

Sastav i porijeklo oblutaka pješčenjaka iz gornje aluvijalne jedinice Prominskih naslaga (okolica Obrovca, sjeverna Dalmacija)

Čičak, Danijel

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:970848>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Danijel Čičak

**Sastav i porijeklo oblutaka pješčenjaka iz gornje
aluvijalne jedinice Prominskih naslaga (okolica
Obrovca, sjeverna Dalmacija)**

Diplomski rad

Zagreb, 2024. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Danijel Čičak

**Sastav i porijeklo oblutaka pješčenjaka iz gornje
aluvijalne jedinice Prominskih naslaga (okolica
Obrovca, sjeverna Dalmacija)**

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

Mentori:
Doc. dr. sc. Katarina Gobo
i
Izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Zagreb, 2024.

Zahvale

Ovom prilikom bih zahvalio doc. dr. sc. Katarini Gobo i izv. prof. dr. sc. Borni Lužaru-Oberiteru za podršku i mentorstvo za ovaj rad. Također zahvale upućujem kolegi Ištuku, kolegici Kampić, kolegi Markoviću, asistentici Markotić i asistentici Olić na pomoći prilikom terenskog i laboratorijskog dijela rada. Posebno sam sretan što sam uz praktičan rad i kabinetska istraživanja stekao dozu samostalnosti i upornosti što doliči svakom znanstvenom projektu u cilju daljnjeg razvijanja svoje mlade karijere!

I naravno hvala mojoj obitelji i prijateljima na iskrenoj podršci i dobrim željama, bruh!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

Sastav i porijeklo oblutaka pješčenjaka iz gornje aluvijalne jedinice Prominskih naslaga (okolica Obrovca, sjeverna Dalmacija)

Danijel Čičak

Rad je izrađen u: Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Geološko-paleontološki zavod, smjer Geologija zaštite okoliša, Horvatovac 102b, 10 000 Zagreb

Sažetak:

Područje vanjskih Dinarida u okolici Obrovca prema Benkovcu pretežito je prekriveno aluvijalnim i marinskim sedimentnim stijenama gornjoeocenske i oligocenske starosti. Usljed taložnih i tektonskih promjena unutar akumulacijskih zona formira se najmlađa jedinica Prominskih naslaga trošenjem materijala s obližnjeg mladog orogena u obliku molasnih naslaga. Usporednom analizom uzorkovanih oblutaka pješčenjaka iz konglomeratne jedinice gornjoeocenske do donjooligocenske starosti i laporovitih pješčenjaka fliške jedinice srednjoeocenske starosti pretpostavljaju se međusobni odnosi i zajedničke karakteristike na temelju mikrofosilnih nalaza i sadržaja teških minerala. Dok analizirani fliški pješčenjaci sadrže bogatije nalaze bentičkih foraminifera, oblutci pješčenjaka imaju bogatije nalaze planktonskih foraminifera te veći udio karbonatne komponente. Teški minerali također pokazuju znatne razlike s oscilacijama omjera grupa granata i tinjaca, ali i drugih minerala kao što su apatit, kijanit, jarosit i titanit. Pretpostavljeno je porijeklo oblutaka u stijenama unutarnjih Dinarida, čije su izvorne naslage vjerojatno bile starije od uzorkovanog eocenskog fliša.

Ključne riječi: predgorski bazen, Prominske naslage, aluvij, teški minerali, fliš

Rad sadrži: 35+XVII stranica, 16 slika, 3 tablice, 54 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor(i): doc. dr. sc. Katarina Gobo, PMF, Zagreb

izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, PMF, Zagreb

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Katarina Gobo, PMF, Zagreb

izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, PMF, Zagreb

doc. dr. sc. Frane Marković, PMF, Zagreb

Datum završnog ispita: 21.2.2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

Composition and provenance of sandstone cobbles from the upper alluvial unit of the Promina Beds (surroundings of Obrovac, northern Dalmatia)

Danijel Čičak

Thesis completed in: University of Zagreb Faculty of Science, Department of Geology, Division of geology and paleontology, Horvatovac 102b, 10 000 Zagreb, in the context of the graduate study of Environmental geology

Abstract:

The area of the Outer Dinarides in the surroundings of Obrovac and Benkovac is predominantly covered by alluvial and marine sedimentary rocks of late Eocene and Oligocene age. Due to tectonic changes, the youngest unit of the Promina Beds was deposited as molasse, formed by erosion of the nearby young orogen. The study compares the microfossil and heavy mineral content of sandstone cobbles found in the upper Eocene to lower Oligocene alluvial conglomerates and marly sandstones of the middle Eocene flysch unit. The flysch samples show numerous skeletal remains of benthic foraminifera, whereas sandstone cobbles show more planktonic foraminifera, as well as a higher CaCO₃ content. Heavy minerals such as garnet, apatite, kyanite, jarosite, titanite and mica vary in abundance among the samples. It is suggested that the sandstone cobbles originate from rocks found in the Inner Dinarides, which were most likely older than the sampled Eocene flysch.

Keywords: foreland basin, Promina Beds, alluvium, heavy minerals, flysch

Thesis contains: 35+XVII pages, 16 figures, 3 tables, 54 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: Dr. Katarina Gobo, Assistant professor, PMF, Zagreb

Dr. Borna Lužar-Oberiter, Associate Professor, PMF, Zagreb

Reviewers: Dr. Katarina Gobo, Assistant professor, PMF, Zagreb

Dr. Borna Lužar-Oberiter, Associate Professor, PMF, Zagreb

Dr. Frane Marković, Assistant professor, PMF, Zagreb

Date of the final exam: 21 February 2024

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Predgorski bazenski sustavi	2
2.1.	Wedge-top	3
2.2.	Foredeep	3
2.3.	Forebulge	3
2.4.	Back-bulge.....	4
3.	Pregled dosadašnjih istraživanja	5
3.1.	Prijašnji radovi.....	5
3.2.	Geologija područja	6
3.2.1.	Fliška zona.....	6
3.2.2.	Prominske naslage.....	7
4.	Materijali i metode istraživanja	9
4.1.	Terenski rad, Obrovac-Medviđa i Benkovac.....	9
4.2.	Izrada preparata i mikroskopska analiza mikrofosila	10
4.3.	Kalcimetrija	10
4.4.	Analiza teških minerala	12
4.4.1.	Priprema preparata i mikroskopska analiza	12
4.4.2.	Sistematika analiziranih minerala	13
5.	Rezultati	15
5.1.	Rezultati analize mikrosopskih preparata.....	15
5.1.1.	Taksonomija prepoznatih mikrofosila.....	15
5.2.	Rezultati kalcimetrijske analize.....	19
5.3.	Rezultati analize teških minerala.....	20
5.3.1.	Karakteristike prepoznatih minerala u teškim frakcijama.....	23
6.	Rasprava.....	25

6.1.	Usporedba petrografskih karakteristika fliša i oblutaka pješčenjaka	25
6.1.1.	Mikrofosilni sadržaj i interpretacija taložnih uvjeta	25
6.1.2.	Sadržaj karbonata u uzorcima	26
6.1.3.	Sadržaj teških minerala	27
6.2.	Moguća izvorišta detritusa.....	28
7.	Zaključak	30
8.	Literatura.....	31
9.	Prilozi.....	V
10.	Popis slika i tablica u radu	XVI

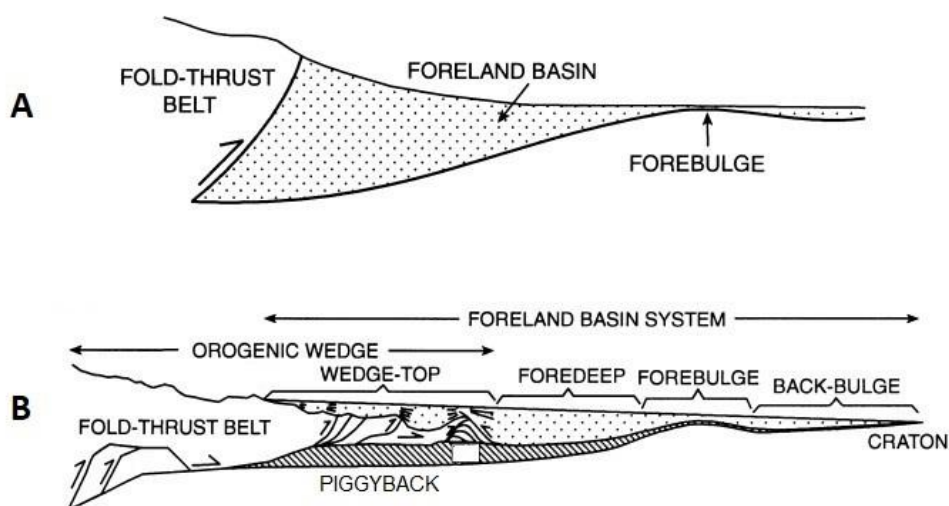
1. Uvod

Područje sjeverne Dalmacije u okolici Novigradskog i Karinskog mora karakterizirano je dominantno aluvijalnim naslagama gornjoeocenske i oligocenske starosti koje ispunjavaju Sjeverodalmatinski predgorski bazen. Bazenska ispuna karakterizirana je izmjenama krupno i sitnozrnastih sedimentnih stijena, još zvane Prominske naslage. Konglomerati na širem području su vrlo zastupljeni, no porijeklo oblutaka i njihov sastav još nije sa sigurnošću utvrđen. Oblutci pješčenjaka koji su prikupljeni uz cestu Obrovac-Medviđa pronalaze se uslojeni unutar klast- do matriks-potpornih konglomerata. Sjeverozapadno od naselja Benkovac izdanjuje donjo- do srednjoeocenski fliš, čiji slojevi pješčenjaka na oko dijele mnogo sličnih karakteristika s opisanim oblucima iz aluvijalnih konglomerata kao što su boja i veličina zrna. S obzirom na položaj konglomerata unutar Sjeverodalmatinskog taložnog bazena, nova saznanja o njihovom sastavu i karakteristikama mogu dati odgovore o tektonici i evoluciji taložnog prostora na ovom području. Analitičkim i usporednim metodama litoloških i petroloških karakteristika prikupljenih oblutaka pješčenjaka iz aluvijalnih naslaga i pješčenjaka iz eocenskog fliša nastoji se utvrditi porijeklo oblutaka radi jasnijeg razumijevanja istraženog dijela Sjeverodalmatinskog predgorskog bazena. Korištene su metode određivanja udjela karbonatne komponente (kalcimetrijska analiza) na svim uzorcima, te analiza teške mineralne frakcije u četiri odabrana uzorka. Također, na svim uzorcima je obavljena mikroskopska analiza mikrofosilnog sadržaja radi interpretacije relativne starosti i paleoekoloških uvjeta.

Rad je podijeljen na nekoliko cjelina. Uvodni dio sadrži pregled dosadašnjih istraživanja. Nakon toga slijedi opis korištenih analitičkih metoda te rezultati dobiveni terenskim i laboratorijskim istraživanjem. Na kraju je predstavljena razrada i sažetak izvedenih zaključaka baziranih na predstavljenim rezultatima.

2. Predgorski bazenski sustavi

Kolizijom i kompresijom tektonskih jedinica dolazi do formiranja orogena i taložnih bazenskih sustava, te se za posljedicu stvaraju nizovi akomodacijskih „dolina“, tj. taložnih bazena, gdje se talože sedimenti istrošeni s obližnjih izdižućih stijenskih masa (ORI & FRIEND, 1984). Ti sustavi taložnih bazena su iznimno dinamični zbog neprestane tektonske aktivnosti te se sami taložni bazeni mijenjaju i migriraju. Generalno, geometrija sustava klinastog je oblika koji se prostire preko cjelokupnog naboranog kontakta kolidirajućih tektonskih masa, kontinentalnog orogenog pojasa i stabilnog kratona (slika 1). Kako kolizija napreduje, dolazi do deformacija stijenskih jedinica, pucanja kore i stvaranja rasjednih zona. Nastale antiklinalne forme dijele pojedine taložne zone u kojima se odvojeno taloži sediment. Taj sustav taložnih bazena odvojenih rasjednim zonama naziva se *piggyback* sustav (*wedge-top* zona), gdje je boranje orogenog pojasa najintezivnije. Ostale taložne zone su *foredeep* zona, koja je ujedno i najdublja taložna sredina predgorskog bazenskog sustava, *forebulge* zona, koja je opisana kao reljefno ispupčenje što se više udaljavamo od orogenog pojasa, te *back-bulge* zona blagog uleknuća gdje se reljef postepeno normalizira s udaljavanjem od orogena i ujedno označava granicu predgorskog bazenskog sustava (slika 2). Većina naslaga bazenskog sustava terigenog je porijekla definiranog kao fliš i molasa, direktno nastalog erozijom izdižućeg orogena koji je transportiran aluvijalnim i prihranjivan deltnim sustavima.



Slika 1 – Shematski prikaz tipičnog predgorskog bazenskog sustava. A) Pojednostavljeni prikaz taložnog akomodacijskog prostora klinastog oblika. B) Detaljna podjela predgorskog taložnog bazena (preuzeto i modificirano iz ORI & FRIEND, 1984).

2.1. Wedge-top

Kako se kora deformira prilikom velikih pritisaka dolazi do boranja i izdizanja orogena. *Wedge-top* zona se odnosi na vršni dio taložnog bazena gdje se taloženje sedimenta vrši ispod razine mora, odnosno u vodenim (morskim) taložnim uvjetima ako se govori o marinskim predgorskim bazenima. U većini slučajeva, glavnina sedimenta transportirana je riječnim sustavima koji zapunjavaju novonastale *piggyback* bazene (slika 1). Neprestana tektonska aktivnost mijenja reljef što za posljedicu mijenja akomodacijski prostor i taložne uvjete sustava (ORI & FRIEND, 1984).

2.2. Foredeep

Foredeep je dio bazena koji se prostire od ruba *wedge-top* zone sve do *forebulge* zone. Kako se odmičemo od orogena dolazi do naglog produbljivanja gdje se taloži najveći udio sedimenta transportiranog putem riječnih sustava, suspenzije i gravitacijskih tokova, te se takve sedimentne stijene nazivaju fliš. Fliš karakteriziraju izmjene lapora i pješčenjaka pri čemu se lapor taloži iz suspenzije, a pješčenjaci iz turbiditnih struja (*Bouma sekvencije*), gdje postoji trend prositnjavanja prema gore (BOUMA, 1964). Glavnina taloženog sedimenta dolazi iz kontinentalnih izvora, odnosno trošenja samog orogena sa relativno manjim doprinosom s kratonske i *forebulge* strane koji je izraženiji prema rubnim dijelovima bazena (DECELLES & GILES, 1996). Širina *foredeep* zone uglavnom varira između 100 i 300 km te 2 do 8 km u debljini naslaga (DECELLES & GILES, 1996). U radu SINCLAIR & ALLEN (1992) dobro je dokumentiran prijelaz iz plitkomorskog taložnog sustava prema dubokomorskim taložnim uvjetima. Kako se formira orogeni „klin“ brzina sedimentacije može podleći promjenama zbog sve većeg doprinosa trošenog detritusa te povećavanja akomodacijskog prostora uslijed subsidencije taložnog bazena (FLEMINGS & JORDAN, 1989; SINCLAIR et al., 1991).

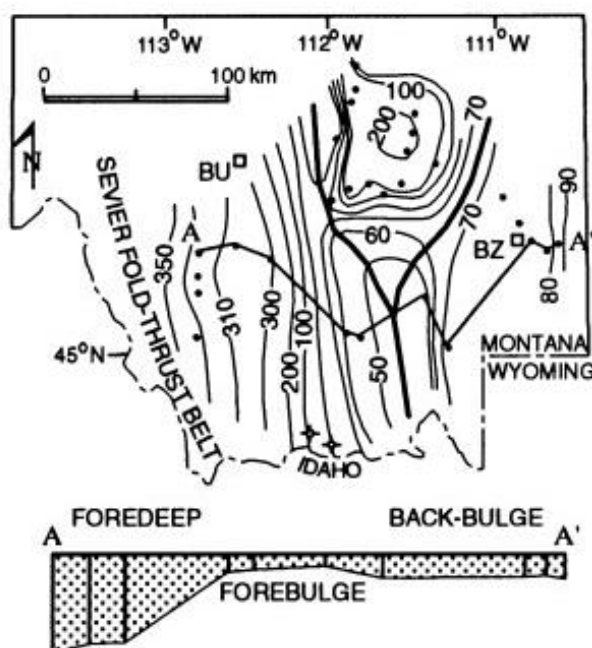
2.3. Forebulge

Forebulge je ispupčenje koje nastaje uslijed tektonskih deformacija s kratonske strane kontakta gdje prevladavaju marinski uvjeti (slika 2). Njegova duljina je varijabilna, no generalno se to odnosi na prostor širine 60 – 470 km te visine od desetak do stotinjak metara

(DECELLES & GILES, 1996). To ispušćenje migrira, što ukazuje na kontinuiranu kompresiju (JACOBI, 1981). Za rezultat dolazi do izdizanja morskog dna kako deformacija relativno mijenja svoj položaj u odnosu na druge zone te se postepeno udaljava od orogena. Naknadno ti procesi utječu na taložne uvjete bazenskog sustava (WASCHBUSCH & ROYDEN, 1992). Također, migracije ispušćenja često utječu na eroziju i prekide taloženja, što rezultira u diskordancijama unutar taložnih sekvencija (DECELLES & GILES, 1996).

