Sastav i struktura makrofitobentosa u naplavinama na plažama zapadne obale Istre

Fućak, Andrej

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:413029

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Andrej Fućak

Sastav i struktura makrofitobentosa u naplavinama na plažama zapadne obale Istre

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Andrej Fućak

Composition and structure of macrophytobenthos in marine wrack on the beaches along the western coast of Istria

Master thesis

Zagreb, 2023.

Ovaj rad izrađen je u Centru za istraživanje mora, Instituta Ruđer Bošković u Rovinju, pod vodstvom dr. sc. Ljiljane Iveše i neposrednim vodstvom izv. prof. dr. sc. Petra Kružića. Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Ekologije i zaštite prirode.

Zahvale

Želim izraziti iskrenu zahvalnost svima koji su proteklih nekoliko mjeseci doprinijeli ovom diplomskom radu svojim znanjem, podrškom i inspiracijom.

Posebno se zahvaljujem mentorici, izv. prof. dr. sc. Ljiljani Iveši što mi je omogućila izradu ovog diplomskog rada i dala puno inspiracije za temu. Njezina stručnost, predanost radu i vodstvo omogućili su mi oblikovanje rada na najbolji mogući način.

Hvala izv.prof. dr. sc. Petru Kružiću na pristupačnosti, te dragocjenim komentarima i smjernicama koje su obogatile ovaj rad.

Andrea Bilajac i Edi Gljuščić bili su neizostavni prilikom terena, eksperimenata i determinacija makroalgi. Nesebično su mi pružali pomoć, čak i kada ju nisam očekivao, stoga mogu reći da bez njih ovaj rad ne bi bio moguć. Hvala im puno na odličnoj atmosferi i velikoj potpori tijekom proteklih nekoliko mjeseci.

Najveće zahvale idu mojoj obitelji koja mi je bila i ostala najveća podrška u životu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Sastav i struktura makrofitobentosa u naplavinama na plažama zapadne obale Istre

Andrej Fućak

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Plaže su prijelazna područja između morskog i kopnenog ekosustava, te su kao takva karakterizirana jedinstvenim biocenozama kao što su naplavine, koje su najčešće sačinjene od makrofitobentosa. Glavni ciljevi istraživanja bili su kvalitativno i kvantitativno utvrditi sastav makrofitobentosa unutar naplavina pronađenih na četiri postaje duž zapadne obale Istre, usporediti ih između postaja te sa zajednicama u pojasu gornjeg infralitorala. Pronađenim jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales mjereno je fiziološko stanje neposredno nakon separacije iz naplavina te tijekom faze rehidracije (21 dan) u kamenim bazenima. Analizom naplavina determinirano je 28 različitih svojti makrofitobentosa, od kojih su smeđe alge sadržavale 10 svojti, zelene alge 9, crvene alge 8, dok se svojte morskih cvjetnica nisu determinirale, Najabundantnije svojte u naplavinama bile su *Laurencia obtusa, Rytiphlaea tinctoria* i *Cystoseira compressa.* Značajna je varijabilnost u sastavu i biomasi makrofitobentosa unutar naplavina između postaja, a uvjetovana je sastavom zajednice u neposrednom priobalju te hidrodinačkim i geomorfološkim karakteristikama područja. Sastav naplavina u ovom istraživanju odgovara sastavu svojti makroalgi u pojasu gornjeg infralitorala. Regeneracija makroalgi reda Fucales bila je većinom uspješna. Daljnja istraživanja su potrebna u istraživanju oporavka i vijabilnosti ovih vrsta, kako bi se iste mogle koristiti za *in situ* i *ex situ* restauraciju trenutno degradiranih naselja fukoidnih makroalgi.

Ključne riječi: plaže, naplavine, bioraznolikost, makrofitobentos, red Fucales, zapadna obala Istre
(58 stranica, 32 slike, 15 tablica, 75 literaturnih navoda. Jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.
Mentor: dr. sc. Ljiljana Iveša
Komentor: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić
Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić, prof. dr. sc. Božena Mitić, izv. prof. dr. sc. Marija Ivković
Rad prihvaćen: 7. 9. 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

Composition and structure of macrophytobenthos in marine wrack on the beaches along the western coast of Istria

Andrej Fućak

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Beaches are transitional areas between marine and terrestrial ecosystems, and as such are characterized by unique biocenoses such as marine wrack, which are mostly composed of macrophytobenthos. The main objectives of the research were to qualitatively and quantitatively determine the composition of macrophytobenthos within wrack found at four stations along the west coast of Istria, to compare them between stations and with communities in the upper infralittoral zone. The physiological state of brown macroalgae of the order Fucales was measured immediately after separation from the wrack and during the rehydration phase (21 days) in stone basins. The analysis of wrack determined 28 different taxa of macrophytobenthos, of which brown algae contained 10 taxa, green algae 9, red algae 8, while no taxa were determined for seagrass. The most abundant taxa in wrack were *Laurencia obtusa*, *Rytiphlaea tinctoria* and *Cystoseira compressa*. Variability in the composition and biomass of macrophytobenthos within wrack is statistically significant between stations, and is predetermined by the composition of the community in infralittoral and the hydrodynamic and geomorphological characteristics of the area. The composition of wrack in this study corresponds to the composition of macroalgae taxa in the upper infralittoral zone. The regeneration of macroalgae of the order Fucales was mostly successful, but further research is needed to investigate the recovery and viability of these species, so that they can be used for *in situ* and *ex situ* restoration of currently degraded fucoid macroalgae habitats.

Key words: beaches, wrack, biodiversity, macrophytobenthos, order Fucales, western coast of Istria
(58 pages, 32 figures, 15 tables, 75 references. Original in: croatian)
Thesis deposited in the Central Biological Library.
Supervisor: Ljiljana Iveša, PhD
Cosupervisor: Assoc. Prof. Petar Kružić, PhD
Reviewers: Assoc. Prof. Petar Kružić, PhD, Prof. Božena Mitić, PhD, Assoc. Prof. Marija Ivković, PhD
Thesis acceepted: 7. 9. 2023.

SADRŽAJ

1. UVOD
1.1. Plaže 1
1.2. Ekologija plaža 3
1.3. Naplavine 4
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 8
3. MATERIJALI I METODE 9
3.1. Područje istraživanja 10
3.2. Analiza makrofitobentosa u pojasu infralitorala 14
3.3. Prikupljanje uzoraka naplavina 15
3.4. Laboratorijska obrada i analiza uzoraka naplavina 15
3.5. Statistička obrada podataka 16
3.6. Utvrđivanje fiziološkog stanja smeđih algi reda Fucales koristeći PAM fluorometriju 18
4. REZULTATI 20
4.1. Makrofitobentos u infralitoralu 20
4.2. Brojnost i biomasa svojti makrofitobentosa unutar naplavina 23
4.3. Sastav i struktura makrofitobentosa unutar naplavina 27
4.4. Utvrđivanje fiziološkog stanja smeđih algi koristeći PAM fluorometriju 36
4.4.1. Postaja Šćuza 36
4.4.1.1. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales 36
4.4.1.2. Efektivni kvantni prinos PSII (Y(II)) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales 38
4.4.2. Postaja Hotel Delfin 39
4.4.2.1. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (F_V/F_m) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales 39
4.4.2.2. Efektivni kvantni prinos PSII (Y(II)) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales 43
5. RASPRAVA 46
5.1. Naplavine 46
5.2. Smeđe makroalge reda Fucales 50
6. ZAKLJUČCI 52
7. LITERATURA 53
ŽIVOTOPIS
PRILOZI

1. UVOD

1.1. Plaže

Većina svjetskih obalnih ekosustava suočena je s kontinuiranim i eksponencijalno rastućim negativnim antropogenim pritiskom kojim se eksploatiraju i degradiraju prirodni resursi, uzrokujući narušavanje njihove biološke raznolikosti i ugrožavanje vitalnih ekoloških funkcija, koji su ključni za održavanje ravnoteže ekosustava (James 2000). Sa povijesnog i antropološkog stajališta, plaže su, kao sastavni dio obalnog pojasa, primarno percipirani kao gospodarski važna područja, zbog svojih "usluga ekosustava", najčešće u vidu kulture i rekreacije, stoga je ekološka važnost i funkcija plaža često zapostavljena (Small i Nicholls 2003; Schlacher i sur. 2007; Bowen i sur. 2006). Danas su plaže zatočene između utjecaja urbanizacije sa kopnene strane te manifestacije klimatskih promjena na moru, kao što su podizanje razine mora, zakiseljavanje oceana te sve češće oluje (Komar 1998; Schlacher i sur. 2007; Schlacher i sur. 2008). Kumulativni učinak direktnog antropogenog utjecaja čovjeka i klimatskih promjena pokreće globalni trend erozija plaža, uništenje i gubitak staništa, gubitak bioraznolikosti, eutrofikaciju te povlačenje plaža prema unutrašnjosti kopna (Schlacher i sur. 2007; Schlacher i sur. 2008; Feagin i sur. 2005). Sukladno tome, kako bi pravovremeno sprečavanje degradacije plaža u budućnosti bilo moguće, uz utvrđivanje antropogenih prijetnji i pritisaka nužno je prepoznati plaže kao multidimenzionalne prirodne sustave, stoga su znanstvena istraživanja specifičnih bioloških, fizikalnih i kemijskih komponenti koje ih definiraju ključna za njihovu održivost (James 2000).

Williams i Micaleff (2009) plažu definiraju kao *„nakupinu nekonsolidiranog materijala (npr. pijeska, šljunka, gline – ili njihova mješavina) koja se proteže od kopnenog ruba plaže, što može biti padina sipine ili valobran, do dubine mora na kojoj nema značajnih kretanja sedimenta"*. Osim što ljudima pružaju "usluge ekosustava", plaže imaju višestruke uloge u održavanju ravnoteže prirodnih sustava. Te funkcije uključuju: "(i) zadržavanje i transport sedimenta; gdje djeluju kao prirodne barijere koje raspršuju valove te oslabljuju utjecaj ekstremnih prirodnih događaja (npr. tsunamiji), (ii) štite obalu od erozije, djelujući kao dinamički odgovor na podizanje razine mora, (iii) razgradnju organskih materijala i zagađivača; filtriranje i čišćenje mora, (iv) održavanje bioraznolikosti; mrjestilište za ribe te gnjezdilišta kornjača i područja razmnožavanja vrsta poput tuljana; hranilišta za ptice i brojne

kopnene divlje životinje, (v) funkcionalne veze između kopnenog i morskog okoliša u obalnim zonama" (Marković i sur. 2010).

