

# Karakterizacija taložnog okoliša u uvalama Funtana i Veštar na temelju sedimentnih jezgri

---

**Kokorović, Andreja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:779162>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet prirodnih znanosti  
Sveučilišni prijediplomski studij Znanost o moru

ANDREJA KOKOROVIĆ

Karakterizacija taložnog okoliša u uvalama  
Funtana i Veštar na temelju sedimentnih jezgri

Završni rad

Pula, rujan 2024.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet prirodnih znanosti  
Sveučilišni prijediplomski studij Znanost o moru

ANDREJA KOKOROVIĆ

Karakterizacija taložnog okoliša u uvalama  
Funtana i Veštar na temelju sedimentnih jezgri

Završni rad

JMBAG: 0303094407

Studijski smjer: Prijediplomski studij Znanost o moru

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Predmet: Geologija mora

Mentor: izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj

Pula, rujan 2024



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana Andreja Kokorović, kandidat za prvostupnika Znanosti o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student: Andreja Kokorović

Potpis



U Puli, 2024. godine.



## IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, Andreja Kokorović dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj Završni rad pod nazivom „Karakterizacija taložnog okoliša u uvalama Funtana i Veštar na temelju sedimentnih jezgri” koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 2024. godine.

Potpis \_\_\_\_\_

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Kristini Pikelj na prihvaćanju mentorstva, stručnim savjetima i vodstvu. Posebno cijenim Vaše strpljenje, podršku i nesebično dijeljenje znanja.

Zahvaljujem se članovima komisije na prenesenom znanju tijekom studiranja, kao i na svim savjetima i kritikama vezanim za završni rad.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji, prijateljima i kolegama na neizmjerne podršci tijekom studiranja.

Najveću zahvalnost dugujem svom Antoniu za beskrajno strpljenje i podršku tijekom studiranja.

# Sadržaj

1.	Uvod .....	1
1.1	Postanak Jadranskog bazena i njegova geološka obilježja .....	2
1.2	Sedimentacija sjevernojadranskog područja .....	5
1.3	Cilj rada .....	5
2.	Materijali i metode .....	6
2.1	Područje istraživanja .....	6
2.1.1	Uvala Funtana.....	6
2.1.2	Uvala Veštar .....	7
2.2	Uzorkovanje i priprema uzoraka .....	8
2.3	Laboratorijska obrada uzoraka .....	9
2.3.1	Analiza veličine zrna .....	9
2.3.2	Određivanje udjela karbonata površinskih uzoraka.....	11
2.3.3	Metoda difrakcije rendgenskih zraka na prahu.....	12
2.3.4	Mikroskopska analiza uzorka .....	13
3.	Rezultati.....	15
3.1	Podaci o jezgri i hidrografski podaci .....	15
3.1.1	Uvala Funtana.....	15
3.1.2	Uvala Veštar .....	17
3.2	Rezultati analize veličine zrna.....	18
3.2.1	Uvala Funtana.....	19
3.2.1.1	Postaja: Funtana 1 .....	19
3.2.1.2	Postaja: Funtana 3 .....	19
3.2.1.3	Postaja: Funtana 5 .....	20
3.2.2	Uvala Veštar .....	21
3.2.2.1	Postaja: Područje rasta cvjetnice <i>C. nodosa</i> .....	21
3.2.2.2	Postaja: Područje rasta <i>Z. noltii</i> .....	22
3.3	Rezultati određivanja udjela karbonata u površinskim uzorcima .....	23
3.3.1	Uvala Funtana.....	23
3.3.2	Uvala Veštar .....	23
3.4	Rezultati difrakcije rendgenskih zraka na prahu .....	24
3.5	Rezultati mikroskopske analize sedimenta.....	25
3.5.1	Uvala Funtana: Postaja 1-F1.....	25
3.5.2	Funtana: Postaja 3- F3.....	31

3.5.3	Funtana: Postaja 5- F5.....	35
3.5.4	Uvala Veštar: Područje rasta cvjetnice <i>C. nodosa</i> .....	38
3.5.5	Uvala Veštar: Područje rasta cvjetnice <i>Z. noltii</i> .....	45
4.	Rasprava.....	48
5.	Zaključak.....	51
6.	Literatura.....	52
7.	Popis slika i tablica.....	55
8.	Sažetak.....	57
9.	Abstract.....	59



# 1. Uvod

Različita geografska područja i uvjeti stvaraju različite taložne okoliše u moru. Proučavanje tih okoliša pomaže u razumijevanju geološke povijesti i evoluciju Zemlje.

Kontinenti su mjesta gdje se u pravilu zbiva erozija i trošenje stijena, a oceani su mjesta gdje se sedimenti talože. Prema porijeklu sedimenti se dijele u nekoliko skupina. Litogeni odnosno terigeni sediment obuhvaća sav materijal koji nastaje trošenjem kopna, dakle erozijom stijena, neovisno o njegovom načinu transporta do mora (Fio Firi i sur., 2023). U najvećoj mjeri transport sedimenta s kopna u more dolazi putem rijeka, donosom leda, vjetrom i izravnim mehaničkim trošenjem stijena na kopnu. Većina terigenog materijala taloži se na kontinentskom rubu odnosno u blizini kopna. Manja količina dospije u dubokomorska područja. Zbog velike bioprodukcije, uz značajan terigeni donos, šelf karakterizira i taloženje biogenog sedimenta. Većina biogenog sedimenta u moru je karbonatnog sastava, iako postoje organizmi koji grade skelete od opala poput radiolarija (Radiozoa), spikule spužvi (Porifera) (Fio Firi i sur., 2023). Organizmi čije karbonatne dijelove nalazimo u sedimentu su ljušture školjkaša (Bivalvia), puževa (Gastropoda), fragmente mahovnjaka (Bryozoa) te foraminifere i brojni drugi organizama (Fio Firi i sur., 2023).

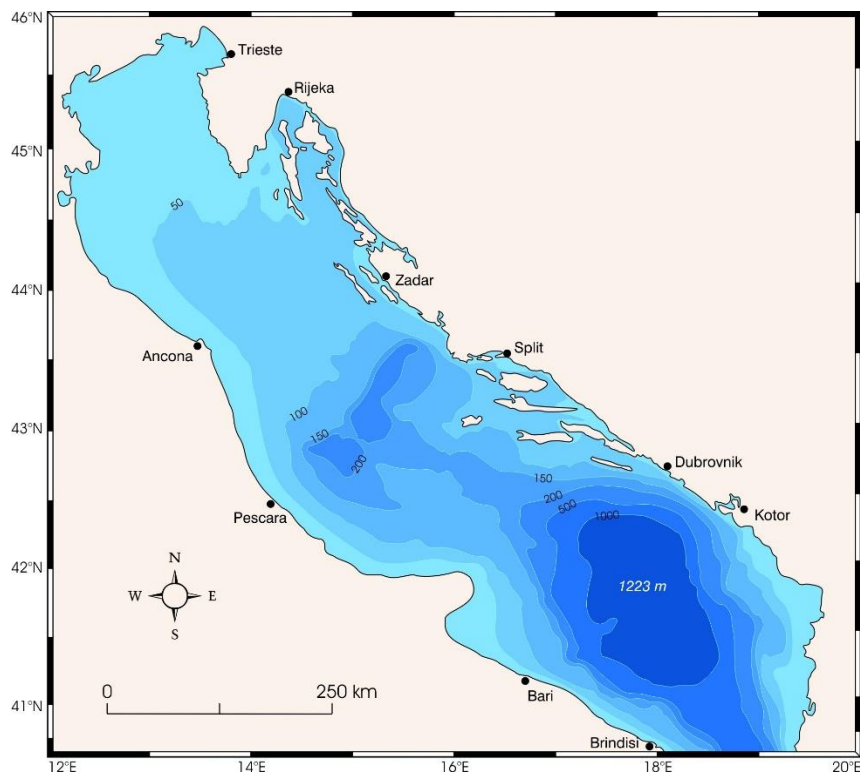
Taložni okoliš odnosi se na specifično područje i uvjete u kojima dolazi do taloženja sedimenta. Raznolikost taložnih okoliša proizlazi iz različitih geoloških, klimatskih i tektonskih procesa koji utječu na njihovo formiranje. Faktori koji oblikuju taložne okoliše kao što su vrsta stijena, mineralni sastav, gibanje morske vode, temperatura, oborine, organizmi, te tektonika ploča imaju važnu ulogu u taložnim procesima (James i Bone, 2010).

Analiza taložnih okoliša omogućuje uvid u procese taloženja u prošlosti i njihovu vremensku dinamiku. Također pomaže u otkrivanju paleoklimatskih, paleogeografskih promjena te razvoj života na Zemlji kroz geološka razdoblja (James i Bone, 2010).

## 1.1 Postanak Jadranskog bazena i njegova geološka obilježja

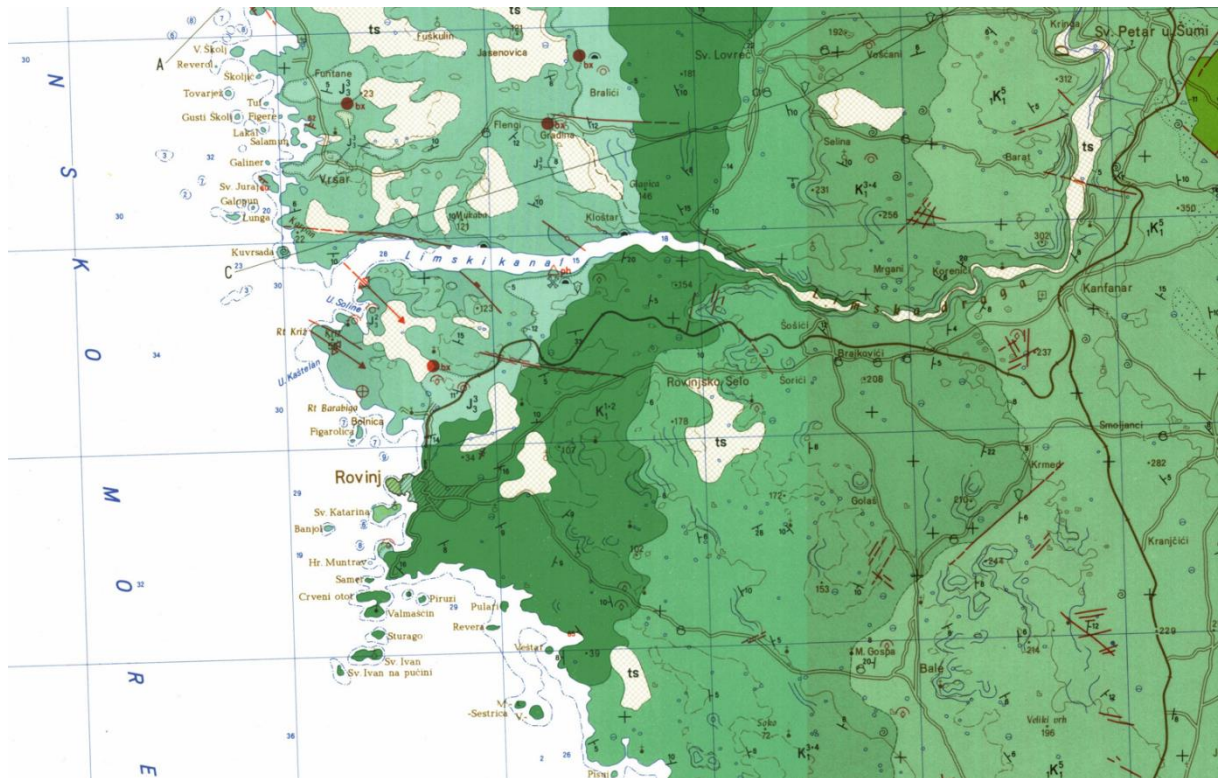
Jadransko more je bazen koji pripada većem sustavu istočnog Sredozemlja te se proteže u smjeru sjeverozapad - jugoistok (Bolaños i sur., 2014) s ukupnom dužinom od 870 km i prosječnom širinom od 159.3 km (Krstulović i Šolić 2006). Geološki gledano Jadransko more u velikom dijelu pripada Jadranskoj mikroploči koja se u mezozoiku odvojila od Afričke ploče i od tad se pomiče prema Europi. Na razvoj Jadranske ploče utjecalo je izdizanje planinskih lanaca Alpa, Apenina i Dinarida (Fio Firi i sur., 2023).

Na temelju bioloških, morfoloških i oceanografskih karakteristika Jadransko more se dijeli na tri podregije: sjeverni, srednji i južni Jadran (Polimene i sur., 2006). Batimetrijski gledano Sjeverni Jadran je najplići dio Jadranskog mora (Slika 1) (Giani i sur., 2012).



Slika 1. Batimetrijska karta Jadranskog mora (Sliku ustupila izv. prof. dr. sc. K. Pikelj).

Sjeverni dio hrvatske obale Jadrana, točnije Istarski poluotok izgrađen je od plitkomorskih karbonatnih naslaga i manjim udjelom fliša i vapnenačkih breča (Velić i sur.1995). Između Rovinja i Poreča otkrivene su najstarije naslage jurske starosti (208-144 milijuna godina) (Slika 2), što bi značilo da se geološki razvoj Istarskog poluotoka može pratiti od mlađe jure, pri čemu se zaključci o geološkim događajima prije jure mogu izvesti iz istražnih bušotina (Polšak, 1970; Polšak i Šikić,1973).



Slika 2. Geološka karta zapadne Istre (modificirano prema Polšak, 1967 te Polšak i Šikić, 1969).