2.4. Back-bulge

Back-bulge je krajnji dio bazenskog sustava, odnosno „zaleđe“ *forebulge* ispušćenja kod kojeg se još uvijek mogu primijetiti bazenski taložni uvjeti gdje detritus potječe od erodiranog orogena. Taložnje se odvija u plitkomorskim okolišima do 200 m dubine (prema BEN AVRAHAM & EMERY, 1973; HOLT & STERN, 1994; iz DECELLES & GILES, 1996) koji su pod većim kratonskim utjecajem (slika 2). Također istraživanja GILES & DICKINSON (1995) pokazuju da detritus s boka izdignutog ispušćenja ima doprinos unutar ove taložne zone, gdje taložni uvjeti dijele neke sličnosti s taložnim uvjetima *forebulge* zone.

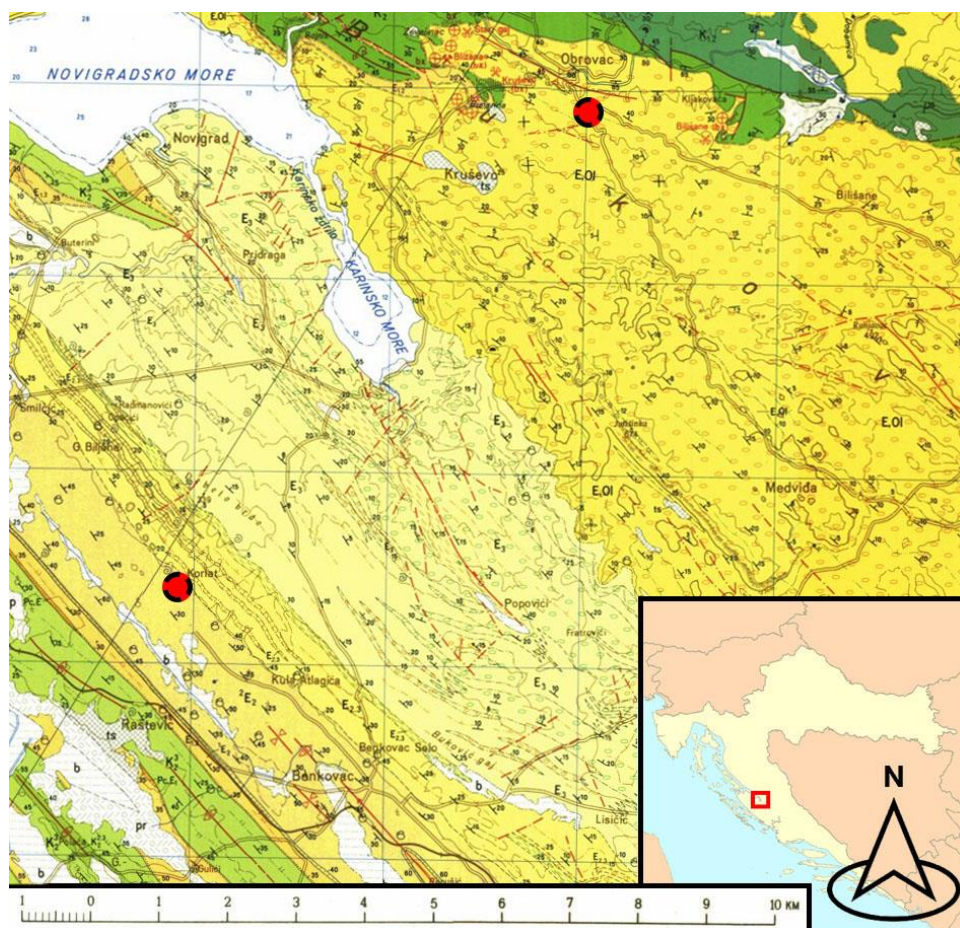


Slika 2 – Karta izopaha (m) s primjerom rekonstruiranih dubina *foredeep*, *forebulge* i *back-bulge* taložnih zona. Kootenai formacija, jugozapad Montane, SAD (preuzeto iz DECELLES & GILES, 1996).

3. Pregled dosadašnjih istraživanja

3.1. Prijašnji radovi

Šire područje Prominskih naslaga, koje su dobile naziv po obližnjoj planini Promini u sjevernoj Dalmaciji, prostire se na potezu pružanja sjeverozapad-jugoistok, od Novigradskog i Karinskog mora prema Drnišu i Šibeniku. Također pronađeni su izdanci uz granicu sa Bosnom i Hercegovinom u blizini Imotskog i Posušja (MRINJEK et al., 2012). S jugozapadne strane pokrivaju donjo- do srednjoeocensku flišku zonu, te kredne karbonate sa sjeveroistočne strane (slika 3). Otkako su na području prepoznati aluvijalni sedimenti, provedena su brojna terenska istraživanja na prominskim klastitima s raznim ciljevima, od industrijskih projekata vezanih uz eksploataciju ležišta ugljena, boksita i građevinskog kamena te projektiranja infrastrukture, do rekonstruiranja paleofacijesa i regionalnih geoloških odnosa.



Slika 3 – Isječak OGK Obrovac 1 : 100 000 s označenim mjestima prikupljenih uzoraka (crveni kružići). Dolje desno: Karta Hrvatske s označenom lokacijom isječka OGK Obrovac (IVANOVIĆ et al., 1973).

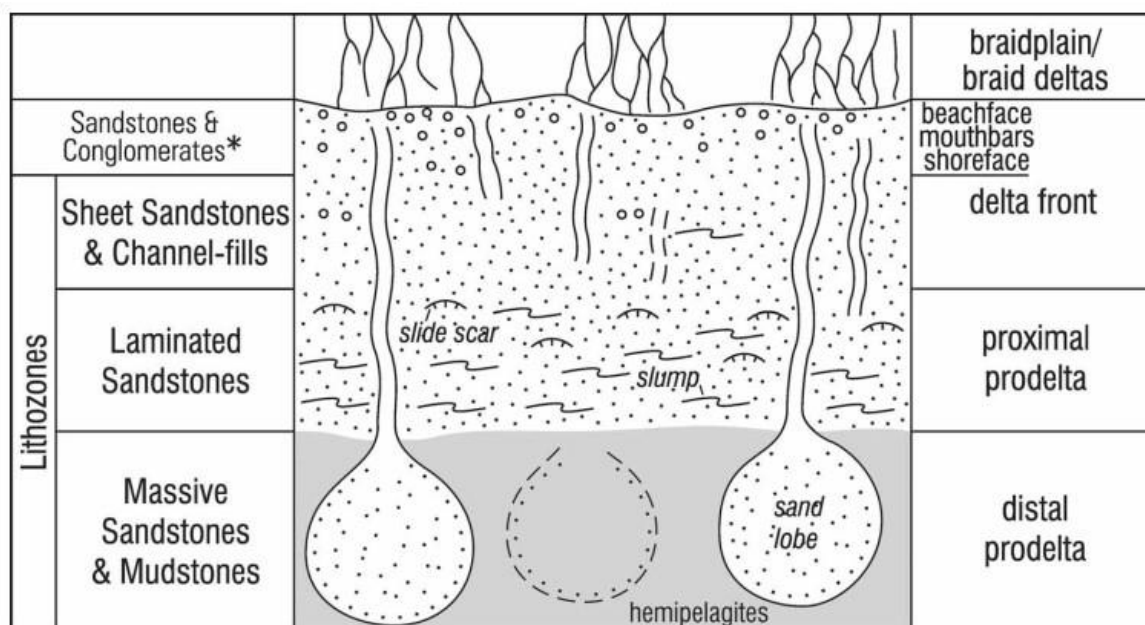
Najranija istraživanja na ovom području dokumentirana su u radovima FOETTERLE (1862), STACHE (1863) i dr., koji su služili kao podloga za izradu prve pregledne geološke karte Austro-Ugarske Monarhije iz 1867.–1871. godine. No prva detaljnija istraživanja na području Sjevernodalmatinskog predgorskog bazena uslijedila su početkom 20. st. s radovima SCHUBERT (1903, 1904, 1908). Slični radovi pisani su kroz prvu polovicu 20. st. no intenzivna geološko-inženjerska istraživanja započela su 60-ih godina s radovima HERAK (1953), ŠIKIĆ (1955, 1964, 1969), BABIĆ & MILETIĆ (1962a, b, 1963), ŠUŠNJAR (1964) i dr., koji definiraju starost i evoluciju pojedinih taložnih jedinica te procjenjuju eksploatacijske vrijednosti nalazišta ugljena i boksita. Bitni radovi vezani za razumijevanje opće geologije šireg područja su radovi VLAHOVIĆ et al. (2005) i KORBAR (2009) koji detaljno sistematiziraju naslage vanjskih Dinarida i evoluciju karbonatne platforme tijekom mezozoika i ranog paleogena. Formiranje srednjoeocenskog do oligocenskog predgorskog bazena dobro je objašnjeno u radovima IVANOVIĆ et al. (1973, 1976), MRINJEK (1993) i SAKAČ et al. (1993a, 1993b). Rezultati novijih istraživanja o procesima i taložnim okolišima na području Sjeverodalmatinskog predgorskog bazena objavljeni su u radovima MRINJEK et al. (2005, 2012), BABIĆ & ZUPANIĆ (2007, 2011), ČOSOVIĆ et al. (2018), GOBO et al. (2020, 2024), BALLING et al. (2021).

3.2. Geologija područja

3.2.1. Fliška zona

Naslage eocenskog fliša prostiru se između Benkovca, Perušića i Smilčića, a opisane su kao naslage laporovitih vapnenaca i muljnjaka s proslojcima krupnijezrnatih klastita kao što su kalkareniti i pješčenjaci (BABIĆ & ZUPANIĆ, 2008). Taložni uvjeti bili su većinski dubokomorski gdje je terigeni utjecaj bio veći prema sjeveroistoku s deltnim sustavima (BABIĆ & ZUPANIĆ, 2008, 2011). Često seljenje i formiranje kanaliziranih turbiditnih tokova utjecalo je na raspodjelu i sortiranje čestica varirajućih dimenzija u obliku dubokomorskih lepeza (slika 4).

Prisutne su vrlo bogate foraminiferske zajednice koje uključuju porodice *Nummulitidae*, *Discocyclinidae*, *Orbitoidinae*, *Globigerinidae*, iz kojih se mogu izvesti starost i karakteristike okoliša dotičnih taložnih sredina (IVANOVIĆ et al., 1973; BABIĆ & ZUPANIĆ, 2007, 2011). Prema jugozapadu okoliš postaje dublji te se talože sitnozrnati klastiti *foredeep* bazenske zone.



Slika 4 – Pojednostavljeni prikaz taložnih sustava Sjeverodalmatinskog predgorskog bazena s podjelom na litozone (preuzeto iz BABIĆ & ZUPANIĆ, 2008).

3.2.2. Prominske naslage

Prominske naslage su aluvijalne i plitkomorske kalciklastične naslage srednjoeocenske do oligocenske starosti. Debljina Prominskih naslaga varira između 2000 m na sjeverozapadnom predijelu do preko 3000 m na jugoistoku (IVANOVIĆ et al., 1976; BABIĆ & ZUPANIĆ, 2007). Eocensko-oligocenske naslage iz kojih su prikupljeni uzorci A1–10 mogu biti debljine između 900 i 1050 m (IVANOVIĆ et al., 1973). Taložni slijedovi aluvijalne jedinice dominiraju masivnim i uslojenim konglomeratima i pješčenjacima zajedno s laporima (MRINJEK et al., 2005; VLAHOVIĆ et al., 2005; BABIĆ & ZUPANIĆ, 2007). Prominske naslage se pružaju preko naslaga donjoeocenskih i srednjoeocenskih lapora i foraminiferskih vapnenaca. Raznoliki taložni uvjeti objašnjavaju se naglim i čestim promjenama riječnih sustava s brojnim meandirajućim kanalima, prudovima, promjenama u količini akumuliranog materijala te reljefnim promjenama izazvanih tektonskom aktivnošću. Aktivacijom i reaktivacijom riječnih korita taložni uvjeti često su se mijenjali. Energija toka bila je dovoljna za transport većih čestica (veličine i preko 0,5 m), ali i prijenos čestica manjih dimenzija za vrijeme plićih faza (BABIĆ & ZUPANIĆ 1988; BABIĆ et al. 1995). Prepoznate su i aluvijalne lepeze ili sustavi lepeza koje su progradirale prema moru u smjeru jugozapada s velikim donosom klastičnog materijala (BABIĆ & ZUPANIĆ, 2007). Krajem srednjeg eocena na sjeveru i sjeverozapadu, na nekim se područjima taloženje iznenada

prekida uslijed izdizanja kopna, dok se na južnijim predjelima ono nastavlja. To je rezultiralo diskontinuitetom sjevernijih taložnih jedinica gdje na njih naliježu puno mlađe naslage oligocena i neogena. Regresija se odvijala na sjeveroistoku sa sve većim terigenim i riječnim utjecajem. Zapunjavanje predgorskog bazena nastavilo se i u oligocenu sa taloženjem sve krupnijeg detritusa (trend pokrupnjivanja) i slabije zaobljenim klastima vapnenačkih breča (tzv. Jelar breče) potaknutih sve izraženijim reljefnim promjenama (SAKAČ et al., 1993a; BALLING et al., 2021).

4. Materijali i metode istraživanja

4.1. Terenski rad, Obrovac-Medviđa i Benkovac

Prikupljanje uzoraka provedeno je 26. svibnja 2023. godine uz cestu Obrovac-Medviđa u aluvijalnoj jedinici Prominskih naslaga (slika 5), te unutar fliške zone u blizini Benkovca (slika 3). Ukupno je prikupljeno 15 uzoraka stijena (slika 6) na kojima su provedena daljnja laboratorijska istraživanja. Oznake uzoraka su F1-F4 (F3A i F3B) (pješčenjaci iz fliša) i A1-A10 (oblutci pješčenjaka iz aluvijalnih naslaga). Prilozi 1–7 prikazuju lokacije izdanaka iz kojih su prikupljeni uzorci.

Fliš predstavljaju dobro uslojene sitnozrnate naslage s izmjenama horizontalno i koso laminiranih pješčenjaka i lapora (prilozi 1–4). Debljine slojeva variraju od nekoliko cm do preko 100 cm na nekim mjestima. Većinski su taloženi iz turbiditnih tokova s prinosom iz deltnih sustava (BABIĆ & ZUPANIČ, 2008).

Aluvijalni konglomerati imaju klast-potpornu strukturu s dobrom uslojenošću, no loše su sortirani (BABIĆ & ZUPANIČ, 2007, 2008). Oblutci i blokovi stijena unutar konglomerata većih su dimenzija koje variraju između 0,10 i 0,30 m u promjeru. Pojedini slojevi se mogu definirati i jednostavno raščlaniti, te im debljina varira između 0,50 m do nekoliko metara (prilozi 5–7).



Slika 5 – Fotografija izdanka jedinice konglomerata na lokalitetu Obrovac-Medviđa.

4.2. Izrada preparata i mikroskopska analiza mikrofosila

Korištenjem pile s dijamantnom reznom pločom za rezanje stijena izrađena je planpararelna pločica (debljine 1–2 mm) iz koje su se napravili preparati. Obradeni uzorci su izbrušeni te preneseni i zaljepljeni na staklene pločice. Provedena je mikroskopska analiza izbrusaka svih 15 uzoraka korištenjem laboratorijske lupe, te naknadno radi detaljnijeg pregleda korištenjem polarizacijskog mikroskopa. Primarni cilj ove analize bio je pronalazak i prepoznavanje prisutnih fosilnih zajednica kako bi se mogle odrediti potencijalne podudarnosti ili različitosti oblutaka s uzorcima fliša, te odrediti relativnu starost. Prilikom mikroskopske analize korištena je zbirka *Foraminiferal Genera and Their Classification* (LOEBLICH & TAPPAN, 1988).



Slika 6 – Fotografija svih 15 neobrađenih uzoraka, lijevo: A1-A10 (oblutci pješčenjaka iz aluvijalnih naslaga); desno: F1-F4 (pješčenjaci iz fliša).

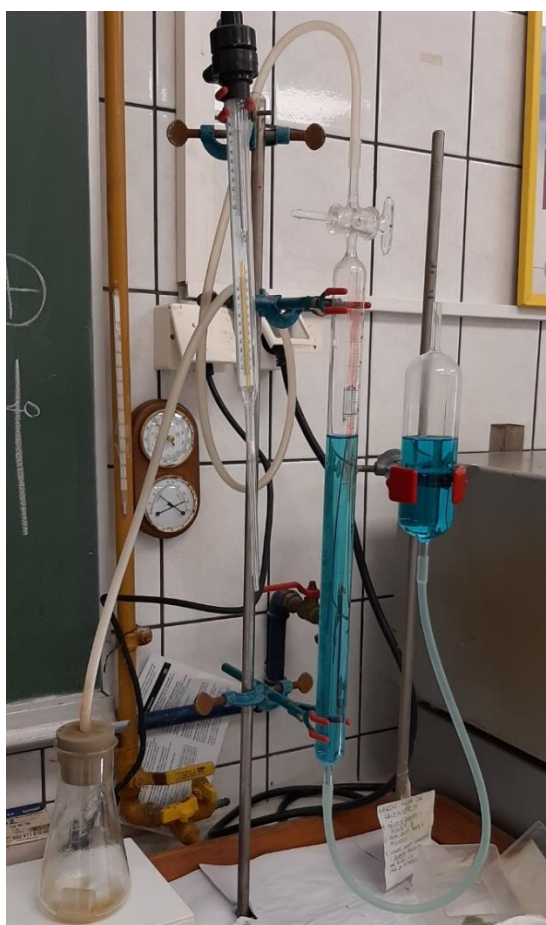
4.3. Kalcimetrija

Kalcimetrijskom analizom određen je udio karbonatne komponente pojedinih uzoraka stijena. Analizirano je svih 15 uzoraka koji su prije kemijske analize temeljito usitnjeni na frakciju praha i gline koristeći ahatni tarionik. Na analitičkoj vagi dva puta je izvavano 300 mg za svaki uzorak, te je izvagan prah čistog kalcijevog karbonata (CaCO_3) također dva puta po 300 mg za izračun standarda.

