

# Meiofauna sedimenta u priobalju Nacionalnog parka Brijuni

---

**Bužleta, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:137:239675>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

Filip Bužleta

**Meiofauna sedimenta u priobalju Nacionalnog parka Brijuni**

ZAVRŠNI RAD

Rovinj, 2020.

SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

Filip Bužleta

**Meiofauna sedimenta u priobalju Nacionalnog parka Brijuni**

ZAVRŠNI RAD

JMBAG: 0303068310  
Status: Redoviti student  
Kolegij: Meiofauna morskih sedimenata  
Mentor: doc.dr.sc Ana Travizi  
Studijski smjer: Znanost o moru  
Znanstveno područje: Prirodne znanosti  
Znanstveno polje: Interdisciplinarno  
Znanstvena grana: Znanost o moru

Rovinj, 2020.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani FILIP BUŽLETA, 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 nedozvoljeni 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

FB

U Puli, 23.9.2020.



## IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, FILIP BUŽLETA dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj Završni rad pod nazivom MEIOFAUNA SEDIMENTA U PRIOBALJU NACIONALNOG PARKA BRIJUNI

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 s 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, 23.9.2020.

Potpis

FB

Ovaj rad, izrađen u Instituta Ruđer Bošković u Rovinju, pod voditeljstvom doc. dr. sc. Ane Travizi, predan je na ocjenu Sveučilišnom preddiplomskom studiju Znanost o moru Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli radi stjecanja zvanja prvostupnika (baccalaurea) znanosti o moru. Voditelj Sveučilišnog preddiplomskog studija Znanost o moru je za mentora završnog rada imenovao doc. dr. sc. Ana Travizi.

## ZAHVALE I POSVETE

Iznimno se zahvaljujem mojoj mentorici i profesorici doc.dr.sc Ana Travizi na ukazanom trudu, strpljenju, radu i prilici da upoznam „svijet između zrnca”. Zauvijek ću ovaj rad pamtiti kao moj prvi susret sa skupinom Tardigrada. Pokazala je neizmjernu predanost i dobru volju u mentorstvu kao i u profesorskom radu. Posebno hvala na ustupljenim rezultatima analiza sedimenta i statističkoj obradi podataka.

Zahvaljujem se Centru za Istraživanje Mora, Rovinj i njegovim djelatnicima na pružanju mogućnosti laboratorijskog rada, a posebice Laboratoriju za sistematiku i ekologiju Bentosa.

Velike zahvale izv.prof.dr.sc Maja Fafandel koja je omogućila izradu statističkih analiza na njezinom računalu.

Zahvale komisiji za ocjenjivanje završnog rada na pomoći i ukazanim greškama i sugestijama.

Velike zahvale svim mojim profesorima s fakulteta koji su stručno i profesionalno prenosili znanje.

Posebne zahvale mojoj obitelji na nesebičnoj podršci, pomoći, strpljenju i požrtvovnosti kroz cijelo moje studiranje. Njihovo ohrabivanje motiviralo me na predanost u mom radu. Hvala im što su uvijek bili tu .

Za kraj, zahvalan sam svojim prijateljima i kolegama bez kojih cijelo ovo iskustvo ne bi bilo isto. Hvala na svakoj pomoći, razgovoru, savjetu i druženju tijekom ove 3 godine.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Meiofauna sedimenta.....	1
1.1.1 Kvantitativni i kvalitativni sastav meiofaune.....	1
1.1.2 Taksonomija i morfologija.....	2
1.2 Prilagodbe Meiofaune na život u sedimentu.....	6
1.2.1 Životni uvjeti u sedimentu.....	7
1.2.2 Odnos meiofaune prema podlozi.....	11
1.2.3 Položaj i značaj meiofaune u trofičkoj mreži.....	13
1.2.4 Reprodukcijska i životni ciklus.....	15
1.3 Meiofauna u procjeni kvalitete morskog okoliša.....	16
1.4 Zajednice morskih cvjetnica.....	19
1.4.1 Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala i Asocijacija s vrstom <i>Cymodocea nodosa</i> .....	20
1.5 <i>Pinna nobilis</i> kao vrsta graditeljica.....	21
CILJ ISTRAŽIVANJA.....	22
HIPOTEZA.....	22
2. MATERIJALI I METODE.....	23
2.1 Istraživano područje – Uvala Javorike, Nacionalni park Brijuni.....	23
2.2. Uzorkovanje, obrada i analiza sedimenta.....	24
2.3 Ekstrakcija i analiza meiofaune.....	25
2.4 Kvantitativna i kvalitativna analiza meiofaune.....	26
3. REZULTATI.....	28
3.1 Sedimentološke analize.....	28
3.2 Meiofauna u naselju morske cvjetnice <i>Cymodocea nodosa</i> .....	31
3.3. Meiofauna u naselju morske cvjetnice <i>C. nodosa</i> s plemenitom periskom <i>P. nobilis</i> ..	32
3.4 Meiofauna u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala s vrstom <i>P. nobilis</i> (površine dna bez prisutnosti vrste <i>C. nodosa</i> ).....	33



3.5 Meiofauna u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala (površine dna bez prisutnosti vrsta <i>C. nodosa</i> i <i>P. nobilis</i> ).....	34
3.6 Usporedna analiza kvalitativnog i kvantitativnog sastava meiofaune sedimenta na istraživanom području.....	35
4. DISKUSIJA.....	42
5. ZAKLJUČCI.....	47
6. LITERATURA.....	48
7. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	56
8. BASIC DOCUMENTATION CARD.....	57

# 1. UVOD

## 1.1. Meiofauna sedimenta

Meiofauna sedimenta je taksonomski heterogena - veličinska skupina bentoskih beskralješnjaka, koja obuhvaća predstavnike Metazoa čija se tjelesne dimenzije nalaze unutar veličinskog raspona od 63 μm – 500 μm (Hullings i Gray, 1971; Danovaro 2004; Giere 2009; Sommerfield i Warwick, 2013). U starijim literaturnim izvorima navodi se gornja granica od 1000 μm, a u radovima fokusiranim na ekologiju skupina s važnim još sitnijim predstavnicima, navodi se donja granica od 36 μm. Pojam meiofaune treba razlikovati od pojma meiobentos koji obuhvaća i predstavnike jednostaničnih Protista istog veličinskog razreda, a koji se ponekad netočno koristi kao istoznačnica. Naziv meiofauna potječe od grčke riječi (grč. μέιος, meios=manji) i označava funkcionalnu skupinu bentoskih organizama manjih od makrofaune, a većih od mikrofaune.

Meiofauna obuhvaća organizme koje, osim u sedimentu, nalazimo i na raznolikim supstratima poput vodene vegetacije, biofilmova, površini tijela drugih bentoskih organizama, pa s obzirom na životni prostor razlikujemo epibiontsku meiofaunu (na površini algi i morskih cvjetnica se označava i kao „fital“) i meiofaunu sedimenta. Predstavnici meiofaune sedimenta rjeđe žive na površini koja sadrži mikrobni biofilm (epifauna), a češće unutar sedimenta (infauna); znato su manji od epibiontskih oblika i slabiji su plivači ili još češće neplivači (Transpunger i Majdi 2017; Giere 2009). Meiofauna sedimenta se razlikuje od mikrofaune i makrofaune u pogledu: veličine predstavnika, kvantitativnog i kvalitativnog sastava i prilagođenosti na specifične uvjete u sedimentu (Gray, 1981).

### 1.1.1. Kvantitativni i kvalitativni sastav meiofaune

Kvantitativni sastav meiofaune obuhvaća strukturne karakteristike koje se mogu izraziti brojčanom vrijednošću. Brojnost ili abundancija je polazna točka za izračunavanje drugih populacijskih i biocenoloških parametara poput gustoće, biomase, bogatstva vrsta, dominantnosti, bioraznolikosti i dr. Općenito, brojnost meiofaune se nalazi za oko jedan i po red veličine ispod brojnosti mikrofaune, te red veličine iznad brojnosti makrofaune (Gray, 1981). Brojnost meiofaune se najčešće kreće u vrijednostima  $10^5$ – $10^6$  jedinki  $m^{-2}$ , a biomasa može iznositi 1-2 g suhe težine  $m^{-2}$  (Danovaro i sur., 2004). Ovisno o staništu, brojnost i biomasa meiofaune sedimenta se može mijenjati ovisno o sezoni, stupnju zasićenosti intersticijske vode kisikom, geografskoj širini, dubini, količini organske tvari, stabilnosti staništa, granulometrijskom sastavu sedimenta, morskim mijenama, bioturbaciji, zagađenjima, onečišćenju i nekim drugim čimbenicima, no rijetko o samo

jednom čimbeniku (Gray, 1981; Danovaro i sur., 2004; Giere, 2009) . Navedeni čimbenici također utječu i na kvalitativni sastav meiofaune sedimenta. Kvalitativni sastav je odraz uvjeta koji vladaju u sedimentu. Obuhvaća konstitutivne svojte koji se nalaze u pojedinom uzorku ili setu uzoraka, a u sastavu meiofaune sedimenata mogu biti prisutni stalno ili povremeno. Stalna meiofauna cijeli svoj životni ciklus provodi u sastavu te veličinske kategorije, dok povremena meiofauna obuhvaća ličinačke i juvenilne stadije makrofaune. Brojna koljena i razredi imaju svoje predstavnike u meiofauni sedimenata. Neki od njih, poput Gnathostomulida, Loricifera, Gastrotricha i Kinoryncha se javljaju isključivo u sastavu meiofaune te nemaju predstavnike u makrofauni. U stalnu meiofaunu ulaze gotovo svi Gnathostomulida, Gastrotricha, Kinoryncha, Rotifera, Tanaidacea, Copepoda i Nematoda, a brojne predstavnike imaju skupine Turbellaria, Nemertea, Polychaeta, Oligochaeta, Amphipoda, Ostracoda, Isopoda, Mystacocarida, Tardigrada i Acari (Hullings i Gray, 1971). Mali broj predstavnika stalne meiofaune zastupljen je u skupinama: Cnidaria, Priapulida, Bryozoa, Brachiopoda, Solenogastres, Scaphopoda, Gastropoda, Palpigradida i Holothurioidea (Hullings i Gray, 1971). Povremena meiofauna najviše ima predstavnika iz skupina Polychaeta, Oligochaeta, Sipuncula, Cumacea, Decapoda, Bivalvia, Gastropoda, Bryozoa, Echinodermata i Tunicata. (Hullings i Gray, 1971) Dvije skupine najčešće dominiraju kvantitativno. Koljeno Nematoda najčešće obuhvaća preko 80% meiofaune, dok podrazred Copepoda zauzima drugo mjesto po brojnosti.

### **1.1.2. Taksonomija i morfologija**

U sastavu meiofaune nalazimo više raznolikih skupina životinja koje mogu, a i ne moraju taksonomski biti u bliskom srodstvu. Taksonomija i morfologija su usko povezane discipline. Organizam je najprije potrebno morfološki proučiti, kako bi se mogao svrstati u pripadajuću taksonomsku skupinu.

Šire zanimanje za meiofaune sedimenta kao veličinsku kategoriju bentosa javlja se sedamdesetih godina prošlog stoljeća (Hullings i Gray, 1971) i znatno je doprinijelo razumijevanju i klasifikaciji živog svijeta te je dodalo brojne skupine i spojilo neke već postojeće u filogenetskom stablu beskralješnjaka. U meiofauni nalazimo morfološki vrlo različite predstavnike (Hullings i Gray, 1971). Od 33 koljena beskralješnjaka, oko 20 koljena ima svoje predstavnike u sastavu meiofaune (Giere, 2009). Taksonomski različite skupine razvile su prilagodbe koje služe istoj funkciji. Redukcija tjelesnih dimenzija prva je u redu od prilagodbi na život u intersticijskom prostoru te je to osobina svih predstavnika meiofaune sedimenta (Hullings i Gray, 1971).

U narednom tekstu, kratko ćemo se osvrnuti na morfološke osobine i prilagodbe pojedinih svojiti na život u sastavu meiofaune sedimenta.

Predstavnici većine razreda žarnjaka (Cnidaria) su zabilježeni u sastavu meiofaune iako ih njihova opća organizacija i veličina ne čine izrazito preadaptiranima na život u intersticijskom prostoru (Giere, 2009). Nalazimo ih u obliku polipa i meduza. Najčešći su u pjeskovitim sedimentima i zabilježeno je oko 20 predstavnika iz razreda Hydrozoa, te svega nekoliko predstavnika Scyphozoa i Anthozoa (Giere, 2009). Tijelo žarnjaka građeno je od površinskog sloja koji se naziva epiderm i od unutarnjeg sloja koji se naziva endoderm, a između njih se nalazi mezogleja-želatinozni sloj bez stanica koji ima konektivnu ulogu. Prepoznatljiva karakteristika žarnjaka su njihove lovke na kojima se nalaze knidociti.

Koljeno Platyhelminthes (plošnjaci) je zastupljeno razredom virnjaka (Turbellaria) koji je nedavno proglašen parafilteskom skupinom te nije zasnovan na principima filogenetske sistematike (Giere, 2009). Pojam Turbellaria se usprkos dokazanoj parafiletčnosti koristi u znanosti kao kolokvijani i ekološki dobro definiran pojam (Giere, 2009). Većina virnjaka u sastavu meiofaune je malih tjelesnih dimenzija, ovalna i okruglasta u poprečnom presjeku dok su samo veći predstavnici plosnati (Giere 2009). Tijela su crvolika, fleksibilna i prekrivena cilijama na površini (Giere, 2009). Virnjaci ne posjeduju tjelesnu šupljinu (coelom), odnosno oni su acoelomatne životinje. Klasične karakteristike skupine virnjaka su bilateralna simetrija i multicilijatni epiderm (Noreña i sur., 2015) Kod virnjaka je probavilo neprohodno te se sastoji od usta, jednjaka i gastrovaskularne šupljine.

Koljeno Nemertea (vrpčari) je uz koljeno Platyhelminthes jedino koljeno acoelomatnih beskralješnjaka. Njihovo tijelo je bilateralno simetrično, produljeno, vrpčasto i nesegmentirano (Chernyshev i Maslakova, 2011). Mnogo mezopsamonskih vrpčara je relativno dugo (do nekoliko centimetara u duljini) te su fleksibilni i tanki (Giere, 2009). Cijelo koljeno Nemertea se čini savršeno prilagođenima na meiobentički život kada se tjelesne dimenzije reduciraju (Giere, 2009). Tijela su potpuno cilijatna i imaju jedinstven ektodermalni proboscis koji izvire iz šupljine koja ima lokomotornu funkciju i naziva se rinhocel (Giere, 2009).

Koljeno Gnathostomulida je skupina životinja koje nalazimo isključivo u sastavu meiofaune. Svi predstavnici koljenja Gnathostomulida su crvolikog oblika, tanki, manje ili više cilindrični i imaju mekano tijelo (Giere, 2009). Često ih se zbog cilijatnog tijela i kretanja putem klizanja zamjenjivalo za virnjake (Giere, 2009). Jedinstvena morfološka karakteristika koljena Gnathostomulida je unicilijatnost epidermalnih stanica i prisutnost kutikularizirane čeljusti (Giere, 2009). Tijelo Gnathostomulida je diferencirano na glavu, vrat i trup.

Koljeno Rotifera (kolnjaci), koje je zajedno s koljenom Gnathostomulida nekad svrstavano u natkoljeno Gnathifera, je koljeno blastocoelomatnih (pseudocoelomatnih) beskralješnjaka. Njihovi organi nisu pregrađeni pregradom već su uklopljeni i „plutaju” u pseudocoelomu. Koljeno Rotifera lako se raspoznaje prema prisutnosti anteriornog cilijatnog organa koji se naziva korona te služi za pokretanje i hranjenje (Snell i sur., 2019). Druga karakteristika koljena Rotifera je prisutnost jednjaka s kutikulariziranom čeljusti koje formiraju aparat za žvakanje i grabljenje – mastaks (Giere, 2009). Kod nekih predstavnika prisutne su i „nožice” koje služe kao adhezivni organ.

Koljeno Nematoda (oblici) se javlja kao brojčano dominantno koljeno u meiofauni te su blastocoelomatne i bilateralno simetrične životinje. Budući da su crvoliki, raspoznavanje od ostalih crvolikih predstavnika može biti otežano. Najsličniji su im prije navedeni vrpčari (Nemertea) i Gnathostomulida. Glavna razlika je da je kod Nematoda prisutna višeslojna kutikula. Tijela su crvolika i produljena te ih to čini preadaptiranima na život u sastavu meiofaune (Giere, 2009).

Koljeno Kinoryncha (bodljoglavci) je koljeno blastocoelomatnih i bilateralno simetričnih životinja koje nalazimo isključivo u veličinskom rasponu meiofaune. Tijelo je crvoliko i obavijeno hitinskom kutikulom koja je podjeljena u prstene (Giere, 2009). Tijelo Kinoryncha je podjeljeno na glavu, vrat i trup koji se sastoji od 11 segmenta na koje su vezane bodlje, ali ne i cilije (Venkataraman i sur., 2015). Glava je uvlačiva pomoću vratnih zonita koji služe kao sustav za zatvaranje (Giere, 2009). Na glavenom dijelu prisutne su oralne bodlje i skalidi koje su distinktivno morfološko svojstvo prema kojem ih se može raspoznati.

Koljeno Priapulida (valjčari) je koljeno blastocoelomatnih i bilateralno simetričnih čija je polovica predstavnika isključivo meiobentička (Giere, 2009). Tijelo je cilindričnog oblika i obavijeno hitinskom kutikulom na koju su vezane brojne sete, ciri, bodlje i/ili papile (Giere, 2009), a podjeljeno na trup i introvert (Schmidt – Raesa, 2012). Povremeno se javlja i postanalni repoliki nastavak koji ima ulogu usidranja (Giere, 2009).

Koljeno Gastrotricha (trbodlaci) je koljeno blastocoelomatnih i bilateralno simetričnih životinja koje također nalazimo isključivo u sastavu meiofaune. Većina ima male tjelesne dimenzije (neki samo do 60  $\mu\text{m}$ ) (Giere, 2009). Ventralna strana tijela je potpuno prekrivena cilijama koje im omogućuju karakteristično klizanje (Giere, 2009). Posjeduju posteriorno smještenu strukturu koja nalikuje na vilicu (lat. *furca*) na kojoj se nalaze distalne adhezivne tubule (Kånneby i Hochberg, 2015).

Koljeno Tardigrada (dugoživci) je koljeno coelomatnih i bilateralno simetričnih životinja. Uglavnom su konveksni s ventralne, a plosnati s dorzalne strane te im je tijelo podjeljeno na 3 djela – glaveni (cefalični), tri trupna segmenta i repni (kaudalni) dio (Nelson i sur., 2015). Na svakom trupnom segmentu nose par nogu te se zadnji par nogu nalazi na kaudalnom segmentu. (Nelson i sur., 2015). Prepoznatljivi su prema „nožicama” koje završavaju s pandžama.

Razred Ostracoda spada u natkoljeno Crustacea. Tijelo Ostracoda se sastoji od svega nekoliko segmenata koji su potpuno uklopljeni u dvodjelnu ljušturu (Giere, 2009) zbog koje, na prvi pogled, nalikuju školjkašima.

Podrazred Mystacocarida spada u natkoljeno Crustacea te ih se može prepoznati po karakterističnim antenama s brojnim osjetnim cirima. Ovu skupinu pronalazimo isključivo u sastavu meiofaune (Giere, 2009). Svi predstavnici su mali (maksimalno 0.5 mm) i imaju tijelo od 11 slobodnih segmenata koji daju visoku fleksibilnost crvolikom tijelu (Giere, 2009). Uz dugačke antene i kaudalni dio koji nalikuju na pandžu razlikuju se od skupine Copepoda (Giere, 2009).

Podrazred Copepoda je morfološki vrlo raznolik te obuhvaća nekoliko redova (Harpacticoida, Calanoida i Cyclopoida) koji se javljaju u sastavu meiofaune. Među njima Harpacticoida su najbrojniji i najčešće zastupljeni. Skupina Harpacticoida je okarakterizirana crvolikim oblikom te je toraks samo blago odvojen od abdomena, a od ostale dvije skupine se može razlikovati u duljini antena koje su znatno kraće (Giere, 2009). Planom i građom tijela skupina Harpacticoida je prilagođenija na bentoska staništa više nego li na pelagička (Caramujo, 2015). Skupina Calanoida ima naglašen prijelaz iz metasome u urosomu putem genitalnog segmenta, dok je kod skupine Harpacticoida genitalni segment inkorporiran u urosomu (Giere, 2009). Skupine Copepoda razlikujem uglavnom po duljini antena. Skupina Calanoida ima antene koje su dugačke kao i cijelo tijelo, a mogu biti i dulje, dok skupina Cyclopoida posjeduje antene koje ne prelaze duljinu toraksa. Skupina Harpacticoida posjeduje znatno kraće antene koje rijetko prelaze duljinu glavenog segmenta.

