012): The Paleocene–Eocene thermal maximum (PETM) in shallow-marine successions of the Adriatic carbonate platform (SW Slovenia).− Geological Society of America Bulletin, 124/7–8, 1071–1086.

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

BIOGRAFIJA

Rođena sam 11. listopada 1985. godine u Zagrebu, gdje sam završila osnovnu i srednju školu (VII. gimnazija), te maturirala odličnim uspjehom 2004. godine. Već tijekom gimnazije pokazivala sam interes za geoznanosti sudjelovanjem na Državnom natjecanju iz geografije kroz sve četiri godine.

Akademske godine 2004./2005. sam upisala studij Geologije, smjer diplomirani inženjer geologije, na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija sam sudjelovala u radu dvije studentske udruge (PRIMUS i Studentska sekcija HGD), u sklopu kojih sam sudjelovala u organizaciji interdisciplinarnog znanstveno-edukativnog projekta ˝Voda i mi˝. Krajem studija sam zbog izuzetnog uspjeha nagrađena Dekanovom nagradom.

Apsolvirala sam 2009. godine. Diplomski rad izrađen je pod sumentorstvom izv. prof. dr. sc. Blanke Cvetko Tešović i akademika Ivana Gušića. Diplomirala sam 10. srpnja 2009. godine odličnim uspjehom stekavši zvanje diplomirani inženjer geologije.

Poslijediplomski studij geologije sam upisala na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu početkom 2010. godine, a istodobno sam volontirala u Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zaposlena sam početkom 2011. godine na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao znanstvena novakinja–asistentica na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa ˝Dokazi biotičkih i abiotičkih promjena u fosilnim okolišima˝ (119-1951293-1162), koji je od 2007. do 2013. vodila prof. dr. sc. Jasenka Sremac. Po završetku projekta sam sudjelovala na potporama Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa koje su na Geološko-paleontološkom zavodu vodili prof. dr. sc. Vlasta Ćosović i akademik Mladen Juračić.

Tijekom rada na Geološko-paleontološkom zavodu sudjelovala sam u izvođenju vježbi iz kolegija Historijska geologija I i Opća paleontologija, Paleobotanika, Paleoekologija, Historijska geologija II, Osnove historijske geologije i Geomorfologija s osnovama geologije. Nastavno opterećenje iznosilo mi je ukupno 693 norma sata. Sudjelovala sam i u popularizaciji znanosti u okviru Geološkog odjeka kroz sudjelovanja na Smotri Sveučilišta i Geološkog poslijepodneva, u okviru Otvorenih dana PMF-a.

U popularizaciji znanosti sam sudjelovala i kroz rad udruge EVO d.o.o. (Edukacija van okvira), prvo s jednodnevnom geološkom radionicom 2012. godine, te sljedeće godine s projektom u trajanju od osam dana, unutar kojeg su istraživane miocenske naslage na prostoru Papuka.

Radionica i projekt su bili dio Ljetne škole znanosti S3 (Summer School of Science S3), međunarodne ljetne škole na engleskom jeziku koja je bila usmjerena na poticanje interesa za znanost i istraživanje u srednjoškolaca diljem svijeta. 2014. godine sam i organizirala Ljetnu školu znanosti S3 (Summer School of Science S3), u trajanju od deset dana u Požegi, s pet projekata (astronomija, robotika, kemija, biologija i geologija).

Bila sam predstavnica znanstvenih novaka GPZ-a na Vijeću geološkog odsjeka, do kraja ugovora krajem 2016. godine. Predstavnica sam studenata Doktorskih studija PMF-a na Fakultetskom vijeću Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.

Tema doktorske disertacije, pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Vlaste Ćosović i doc. dr. sc. Ervina Mrinjeka, prihvaćena je 2016. godine.

Do sada sam objavila jedan rad u časopisu s međunarodnom recenzijom referiranom u Bazama WoS i SCOPUS, a jedan članak je u postupku objavljivanja u časopisu citiranom u CC, WoS i SCOPUS bazama.

Popis radova:

ŠPANIČEK, J., ĆOSOVIĆ, V., MRINJEK, E. & VLAHOVIĆ, I. (2017): Early Eocene evolution of carbonate depositional environments recorded in the Čikola Canyon (North Dalmatian Foreland Basin, Croatia).– Geologia Croatica, 70/1, 11–25.

ĆOSOVIĆ, V., NEMEC, W, MRINJEK, E., ŠPANIČEK, J. & TERZIĆ, K. (2017): Development conditions and facies architecture of transient carbonate ramps in an evolving foreland basin. – Basin Research (u postupku objavljivanja).

PRILOZI

Prilog 1. Geološki stup 'Čikola I' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka te legendom geoloških stupova prikazanih na prilozima 1– 5 (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Prilog 2. Geološki stup 'Čikola II' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, te položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka.

Prilog 3. Geološki stup 'Novigrad' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova, te položajem značajnih mikroskopskih izbrusaka.

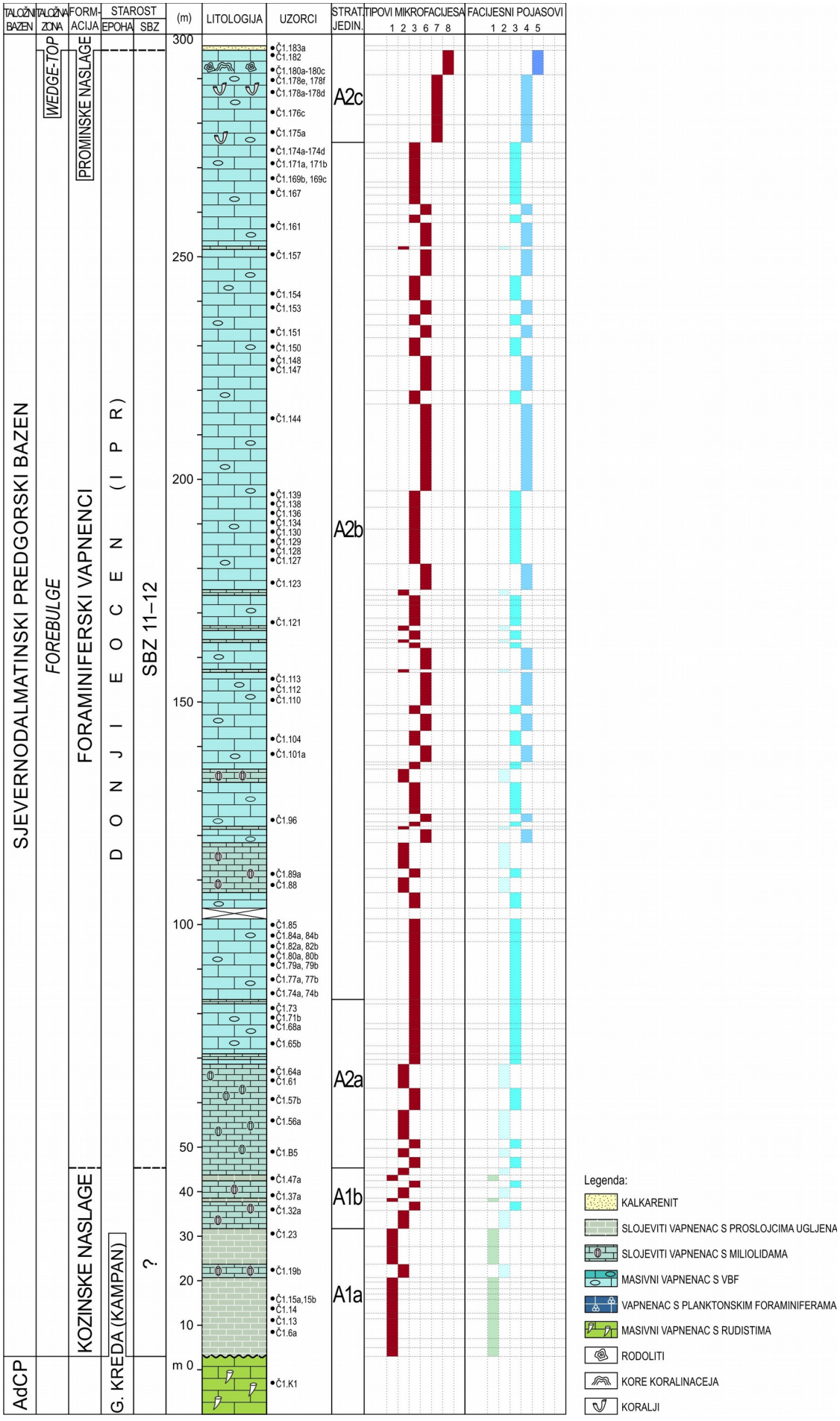
Prilog 4. Geološki stup 'Ostrovica' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova.

Prilog 5. Geološki stup 'Grabova Glava' s prikazanom litologijom, stratigrafskim jedinicama, identificiranim biozonama (SBZ prema SERRA-KIEL i sur., 1998), rasporedom tipova mikrofacijesa i facijesnih pojasova.

Prilog 6. Rekonstrukcija razvoja SdPB. **a)** raspored karbonatnih rampa tijekom ranog eocena na prostoru *forebulge* taložne zone, **b)** raspored karbonatnih rampa tijekom srednjeg eocena na prostoru *wedge-top* taložne zone (preuzeto iz PENCINGER, 2012, i modificirano).

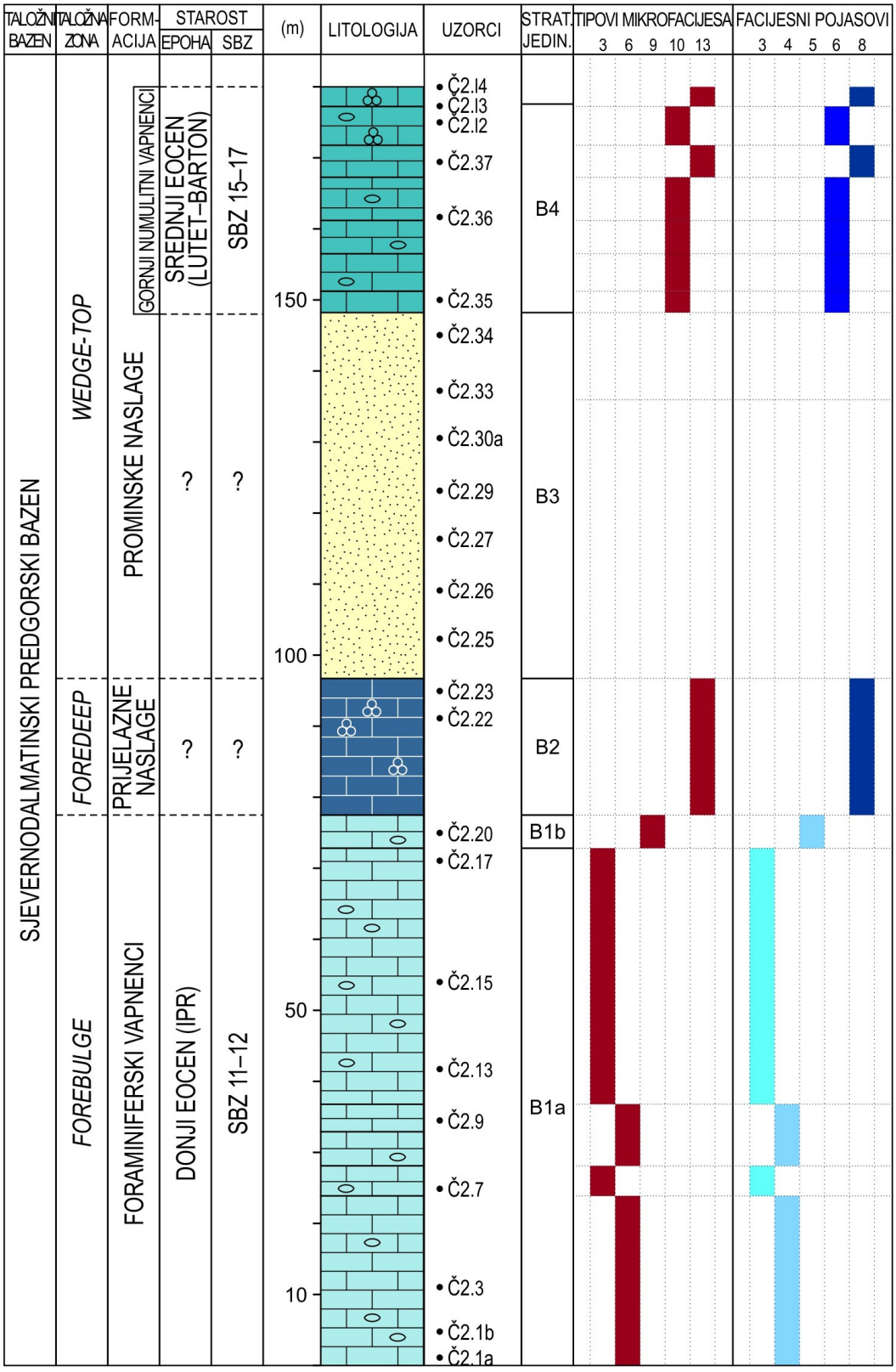
Prilog 7. Shematska usporedba dobro dokumentiranih gornjokrednih do paleogenskih serija karbonatnih i klastičnih naslaga istraženih na prostoru Vanjskih Dinarida. Od sjeverozapada prema jugoistoku Vanjskih Dinarida slijede: (1) područje Krasa (prema DROBNE i PAVŠIĆ, 1991; ŽIVKOVIĆ i BABIĆ, 2003; ZAMAGNI i sur., 2008), (2) Istra (prema BENIĆ, 1991; DROBNE i PAVLOVEC, 1991; ĆOSOVIĆ i sur., 2004), (3) 'Novigrad' (prema ĆOSOVIĆ i sur., 2017), (4) područje Korlat–Benkovac (prema IVANOVIĆ i sur., 1976; DROBNE i sur., 1991; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000), (5) područje 'Lišani–Ostrovica' (prema MRINJEK i sur., 2012; PENCINGER, 2012; ĆOSOVIĆ i sur., 2014), (6) područje Skradin–Dubravice (prema MAMUŽIĆ, 1975b; DROBNE i sur., 1991; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000), (7) 'Čikola I' (prema ŠPANIČEK i sur., 2017), (8) 'Čikola II', (9) Podstina (prema PUŠKARIĆ, 1987; MARJANAC i sur., 1998; PAVŠIĆ i PREMEC FUČEK, 2000; SCHWEITZER i sur., 2007; KORBAR i sur., 2015) i (10) Orebić (prema MARJANAC i sur., 1998; MARJANAC i ĆOSOVIĆ, 2000) (preuzeto iz ŠPANIČEK i sur., 2017 i modificirano).

Čikola I



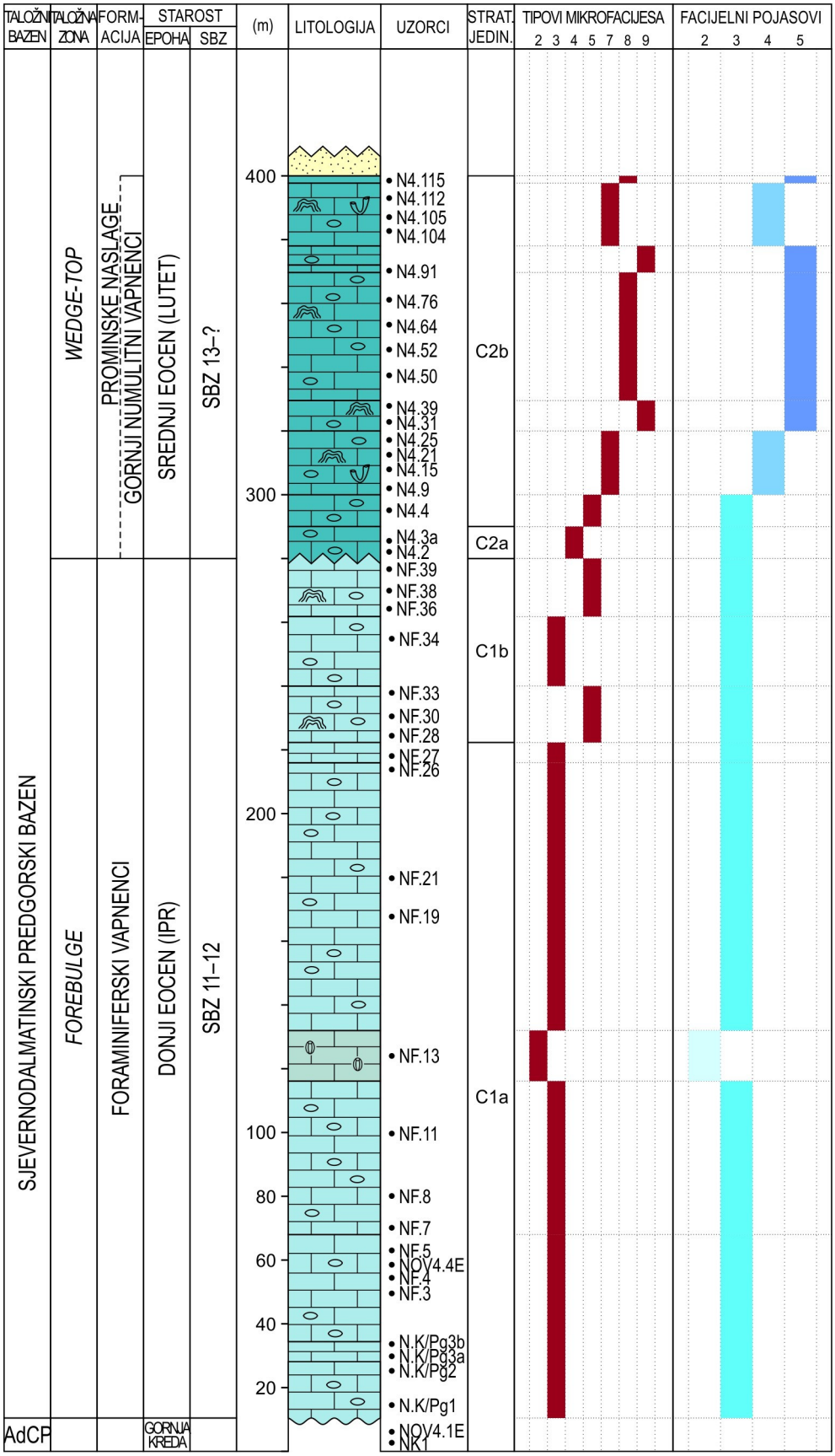
Prilog. 1.

Čikola II



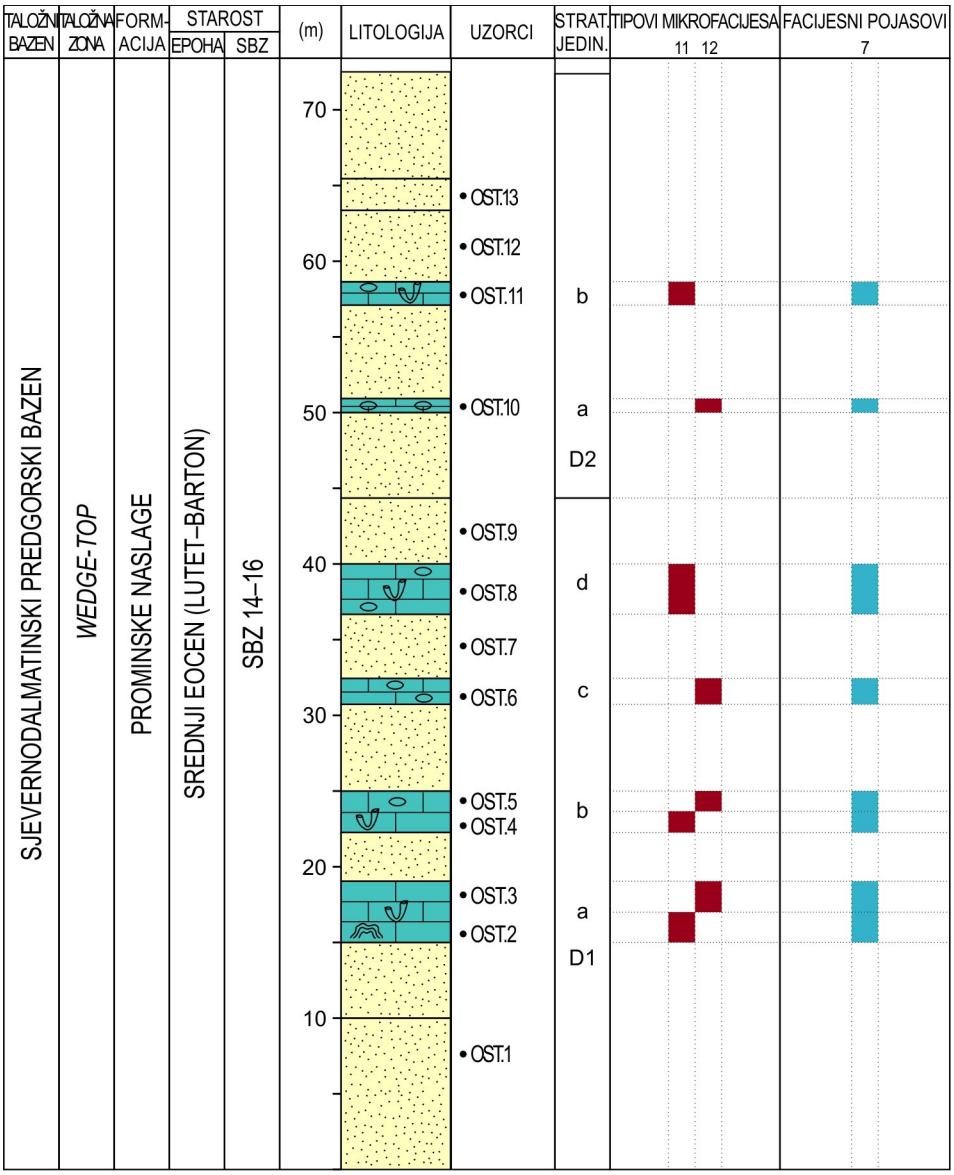
Prilog. 2.