Korištenjem Scheiblerove aparature (slika 7) uzorak je tretiran razrijeđenom klorovodičnom kiselinom (18 % HCl) uz konstantno miješanje u trajanju od 5 minuta. Oslobođeni plin ugljikov(IV) oksid (CO₂) koji nastaje kemijskom reakcijom kiseline i karbonatnog sadržaja unutar uzorka nakuplja se u menzuri s vodom. Plin potiskuje vodu za određeni volumen koji je izražen u mL, te se ta razlika očitava i unosi u sljedeći izračun:

$$\frac{V \cdot F \cdot 2,274 \cdot 100}{m} = \%$$

gdje V predstavlja izmjereni oslobođeni volumen CO₂ uzorka, F predstavlja izvedeni faktor koji ovisi o trenutnoj temperaturi i tlaku u mjernoj prostoriji, te m predstavlja odvagano masu pojedinog uzorka. Provedena su po dva mjerenja za svaki uzorak kako bi rezultat bio precizniji (dobiven računom aritmetičke sredine ta dva mjerenja). Daljnjim izračunom aritmetičke sredine i provjere s odmjerenim standardom od 100 % sadržaja CaCO₃, dobiva se realna vrijednost udjela karbonata u uzorku.



Slika 7 – Scheiblerova aparatura.

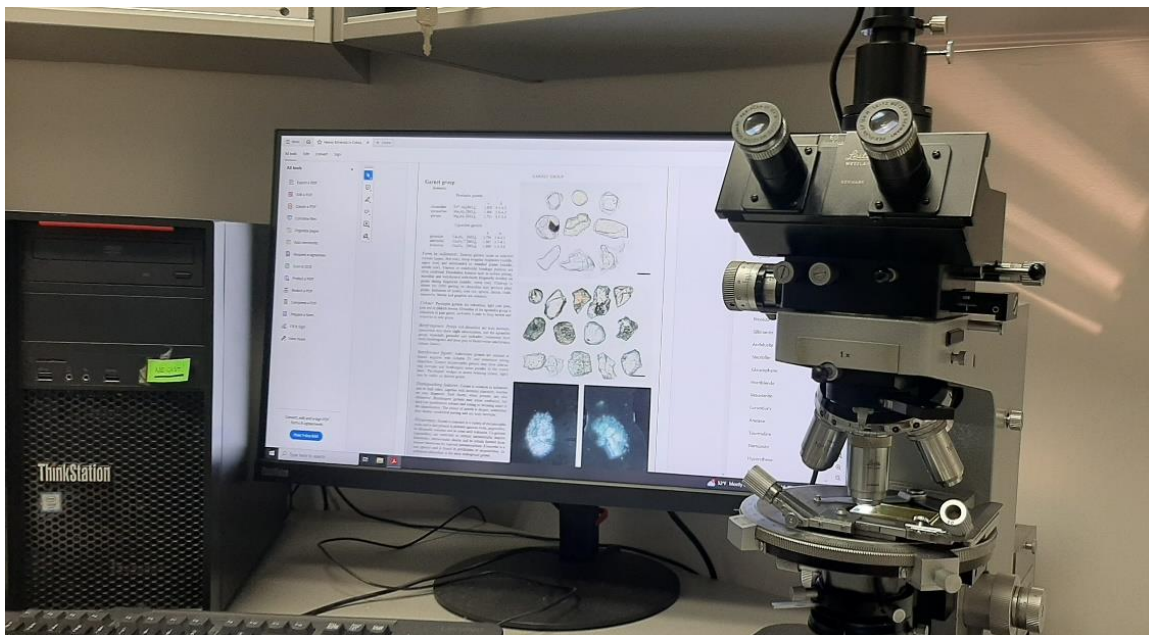
4.4. Analiza teških minerala

4.4.1. Priprema preparata i mikroskopska analiza

Provedena je analiza teških minerala na uzorcima A5, A8, F2 i F4. Uzorci su usitnjeni i tretirani 10 %-tnom octenom kiselinom (CH_3COOH) kroz period od 20 dana. Postupkom mokrog sijanja izdvojena je frakcija 63–125 μm . Uzorak se pomiješao sa otopinom natrijevog polivolfamata ($\text{H}_2\text{Na}_6\text{O}_{40}\text{W}_{12}$; eng. *sodium polytungstate*, kratica SPT) te se procesom centrifugiranja razdvojio na lake i teške minerale. Nadalje, uzorci su zaleđeni kako bi se izdvojila teška frakcija s dna epruvete. Uzorci su postepeno odleđeni destiliranom vodom sobne temperature i profiltrirani kako bi se teška frakcija izdvojila i zadržala na filter papiru (slika 8). Od njih su izrađeni mikroskopski preparati korištenjem kanadskog balzama između predmetnog i pokrovnog stakalca. Na tako pripremljenim preparatima provedena je mikroskopska analiza korištenjem polarizacijskog mikroskopa s ciljem prepoznavanja i određivanja udjela prisutnih mineralnih vrsta (slika 9). Prepoznavanje je provedeno na temelju specifičnih optičkih svojstava mineralnih zrna.



Slika 8 – Filtriranje odleđenih uzoraka.



Slika 9 – Polarizacijski mikroskop s otvorenom zbirkom teških minerala.

4.4.2. Sistematika analiziranih minerala

Za precizno određivanje mineralnih vrsta u proučavanim uzorcima korištena je zbirka MANGE & MAURER (1992), *Heavy Minerals in Colour*. Među prvim svojstvima koje se primjećuje kod prepoznavanja minerala je njegov habitus. Habitus je opisan kao uobičajeni ili karakteristični oblik kristala za pojedinu vrstu, a može biti idiomorfan, hipidiomorfan i alotriomorfan. Oblik zrna može biti uvjetovan njegovim rastom i njegovim stupnjem trošenosti. Uz oblik vrlo se brzo uočavaju boja i reljef pojedinog zrna, ali i prozirnost gdje se razlikuju prozirni (eng. *transparent*) i neprozirni minerali (eng. *opaque*). Boje minerala mogu biti veoma raznolike te reljef može biti visok ili nizak, što se očituje u „oštrini“ ruba zrna. Npr. minerali grupe granata imaju vrlo visok reljef, no najčešće su nebojani, dok su minerali grupe turmalina obojani te pokazuju izraženi pleokroizam - pojava gdje prilikom različitog upadnog kuta polarizirane svjetlosti mineral pokazuje različite boje.

Za preciznije određivanje mineralnih vrsta određuju se optička svojstva minerala s podjelom na izotropne i anizotropne minerale. Izotropni minerali posjeduju jedan indeks loma (svjetlost se širi istim brzinama kroz kristalnu strukturu) koji postaju potpuno tamni kada se uključi analizator na polarizacijskom mikroskopu (npr. granati i spineli). Anizotropni minerali posjeduju više indeksa loma (svjetlost se širi različitim brzinama kroz kristalnu strukturu) te se prilikom uključenog analizatora mogu vidjeti interferencijske boje minerala i potamnjenje zrna pod karakterističnim kutevima (npr. muskovit i apatit).

Anizotropni minerali mogu imati pozitivan ili negativan karakter izduženja, što se određuje uključivanjem kompenzacijskih pločica. Nadalje, anizotropni minerali dijele se na jednoosne i dvoosne, te se određuju analizom konoskopske figure. Konoskopski uvjeti fokusiraju polariziranu svjetlost u jednu točku te se prilikom promatranja minerala mogu uočiti izogire i izokrome. Kod jednoosnih minerala izogire formiraju križ, dok dvoosni formiraju krivulje u obliku hiperbola. Konoskopski karakter minerala može biti pozitivan ili negativan što se također određuje kompenzacijskim pločicama.

Određivanje specifičnih mineralnih vrsta u analiziranim uzorcima objašnjeno je u poglavlju Rezultati – Analiza teških minerala sa detaljnim pregledom njihovih karakteristika.

Za vrijeme mikroskopske analize zrna u pojedinom preparatu su prebrojavana metodom vrpce (eng. *ribbon counting*) pri čemu je svaka identifikacija zapisivana u radnu tablicu s popisom određivanih vrsta zrna. Za svaki uzorak je prebrojano približno 300 zrna prozirnih teških minerala. U konačnici, izračunati su udjeli za dvije skupine zrna: statistika svih skupina zrna (neprozirni, listićavi i prozirni nelistićavi minerali, te Fe-oksidi i litični fragmenti) i statistika unutar skupine prozirnih nelistićavih minerala.

5. Rezultati

5.1. Rezultati analize mikrosopskih preparata

Nakon provedene mikroskopske analize dobiveni su sljedeći rezultati:

Unutar 12 preparata pronađeni su ostaci foraminifera sa značajnim razlikama u broju jedinki i prepoznatih rodova. U uzorcima kao što su A1, A6, A7 (slika 10) i F1 mogu se pronaći izolirane jedinke foraminifera sa lošijom razinom očuvanosti strukture kućice za koje se pretpostavlja da pripadaju skupini planktonskih foraminifera (PF). Najbogatiji fosilni nalazi pronađeni su unutar uzoraka F3A i F3B (slike 11, 12, 13 i prilozi 16–21) gdje se jasno vide presjeci vrlo dobro sačuvanih kućica velikih bentičkih foraminifera (VBF). U ostalim uzorcima A2, A5, F2 i F4 (prilozi redom 9, 10, 15, 22) nije pronađen niti jedan konkretan fosilni nalaz. Uzorci koji nisu predstavljeni fotografijom karakterizirani su vrlo sličnim nalazima kao što su prethodno opisani uzorci (A2, A5, F2 i F4), dakle vrlo mala do nepostojeća prisutnost fosilnih nalaza, no tu su zastupljenije kristalne i amorfne mineralne tvorevine.

5.1.1. Taksonomija prepoznatih mikrofosila

Koristeći zbirku mikroskopskih primjeraka LOEBLICH & TAPPAN (1988), procijenjeni su rodovi foraminifera pronađenih u analiziranim uzorcima (slike 10–13 i prilozi 8–22). Klasifikacija je izvršena na temelju morfoloških karakteristika mikrofosilnih nalaza. Neki uzorci su izostavljeni iz opisa zbog manjka prepoznatljivih primjeraka mikrofosila ili izražene fragmentiranosti skeletnih ostataka koja onemogućuje klasifikaciju.

- A1 (prilog 8): Teško se mogu izdvojiti prepoznatljive forme. Naziru se fragmenti ljušturica, moguće kućice mekušaca i foraminifera.
- A2 (prilog 9): Također vrlo nejasna slika glede mikrofosilnih zajednica. Prevladavaju zrna s naznakama biološkog porijekla (fragmenti kućica).
- A5 (prilog 10): Slična situacija kao kod uzorka A1, no tu se mogu izdvojiti presjeci kućica, moguće PF u obliku trohospiralnih formi.
- A6 (prilog 11): Bogati nalazi MBF i PF kod kojih se jasno mogu prepoznati oblici trohospiralnih involutnih i evolutnih kućica, najvjerojatnije jednike reda *Globigerinidae* i moguće *Miliolidae* ili *Rotaliidae*.

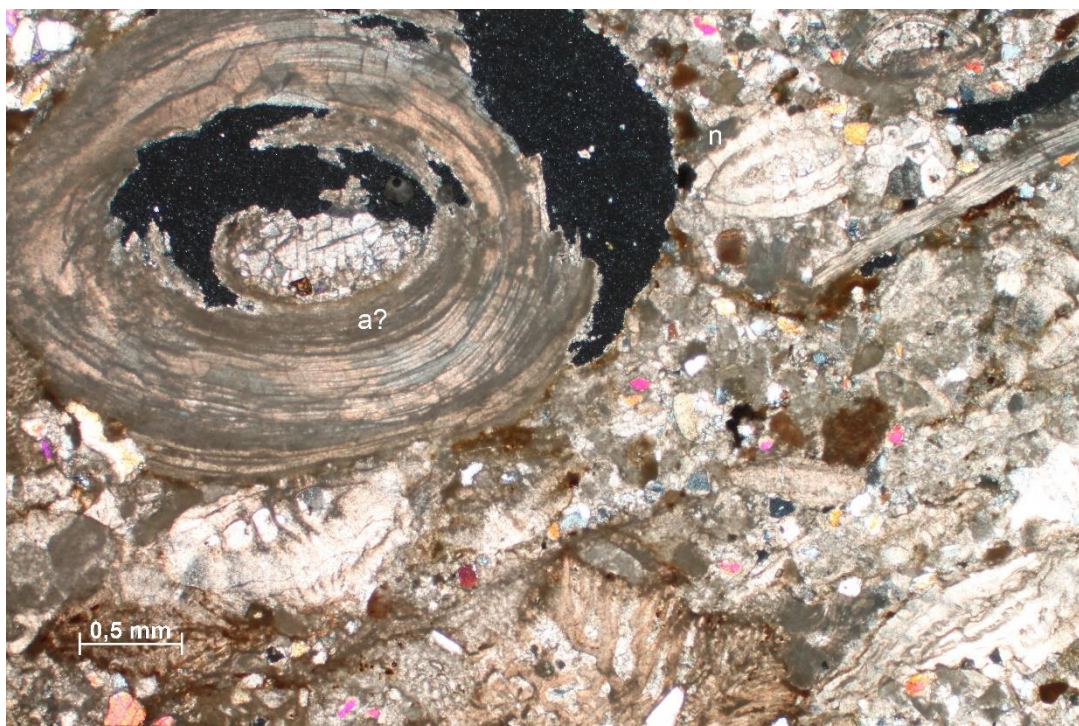
- A7 (prilog 12 i slika 10): Vrlo jasno vidljive jedinke MBF i PF reda *Miliolidae*, *Textulariida*, *Rotaliida* i moguće *Globigerinidae*. Pojavljuju se i razne fragmentalne forme koje je teško klasificirati.
- A10 (prilog 14): Vidno veći fragmenti mogu ukazivati na dijelove kućica mekušaca. Neki fragmenti pokazuju uniserijalno nizanje klijetki kućice, što može ukazivati na prisutnost PF, i to reda *Rotaliida*. Mogući pronalasci fragmenata jedinki redova *Miliolidae* i *Lagenidae*, specifično roda *Nodosariida*, no točno određivanje je ograničeno. Također, mogu se uočiti i jedinke VBF porodice *Discocyclinidae* i *Nummulitidae*.
- F1 (prilog 15): U fokusu je poprečni presjek jedinke VBF koja vjerojatno pripada redu *Rotaliida* zbog vidljive planispiralne kućice. No daljnje detaljnije određivanje jedinke je otežano.
- F2 (prilog 16): Slab foslini sadržaj s ponekim fragmentima kućica, moguće roda *Miliolidae*.
- F3A (prilozi 17, 18, 19, 20 i slika 11): Vrlo bogati sadržaj VBF. Prepoznate su jedinke porodica *Nummulitidae* i *Discocyclinidae*. Pronađena je i spiralna kućica, moguće mekušca. Okolni fragmenti također posjeduju pravilne forme koje mogu predstavljati fragmentirane dijelove kućica foraminifera, no detaljno određivanje je otežano.
- F3B (prilozi 21, 23, 24, 25 i slike 12, 13): Vrlo bogati sadržaj raznih foraminiferskih jedinki posebno VBF. Uzorak sadrži primjerak foraminifere koju se može vidjeti golim okom. Izdvajaju se porodice *Nummulitidae*, *Discocyclinidae*, i možda *Orbitoidinae* te *Alveolinidae*. Pojedini fragmenti mogu predstavljati skeletne tvorevine algi.
- F4 (prilog 26): Uzorak siromašan mikrofosilnim nalazima.