Tijekom razdoblja mlađeg perma (286-245 milijuna godina) bilježi se plitkomorska klastična sedimentacija sa značajnom količinom subgrebenskih foraminifera i značajnim fuzulinidama (vrste fosilnih foraminifera). U donjem trijasu (245-208 milijuna godina), prisutnost breča ukazuje na događaje u sedimentacijskom bazenu, a ti događaji bili su popraćeni vulkanizmom. Srednji trijas obilježen je formiranjem šelfa, pješčenjaka i dolomita. Gornji trijas nije identificiran u naslagama, što ukazuje na regresiju i kopnenu fazu tog vremena. Regresija je ograničena na lokalno područje, obzirom da se naslage gornjeg trijasa pojavljuju u susjednim regijama poput Gorskog kotara i Slovenije. U starijoj juri bilježi se transgresija, pri čemu dominira plitkomorska karbonatna sedimentacija. U gornjem dijelu jure opaža se produbljivanje s taloženjem pelagičkih sedimenata i stvaranje rožnjaka (Polšak, 1970; Polšak i Šikić,1973).

Naslage jurskog razdoblja datiraju iz kimeridža i titona, gdje se odvija plitkovodna karbonatna sedimentacija. U mlađem dijelu kimeridža evidentna je regresija velikim oplićavanjem u kojoj nastaje okršavanje vapnenca i traje do mlađeg titona. U vrijeme mlađeg titona, opaža se transgresija tijekom koje se produbljuje i proširuje sedimentacijski bazen te rezultira taloženjem autohtonih pelagičkih vapnenaca. U periodu od valendisa do kampana tijekom krede (144-66 milijuna godina), primjećuje se kontinuirana i gotovo isključiva sedimentacija plitkovodnih karbonata. Tijekom apta, razdoblja kojem pripadaju najstarije otkrivene naslage u području lista Pula, dominantno se talože vapnenačke naslage. Tijekom albe, dolomiti se povremeno talože u nešto većoj količini, dok se tanki slojevi i leće lapora rijetko pojavljuju. Prema kraju alba, gotovo u cijeloj Istri, osim u najjužnijem dijelu, formiraju se dolomiti i breče od dolomita i vapnenca. U razdoblju cenomana i turona, sedimenti postaju obogaćeni ljušturama rudista. U vrijeme konijaka većinom se talože dobro složeni vapnenci s kolonijama radiolitida. Potpuna regresija i tektonski pokreti javljaju se u gornjem dijelu mlađe krede. Tijekom tog razdoblja na području Istarskog poluotoka formira se blaga i prostrana Zapadnoistarska antiklinala s osi koja se proteže u smjeru sjeveroistok-jugozapad. Uz to događa se veliko okršavanje što rezultira formiranjem ležišta boksita. Početkom paleogena formiraju se kotline u kojima se talože tanki slojevi ugljena. Paleogenska transgresija duboko prodire u kredne naslage, najprije sporadično, a zatim neprekidno, uzorkujući brakičnu i morsku sedimentaciju. Morska je karakterizirana prisustvom foraminiferskih zajednica alveolina i miliolida. Na kraju eocena u Istri dolazi do potpune i konačne emrezije. U Zapadnoistarskoj antiklinali, prvo su erodirane paleogenske, a kasnije kredne te jurske naslage. Tijekom procesa erozije, dolazi do taloženja crvenice, a povremeno u pleistocenu koštanih breča i pećinskih sedimenata. Značajan utjecaj na sve mlade morfogenetske i hidrogeološke procese imali su višestruki epirogenetski pokreti (spori, vertikalni pokreti koji uzorkuju izdizanje ili spuštanje dijelova Zemljine kore). Potopljeni dijelovi riječnih dolina, poput Limskog i Raškog zaljeva ukazuju na te pokrete (Polšak, 1970; Polšak i Šikić, 1973).

## 1.2 Sedimentacija sjevernojadranskog područja

Najznačajniji izvor klastičnih sedimenata u Jadranu danas je donosom rijeka, pri čemu većina riječnog materijala potječe sa sjevernog i zapadnog dijela bazena, kako je to opisano u istraživanjima Frignani i sur. (2005) te Cattaneo i sur. (2007). Na taloženje terigenog materijala na sjevernom Jadranu utjecale su rijeke Soča, Po, Adige, Tagliamento i Piave. Današnji utjecaj tih rijeka na sedimentaciju duž zapadne obale Istre sveden je na minimum, a smatra se da se na površini djelomično nalaze i reliktni pijesci, naročito prema otvorenom dijelu mora (Meischner, 1973; Fütterer i Paul, 1976; Pikelj, 2010). Na Hrvatskoj strani obale rijeka Mirna drenira područja prekrivena uglavnom flišnim naslagama. Rijeka Mirna ima značajan donos sitnozrnatog materijala, no primjetan je uglavnom neposredno uz njezino ušće zbog ograničenog utjecaja struja i valova (Janeković i sur., 1995; Pikelj, 2010). Obalu Istre karakteriziraju dvije osnovne vrste sedimenta: na sjevernom i južnom dijelu pjeskoviti te muljeviti između njih (Vdović i Juračić, 1993). Prema ranijem istraživanju Pigorinija (1968) u središnjem dijelu i dalje od obale Istre nalaze se sedimenti povezani s modernom prodeltom rijeke Po. Uz samu obalu na lokalnu sedimentaciju mogu utjecati lokalne prilike, manji vodotoci i stijene obale.

## 1.3 Cilj rada

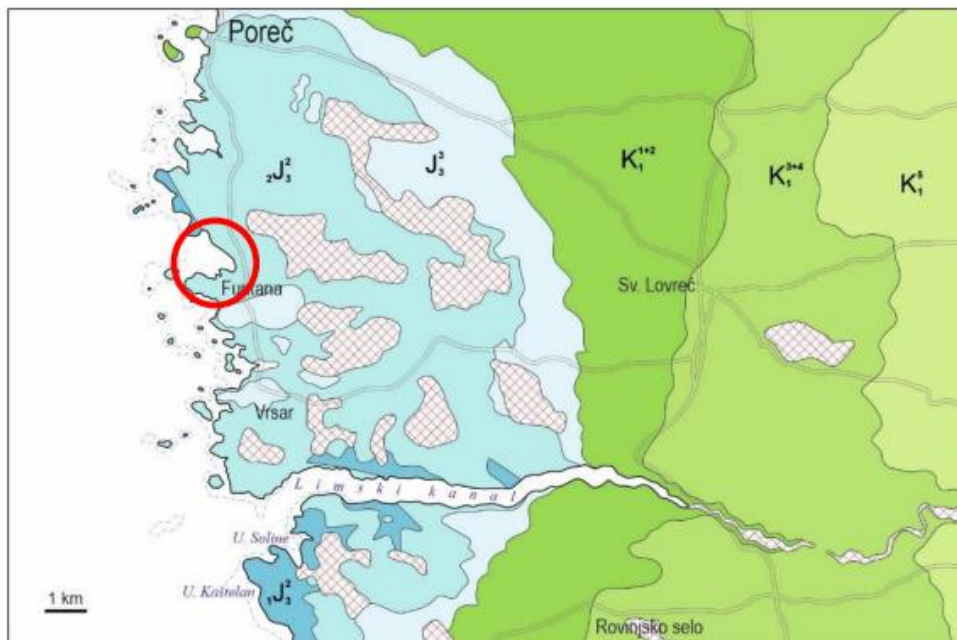
Cilj ovog rada bio je na temelju osnovnih sedimentoloških podataka i opisa sedimenta u sedimentnim jezgrama uvala Funtana i Veštar, kao i na temelju porijekla zrna sedimenta okarakterizirati taložni okoliš u objema uvalama. Koristio se dio postojećih podataka o raspodjeli veličine zrna, mineralnom sastavu i udjelu karbonatnih komponenti, a napravljena je kvalitativna i semikvantitativna analiza skeletnih zrna te su uzorci fotografirani pod mikroskopom.

## 2. Materijali i metode

### 2.1 Područje istraživanja

#### 2.1.1 Uvala Funtana

Uvala Funtana smještena je duž zapadne obale Istarskog poluotoka (Slika 3). Nalazi se 30 km sjeverozapadno od grada Rovinja-Rovigno. Područje koje obuhvaća uvala Funtana zabilježeno je na listu Rovinj Osnovne geološke karte (Polšak i Šikić, 1963, Slika 3). Ukupna površina prostora koju obuhvaća navedeni list Rovinj iznosi 1480 km<sup>2</sup>, od čega otprilike 1200 km<sup>2</sup> pripada kopnu. Uvala je stjenovitih obala, umjereno uvučena u kopno i djelomično izložena valovima sa zapada i sjeverozapada. Maksimalna dubina uvale je oko 7 metara. U uvalu se ulijeva potok koji drenira okolna poljoprivredna područja. Ovo područje obuhvaća dijelove Ekološke mreže natura 2000 odnosno POP (Područje očuvanja značajno za ptice) Akvatoriju zapadne obale Istre i POVS (Područje očuvanja značajno za vrste i stanišne tipove) Vrsarski otoci. (Bioportal, pristupljeno 15.4.2024). U uvali se mogu pronaći cvjetnice vrsta *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* te invazivna alga *Caulerpa cylindracea*.

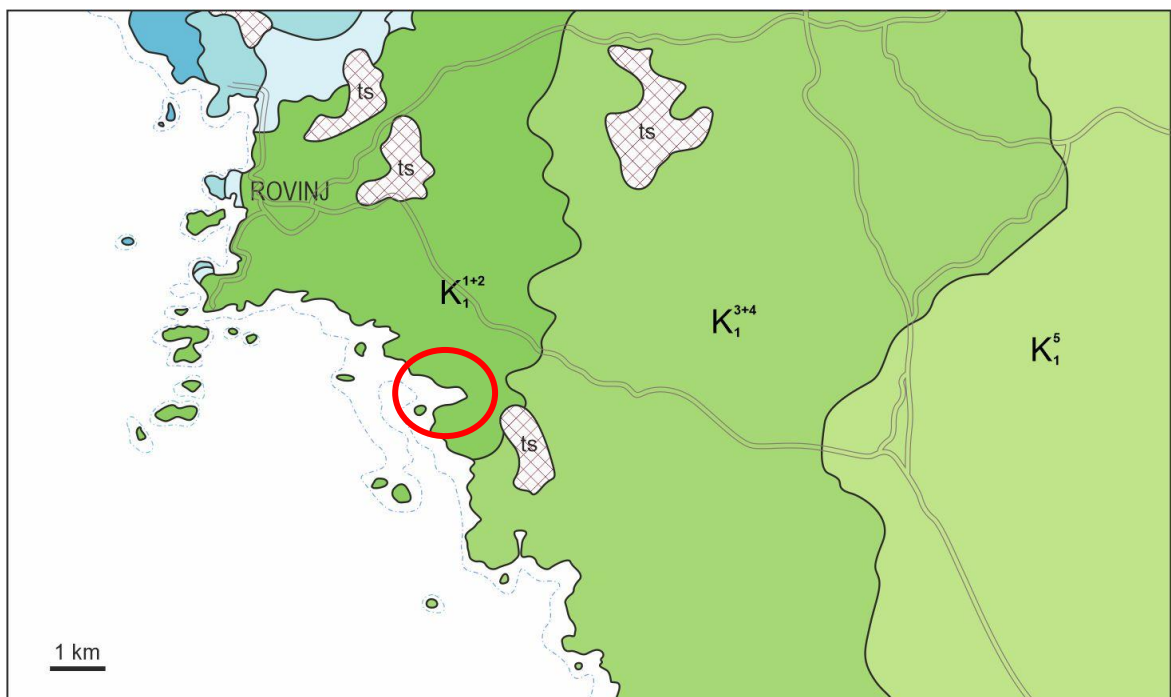


Slika 3. Geologija terena uvale Funtana (modificirano prema POLŠAK i ŠIKIĆ, 1969; preuzeto iz Podolšak, 2022).

## 2.1.2 Uvala Veštar

Uvala Veštar (Slika 4) kao i uvala Funtana pripada listu Rovinj osnovne geološke karte, koja obuhvaća površinu od 1480 km<sup>2</sup>, od čega se otprilike 1120 km<sup>2</sup> odnosi na kopneni dio. Obala ovog područja izgrađena je od vapnenca i dolomita (Polšak i Šikić, 1973).

Uvala se nalazi u sklopu turističkog kampa „Veštar“ na zapadnom dijelu srednje Istre. Širina uvale iznosi oko 500 m, a uvučena je u kopno oko 600 m. Obala koja okružuje uvalu je karbonatnog sastava, a maksimalna dubina uvale je oko 7 m. Što se tiče hidrodinamike, uvala Veštar je okrenuta na valove koji dolaze sa zapada i sjeverozapada. U uvali se mogu pronaći dvije morske cvjetnice, *C. nodosa* i *Z. noltii*.



Slika 4. Geologija terena uvale Veštar (modificirano prema POLŠAK I ŠIKIĆ, 1969; preuzeto iz Podolšak, 2022).

## 2.2 Uzorkovanje i priprema uzoraka

Jezgre korištene u istraživanju uzete su na dvije lokacije: uvala Funtana i uvala Veštar. Prikupljene 8. svibnja, 24. srpnja i 24. listopada 2021. godine.

Uzorci sedimenta prikupljeni su jezgrilom (eng. Corer) na dubinama od oko 2 m. Na lokaciji Funtana uzete su tri sedimentne jezgre, a uvali Veštar dvije. Svaka jezgra je izmjerena te je određena dubina anoksičnog sloja. Jezgre sedimenta podijeljene su na poduzorke debljine 2 cm, odnosno 0-2, 2-4, 18-20 cm.

Pomoću sonde pIONeera 65 (Radiometar analitički, Kopenhagen) pri svakom terenskom radu određene su karakteristike vode odnosno temperatura i salinitet. Saturacija kisika i pH određene su tijekom uzorkovanja u srpnju.

Na uzorcima su napravljene dvije analize. Metodom mokrog sijanja određena je veličina zrna sedimenta i pomoću Scheiblerove aparature napravljeno je određivanje udjela karbonata površinskih uzoraka volumetrijom plina (Podolšak, 2022).

Svi uzorci su pogledani pod lupom s povećanje od 1,5x, zatim fotografirani i pregledani pod mikroskopom marke Zeiss AxioLab s povećanjem od 2,5x.