Novigrad



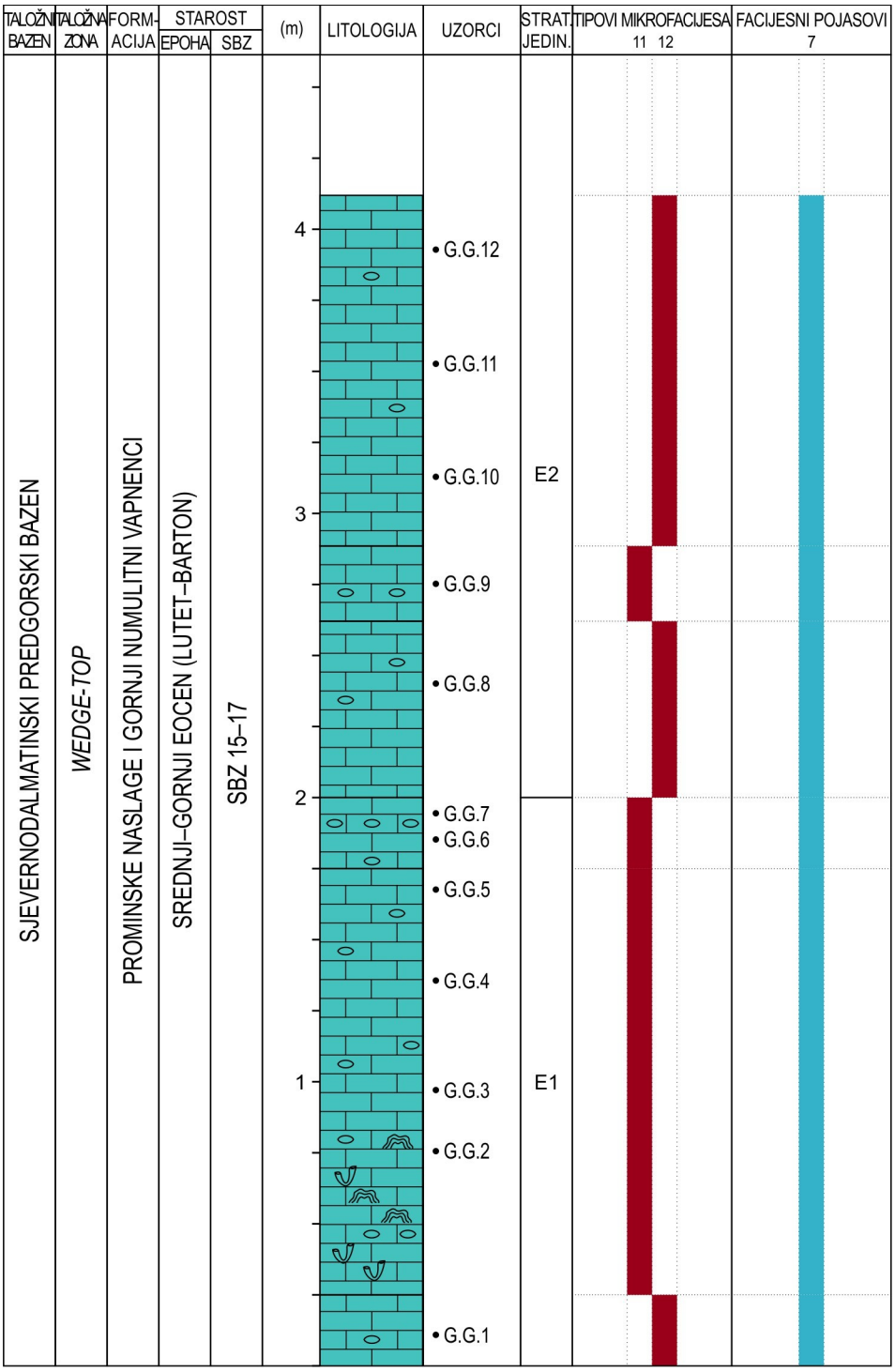
Prilog 3.

Ostrovica

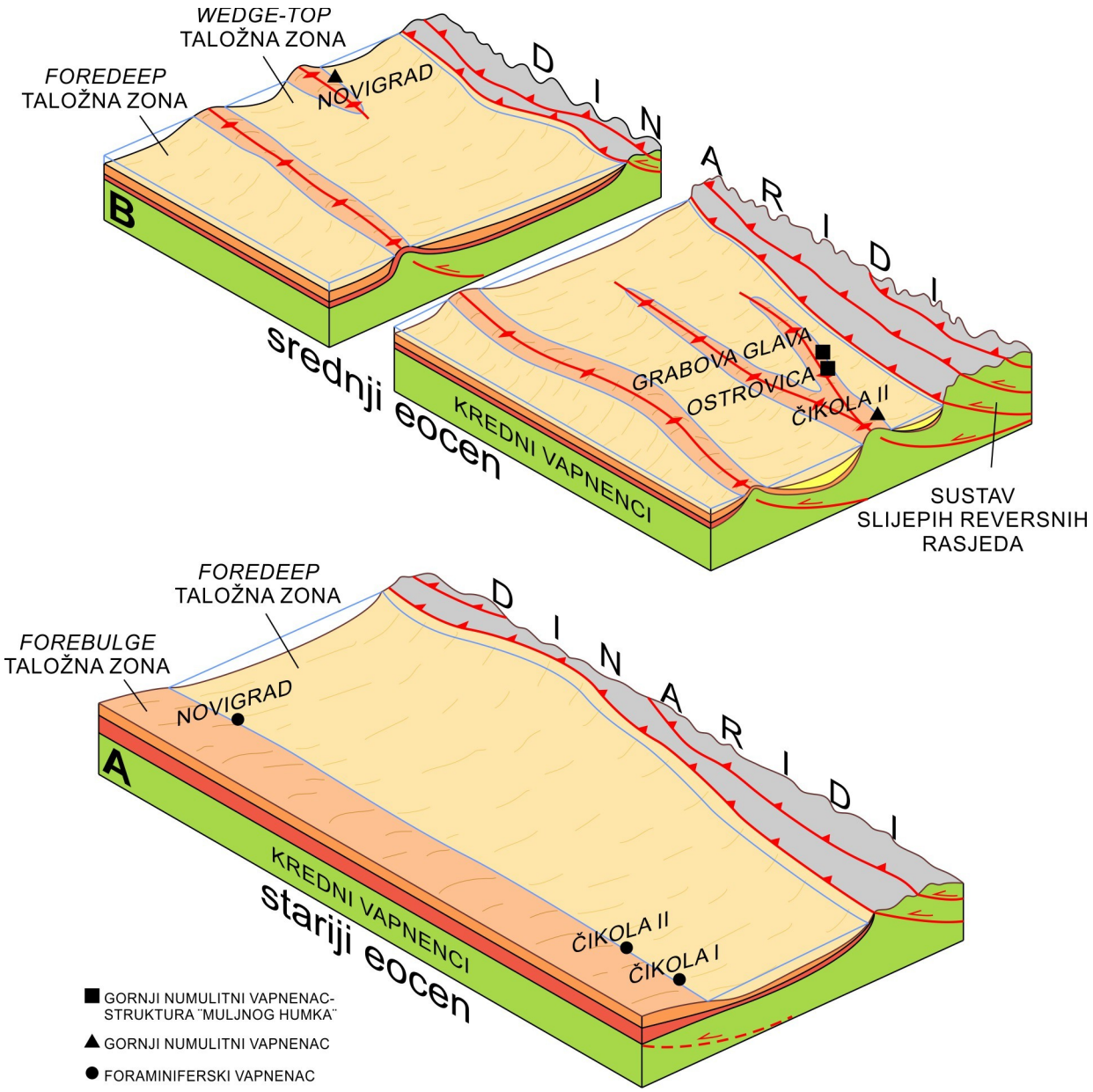


Prilog 4.

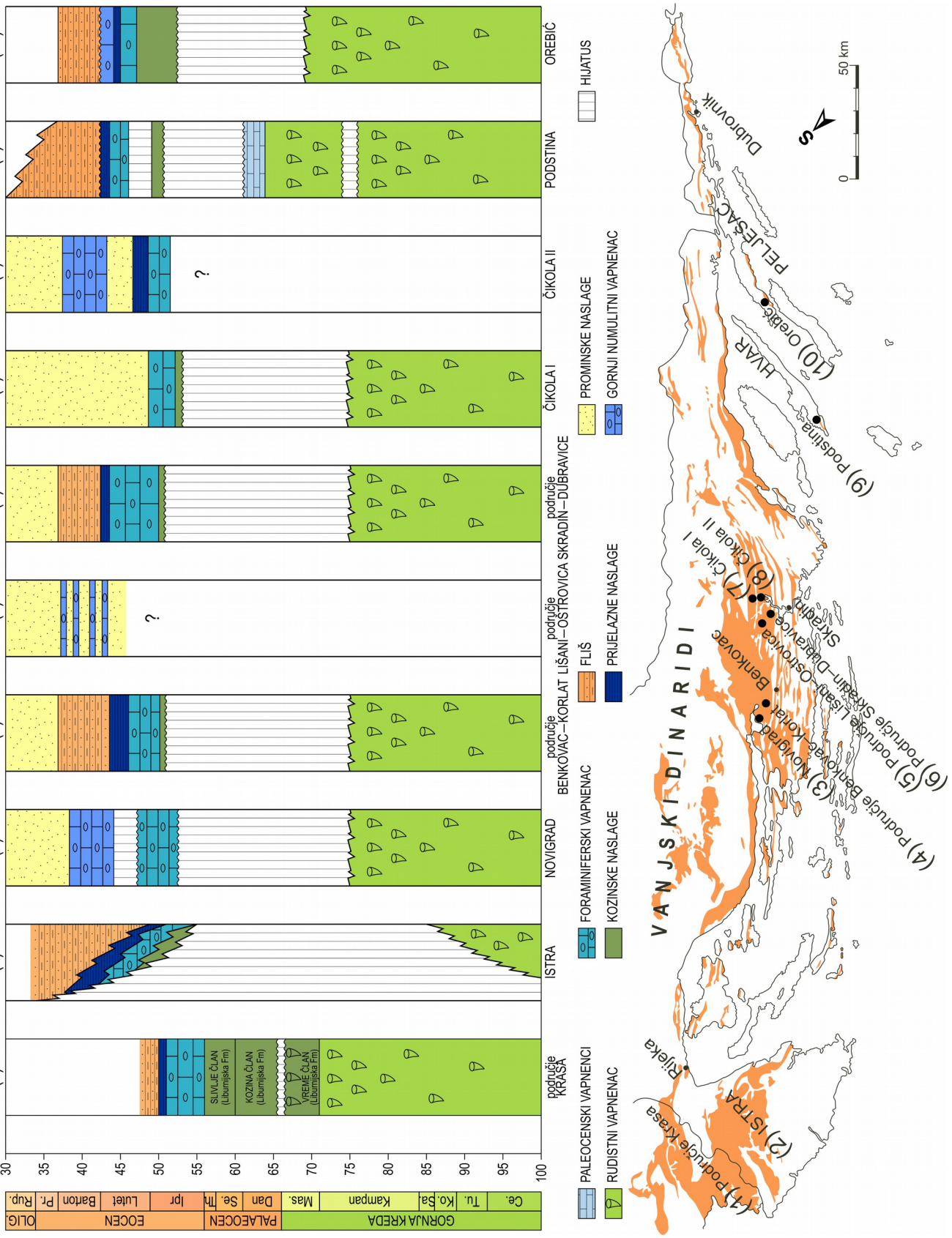
Grabova Glava



Prilog 5.


WEDGE-TOP
TALOŽNA ZONA
FOREDEEP
TALOŽNA ZONA
NOVIGRAD
D I N A R I D I
B
srednji eocen
KREDNI VAPNENCI
GRABOVA GLAVA
OSTROVICA
ČIKOLA II
SUSTAV
SLIJEPIH REVERSNIH
RASJEDA
FOREDEEP
TALOŽNA ZONA
FOREBULGE
TALOŽNA ZONA
NOVIGRAD
D I N A R I D I
A
KREDNI VAPNENCI
stariji eocen
ČIKOLA II
ČIKOLA I
GORNJI NUMULITNI VAPNENAC-
STRUKTURA "MULJNOG HUMKA"
GORNJI NUMULITNI VAPNENAC
FORAMINIFERSKI VAPNENAC

Prilog 6.


(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)
(8)
(9)
(10)
OLIG.
EOCEN
PALAEOCEN
GORNJA KREDA
Rup.
Pr.
Barton
Lutet
Ypr
Th
Se.
Dan
Mas.
Kampan
Ko.
Sa.
Tu.
Ce.
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
SLIVLJE ČLAN (Liburnijska Fm)
KOZINA ČLAN (Liburnijska Fm)
VRENJE ČLAN (Liburnijska Fm)
?
?
područje KRASA
ISTRA
NOVIGRAD
područje BENKOVAC–KORLAT
područje LIŠANI–OSTROVICA
područje SKRADIN–DUBRAVICE
ČIKOLA I
ČIKOLA II
PODSTINA
OREBIĆ
PALEOCENSKI VAPNENCI
RUDISTNI VAPNENAC
FORAMINIFERSKI VAPNENAC
KOZINSKE NASLAGE
FLIŠ
PRIJELAZNE NASLAGE
PROMINSKE NASLAGE
GORNJI NUMULITNI VAPNENAC
HIJATUS
V A N J S K I D I N A R I D I
Rijeka
Dubrovnik
(1) Područje Krasa
(2) ISTRA
(3) Novigrad
(4) Područje Benkovac–Korlat
(5) Područje Lišani–Ostrovica
(6) Područje Skradin–Dubravice
(7) Čikola I
(8) Čikola II
(9) Podstina
(10) Orebić
HVAR
PELJEŠAC
S
A
0
50 km

Prilog 7.

TABLE

(1 – 20)

TABLA 1.

Slika 1. Žućkasti do svijetlosmeđi slojeviti vapnenac tipa madston na lokalitetu 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A1a, s vidljivom izmjenom slojeva vapnenaca debljine od 20–35 cm i slojeva debljine oko 10 cm.

Slika 2. Trošni, tankoslojeviti smeđi vapnenci tipa madston s proslojcima ugljena na lokalitetu 'Čikola I' u stratigrafskoj podjedinici A1a.

Slika 3. Srednjeslojeviti, smeđesivkasti do smeđi vapnenci tipa pekston s brojnim ostacima kućica gastropoda, vidljivi kao bijeli fragmenti, povrh kojih su u tankoslojevitim vapnencima tipa madston vidljivi proslojci ugljena.

Slika 4. Snimka kamene jezgre gastropoda, vjerojatno *Stomatopsis* sp. u smeđesivom vapnencu tipa pekston na geološkom stupu 'Čikola I' u stratigrafskoj podjedinici A1a.

Slika 5. Mikrofotografija mikrofacijesa MFT 1 (Dolomitizirani haroficejsko–gastropodni madston do pekston) u kojemu se vidi rekristalizacija mikritne osnove i nakupine rozeta *Microcodium* sp.; MFT 1, izbrusak: Č1.6a; geološki stup 'Čikola I'.

Slika 6. *In situ Microcodium* sp. u dolomitiziranom haroficejsko–gastropodnom madstonu do pekstonu; MFT 1, izbrusak: Č1.6a; geološki stup 'Čikola I'.

Slika 7. Fragmentirani oogoniji haroficeja, ostaci cijanobakterija *Decastronema barattoloi* i ostaci ostrakoda tankih ljuštura u vapnencu tipa vekston; MFT 1, izbrusak: Č1.13; geološki stup 'Čikola I'.

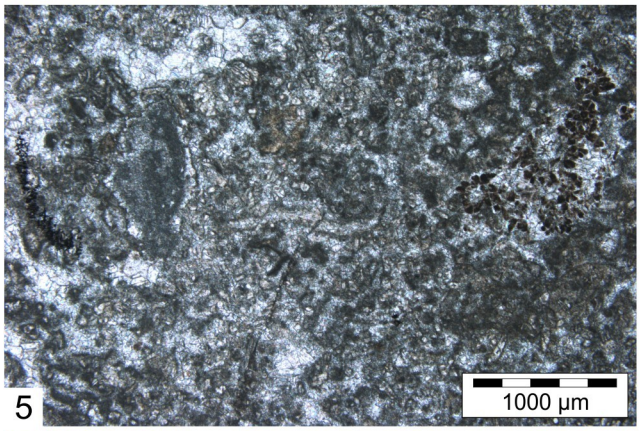
Slika 8. ˝Raspršeni˝ oogoniji haroficeja u vapnencu tipa vekston; MFT 1, izbrusak: Č1.13; geološki stup 'Čikola I'.

1

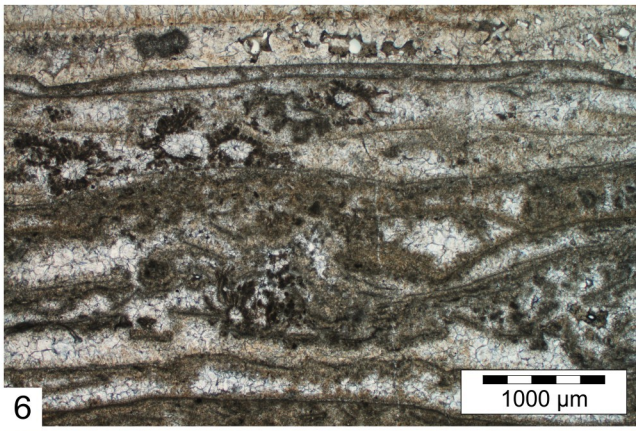
2

3

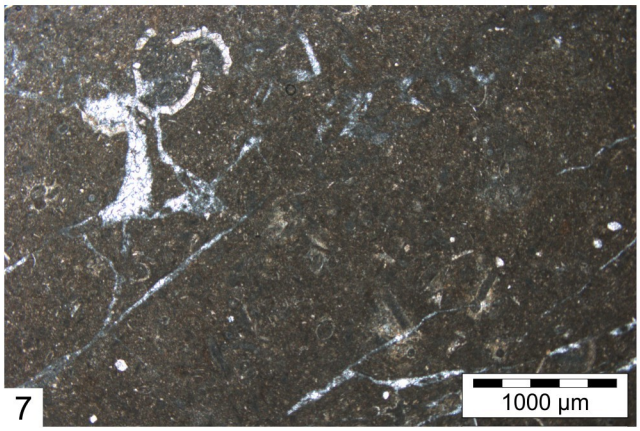
4



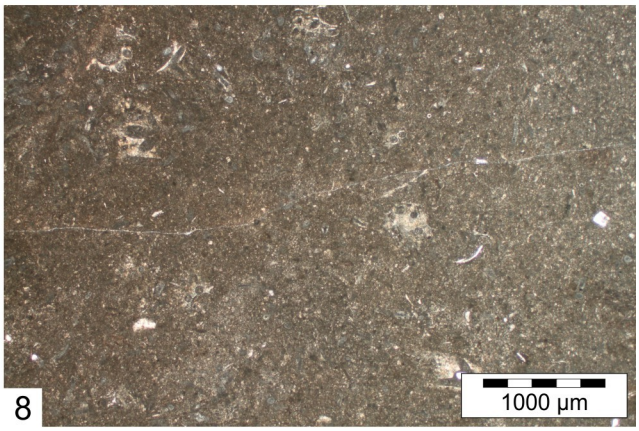
5



6



7



8

TABLA 2.

Slika 1. Brojni kristali dolomita u smeđkastom mikritnom matriksu s nodulama žućkasto do smeđkasto obojenog mikritnog matriksa, oogonijima haroficeja i fragmentima kućica gastropoda; MFT 1, izbrusak: Č1.15b; geološki stup 'Čikola I'.

Slika 2. Dolomitizirani haroficejsko–gastropodni madston do pekston s fragmentiranom i komprimiranom kućicom gastropoda ispunjenom tamnosmeđim sedimentom; MFT 1, izbrusak: Č1.14b; geološki stup 'Čikola I'.

