

Gornjokredni klastiti na području Sokolovica-Ljubeničica, zapadna Medvednica

Majerić, Tea

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:217:834433>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Tea Majerić

**Gornjokredni klastiti na području Sokolovica-
Ljubeničica, zapadna Medvednica**

Seminar III
Preddiplomski studij geologije

Mentor:
Doc. dr. sc. Katarina Gobo

Zagreb, 2022. godina.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Seminar III

Gornjokredni klastiti na području Sokolovica-Ljubeničica, zapadna Medvednica

Tea Majerić

Rad je izrađen: Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102b, 10000 Zagreb

Sažetak:

Sedimentne stijene koje su predmet ovog istraživanja dio su gornjokrednih naslaga zapadne Medvednice. Metode koje su korištene pri istraživanju su terenski rad, mikroskopiranje i kalcimetrija. Istraživane sedimentne stijene određene su kao konglomerati, kalkareniti i muljnjaci. Potvrđena je gornjokredna starost stijena pomoću foraminifera roda *Orbitoides*. Konglomerati su opisani kao debriti, a izmjene kalkarenita i muljnjaka kao turbiditi te im je određen taložni prostor. Fluvijalni tokovi i progradacija delte do ruba šelfa pretpostavljeni su model transporta karbonatom bogatog sedimenta na rub šelfa, a sedimentacija se događala u dubokomorskom okolišu iz turbiditnih i debritnih tokova.

Ključne riječi: klastiti, turbiditi, debriti, gornja kreda, zapadna Medvednica

Rad sadrži: 21+XIV stranica, 13 slika, 1 tablica, 25 literaturnih navoda i 5 tabli

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: Doc. dr. sc. Katarina Gobo, PMF, Zagreb

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

Doc. dr. sc. Karmen Fio Firi, PMF, Zagreb

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

Datum završnog ispita: 26. rujna, 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

Upper Cretaceous clastic deposits in the area of Sokolovica-Ljubeničica, western
Medvednica

Tea Majerić

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

Abstract:

Sedimentary rocks which are the subject of this thesis are a part of the Upper Cretaceous deposits of western Medvednica. The methods used in this research are field work, microscopy, and calcimetry. The sedimentary rocks studied are determined as conglomerates, calcarenites and mudstones. The Upper Cretaceous age of the rocks was confirmed by the finding of the foraminifera genus *Orbitoides*. Conglomerates are described as debrites and layers of calcarenites and mudstones as turbidites. Fluvial flows and delta progradation to the shelf edge are assumed as a way of transport for carbonate-rich sediments to the shelf edge, which were then brought by means of turbulent and debris flows in a deepmarine environment.

Keywords: clastites, turbidites, debrites, Upper Cretaceous, western Medvednica

Seminar contains: 21+XIV pages, 13 figures, 1 tabel, 25 references, and 5 plates

Original in: Croatian

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

Supervisor: Katarina Gobo, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Zagreb

Reviewers: Katarina Gobo, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Zagreb

Karmen Fio Firi, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Zagreb

Frane Marković, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Zagreb

Date of the final exam: September 26, 2022

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Pregled dosadašnjih istraživanja.....	4
3.	Materijali i metode istraživanja	7
3.1.	Terenski rad	7
3.2.	Mikroskopski preparati	8
3.3.	Kalcimetrija	8
4.	Rezultati	10
4.1.	Terenski rad	10
4.2.	Kalcimetrija	14
4.3.	Mikroskopiranje.....	15
5.	Rasprava	16
5.1.	Klasifikacija sedimentnih stijena	16
5.2.	Starost stijena.....	16
5.3.	Sedimentacijski procesi u dubokomorskom okolišu	16
5.3.1.	Turbiditni tokovi.....	17
5.3.2.	Debritni tokovi	17
5.4.	Taložni model	17
5.5.	Podrijetlo sedimenta	18
5.6.	Utjecaj na donos sedimenta prema dubokom moru.....	19
6.	Zaključak	20
7.	Literatura.....	21
8.	Table	V

1. Uvod

Medvednica je planina vrlo kompleksne geološke građe na što utječe položaj u graničnoj zoni velikih geotektonskih jedinica. Izgrađuju je ortometamorfiti facijesa zelenih škriljavaca, parametamorfiti, bazični i ultrabazični magmatiti, dolomiti, Scaglia vapnenci, te različite vrste klastita silurske do paleogenske starosti (ŠIKIĆ i sur.,1979). Medvednicu u gornjoj kredi okruživali su plitkomorski i dubokomorski okoliši u kojima su se događali različiti procesi transporta i načini sedimentacije. Stijene kredne starosti zastupljene su kao izmjene pješčenjaka, šejlova, lapora, radiolarijskih rožnjaka i vapnenaca (ŠIKIĆ, 1995). Sedimentne stijene nastaju različitim fizičkim, kemijskim i biološkim procesima i njihovom kombinacijom. Siliciklastični sedimenti (terigeni ili epiklastični) sastoje se od klasta (fragmenata) starijih stijena. U tu skupinu pripadaju konglomerati, breče, pješčenjaci i pelitni sedimenti. Sedimentne stijene biogenog i biokemijskog sastava i podrijetla su vapnenci, dolomiti, rožnjaci, naslage fosfata i ugljena i šejlovi. Postoje još i sedimentne stijene kemijskog postanka i vulkanoklastične naslage.

Na zapadnim obroncima Medvednice, na području Sokolovica-Ljubeničica, nalazi se izdanak čije su stijene predmet ovog istraživanja. Ciljevi ovog istraživanja su analiza i određivanje facijesa i taložnog okoliša gornjokrednih sedimentnih stijena na spomenutom lokalitetu (slike 1–3).



Slika 3. Geološka građa užeg područja istraživanja
s približno označenom lokacijom izdanka

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Istraživane naslage nalaze se na listu Zagreb Osnovne geološke karte (ŠIKIĆ i sur., 1979) i pripadajućem tumaču za list Zagreb (ŠIKIĆ i sur., 1979) i opisane su kao sedimentne stijene kredne starosti, točnije gornji senon. Navode da su gornjokredne naslage jako tektonski poremećene, a čine ih izmjene pješčenjaka, šejlova, lapora, radiolarijskih rožnjaka i vapnenaca. Uslojeni pješčenjaci su feldspatske i litoidne grauvake čiji detritus sačinjavaju niskometamorfni škriljavaci i kiseli intruzivi. Uz pješčenjake najzastupljeniji su tamnosivi do crni šejlovi. Za mlađe naslage navode kako su najvjerojatnije izmjene laporovitih pješčenjaka i lapora u kojima su nađene orbitoline. Sivi biomikriti i biokalkareniti pojavljuju se kao proslojci i ulošci unutar šejlova i pješčenjaka, a često sadrže uklopke rožnjaka i u njima su zapaženi pahiodontni školjkaši. Spominju se i krinoidni kalkareniti kao zone unutar klastita. Prema podacima NEDĚLA-DEVIDÉ (1956) te HERAK i NEDĚLA-DEVIDÉ (1964) u glinovitim i pjeskovitim laporima određena je foraminifera *Orbitolina concava*, a superpozicijski više školjkaš *Chondrodonta joannae*, što ukazuje na cenoman–turonsku starost tih naslaga.

Prema Geološkom vodiču Medvednice (ŠIKIĆ, 1995), na maloj površini jugozapadnog dijela Medvednice utvrđene su alb–cenomanske sedimentne stijene. One se sastoje od izmjene kalkarenita, kalcirudita, lapora i rožnjaka, a uglavnom su turbiditnog podrijetla. Pretaložene karbonatne čestice i biogeni detritus potječu iz plitkovodnih vapnenačkih sedimenata trijasa, jure i starije krede te pelagičkih sedimenata jure.

Nadalje, polimiktne brečo-konglomerate, konglomerate i krupnozrnaste pješčenjake smatraju da su starosti santon?–donji kampan. Konglomerati i pješčenjaci su većim dijelom aluvijalnog podrijetla, a breče su nastajale uz strme obale sa slabijim donosom materijala. Ove sedimentne stijene postupno prelaze u sitnozrnastije pješčenjake grauvaknog tipa, a zatim u izmjenu pješčenjaka i šejla s obilježjima turbiditne sedimentacije što ukazuje na produbljavaње okoliša. U pješčanim naslagama nalaze se ostaci školjkaša (najčešće *Inoceramus*), rjeđe ježinaca, koralja i drugih. Navode da istodobno u nekim predjelima postoje i plitkovodni okoliši.