## 2.3 Laboratorijska obrada uzoraka

### 2.3.1 Analiza veličine zrna

Veličinski sastav uzoraka za čestice veće od 0,063 mm određen je metodom mokrog sijanja. Čestice manje od 0,063 mm prikazane su kao mulj.

Uzeto je 27 uzoraka mase 30,00 g iz jezgara uvale Funtana, te 25 uzoraka mase 70,00 g iz jezgara uvale Veštar. Za potrebe ovog rada odabrano je po 3 dubine sedimenta u svakoj jezgri, kako bi se utvrdilo postoje li značajnije razlike u veličini zrna duž jezgre, odnosno tijekom vremena njihovog taloženja.

Uzorci su prosijani kroz set standardnih Retsch® ASTM sita od nehrđajućeg čelika, koristeći tresilicu Fritsch Analysette®. U skupu od sedam sita nalaze se sita s otvorima veličine 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, i 0,063 mm, a njihove granice su definirane prema Udden-Wentwoeth-ovoj ljestvici za klasifikaciju. Sijanje svakog uzorka je trajalo otprilike 30 minuta, uz kontinuirano ispiranje destiliranom vodom. Na svakom situ zadržane su frakcije sedimenta veće od promjera otvora sita, a manje od otvora sita iznad njega. Sve preostale frakcije prenesene sa sita pohranjene su staklene posude i ostavljene da se osuše. Nakon sušenja, svaka frakcija je pojedinačno izvagana i pohranjena u papirnate vrećice. Sediment s česticama manjim od 0,063 mm koji je prošao kroz sva sita, pohranjen je u staklene posude kao suspenzija kako bi se istaložio (Podolšak, 2022).

Svaki uzorak obrađen je pomoću Gradistat Version 6.0 (Blott i Pye, 2001) statističkog paketa. Prema Folkovoj klasifikaciji određen je tip sedimenta pomoću trokomponentnog dijagrama (Folk, 1954).

Neke vrijednosti izražene su logaritamski  $\Phi$  zbog lakšeg prikazivanja jako malih vrijednosti.

$$\Phi = -\log_2 d$$

d= veličina zrna u milimetrima

Prema FOLK i WARD (1957) izračunati su granulometrijski parametri za svaki uzorak.

-  $Md=\Phi_{50}$  (srednja veličina zrna)

veličina zrna od koje je 50 % čestica uzorka veće, a 50 % manje, odnosno veličina zrna na 50 % kumulativne granulometrijske krivulje;

$-M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$  → prosječna veličina zrna: aritmetički izračunata prosječna veličina zrna;

$S_o = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6}$  → sortiranje: pokazuje jednoličnost distribucije veličina čestica u sedimentu;

– kategorije sortiranosti:

< 0,35 vrlo dobra

0,35-0,5 dobra

0,5-0,71 umjereno dobra

0,71-1 umjerena

1-2 slaba

> 2 vrlo slaba

$S_k = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$  → koeficijent asimetrije: pokazatelj simetričnosti distribucije čestica. Ako je  $S_k > 0$  prevladavaju krupnije čestice, ako je  $S_k < 0$  onda prevladavaju sitnije čestice;

– kategorije asimetričnosti: -1 do 0,3 vrlo negativno zakošena krivulja

-0,3 do 0,1 negativno zakošena krivulja

-0,1 do 0,1 gotovo simetrična krivulja

-0,1 do 0,29 pozitivno zakošena krivulja

-0,3 do 1 vrlo pozitivno zakošena krivulja

$$\rightarrow Kg = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \text{ zakošenost krivulje}$$

- Kategorije zaoštrenosti: < 0,67 vrlo zaravnjena
- 0,67 – 0,9 zaravnjena
- 0,9 – 1,11 srednje zaoštrena
- 1,11 – 1,5 zaoštrena
- 1,5 – 3 vrlo zaoštrena
- > 3 izuzetno zaoštrena

### 2.3.2 Određivanje udjela karbonata površinskih uzoraka

Za analizu određivanja udjela karbonata, uzorci su usitnjeni do veličine praha, nakon čega su po dva poduzorka mase otprilike 300 mg izvagani pomoću analitičke vage. Udio karbonata određen je volumetrijom plina na Scheiblerovoj aparaturi. Metoda kalcimetrije bazira se na mjerenju volumnog udjela CO<sub>2</sub> koji je produkt otapanja karbonata u destiliranoj vodi razrijeđenoj klorovodičnom kiselinom u omjeru 1:1. Prije analize udjela karbonata u površinskim uzorcima, izvršeno je mjerenje čistog kalcijeva karbonata kao standard. Prije početka mjerenja izvagana su dva uzorka standarda mase 300 mg. Svaki uzorak je stavljen u Erlenmeyerovu tikvicu s magnetom. U plastičnu posudu dodano je 5 ml klorovodične kiseline kako bi se spriječila prijevremena kemijska reakcija. Tikvica je zatvorena gumenim čepom, stvarajući potpuno zatvoreni sustav. Prije mjerenja zabilježeni su temperatura i tlak u prostoriji. Za potrebe mjerenja upaljena je magnetna miješalica te je dodano 5 ml klorovodične kiseline iz plastične posudice, što je rezultiralo reakcijom s uzorkom. Cijeli postupak traje oko 5 minuta. Tijekom reakcije otapanja karbonata u klorovodičnoj kiselini oslobađa se ugljikov dioksid, čije se volumen mjeri i bilježi te se pomoću formule dobiva udio karbonata u uzorku:

$$\%CaCO_3 = \frac{\text{ml CO}_2 * F * 2,274 * 100}{\text{masa uzorka (mg)}}$$

Isti postupak primijenjen je na svim površinskim uzorcima. Pri svakom mjerenju, bilježene su vrijednosti tlaka i temperature kako bi se koristile u određivanju faktora F

prema tablici pretvorbe volumena izmjerenog ugljikovog dioksida iz mililitara u miligrame.

Za svaki uzorak i standard provedena su dva mjerenja, a kao konačna vrijednost udjela karbonata u uzorku korištena je aritmetička sredina dobivenih rezultata (Podolšak, 2022).

### **2.3.3 Metoda difrakcije rendgenskih zraka na prahu**

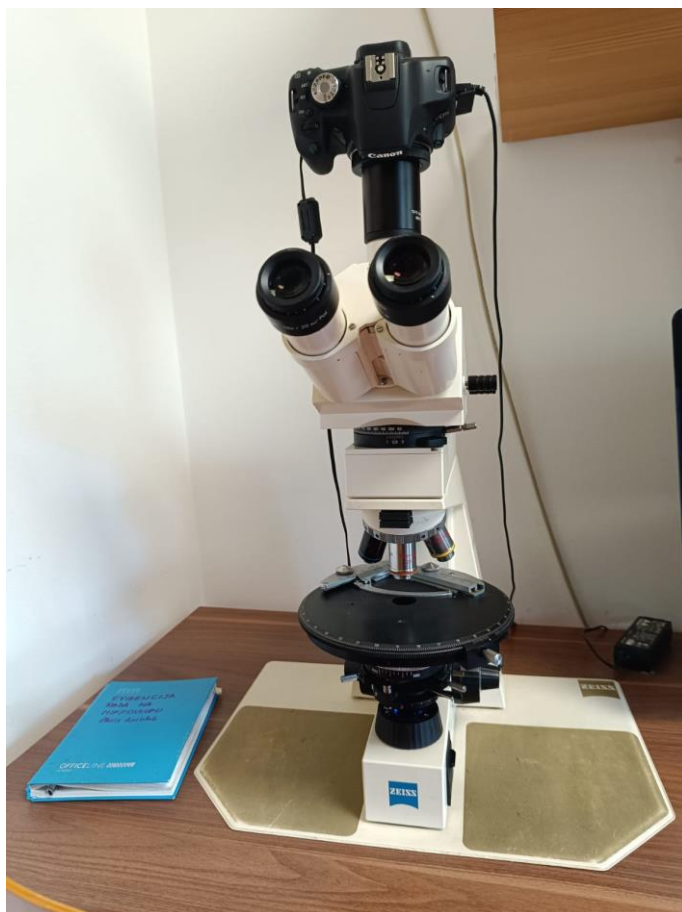
Metodom difrakcije rendgenskih zraka na praškastim uzorcima određen je samo mineralni sastav sedimenta iz uvali Funtana. Za analizu su odabrani površinski uzorci sa postaje Funtana 1 koja je uzorkovana na mjestu gdje se nalazi prirodni ulaz vodotoka u more, te postaja Funtana 5 koja je uzorkovana ispred plaže Perila (Slika 5). Određivanje mineralnog sastava provedeno je u Zavodu za opću i anorgansku kemiju Kemijskog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (PMF) u Zagrebu. Analiza uzoraka napravljena je na vertikalnom rendgenskom goniometru marke Philips tip PW1830/00, uz upotrebu Cu-cijevi (40 kV i 40 mA) čije je zračenje monokromatizirano grafitnim monokromatorom. Proporcionalni brojač korišten je za registraciju zračenja. Instrument se sastoji od pukotine za regulaciju divergencije snopa  $1^\circ$ , pukotine za sprječavanje raspršenja  $1^\circ$  (na strani cijevi i ispred nosača), te prijemne pukotine 0,1 mm (Pikelj, 2019).



Slika 5. Lokacije uzorkovanja sedimenta u uvali Funtana (Raspoloživo na: <https://tinyurl.com/5e995s66>).

### 2.3.4 Mikroskopska analiza uzorka

Mikroskopska analiza uzoraka sedimenta obavljena je na PMF u Zagrebu odnosno na Mineraloško-petrografskom zavodu Geološkog odsjeka. Za analizu korišten je svjetlosni mikroskop marke Zeiss AxioLab s povećanjem od 2,5x (Slika 6). Frakcije su odvojene mokrim sijanjem u rasponu veličine od 0,063 mm (vrlo sitni pijesak) do >4 mm sitnog šljunka. Svi uzorci su fotografirani Canon EOS 500D digitalnom kamerom. Na svaku fotografiju postavljeno je mjerilo od 0,5 mm u programu AxioVision Rel. 4.8. sve do trenutka u kojem radi greške na slikama postavljanje mjerila nije bilo moguće. Za potrebe određivanja karakteristika sedimenta i taložnih okoliša u uvali Funtana i Veštar mikroskopskom analizom svih frakcija utvrđen je okvirni udio bioklasta i litoklasta te njihov oblik i očuvanost.



Slika 6. Svjetlosni mikroskop marke Zeiss Axiolab (autor: Andreja Kokorović).

## 3. Rezultati

### 3.1 Podaci o jezgri i hidrografski podaci

#### 3.1.1 Uvala Funtana

U uvali Funtana uzete su po tri jezgre na različitim postajama te su označene kao Funtana 1, Funtana 3 te Funtana 5. Uzorkovanja na sve tri postaje odrađena su u svibnju, srpnju te listopadu 2021. godine. Jezgra koja je uzorkovana u svibnju na postaji F1 (Funtana 1) u istočnom dijelu uvale u blizini močvare (Slika 7) bila je dubine 34 cm s početkom anoksije na 3 cm te vrhom punim cvjetnice *Z. noltii*. U sredini uvale uzeta je jezgra F3 s dubinom od 28 cm, a anoksije na 3 cm. Najdalje od močvare uzeta je jezgra F5 (Slika 8) te je njezina dubina iznosila 25 cm, a anoksija počinje na 3,5 cm.

Obzirom na različite uvijete u blizini močvare u području uzorkovanja postaje F1 temperatura i salinitet su se razlikovali od ostatka uvale. Temperatura je iznosila 20 °C, a salinitet 23. U ostatku uvale temperatura je iznosila 18 °C, a salinitet 32.

U srpnju su također uzete po tri jezgre na istim postajama. Ovaj put osim određivanja anoksičnog sloja, temperature i saliniteta također je mjereno pH i saturacija kisikom. Dubina jezgre F1 iznosila je 26 cm, a anoksija je počela na 0,5 cm dubine. Temperatura na lokaciji F1 iznosila je 30,2 °C, salinitet 29,15, pH 8,39 a saturacija kisikom 117,0 %. Jezgra F3 bila je dubine 32 cm s anoksijom kroz cijelu jezgru. Ista situacija je i sa jezgrom sa lokacije F5. U ostatku uvale temperatura je iznosila 28,19 °C, salinitet 30,59, pH 8,0, a saturacija mora kisikom bila je 90,00 %.

U listopadu na postaji F1, F3 i F5 dubina jezgri bila je 40 cm, također u sve tri jezgre anoksija je detektirana na manje od 0,5 cm. Temperatura u blizini močvare (16,74 °C) bila je slična ostatku uvale. Salinitet je također bio sličan na obje lokacije stoga u blizini močvare iznosi ~36. U ostatku uvale pH je iznosio 8,15, a u blizini močvare bio je malo veći (8,33).

Saturacija kisikom u području močvare iznosila je 103,4 %, ali je bila nešto manja u odnosu na srpanj. U ostatku uvale zabilježeno je povećanje saturacije kisikom na 95,7 %.



Slika 7. Uvala Funtana, područje uzorkovanja postaje Funtana 1 (Sliku ustupila izv. prof. dr. sc. K. Pikelj).





Slika 8. Uvala Funtana, pogled na plažu Perila s juga (Sliku ustupila izv. prof. dr. sc. K. Pikelj).

### 3.1.2 Uvala Veštar

U uvali Veštar (Slika 9) također mjerene su temperatura i saliniteta mora. Temperatura je u svibnju iznosila 17 °C, a salinitet 20. Uzorci su uzeti na području rasta morskih cvjetnica *Z. noltii* i na području rasta *C. nodosa*. U svibnju na području rasta *Z. noltii* dubina jezgre iznosila je 42 cm, a anoksija je pronađena na 7,5 cm dubine. U području rasta *C. nodosa* dubina jezgre iznosila je 20 cm, a anoksija detektirana na dubini od 3 cm.