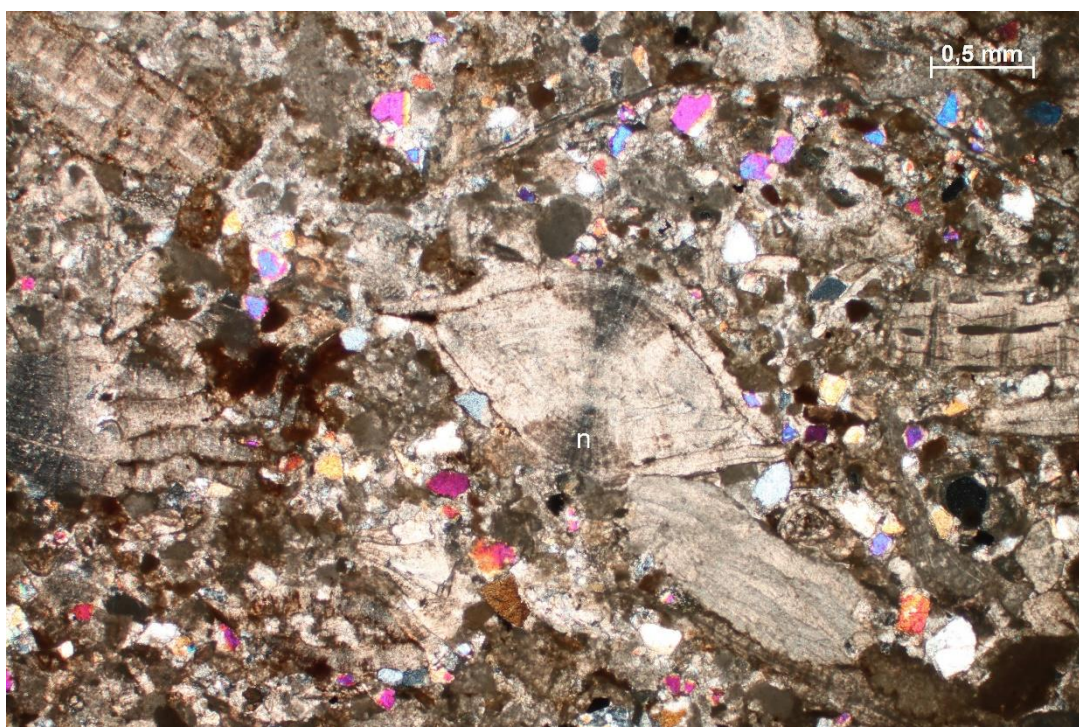
Slika 10 – Uzorak A7/2. Potencijalni pronalasci redova *Miliolidae*, *Rotaliida* i *Globigerinidae*, i drugih manje prepoznatljivijih fragmenta foraminifera (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika; m=*Miliolidae*; r=*Rotaliida*; g=*Globigerinidae*).



Slika 11 – Uzorak F3A/3. U fokusu kućica VBF porodice *Nummulitidae*.



Slika 12 – F3B/2. Primjerak makroskopske VBF. (a=*Alveolinidae*; n=*Nummulitidae*).



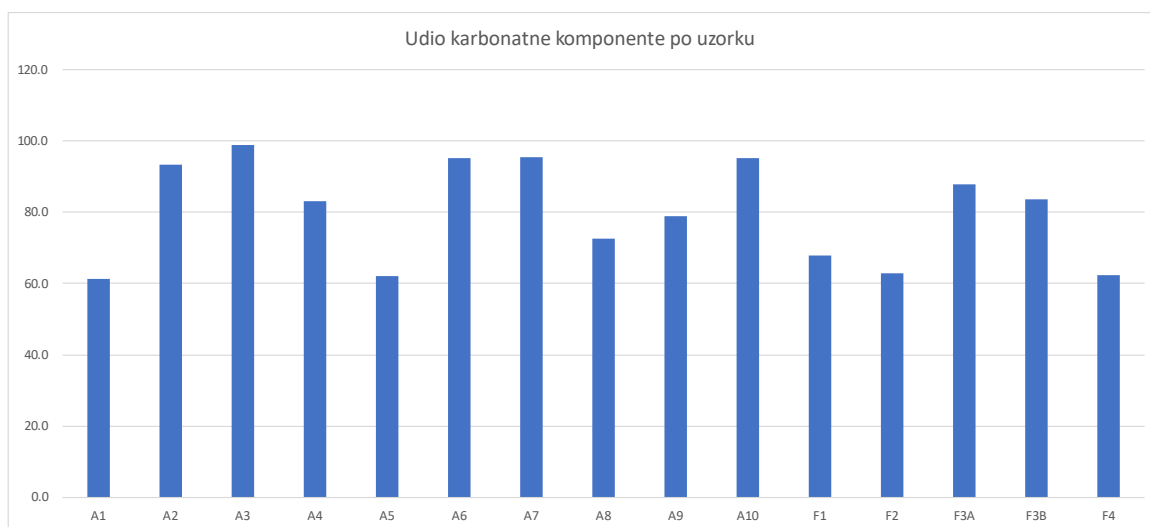
Slika 13 – F3B/5. U fokusu jasan prikaz VBF. (n=*Nummulitidae*).

5.2. Rezultati kalcimetrijske analize

Kalcimetrijskom analizom svih 15 uzoraka dobiveni su sljedeći rezultati:

Tablica 1 – Udio (%) karbonatne komponente u analiziranim uzorcima.

Uzorak	Udio CaCO ₃ (%)
A1	61,2
A2	93,4
A3	98,9
A4	83,3
A5	62,2
A6	95,1
A7	95,5
A8	72,6
A9	79,0
A10	95,3
F1	67,9
F2	62,8
F3A	87,8
F3B	83,7
F4	62,5



Slika 14 – Grafički prikaz udjela (%) karbonatne komponente po uzorku (dijagrami su izvedeni iz statističkih podataka tablice 1).

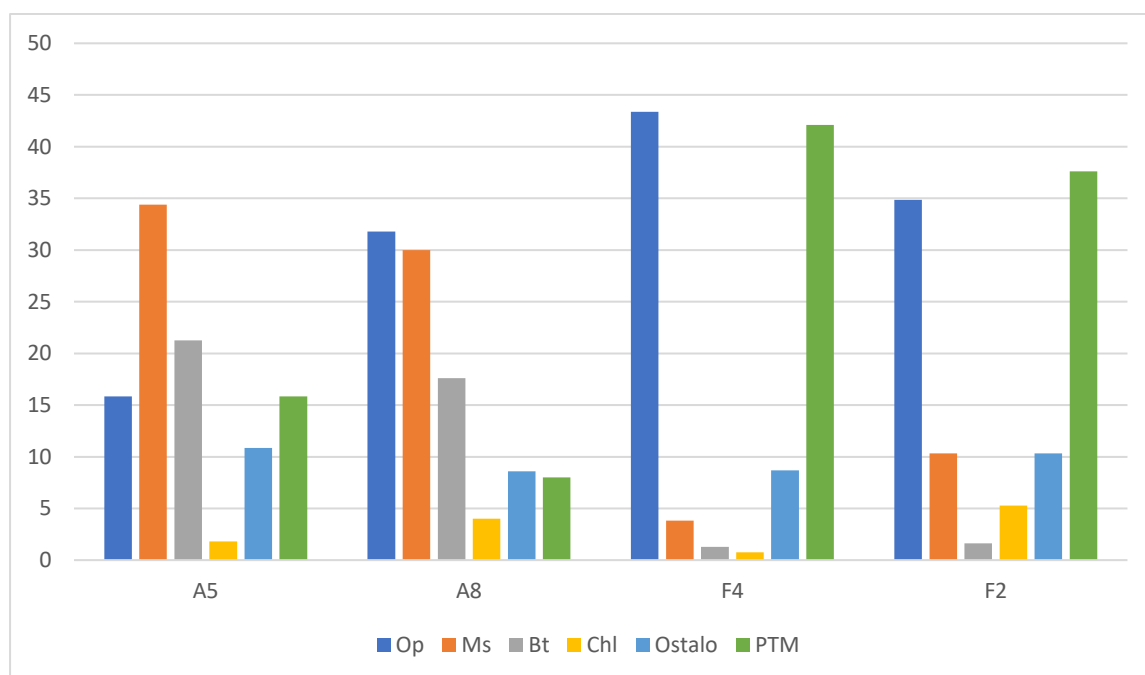
Najmanji udio karbonata određen je u uzorku A1 s vrijednosti od 61,2 %, dok je najveći udio očitao u uzorku A3 s vrijednosti od 98,9 %. Prosječni udio karbonatne komponente za uzorke A1-A10 (deset uzoraka oblutaka pješčenjaka) iznosi 83,6 %, dok za uzorke F1-F4 (pet uzoraka fliša) iznosi 73,0 % (tablica 1, slika 14).

5.3. Rezultati analize teških minerala

Kvalitativnom analizom siliciklastičnih teških minerala unutar uzoraka A8, A5, F4 i F2 dobiveni su sljedeći rezultati (dijagrami na slikama 15 i 16 su izvedeni iz statističkih podataka u tablicama 2 i 3):

Tablica 2 – Udjeli pojedinih skupina zrna u analiziranim preparatima teških frakcija (Op=neprozirni minerali (*opaque*), Ms=muskovit, Bt=biotit, Chl=klorit, Ostalo=Fe-oksidi i litični fragmenti, PTM=prozirni nelistićavi teški minerali).

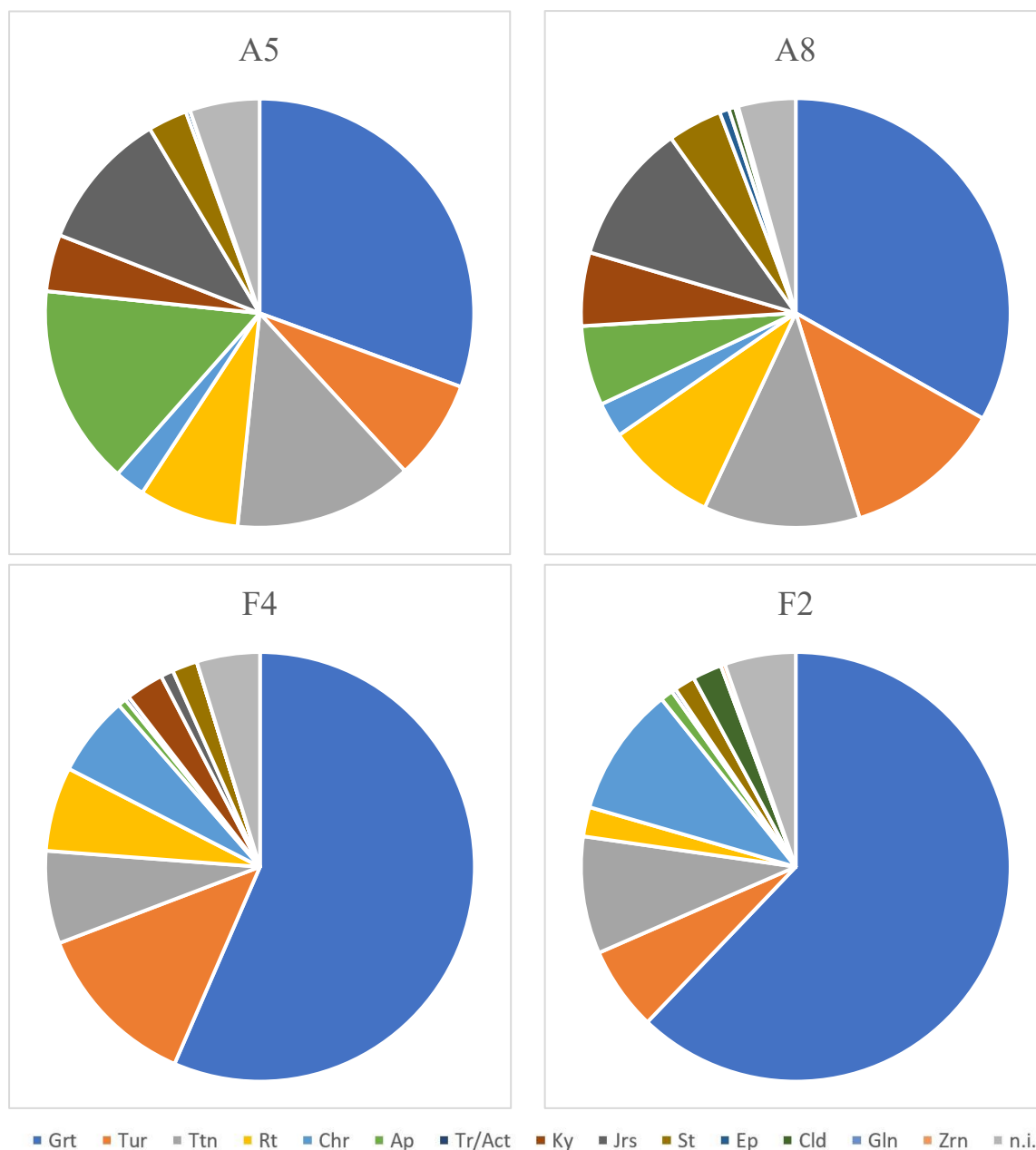
Uzorak	Teški minerali (%)						Ukupno
	Op	Ms	Bt	Chl	Ostalo	PTM	
A5	15,84	34,39	21,27	1,81	10,86	15,84	100,00
A8	31,80	30,00	17,60	4,00	8,60	8,00	100,00
F4	43,37	3,83	1,28	0,77	8,67	42,09	100,00
F2	34,86	10,32	1,61	5,28	10,32	37,61	100,00



Slika 15 – Grafički prikaz udjela pojedine prepoznate mineralne vrste, neprozirnih zrna i litičnih fragmenata u analiziranim uzorcima. (Op=neprozirni minerali (*opaque*), Ms=muskovit, Bt=biotit, Chl=klorit, Ostalo=Fe-oksidi i litični fragmenti, PTM=prozirni nelistićavi teški minerali).

Tablica 3 – Udjeli pojedinih mineralnih vrsta skupine prozirnih nelistićavih teških minerala u analiziranim uzorcima. (Grt=granati, Tur=turmalini, Ttn=titanit, Rt=rutil, Chr=kromit, Ap=apatit, Tr/Act=tremolit/aktinolit, Ky=kijanit, Jrs=jarosit, St=staurolit, Ep=grupa epidota, Cld=kloritoid, Gln=glaukofan, Zrn=cirkon, n.i.=neodredivo).

Teški minerali (%)				
Uzorak	A5	A8	F4	F2
Grt	30,59	33,17	56,51	62,15
Tur	7,57	12,02	12,70	6,31
Ttn	13,49	11,78	6,98	8,83
Rt	7,57	8,41	6,35	2,21
Chr	2,30	2,64	6,03	9,78
Ap	15,13	6,01	0,63	0,95
Tr/Act	0,00	0,00	0,32	0,32
Ky	4,28	5,53	2,86	0,00
Jrs	10,53	10,58	0,95	0,00
St	2,96	4,09	1,90	1,58
Ep	0,33	0,72	0,00	0,00
Cld	0,00	0,48	0,00	2,21
Gln	0,00	0,24	0,00	0,00
Zrn	0,00	0,00	0,00	0,32
n.i.	5,26	4,33	4,76	5,36
Ukupno	100,00	100,00	100,00	100,00



Slika 16 – Grafički prikaz udjela pojedinih mineralnih vrsta skupine prozirnih nelistićavih teških minerala u analiziranim uzorcima. (Grt=granati, Tur=turmalini, Ttn=titanit, Rt=rutil, Chr=kromit, Ap=apatit, Tr/Act=tremolit/aktinolit, Ky=kijanit, Jrs=jarosit, St=staurolit, Ep=grupa epidota, Cld=kloritoid, Gln=glaukofan, Zrn=cirkon, n.i.=neodredivo).

5.3.1. Karakteristike prepoznatih minerala u teškim frakcijama

- Granati – uglavnom bezbojni s visokim reljefom, najčešće izotropni, no moguća je pojava slabog anizotropnog karaktera sa vidljivim sivkastim bojama 1. reda kod nekih vrsta kao što su grosular i andradit
- Kromit – vrlo taman s vrlo jakim bordo crvenom bojom, izotropan
- Turmalini – štapičasti habitus, gotovo uvijek s vrlo izraženim pleokroizmom, anizotropan jednoosan (-) s interferencijskim bojama 2. i 3. reda i paralelnim potamnjenjem, ponekad zrna ovisno o orijentaciji pokazuju dvoosni konoskopski karakter, negativan karakter izduženja
- Rutil – tamno smeđe do jantarne boje s vrlo visokim reljefom, česti „koljenasti“ sraslaci, anizotropan jednoosan (+) s paralelnim potamnjenjem, moguća pojava dvoosne konoskopske figure zbog prisutnosti sraslaca
- Titanit – bezbojan s visokim reljefom, anizotropan dvoosan (+), karakteristične interferencijske boje 2. i 3. reda, konoskopska figura može sadržavati veliki broj koncentričnih izokromatskih kružnica
- Staurolit – žućkast sa slabim pleokroizmom i visokim reljefom, anizotropan dvoosan (+), interferencijske boje su niže uz rubove zrna te prema unutrašnjosti do narančaste drugog reda
- Jarosit – medeno žut s visokim reljefom, moguća pojava pleokroizma, anizotropan jednoosan (-), pojava interferencijskih boja 2. i 3. reda koje su još pojačane zbog utjecaja prirodne boje minerala, pozitivan karakter izduženja
- Cirkon – često bezbojan s idiomorfnim zrnima, no boja može varirati u slabim nijansama žute i zelene, anizotropan jednoosan (+), vrlo visoke interferencijske boje s paralelnim potamnjenjem
- Tremolit – bezbojan prizmatičan habitus s vidljivom kalavošću, anizotropan dvoosan (-) s kosim potamnjenjem, interferencijske boje prvog reda do žute, pozitivan karakter izduženja
- Kloritoid – plavkasto zelenkaste boje s izraženim pleokroizmom, anizotropan dvoosan (+), sivkaste niske interferencijske boje, negativan karakter izduženja
- Glaukofan (plavi amfibol) – česte naznake trošenja na rubovima zrna, kalavost, prisutan pleokroizam iz plavkaste u ljubičastu boju, anizotropan dvoosan (-)

- Apatit – bezbojan i prizmatičan habitus, anizotropan jednoosan (–) no može pokazivati anomalne dvoosne karakteristike, niske inteferencijske boje s paralelnim potamnjenjem, negativan karakter izduženja
- Kijanit – bezbojan do ponekad žućkast s izraženim linijama kalavosti, anizotropan dvoosan (–) s kosim potamnjenjem, pozitivan karakter izduženja
- Muskovit – umjeren reljef sa listićavim habitusom, bezbojan, anizotropan dvoosan (–) s niskim sivim do plavkastim inteferencijskim bojama, valovito potamnjenje
- Biotit – smečkast do žućkast listićav habitus, anizotropan dvoosan (–), potamnjenje neravnomjerno s niskim inteferencijskim bojama
- Klorit – zelenkast listićav habitus s naznakama trošenja uz rubove zrna, anizotropan dvoosan s varirajućim optičkim karakterom

6. Rasprava

6.1. Usporedba petrografskih karakteristika fliša i oblutaka pješčenjaka

Prikupljeni oblutci pješčenjaka iz aluvijalne jedinice Prominskih naslaga na oko su litološki slični uzorcima pješčenjaka iz fliša u okolici Benkovca, ali i različiti u vidu mikrofosilnog sadržaja i mineralnog sastava. Uz pretpostavku da je erodirani detritus, koji se taložio u aluvijalnim sustavima kroz kasni eocen i rani oligocen porijeklom iz trošenog mladog Dinarskog orogena, traži se podudarnost s boranim izdignutim naslagama koje bi bile teoretsko izvorište oblutaka u aluvijalnim konglomeratima. Te stijene moraju biti starije od donjeg oligocena jer u protivnom ne bi mogle biti uklopljene unutar tih konglomerata, te se zbog tog razloga u raspravi o mogućem izvorištu razmotrio eocenski fliš.

