

Utjecaj gradnje umjetne plaže na stabilnost livada morskih cvjetnica i širenje invazivnih algi uz zapadnu obalu Istre

Fabijančić, Doroteja

Master's thesis / Diplomski 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:217:363079>

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

Doroteja Fabijančić

**Utjecaj gradnje umjetne plaže na stabilnost livada
morskih cvjetnica i širenje invazivnih algi uz
zapadnu obalu Istre**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Doroteja Fabijančić

**Utjecaj gradnje umjetne plaže na stabilnost livada
morskih cvjetnica i širenje invazivnih algi uz
zapadnu obalu Istre**

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

Mentori: doc. dr. sc. Kristina Pikelj,
doc. dr. sc. Paolo Paliaga

Zagreb, 2021.

Zahvale

Zahvaljujem mentorici doc.dr.sc. Kristini Pikelj na strpljenju, stručnom vodstvu, korekciji i sugestijama pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem doc.dr.sc. Paolu Paliagi za pomoć pri sakupljanju uzoraka i neposrednom vodstvu.

Zahvaljujem komisiji povjerenstva te ostalim okupljenima na prisutnosti obrane diplomskog rada. Zahvaljujem i svim prijateljima te obitelji koja je uvijek bila uz mene.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

Utjecaj gradnje umjetne plaže na stabilnost livada morskih cvjetnica i širenje invazivnih algi uz zapadnu obalu Istre

Doroteja Fabijančić

Rad je izrađen u: Geološko-paleontološki zavod, PMF, Zagreb, Horvatovac 102 a, studij: Geologija zaštite okoliša

Sažetak:

Cilj ovog diplomskog rada bio je pokazati utjecaj izgradnje plaže u uvali Funtana na stanje livada morskih cvjetnica u uvjetima prirodnog unosa terigenog materijala. Sediment koji se taloži u uvali ispred umjetne plaže dominantno je terigenog porijekla, uglavnom pjeskovit s različitim primjesama frakcija praha. Sediment je slabo karbonatan. Muljevita frakcija sedimenta nepovoljno utječe na estetski izgled plaže ukazujući na konflikt prirodnog funkcioniranja okoliša i antropogenih zahtjeva. Rezultati praćenja stanja okoliša morskog dna livada cvjetnica pokazali su da se nazire pogoršanje. To pogoršanje vjerojatno je posljedica kombiniranog utjecaja antropogenih aktivnosti i prisutnošću invazivne alge vrste *Caulerpa cylindracea*.

Ključne riječi: Uvala Funtana, morske cvjetnice, invazivna vrsta, umjetna plaža, antropogeni utjecaj, konflikti na obali

Rad sadrži: 47+LV stranica, 22 slika, 13 tablica, 31 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor(i): doc. dr. sc. Kristina Pikelj, PMF, Zagreb

doc. dr. sc. Paolo Paliaga, Fakultet Prirodnih Znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Kristina Pikelj, PMF, Zagreb

izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, PMF, Zagreb

izv. prof. dr. sc. Marijan Kovačić, PMF, Zagreb

Datum završnog ispita: 30. rujna 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduate Thesis

The impact of the construction of an artificial beach on the stability of seagrass meadows and the spread of invasive algae along the western coast of Istria

Doroteja Fabijančić

Thesis completed in: Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Zagreb, Horvatovac 102a, study: Environmental geology

Abstract:

The aim of this research was to examine the impact of beach construction in Funtana Bay on the condition of seagrass meadows at site of natural input of terrigenous material. The sediment that settles in the bay in front of the artificial beach is predominantly of terrigenous origin, mostly sandy with various admixtures of silt fractions. The sediment is weakly carbonate. The muddy fraction of sediment has a negative impact on aesthetic appearance of the beach gravel, indicating a conflict between the natural functioning of the environment and anthropogenic requirements. The results of monitoring the environmental conditions of the seagrass meadows showed an environmental deterioration. This deterioration is probably due to the combined influence of anthropogenic activities and the presence of invasive algae *Caulerpa cylindracea*.

Keywords: Funtana Bay, seagrass meadows, invasive species, artificial beach, anthropogenic impact, conflicts on the coast

Thesis contains: 47+LV pages, 22 figures, 13 tables, 31 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: Kristina Pikelj, Ph.D. Assistant professor, PMF, Zagreb

Paolo Paliaga, Ph.D. Assistant professor, Faculty of Natural sciences, Juraj Dobrila University in Pula

Reviewers: Kristina Pikelj, Ph.D. Assistant professor, PMF, Zagreb

Blanka Cvetko Tešović, Ph.D. Associate Professor, PMF, Zagreb

Marijan Kovačić, Ph.D. Full Professor, PMF, Zagreb

Date of the final exam: September 30, 2021

Sadržaj

1.	Uvod.....	7
1.1.	Kompeticija invazivne alge i autohtonih cvjetnica, vrijednost i ekološka uloga morskih cvjetnica.....	7
1.2.	Gradnja plaža na hrvatskoj obali i u Istri.....	9
1.3.	Prirodna sedimentacija uz obalu Istre.....	11
1.4.	Ciljevi rada	11
2.	Geološka situacija	12
2.1.	Opis istraživanog područja	13
2.2.	Geomorfologija.....	15
2.3.	Opis cvjetnice <i>Cymodocea nodosa(Ucria) Ascherson 1870</i> (čvorasta morska resa)	16
2.4.	Opis alge <i>Caulerpa racemosa</i>	17
2.5.	Antropogeni utjecaj na uvalu Funtana.....	18
3.	Materijali i metode istraživanja	20
3.1.	Uzorkovanje i priprema uzoraka	20
3.2.	Analiza veličine zrna sedimenta (Granulometrijska analiza).....	20
3.1.	Kvalitativna rendgenska fazna analiza	29
3.2.	Kalcimetrija	30
3.3.	Mjerenje gustoće i stanja livadnih cvjetnica i algi	31
4.	Rezultati	33
4.1.	Rezultati temperature i saliniteta	33
4.2.	Rezultati granulometrijske analize	33
4.2.1.	Vršni uzorci	33
4.2.2.	Uzorci iz sredine korera	35
4.2.3.	Donji uzorci.....	36

4.3.	Rezultati kvalitativne rendgenske fazne analize.....	38
4.4.	Rezultati određivanja udjela karbonata	40
4.5.	Rezultati stanja livada cvjetnica	41
4.5.1.	<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Ascherson 1870 i <i>Caulerpa cylindracea</i> : broj izdanaka 8.5.2021.....	41
4.5.2.	<i>Zostera noltii</i> Hornermann 1832: broj izdanaka 8.5.2021.	42
4.5.3.	<i>C. nodosa</i> , <i>F. Petiolata</i> i <i>C. cylindracea</i> : količina u uzorku 8.5.2021.....	42
4.5.4.	<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Ascherson 1870 i <i>Caulerpa cylindracea</i> : broj izdanaka 24.7.2021.....	43
4.5.5.	<i>Zostera noltii</i> Hornermann 1832: broj izdanaka 24.7.2021.	44
4.5.6.	<i>Cymodocea</i> , <i>F. Petiolata</i> i <i>Caulerpa</i> : količina u uzorku 24.7.2021.....	45
5.	Rasprava.....	47
6.	Zaključak	52
7.	Literatura.....	LIV

1. Uvod

Prirodno funkcioniranje mnogih dijelova obalnog ekosustava na svijetu ugroženo je uslijed snažnih antropogenih pritisaka. Hrvatska obala čini oko 75% ukupne obale Jadrana. Iako u značajnoj mjeri prilično očuvana, također je pod kontinuiranim utjecajem antropogenih aktivnosti, prvenstveno turizma i s njime povezanih utjecaja (izgradnja, onečišćenje i sl.). Urbanizacija, industrijalizacija, promet, turizam i rekreacija, ribolov i brojne druge ljudske aktivnosti unutar obalnih područja našeg planeta uzrokuju drastične promjene krajobraza i bioraznolikosti. Obalni pojas modificira se izgradnjom i nasipavanjem, djelatnostima koje trajno uništavaju priobalne zajednice, ključne sudionike u hranidbenim lancima morskih ekosustava, dok se pridena staništa uništavaju povlačnim ribolovnim alatima. Prema podacima stručnih podloga planira se izgrađenim strukturama zauzeti ukupno 1553 km odnosno 26.62% obalne linije. To je posljedica nepostojanja odgovarajućih prostornih planova, spekulativne bespravne izgradnje, neodgovarajuće institucionalne strukture i instrumenata za provedbu planova te nepostojanje političke volje za poboljšanjem stanja (PRVAN, JAKI, 2016). Ovakvi pritisci mogu u konačnici ugroziti priobalna morska staništa ili već njihovu započetu degradaciju ubrzati. Stoga, važno je analizirati utjecaje postojećih zahvata u okolišu kako bi se dobio uvid u odgovor morskih zajednica u odnosu na takav antropogeni pritisak i eventualno smanjila, prilagodila ili čak spriječila ljudska izgradnja na ekološko osjetljivim ili na geološko neprikladnim i neracionalnim lokacijama.

1.1. Kompeticija invazivne alge i autohtonih cvjetnica, vrijednost i ekološka uloga morskih cvjetnica

Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson 1870 (čvorasta morska resa) morska je cvjetnica koja se može pronaći sama ili u kombinaciji sa *Zostera noltii* Hornermann 1832 (patuljasta svilina). Morske cvjetnice su predvođeni graditelji ekosustava: one grade važne obalne zajednice koje imaju bitnu ulogu u marinskoj raznolikosti i trošenju ugljika (DUARTE i sur., 2013; SAMPER-VILLAREAL i sur., 2016). Pripadaju skupini kritosjemenjača (lat. *Angiospermae*), a za razliku od morskih algi imaju razvijene organe kao što su korijen, stabljika, list i cvijet. Cvjetanje morskih cvjetnica često je kontrolirano temperaturom.

Naseljavaju tropska, umjereno topla i hladna mora. Lišće, rizom i korijenje livadnih cvjetnica ključno je za zadržavanje čestica sedimenta i organske tvari, poboljšavajući na taj način prozirnost vode i stabilnost sedimenta. Livadne cvjetnice vrlo su osjetljive na promjene u okolišu. Za pravilno funkcioniranje im je izrazito potrebna svjetlost i prilagodile su se životu u plićim morskim okolišima u kojima je zastupljenost sunčevog svjetla velika. U suprotnom doći će do otpadanja listova i stvaranja novog, promijenjenog tkiva, a u konačnici do odumiranja biljke. U Jadranu su živi 4 vrste cvjetnica, te su dubine do kojih sežu različite. Razlikujemo cvjetnice: *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Zostera marina* Linnaeus i *Zostera noltii* Hornemann. Navedene četiri europske vrste morskih cvjetnica rastu od zone plime i oseke do 5 - 15 m dubine u sjeverno europskim vodama (*Zostera marina* i *Zostera noltii*), no nalazimo ih i dublje od 40 do 60 m u čistim vodama Sredozemnog mora (*Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*)(BORUM i GREVE, 2004).

Neke od zemalja Europske unije imaju nacionalne zakone i propise za zaštitu naselja morskih cvjetnica od antropogenih utjecaja, ali s Okvirnom direktivom o vodama (*Directive 2000/60/EC*) uspostavile su međusobnu obvezu da osiguravaju „dobar ekološki status“ koji odgovara uvjetima s minimalnim antropogenim utjecajem svih površinskih voda (BORUM i sur., 2004). Budući da su morske cvjetnice višegodišnji organizmi, one odražavaju vremenski integritet ekoloških uvjeta i stoga su izvrsni indikatorski organizmi na kojima se može temeljiti praćenje stanja okoliša i upravljanje obalnim vodama. Stoga postoji velika potreba za učinkovito praćenje i upravljanje strategijama za europske vrste morskih cvjetnica (BORUM i sur., 2004).

Osnovni fizikalni zahtjevi morskih cvjetnica su dovoljna količina svjetlosti, pogodna podloga i umjerena snaga valova. Osim osnovnih fizikalnih i kemijskih uvjeta za rast, na raspored morskih cvjetnica i njezin rast utječe biološka kompeticija ostalih vrsta (GRAVE i BINZER, 2004).

Proširenjem turizma i morskog prometa dolazi do unosa invazivnih vrsta u Jadransko more, a jedna od poznatih vrsta je invazivna alga iz roda *Caulerpa*. Širenje invazivne alge šteti autohtonim vrstama morskih cvjetnica, jer prerasta njihove rizome, utječe na tkiva ispod i iznad tla, tako da onemogućuje uzimanje hranjivih tvari i dotok svjetlosti. Intenzivno širenje alge iz roda *Caulerpa* potaknuto je njenom uspješnom prilagodbom na sezonske promjene. Morske cvjetnice su osjetljive na pritisak ljudske populacije. Rastom ljudske populacije povećava se onečišćenost obalnog područja, rastu pritisci uz obalu te

dolazi do promjene staništa. Zabilježeni gubici vrlo vjerojatno predstavljaju samo mali dio stvarne degradacije i gubitka staništa, te mnogi gubici mogu ostati nezabilježeni. Posljedice nestanka morskih cvjetnica dokumentirane su promatranjem ekosustava nakon njihovih povlačenja s nekog područja morskog dna (DUARTE i sur., 2004). Gubitci povlače za sobom i pomak u dominaciji primarnih proizvođača u obalnom ekosustavu, koji može samo djelomično kompenzirati gubitak primarne produkcije. Gubitak morskih cvjetnica također uključuje i gubitak kisika u sedimentu i stvaranje anoksičnih uvjeta. Nadalje, dolazi i do gubitka biološke raznolikosti morskog dna obalnog prostora, što dovodi do modificiranja hranidbene mreže i gubitak prirodnih resursa. Općenito, gubitak morskih cvjetnica predstavlja dugoročno velik gubitak kako ekološke tako i ekonomske vrijednosti obalnog ekosustava (DUARTE i sur., 2004).

Visoka stopa primarne produkcije morskih cvjetnica usko je povezana sa višim stopama produkcije u ribarstvu, te tako zajednice morskih cvjetnica stvaraju značajni doprinos obalnoj produktivnosti. Ukazuje se da je biomasa morskih cvjetnica glavni čimbenik koji utječe na organizaciju zajednica morske makrofaune (MARTEN i CARLOS, 2000). Prava važnost naselja morskih cvjetnica u obalnom ekosustavu nije potpuno shvaćena i generalno je podcijenjena. No znanstvene spoznaje posljednjih desetljeća dovele su do podizanja svijesti da su upravo one vrijedni obalni resurs. Iako spadaju u manju taksonomsku skupinu, ove biljke važne su za strukturiranje niza ekosustava, stabiliziranje obala, pružaju hranu i sklonište za različite morske organizme te djeluju kao mrjestilišta za mnoge komercijalno važne vrste riba (MARTEN i CARLOS, 2000).