Slika 3. Žućkasti do smeđecrvenkasti vapnenac tipa vekston do pekston s nodulama smeđe obojenog mikritnog matriksa, oogonijima haroficeja, fragmentima kućica gastropoda i kristalima dolomita u matriksu, skeletima i intraskeletalnim porama; MFT 1, izbrusak: Č1.15a; geološki stup 'Čikola I'.

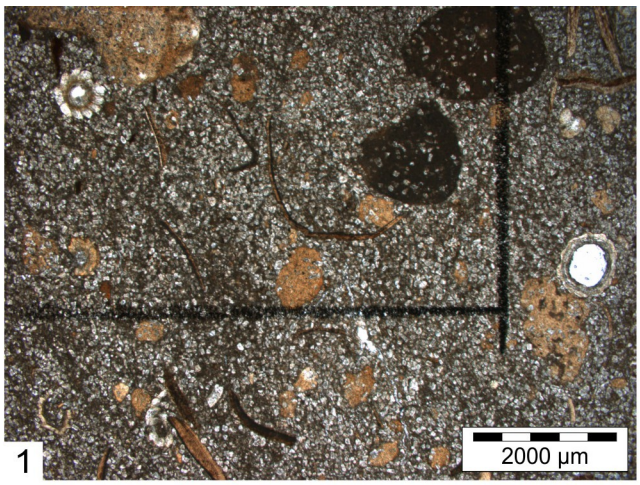
Slika 4. Svijetli slojeviti vapnenac na geološkom stupu 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A2a, s vidljivim vertikalnim i subvertikalnim šupljinama ispunjenim sparitom. Strelicom je označena gornja slojna površina.

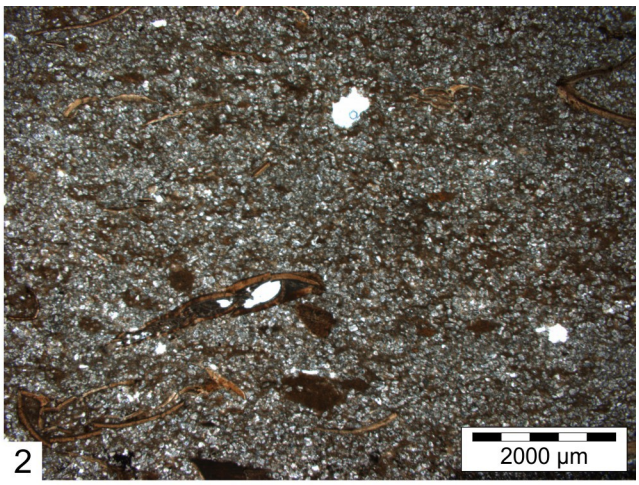
Slika 5. Male miliolide, diskorbidne foraminifere i fenestralne šupljine u mikritnom matriksu miliolidno–diskorbidnog madstona do vekstona; MFT 2, izbrusak: Č1.37a; geološki stup 'Čikola I'.

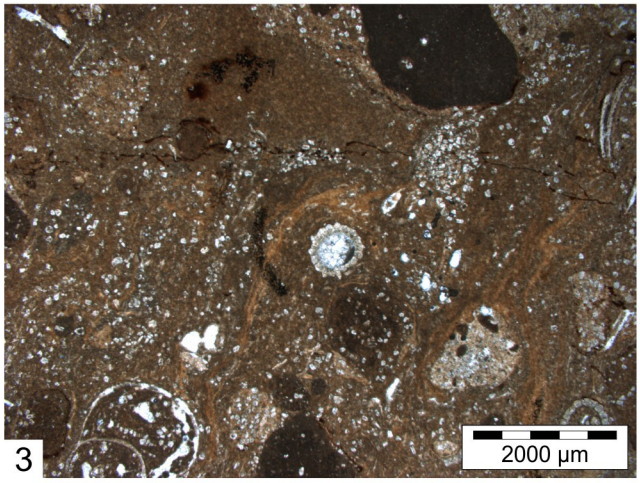
Slika 6. Koncentracija fosilnih ostataka na stupu 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A1a, u svijetlosivom vapnencu tipa madston do vekston, vjerojatno kao posljedica ubušivanja neidentificiranog organizma.

Slika 7. Nepravilne i izduljene tubularne fenestralne šupljine na kojima se vidi gusta, mikritna ovojnica i sparitna ispuna; MFT 2, izbrusak: Č1.64a; geološki stup 'Čikola I'.

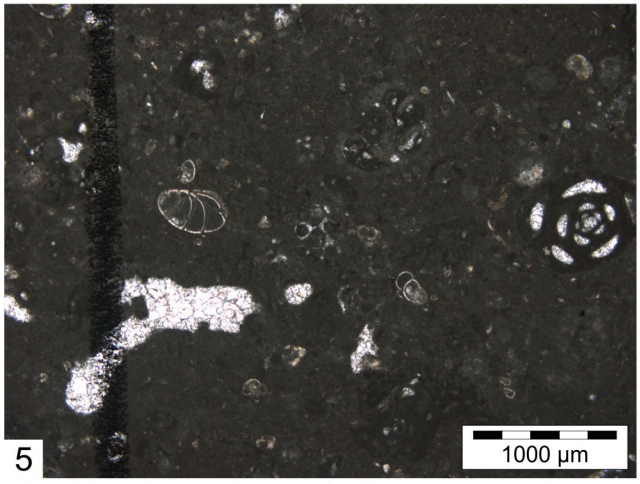
Slika 8. Strukture ˝ptičjeg oka˝ koje pokazuju geopetalno punjenje u miliolidno–diskorbidnim madstonu do vekstonu; MFT 2, izbrusak: Č1.89a; geološki stup 'Čikola I'.

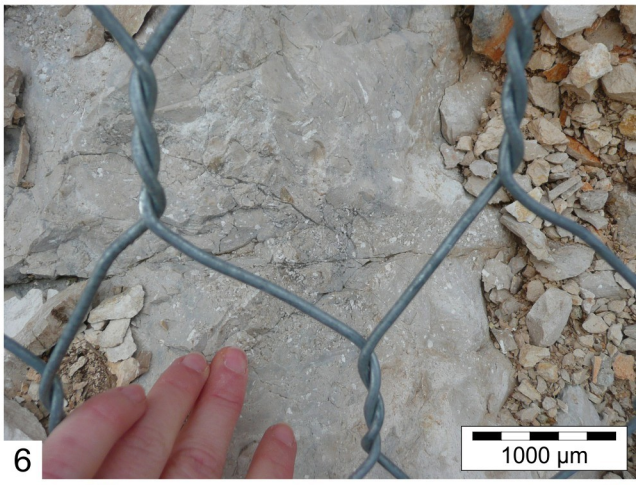

1
2000 µm

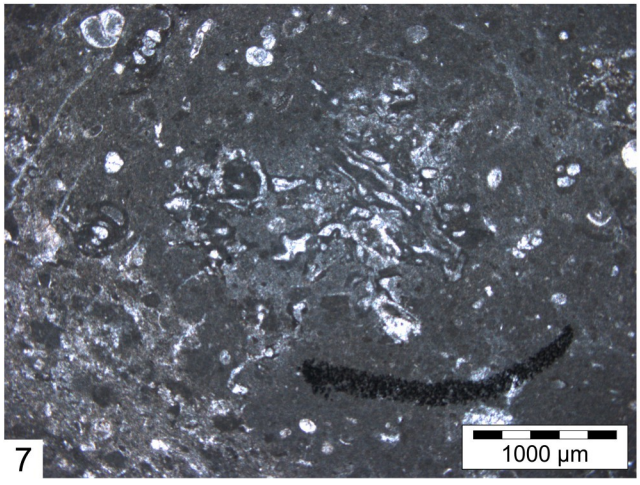

2
2000 µm


3
2000 µm

4


5
1000 µm


6
1000 µm


7
1000 µm

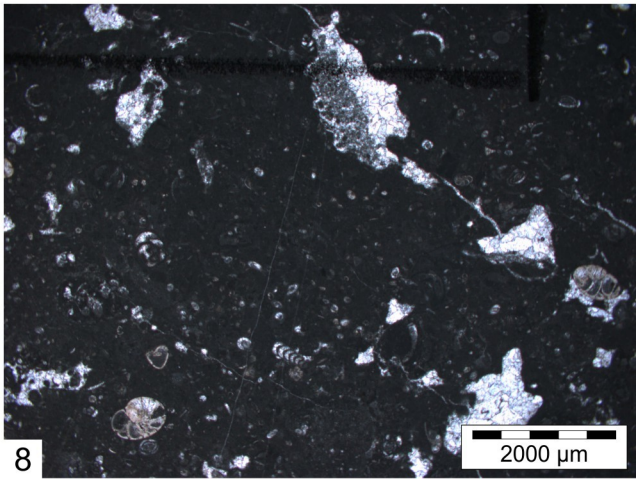

8
2000 µm

TABLA 3.

Slika 1. Masivni sivi vapnenac tipa pekston s brojnim presjecima orbitolitesa, u stratigrafskoj podjedinici A2b na geološkom stupu 'Čikola I'.

Slika 2. Masivni svijetlosivi vapnenac tipa pekston s presjecima kućica alveolina, u stratigrafskoj podjedinici A2b na geološkom stupu 'Čikola I'.

Slika 3. Alveolinsko–miliolidni vapnenac tipa pekston s malim miliolidama, spirolinama, alveolinama i aglutiniranim koničnim foraminiferama; MFT 3, izbrusak: Č1. 65b, geološki stup'Čikola I'.

Slika 4. Alveolinsko–miliolidni pekston s aglutiniranim koničnim foraminiferama djelomično rekristaliziranog mikritnog matriksa u kojemu se nalaze fragmenti orbitolitesa, alveolina, aglutiniranih koničnih foraminifera i fragment ljušture mekušca; MFT 3, izbrusak: Č1. 68a, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 5. Vapnenac tipa grejnston s brojnim kućicama porculanastih foraminifera i mikritiziranim fragmentima bodljikaša; MFT 3, izbrusak: Č1. 88, geološki stup 'Čikola I'.

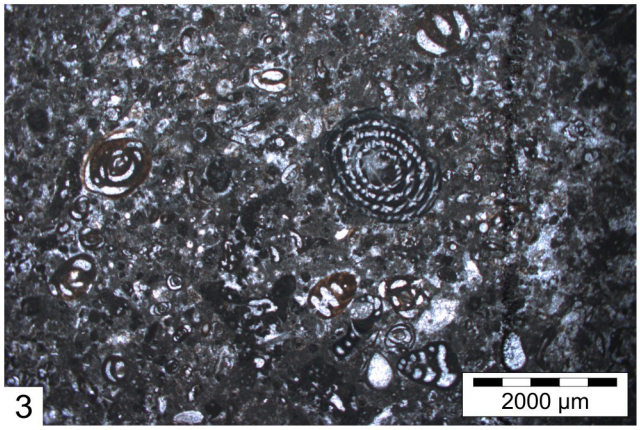
Slika 6. Približno ekvatorijalni presjek kućice alveoline sa znakovima bioerozije, ispunjene sparitom, u vapnencu tipa pekston; MFT 3, izbrusak: Č1. 174d, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 7. Male i trematoforne miliolide (*Idalina* sp.) u vapnencu tipa pekston s rekristaliziranom mikritnom osnovom; MFT 3, izbrusak: Č1. 169c, geološki stup 'Čikola I'.

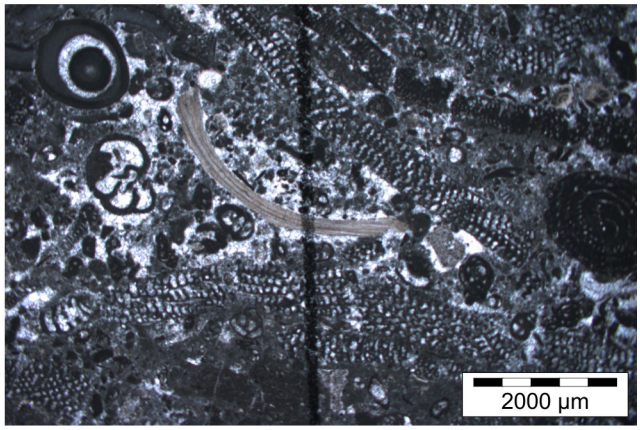
Slika 8. Vapnenac tipa pekston s rekristaliziranom mikritnom osnovom u kojemu se vide male miliolide, spiroline, alveoline i aglutinirane konične foraminifere; MFT 3, izbrusak: Č1. 127, geološki stup 'Čikola I'.

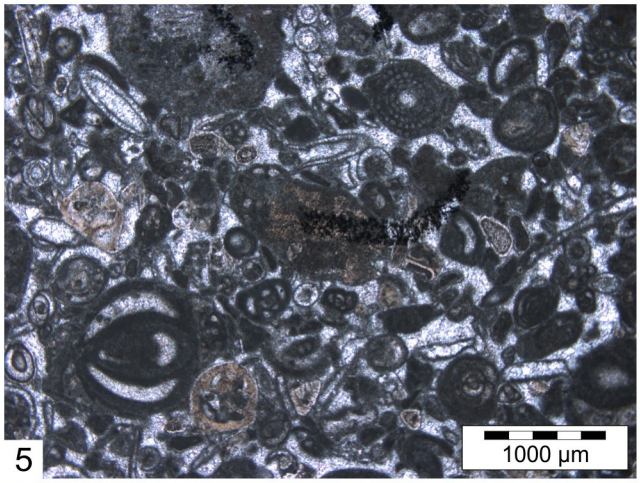
1

2

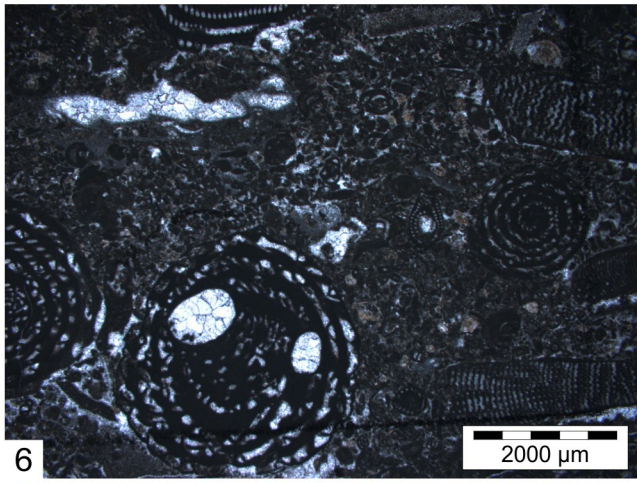


3

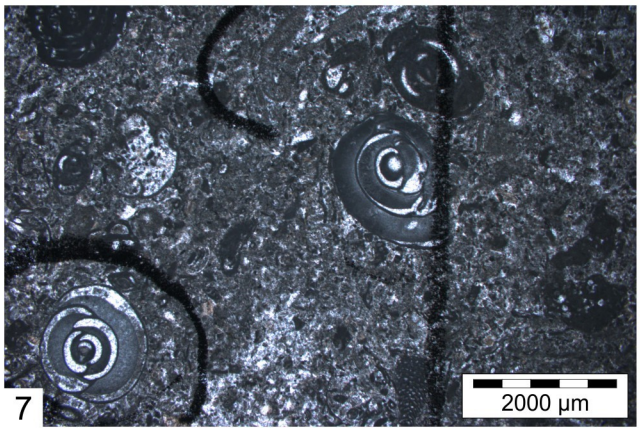




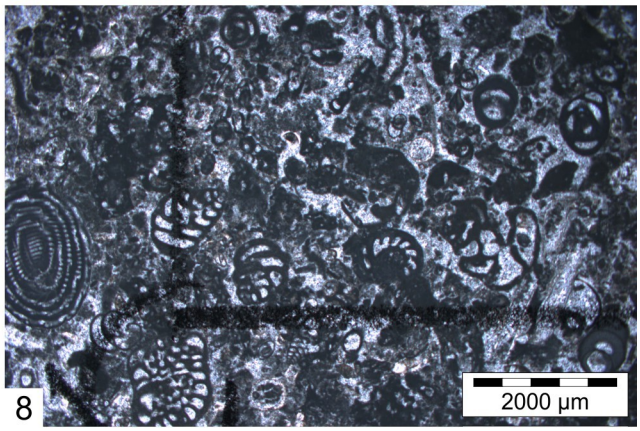
5



6



7



8

TABLA 4.

Slika 1. Trošni sivi vapnenac tipa vekston do pekston s brojnim fragmentiranim i orijentiranim čahurama bodljikaša, na geološkom stupu 'Novigrad' u stratigrafskoj podjedinici C2a.

Slika 2. Trošni sivi vapnenac tipa vekston do pekston s brojnim fragmentiranim i orijentiranim čahurama bodljikaša, na geološkom stupu 'Novigrad' u stratigrafskoj podjedinici C2a.

Slika 3. Vapnenac tipa vekston s fragmentima čahura i radiola bodljikaša u sitnozrnastom matriksu; MFT 4, izbrusak: N4.3a, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 4. Vapnenac tipa vekston s fragmentima bodljikaša; MFT 4, izbrusak: N4.3a, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 5. Trošna površina svijetlog vapnenca tipa vekston do pekston s brojnim presjecima kućica alveolina i numulita, na geološkom stupu 'Novigrad', u stratigrafskoj podjedinici C1b.

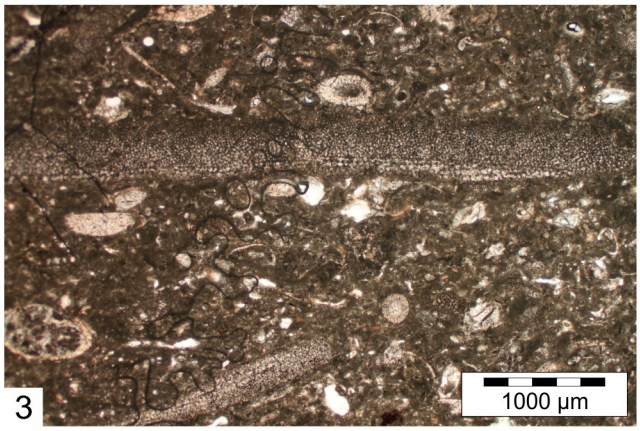
Slika 6. Vapnenac tipa pekston s krupnozrnastim matriksom u kojemu se nalaze presjeci kućica numulita i alveolina, MFT 5, izbrusak: NF.36, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 7. Aksijalni presjek kućice numulita u vapnencu tipa pekston, na čijoj se lijevoj strani vide tragovi algalnog obraštanja; MFT 5, izbrusak: N4.4, geološki stup 'Novigrad'.

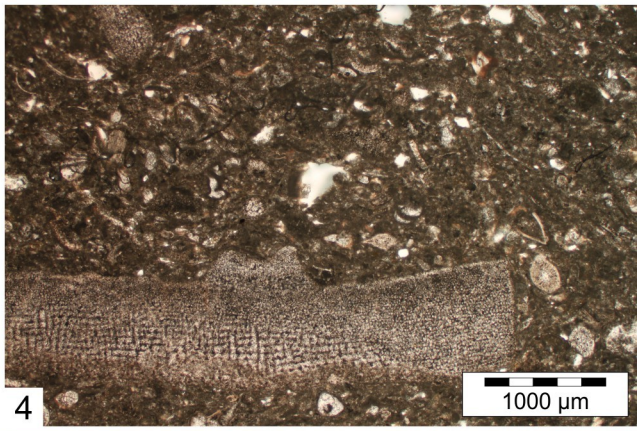
Slika 8. Fragmentirane obraštajuće foraminifere *Gyroidinella magna* i *Fabiania cassis*, u krupnozrnastoj osnovi vapnenca tipa pekston; MFT 5, izbrusak: N4.4, geološki stup 'Novigrad'.