6.1.1. Mikrofosilni sadržaj i interpretacija taložnih uvjeta

Prepoznate planktonske i bentičke foraminifere mogu biti odličan indikator taložne zone unutar bazenskog sustava. VBF preferiraju pliće obalne uvjete unutar fotičke zone od nekoliko desetaka metara do preko 100 m dubine (BOUDAGHER-FADEL, 2008). Kod VBF može se razlikovati nekoliko facijesnih asocijacija: miliolidna (najplića), alveolinska (srednje duboka), numulitna i diskociklinska (najdublja) asocijacija. MBF i PF se mogu pronaći na različitim dubinama, no relativni odnos populacija unutar pojedinih preparata može ukazivati na dubinu i udaljenost od obale (VALCHEV, 2003). Omjer planktonskih i bentičkih foraminifera se mijenja u korist PF što je taložni okoliš dublji.

Uzorci F3A i F3B imaju najbogatiju zajednicu VBF što bi ukazivalo na potencijalno plitak vodeni stup gdje su okolišni uvjeti bili odgovarajući za njihov rast i razvoj. U uzorcima F3A i F3B vidljivo dominiraju velike karbonatne kućice numulita (slike 11, 12, 13 i prilozi 16–21) koje mogu predstavljati *in-situ* fosilizaciju zbog relativne dubine numulitne asocijacije. BABIĆ & ZUPANIČ (1998, 2011) objašnjavaju prisutnost različitih foraminiferskih asocijacija pretaloživanjem nekonsolidiranog sedimenta, posebice pod utjecajem turbiditnih struja. Poznavajući te mehanizme, uzorci F3A i F3B su vjerojatno rezultat nanošenja gravitacijskim tokovima relativno plićeg sedimenta koji je sadržavao različite asocijacije foraminiferskih vrsta. Smjer taloženja bio je prema dubljim prostorima gdje se izdvaja *foredeep* zona, koja svojom geometrijom predstavlja najveći akomodacijski prostor. Prema BABIĆ & ZUPANIČ (2008) postepeno produbljivanje platforme zajedno s

evolucijom orogena i predgorskog taložnog bazena pokazuje karakteristike tipične za alpsku regiju. Regresivne i transgresivne epizode mijenjale su akomodacijske prostore bazena na način da su imale znatan utjecaj na razvijanje foraminiferskih zajednica, posebno onih osjetljivijih na dubinu, temperaturu i salinitet. Zbog prisutnosti prepletenog aluvijalnog sustava, seljenja korita i pojedinih ogranaka deltnog sustava, taloženje je bilo nejednako na različitim mjestima unutar predgorskog bazena (BABIĆ & ZUPANIČ, 2007). Karakteristike taložnog sustava između gornje aluvijalne jedinice i fliške zone mogu se opisati kao sustav Gilbertove delte za koju je karakteristično taloženje transportiranog sedimenta u priobalno dublje akomodacijske bazene (BABIĆ & ZUPANIČ, 2007). Glavni mehanizam taloženja sedimenta u slučaju Gilbertovih delti su upravo turbiditne struje, koje su odgovorne za taloženje fliša u *foredeep* zoni Sjeverodalmatinskog predgorskog bazena (BABIĆ & ZUPANIČ, 2008). Turbiditne struje u nekim slučajevima mogu biti vrlo učestale pa se taložni bazeni zapunjavaju brže nego što to tektonika dopušta te dolazi do taloženja znatno većih i težih fragmenata transportiranog detritusa u veće dubine (POSTMA & ROEP, 1985; NEMEC, 1990).

Za razliku od srednjoeocenskog fliša, oblutci unutar uzorkovanih konglomerata kasno-eocenske do rano-oligocenske starosti sadrže malu količinu prepoznatljivih rodova foraminifera, no mogu se izdvojiti zajednice PF (slika 10 i prilozi 8–13), moguće i nekoliko primjeraka MBF, te VBF (prilozi 12 i 13). Povećani udio PF u sedimentu može ukazivati na distalnije dubokomorske taložne uvjete. Sagledavši mikroskopske nalaze iz oba tipa uzoraka očita korelacija nije vidljiva. Dok neki uzorci oblutaka predstavljaju bogate nalaze mikrofosila, kod nekih to nije slučaj (prilog 8).

6.1.2. Sadržaj karbonata u uzorcima

Iz dobivenih rezultata kalcimetrijske analize može se zaključiti da je prisutna karbonatna komponenta dominantna u svim prikupljenim uzorcima jer svi uzorci sadrže više od 60 % CaCO_3 (tablica 1, slika 14). Glavna razlika između dva tipa uzorkovanih stijena je ta da uzorci pješčenjaka iz aluvijalne jedinice imaju prosječno oko 10 % više karbonatnog sadržaja nego prikupljeni uzorci fliša. Vjerojatan razlog povećanog udjela karbonata kod oblutaka iz aluvijalne jedinice je sastav izvorišnih stijena, moguće trošeni plitkomorski karbonati kredne i donjo do srednje-paleogenske starosti iz sjevernijih predjela erodiranog orogena (BABIĆ & ZUPANIČ, 2007).

Također, primijećena je poveznica između udjela karbonatne komponente s relativnom zastupljenosti prisutnih mikrofosilnih nalaza. Iz fotomikrografija pojedinih uzoraka procijenjen je udio prisutnih skeletnih ostataka po fotografiranom kadru te uspoređen s kalcimetrijskim podacima. Iz podataka (tablica 1, slika 14) se može uočiti podudaranje između izmjerene veće količine karbonatne komponente i većeg udjela mikrofosilnog sadržaja. Za primjer, uzorci F3A i F3B (slike 11, 12, 13 i prilozi 16–21) imaju najviše nalaza mikrofosila, a to se iz tablice 1 može iščitati jer ta dva uzorka imaju i najveći udio karbonatne komponente od svih uzoraka fliša, dok uzorci oblutaka A1 i A5 (prilozi redom 8 i 10) pokazuju relativno niske udjele karbonatne komponente s malim količinama pronađenih mikrofosila.

6.1.3. Sadržaj teških minerala

Minerali grupe granata i spinela zastupljeniji su kod uzoraka eocenskog fliša nego u oblucima pješčenjaka. Titanit je zastupljeniji kod uzoraka oblutaka pješčenjaka, te je primijećen znatno veći udio apatita, kijanita i jarosita. Minerali kao što su turmalin, rutil i staurolit pojavljuju se u sličnim udjelima u oba tipa uzoraka. Nešto veći udio kloritoida primijećen je u uzorku F2. Muskovit i biotit su zastupljeniji u uzorcima oblutaka pješčenjaka te manje u uzorcima fliša.

Terigeni prinos materijala je dominantan, s prepoznatim teškim mineralima uglavnom porijekla iz starijih metamornih stijena (MANGE & MAURER, 1992). Granati su najzastupljeniji u svim uzorcima (slika 16, tablica 3), a oni se generalno pronalaze u metamornim i intruzivnim magmatskim stijenama. Granati se pronalaze u asocijaciji s karbonatima unutar kontaktnih metamornih uvjeta, ali i u skarnovima i škriljavcima (MANGE & MAURER, 1992). Zbog preklapanja paragenetskih sustava granata otežano je razlučivanje pojedinih izvorišta radi utvrđivanja relativnog prostornog i vremenskog porijekla erodiranog detritusa. Pretpostavlja se pretaloživanje materijala iz trošenih starijih stijena koje bi također predstavljale pretaloženi detritus iz još starijih stijena, što je objašnjeno velikom rezistentnošću na trošenje (MORTON et al., 2004; LEANZ et al., 2018). Pristutnost rezistentnih minerala također može ukazivati na višestruka izvorišta detritusa iz različitih vremenskih perioda. Titanit i rutil također često dolaze u asocijaciji s metamornim i karbonatno-silikatnim stijenama, te se mogu pronaći u velikim količinama u svim analiziranim uzorcima s ipak malo većim udjelom unutar oblutaka pješčenjaka (slika 16, tablica 3, uzorci A8 i A5). Razina trošenosti i zaobljenost rubova na nekim zrnima titanita i

rutila može ukazivati na pretaloživanje sedimenta. Cr-spinel podjednako je zastupljen u uzorcima, ali ipak je nešto zastupljeniji u uzorcima fliša (slika 16, tablica 3, uzorci F4 i F2). Minerali grupe spinela se često troše iz ofiolitnih zona, i to ultramafičnih stijena kao što su peridotiti i serpentiniti, te su vrlo rezistentni na trošenje (MANGE & MAURER, 1992). Staurolit, koji je često u asocijaciji s kjanitom, može se pronaći u svakom uzorku u manjim količinama, no zastupljeniji je u oblucima pješčenjaka kao i kjanit. Produkt je regionalnog metamorfizma, najčešće unutar škriļjavaca. Zbog rezistentnosti na dijagenetske uvjete prisutnost staurolita i kjanita (MANGE & MAURER, 1992) može ukazivati na izraženo i višestruko pretaloživanje detritusa (slika 16, tablica 3). Jarosit se pronalazi u malim količinama u svim uzorcima, ali veći udio prisutan je u oblucima pješčenjaka. Nalazi se u asocijaciji s oksidiranim sulfidnim rudnim stijenama, često ukomponiran u pješčenjacima i šejlovima te su uglavnom produkt alteracije željezovitih minerala kao što su glaukonit, pirit i markazit (MANGE & MAURER, 1992). Apatit je znatno zastupljeniji u oblucima pješčenjaka nego u uzorcima fliša (slika 16, tablica 3, uzorci A8 i A5). Apatit se skoro isključivo pronalazi u magmatskim intruzivima. Često se formira u karbonatitima i hidrotermalnim žilama, ali može se pojaviti kao produkt regionalnog metamorfizma. Vrlo je zastupljen u pješčenjacima aluvijalnih naslaga. Prema rezultatima geokronološke analize apatita i drugih provedenih radioizotopnih metoda iz dinaridskih fliševa predstavljenih u radu MIKES (2009), pretaloživani detritus unutar pješčenjaka aluvijalne jedinice mogao bi biti mezozojske starosti. Trošenje tektonski poremećenih jedinica jurske i kredne starosti pridonijelo je taloženju karbonatnih klastita tijekom eocena (BABIĆ & ZUPANIĆ, 2007, 2011).

Prepoznati su i minerali u tragovima kao što su cirkon, tremolit/aktinolit, epidoti, kloritoidi i plavi amfiboli, no iz njihovog se udjela ne mogu izvesti konkretniji zaključci (tablica 2). Za preciznije određivanje ovih minerala poželjne bi bile dodatne analize na prikupljenim uzorcima fliša i oblutaka pješčenjaka istraženog područja. Kako su cirkoni pogodni za radioizotopno datiranje stijena moguće je precizno određivanje starosti i korelacija s već provedenim istraživanjima kao što su MIKES (2009), LEANZ et al. (2018), VELICOGNA et al. (2020).

6.2. Moguća izvorišta detritusa

Iz predstavljenih rezultata se može postaviti pretpostavka o porijeklu prikupljenih oblutaka. Kako su karakteristike sedimentnih stijena usko povezane s procesima trošenja i transporta

detritusa, za očekivati je da se materijal nekada nalazio na višoj nadmorskoj visini u sklopu obližnjeg orogena. Formiranjem predgorskog bazena stvarao se veliki akomodacijski sustav na prostoru sjeverne Dalmacije gdje se taložio dobar dio detritusa (VLAHOVIĆ et al., 2005). Trošenjem mladog orogena taložila se molasa gornjoeocenskih sedimenata, s uklopcima sve starijih stijena kako je proces trošenja napredovao. Uzorci prikupljeni iz fliške zone pokazali su da nema izravnih poveznica s prikupljenim oblutcima pješčenjaka iz aluvijalne jedinice što se zasniva na provedenim mikroskopskim i kemijskim analizama raspravljenih u prethodnim poglavljima. Razlike u mikrofosilnom sadržaju izravno govore o paleookolišnim razlikama proučavanih lokaliteta, zajedno s različitim udjelima teških minerala među uzorcima, te se stoga sastav oblutaka ne može poistovjetiti sa sastavom pješčenjaka iz fliša.

VELIĆ et al. (1979) spominju moguće nekadašnje naslage paleogenskog predgorskog bazena koji je postepenom evolucijom Dinaridskog orogena bio navučen i erodiran, te se samo poneki sitni nalazi mogu pronaći na širem području unutrašnjih Dinarida. Ti se fragmenti mogu naći u Kordunu kod Bunića (središnja Hrvatska), istočnije kod Bihaća i Kulen Vakufa u Bosni i Hercegovini, na sjeveru kod Perjasice, te južnije kod Vrlike. Transgresivne granice koje se mogu pronaći u asocijaciji s Jelar naslagama i nalazima boksita mogu dati uvid u paleookolišne uvjete sjeverne Dalmacije i zaleđa gdje je na pojedinim lokalitetima postojalo kopno, a na drugim taložni bazen ili sustavi bazena (BALLING et al., 2021). Mijenjanje sedimentacijskih uvjeta iz marinskih u kopnene i obratno bilo je inducirano snažnim tektonskim promjenama na regionalnoj bazi.

Slaba zastupljenost donjopaleogenskih naslaga na ovom području Dinaridskog gorja može se pripisati dvama potencijalnim faktorima: 1) sedimentacijski uvjeti nisu bili povoljni za taloženje; 2) naslage koje se jesu istaložile su naknadno gotovo potpuno erodirane. Također lokalne regresivne faze pogodovale su progradaciji sustava te intenzivnijem trošenju i transportu velikih količina detritusa deltnim i aluvijalnim sustavima (BABIĆ & ZUPANIĆ, 2011). Glavna hipoteza koja proizlazi iz ovih pretpostavki je moguće nekadašnje postojanje paleocenskih do donjoeocenskih marinskih klastita koji su prethodno navedenim procesima u velikoj većini erodirani. Iz pregledanih udjela teških minerala mogućnost intezivnog pretaloživanja materijala trošenog iz starijih stijena vrlo je vjerojatna što ide u prilog formiranju pretpostavljenih marinskih klastita, te za dovođenje sigurnijih zaključaka potrebne su daljnje analize. Ovim se putem objašnjava prisutnost starijih uklopaka stijena u gornjoj aluvijalnoj jedinici Prominskih naslaga. No radi točnijeg utvrđivanja poveznica poželjno bi bilo napraviti usporedbu sa sadržajem oblutaka iz aluvijalne jedinice i starijih fliševa opisanih u radu VELIĆ et al. (1979).

7. Zaključak

Analizirani oblutci prikupljeni iz konglomerata gornje aluvijalne jedinice Prominskih naslaga ukazuju na vremenski period znatnih promjena u okolišnim i taložnim sustavima ovog područja. Dobiveni rezultati provedenih analiza pokazuju:

- Vrlo veliku razliku u mikrofosilnom sadržaju; oblutci pješčenjaka iz eocensko-oligocenskih konglomerata većinski sadrže PF dok uzorci donjoeocenskog fliša sadrže znatno veći udio VBF; oblutci pješčenjaka prikazuju uvjete dubljeg marinskog okoliša s obzirom na blizinu trošenog orogena.
- Karbonatna komponenta zastupljenija je u oblucima pješčenjaka za oko 10 %; oba tipa uzoraka (donjoeocenski fliš i oblutci pješčenjaka) pokazuju relativno visok udio karbonatne komponente s 80 % u ukupnom prosjeku; mogući razlog većeg udjela CaCO_3 u oblucima je proksimalnost trošenih tektonski izdignutih karbonatnih stijena Dinarida.
- Sadržaj teške mineralne frakcije pokazuje izvorišta iz metamorfoziranih stijenskih asocijacija kao što su škriljavci, ali i magmata te karbonatno-silikatnih stijena; minerali kao što su granati, kromit, rutil, titanit, kijanit i staurolit su vrlo rezistentni na trošenje i dijagenetske procese te se pretpostavlja moguće pretaloživanje detritusa s obzirom na zaobljenost pojedinih zrna.