Prema ŠIKIĆ (1995) tijekom kampana, točnije kasnog kampana došlo je do tektonskog smirenja i gotovo prestanka donosa terigenih čestica s kopna. Bazen se širio, a u otvorenome i dubljem moru taložili su se obojeni mikritni pelagički vapnenci s globotruncanama. Pronađeni su i sivi mikritni i biomikritni vapnenci s lećama rožnjaka i

proslojcima sitnozrnastih i krupnozrnastih kalkarenita i izraženim tipom turbiditne sekvencije. Na prijelazu kampan–mastiht opisuju kako su uslijed tektonskih nemira ponovno obnovljeni kopneni izvori detritičnih čestica i održani bazenski uvjeti sedimentacije. Tijekom mastrihta obnavlja se tektonski nemir i izdiže kopno, a okopnjavaju i rubni predjeli bazenskog prostora. U jugozapadnom predjelu Medvednice fliš naglo prelazi u dubljevodne, deblje uslojene, krupnoklastične sedimente s debritnim obilježjima.

Kod Ljubeničica potoka (lokalitet koji se obrađuje u ovome radu) i na Mikulić potoku opisani su metarski i dekametarski izdanci. Izdanci se sastoje od polimiktnih brečokonglomerata debljih slojeva s lećama i proslojcima krupnozrnastih pješčenjaka. Stijene pretežito sadrže kršje rudista i drugih školjkaša, puževa, koralja i alga. U pješčenjacima su nađene krupne mastrihtske foraminifere rodova *Orbitoides* i *Siderolites*. Navode da je značajno što su se gornjosenonski makrofosili pretaloživali, a uz njih i fragmenti Scaglia vapnenaca s globotruncanama. Na debritima postupno slijede turbiditi izgrađeni od izmjene karbonatnih pješčenjaka, siltnih i glinovitih lapora.

Istraživanja na izdanku koji je predmet istraživanja ovog rada, izvođena su i opisana kao „sedimenti gornjeg senona u dolini potoka Vrapčak“. Istraživanje ovog izdanka je objavljeno u Geološkom vodiču Medvednice (ŠIKIĆ, 1995). Opisuju se konglomerati i pješčenjaci kao kanalski članovi koji su taloženi debritnim tokovima, a na kojima slijede turbiditi. Konglomerati su opisani kao masivni, slabo uslojeni, polimiktni, dobro sortirani i klast- do matrikspotporni. Određeno je kako su klasti različite metamorfne stijene, kvarc, pješčenjaci, eruptivi, dolomiti i vapnenci, nezaobljeni fragmenti Scaglia vapenca i rjeđe fragmenti rudista. Matriks je krupnozrnasti karbonatni pješčenjak. Turbiditi su opisani kao izmjena sitno- i srednjozrnastih karbonatnih pješčenjaka, laporovitih silita i masivnih lapora. Zapaženi turbiditni intervali su Tb–Te. Kampanska starost slijeda ovih sedimenata određena je analizom nanoplanktonskih formi u laporima turbiditnih sekvencija.

SREMAC i sur. (2018) opisali su gornjokredne konglomerate jugozapadnog dijela Medvednice. Navode kako su polimiktni, klast- do matrikspotporni, slabo sortirani i transportirani debritnim tokovima. Valutice konglomerata su odlomci paleozojskih i trijaskih stijena. Klastično-karbonatni litološki sastav povezuju s ekstenzijskim režimom koji se tada odvijao. Dali su novu interpretaciju za način transporta klastičnog materijala na šelf. Transport bi bio bujicama, a ne rijekama kako je prije pretpostavljano. Opisuju kako

je Medvednica za vrijeme krede bila premali otok za razvoj aluvijalnih sustava te se konglomerati samo lokalno rasprostiru. Za starost klastita navode kasni santon prema vapnenačkom nanoplanktonu i pelagičkim foraminiferama nađenima u iznad taloženom pelagičkom sedimentu. Zaključuju da se dogodila transgresija koja odgovara zabilježenom uzdizanju razine mora prije otprilike 84 mil.god.

3. Materijali i metode istraživanja

3.1. Terenski rad

Terenski rad obavljen je na području Sokolovica-Ljubeničica uz lijevu padinu potoka Ljubeničica, na obroncima zapadne Medvednice. Koordinate izdanka približno su $45^{\circ}51'30.6''\text{N}$ $15^{\circ}53'26.3''\text{E}$. Prostrani izdanak nalazi se neposredno uz lako prohodan i široki šumski put koji vodi od Zelene magistrale do slapa Sopot (slike 4–6). Na terenu je izdanak opisivan uz neposredno crtanje sedimentološkog stupa. Od priručnih predmeta korišten je rasklopni metar za mjerenje dimenzija slojeva i kao mjerilo pri fotografiranju. Uzeto je ukupno devet uzoraka koji su označeni oznakama U1–U9.



Slika 4. Zapadni dio izdanka na području Sokolovica-Ljubeničica



Slika 5. Središnji dio izdanka na području Sokolovica-Ljubeničica



Slika 6. Nastavak središnjeg dijela izdanka na području Sokolovica-Ljubeničica

3.2. Mikroskopski preparati

Od svih devet uzoraka izrađeni su mikroskopski preparati na Geološko-paleontološkom zavodu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Prvi korak izrade mikroskopskih preparata je strojno rezanje stijene, na dijelu koji smatramo pogodnim, u manje pločice. One se zatim ručno bruse pomoću abrazivnog praha i rotirajuće ploče za poliranje i brušenje. Pločice se trebaju temeljito oprati vodom i osušiti pomoću električne ploče. Osušene pločice se zatim lijepe na predmetno stakalce pomoću kanada balzama. Kada se dobro zalijepe strojno se bruse do željene debljine te dodatno ručno stanjuju do debljine 20 do 30 mikrometara.

Mikroskopski preparati prvo su pregledani stereoskopskom lupom radi približnog uvida. Pomoću polarizacijskog mikroskopa Zeiss Axiolab na Mineraloško-petrografskom zavodu, Prirodoslovno-matematički fakultet, ponovno su pregledani mikroskopski preparati i napravljene fotomikrografije. Fotoaparati na mikroskopu povezan je s računalom i radi pomoću EOS Utility programa. Mikrofotografije su fotografirane pod povećanjem objektiva 2,5x i 10x te je nadodano mjerilo pomoću Axio Vision Rel. 4.8 programa.

3.3. Kalcimetrija

Udio karbonatne komponente određen je volumetrijskim mjerenjem CO₂ kod svih devet uzoraka. Uzorke stijena prvo je bilo potrebno razlomiti pomoću čekića na manje dijelove, a

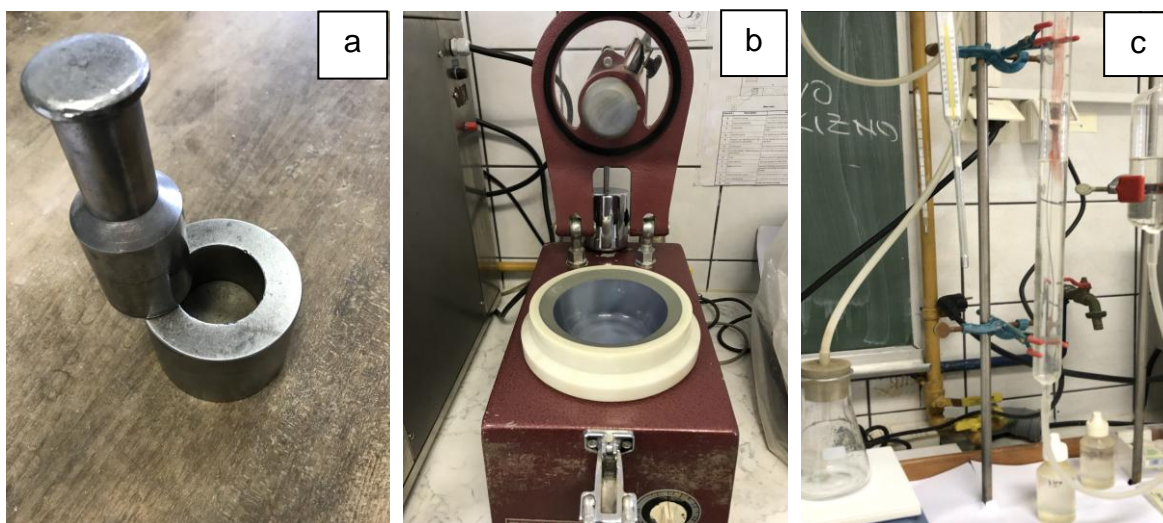
zatim usitniti u metalnom mužaru (slika 7a). Dobiveni dobro usitnjeni uzorak stijene dodatno se usitnjava u mlinu s ahatnim tučkom do veličine praha (slika 7b). Kao prvi korak kalcimetrije potrebno je odvagati dva puta po približno 300mg svakog usitnjenog uzorka na analitičkoj vagi. Za svaki uzorak potrebno je provesti dva mjerenja kako bi se mogla provjeriti točnost rezultata. Također, potrebno je odvagati dva puta po približno 300mg standarda – kalcijevog karbonata. Standard je 100%-tni kalcijev karbonat za koji trebamo dobiti rezultat što bliži 100% udjela CaCO_3 te tako potvrditi ispravnost reakcije i izračuna koji slijede za uzorke. Mjerenja su se provodila u periodu od dva dana te su zato korištena dva standarda kako bi bili sigurni da je sve ispravno i pri drugom setu mjerenja.

