

Karakteristike sedimenta plaže Ričina (uvala Jasenovo)

Misović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:217:297585>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Ivan Misović

**Karakteristike sedimenta plaže Ričina (Uvala
Jasenovo)**

Seminar III
Preddiplomski studij geologije

Mentor:
Doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Zagreb, 2021.godina.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Seminar III Karakteristike sedimenata plaže Ričina (Uvala Jasenovo)

Ivan Misović

Rad je izrađen: Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a. 10 000 Zagreb

Sažetak:

U ovom radu istražene su karakteristike sedimenta plaže Ričina na 5 lokacija, kako bi se utvrdile eventualne razlike u sastavu i veličini zrna. Pri tome je cilj bio ispitati postoji li i kakav je utjecaj duž-obalnog transporta. Korištene metode da bi se postigao zadani cilj su metoda određivanja veličine zrna, metoda određivanja karbonatne komponente u sedimentu, metoda mikroskopiranja i metoda difrakcije rendgenskih zraka na praškastom uzorku. Rezultati provedenih analiza pokazali su da idući od jugoistoka prema sjeverozapadu sediment pokazuje smanjenje veličine zrna, nešto bolju sortiranost i blago smanjenje karbonatne komponente. Sediment plaže je u najvećoj mjeri terigen, nastao trošenjem obližnjih kvartarnih klifova. Svi rezultati upućuju na postojanje duž-obalnog transporta koji je relativno blag, a to se pripisuje utjecaju bure, koja puše kratko i na mahove, jer radi orijentacije plaže i uvale, inače dominantno jugo ne može razviti značajnije valove u Uvali Jasenovo.

Ključne riječi: duž-obalna struja, plaža Ričina, Uvala Jasenovo, karbonatni sediment

Rad sadrži: 26+VI stranica, 23 slike, 2 tablica i 9 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Datum završnog ispita: 20. rujan 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

Sediment characteristics of the Ričina Beach (Jasenovo Bay)

Ivan Misović

Thesis completed in: Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a. 10 000 Zagreb

Abstract:

In this work, the characteristics of the sediment of the Ričina beach at 5 locations were studied in order to define eventual differences in sediment grain size and composition. The aim was to examine the existence of longshore drift and its impact on the beach sediment. The analyses used in this paper to achieve the aim were grain size analysis, carbonate component analysis, microscopy and analysis of mineral composition. The results showed that grain size decreases going from the southeast to the northwest, as well as the carbonate content, while sediment sorting improves in the same direction. Beach sediment is mostly of terrigenous origin, resulting from erosion of the coastal cliff. All results indicated the existence of longshore drift. Its influence on the beach sediment is relatively mild, and probably the result of the Bora wind, which blows during short period of time and it is known by its gusts. Although being the dominant wind along the shore, Jugo cannot induce longshore drift due to the orientation of the Jasenovo Bay.

Keywords: longshore drift, Ričina beach, Jasenovo Bay, carbonate sediment

Seminar contains: 26+VI pages, 23 figures, 2 tables, and 9 references

Original in: Croatian ...

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

Supervisor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Reviewers: prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Date of the final exam: 21st of September 2021

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Geološki pregled	2
3.	Pregled dosadašnjih istraživanja.....	7
4.	Materijali i metode istraživanja	8
4.1.	Uzorkovanje sedimenta	8
4.2.	Analiza veličine zrna	9
4.3.	Određivanje udjela karbonata.....	11
4.4.	Mikroskopski pregled sedimenta.....	12
4.5.	Određivanje mineralnog sastava.....	12
5.	Rezultati	14
5.1.	Analiza veličine zrna	14
5.2.	Rezultati određivanja udjela karbonata	18
5.3.	Rezultati određivanja mineralnog sastava	22
6.	Rasprava.....	24
7.	Zaključak	V
1.	Literatura.....	VI

1. Uvod

Duž-obalni transport je vrsta transporta čestica koji nastaje kod duž-obalnih struja. Duž-obalne struje su pojava koja nastaje na mjestima na kojima valovi dolaze na obalu pod kutom različitim od pravog kuta. Zbog takvog smjera kretanja valova, kada val prilazi obali, dio vala koji je bliži obali usporava, dok se ostatak kreće jednakom brzinom. Pri tome dolazi do savijanja valne fronte te dio vala koji prvi „dodirne“ obalu pomiče čestice sedimenta prema gore na plažu u smjeru gibanja savijene valne fronte. U duljem vremenskom periodu niz valova iz istog smjera stvaraju na taj način duž-obalnu struju. Duž-obalne struje su efikasan način raspoređivanja sedimenta niz obalu. Ako budžet sedimenta na nekoj plaži nije uravnotežen, odnosno ukoliko donos materijala nije u ravnoteži s količinom materijala koji se odnosi, dolazi do erozije obale. Na budžet sedimenta utječu prirodne karakteristike obale isto kao i ljudski utjecaj. Duž-obalne struje imaju velik utjecaj na oblikovanje većina obala. Duž-obalne struje su izraženije, odnosno njihov učinak je vidljiviji na onim mjestima na kojima postoje česti vjetrovi iz istog smjera i njima izazvani valovi.

Cilj ovog završnog rada bio je utvrditi postoje li razlike između uzoraka sedimenta uzorkovanih duž plaže Ričina u Uvali Jasenovo kod naselja Vrsi, idući od početne točke koja je najsjeverozapadnija, prema dnu plaže. Karakteristike veličine zrna, udio biogene komponente, udio karbonatne komponente, te mineralni sastav sedimenta su najbitniji pokazatelji koji će pomoći u određivanju taložnih uvjeta na plaži. Navedene karakteristike sedimenta bit će definirane klasičnim sedimentološkim metodama: metodom određivanja veličine zrna, analizom udjela karbonatne komponente, faznom analizom i mikroskopiranjem. Pomoću navedenih metoda očekuje se prepoznati razlike u uzorkovanim sedimentima i utvrditi postoji li i kakav je utjecaj dužobalne struje na lokalitetu plaže Ričine.

2. Geološki pregled

Hrvatska obala vrlo je razvedena i dugačka. Svoju veliku razvedenost duguje velikom broju otoka, zaljeva i poluotoka, uglavnom je karbonatnog sastava i prevladavaju krški oblici (URL 1). Velika zastupljenost karbonatnih stijena u građi hrvatske obale rezultat je kontinuiranog taloženja biogenog karbonatnog materijala u plitkom moru u najvećoj mjeri tijekom mezozoika na području tadašnje Jadranske karbonatne platforme. Osim kontinuirane sedimentacije, područje platforme je tektonski aktivno i dolazi do nekoliko kratkih epizoda izdizanja. Sinsedimentacijska tektonika postaje značajnija tijekom kasne krede što konačno dovodi do dezintegracije Jadranske karbonatne platforme. Taloženje tijekom paleogena praćeno je sinsedimentacijskom tektonikom koja je rezultirala deformacijom platforme, a karbonatni materijal je taložen na karbonatnim rampama koje su okruživali dublji bazeni karakteristični po dubokomorskoj sedimentaciji. Konačno izdizanje Jadranske karbonatne platforme dogodilo se u oligocenu/miocenu kada je došlo do glavnog izdizanja Dinarida (VLAHOVIĆ i sur, 2005).

Karbonatne stijene koje su nakon izdizanja kontinuirano okršavane potopljene su tijekom posljednje transgresije početkom holocena, te je potopljeni krš danas glavno obilježje hrvatske obale. Potopljeno i prethodno tektonikom komprimirano krško područje hrvatske obale zaslužno je za takvu razvedenost kakva je prisutna danas. Osim krških obala, na području Jadrana mogu se pronaći rjeđe i muljevite, pjeskovite i šljunkovite obale koje su najčešće nastale akumulacijom i/ili erozijom materijala dostupnog na obali uslijed riječnog donosa ili podložnog mehaničkom trošenju stijena na obali (URL 1). Jedna od takvih plaža rastresitog materijala je plaža Ričina.

Plaža Ričina nalazi se u sjevernoj Dalmaciji u uvali Jasenovo sjeverozapadno od Zadra, u okolici mjesta Vrsi (Slika 1). Uvala je otvorena prema sjeverozapadu, što znači da je pod utjecajem maestrala ljeti i bure zimi. Sama plaža nalazi se na jugozapadnom dijelu uvale.