Pretpostavljena poveznica sadržaja oblutaka iz aluvijalne jedinice i pješčenjaka fliša ne može biti prikazana na temelju dobivenih rezultata, te se zbog toga razmotrilo drugo moguće objašnjenje. Predložena interpretacija dobivenih rezultata bi ukazivala na mješavinu detritalnih odlomaka litološki različitih stijena, kao što su metamorfiti i marinski karbonati, koji su kroz kasno-mezozojske i rano-paleogenske taložne uvjete bili erodirani i pretaloživani. Naknadno su bili litificirani unutar marinskih paleocenskih/donje-eocenskih klastita koji su u konačnici pod utjecajem orogenog izdizanja i aluvijalnih sustava erodirani u obliku oblutaka i blokova te ugrađeni unutar eocensko-oligocenskih konglomerata gdje ih pronalazimo danas. Evolucijom predgorskog bazena i Dinarskog orogena kroz eocen i oligocen mijenjali su se taložni uvjeti s cikličkim promjenama koje su diktirale razmjer i brzinu sedimentacije. Kompleksnost regionalne tektonike znatno otežava precizne interpretacije razvoja Dinarskog orogena, te su poželjna daljnja istraživanja na definiranju porijekla klastita gornje aluvijalne jedinice Prominskih naslaga.

8. Literatura

- BABIĆ, Ž. & MILETIĆ, P. (1962a): HE Obrovac. Geološki profil trase tunela "Gračac-akumulacija Štikade". Fond struč. dokum. Inst. geol. istr. 3564b, Zagreb.
- BABIĆ, Ž. & MILETIĆ, P. (1962b): HE obrovac. Retencija opsenica. Geološka i hidrogeološka istraživanja. Fond struč. dokum. Inst. geol. istr. 3564a,b, Zagreb.
- BABIĆ, Ž. & MILETIĆ, P. (1963): HE Obrovac. Akumulacija Ričice. Geološka i hidrogeološka istraživanja. Fond struč. dokum. Inst. geol. istr. 3581, Zagreb.
- BABIĆ, LJ. & ZUPANIČ, J. (1988): Krupnozrnati aluvij u paleogenu sjeverne Dalmacije (Hrvatska, Jugoslavija). Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb. 441/23, 139–164.
- BABIĆ, LJ., ZUPANIČ, J., KURTANJEK, D. (1995): Sharply-Topped Alluvial Gravel Sheets in the Palaeogene Promina Basin (Dinarides, Croatia). *Geologia Croatica*, 48/1, 33–48.
- BABIĆ, LJ. & ZUPANIČ, J. (2007): Major events and stages in 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*, 17/4, 357–374.
- BABIĆ, LJ. & ZUPANIČ, J. (2011): Sedimentary evolution of an inner foreland basin margin: Palaeogene Promina Beds of the type area, Mt. Promina (Dinarides, Croatia). *Geologia Croatica*, 64/2, 101–119.
- BALLING, P., TOMLJENović, B., SCHMID, M.S., USTASZEWSKI, K. (2021): Contrasting along-strike deformation styles in the central external Dinarides assessed by balanced cross-sections: Implications for the tectonic evolution of its Paleogene flexural foreland basin system. *Global and Planetary Change*, 205, 103587.
- BEN AVRAHAM, Z. & EMERY, K.O. (1973): Structural Framework of Sunda Shelf. *AAPG Bulletin*, 57/12, 2323–2366.
- BOUDAGHER-FADEL, M.K. (2008): Chapter 6 The Cenozoic larger benthic foraminifera: the Palaeogene. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, Elsevier, 21, 297–545.
- BOUMA, A.H. (1964): Turbidites. *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 3, 247–256.

- ĆOSOVIĆ V., MRINJEK, E., NEMEC, W., ŠPANIČEK, J., TERZIĆ, K. (2018): Development of transient carbonate ramps in an evolving foreland basin. *Basin Research*, 30/4, 746–765.
- DECELLES, G.P. & GILES, A.K. (1996): Foreland basin systems. *Basin Research*, 8, 105–123.
- FOETTERLE, F. (1862): GEOLOGISCHE KARTE DER LIKA. *Verh. geol. R. A.*, Beč.
- FLEMINGS, B.P. & JORDAN E.T. (1989): A synthetic stratigraphic model of foreland basin development. *JGR Solid Earth*, 94/B4, 3851–3866.
- GILES, A.K. & DICKINSON, R.W. (1995): The Interplay of Eustasy and Lithospheric Flexure in Forming Stratigraphic Sequences in Foreland Settings: An Example from the Antler Foreland, Nevada and Utah. *Stratigraphic Evolution of Foreland Basins*, 187–211.
- GOBO, K., MRINJEK, E., ĆOSOVIĆ, V. (2020): Mass-transportation deposits and the onset of wedge-top basin development: An example from the Dinaric Foreland Basin, Croatia. *Journal of Sedimentary Research*, 90/11, 1527–1548.
- GOBO, K., MRINJEK, E., ĆOSOVIĆ, V., RAMOV, R., VLATKOVIĆ, K. (2024): Shallow-marine calciclastic mass-transport deposits in an evolving thrust-top basin: a case study from the North Dalmatian foreland basin, Croatia. *Sedimentology*, 71/2, 509–547. doi: 10.1111/sed.13142.
- HERAK, M. (1953): *Geološka građa područja Ričice, Opatovac i Krušćice*. Fond. struč. dokum. inst. geol. istr. 2131, Zagreb.
- HOLT, W.E. & STERN, T.A. (1994): Subduction, platform subsidence, and foreland thrust loading: The late Tertiary development of Taranaki Basin, New Zealand. *Tectonics*, 13, 1068–1092.
- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., MARKOVIĆ, S., SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L., ŠUŠNJAR, A. (1973): OGK Obrovac 1:100 000, L33–140. Savezni geološki zavod, Institut za geološka istraživanja, Beograd.
- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., SOKAČ, B., VRASALLOVIĆ-CAREVIĆ, I., ZUPANIČ, J. (1976): Tumač OGK Obrovac 1:100 000, L 33–140. Savezni geološki zavod, Institut za geološka istraživanja, Beograd. 61 str.

- JACOBI, D.R. (1981): Peripheral bulge—a causal mechanism for the Lower/Middle Ordovician unconformity along the western margin of the Northern Appalachians. *Earth and Planetary Science Letters*, 56, 245–251.
- 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.
- LEANZ, D., MAZZOLI, C., VELICOGNA, M., PRINCIVALLE, F. (2018): Trace and Rare Earth Elements chemistry of detrital garnets in the SE Alps and Outer Dinarides flysch basins: An important tool to better define the source areas of sandstones. *Marine and Petroleum Geology*, 98, 653–661.
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN H. (1988): *Foraminiferal Genera and their classification – Plates*. Springer, New York. 1694 str.
- MANGE, A.M. & MAURER, F.W.H. (1992): *Heavy Minerals in Colour*. Springer Science & Business Media, Dordrecht, 147 str.
- MIKES, T. (2009): Late Mesozoic to Cenozoic erosion and sediment dispersal in the Dinaride orogen: a sedimentary provenance approach. Faculty of Science, University of Göttingen, 187 str.
- MORTON, A.C., HALLSWORTH, C., CHALTON, B. (2004): Garnet compositions in Scottish and Norwegian basement terrains: A framework for interpretation of North Sea sandstone provenance. *Marine and Petroleum Geology*, 21/3, 393–410.
- MRINJEK, E. (1993): Sedimentology and Depositional Setting of Alluvial Promina Beds in Northern Dalmatia, Croatia. *Geologia Croatica*, 46/2, 243–261.
- 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., WOJCIECH, N., PENCINGER, V., MIKŠA, G., VLAHOVIĆ, I., ČOSOVIĆ, V., VELIĆ, I., BERGAN, S., MATIČEC, D. et al. (2012): The Eocene-Oligocene Promina Beds of the Dinaric foreland basin in northern Dalmatia. *Journal of Alpine Research*. 55, 409–451.
- NEMEC, W., COLELLA, A., PRIOR, D.B. (1990): Aspects of sediment movement on steep delta slopes. *Coarse-Grained Deltas*, Bergen. 10, 29–73.

- ORI, G.G. & FRIEND, P.F. (1984): Sedimentary basins formed and carried piggyback on active thrust sheets. *Geology*, 12, 475–478.
- POSTMA, G. & ROEP, B.T. (1985): Resedimented conglomerates in the bottomsets of Gilbert-type gravel deltas. *Journal of Sedimentary Research*, 55/6, 874–885.
- SAKAČ, K., BENIĆ, J., BAHUN, S. & PENCINGER, V. (1993a): Stratigraphic and tectonic position of Paleogene Jelar Beds in the Outer Dinarides. *Natura Croatica*, 2/1, 55–72.
- SAKAČ, K., ŠINKOVEC, B., DURN, G., BENIĆ, J. (1993b): Boksiti i Jelar-naslage. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 5, 59–64.
- SCHUBERT, R. (1903): DIE GEOLOGIE DES KARTENBLATT-BEREICHES BENKOVAC-NOVIGRAD. *Verh. Geol. R. A. N.* 78, 143–350; 10, 204–215; 14, 278–288, Beč.
- SCHUBERT, R. (1904): DAS VERBREITUNGSGEBIET DER PROMINASCHICHTEN IM KARTENBLATTE NOVIGRAD-BENKOVAC. *Jb. geol. R. A.* 54/4, 461–510, Beč.
- SCHUBERT, R. (1908): GEOLOGISCHE SPEZIALKARTE NOVIGRAD-BENKOVAC, 1: 75.000, Beč.
- SINCLAIR, H.D. (1997): Tectostratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: An Alpine perspective. *GSA Bulletin*, 109/3, 324–346.
- SINCLAIR, H.D., COAKLEY, B.J., ALLEN, P.A., WATTS, A.B. (1991): Simulation of foreland basin stratigraphy using a diffusion model of mountain belt uplift and erosion: an example from the central Alps, Switzerland. *Tectonics*, 10, 599–620.
- SINCLAIR, H.D. & ALLEN, P.A. (1992): Vertical versus horizontal motions in the Alpine orogenic wedge: stratigraphic response in the foreland basin. *Basin Research*, 4/3-4, 215–232.
- STACHE, G. (1863): UEBERISCHT DER TEKTONISCHEN VERHÄLTNISSE DALMATINES. *Verh. Geol. R. A.*, 18/Bd. 13, Beč.
- ŠIKIĆ, D. (1955): GEOLOŠKI IZVJEŠTAJ O KARTIRANJU PODRUČJA RAVNIH KOTARA I BUKOVICE. *Fond struč. dokum. IGI*, 2586, Zagreb.
- ŠIKIĆ, D. (1964): HORIZONTALNA KRETANJA U DINARIDIMA. *Zbor. radova Rudar. odj. Tehn. fak., Zagreb*.

- ŠIKIĆ, D. (1969): O razvoju paleogena i lutetskim pokretima u sjevernoj Dalmaciji. *Geol. vjesnik*, 22, 309–331.
- ŠUŠNJAR, M. (1964): INTERPRETACIJA GEOTEKTONSKIH ODNOSA OBLASTI LIKE, RAVNIH KOTARA I UNSKO-KNINSKOG TEKTONSKOG ČVORA - RAVNI KOTARI. Fond struč. dokum. IGI, 182, Zagreb.
- VALCHEV, B. (2003): On the potential of small benthic foraminifera as paleoecological indicators: recent advances. *Annual, Geology and Geophysics*, 46/1, 189–194.
- VELICOGNA, M., PRINCIVALLE, F., LEANZ, D. (2020): Zircon dating and trace element content of transparent heavy minerals in sandstones from the NE Alps and Outer Dinarides flysch basins. University of Trieste, *Geo/06 Mineralogia*, 199 str.
- VELIĆ, I., SOKAČ, B., GALOVIĆ, I. (1979): Tektonsko i paleogeografsko značenje novih nalaza senonskih vapnenaca i eocenskog fliša u Kordunu (središnja Hrvatska). *Geol. vjesnik*, 31, 191–202.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220/3-4, 333–360.
- WASCHBUSCH, J.P. & ROYDEN H.L. (1992): Episodicity in foredeep basins. *Geology*, 20/10, 915–918.

9. Prilozi



Prilog 1 – Fotografija lokacije uzorkovanja F1



Prilog 2 – Fotografija lokacije uzorkovanja F2



Prilog 3 - Fotografija lokacije uzorkovanja F3



Prilog 4 – Fotografija lokacije uzorkovanja F4



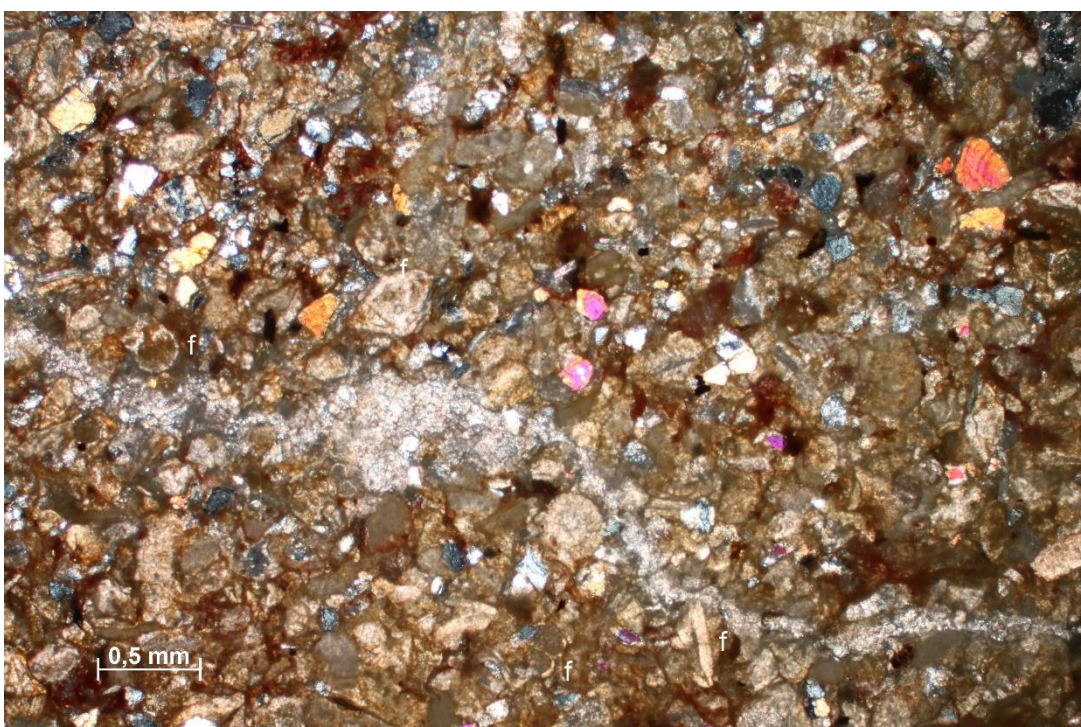
Prilog 5 – Fotografija lokacije nasumično prikupljenih uzoraka A1-A10



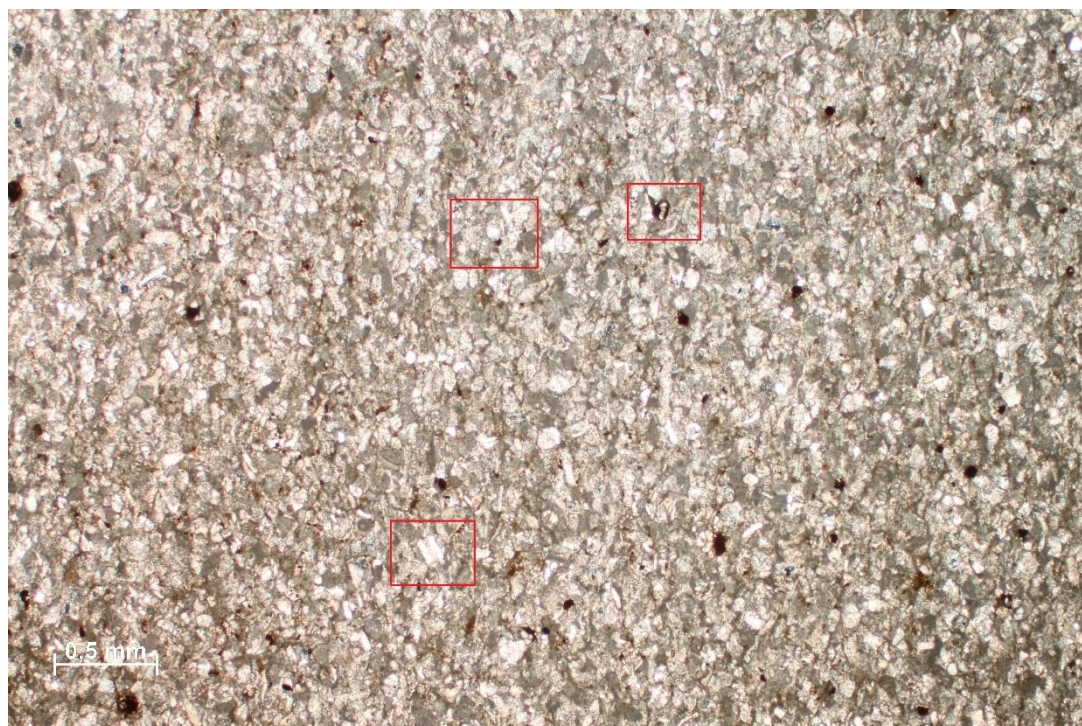
Prilog 6 – Fotografija lokacije nasumično prikupljenih uzoraka A1-A10