Red Tanaidacea su maleni rakovi koji se mogu pronaći na skoro svim bentoskim staništima u moru (Błażewicz-Paszkowycz, 2014). Opće morfološke karakteristike ovog reda su: prvi par nogu preobražen u kliješta, 6 slobodnih torakalnih segmenta i 5 abdominalnih segmenta na koje su vezani pleopodiji (Drumm i Heard, 2006).

Podred Isopoda spada u skupinu Crustacea koji sadrži i kopnene i akvatične predstavnike. Glavna morfološka karakteristika ovog podreda jest prvi segment toraksa koji je spojen sa glavom. Ostalih 7 slobodnih segmenata toraksa nose parove nogu i tvore pereion (Brusca, 1997).

Podred Amphipoda spada u skupinu Crustacea. Tijela predstavnika Amphipoda manje ili više lateralno spljoštena (Fasulo, 2001). Ne posjeduju karapaks, a 7 (rijetko 6) torakalnih segmenata nose parove nogu. (Fasulo, 2001).

Podrazred Acari (grinje) vrlo često se mogu pronaći u uzorcima sedimenta. Prisutnost helicera i palpa smještenih na anteriornom djelu tijela je jedno od distinktivnih karakteristika ove skupine (Dhooira, 2016). Budući da spadaju u paučnjake, posjeduju 4 para nogu što također može biti determinacijska karakteristika.

Razred Polychaeta (mногоčetinaši) je skupina unutar koljena Anellida (kolutićavci). Prepoznatljivi su zbog niza parapodija s vezanim četinama na svakom segmentu s lateralne strane crvolikih tijela.

Razred Oligochaeta je uz mnogočetinaše, jedina skupina kolutićavaca koja se javlja u sedimentu. Za razliku od razreda Polychaeta, razred Oligochaeta ne posjeduje parapodije nego četine vezane za svaki segment.

Razred Gastropoda (puževi) je uz razred Bivalvia (školjkaši) među najčešćim predstavnicima koljena Mollusca u sastavu meiofaune. Puževe prepoznajemo prema prisutnosti stopala i plašta. Kod nekih predstavnika plašt izlučuje kalcificiranu kućicu. Tijelo školjkaša zaštićeno je unutar dvije ljuštore koje mogu, ali i ne moraju biti simetrične.

Koljeno Echinodermata nalazimo većinom u sastavu privremene meiofaune koja nakon metamorfoze prelazi u sastav makrofaune (Giere, 2009). Najčešće se mogu pronaći predstavnici razreda Holothurioidea (trpovi), a povremeno i predstavnici razreda Asteroidea (zvjezdače), Ophiuroidea (zmijače).

## **1.2. Prilagodbe Meiofaune na život u sedimentu**

Raznolikost meiofaune i heterogenost njenih staništa su tako veliki da postoji samo nekoliko općih trendova u morfološkim adaptacijama i one se najviše odnose na mezopsamonsku meiofaunu (Giere, 2009). Svaki tip sedimenta odlikuje se drugačijim svojstvima na koje meiofauna mora biti prilagođena kako bi opstala. Životni uvjeti koji vladaju u sedimentu, pogotovo u intersticijskom prostoru, znatno su reducirani u odnosu na uvjete koji vladaju na njegovoj površini. Reduciranost se očituje u ograničenju različitih životnih resursa: u pogledu prostora, količine i kvalitete dostupne

hrane, sadržaja otopljenog kisika; te ograničenih mogućnosti razmnožavanja i rasprostranjivanja (Travizi, 1996). Kao odgovor na takve uvjete meiofauna razvija morfološke prilagodbe poput minijaturizacije, elongacije i fleksibilizacije tijela. (Giere, 2009). S morfološkog i fiziološkog aspekta meiofauna je prilagođena na život u sedimentu: malim tjelesnim dimenzijama, izduženim crvolikim ili plosnatim oblikom tijela, razvitkom adhezivnih organa, kratkim ciklusom reprodukcije, reduciranim brojem jajašca te direktnim razvojem ličinki (bez pelagičke faze) kod tipičnih intersticijskih predstavnika i predstavnika stalne meiofaune. (Higgins i Thiel, 1988)

### **1.2.1. Životni uvjeti u sedimentu**

Sedimenti su prilično restriktivan okoliš za nastanjivanje, no meiofauna se dobro prilagodila za opstanak u takvom okolišu. Priroda podloge je ključni faktor koji utječe na prostornu raspodjelu, gustoću i sastav meiofaune (Hullings i Gray 1971; Gray, 1981). Primarno je definirana veličinom zrnaca i stupnjem sortiranosti tj. izmiješanosti različitih veličinskih frakcija sedimenta, te oblikom i površinom zrnaca, što uz veličinu zrnca direktno određuje površinu dostupnu za nastanak biofilma koji služi kao izvor organske tvari, te formiraju matriks u koji se ugrađuju čestice sedimenta (Giere, 2009).

Prema veličini zrnca sedimenti obuhvaćaju veličinske razrede i podrazrede (frakcije) prema Wentworthu (1954) (**Tablica 1.**). Pijesci su obično bimodalni i trimodalni što znači da su čestice različite veličine izmiješane, a manja zrnca uklopljena između većih (Gray, 1974). U prirodi se vrlo rijetko nalaze sedimenti sastavljeni od samo jedne veličine čestica, najčešće je to kombinacija različitih frakcija sedimenta u raznim omjerima (Hullings i Gray 1971; Cvitković, 2007).



**Tablica 1.** Klasifikacija veličine zrna u sedimentua prema Wentworthu (1954)

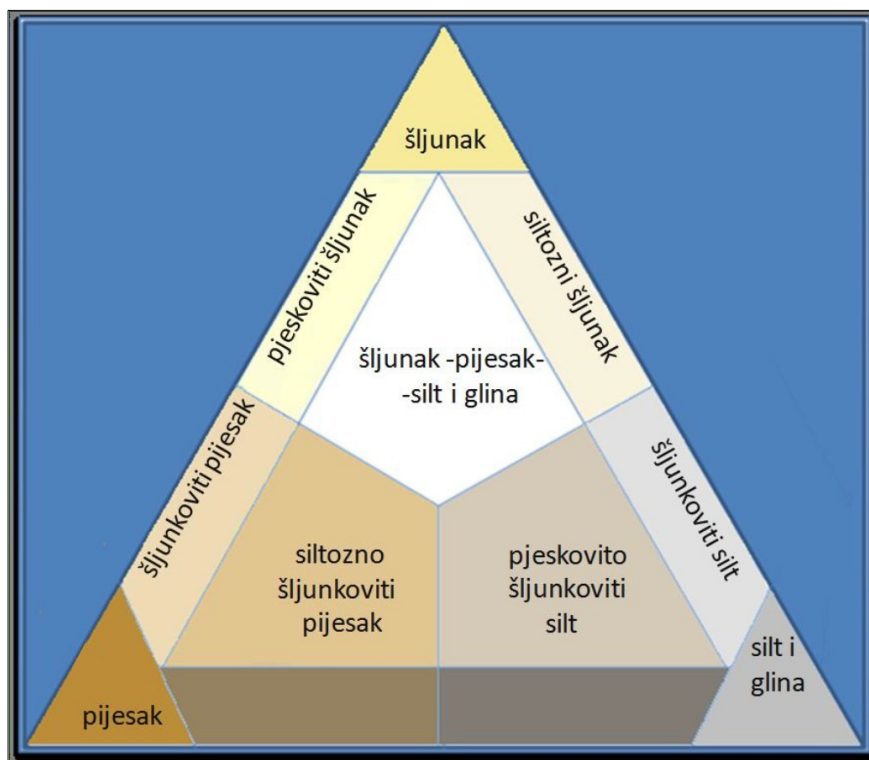
Veličinska frakcija	Podskupina	Veličina zrnca (mm)
Glina	Glina	<0.0039
Silt	Silt	0.0039- 0.0625
Pijesak	Vrlo fini	0.0625- 0.125
	Fini	0.125- 0.25
	Srednji	0.25- 0.5
	Krupni	0.5-1
	Vrlo krupni	1- 2
Šljunak	Granule	2- 4
	Šljunak	4- 64
	Šljunak	64- 256
	Oblutak	>256

Stupanj izmiješanosti različitih veličinskih frakcija izražava se koeficijentom sortiranosti sedimenta i određuje se prema istom (**Tablica 2.**). Sedimenti koji su dobro sortirani su karakteristični za područja visoke energije gdje se javljaju mehanizmi koji mogu uzrokovati trošenje i usitnjavanje čestica (valovi, vjetar, struje). Nasuprot tome, slabo sortirani sedimenti karakteristični su za područja niske energije (Gray, 1981). Područja visoke energije odlikuju se većim česticama od područja niske energije.

**Tablica 2.** Klasifikacija stupnja sortiranosti prema Folku (1974)

Koeficijent sortiranosti ( $\phi$ )	Stupanj sortiranosti
<0.35	Vrlo dobro sortiran
0.35 – 0.50	Dobro sortiran
0.50 – 0.71	Umjereno dobro sortiran
0.71 – 1	Umjereno sortiran
1.00 – 2.00	Slabo sortiran
2.00 – 4.00	Vrlo slabo sortiran
> 4.00	Ekstremno slabo sortiran

U definiranju tipa sedimenta kao glavni kriterij se uzima postotni sadržaj kvantitativno najzastupljenijih frakcija: pijeska, silta i gline (Gray, 1981). Tip sedimenta se određuje iz sjecišta dvaju pravaca povučenih paralelno od sredine dviju izabranih stranica trokuta prema suprotnom vrhu, pri čemu je udaljenost pojedinog pravca od baze definirana postotnim udjelom određene frakcije u odnosu na vrh trokuta (Shepard, 1932) (**Slika 1.**). Veličina i oblik zrna i postotak pojedinih veličinskih frakcija u sedimentu direktno određuju volumen i raspored intersticijskih prostora, čime utječu na sadržaj i kruženje vode, otopljenog kisika, hranjivih soli i organskih tvari, djelujući tako i na kvalitativni sastav meiofaune i time uvjetuju njezinu prostornu horizontalnu i vertikalnu raspodjelu (Pollock, 1971).



**Slika 1.** Ternarni dijagram za određivanje tipa sedimenta (izvor: Travizi, ustupljeno)

Svaki tip sedimenta se odlikuje svojstvenom kombinacijom biotičkih i abiotičkih faktora. Morski sedimenti su rezultat taloženja čestica koje potječu iz više različitih izvora (precipitacija minerala, donos s kopna, kozmogeni donos, skeletni ostatci organizama) (Segar, 2018). Te čestice su „spakirane“ jedna uz drugu, a između njih se mogu nalaziti intersticijski prostori, koji utječu na brojnost i funkcionalni sastav organizama. Volumen intersticijskog prostora ovisan je o stupnju sortiranosti sedimenta, odnosno o stupnju njegove izmiješanosti. Kod sedimenta krupnije veličine zrna (pijesak i šljunak) na površini se adsorbira organska tvar što ih u određenoj mjeri čini zamuljenima (Gray, 1981; Travizi 1996). Adsorpcija na sitnozrnatim sedimentima još je izraženija. Vertikalna distribucija meiofaune u stupcu sedimenta uglavnom je uvjetovana dubinom do koje dopire intersticijska voda s biološki iskoristivim sadržajem kisika.

U pridненоj vodi uglavnom vladaju oksidacijski uvjeti, što direktno (difuzija) i indirektno (asimilacija, bioturbacija) utječe na prozračenost površinskog sloja sedimenta. Morski sedimenti su u osnovi anaerobna sredina jer velika potrošnja kisika premašuje mogućnost njegove nadoknade putem difuzije (Kanwisher, 1962), pa je većina meiofaune nastanjena u površinskom sloju sedimenta. Sitniji sedimenti (čisti mulj, fini pijesci) su slabo prozračeni te u dubljim slojevima dolazi pomanjkanja i u konačnici do nestanka kisika. Koncentracija otopljenog kisika opada vertikalno s dubinom sedimenta. Bakterije koje nastanjuju dublje slojeve su anaerobne i umjesto

kisika koriste sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) kao izvor kisika te ga u tim procesima oksidiraju u sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) i ostale sulfide neugodna mirisa, koji su toksični za većinu životnih oblika.

Redoks potencijal (Eh) je pokazatelj stupnja oksidacije/redukcije nekog spoja u određenim uvjetima pa stoga opisuje redukcijski ili oksidacijski kapacitet nekog sustava (Søndergaard, 2009). Pri površinskom sloju (smeđi sloj) redoks potencijal je i do +400 mV te prevladavaju oksidacijski procesi nad redukcijskima i kisik je prisutan u otopljenom obliku. U crnom sloju redoks potencijal postaje negativan (oko - 50 mV), ali se kao izvor kisika koriste druge kemijski spojevi poput sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), naposljetku u sivom sloju pada i do - 250 mV te su uvjeti izrazito reduktivni (Søndergaard, 2009). S dubinom sedimenta, potrošnja kisika raste. Bakterije vrše razgradnju uginulih organizama i njihovih ostataka te tim procesom troše kisik i oksidacijom amino kiselina iz proteina prevode sumpor u sulfat i/ili sulfid. Pri oksidativnim uvjetima, bakterije oksidiraju sumpor u sulfate, no u malo dublje u finijem sedimentu gdje nema dovoljno kisika bakterije koriste sulfat te time proizvode sulfide (Gray, 1981). To se može popratiti promjenom boje sedimenta iz smeđe u crnu pa potom u sivu. U smeđem sloju nalazi se željezo u  $\text{Fe}^{3+}$  oksidacijskom stanju te to sedimentu daje žuto – smeđu boju. U crnom sloju u kojem se uvjeti postepeno mjenjaju iz oksidativnih u reduktivne naziva se RPD sloj (Redox Potential Discontinuity layer) te se željezo reducira u  $\text{Fe}^{2+}$  oksidacijsko stanje (Hullings i Gray, 1971; Giere, 2009). Međutim, prozračenost sedimenta ne mora uvijek korelirati s promjenom boje. Samo kada je tranzicijski sloj vrlo uzak i promjena u boji je nagla (muljevi) RPD sloj se može poklopiti s slojem promjene boje (Giere, 2009). Dugo vremena RPD sloj je smatran donjom granicom rasprostiranja meiofaune, no početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, ispod prozračenog sloja sedimenta otkriven je biom u kojem u anaerobnim uvjetima, uz prisutnosti sulfida i nekih drugih toksina opstaju razmjerno bogate zajednice meiofaune tzv. Tiobios - sastavljene od anaerobnih i  $\text{H}_2\text{S}$  tolerantnih predstavnika koljena Nematoda, Platyhelminthes, Gnathostomulida, Gastrotricha, Bivalvia i Rotifera. Za sada su te zajednice vrlo slabo proučene.

### **1.2.2. Odnos meiofaune prema podlozi**

Mulj je objedinjujući/kolokvijalni naziv za sediment koji sadrži visoki udio silta i gline (preko 65 %), pri čemu najsitnije čestice zatrpavaju intersticijske prostore (Tietjen, 1977). Stoga se za muljevite sedimente može reći kako su u pravilu slabo prozračeni i bogatiji organskom tvari, a ekološki uvjeti u njima su ujednačeniji i stalniji u odnosu na mješovite i pjeskovite tipove sedimenta (Gray, 1981). Zahvaljujući povišenom sadržaju organskih tvari koje su pogodan izvor hrane za pojedine predstavnike meiofaune, uključujući većinu Nematoda, muljevi se odlikuju vrlo brojnom, ali manje raznovrsnom meiofaunom. Na muljevitim podlogama u pravilu izrazito

dominira skupina Nematoda, nerijetko s 90% i više udjela u sastavu ukupne meiofaune (Gray, 1981; Travizi 1996). S druge strane, pjeskoviti sedimenti su znatno prozračniji te meiofauna prodire nešto dublje (5-10 cm), ponekad i preko dubine od 20 cm (Hullings i Gray, 1971; Gray, 1981). U pjeskovitim sedimentima brojnost meiofaune je niža nego u muljevitim i mješovitim sedimentima, ali je veća raznolikost meiofaune (McIntyre 1968; Heip i sur. 1985). U pijescima su dvije brojčano najdominantnije skupine meiofaune Nematoda i Copepoda, uz afinitet Nematoda prema finijim pijescima, a Copepoda prema krupnijim pijescima (Hullings i Gray, 1971; Danovaro, 2004). Koljena Gnathostomulida, Gastrotricha i Tardigrada iskazuju veći afinitet prema pijescima dok koljena Kinoryncha i Rotifera preferiraju više ili manje zamuljene podloge.

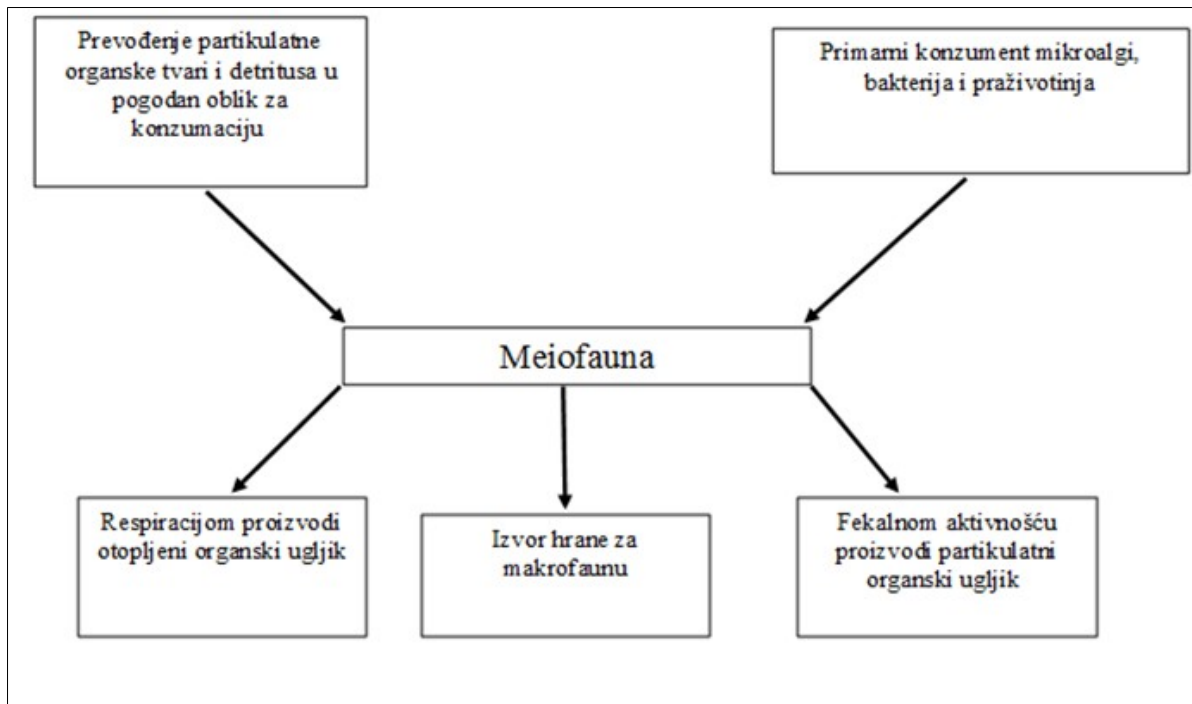
Meiofauna na nekoliko načina utječe na podlogu - kretanjem između čestica sedimenta te metaboličkom i probavnom aktivnošću. Prema načinu kretanja, predstavnici meiofaune se općenito mogu podijeliti na kopače koji svojim kretanjama pomiču čestice sedimenta te time mijenjaju njegovu teksturu i intersticijske klizače koji se provlače između čestica sedimenta (Gray, 1981; Travizi 1996). Kopači se na nekoliko različitih načina pomiču kroz sediment: puzanjem, rovanjem, penjanjem, kontraktilno – retraktilno pomicanje tijela i dr.. Pri tome razmiču čestice sedimenta i time direktno utječu na njegovu teksturu (Travizi, 1996). Intersticijski klizači se kreću pomoću cilijatnih nastavaka na površini tijela. Preduvjet za naseljavanje intersticijske meiofaune je postojanje slobodnog intersticijskog prostora koji nije zatrpan glinom i organskim primjesama. Optimalnim sadržajem smatra se udio 1-4 % organske tvari u određenom volumenu sedimenta. (Peres i Gamulin – Brida, 1973). Prava intersticijska fauna zastupljena je u sedimentima čija veličina zrna varira između 125 i 500  $\mu\text{m}$ , dok ispod 120  $\mu\text{m}$  ona odsustvuje, a prevladava siromašnija fauna sastavljena od kopačkih oblika (Wieser, 1959; Mc Intyre i Murison, 1973). Općenito se za graničnu veličinu zrna ispod koje prevladavaju kopački oblici i iznad koje prevladavaju intersticijski klizači se uzima 200  $\mu\text{m}$  (Wieser, 1959). U pravilu se na pjeskovitim podlogama nalazi više intersticijskih klizača nego li na muljevitim podlogama. Kao rezultat života u uskom prostoru prilagodbe meiofaune teže ka minijaturizaciji, izduženosti tijela i fleksibilnosti (Giere, 2009). Pijesak, mulj i mješavina ovih dvaju tipova sedimenta, su najpogodnije podloge za nastanjivanje meiofaune. To je pomičan supstrat u kojem su čestice pijeska/silta/gline izmješane no nisu vezane jedna za drugu. Često je meiofauna izložena bioturbaciji. Shodno tome, predstavnici intersticijske faune razvili su adhezivne organe (nožice Rotifera, Gastrotricha i dr.), strukture koje imaju učinak sidrenja (bodlje, ljuške, nožice) i posebne lokomotorne strukture (tijela obložena cilijama, trepetljike, mišići) koje su pokazatelj životnih uvjeta u sedimentu (Giere, 2009).