Struktura vegetacije sa svojom mrežom korijenja, rizoma i gustim lišćem nudi skrovište od grabežljivaca, pruža podlogu za pričvršćivanje, daje fizičke i kemijske osobine okolišu te tako privlači raznoliku faunu. Unutar livade strujanje morske vode je smanjeno te je sediment stabiliziran i često sitno zrnat za razliku od mjesta golog morskog dna izvan livada morskih cvjetnica (HAMMINGA i DUARTE, 2000).

1.2. Gradnja plaža na hrvatskoj obali i u Istri

Uloga plaže ima više ključnih funkcija, osim rekreacijske uloge, plaže rasipaju energiju valova, pa stoga čine prirodni obrambeni mehanizam protiv erozije kopna. Još jedna od važnih funkcija plaža je stanište za biljne zajednice, životinjske vrste i ptice (LAKUŠ, 2020). Upravljanje plažama, odnosno obalnim zonama postalo je neophodno kako bi se

zadržao integritet plaže te iskoristio njen puni potencijal, a da se pri tome ne degradira prirodni okoliš. Jedan od glavnih problema koji onemogućava kvalitetno i suvremeno upravljanje plažama nedostatak je valjanih i ažurnih informacija te njihova organizacija i razmjena među dionicima koji su direktno vezani za korištenje plaža (BIRD, 1996).

Gradnja novih, umjetnih plaža i antropogeni utjecaj na obalnom prostoru u velikom broju slučajeva značajno mijenja strukturu obale te negativno utječe na bioraznolikost obalnog ekosustava. Iako su znanstvena istraživanja u Hrvatskoj o toj temi još uvijek oskudna, evidentno je iz godine u godinu da su takvi procesi naročito prisutni u Hrvatskoj. Veliki razlog tome je nekontrolirana gradnja uz obale u sklopu velikog pritiska sezonskog obalnog turizma. Antropogeni pritisci na obalnom prostoru na kojem već postoji narušena stabilnost ekosustava uslijed kompeticije morskih cvjetnica i invazivnih alga može dodatno ubrzati degradaciju obalnog ekosustava. Takav potencijalni problem otkriven je u Istri na području uvale Funtana.

U Hrvatskoj su umjetne plaže općenito najčešće nasipavane tucanikom karbonatnog sastava, porijeklom iz kamenoloma (PIKELJ i dr., 2018), dok je u manjem broju slučajeva plaža građena nasipavanjem valutica riječnog porijekla. Iako su krupnije valutice poželjniji materijal, idealan sediment za umjetne plaže u hrvatskim prilikama su karbonatne valutice. Do njih je u pravilu nemoguće doći u komercijalne svrhe, jer se izvorišno gledano nalaze samo na prirodnim plažama, čija se dinamika ne bi smjela narušavati odnošenjem materijala. Bilo kakvo dodavanje materijala na mjesta gdje on izvorno ne pripada izaziva promjene dinamike i funkcioniranja obala, te može rezultirati i značajnim promjenama u staništima na morskom dnu. Takva degradacija je naročito vidljiva na mjestima na kojima radi nasipavanja neadekvatnog materijala u području livada morskih cvjetnica dolazi do zamucenja vodenog stupca i taloženja presitnih čestica sedimenta (najčešće mulja). Područje uvale Funtana nalazi se unutar mreže Natura 2000 (Kartiranje kopnenih staništa u natura 2000 području hr 3000003 vrsarski otoci“, 2019). unutar kojeg su dopuštene mnoge antropogene aktivnosti, ali se provode i mjere za očuvanje pojedinog područja unutar mreže.

1.3. Prirodna sedimentacija uz obalu Istre

Zapadna strana Jadrana manje je razvedena od istočne, koju karakterizira izrazita razvedenost i brojne otočne skupine. Na zapadnoj strani Jadrana razvijena je značajnija riječna mreža koja je izdašan terigeni izvor sedimenta. Takav terigeni materijal se dužobalnim strujama raspoređuje po šelfu (VAN STRAATEN, 1970; FRIGNANI i sur., 2005.; FAIN i sur., 2007.; CATTANEO i sur., 2007; PUIG i sur., 2007; STECKLER i sur., 2007; PICONE i sur., 2008). Istočna obala Jadrana je dominantno karbonatna, razvedenija s oskudnije razvijenom riječnom mrežom. U takvim se morskim okolišima dominantno taloži biogeni morski karbonat, uglavnom krupnozrnat, dok siliciklastičan materijal prevladava u područjima reliktnih pijesaka ili lokalno na recentnim riječnim ušćima (VAN STRAATEN, 1970; PIKELJ, 2010).

Glavni sastav morskog sedimenta na otvorenom moru ispred zapadne obale Istre čine biogeni morski karbonat u različitim omjerima pomiješan s terigenim siliciklastičnim materijalom, ovisno o udaljenosti od obale.

Udaljavanjem od obale sediment je prvo obogaćen dolomitičnim pa siliciklastičnim materijalom koji je uglavnom veličine pijeska (FÜTTERER & PAUL, 1976; PIKELJ, 2010). Uvale poput Funtane mogu lokalno odudarati od općeg karbonatnog sastava sedimenta kakav je tipičan za istočnu obalu Jadrana, naročito kad postoji lokalizirani utjecaj terigenog donosa vodotocima.

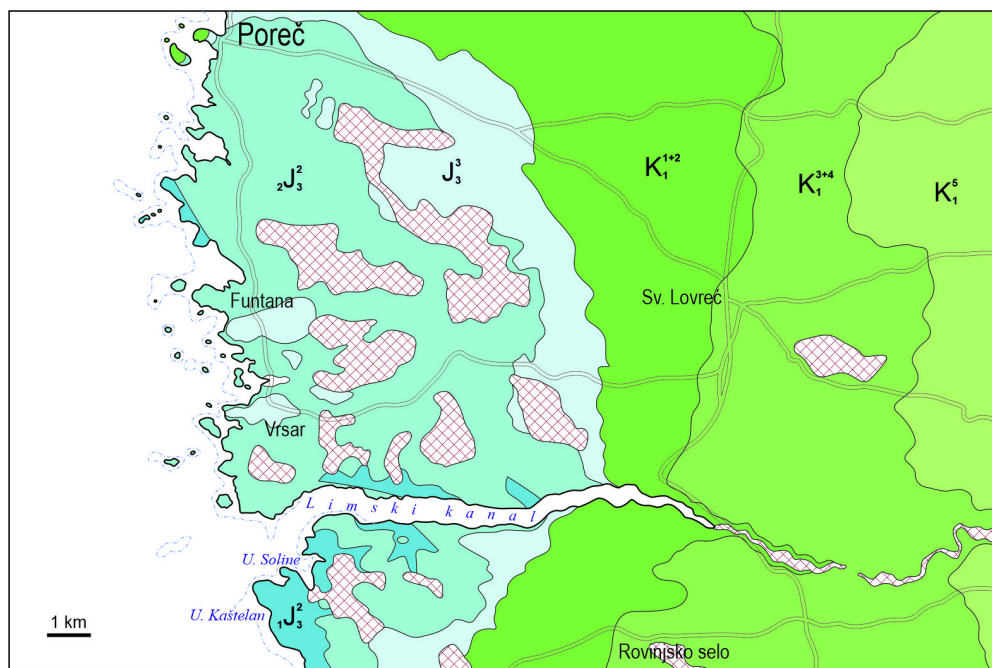
1.4. Ciljevi rada

Gradnja umjetnih plaža može destabilizirati livade morskih cvjetnica koje se nalaze u blizini i olakšati naseljavanje invazivnih algi na već prethodno poremećenim područjima. Glavni cilj ovog rada je utvrditi stanje i trend promjene stanja obalnog morskog okoliša na temelju stanja livada morskih cvjetnica (*Zoostera noltii* i *Cymodocea nodosa*) na području uvale Funtana, u kojoj postoji kompeticija između invazivne alge iz roda *Caulerpa* i livada morskih cvjetnica, a koja je pod utjecajem prirodnog unosa sitnozrnatog terigenog materijala, kao i pod utjecajem čovjeka u smislu gradnje umjetne plaže i plana proširenja njenog podmorskog dijela.

Nakon ovog rada očekuje se prikupljanje dovoljne količine informacija koja će pružiti mogućnost ocjene trenutnog stanja morskog obalnog okoliša, kao i procjenu eventualne promjene stanja morskog okoliša u budućnosti, s obzirom na antropogeni utjecaj u već labilnom morskome okolišu.

2. Geološka situacija

Uvala Funtana smještena je uzduž zapadne obale Istarskog poluotoka u sjevernom Jadranu. Nalazi se 30 km sjeverozapadno od Rovinja (slika 2). Područje kojemu pripada uvala Funtana obuhvaćeno je listom Rovinj Osnovne geološke karte (POLŠAK i ŠIKIĆ,1963). Ukupna površina prostora koji obuhvaća list Rovinj je 1480 km², a od toga na kopneni dio potpada otprilike 1200 km² (slika 1). U toku regresija u eocenu, a naročito nakon konačne regresije na kraju eocena vrši se površinskom hidrografijom intenzivna erozija nepropusnih flišolikih eocenskih naslaga. Taj proces se u području Pazinskog bazena nastavio do danas. Njime je u današnjem krškom području zapadne Istre najprije erodiran paleogenski pokrov, koji je ovdje bio znatno manje debljine nego u Pazinskom bazenu. Nakon toga se tekućice postepeno usijecaju u jursko-krednu karbonatnu podlogu formirajući niz dolina koje gravitiraju prema sjevernojadranskoj depresiji. Jedna od najznačajnijih je, danas suha (fosilna) riječna dolina Draga, čiji završni, potopljeni dio se naziva Limski zaljev. To je stara dolina rječice Fojbe (Pazinski potok), koja danas ponire kod Pazina kroz istoimeni ponor u krško karbonatno podzemlje. Ostaci terasa starog vodotoka „Paleofojbe“ sačuvani su između Pazina i Berma. Dolina se osim toga odlikuje brojnim meandrima (POLŠAK i ŠIKIĆ,1963).

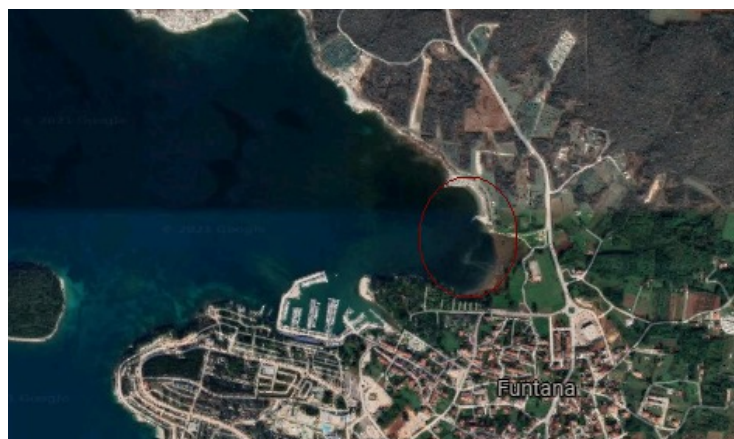


Slika 1. Prikaz geologija terena uvala Funtana (POLŠAK i ŠIKIĆ, 1963).

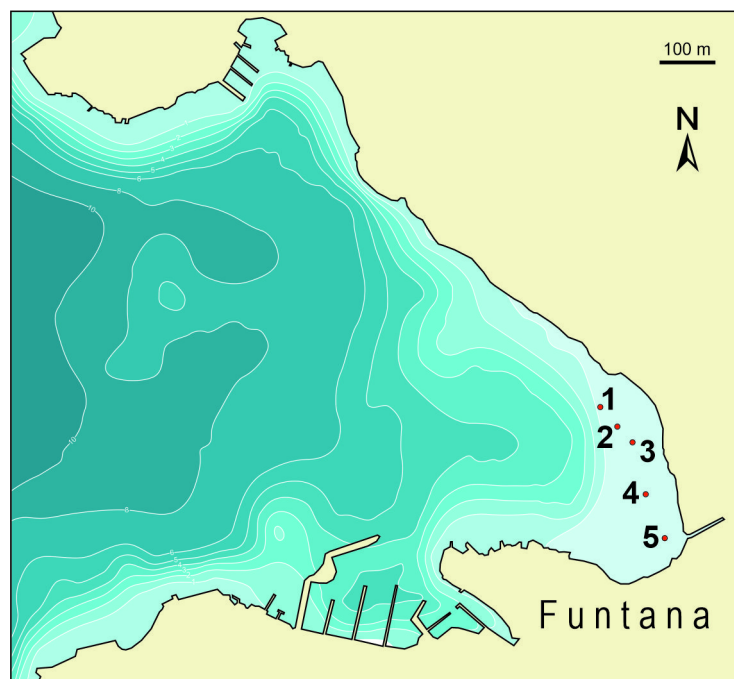
2.1. Opis istraživanog područja

Područje istraživanja i uzimanja uzoraka je uvala Funtana, preciznije plaža Perila i njeno plitko podmorje. Na satelitskoj snimci je prikazan geografski položaj uvala, te je crvenim krugom označeno područje istraživanja (slika 2).

Prikazane su točke pet lokacija na kojima su prikupljeni uzorci za analizu i izradu ovog rada (slika 3). Lokacije sakupljanja nalaze se s unutarnje strane lukobrana, na sredini plaže Perila, dok su neka mjerenja izvedena i prema močvari s istočne strane (slika 4). Cijela uvala je plitka, mjerenja su izvođena na dubini od maksimalno 2 metra.