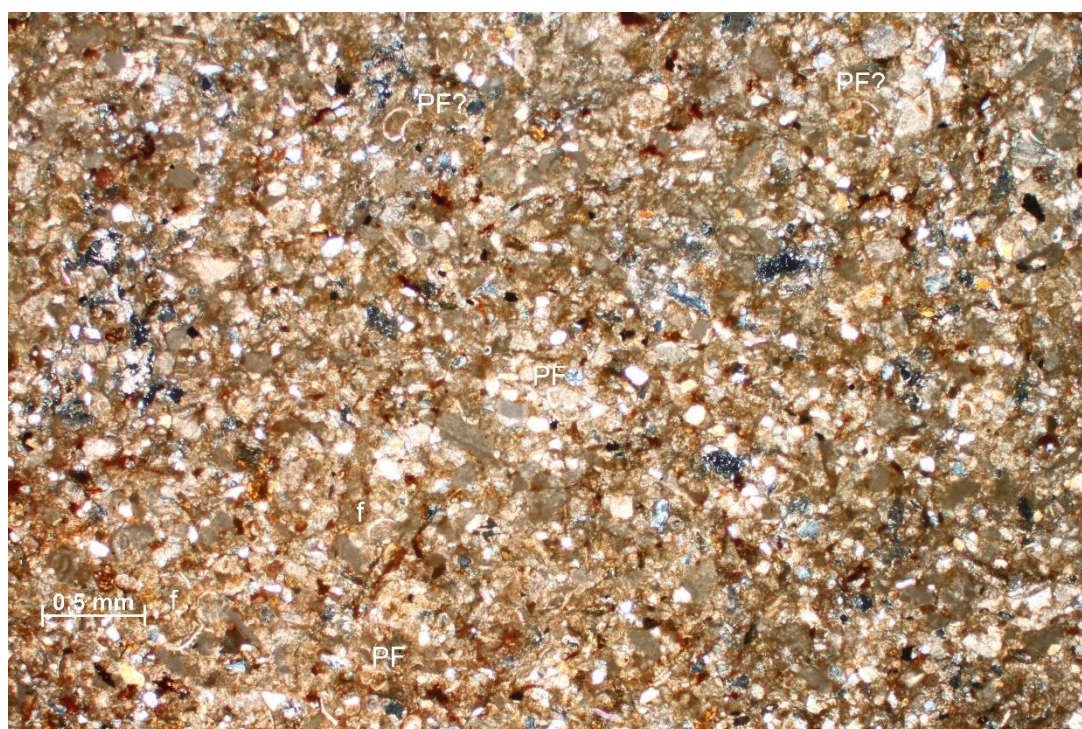
Prilog 7 – Fotografija lokacije nasumično prikupljenih uzoraka A1-A10



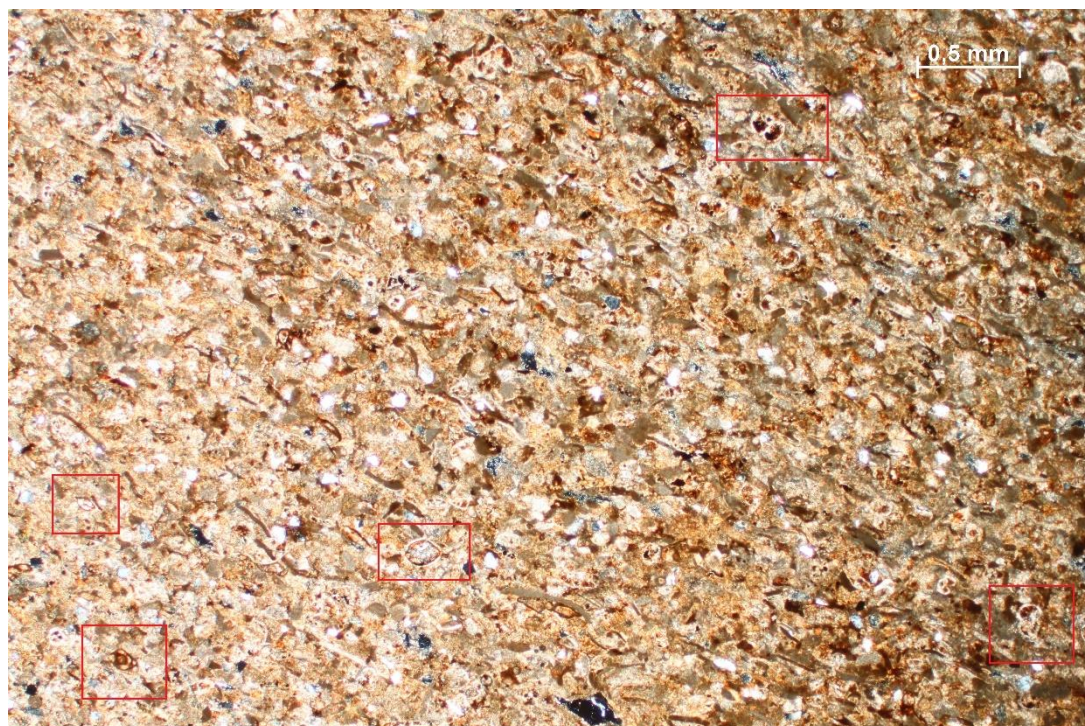
Prilog 8 – Uzorak A1/1 (f=fragment ljušturice).



Prilog 9 – Uzorak A2/1. Bijeli oblici predstavljaju fragmente kućica foraminifera (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika).



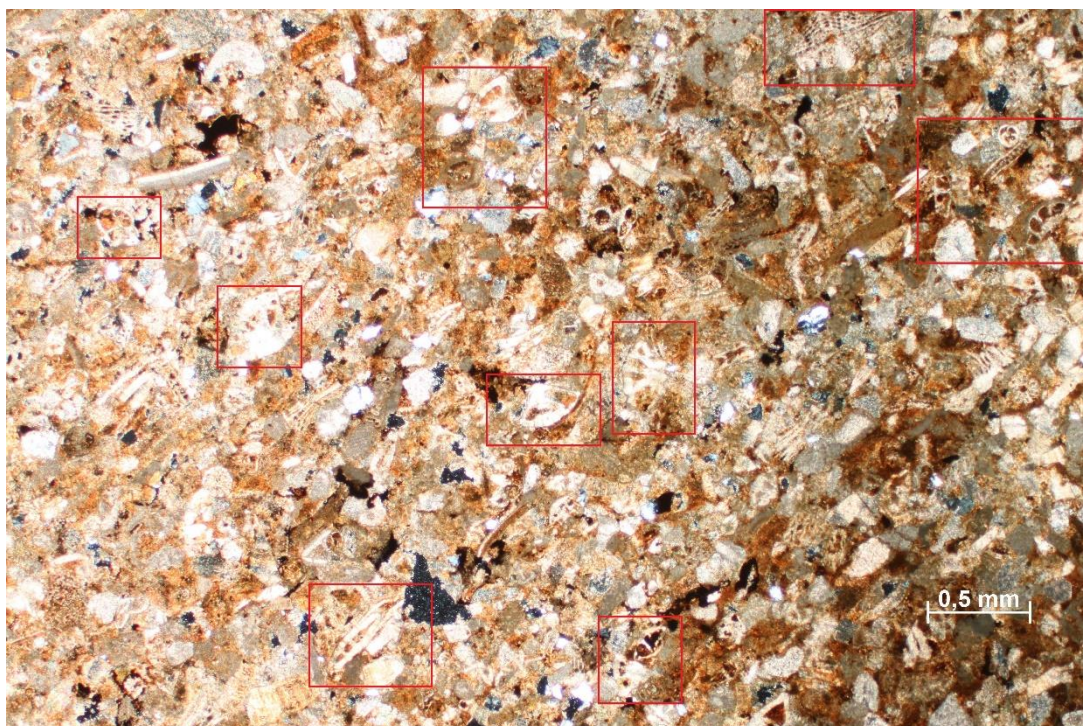
Prilog 10 – Uzorak A5/1 (f=fragment ljušturice; PF=planktonska foraminifera).



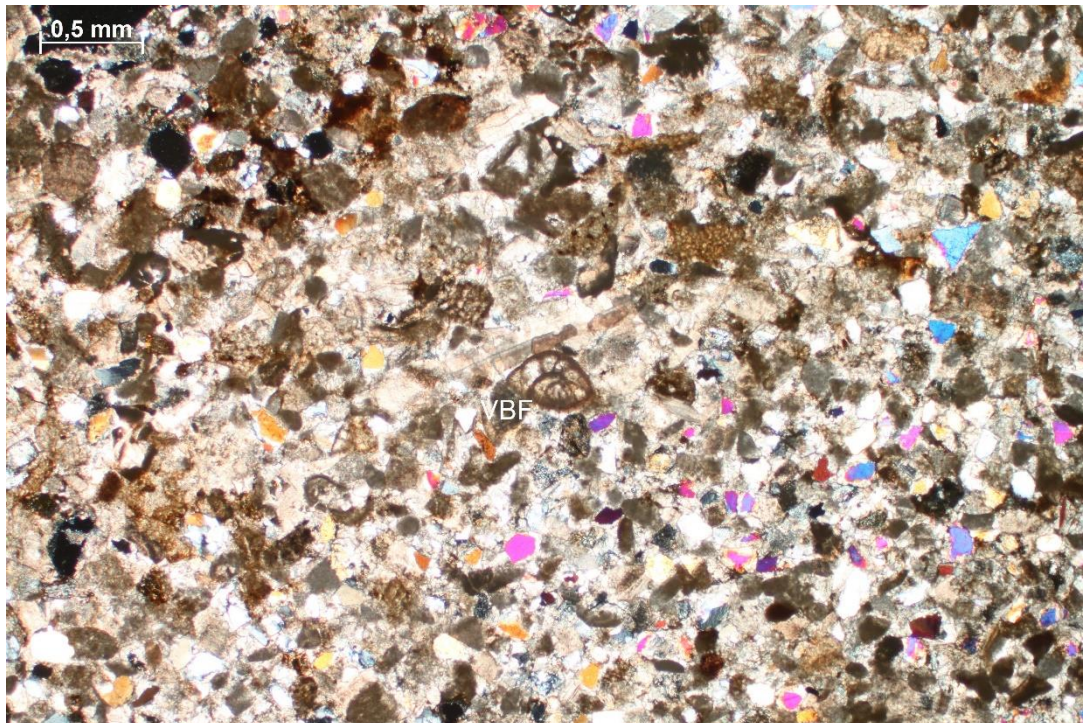
Prilog 11 – Uzorak A6/1. Pronalasci PF i MBF (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika).



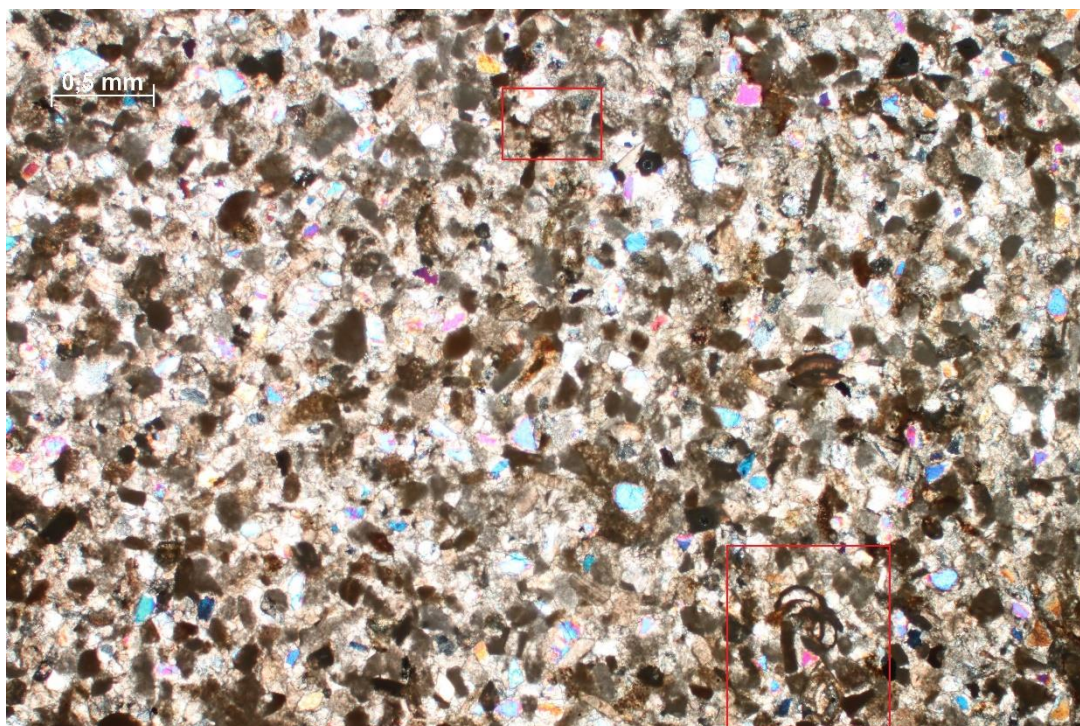
Prilog 12 – Uzorak A7/1. Potencijalni pronalasci redova *Miliolidae*, *Textulariida*, *Rotaliida* i *Globigerinidae*, i drugih manje prepoznatljivijih fragmenta foraminifera (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika).



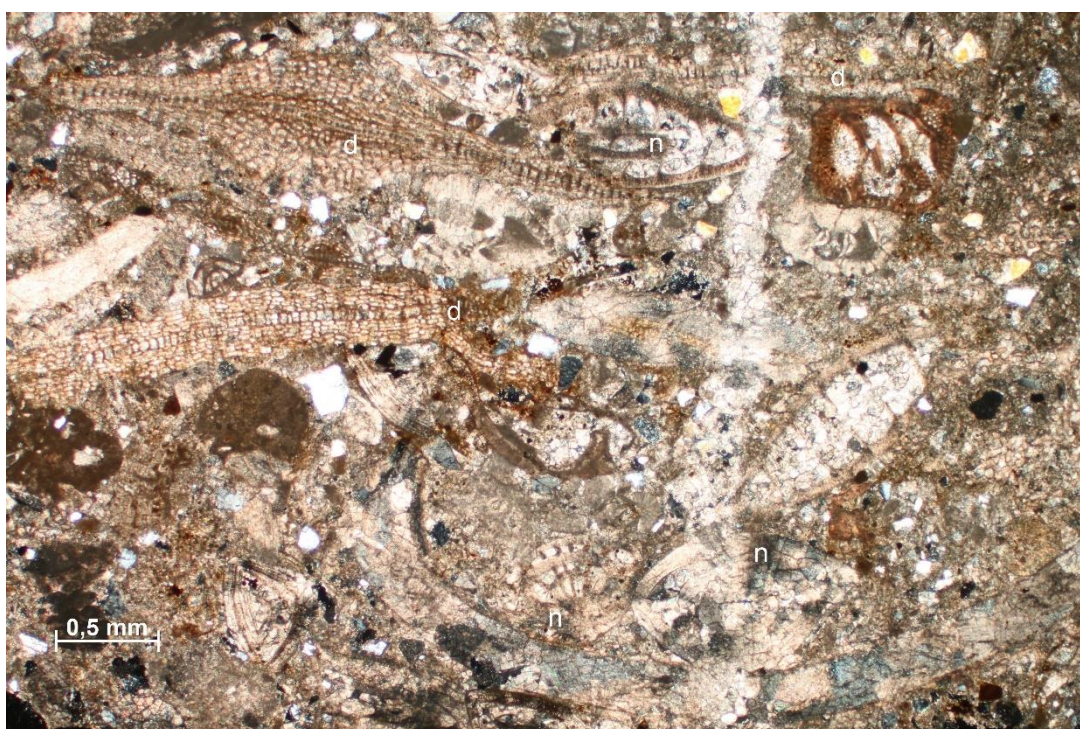
Prilog 13 – Uzorak A10/1. Mogući pronalasci VBF porodice *Discoeyclinidae* i *Nummulitidae*. Red *Rotaliida* (rod *Nodosariida*?) (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika).