Slika 1. Lokacija Uvale Jasenovo

Sjeverno od plaže nalazi se otok Zečevo (Slika 2). Obala uvale Jasenovo se idući od otoka Zečevo prema dnu uvale (jugozapadno) uglavnom se sastoji od vapnenačkih stijena koje blizu dna same uvale prelaze u klifove koje gradi kvartarni materijal (MAJCEN i sur., OGK List Zadar, 1970). Od dna uvale prema sjeverozapadu to jest prema samoj plaži obala je niska i erozijskog tipa te ju grade sedimenti koji su nastali trošenjem niskih klifova koji se nalazi neposredno iznad plaže (Slika 5).

Dalje prema sjeverozapadu obala je strma i vapnenačka obala građena od foraminiferskih vapnenaca (Slika 3) (MAJCEN i sur., OGK List Zadar, 1970) koji se nastavljaju prema sjeverozapadnom vrhu uvale. Cijela uvala Jasenovo i plaža Ričina imaju smjer pružanja sjeverozapad-jugoistok, što je zapravo dinarski smjer pružanja (Slika 1).



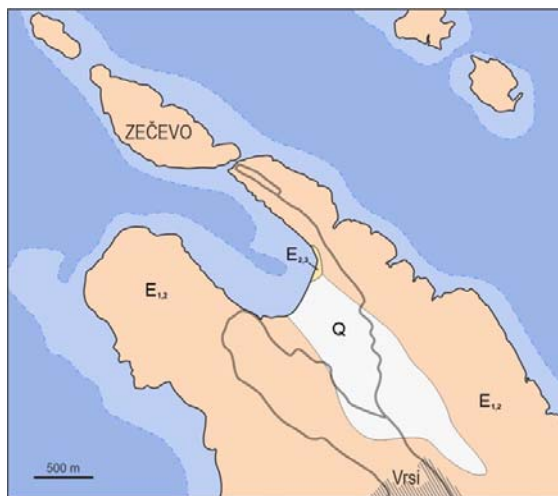
Slika 2. Položaj plaže Ričina i otoka Zečevo

Foraminiferski vapnenci (Slika 3) su dominantna litološka podloga na cijelom prostoru obale, pretežito izgrađuju naslage na sjevernom poluotoku i zapadnom/jugozapadnom poluotoku (Slika 4). Foraminiferski vapnenci mogu biti alveolinski, miliolidni i numulitni. Vapnenci koji se nalaze na ovom području eocenske su starosti, a leže na senonskim vapnencima i liburnijskim naslagama. Miliolidni vapnenci tvore najdonji sloj, na njima su taloženo alveolinski, a na vrhu vapnenci koji sadrže numulite. Debljina naslaga je oko 330 m (MAJCEN i KOROLIJA Tumač za List Zadar, 1973).



Slika 3. Foraminiferski vapnenci slikani u intertjaldalu na sjeverozapadnom dijelu plaže Ričina.

Na istočnom dijelu uvale, u uskom pojasu uz more nalaze se pješčenjaci, lapori i konglomerati, odnosno fliš srednjeg eocena (Slika 4). Oni se nalaze u podlozi kvartarnog sedimenta i imaju sivu do tamnosivu boju te se vizualno lako raspoznaju od kvartarnih sedimenta na istom području. Kvartarne naslage se nalaze na površini, te djelomično prekrivaju eocenski fliš, a djelomično foraminiferske vapnence (Slika 4)(MAJCEN i KOROLIJA Tumač za List Zadar, 1973).



Slika 4. Isječak iz OGK, List Zadar Uvale Jasenovo (prema: MAJCEN i sur., OGK List Zadar 1970).

Kvartarne naslage koje su taložene na srednje eocenskim naslagama, sastoje se od ulomaka vapnenaca i klastita pomiješanih s crvenicom i humusom. Ove naslage su česte na području Ravnih Kotara, ali su uglavnom tanke pa se mogu pojaviti izdanci primarne stijene (MAJCEN i KOROLIJA Tumač za List Zadar, 1973). Kvartarne naslage nalaze se na jugoistočnom dijelu uvale, ali isto tako i u uskom pojasu neposredno iznad plaže, no nisu prikazane na listu OGK (Slika 4). Te naslage u dnu uvale Jasenovo čine klifove visoke i do nekoliko metara, dok u uvali Jasenovo visina kvartarnog materijala ne prelazi 2 m. (Slika 5).

Na širem području uvale nalazi se i nekoliko rasjeda koji imaju pružanje jugozapad – sjeveroistok i jug – sjever (MAJCEN i sur., OGK List Zadar 1970.).



Slika 5. Nizak klif u kvartarnim naslagama neposredno u zaleđu plaže Ričina.

3. Pregled dosadašnjih istraživanja

Duž-obalni transport je pojava prisutna na većini svjetskih obala. Duž-obalni transport i duž-obalne struje istraživane su i na području Jadrana gdje je ustanovljeno da do stvaranja duž-obalnih struja na području plaže Dugi Rat dolazi zbog valova juga. Premještanje sedimenta jugoistočno od pera, koji je promatran neposredno nakon olujnog juga u veljači 2015., ukazuje na duž-obalni transport valovima juga u smjeru jugoistok – sjeverozapad. Tijekom jeseni i zime na području jadranske obale prisutni su jugo i bura, ali zbog položaja plaže Dugi Rat, očekuje se da veći utjecaj imaju valovi juga. Promjene na plaži su promatrane i nakon snažne bure, ali je zapaženo da nije došlo ni do kakve značajne promjene, što potvrđuje prethodnu pretpostavku. Također se ustanovilo da na budžet sedimenta na jadranskoj obali velik utjecaj ima antropogeni utjecaj zbog eksploatacije obale u turističke svrhe. Ljudske građevine kao pera u kombinaciji s prirodnim geološkim karakteristikama tog područja kao što su padine u litoralu, dovode do gubitka sedimenta (PIKELJ i sur., 2018). Budžet sedimenta je osnova za taloženje u obalnim zonama. Na budžet sedimenta utjecaj mogu imati rijeke koje ulaze u more u blizini plaže. Tako rijeka Cetina opskrbljuje sedimentom uže područje plaže Duće. Na plaži Duće koja je uglavnom šljunkovita, a pijesak je taložen u intertjaldalu, zbog donosa pjeskovitog materijala rijekom, postoji potez pijeska koji je tamo transportiran duž-obalnom strujom koja ide sjeveroistočno od ušća rijeke u more (PIKELJ i sur., 2014). Odabrani primjer duž-obalnog transporta izvan Jadrana analiziran je na području plaže Nusa Dua na otoku Bali u Indoneziji, gdje je ustanovljen utjecaj duž-obalnih struja. Na tom području dolazi do značajne erozije duž-obalnim strujama uzrokovanim valovima južnih i jugoistočnih vjetrova, takvi valovi uzrokuju duž-obalnu struju u smjeru sjevera. Zbog specifičnih karakteristika valova na tom području erozija je značajnija, dolazi do zavrtnja obale u smjeru kazaljke na satu s obzirom na smjer dominantnog vala. Radovi poput ovog pokazuju važnost i utjecaj duž-obalnih struja na obalu i njeno oblikovanje, te koliko je bitno dugoročno uzimati u obzir eroziju koju takve struje mogu izazvati (PUTRO i JUNG, 2020)

4. Materijali i metode istraživanja

4.1. Uzorkovanje sedimenta

Uzorkovanje sedimenta provedeno je tijekom ožujka 2021 godine. Uzorci sedimenta prikupljeni su na 5 lokacija duž plaže Ričina (Slika 4) u Uvali Jasenovo na području visokog intertjdala za vrijeme oseke. Dodatni uzorak prikupljen je sjeverozapadnije i udaljen je od plaže Ričina (Slika 6). Uzorkovanje je provedeno iskopavanjem 10 cm³ materijala uz pomoć špatule (Slika 7). Sediment je pohranjen u plastične vrećice, uzorci su imenovani i ostavljeni na temperaturi od 4°C do dolaska u laboratorij. Nakon toga je sediment stavljen na sušenje.