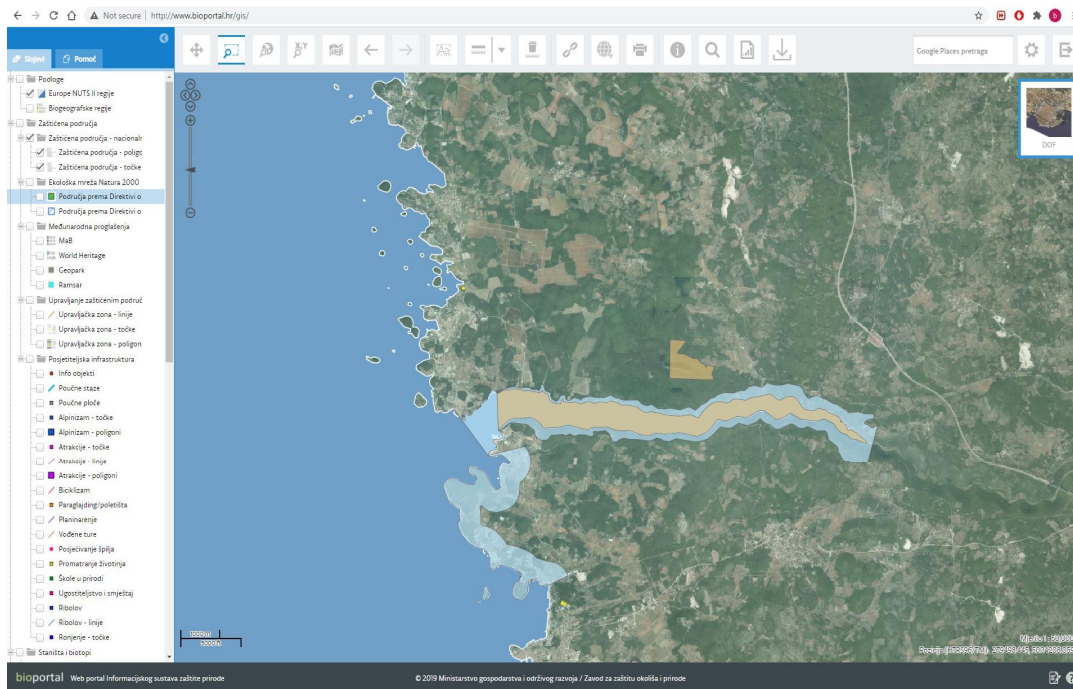


Slika 2: Satelitska snimka uvale Funtana s oznakom istraženog područja (preuzeto s Google Earth).



Slika 3: Lokacije uzorkovanja sedimentnih jezgara u uvali Funtana.

Zbog svojih osobina i vrijednosti, Funtana se nalazi u mreži Natura 2000 (slika 5). Natura 2000 je ekološka mreža sastavljena od područja važnih za očuvanje ugroženih divljih svojiti i stanišnih tipova Europske unije. U pregledu kopnenih staništa i vaskularne flore u području ekološke mreže (NATURA 2000 području) HR 3000003 Vrsarski otoci posebno su istaknuta staništa i vrste vaskularne flore zaštićene Direktivom o zaštiti prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta. Tri najzastupljenije biljne porodice jesu *Fabaceae*, *Poaceae* i *Brassicaceae* (Natura 2000-Standard data form, 2010). Na ovom području također zaštićene ekološkom mrežom Natura 2000 su *Cymodocea nodosa* i *Pinna nobillis*. Istraživano područje karakterizirano je livadama cvjetnica invadiranih invazivnim algama.



Slika 5: Interaktivna karta Natura 2000 (izvor: <http://www.bioportal.hr/gis/>).



Slika 4: Pogled prema močvari u uvali Funtana, 08.05.2021. Fotografirala: D. Fabijančić.

2.2. Geomorfologija

Obala uvala Funtana prirodno je stjenovita, umjereno uvučena i djelomično izložena nadolazećim valovima sa zapada i sjeverozapada. Prirodni nagib i dubina uvala su maleni u području u kojem je provedeno istraživanje. Dubina istraživanog područja u uvali seže od 0 do 2 metra dubine. Uslijed proširivanja kapaciteta plaža za revitalizaciju kupališnog

turizma, napravljena je plaža Perila. Plaža je nasipana valuticama riječnog sedimenta i pretežito nekarbonatnog sastava uglavnom magmatskog i metamorfnog (kvarciti, šejlovi i sl; definirano na terenu). Plaža je napravljena u zaobljenom dijelu uvale između dva lukobrana (slika 6).



Slika 6: Pogled prema sredini plaže Perila u uvali Funtana. Fotografirala: D. Fabijančić.

2.3. Opis cvjetnice *Cymodocea nodosa*(*Ucria*) Ascherson 1870 (čvorasta morska resa)

C. nodosa morska je livadna cvjetnica s izdancima koji se sastoje od 2-5 listova. Listovi su širine od 2-4 mm i dužine od 10 – 45 cm. Izbojci su pričvršćeni za vertikalni rizom s kratkim gomoljastim segmentima koji su povezani na horizontalni rizom s 1-6 cm dugim segmentima (BORUM i GREVE, 2004). Rizom može rasti nekoliko metara godišnje te se *C. nodosa* smatra vrstom koja može brzo kolonizirati nenastanjena područja morskoga dna. Prepoznatljiva je po svojim okomitim rizomima i dugim bijelim do ružičastim horizontalnim segmentima rizoma (slika 7). Duž vertikalnih i horizontalnih rizoma također je rasprostranjeno korijenje. Svaki segment rizoma ima samo jedan korijen koji se često snažno račva i može biti do 3 mm debljine i do 35 cm dužine (BORUM i GREVE, 2004).



Slika 7: Prikaz morske cvjetnice *C.nodosa*. (izvor: <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:602935-1>).

2.4. Opis alge *Caulerpa racemosa*

Rod *Caulerpa* pripada porodici Caulerpaceae, te ih ubrajamo u zelene alge. Hrvatski naziv je grozdasta kaulerpa jer joj je talus oblikovan kao grozd (slika 8).

Do današnjeg dana u rod *Caulerpa* uvrštene su 72 svojte, i to vrste, podvrste, varijeteti i forme rasprostranjene u svim tropskim i suptropskim, te u nekim umjereno toplim morima (CALVERT i sur.1976). Alge roda *Caulerpa* se mogu razmnožavati vegetativno i spolno što im pridonosi veliki uspjeh u širenju te nastanjivanju novih područja. Sredozemno more trenutno nastanjuje 8 svojti roda *Caulerpa* od kojih čak 7 nisu autohtone. Razlog tomu što *Caulerpa* tako dobro zauzima prostor koji invadira je otpornost na okolišne uvjete te uspješno vegetativno razmnožavanje koje pruža prednost nad ostalim algama, morskim cvjetnicama i ostalim bentonskim organizmima. U razdoblju od samo 6 mjeseci gusto isprepleten talus alge može prekriti morsko dno u više slojeva što direktno potiskuje autohtone sesilne organizme, prvenstveno alge (PANAYOTIDIS i sur. 1994; PIAZZI i sur. 2001). Važno je napomenuti kako osim navedenih organizama ova invazivna alga štetno djeluje i na sve ostale bentonske organizme. Gusto isprepletenu alga djeluje kao filtar koji zarobljava organske i anorganske čestice koje se nakupljaju ispod talusa zarobljavajući autohtone sesilne organizme (ALEEM 1992; PIAZZI i sur. 2001). Alga *Caulerpa* razvija se na gotovo svim tipovima podloge: kamenu, pijesku, mulju, rizomima morskih cvjetnica,

te na sesilnim životinjskim organizmima (MEINESZ i HESSE 1991; MEINESZ i sur, 1993).

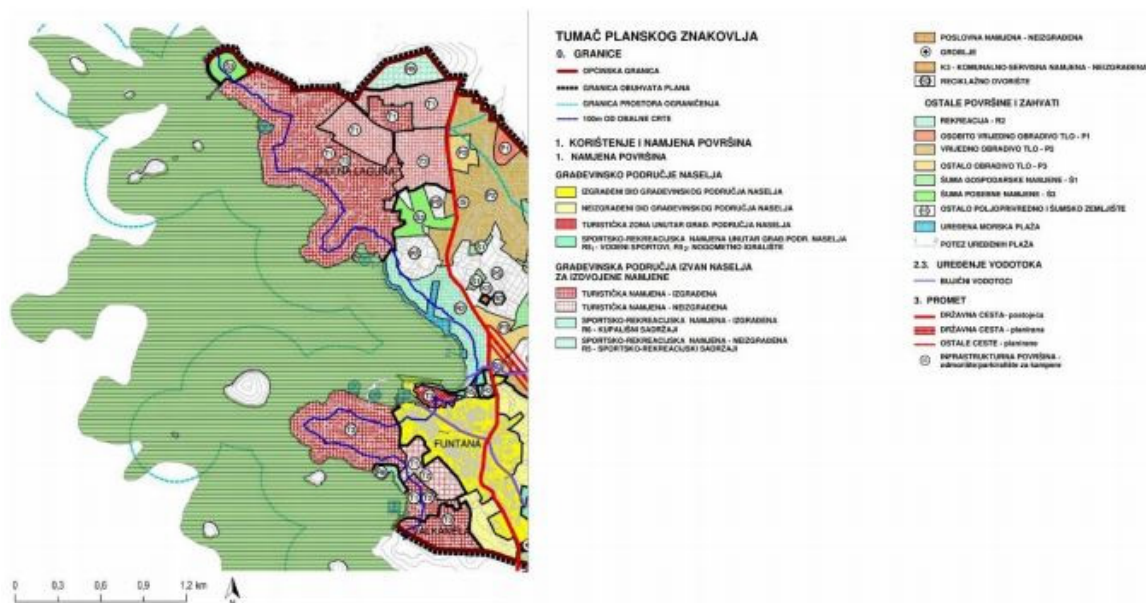
Alga s lakoćom zauzima naselja nižih morskih cvjetnica kao što su *Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii* (CECCHERELLI i CAMPO 2002).



Slika 8: Prikaz alge *Caulerpa racemosa*. (izvor: https://www.reeflex.net/tiere/899_Caulerpa_racemosa.htm).

2.5. Antropogeni utjecaj na uvalu Funtana

Prema studiji „Prijetnje obalnom ekosustavu i biološkoj raznolikosti mora, korak po korak do ekosustavnog pristupa u području NATURA 2000- HR3000003 Vrsarski otoci“ („Prijetnje obalnom ekosustavu i biološkoj raznolikosti mora, korak po korak do ekosustavnog pristupa u području NATURA2000 – HR3000003 Vrsarski otoci“, 2020) na središnjem dijelu općine Funtana nalazi se potez uređenih plaža popraćen s površinom za rekreaciju, a na južnom dijelu se nalazi izgrađena zona koja obuhvaća sport, nautiku, turistička naselja, vodene sportove i gastronomija (slika 9).



Slika 9: Isječak iz kartografskog prikaza Korištenje i namjena površina (Izvor: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema PPUOF, 2020.).

Pomorski promet predstavlja problem u morskom okolišu u vidu stvaranja podvodne buke, ispuštanjem štetnih tvari u zrak i u morski okoliš, prenošenja invazivnih morskih organizama putem balastnih voda, sidrenja, itd. Primjer širenja invazivnih vrsta na ovaj način su rebraš *Mnemiopsis leidyi* i alga *Caulerpa cylindracea*, prisutne na području obuhvata ekološke mreže (Izvor: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema PPUOF). U okolici se nalazi ispušt otpadnih voda koji se pruža sjeverozapadno izvan područja ekološke mreže. Te vode sa sobom nose velike količine nutrijenata i krupnih čestica zbog ispiranja tla (Izvor: IRES EKOLOGIJA d.o.o. prema PPUOF).

3. Materijali i metode istraživanja

3.1. Uzorkovanje i priprema uzoraka

Terenski rad obavljen je kroz period 2019-2021. godine u uvali Funtana na plaži Perila. Uzorkovani su sediment, livadne cvjetnice (korijenje, rizom, listovi), te uzeti za daljnju analizu. Uzorci sedimenta prikupljeni su na 5 lokacija pomoću plastičnog korera. U svrhu granulometrijske analize sedimenta koreri su prerezani u sekcije debljine od 3 cm. Uzorci su osušeni litofilizacijom.

Temperatura je mjerena 2020. i 2021.godine na dubini do 2 metra dubine. Slanost (S) je mjerena na svakom uzorkovanju pomoću sonde pIONeera 65 (Radiometar analitički, Kopenhagen).

3.2. Analiza veličine zrna sedimenta (Granulometrijska analiza)

Za izvođenje analize korišteni su tresilica Fritsch Analysette® i sedigraf Micromeritics 5100 (slika 14 i 16). Određivanje granulometrijskog sastava uzoraka obavljeno je u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda. Na slikama (slika 10-15) prikazan je postupak pripreme uzorka i mokrog sijanja. Početna masa svih uzoraka za granulometriju bila je 50 grama. Svaki uzorak namočen je i prosijan kroz set sita (4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063mm veličina sita) (slika 15). Frakcija koja je manja od 0,063 mm pohranjena je u suspenziji koja je nakon taloženja i dekantiranja viška vode analizirana pomoću sedigrafa (Micromeritics, 2002).

Nazivi uzoraka prema brojevima lokacija s kojih su uzeti nazvani su F1, F2, F3, F4, F5, a položaj svakog uzorka u jezgri u sedimentu je F1.1, F2.1, F3.1, F4.1, F5.1 za vršni dio jezgre, F1.5, F2.4, F3.5, F4.4, F5.4 za središnji dio jezgre, F1.9, F2.7, F3.8, F4.7, F5.7 za donje uzorke iz jezgre. Prosječna dubina na kojoj je definiran anoksični sloj u jezgrama iznosila je 2,4 cm.



Slika 10: Priprema uzoraka, prikupljanje sedimenta pomoću plastičnog korera.

Fotografirala: D. Fabijančić.



Slika 11: Priprema i sortiranje uzoraka nakon sakupljanja istih. Fotografirala: D.

Fabijančić.



Slika 12: Uzorci prije vaganja.



Slika 13: Namočeni uzorci prije prosijavanja.



Slika 14: Tresilica Fritsch Analysette®.



Slika 15: Proces prosijavanja.

Sedimenti svakog uzorka manji od 0,063 mm sakupljeni su u zasebne posude. Posude sa sedimentima ostavljene su oko 2 tjedna kako bi se sediment u suspenziji istaložio na dno posude i bio spreman za analizu sedigrafom. Kako bi bili odgovarajuće gustoće za analizu na sedigrafu, uzorci se dekantiraju.

Uređaj korišten za ovu analizu je Micromeritics sedigraf 5100. Ovaj uređaj radi na principu gravitacijske sedimentacije i apsorpcije nisko-energetskih rendgenskih zraka.