1

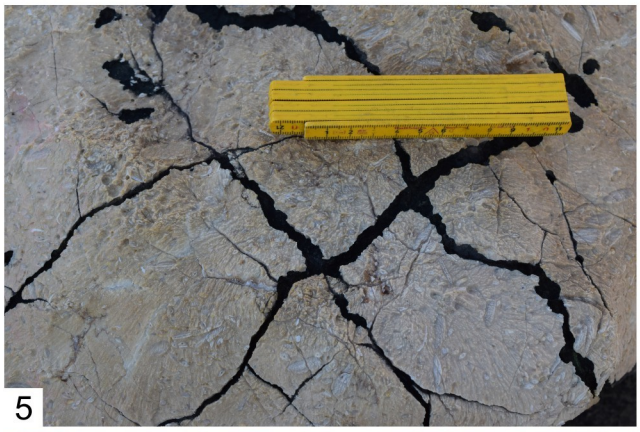
2



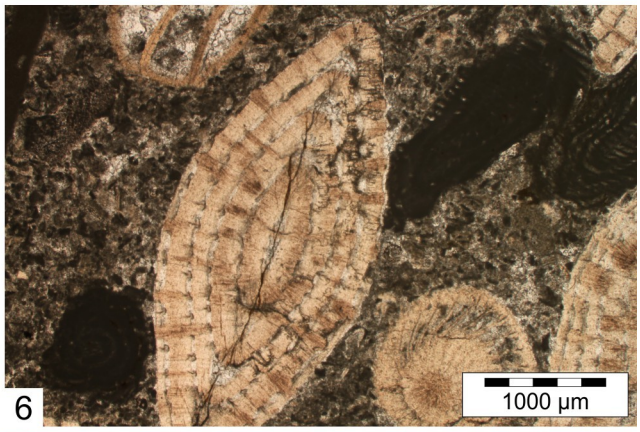
3



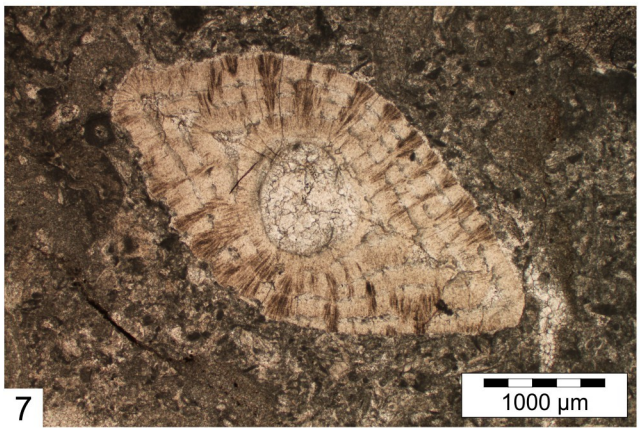
4



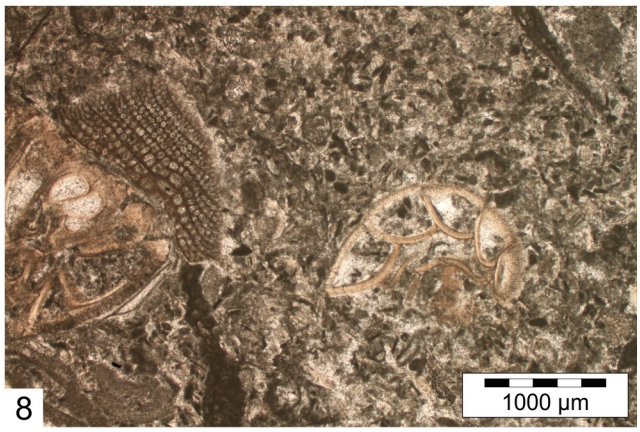
5



6



7



8

TABLA 5.

Slika 1. Masivni svijetlosivi vapnenac tipa pekston s geološkog stupa 'Čikola I', u stratigrafskoj podjedinici A2b.

Slika 2. Detalj masivnog sivog vapnenca tipa pekston na geološkom stupu 'Čikola I', na početku stratigrafske podjedinice A2b.

Slika 3. Brojni nepravilni peloidi s presjecima kućica aglutiniranih koničnih foraminifera i alveolina u vapnencu tipa pekston sa sitnozrnastim matriksom; MFT 6, izbrusak: Č1.144, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 4. Peloidno–foraminiferski pekston s brojnim nepravilnim peloidima i presjecima kućica rotalija; MFT 6, izbrusak: Č1.101a, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 5. Vapnenac tipa pekston s brojnim presjecima kućica rotalija jednostavne građe i malih dimenzija (*Rotalia* ex. gr. *trohidiformis*) i komprimiranim presjecima kućica aglutiniranih koničnih foraminifera; MFT 6, izbrusak: Č2.1b, geološki stup 'Čikola II'.

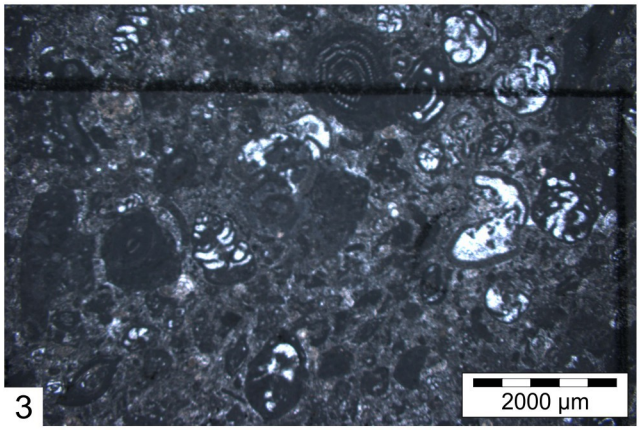
Slika 6. Peloidno–foraminiferski pekston s presjecima kućica alveolina, presjecima kućica miliolida ispunjenih sedimentom i aglutiniranih koničnih foraminifera (*Pseudochrysalidina alva*); MFT 6, izbrusak: Č2.1a, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 7. Orijentirane, komprimirane i bioerodirane kućice alveolina u vapnencu tipa vekston do pekston; MFT 6, izbrusak: Č1.101a, geološki stup 'Čikola I'.

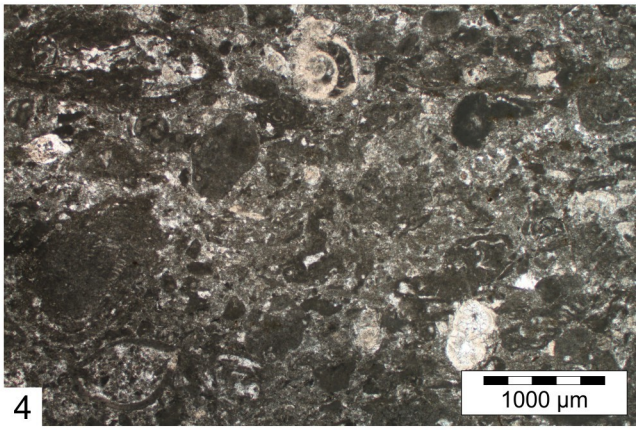
Slika 8. Komprimirani presjeci kućica alveolina i aglutiniranih koničnih foraminifera, s rotalijama, u peloidno–foraminiferskom vapnencu tipa pekston; MFT 6, izbrusak: Č1.151, geološki stup 'Čikola I'.

1

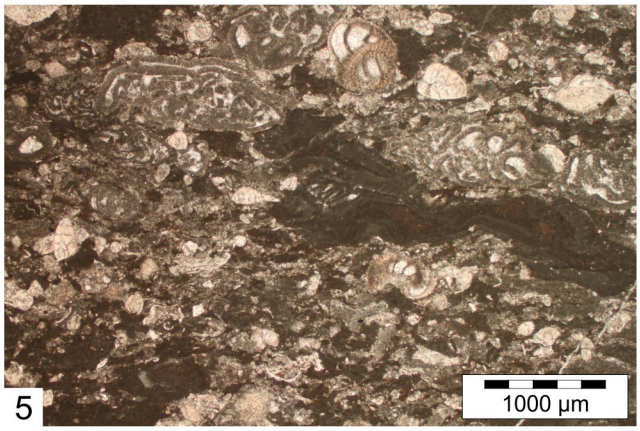
2



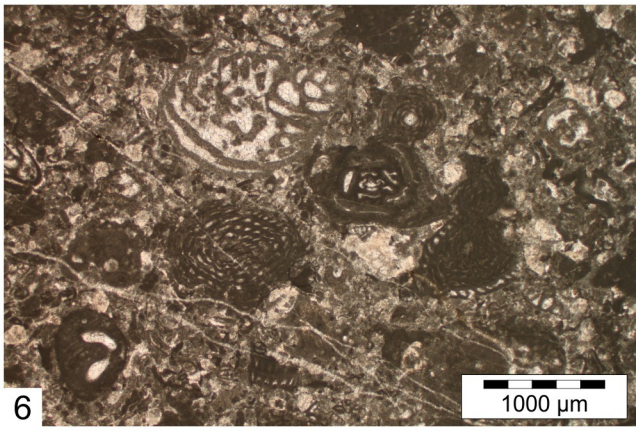
3



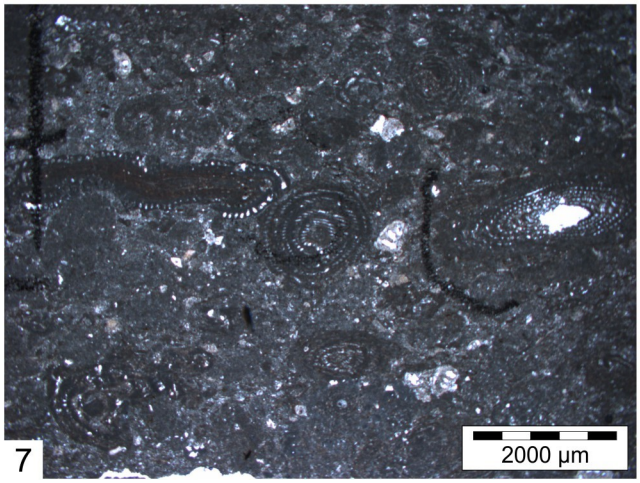
4



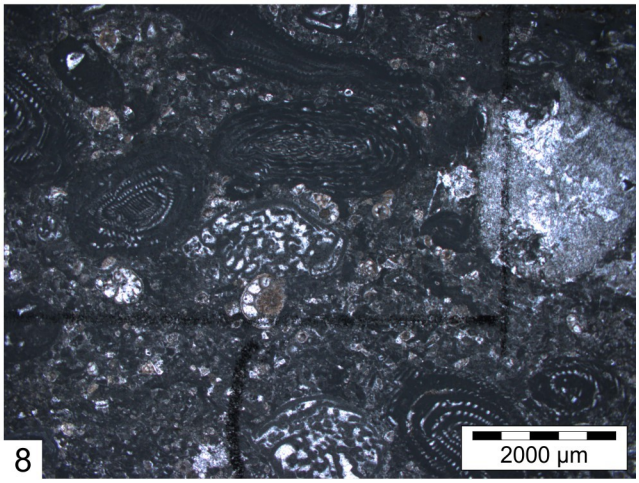
5



6



7



8

TABLA 6.

Slika 1. Detalj sivog vapnenca iz starijeg dijela stratigrafske podjedinice A2c, na geološkom stupu 'Čikola I', s vidljivim fragmentima koralja i presjecima kućica perforatnih VBF.

Slika 2. Sivi vapnenca s fragmentima koralja na geološkom stupu 'Novigrad', u stratigrafskoj podjedinici C2b.

Slika 3. Vapnenac tipa pekston s presjekom kućice *Neorotalia* ex. gr. *litothamnica*, fragmentima koralinaceja i vidljivim dijelom kolonijskog koralja u donjem dijelu izbruska; MFT 7, izbrusak: Č1. 178f, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 4. Fragment kolonijskog koralja u koraljno–foraminiferskom vapnencu tipa pekston; MFT 7, izbrusak: Č1. 176c, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 5. Presjeci malih, lećastih numulita u vapnencu tipa pekston; u donjem djelu izbruska vidljiv je fragment kolonijskog koralja; MFT 7, izbrusak: N4.104, geološki stup 'Novigrad'.

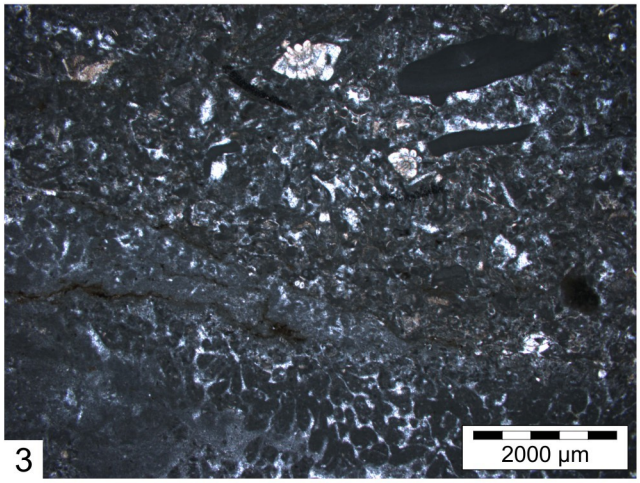
Slika 6. Fragment ostatka kolonijskog koralja i crvene alge *Polystrata alba* u koraljno–foraminiferskom vapnencu tipa pekston; MFT 7, izbrusak: N4.105, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 7. Koraljno–foraminiferski vapnenac tipa pekston s fragmentom kolonijskog koralja u donjem dijelu izbruska; MFT 7, izbrusak: N4.21, geološki stup 'Novigrad'.

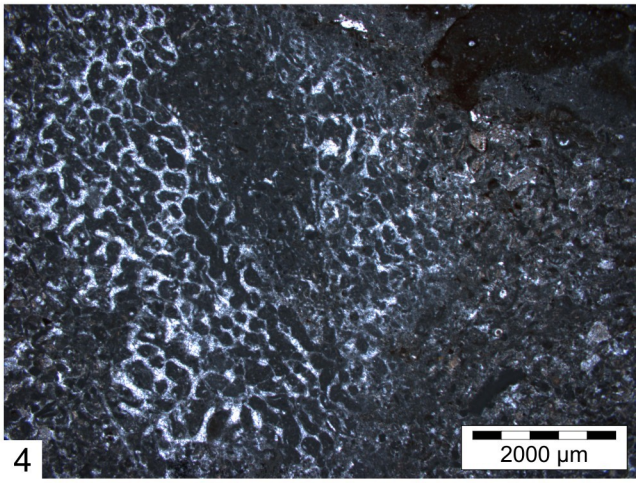
Slika 8. Fragment koralja i obraštajuće foraminifere (*Solenomeris* sp.?) u vapnencu tipa pekston; MFT 7, izbrusak: N4.15, geološki stup 'Novigrad'.

1

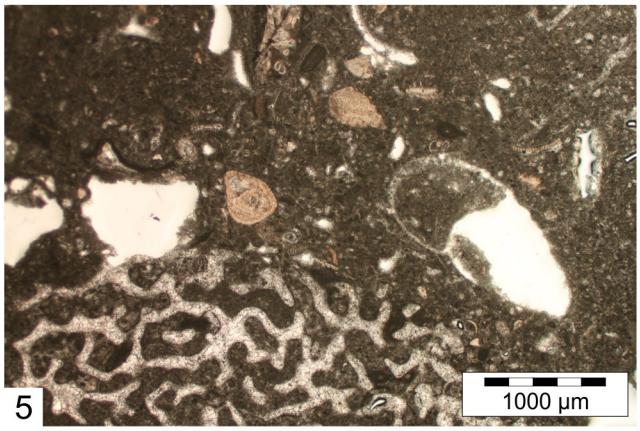
2



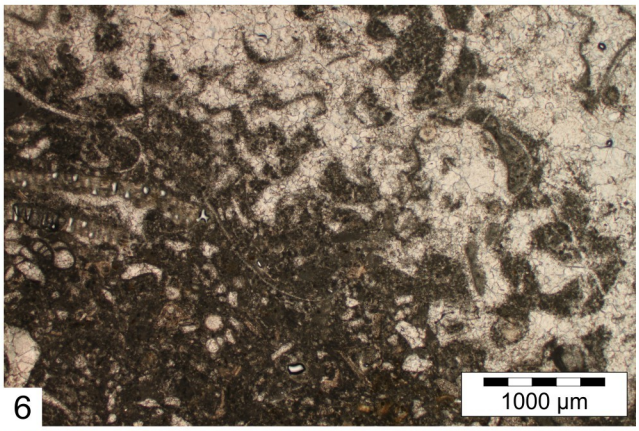
3



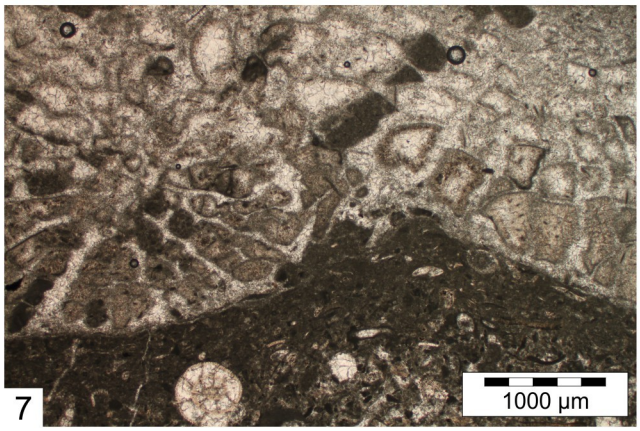
4



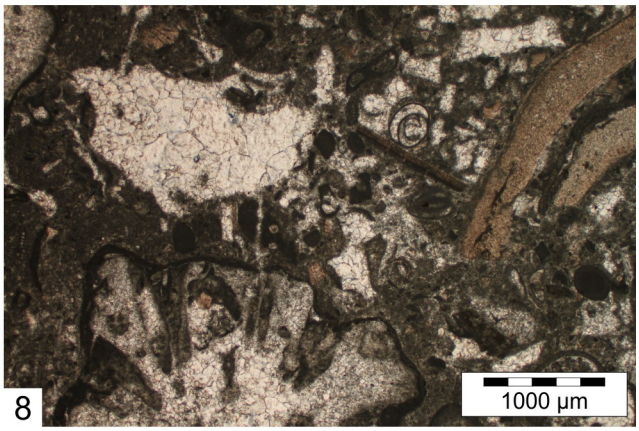
5



6



7



8

TABLA 7.

Slika 1. Fragment koralja samca u mikritnom matriksu; MFT 7, izbrusak: Č1. 178f, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 2. Vapnenac sitnozrnastog matriksa tipa pekston s presjekom kućice *Neorotalia* sp. (lijevi donji kut) i *Fabiania cassis* (desni gornji kut); MFT 7, izbrusak: Č1. 178f, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 3. Koraljno–foraminiferski pekston s fragmentima ostataka koralinaceja (*Neogoniolithon* sp.), koralja i obraštajućih foraminifera (*Acervulina linearis*); MFT 7, izbrusak: N4.15, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 4. Obraštajuća foraminifera *Haddonia* sp. i fragmenti koralinaceja u vapnencu tipa pekston; MFT 7, izbrusak: N4.15, geološki stup 'Novigrad'.

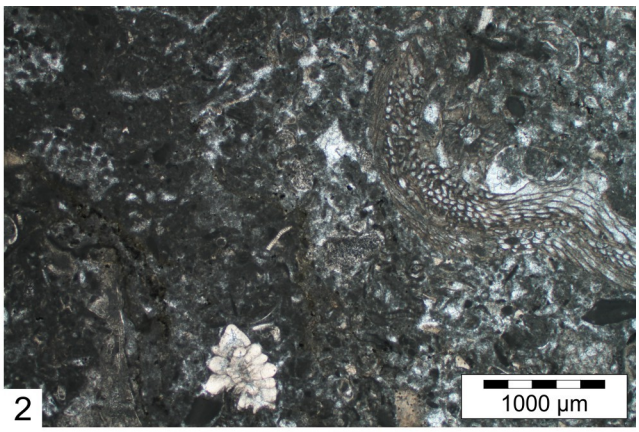
Slika 5. Ostatak skeleta tubularnog serpulida *Ditrupa* sp. u trošnom, masivnom svijetlosivom vapnencu na geološkom stupu 'Novigrad', u stratigrafskoj podjedinici C2b.

Slika 6. Vapnenac tipa pekston s krupnozrnastim matriksom izgrađenim od brojnih neodredivih skeletnih fragmenata, uz prepoznatljive radiole bodljikaša i presjeke kućica malih foraminifera, s presjekom kućice rotalije i obraštajućih foraminifera *F. cassis* i *A. linearis*; MFT 8, izbrusak: N4.50, geološki stup 'Novigrad'.

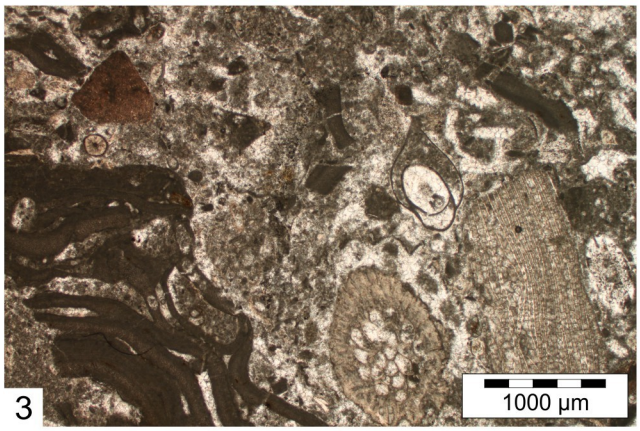
Slika 7. Obraštajuća foraminifera *Gyroidinella magna* i fragment koralinaceje u vapnencu tipa pekston s krupnozrnastim matriksom; MFT 8, izbrusak: N4.52, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 8. Brojni presjeci kućica malih miliolida, fragment koralinaceje *Sporolithon* sp. i presjek kućice *Chapmania gassiniensis* u vapnencu tipa grejnston; MFT 8, izbrusak: N4.64, geološki stup 'Novigrad'.