Aparatura koja se koristi za volumetrijsko mjerenje CO_2 je Scheiblerov kalcimetar (slika 7c). Izvaganih 300 mg uzorka stavlja se u tikvicu zajedno s 5 ml HCl-om (1:1) koji je odvojen u posudi kako ne bi došlo do reakcije prije nego se cijeli sustav zatvori. Nakon što uključimo miješalicu HCl se izlijeva i reakcija kreće. Nakon 5 minuta trajanja postupka potrebno je očitati volumen razvijenog CO_2 na graduiranoj cijevi. Količina CaCO_3 u uzorku dobiva se prema formuli:

$$\% \text{CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 \times F \times 2.274 \times 100) / \text{mg uzorka}$$

„F“ je faktor koji iznosi kao težina 1ml CO_2 pri temperaturi i tlaku tokom analize, a iščitava se iz standardizirane tablice. Za mjerenje svakog uzorka potrebno je očitati trenutnu temperaturu i tlak kako bi izračun bio precizan.

Opisani postupak kalcimetrije proveden je u laboratorijima Mineraloško-petrografskog zavoda, Prirodoslovno-matematički fakultet.



Slika 7. a) metalni mužar, b) mlin s ahatnim tučkom, c) Scheiblerov kalcimetar

4. Rezultati

4.1. Terenski rad

Zapaženo je kako se izdanak u donjem dijelu sastoji od konglomerata, a u nastavku od izmjene muljnjaka i pješčenjaka. Konglomerati su slabo uslojeni, ali gdje se slojevi naziru, debljine su 0,36–1,40 m. Određeni su kao masivni, polimiktni, matriksopotporni, a matriks je sitno- do srednjezrnasti pješčenjak (slika 8). Maksimalna veličina valutica je 6 cm u promjeru. Uočena je i amalgamacija slojeva. U stratigrafski dva najniža sloja uočena je normalna gradacija. Najgornji sloj konglomerata bolje je uslojen od ostalih.

Na konglomerate se nastavlja izmjena slojeva mulja i pješčenjaka. Ukupna debljina tog dijela je 4,5 m, a pojedinačni slojevi su debljine 1–25 cm. Od taložnih tekstura i slojnih formi u pješčenjacima uočeni su blago asimetrični riplovi, erozivna donja slojna ploha, horizontalna i kosa laminacija te normalna gradacija. U muljnjaku je uočena slaba laminacija. Prosječan položaj ovih slojeva je 67/28.

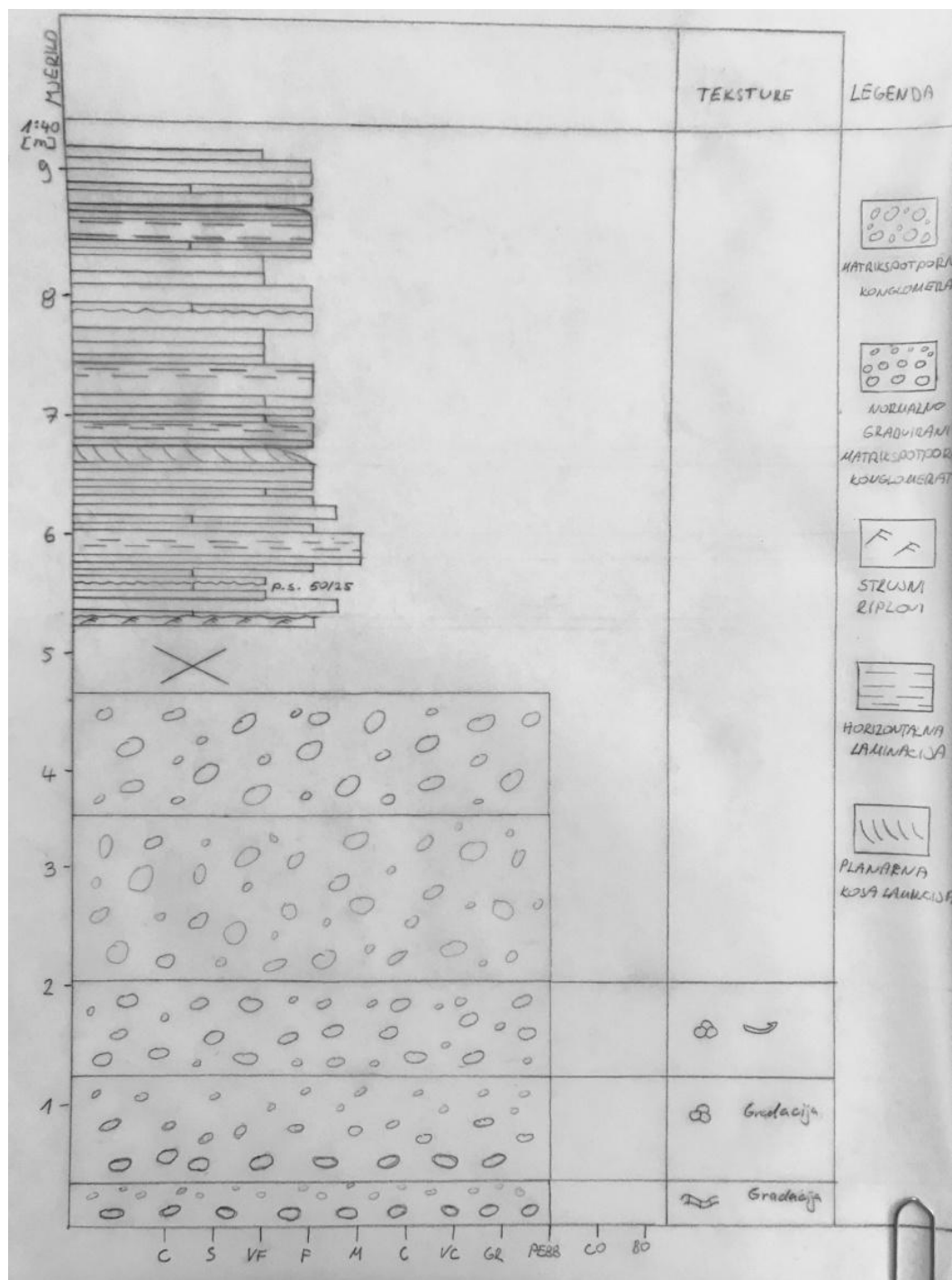


Slika 8. Konglomerat iz kojeg je uzet uzorak 2

Sedimentološki stup crtan je prema zabilježenim opažanjima i skici crtanoj na terenu. Sadrži podatke o debljini slojeva, litološkom sastavu, zapaženim taložnim teksturama, slojnim formama, orijentaciji slojeva i sadržaju fosila. U nekim tanjim slojevima postoje horizontalne laminacije, no zbog nepreglednosti nisu naznačene.

Prema sedimentološkom stupu (slika 9) možemo izdvojiti devet facijesa, a biti će poredani od najslabije do najjače hidrauličke energije sustava. Intervali turbiditne sekvencije koji su zastupljeni u proučavanom slijedu naslaga su Ta–Te.