Temperatura i salinitet u srpnju su bili značajno više u odnosu na mjerenja u svibnju. Temperatura je iznosila 26,53 °C, a salinitet 33,2. Vrijednosti pH je bila 7,99, a saturacija kisikom je iznosila 81,5 %. Dubina jezgre u području rasta *Z. noltii* iznosila je 20 cm, a anoksija se pojavila na 5 cm. Na području rasta *C. nodosa* dubina jezgre iznosila je 24 cm, anoksija se pojavila na 3 cm.

U listopadu na području rasta *Z. noltii* dubina jezgre je iznosila 32 cm dok se, anoksija pojavila na 4 cm. U području rasta *C. nodosa* dubina jezgre je iznosila 24 cm dok je anoksija započela na 3,5 cm. Temperatura mora u listopadu je bila 16,94 °C,

salinitet 37,08, pH 8,26 a saturacija mora kisikom 89,7 %. Obzirom da je došlo do miješanja sedimenta tijekom uzorkovanja, u obje jezgre primijećena je promjena anoksičnog sloja u oksični sloj na nešto većoj dubini, stoga nije bilo moguće točno definirati dubinu početka anoksičnog sloja.



Slika 9. Uvala Veštar (Sliku ustupila izv. prof. dr. sc. K. Pikelj).

## 3.2 Rezultati analize veličine zrna

Odrađena je analiza veličine zrna za svaki uzorak sedimenta iz jezgra, te su uzorci klasificirani prema udjelu šljunka, pijeska i mulja. Osim toga, obrađeni su granulometrijski podaci, kao što su prosječna i srednja veličina zrna, sortiranost, asimetričnost raspodjele i zaoštrenost krivulje.

## 3.2.1 Uvala Funtana

### 3.2.1.1 Postaja: Funtana 1

Na postaji F1 sedimenti iz jezgre opisani su kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj u većoj mjeri i u manjoj mjeri blago šljunkoviti mulj (Tablica 1.). Sortiranost sedimenta bila je slaba do dobra. Prosječna veličina zrna bila je 0,02 mm i 0,05 mm. Za površinski sediment iz srpnja srednja veličina zrna varirala je od 0,001 mm do 0,05 mm. Kategorija zaoštrenosti krivulje u uzorku varirala je od negativno do vrlo negativno zakošene te zaoštrene.

Tablica 1. Granulometrijski rezultati za postaju: Funtana 1.

UVALA FUNTANA-Postaja 1									
	SVIBANJ			SRPANJ			LISTOPAD		
DUBINE	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	8-10	10-12	26-28
ŠLJUNAK(%)	1,36	1,86	3,20	1,10	2,26	0,73	4,30	2,24	2,17
PIJESAK(%)	9,79	11,06	7,27	11,36	11,44	10,49	10,47	10,53	14,10
MULJ(%)	88,83	87,07	89,53	87,36	86,30	88,77	85,23	87,23	83,73
Md(mm)	0,05	0,05	0,03	0,001	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
Mz(mm)	0,05	0,05	0,02	0,004	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
So (Φ)	0,44	0,46	1,85	1,88	1,90	0,44	0,96	0,46	0,59
Sk (Φ)	-0,20	-0,22	0,60	-2,01	0,55	-0,20	-0,40	-0,22	-0,31
Kg (Φ)	1,24	1,31	0,36	0,37	0,38	1,24	3,60	1,30	1,78
<b>Vrsta Sedimenta</b>	Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj		Blago šljunkoviti mulj	Blago šljunkoviti mulj		Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj	Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj		

### 3.2.1.2 Postaja: Funtana 3

Na postaji F3 uzorak iz dubine 18-20 cm iz listopada okarakteriziran je kao šljunkoviti mulj, a svi ostali uzorci sedimenta okarakterizirani su kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj (Tablica 2). U ovom uzorku sortiranost je također bila slaba do dobra.

Prosječna veličina zrna iznosila je između 0,05 mm i 0,07 mm, dok srednja je iznosila 0,05 mm. Kategorija zaoštrenosti krivulje u uzorku varirala je od negativno do vrlo negativno zakošene te zaoštrene.

Tablica 2. Granulometrijski rezultati za postaju: Funtana 3.

UVALA FUNTANA-Postaja 3										
	SVIBANJ			SRPANJ			LISTOPAD			
DUBINE	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	
ŠLJUNAK(%)	0,73	0,27	0,03	2,13	4,63	0,90	0,43	0,97	9,30	
PIJESAK(%)	14,83	15,57	13,06	16,17	24,93	9,88	16,30	15,70	20,71	
MULJ(%)	84,43	84,17	86,90	81,70	70,43	89,23	83,27	83,30	70,00	
Md(mm)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Mz(mm)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	
So (Φ)	0,54	0,54	0,51	0,68	1,24	0,45	0,52	0,55	1,61	
Sk (Φ)	-0,27	-0,27	-0,26	-0,41	-0,60	-0,22	-0,27	-0,30	-0,68	
Kg (Φ)	1,60	1,58	1,54	1,93	2,41	1,32	1,39	1,57	2,90	
Vrsta Sedimenta	Blago šljunkovito pjeskoviti mulj			Blago šljunkovito pjeskoviti mulj			Blago šljunkovito pjeskoviti mulj		Šljunkoviti mulj	

### 3.2.1.3 Postaja: Funtana 5

Na postaji F5 površinski sedimenti se razlikuju. U uzorcima sedimenta iz svibnja i listopada sediment je blago šljunkovito-muljeviti pijesak. U uzorku iz srpnja sediment je blago šljunkovito-muljeviti pijesak. Osim po mjesecima uzorkovanja sortiranost se također razlikovala i po dubinama sedimenta u jezgri. Stoga na dubini od 2 do 4 cm sediment je blago šljunkovito-muljeviti pijesak za sve tri sezone. Na dubini od 18 do 20 cm sediment je šljunkovito-pjeskoviti mulj također za sve tri sezone (Tablica 3). Sortiranost je bila slaba do umjerena.

Kategorija zaoštrenosti krivulje u uzorku je varirala od negativno zakošene pa sve do gotovo simetrične te zaoštrene.

Površinska vrijednost srednje veličine zrna sedimenta iznosila je između 0,06 mm i 0,15 mm, dok je prosječna iznosila između 0,09 mm i 0,14 mm. Za uzorke sedimenta s dubine 2-4 cm iz jezgre srednja veličina zrna iznosila je između 0,14 mm i 0,16 mm, a prosječna između 0,13 mm i 0,14 mm.

Tablica 3. Granulometrijski rezultati za postaju Funtana 5.

UVALA FUNTANA-Postaja 5									
DUBINE	SVIBANJ			SRPANJ			LISTOPAD		
	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20
ŠLJUNAK(%)	1,67	0,46	0,70	2,80	0,67	0,03	1,36	1,03	1,33
PIJESAK(%)	61,53	57,65	18,88	44,93	62,50	14,90	53,34	62,33	37,44
MULJ(%)	36,80	41,87	80,43	52,27	36,83	85,07	45,30	36,73	61,23
Md(mm)	0,15	0,14	0,05	0,06	0,14	0,05	0,11	0,16	0,05
Mz(mm)	0,14	0,13	0,05	0,09	0,13	0,05	0,12	0,14	0,08
So (Φ)	1,48	1,43	0,79	1,51	1,34	0,56	1,51	1,16	1,31
Sk (Φ)	0,05	0,04	-0,50	-0,62	0,08	-0,30	-0,18	0,09	-0,63
Kg (Φ)	0,09	0,61	2,10	0,92	0,66	1,80	0,71	0,66	0,89
Vrsta Sedimenta	Blago šljunkovito-muljeviti pijesak		Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj	Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj	Blago šljunkovito-muljeviti pijesak	Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj	Blago šljunkovito-muljeviti pijesak		Blago šljunkovito-pjeskoviti mulj

### 3.2.2 Uvala Veštar

#### 3.2.2.1 Postaja: Područje rasta cvjetnice *C. nodosa*

Na području rasta cvjetnice *C. nodosa* postoji razlika između par uzoraka. Površinski uzorak iz listopada i uzorak iz srpnja sa dubine iz jezgre od 18 do 20 cm su šljunkovito-muljeviti pijesak, dok su ostali sedimenti okarakterizirani kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak (Tablica 4). Sortiranost sedimenta bila je slaba do umjerena.

Kategorija zaoštrenosti krivulje za uzorkovanje u svibnju pokazala je da se radi o pozitivno zakošenim krivuljama, pozitivno zakošenim gotovo simetričnim krivuljama iz srpnja, te iz listopada negativno i vrlo negativno zakošenim krivuljama.

Prosječna veličina zrna varirala je između 0,08 mm i 0,13 mm u površinskim sedimentima. Za sedimente na dubini od 2 do 4 cm varirala je između 0,10 mm i 0,13 mm, te na većim dubinama između 0,09 i 0,14 mm.

Tablica 4. Granulometrijski rezultati za postaju: *C. nodosa*.

UVALA VEŠTAR – <i>C. nodosa</i>										
	SVIBANJ			SRPANJ			LISTOPAD			
DUBINE	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	18-20	
ŠLJUNAK(%)	3,02	0,90	0,32	0,13	0,86	0,72	8,80	2,32	3,48	
PIJESAK(%)	80,31	84,85	78,25	58,67	75,14	79,68	66,65	69,23	71,03	
MULJ(%)	16,66	14,24	21,41	41,20	24,00	19,60	24,54	28,46	25,49	
Md(mm)	0,14	0,14	0,13	0,07	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12	
Mz(mm)	0,13	0,13	0,12	0,08	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11	
So (Φ)	1,03	0,96	0,99	0,88	0,97	0,97	1,68	1,13	1,32	
Sk (Φ)	0,13	0,16	0,23	-0,17	0,12	0,05	-0,18	-0,56	-0,13	
Kg (Φ)	1,10	1,04	0,87	0,92	0,83	0,95	1,69	0,94	1,15	
Vrsta Sedimenta	Blago šljunkovito-muljeviti pijesak			Blago šljunkovito-muljeviti pijesak			Šljunkovito muljeviti pijesak	Blago šljunkovito muljeviti pijesak		

### 3.2.2.2 Postaja: Područje rasta *Z. noltii*

Na području rasta cvjetnice *Z. noltii* ista je situacija kao i kod područja rasta cvjetnice *C. nodosa*, dakle površinski uzorak iz listopada i uzorak iz srpnja sa dubine iz jezgre od 20 do 22 cm su šljunkovito-muljeviti pijesak, dok su ostali sedimenti okarakterizirani kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak (Tablica 5). Sortiranost sedimenta varirala je od slabe do umjerene.

Prosječna veličina zrna iznosila je između 0,08 mm i 0,13 mm u svim dubinama jezgre. Srednja veličina zrna u sedimentu iz svibnja iznosila je 0,14 mm, srpanju između 0,8 i 0,13 mm i za sedimente u listopadu iznosila je 0,09 mm i 0,13 mm.

Tablica 5. Granulometrijski rezultati za postaju: *Z. noltii*.

UVALA VEŠTAR – <i>Z. noltii</i>									
	SVIBANJ			SRPANJ			LISTOPAD		
DUBINE	0-2	2-4	18-20	0-2	2-4	22-24	0-2	2-4	22-24
ŠLJUNAK(%)	3,02	0,90	0,32	0,13	0,86	0,72	8,80	2,32	3,48
PIJESAK(%)	80,31	84,85	78,25	58,67	75,14	79,68	66,65	69,23	71,03
MULJ(%)	16,66	14,24	21,41	41,20	24,00	19,60	24,54	28,46	25,49
Md(mm)	0,14	0,14	0,13	0,07	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12
Mz(mm)	0,13	0,13	0,12	0,08	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11
So (Φ)	1,03	0,96	0,99	0,88	0,97	0,97	1,68	1,13	1,32
Sk (Φ)	0,13	0,16	0,23	-0,17	0,12	0,05	-0,18	-0,56	-0,13
Kg (Φ)	1,10	1,04	0,87	0,92	0,83	0,95	1,69	0,94	1,15
Vrsta Sedimenta	Blago šljunkovito-muljeviti pijesak			Blago šljunkovito-muljeviti pijesak			Šljunkovito muljeviti pijesak		Blago šljunkovito muljeviti pijesak

### 3.3 Rezultati određivanja udjela karbonata u površinskim uzorcima

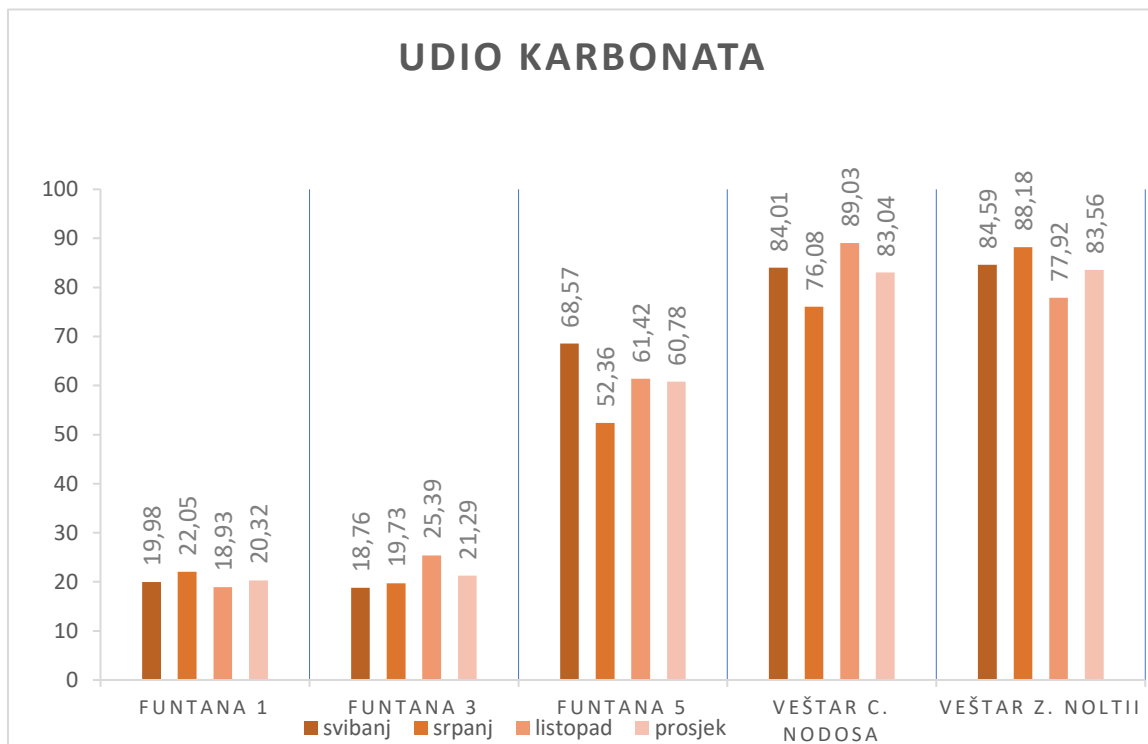
Na svim površinskim uzorcima sedimenata iz jezgri napravljeno je određivanje udjela karbonata.