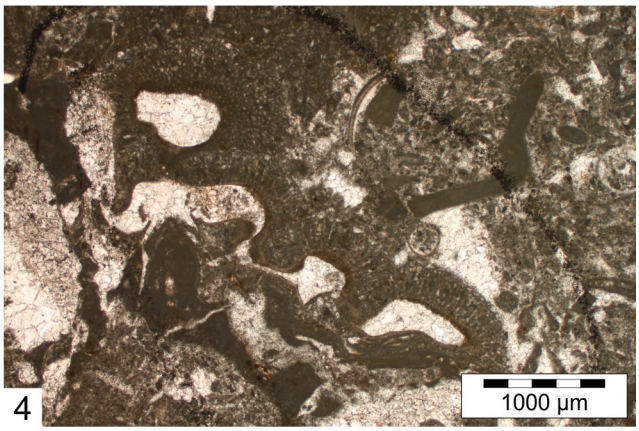
1



2

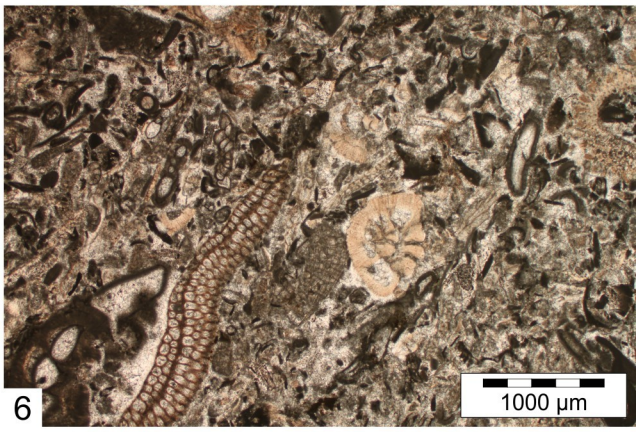


3

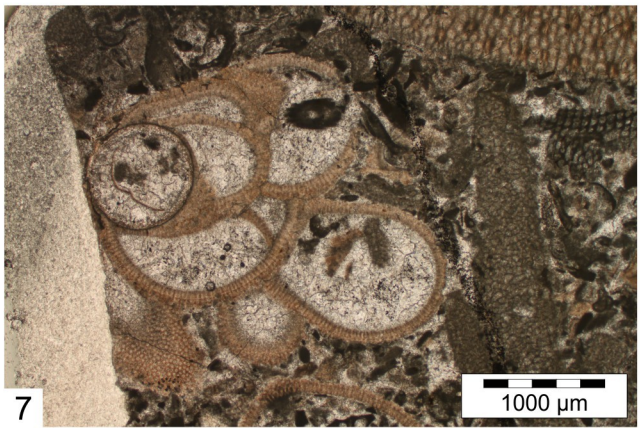


4

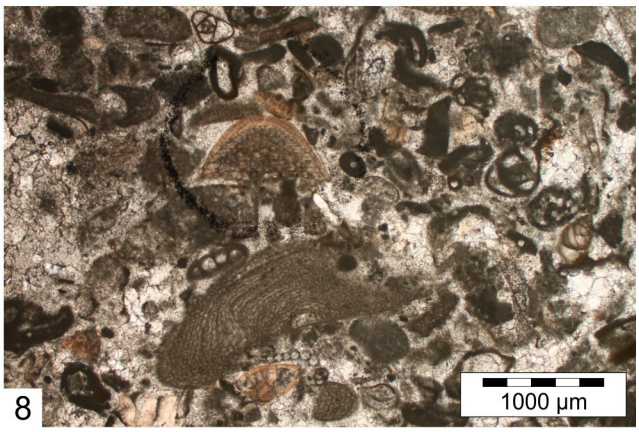
5



6



7



8

TABLA 8.

Slika 1. Vapnenac tipa pekston s djelomično rekristaliziranim matriksom, u kojem se vidi fragment ljušture mekušca i presjek kućice *Borelis* sp.; MFT 8, izbrusak: N4.76, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 2. Snimka koncentričnih rodolita crvenih alga, na vršnom dijelu stratigrafske podjedinice A2c geološkog stupa 'Čikola I'.

Slika 3. Kora koralinaceje *Sporolithon* sp., unutar koje je vapnenac tipa pekston s ostatkom radiole bodljikaša, fragmentom koralinaceje (*Mesophyllum* sp.?) i presjecima kućica jednostavne aglutinirane konične foraminifere i operkuline; MFT 9, izbrusak: Č1.180c, geološki stup 'Čikola I'.

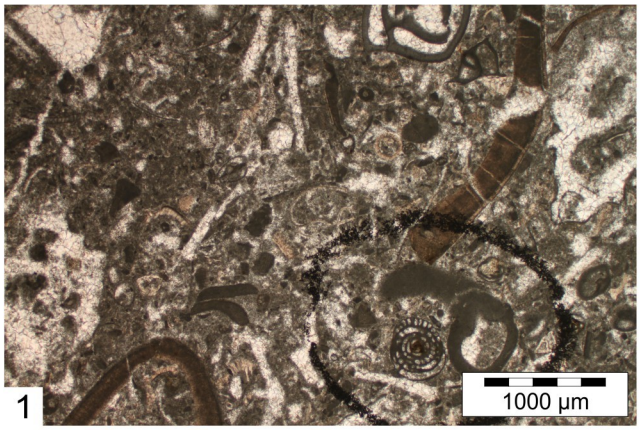
Slika 4. Fragment kore koralinaceja izgrađene od rodova *Neogoniolithon* sp. i *Lithothamnium* sp., koju je na gornjem dijelu obrasla obraštajuća foraminifera *Haddonia* sp., u vapnencu tipa pekston s krupnozrnastim matriksom izgrađenim od raznih skeletnih ostataka; MFT 9, izbrusak: Č1.180a, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 5. Izmjena lamina crvenih algi rodova *Neogoniolithon* sp., *Lithothamnium* sp. i vrste *P. alba*, s obraštajućom foraminiferom *Acervulina linearis*; MFT 9, izbrusak: Č1.180b, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 6. Detalj kore koralinaceje *Sporolithon* sp. s tragom ubušivanja, naknadno ispunjenog geopetalnim punjenjem; MFT 9, izbrusak: Č1.180c, geološki stup 'Čikola I'.

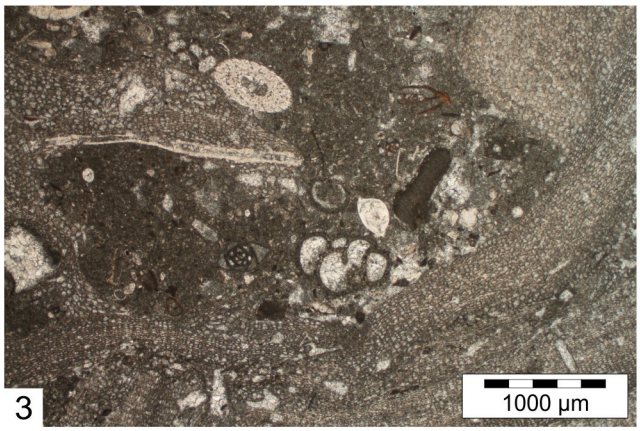
Slika 7. Vapnenac tipa pekston u kojemu je vidljiva kora koralinaceje *Sporolithon* sp., presjeci kućica foraminifera *Gyroidinella magna*, *Sphaerogypsina* sp. i *Neorotalia* sp., kao i presjeci radiola bodljikaša; MFT 9, izbrusak: Č1.180a, geološki stup 'Čikola I'.

Slika 8. Dio aksijalnog presjeka kućice gusto namotane asiline u koralinacejskom–numulitidnom vapnencu tipa pekston; MFT 9, izbrusak: Č2.20, geološki stup 'Čikola II'.

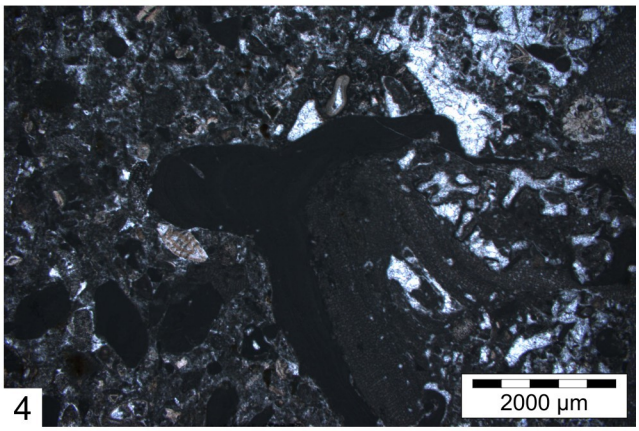


1

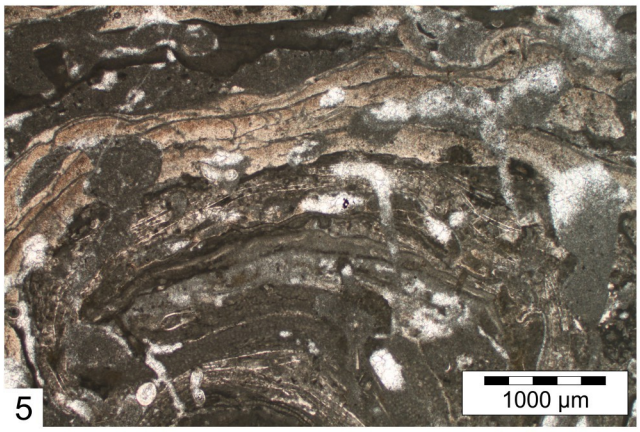
2



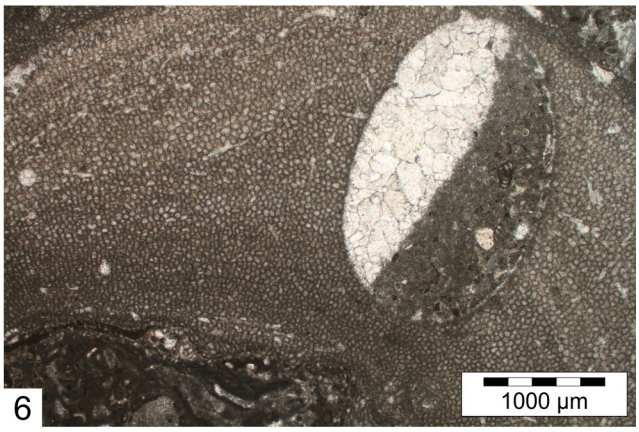
3



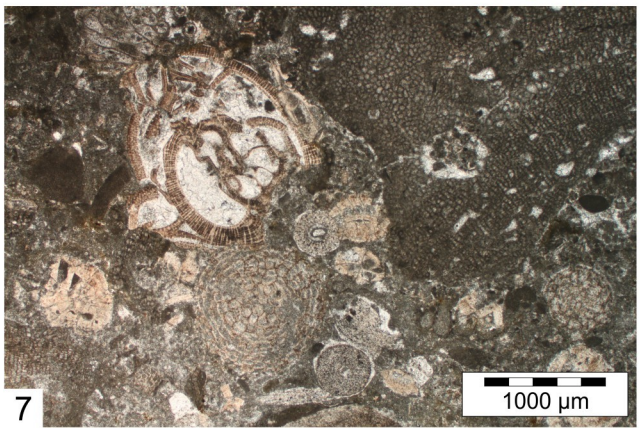
4



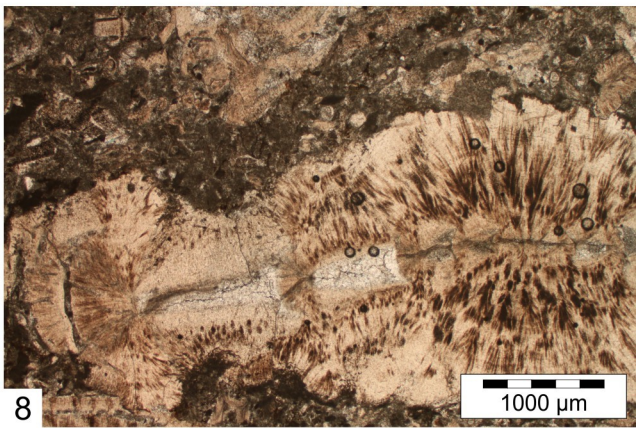
5



6



7



8

TABLA 9.

Slika 1. Dio aksijalnog presjeka kućice numulita i operkuline, te fragment kućice alveoline, u koralinacejskom–numulitidnom vapnencu tipa pekston; MFT 9, izbrusak: Č2.20, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 2. Vapnenac tipa pekston s krupnozrnastim matriksom u kojem se raspoznaje dio aksijalnog presjeka kućice numulita, presjek kućice *Borelis* sp. i presjeci kućica malih milolida; MFT 9, izbrusak: N4.31, geološki stup 'Novigrad'.

Slika 3. Koralinacejsko–numulitidni vapnenac tipa pekston sa sitnozrnastim matriksom u kojem nalaze fragmentirani ostatci raznih organizama, između ostalih, koralinaceje roda *Sporolithon* sp., ortofragmine, numuliti i planktonska foraminifera; MFT 9, izbrusak: Č1.180c, geološki stup 'Čikola I'.

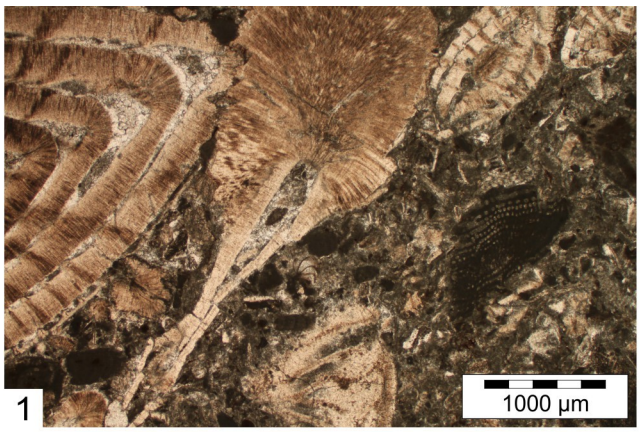
Slika 4. Žućkastosivi slojeviti vapnenac tipa radston s brojnim plosnatim kućicama ortofragmina u stratigrafskoj podjedinici B4, na geološkom stupu 'Čikola II'.

Slika 5. Tanke i sedlaste diskocikline gusto posložene jedne povrh drugih, s interskeltalnim porama ispunjenima sparitom; MFT 10, uzorak: Č2.l2, geološki stup 'Čikola II'.

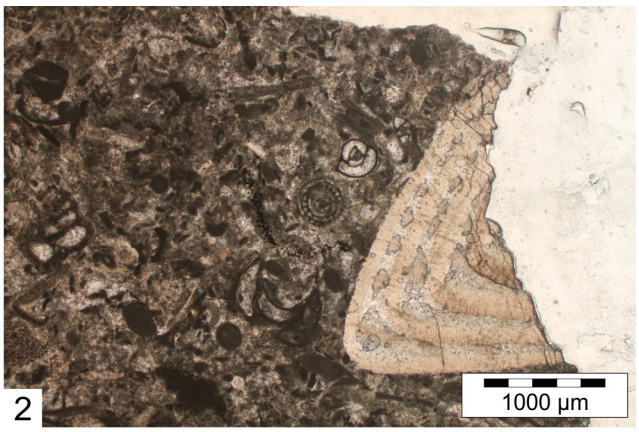
Slika 6. Aksijalni presjeci kućica asterociklina, diskociklina i numulita u vapnencu tipa pekston s krupnozrnastim matriksom; MFT 10, uzorak: Č2.l2, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 7. Aksijalni presjek lećaste kućice numulita u ortofragminidnom vapnencu tipa pekston do radston; MFT 10, uzorak: Č2.l2, geološki stup 'Čikola II'.

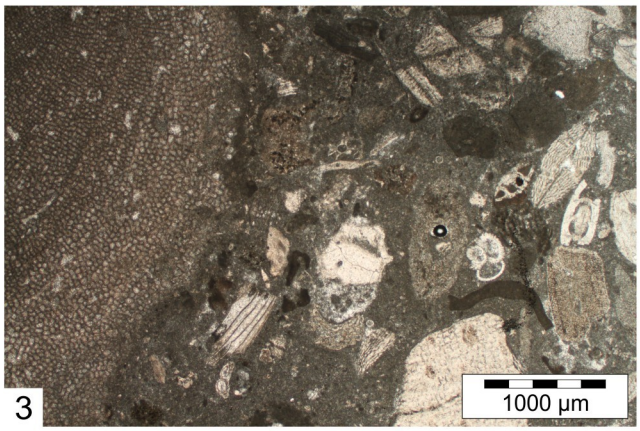
Slika 8. Vapnenac tipa pekston s krupnozrnastim matriksom u kojemu su kućice diskociklina, od kojih su neke i tanke, i lećastih numulita, uz brojne neodredive fragmentirane ostatke; MFT 10, uzorak: Č2.l2, geološki stup 'Čikola II'.



1

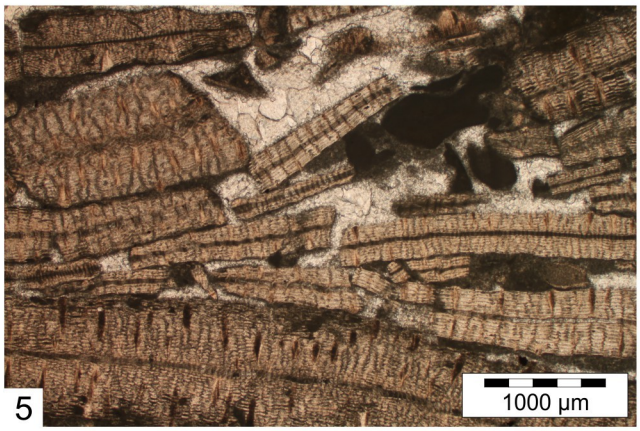


2

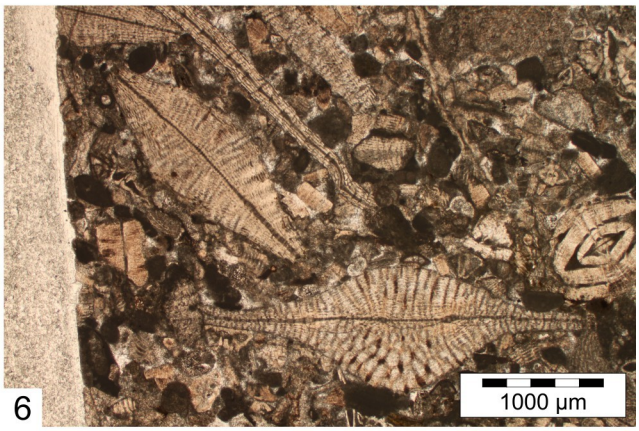


3

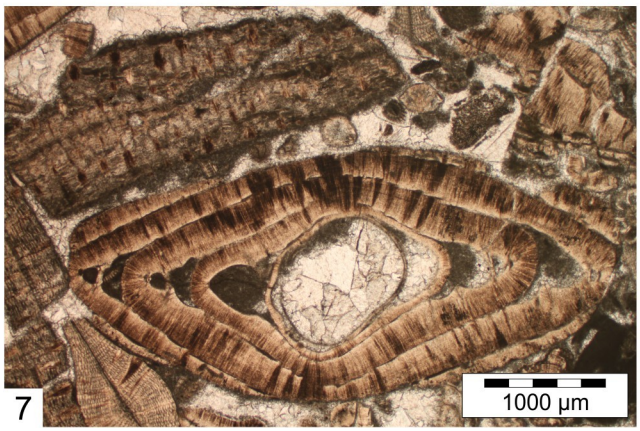
4



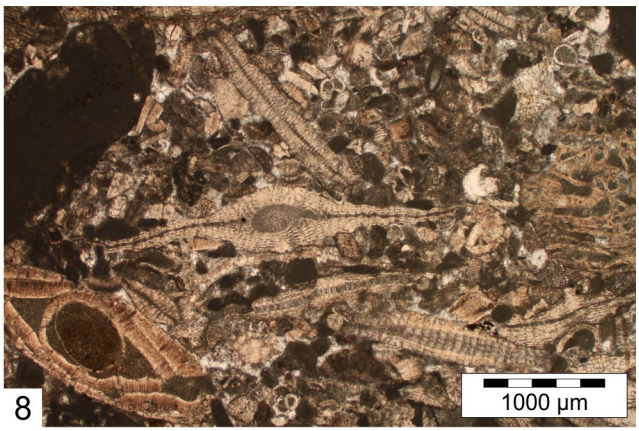
5



6



7



8

TABLA 10.

Slika 1. Gusto pakirane kućice ortofragmina u vapnencu krupnozrnastog matriksa, u kojemu se nalaze kućice planktonskih foraminifera; MFT 10, uzorak: Č2.l3, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 2. Vapnenac tipa pekston do grejnston s dobro sortiranim fragmentiranim ostacima raznih organizama, kao što su koralinaceje, kućice ortofragmina i rotalija; MFT 10, uzorak: Č2.36, geološki stup 'Čikola II'.

Slika 3. Vapnenac tipa pekston sa sitnozrnastim matriksom u kojemu se nalaze fragmentirani ostaci kućica perforatnih foraminifera. U donjem dijelu izbruska vidljiv je dio skeleta kolonijskog koralja; MFT 11, izbrusak: G.G.2; geološki stup 'Grabova Glava'.