1. facijes (Te) – muljnjak, bez teksturnih obilježja što ukazuje na taloženje iz suspenzije.
2. facijes (Td) – slabo laminirani pješčenjak ili slabo laminirani muljnjak.
3. Facijes (Tc–Td) – pješčenjak sa strujnim riplovima ili kosom laminacijom (Tc) i slabo laminirani pješčenjak ili slabo laminirani muljnjak (Td).
4. facijes (Tb) – horizontalno laminirani pješčenjak.
5. facijes (Ta–Tb–Tc) – masivni, ponekad normalno graduirani pješčenjak (Ta), horizontalno laminirani pješčenjak (Tb) i pješčenjak sa strujnim riplovima ili kosom laminacijom (Tc).
6. facijes (Ta–Tb) – masivni, ponekad normalno graduirani pješčenjak (Ta) i horizontalno laminirani pješčenjak (Tb).
7. facijes (Ta) – masivni, ponekad normalno graduirani pješčenjak.
8. facijes – normalno graduirani matrikspotporni konglomerati gdje normalna graduacija ukazuje na slabiju energiju sustava od sustava gdje ona izostaje.
9. facijes – matrikspotporni konglomerati koji ukazuju na najvišu energiju sustava.



Slika 9. Sedimentološki stup izdanka na području Sokolovica-Ljubeničica

Intervali turbiditne sekvencije koji su zastupljeni u proučavanom slijedu naslaga su Ta–Te (slika 10). Kao Ta interval određeni su masivni, ponekad normalno graduirani kalkareniti. Tb interval određen je kao horizontalno laminirani kalkarenit. Tc sedimentni interval je kalkarenit sa strujnim riplovima ili kosom laminacijom. Td interval su slabo laminirani kalkarenit ili slabo laminirani muljnjak. Te interval je muljnjak bez teksturnih obilježja.



Slika 10. Izmjena intervala Ta-Te

Kod jednog sloja Tc intervala koji sadrži blago asimetrične, strujne riplove posljednično je stvorena valovita gornja slojna ploha (slika 11). U Tc intervalu također je u jednom sloju uočena kosa laminacija što ukazuje na migraciju dvodimenzionalnih riplova.



Slika 11. Valovita gornja slojna ploha intervala Tc

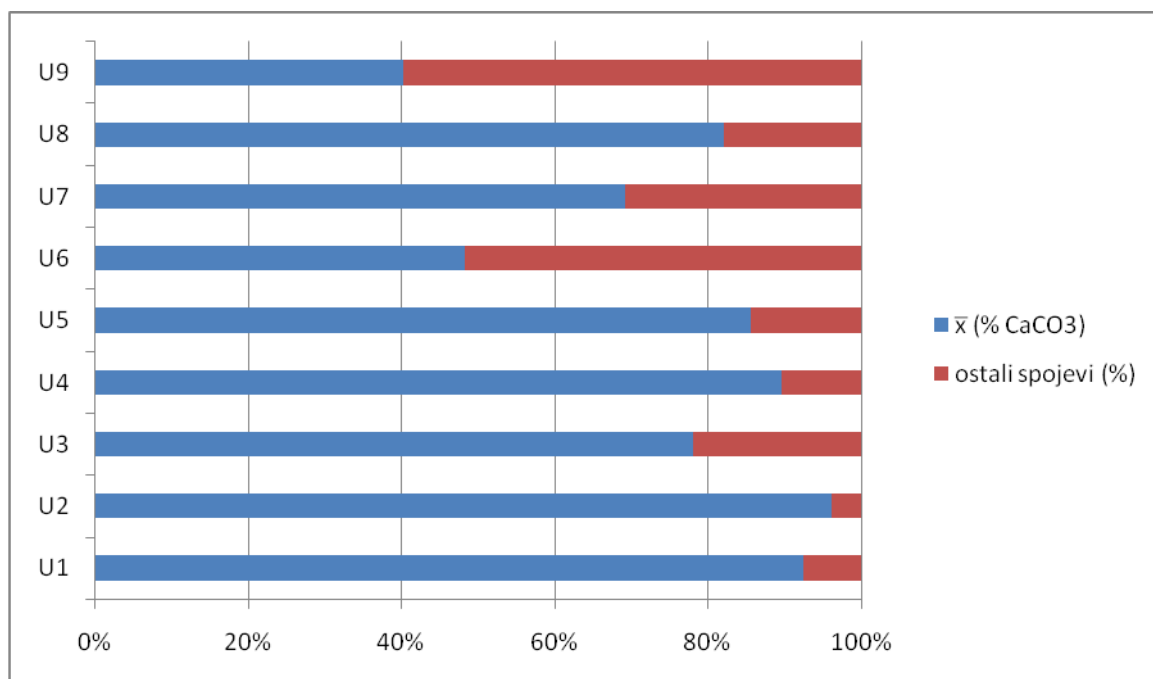
4.2. Kalcimetrija

Rezultati kalcimetrije prikazani su tablično (tablica 1). Izračunom prema ranije navedenoj formuli dobiveni su rezultati %CaCO₃. Svaki od ukupno devet uzoraka ima dva rezultata postotnog udjela CaCO₃ jer su provedena po dva mjerenja. Tablica sadrži i podatke o masi uzorka, temperaturi i tlaku u laboratoriju i očitanoj vrijednosti CO₂ pri mjerenju.

Tablica 1. Pregled izmjerenih vrijednosti u postupku kalcimetrije

uzorak	masa uzorka (mg)	temp. (°C)	tlak (mmbar)	CO ₂ (ml)	%CaCO ₃
S1	296,50	20,00	986,00	70,50	98,46
	308,00	19,50	986,00	76,00	102,35
S2	303,10	21,00	983,00	75,00	101,79
	304,60	21,00	983,00	76,50	103,21
U1	300,20	21,50	986,00	68,00	93,34
	298,50	19,50	986,00	66,00	91,71
U2	299,00	19,50	986,00	69,00	95,72
	300,30	20,00	986,00	70,00	96,53
U3	297,00	22,00	986,00	56,00	77,56
	299,80	21,00	986,00	57,00	78,47
U4	299,10	21,00	986,00	66,00	91,08
	305,00	22,00	983,00	65,50	88,05
U5	303,40	22,00	983,00	64,00	86,49
	299,40	22,00	983,00	62,00	84,90
U6	297,60	22,00	983,00	35,00	48,22
	296,60	22,00	983,00	35,00	48,38
U7	297,50	22,50	983,00	50,00	68,79
	302,50	22,50	983,00	51,50	69,69
U8	305,30	23,00	983,00	62,00	82,99
	297,00	23,00	983,00	59,00	81,18
U9	297,60	23,00	983,00	29,50	40,51
	301,00	23,00	983,00	29,50	40,05

Rezultati kalcimetrije prikazani su također i pomoću trakastog dijagrama (slika 12) radi bolje preglednosti postotnog udjela CaCO₃ prema postotnom udjelu ostalih spojeva u uzorcima. U ovom dijagramu su rezultati dobiveni kalcimetrijom prikazani kao aritmetička sredina od dva mjerenja svakog uzorka.



Slika 12. Rezultati kalcimetrije prikazani trakastim dijagramom

4.3. Mikroskopiranje

Mikroskopirano je devet mikroskopskih preparata. Preparati U1, U2 i U3 uzeti su iz slijeda konglomerata. Zapaženo je i potvrđeno kako su oni polimiktni, matrikspotporni, a neprozirni tamni matriks određen je kao karbonatni. Sadrže fragmente starijih stijena, zrna kremenca, karbonatna zrna i opake minerale. Zrna su djelomično uglata do dobro zaobljena. U preparatu U1 (tabla 1, slika 1) uočeni su fosilni ostatci za koje se pretpostavlja da se radi o crvenim algama. Preparat U2 (tabla 1, slika 2) sadrži nekoliko foraminifera roda *Orbitoides* u osnim i približno osnim presjecima. Ekvatorijalni i približno osni presjek roda *Orbitoides* vidljivi su u uzorku U3 (tabla 2, slika 1). U istom je uzorku pronađen presjek ljušturre školjkaša (tabla 2, slika 2).

Uzorci U4-U9 uzeti su iz slijeda izmjene pješčenjaka i mulja. Osim karbonatnih zrna sadrže puno ne karbonatnih zrna poput kremenca i opakih minerala. Matriks je neprozirni mikrit. Prema veličini zrna određeno je da su uzorci arenitnih dimenzija. Uzorak U5 sadrži fosilni ostatak foraminifere nepoznatog roda (tabla 3, slika 1). U uzorku U6 nazire se graduiranost zrna (tabla 3, slika 2). Uzorak U8 sadrži skeletne fragmente bodlji ježinca (tabla 4, slika 1). U uzorcima U4 (tabla 4, slika 2), U7 (tabla 5, slika 1) i U9 (tabla 5, slika 2) nisu zapaženi skeletni ostaci.