Sedimentaciju čestica uvjetovanu gravitacijom objašnjava Stokes-ov zakon, prema kojemu je određeno da je: $V = (\rho - \rho_0)d^2 / 18\mu$;

gdje V predstavlja brzinu padanja čestica, $\rho - \rho_0$ razliku u gustoći između čestica i fluida, d promjer zrna, a μ predstavlja dinamički viskozitet. Najprije je izmjeren intenzitet rendgenskog zračenja koje je prošlo kroz čistu otopinu demineralizirane vode i deionizirane vode u koju je kao antikoagulans dodan natrij heksametafosfat (NaPO_3)₆. Zatim je dodan suspendirani uzorak koji je miješanjem postao homogen, nakon čega je izmjeren najmanji intenzitet prolaznog rendgenskog zračenja. Do takvog mjerenja je došlo jer je dio zračenja apsorbiran na čestice u suspenziji. Nakon nekog vremena počinje taloženje čestica u homogenoj suspenziji, a prolaznost rendgenskog zračenja koje se mjeri na različitim dubinama se počela povećavati ovisno o brzini taloženja. Čestice se u ćeliji razdvajaju prema veličini, tj. prema brzini taloženja: prvo su se istaložile krupne, zatim sitnije čestice. Tako su dobiveni maseni udjeli pojedinih frakcija od vrlo krupnog praha do gline (PIKELJ, 2010).



Slika 16: Sedigraf Micromeritics 5100.

Podaci dobiveni korištenjem obje tehnike spojeni su u jedan kontinuirani raspon veličine zrna. Zatim je napravljena analiza pomoću statističkog paketa GRADSTAT v 6.0. Sedimenti su zatim klasificirani prema Folk-u (1954.).

Rezultati dobiveni na analiziranim uzorcima prikazani su pomoću trokomponentnih dijagrama i kumulativnih krivulja. Propusnost sedimenta izračunata je bazirajući se na srednjoj veličini zrna.

Obrađivanjem u programu GRADISTAT v 6.0. dobivaju se podatci o količini pojedine frakcije u uzorku, prosječne i srednje veličine čestica, sortiranosti uzorka, asimetričnosti raspodjele i zaoštrenosti krivulje.

Na kumulativnim krivuljama veličina zrna prikazana je u Φ jedinicama na osi x i raste s lijeva na desno, a masa je prikazana na osi y u postocima.

Granulometrijski parametri su izračunati prema (FOLK & WARD, 1957):

Srednja veličina zrna (median) od koje je 50% čestica veće, a 50% manje:

$$M_d = \Phi 50$$

Prosječna veličina zrna (engl. „mean size“ M_z):

$$M_z = \frac{(\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84)}{3}$$

Sortiranje (engl. „sorting“, S_o) koje pokazuje jednoličnost distribucije:

$$S_o = \frac{(\Phi 84 - \Phi 16)}{4} + \frac{(\Phi 95 - \Phi 5)}{6,6}$$

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 (engl. „skewness“, S_k) pokazuje devijacije 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:

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

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 (engl. „kurtosis“ K_g) 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.

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

Kategorije zaoštrenost krivulje:

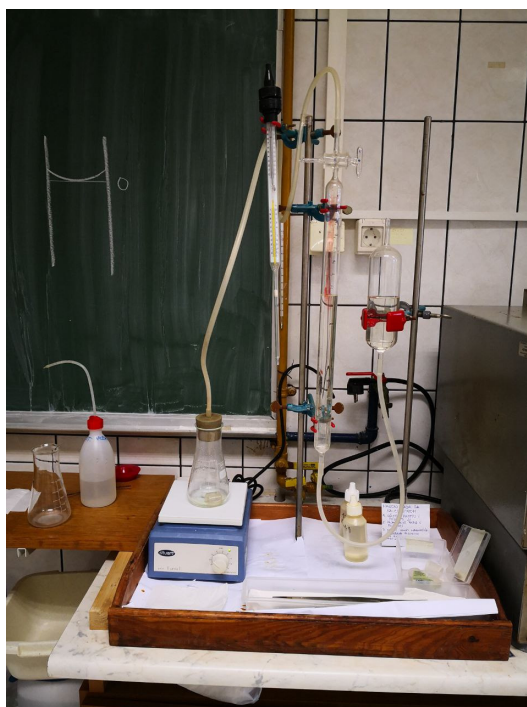
< 0,67	vrlo zaravnjena krivulja
0,67-0 90	zaravnjena krivulja
0,90-1,11	srednje zaoštrena krivulja
1,11-1,50	zaoštrena krivulja
1,50-3,00	vrlo zaoštrena krivulja
> 3,00	izuzetno zaoštrena krivulja

3.1. Kvalitativna rendgenska fazna analiza

Kvalitativna fazna analiza dva uzorka (Funtana 2.1 i Funtana 5.1) provedena je metodom difrakcije rendgenskih zraka na praškastim uzorcima. Uzorci su snimani pomoću Philipsovog vertikalnog rendgenskog goniometra (tip PW1830/00) u Zavodu za opću i anorgansku kemiju Kemijskog odsjeka PMF-a, uz upotrebu Cu-cijevi (40 kV i 40 mA) čije je zračenje monokromatizirano grafitnim monokromatorom. Za registraciju zračenja korišten je proporcionalni brojač. Snimanje je bilo u koracima od $0,02^\circ$ uz vrijeme mjerenja od 1 s po koraku. Pukotine na instrumentu bile su: pukotina za regulaciju divergencije snopa 1° , pukotina za sprječavanje raspršenja 1° (i na strani cijevi i ispred brojača), prijemna pukotina 0,1 mm. Sniman je prah na aluminijskom nosaču (PIKELJ, K. 2019).

3.2. Kalcimetrija

Određivanje udjela karbonata napravljeno je na donjim, srednjim i vršnim uzorcima iz korera (F1.1-F5.7). Udio karbonata u navedenim uzorcima određen je volumetrijom plina Scheiblerovom metodom na Scheiblerovoj aparturi (slika 17).



Slika 17: Scheiblerova aparatura za kalcimetriju, Mineraloško-petrografski zavod PMF-a.

Metoda se temelji na određivanju volumnog udjela ugljikovog dioksida (CO_2) koji nastaje pri reakciji otapanja karbonata u klorovodičnoj kiselini (HCl).

Prije određivanja udjela karbonata u uzorcima sedimenta, napravljeno je mjerenje standarda za koji se uzima čisti kalcijev karbonat (CaCO_3). Najprije se dva puta odvaže po 300 mg standarda u male čašice. Sadržaj tih čašica pojedinačno je stavljen u Erlenmeyerovu tikvicu zajedno s 5 ml 10%-tne klorovodične kiseline u maloj plastičnoj posudici, te je stavljen i mali magnet. Tikvica se dobro zatvori gumenim čepom kako bi se dobio potpuno zatvoreni sustav. Potom je na 4 minute uključena magnetna miješalica.

Prilikom reakcije razvijao se ugljikov dioksid (CO₂) čiji je volumen izmjeren i očitao, te je pomoću formule za izračun dobiven maseni udio karbonata koji je iznosio 100% ± 1%. Određivanje udjela karbonata u svakom uzorku sedimenta proveden je na identičan način kao i kod standarda. Pri svakom mjerenju potrebno je bilo očitati još i temperaturu i tlak zraka u prostoriji, pomoću kojih dobivamo faktor Ft,p kasnije potreban za izračun masenog udjela karbonata prema formuli:

$$\%CaCO_3 = \frac{ml\ CO_2 \cdot Ft,p \cdot 2,274 \cdot 100}{mg(uzorak)}$$

Zbog toga što se za standard i svaki uzorak izvršavaju po dva mjerenja, kao konačna vrijednost udjela karbonatne komponente, kao konačan rezultat uzima se aritmetička sredina dobivenih mjerenja.

3.3. Mjerenje gustoće i stanja livadnih cvjetnica i algi

Uzorci cvjetnica *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, te alge *Flabellia petiolata* i *Caulerpa* sakupljeni su koristeći kvadratne okvire (20 x 20 cm) koji su bačeni nasumično na područjima najveće količine vegetacije. Morske cvjetnice i alge sa svakog kvadrata temeljito su oprane morskom vodom kako bi se uklonio postojeći sediment, te se odvojile u 3 grupe: *Cymodocea nodosa* (listovi, rizom i korijenje)/*Caulerpa*, *Zostera noltii* i *C.nodosa/F.Petiolata/Caulerpa*. Uzorci cvjetnica i algi dobro su isprani od sedimenta. Tada su identificirane vrste cvjetnica i algi, te se izvelo vaganje mokre težine uzoraka (slika 18). Za svaki uzorak ravnalom se mjerila dužina listova. Zatim, koristeći škare, rizomi svake biljke odvojeni su od listova (slika 19).

Nakon toga, izvagana je mokra težina listova, rizoma i korijena. Težina svakog dijela biljke mjerila se odvojeno na preciznoj digitalnoj vagi u gramima na dvije decimale. Zatim se radilo vaganje suhe mase uzoraka sušenjem na 50° C u trajanju od 24 h .



Slika 18: Prikaz pripreme cvjetnica za analizu izdanaka.



Slika 19: Primjer odvajanja dijelova cvjetnica.

4. Rezultati

4.1. Rezultati temperature i saliniteta

Terenski rad na ovoj lokaciji obavljen je 8.5.2021. i 24.7.2021. godine. Temperatura vode 8.5. na lokaciji usred plaže iznosila je 18 °C. Salinitet je iznosio 32. Na istoj lokaciji temperatura je izmjerena i prema močvari koja se nalazi na istočnoj strani uvale. Temperatura vode prema močvari iznosila je 20 °C. Salinitet je iznosio 23.

Temperatura vode 24.7. na lokaciji usred plaže iznosila je 30,2 °C. Salinitet je iznosio 29,15. Temperatura vode prema močvari iznosila je 28,19 °C. Salinitet je iznosio 30,59.

4.2. Rezultati granulometrijske analize

4.2.1. Vršni uzorci

Udio pijeska u analiziranim vršnim uzorcima korera (uzorci F1.1, F2.1, F3.1, F4.1, F5.1) iznosi 16,8-56,9 % (Tablica 1). U frakciji mulja nalazi se više praha u odnosu na čestice gline. Udio frakcije praha je 34,5-78,7 % dok je udio gline u uzorcima 2,9-8,1 %. Udio šljunka iznosi 1,5-5,2 %. Analizirani vršni uzorci F2.1, F4.1 i F5.1 iz korera pripadaju grupi *slabo šljunkovito pjeskoviti mulj* (slika 20). Uzorak F1.1 pripada grupi *slabo šljunkovito muljeviti pijesak*, dok uzorak F3.1 pripada grupi *šljunkoviti mulj*.

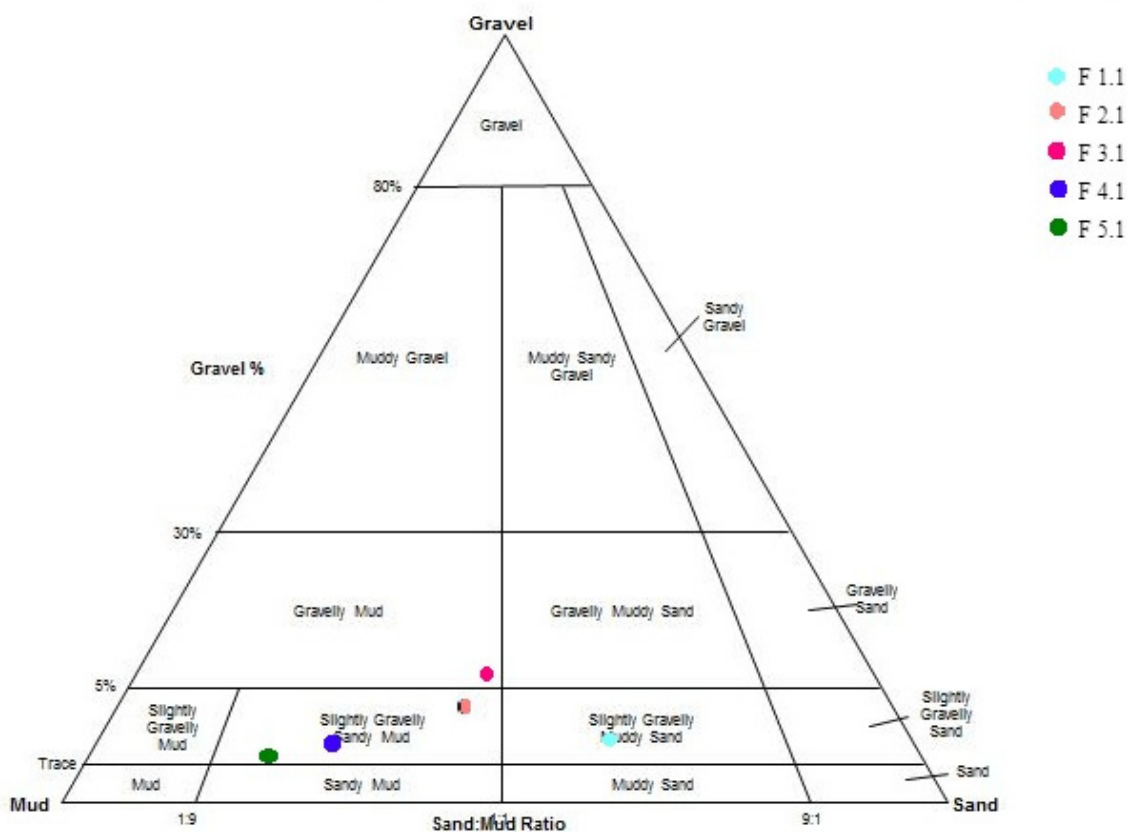
Tablica 1. Udio frakcija sedimenta po dubini u vršnim uzorcima.

Uzorak	Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
F1.1	>2	3,8	56,9	34,5	4,8
F2.1	>2	4,5	41,3	46,1	8,1
F3.1	>2	5,2	44,9	46,2	3,7
F4.1	>2	2,3	24,5	68,9	4,3
F5.1	3	1,5	16,8	78,7	2,9

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak F1.1 (78,45 μm), a najmanju uzorak F5.1 (33,63 μm). Uzorak F1.1 ima najveću srednju veličinu čestica (107,6 μm), a najmanju uzorak F5.1 (31,85 μm). Svi analizirani uzorci su loše sortirani (Tablica 2).

Tablica 2. Granulometrijski parametri vršnih uzoraka.

Uzorak	Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
F1.1	>2	2,649	78,45	107,6	0,245	1,190
F2.1	>2	3,014	43,31	49,46	0,085	1,178
F3.1	>2	2,59	64,72	62,76	0,054	1,279
F4.1	>2	1,752	36,08	35,75	0,052	1,544
F5.1	>2	1,348	33,63	31,85	-0,053	1,518



Slika 20: Trokomponentni dijagram vršnih uzoraka (F 1.1, F 2.1, F 3.1, F 4.1, F 5.1).