Uz utjecaj rovanja, puzanja i bioturbacije, meiofauna na sediment utječe kroz trofičku aktivnost. Peletizacija se javlja kao posljedica probavne aktivnosti i može bitno utjecati na doprinosi poboljšanju granulometrijska svojstva sedimenta (Hullings i Gray 1971; Gray, 1981; Travizi 1996). Ta je pojava najočitija u muljevitim sedimentima gdje udio fekalnih peleta u ukupnom broju čestica sedimenta može iznositi od 40-100 % (Moore, 1931). U slučaju povećane probavne aktivnosti meiofaune, peletizacija može postati glavni čimbenik koji utječe na sortiranost, granulometrijski sastav, a u konačnici i na tip sedimenta. Većina meiofaune je detritivna te na taj način igra ključnu ulogu u bentičkim hranidbenim mrežama prevođenjem jednog dijela detritusa na višu trofičku razinu.

U sediment dopire vrlo malo svjetla., no utjecaj svjetla je za većinu predstavnika meiofaune zanemariv. Neki predstavnici meiofaune razvijaju statičke organe u svrhu orijentacije u sedimentu (Giere 2009), primjerice *Halammohydra* sp. iz razreda Hydrozoa, predstavnici razreda Anopla iz koljena Nemertea, porodice Anthuridea iz reda Isopoda i dr. Isto tako većina predstavnika meiofaune je bezbojna i okarakterizirani redukcijom ili nedostatkom vidnih organa.

### **1.2.3. Položaj i značaj meiofaune u trofičkoj mreži**

Meiofauna sedimenta ima važan položaj u trofičkim mrežama i ima značajnu ulogu u energetici bentoskog sustava. Premda su ti aspekti još uvijek nedovoljno istraženi, poznato je da u procesu sekundarne produkcije, zahvaljujući kombinaciji niza posebnih karakteristika (male dimenzije, velika brojnost, velika metabolička aktivnost, brza izmjena generacija) meiofauna postiže pet puta veći P:B omjer od makrofaune (Gray, 1981). U trofičkim mrežama bentoskih ekosustava meiofauna ima više uloga, koje se očituju na svim razinama hranidbenog lanca, uključujući proizvođače (mikroalge), potrošače prvog i drugog reda (herbivore i karnivore) i razlagače (bakterije) (Slika 2.). Najvažnija uloga meiofaune u hranidbenim ciklusima odnosi se na prevođenje detritusa u oblike koji su dostupni višim trofičkim stupnjevima. Detritofagnom aktivnošću meiofauna resuspendira organske tvari iz sedimenta i čini ih dostupnim suspenziofagima, kao potencijalni izvor hrane (McIntyre 1969; Rhoads, 1974).



**Slika 2.** Uloga meiofaune u energetici i protoku tvari kroz hranidbenu mrežu

Trofička struktura meiofaune se razlikuje u različitim tipovima sedimenta. U muljevitim sedimentima su najzastupljeniji detritofagi, a u pijesku suspenzifagi i brstioći mikroflora. U pjeskovitim sedimentima meiofauna svojom probavnom i metaboličkom aktivnošću oslobađa nutrijente i partikularnu organsku tvar (POM) koja služi suspenzifagima kao izvor hrane. Sastav detritusa je raznolik, najčešće se sastoji od ostataka planktonskih organizama koji su zarobljeni ogromnim filter sustavom obala (Riedl 1971; McLachlan 1989; Berelson i sur. 1999; Olafsson i sur. 1999). Sastav detritusa je veličinski neodređen te u kvalitativnom pogledu može jako varirati što znači da nije sav detritus pogodan za meiofaunu. Eksperimentalna opažanja ukazuju da je detritus često selektivno konzumiran od strane meiofaune. Tako je, naprimjer, utvrđena veća sklonost prema detritusu porijeklom iz smeđih algi te manja sklonost prema detritusu porijeklom od mangrova (Giere, 1975; Rieper- Kirchner 1989). Neki eksperimenti su pokazali da je bakterijski biofilm glavni izvor hrane za meiofaunu, a ne detritus kao takav, te da ishrana biofilmom bogatim proteinima stimulira rast meiofaune (Fenchel i Riedl, 1970; Fenchel, 1978; Hargrave, 1972; Meyer-Reil, 1980; Faubel, 1980). Konzumacijom detritusa meiofauna obavlja značajnu ulogu u sadržaju organske tvari u sedimentu, čineći je dostupnom organizmima koji se hrane manjim suspendiranim organskim česticama. Naravno, u slučaju prekomjerne bakterijske aktivnosti, dolazi do pomanjkanja kisika i u krajnjem slučaju do anoksije, usljed čega se raznolikost i brojnost meiofaune smanjuje. Brojni predstavnici intersticijskih Nematoda, Copepoda, Oligochaeta se hrane isključivo dijatomejama (Giere, 2009). U sastavu meiofaune nalazimo i predatore koji ponekad (pijesak) mogu biti zaduženi za potrošnju ugljika od preko 50 % (Giere, 2009). Tim utjecajem

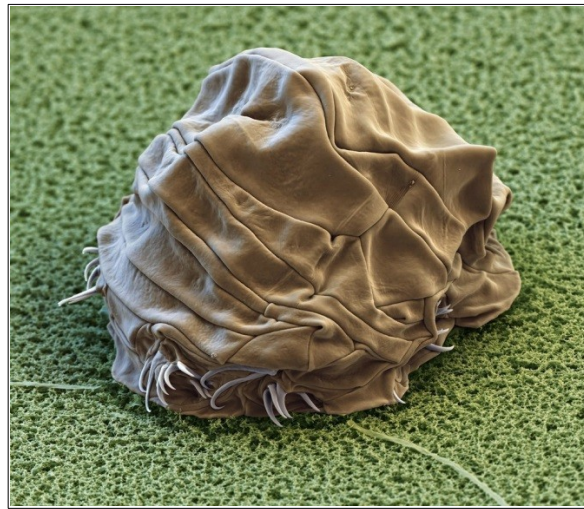
direktno strukturiraju ciklus ugljika u bentoskim ekosustavima. Zbog velike raznolikosti u načinu ishrane, brojnosti, populacijskim trendovima, načinu života i brojim drugim karakteristikama, te nedovoljne istraženosti trofičkih mreža na razini bentoskih ekosustava i činjenice da laboratorijska opažanja često ne mogu odraziti *in situ* stanje, potrebna su daljnja istraživanja o ulozi meiofaune u trofičkim mrežama morskih ekosustava

#### 1.2.4. Reprodukcija i životni ciklus

U sedimentu je reprodukcija prostorno ograničena pa su reprodukcijske strategije raznolike i brojne, te pokazuju samo nekoliko pravilnosti u svojim obilježjima. Životni ciklusi organizama koji spadaju u meiofaunu sedimenta su u pravilu kratki i bez ličinačkih stadija. Na razini meiofaune razvijena je čitava paleta reproduktivnih strategija. One najčešće uključuju kopulaciju, zaštitu jaja, direktan razvoj u bentosu, viviparnost, hermafroditizam, partenogenezu, brzu smjenu generacija, kontinuiranu reprodukciju i slično, s različitim stupnjem generalizacije (Warwick, 1981). U sedimentu, vanjska oplodnja nije moguća zbog toga što se jajašca i spermiji ne mogu prenositi na velike udaljenosti (Giere, 2009). Umjesto vanjske oplodnje, organizmi se ponajviše oslanjaju na kopulaciju te na taj način osiguravaju uspješnost oplodnje uz pojedinačne pojave roditeljske brige. Ženski predstavnici skupine Harpacticoida nose lateralno smještene jajčane vrećice. Oplodena jajašca se rijetko kada nalaze slobodna u sedimentu. Većinom su privezana uz čestice sedimenta ili uklopljena u zaštitne strukture (kapsule kod Turbellaria, čahure kod Oligochaeta) (Giere, 2009). Hermafroditizam je još jedan način kako pospješiti reprodukciju zbog toga što se javlja mogućnost samooplodnje i međusobne oplodnje. Mogućnošću samooplodnje se kompenzira za težak pronalazak partnera, a međusobnom oplodnjom se povećava reproduktivni kapacitet. Zabilježen je nespolni način razmnožavanja kod nekih predstavnika skupine Turbellaria. Partenogeneza je zabilježena kod skupine Rotifera, nekih predstavnika Gastrotricha i Ostracoda. Neki predstavnici povremene meiofaune su zadržali način indirektni način razvoja preko ličinačke faze (npr. Polychaeta, predstavnici skupine rodova *Ophryotrocha*, *Dinophilus*, *Apodotrocha*) te se kao rezultat javljaju se neotenija i progeneza, čime se povećava reprodukcijski potencijal.

Tijekom životnog ciklusa, uz reprodukcijske strategije meiofauna razvija i strategije preživljavanja. Brojni organizmi mogu ući u stadije cista i mirovanja kako bi preživjeli nepovoljne uvjete u okolišu (Giere, 2009). Najpoznatiji primjer su predstavnici koljena Tardigrada koji mogu ući u stadije cista ili posjeduju sposobnost kriptobioze (**Slika 3.**). Također, neki predstavnici skupina Nematoda, Turbellaria i Rotifera imaju mogućnost kriptobioze.





**Slika 3 .** Predstavnik koljena Tardigrada u kriptobiotičkom stanju (izvor: Photo Science Library )

### **1.3. Meiofauna u procjeni kvalitete morskog okoliša**

Morski ekosustavi izloženi su brojnim i raznovrsnim utjecajima prirodnog i antropogenog porijekla. Ponekad je ta dva izvora teško razgraničiti jer i prirodni utjecaji mogu biti posredni tj. inducirani prethodnim antropogenim utjecajima i ne moraju nužno biti pozitivni. Ovisno o izvorima, antropogene utjecaje možemo podijeliti na točkaste i raspršene/difuzne, pri čemu su prvi vezani za ušća i lokalizirane podmorske ispuste (gradske ili industrijske otpadne vode, otpadne vode u marikulturi, podmorskim bušotinama, lukama, marinama i sl.), a drugima se ne mogu utvrditi točni izvori npr. ispiranja urbanih, poljoprivrednih, industrijskih i rudnih površina (Kamarudzaman i sur., 2011; Rissman i Carpenter, 2015; Liu i sur., 2020). Opterećenja iz točkastih izvora najčešće su onečišćenja organskom tvari iz otpadnih voda prehrambene industrije, industrije celuloze, kanalizacijskih ispusta, farmi (uključujući marikulturu), i/ili anorganskog porijekla (najčešće donosi rijekama - hranjive soli s poljoprivrednih, šumskih površina, rudarskih kopova, te nekih grana industrije). U priobalnim područjima onečišćenja mogu biti kombiniranog tipa iz točkastih i raspršenih izvora i u takvim slučajevima razumijevanje stresnog odgovora je krajnje otežano.

Kada je riječ o procjeni kvalitete morskog okoliša, postoji obilna količina literature koja se odnosi na procjenu ekološkog stanja korištenjem pokazatelja/indeksa koji se temelje na taksonomskom i/ili funkcionalnom sastavu makrofaune. Tek u novije vrijeme i u znatno manjoj mjeri, takva istraživanja se provode na razini meiofaune sedimenta. Razlozi su dijelom tradicionalni (istraživanja meiofaune su započela znatno kasnije), a dijelom specifični - istraživanja meiofaune su novijeg datuma, vremenski su zahtjevnija, a broj stručnjaka je neusporedivo manji (Travizi, osobno priopćenje). Usprkos tome, potrebno je naglasiti da u procjeni kvalitete morskog okoliša meiofauna ima mnogo potencijalnih prednosti nad makrofaunom. U uvjetima visokog intenziteta stresa u

morskom okolišu, makrofauna može biti jako reducirana ili čak potpuno odsutna (Heip i sur. , 1988), dijelom zahvaljujući većoj osjetljivosti, a dijelom zbog mogućnosti aktivne migracije u nepovoljnim uvjetima. Meiofauna je tijesno i neposredno vezana uz sediment, prilagođena je na reducirane životne uvjete i ograničenu prostornu raspodjelu (mali radijus kretanja, odsutnost ličinačkih stadija). Zbog navedenog, ali i niza drugih prednosti (velike brojnosti i raznovrsnosti, kratkog životnog ciklusa, brze smjene generacija itd.) meiofauna je potencijalno pouzdaniji pokazatelj stanja u okolišu od makrofaune (Heip i Herman 1975; Heip, 1980; Warwick,1980; Herman i Heip, 1986; Heip i sur., 1988; Hicks, 1991, Warwick, 1993; Danovaro, 2004; Giere, 2009), pri čemu treba naglasiti da je zbog svega navedenog stresni odgovor meiofaune nesumnjivo primjereniji odgovor na stresne uvjete unutar konkretnog istraživog područja.

Odgovor meiofaune na stresne uvjete u okolišu utvrđen je u nizu istraživanja u kojima se kao uzroci opadanja kvalitete okoliša navode prirodni i antropogeni izvori, a sama kvaliteta odgovora koji je pri tom zabilježen potvrdio je pretpostavke da se radi o skupini koja zaista ima svojstva dobrog bioindikatora (Travizi, 1996). Promjene u strukturi meiofaune usljed negativnog djelovanja antropogenih čimbenika analizirane su s raznih aspekata: onečišćenja organskom tvari/eutrofikacije (Raffaeli, 1982; Sutherland i sur. 2007; Bohorquez i sur., 2013; Carriço i sur. 2013, ), naftom i naftnim derivatima (Giere, 1979; Boucher, 1980; Renaud-Mornant, i sur., 1981; Elgrem i sur., 1983; Ansari i Ingole, 2002, Giere, 2009; Baguley i sur., 2015), teškim metalima (Tietjen, 1977;Heip i sur., 1984; Saidi i sur., 2019; Gambi i sur., 2020) te fizičkim narušavanjem integriteta dna usljed izgradnje priobalnih infrastrukturnih objekata, dredžanja i sl. (Schratzberger i sur., 2002; Mani Eldose i sur., 2008; Semprucci i sur., 2016).

Odgovor meiofaune se jako razlikuje unutar skupina i ovisno o tipu zagađivala. Neke skupine poput Nematoda su općenito manje osjetljive, dok su skupine poput Turbellaria, Ostracoda i Harpacticoida (Copepoda) znatno osjetljivije (Giere, 2009). Zbog individualnih razlika između i unutar skupina, teško je jednoznačno zaključiti kakav učinak zagađivala imaju na meiofaunu u cjelini. Općenito, uslijed narušavanja kvalitete okoliša meiofauna daje više raznih odgovora, uključujući pad (u određenim slučajevima i rast) brojnosti, pad raznolikosti, rast dominantnost određene skupine, poremaćaj reprodukcije, mutacije genetskog materijala, promjene u brojčanom odnosu Nematoda – Copepoda, promjene u funkcionalnom sastavu te promjene u odnosu abundancije i biomase (Warwick,1980; Giere, 2009). U nastavku je nekoliko primjera razlika u stresnom odgovoru.

Istraživanja su pokazala razliku u stresnim odgovorima na sirovu naftu, diesel i kerozin (Ansari i sur., 2010). Sve frakcije nafte su imale učinak na brojnost i sastav meiofaune, a toksični učinak po intenzitetu i jakosti je bio najveći kod kerozina, diesel je imao manji, a dok sirova nafta najmanji učinak (Ansari i sur. 2010). Najosjetljivijima na naftno onečišćenje su se pokazali predstavnici Harpacticoida (Copepoda), Ostracoda i Turbellaria te malo manje osjetljivi su bili predstavnici skupine Anellida (Giere, 2009). Utjecaj nafte na meiofaunu sedimenata je prostorno promjenjiv. Onečišćenje naftom najviše utječe na sedimente u priobalju odnosno u supralitoralnoj i mediolitoralnoj gdje je nakon izlivanja nafte u sjevernoj Španjolskoj 1976. sva meiofauna na izloženim plažama bila odsutna (Giere, 2009). Primjerice u sedimentima ispod zone plime i oseke toksičnost sirove nafte je reducirana isparavanjem hlapivih sastojaka i razgradnjom nafte u vodenom stupcu što ju čini manje toksičnom kada dospije u sediment (Lee i Page, 1977). Određeni broj autora (Boucher 1980; Danovaro i sur., 1995; Suderman i Thistle, 2004) je ustanovio da nafta nema značajan negativan utjecaj na meiofaunu sedimenta koji se nalaze ispod zone plime i oseke, te ako ga i ima, povratak u normalno stanje se događa unutar mjesec dana. Najpogodniji indikatori zagađenja naftom su smanjenje broja Copepoda, Ostracoda i Turbellaria, manja raznolikost meiofaune i dominacija pojedinih svojiti poput Nematoda.

Teški metali, za razliku od nafte, se ne razgrađuju i nisu lako uočljivi.. Njihov učinak je vrlo nepredvidiv jer ponekad tvore komplekse s organskim tvarima. Najčešće porijeklo ukazuje na protuobraštajna sredstva i blizinu rudnika. Metali mogu biti posebno opasni jer mogu djelovati u sinergiji što može nadjačati učinak same doze konkretnog metala (Mahmoudi i sur., 2007). U sedimentu, metalni spojevi, poput ostalih zagađivala su manje toksični nego u vodenom stupcu (Giere, 2009). Kod onečišćenja metalima važan faktor je biodostupnost, a ne sama koncentracija (Giere, 2009). Također, nisu svi teški metali jednako toksični za meiofaunu. Kao najtoksičniji izdvajaju se bakar i živa, dok su cink, kadmij i kositar manje toksični (Austen i Sommerfield, 1997). Metali se pri ulasku u organizam vežu za lipide. Većina istraživanja pokazala je kako je skupina Harpacticoida osjetljivija na metale nego li skupina Nematoda (Giere, 2009). Budući da skupina Harpacticoida ugiba pri kontaktu s teškim metalima, skupina Nematoda ima glavnu ulogu u prijenosu akumuliranih metala na više trofičke razine.

Pesticidi su često slabo razgrađiva i perzistentna zagađivala (Giere, 2009). Intenzivna primjena u poljoprivredi je glavni izvor pesticida u okolišu. Prenose se putem slatkovodnih donosa gdje se rijeke koriste za navodnjavanje poljoprivrednih površina i najčešće se akumuliraju u priobalnim sedimentima (Giere, 2009). Kao i za do sad navedena zagađivala, skupina Copepoda pokazuje iznimnu osjetljivost prema pesticidima. Skupina Nematoda često može pokazati lažni učinak. Pri

analizi na razini konstitutivnih skupina, brojnost se znatnije ne mijenja, a razlog tome je tolerantna i/ili oportunistička strategiju pojedinih vrsta, pa prilikom onečišćenja populacije tolerantnih vrsta ne mijenjaju znatnije brojnost, a populacije oportunističkih vrsta se čak i povećavaju (Soltani i sur., 2012). Kada pesticidi dospiju u sediment, većinom se vežu za čestice sedimenta što smanjuje njihovu biodostupnost za meiofaunu. Čestice sedimenta okarakterizirane su biofilmovima u koje se pesticidi mogu inkorporirati te time naškoditi predstavnicima koji se njime hrane (većinom harpaktikoida). Najčešće korišteni pesticidi su Atrazin, Policiklički bifenili (PCB), Fipronil, Chlorpyrifos, Fenvalerat, Guthion itd.. Kratkoročna izloženost ovih široko korištenih pesticida uglavnom nije uzrokovala značajan mortalitet, ali može uzrokovati disfunkcionalnost u reprodukciji kod intersticijskih Copepoda (Giere, 2009). Budući da skupina Copepoda služi kao izvor hrane bentičkim ribama, bioakumulacija kroz hranidbeni lanac predstavlja značajan problem u zagađenim okolišima (Giere, 2009).