Dominantni fizikalni procese koji djeluju na plaže uključuju vjetrove, valove, morske mjene te morske struje, koji potom zajednički oblikuju i modificiraju obale i profile plaža erodiranjem, transportom i taloženjem sedimenta (Knox 2000). Gledajući pojednostavljeno, tip plaže razvijen u bilo kojem određenom mjestu ovisi o brzini kretanja vodenih masa i veličini čestica dostupnih sedimenata. Ukoliko se brzina vodenih masa, koja prenosi suspendirane čestice sedimenta smanji ispod određene brzine, dolazi do taloženja sedimenta na obali (Knox 2000).

Nadalje, ovisno o znanstvenoj grani unutar kojih su poučavane, plaže se mogu karakterizirati na temelju brojnih fizikalnih i antropogenih karakteristika, od kojih su Williams i Micallef (2009) izdvojili nekoliko glavnih kao što su: energija valova, veličina sedimenta, proces formiranja, oblik plaže i stabilnost plaže.

Na temelju intenziteta energije valova razlikujemo tri morfološka tipa plaža: reflektivni, disipativni i prijelazni morfološki tip plaža. Reflektivni tip plaža, javlja se kada je energija valova niska (> 0,5 m), sediment krupan (> 0,4 mm), dok amplitude morskih mijena ne prelaze 1 - 1,5 m (McLachlan i Defeo 2001); karakterizira ih strmo lice plaže i uska zona loma valova /eng. *surf zone*/, zbog čega se valovi lome neposredno ispred obalne linije te se značajna količina energije valova reflektira natrag prema otvorenom moru, stoga je taloženje priobalnih sedimenata ograničeno (McLachlan i Defeo 2017). Disipativni morfološki tip plaža karakteriziraju valovi visoke energije (> 2 m), sitniji sediment (< 0,2 mm) te imaju ravno i maksimalno erodirano lice plaže te široku zonu loma valova (300 – 500 m), preko koje se valovi postupno lome i raspršuju, time taložeći sediment (McLachlan i Defeo 2017; Knox 2000). Prijelazni morfološki tip plaža obuhvaća sve varijacije između reflektivnih i dispativnih plaža. Najčešće prevladavaju valovi umjerene energije, a time je i blaži nagib lica plaže u usporedbi s reflektirajućim plažama (McLachlan i Defeo 2017; McLachlan i Defeo 2001).

Za karakterizaciju plaža na temelju sastava i veličine sedimenta najčešće se koristi Utten-Wentworthova geometrijska ljestvica (Palatinuš 2022), gdje se plaže kategoriziraju u: (i) muljevite plaže, koje obuhvaćaju čestice gline i praha /eng. *silt*/ (veličina čestica sedimenta 0,004 - 0,063 mm), (ii) pješčane plaže, čija veličina čestica sedimenta je 0,063 - 2,0 mm, (iii) šljunčane plaže, imaju tri veličinske frakcije: sitni šljunak 2 - 4 mm /eng. *granule*/; krupni šljunak 4 - 64 mm /eng. *pebbles*/ i oblutak 64 - 256 mm /eng. *cobbles*/; te (iv) plaže s kamenim blokovima (blokovi > 256 mm /eng. *boulders*/) (Bird 2008).

Gledajući proces formiranja, plaže mogu biti prirodnog ili umjetnog, antropogenog nastanka (Williams i Micallef 2009).

Nadalje, s obzirom na oblik razlikujemo džepne, linearne, izvijene i logaritamsko spiralne plaže. Džepne plaže /eng. *pocket beach*/ su male, konkavne plaže smještene u uvalama i omeđene rtovima, a zaklonjene od intenzivnog djelovanja valova. Mogu biti bilo koje vrste i oblika sedimenta (Bowman i sur. 2009). Linearne plaže karakterizira ravan i izdužen oblik, što je posljedica izraženog uzduž obalnog transporta sedimenta, shodno tome pijesak je najčešći tip supstrata (Williams i Micallef 2009). Izvijene plaže prate konturu zaljeva ili uvale, a karakterizira ih najčešće konkavni oblik. Pružaju obali zaštitu od valova i struja zbog svog položaja unutar zaljeva (Marković i sur. 2010). Logaritamske spiralne plaže nastaju procesom erozije zbog loma i difrakcije valova pod specifičnim kutem, zato što je s jedne strane plaža zaštićena rtom, a njihov oblik iz ptičje perspektive nalikuje na školjku ili spiralno stubište (Yasso 1965). Na temelju njihove stabilnosti plaže se mogu definirati kao rastuće, stabilne ili erozivne, ovisno o unosu ili gubitku sedimenta (Marković i sur. 2010).

1.2. Ekologija plaža

Unatoč naizgled pustom izgledu, plaže obiluju brojnom faunom i florom (Viles i Spencer 1995). Karakteristična fauna plaže sastoji se od niza beskralježnjaka, kralježnjaka i intersticijskih oblika, kao što su virnjaci, nematode, mnogočetinaši, maločetinaši, kolnjaci, štrcaljci, školjkaši, muhe, kornjaši, ribe, ptice te zooplankton kojeg sačinjavaju račići veslonošci, rakušci, jednonožni rakovi i kozice (Viles i Spencer 1995). Flora plaža najčešće se sastoji od mikroalgi, bakterija, cijanobakterija, autotrofnih flagelata, te naplavina makrofitobentosa, koji bivaju transportirani iz neposrednog morskog okoliša, a čiji sastav i biomasa na plaži uvelike uvjetuje kakva će biti cjelokupna fauna i flora plaža (Viles i Spencer 1995; Hyndes i sur. 2022; Beltran i sur. 2020; Peduzzi i Herndl 1991). Abiotički faktori glavni su čimbenici koji determiniraju prisutnost zajednice organizama za određeno područje. Tri glavna, međusobno povezana čimbenika određuju vrstu zajednice na plažama: vrsta podloge (kamen, pijesak, mulj ili kombinacija), amplituda plime i oseke te intenzitet djelovanje valova, kao najvažniji (Knox 2000). Konstantno kolebanje vremenskih uvjeta i nestablnost supstrata prisilili su organizme na plažama da razviju specifične prilagodbe, najčešće u vidu izražene mobilnosti, tj. zonacije u odnosu na supralitoralnu i mediolitoralnu stepenicu, zakopavanja,

ritmičnosti u ponašanju te složenim mehanizmima orijentacije i plastičnosti (Dauer 1983; Brown i Odendaal 1994; Scapini i sur. 1995; Romano 2013; Knox 2000). Biotički faktori, s druge strane, pružaju malo dokaza da kontroliraju zajednice na plažama. Postoje radovi koji su kvantificirali predaciju od strane ptica, riba i beskralježnjaka (Brown i McLahlan 2010), no nije opisano puno bioloških faktora koji bi potencijalo pospješili bioraznolikost organizama na plažama. Jedan biološki faktor koji može znatno pridonijeti bioraznolikosti na plažama su naplavine morske vegetacije, koje će se nadalje istražiti u sklopu ovog rada

Važno je također napomenuti da se često na temelju same tipizacije plaža može razlučiti kakva je bioraznolikost vrsta i koje su zajednice dominantne. Primjerice, velika raznolikost vrsta povezana je s dispativnim morfološkim tipom plaža, gdje su amplitude morskih mijena velike, snažnija je energija valova i sporija je drenaža, zbog čega su organizmi manje izloženi sušenju, lakše se kreću i hrane, a karakteristični sitniji sediment omogućuje organizmima na plaži lakše zakopavanje. Protivno tome, bioraznolikost vrsta najmanja je na reflektivnom morfološkom tipu plaže, zbog čije je geomorfologije zona loma vala i zona zapljuskivanja vala /eng. *swash zone*/ puno turbolentnija, periodi "*swasha"* su kraći te je drenaža "*swasha"* nagla, uzrokujući česte suhe, nestabilne uvjete za organizme na plaži. Primjerice, za filtratorske organizme, period "*swasha*" od 5 sekundi na reflektivnoj plaži čini hranjenje praktički nemogućim, te slično tome, školjkaši, koji se većinom oslanjaju na strujanje "*swasha*" da ih razmiješta po plaži, ne mogu se dovoljno brzo otkopati/zakopati u sličnom periodu manjem od 10 - 20 sekundi (McLachlan 1990; McLachlan i Young 1982). Reflektivne plaže također potencijalno isključuju prisustvo manjih životnih oblika zbog drobljenja od strane krupnijih čestica sedimenta i abrazije, te znatno onemogućuju sposobnost ukopavanja u sediment (McLachlan i Defeo 2001).

1.3. Naplavine

Fizikalni čimbenici poput valova, morskih struja i morskih mijena utječu na razvoj i distribuciju morske vegetacije u obalnim područjima (Kautsky i sur. 1990; Kautsky i sur. 1999; Boller i Carrington 2006). Većina makroalgi i morskih cvjetnica pričvršćeni su za supstrat prianjalkama i rizomima, međutim, hidrodinamičke fluktuacije, poput velikih morskih mijena ili snažnih valova tijekom oluja mogu ih otkinuti, te prenijeti na plaže, u zonu mediolitorala i supralitorala (Suursaar i sur. 2014). Nakupine makrofitobentosa, zajedno sa lišćem, granama,

balvanima, ostatcima mrtvih organizama /eng. carrion/, te glomaznim otpadom antropogenog porijekla nazivamo naplavinama (Colombini i Chelazzi 2003) (Slika 1a, b).

Slika 1. **a**) Karakteristični pojas naplavina na plažama zapadne obale Istre; **b**) Prikaz mrtvih organizama unutar naplavina.

Naplavine su povijesno imale višestruku uporabu diljem svijeta. Tako u zemljama poput Australije, Novog Zelanda, Južne Afrike i Kanade se svojte makrofitobentosa unutar naplavina sakupljaju (kelp kao najčešća svojta), i koriste u komercijalne svrhe, primjerice kao fertilizatori, u proizvodnji ekstrakcije agara, kao bioplin, te u kozmetičkoj industriji (Kirkman i Kendrick 1997; Speed 2005; Chubarenko i sur. 2021). Zemlje Mediterana također imaju višestoljetnu tradiciju sakupljanja i korištenja naplavina, pretežito morske cvjetnice *Posidonia oceanica,* kao kompost (Marković i sur. 2010).