4.2.2. Uzorci iz sredine korera

Udio pijeska u analiziranim srednjim uzorcima korera (uzorci F1.5, F2.4, F3.5, F4.4, F5.4) iznosi % (Tablica 3). U frakciji mulja nalazi se više praha u odnosu na čestice gline. Udio frakcije praha je 42,3-78,4 % dok je udio gline u uzorcima 5,8-17,6 %. Udio šljunka iznosi 0,3-3,2 %. Analizirani uzorci pripadaju grupi *slabo šljunkovito pjeskoviti mulj* (slika 21).

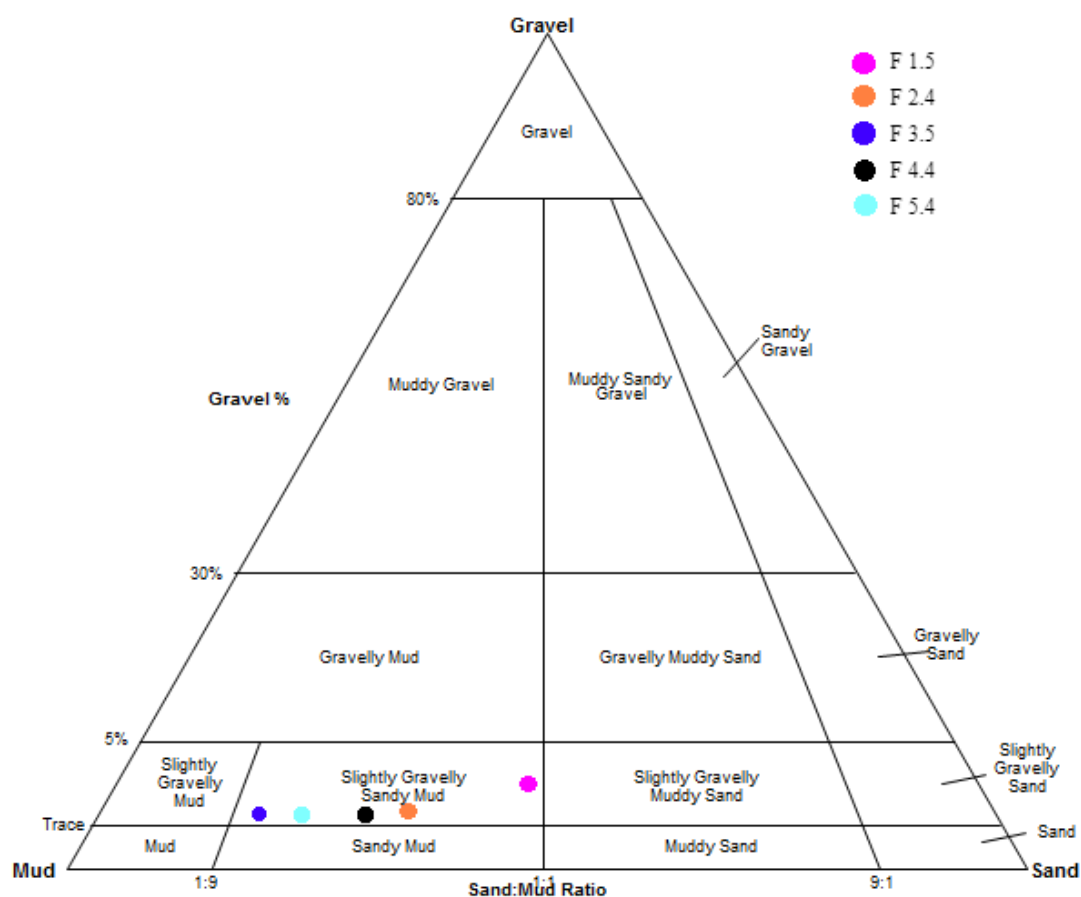
Tablica 3: Udio frakcija sedimenta po dubini u srednjim uzorcima.

Uzorak	Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
F1.5	>2	3,2	47	42,3	5,8
F2.4	>2	0,3	29,5	54,7	15,5
F3.5	>2	2	13	67,3	17,6
F4.4		1,3	24,6	63,5	10,4
F5.4		0,3	15,6	78,4	5,8

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak F1.5 (63,03 μm), a najmanju uzorak F3.5 (11,48 μm). Uzorak F1.5 ima najveću srednju veličinu čestica (63,03 μm), a najmanju uzorak F1.5 (16,49 μm). Svi analizirani uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 4).

Tablica 4. Granulometrijski parametri srednjih uzoraka.

Uzorak	Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
F1.5	>2	2,749	63,01	63,03	0,042	1,200
F2.4	>2	2,844	18,88	20,87	0,116	0,843
F3.5	>2	2,583	11,48	16,49	0,206	1,086
F4.4	>2	2,101	24,33	29,43	0,310	1,323
F5.4	>2	1,536	27,89	29,07	0,222	1,697



Slika 21. Trokomponentni dijagram srednjih uzoraka (F1.5, F2.4, F3.5, F4.4, F5.4).

4.2.3. Donji uzorci

Udio pijeska u analiziranim donjim uzorcima korera (uzorci F1.9, F2.7, F3.8, F4.7, F5.7) iznosi 14,1-30,6 % (Tablica 5). U frakciji mulja nalazi se više praha u odnosu na čestice gline. Udio frakcije praha je 26,4-70 % dok je udio gline u uzorcima 5,2-24,9 %. Udio šljunka iznosi 0,9-36,8 %. Analizirani donji uzorci F1.9, F2.7 i F4.7 iz korera pripadaju grupi *slabo šljunkovito pjeskoviti mulj* (slika 22). Uzorak F3.8 pripada grupi *muljeviti šljunak*, dok uzorak F5.7 pripada grupi *šljunkoviti mulj*.

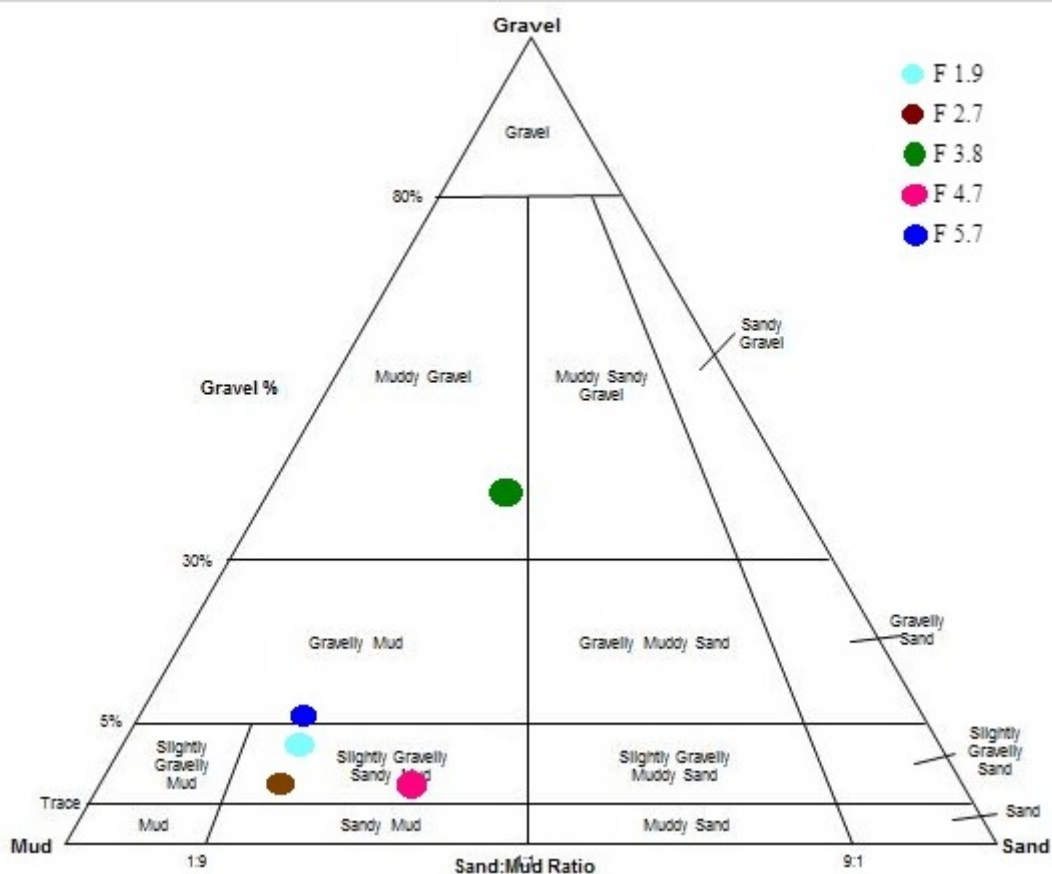
Tablica 5. Udio frakcija sedimenta po dubini u donjim uzorcima.

Uzorak	Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
F1.9	>2	4,9	17,7	55,2	22,3
F2.7	>2	0,9	15,6	58,6	24,9
F3.8	>2	36,8	29,0	26,4	7,9
F4.7	>2	2,2	30,6	61,9	5,2
F5.7	>2	6,7	14,1	70	9,2

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak F3.8 (205,0 μm), a najmanju uzorak F2.7 (8,822 μm). Uzorak F3.8 ima najveću srednju veličinu čestica (193,6 μm), a najmanju uzorak F2.7 (11,89 μm). Svi analizirani uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 6).

Tablica 6. Granulometrijski parametri donjih uzoraka.

Uzorak	Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
F1.9	>2	3,647	12,61	12,39	0,131	1,137
F2.7	>2	2,965	8,822	11,89	0,073	0,923
F3.8	>2	3,758	205,0	193,6	0,209	0,544
F4.7	>2	1,977	37,07	39,19	0,117	1,452
F5.7	>2	2,867	23,65	25,60	-0,061	2,149



Slika 22: Trokomponentni dijagram donjih uzoraka (F1.9, F2.7, F3.8, F4.7, F5.7).

4.3. Rezultati kvalitativne rendgenske fazne analize

Uzorak Funtana 2.1

Glavni sastojci u analiziranom uzorku su kvarc – SiO_2 i kalcit – CaCO_3 . Sporedni sastojci su aragonit – CaCO_3 , pirit – FeS_2 , halit – NaCl , 10\AA filosilikat (illit i/ili muskovit) i plagioklasi, a u trgovima je prisutan dolomit – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ te još neki od minerala glina (kaolinit i/ili klorit).

Uzorak Funtana 5.1

Kao dominantan sastojak u analiziranom uzorku determiniran je kvarc – SiO_2 . Feldspati (plagioklasi i K-feldspati) te kalcit – CaCO_3 su bitni sastojci. Sporedni sastojci su aragonit – CaCO_3 , 10\AA filosilikat (illit i/ili muskovit) i halit – NaCl , a u trgovima je prisutan dolomit – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ te još neki od minerala glina (kaolinit i/ili klorit), a par ne pripisanih slabih maksimuma ukazuje na prisutnost još neke faze/a (todorokit, paragonit ili

nešto treće) koja nije mogla biti jednoznačno determinirana bez dodatnih analiza. Difraktogrami praha i s njih očitani podaci nalaze se u prilogu (Prilog 123456X).

4.4. Rezultati određivanja udjela karbonata

Prema rezultatima analize na uzorcima F1.1-F5.7 određen je udio karbonata 6,78-23.83 % (tablica 7).

Tablica 7: Udio karbonata u uzorcima.

Uzorak	% karbonata u uzorku
F1.1	23,83
F1.5	18,99
F1.9	18,26
F2.1	14,75
F2.4	18,24
F2.7	12,13
F3.1	21,00
F3.5	10,07
F3.8	10,79
F4.1	14,13
F4.4	9,48
F4.7	28,25
F5.1	6,71
F5.4	16,13
F5.7	6,78

4.5. Rezultati stanja livada cvjetnica

4.5.1. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson 1870 i *Caulerpa cylindracea*: broj izdanaka 8.5.2021.

U analizi cvjetnice *C. nodosa* dužina najvećeg lista bila je 10,9 cm, a najmanjeg 1,4 cm. Prosječna dužina listova na ovoj lokaciji iznosi $\pm 10,2$ cm. Listovi su u mokroj težini u prosjeku iznosili $\pm 57,76$ g, a u suhoj težini $\pm 1,71$ g. Prosjek težine za rizom je za mokru težinu iznosio $\pm 27,56$ g, a za suhu težinu $\pm 6,89$ g. Prosječna duljina starih listova bila je $\pm 2,6$ cm. Duljina najdužeg lista iznosila je 5,7 cm, a najkraćeg 0,6 cm. Mokra masa starih listova iznosila je 5,69 g, a suhe mase 0,96 g (tablica 8). U analizi alge *C. Cyldracea* listovi u mokroj težini iznosili su ukupno 8,86 g. Mokra masa rizoma iznosila je 8,36 g. Ukupna mokra masa svih dijelova *C. cylindracea* iznosila je 17,68 g, a u suhoj težini 2,54 g.

Tablica 8: Uvala Funtana 8.5.2021.- *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson 1870, *Caulerpa cylindracea*.

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>C. nodosa</i> novi listovi	219	10,2	8,54	1,71	27,56	6,89	20,5	4,51	57,76	13,11
<i>C. nodosa</i> stari listovi	54	2,6	5,69	0,96	-	-	-	-	-	0,96
<i>C. cylindracea</i>	-	-	8,86	1,14	8,36	1,33	0,46	0,07	17,68	2,54

4.5.2. *Zostera noltii* Hornermann 1832: broj izdanaka 8.5.2021.

Najveći uzorkovani list za ovu cvjetnicu na lokaciji Funtana je iznosio 5,5 cm, a najmanji 0,2 cm. U prosjeku dužina listova iznosi $\pm 1,9$ cm, a širina nije zabilježena jer su svi listovi bili iste širine. Dužina starih listova u prosjeku iznosi $\pm 3,1$ cm. Najdulji list zabilježen iznosio je 5,8 cm, a najkraći 0,7 cm. Ukupna težina mokre mase je 105,65 g, a ukupna težina suhe mase je 20,74 g (tablica 10).

Tablica 10: Uvala Funtana- *Zostera noltii* Hornermann 1832 8.5.2021.