Slika 6. Lokacije uzorkovanja sedimenta



Slika 7. Način uzorkovanja sedimenta

4.2. Analiza veličine zrna

Određivanje veličine zrna u uzorku obuhvaćalo je sijanje. Sijanje je proces odvajanja različitih frakcija uzorka na temelju veličine zrna. Postupak je započet vaganjem 100 grama suhog uzorka, zatim je uzorak pomiješan s vodom stavljen u set sita (najčešće 5-7 sita) koja su posložena od onog s najvećim dimenzijama_otvora (4mm) do onog s najmanjim (0,063mm). Sita su stavljena na tresilicu. Ispod sita s najmanjim otvorima nalazi se posuda spojena na cijev, koja svu vodu kojom je uzorak polijevan odvodi u odvojenu posudu. Navedena posuda će sadržavati čestice koje su prošle kroz najmanje sito, tj. čestice manje od veličine pora u najmanjem situ, odnosno $< 0,063$ mm. Uzorak se tijekom trešnje polijevao destiliranom vodom. Destilirana voda u ovom uzorku služila je kao sredstvo kojim uzorak biva razdvojen i koje pomaže česticama da prolaze kroz pore. Nakon što je trešnja završila sadržaj koji je ostao na svakom situ izdvojen je u zasebne posude i stavljen na sušenje, a kada su se osušile, frakcije su izvagane. Na frakcijama dobivenim sijanjem napravljena je analiza podataka i izračunati su granulometrijski parametri: su srednja veličina zrna, prosječna veličina zrna, sortiranje, asimetričnost krivulje raspodjele, i zaoštrenost krivulje. Navedeni parametri izračunati su pomoću statističkog paketa Gradistat u Excelu (BLOTT i PYE, 2001), a granulometrijski parametri su izračunati prema (FOLK i WARD, 1957):

Medijan(Md) je vrijednost od koje je 50% čestica veće i 50% manje. Formula po kojoj se Medijan računa:

$$\mathbf{Md} = \Phi 50$$

Prosječna veličina zrna (Mean) je:

$$\mathbf{Mz} = (\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84)/3$$

Sortiranje(Sorting) je parametar koji pokazuje jednoličnost distribucije

$$\mathbf{So} = (\Phi 84 - \Phi 16)/4 + (\Phi 95 - \Phi 5)/6,6$$

Sedimenti se mogu podijeliti u kategorije na temelju njihovog koeficijenta sortiranosti.

Kategorije sortiranosti sedimenta:

< 0,35	vrlo dobro sortirano
0,35-0,50	dobro sortirano
0,50-0,70	umjereno dobro sortirano
0,70-1,00	umjereno sortirano
1,00-2,00	loše sortirano
2,00-4,00	vrlo loše sortirano
> 4,00	izrazito loše sortirano

Asimetričnost raspodjele (skewness) pokazuje devijaciju u raspodjeli čestica. Pozitivne vrijednosti pokazuju da prevladava krupnija frakcija odnosno da je krivulja iskošena prema sitnijim sedimentima, a negativne da prevladava sitnija frakcija, odnosno da je krivulja iskošena prema krupnijim sedimentima. Asimetričnost raspodjele računa se po formuli:

$$Sk = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / 2 (\Phi_{84} - \Phi_{16}) + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}) / 2 (\Phi_{95} - \Phi_5)$$

Na temelju Asimetričnosti raspodjele sedimente je moguće podijeliti u slijedeće kategorije:

Kategorije asimetričnosti krivulje:

-1,00 do -0,30	vrlo negativno zakošena krivulja
-0,30 do -0,10	negativno zakošena krivulja
-0,10 do 0,10	gotovo simetrična krivulja
0,10 do 0,29	pozitivno zakošena krivulja
0,30 do 1,00	vrlo pozitivno zakošena krivulja

Zaoštrenost krivulje(kurtosis) odnosi se na raspršenost raspodjele. Ako je krivulja zaoštrena, materijal je raspoređen oko jedne veličine zrna, a ako je zaravnjena, prisutno je više granulometrijskih frakcija.

$$K_g = (\Phi_{95} - \Phi_5) / 2,44 (\Phi_{75} - \Phi_{25})$$

Zaoštrenost krivulje je parametar pomoću kojeg se vrši podjela:

Kategorije zaoštrenost krivulje:

< 0,67	vrlo zaravnjena krivulja
0,67-0 90	zaravnjena krivulja
0,90-1,11	srednje zaoštrena krivulja
1,11-1,50	zaoštrena krivulja
1,50-3,00	vrlo zaoštrena krivulja
> 3,00	izuzetno zaoštrena
krivulja	

4.3. Određivanje udjela karbonata

Sadržaj karbonata određen je u sedimentu volumetrijskim mjerenjem ugljikovog dioksida koji se uzorka razvija djelovanjem kloridne kiseline koji otapaju prisutne karbonate.

Za volumetrijska mjerenja potreban je Scheiblerov kalcimetar, koji se sastoji od dvije staklene cijevi (A i B) koje su međusobno povezane gumenom cijevi. Cijev B je pokretna i služi za izjednačavanje tlaka tijekom rada, u njoj se nalazi voda zasićena s NaCl. Cijev A je graduirana, na vrhu ima ventil koji regulira komunikaciju s cijevi B i s okolinom, sadrži istu vodu kao i cijev B. Cijev A je spojena gumenom cijevi na posudu u kojoj se miješa uzorak s razrijeđenom HCL u omjeru 1:1. Da bi se odredio udio karbonata u uzorku, uzorak mora biti suh i dobro usitnjen. Odvagano 300 mg uzorka koji je prenesen u Erlenmeyerovu tikvicu

u koju je metalnom pincetom stavljena manja posuda s klorovodičnom kiselinom tako da se ne izlije na uzorak i magnet koji je unaprijed stavljen u tikvicu. Zatim je pomoću ventila i pomične cijevi izjednačena razina tekućine u cijevima. Kada su se tekućine izjednačile, na tikvicu s uzorkom stavljen je gumeni čep povezan gumenom cijevi na cijev A i upaljena je miješalica tako da se razrijeđena HCl razlio po uzorku. Ugljikov dioksid razvijen tijekom reakcije HCl s uzorkom potiskuje vodu u cijev A, kada se razina vode promijenila, cijevi ponovno poravnate. Nakon 5 minuta se na skali graduirane cijevi A očitao volumen razvijenog CO₂. Količina CaCO₃ izračunata je formulom:

$$\%CaCO_3 = (\text{ml CO}_2 \times F \times 2,274 \times 100) / \text{mg sedimenta}$$

Za preračunavanje CO₂ u CaCO₃ u jednadžbi koristila se konstanta 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO₂ pri temperaturi i tlaku tijekom provođenja analize i očitava se iz dostupnih tablica. Svaki uzorak analiziran je 2 puta, za konačan rezultat uzet je prosjek dvaju vrijednosti dobivenih tim analizama koji je usklađen s vrijednošću standarda.

4.4. Mikroskopski pregled sedimenta

Frakcije svakog uzorka sedimenta pregledane su pod mikroskopom (Zeiss) kako bi se vizualno prepoznale biogene čestice (ostaci ljuštura i skeleta) od terigenih čestica za koje se pretpostavlja da su nastale trošenjem iz niskih klifova u zaleđu plaže. Mikroskopiranje je obavljeno na uzorcima pod povećanjem 2,5x. Tijekom mikroskopiranja uzorci su fotografirani.

4.5. Određivanje mineralnog sastava

Svojstvo rendgenskih zraka da se raspršuju kada prolaze kroz pravilne strukture kao što su one kod kristalne rešetke minerala, čini temelj metode difraktometrije na praškastom uzorku. Kristalna rešetka je građena tako da se njene ravnine ponavljaju na udaljenostima koje se poklapaju s valnom duljinom rendgenskih zraka, a da pritom ne dolazi do promjene valne duljine primarnog zračenja. Interferencijsko pojačanje raspršenog zračenja zove se

difrakcija, a dogodit će se kada je razlika u hodu između raspršenih zraka susjednih mrežnih ravnina jednaka cijelom broju valnih duljina. Da bi rendgenska difrakcija bila moguća, mora se zadovoljiti uvjet koji je izražen Braggovim zakonom, koji glasi:

$$n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta$$

gdje su:

n – cijeli broj, red zračenja

λ – valna duljina zračenja

d_{hkl} – međumrežni razmak hkl tipa mrežnih ravnina

θ – kut pod kojim zrake padaju na mrežnu ravninu

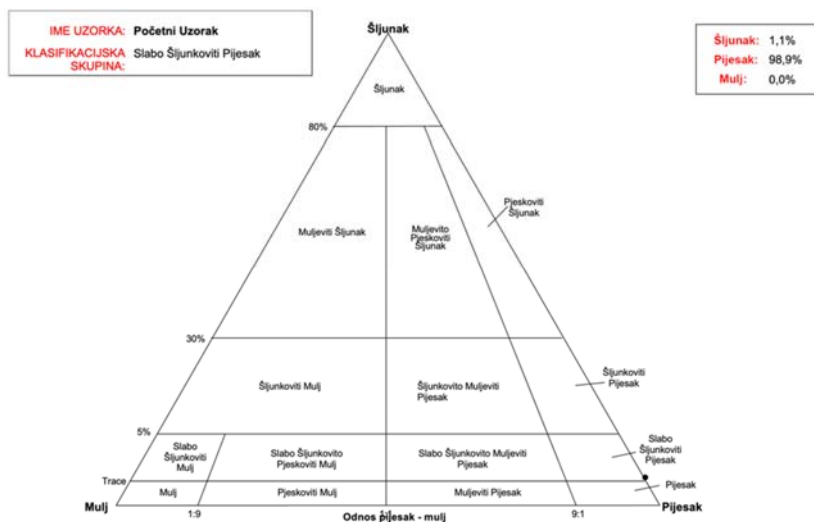
Mineralni sastav određivan je na 3 uzorka (početni uzorak, uzorak 1 i uzorak 5). Uzorci su prije analize zdrobljeni u prah drobilicom Fritsch Pulverisette®. Praškasti uzorak koji je dobiven drobljenjem je polikristaličan, zato što sadrži velik broj čestica koje su orijentirane u svim smjerovima i zbog toga je vjerojatnost zadovoljavanja Braggovog zakona veća. Svaki od 3 uzorka stavljen je na aluminijski nosač, a nosač u difraktometar. Svaki uzorak sniman je 21 minutu. Difrakcijski podatci su dobiveni difraktometrom Philips PW 3040/60 X'Pert Pro, a rendgenogram je analiziran u programu X'Pert HighScore Plus. Početna pozicija ($^{\circ}2\theta$) iznosila je 4,0131, a završna 64,9831. Kao anodni materijal korišten je bakar. Posavke generatora su iznosile 40mA i 40 kV.

5. Rezultati

5.1. Analiza veličine zrna

Početni uzorak

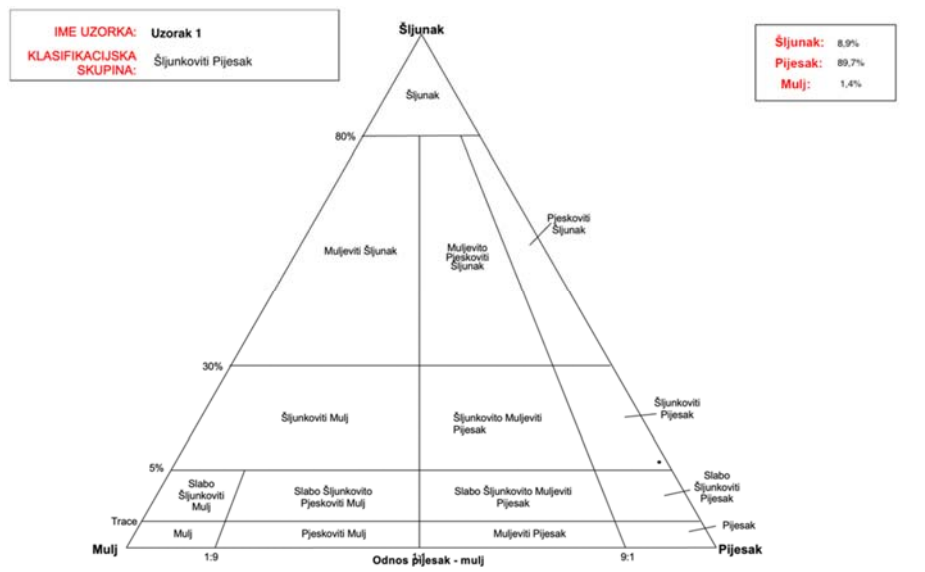
Početni uzorak klasificiran je kao slabo šljunkoviti pijesak: postotak šljunkovite komponente u analiziranom uzorku iznosi 1,1%, dok postotak pjeskovite iznosi 98,9% (Slika 8). Srednja veličina zrna mu iznosi 684,2 μm , a prosječna veličina zrna 665,7 μm . Uzorak je umjereno sortiran ($S_o = 0,844$). Krivulja raspodjele je simetrična ($S_k = 0,047$) i zaoštrjena ($K_g = 1,183$). (Tablica 1)



Slika 8. Trokomponentni dijagram početnog uzorka

Uzorak 1

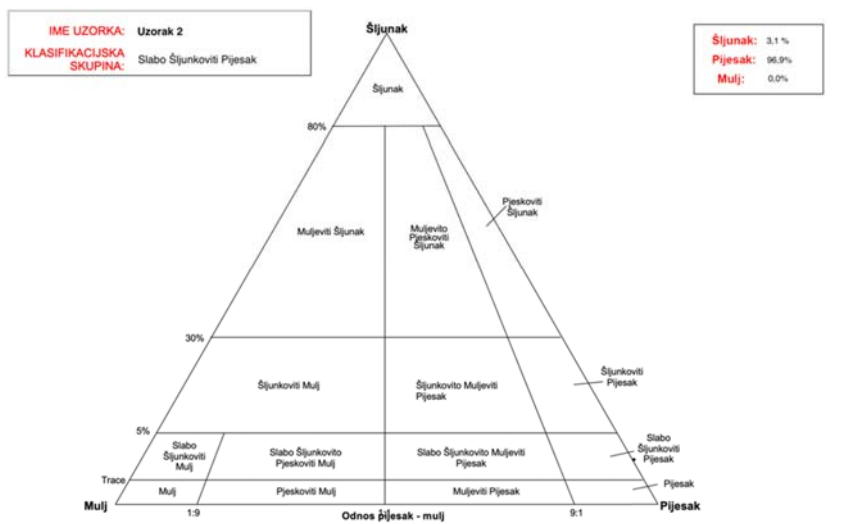
Uzorak 1 klasificiran je kao šljunkoviti pijesak: postotak šljunkovite komponente je 8,9%, postotak pjeskovite u analiziranom uzorku iznosi 89,7%, dok je postotak glinovite komponente 1,4%. (Slika 9). Srednja veličina zrna u uzorku iznosi 675,4 μm , a prosječna veličina zrna je 689,6 μm . Uzorak je loše sortiran ($S_o = 1,142$). Krivulja ovog uzorka je negativno zakošena ($S_k = -0,121$) i zaoštrjena ($K_g = 1,373$). (Tablica 1)



Slika 9. Trokomponentni dijagram uzorka 1

Uzorak 2

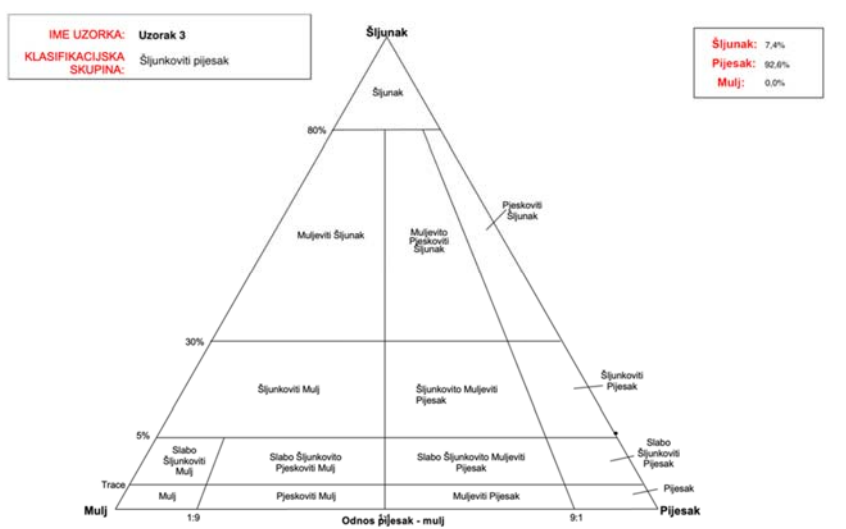
Uzorak 2 klasificiran je kao slabo šljunkoviti pijesak: Postotak šljunkovite komponente u analiziranom uzorku iznosi 3,1%, dok postotak pjeskovite iznosi 96,9%(Slika 10).Srednja veličina zrna iznosi 620,1 μ m, a prosječna veličina zrna 585,4 μ m. Uzorak je umjereno sortiran ($S_o = 0,761$). Krivulja raspodjele je simetrična ($S_k = 0,047$) i srednje zaoštrena ($K_g = 1,097$). (Tablica 1)