#### 3.3.1 Uvala Funtana

Rezultati udjela karbonata određeni su za svaku postaju zasebno. Na postaji F1 prosječni udio karbonata iznosio je  $20,32 \pm 1,59$  %, a na postaji F3 iznosio je  $21,29 \pm 3,58$  % te  $60,78 \pm 8,12$  % za postaju F5, što pokazuje porast udjela karbonatne komponente od F1 do F5 (Slika 10).

#### 3.3.2 Uvala Veštar

U uvali Veštar na području rasta *C. nodosa* udjel karbonata iznosio je  $83,04 \pm 6,53$  %, a u području rasta *Z. noltii*  $83,56 \pm 5,21$  %. U jezgrama na objema lokacijama razlika je u prosijeku svega 0,52 %. Rezultati su prikazani grafički (Slika 10).



Slika 10. Udio karbonata u površinskim uzorcima sedimenta.

### 3.4 Rezultati difrakcije rendgenskih zraka na prahu

Difrakcijom rendgenskih zraka na praškastom uzorku ustanovljen je mineralni sastava uzorka iz uvale Funtana. Na postaji Funtana 1 koja se nalazi na samom ušću vodotoka dobivenom analizom utvrđena je dominantnost minerala kvarca (Tablica 6). Na dalje od bitnih minerala također je identificiran kalcit i feldspat. Aragonit, pirit i halit identificirani su kao sporedni minerali te kao minerali u tragovima pronađeni su dolomit te minerali gline (Tablica 6). Suspektni minerali su todorokit te paragonit koji se nisu mogli jednoznačno determinirati. Na postaji Funtana 5 koja se nalazi ispred plaže Perila dobiveni rezultati ukazuju na dominantnost minerala kalcita i kvarca (Tablica 6). Sporedni minerali su aragonit, pirit, halit te 10 Å filosilikat. Minerali u tragovima su dolomit te minerali gline (Pikelj, 2019).



Tablica 6. Rezultati određivanja mineralnog sastava uzoraka F1 i F5 u uvali Funtana.

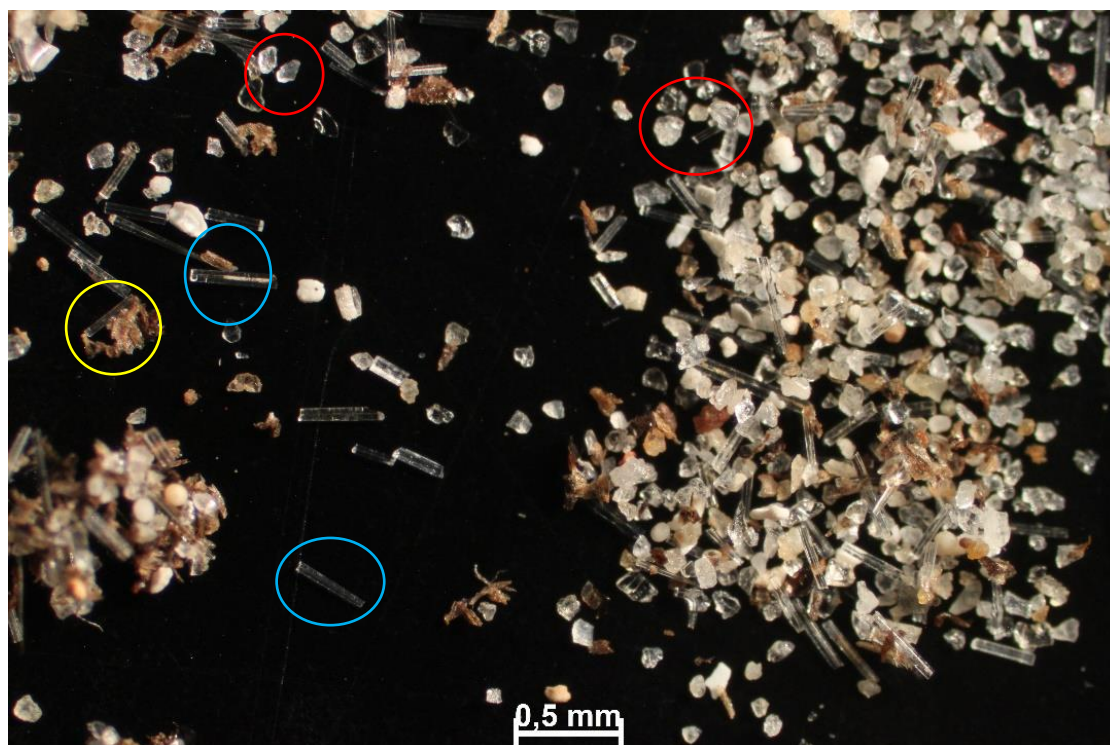
<b>Uzorak:</b>	<b>Dominantni minerali:</b>	<b>Bitni minerali:</b>	<b>Sporedni minerali:</b>	<b>Minerali u tragovima:</b>	<b>Suspektni minerali:</b>
<b>Funtana 1</b>	<b>kvarc</b> (SiO <sub>2</sub> ) <b>kalcit</b> (CaCO <sub>3</sub> )		<b>aragonit</b> (CaCO <sub>3</sub> ) <b>pirit</b> (FeS <sub>2</sub> ) <b>halit</b> (NaCl) <b>10Å</b> <b>filosilikat</b> (ilit i/ili muskovit)	<b>dolomit</b> (CaMgCO <sub>2</sub> ) <b>minerali gline</b> (kaolinit i/ili klorit)	
<b>Funtana 5</b>	<b>kvarc</b> (SiO <sub>3</sub> )	<b>kalcit</b> (CaCO <sub>3</sub> ) <b>feldspati</b> (plagioklasi i K-feldspati)	<b>aragonit</b> (CaCO <sub>2</sub> ) <b>pirit</b> (FeS <sub>2</sub> ) <b>halit</b> (NaCl)	<b>dolomit</b> (CaMgCO <sub>2</sub> ) <b>minerali gline</b> (kaolinit i/ili klorit)	<b>todorokit</b> <b>paragonit</b>

### 3.5 Rezultati mikroskopske analize sedimenta

#### 3.5.1 Uvala Funtana: Postaja 1-F1

Na postaji F1 mikroskopskom analizom u frakciji 0,063-0,125 mm sedimenta utvrđeno je da nema značajnih razlika među sezonama. Promatrani su uzorci na dubinama jezgre od 0-2 cm i 2-4 cm za proljeće i ljeto, odnosno za jesen od 8-10 cm te 10-12 cm. U uzorku su pronađene značajne količine terigenog materijala. Na Slici 11. crvenom bojom označeni su uzorci kvarca. Osim kvarca, pronađene su povećane količine spikula spužvi (plava boja) te detritusa cvjetnica (žuta boja). Radi utvrđivanja značajnijih razlika s dubinom u jezgri, razmatrani su uzorci jezgre na markerima od 18-20 te 26-28 cm. Provedenom usporedbom uočena je značajna količina detritusa te

zrna crne boje kojima se nije moglo definirati porijeklo. Njihova prisutnost se smanjuje u jesenskom uzorku. Slika 12. prikazuje crne fragmente označene zelenom bojom a detritus žutom bojom.



Slika 11. Postaja F1, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 8-10 cm, frakcija 0,063-0,125 mm, ●- spikule spužvi, ●-detritus, ●- kvarc (autor: Andreja Kokorović).



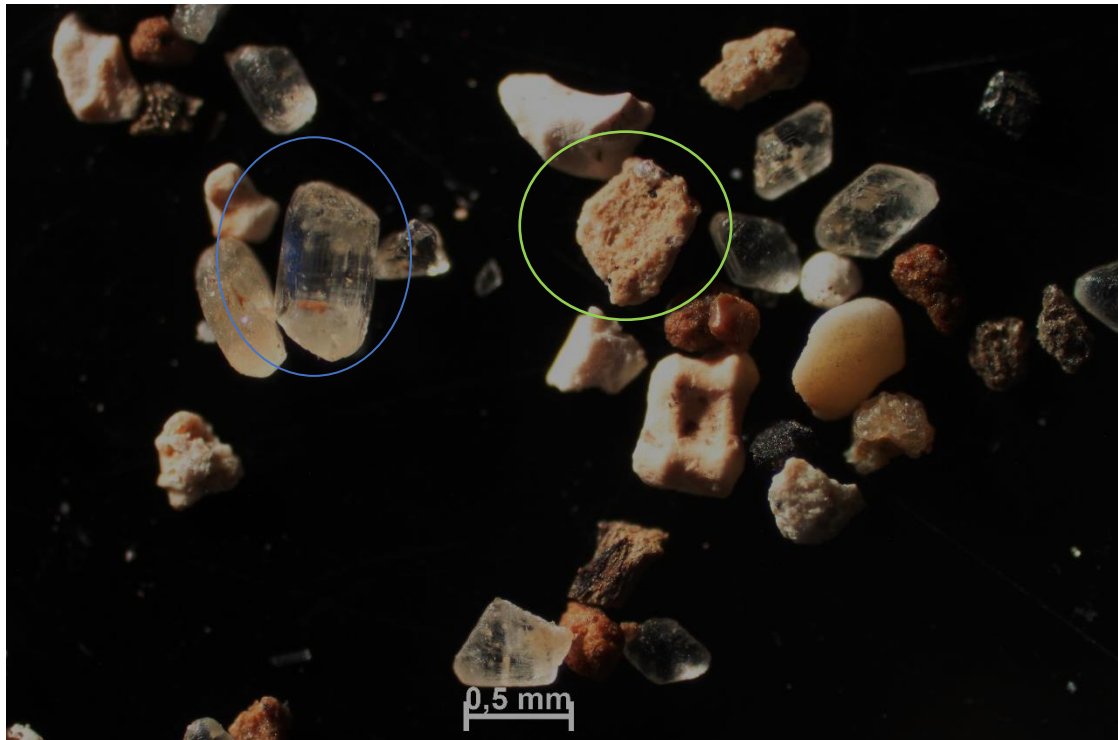
Slika 12. Postaja F1, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre 18-20 cm, frakcija 0,063-0,125 mm, ●- zrna crne boje kojima se nije moglo odrediti porijeklo, ● - detritus (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji od 0,125-0,25 mm na dubini jezgre od 0-2 cm uzorci prikupljeni u proljeće i ljeto se ne razlikuju. U oba uzorka pronađene su spikule spužvi, kvarc, biogeni detritus, te zrna smeđe boje kojima se nije moglo definirati porijeklo. Jesenski uzorak koji je na dubini jezgre od 8-10 cm također sadrži iste fragmente, međutim u ovom uzorku zastupljena su zrna crne boje kojima se također nije moglo definirati porijeklo te fragmenti gastropoda. Dubina jezgre od 2-4 cm ima isti sastav kao i jesenski uzorak od 8-10 cm samo sa nešto značajnijom količinom biogenog detritusa u svim sezonama. Foraminifere te općenito biogeni fragmenti pronađeni su u jesenskom uzorku na dubini jezgre od 26-28 cm, dok se ljeto i proljeće ne razlikuju od uzorka na dubini od 2-4 cm. Na Slici 13. plavom bojom označene su foraminifere, a ljušture žutom.



Slika 13. Postaja F1, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre 26-28 cm, frakcija 0,125-0,25 mm, ●- foraminifere, ●- ostatci ljušturica. Napomena: duljina mjerila na Slici 12. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji od 0,25-0,5 mm proljetni uzorci u svim dubinama u jezgri se ne razlikuju. Ljetni uzorci se razlikuju samo na dubini od 18-20 cm zbog manje količine biogenog detritusa nego na drugim dubinama. Razlika između proljetnog i ljetnog uzorkovanja je u variranju količine detritusa, dok su ostali fragmenti podjednako zastupljeni kao što je kvarc označen plavom bojom, te biogena zrna označena zelenom bojom (Slika 14). Uzorci iz jesenskog uzorkovanja se također ne razlikuju po dubinama u jezgri međutim razlikuju se u odnosu na proljetno te ljetno uzorkovanje zbog prisustva fragmenata ljuštura te gastropoda.



Slika 14. Postaja F1, ljetno uzorkovanje dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija od 0,25-05 mm, ● - kvarc, ● - biogena zrna (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji od 0,5-1 mm zajedničko u svim dubinama u jezgri te sezonama uzorkovanja su fragmenti gastropoda (zelena boja), biogena zrna (žuta boja) i školjkaša (Slika 15). Također u ljetnom uzorku na dubini jezgre od 2-4 cm pronađen je fragment raka odnosno kliješta (Slika 16).



Slika 15. Postaja F1, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,5-1 mm, ● - biogena zrna, ● - ostatak kućice gastropoda (autor: Andreja Kokorović).