Slika 4. Fragment skeleta kolonijskog koralja u vapnencu tipa pekston s presjecima kućica asterigerina, obraštajućih foraminifera i izmijenjenom malom miliolidom; MFT 11, izbrusak: OST.04; geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 5. Vapnenac tipa pekston sa sitnozrnastim matriksom u kojemu se nalaze kućice numulita, asterigerina i obraštajućih foraminifera *Gyroidinella magna* i *Fabiania cassis*; MFT 11, izbrusak: OST.04; geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 6. Presjeci foraminifera *Haddonia* sp. i asterigerina u koraljno–koralinacejskom pekstonu; MFT 11, izbrusak: OST.01; geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 7. Presjeci kućica diskociklina, među kojima su i primjerci tankih, sedlastih kućica, fragmenti ostataka mahovnjaka i koralinaceja u vapnencu tipa pekston; MFT 11, izbrusak: G.G.2; geološki stup 'Grabova Glava'.

Slika 8. Aksijalni presjek kućice asiline, te fragment bodljikaša i koralinaceje u vapnenacu tipa pekston sa sitnozrnastim matriksom; MFT 11, izbrusak: OST.04; geološki stup 'Ostrovica'.

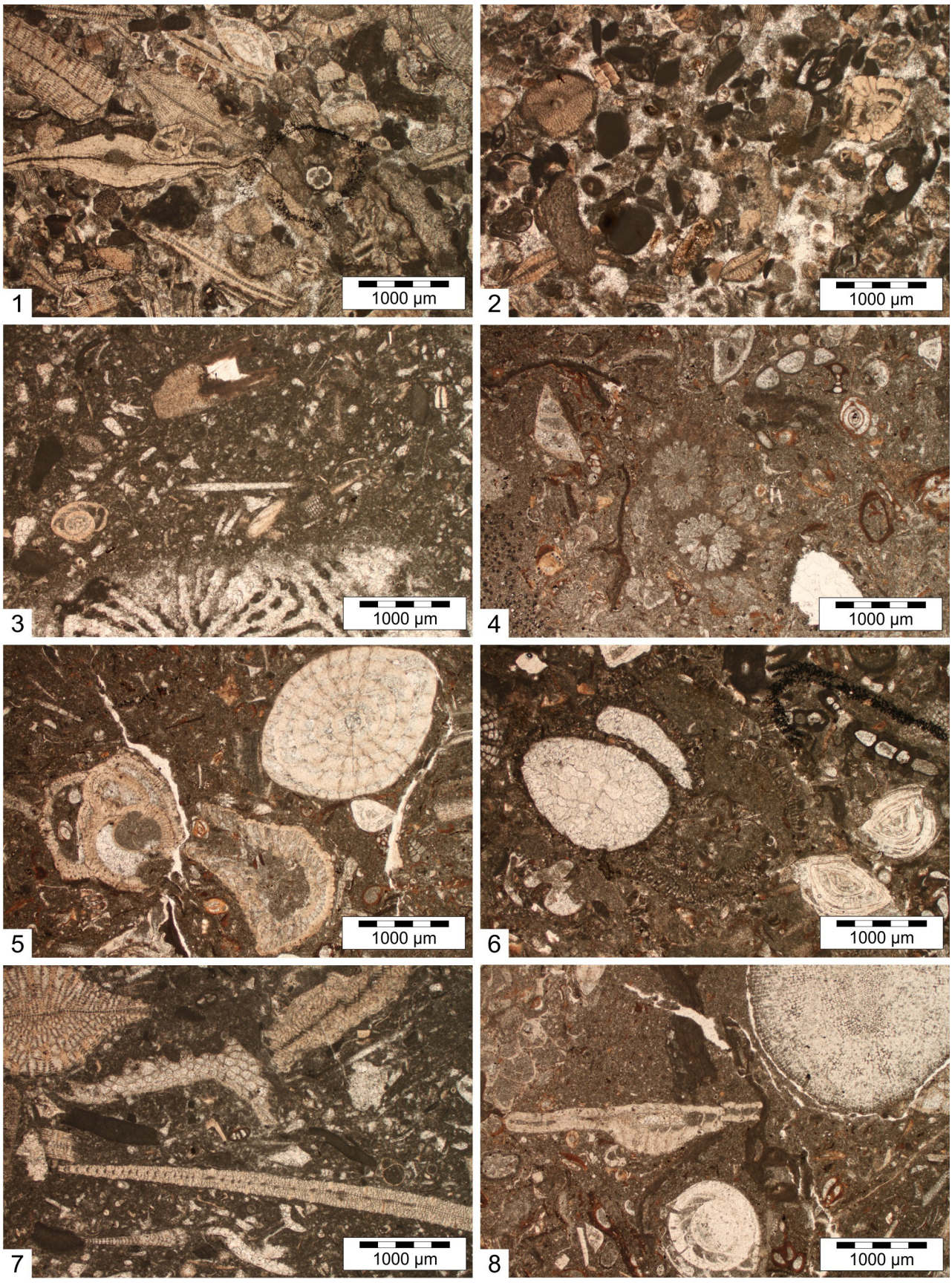

1
1000 µm
2
1000 µm
3
1000 µm
4
1000 µm
5
1000 µm
6
1000 µm
7
1000 µm
8
1000 µm

TABLA 11.

Slika 1. Fragment aksijalnog presjeka kućice operkuline u koraljno–koralinacejskom vapnencu tipa pekston; MFT 11, izbrusak: G.G.5; geološki stup 'Grabova Glava'.

Slika 2. Vapnenac tipa vekston s presjecima kućica numulita i asiline. Na presjeku kućice numulita može se uočiti kako djelomično nedostaje zadnji zavoj kućice; MFT 12, izbrusak: OST.06, geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 3. Presjek kućice planktonske foraminifere i aksijalni presjek kućice numulita u vapnencu tipa vekston do floutston sa sitnozrnastim matriksom; MFT 12, izbrusak: OST.06, geološki stup 'Ostrovica'.

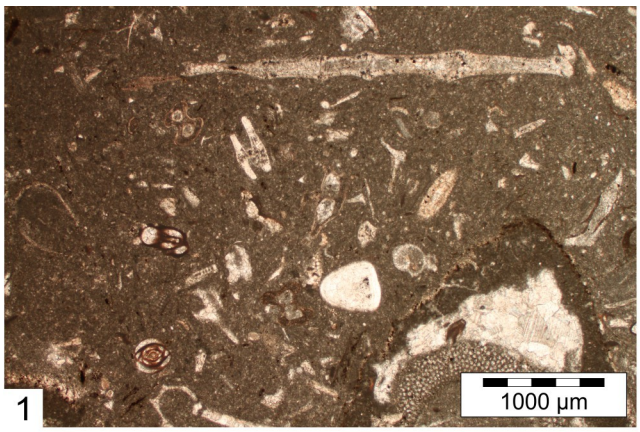
Slika 4. Aksijalni presjek kućice operkuline, uz presjeke kućica asterigerina, u numulitno–bioklastičnom vapnencu tipa vekston; MFT 12, izbrusak: OST.13, geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 5. Vapnenac tipa vekston do floutston s uzdužnim presjekom radiole bodljikaša u sitnozrnastom matriksu; MFT 12, izbrusak: OST.10, geološki stup 'Ostrovica'.

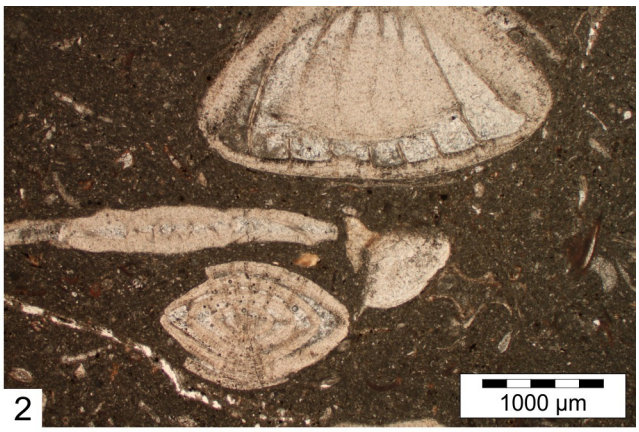
Slika 6. Vapnenac tipa vekston s fragmentom mahovnjaka i presjekom kućice asterigerine; MFT 12, izbrusak: OST.10, geološki stup 'Ostrovica'.

Slika 7. Fotografija sivkastih glinovitih vapnenaca na geološkom stupu 'Čikola II', u stratigrafskoj jedinici B2.

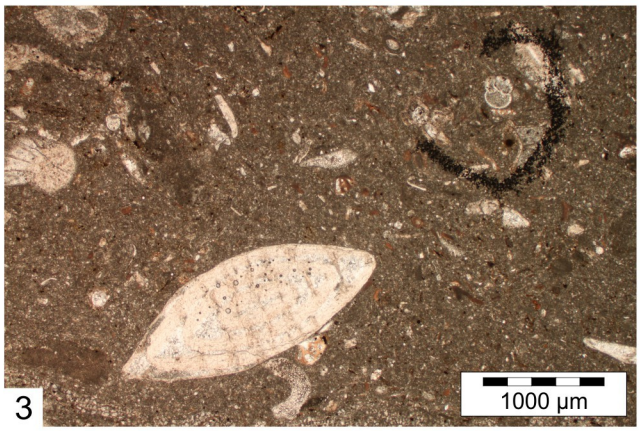
Slika 8. Brojne planktonske foraminifere u vapnencu tipa vekston do pekston, s krupnozrnastim matriksom; MFT 13, izbrusak: Č2.23, geološki stup 'Čikola II'.



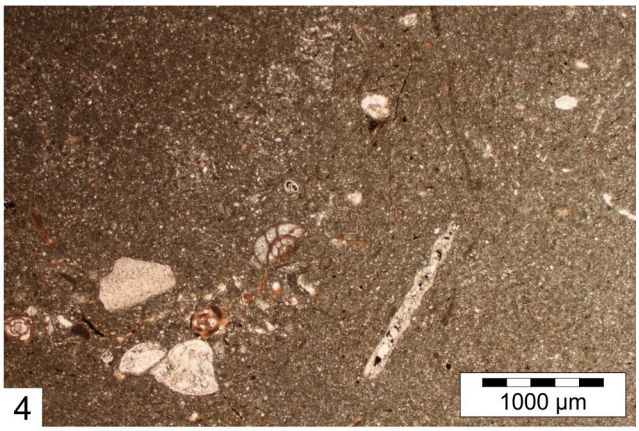
1



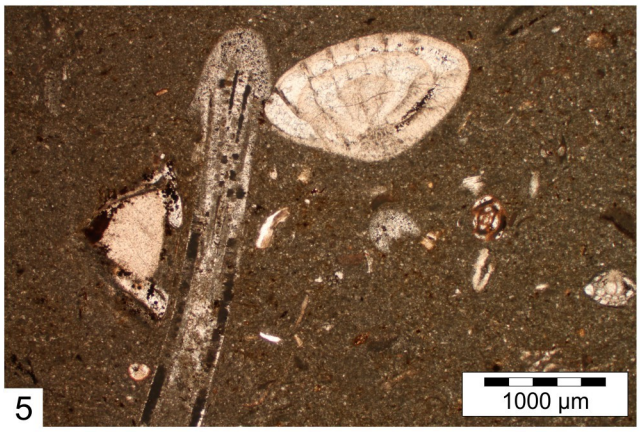
2



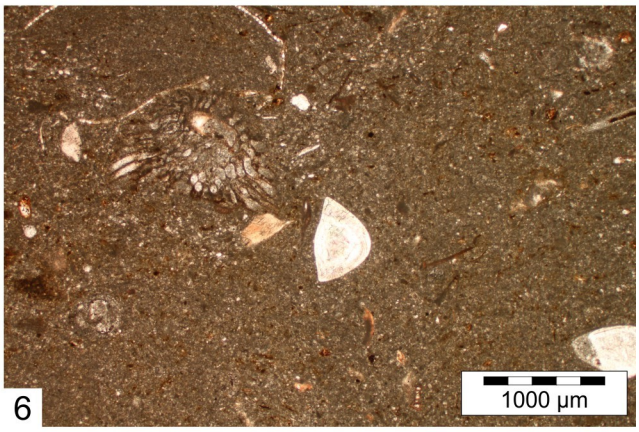
3



4

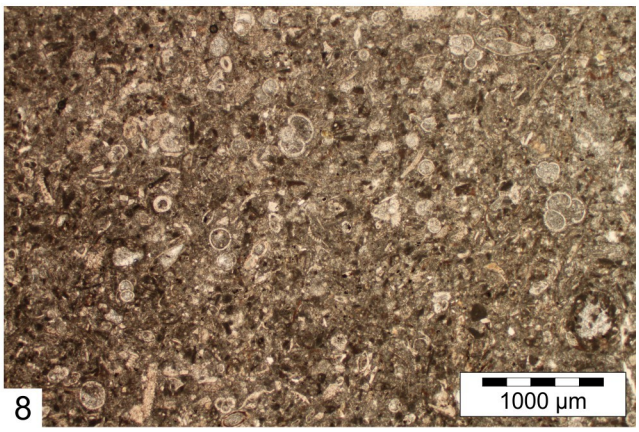


5



6

7



8

TABLA 12.

Slika 1. *Alveolina multicanalifera* DROBNE

Izbrusak: Č1. 57b, A oblik, neorijentirani presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 2. *Alveolina multicanalifera* DROBNE

Izbrusak: Č1. 57b, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 3. *Alveolina cremae* CHECCHIA-RISPOLI

Izbrusak: Č1. 74b, A oblik, presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 4. *Alveolina decastroi* DI CARLO

Izbrusak: Č1.79a, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I',
kasni ipr (SBZ 11)

Slika 5. *Alveolina cuspidata* DROBNE

Izbrusak: Č1.85, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I',
kasni ipr (SBZ 11)

Slika 6. *Alveolina decastroi* DI CARLO

Izbrusak: Č1.79a, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I',
kasni ipr (SBZ 11)

Slika 7. *Alveolina levantina* HOTTINGER

Izbrusak: Č1.80a, A oblik, presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 8. *Alveolina cremae* CHECCHIA-RISPOLI

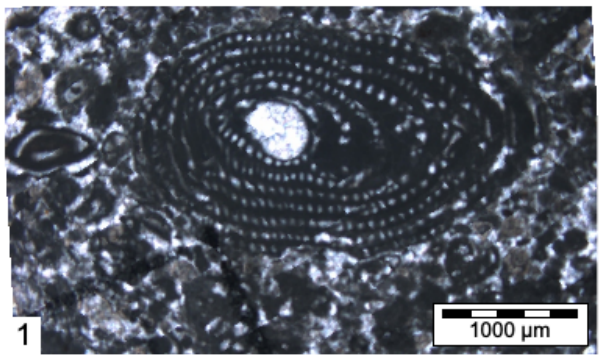
Izbrusak: Č1.82a, A oblik, neorijentirani presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I',
kasni ipr (SBZ 11)

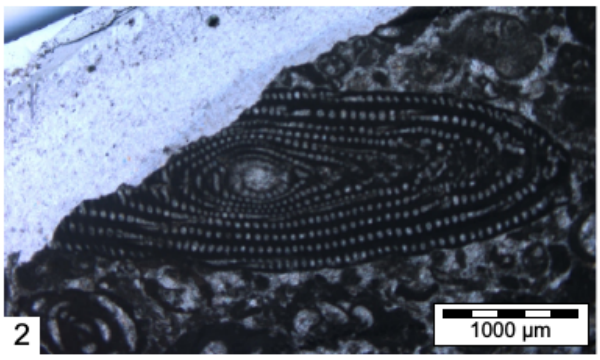
Slika 9. *Alveolina decastroi* DI CARLO

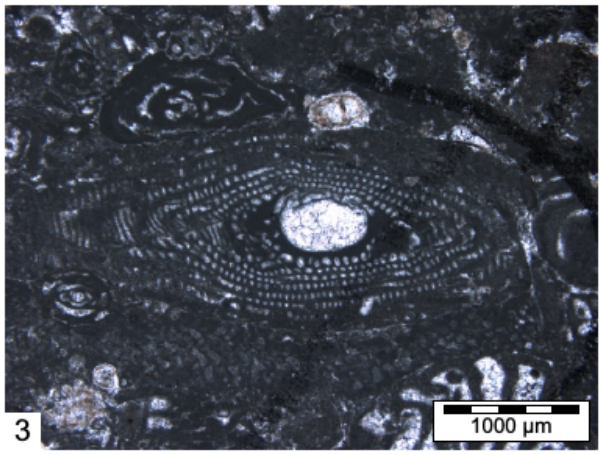
Izbrusak: Č1.84a, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

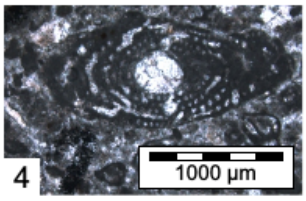
Slika 10. *Alveolina cuspidata* DROBNE

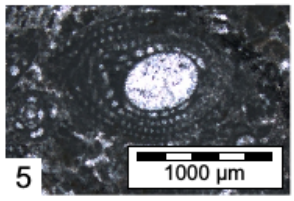
Izbrusak: Č1.85, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I',
kasni ipr (SBZ 11)

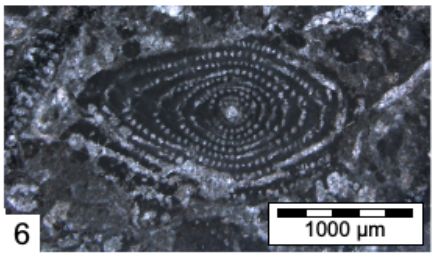

1
1000 µm

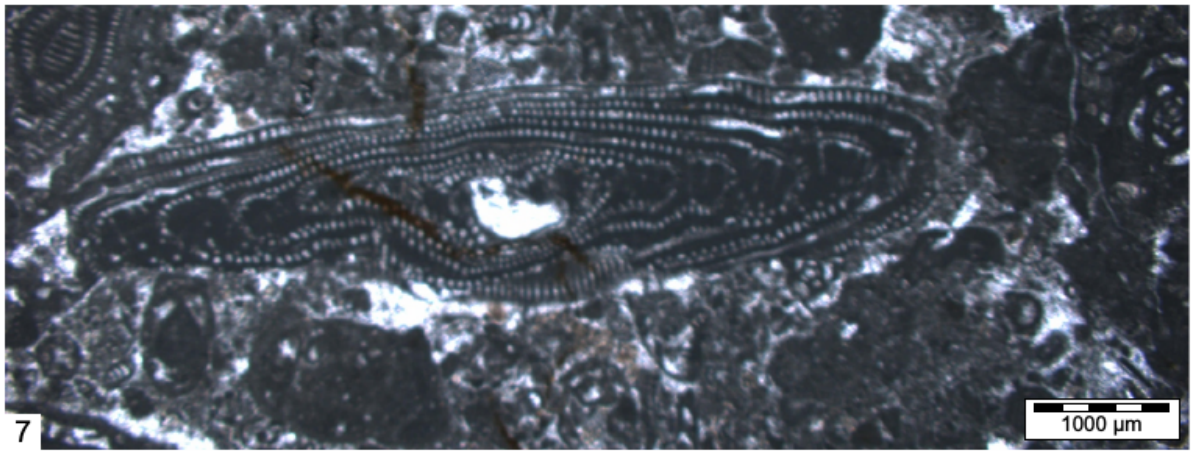

2
1000 µm

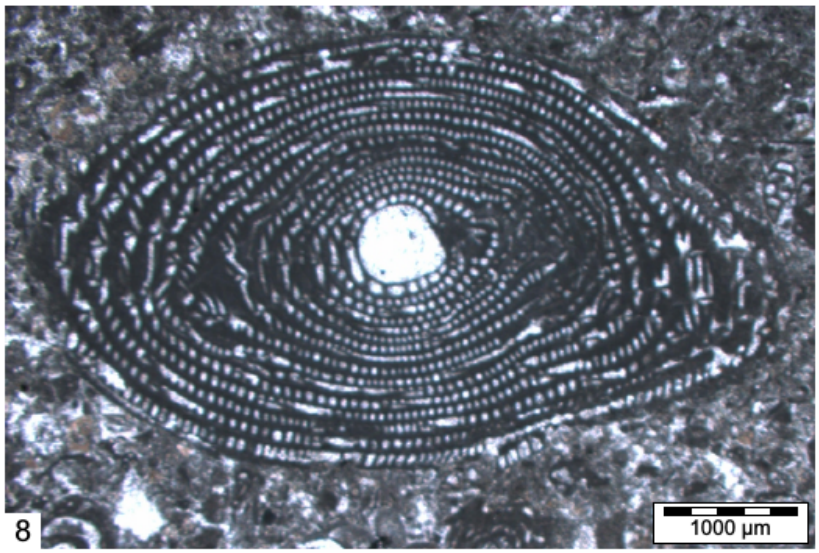

3
1000 µm

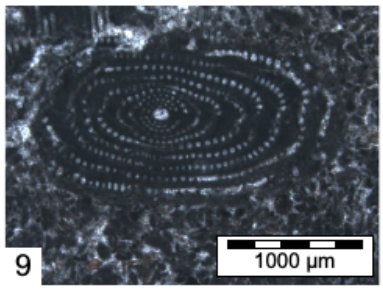

4
1000 µm


5
1000 µm


6
1000 µm


7
1000 µm


8
1000 µm


9
1000 µm

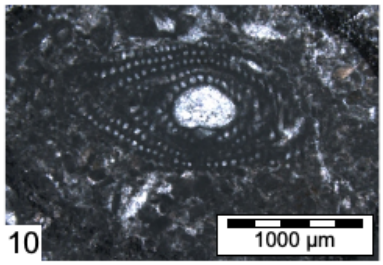

10
1000 µm

TABLA 13.