#### **1.4. Zajednice morskih cvjetnica**

Morske cvjetnice su biljke iz skupine kritosjemenjača koje spadaju u red Alismatales (žabočunolike). Rastu na pjeskovitim, muljevitim i mješovitim podlogama i šire se vegetativno putem puzajućih rizoma iz kojih se vertikalno u sediment spušta korijen, a iz sedimenta vire listovi i cvijet. Budući da se rizomi međusobno isprepliću, tijekom rasta morske cvjetnice mogu tvoriti prave podmorske livade koje se odlikuju velikom bioraznolikošću faune. Većinom ih nalazimo u priobalju u plitkom moru. U Jadranu žive 4 vrste morskih cvjetnica – *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera nolti* i *Zostera marina*. Javljaju se na raznim staništima, no ključni faktor koji determinira njihovu prostornu raspodjelu je pomična podloga. Morske cvjetnice se javljaju u sklopu biocenoze sitnih ujednačenih pijesaka, biocenoze zamuljenih pijeska zaštićenih obala, eurihaline i euritermne biocenoze i biocenoze naselja vrste *Posidonia oceanica* (Bakran – Petricioli, 2011). Morske cvjetnice roda *Zostera* podnose veća kolebanja saliniteta i temperature pa ih nalazimo u sklopu eurihaline i euritermne biocenoze, lagunama i estuarijima. Morsku cvjetnicu *Cymodocea nodosa* nalazimo u sklopu eurihaline i euritermne biocenoze, biocenoze sitnih ujednačenih pijesaka i biocenoze zamuljenih pijesaka zaštićenih obala. Često se unutar biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka i biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala razvijaju asocijacije s vrstom *C.nodosa*. *P.oceanica* je vrsta od iznimne važnosti za produktivnost bentoskih staništa i pružanje zaštite/skloništa bentoskim organizmima. Raste u čistom moru visoke prozirnosti u sastavu infralitoralne stepenice. U Jadranu je najveća morska cvjetnica čija se naselja protežu do dubine od 40 metara. Gusta naselja posidonije nastaju dugoročnim ispreplitanjem rizoma i zatrpavanjem sedimenta.

Na livadama morskih cvjetnica nerijetko nalazimo i školjkaše plemenite periske (*Pinna nobilis*). Na livadama morskih cvjetnica bogatstvo vrsta fitalnih predstavnika je vrlo veliko, a u slojevima ispod listova, bogatstvo intersticijskih predstavnika se također povećava zbog stabilizacije sedimenta. Morske cvjetnice su jako značajne za meiofaunu. Predstavnici meiofaune stalno se kreću između sedimenta, pridnene vode i u konačnici fitala. Strukturna kompleksnost staništa morskih cvjetnica omogućuje visoku raznolikosti i brojnost meiofaune. Na listovima morskih cvjetnica, isprepletenim rizomima i korijenu javlja se svojstveni biofilm koji služi kao izvor hrane za meiofaunu. Kidanjem listova i ugibanjem i zatrpavanjem u sediment, odumrli dijelovi morskih cvjetnica predstavljaju važan izvor detritusa za intersticijsku meiofaunu.

#### **1.4.1. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala i Asocijacija s vrstom *Cymodocea nodosa***

Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala razvija se na dnu velikih i plitkih uvala. Spada u stepenicu infralitorala, a javlja se u zatvorenijim uvalama gdje je utjecaj valova smanjen pa je sedimentacija manjih čestica moguća (Bakran-Petricioli, 2011). Dominantniji utjecaj u hidrodinamici igraju morske mijene. Gust raspored otoka uz brojne hridi i grebene među njima i veliku razvedenost znatno ublažuje utjecaj vjetra i strujanja što omogućava sedimentaciju sitnijih čestica mulja što rezultira nastankom ove biocenoze. U toj biocenozi, do nekoliko metara dubine, tipično je znatno kolebanje ekoloških čimbenika naročito temperature i saliniteta (Bakran – Petricioli, 2011). U plitkim dijelovima staništa hrane se ptice i ribe, a brojne ribe poput orade (*Sparus aurata*) se mrijeste upravo u takvim biocenzama (Bakran – Petricioli, 2011). U ovoj biocenozi vrlo često susrećemo asocijaciju s vrstom morske cvjetnice *Cymodocea nodosa*. Nerijetko u toj biocenozi nalazimo i školjkaša plemenitu perisku (*Pinna nobilis*) (**Slika 4.**)



**Slika 4.** Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala s graditeljskim vrstama *C. nodosa* i *P. nobilis*. (izvor: Arhiva Glasa Istre)

### **1.5. *Pinna nobilis* kao vrsta graditeljica**

Plemenita periska je školjkaš koji je rasprostranjen duž jadranske obale te nastanjuje pješčano dno obraslo morskim cvjetnicama (Zavodnik, 1967). To je sesilni školjkaš koji može narasti u duljinu preko jednog metra. Ukopava se u pijesak donjom trećinom svoje ljuštore te se pričvršćuje u podlogu pomoću bisusnih niti. U naseljima morskih cvjetnica može tvoriti gusta naselja, također raste i pojedinačno na pijesku bez vegetacije s nešto rjeđim naseljima. Plemenita periska ima značajnu ekološku ulogu i stoga što filtrirajući velike količine detritusa zadržava organsku tvar koja pogoduje većoj prozirnosti vode (Trigos i sur. 2014; Basso i sur., 2015). Prozirnost mora je faktor koji je ključan za morske cvjetnice, a organska tvar i detritus za periske. Odumrli dijelovi morskih cvjetnica doprinose količini organske tvari koja je prijeko potrebna za perisku, dok periska svojom filtracijom „zarobljava“ višak organske tvari i time pogoduje rastu morskih cvjetnica. Periska nastanjuje staništa koja su dobro osvijetljena, malih promjena saliniteta, umjerenih temperaturnih varijacija i sporih stalnih strujanja (Zavodnik, 1967). Na periskama se javljaju brojni epibionti kojima periska pruža čvrsti supstrat (Plečaš, 2017). Na njima nalazimo brojne mnogočetinaše, busenaste alge, rakove, spužve, mahovnjake i druge životinje (Plečaš, 2017). *Pinna nobilis* je vrsta graditeljica s višestrukom ulogom. Svojim gustim naseljima mijenja izgled staništa te time privlači



brojne morske životinje. Njezina ljuštura služi kao podloga za brojne epibiontske organizme (Plečaš, 2017), osiguravajući pogodne uvjete za naseljavanje fitala.

Na žalost, *P. nobilis* se nalazi pred velikim rizikom izumiranja uslijed infekcije patogenom *Haplosporidium pinnae*. Plemenita periska je vrsta koja će za sobom odnijeti mnogobrojne vrste koje su o njoj ovisne. Prema IUCN- u plemenita periska je u Španjolskoj izumrla, populacije u južnom Jadranu su većinom izumrle, a populacije u sjevernom Jadranu su jako reducirane u divljini, te je određen broj jedinki zbrinut u Aquariumu Pula . U listopadu 2019, IUCN ju je označio kategorijom ugroženosti kao kritično ugroženu vrstu (CR), nivo iznad izumrle u divljini (EW). U Egejskom moru su također zabilježeni događaji masovnog mortaliteta, kao i u Jonskom moru, obalama Cipra, Sardinije i Korzike. Pretpostavlja se da ključnu ulogu u širenju patogena imaju temperatura i salinitet no to je još nedovoljno istraženo.

## CILJ ISTRAŽIVANJA

1. Utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenata u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala (uvala Javorika, Nacionalni Park Brijuni) s obzirom na prisutnost/odsutnost/kombinaciju dviju graditeljskih vrsta *Cymodocea nodosa* i *Pinna nobilis*.
2. Utvrditi pojedinačni i kombinirani utjecaj dviju graditeljskih vrsta (*C. nodosa* i *P.nobilis*) na brojnost i raznolikost meiofaune u uvali Javorika (NP Brijuni).
3. Utvrditi eventualne razlike u strukturi meiofaune sedimenata na istraživanom području, ovisno o prisutnosti/odsutnosti i kombinaciju dviju graditeljskih vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis*.

## HIPOTEZA

1. Kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala uvala Javorika se razlikuje s obzirom na prisutnosti/odsutnosti i kombinaciju dviju graditeljskih vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis*.
2. Graditeljske vrste pozitivno utječu na brojnost i raznolikost meiofaune, a kombinirani utjecaj je veći od pojedinačnog.
3. Struktura meiofaune sedimenata na istraživanom području se razlikuje ovisno o prisutnosti/odsutnosti i kombinaciji dviju graditeljskih vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis*.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Istraživano područje – Uvala Javorika, Nacionalni park Brijuni

Brijuni je naziv za otočni arhipelag sastavljen od 14 otoka na jugozapadnoj obali istarskog poluotoka koji je 1983. godine proglašen nacionalnim parkom. Većinu površine nacionalnog parka obuhvaća morski akvatorij. Područje je podijeljeno u četiri zone prema kategoriji zaštićenosti: zona vrlo stroge zaštite, zona stroge zaštite, zona usmjerene zaštite i zona korištenja. U zonama vrlo stroge zaštite zabranjene su aktivnosti koje bi mogle utjecati na živi svijet u zaštićenom području, poput posjećivanja, sidrenja, plovidbe, ribolova i dr. U zoni stroge zaštite dozvoljene su neke aktivnosti uz odgovarajuću regulaciju. Zona stroge zaštite pokriva 83 % površine akvatorija nacionalnog parka (Dujmović i sur., 2016.). Većina faune slična je fauni zapadne obale Istre. Na području arhipelaga nalazimo raznovrsna područja važna za očuvanje vrsta i stanišnih tipova Natura 2000, poput: 1120 Naselja vrste *Posidonia oceanica*, 1170 Grebeni, 8330 Preplavljene ili djelom preplavljene morske špilje, 1240 Stijene i strmci mediteranskih obala obrasle endemskom vegetacijom, te 1110 Pjeskovita dna trajno prekrivena morem (Plečaš, 2017).

Na području NP Brijuni, zajednice makrobentosa su istraživane osamdesetih godina prošlog stoljeća i do današnjih dana nisu dovoljno istražene (Zavodnik i sur., neobjavljeni podaci CIM-a Rovinj). Meiofauna sedimenta do sada nije istraživana. Većina morskog dna u nacionalnom parku je pokrivena infralitoralnim sitnim pijescima uz više ili manje mulja. Takva podloga pruža prikladan supstrat za nastanjivanje morskih cvjetnica. Uvala Javorika je uvala na otoku Veliki Brijun te je relativno plitka (najveća dubina je 12 m). U uvali je zabilježen velik broj periski koje se javljaju na livadama morskih cvjetnica ili na čistom pjeskovitom dnu. Prevladavajuća biocenoza je Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala u kojoj je mozaično razvijena Asocijacije s vrstom *Cymodocea nodosa* i u kojoj se može pronaći i vrsta školjkaša plemenita periska (*Pina nobilis*). Samim time što je dno uvale pjeskovito i biocenološki raznoliko, uvala pruža mogućnosti za istraživanje meiofaune sedimenta na tipu dna koje je slabije zastupljeno, a time i slabije istraženo uz istočnu obalu Jadrana.

Istraživane postaje su odabrane temeljem kriterija prisutnosti/ odsutnosti pojedine graditeljske vrste - školjkaša *P. nobilis* (P1) i morske cvjetnice *C.nodosa* (C1) ili njihove kombinacije (CP1), kako bi se utvrdilo postoji li razlika u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu meiofaune s obzirom na prisutnost graditeljskih vrsta. Kao referentna lokacija, određena je postaja unutar zajednice sitnih ujednačenih pijesaka (S1) na kojem nisu prisutne graditeljske vrste (**Tablica 3.**).



**Tablica 3.** Naziv postaje s opisnim karakteristikama dna.

Naziv postaje	Replikati	Karakteristika postaje
S1	a,b,c	Pjeskovito dno bez prisutnosti graditeljskih vrsta
P1	a,b,c	Pjeskovito dno s periskama
C1	a,b,c	Pjeskovito dno s morskom cvjetnicom <i>C.nodosa</i>
CP1	a,b,c	Pjeskovito dno s periskama unutar naselja vrste <i>C.nodosa</i>

## 2.2. Uzorkovanje, obrada i analiza sedimenta

Uzorci sedimenta prikupljeni su *in situ*, metodom autonomnog ronjenja, korištenjem ručnih korera od pleksiglasa promjera 3,5 cm. Korer za analizu redoks potencijala perforiran je na razmacima od 1 cm. Na svakoj postaji uzeta su tri replikatna uzorka sedimenta (a, b, c) za analizu meiofaune, te dodatni uzorci za mjerenje: 1) redoks potencijala, 2) sadržaja organske tvari i 3) granulometrijskog sastava sedimenta. Analizirano je površinskih 10 cm sedimenta.

Redoks potencijal je izmjeren neposredno nakon izrona, sadržaj organske tvari po dolasku u laboratorij, a sediment za granulometrijske analize je osušen i pripremljen za naknadnu laboratorijsku obradu.

Vertikalni profil redoks potencijala mjeren je u intervalima od 1 cm multiparametarskim mjernim instrumentom Jenco 6230 N (**Slika 5a**).

Uzorci sedimenta za analizu ukupnog sadržaja organske tvari obrađeni su standardnom metodologijom koja uključuje: sušenje u sušioniku na temperaturi od 105°C do stalne težine, mjerenje suhe težine sedimenta, žarenje suhog sedimenta u mufolnoj peći na temperaturi 450°C tijekom 4 sata i vaganje pepela preostalog nakon žarenja (Parker, 1982).

Uzorci za određivanje tipa sedimenta su osušeni na sobnoj temperaturi, izvagani na elektronskoj vagi Mettler Toledo i obrađeni metodom mokrog i suhog sijanja (Buchanan & Kain, 1971). Mokro sijanje kroz sito veličine oka 63 µm provedeno je u cilju odjeljivanja sitnozrnate (silt i glina) od krupnozrnate frakcije sedimenta (pijesak i šljunak). Krupnozrnati dio sedimenta je osušen, izvagan i prosijan na 2 mm i 63 µm situ. Sediment je mokro prosijan kroz sito veličine oka 63 µm kako bi se odvojio sitnozrnati dio sedimenta (silt i glina) od krupnozrnatog (pijesak i šljunak), a krupnozrnati dio je osušen, izvagan i prosijan na mehaničkoj tresilici Tyler (**Slika 5b**), korištenjem silazne serije sita veličine oka -2 do +4 Φ u intervalima 1Φ: granulometrijska analiza sastava sedimenta napravljena standardnom metodologijom (Shepard 1951; Folk i Ward, 1957).



a

b

**Slika 5. a)** multiparametarski mjerni instrument za mjerenje redoks potencijala, **b)** mehanička tresilica za separaciju krupnozrnatih frakcija sedimenta.

### 2.3. Ekstrakcija i analiza meiofaune

Uzorci sedimenta za analizu meiofaune su fiksirani 4% neutraliziranom otopinom formaldehida s dodatkom Rose-bengala. Meiofauna je pripremljena za ekstrakciju ispiranjem formalina i reduciranjem volumena sedimenta kroz sito veličine oka 500  $\mu\text{m}$ , na sito veličine oka 63  $\mu\text{m}$  (**Slika 6**). Ekstrakcija je obavljena postupkom centrifugiranja sedimenta koje se zadržalo na 63  $\mu\text{m}$  situ, uz dodatak koloidne suspenzije Ludox HS40 (Danovaro, 2004).



**Slika 6.** Sediment s veličinskom frakcijom meiofaune (63-500  $\mu\text{m}$ )

Sediment iz svakog replikata je ravnomjerno razdijeljen u 4 kivete za centrifugiranje i na svaki volumen sedimenta je dodan trostruki volumen Ludox TM otopine. Ujednačena je masa sadržaja, nakon čega je obavljeno centrifugiranje pri brzini okretaja 3000 rpm (**Slika 7.**) u trajanju 10 minuta. Otopina Ludoxa procijeđena u laboratorijsku čašu vraćena je u kivete i cijeli postupak je

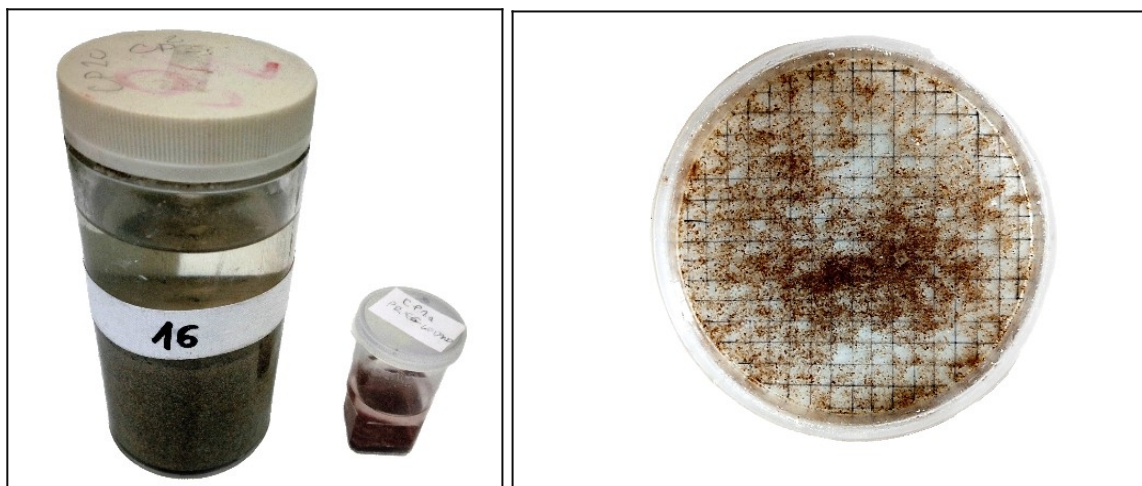
ponovljen još dva puta. Nakon svakog centrifugiranja supernatant s meiofaunom je prosijan kroz 63  $\mu\text{m}$ . sito postavljeno na laboratorijskoj čaši, ispran tekućom vodom i pipetom prebačen u spremnike manjeg volumena. Ekstrahirani materijal, koji sadrži meiofaunu i čestice sedimenta istog veličinskog razreda, ponovo je fiksiran 4% formalinom uz dodatak Rose Bengala i pohranjen do daljnje obrade.



**Slika 7.** Centrifuga korištena za odjeljivanje meiofaune iz sedimenta.

### **2.3. Kvantitativna i kvalitativna analiza meiofaune**

Kvantitativna i kvalitativna analiza meiofaune obavljena je pregledom uzoraka prebačenih u petrijevku, korištenjem binokularne lupe Olympus S2X12 (**Slika 8**). Dno petrijevke s mrežom kvadratića veličine 0,5x0,5 cm je poslužilo svrsi lakšeg brojanja organizama. U svakom kvadratiću su izbrojani i identificirani svi organizmi - na razini konstitutivnih jedinica meiofaune (metoda totalnog cenzusa).



a

b



c

**Slika 8.** a) uzorak sedimenta s meiofaunom prije i nakon centrifugiranja, b) petrijevka s mrežom za brojanje organizama b) uzorak spreman za analizu.

Rezultati analiza su objedinjeni, unesešeni u tablice i obrađeni u Microsoft Excel programu: napravljena je osnovna deskriptivna statistika i izrađene odgovarajuće slike. Univarijatne (ANOVA) i multivarijatne analize (MDS, ANOSIM, SIMPER) su provedene korištenjem softverskog paketa Primer V5.

### 3. REZULTATI

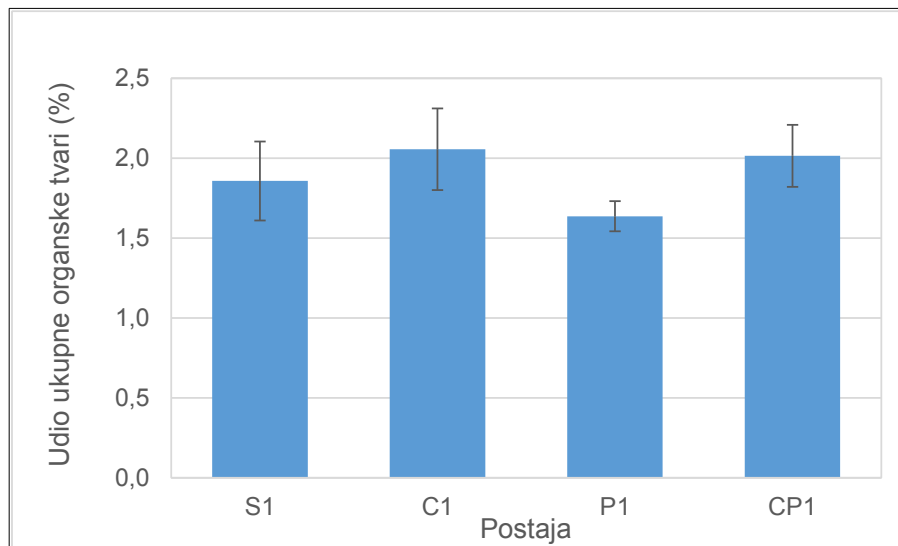
U ovom poglavlju su prikazani rezultati analiza meiofaune sedimenta u infralitoralnoj zajednici G.3.2.3. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala u uvali Javorika, Veliki Brijun. U tablicama je prikazan kvalitativni i kvantitativni sastav jedinki na istraživanim postajama. Kvalitativni sastav uključuje konstitutivne jedinice meiofaune (svoje različitog taksonomskog ranga) na pojedinoj postaji, a kvantitativni sastav brojnost tih svojti u pojedinom replikatu i cijelom uzorku. U tablicama su prikazane vrijednosti apsolutne brojnosti - ukupne i prosječne s odgovarajućom standardnom devijacijom, te relativne brojnosti (dominantnost) pojedinih skupina.