Slika 16. Postaja F1, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,5-1 mm, na slici je prikazan fragment kliješta raka (autor: Andreja Kokorović).

Frakcije od 1-2 mm, 2-4 mm, te >4 mm se ne razlikuju po sezonama niti po dubinama u jezgri. Najviše su zastupljeni gastropodi te ostaci cvjetnica (Slika 17).



Slika 17. Postaja F1, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 10-12 cm, frakcija od 1-2 mm, na slici je prikazana kućica gastropoda (autor: Andreja Kokorović).

### 3.5.2 Funtana: Postaja 3- F3

Frakcija od 0,063-0,125 mm sastoji se od kvarca, spikula spužvi te biogenog detritusa. Nema razlika u sezonama uzorkovanja niti u dubinama u jezgre.

Frakcija od 0,125-0,25 mm na dubini jezgre od 0-2 cm sastoji se također od kvarca, spikula spužvi te detritusa. U uzorcima na dubini od 2-4 cm i 18-20 cm jezgre dominiraju biogeni fragmenti kao što su foraminifere u značajnijim količinama u svim sezonama.

U frakciji 0,25-0,05 mm nema razlike u sezonama niti u dubinama u jezgri. Od biogenih fragmenta dominiraju gastropodi, ljušture školjkaša i foraminifere. Osim biogenih komponenti zastupljen je kvarc.

U frakciji 0,5-1 mm u proljetnom uzorku na dubini jezgre 0-2 cm dominiraju kvarc, gastropodi označeni žutom bojom (Slika 18) te crna zrna. Ljetni i jesenski uzorci se razlikuju od proljetnog po tome što je pronađena manja količina gastropoda te veća količina biogenog detritusa, pogotovo u jesenskom uzorku. Obje frakcije uzorka ne sadrže kvarc. Kod proljetnog i ljetnog uzorka međutim pronađene su foraminifere označene crvenim bojom (Slika 18). Na dubini jezgre od 2-4 cm u svim sezonama podjednako su zastupljene foraminifere kao i biogeni detritus koji je više zastupljen u jesenskom uzorku. U proljeće je pronađena značajnija količina kvarca označenog žutom bojom i foraminifere označene crvenom bojom (Slika 19), dok gastropodi u ovom uzorku nisu pronađeni. U ljetnom uzorku je zabilježena značajno manja količina kvarca. Pronađeni su također gastropodi kao i u jesenskom uzorku, gdje se međutim nije zabilježila prisutnost kvarca. Dubina jezgre od 18-20 cm u proljetnom uzorku sadrži najveću količinu kvarca, zatim foraminifere te detritus. Kod ljetnog uzorka kvarc je također najzastupljeniji, no za razliku od proljetnog perioda ispitivanja uočava se jako mala količina biogenog detritusa. U jesenskom se uzorku nije zabilježena prisutnost kvarca no uzorak je bogat foraminiferama te crnim zrnima kojima nije bilo moguće odrediti porijeklo.





Slika 18. Postaja F3, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija od 0,5-1 mm, ● - kućica gastropoda (autor: Andreja Kokorović).



Slika 19. Postaja F3, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija od 0,5-1 mm, ● - foraminifera, ● -kvarc. Napomena duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

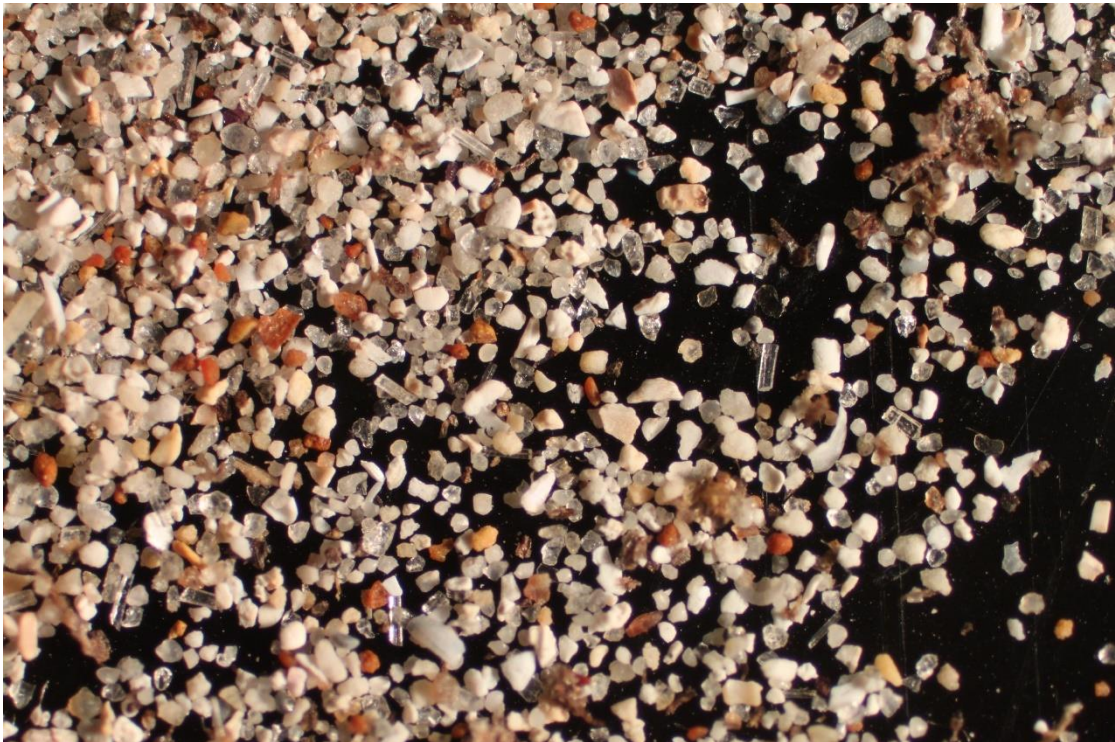
Mikroskopskom analizom frakcija od 1-2 mm, 2-4 mm te >4 mm utvrđeno je da nema razlika u sezonama uzorkovanja niti po dubinama u jezgri. Ljuštura školjkaša (Slika 20), gastropodi te biogeni detritus uočeni su u svim uzorcima.



Slika 20. Postaja F3, ljetno uzorkovanje, dubina jezgri od 2-4 cm, frakcija 2-4 mm, na slici je prikazana ljuštura školjkaša. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

### 3.5.3 Funtana: Postaja 5- F5

Mikroskopskom analizom frakcije 0,063-0,125 mm na dubinama u jezgre od 0-2 cm, 2-4 cm i 18-20 cm i sezonama uzorkovanja odnosno proljeće, ljeto i jesen nisu uočene značajnije razlike. Podjednako su zastupljeni biogeni elementi poput spikula spužvi, biogena zrna bijele boje, biogenog detritusa te terigenog materijala kao što je kvarc i zrna smeđe boje (Slika 21).



Slika 21. Postaja F5, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,063-0,125 mm.  
Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U Frakciji od 0,125-0,25 podjednako su zastupljeni kvarc, biogeni detritus te biogeni fragmenti poput spikula spužvi, biogena zrna bijele boje u svim dubinama u jezgri te u svim sezonama. Na dubini jezgre od 2-4 cm osim navedenih fragmenta uočena je bodlja ježinca označena crvenom bojom (Slika 22) u ljetnom i jesenskom uzorku.



Slika 22. Postaja F5, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,125-0,25 mm, ●-bodlja ježinca. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

Frakcija od 0,25-0,5 mm nema značajnih razlika po dubinama u jezgri niti sezonama uzorkovanja. U ovoj frakciji su zastupljene foraminifere, gastropodi i detritus. Kao i u prethodnoj frakciji na dubini jezgre od 2-4 cm u ljetnom i jesenskom uzorku pronađene su bodlje ježinaca.

Na ovoj postaji frakcija 0,5-1 mm ne razlikuje se po sezonama, no razlikuje se po dubini u jezgri. Najveća zastupljenost foraminifera upravo je uočena na ovoj frakciji te se njihova brojnost povećava sa dubinom u jezgri odnosno najbrojniji su na dubini jezgre od 18-20 cm označenih žutom bojom (Slika 23). Uz mnogobrojne foraminifere također uočeni su gastropodi te biogeni detritus.



Slika 23. Postaja F5, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,5-1 mm, ● - foraminifera.  
Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

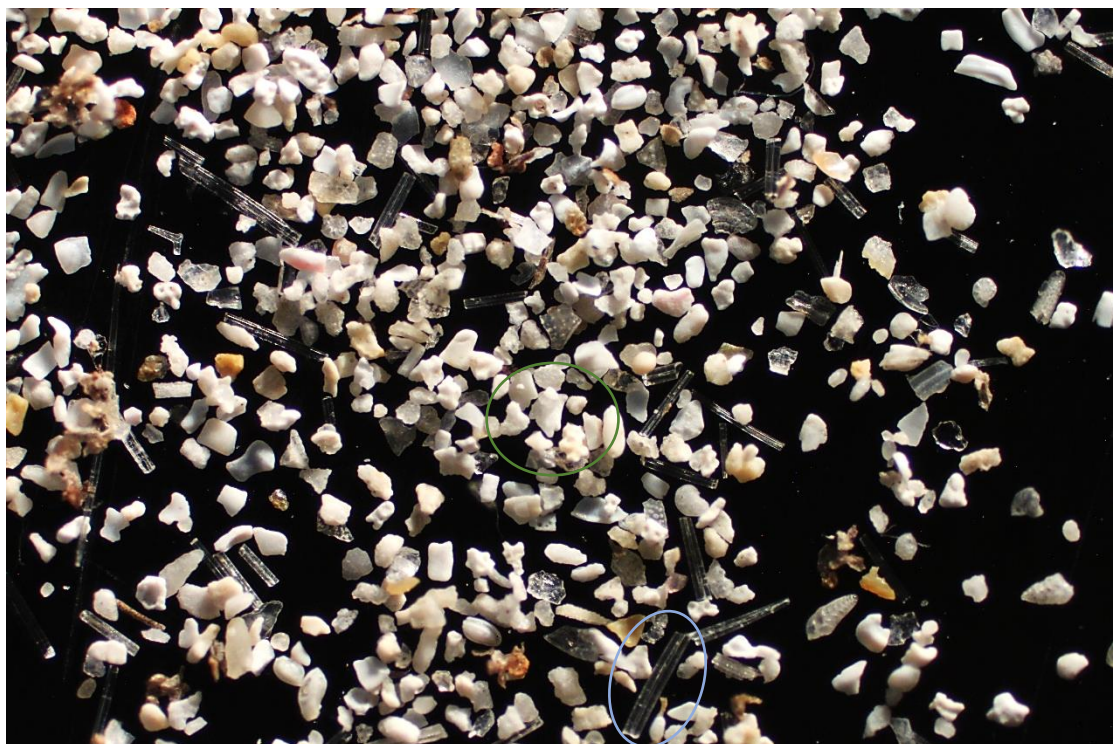
Mikroskopskom analizom frakcija 1-2 mm, 2-4 mm i >4 mm uočene su ljuštore školjkaša, gastropodi te ostaci cvjetnica. Većina gastropoda i ljušturica su dobro očuvani (Slika 24). Nema razlika po sezonama niti po dubinama u jezgri.



Slika 24. Postaja F5, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 2-4 mm, na slici je prikazana ljuštura školjkaša. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

#### **3.5.4 Uvala Veštar: Područje rasta cvjetnice *C. nodosa***

Mikroskopskom analizom jezgre sa područja rasta cvjetnice *C. nodosa* u frakciji 0,063-0,125 mm ustanovljeno je da nema značajnih razlika između sezona uzorkovanja niti dubini jezgre. U uzorcima su pronađene manje količine spikula spužvi označene plavom bojom (Slika 25), a većinski dio zastupaju biogeni fragmenti koji bi mogli odgovarati fragmentima ljuštura i kućica gastropoda označeni zelenom bojom (Slika 25). U manjoj količini je zastupljen ostali biogeni detritus.



Slika 25. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,063-0,125 mm, ●- fragmenti ljuštura školjkaša i kućica gastropoda, ●- spikule spužvi. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

Frakcija 0,125-0,25 mm nema razlika između sezona uzorkovanja niti po dubini jezgre. Podjednako su zastupljeni biogeni fragmenti poput foraminifera obojenih plavom bojom, fragmenti mahovnjaka označenih žutom bojom, bodlja ježinca označena crnom bojom te u manjoj količini spikule spužvi i biogeni detritus (Slika 26).



Slika 26. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,125-0,25 mm, ● - fragmenti mahovnjaka, ● - foraminifere, ● - bodlja ježinca. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji 0,25-0,5 mm na svim promatranim dubinama jezgre i svim sezonama uzorkovanja uočeni su biogeni fragmenti poput ostataka ljuštura školjkaša, bodlji ježinaca te fragmenti mahovnjaka označeni plavom bojom (Slika 27). Proletni uzorak, na svim dubinama, razlikuje se od ostalih po značajno manjoj količini biogenog detritusa (Slika 27), dok u ljetnom uzorku je pronađena veća količina označena zelenom bojom (Slika 28).





Slika 27. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,25-0,5 mm, ● - fragment mahovnjaka. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).



Slika 28. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,25-0,5 mm, ● - biogeni detritus. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji 0,5-01 mm na svim promatranim dubinama jezgre i svim sezonama uzorkovanja uočene su foraminifere označene žutom bojom (Slika 29) i biogeni detritus uz prisutnost gastropoda osim na dubini jezgre od 18-20 cm u proljetnom i ljetnom periodu.



Slika 29. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,5-1 mm, ● - foraminifera. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji 1-2 mm na najbližoj dubini jezgre od 0-2 cm primjećuje se pojava slijepljenih zrna u svim promatranim sezonama označenih crvenom bojom (Slika 30). Ostali dijelovi sedimentne jezgre sastoje se od gastropoda, detritusa te ljuštura školjkaša te su oni podjednaki u cijelom promatranom periodu.