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>Z. noltii</i> novi listovi	1437	1,9	22,46	2,92	29,1	6,11	53,24	11,71	105,65	20,74
<i>Z. noltii</i> stari listovi	58	3,1	0,85	0,14	-	-	-	-	-	0,14

4.5.3. *C. nodosa*, *F. Petiolata* i *C. cylindracea*: količina u uzorku 8.5.2021.

Najveći uzorkovani list za *C. nodosa* u ovom uzorku je iznosio 15,8 cm, a najmanji 0,7 cm. U prosjeku dužina listova iznosi $\pm 4,8$ cm. Dužina starih listova u prosjeku iznosi $\pm 2,6$ cm. Najdulji list zabilježen iznosio je 11 cm, a najkraći 0,7 cm. Ukupna težina mokre mase je 58,24 g, a ukupna težina suhe mase je 13,57 g.

Ukupna težina mokre mase *F. petiolata* iznosila je 21,97 g, a suhe 4,40 g. Mokra masa *C. cylindracea* iznosila je 2,74 g, a suhe mase 0,38 g (tablica 12).

Tablica 12: Uvala Funtana- *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson 1870, *Caulerpa cylindracea* i *Flabellia petiolata* 8.5.2021.

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>C. nodosa</i> novi listovi	237	4,8	6,72	1,41	35,31	9,18	13,49	2,98	58,24	13,57
<i>C. nodosa</i> stari listovi	119	2,6	2,72	0,40	-	-	-	-	-	0,40
<i>C. cylindracea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2,74	0,38
<i>F. petiolata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	21,97	4,40

4.5.4. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson 1870 i *Caulerpa cylindracea*: broj izdanaka 24.7.2021.

U analizi cvjetnice *C. nodosa* listovi su u mokroj težini u prosjeku iznosili $\pm 49,32$ g, a u suhoj težini $\pm 9,37$ g. Prosjek težine za rizom je za mokru težinu iznosio $\pm 103,13$ g, a za suhu težinu 26,55 g. Duljina najdužeg lista iznosila je 25,1 cm, a najkraćeg 1,1 cm. Mokra masa starih listova iznosila je 9,81 g, a suhe mase 1,67. Ukupna mokra masa svih dijelova *C. cylindracea* iznosila je 3,04 g, a u suhoj težini 0,48 g. U istraživanju u srpnju pronađeni su uzorci *F. petiolata*, mokra masa alge iznosila je 107,77 g, a suha masa 21,55 g (tablica 9).

Tablica 9: Uvala Funtana 24.7.2021.- *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson 1870,
Caulerpa cylindrica, *F.petiolata*

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>Cymadoc ea nodosa</i> novi listovi	657	9,8	49,32	9,37	102,13	26,55	88,33	18,54	249,59	54,46
<i>Cymadoc ea nodosa</i> stari listovi	154	7	9,81	1,67	-	-	-	-	-	1,67
<i>Caulerpa cylindrica</i>	-	-							3,04	0,48
<i>F.petiolata</i>									107,77	21,55

4.5.5. *Zostera noltii* Hornermann 1832: broj izdanaka 24.7.2021.

U prosjeku dužina listova iznosi $\pm 12,2$ cm, a širina nije zabilježena jer su svi listovi bili iste širine. Dužina starih listova u prosjeku iznosi $\pm 11,7$ cm. Najdulji list zabilježen iznosio je 49 cm, a najkraći 0,2 cm. Ukupna težina mokre mase je 71,23 g, a ukupna težina suhe mase je 8,47 g (tablica 11). U ovom uzorku za razliku od uzoraka u svibnju, pronađeni su tragovi *C. nodosa*.

Tablica 11: Uvala Funtana- *Zostera noltii* Hornermann 1832 i *C.nodosa* – 24.7.2021.

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>Z. noltii</i> novi listovi	2204	12,2	43,30	6,06	7,31	1,53	5,89	0,88	71,23	8,47
<i>Z. noltii</i> stari listovi	708	11,7	14,73	2,20	-	-	-	-	14,73	2,20
<i>C.nodosa</i>	136	-	4,63	-	2,02	-	-	-	6,63	

4.5.6. *Cymodocea*, *F. Petiolata* i *Caulerpa*: količina u uzorku 24.7.2021.

Najveći uzorkovani list za *C. nodosa* u ovom uzorku je iznosio 29,7 cm, a najmanji 3,2 cm. U prosjeku dužina listova iznosi ± 15 cm. Dužina starih listova u prosjeku iznosi ± 9 cm. Najdulji list zabilježen iznosio je 23,4 cm, a najkraći 1,3 cm. Ukupna težina mokre mase je 117,97 g, a ukupna težina suhe mase je 19,57 g. Ukupna težina mokre mase *F. petiolata* iznosila je 27,2 g, a suhe 4,90 g. Mokra masa *C. cylindracea* iznosila je 62,56 g, a suhe mase 11,88 g (tablica 13).

Tablica 13: Uvala Funtana- *C. nodosa* (Ucria) Ascherson 1870, *C. cylindricea* i *F. Petiolata* 24.7.2021.

Uzorak	Broj listova	Prosjek dužine listova (cm)	Mokra masa listova (g)	Suha masa listova (g)	Mokra masa rizoma (g)	Suha masa rizoma (g)	Mokra masa korjenja (g)	Suha masa korjenja (g)	Ukupna mokra masa (g)	Ukupna suha masa (g)
<i>C. nodosa</i> novi listovi		15,1	31,90	6,38	44,91	8,08	30,10	5,11	117,97	19,57
<i>C. nodosa</i> stari listovi		9	11,06	1,67	-	-	-	-	11,06	1,67
<i>C. cylindricea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	62,56	11,88
<i>F. petiolata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	4,90

5. Rasprava

Ovo istraživanje trebalo bi dati odgovor na to koji su čimbenici koji utječu na populaciju autohtonih morskih cvjetnica u uvali Funtana, kakvi sedimenti prekrivaju morsko dno uvale Funtana, te ima li rješenja koje bi se moglo ponuditi u ovoj situaciji.

Kvalitativnom rendgenskom faznom analizom uzorka blizu potoka na ulasku u plažu (uzorak 2.1) vidljivo je da su glavni sastojci u uzorku kvarc i kalcit što ukazuje na prisutnost terigenog materijala. Sporedni sastojci su aragonit, pirit, halit i plagioklasi.

U uzorku 5.1. koji je smješten izvan direktnog utjecaja potoka vidljivo je da je glavni sastojak kvarc. Bitni sastojci su feldspati i kalcit, a sporedni aragonit, filosilikat (ilit) i halit. U oba uzorka dolomit je prisutan u tragovima te se može primijetiti da je terigena komponenta dominantna. Ilit je mineral glina koji je dobar pokazatelj prisutnosti terigenih materijala. Kaolinit i klorit također su terigeni, pronađeni u oba uzorka. Ovakvi rezultati su u skladu s činjenicom da u istraživano područje dolazi obližnja rječica, koja donosi terigeni materijal iz unutrašnjosti. S obzirom na prisutnost minerala glina, očito je da dio dreniranog prostora uključuje tlo i/ili obradive površine. Dio terigene komponente može biti porijeklom iz razdoblja prije izgradnje plaže Perila, jer je obalu činio vapnenac kao osnovna stijena, a bio je prekriven tлом. Slična prirodna situacija nalazi se sjeverozapadnije od plaže Perila. Vrlo je malo vjerojatno da terigena komponenta u uzorcima potječe iz kvarcita i šejlova valutica kojima je nasuta plaža, jer su i uvala i plaža prilično dobro zaštićene od snažnih valova.

Kalcit u analiziranim uzorcima može biti i terigen i biogen. Terigeni kalcit je porijeklom iz vapnenaca koji čine glavni dio stjenske podloge uvale. Uz terigeni kalcit od terigenih karbonata dolazi i dolomit kojeg u uzorcima ima u tragovima. Biogeni kalcit je tipičan mineral s istočne strane Jadranskog mora (PIKELJ, 2010), s tim da je ovdje udio kalcita značajno smanjen radi „razrješivanja“ terigenim mineralima. Aragonit je biogenog porijekla (PIKELJ, 2010), a halit je odraz sušenja morskih uzoraka.

Rezultati određivanja udjela karbonata (tablica 7) ukazuju na to da je udio karbonata u vršnim uzorcima (F1.1, F2.1, F3.1, F4.1, F5.1) od 6,71 % do 23,83 %. Udio karbonata u uzorcima iz sredine korera (F1.5, F2.4, F3.5, F4.4, F5.4) iznosio je od 9,48 % do 18,99 %. Udio karbonata u donjim uzorcima iz korera (F1.9, F2.7, F3.8, F4.7, F5.7) iznosio je 6,78 % do 28,25 %. S obzirom da su rasponi prisutne karbonatne frakcije relativno mali, takvi

podaci odražavaju karakteristike povećanog terigenog donosa što objašnjava prisutnost potoka koji se ulijeva u uvalu Funtana. Vrlo slični rasponi frakcija duž istraživanog područja i unutar sedimentnih jezgara ukazuje na dominantan utjecaj terigenog materijala koji se ovdje taloži.

Analizom podataka dobivenih iz trokomponentnih dijagrama (slika 20-22) i tablica (tablice 1-6) može se očitati da je u vršnim, srednjim i donjim uzorcima prevladavajuća frakcija praha i pijeska. U vršnim uzorcima frakcija pijeska je najveća u usporedbi s srednjim i donjim uzorcima. U srednjim i vršnim uzorcima frakcije gline i šljunka su praktički zanemarive, a prah je zastupljen preko 30%. U donjim uzorcima iz sedimentnih jezgara frakcija šljunka doseže do 36%. Analizom vertikalne promjene veličine zrna u jezgrama iz uvale Funtana, na lokacijama unutar livada cvjetnica i alga da su najdonji dijelovi jezgre ujedno i najkrupnozrnatiji, odnosno da se veličina zrna generalno smanjuje prema površini. Ovakav rezultat može ukazivati na dvije stvari. Prva je prirodno smanjenje udjela šljunkovite komponente, koju u analiziranim uzorcima uglavnom čine krupne ljuštore školjkaša, a to smanjenje može biti rezultat povećanog donosa terigenog materijala. Drugi razlog može biti eventualna promjena uvjeta (tj. pogoršanje) u okolišu morskog dna, koje više nije podržavalo nakupljanje školjkaša. Slične podatke daje i JERGOVIĆ (2019).

Na kumulativnim krivuljama (prilozi 1-14) vidljivo je da je srednji dio krivulje najstrmiji zbog najvećeg udjela pijeska u uzorcima. Uzorci su loše sortirani, što bi moglo ukazivati na privremenu promjenu u donosu materijala s kopna (pr. smanjenje unosa muljevite frakcije) ili povećanu energiju okoliša, pri čemu je mulj odnesen. Istraživano područje uvale je prilično plitko, pa je usprkos značajnoj zaštićenosti od visokoenergetskih valova moguće prerađivanje valovima manje energije, odnosno na istraživanom području prekrivenom morskim cvjetnicama i morskim algama dno je pliće od valne baze. Veća vjerojatnost za odnošenje muljevitog materijala bit će onda kada je morsko dno golo i nije pokriveno livadama morskih cvjetnica. Naime, utjecaj valova mogu spriječiti livade morskih trava, čime se sprječava resuspenzija sedimenta, odnosno njegovo remećenje. Na taj se način osigurava miran okoliš i pospješuje brza sedimentacija materijala koji dolazi s kopna (MARBÀ i DUARTE, 2001).

Plaža Perila nasuta je materijalom riječnog porijekla, uglavnom kvarcnog, kvarcitenog, metamorfnog i magmatskog sastava. S obzirom na relativno blag utjecaj valova i općenito nisku energiju okoliša, ne očekuje se trošenje materijala kojim je nasuta plaža. K tome, materijal od kojeg je plaža građena je s obzirom na sastav je otporniji u odnosu na prirodne

šljunčane plaže uz hrvatsku obalu, uglavnom građene od karbonatnih valutica (PIKELJ i JURAČIĆ, 2013). Na prethodno opisanu nisku energiju istraženog okoliša ukazuje i činjenica da je materijal s plaže u velikoj mjeri prekriven tankim slojem mulja koji, kako je već definirano, dolazi površinskim otjecanjem s kopna.

Radi razvoja turizma i velike potrebe za izgradnjom plaža u uvali Funtana, u kojoj one prirodno ne postoje, izgrađena je umjetna plaža Perila. Plaža je radi zaštite s obje strane ograđena perima. Sitnozrnati sediment koji dolazi vodotokom s kopna direktno se taloži na području ispred plaže Perila i kako je prethodno spomenuto, valovi u dolasku na obalu sitnozrnati materijal koji dulje ostaje u suspenziji nanose na šljunak na plaži. To za posljedicu ima estetsko nagrđivanje svijetlih valutica plaže, čime je cijeli dojam plaže nečist. Jednu od ideja rješavanja tog problema razmotrila je PIKELJ (2019), a radi se o prijedlogu proširivanja podmorskog dijela plaže dodatnim nasipavanjem šljunka. Kako navodi PIKELJ (2019), ovakav potez ne bi bio trajno rješenje, jer bi sitan materijal koji dolazi s kopna i dalje ostajao u suspenziji dovoljno dugo da ga valovi, koliko god blagi bili opet nanesu na plažu. Nadalje, podmorski dio šljunka plaže se već prostire do ruba livade cvjetnica, pa bi njeno daljnje proširivanje dodatno moglo ugroziti livade. Općenito, izgradnja plaže Perila i činjenica da je interakcija kupača s livadama cvjetnica povećana uslijed hodanja po plitkom morskom dnu pokazuje direktan utjecaj turističke aktivnosti na stabilnost livade morskih cvjetnica. Razmatrano rješenje proširenja podmorskog dijela plaže dodatno bi produbilo problem degradacije okoliša u kojem cvjetnice rastu, a kako je prethodno navedeno, ne bi riješilo problem zamuljivanja valutica na plaži.

Livade morskih cvjetnica u uvali Funtana karakterizira prisutnost rodova *Cymodocea* i *Zoostera*, koje za razliku od roda *Posidonia* mogu podnijeti povećan terigeni unos sedimenta i uspješno rastu u zaštićenim zaljevima (GIUDETTI i sur., 2001), kakav je i istraživani prostor uvale Funtana. Uvala Funtana je danas pod značajnim i vrlo različitim oblicima antropogenog utjecaja. Na istraživanom području ispred plaže Perila značajan utjecaj na livade morskih cvjetnica ima nasipavanje šljunka pod morem i nakon toga gaženje livada cvjetnice od strane kupača. Dodatan utjecaj na degradaciju livada cvjetnica ima i invazivna alga iz roda *Caulerpa*, koja je primijećena u uvali Funtana i prije izrade ovog rada (NAJDEK i sur., 2020). S obzirom da rod *Caulerpa* vrlo uspješno kolonizira zatvorene zaljeve i luke (CECCHERELLI i sur., 2014), uvala Funtana je okoliš koji pogoduje njenom širenju.