5. Rasprava

5.1. Klasifikacija sedimentnih stijena

Na temelju terenskog rada, pregleda mikroskopskih preparata i rezultata kalcimetrije napravljena je klasifikacija sedimentnih stijena. Na terenu je prvih nekoliko metara naslaga opisano kao polimiktni, matrikspotporni konglomerati, a njihov matriks kao sitno- do srednjeznasti pješčenjak. Prema uzorcima U1–U3 mikroskopiranjem je potvrđeno kako su oni polimiktni, matrikspotporni, a matriks je određen kao karbonatni. Određeno je da su zrna djelomično uglata do dobro zaobljena. Dakle, ove stijene su klasificirane kao matrikspotporni konglomerati.

Na terenu je određeno kako se na konglomeratima nastavlja izmjena slojeva muljnjaka i pješčenjaka veličina čestica od veličine mulja do srednjeznastog pješčenjaka. Mikroskopiranjem uzoraka U4–U9 je uočeno da sadrže puno nekarbonatnih zrna poputkremena, opakih minerala te da sadrže karbonatna zrna i malo fosilnih ostataka, a matriks je određen kao mikrit. Udio CaCO_3 uzoraka U4–U8 je preko 48% što ih definira kao karbonate. Zbog arenitnih veličina zrna konačno ih klasificiramo kao kalkarenite. Za razliku od uzoraka U4–U8, uzorak U9 je mikroskopiranjem određen kao vrlo sitnoznasti te on sadrži samo 40% CaCO_3 . Određen je kao vrlo sitnoznasti arenit prema siltitu.

5.2. Starost stijena

Pronađene foraminifere roda *Orbitoides* potvrđuju gornjokrednu starost naslaga, točnije kampan–mastiht. Prema ŠIKIĆ (1995) u pješčenjacima su pronađene foraminifere roda *Orbitoides* i roda *Siderolites* u Mikulić i Lubeničica potoku, nedaleko opisivanog izdanka, kojima je starost određena kao mastiht. Kampanska starost naslaga na istom izdanku koji je obrađivan u ovom radu određena je analizom nanoplanktonskih nalaza u laporima turbiditnih sekvencija (ŠIKIĆ, 1995).

5.3. Sedimentacijski procesi u dubokomorskom okolišu

S ruba šelfa ili gornjeg dijela padine premještanje klastičnog materijala u duboko more događa se djelovanjem gravitacijskih tokova od kojih su najčešći turbiditni i debritni tokovi (NICHOLS, 2009).

5.3.1. Turbiditni tokovi

Turbiditni tokovi su najvažniji mehanizam prenošenja klastičnog materijala u dubokomorski okoliš. NICHOLS (2009) opisuje kako nose različite količine mulja, pijeska i šljunka do tisuće kilometara na abisalnu ravnicu, a da istaloženi turbiditi mogu biti debljine od nekoliko milimetara do desetak metara. Razlikujemo turbiditne tokove niske gustoće koji ne sadrže Ta interval i turbiditne tokove visoke gustoće koji sadrže Ta interval. Ta interval se uglavnom brzo taloži, no ako turbiditna struja uspori i ako sadrži čestice različitih dimenzija moguća je pojava normalne gradacije kao što je zapaženo kod nekih slojeva. On može biti krupnozrnastiji ili sitnozrnastiji, no trebao bi biti krupnozrnastiji od ostalih intervala. Kod ovog intervala u jednom sloju pojavljuje se erozivna donja slojna ploha na kontaktu s intervalom Td tj. laminiranim muljem. Do nastanka erozivne granice može doći usred „scouring“ procesa (NICHOLS, 2009). Sediment koji se prenosi strujom iznad istaloženog djeluje erozivno uslijed zadiranja u sediment u podlozi, u ovom slučaju krupnozrnastijeg sedimenta u mulj.

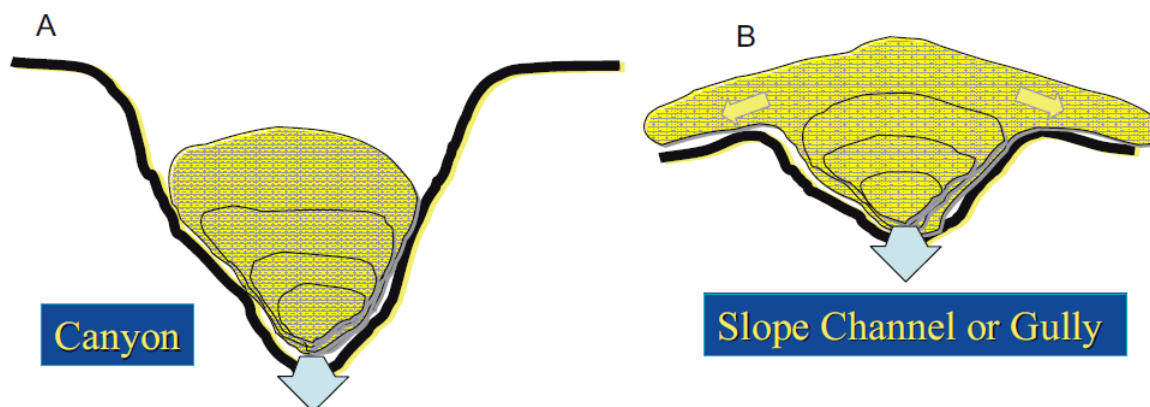
5.3.2. Debritni tokovi

Debritni tokovi su viskozna mješavina sedimenta i vode u kojoj volumen i masa sedimenta veći od vode. Mogu sadržavati materijal veličine gline do blokova, a istaloženi debriti mogu biti desetak metara debeli. Bliže i dalje rasprostranjeni debriti mogu imati istu granulometriju što se moglo uočiti i kod konglomerata opisanih u ovome radu. Opisani konglomerati su matriks potporni što ukazuje na kohezivni debritni tok, odnosno da je transport uvjetovan snagom matriksa. Debriti su većinom masivni, no ako se gornji dio toka dodatno pomiješa s vodom moguća je gradacija sedimenta (NICHOLS, 2009), koju možemo zamijetiti kod nižih slojeva debrita na izdanku.

5.4. Taložni model

Hranidbeni kanjon i padinski kanali su primarni sustavi kroz koje sediment putuje sa ruba šelfa preko padine do podnožja (POSAMENTIER i WALKER, 2006). Razlika u njima je što kanjoni potpuno ograničavaju tok sedimenta, a kanali samo djelomično što omogućava nastanak vankanalskih sedimenta (slika 13). U nastavku opisuju kako je ispunja kanjona uobičajeno sitnozrnastija, no neke karakterizira krupnozrnasti sediment koji su najčešće debriti. Prema POSAMENTIER i WALKER (2006) u nekim slučajevima je zabilježen nastanak nasipa unutar kanjona kada turbiditni tok prelazi preko ravne površine već djelomično ispunjenog kanala jer se tada ponaša kao da prividno nije ograničen unutar kanjona. Također u distalnim regijama kanjona gdje njegova dubina opada, polako postaju

zastupljeniji kanali i može doći do taloženja vankanalskih sedimenata. Vankanalski sedimenti mogu biti tanko uslojeni turbiditi, sitnozrnasti pješčenjaci ili muljnjaci. Može se zaključiti da su debriti (konglomerati) taloženi u hranidbenom kanjonu, a turbiditi u kanjonu ili u distalnom dijelu kanjona kao vankanalski sedimenti.