Pojas na plaži unutar kojeg se nalaze naplavine najčešće se prostire paralelno sa morem, može biti kontinuiran ili fragmentiran, te se najčešće nalazi oko crte do koje doseže visoka plima ili olujni valovi (Suursaar i sur. 2014). Hidrodimanika je glavni faktor koji utječe na separaciju, transport i akumulaciju naplavina na plažama. Taloženje naplavina je jako varijabilno ovisno o hidrodinamici mora i tipologiji plaže tj. geomorfologiji obale, primjerice na zaobljenoj obali, na izvijenim i logaritamsko spiralnim plažama naplavine će često biti rascjepkanog oblika (Orr i Griffiths (2005); Oldham i sur. 2010). Biomasa naplavina na plaži može biti značajna, rezultati Koop i Griffiths (1982), te Robertson i Hansen (1982) pokazuju da pješčane plaže Južne Afrike i zapadne Australije dosežu i do 2000 kg mokre težine naplavina po metru plaže godišnje, dok je Hayes (1974) na pješćanim plažama Kalifornije zabilježio godišnju biomasu

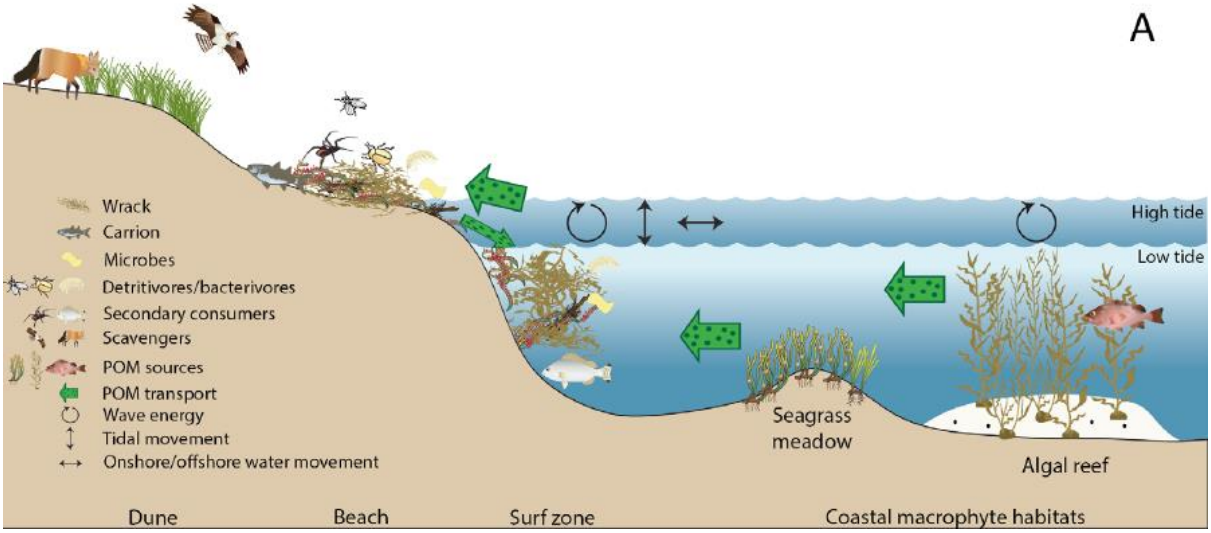
naplavina kelpa do 473 kg mokre težine po metru. Biomasa naplavina varira na prostornoj i vremenskoj skali. Orr i sur. (2005) analizirali su prostornu i vremensku varijaciju volumena naplavina na plažama različitog supstrata (pijesak, šljunak i oblutak) u Britanskoj Kolumbiji, ukazujući da plaže sačinjene od oblutaka talože veću biomasu naplavina od šljunčanih i pješčanih. Shodno tome, veličina pora tj. prostor između granula supstrata, glavni je faktor koji determinira mogućnost retencije naplavina. Ukoliko su pore između oblutaka dovoljno velike, većina biomase naplavina će se zadržati unutar njih unatoč utjecaju morskih sila. Nadalje, zaključili su da je veća biomasa naplavina na plažama pod umjereno izraženim utjecajem hidrodinamike, za razliku od plaža sa visokom ili izrazito niskom hidrodinamikom.

Jednom izbačene na obalu, naplavine se mogu vratiti natrag u more tijekom sljedećih ciklusa plime i oseke, ili se zadržati na obali. Izvor naplavina može biti iz okolnih obalnih područja, no mogu se i transportirati iz udaljenijih lokaliteta, morskom strujom i valovima (Biber 2007). Unutar perioda od jedne godine naplavine su podlegnute procesima razgradnje te postaju detritus (Suursaar i sur. 2014). Vrijeme potrebno za dekompoziciju različitih vrsta makrofitobentosa unutar naplavina varira, primjerice, biomasa vrsta sa mekanim talusima često se razgradi brže od vrsta sa tvrdim talusom (Jedrzejczak 2002). Mews i sur. (2006) povezali su različito vrijeme dekompozicije vrsta makrofitobentosa sa individualnim kemijskim karakteristikama vrsta. *Fucus* spp. ima veći omjer C:N, te je bogat fenolskim spojevima, koji usporavaju dekompoziciju, za razliku od vrsta poput *Nereocystis luetkeana* i *Macrocystis integrifolia*, koji imaju manji omjer C:N, sadrže manje fenolskih spojeva, stoga se dekompoziraju brže (Mews i sur. 2006; Pennings i sur. 2000).

Naplavine imaju važnu ulogu u održavanju ravnoteže obalnih ekosustava, gdje sudjeluju u održavanju dinamike sedimenta, pružajući fizičku barijeru pri sprečavanju erozije, te se inkorporiraju u fizikalne procese plaža kao što su formacija dina na pješčanim plažama (Speed 2005; Hyndes i sur. 2022).

Naplavine se također važan resurs organizmima koji nastanjuju plaže, pružajući im hranu, sklonište i potencijalno mrjestilište (Suursaar i sur. 2014; Ince i sur. 2007). Najčešće se povezuju sa velikom abundancijom bakterija, mikroorganizama, insektima i beskralježnjacima poput amfipodnih i izopodnih račića, koji konzumiraju i/ili razgrađuju naplavine čime pridonose kruženju i zadržavanju organskih tvari te remineralizaciji nutrijenata (Pennings i sur. 2000; Dugan i sur. 2003) (Slika 2). Procesi remineralizacije nutrijenata u sedimentu bentosa mogu imati velik značaj u obalnim ekosustavima karakteriziranim periodičnom ili niskom primarnom produkcijom, pružajući otopljeni dušik ključan za regeneraciju nutrijenata (Dugan i sur. 2011) (Slika 2). Oslobođene hranjive tvari mogu se zadržati u sedimentu, gdje postaju

dostupni bakterijama i dijatomejama, mogu se isprati sa plaže u zonu loma valova, gdje su korisni fitoplanktonu, ili se osloboditi u okolni morski ekosustav, gdje su dostupne makroalgama i morskim cvjetnicama (Romano 2013; Dugan i sur. 2011) (Slika 2).



Slika 2. Shematski prikaz dinamike naplavina u ekosustavu plaža. Na slici su prikazani glavni izvori naplavina, transportni putevi i glavni konzumenti naplavina (Izvor: Hyndes i sur. 2022).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Ovo preliminarno istraživanje predstavlja prvu detaljniju analizu naplavina u sjevernom Jadranu. Cilj ovog istraživanja je kvalitativno i kvantitativno utvrditi sastav makrofitobentosa unutar naplavina pronađenih na četiri postaje duž zapadne obale Istre. Sastav i količina svojti makroalgi i morskih cvjetnica unutar naplavina analizirat će se kao i sastav svojti u zajednicama mediolitorala i gornjeg infralitorala na istraživanim postajama. Posebna važnost posvetiti će se pronalaženju smeđih algi reda Fucales u naplavinama, budući da su njihova naselja u posljednjim godinama duž zapadne obale Istre u fazi nazadovanja. Dodatne analize unutar ovog istraživanja obuhvatiti će i određivanje fiziološkog stanja jedinki svojti reda Fucales u naplavinama neposredno tijekom uzorkovanja te nakon rehidracije kroz tri tjedna u laboratorijskim uvjetima.

3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje sastava i strukture makrofitobentosa u naplavinama na plažama duž zapadne obalne Istre provedeno je tijekom ožujka i travnja 2023. godine. Naplavine su uzorkovane duž zapadne obale Istre na četiri postaje i to u sjevernom dijelu u Lovrečici, u središnjem dijelu Hotel Delfin i Barbariga te na jugu, u Šćuzi (Slika 3). Postaje su odabrane zbog pristupačnosti i zatvorenijeg položaja prema otvorenom moru, uz pretpostavku da će takva hidrodinamička obilježja omogućiti veće taloženje naplavina na plažama. Također je uzeto u obzir da je na tim postajama kroz povijest zabilježena prisutnost smeđih algi reda Fucales. Postaje su geokodirane korištenjem mobilnog uređaja, određivanjem koordinata u koordinatnom sustavu HTRS 96/TM, koje su potom zabilježene u mobilnoj aplikaciji Epicollect5, a grafički prikaz istraživanih postaja prikazan je koristeći računalni program Google Earth (Slika 3).

Slika 3. Prikaz karte Republike Hrvatske i istraženih postaja duž zapadne obale Istre na kojemu je provedeno istraživanje sastava i strukture makrofitobentosa u naplavinama na plažama (Izvor: *Google Earth*).

3.1. Područje istraživanja

Postaja Lovrečica

Postaja Lovrečica dio je istoimenog naselja, a smještena je u sjevernom dijelu zapadne obale Istre (45.377902° N, 13.545257° E). Okrenuta je prema smjeru zapada, te uvučena u kopno oko 800 m. Dužina istražene postaje iznosi 167 m, sa prosječnom širinom od 24 m. Supstrat na postaji prirodnog je porijekla, sačinjen od kamenih oblutaka. Na postaji antropogeni utjecaj nije zabilježen.