#### 3.1. Sedimentološke analize

Rezultati koji se odnose na analize sedimenta dio su kompleksnog istraživanja meiofaune sedimenta u uvali Javorika, a za potrebe ovog rada su ustupljeni od doc.dr.sc. Ane Travizi.

Na svim postajama, redoks potencijal je bio pozitivan u cijelom stupcu sedimenta. Vrijednosti redoks potencijala su se kretale između 1.3 i 2.3 mV, a općenito su neznatno opadale s dubinom sedimenta.

Ukupni udio organske tvari (TOM) bio je nizak na svim postajama - kretao se unutar uskog raspona vrijednosti 1-2%, a varijabilnost među replikatnim uzorcima je bila vrlo niska. Najniža vrijednost udjela organske tvari je zabilježena na sedimentu bez vegetacije s vrstom *P. nobilis* kao sekundarnom graditeljicom, te nešto viša na sedimentu bez graditeljskih vrsta. Najviše vrijednosti utvrđene su na postajama s primarnom graditeljskom vrstom *C. nodosa*, uključujući i kombinaciju s vrstom *P. nobilis* (**Slika 9**). Statističkom analizama (jednosmjerna ANOVA) nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju organske tvari među različitim tipovima lokaliteta  $F(3,8)$   $p>0,05$ .



**Slika 9.** Udio ukupne organske tvari (TOM %) na istraživanim postajama

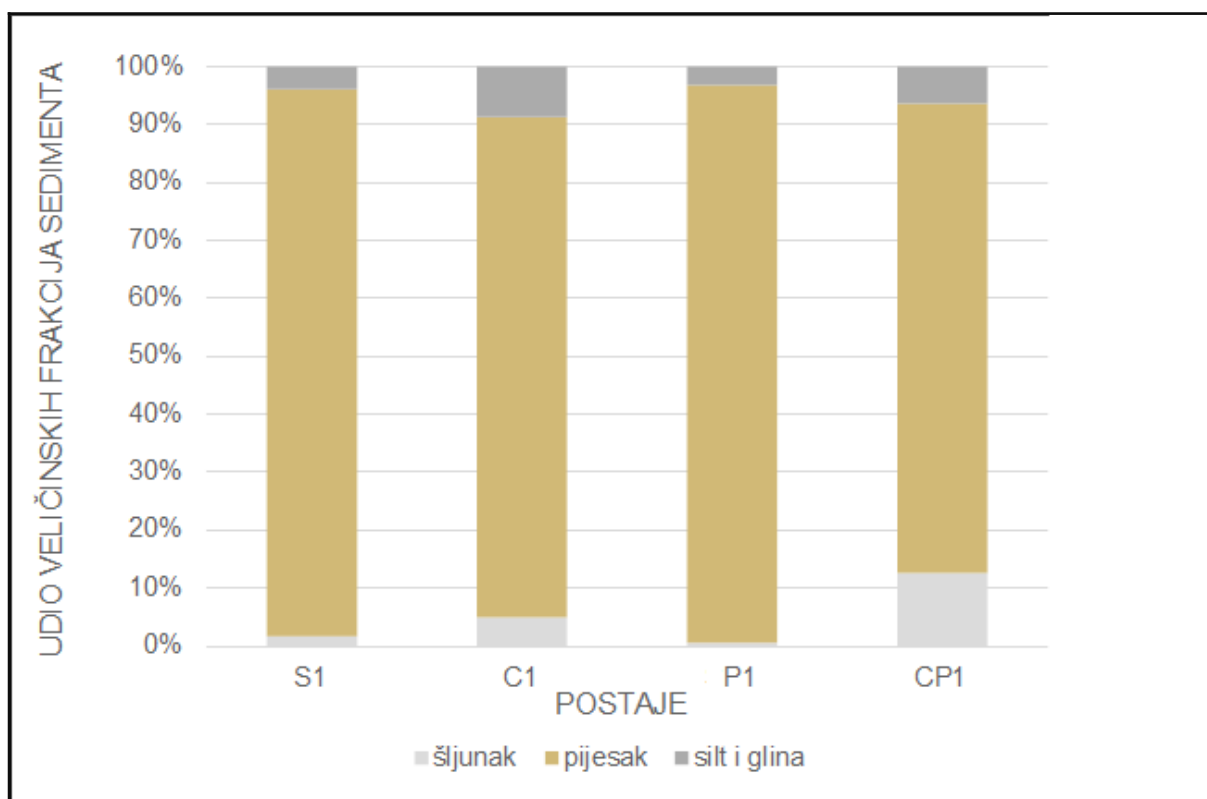
Osnovne granulometrijske karakteristike sedimenta prikazane su u **Tablici 4**. U svim uzorcima izrazito je prevladavala pjeskovita komponenta. Udio pijeska se kretao između 81 i 96%, a bio je viši na lokalitetima bez vegetacije. Na tim postajama zabilježen je niži udio šljunka, te silta i gline. Na svim postajama frakcija šljunka je bila zastupljena materijalom biogenog porijekla - ostacima kućica, ljuštura i drugih dijelova skeleta bentoskih beskralješnjaka. Na temelju klasifikacije prema Shepardu, na svim postajama je utvrđen isti – pjeskoviti tip sedimenta.

Medijan veličine zrna ( $M_d$ ) i koeficijent sortiranja ( $S_o$ ) ukazivali su na razlike u pogledu prevladavajuće frakcije pijeska, te stupnja sortiranosti sedimenta na postajama sa i bez vegetacije, dominaciju srednjezrnate frakcije pijeska na sedimentu bez graditeljskih vrsta i sedimentu bez vegetacije. Na postajama s vrstom *C. nodosa* sediment je bio slabo sortiran, pri čemu je na postaji bez *P. nobilis* prevladavala sitnozrnata frakcija, a u prisustvu obje graditeljske vrste krupnozrnata frakcija. Na postajama bez vegetacije prevladavala je srednjezrnata frakcija pijeska, a sediment je bio umjereno sortiran.

**Tablica 4.** Rezultati granulometrijske analize sedimenta: udio osnovnih frakcija sedimenta – šljunka, pijeska te silta i gline, Medijan veličine zrna (Md), koeficijent sortiranosti (So), te klasifikacije Tipa sedimenta prema Shepardu (1954) i stupnja sortiranosti prema Trasku (1930).

POSTAJE	S1	C1	P1	CP1
<b>šljunak</b>	1.71	4.97	0.65	12.62
<b>pijesak</b>	94.41	86.37	96.16	81.03
<b>silt i glina</b>	3.88	8.66	3.19	6.35
<b>Md</b>	1.05	2.25	1.10	0.90
<b>So</b>	0.82	1.35	0.92	1.47
<b>Sortiranost</b>	umjereno	slabo	umjereno	slabo
<b>Tip sedimenta</b>	Pijesak	Pijesak	Pijesak	Pijesak

Granulometrijski sastav na temelju udjela osnovnih frakcija sedimenta prikazan je na **Slici 10**.



**Slika 10.** Udio šljunka, pijeska te silta i gline na istraživanim postajama.

### 3.2. Meiofauna u naselju morske cvjetnice *Cymodocea nodosa*

U **Tablici 5.** je prikazan kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta u naselju morske cvjetnice *Cymodocea nodosa*.

**Tablica 5.** Kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta na postaji C1. a, b, c – apsolutna brojnost svojti u replikatnim uzorcima,  $\Sigma$  - ukupna brojnost meiofaune na istraživanoj postaji (broj jedinki 10 cm<sup>-2</sup>), PBS prosječna brojnost svojti i njena STD- standardna devijacija, relativna brojnost svojti (%).

<b>C 1</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>%</b>	<b>PBS</b>	<b>STD</b>
Nematoda	903	653	1106	2662	69.91	887.33	226.91
Copepoda	411	183	321	915	24.03	305.00	114.84
Polychaeta	45	6	26	77	2.02	25.67	19.50
Turbellaria	21	6	18	45	1.18	15.00	7.94
Tardigrada	0	2	0	2	0.05	0.67	1.15
Gnathostomulida	6	4	10	20	0.53	6.67	3.06
Hydrozoa	0	1	0	1	0.03	0.33	0.58
Ostracoda	45	6	15	66	1.73	22.00	20.42
Isopoda	4	0	3	7	0.18	2.33	2.08
Kinoryncha	2	0	8	10	0.26	3.33	4.16
Acari	3	0	0	3	0.08	1.00	1.73
<b>UKUPNO</b>	<b>1440</b>	<b>861</b>	<b>1507</b>	<b>3808</b>	<b>100.00</b>	<b>1269.33</b>	<b>355.21</b>

Na postaji C1 zabilježeno je 11 konstitutivnih skupina meiofaune sedimenta. Ukupna brojnost iznosila je 3808 jedinki 10cm<sup>-2</sup>, a prosječna brojnost 1269 +/- 355 jedinki 10cm<sup>-2</sup>. U sastavu meiofaune dominirala je skupina Nematoda (70%), slijedila je skupina Copeoda (24%), a ostalih devet svojti, među kojima su se brojnošću isticale skupine Ostracoda, Polychaeta i Turbellaria, zajedno su obuhvaćale 6% ukupnog sastava meiofaune.



### 3.3. Meiofauna u naselju morske cvjetnice *C. nodosa* s plemenitom periskom *Pinna nobilis*

U **Tablici 6.** je prikazan kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta u naselju morske cvjetnice *Cymodocea nodosa* s plemenitom periskom.

**Tablica 6.** Kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta na postaji CP1. a, b, c – apsolutna brojnost svojti u replikatnim uzorcima,  $\Sigma$  - ukupna brojnost meiofaune na istraživanoj postaji (broj jedinki 10 cm<sup>-2</sup>), PBS prosječna brojnost svojti i njena STD- standardna devijacija, relativna brojnost svojti (%).

CP1	a	b	c	$\Sigma$	%	PBS	STD
Nematoda	1987	1982	755	4724	85.07	1574.67	709.86
Copepoda	226	212	123	561	10.10	187.00	55.87
Polychaeta	21	13	10	44	0.79	14.67	5.69
Turbellaria	7	13	8	28	0.50	9.33	3.21
Tardigrada	1	2	0	3	0.05	1.00	1.00
Gnathostomulida	15	16	9	40	0.72	13.33	3.79
Ostracoda	28	20	13	61	1.10	20.33	7.51
Decapoda	0	0	1	1	0.02	0.33	0.58
Isopoda	11	5	3	19	0.34	6.33	4.16
Kinorhyncha	3	2	1	6	0.11	2.00	1.00
Gastrotricha	2	0	0	2	0.04	0.67	1.15
Gastropoda	1	0	1	2	0.04	0.67	0.58
Tanaidacea	11	13	3	27	0.49	9.00	5.29
Nemertea	14	8	7	29	0.52	9.67	3.79
Acari	0	1	0	1	0.02	0.33	0.58
Oligochaeta	0	1	0	1	0.02	0.33	0.58
Rotifera	0	1	0	1	0.02	0.33	0.58
Asteroidea	0	0	1	1	0.02	0.33	0.58
Cumacea	0	0	2	2	0.04	0.67	1.15
<b>UKUPNO</b>	<b>2327</b>	<b>2289</b>	<b>937</b>	<b>5553</b>	<b>100.00</b>	<b>1851.00</b>	<b>791.78</b>

Na postaji CP1 zabilježeno je 19 konstitutivnih skupina meiofaune sedimenta. Ukupna brojnost iznosila je 5553 jedinki 10cm<sup>-2</sup>, a prosječna brojnost 1851 +/- 792 jedinki 10cm<sup>-2</sup>. U sastavu meiofaune dominirala je skupina Nematoda (85%), slijedila je skupina Copepoda (10 %), a ostalih sedamnaest svojti, među kojima su se brojnošću isticale skupine Ostracoda, Polychaeta,

Gnathostomulida, Turbellaria, Isopoda, Nemertea i Tanaidacea , zajedno su obuhvaćale 5 % ukupnog sastava meiofaune. Postaja CP1 iskazuje najveću brojnost predstavnika isto tako i najveću raznolikost skupina.

### 3.4. Meiofauna u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala s vrstom *P. nobilis* (površine dna bez prisutnosti vrste *C. nodosa* )

U **Tablici 7.** je prikazan kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala s vrstom *P. nobilis*, bez prisutnosti morske cvjetnice *C. nodosa*.

**Tablica 7.** Kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta na postaji P1. a, b, c – apsolutna brojnost svojti u replikatnim uzorcima,  $\Sigma$  - ukupna brojnost meiofaune na istraživanoj postaji (broj jedinki 10 cm<sup>-2</sup>), PBS prosječna brojnost svojti i njena STD- standardna devijacija, relativna brojnost svojti (%).

P1	a	b	c	$\Sigma$	%	PBS	STD
Nematoda	296	501	138	935	82.60	311.67	182.01
Copepoda	27	59	11	97	8.57	32.33	24.44
Polychaeta	7	4	5	16	1.41	5.33	1.53
Turbellaria	8	21	6	35	3.09	11.67	8.14
Gnathostomulida	8	10	3	21	1.86	7.00	3.61
Ostracoda	3	13	1	17	1.50	5.67	6.43
Isopoda	0	0	5	5	0.44	1.67	2.89
Priapulida	0	1	1	2	0.18	0.67	0.58
Bivalvia	1	0	1	2	0.18	0.67	0.58
Tanaidacea	0	0	1	1	0.09	0.33	0.58
Mystacocarida	1	0	0	1	0.09	0.33	0.58
<b>UKUPNO</b>	<b>351</b>	<b>609</b>	<b>172</b>	<b>1132</b>	<b>100</b>	<b>377.33</b>	<b>219.69</b>

Na postaji P1 zabilježeno je 11 konstitutivnih skupina meiofaune sedimenta. Ukupna brojnost iznosila je 1132 jedinki 10cm<sup>-2</sup>, a prosječna brojnost 377 +/- 220 jedinki 10cm<sup>-2</sup>. U sastavu meiofaune dominirala je skupina Nematoda (82%), slijedila je skupina Varia (9,5 %) kojima su se

brojnošću isticale skupine Ostracoda, Polychaeta, Gnathostomulida, Turbellaria te skupina Copepoda (8,5 %).

### 3.5. Meiofauna u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala (površine dna bez prisutnosti vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis*)

U **Tablici 8.** je prikazan kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala, bez prisutnosti graditeljskih vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis*.

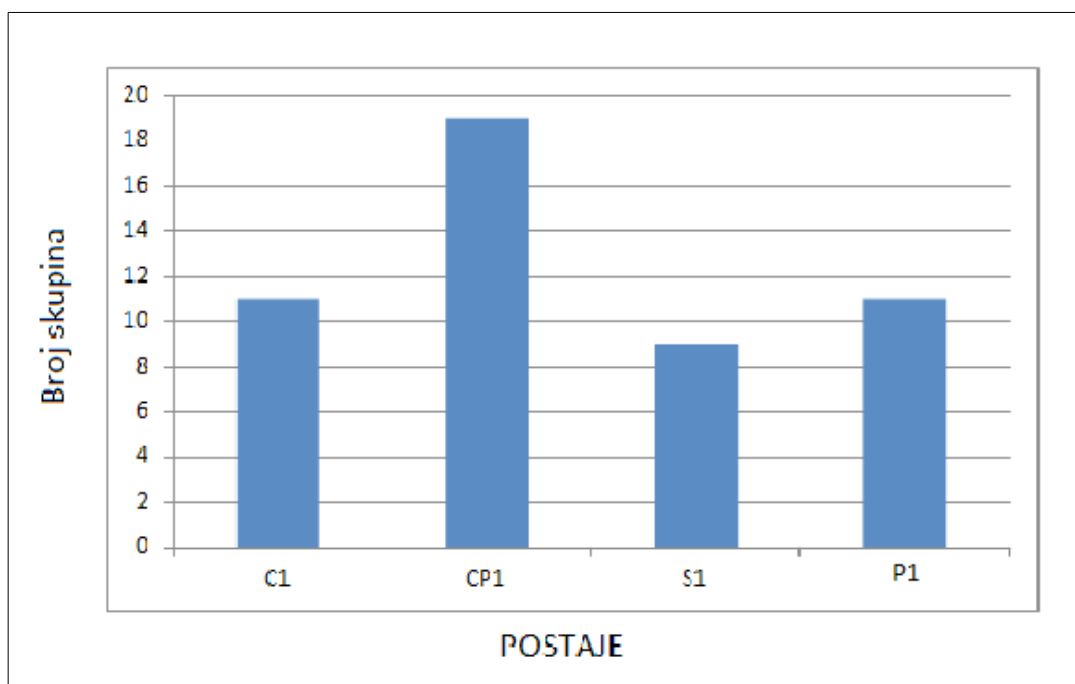
**Tablica 8.** Kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenta na postaji S1. a, b, c – apsolutna brojnost svojti u replikatnim uzorcima,  $\Sigma$  - ukupna brojnost meiofaune na istraživanoj postaji (broj jedinki  $10\text{ cm}^{-2}$ ), PBS prosječna brojnost svojti i njena STD- standardna devijacija, relativna brojnost svojti (%).

S1	a	b	c	$\Sigma$	%	PBS	STD
Nematoda	447	1036	483	1966	83.98	655.33	330.16
Copepoda	76	124	81	281	12.00	93.67	26.39
Polychaeta	2	10	6	18	0.77	6.00	4.00
Turbellaria	6	2	6	14	0.60	4.67	2.31
Gnathostomulida	1	6	3	10	0.43	3.33	2.52
Ostracoda	13	14	5	32	1.37	10.67	4.93
Isopoda	0	4	1	5	0.21	1.67	2.08
Nemertea	0	6	6	12	0.51	4.00	3.46
Rotifera	0	1	2	3	0.13	1.00	1.00
<b>UKUPNO</b>	<b>545</b>	<b>1203</b>	<b>593</b>	<b>2341</b>	<b>100.00</b>	<b>780.33</b>	<b>366.83</b>

Na postaji S1 zabilježeno je 9 konstitutivnih skupina meiofaune sedimenta. Ukupna brojnost iznosila je 2341 jedinki  $10\text{ cm}^{-2}$ , a prosječna brojnost  $780 \pm 367$  jedinki  $10\text{ cm}^{-2}$ . U sastavu meiofaune dominirala je skupina Nematoda (84 %), slijedila je skupina Copepoda (12%), a ostalih sedam svojti, među kojima su se brojnošću isticale skupine Ostracoda, Polychaeta, Gnathostomulida, Turbellaria i Nemerta zajedno su obuhvaćale 4 % ukupnog sastava meiofaune.