Slika 1. *Alveolina cuspidata* DROBNE

Izbrusak: Č1.96, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 2. *Alveolina croatica* DROBNE

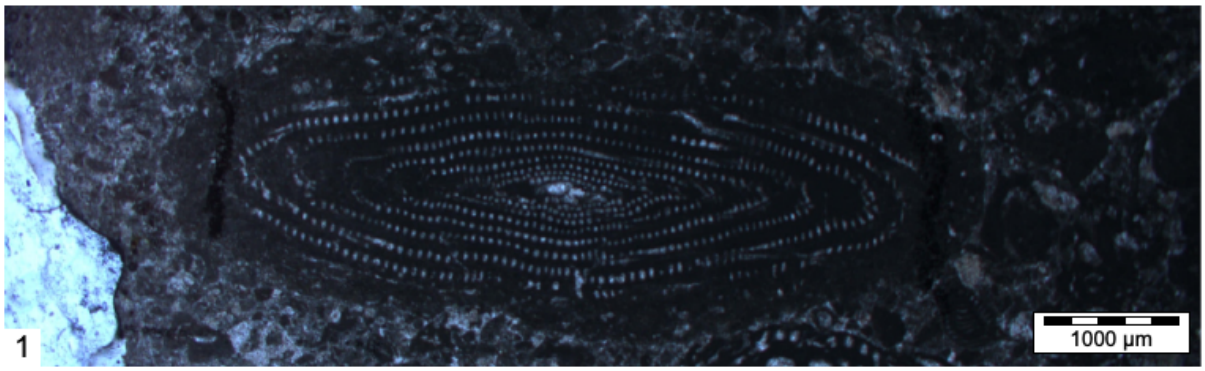
Izbrusak: Č1.129, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 3. *Alveolina cremae* CHECCHIA-RISPOLI

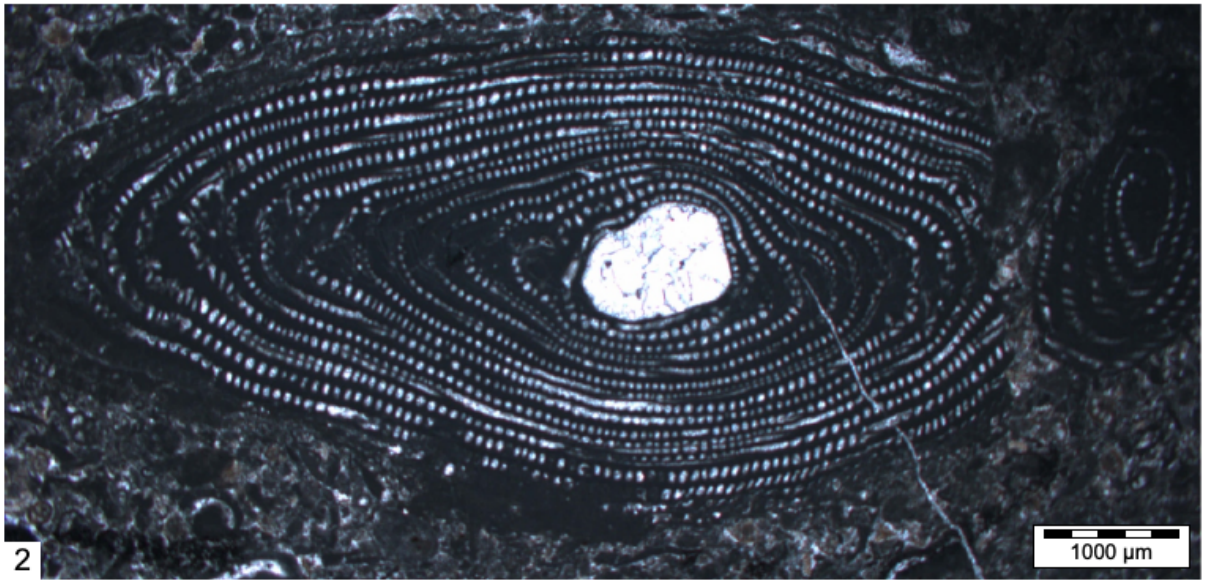
Izbrusak: Č1.129, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 4. *Alveolina cuspidata* DROBNE

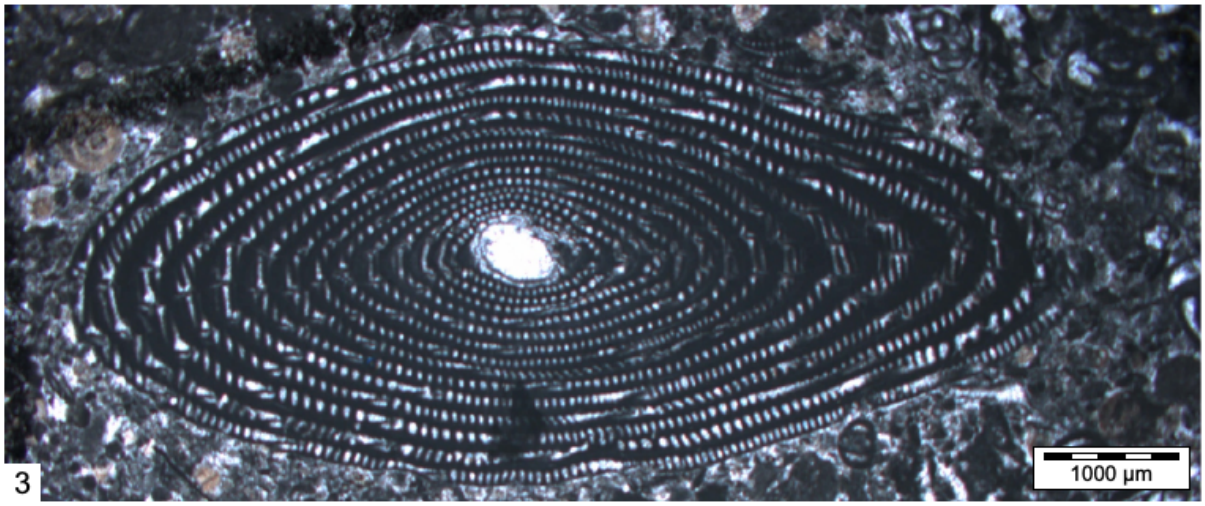
Izbrusak: Č1.136, A oblik, presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)



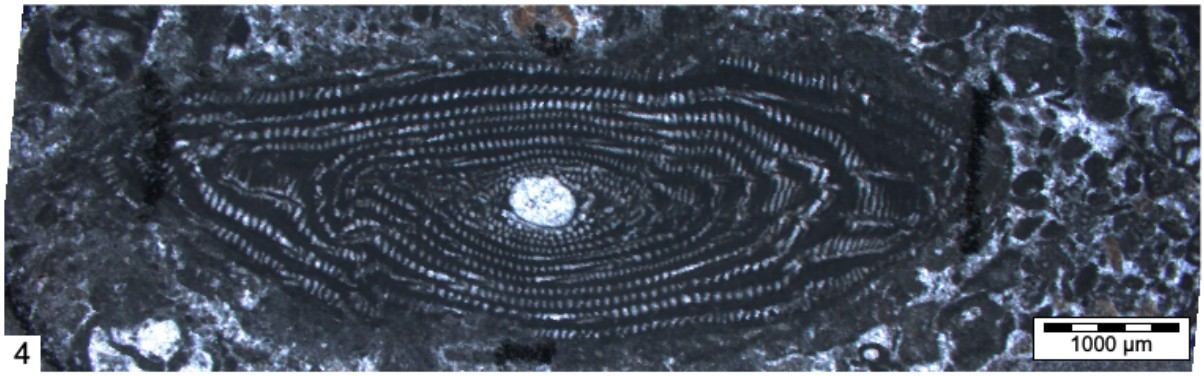
1



2



3



4

TABLA 14.

Slika 1. *Alveolina multicanalifera* DROBNE

Izbrusak: Č1. 74a, A oblik, neorijentirani presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 2. *Alveolina multicanalifera* DROBNE

Izbrusak: Č1. 147, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 3. *Alveolina cuspidata* DROBNE

Izbrusak: Č1.110, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 4. *Alveolina decastroi* DROBNE

Izbrusak: Č1.139, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 5. *Alveolina cuspidata* DROBNE

Izbrusak: NOV4.4E, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 6. *Alveolina cuspidata* DROBNE

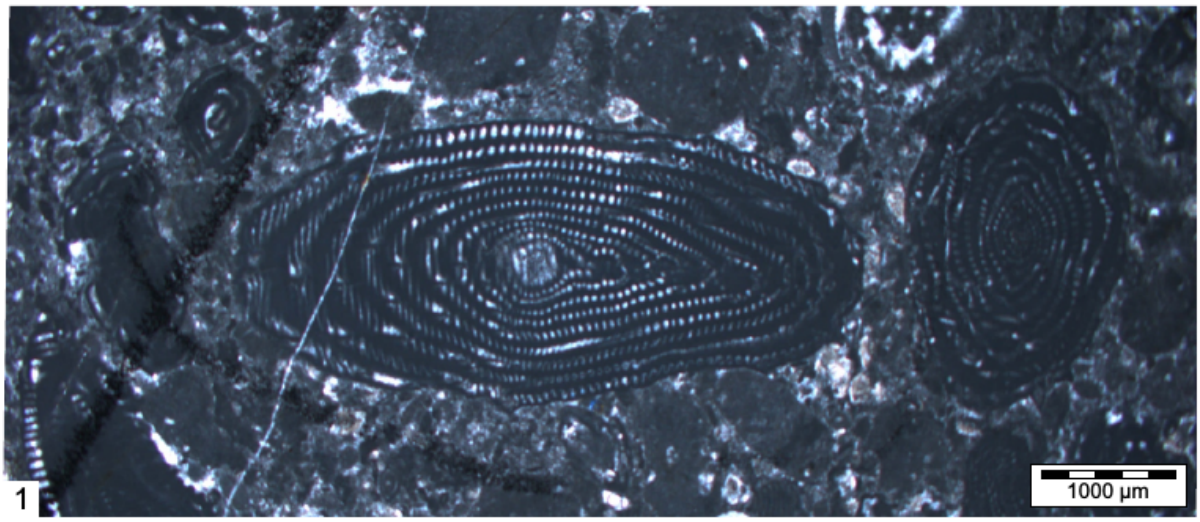
Izbrusak: NOV4.4E, A oblik, necentrirani osni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11)

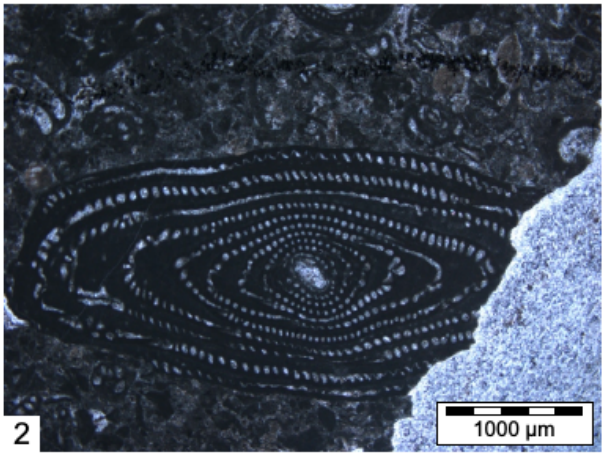
Slika 7. *Alveolina multicanalifera* DROBNE

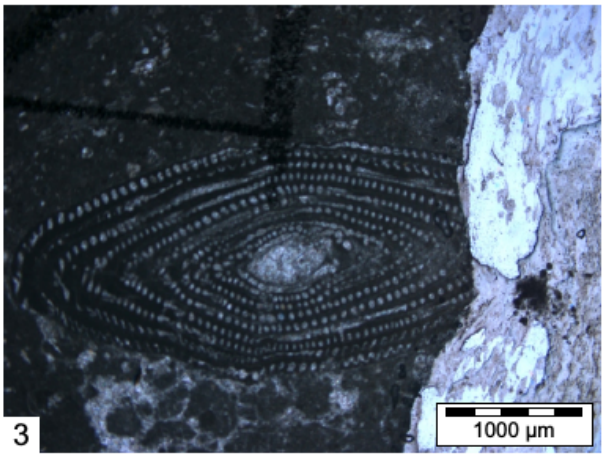
Izbrusak: Č2.64, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola II', kasni ipr (SBZ 12)

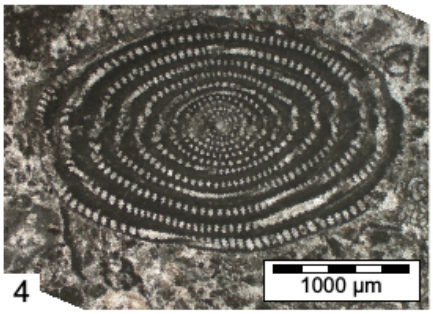
Slika 8. *Alveolina decastroi* DROBNE

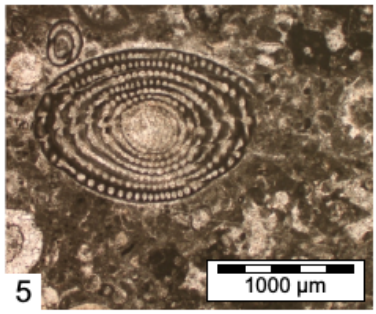
Izbrusak: Č1.57b, A oblik, neorijentirani presjek blizak osnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

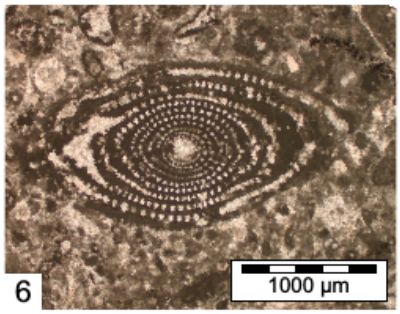

1
1000 µm

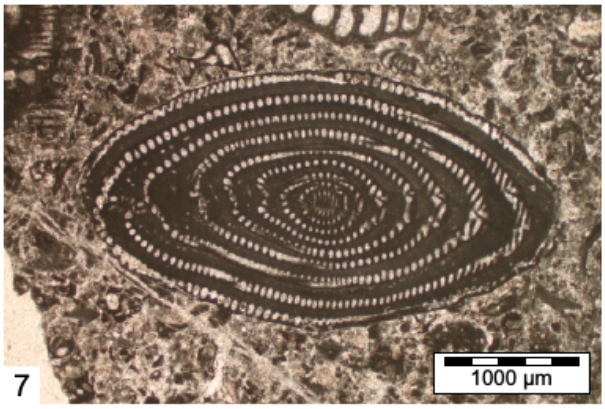

2
1000 µm


3
1000 µm


4
1000 µm


5
1000 µm


6
1000 µm


7
1000 µm

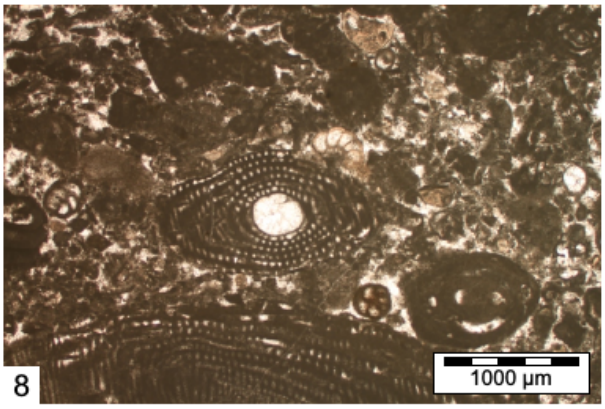

8
1000 µm

TABLA 15.

Slika 1. *Alveolina levantina* HOTTINGER

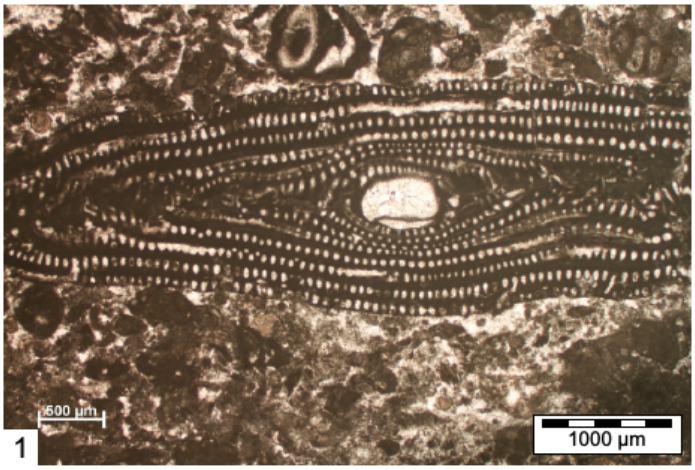
Izbrusak: Č1.57b, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 2. *Alveolina cremae* CHECCHIA-RISPOLI

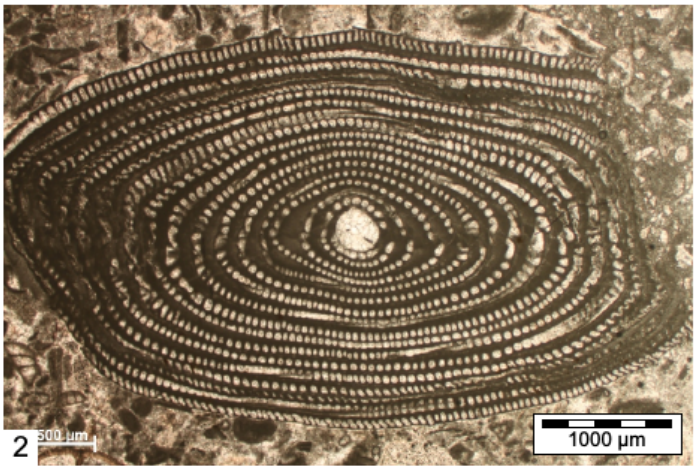
Izbrusak: NF.39, A oblik, osni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 3. *Alveolina elliptica nuttalli* DAVIES

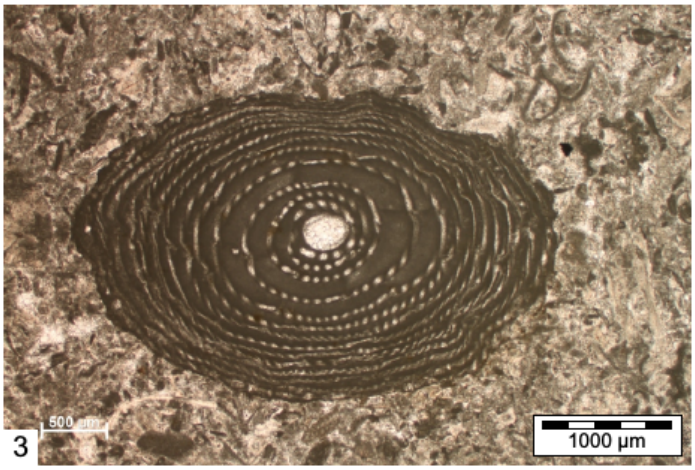
Izbrusak: N4.4, A oblik, presjek blizak osnom,geološki stup 'Novigrad', rani lutet (SBZ 13)



1



2



3

TABLA 16.