Slika 4. Plaža s naplavinama na postaji Lovrečica.

Postaja Hotel Delfin

Postaja Hotel Delfin dio je središnjeg dijela zapadne obale Istre, a nalazi se otprilike 3 km južno od Poreča (45.198891° N, 13.589027° E). Ova postaja je izložena prema otvorenom moru te je zbog toga hidrodinamika u njoj značajna. Dužina istražene postaje iznosi 50 m sa prosječnom širinom od 3 m. Supstrat na postaji umjetnog je porijekla, sačinjen od kamenih oblutaka te šljunka.

Slika 5. Plaža s naplavinama na postaji Hotel Delfin.

Postaja Barbariga

Postaja Barbariga smještena je u središnjem djelu zapadne obale istre, u istoimenom naselju Barbariga (44.985890° N, 13.763116° E). Okrenuta je prema zapadu te je uvučena u kopno oko 400 m. Dužina postaje iznosi 372 m sa prosječnom širinom od 8 m. Supstrat na postaji prirodnog je podrijetla, sačinjen od kamenih oblutaka. Na postaji su zapaženi brojni izvori slatke vode i umjeren antropogeni pritisak.

Slika 6. Plaža s naplavinama na postaji Barbariga.

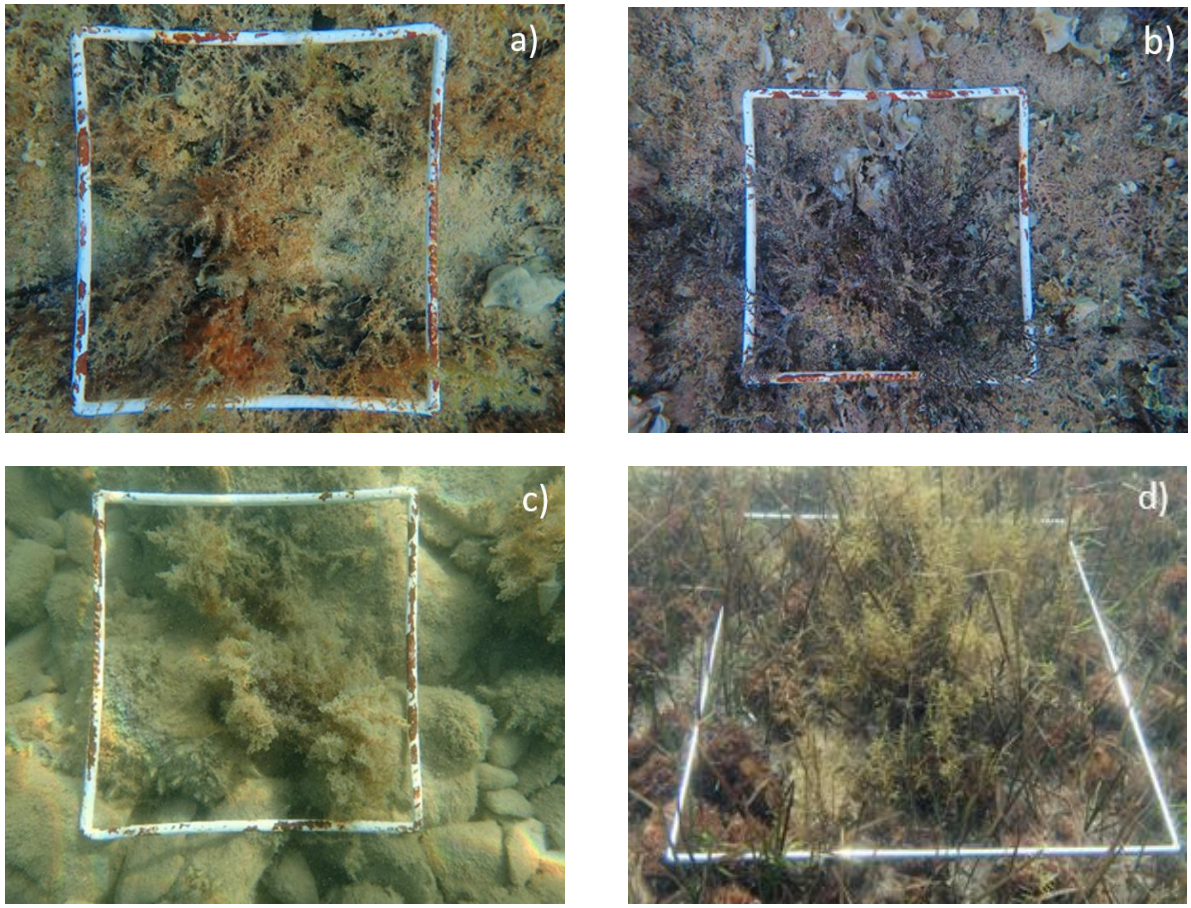
Postaja Šćuza

Postaja Šćuza dio je obalne lagune, uvale Ribnjak, najuvučenijeg i najzapadnijeg dijela Medulinskog zaljeva (44.817348° N, 13.887733° E). Dužina istražene postaje iznosi 177 m sa prosječnom širinom od 7 m. Karakteristična obilježja postaje su niski hidrodinamizam te niži salinitet zbog stalnog dotoka slatke vode (Premate 2015). Supstrat na postaji prirodnog je porijekla, većinom muljeviti uz ponešto kamenih oblutaka.

Slika 7. Plaža s naplavinama na postaji Šćuza.

3.2. Analiza makrofitobentosa u pojasu infralitorala

Kako bi se analizirao sastav i struktura zajednica makrofitobentosa u infralitoralnom pojasu, u neposrednoj blizini istraženih postaja, postavio sam tri nasumična transekta od 5 metara, a u svakom transektu su nasumično uzorkovana tri kvadrata veličine 20 x 20 cm (Slika 8). Kvadrate sam snimio digitalnim fotoaparatom Olympus TG6, a analizu sastava i pokrovnosti svojti unutar kvadrata koji je podijeljen u 25 podkvadrata vizualno sam procijenio. Ocjena od 0% do 4% dana je svakom potkvadratu (0 kada je vrsta odsutna; 1 kada vrsta zauzima 1⁄4 potkvadrata; 2 kada vrsta zauzima 1⁄2 potkvadrata, 3 kada vrsta zauzima 3/4 potkvadrata i 4 kada vrsta zauzima cijeli potkvadrat), a ukupan postotak pokrovnosti pojednih svojti dobiven je zbrajanjem cijelog niza podkvadrata (Dethier i sur. 1993). Grafičke prikaze podataka te statističku analizu napravio sam korištenjem programa Grapher 12 i Primer 6.



Slika 8. Prikaz reprezentativnih zajednica makrofitobentosa u pojasu infralitorala, unutar analiziranih kvadrata, na postajama: **a**) Lovrečica; **b)** Hotel Delfin; **c**) Barbariga; **d)** Šćuza.

3.3. Prikupljanje uzoraka naplavina

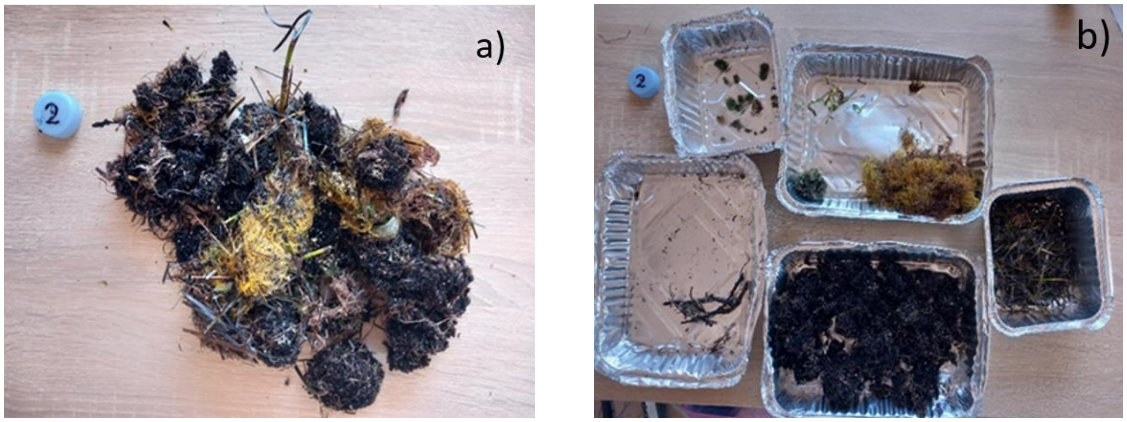
Na postajama Lovrečica, Hotel Delfin, Barbariga i Šćuza zabilježene su osnovne karakteristike plaža: dužina i širina plaže, vrsta supstrata, dužina i širina naplavina, oblik naplavina i prisutnost alohtonog materijala (otpada) koje su upisane u aplikaciju Epicollect5. Unutar postaja, u zonama supralitorala i medialitorala sam nasumično postavio tri transekta dužine 10 m, a unutar svakog transekta sam uzorkovao naplavine unutar tri nasumično postavljena kvadrata dimenzija 20 x 20 cm. Naplavine pronađene unutar površine kvadrata uzorkovao sam ručno i stavio u označene crne vreće (broj transekta i broj kvadrata), te sam ih potom odnio u Centar za istraživanje mora (CIM) u Rovinju, Instituta Ruđer Bošković (IRB) gdje su analizirane.

Slika 9. **a**) Prikaz naplavina na postaji Hotel Delfin; **b**) Prikaz kvadrata 1, transekta 1 na postaji Šćuza.

3.4. Laboratorijska obrada i analiza uzoraka naplavina

U laboratoriju CIM-a sam u posudama pojedinačno separirao ukupan makrofitobentos (makroalge i morske cvjetnice) pronađen unutar svakog kvadrata istražene postaje. Svojte unutar naplavinama determinirane su do razine vrste. Često unutar naplavina svojte su bile fragmentirane i u različitim stadijima raspadanja, te u takvim slučajevima svojte su determinirane do razine roda. Zatim za sve svojte je određena mokra težina pomoću laboratorijske vage (s preciznošću od 0,01 g). Beskralježnjake i ostatke kopnenih biljaka, koje sam pronašao unutar naplavina nisam separirao niti vagao. Obrada svih kvadrata po postaji trajala je otprilike 5 dana. Dobiveni podaci upisani su u Microsoft Excel u svrhu daljnje

statističke obrade podataka.