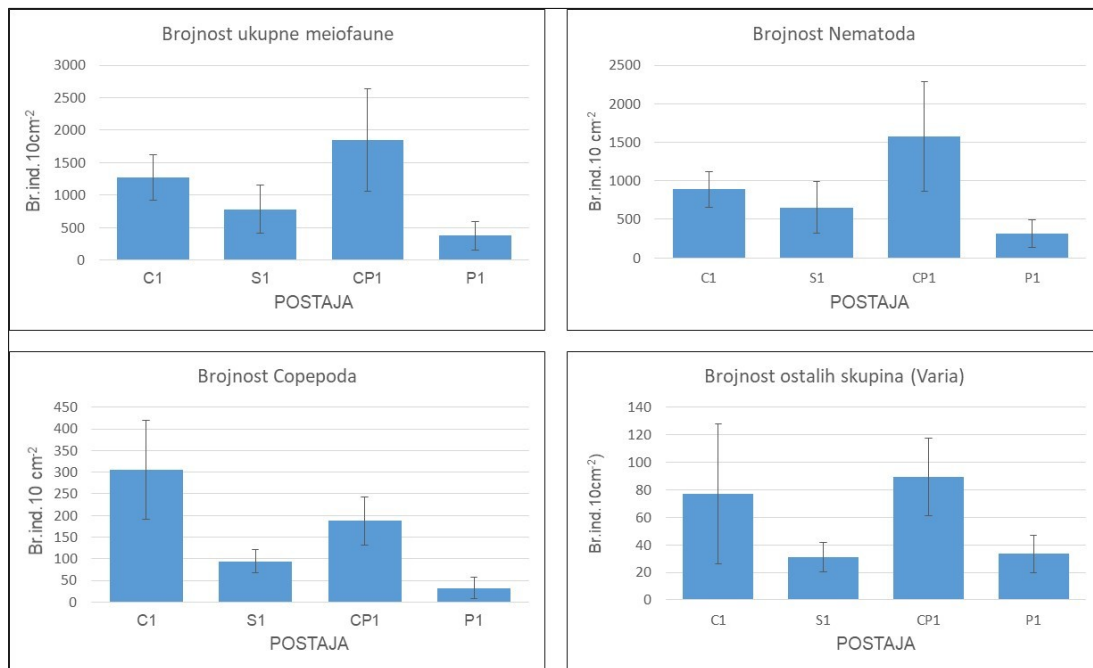
### 3.6. Usporedna analiza kvalitativnog i kvantitativnog sastava meiofaune sedimenta na istraživanom području

U ovom poglavlju uspoređen je sastav meiofaune sedimenata na istraživanom području. Najveći broj konstitutivnih svojti zabilježen je u zajednici morske cvjetnice *C. nodosa* s plemenitom periskom (CP1), zatim u naselju vrste *C. nodosa* bez plemenite periske (C1) i istraživanoj zajednici bez prisutnosti morske cvjetnice (P1), te na kraju na referentnoj postaji (S1) (Slika 11.).



**Slika 11.** Usporedni prikaz broja konstitutivnih svojti na istraživanom području.

Apsolutne vrijednosti brojnosti dominantnih skupina Nematoda i Copepoda, te zbirno svih ostalih skupina (Varia) prisutnih na pojedinoj postaji prikazane su na **Slici 12.** Najviše vrijednosti svih skupina zabilježene su na postaji CP1, a najniže na postaji P1. Najveća vrijednost ukupne meiofaune zabilježena je na postaji CP1 (1851), a najniža na postaji P1 (378).



**Slika 12.** Apsolutna brojnost meiofaune, Nematoda, Copepoda i ostalih konstitutivnih skupina zajedno (Varia). Stupićima su prikazane srednje vrijednosti po postaji (N=3), a raspon prikazuje standardnu devijaciju.

Rezultati su pokazali da je trend apsolutne i relativne brojnosti Nematoda, Copepoda te ostalih svojti zajedno jednak na svim postajama, s tim da su Nematoda izrazito dominantni, Copepoda predstavljaju drugu skupinu po brojnosti, a svi ostali taksoni imaju male pojedinačne vrijednosti brojnosti koje su zajedno znatno manje od brojnosti Copepoda, osim na referentnoj postaji.

Sličnosti i razlike u strukturi meiofaune sedimenta unutar i između uspoređivanih postaja analizirani su univarijantnim (jednosmjerna analiza varijance, ANOVA) i multivarijantnim metodama (Bray-Curtisovi koeficijenti similariteta i MDS).

Rezultati ANOVE su pokazali postojanje statistički značajnih razlika (\*) među uspoređivanim postajama u pogledu gustoće meiofaune, Nematoda i Copepoda, ali ne i u pogledu grupacije Varia (**Tablica 9**).

**Tablica 9.** Rezultati analize varijance (ANOVA) za utvrđivanje razlika među uspoređivanim lokalitetima s obzirom na gustoću ukupne meiofaune, Nematoda, Copepoda i svih ostalih skupina meiofaune (Varia).

<b>IZVOR VARIJABILITETA</b>	<b>df</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>
<b>UKUPNA</b>				
<b>MEIOFAUNA</b>				
Među postajama	3	916.68	305.56	6.06*
Unutar postaja	8	403.16	50.39	
Ukupno	11	1319.84		
<b>NEMATODA</b>				
Među postajama	3	741.11	247.04	5.54*
Unutar postaja	8	356.42	44.55	
Ukupno	11	1097.53		
<b>COPEPODA</b>				
Među postajama	3	87.18	29.06	5.11*
Unutar postaja	8	45.47	5.68	
Ukupno	11	132.65	5.68	
<b>VARIA</b>				
Među postajama	3	33.33	11.11	3.07
Unutar postaja	8	28.99	3.62	
Ukupno	11	62.33		

Pozitivni nalazi testirani su Scheffe-ovim testom, kojim se utvrđuje statistička značajnost razlike (\*) među konkretnim parovima postaja. U pogledu ukupne gustoće Meiofaune, te ukupne gustoće Nematoda takva razlika utvrđena je samo između postaja CP1 i P1. U pogledu ukupne gustoće Copepoda statistički značajne razlike su zabilježene između postaje C1 i postaja S1, odnosno P1, te postaje CP1 i P1. Između postaje referentnog tipa (S1) i obje postaje s vrstom *P. nobilis* (CP1 i P1) takve razlike nisu utvrđene, a nisu utvrđene ni razlike između obje postaje na kojima je prisutna *C. nodosa* (Tablici 10).

1\* označava statistički značajnu razliku,  $p < 0.05_{(3,8)} = 4.070$

**Tablica 10.** Rezultati testiranja razlika u gustoći ukupne meiofaune, Nematoda, Copepoda među uspoređivanim lokalitetima.

POSTAJE	Meiofauna	Nematoda	Copepoda
C1 vs S1	1.86	0.69	35.24* <sup>2</sup>
C1 vs CP1	1.40	2.87	7.25
C1 vs P1	8.13	5.27	59.99*
S1 vs CP1	6.49	6.37	10.53
S1 vs P1	2.21	2.15	3.27
CP1 vs P1	16.28*	15.92*	25.54*

Rezultati analize kvalitativnog i kvantitativnog sastava meiofaune izračunom Bray-Curtisovih koeficijenata similariteta unutar i između uspoređivanih postaja prikazani su u **Tablici 11**. Unutar postaje bez graditeljskih vrsta (referentne postaje, S1) sličnost u strukturi zajednica meiofaune je bila najveća (79-96%); nešto manja sličnost je zabilježena unutar postaje s graditeljskom vrstom *C. nodosa* (73-93%), te postaje s vrstom *P. nobilis* (78-82%), odnosno postaje s obje graditeljske vrste (75-85%). Prosječne vrijednosti sličnosti unutar pojedinih postaja su iznosile: 80% (P1), 81% (C1 i CP1) i 85% (S1). Među različitim postajama sličnost u strukturi meiofaune je redovito bila manja, s tim da su najveće razlike ( $\bar{x}$ =58%) zabilježene između dviju postaja s vrstom *P. nobilis* (CP i P), a najmanje između referentnog tipa staništa i staništa s vrstom *C. nodosa* ( $\bar{x}$ =79%).

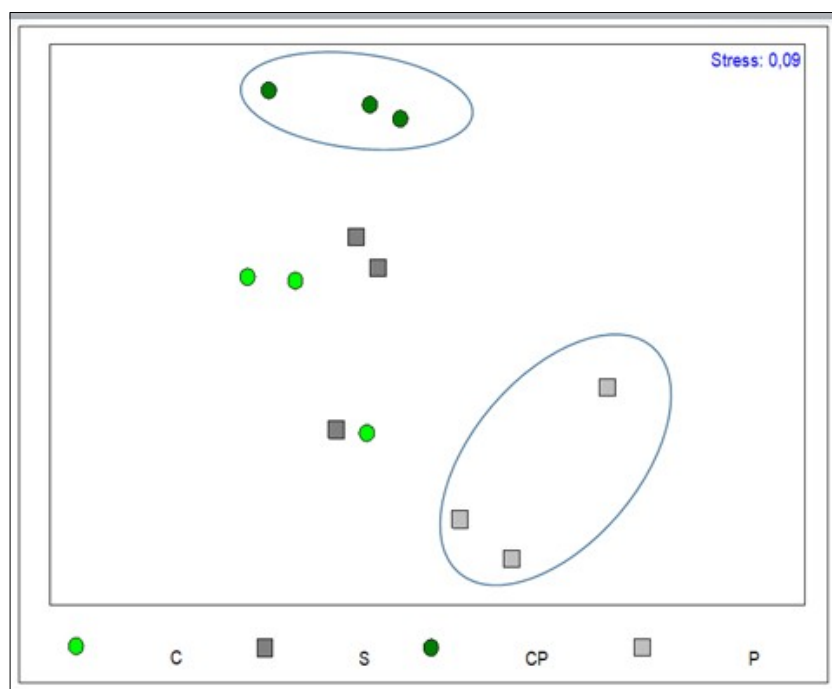
2 \* označava statistički značajnu razliku

**Tablica 11.** Razina sličnosti među uspoređivanim postajama izračunata na temelju gustoće svih pojedinih svojiti meiofaune prisutnih na istraživanom području. Iskazana je matricom Bray-Curtisovih koeficijenata similariteta (u %).

	C1a	C1b	C1C	S1a	S1b	S1c	CP1a	CP1b	CP1c	P1a	P1b	P1c
C1a	-											
C1b	73	-										
C1C	93	77	-									
S1a	77	85	81	-								
S1b	79	74	82	79	-							
S1c	75	75	79	81	96	-						
CP1a	75	68	78	63	75	72	-					
CP1b	79	67	76	62	80	77	85	-				
CP1c	72	62	76	64	75	73	82	75	-			
P1a	60	76	63	73	61	63	57	56	51	-		
P1b	66	81	69	80	65	67	60	60	54	82	-	
P1c	61	67	64	63	62	64	65	64	59	78	79	-

Na temelju Bray-Curtisove matrice similariteta konstruiran je MDS grafički prikaz koji ukazuje na faunističku sličnost među uspoređivanim postajama. Prostorna konfiguracija postaja prikazuje izdvajanje dvije skupina uzoraka, jedne na postaji s obje graditeljske vrste (CP) i druge na sedimentu s vrstom *P.nobilis* (P) (Slika 13).





**Slika 13.** MDS prikaz prostorne raspodjele meiofaune s obzirom na tip postaje. C – sediment s vrstom *C. nodosa*, S - sediment bez graditeljskih vrsta, CP- sediment s graditeljskim vrstama *C. nodosa* i *P. nobilis*, P- sediment bez vegetacije s vrstom *P. nobilis*.

Završni korak analize similariteta (ANOSIM test) ukazuje na statistički značajnu razliku u strukturi meiofaune sedimenta na postaji s obje graditeljske vrste (CP) u odnosu na ostale tri postaje, kao i statistički značajnu razliku u strukturi meiofaune sedimenta na postaji s vrstom *P. nobilis* (bez vegetacije) u odnosu na ostale tri postaje. U pogledu strukture meiofaune sedimenta među postajama referentne skupine i postajama s vrstom *C. nodosa* bez prisutnosti periske, nije utvrđena statistički značajna razlika (**Tablica 12**).

**Tablica 12.** Rezultati ANOSIM testa.

POSTAJE	R statistika
C1 vs S1	0.407
C1 vs CP1	0.556
C1 vs P1	0.778*
SP1 vs CP1	0.852*
S1 vs P1	0.815
CP1 vs P1	1.000*

\* označava statistički značajnu razliku

Kako bi ustanovili koliko pojedine svojte meiofaune doprinose utvrđenim razlikama u strukturi zajednica, među uspoređivanim smo postajama proveli SIMPER analizu. Pojedinačni doprinos razlikama između postaja CP te P i ostale 3 postaje prikazan je u **Tablici 13**.

**Tablica 13.** Pojedinačni doprinos svojti postotku disimilariteta među uspoređivanim postajama.

<b>SVOJTA/POSTAJE</b>	<b>CP vs C</b>	<b>CP vs S</b>	<b>CP vs P</b>	<b>P vs C</b>	<b>P vs S</b>
Nematoda	31.8	40.6	40.0	31.4	32.5
Copepoda	12.6	10.9	15.3	29.3	16.9
Nemertea	9.1	4.2	5.8		6.1
Tanaidacea	8.4	8.0	4.6		
Polychaeta	5.5	4.1	2.7	5.8	
Ostracoda	5.0	3.5	4.4	6.0	5.7
Isopoda	3.8	4.2	3.3	2.8	4.2
Gnathostomulida	3.3	5.4		6.3	6.6
Turbellaria	3.3	2.5	1.5		4.2
Kinorhyncha	3.3	3.9	2.6	3.3	
Tardigrada	2.2	2.1	3.4	5.0	10.0
Gastropoda	2.1				
Acari					
Rotifera					3.1

## 4. DISKUSIJA

Graditeljske vrste (engl. ecosystem engineers) su organizmi koji posredno ili neposredno moderiraju dostupnost resursa drugim vrstama u zajednici, uzrokujući promjene biotičkih i/ili abiotičkih uvjeta (Rabaut i sur., 2009). Čine to stvaranjem ili modificiranjem mikrostaništa uključujući dostupnost različitih resursa (Jones i sur., 1994). Preoblikovanjem abiotskih uvjeta okoliša, graditeljske vrste mijenjaju uvjete koji utječu na interakcije između organizama i u znatnoj mjeri ih određuju (Wilby, 2002; Byers et al., 2006).

U bentoskim zajednicama graditeljske vrste u pravilu imaju pozitivan utjecaj, ukoliko se ne radi o alohtonim invazivnim vrstama koje svojim širenjem potiskuju prirodne zajednice. Brojna istraživanja su pokazala da morske cvjetnice kao graditeljske vrste imaju pozitivan utjecaj na bioraznolikost bentoskih zajednica pospješujući stabilnost mekih dna i heterogenosti staništa, a time i rast broja ekoloških niša pogodnih za naseljavanje, ishranu, razmnožavanje i zaštitu od predatora (Gibson 2001; Emmet Duffy 2006; Bos i sur., 2007). Za razliku od makrobentosa, utjecaj morskih cvjetnica na strukturu meiofaune sedimenta je vrlo slabo istražen. Prema dostupnim izvorima, postoji tek nekolicina istraživanja o meiofauni sedimenta u naseljima morskih cvjetnica Sredozemnog mora (Danovaro, 1996; Danovaro i sur., 2002; Mitwally i sur., 2005; Carugati i sur., 2008; Budicin 2012; Mascart i sur., 2013; Pusceddu i sur., 2016). U usporedbi s morskim cvjetnicama kao primarnim graditeljima bentoskih zajednica, utjecaj pojedinih predstavnika makrofaune (sekundarnih graditelja) koji pružaju prethodno navedene usluge/resurse (uključujući i bioturbaciju) drugim vrstama makrofaune su slabije istražene (Watzin, 1983; Olafsson, 2003; Giere 2009), a na razini meiofaune poznavanje njihovog utjecaja je još daleko slabije (Olafsson 2003; Giere, 2009).

U ovom radu istraživano je područje s minimalnim antropogenim utjecajem u prošlosti i sadašnjosti. Brijunsko otočje, a posebno otok veliki Brijun u čijem sklopu se nalazi uvala Javorika do 1992. godine je bio vojno područje s vrlo ograničenim pristupom – uključujući znanstvena istraživanja. Proglašenjem Nacionalnog parka 1983. godine, područje je obuhvaćeno posebnim režimom zaštite, pa s prilično velikom sigurnošću možemo pretpostaviti da je izloženo minimalnom antropogenom utjecaju, da u tom smislu predstavlja jedno od najočuvanijih područja na istočnoj obali Jadrana, te da će eventualne razlike među izabranim lokalitetima biti prije svega rezultat prirodnog utjecaja, odnosno biotičkim i abiotičkim razlikama mikrostaništa u naselju morske cvjetnice *C. nodosa*.

Analiza uzoraka sedimenta na postajama pokazala je da postoje statistički značajne razlike u brojnosti ukupne meiofaune, Nematoda i Copepoda. Postaja S izabrana je kao referentna postaja zbog odsutnosti graditeljskih vrsta i služi za usporedbu s postajama na kojima su prisutne graditeljske vrste. Kao najbogatija postaja u pogledu raznolikosti svojti i brojnosti meiofaune pokazala se postaja CP (prisutnost morske cvjetnice *Cymodocea nodosa* i školjkaša *Pinna nobilis*). Bisusne niti, koje mogu biti dugačke i do 20 cm znatno utječu na volumen intersticijskog prostora te uz povremeni bioturbacijski učinak stopala bi potencijalno mogle utjecati na nastanjivanje meiofaune. Morske cvjetnice pružaju izvor hrane u obliku organskog detritusa, dok periska svojom visokom stopom filtracije potencijalno pospješuje održavanje količine organske tvari na optimalnim razinama te bi na taj način učinak mogao biti vrlo pogodan za meiofaunu. Na temelju navedenog može se pretpostaviti da prisutnost obje vrste graditeljice ima pozitivan utjecaj na strukturu meiofaune, te da sinergističkim djelovanjem utječu na porast broja ekoloških niša i tako zajedno stvaraju povoljne uvjete za razvoj brojne i raznolike meiofaune. S druge strane, postaje s vrstama *C.nodosa* (C) i *P.nobilis* (P) pojedinačno, odlikovale su se manjom raznolikošću i znatno manjom brojnošću meiofaune (posebno postaje s vrstom *P. nobilis*).

Prisutnost morskih cvjetnica povećava heterogenost bentoskih staništa te potencijalno i ukupnu raznolikost i brojnost meiofaune na više načina. Korijenje morskih cvjetnica metabolički kreira mikrooksične gradijente u okolnom sedimentu povećavajući gustoću i heterogenost meiofaune (Giere, 2009). Ostatci često oštećenih livada služe kao značajan izvor detritusa za sediment (Mann, 1972, Giere, 2009) što s obzirom da je većina meiofaune detrivorna doprinosi također boljim životnim uvjetima, a time i većoj brojnosti i raznolikosti. Manji lokalizirani pokrovi morskom cvjetnicom *Syringodium* sp. mogu postati područja povećane bakterijske aktivnosti u sedimentu te se vjeruje kako ti pokrovi privlače, a samim time i povećavaju, brojnost harpaktikoidnih Copepoda (Thistle i sur., 1984). Morske cvjetnice imaju ulogu refugija za male životinje od predacije (Heck i Orth, 1980). Prema istraživanju koje je proveo Hicks (1986) na temu distribucija i ponašanje meiofaunalnih Copepoda unutar i izvan livade morskih cvjetnica, apsolutna brojnost Copepoda bila je najmanja na postaji gdje pijesak bez vegetacije izložen valovima, a najveća je bila u gustim naseljima *Zostera capricorni* (skoro dvostruko više). U istom radu Hicks postavlja hipotezu kako pokrov morskih cvjetnica može služiti kao zamka za detritus ili kao inhibitor predacije zbog gustoće naselja morske cvjetnice. Slične rezultate dobili su Carugati i sur. (2018) gdje je raznolikost skupina i brojnost meiofaune bila veća te to objašnjavaju većim postotkom ukupne organske tvari negoli u područjima bez vegetacije te stabilizacijskim učinkom vegetacijskog pokrova na sediment. Uz navedene radove, Mascart i sur. (2013) imali su nešto drugačije rezultate. Eksperimentalni dizajn uključivao je pet postaja postavljanih je s obzirom na akumuliranu količinu makrofitodetritusa

(livada posidonije, velike akumulacije makrofitodetritusa, male akumulacije makrofitodetritusa, površinski pijesak prekriven makrofitodetritusom i goli pijesak), koja je opadala s udaljavanjem od livade *P. oceanica*. Rezultati su pokazali kako je značajna razlika uočena samo između postaje gdje je površina pijeska prekrivena makrofitodetritusom i golog pijeska. Pretpostavlja se kako je površinski sloj pijeska prekriven makrofitodetritusom anoksičan zbog slabog prodora kisika kroz navedeni sloj. S druge strane, postoje istraživanja koja dokazuju suprotno. Abe i sur. (2012) pokazali su kako raznolikost i brojnost meiofaune nisu pod utjecajem vegetacijskog pokrova već da se navedeni parametri mijenjaju kroz sezonu. Vegetacijski pokrov utjecao je samo na povećanu brojnost Nematoda u naselju *Zostera marina*. Iste rezultate su godinu prije dobili i Leduc i Prabert (2011) sa morskom cvjetnicom *Zostera müelleri*. Mitwally i sur. (2005) utvrdili su kako ne postoji statistički značajna razlika u brojnosti ukupne meiofaune unutar i izvan naselja *C. nodosa* već da su varijacije u brojnosti i raznolikosti uzrokovane razlikama u fizikalno-kemijskim i sedimentološkim parametrima koji variraju kroz godinu. Pokazalo se kako brojnost Copepoda opada s porastom biomase korijena morske cvjetnice. Morske cvjetnice mogu imati negativan utjecaj na meiofaunu sintezom i izlučivanjem spojeva (tanini) koji služe kao repelent za životinje te time povremeno može smanjiti brojnost i raznolikost meiofaune (Semprucci i sur, 2019). Takav se utjecaj najčešće događa kad je morska cvjetnica izložena brštenju od strane morskih organizama ili pri oštećenju zbog ribarstva i sidrenja. U Vrsaru u blizini otoka Sv. Andrija i u luci je istraživana meiofauna u zajednicama morskih cvjetnica *Nanozostera nolti*, *C. nodosa*, na sedimentu bez vegetacije i u naselju *Caulerpa racemosa* (Budicin, 2012). Rezultati su pokazali kako razlika među postajama postoji samo u pogledu brojnosti Copepoda te je na zaštićenoj postaji sa vrstom *C. nodosa* utvrđena najveća brojnost (veća od Nematoda). S druge strane, na područjima sa vrstom *C. nodosa* koje su poluizložena i izložena, nije zabilježena veća brojnost u usporedbi sa skupinom Nematoda. Veća brojnost meiofaune u tom istraživanju je bila zabilježena na postajama bez vegetacijskog pokrova. Brojnost meiofaune u uvali Javorika u NP Brijuni znatno je veća nego li u Vrsaru. To može ukazati na veću stabilnost uvjeta staništa i manju izloženost antropogenom utjecaju zbog očuvanosti akvatorija Brijunskog arhipelaga. Sastav meiofaune na zaštićenoj lokaciji u Vrsaru je relativno sličan sastavu koji smo utvrdili u uvali Javorika. U Vrsaru je pronađeno 9 svojti, a u uvali Javorika 11.