Slika 30. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 1-2 mm, ● - slijepljena zrna. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakcijama od 2-4 mm, > 4 mm zastupljene su ljuštore školjkaša, detritus te kućice gastropoda u svim sezonama te svim dubinama u jezgri. U jesenskom uzorku na dubini jezgre 0-2 cm pronađena je dobro očuvana ljuštura školjkaša (Slika 31).



Slika 31. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 2-4 mm, na slici je prikazana dobro očuvana ljuštura školjkaša. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

### 3.5.5 Uvala Veštar: Područje rasta cvjetnice *Z. noltii*

Prije prikazivanja rezultata istraživanja područja rasta cvjetnice *Z. noltii* valja napomenuti da za razliku od prethodne postaje gdje su se uzorci promatrali na dubini jezgre od 18-20 cm u ovom slučaju najdublji uzorak uzet je sa dubine od 20-22 cm u jezgri. Pliće razine jezgre ostaju nepromijenjene. Isto tako, promatraju se samo ljetno i proljetno godišnje doba.

Mikroskopskom analizom jezgre s područja rasta cvjetnice *Z. noltii* u frakciji 0,063-0,125 mm ustanovljeno je da nema značajnih razlika između sezona uzorkovanja niti dubini jezgre. U uzorcima su pronađene manje količine spikula spužvi te ostalih biogenih fragmenata. Prisutnost kvarca je zastupljena u tragovima unutar svih uzoraka sedimenta uvale Veštar.

Za frakciju 0,125-0,25 mm uočava se prisutnost spikula spužvi, foraminifera, mahovnjaka te ostalih biogenih fragmenata u svim promatranim sezonama i dubinama.

U proljetnom uzorku na dubini jezgre od 0-2 cm i od 2-4 cm primjećuje se pojava ostracoda označena žutom bojom (Slika 32).



Slika 32. Postaja: područje rasta cvjetnice *Z. noltii*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,125-0,25 mm, ● - ostracod. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

U frakciji 0,25-0,5 mm biogeni detritus, foraminifere, gastropodi, spikule spužvi, ostracoda, ljuštore školjkaša, ostaci mahovnjaka i ostali biogeni fragmenti zajednički su za sve promatrane dubine te sezone. Na dubinama jezgre od 2-4 cm i 20-22 cm pronađena su zrna crne boje označena žutom bojom (Slika 33) kojima se nije moglo odrediti porijeklo.



Slika 33. Postaja: područje rasta cvjetnice *Z. noltii*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,25-0,5 mm, ● - zrna crne boje kojima se nije moglo odrediti porijeklo. Napomena: duljina mjerila na Slici 18. primjenjiva je i na ovu sliku (autor: Andreja Kokorović).

Kod frakcija od 0,5-1 mm od 1-2 mm karakteristična je prisutnost biogenog detritusa, foraminifera, različitih ostataka ljuštura, gastropoda te ostalih biogenih fragmenata. U površinskim uzorcima od 0-2 cm pronađeni su slijepljeni sedimenti u obje sezone.

U frakcijama od 2-4 mm i >4 mm nisu pronađene razlike po dubinama u jezgri niti po sezonama. Najviše su zastupljeni gastropodi, različite ljušture te biogeni detritus.

## 4. Rasprava

Analizom dobivenih rezultata u uvali Funtana i Veštar na temelju sedimentnih jezgri ustanovljena je vrsta sedimenta te njegove karakteristike te su dane interpretacije karakteristika taložnih okoliša u ovim uvalama.

Granulometrijska analiza je ujedno i prva analiza koja se koristi za dobivanje informacija o transportu, porijeklu, taloženju te sortiranošću čestica (James i Bone, 2010). Granulometrijski sediment iz uvale Funtana na postaji F1 (bliže vodotoku) opisan je kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj u većoj mjeri te u manjoj mjeri blago šljunkoviti mulj (Tablica 1). Mikroskopskom analizom ustanovljeno je da uzorci s postaje F1 u najmanjoj frakciji od 0,063-0,125 mm u najvećoj mjeri sadrže kvarc koji je dokaz terigenog donosa sedimenta. Pronađene su spikule spužvi koje pripadaju biogenom sedimentu kao i različit biogeni detritus. Zrna crne boje kojima se nije moglo odrediti porijeklo pronađena su u dubljim dijelovima jezgre odnosno na dubini od 18-20 cm te 26-28 cm što upućuje na njihov kontinuirani donos tijekom vremena. U frakciji 0,125-0,25 u jesenskom uzorku na dubini jezgre od 26-28 cm pronađene su foraminifere te je to ujedno i jedina razlika na toj frakciji. Povećanjem veličine frakcije povećavala se i količina biogenih fragmenata poput kućica gastropoda te ljušturica školjkaša, što je bilo za očekivati, jer su njihovi ostaci često među najvećima u sedimentu. U ovom uzorku nema značajnih razlika po pitanju sastava litogenih te biogenih fragmenata po sezonama uzorkovanja niti po dubinama u jezgri. Jedine uočene varijacije su količine biogenog detritusa; manje je biogenog detritusa na lokaciji F1, a najviše na lokaciji uzorkovanja F5. To upućuje na utjecaj terigenog donosa na lokaciji F1. Donos terigenog sedimenta potvrđen je analizom udjela karbonata te mineralnim sastavom sedimenta. Prosječni udio karbonata iznosi  $20,32 \pm 1,59$  % te je u jezgri F1 najniži u odnosu na ostatak uvale što je i prikazano na Slici 9. Mineralni sastav sedimenta je to dodatno potvrdio, pa je tako među dominantnim mineralima pronađen kvarc koji s feldspatima te mineralima gline čini srž terigenog materijala. Među dominantnim mineralima također je pronađen i kalcit koji djelomično može biti transportiran s kopna, a djelomično porijeklom iz ljuštura školjkaša te kućica gastropoda. Prisustvo aragonita u ovom uzorku ukazuje na dvostruko porijeklo karbonata, jer je aragonit za razliku od kalcita u potpunosti biogenog odnosno morskog porijekla. Dolomit je pronađen u tragovima te je vrlo vjerojatno transportiran s kopna,



obzirom da u Jadranskom moru uvjeta za njegov nastanak danas nema (Pikelj, 2010; 2019). Prema svim dobivenim rezultatima postaja F1 bi se mogla okarakterizirati kao okoliš taloženja terigenog mulja. Obzirom na prisustvo mulja u većoj količini, očito je da je njegovo odnošenje valovima izvan uvale otežano, a to je, smatra se, posljedica zatvorenosti i orijentaciji uvale Funtana.

Uzorak sedimenta s postaje F3 uzet je otprilike na sredini uvale. Granulometrijskom analizom dobiveni rezultati opisuju uzorak iz listopada na dubini jezgre od 18-20 cm kao šljunkoviti mulj, dok ostali uzorci okarakterizirani su kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj. Mikroskopskom analizom uzorka pronađene su veće količine foraminifera nego na postaji F1, dok su drugi fragmenti podjednako zastupljeni. To potvrđuje i analiza udjela karbonata koja je malo veća od prethodne postaje te iznosi  $21,29 \pm 3,58$  %. Nizak udio karbonata i dalje ukazuje na značajan utjecaj terigenog materijala. Prema svim dobivenim rezultatima ova postaja bi mogla biti okarakterizirana kao okoliš taloženja terigenog mulja s prisustvom biogenih fragmenta.

Na postaji F5 koja je uzorkovana ispred plaže Perila i najdalje od unosa terigenog materijala, površinski sedimenti se granulometrijski razlikuju po sezonama uzorkovanja. Ovisno o sezoni uzorkovanja sedimenti su okarakterizirani kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak ili blago šljunkovito-pjeskoviti mulj (Tablica 3). Ovakve razlike su moguće rezultat značajnijeg utjecaja morskog sedimenta koji i na udaljenostima od 1 m može pokazivati velike razlike u veličini zrna (Pikelj, 2010). Obzirom da je ova postaja najudaljenija od potoka ona se ujedno i po ostalim karakteristikama najviše razlikuje od ostalih dviju postaja. Mikroskopskom analizom uzorka na najmanjoj frakciji odnosno od 0,063-0,125 mm primjećuje se razlika u usporedbi s postajom F1 i F3. U ovom uzorku također su zastupljeni kvarc te spikule spužvi međutim pronađene su veće količine zrna bijele boje koja bi po rezultatima mineralnog sastava i udjela karbonata vrlo vjerojatno bila karbonatnog sastava. U većim frakcijama također su pronađene značajnije količine foraminifera u svim sezonama, što također ukazuje na veći utjecaj mora na taloženje sedimenta. Frakcije od 1-2 cm, 2-4 cm, >4 cm na ovoj postaji se ne razlikuju od ostalih postaja. Pronađene su ljušture školjkaša i gastropodi. Mikroskopsku analizu dodatno je potvrdio rezultat udjela karbonata koji na ovoj postaji iznosi  $60,78 \pm 8,12$  %, što je ujedno i najveći udio karbonata u ovoj uvali. Na ovoj postaji također je napravljen mineraloški sastav

sedimenta. Među dominantnim mineralima pronađeni su kalcit i kvarc. Sporedni minerali su aragonit, pirit, halit te 10 Å filosilikat. Dominacija karbonata u uzorcima jezgre F5 također potvrđuje manji utjecaj terigenog unosa, odnosno povećani utjecaj taloženja biogenog materijala iz mora. Prema svim analizama ova postaja mogla bi se okarakterizirati kao okoliš taloženja karbonatnog pjeskovitog mulja s minimalnim utjecajem terigenog unosa.

U uvali Veštar na području rasta cvjetnice *C. nodosa* i *Z. noltii* granulometrijskom analizom sediment je okarakteriziran kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak, osim u uzorku iz listopada na dubini jezgre od 0-2 cm kao šljunkovito-muljeviti pijesak za postaju *C. nodosa* te za postaju *Z. noltii*. Osim što je granulometrijska analiza pokazala da se te dvije postaje ne razlikuju značajno po veličini zrna, također je visok i podjednak udio karbonata, s minimalnim razlikama između postaja (oko 0,52 %). Na području rasta *C. nodosa* udio karbonata iznosi  $83,04 \pm 6,53$  % dok na području rasta *Z. noltii* iznosi  $83,56 \pm 5,21$  %. Dobiveni rezultati analiza dodatno su potvrđeni mikroskopskom analizom sedimenta. U najmanjim frakcijama odnosno 0,063-0,125 mm na obje postaje u svim sezonama uzorkovanja i u svim dubinama u jezgri nema značajnih razlika. Pronađeni su u većoj mjeri biogeni fragmenti te u tragovima terigeni poput kvarca. Povećanjem frakcija pronalaze se fragmenti mahovnjaka, ljuštura školjkaša, kućica gastropoda te foraminifera. Ovakav sastav tipičan je za karbonatni pjeskoviti sediment istočne strane Jadranskog mora bez značajnijeg utjecaja terigenog unosa. Na području rasta cvjetnice *Z. noltii* pronađeni su ostaci ostracoda dok u području rasta cvjetnice *C. nodosa* nisu. To su ujedno jedine uočene razlike na istražne dvije postaje. Prema svim navedenim analizama ove dvije postaje se ne razlikuju stoga imaju i isti okoliš taloženja koji bi se mogao okarakterizirati kao okoliš taloženja karbonatnog pijeska. Obzirom da su mnoga zrna u sedimentu jezgara iz uvale Veštar usitnjena, može se također smatrati da na istaloženi sediment značajniju ulogu mogu imati valovi koji ih periodično mogu usitnjavati.

## 5. Zaključak

Analiza sedimentnih jezgri u uvalama Funtana i Veštar pružila je detaljan uvid u vrste sedimenta i njihove karakteristike. Mineraloška i mikroskopska analiza otkrila je prisutnost terigenih i biogenih elemenata u sedimentima, što je omogućilo interpretaciju taložnih okoliša u ovim uvalama. Na temelju dobivenih rezultata jasno je da su u uvali Funtana prisutne razlike između postaja, odnosno pomicanjem od južne strane uvale prema sjevernoj strani. Razlog tome je ulijevanje potoka na južnoj strani uvale koji predstavlja dodatni izvor terigenog materijala. Prisustvo pirita koji je pronađen u oba uzorka ukazuje na anoksične uvjete u uvali Funtana zbog značajnijeg donosa materijala te ubrzanog zatrpavanja sedimentom. U oba uzorka također je pronađen halit koji je odraz sušenja iz morske vode. Zbog toga je ova uvala specifična te se razlikuje od tipičnih stjenovitih karbonatnih obala na istočnoj strani Jadrana u kojima je unos materijala s kopna ograničen ili nizak. Osim toga, muljeviti materijal koji je donesen s kopna je radi zatvorenosti uvale i njene orijentacije, te zaštićenosti zarobljen, odnosno ostaje na mjestu na kojem je istaložen. Druga analizirana uvala (Veštar) po svim je karakteristikama tipična uvala uz obalu istočne strane Jadranskog mora u kojoj je unos terigenog materijala minimalan i vrlo malen. U takvim uvjetima taloži se tipičan sediment istočne strane Jadranskog mora, a to je karbonatni pjeskoviti sediment. Poznavanje sedimentne podloge važno je radi općeg poznavanja mehanizma taloženja u pojedinoj uvali i njegovala odstupanja od opće slike sedimenta uz istočnu obalu Jadranskog mora. Nadalje, važno je radi poznavanja sedimenta kao podloge za različite biocenoze. Konkretnije, utvrđivanje taložnog okoliša kod Funtane može pomoći u interpretaciji promjena u okolišu vezanih za izgradnju umjetne plaže duž koje su sedimentne jezgre uzorkovane, kao i pri interpretaciji problema i utjecaja muljevitog sedimenta na izgrađenu plažu. U uvali Veštar poznavanje taložnog okoliša i taloženja sedimenta može ukazivati na promjene u okolišu izazvane ljudskim utjecajem, obzirom da se radi o uvali koja je turistički valorizirana. U obje uvale promjene taložnog okoliša duž jezgre mogu dati informacije o promjenama u taloženju tijekom vremena.