Slika 10. a) Prikaz nesepariranih naplavina pronađenih na postaji Šćuza unutar kvadrata 2, transekta 1; **b**) Prikaz separiranih vrsta makrofitobentosa pronađenih unutar naplavina kvadrata 2, transekta 1 na postaji Šćuza.

3.5. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu svih skupova podataka makrofitobentosa u istraženim postajama koristio sam programe Primer 6 i Grapher 12.

Indeksi bioraznolikosti i indeksi sličnosti obično se koriste u ekološkim studijama za kvantificiranje i usporedbu raznolikosti i sličnosti vrsta unutar različitih staništa ili mjesta uzorkovanja. Koristeći abundanciju (gustoću ili brojnost) i broj svojti, indeksi raznolikosti pružaju kvantitativnu mjeru raznolikosti u zajednici temeljem vjerojatnosti da će dvije nasumično odabrane jedinke pripadati različitim vrstama (Fedor i Zvaríková 2019).

Koristio sam Shannon-Wienerov indeks (H') kao indeks bioraznolikosti jer uzima u obzir bogatstvo vrsta i njihovu jednakost. Prednost korištenja ovog indeksa je što veličina uzorka nema značajan utjecaj pri mjerenju raznolikosti vrste, a osjetljiv je na promjene broja rijetkih vrsta (Shannon 1948; Fedor i Zvaríková 2019).

Formula za Shannon-Wienerov indeks je:

$H' = - \Sigma (p_i) (log^2(p_i))$

Gdje p_i predstavlja udio jedinki vrste *i* u ukupnom broju svih jedinki ($p_i = n_i/N$) (Šolić 2015).

Nadalje, koristeći Pielouov indeks ujednačenosti (J') kvantificirao sam koliko je ravnomjerno raspoređena biomasa različitih vrsta unutar postaja. Kreće se od 0 do 1, pri čemu 1 označava savršeno ravnomjernu raspodjelu biomase među vrstama.
Formula za Pieluov indeks ujednačenosti je:

$$J' = \frac{H\prime}{H_{maks}} = \frac{H\prime}{logS}$$

Gdje je S – broj vrsta, a H' Shannon-Wienerov indeks raznolikosti (Šolić 2015).

Radi utvrđivanja sličnosti u sastavu vrsta između postaja, upotrijebio sam Bray-Curtisov indeks sličnosti. Ovaj indeks daje vrijednost u rasponu od 0 do 1, gdje 0 označava potpunu različitost, a 1 predstavlja potpunu sličnost u sastavu vrsta (Bray i Curtis 1957).
Formula Bray-Curtis indeksa sličnosti:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^{p} |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^{p} (y_{ij} + y_{ik})} \right.$$

Gdje je: $y_{ij} - y_{ik}$ razlika u brojnosti vrste *i* između zajednica *j* i *k*

Iz dobivenog Bray-Curtis indeksa sličnosti provedena je i klaster analiza te ordinacijska metoda nemetričkog multidimenzijskog skaliranja (nMDS) svih uzoraka, pomoću koje su vizualno predočeni obrasci sličnosti između postaja (Kruskal i Wish 1978). Nadalje, neparametrijska analiza varijanci PERMANOVA primijenjena je kako bi se utvrdile multivarijantne varijabilnosti postaja (na temelju Bray-Curtis sličnosti, logaritamski transformirani podaci). PERMANOVA dizajn sastojao se od dva faktora: „Postaja“ (4 razine, nasumičan) i „Područje“ (ugniježđen u faktor „Postaja“, 12 razina, nasumičan). Analize značajnosti temeljene su na 9999 permutacija, te su rezultati glavnog testa ukazivali na postojanje statistički značajne razlike između postaja ako je P(perm) vrijednost bila manja od 0,05 (Anderson i ter Braak 2003). Ukoliko je broj permutacija bio nizak (> 1000), računata je Monte Carlo vrijednost (P(MC)) (Anderson i sur. 2008). Nadalje, ako su se glavnim testom utvrdile statistički značajne razlike, usporedili su se parovi postaja za daljnje utvrđivanje razlika između njih. SIMPER

analiza (90% „cut off“) korištena je kako bi se utvrdilo koje su svojte makrofitobentosa najviše pridonijele sličnosti unutar postaja, sličnosti između postaja te razlici između postaja (Clarke 1993) .

3.6. Utvrđivanje fiziološkog stanja smeđih algi reda Fucales koristeći PAM fluorimetriju

Eksperiment utvrđivanja fiziološkog stanja proveo sam na ukupno 26 jedinke smeđih algi reda Fucales, koje sam pronašao u naplavinama. Eksperiment je proveden na 10 jedinki vrste *Gongolaria barbata* sa postaje Šćuza, a sa postaje Hotel Delfin na 5 jedinki vrste *Cystoseira foeniculacea*, 5 jedinki vrste *Cystoseira humilis*, 5 jedinki vrste *Cystoseira compressa* te 1 jedinki vrste *Ericaria crinita.* Mjerio sam njihovo fiziološko stanje odmah nakon separacije iz naplavina, kao i tijekom procesa rehidracije u kamenim bazenima. Prilikom prvog mjerenja, svaka jedinka bila je pričvršćena na vapnenačke pločice i označena jedinstvenom šifrom radi sljedivosti pri daljnjoj analizi (Slika 10a). Jedinke vrste *Gongolaria barbata* iz postaje Šćuza označene su jedinstvenom šifrom SC i pripadajućim brojem (SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, SC6, SC7, SC8, SC9 i SC10). Na postaji Hotel Delfin jedinke su označene jedinstvenom šifrom HD i brojem. Oznake za jedinke vrste *Cystoseira foeniculacea* su: HD1, HD2, HD3, HD4 i HD5, za jedinke vrste *Cystoseira compressa* su: HD6, HD7, HD8, HD9 i HD10, za jedinke vrste *Cystoseira humilis* su: HD11, HD12, HD13, HD14 i HD15 te jedinka vrste *Ericaria crinita* označena je kao HD16. Nakon prvog mjerenja, makroalge su postavljene u plastične bazene (volumena 50 litara) radi prilagodbe, s protočnom izmjenom morske vode koju je vodovodni sustav upumpavao iz okolnog morskog okoliša blizu CIM-a. U bazenima su bili postavljeni uređaji za mjerenje temperature i svjetlosti (HOBO Pendant® Temperature/Light 64K Data Logger) (Prilog 5–8). Prilikom svakog novog mjerenja potrebno je bilo očistiti makroalge sa četkicom, kako bi se uklonio „obraštaj“ mikroalgi koje bi zbog svojih fotosintetskih sposobnosti mogle davati lažne rezultate. Rehidracija talusa smeđih algi reda Fucales trajala je 4 tjedna, tijekom kojih sam četiri puta mjerio fiziološko stanje svake jedinke. Za eksperimet je korišten uređaj klorofilni fluorometar, MINI-PAM II (Walz). MINI-PAM II uređaj mjeri fluorescenciju klorofila u fotosintetskim organizmima (Slika 10b). Uređaj radi pomoću pulsa svjetlosti visokog intenziteta kojim pobuđuje reakcijske centre fotosustava II (PSII) u kloroplastima organizma koji se proučava. Sastoji se od izvora svjetlosti, optičkog kabela za isporuku svjetlosti uzorku i detektora za mjerenje fluorescencije koju emitira uzorak.

Slika 10. a) Označene jedinke smeđih algi reda Fucales sa postaje Hotel Delfin (Autor: Andrea Bilajac); **b**) MINI-PAM II klorofilni fluormetar (Walz).

Na jedinkama reda *Fucales* mjerene su bile dvije vrijednosti: maksimalni kvantni prinos fotosustava PSII (F_V/F_m) te efektivni kvantni prinos PSII (ΦPSII).

Maksimalni kvantni prinos fotokemije PSII (Fv/Fm) često je korišteni parametar u mjerenjima fluorescencije klorofila. To je mjera maksimalne učinkovitosti fotosustava II (PSII) u pretvaranju apsorbirane svjetlosne energije u kemijsku energiju tijekom procesa fotosinteze. Zdravi fotosintetski organizam obično će imati vrijednost F_V/F_m oko 0,7 do 0,8, što ukazuje da se većina apsorbirane svjetlosne energije koristi za fotosintezu. Vrijednosti niže od navedenih najčešće ukazuju da je organizam izložen fiziološkom stresu (de Bettignies i sur. 2020).

Omjer F_V/F_m izračunava se kao $(F_m - F_0)/ F_m$, gdje je F_m maksimalni prinos fluorescencije PSII kada su svi reakcijski centri zatvoreni, a F_0 je prinos fluorescencije PSII u stanju prilagođenom na tamu kada su svi reakcijski centri otvoreni (Maxwell i Johnson 2000). U ovom eksperimentu talusi smeđih algi reda *Fucales* mjereni su 10 minuta nakon adaptacije na tamu.

Efektivni kvantni prinos PSII (ΦPSII) još je jedan parametar koji mjeri učinkovitost PSII u pretvaranju apsorbirane svjetlosne energije u kemijsku energiju. Međutim, za razliku od F_V/F_m, koji mjeri maksimalni kvantni prinos, ΦPSII mjeri stvarni kvantni prinos PSII pod određenim svjetlosnim uvjetima (Maxwell i Johnson 2000).

Efektivni kvantni prinos PSII izračunava se kao $(F_{m'} - F_s)/ F_{m'}$ gdje je F_s konstantna fluorescencija izmjerena neposredno prije saturacijskog pulsa, a $F_{m'}$ maksimalna fluorescencija tijekom trajanja aktiničkog osvjetljenja (Banić 2017). Zdrav fotosintetski organizam tipično će imati vrijednost ΦPSII od oko 0,7 do 0,8 pod optimalnim svjetlosnim uvjetima (de Bettignies i sur. 2020).