Utjecaj prisutnosti periski na meiofaunu sedimenta je slabo istražen, te se o njemu moglo samo pretpostavljati. Periske su sjedilački organizmi koji najčešće nastanjuju livade morskih cvjetnica. Hrane se filtriranjem suspendirane tvari u moru te time potencijalno smanjuju pretjeranu akumulaciju organske tvari u sedimentu. Anteriorni dio ljušture s bisusnim nitima (jedna trećina)

koje polaze od stopala, a kojima se vrsta učvršćuje u podlozi, ukopan je u sediment. Stopalo može imati malen bioturbacijski učinak pri zatvaranju ljuštore. Periske pružaju supstrat za brojne epibiontske vrste (Plečaš, 2017). Time stvaraju poseban biofilm koji može otvoriti novu ekološku nišu za meiofaunu i doprinositi heterogenosti uvjeta u sedimentu. Prema istraživanjima (Dittmann 1987, Dinet i sur. 1990, Neira i Rackemann 1996, Reise 2002) makrobentoske životinje koje tvore velike skupine mogu utjecati na kemizam okoliša te time reducirati brojnost i raznolikost meiofaune usljed nedostatka kisika koji je posljedica gomilanja fekalnih produkta školjkaša i uginulih ostataka epibionta (Giere, 2009). Međutim, s obzirom na manju gustoću populacije periski (a time i epibionata) na dnu bez vegetacije i niski sadržaj organske tvari, fekalnim onečišćenjem se ne može objasniti manja brojnost meiofaune na postaji P1. S druge strane, kako je na postaji CP1 brojnost i raznolikost meiofaune je bila najveća, može se pretpostaviti da se radi o kombiniranom pozitivnom učinku dviju vrsta graditeljica koje zajedničkim djelovanjem povećavaju kompleksnosti staništa. Istraživanje koje su proveli Rabaoui i sur. (2015) pokazuje da periske imaju učinak inženjera na ekosustav te strukturalno mijenjaju bentoska staništa. Navedenu pretpostavku svojim istraživanjima su potvrdili i drugi autori (Jones i sur., 1994; Passareli i sur., 2014). Prisutnost ovih graditeljskih vrsta može modificirati fizikalno-kemijska i biološka svojstva okolnih bentoskih zajednica (Braeckman i sur. 2010). Inženjerski učinak na zajednice nije uvijek pozitivan u pogledu raznolikosti i brojnosti (Passareli i sur., 2014). Sličan učinak pokazala je vrsta periske *Attrina zelandica* koja tvori guste grebene u priobalju Novog Zelanda. *A. zelandica*, obogatila je okolni sediment dušikom i ugljikom (akumulacija biodepozita iz školjke) (Austen i Thrush, 2001). Isto tako, sama fizička prisutnost, utjecala je na hidrodinamiku sedimenta i pridnene vode (Green i sur., 1988). Terenska istraživanja ukazuju kako naselja vrste *A. zelandica* mogu značajno utjecati na meiofaunu te reducirati raznolikost vrsta Nematoda (Warwick i sur., 1997). *Pinna nobilis* je prema načinu ishrane filtrator što znači da se hrani fitoplanktonom, zooplanktonom i suspendiranom organskom tvari. Istraživanje koje su proveli Trigos i sur. (2015) pokazalo je kako se periske ne oslanjaju isključivo na fitoplankton i zooplankton kao izvor hrane, već se koriste tzv. muljevitim detritusom koji je resuspendiran iz sedimenta mehaničkim putem (valovi, morski organizmi i struje). Također, pokazalo se kako periske više organske tvari zadržavaju kada se hrane muljevitim detritusom negoli fitoplanktonom. Davenport i sur. (2011) su utvrdili da se periske hrane predstavnicima harpaktikoidnih Copepoda, svojtom koja većinom ulazi u sastav meiofaune, ali čiji predstavnici povremeno migriraju u vodeni stupac te ih na taj način periske mogu unijeti u organizam.

Slično morskim cvjetnicama, plemenita periska je važna graditeljska vrsta bentoskih zajednica u ekosustavu Sredozemnog mora, no o njenom mogućem utjecaju na meiofaunu sedimenta za sada nema objavljenih podataka. Predstavnici meiofaune sedimenta rijetko su zastupljeni u epibionskim zajednicama, budući da su uglavnom neplivači (s izuzetkom harpaktikoidnih Copepoda), pa ih u zajednicama morskih cvjetnica možemo očekivati u tankom detritusnom filmu na površini listova ili neposredno uz bazu listova (Travizi, osobno priopćenje). Prisustvo takvih manje ili više stalnih epibionata bi moglo biti objašnjenje za povećanu brojnost Copepoda na postaji C1 i meiofaune općenito na postaji CP1.

Premda je na postaji koja se odlikuje prisutnošću obiju graditeljskih vrsta brojnost i raznolikost meiofaune nedvojbeno veća u odnosu na sediment bez vegetacije, iznenađuje manja brojnost i raznolikost meiofaune na površinama s vrstom *C. nodosa*, te pogotovo izostanak pozitivnog utjecaja na površinama bez vegetacije uz prisutnost vrste *P. nobilis*. Rezultati ovog rada sugeriraju da su u pogledu brojnosti i raznolikosti meiofaune uvjeti kombiniranog utjecaja dviju graditeljskih vrsta pozitivni, ali da to nije slučaj s njihovim pojedinačnim utjecajem, te da prisutnost vrste *C. nodosa* (pojedinačno i u kombinaciji) utječe na porast brojnost Copepoda.

Rezultati ovoga rada doprinose poznavanju bentoske faune Brijunskog otočja općenito, te meiofaune pjeskovitih sedimenata Jadranskog mora. Opsegom su primjereni vremenu raspoloživom za izradu Završnog rada i predstavljaju preliminarne rezultate za eventualna znanstvena istraživanja na temu pojedinačnog i kombiniranog utjecaja graditeljskih vrsta *C. nodosa* i *P. nobilis* na meiofaunu sedimenata u uvali Javorika.

## 5.ZAKLJUČCI

1. Utvrđen je kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune sedimenata u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih obala (uvala Javorika, NP Brijuni). Utvrđene su statistički značajne razlike: a) u pogledu brojnosti ukupne meiofaune i Nematoda između postaje CP i P1 i b) u pogledu brojnosti Copepoda na postajama C1 i CP1 nasuprot objema postajama bez vegetacijskog pokrova.
2. Rezultati ukazuju na: a) pozitivni kombinirani utjecaj dviju graditeljskih vrsta na brojnost ukupne meiofaune, Nematoda i Copepoda, b) pozitivni pojedinačni utjecaj vrste *C. nodosa* na brojnost Copepoda i c) negativni pojedinačni utjecaj vrste *P. nobilis* na brojnost i raznovrsnost meiofaune, općenito.
3. Struktura meiofaune sedimenata se razlikuje: a) na postaji s obje graditeljske vrste nasuprot svim drugim postajama i b) na postaji s graditeljskom vrstom *P. nobilis* nasuprot svim drugim postajama.



## 6. LITERATURA

- Abe H., Shizuko N., Takashiro H., Yoshihara K. (2012). Influence of Seagrass Vegetation of *Zostera marina* on Sediment Meiofauna in the Middle of Tanoura Bay. *Aquacult. Sci.*, **60**:147- 149.
- Ansari Z.A., Ingole B. (2002). Effect of an oil spill from M V Sea Transporter on intertidal meiofauna at Goa, India. *Mar. Pollut. Bull.*, **44**: 396- 402.
- Ansari Z.A. , Parveen F. and Shanin B. (2010). Response of meiofauna to petroleum hydrocarbon of three fuel oils. *Proc. Nat. Acad. Sci. India.*, **80**: 138- 143.
- Austen, M.C., Somerfield P.J. (1997). A community level sediment bioassay applied to an estuarine heavy metal gradient. *Mar. Env. Res.*, **43**: 315- 328.
- Austen M.C., Thrush S.F. (2001). Experimental evidence suggesting slow or weak response of nematode community structure to a large suspension-feeder. *J. Sea. Res.*, **46**: 69-84.
- Baguley J. G., Montagna P. A., Cooksey C., Hyland J. L., Bang H. Y., Morrison C. R., Kamikawa A., Bennets P., Saiyo G., Parsons E., Herdener M., Morgan R. (2015): Community response of deep-sea soft-sediment metazoan meiofauna to the Deepwater Horizon blowout and oil spill. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **528**: 127-140.
- Bakran-Petricioli T. (2011). Priručnik za određivanje morskih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni Zavod za Zaštitu Prirode, Zagreb.
- Basso L., Vazquez-Luis M., Garcia-March J.R., Deudero S., Alvarez E., Vicente N., Duarte C.M., Hendriks I.E. (2015). The Pen Shell, *Pinna nobilis*: A Review of Population Status and Recommended Research Priorities in the Mediterranean Sea. *Adv. Mar. Biol.*, **71**: 109-160.
- Berelson W.M., Townsend T. , Heggie D. , Ford P. , Longmore A. , Skyring G. , Kilgore T. , Nicholson G. (1999). Modeling bio- irrigation rates in sediments of Port Phillip Bay. *Mar. Freshwat. Res.*, **50**: 573- 579.
- Błażewicz-Paszkowycz M. (2014). Chapter Tanaidacea. U: De Broyer C. & Koubbi P., Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Cambridge UK. Scientific Committee on Antarctic Research, 173-181.
- Bohorquez J., Papaspyrou S., Yufera M., van Bergeijk S.A., Garcia-Robledo E., Jimenez-Arias J.L., Bright M., Corzo A. (2013). Effects of green macroalgal blooms on the meiofauna community structure in the Bay of Cádiz. *Mar. Pollut. Bull.*, **70**: 10-17.
- Bos A.R., Bouma J. T., de Kort L. J. G, van Katwijk M.M. (2007). Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: Sediment accretion and modification. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **74**: 344- 348.
- Boucher G. (1980). The impact of Amoco Cadiz oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna. *Mar. Pollut. Bull.*, **11**: 95- 101.
- Braeckman, U., Provoost, P., Gribsholt, B., Van Gansbeke, D., Middelburg, J.J., Soetaert, K., Vincx, M., Vanaverbeke, J. (2010). Role of macrofauna functional traits and density in biogeochemical fluxes and bioturbation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **399**: 173- 186.
- Brusca R. (1997). Isopoda. Charleston, West Virginia. The Tree of Life WebProject. Dostupno na: <<http://tolweb.org/Isopoda/6320/1997.08.06>> [2.7.2020.].
- Buchanan, J. B., Kain, J. M. (1971). Measurement of the physical and chemical environment. U: N. A. Holme and A. D. McIntyre, Methods for the study of marine benthos. 16. izdanje. Oxford. Blackwell, 30-58.

- Budicin P. (2012). Utjecaj invazivne alge *Caulerpa racemosa* na strukturu meiofaune sedimenata u naselju morskih cvjetnica u priobalju Vrsara. Magistarski rad, Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb.
- Byers, J.E., Cuddington, K., Jones, C.G., Talley, T.S., Hastings, A., Lambrinos, J.G. (2006). Using ecosystem engineers to restore ecological systems. *Trends. Ecol. Evol.*, **21**: 493- 500.
- Caramujo, M. J. (2015). Chapter: Class Maxilopoda/ Subclass Copepoda: Order Harpacticoida. U: Ribera I., Melic A. & Torralba A., 2. izdanje. Revista IDE@-SEA, Ibero Diversidad Entomológica. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal.
- Carriço R., Zeppilli D., Quillien N., Grall J. (2013). Can meiofauna be a good biological indicator of the impacts of eutrophication caused by green macroalgal blooms. *An aod - les cahiers naturalistes de l'Observatoire marin*, **2**: 9- 16.
- Carugati L., Gambi C., Lo Martire M., Danovaro R. (2018). Impact of breakwater relocation on benthic biodiversity associated with seagrass meadows of northern Adriatic Sea. *Rend. Lincei Sci. Fis. Nat.*, **29**: 571-581.
- Chernyshev A.V., Maslakova S.A. (2011). Phylum Nemertea. In: Illustrated Keys to Free-Living Invertebrates of Eurasian Arctic Seas and Adjacent Deep Waters, Vol.2. Nemertea, Cephalorhyncha, Oligochaeta, Hirudinida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula, Phoronida, and Brachiopoda. Alaska Sea Grant, Edited by Buzhinskaja G. N, University of Alaska Fairbanks, 3- 35.
- Cvitković I. , (2007), Struktura i dinamika meiofaune na staništima s izraženim kolebanjem temperature i saliniteta, Magistarski Rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- Matematički fakultet.
- Danovaro R., Fabiano M., Vincx M. (1995). Meiofauna response to the Agip Abruzzo oil spill in subtidal sediments of the Ligurian Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, **30**: 133- 145.
- Danovaro R. (1996). Detritus-Bacteria-Meiofauna interactions in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the NW Mediterranean. *Mar. Biol.*, **127**: 1–13.
- Danovaro, R., Gambi, C., Mirto, S. (2002). Meiofaunal production and energy transfer efficiency in a seagrass *Posidonia oceanica* bed in the western Mediterranean. *Mar.Ecol. Prog. Ser.*, **234**: 95- 104.
- Danovaro R. , Gambi C. , Mirto S. , Sandulli R, Cecchereli V.U. (2004). Chapter III Meiofauna. *Biol. Mar.Medit.*, **1** : 55-97.
- Davenport, J., Ezgeta-Balic, D., Peharda, M., Skejic, S., Nincevic-Gladan, Z., Matijevic, S. (2011). Size-differential feeding in *Pinna nobilis* L. (Mollusca: Bivalvia): exploitation of detritus, phytoplankton and zooplankton. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **92**: 246–254.
- Drumm, D. & R. Heard. (2006). Tanaidacea Web Site. Ocean Springs, Mississippi, Gulf Coast Research Laboratory. Dostupno na: <<https://gcrl.usm.edu/tanaids/>>, [23.5. 2020].
- Dhooria M.S. (2016). Morphology and Anatomy of Acari. U: Dhooria M.S., Fundamentals of Applied Acarology. Singapore. Springer, 41- 61.
- Dittmann S. (1987). Die Bedeutung der Biodeposite ffir die Benthosgemeinschaft der W.attsedimente. Unter besonderer Berficksichtigung der Miesmuschel *Mytilus edulis* L.. Disertacija, University of Göttingen.

Dujmović S., Kolić E., Kostović M., Žunić L., Finderle N., Sušac S., Lukić B., Lovrić N., Pavletić M., Marušić D., Klunić Danko V., Buršić M., Smolić S., Sprčić A., Jakl Z., Šijan M., Rajković Ž., Župan D., (2016). Javna Ustanova Nacionalni Park Brijuni- Management Plan (2016 – 2025), Pula, MedPAN South „Jačanje mreže morskih zaštićenih područja u Hrvatskoj“.

Emmett Duffy J. (2006). Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **311**: 233- 250.

Elgrem R., Rosenberg R., Andersin A.B., Evans S., Kangas P., Lassig P., Leppakoski E., Varmo R. (1984). Benthic macro- and meiofauna in the Gulf of Bothnia (Northern Baltic). *Finn. Mar. Res.*, **250**: 3- 18.

Fasulo, T., (2001), *Amphipods - (Crustacea: Amphipoda)*. Gainesville, Florida, University of Florida. Dostupno na: <<http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/amphipods.htm>>, [ 2.7.2020].

Fenchel T.M., Riedl R.J. (1970). The sulfide system: a new biotic community underneath the oxydized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, **7**: 255- 244.

Fenchel T. (1978). Structure and function of the benthic ecosystem, its chemical and physical faptors and the microfauna communities with special reference to ciliate Protozoa. *Ophelia*, **6**: 1- 182.

Folk R.L., Ward W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.*, **27**: 3- 26.

Folk R.L. (1974). Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas. Hemphill publishing company.

Gambi C., Canals M., Corinaldesi C., Dell' Anno A., Manea E., Pusceddu A., Sanchez- Vidal A., Danovaro R. (2020). Impact of historical sulfide mine tailings discharge on meiofaunal assemblages (Portmán Bay, Mediterranean Sea). *Sci. Total Environ.*, **736**: 1- 12.

Gibson R.N. (2001). *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review: Volume 39*. Boca Raton, Florida, SAD. CRC Press.

Giere O. (1975). Population structure, food relations and ecological role of marine oligochaetes with special reference to meiobenthic species. *Mar. Biol.*, **31**: 139- 156.

Giere O. (1979). The impact of oil pollution on intertidal meiofauna. Field studies after the La Coruna-spill, May 1976. *Cah.Biol.Mar.*, **20**: 231- 251.

Giere O. (2009). *Meiobenthology: The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. 2nd edition. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Gray J.S (1974). Animal – sediment relationship. *Mar. Biol. Ann. Rev.* , **12**: 223- 262.

Gray J.S (1981). The ecology of marine sediments, an itroduction to structure and function of benthic communities, *Netw. Sci. (Camb. Univ. Press)*, **22**: 427- 427.

Green M. O., Hewitt J.E., Thrush S.F. (1988). Seabed drag coefficient over natural beds of horse mussels (*Atrina zelandica*). *J. Mar. Res.*, **56**: 613-637.

Hargrave B.T. (1972). Oxidation – reduction potentials, oxygen concentrations and oxygen uptake of profundal sediments of the Clyde Sea area. *Scotland Estuar. Coast. Shelf Sci.* **44**: 377- 383.

- Heck, K. L. J. i Orth, R. J. (1980). Seagrass habitats: the roles of habitat complexity, competition and predation in structuring associated fish and motile macroinvertebrate assemblages. U: Kennedy, V. S. , Estuarine perspectives. New York. Academic Press, 449- 464.
- Heip C. i Herman P.M.J (1975). The stability of benthic copepod community. In : Gibbs P.E. (ed.), Proceeding 19<sup>th</sup> European Marine Biology Symposium, Cambridge University Press, Cambridge, 255 – 263.
- Heip C. (1980). Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality. Rapp. P. – v. Reun. Cons. Int. Expl. Mer. **183**: 51- 56.
- Heip C., Herman R., Vincx M., (1984). Variability and productivity of meiobenthos in the Southern Bight of the North Sea. Rapp. P. - v., Reun. Cons. Int. Explor. Mer., **183**: 51- 56.
- Heip C., Vincx M. , Vranken G. (1985). The ecology of marine nematodes. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. , **23** : 399- 489.
- Heip C. , Warwick R.M., Carr M.R., Herman P.M.J, Huys R., Smol N., Van Holsbeke K. (1988). Analysis of community attributes of the benthic meiofauna of Frierfjord/Langesundfjord. Mar. Ecol. Prog. Ser., **46**: 171- 180.
- Herman P.M.J., Heip C. (1986). The predictability of biological populations and communities: an example from meiobenthos. Hydrobiologia, 142: 281- 290.
- Hicks G.R.F (1986). Distribution and behaviour of meiofaunal copepods inside and outside seagrass beds. Mar. Ecol. Prog. Ser., **31**: 159-170.
- Hicks G. R. F (1991). Monitoring with meiofauna: a compelling option for evaluating environmental stress in tidal inlets. Wat. Qual. Cent. Publ. **21**: 387- 391.
- Higgins, R. P. , Thiel. H. (1988). Introduction to study of meiofauna. Washington D.C., Smithsonian Institution Press.
- Hullings, N.C. i Gray, J.S. (1971). A manual for study of Meiofauna. Washington D.C., Smithsonian Institution Press.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M., (1994). Organisms as ecosystem engineers. Oikos, **69**: 373- 386.
- Kamarudzaman A. N., Feng V.K., Aziz A.R., Jalil M.F.A. (2011). Study of Point and Non Point Sources Pollution – A Case Study of Timah Tasoh Lake in Perlis, Malaysia. U: Proceedings of 2011 4th International Conference on Environmental and Computer Science (ICECS 2011), IACSIT Press, Singapore.
- Kanwisher J. (1962). Gas exchange of shallow marine sediments, In: Marshall N. (ed.), Symposium of the environmental chemistry of marine sediments. Narragansett Marine laboratory, Graduate School of Oceanography, University of Rhode island, Occasional Publication.
- Kånneby T. i Hochberg R. (2015). Phylum Gastrotricha, U: Thorp J.H. & D. R. Christopher Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. 4th edition. Amsterdam, Netherlands. Elsevier 211- 223.
- Leduc, D. i Probert P. K. (2011). Small-scale effect of intertidal seagrass (*Zostera muelleri*) on meiofaunal abundance, biomass, and nematode community structure. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. , **91**: 579-591.
- Lee R.F. i Page R.S. (1977). Petroleum hydrocarbons and their effects in subtidal regions after major oil spills. Mar. Pollut. Bull., **34**: 928- 940.