Slika 10. Trokomponentni dijagram uzorka 2

Uzorak 3

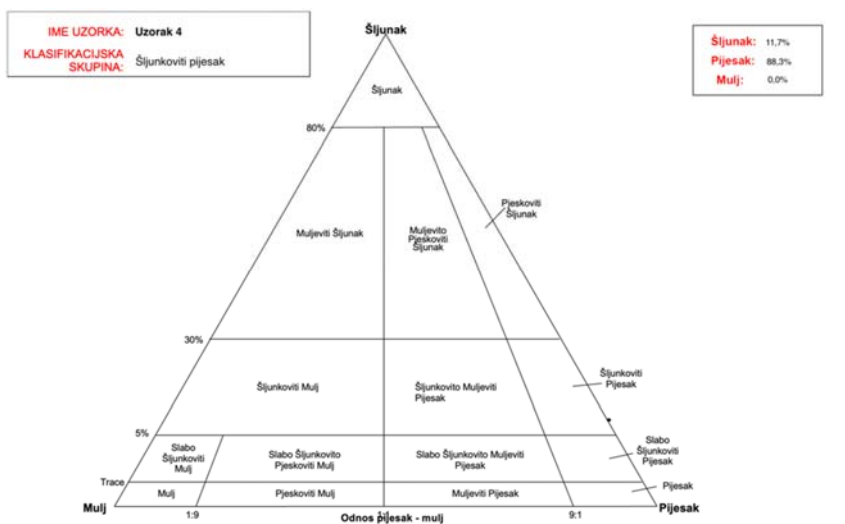
Uzorak 3 je klasificiran kao šljunkoviti pijesak: udio šljunkovite komponente u analiziranom uzorku iznosi 7,4%, a pjeskovite iznosi 92,6% (Slika 11). Srednja veličina zrna mu iznosi 722,5 μm, a prosječna veličina zrna 759,7 μm. Uzorak je umjereno sortiran ($S_o = 0,887$). Krivulja raspodjele je negativno zakošena ($S_k = -0,182$) i vrlo zaoštrena ($K_g = 1,591$). (Tablica 1)



Slika 11. Trokomponentni dijagram uzorka 3

Uzorak 4

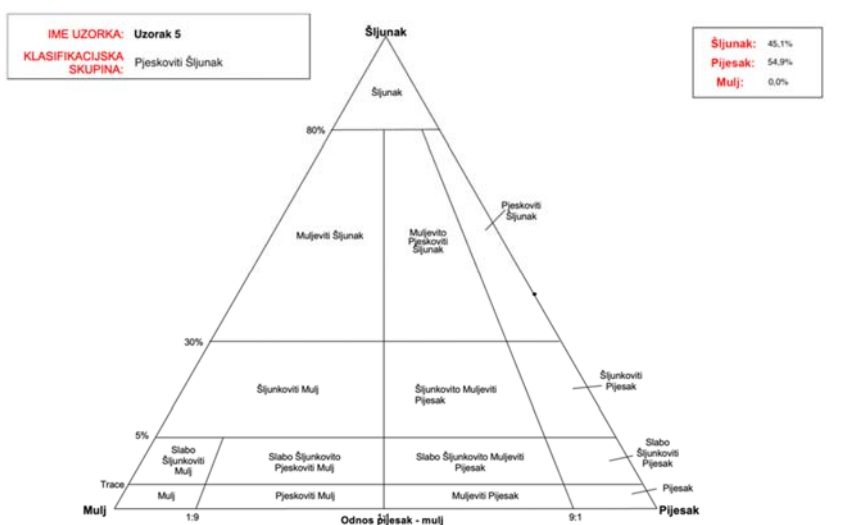
Uzorak 4 klasificiran je kao šljunkoviti pijesak: postotak šljunkovite komponente u analiziranom uzorku iznosi 11,7%, a postotak pjeskovite 88,3% (Slika 12). Srednja veličina zrna je 827,2 μm, dok prosječna veličina zrna iznosi 924,5μm. Uzorak je umjereno sortiran ($S_o = 0,91$). Krivulja raspodjele sedimenta je negativno zakošena ($S_k = -0,271$) i zaravnjena ($K_g = 0,743$). (Tablica 1)



Slika 12. Trokomponentni dijagram uzorka 4

Uzorak 5

Uzorak 5 klasificiran je kao pjeskoviti šljunak: postotak šljunkovite komponente u uzorku iznosi 45,1%, dok je postotak pjeskovite 54,9%(Slika 13). Srednja veličina zrna u uzorku iznosi 1729,1 μm , dok je prosječna veličina zrna 1,268 μm . Uzorak je loše sortiran ($S_o = 1,268$). Krivulja raspodjele je gotovo simetrična ($S_k = -0,035$) i zaravnjena ($K_g = 0,743$). (Tablica 1)



Slika 13. Trokomponentni dijagram uzorka 5.

Tablica 1: Rezultati analize određivanja veličine zrna

	Početni uzorak	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5
Median (μm)	684,2	675,4	620,1	722,5	827,2	1729,1
Mean (μm)	665,7	689,6	585,4	759,7	924,5	1752,1
Sortiranost	0,844	1,142	0,761	0,887	0,91	1,268
Asimetričnost raspodjele	0,047	-0,121	0,042	-0,182	-0,271	-0,035
Zaoštrenost krivulje	1,183	1,373	1,097	1,591	1,153	0,743

5.2. Rezultati određivanja udjela karbonata

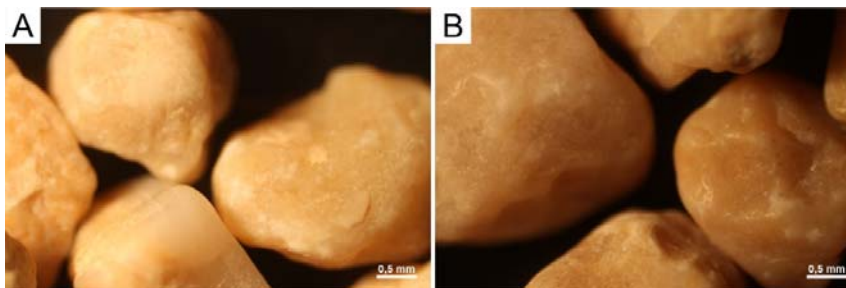
Svi analizirani uzorci su vrlo karbonatni. Početni uzorak ima udio karbonata od 90,74%. Analizom Uzorka 1 dobiven je rezultat udjela karbonatne komponente od 92,56%. Uzorak 2 ima postotak karbonatne komponente 92,73%. U uzorku 3 je kalcimetrijskom analizom dobiven udio karbonatne komponente od 94,32 %. Uzorak 4 ima karbonatnu komponentu od 96,64%. Uzorku 5 je kalcimetrijom određen udio karbonatne komponente od 95,18% (Tablica 2). Iz Tablice 2 je vidljivo da udio karbonatne komponente ima blagi porast idući od početnog uzorka prema uzorku 5, odnosno od SZ prema JI.