4. REZULTATI

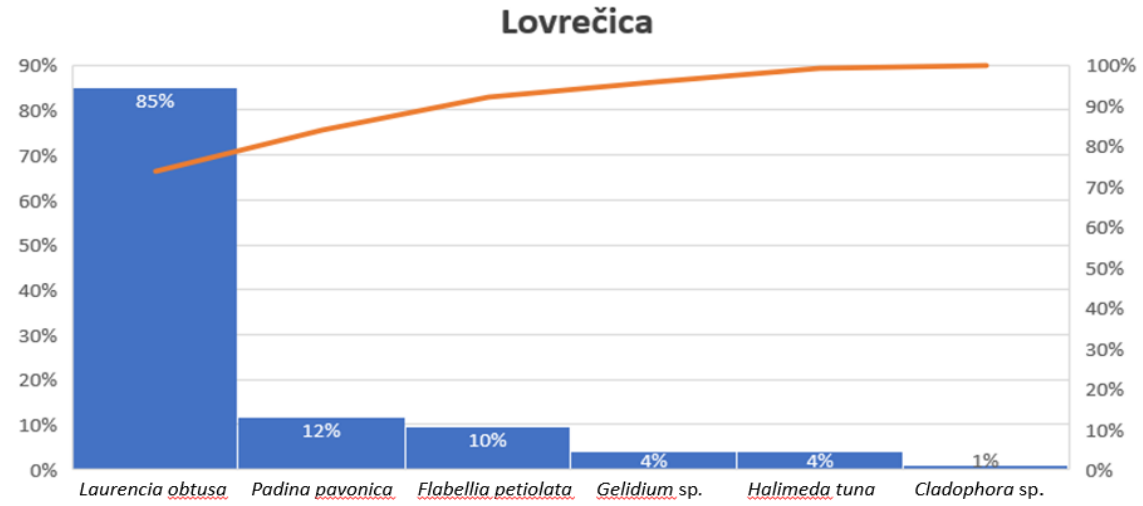
4.1. Makrofitobentos u infralitoralu

Tijekom analize fotografskih uzoraka kvadrata determinirano je ukupno 18 različitih svojti makrofitobentosa. Gledajući više taksonomske kategorije makroalgi, brojnost je bila slična, crvene alge (Rhodophyta) sadržavale su 6 svojti, smeđe alge (Ochrophyta) 5 svojti, a zelene alge (Chlorophyta) bile su prisutne s 6 svojti. Svojte morskih cvjetnica (Tracheophyta) nisu se determinirale, već se samo bilježila njihova prisutnost (Tablica 1).

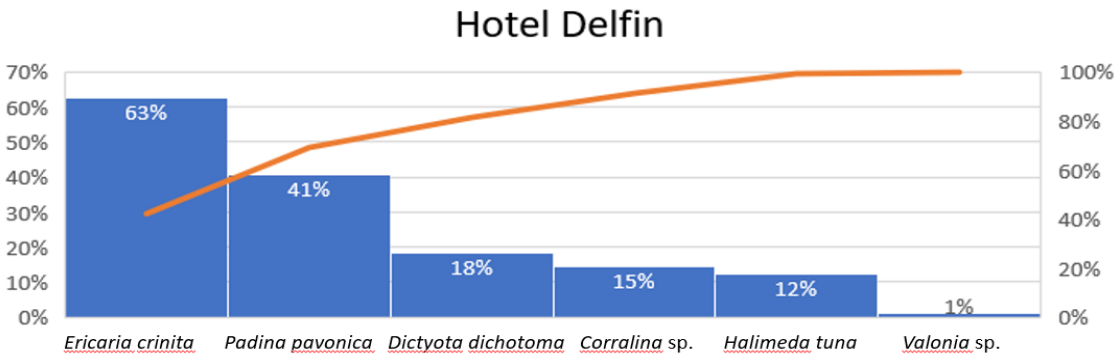
Tablica 1. Prisutnost taksona unutar analiziranih kvadrata u infralitoralnom pojasu postaja. Vrste i rodovi makrofitobentosa koji su pronađeni u istraživanim postajama označeni su slovom X.

Takson	Lovrečica	Hotel Delfin	Barbariga	Šćuza
Rhodophyta				
Laurencia obtusa	X	X	X	X
Rytiphlaea tinctoria				X
Corallina sp.		X		
Inkrustrirajuće alge				X
Osmundea sp.				X
Gelidium sp.	X			X
Ochrophyta				
Dictyota dichotoma	X	X		
Cystoseira compressa		X		
Ericaria crinita		X		
Gongolaria barbata				X
Padina pavonica	X	X		
Chlorophyta				
Halimeda tuna	X	X	X	
Flabellia petiolata	X			
Cladophora sp.				X
Filamentozne alge			X	
Acetabularia acetabulum				X
Valonia utricularis		X		X
Tracheophyta				X

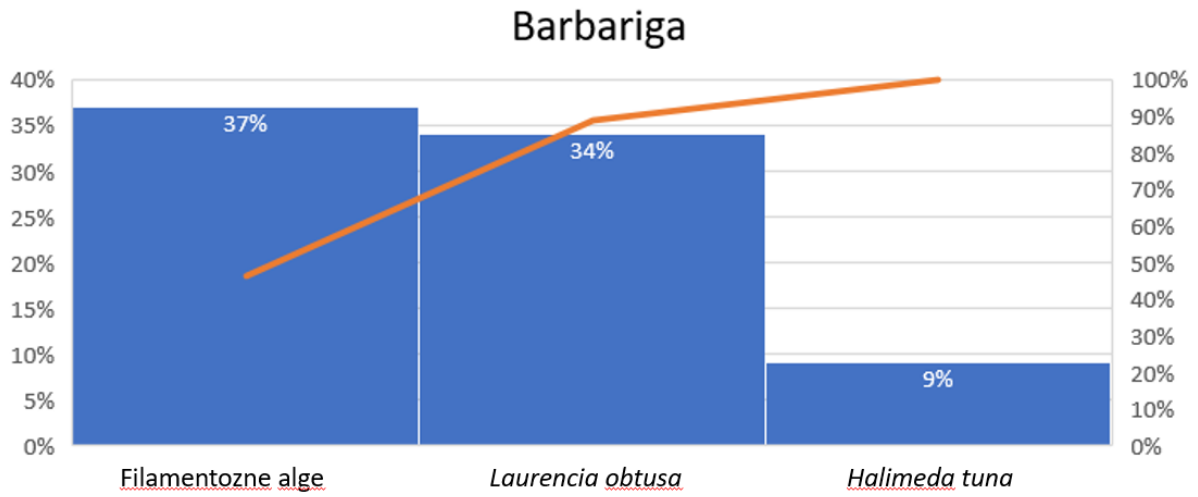
Brojnost svojti i postotak pokrovnosti varirali su ovisno o istraženoj postaji. Na postaji Lovrečica determinirano je 6 svojti makroalgi, od kojih je *Laurencia obtusa* dominirala, sa prosječnom pokrovnosti od 85% unutar analiziranih kvadrata (Tablica 1; Slika 11). Na postaji Hotel Delfin utvrđena je prisutnost 8 svojti, od kojih je dominirala smeđa makroalga reda Fucales, *Ericaria crinita*, sa prosječnom pokrovnosti od 63% unutar analiziranih kvadrata (Tablica 1; Slika 12). Na postaji Barbariga utvrđen je najmanji broj svojti (3), od kojih su dominirale filamentozne alge sa 37% i *Laurencia obtusa* sa 34% prosječne pokrovnosti unutar analiziranih kvadrata (Tablica 1; Slika 13). Na postaji Šćuza utvrđen je najveći broj svojti (10), od kojih su dominirale morske cvjetnice, sa 66% prosječne pokrovnosti po analiziranom kvadratu (Tablica 1; Slika 14).



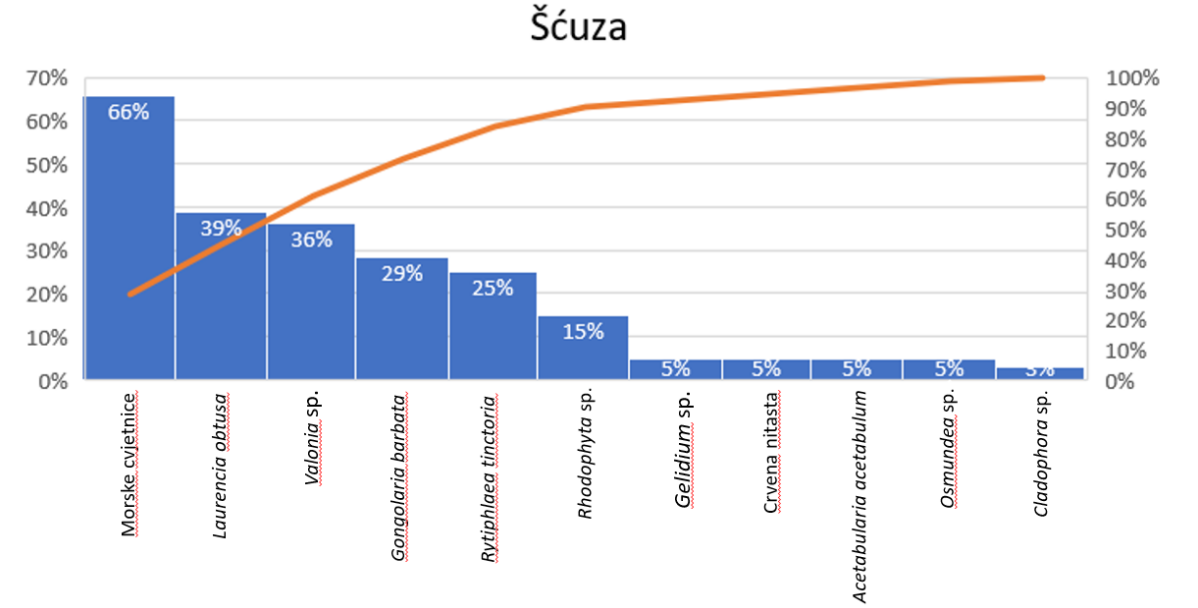
Slika 11. Histogram prosječne pokrovnosti svojti makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata na postaji Lovrečica. Narančasta linija predstavlja kumulativni ukupni postotak svojti.



Slika 12. Histogram prosječne pokrovnosti svojti makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata na postaji Hotel Delfin. Narančasta linija predstavlja kumulativni ukupni postotak svojti.



Slika 13. Histogram prosječne pokrovnosti svojti makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata na postaji Barbariga. Narančasta linija predstavlja kumulativni ukupni postotak svojti.