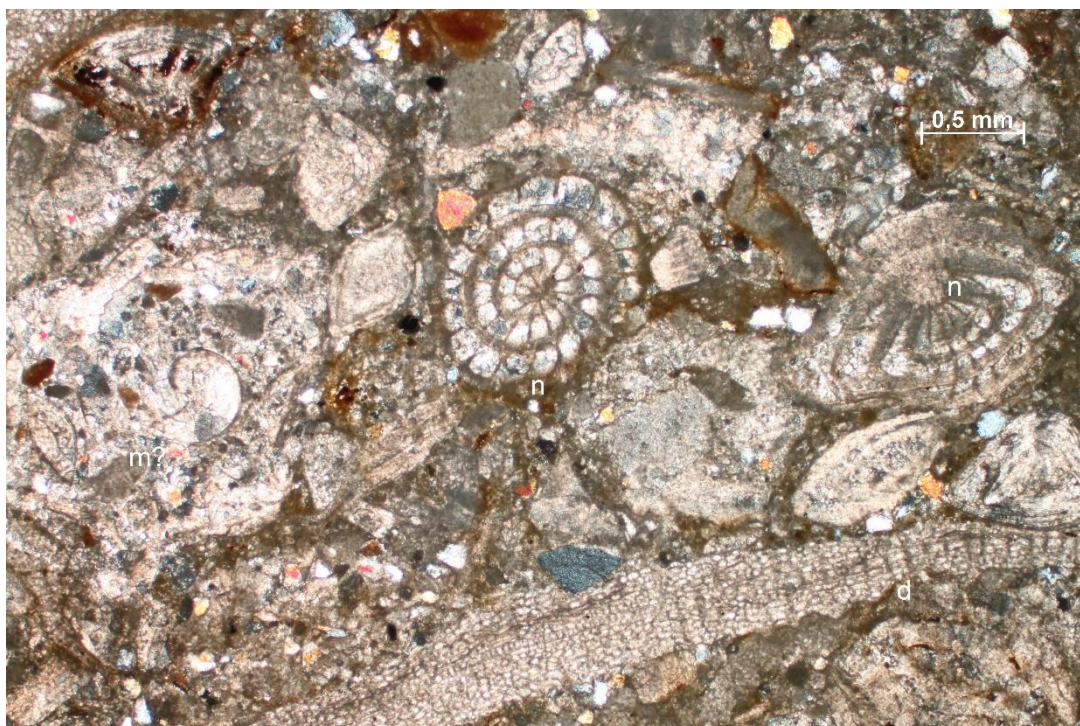
Prilog 14 – Uzorak F1/1. Mogući pronalazak reda *Rotaliida* (VBF=velika bentička foraminifera).



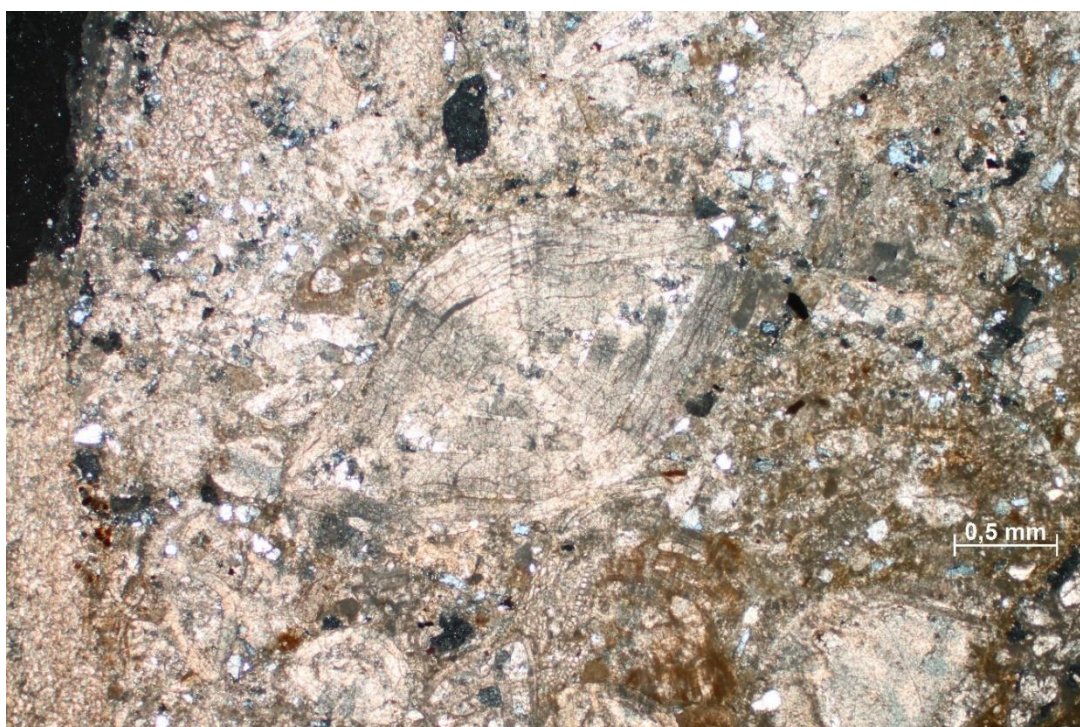
Prilog 15 – Uzorak F2/1. Mogući pronalazak roda *Miliolidae* (jasniji oblici unutar crvenog pravokutnika).



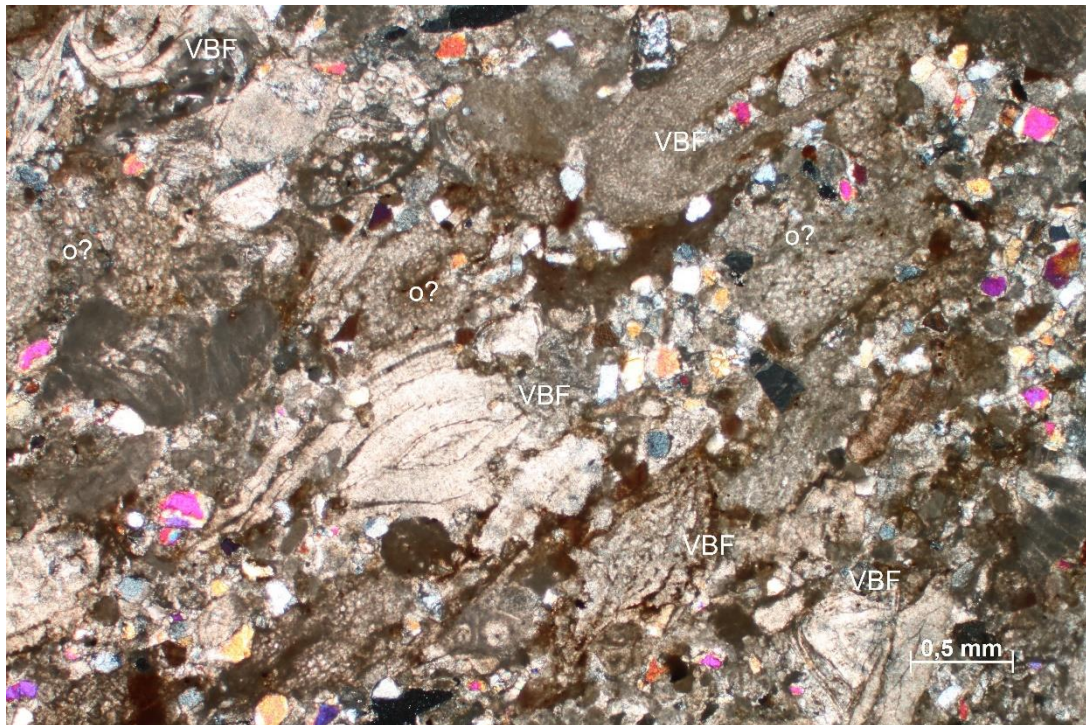
Prilog 16 – Uzorak F3A/1 (n=Nummulitidae; d=Discocyclinidae).



Prilog 17 – Uzorak F3A/2 (m=mekušac; n=*Nummulitidae*; d=*Discocyclinidae*).



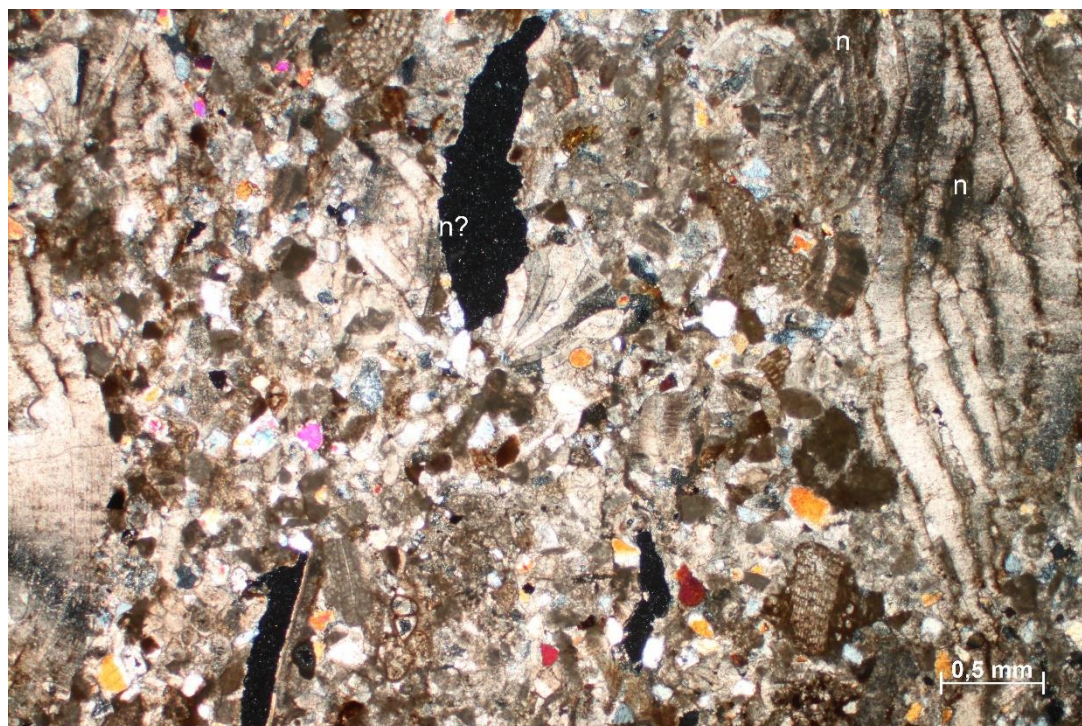
Prilog 18 – Uzorak F3A/4. U fokusu kućica VBF porodice *Nummulitidae*.



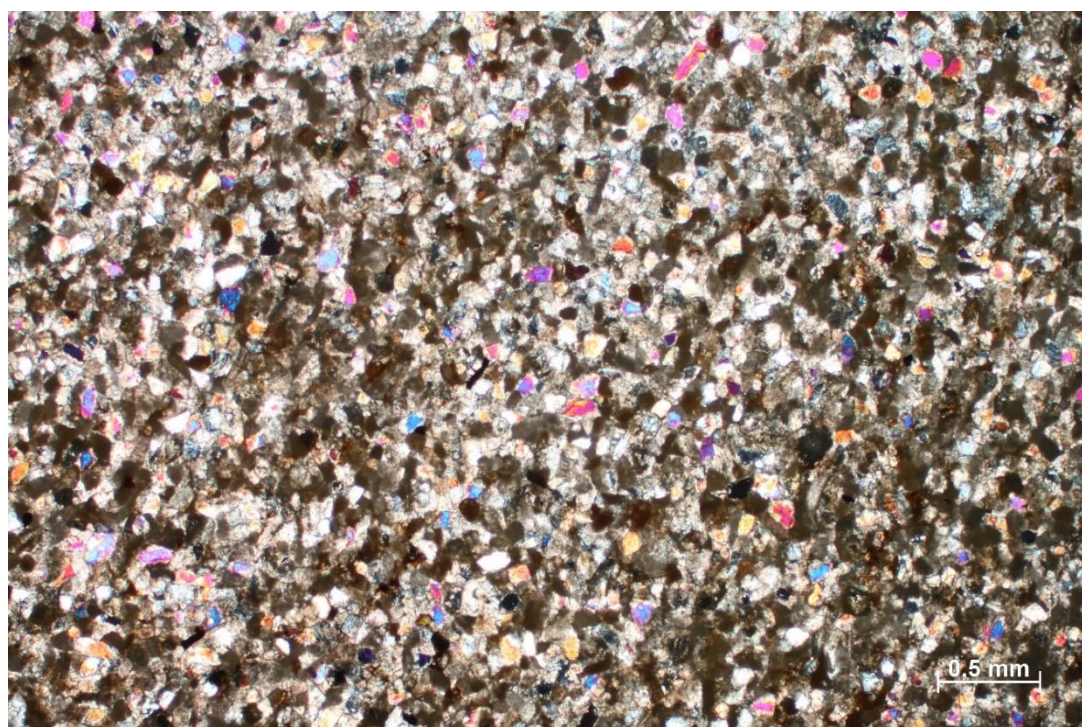
Prilog 19 – Uzorak F3B/1 (o= *Orbitoidinae*; VBF=velika bentička foraminifera).



Prilog 20 – F3B/3 (n= *Nummulitidae*; d=*Discocyclinidae*).



Prilog 21 – F3B/4 (n=*Nummulitidae*).



Prilog 22 – F4/1. Vrlo nejasna slika glede mikrofosilnog sadržaja.

10. Popis slika i tablica u radu

Slika 1 (str. 2) – Shematski prikaz tipičnog predgorskog bazenskog sustava. A) Pojednostavljeni prikaz taložnog akomodacijskog prostora klinastog oblika. B) Detaljna podjela predgorskog taložnog bazena (preuzeto i modificirano iz ORI & FRIEND, 1984).

Slika 2 (str. 4) – Karta izopaha (m) s primjerom rekonstruiranih dubina *foredeep*, *forebulge* i *back-bulge* taložnih zona. Kootenai formacija, jugozapad Montane, SAD (preuzeto iz DECELLES & GILES, 1996).

Slika 3 (str. 5) – Isječak OGK Obrovac 1 : 100 000 s označenim mjestima prikupljenih uzoraka (crveni kružići). Dolje desno: Karta Hrvatske s označenom lokacijom isječka OGK Obrovac (IVANOVIĆ et al., 1973).

Slika 4 (str. 8) – Pojednostavljeni prikaz taložnih sustava Sjeverodalmatinskog predgorskog bazena s podjelom na litozone (preuzeto iz BABIĆ & ZUPANIĆ, 2008).

Slika 5 (str. 9) – Fotografija izdanka jedinice konglomerata na lokalitetu Obrovac-Medviđa.

Slika 6 (str. 19) – Fotografija svih 15 neobrađenih uzoraka, lijevo: A1-A10 (oblutci pješčenjaka iz aluvijalnih naslaga); desno: F1-F4 (pješčenjaci iz fliša).

Slika 7 (str. 11) – Scheiblerova aparatura.

Slika 8 (str. 12) – Filtriranje odleđenih uzoraka.

Slika 9 (str. 13) – Polarizacijski mikroskop s otvorenom zbirkom teških minerala.

Slika 10 – Uzorak A7/2. Potencijalni pronalasci redova *Miliolidae*, *Rotaliida* i *Globigerinidae*, i drugih manje prepoznatljivijih fragmenta foraminifera (jasniji oblici unutar crvenih pravokutnika; m=*Miliolidae*; r=*Rotaliida*; g=*Globigerinidae*).

Slika 11 (str. 17) – Uzorak F3A/3. U fokusu kućica VBF porodice *Nummulitidae*.

Slika 12 (str. 18) – F3B/2. Primjerak makroskopske VBF. (a=*Alveolinidae*; n=*Nummulitidae*).

Slika 13 (str. 18) – F3B/5. U fokusu jasan prikaz VBF. (n=*Nummulitidae*).

Slika 14 (str. 19) – Grafički prikaz udjela (%) karbonatne komponente po uzorku (dijagrami su izvedeni iz statističkih podataka tablice 1).

Slika 15 (str. 20) – Grafički prikaz udjela pojedine prepoznate mineralne vrste, neprozirnih zrna i litičnih fragmenata u analiziranim uzorcima. (Op=neprozirni minerali (*opaque*), Ms=muskovit, Bt=biotit, Chl=klorit, Ostalo=Fe-oksidi i litični fragmenti, PTM=prozirni nelistićavi teški minerali).

Slika 16 (str. 22) – Grafički prikaz udjela pojedinih mineralnih vrsta skupine prozirnih nelistićavih teških minerala u analiziranim uzorcima. (Grt=granati, Tur=turmalini, Ttn=titanit, Rt=rutil, Chr=kromit, Ap=apatit, Tr/Act=tremolit/aktinolit, Ky=kijanit, Jrs=jarosit, St=staurolit, Ep=grupa epidota, Cld=kloritoid, Gln=glaukofan, Zrn=cirkon, n.i.=neodredivo).

Tablica 1 (str. 19) – Udio (%) karbonatne komponente u analiziranim uzorcima.

Tablica 2 (str. 20) – Udjeli pojedinih skupina zrna u analiziranim preparatima teških frakcija (Op=neprozirni minerali (*opaque*), Ms=muskovit, Bt=biotit, Chl=klorit, Ostalo=Fe-oksidi i litički fragmenti, PTM=prozirni nelistićavi teški minerali).

Tablica 3 (str. 21) – Udjeli pojedinih mineralnih vrsta skupine prozirnih nelistićavih teških minerala u analiziranim uzorcima. (Grt=granati, Tur=turmalini, Ttn=titanit, Rt=rutil, Chr=kromit, Ap=apatit, Tr/Act=tremolit/aktinolit, Ky=kijanit, Jrs=jarosit, St=staurolit, Ep=grupa epidota, Cld=kloritoid, Gln=glaukofan, Zrn=cirkon, n.i.=neodredivo).