Slika 13. Ilustracija kanjona i kanala s vankanalskim sedimentom

5.5. Podrijetlo sedimenta

Rezultati ovoga rada ukazuju na karbonatno-klastični sastav istraživanih stijena. Terigena komponenta koja je zapažena u mikroskopskim uzorcima su fragmenti starijih stijena i zrna kremenata u konglomeratima te u kalkarenitima uglavnom zrna kremenata. Prema ŠIKIĆ (1995) konglomeratima su kao klasti određene različite metamorfne stijene, kremen, pješčenjaci i eruptivi. Terigeni materijal dopijeva na kontinentalne rubove utjecajem jakih fluvijalnih tokova (NICHOLS, 2009) i progradacijom delti do ruba šelfa, što bi bio i pretpostavljeni model transporta izvorišnog sedimenta istraživanih stijena bliže dubokomorskom okolišu. Sediment koji je neko vrijeme proveo na šelfu dosta je mijenjan utjecajem valova i morskim mijenama, ali srodan onome nošenom fluvijalnim tokom (NICHOLS, 2009). Prema tome se može zaključiti da će sediment, koji će se istaložiti kasnije kao turbiditi, moći biti različitih tekstura i sastava. Kod sličnih konglomerata SREMAC i sur. (2018) predlažu transport klasta iz izvorišta bujičnim tokovima te zatim taloženje na šelfu. Navedeni konglomerati sadrže uglavnom veće klaste (do 28cm), klasto matrikspotporni su, udio matriksa je 15–50%. Dominiraju kremen i litoklasti, a sadrže i različite bioklaste. Klasti su slabo do dobro zaobljeni, a ponegdje je uočena imbrikacija. Veći klasti i manja zaobljenost klasta ukazuje na kraći period transporta. Imbrikacija nije karakteristika konglomerata u ovom istraživanju, a pojavljuje se gradacija. Manji udio

matriksa ukazuje na bržu sedimentaciju. Iz svega navedenog može se zaključiti da su konglomerati proučavani u radu SREMAC i sur. (2018) taloženi u aluvijalnom ili obalnom okolišu, a ne kao konglomerati (debriti) ovog istraživanja u dubokomorskom okolišu.

Visoki udio CaCO_3 ukazuje na bogatu karbonatnu produkciju tadašnjeg okoliša. Pronađeni skeletni ostaci velikih bentičkih foraminifera (rod *Orbitoides*), algi, bodlji ježinaca i ljuštura školjke, karbonatna zrna i karbonatni mulj u uzorcima ukazuju na plitkomorski okoliš. Može se zaključiti kako su oni doneseni u dubokomorski okoliš u sedimentu pomoću debritnih tokova i turbiditnih struja s kontinentalnog ruba, procesima kojima su nastali opisivani konglomerati i kalkareniti. Dio karbonata dopijeva u duboko more i vapnenačkom pelagičkom kišom. NICHOLS (2009) navodi da dubokomorski okoliši mogu zaprimiti velike količine pretaloženog plitkomorskog karbonatnog sedimenta donesenog turbiditnim strujama i debritnim tokovima s kontinentalnih rubova, a to je važno istaknuti jer je bioklastični materijal karakteristika plitkomorskog okoliša. Najveći udio CaCO_3 prema rezultatima kalcimetrije imaju konglomerati čija dva uzorka imaju više od 91% CaCO_3 . Neki od razloga koji su mogli tome doprinjeti: veća karbonatna produkcija plitkomorskog okoliša kada su taloženi (bioklasti), veći porini prostor koji je uklopio više karbonatnog matriksa, klasti vapnenaca i dolomita koji su karbonatni.

5.6. Utjecaj na donos sedimenta prema dubokom moru

Sedimentacija u dubokom moru uvjetovana je tektonikom ploča, klimom i morskom razinom (READING, 1999). Šljunkoviti sedimenti mogu biti transportirani uslijed snažnih oluja i topljenja leda. Moglo bi se smatrati da su na takav način transportirani veći klasti koji tvore opisane konglomerate. Prema READING (1999) tektonski okoliš djeluje na sedimentaciju tako da regionalni stres utječe na izdizanje i spuštanje izvorišnog područja sedimenata kao i bazena. Spomenuto je kako se na prijelazu kampan–mastiht događaju tektonski nemiri uslijed kojih se izdiže kopno i ponovno pojačava donos sedimenta s kopna što bi isto mogao biti izvor materijala konglomerata. Navodi se kako bi seizmički događaji mogli isto biti važni, no nema direktne povezanosti između debljine sloja turbidita i potresa, ali što su učestaliji manje je vremena da se akumulira izvorišni sediment turbidita i turbiditni tokovi će volumenom biti manji. Dakle, što su potresi učestaliji može se pretpostaviti da će se u slijedu naslaga turbiditni facijesi biti manjih debljina.

6. Zaključak

Sedimentne stijene koje su predmet ovog istraživanja određene su kao konglomerati, kalkareniti i muljnjaci. Na terenu pretpostavljeni pješčenjaci su kombinacijom rezultata kalcimetrije i mikroskopiranja utvrđeni kao kalkareniti. Tako je ukazano na važnost kombinacije više metoda pri istraživanju jer su stijene određene kao karbonatno-klastične i nisu isključivo klastiti kako je prvotno pretpostavljeno. Pomoću pronađenih foraminifera roda *Orbitoides* potvrđeno je kako su sedimentne stijene gornjokredne starosti, točnije kampan–mastiht. Rezultati kalcimetrije, pronađeni fosilni ostaci i teksture pomogli su pri utvrđivanju taložnog okoliša kao dubokomorskog. Transport materijala od ruba šelfa do mjesta taloženja je za konglomerate određen debritnim tokovima, a za izmjenu kalkarenita i muljnjaka turbiditnim tokom. No, dio muljnjaka može dijelom biti taložen i iz suspenzije. Istraživane stijene mogu se još nazivati debritima i turbiditima. U turbiditima su zapažene kombinacije svih intervala Ta–Te i raznolikost facijesa. Visoki udio CaCO_3 određen kalcimetrijom i pronađeni bioklasti ukazuju na bogatu karbonatnu produkciju. Zapaženo je kako su turbiditni i debritni tokovi važani procesi transporta plitkomorskih sedimenata u dubokomorski okoliš i ukazali na njihovu povezanost. Taložni prostor određen je kao hranidbeni kanjon i/ili vankanalski prostor u podnožju padine.

7. Literatura

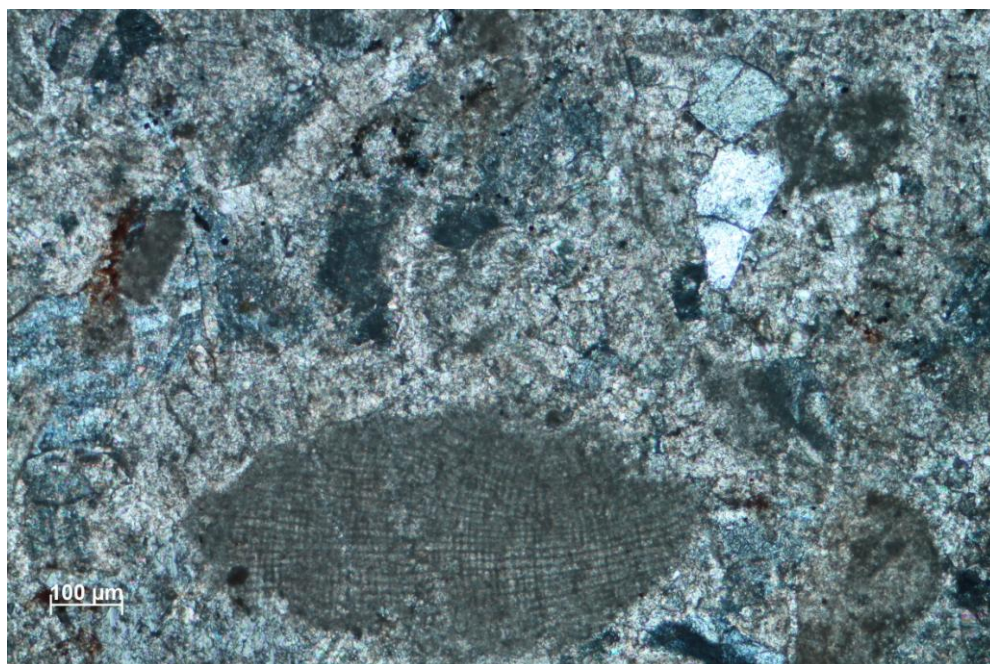
- HERAK, M. i *NEDĚLA-DEVIDÉ*, D. (1964): Geologija Zagrebačke regije, Arhiv Geogr. inst., Zagreb
- NEDĚLA-DEVIDÉ*, D. (1956): O proučavanju krede na sjevernim padinama Medvednice, Ljetopis JAZU 61, Zagreb
- NICHOLS, G. (2009): *Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Oxford, 419 str.
- POSAMENTIER, H.W. i WALKER, R.G. (2006): *Facies Models Revisited*, SEPM Special Publication 84, 397–520
- READING, H.G. (2009): *Sedimentary Environments, Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd ed., Blackwell Publishing, 688 str.
- SREMAC, J., VELIĆ, J., BOŠNJAK, M., VELIĆ, I., KUDRNOVSKI, D., TROSKOT-ČORBIĆ, T. (2018): Depositional Model, Pebble Provenance and Possible Reservoir Potential of Cretaceous Conglomerates: Example from the Southern Slope of Medvednica Mt. (Northern Croatia), *Geosciences*, 8(12), 456, 1–19
- ŠIKIĆ, K. (1995): *Geološki vodič Medvednice*, Institut za geološka istraživanja; INA_industrija nafte d.d., Naftaplin, Zagreb, 199 str.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O., ŠIMUNIĆ, A. (1979): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000*, Tumač za list Zagreb L33–80, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972); Savezni geološki zavod, Beograd, 75str.