Tablica 2: Rezultati određivanja udjela karbonata

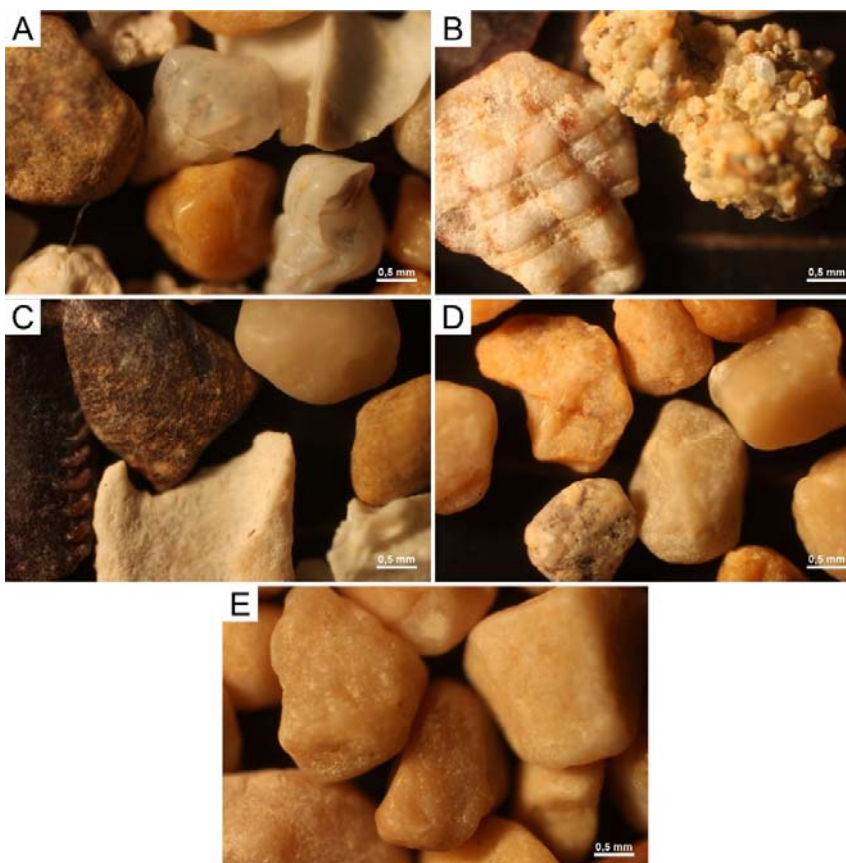
	Početni uzorak	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5
%CaCO ₃	90,74	92,56	92,73	94,32	96,64	95,18

5.3. Mikroskopski pregled sedimenta

Mikroskopskom analizom je ustanovljeno da su u početnom uzorku prisutne biogene čestice, dok su u ostalih 5 uzoraka biogene čestice neznatno zastupljene.



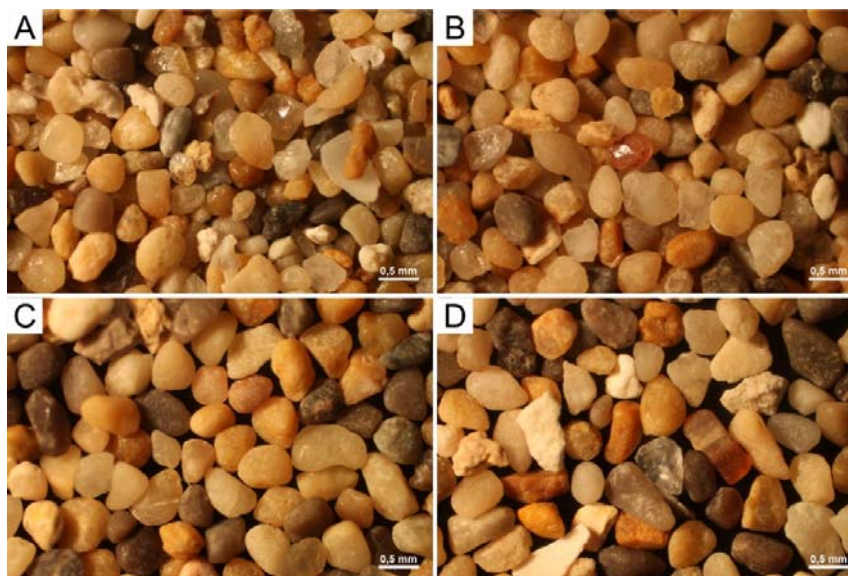
Slika 14. Čestice u frakcijama 2-4 mm. Obje slike prikazuju dobro zaobljene karbonatne čestice sitnog šljunka u uzorku 2 (slika A) i uzorku 4 (slika B).



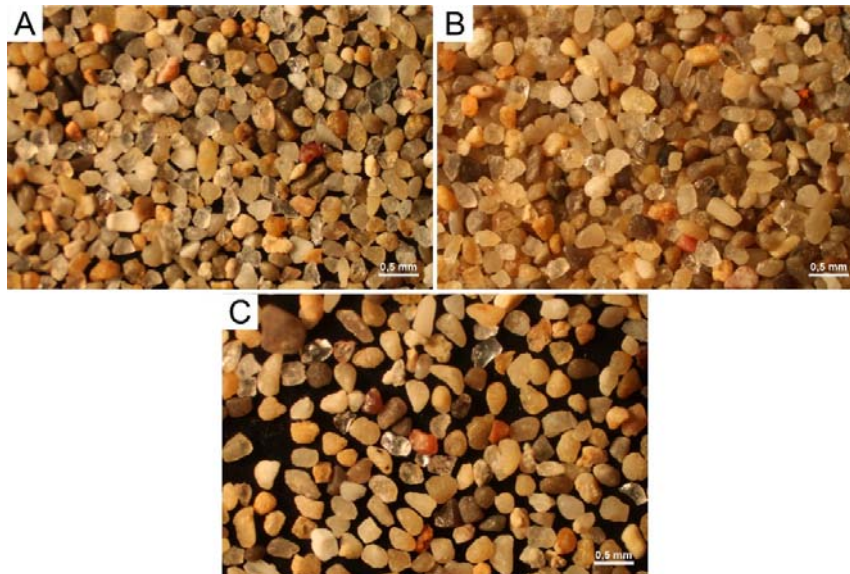
Slika 15. Čestice u frakcijama 1-2 mm. Slika A prikazuje ljušturu foraminifera u početnom uzorku, Slika B prikazuje Fragment ljušturu školjkaša i litificirano zrno u početnom uzorku, Slika C prikazuje dva zaobljena zrna i fosilne ostatke u početnom uzorku, Slike D (uzorak 2) i E (Uzorak 5) prikazuju loše zaobljene karbonatne čestice.



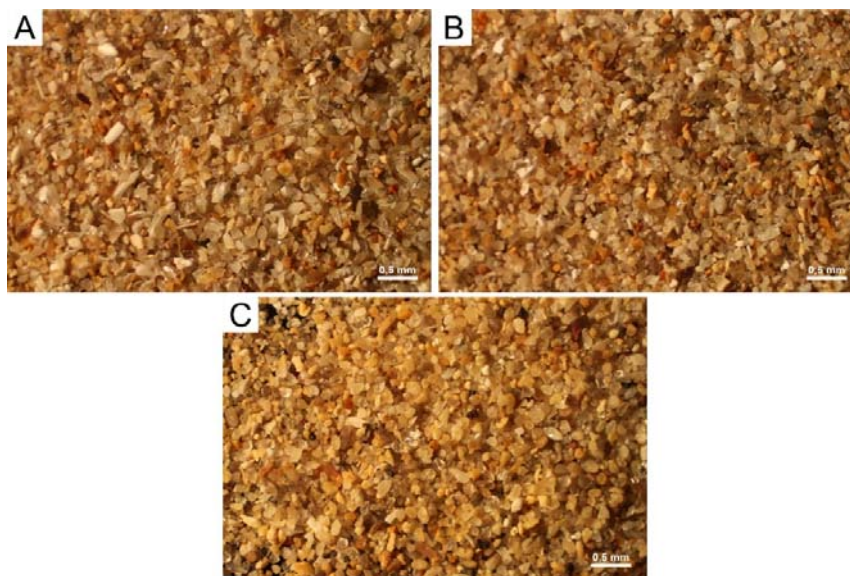
Slika 16. Čestice u frakcijama 0,5-1 mm. Slika A prikazuje Relativno zaobljene čestice i kućicu puža u početnom uzorku, Slike B (Uzorak 1), C (Uzorak 2) i D (Uzorak 4) Prikazuje karbonatne čestice koje su loše do dobro zaobljene.