Dok se alga *Caulerpa* razvija na gotovo svim tipovima podloge: kamenu, pijesku, mulju na dnu mora, morske cvjetnice uglavnom zahtijevaju pomičnu podlogu, gdje se rizomi mogu izdužiti i korijenje pričvrstiti. *Zostera marina*, *Z. noltii* i *C. nodosa* mogu se naći na šljunku kao i na mulju bogatom organskom tvari (GRAVE i BINZER, 2004).

Usporedbom tri lokacije mjerenja populacije cvjetnica u svibnju 2021. godine i u srpnju 2021. godine uviđa se da je gustoća livada cvjetnica porasla u ljetnom razdoblju (tablice 7-12). Na rast cvjetnica nutječu sezonske promjene, pa bi zabilježeni porast gustoće livade cvjetnica bio usklađen sa tipičnom sezonskom dinamikom rasta morskih cvjetnica u Jadranu. Najveći i najbrži rast cvjetnica odvija se u kasno proljeće i po ljeti kada su uvjeti najpogodniji za povećanje biomase ovih biljaka (NAJDEK i sur., 2020.).

Usporedbom rezultata 8. svibnja i 24. srpnja težina ukupne mokre mase *C. nodosa* porasla je za 5 puta, s 57,76 g na 249,59 g. Količina i težina novih listova također se povećala za oko 5 puta, s 8,54 g na 49,32 g. Količina korijenja također je porasla. Zanimljiv rezultat dobiven je analizom mase alge *C. cylindracea*. U svibnju je njena ukupna masa iznosila 17,68 g, a u srpnju 3,04. Masa invazivne alge *C. cylindracea* na ovom dijelu plaže se smanjila. To bi se moglo objasniti kompetitivnim odnosom sa cvjetnicom *C. nodosa* koja u ljetnoj sezoni, zahvaljujući bujnom rastu uspijeva zasjenjivati taluse *C. cylindracea* i usporiti njihov rast i razmnožavanje.

Usporedbom rezultata 8. svibnja i 24. srpnja težina ukupne mokre mase cvjetnice *Zostera noltii* smanjila se za oko 30%, s 105,65 g ukupne mokre mase cvjetnice na 71,23 g. U srpnju se na ovom području bilježi pojava *C. nodosa*, koja nije pronađena u svibnju. Nagli porast biomase *C. nodosa* tijekom ljeta odrazio se je i na njenu ekspanziju areala prema unutrašnjem djelu zaljeva gdje prevladava *Z. noltii*. Najvjerojatnije smanjenje mase *Z. noltii* je također rezultat kompeticije sa drugom cvjetnicom *C. nodosa*.

Kod uzoraka prikupljenih u invadiranoj livadi gdje su bile istovremeno značajno prisutne vrste: *C. nodosa*, *F. petiolata* i *C. cylindracea* bilježi se porast ukupne mokre mase u srpnju u odnosu na svibanj. Ukupna mokra masa *C. nodosa* u svibnju iznosila je 58,24 g, a u srpnju 117,97 g, što je znatno manji porast u odnosu na neinvadiranu livadu. Alga *C. cylindracea* s druge strane bilježi puno veći postotak porasta od *C. nodosa*. Ukupna mokra masa alge *C. cylindracea* u svibnju bila je 2,74 g, a u srpnju 62,56 g. Ukupna masa autohtone zelene alge *F. petiolata* ostala je slična u svibnju kada je težila 21,97 g i u srpnju sa 27,2 g. Prisutnost znatnog udjela scijafilne (tipične za zasjenjena područja) zelene alge *F. petiolata* može se povezati sa prevladavajućim uvjetima reduciranog osvjetljenja, koji

su posljedica *in situ* resuspenzije i donosa terigenih sedimenata. Porast mase svih vrsta može se pripisati sezonskim promjenama, a značajan porast mase roda *Caulerpa* pokazatelj je uspješnog napredovanja ove invazivne alge u djelu uvale koja je bila jače izložena antropogenim stresorima, u području ispred plaže Perila.

Uspoređujući težinu između listova i rizoma vidi se opće stanje biljke te se, uzimajući u obzir i dužinu listova, može vidjeti koliko je cvjetnica oštećena. Ukoliko je težina rizoma daleko veća od težine listova dolazi se do zaključka da listovi bivaju uništeni te se ne stižu oporavljati. U uzorcima *C.nodosa* između dva uzorkovanja vidljiva je blago veća težina rizoma od listova, što ukazuje na ugroženost cvjetnica.

Prema podacima iz rujna 2019. godine dobivenim u Funtani prosječna težina mokrih listova *C.nodosa* iznosila je 16,77 g, a težina suhih listova bila je 3,35 g. Prosječna masa mokrih rizoma i korijena iznosila je 31,83 g. Ukupna mokra težina *C.nodosa* iznosila je 48.6g (COSLOVICH, C. 2021.).

Prema podacima dobivenim u Funtani 8.7.2020. (ROGAR, A, 2020.) prosječna dužina listova *C. nodosa* iznosila je 15,63 cm, a ukupan broj listova iz tri kvadrata bio je 141. Listovi u mokroj težini prosječno su iznosili 16 g, a u suhoj težini 2 g. Prosjek težine rizoma iznosio je 53 g mokre težine, te 7 g suhe težine. Ukupna mokra težina *C.nodosa* iznosila je 69 g. Listovi *Zostera noltii* za 2020.godinu na lokaciji Funtana u prosjeku su imali dužinu od 10,3 cm, a ukupan broj listova u tri kvadrata iznosio je 565. Prosječna mokra težina listova iznosila je 19 g, a suha 3 g. Rizom je u prosjeku težio 23 g mokre težine i 5 g suhe težine. Na livadi cvjetnice *C. nodosa* prosječna težina alge *C. Cyllindracea* iznosila je 136,6 g u mokroj težini, te 23 g u suhoj težini (ROGAR, A, 2020.). Usporedbom rezultata stanja livadnih cvjetnica 2019-2021. vidljivo je blago smanjenje biomase morskih cvjetnica, što ukazuje na degradaciju livada.

6. Zaključak

Iz prethodno navedenih rezultata vidljivo je da na istraženom području u uvali Funtana dominira terigeni materijal koji je prirodno unesen vodotokom. To dokazuje pretežito pjeskovit materijal sa značajnim udjelom praha i s vrlo smanjenim udjelom karbonatne komponente. Uvala je miješanog terigenog i karbonatnog podrijetla u sitnozrnatijim frakcijama. Povećanjem veličine zrna povećava se udio karbonatnih čestica što je vidljivo prema donjim uzorcima iz korera u kojima je zabilježen najveći udio šljunka u usporedbi s ostalim uzorcima, a i najveći udio karbonata u uzorku.

Na lokaciji Funtana livada cvjetnice *C. nodosa* razvila se na pjeskovito muljevitom sedimentu te je u najplićem dijelu jako degradirana biomasom koja se smanjuje iz godine u godinu. Invazivna alga *C. cylindracea* i dalje nastavlja svoju ekspanziju što se može vidjeti iz rezultata mjerenja populacije cvjetnica 2019/2021. godine.

Livada je pod stalnim antropogenim pritiskom zbog izgradnje nove umjetne plaže koja je destabilizirala najplići dio livade i dodatno otvorila prostor za naseljavanje invazivne alge. Nasipavanje šljunka na plažu Perila nije pomoglo u sprječavanju donosa mulja. Niz je čimbenika koji su doveli do stradavanja livada morskih cvjetnica. Nasipavanje plaže zbog estetike koju nameće pritisak turizma, sedimentacija, dotok materijala iz kopnenih pritoka koji mijenja kemiju vode, te širenje invazivne alge *C. cylindracea* u livade čije je uklanjanje moguće jedino ručno jer su druge metode previše invazivne za okolne populacije, za samu *C. nodosa* te druge bentičke organizme.

Preliminarni rezultati praćenja stanja okoliša morskog dna livada cvjetnica u uvali Funtana pokazali su da se nazire pogoršanje. To pogoršanje vjerojatno je posljedica kombiniranog utjecaja antropogenih aktivnosti (izgradnja plaže, gaženje kupača) i prisutnošću invazivne alge vrste *Caulerpa cylindracea*. Potreba izgradnje plaže dovela je do prekrivanja morskog dna pod livadama cvjetnica, što je moglo dodatno oslabiti otpornost cvjetnica u odnosu na vrlo prilagodljivu algu.

Utjecaj prirodnog terigenog unosa sitnozrnatog materijala pored plaže Perila predstavlja problem za zamuljivanje šljunka plaže, što se kod turističke aktivnosti smatra problemom. Ideja o dodatnom proširivanju podmorskog dijela plaže nasipavanjem šljunka dodatno bi mogla pogoršati već narušeno stanje livada morskih cvjetnica, pri čemu problem zamuljivanja ne bi bio riješen. Na temelju svega može se zaključiti da u uvali Funtana

postoje konflikti između turizma (izgradnja plaže), prirodnog funkcioniranja sedimentnog okoliša (unos sitnozrnatog materijala) i livade morskih cvjetnica (utjecajem kupaca, izgradnja plaže) koja je već ugrožena utjecajem invazivne alge *Caulerpa cylindracea*.

7. Literatura

- ALEEM AA (1992) *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) on the Mediterranean coast of Egypt. *Phycologia* 31:205-206.
- BORUM, J. and M. GREVE, T. (2004) The four European seagrass species, BORUM, J., DUARTE, C.M., KRAUSE-JENSEN, D. and GREVE, T.M. eds., European seagrass: an introduction to monitoring and management, The M&M project
- BORUM, J. and M. GREVE, T. (2004) The four European seagrass species, Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D. and Greve, T.M. eds., European seagrass: an introduction to monitoring and management, The M&M project
- CABACO, S., FRREIRA, O. and SANTOS, R. (2010) Population dynamics of the seagrass *Cymodocea nodosa* in Ria Formosa lagoon following inlet artificial relocation, *Euarine, Coastal and Shelf Science* 87, 510 – 516.
- CALVERT, H.E., C.J. DAWES, M. A. BOROWITZKA (1976) Phylogenetic relationships of *Caulerpa* (Chlorophyta) based on comparative chloroplast ultrastructure. *J. Phycol.* 12: 149-162.
- CECCHERELLI G, CAMPO D (2002) Different Effects of *Caulerpa racemosa* on Two Co-occurring Seagrasses in the Mediterranean. *Botanica Marina* 45:71-76.
- CECCHERELLI, G., PINNA, S., CUSSEDDU, V., BULLERI, F. (2014). The role of disturbance in promoting the spread of the invasive seaweed *Caulerpa racemosa* in seagrass meadows. *Biological invasions*, 16(12), 2737-2745.
- COSLOVICH, C.,(2021) Rasprostranjenost morskih cvjetnica u priobalju zapadne Istre u ljeto 2019.
- DUARTE, C.M., MARBA, N. and SANTOS, R. (2004) What may cause loss of seagrass? Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D. and Greve, T.M. eds., European seagrass: an introduction to monitoring and management, The M&M project
- DUARTE, C. M., KENNEDY, H., MARBÀ, N., GACIA, E., FOURQUREAN, J. W., BEGGINS, J., BARRÓN, C., and APOSTOLAKI, E. T.: Seagrass community metabolism: Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon

- burial: Current limitations and future strategies, *Ocean Coast. Manage.*, 83, 32–38, 2013.
- 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.
- HEMMINGA, M.A. and DUARTE, C. (2000) *Seagrass ecology*, Cambridge University Press. Stranice
- GUIDETTI, P., LORENTI, M., BUIA M., C., MAZZELLA, L., (2001) Temporal Dynamics and Biomass Partitioning in Three Adriatic Seagrass Species: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*
- LAKUŠ, I. Klasifikacija plaža u području grada Nina BARE metodologijom (2020)
- M. GRAVE, T. and BINZER, T. (2004) Which factors regulate seagrass growth and distribution? Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D. and Greve, T.M. eds., *European seagrass: an introduction to monitoring and management*, The M&M project
- MICROMERITICS (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator manual, Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia
- MEINESZ A, HESSE B (1991) Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée Occidentale. *Oceanol. Acta*, 14:415-426.
- MEINESZ A, VAUGELAS J, HESSE B, MARI X (1993) Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *J. Appl. Phycol.*, 5:141-147.
- NAJDEK, M., KORLEVIĆ, M., PALIAGA, P., MARKOVSKI, M., (2020) Effects of the Invasion of *Caulerpa cylindracea* in a *Cymodocea nodosa* Meadow in the Northern Adriatic Sea
- PIKELJ, K. (2019) Stručna i znanstvena analiza za potrebe izrade Stručne podloge analize zahvata odmuljivanja te granulometrijskog sastava nanosa za potrebe izrade elaborata zaštite okoliša za plažu „Perila“ u Općini Funtana – interni izvještaj
- PIKELJ, K. (2010) Sastav i porijeklo sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora, Sveučilište u Zagrebu

PIKELJ, K., RUŽIĆ, I., ILIĆ, S., JAMES, M., R., KORDIĆ, B., (2018) Implementing an efficient beach erosion monitoring system for coastal management in Croatia

PIKELJ, K. & JURAČIĆ, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast, *Journal of coastal research*, 29, 944-957.

PIAZZI L, CECCHERELLI G, CINELLI F (2001) Threat to macroalgal diversity: Effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 210:149-159.

PIAZZI L, CECCHERELLI G, CINELLI F (2001) Threat to macroalgal diversity: Effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 210:149-159.

POLŠAK, A., ŠIKIĆ, D. (1963) Tumač za list Rovinj

PRVAN, M., JAKI, Z., (2016) Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana

RUITTON S, VERLAQUE M, BOUDOURESQUE CF (2005) Seasonal changes of the introduced *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) at the northwest limit of its Mediterranean range. *Aquatic Botany*. 82:55-70.

ROGAR, A., (2021) Stanje livada cvjetnica u 2020. godini na području zapadne Istre

SAMPER-VILLARREAL, J., LOVELOCK, C. E., SAUNDERS, M. I., ROELFSEMA, C., and MUMBY, P. J.: Organic carbon in seagrass sediment is influenced by seagrass canopy complexity, turbidity, wave height, and water depth, *Limnol. Oceanogr.*, 61, 938–952, 2016.