8. Table

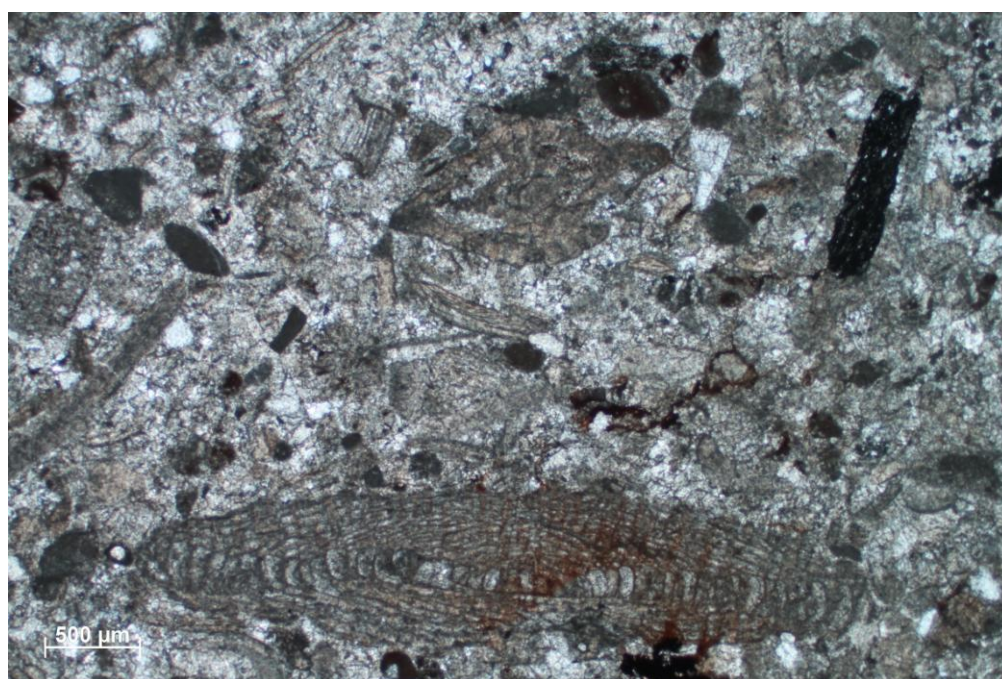
TABLA 1

- 1 Uzorak 1 – fragmenti crvenih algi
- 2 Uzorak 2 – foraminifera *Orbitoides*

TABLA 1



1



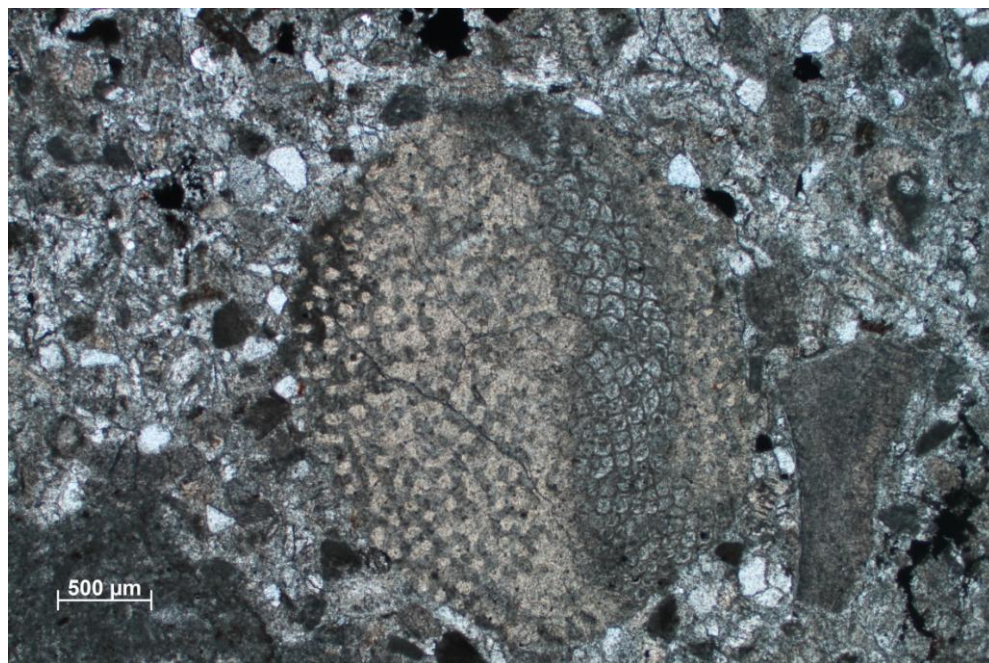
2

TABLA 2

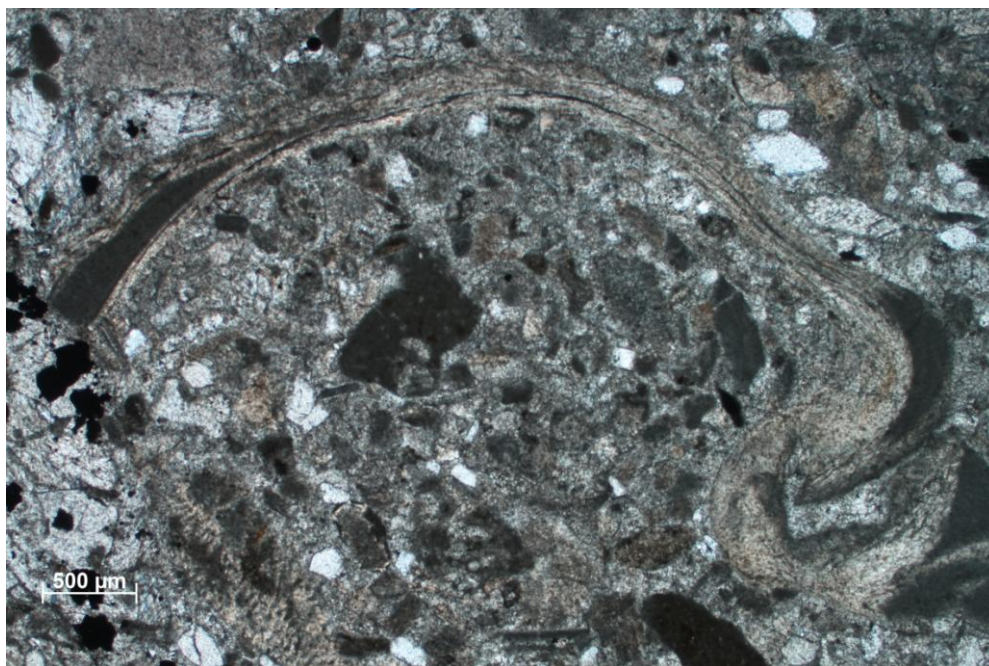
1 Uzorak 3 – foraminifera *Orbitoides*

2 Uzorak 3 – Ljuštura školjkaša

TABLA 2



1



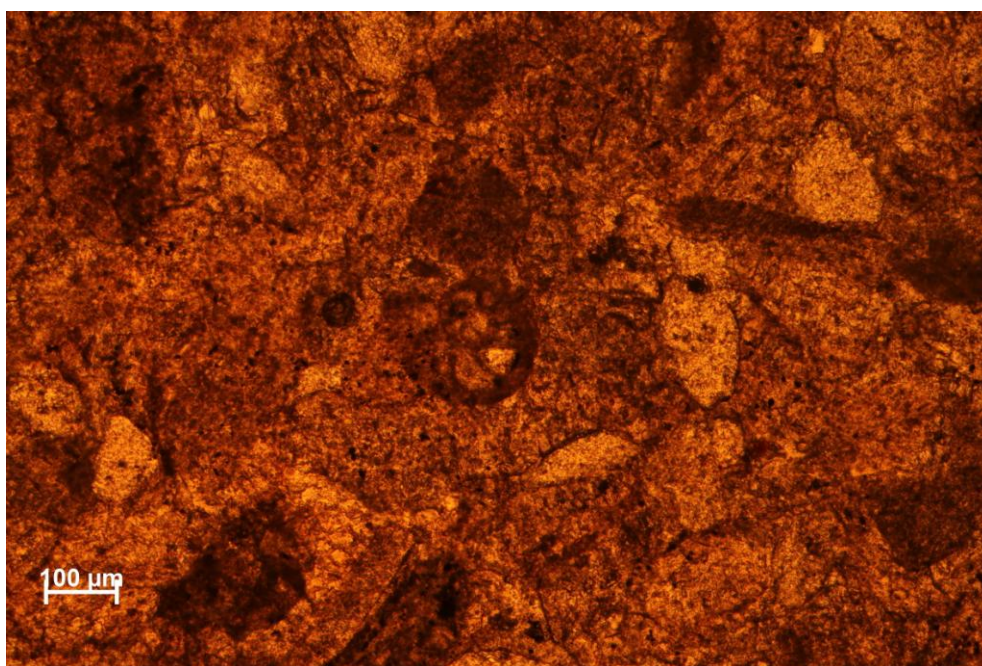
2

TABLA 3

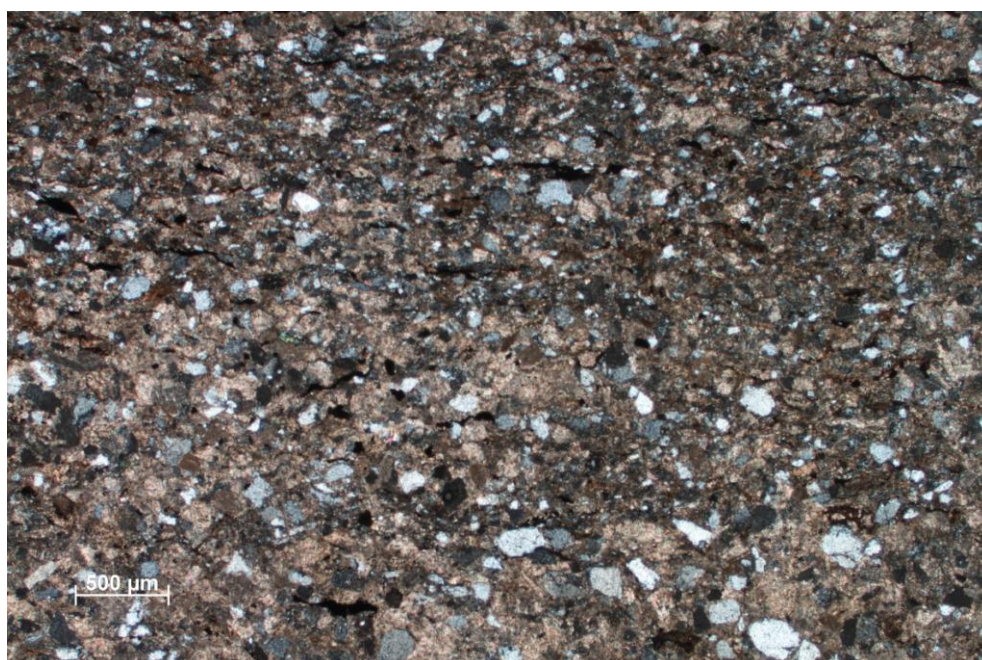