- Liu Y., Hongyan L., Cui G., Yuqing C. (2020). Water quality attribution and simulation of non-point source pollution load flux in the Hulan River basin, *Sci. Rep.*, **10**: 1- 15.
- Mahmoudi E. , Essid N. , Beyrem H. , Hedfi A., Boufahja F, Aissa P. (2007). Response d'une communauté de nématodes libre marins a une contamination par un métal lourd (le cobalt): étude microcosmique. *Bull. Soc. Zool. France*, **132**: 111- 123.
- Mani Eldose P., Ravikumar B., Antony P.J., Lyla P.S., Ajmal S. (2008). Impact of Physical Disturbance on the Community Structure of Estuarine Benthic Meiofauna. *Asian J. Sci. Res.* , **1**: 239- 245.
- Mann, K. H. (1972). Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. *Memorie Ist. Ital. Idrobiol.* **29**: 353-383.
- Mascart T., Lepoint G., De Troch M. (2013). Meiofauna and harpacticoid copepods in different habitats of a Mediterranean seagrass meadow. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **93**: 1557- 1566.
- McIntyre, A.D. (1968). The meiofauna and macrofauna of some tropical beaches. *J. Zool.*, **156**: 377- 392.
- McIntyre A. D (1969). Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.* , **44** : 245- 290.
- McIntyre A.D. , Murison D.J. (1973). The meiofauna of flatsfish nursery ground, *J. mar. Biol. Ass.* , U.K. , **53**: 93- 118.
- McLachlan A. (1989). Water filtration by dissipative beaches, *Limnol. Oceanogr.* **34**: 774 - 779.
- Meyer – Reil L.A. , Faubel A. (1980). Uptake of organic matter by meiofauna organisms and interrelationship with bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **3**: 251- 256.
- Mitwally H. M., Shabaka S.H., Mostafa H.M., Halim Y. (2005). Distribution of meiofauna inside and outside *Cymodocea nodosa* meadow in Alexandria, Egypt. *Meiofauna Marina*, **14**: 145- 156.
- Moore H.B. (1931). The muds of the Clyde Sea Area, III. Chemical and physical conditions; Rate and nature of sedimentation and fauna. *J.Mar. Biol. Ass. U.K.*, **17**: 325- 358.
- Neira, C., Rackemann M. (1996). Black spots produced by buried macroalgae in intertidal sandy sediments of the Wadden Sea: Effects on the meiobenthos. *J. Sea Research* **36**: 153-170.
- Nelson D. R., Guidetti R., Rebecchi L. (2015). Phylum: Tardigrada. U: Thorp J.H. & D. R. Christopher Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates*. 4th edition. Amsterdam, Netherlands. Elsevier 347- 380.
- Noreña C., Dambornea C., Brusa F. (2015). Phylum Platyhelminthes. U: Thorp J.H. & D. R. Christopher Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates*. 4th edition. Amsterdam, Netherlands. Elsevier, 181- 203.
- Ólaffson E. , Modig H. , van den Bund W. J. (1999). Species specific uptake of radio - labelled phytodetritus by benthic macrofauna from the Baltic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **177**: 63- 72.
- Ólaffson E. (2003). Do macrofauna structure meiofauna assemblages in marine soft- bottoms? A review of experimental studies. *Vie et Milieu* **53**: 249-265
- Passareli, C., Frédéric, O., Paterson, D.M., Meziane, T., Hubas, C., (2014). Organisms as cooperative ecosystem engineers in intertidal flats. *J. Sea. Res.*, **92**, 92- 101.

- Parker J.G. (1982). A Comparison of Methods used for the Measurement of Organic Matter in Marine Sediment. *Chem. Ecol.*, **1**: 201- 209.
- Pollock L. W. (1971). Ecology of intertidal meiobenthos. *Smithson. Contr. Zool.* , **76**: 141 - 148.
- Peres J. M. P i Gamulin- Brida H. (1973), *Biološka oceanografija ; BENTOSKA bionomija Jadranskog mora*, Zagreb : Školska knjiga.
- Plečaš D. (2017). Epibionti na plemenitoj periski (*Pinna nobilis* Linnaeus, 1758; Mollusca: Bivalvia). Magistarski rad, Zoološki zavod biološkog odsjeka PMF-a, Sveučilište u Zagrebu.
- Pusceddu A., Frascchetti S., Mariaspina S., Rizzo L., Danovaro R. (2016). Meiofauna communities, nematode diversity and C degradation rates in seagrass (*Posidonia oceanica* L.) and unvegetated sediments invaded by the algae *Caulerpa cylindracea* (Sonder). *Mar. Environ. Res.* , **119**: 88-99.
- Rabaoui L., Walid B., Dorsaf B.I., Lamjed M., Tlig- Zouari S. (2015). Engineering effect of *Pinna nobilis* shells on benthic communities. *Oceanologia*, **57**: 271-279.
- Rabaut, M.; Du Four, I.; Nakas, G., Van Lancker, V.R.M., Degraer, S., Vincx, M. (2009). Ecosystem engineers stabilize sand bank systems: *Owenia fusiformis* aggregations as ecologically important microhabitat, Addendum u: Rabaut, M., Lanice conchilega, fisheries and marine conservation: Towards an ecosystem approach to marine management. Thesis, Biology Department, Gent University, 273-297.
- Raffaelli D. (1982). An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution. *Mar. Environ. Res.*, **7**: 151-164.
- Reise K. (2002). Sediment mediated species interactions in coastal waters. *J. Sea Res.*, **48**: 127-141.
- Renaud-Mornant, J., Gourbault, N., de Panafieu, J. B. & Heleouet, M. N. (1981). Effects de la pollution par hydrocarbures sur la meiofauna de la baie de Morlaix. U: Amoco Cadiz, Consequences d'une Pollution Accidentale par les Hydrocarbures. Actes coll. Intern. C.O.B., Brest (France), 19-22.
- Riedl R.J. (1971). Energy exchange at the bottom water interface. *Thallas. Jugosl.* **7**: 329- 339.
- Rieper- Kirchner M. (1989). Microbial degradation of North Sea macroalgae: field and laboratory studies. *Bot. Mar.* **32**: 241- 252.
- Rissman A. R. i Carpenter S. R. (2015). Progress on Nonpoint Pollution: Barriers & Opportunities. *Daedalus*, **144**, 35- 47.
- Rhoads D.C. (1974). Organism sediment relations on the muddy sea floor. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* , **12**: 263- 300.
- Saidi I., Said O.B, Abdelmalek J.B., Jouili S., Luis Chicharo i Beyrem H. (2019). Impact of heavy metals of industrial plant wastewater on benthic communities of Bizerte Lagoon (Tunisia). *Chem. Ecol.* ,**35**: 746- 774.
- Schmidt - Rhaesa, A., (2012). *Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera: Volume 1. Nematomorpha, Priapulida, Kinoryncha and Loricifera*. Berlin, Walter de Gruyter.
- Schratzberger M. i Jennings S. (2002). Impacts of chronic trawling disturbance on meiofaunal communities. *Mar. Biol.*, **141**: 991- 1000.

- Segar D.A. (2018). Introduction to Ocean Sciences, 4th edition, Mountain view, California, SAD. Creative Commons.
- Semprucci F., Sbrocca C., Baldelli G., Tramontana M., Balsamo M. (2016). Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact?. *Mar Biodiv.*, **47**: 511- 520.
- Semprucci, F., Facca, C., Ferrigno, F., Balsamo, M., Sfriso, A., Sandulli, R. (2019). Biotic and abiotic factors affecting seasonal and spatial distribution of meiofauna and macrophytobenthos in transitional coastal waters. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **219**: 328–340.
- Shepard F.P. (1932). Sediments of the continental shelves. *Bull. Geoll. Soc. Am.*, **43**: 1017-1040.
- Shepard, F. P., (1951). Transportation of sand into deep water. U: Hough J. L., Turbidity Currents and the Transportation of Coarse Sediments to Deep Water. Tulsa, Oklahoma, SAD, Society for Sedimentary Geology, 53-65.
- Snell T.W. , Walsh E. ,Wallace R.R., Segers H.H., Sarma S.S.S (2019). Phylum Rotifera U: Yule C.M. & Yong H.S. Freshwater Invertebrates of the Malasyian Region, Kuala Lumpur, Malaysia, Academy of Sciences Malaysia, 106- 127.
- Sommerfield P., Warwick R.M. (2013). Meiofauna techniques U: Eleftheriou A., Methods for study of marine benthos, 4th edition. Oxford.Wiley-Blackwell, 253- 284.
- Soltani, A., Louati, H., Hanachi, A., Ben Salem F., Essid N., Aissa P., Ezzeddine M., Beyrem H.(2012). Impacts of permethrin contamination on nematode density and diversity: A microcosm study on benthic meiofauna from a Mediterranean coastal lagoon. *Biologia*, **67**: 377–383.
- Søndergaard M. (2009). Redox potential. U:Likens E.G., Encyclopedia of Inland Waters, New York,SAD, Elsevier, 852- 859.
- Suderman K. i Thistle D. (2003). Spills of fuel oil #6 and Orimulsion can have indistinguishable effects on the benthic meiofauna. *Mar. Pollut. Bull.*, **46**: 49- 55.
- Sutherland T.F., Levings C.D., Petersen S.A., Poon P., Piercey B. (2007). The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. *Mar. Pollut. Bull.*, **54**: 1249-1261.
- Thistle, D., Reidenauer, J. A., Findlay, R. H., Waldo, R. (1984). An experimental investigation of enhanced harpacticoid(Copepoda) abundances around isolated seagrass shoots. *Oecologia*, **63**: 295-299.
- Travizi A. (1996). Posljedice anoksije na meiofaunu i nematofaunu sedimenta sjevernog Jadrana. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- Matematički fakultet.
- Trigos S., García -March J.R., Vicente N., Tena J., Torres J. (2014). Utilization of muddy detritus as organic matter source by the fan mussel *Pinna nobilis*. *Mediterr. Mar. Sci.*, **13**: 667–674.
- Trigos S., García -March J.R., Torres J., Medialdea J.T., Vicente N. (2015). Phytoplankton Profitability and Use as Organic Matter Source by *Pinna nobilis*. *Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos*, **7**: 77- 82.
- Tietjen J.H. (1969). The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries. *Oecologia*, **2**: 251- 291.

- Tietjen J.H (1977). Population, distribution and structure of free-living nemaotodes of Lonf Island Sound. Mar. Biol. , **43**: 123- 136.
- Transpunger W. & Majdi N. (2017). Meiofauna, U: Hauer F. & Lamberti G., Methods in Stream Ecology, 3rd edition. Amsterdam, Netherlands. Elsevier, 273- 295.
- Venkataraman K., Raghunathan C., Choudhully S., Monda T., Raghuraman R. (2015). Kinoryncha, Project: [Coral reefs, India](#), Research gate.
- Warwick R. M. (1980). The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. Mar. Pollut. Bull., **19** : 259- 268.
- Warwick R.M ( 1981). Survival strategies of meiofauna. U: Jones N.V & Wolff W.J. Feeding and Survival Strategies of Estuarine Organisms. Boston, Massachusetts, Springer, 39- 52.
- Warwick R. M (1993). Enviornmental impact studies on marine communties: pragmatcal considerations. Aust. J. Ecol., **18**: 63- 80.
- Warwick R.M, McEvoy A.J., Thrush S.F. (1997). The influence of *Atrina zelandica* Gray on meiobenthic nematode diversity and community structure. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **214**: 231-247.
- Watzin, M.C. (1983). The effects of meiofauna on settling macrofauna: meiofauna may structure macrofaunal communities. Oecologia, **59**: 163- 166.
- Wentworth C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. J. Geol., **30**: 377–392.
- Wieser W. (1959). The effects of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. Limnol. Oceanogr. ,**5**: 121- 137.
- Wilby A. (2002). Ecosystem engineering: a trivialized concept?.Trends. Ecol. Evol., **17**: 307.
- Zavadnik D. (1967). Contribution to the ecology of *Pinna nobilis* L. (Mollusca: Bivalvia) in the northern Adriatic. Thallas. Jugosl., **3**: 93-102.



## 7. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Odjel za prirodne i zdravstvene studije

Preddiplomski studij Znanost o moru

Završni rad

### Meiofauna sedimenta u priobalju Nacionalnog parka Brijuni

Filip Bužleta

#### SAŽETAK

Istraživan je utjecaj dviju graditeljskih vrsta (*Cymodocea nodosa* i *Pinna nobilis*) na brojnost i raznolikost meiofaune u uvali Javorika, Nacionalni Park Brijuni. Definirane su četiri postaje koje se razlikuju ovisno o prisutnosti/ odsutnosti/kombinaciji graditeljskih vrsta. Dvije postaje su bile određene prisustvom vrsta *C. nodosa* (C1) i *P. nobilis* (P1) pojedinačno, dok su preostale dvije određene prisustvom obiju graditeljskih vrsta (CP1) i potpunim odsustvom graditeljskih vrsta (S1). Uzorci su prikupljeni metodom autonomnog ronjenja - upotrebom ručnih korera ( $d=3,5\text{cm}$ ,  $l=10\text{cm}$ ). Na svakoj postaji uzeta su tri replikatna uzorka za analizu meiofaune, te dodatni uzorci za mjerenje sedimentoloških parametara (redoks potencijal, sadržaj ukupne organske tvari i granulometrijski sastav). Sedimentološki parametri, te kvalitativni i kvantitativni sastav meiofaune određeni su standardnim metodama. U uvali Javorika ukupno je identificirano 20 konstitutivnih svojti meiofaune. Najviše konstitutivnih svojti pronađeno je na postaji CP1 (19), zatim C1 i P1 (11), a najmanje na postaji S1 (9). Prosječna brojnost ukupne meiofaune kretale su se od 377 ind./10 cm<sup>-2</sup> na postaji SP1 do 1851 ind. / 10 cm<sup>-2</sup> na postaji CP1. Prosječna brojnost meiofaune na postaji C1 bile su 1269 ind./ 10 cm<sup>-2</sup>, a na postaji S1 780 ind./10 cm<sup>-2</sup>. Na većini postaja najbrojnija je bila skupina Nematoda, zatim Copepoda, a preostale skupine zajedno (Varia) su imale nižu ukupnu brojnost, osim na postaji SP, gdje su bile brojnije od Copepoda. Univarijatnom metodom (jednosmjerna ANOVA) utvrđena je statistički značajna razlika u brojnosti ukupne meiofaune, Nematoda i Copepoda među postajama CP1 i P1, te brojnosti Copepoda između postaje C1 i postaja bez vegetacije. Multivarijatnim analizama (MDS, SIMPER) utvrđene su statistički značajne razlike u strukturi meiofaune na postaji P1 te na postaji CP1, u odnosu na sve druge postaje. Pretpostavlja se da su postojeće razlike rezultat sinergističkog utjecaja graditeljskih vrsta na zajednice meiofaune općenito, te pojedinačnog utjecaja vrste *C. nodosa* na brojnost Copepoda.

Ključne riječi: Meiofauna, *Cymodocea nodosa*, *Pinna nobilis*, Nacionalni park Brijuni, Graditeljske vrste

Rad je izrađen u Institut Ruder Bošković (IRB), Centar za istraživanje mora (CIM) u Rovinju

Rad sadrži 57 stranica, 13 slika, 13 tablica, 254 literaturnih navoda, Izvorni jezik rada: hrvatski

Mentor: doc.dr.sc Ana Travizi

Rad prihvaćen 11. rujna 2020.

Povjerenstvo za ocjenjivanje i obranu: doc. dr. sc Ana Travizi, IRB (CIM) Rovinj, znanstveni suradnik; izv. prof. dr. sc. Maja Fafandžel, IRB (CIM) Rovinj, viši znanstveni suradnik; izv. prof. dr. sc. Mauro Štifanić, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, viši znanstveni suradnik i doc.dr.sc Paolo Paliaga, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, znanstveni suradnik (zamjena)

Datum i mjesto obrane završnog rada: 23. rujna 2020, Institut Ruder Bošković, Centar za istraživanje mora u Rovinju

Rad je deponiran u knjižnicama Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli i Instituta Ruder Boškoviću Rovinju, te u Digitalnom Repozitoriju Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli

<https://repozitorij.unipu.hr/islandora/object/unipu%3A3457>

## 8. BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Juraj Dobrila in Pula

Department for natural and health studies

Marine Sciences

Bachelor thesis

### **Sediment living meiofauna in coastal area of Brijuni National Park**

**Filip Bužleta**

#### **ABSTRACT**

The effect of two ecosystem engineer species (*Cymodocea nodosa* and *Pinna nobilis*) on meiofaunal abundance and diversity was studied in Javorika cove, Brijuni National Park. Four sampling sites were predefined, considering presence/absence or combination of engineering species. Two sites were defined based on the presence of *C. nodosa* (C1) and *P. nobilis* (P1) individually, while the other two were defined by presence of both engineering species (CP1) and total absence of engineering species (S1). Samples were collected by hand corers, using SCUBA diving method ( $d= 3,5\text{cm}$ ,  $l= 10\text{ cm}$ ). At each sampling site, three replicate corers were taken for meiofauna analysis, and the additional three for sedimentological analysis (redox potential, total organic matter content and granulometric composition). In Javorika cove, total of 20 constitutive taxa were found. The site with largest number of taxa was CP (19), followed by C1 and P1 (11), and S1 (9), respectively. Average abundance of meiofauna ranged from 377 ind./  $10\text{ cm}^{-2}$  (site P1) to 1851 ind./  $10\text{ cm}^{-2}$  (Site CP1), and accounted for 1269 ind./  $10\text{ cm}^{-2}$  at C1 site, and 780 ind./  $10\text{ cm}^{-2}$  at S1 site. Nematoda were numerically predominant taxon on all sites, followed by Copepoda. Other meiobenthic taxa, pooled into common operational unit („Varia”) were less abundant than Copepoda, except on the P1 site. Univariate analysis (one way ANOVA) figured out a statistically significant difference in abundance of total meiofauna, Nematoda and Copepoda between CP1 and P1 sites, and between the abundance of Copepoda from the C1 related non-vegetated sites, respectively. Multivariate analyses (MDS, SIMPER) revealed statistically significant differences in meiofauna communities' structure, on the CP1 related to all other sites, and P1 related to all other sites. It is assumed that general differences in abundance are caused by synergistic effect of both ecosystem engineers, and single effect of *C. nodosa* related to abundance of Copepoda.

Key words: Meiofauna, *Cymodocea nodosa*, *Pinna nobilis*, National park Brijuni, Ecosystem engineering species

Thesis contains: 57 pages, 13 images, 13 tables, 254 references, Original language: Croatian

Thesis was made in Ruđer Bošković Institute (RBI), Center for Marine Research (CMR) Rovinj

Supervisor: Ana Travizi PhD, RBI (CMR) Rovinj, Research Associate

Reviewers: Ana Travizi, PhD, RBI (CMR) Rovinj, Research Associate; Maja Fafandel PhD, RBI (CMR) Rovinj, Associate Professor; Mauro Štifanić, PhD, Juraj Dobrila University of Pula, Associate Professor; Paolo Paliaga, PhD, Juraj Dobrila University of Pula, Research Associate (alternate)

Date and location of presentation: September 23<sup>rd</sup> 2020; Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research Rovinj

Thesis is deposited in the Library of Juraj Dobrila University of Pula and Ruđer Bošković Institute in Rovinj, as well as in the Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula

<https://repozitorij.unipu.hr/en/islandora/object/unipu%3A3457>