Slika 14. Histogram prosječne pokrovnosti svojti makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata na postaji Šćuza. Narančasta linija predstavlja kumulativni ukupni postotak svojti.

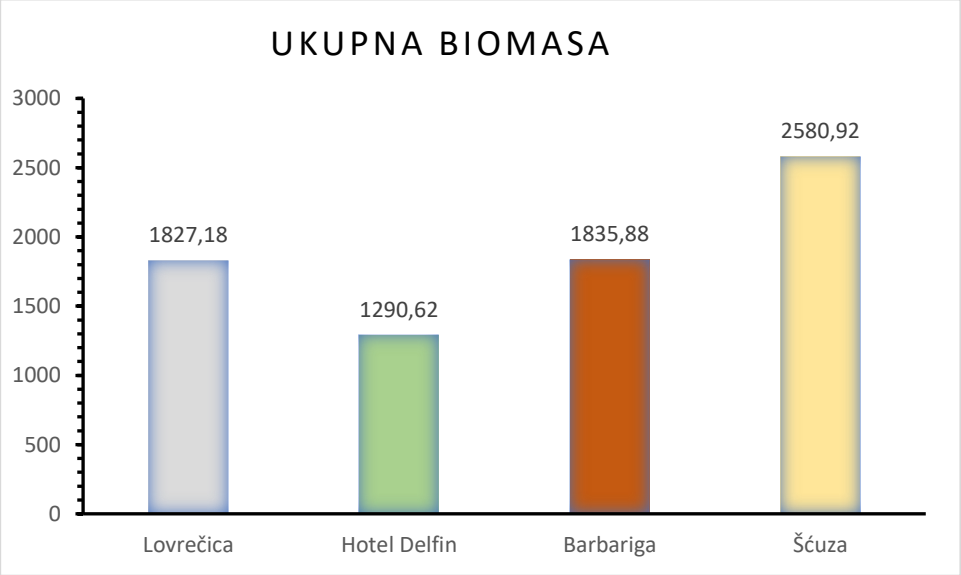
4.2. Brojnost i biomasa svojti makrofitobentosa unutar naplavina

Tijekom istraživanja naplavina na plažama zapadne obale Istre determinirano je ukupno 28 različitih makrofitobentoskih svojti. Gledajući više taksonomske kategorije, smeđe alge (Ochrophyta) sadržavale su ukupno 9 svojti, zelene alge (Chlorophyta) sadržavale su 9 svojti, crvene alge (Rhodophyta) sadržavale su 8 svojti, dok se morskim cvjetnicama (Tracheophyta) svojte nisu determinirale (Tablica 2). Brojnost svojti varirala je ovisno o istraživanim postajama (Tablica 2): najveća brojnost svojti zabilježena je na postaji Hotel Delfin (23), dok je najmanja zabilježena na postaji Šćuza (7).

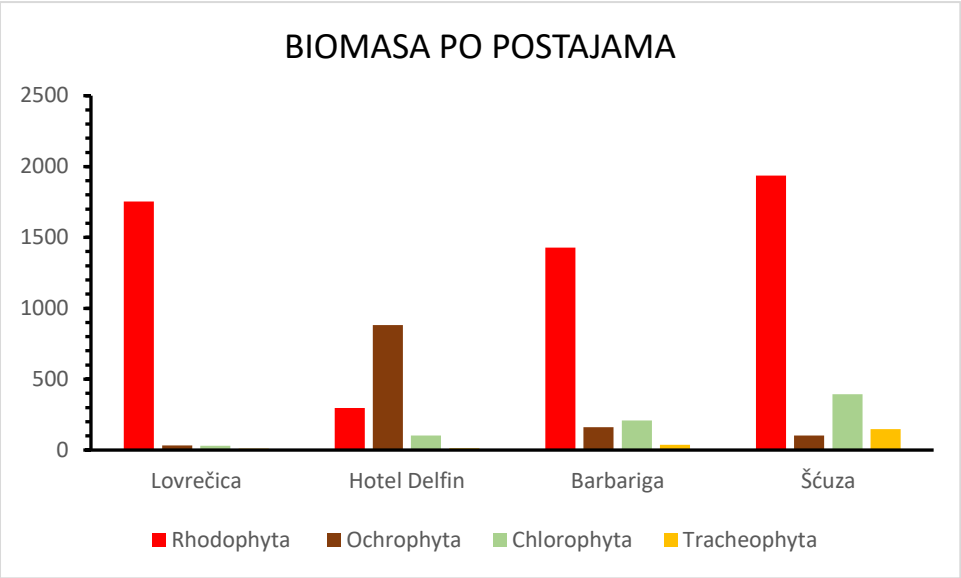
Tablica 2. Prisutnost taksona unutar pojedinih postaja. Vrste i rodovi makrofitobentosa koji su pronađeni unutar naplavina pojedinih postaja označeni su slovom X.

Takson	**Lovrečica**	**Hotel Delfin**	**Barbariga**	**Šćuza**
Rhodophyta				
Laurencia obtusa	X	X	X	
Ceramium sp.	X	X	X	
Polysiphonia sp.			X	X
Rytiphlaea tinctoria	X	X	X	X
Corallina sp.		X		
Peyssonnelia rubra	X	X		
Boergeseniella fruticulosa		X		
Gelidium sp.		X		
Ochrophyta				
Dictyota dichotoma	X	X	X	
Cystoseira foeniculacea		X	X	
Cystoseira compressa		X	X	
Cystoseira humilis		X	X	
Cystoseira pustulata		X	X	
Ericaria crinita		X		
Gongolaria barbata		X		X
Sargassum sp.		X		
Padina pavonica		X		
Chlorophyta				
Chaetomorpha sp.			X	
Enteromorpha sp.			X	
Halimeda tuna	X	X	X	
Flabellia petiolata	X	X	X	
Cladophora sp.				X
Valonia sp.		X		X
Ulva intestinalis		X		X
Anadyomene stellata		X		
Caulerpa cylindracea		X		
Tracheophyta	X	X	X	X

Ukupna mokra biomasa makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata iznosila je 7490,83 g. Najveća biomasa prikupljena je na postaji Šćuza sa 2055,12 g, slijedi Barbariga sa 1835,88 g, Lovrečica sa 1813,73 g i Hotel Delfin sa 1230,19 g (Slika 15). Svojte crvenih algi (Rhodophyta) dominirale su ukupnom biomasom sa 5400,40 g (72,09% ukupne biomase), slijede ih smeđe alge (Ochrophyta) sa 1174,72 g (15,68% ukupne biomase), zelene alge (Chlorophyta) sa 707,93 g (9,45%), te morske cvjetnice (Tracheophyta) sa najmanjom zabilježenom mokrom biomasom, od 207,78 g (2,77%) (Slika 16). Ukupno gledajući, najdominantnija svojta makroalgi na istraživanim postajama, na temelju mokre biomase bila je *Laurencia obtusa* (39,20%), a slijede ju *Rytiphlaea tinctoria* (20,59%), *Cystoseira compressa* (10,09%), *Polysiphonia* sp. (6,77%), *Valonia* sp. (3,20%), *Ceramium* sp. (3,02%), *Dictyota dichotoma* (2,46%) i *Chaetomorpha* sp. (2,45%), dok je doprinos ostalih svojti bio manji od 2% (Prilog 1-4).

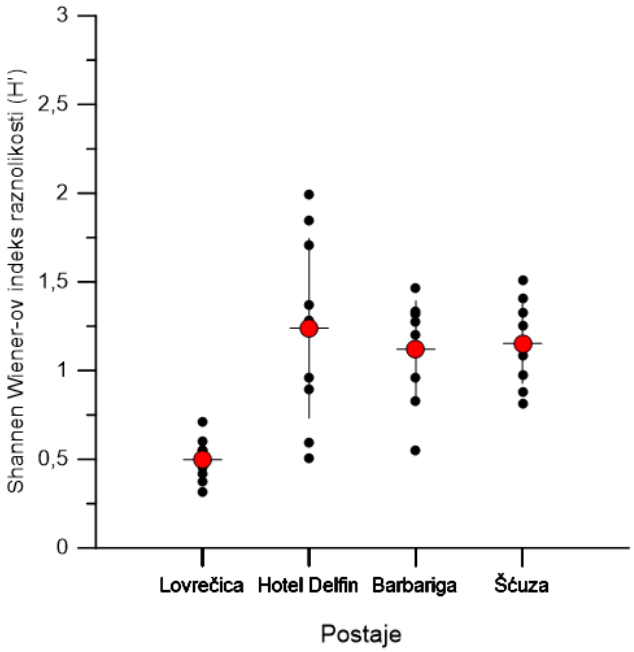


Slika 15. Prikaz ukupne uzorkovane biomase makrofitobentosa unutar naplavina istraženih postaja.

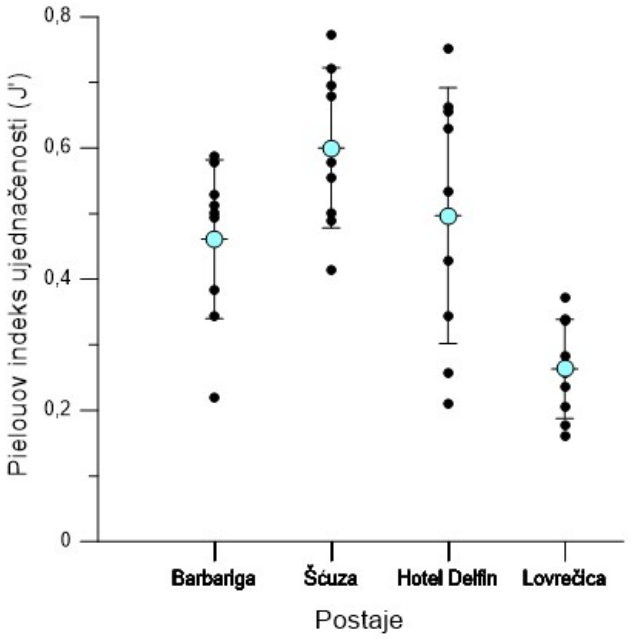


Slika 16. Prikaz ukupne biomase crvenih algi (Rhodophyta), smeđih algi (Ochrophyta), zelenih alge (Chlorophyta) te morskih cvjetnica (Tracheophyta) unutar naplavina istraženih postaja.