Slika 17. Čestice u frakcijama 0,25-0,5 mm. Slika A prikazuje litoklaste i jednu ljušturu u početnom uzorku. Preostale 3 slike pokazuju dobro zaobljene karbonatne čestice u uzorku 2 (Slika B), uzorku 4 (Slika C) i uzorku 5 (Slika D)



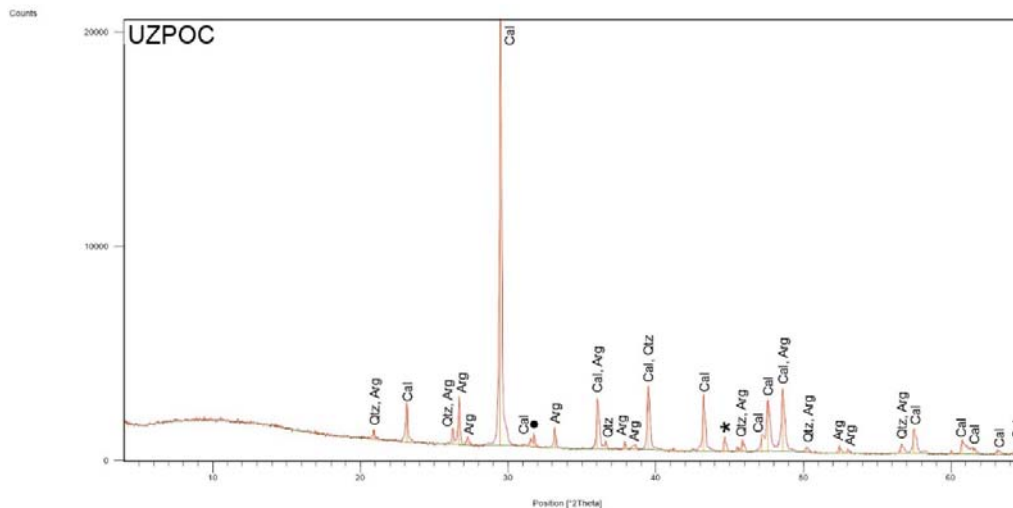
Slika 18. Čestice u frakcijama 0,125-0,25 mm. Slike pokazuju litoklaste manjih dimenzija koji su u početnom uzorku (Slika A) loše zaobljeni, a u uzorku 1 (Slika B) i uzorku 3 (Slika C) srednje zaobljeni.



Slika 19. Čestice u frakcijama 0,063-0,125 mm. Čestice na slikama A (početni uzorak), B (početni uzorak) i C (uzorak 2) su loše zaobljene i očita je veća prisutnost kvarca, pogotovo na Slikama A i B.

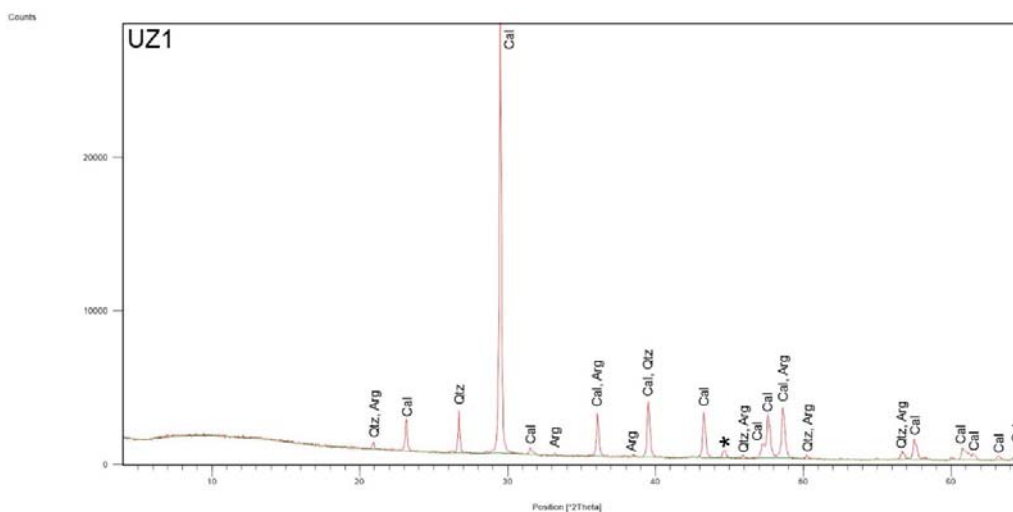
5.3. Rezultati određivanja mineralnog sastava

XRD metodom je u početnom uzorku dokazana prisutnost kalcita, kvarca, aragonita i halita. Od 4 identificirana minerala, najzastupljeniji je kalcit, nakon kojeg po zastupljenosti slijede kvarc i aragonit, a halita ima najmanje (Slika 20).



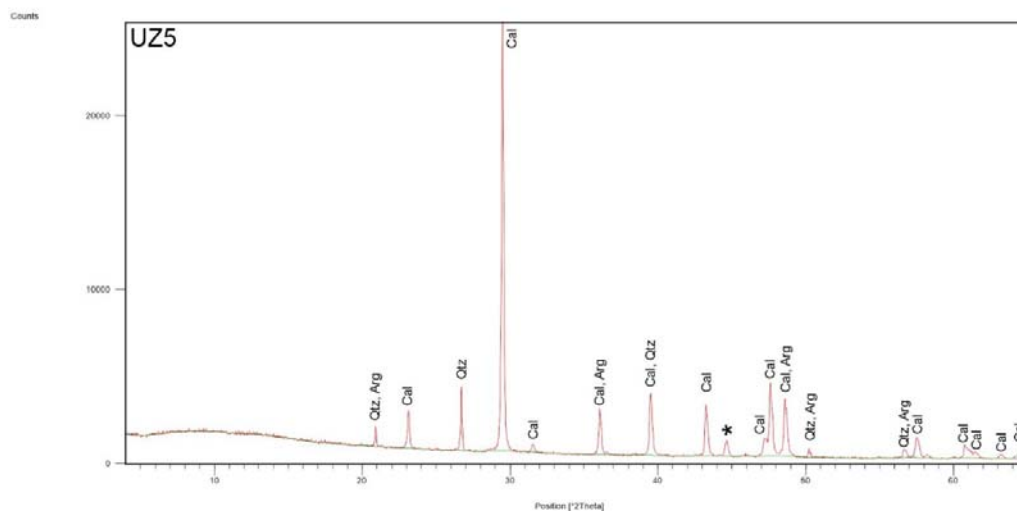
Slika 20. Difraktogram početnog uzorka. Cal – kalcit; Qtz – kvarc; Arg – aragonit; točka – halit; zvjezdica – aluminijski nosač uzorka.

Uzorak 1 je sličan po svom sastavu, a sadrži kalcit, aragonit i kvarc. Najveću dominaciju pokazuje kalcit, pa zatim kvarc, dok aragonita ima najmanje. (Slika 21)



Slika 21: Difraktogram uzorka 1. Cal – kalcit; Qtz – kvarc; Arg – aragonit.

U uzorku 5 prisutni su također kalcit, kvarc i aragonit. Kalcita u uzorku ima najviše, zatim kvarca, najmanje ima aragonita, kao i kod prethodnog uzorka. (Slika 22)



Slika 22. Difraktogram uzorka 5. Cal – kalcit; Qtz – kvarc; Arg – aragonit zvjezdica – aluminijski nosač uzorka.

6. Rasprava

U Tablici 1 predstavljeni su rezultati analize određivanja veličine zrna. Prosječna veličina zrna uzorka 2 predstavlja najmanju, a nešto veću vrijednost imaju uzorak 1 i uzorak 5. Prosječna veličina zrna uzorka 3 se od prosječne veličine zrna uzorka 2 koji je uzet nešto sjevernije od njega razlikuje za otprilike 100 μm , a prosječna veličina uzorka 4 se od uzorka 3 razlikuje za otprilike isto toliko. Prosječna veličina zrna svih uzoraka osim uzorka broj 5 je u uskom rasponu od 600-950 μm , uzorak 5 sa vrijednosti prosječne veličine zrna od 1752,1 μm značajno odstupa od svih ostalih vrijednosti. Prema dobivenim rezultatima očito je da se prosječna veličina zrna smanjuje prema sjeverozapadu. Po rezultatima u Tablici 1 vidi se da srednja veličina zrna svih uzoraka uglavnom prati trend vrijednosti kao i prosječna veličina uzoraka. Najveću veličinu zrna ima uzorak 5 koji je uzet najjužnije od svih uzoraka. Prema Hjulstromovom dijagramu, čestice koje su najveće najteže se pokreću i prve se talože, pa ovakva promjena veličine zrna ukazuje da na plaži Ričina postoji duž-obalni transport. Konkretnije, duž-obalna struja na području plaže Ričina, kreće se u smjeru od dna uvale prema vrhu, točnije u smjeru jugoistok - sjeverozapad. Najveći koeficijent sortiranosti ($S_o=1,268$) ima uzorak 5, što govori da je on najlošije sortiran. Uzorak koji također ulazi u skupinu loše sortiranog sedimenta je uzorak 1 ($S_o= 1,142$). Ostala 4 uzorka su umjereno sortirani, a najbolje je sortiran uzorak 2 ($S_o= 0,761$). Dobro sortirani sedimenti su najčešće prošli dulji transport, što znači da sortiranost govori o duljini transporta koji je sediment prošao. Po tome se može zaključiti da je uzorak s najboljom sortiranošću prošao dulji transport, a uzorak s najlošijom, najkraći transport. Vrijednosti koeficijenta sortiranosti analiziranih uzoraka po navedenoj pretpostavci ukazuju na to da je najdulji transport prošao uzorak 2, a najkraći transport uzorak 5, što također upućuje na postojanje duž-obalne struje u smjeru JI-SZ. Udio karbonatne komponente u analiziranim uzorcima najveći je u uzorku 4 (96,65), najmanji udio je dobiven kod početnog uzorka (90,73%) (Tablica 2). Postoci karbonatne komponente ostalih uzoraka su između vrijednosti dvaju navedenih uzoraka. Ovakvi rezultati govore da na plaži uglavnom nema značajnih odstupanja u sastavu sedimenta, to jest da su svi sedimenti plaže u znatnoj mjeri karbonatni. Ipak, kao i veličina zrna sedimenta i sortiranost materijala u uzorku, blaga promjena karbonatne komponente ukazuje na njeno smanjenje prema SZ, odnosno duž-obalni transport. Uzorci koji su sitnozrnatiji očito sadrže više kvarca, kojeg sudeći po slikama ima više u sitnozrnatim frakcijama (Slike 14-19).