## 6. Literatura

Balaños R., Tornfeldt Sørensen J.V., Benetazzo A., Carniel S., Sclavo M., (2014) Modelling ocean currents in the northern Adriatic Sea. *Continental Shelf Research*, 87, 54- 72 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.03.009>).

Bianchi G. G., Hall I. R., Mccave I.N., Joseph, L. (1999) Measurement of the sortable silt current speed proxy using the Sedigraph 5100 and Coulter Multisizer II: precision and accuracy. *Sedimentology*, 46/6, 1001-1014 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.csr.2006.11.013>).

Cattaneo A., Trincardi F., Asioli A., Correggiari A. (2007) The Western Adriatic Shelf Clinoform: energy-limited bottomset. *Continental Shelf Research*, 27, 506-525 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.csr.2006.11.013>).

Fio Firi, K., Gobo K., Marković F., Martinuš M., Petrinec Z., Pikelj K., *Geologija, udžbenik geologije u četvrtom razredu prirodoslovne gimnazije. Školska knjiga 2023*, 178-196.

Folk R. L. (1954) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal Geology*, 62, 344-356 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1086/626171>).

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 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>).

Frignani M., Langone L., Ravaioli M., Sorgente D., Alvisi F., Albertazzi, S. (2005) Fine-sediment mass balance in the western Adriatic continental shelf over a century time scale. *Marine Geology*, 222, 113-133 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.06.016>).

Fütterer D., Paul, J. (1976) Recent and Pleistocene sediments off the Istrian Coast (Northern Adriatic, Yugoslavia). *Senckenbergiana Maritima*, 8, 1-21 (raspoloživo na <http://pascalfrancis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCALGEODEBRGM7720117328>).

Giani M., Djakovac T., Degobbis D., Cozzi S., Solidoro C., Umani, S.F. (2012) Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115, 1-13 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.08.023>).

Goosens D. (2008) Techniques to measure grain-size distributions of loamy sediments: a comparative study of ten instruments for wet analysis. *Sedimentology*, 55, 65-96 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2007.00893.x>).

Halfar J., Ingle Jr, J. C., Godinez-Orta L. (2004) Modern non-tropical mixed carbonatesiliciclastic sediments and environments of the southwestern Gulf of California, Mexico. *Sedimentary geology*, 165, 93-115 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2003.11.005>).

James N.P., Bone Y. (2010) Neritic Sedimentary Facies. In: *Neritic Carbonate Sediments in a Temperate Realm*, Springer, 85-108 (raspoloživo na [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9289-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9289-2_6)).

Janeković M., Juračić M., Sondi I. (1995) Sedimentacijske osobitosti rijeke Mirne (Istra, Hrvatska). *Zbornik radova 1. Hrvatskog geološkog kongresa, Opatija*, 225-227

Krstulović N. i Šlić M. (2006) *Mikrobiologija mora INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT.*

Meischne D. (1973) Formation processes and dispersal patterns of the sediments along the Istrian coast of the Adriatic. *Rapport de Committee international de la Mer Mediterranee* 21, 11, 843-846 (raspoloživo na <https://tinyurl.com/28rksb8u>).

Pigorini B. (1968) Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea. *Marine Geology*, 6, 187-229 (raspoloživo na [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(68\)90031-5](https://doi.org/10.1016/0025-3227(68)90031-5)[Get rights and content](#)).

Pikelj K. (2010), *Sastav i porijeklo sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora*, Sveučilište u Zagrebu.

Pikelj K. (2019) *Stručna (znanstvena) analiza, Elaborat zaštite okoliša.*

Polimene L., Pinardi N., Zavatarelli M., Colella S., (2006) The Adriatic Sea ecosystem seasonal cycle: Validation of a three-dimensional numerical model. *Journal of*

Geophysical Research, 111: 1-20 (raspoloživo na <https://doi.org/10.1029/2005JC003260>).

Podolšak I., (2022) Mikrobna zajednica u sedimentima livada morskih cvjetnica *Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii* u priobalju zapadne Istre, Diplomski rad.

Pošak A., Šikić D. (1963) Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Rovinj L33–100. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 47 str.

Polšak, A., Šikić, D. (1969) Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Rovinj L33–100. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.

Polšak A. (1970) Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Pula L33-112 Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 46 str.

Šikić D., Polšak A. (1973) Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Labin L 33-101.- Institut za geološka istraživanja Zagreb (1963), Savezni geološki zavod, Beograd.

Velić I., Tišljarić J., Matičec D., Vlahović, I. (1995) A review of the Geology of Istria. In Excursion Guidebook, First Croatian Geological Congress, Croatian Geological Society and Institute of Geology, 21-30 (raspoloživo na [https://www.researchgate.net/publication/288937906 A review of the geology of Istria](https://www.researchgate.net/publication/288937906_A_review_of_the_geology_of_Istria)).

Vdović N., Juračić, M. (1993) Sedimentological and surface characteristics of the Northern and Central Adriatic sediments. *Geologia Croatica*, 46/1, 157-16 (raspoloživo na <https://hrcak.srce.hr/19939>).

## 7. Popis slika i tablica

Slika 1. Batimetrijska karta Jadranskog mora.

Slika 2. Geološka karta zapadne Istre.

Slika 3. Geologija terena uvale Funtana.

Slika 4. Geologija terena uvale Veštar.

Slika 5. Lokacije uzorkovanja sedimenta u uvali Funtana.

Slika 6. Svjetlosni mikroskop marke Zeiss AxioLab.

Slika 7. Uvala Funtana, područje uzorkovanja postaje Funtana 1.

Slika 8. Uvala Funtana, pogled na plažu Perila s juga.

Slika 9. Uvala Veštar.

Slika 10. Udio karbonata u površinskim uzorcima sedimenta.

Slika 11. Jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 8-10 cm, frakcija 0,063-0,125 mm.

Slika 12. Proljetno uzorkovanje, dubina jezgre 18-20 cm, frakcija 0,063-0,125 mm.

Slika 13. Jesensko uzorkovanje, dubina jezgre 26-28 cm, frakcija 0,125-0,25 mm.

Slika 14. F1 ljetno uzorkovanje dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija od 0,25-05 mm.

Slika 15. F1 proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,5-1 mm.

Slika 16. F1 ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,5-1 mm.

Slika 17. F1 jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 10-12 cm, frakcija od 1-2 mm.

Slika 18. F3 proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija od 0,5-1 mm.

Slika 19. F3 proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija od 0,5-1 mm.

Slika 20. F3 ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 2-4 mm.

Slika 21. F5 proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,063-0,125 mm.

Slika 22. F5 ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,125-0,25 mm.

Slika 23. F5 ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,5-1 mm.

Slika 24. F5 jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 2-4 mm.

Slika 24. F5 jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 2-4 mm.

Slika 26. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,125-0,25 mm.

Slika 27. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,25-0,5 mm.

Slika 28. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,25-0,5 mm.

Slika 29. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, ljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 18-20 cm, frakcija 0,5-1 mm.

Slika 30. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 1-2 mm.

Slika 31. Postaja: područje rasta cvjetnice *C. nodosa*, jesensko uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 2-4mm.

Slika 32. Postaja: područje rasta cvjetnice *Z. noltii*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 0-2 cm, frakcija 0,125-0,25 mm.

Slika 33. Postaja: područje rasta cvjetnice *Z. noltii*, proljetno uzorkovanje, dubina jezgre od 2-4 cm, frakcija 0,25-0,5 mm.

Tablica 1. Granulometrijski rezultati za postaju: Funtana 1.

Tablica 2. Granulometrijski rezultati za postaju: Funtana 3.

Tablica 3. Granulometrijski rezultati za postaju Funtana 5.

Tablica 4. Granulometrijski rezultati za postaju: *C. nodosa*.

Tablica 5. Granulometrijski rezultati za postaju: *Z. noltii*.

Tablica 6. Rezultati određivanja mineralnog sastava uzoraka F1 i F5 u uvali Funtana.



## 8. Sažetak

Analizom taložnih okoliša dobivaju se informacije o vrsti sedimenta koji se taloži, mineralnom sastavu, gibanju morske vode te organizmima koji nastanjuju to područje. Cilj ovog rada bio je na temelju sedimentnih jezgri u uvali Funtana i Veštar okarakterizirati taložne okoliše. U uvali Funtana uzete su tri jezgre na tri različite postaje. Na južnoj strani uvale uzeta je postaja Funtana 1 (u blizini potoka), na sredini uvale uzeta je jezgra na postaji Funtana 3 te na sjevernoj strani uvale uzeta je jezgra na postaji Funtana 5. Uzorkovanje je obavljeno u tri sezone odnosno proljeće, ljeto i jesen 2021 godine. U uvali Veštar uzete su jezgre na dvije postaje odnosno na području rasta cvjetnice *C. nodosa* i na području rasta cvjetnice *Z. noltii*, također u sve tri sezone. Nakon uzorkovanja napravljene su laboratorijske analize poput granulometrije sedimenta putem koje smo dobili informacije o veličini zrna, sortiranosti te vrsti sedimenta. Mikroskopskom analizom pregledani su svi uzorci te fotografirani kako bi se vidio udio litoklasta i bioklasta te postoje li razlike između postaja u svakoj od uvala te razlike između dvije uvale. Mikroskopska analiza dodatno je potvrđena analizom udjela karbonata i mineraloškim sastavom sedimenta. Granulometrijskom analizom utvrđeno je da se u uvali Funtana uzorci razlikuju ovisno o postaji uzorkovanja. Postaja Funtana 1 (F1) okarakterizirana je kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj u većoj mjeri te u manjoj mjeri blago šljunkoviti mulj. Postaja Funtana 3 (F3) okarakterizirana kao šljunkoviti mulj za uzorak iz listopada na dubini jezgre od 18-20 cm, dok ostali uzorci okarakterizirani kao blago šljunkovito-pjeskoviti mulj. Postaja Funtana 5 (F5) granulometrijski se razlikuje ovisno o sezoni uzorkovanja. Ovisno o sezoni uzorkovanja sedimenti su okarakterizirani kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak ili blago šljunkovito-pjeskoviti mulj. U uvali Veštar obje postaje granulometrijski su okarakterizirane kao blago šljunkovito-muljeviti pijesak. Udio karbonata u uvali Funtana povećava se od južne strane uvale (postaja F1) prema sjeverno strani uvale (postaja F5). Prosječni udio karbonata na postaji F1 iznosi  $20,32 \pm 1,59$  %, F3  $21,29 \pm 3,58$  %, F5  $60,78 \pm 8,12$  %. U uvali Veštar nema većih razlika između postaje po pitanju udjela karbonata, razlika iznosi oko 0,52 %. Područje rasta cvjetnice *C. nodosa* iznosi  $83,04 \pm 6,53$  %, a područje rasta cvjetnice *Z. noltii* iznosi  $83,56 \pm 5,21$  %. Analizom mineraloškog sastava u uvali Funtana pronađeni su dominantni minerali kvarca za postaju F1, a za postaju F5 minerali kalcita i kvarca. Na

temelju dobivenih rezultata u uvali Funtana i Veštar okarakterizirani su taložni okoliši za obje uvale.

Ključne riječi: taložni okoliš, granulometrijska analiza, uvala Veštar, uvala Funtana

## 9. Abstract

By analyzing depositional environments, obtained information about the type of sediment that is deposited, its mineral composition, the movement of seawater, and the organisms inhabiting the area. The aim of this study was to characterize the depositional environments in Funtana and Veštar bays based on sediment cores. In Funtana Bay, three cores were taken from three different stations. On the southern side of the bay, station Funtana 1 was sampled (near a water stream), in the middle of the bay, a core was taken at station Funtana 3, and on the northern side of the bay, a core was taken at station Funtana 5. Sampling was conducted in three seasons: spring, summer, and autumn. In Veštar Bay, cores were taken at two stations, one in the area where the seagrass *C. nodosa* grows and the other in the area where the seagrass *Z. noltii* grows, also in all three seasons. After sampling, laboratory analyses were conducted, such as sediment granulometry, which provided information on grain size, sorting, and sediment type. All samples were examined microscopically and photographed to observe the proportion of lithoclasts and bioclasts and to identify differences between stations in each bay and differences between the two bays. The microscopic analysis was further confirmed by analyzing the carbonate content and mineral composition of the sediment. Granulometric analysis determined that in Funtana Bay, the samples differ depending on the sampling station. Station Funtana 1 (F1) was characterized as slightly gravelly-sandy silt to a greater extent and slightly gravelly silt to a lesser extent. Station Funtana 3(F3) was characterized as gravelly silt for the October sample at a core depth of 18-20 cm, while other samples were characterized as slightly gravelly-sandy silt. Station Funtana 5(F5) granulometrically varies depending on the sampling season. Depending on the season, the sediments were characterized as slightly gravelly-muddy sand or slightly gravelly-sandy silt. In Veštar Bay, both stations were granulometrically characterized as slightly gravelly-muddy sand. The carbonate content in Funtana Bay increases from the southern side of the bay (station F1) to the northern side of the bay (station F5). The average carbonate content at station F1 is  $20.32 \pm 1.59$  %, at F3 it is  $21.29 \pm 3.58$  %, and at F5 it is  $60.78 \pm 8.12$  %. In Veštar Bay, there were no significant differences between the stations in terms of carbonate content, with a difference of about 0.52 %. The area where *C. nodosa* grows had a carbonate content of  $83.04 \pm 6.53$  %, and the area where

*Z. noltii* grows had a carbonate content of  $83.56 \pm 5.21$  %. Mineralogical analysis in Funtana Bay found that quartz is the dominant mineral at station F1, while calcite and quartz are the dominant minerals at station F5. Based on the obtained results, the depositional environments for both Funtana and Veštar bays were characterized.

Key words: depositional environment, granulometric analysis, Veštar Bay, Funtana Bay