INTERNETSKI IZVORI:

Elaborat: „Kartiranje kopnenih staništa u natura 2000 području hr 3000003 vrsarski otoci“ (2019). Dostupno na: https://www.istra-istria.hr/media/filer_public/56/08/5608545b-aeb9-428a-a627-09ba44471919/kopnena_stanista-hr3000003-elaborat-04-19.pdf [01. rujna 2021.]

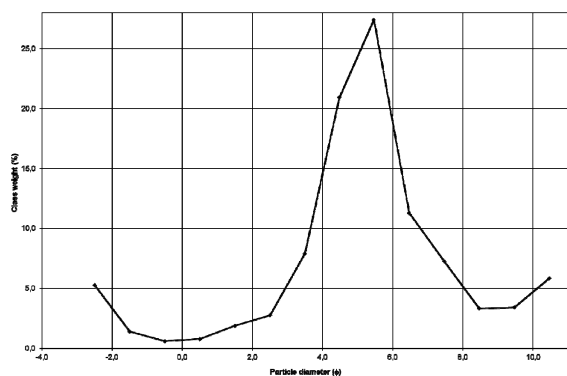
Natura 2000 - Standard data form (2010) Dostupno na:
<https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/absaws-2014-03/other/absaws-2014-03-submission-malta-5-en.pdf> [29. kolovoza 2021.]

Royal botanic gardens, *Cymodocea nodosa* (1968) Dostupno na:
<http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:602935-1>
[25. kolovoza 2021.]

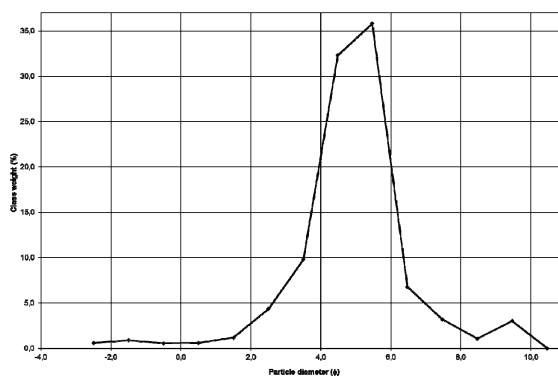
Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh, (1873) Dostupno na:
https://www.reeflex.net/tiere/899_Caulerpa_racemosa.htm [25. kolovoza 2021.]
Studija „Prijetnje obalnom ekosustavu i biološkoj raznolikosti mora, korak po korak do ekosustavnog pristupa u području NATURA2000 – HR3000003 Vrsarski otoci“ (2020) Dostupno na: https://www.istra-istria.hr/media/filer_public/c0/a0/c0a07ab9-aa91-430e-8dfa-b259dc949361/studija-natura2000-hr3000003-vrsarski-otoci-final.pdf [29. kolovoza 2021.]

Interaktivna karta Natura 2000 (2019) Dostupno na:
<http://www.bioportal.hr/gis/> [30. rujna 2021.]

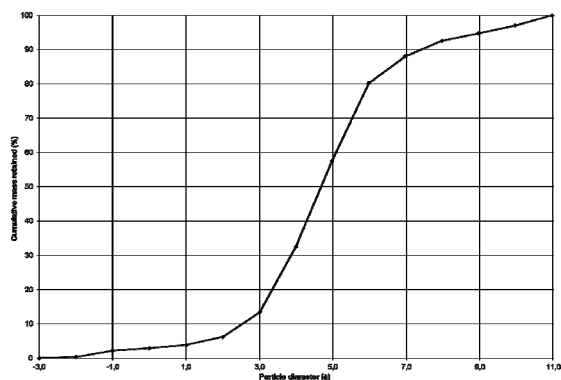
PRILOZI



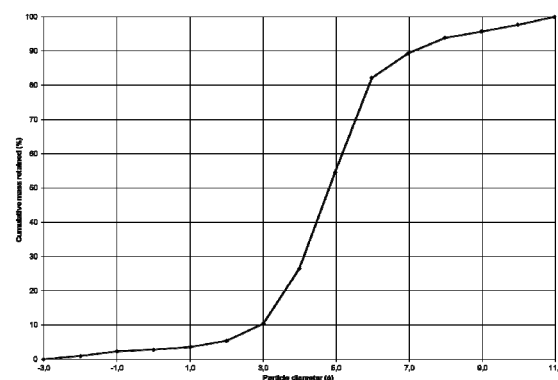
Prilog 1: Kumulativna krivulja uzorka F5.7



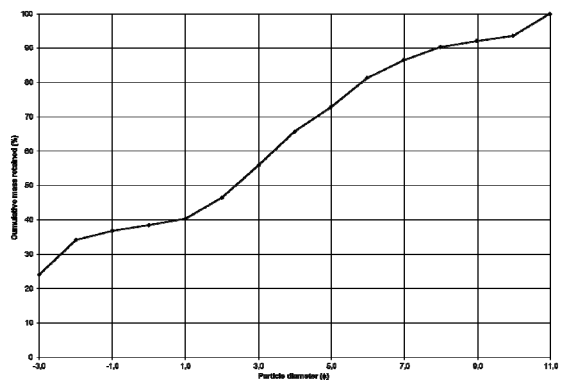
Prilog 2: Kumulativna krivulja uzorka F5.1



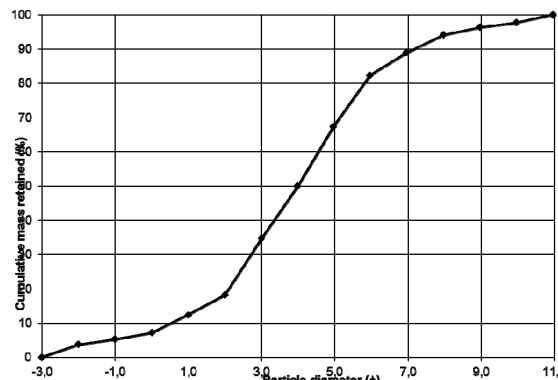
Prilog 3: Kumulativna krivulja uzorka F4.7



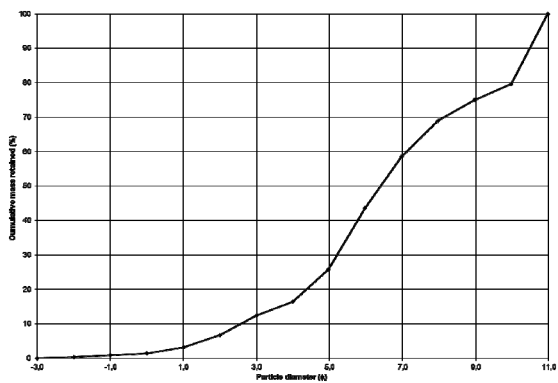
Prilog 4: Kumulativna krivulja uzorka F4.1



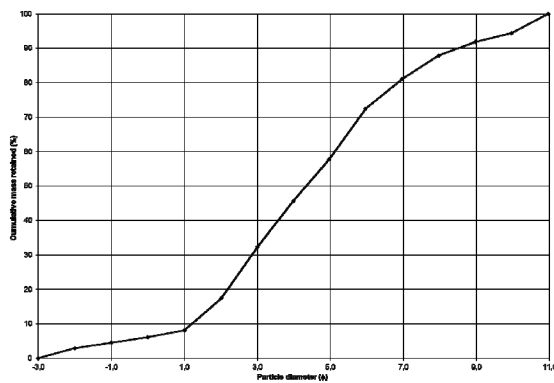
Prilog 5: Kumulativna krivulja uzorka F3.8



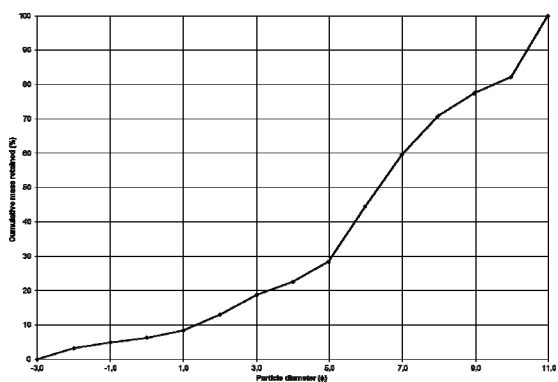
Prilog 6: Kumulativna krivulja uzorka F3.1



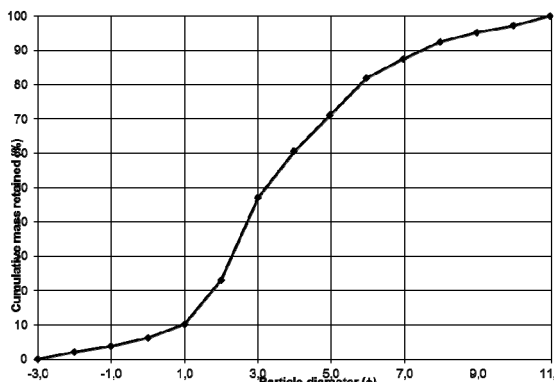
Prilog 7: Kumulativna krivulja uzorka F2.7



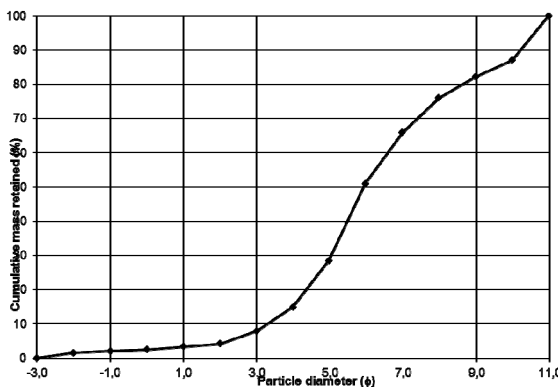
Prilog 8: Kumulativna krivulja uzorka F2.1



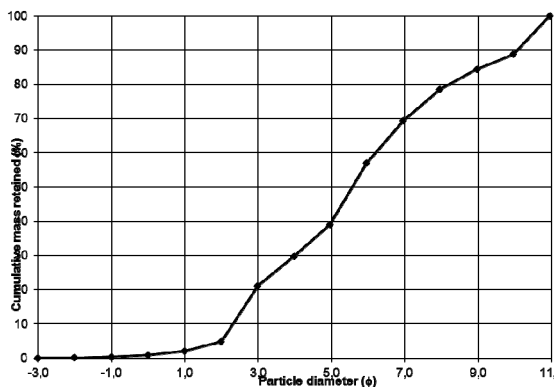
Prilog 9: Kumulativna krivulja uzorka F1.9



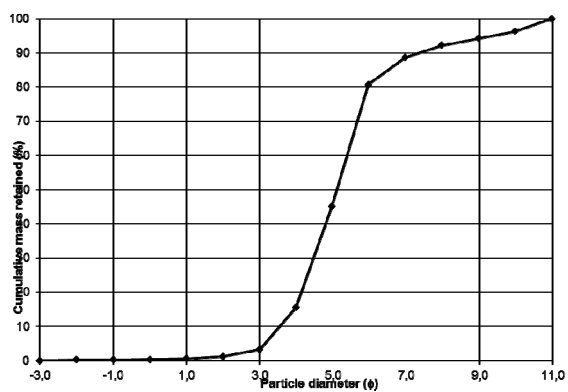
Prilog 10: Kumulativna krivulja uzorka F1.1



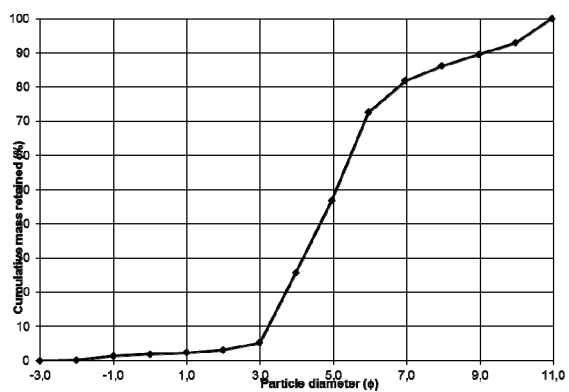
Prilog 11: Kumulativna krivulja uzorka F3.5



Prilog 12: Kumulativna krivulja uzorka F2.4

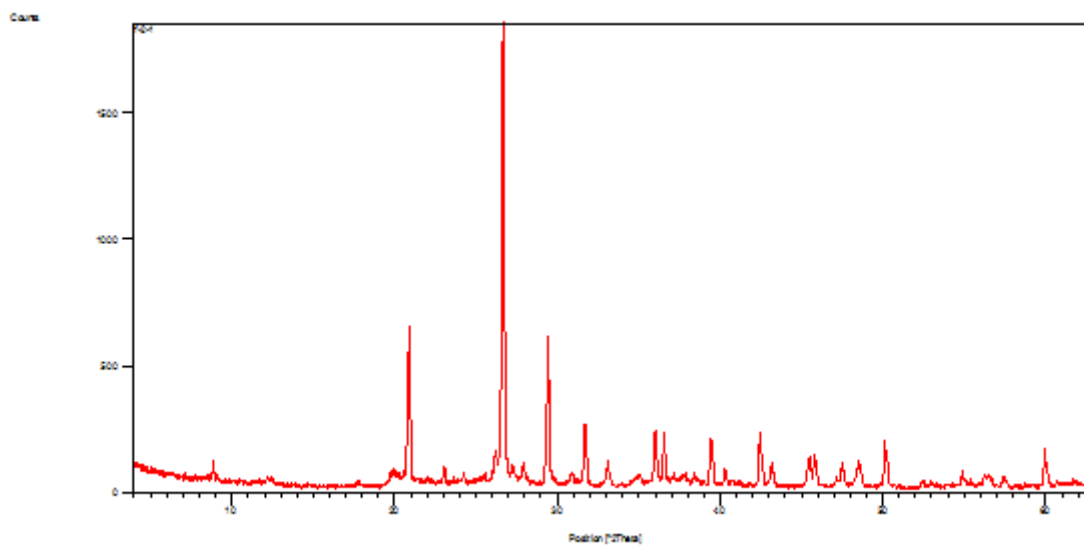


Prilog 13: Kumulativna krivulja uzorka F5.4



Prilog 14: Kumulativna krivulja uzorka F4.4

Prilog 15. Rendgenogram uzorka Funtana 2.1



Prilog 16. Rendgenogram uzorka Funtana 5.1