1 Uzorak 5 – Foraminifera nepoznatog roda

2 Uzorak 6 – Kalkarenit s graduacijom

TABLA 3



1



2

TABLA 4

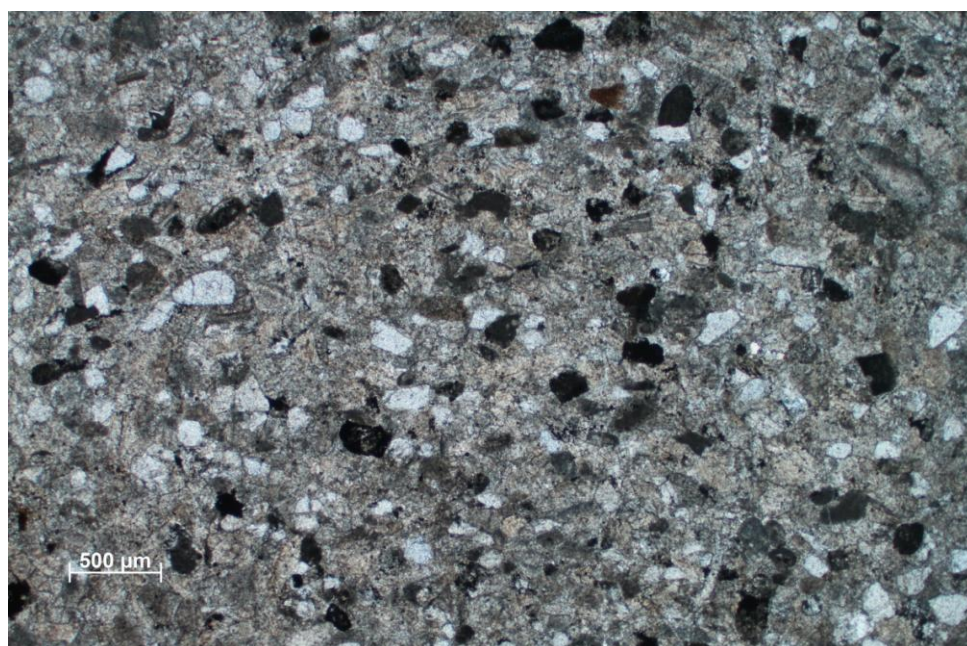
1 Uzorak 8 – Bodlja ježinca

2 Uzorak 4 – Kalkarenit bez fosilnih fragmenata

TABLA 4



1



2

TABLA 5

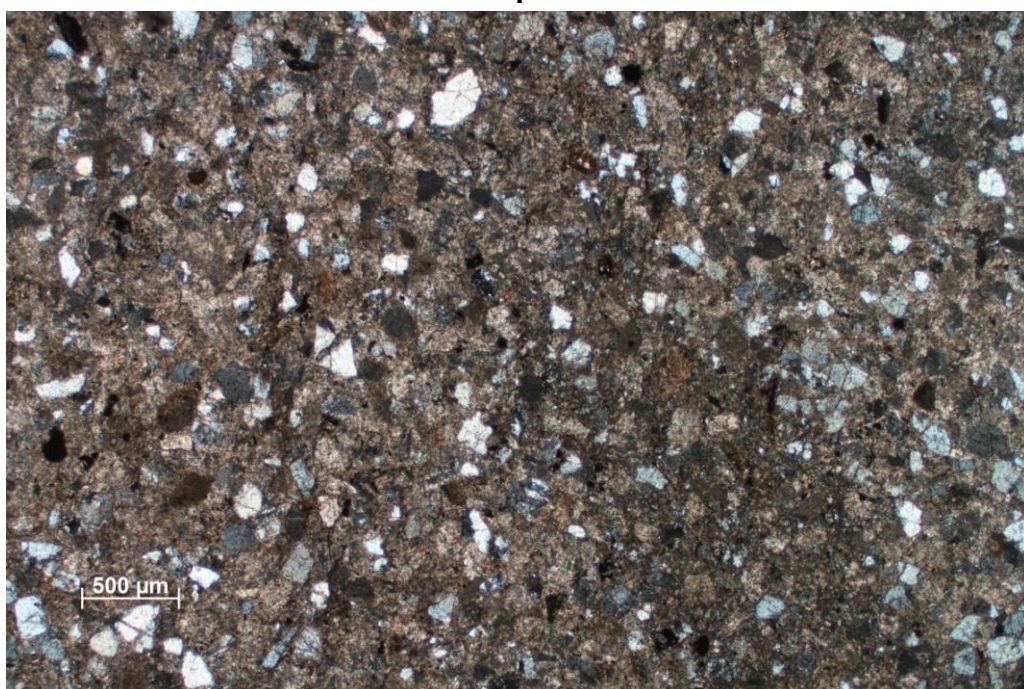
1 Uzorak 7 – Kalkarenit bez fosilnih fragmenata

2 Uzorak 9 – Kalkarenit bez fosilnih fragmenata

TABLA 5



1



2