Karbonatna komponenta u sedimentima plaže može biti biogenog ili terigenog porijekla, kao što je pokazano pregledom pod mikroskopom (Slike 14-19). Promatranjem sedimenta na mikroskopu, zapaženo je da se u njemu nalazi zanemariva količina bioklasta, to jest da prevladavaju litoklasti, po čemu bi se moglo pretpostaviti da su karbonatni sedimenti plaže Ričina većinski terigenog porijekla (Slike 14-19). S obzirom na boju i sličnost sedimenta plaže i materijala u niskm klifu u zaleđu, može se pretpostaviti da je materijal plaže Ričina u velikoj mjeri litogenog porijekla nastao trošenjem klifa. Tome u dokaz idu i forme (polušpilje i drugi erozijski valni oblici) koje su prepoznate na klifu (Slika 5). Sastav materijala plaže i pretpostavljeno trošenog materijala klifa u skladu je s opisom navedenom u (MAJCEN. i KOROLIJA Tumač za List Zadar 1973), gdje je navedeno da kvartarne naslage klifa sadrže prvenstveno čestice stijene, tj. litoklaste nastale trošenjem podloge. Podloga je ovdje u velikoj mjeri, kako je navedeno u poglavlju o geološkim prilikama, dominantno foraminiferski vapnenac (MAJCEN i KOROLIJA Tumač za List Zadar 1973).

Rezultati analize mineralnog sastava pokazali su prisutnost minerala kalcita, kvarca, aragonita i halita. Od svih uzoraka samo je početni uzorak sadržavao halit (porijeklo mu je iz morske vode), što znači da između dva uzorka sa same plaže nema razlika u mineralnom sastavu. U sva tri uzorka zastupljenost kalcita je najveća. Budući da su ljuštore recentnih morskih organizama slabije zastupljene, a one mogu biti građene i od kalcita i od aragonita koji je ovdje slabije zastupljen, može se pretpostaviti da je kalcit u sedimentu uglavnom terigenog porijekla. Rezultati metode difrakcije na praškastom uzorku potvrđuju da su analizirani uzorci sedimenta plaže uglavnom terigenog porijekla, što se poklapa sa mikroskopskom analizom (Slike 14-19). Prisutnost kvarca kao drugog po redu zastupljenog minerala u analiziranim uzorcima također potvrđuje terigeno porijeklo sedimenta plaže Ričina, zato što je kvarc u pravilu pravi terigeni mineral. Čestice sedimenta plaže većih frakcija su dobro zaobljene, dok su čestice manjih frakcija slabije zaobljene (Slike 14-19). Zaobljenost čestica ovisi o sastavu čestice i o veličini čestice.

Smjer dokazane duž-obalne struje JI-SZ se poklapa sa smjerom puhanja juga, ali zbog toga što je uvala otvorena prema SZ, valovi juga se u uvali ne mogu razviti. Uvala se pruža u smjeru JI-SZ, gotovo okomito na smjer puhanja bure. Bura puše sa sjeveroistoka i ima više prostora da pokrene valove nego što jugo ima, a valovi koji imaju potencijal stvoriti duž-obalnu struju. Duž-obalna struja koja bi nastala tako bi išla uz JI obalu uvale, zatim bi prateći

obalu skretala prema SZ i nastavljala prema SZ. Takav smjer kretanja struje bi objasnio promjene u sedimentu dužinom plaže.



Slika 23. Pretpostavljen smjer duž-obalne struje uslijed puhanja bure.

7. Zaključak

Ovaj rad se bavi detaljnim opisom sedimenata uzetih sa lokaliteta plaže Ričina i određivanjem sedimentoloških karakteristika uzetih sedimenata. Istražene su karakteristike sedimenta uzorkovanog s 6 lokacija na plaži i utvrđene su razlike u sastavu i veličini čestica uzorkovanih sedimenata. Srednja i prosječna veličina zrna prati trend posipavanja uzoraka od jugoistoka prema sjeverozapadu. Sortiranost prati taj trend, tako da najjužniji uzorak je najlošije sortiran, a najsjeverniji najbolje sortiran. Može se zaključiti da na području Uvale Jasenovo dolazi do duž-obalnog transporta i da su sedimenti plaže Ričina pod utjecajem tog transporta.

Uzorci su vrlo karbonatni i primijećen je tek blagi trend promjene udjela karbonata duž plaže, odnosno u smjeru od JI prema SZ, potvrđujući postojanje duž-obalne struje. Analiza mineralnog sastava pokazala je da su uzorci pretežito karbonatnog sastava, što je u skladu s analizom određivanja udjela karbonatne komponente. U njima dominira kalcit, dok su kvarc i aragonit manje zastupljeni. Pregledani uzorci sastoje se dominantno od litoklasta, a manje od bioklasta, pa se može zaključiti da su karbonatni sedimenti plaže Ričina dominantno terigenog porijekla. Dominacija litoklasta također upućuje i na to da je većina kalcita u njemu terigenog porijekla. Izvorište tog materijala su vrlo vjerojatno kvartarni sedimenti klifa, prethodno trošeni klasičnom obalnom erozijom klifa valovima i naknadno zaobljeni djelovanjem valova na plaži, na što ukazuje zaobljenost zrna.

Jedan od mogućih pokretača struje su valovi bure koji se kreću iz smjera sjeveroistoka. Kako nema značajnih promjena u istraženim karakteristikama sedimenta duž plaže Ričina, očito je da duž-obalni transport postoji, ali je relativno blag i ne može biti izraženiji, jer bura puše kratko i na mahove. S druge strane, uvali nema dovoljno prostora da bi se razvili značajni valovi juga koji bi mogli izazvati duž-obalni transport (Slika 23).

8. Literatura

BLOTT, S. J., PYE, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.

FOLK, R. L., WARD, W. C. (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3-26.

MAJCEN Ž., KOROLIJA B., SOKAČ B., NIKLER L. (1963-1969): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:100.000, List Zadar L33-127. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

MAJCEN Ž., KOROLIJA B. (1973.): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Zadar L33-127. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1973.); Sazevni geološki institut, Beograd

PIKELJ K., KOVAČIĆ M., CVETKO TEŠOVIĆ B. (2014): Geological control of beach sediment in the Kaštela-Ploče flysch zone (Adriatic sea, Croatia)

PIKELJ K., RUŽIĆ I., ILIĆ S., JAMES R.M., KORDIĆ B., (2018): Implementing an efficient beach erosion monitoring system for coastal management in Croatia, *Ocean & Coastal Management*, Volume 156,

PUTRO, ANTHONY H.S. i JUNG L. LEE, (2020): Analysis of Longshore Drift Patterns on the Littoral System of Nusa Dua Beach in Bali, Indonesia

VLAHOVIĆ I., TIŠLJAR J., VELIĆ I., MATIČEC D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*

URL 1 <https://prirodahrvatske.com/obala/>