Slika 1. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: Č1.71b, B oblik, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 2. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: Č1.77a, B oblik, presjek blizak aksijalnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 3. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: Č1.77a, B oblik, presjek blizak ekvatorijalnom, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 4. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: Č1.77b, B oblik, necentrirani aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 5. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: Č1.77b, B oblik, necentrirani aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 6. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: N.K/Pg 2, B oblik, necentrirani aksijalni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 7. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: N.K/Pg 2, B oblik, kosi presjek blizak ekvatorijalnom, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 8. *Periloculina dalmatina* DROBNE

Izbrusak: N.K/Pg 3b, B oblik, kosi presjek blizak aksijalnom, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

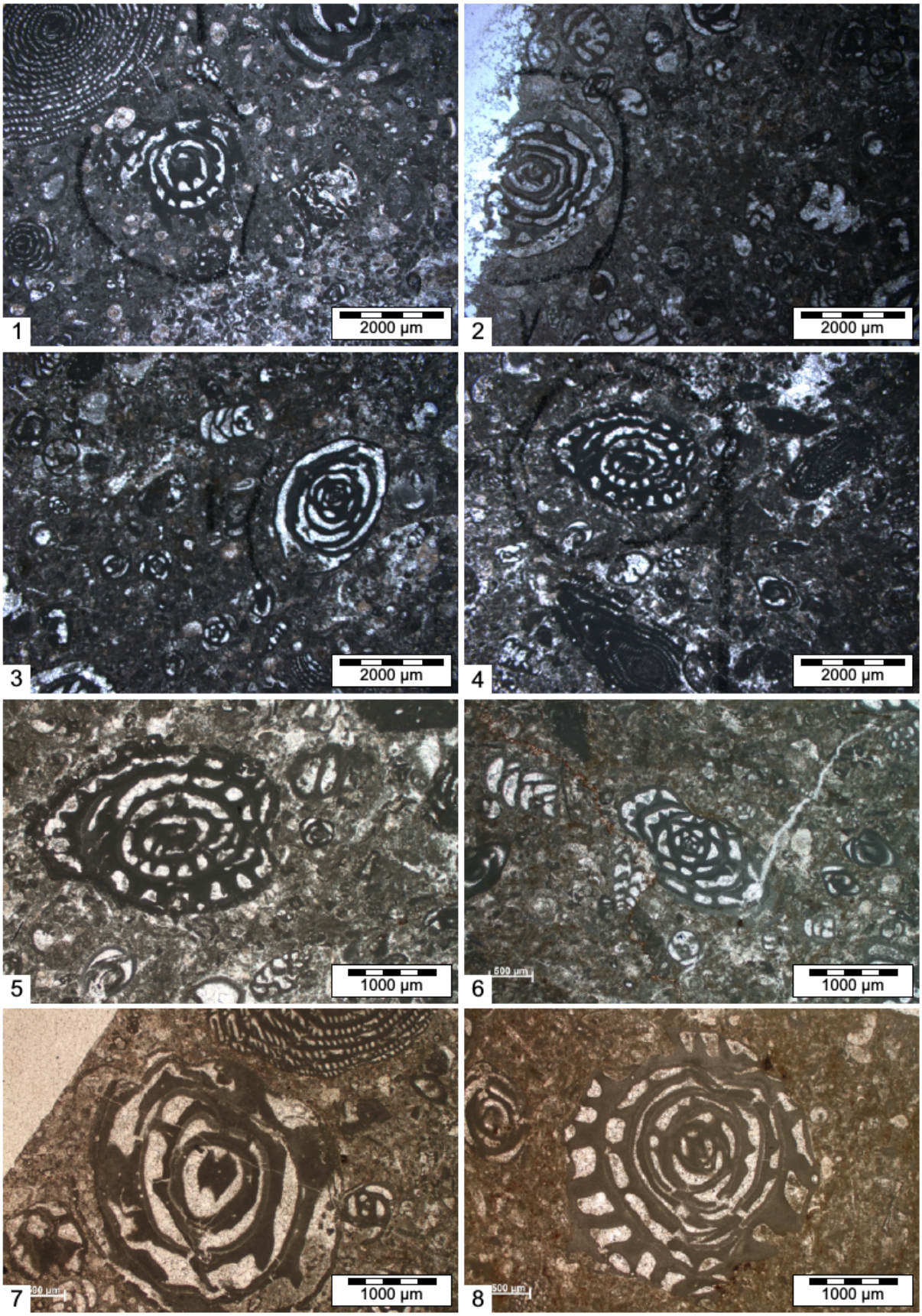

1
2000 µm
2
2000 µm
3
2000 µm
4
2000 µm
5
1000 µm
6
500 µm
1000 µm
7
500 µm
1000 µm
8
500 µm
1000 µm

TABLA 17.

Slika 1. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.77b, necentrirani aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 2. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.82b, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 3. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI) (donji primjerak)

Izbrusak: Č1.127, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 4. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.169c, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 5. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: NF.8, aksijalni presjek i presjek okomit na aksijalni, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 6. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.112, aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11)

Slika 7. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.169b, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 12)

Slika 8. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.123, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipar (SBZ 11–12)

Slika 9. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.123, aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 10. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.144, aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 11. *Pseudochrysalidina alva* (SILVESTRI)

Izbrusak: Č1.153, aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

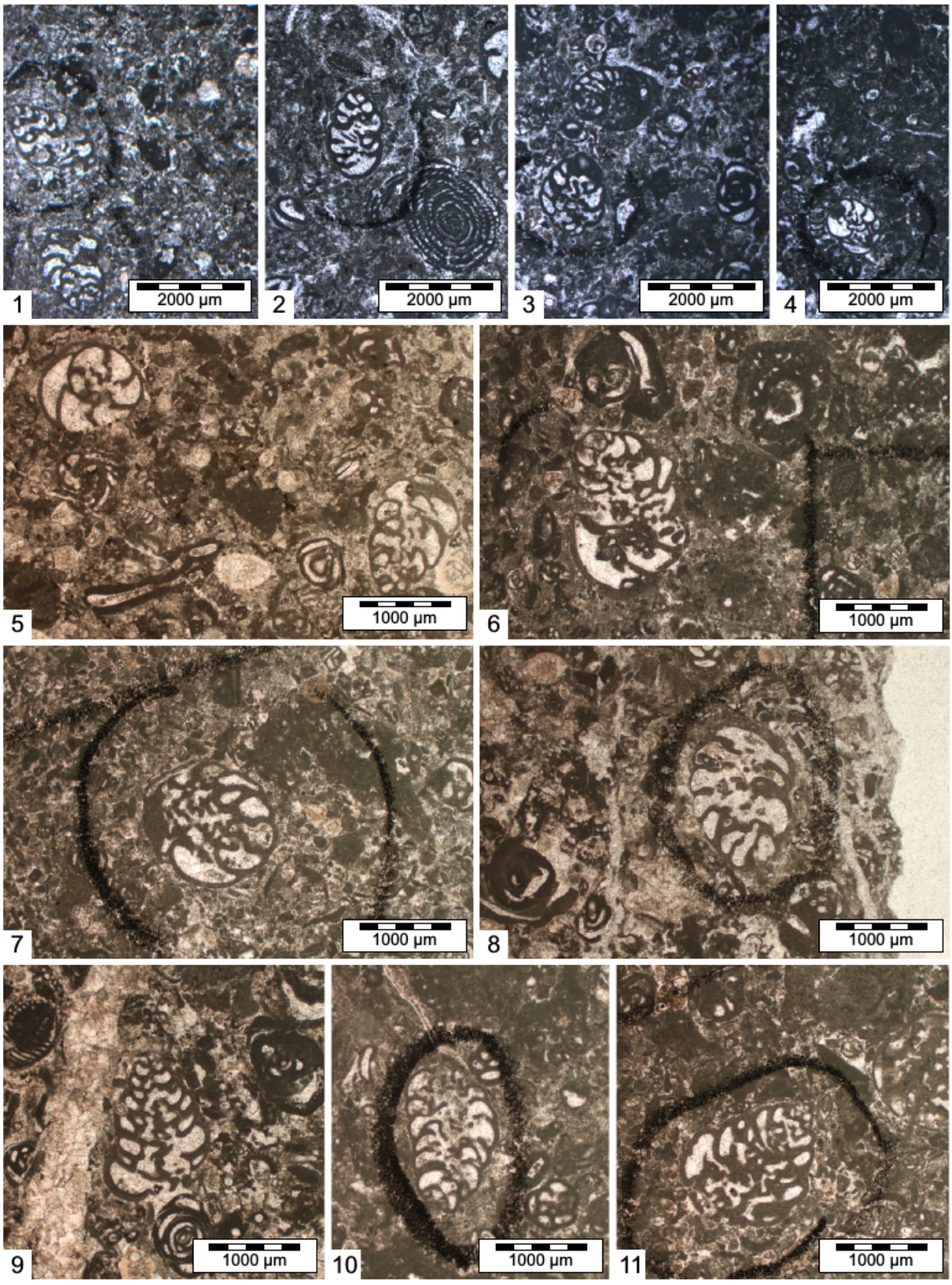

1
2000 µm
2
2000 µm
3
2000 µm
4
2000 µm
5
1000 µm
6
1000 µm
7
1000 µm
8
1000 µm
9
1000 µm
10
1000 µm
11
1000 µm

TABLA 18.

Slika 1. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.74a, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 2. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.104, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 3. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.127, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 4. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.128, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 5. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: NOV4.4E, kosi presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 6. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.127, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 7. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: NOV4.4E, kosi presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 8. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.127, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 9. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.154, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 10. *Pfendericonus makarskae* (VAN SOEST)

Izbrusak: Č1.150, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

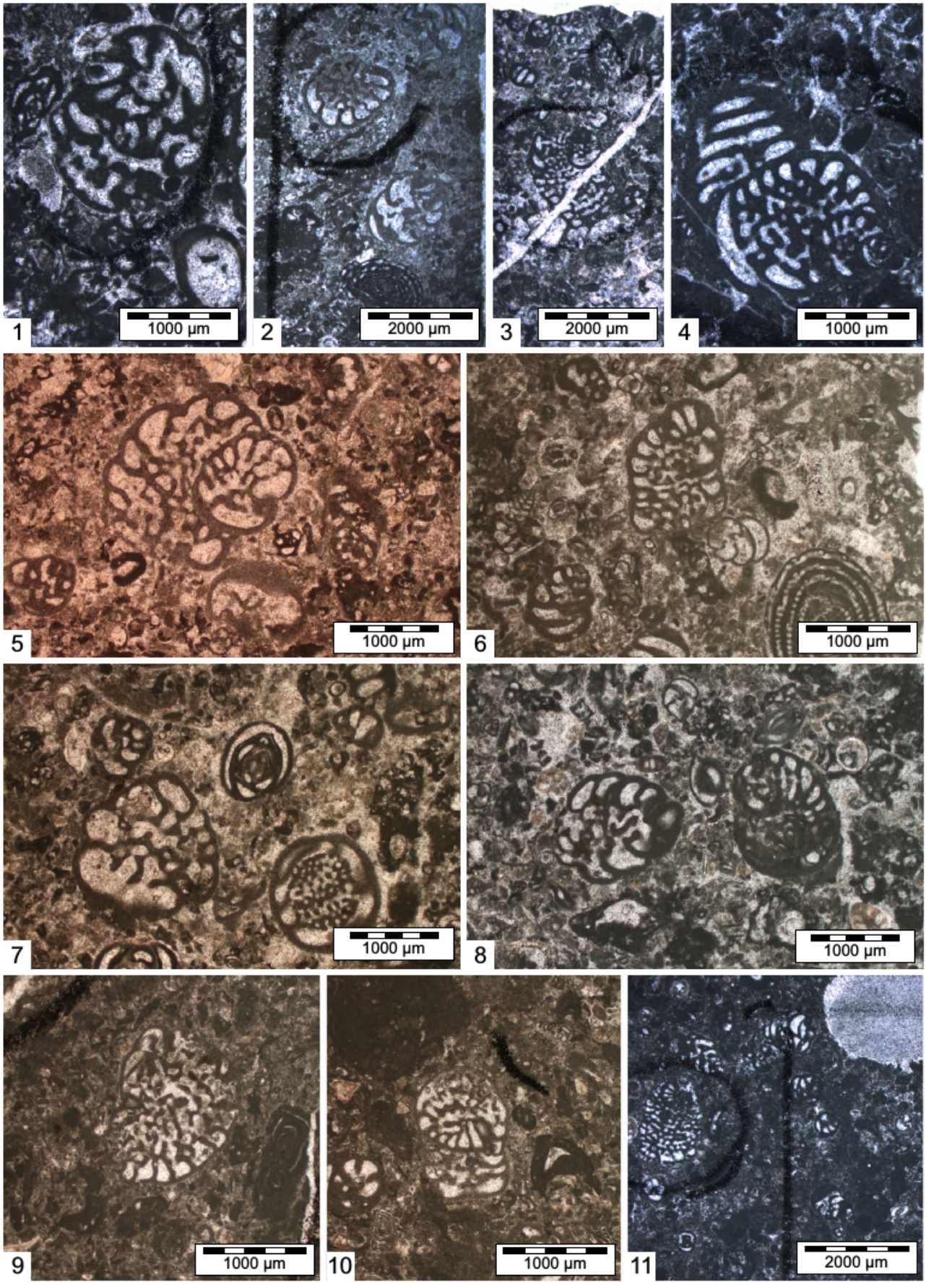

1
1000 µm
2
2000 µm
3
2000 µm
4
1000 µm
5
1000 µm
6
1000 µm
7
1000 µm
8
1000 µm
9
1000 µm
10
1000 µm
11
2000 µm

TABLA 19.

Slika 1. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.139, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 2. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.139, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 3. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.167, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 4. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.171b, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 5. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: NF.8, približno aksijalni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 6. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: NOV4.4E, približno aksijalni presjek, geološki stup 'Novigrad',
kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 7. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: NF.28, kosi presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 8. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č2.7, kosi presjek, geološki stup 'Čikola II', kasni ipr (SBZ 11–12)

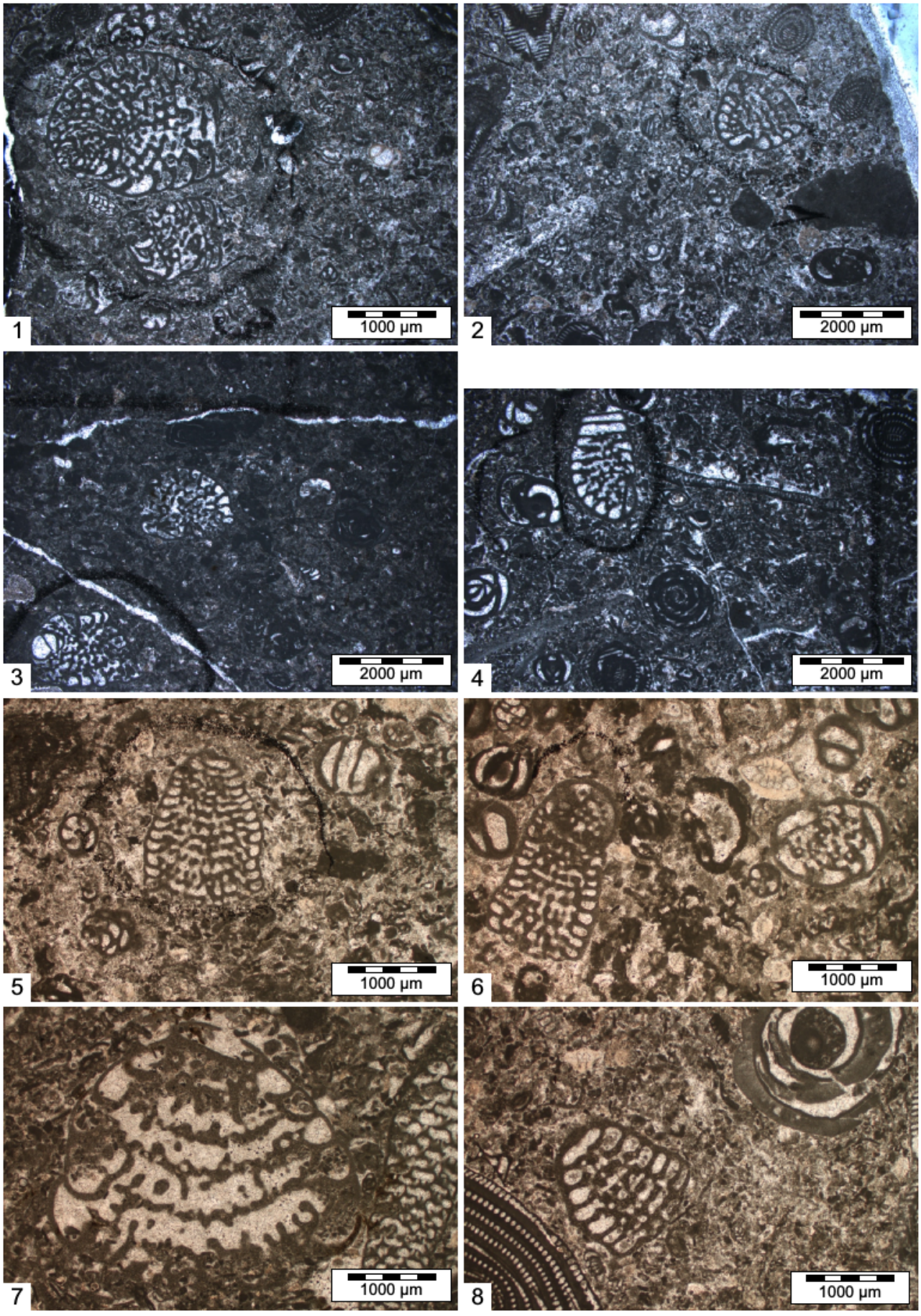

1
1000 µm
2
2000 µm
3
2000 µm
4
2000 µm
5
1000 µm
6
1000 µm
7
1000 µm
8
1000 µm

TABLA 20.

Slika 1. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: NOV4.4E, približno aksijalni presjek, geološki stup 'Novigrad', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 2. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.174, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 3. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.134, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 4. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.161, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 5. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

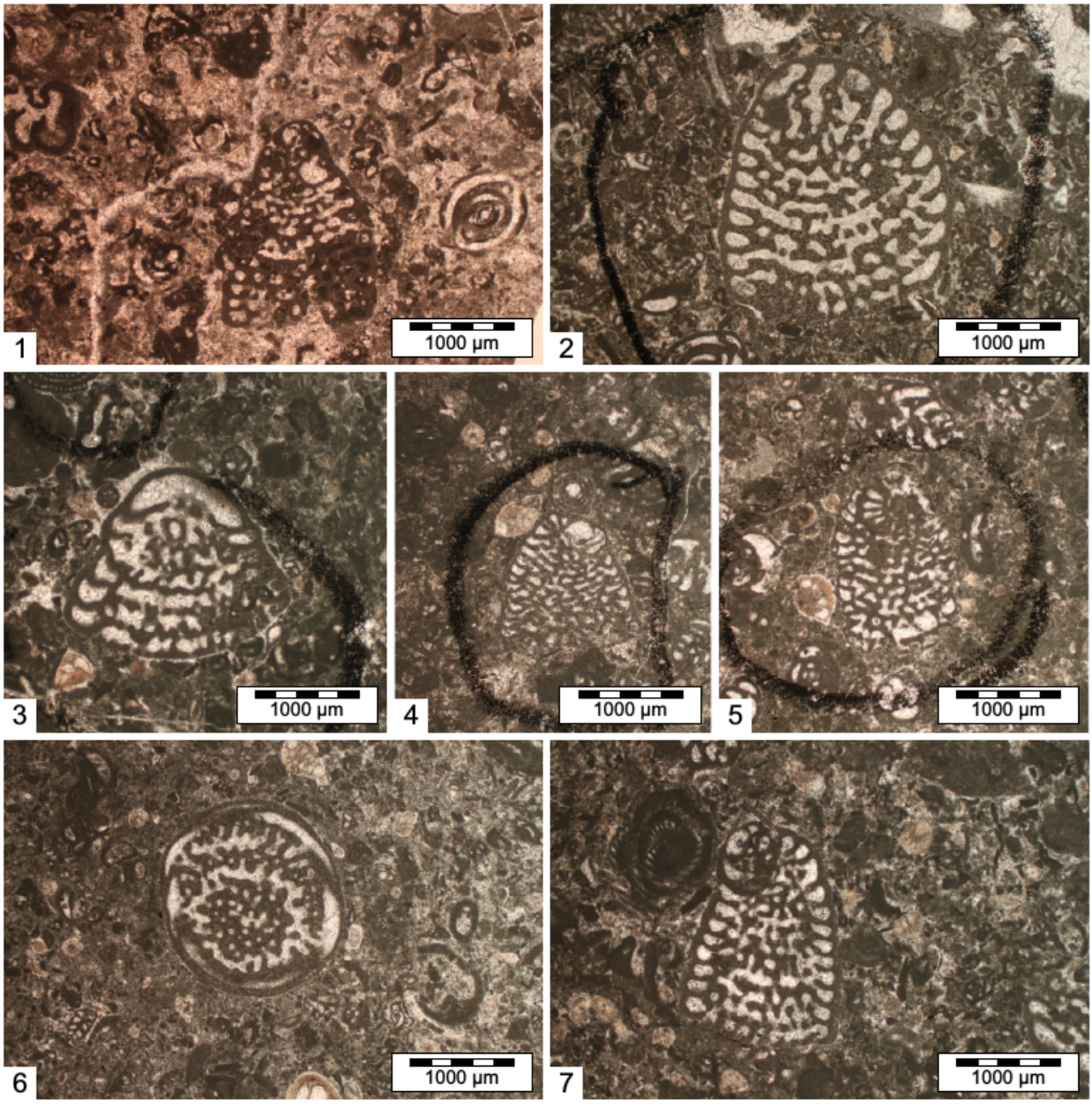
Izbrusak: Č1.154, kosi presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 6. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.157, bazni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)

Slika 7. *Coskinolina* (*Coskinolina*) *liburnica* STACHE

Izbrusak: Č1.129, približno aksijalni presjek, geološki stup 'Čikola I', kasni ipr (SBZ 11–12)


1
1000 µm
2
1000 µm
3
1000 µm
4
1000 µm
5
1000 µm
6
1000 µm
7
1000 µm