Nadalje, analizom podataka sastava i biomase makrofitobentosa unutar naplavina postaja utvrdili su se Shannon – Wienerov indeks raznolikosti (H) i Pielouov indeks ujednačenosti (J'). Shannon – Wienerov indeks raznolikosti pokazuje najvišu vrijednost na postaji Hotel Delfin (1,2354921), gdje je determiniran najveći broj svojti, a najmanju vrijednost na postaji Lovrečica (0,4938664) (Slika 17). Ujednačenost je najviša u postaji Šćuza gdje iznosi 0,600926, a najniža je u postaji Lovrečica gdje je 0,263693, zbog izrazite dominacije vrste *Laurencia obtusa* u analiziranim naplavinama (Slika 18).



Slika 17. Prikaz vrijednosti Shannon – Wiener indeksa raznolikosti (H) za istražene postaje.



Slika 18. Prikaz vrijednosti Pieluovog indeksa ujednačenosti (J') za istražene postaje.

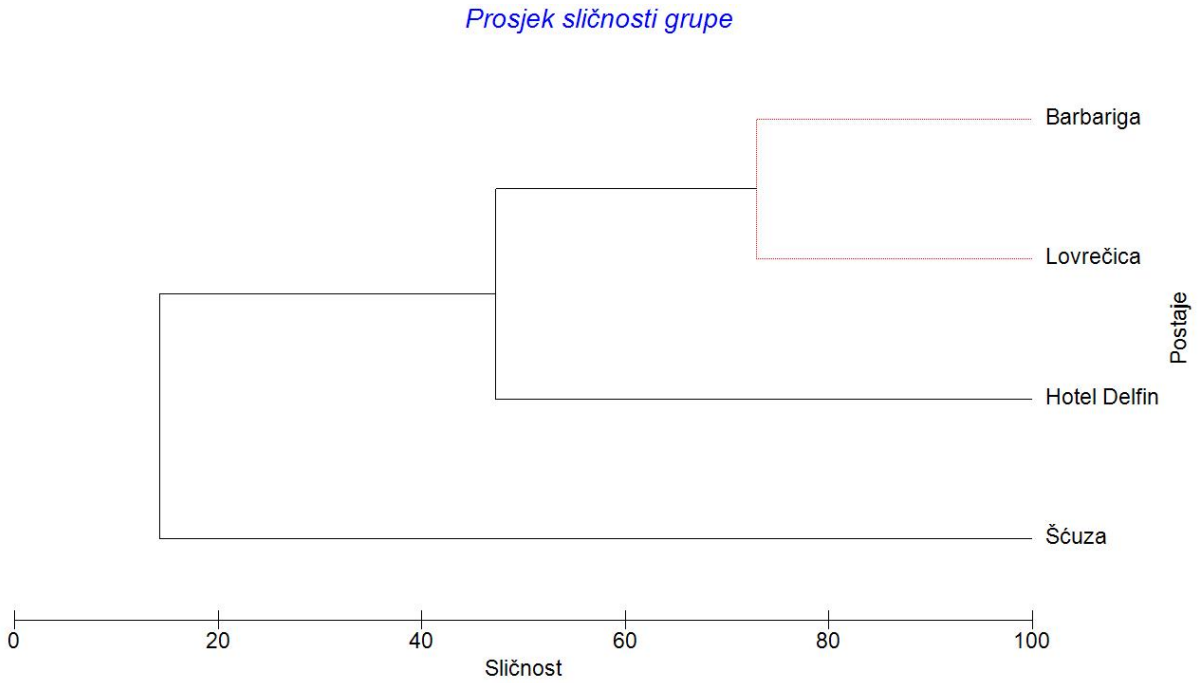
4.3. Sastav i struktura makrofitobentosa unutar naplavina

Prostorna varijabilnost sastava i strukture makrofitobentosa provedena putem nMDS analize na temelju Bray Curtis koeficijenta sličnosti sugerira na odijeljenost postaja (Slika 20), a razlike postaja su potvrđene PERMANOVA analizom ($p < 0,001$, Tablica 4). Usporedbom postaja PERMANOVA pairwise testom utvrđeno je da se sve postaje značajno razlikuju osim Barbarige i Lovrečice (Tablica 5), što je i na klaster prikazu vidljivo i označeno crvenom bojom (Slika 19). Bray-Curtis-ovim indeksom sličnosti također se izrazila sličnost postaja izražena u postotcima (Tablica 3).

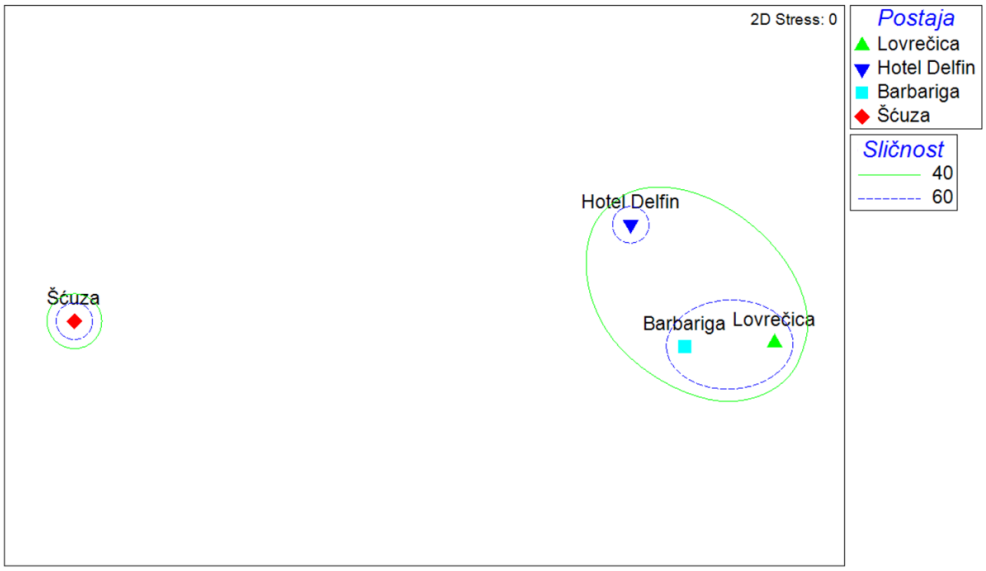
Najveća sličnost utvrđena je između postaja Lovrečica i Barbariga sa 72,97% sličnosti. Slijede postaje Hotel Delfin i Barbariga sa 47,65% sličnosti, postaje Hotel Delfin i Lovrečica (46,96%), dok je najmanja sličnost utvrđenih svojti između postaja Šćuza i Hotel Delfin (17,60%), Šćuza i Barbariga (15,17%) te Šćuza i Lovrečica (9,99%) (Tablica 3).

Tablica 3. Statistička sličnost sastava i biomase makrofitobentosa unutar naplavina između različitih postaja izražena numeričkim vrijednostima koristeći Bray-Curtis koeficijent sličnosti.

	Lovrečica	**Hotel Delfin**	**Barbariga**	**Šćuza**
Lovrečica				
Hotel Delfin	46,96			
Barbariga	72,97	47,65		
Šćuza	9,99	17,6	15,17	



Slika 19. Klaster analiza sličnosti sastava svojti makrofitobentosa unutar naplavina između transekata istraživanih postaja. Crte crvene boje označuju postaje bez statistički značajnih razlika, crne crte označavaju postaje sa statistički značajnom razlikom.



Slika 20. nMDS prikaz prostorne raspodjele makrofitobentoskih svojti unutar naplavina istraživanih postaja. Sličnost postaja u krugovima iznosa 60% označena je plavom isprekidanom linijom, dok je sličnost od 40% označena zelenom bojom.

Tablica 4. Permutacijska analiza varijance (PERMANOVA) sastava naplavina u istraženim postajama duž zapadne obale Istre. Faktor „Postaja“ nasumičan je i ima 4 razine, a faktor „Područje“ je ugniježđen u faktor „Postaja“ i ima 12 razina.

Izvor	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Jedinstvene permutacije
Postaja	3	65021	21684	14,693	0,0001	7352
Područje (Postaja)	8	11801	1475,1	3,7845	0,0001	9868
Ostatak	24	9354,5	389,11			
Ukupno	35	86177				

Tablica 5. Razine značajnosti (permutacijske P vrijednosti) t-testova koji uspoređuju abundanciju svojti unutar naplavina na četiri postaje (Lovrečica, Hotel Delfin, Barbariga, Šćuza) u okviru statistički značajnog faktora „Postaja“. Kao mjere abundancije korištena je ukupna težina svojti unutar istraživanih postaja.

Grupe	t	P (Perm)	Jedinstvene permutacije	P (MC)
Lovrečica, Hotel Delfin	2,6341	0,0963	10	0,0093
Lovrečica, Barbariga	2,2759	0,102	10	0,0096
Lovrečica, Šćuza	7,5841	0,0971	10	0,0003
Hotel Delfin, Barbariga	2,5302	0,0954	10	0,0116
Hotel Delfin, Šćuza	3,6472	0,0973	10	0,0027
Barbariga, Šćuza	7,6501	0,0983	10	0,0001

Koristeći SIMPER statističku analizu utvrđena je prosječnu sličnost unutar postaja na temelju sastava i biomase svojti makrofitobentosa. Na postaji Lovrečica utvrđena je prosječna sličnost od 72,05%. Prisutnost i biomasa 5 svojti zaslužna je za kumulativno 90,25% sličnosti unutar postaje, od kojih najviše doprinosi vrsta *Laurencia obtusa* sa 54,30%, a slijede ju svojte *Ceramium* sp., *Halimeda tuna, Dictyota dichotoma* i *Rytiphlaea tinctoria* (Tablica 6). Unutar postaje Hotel Delfin utvrđena je najmanja prosječna sličnost, od ukupno 45,41%. Prisutnost i biomasa 9 svojti zaslužna je za kumulativno 91,17% sličnosti unutar postaje, od kojih najviše doprinosi *Cystoseira compressa* sa 34,38%, a slijede ju, *Sargassum* sp., *Halimeda tuna, Laurencia obtusa, Cystoseira foeniculacea*. *Cystoseira pustulata, Rytiphlaea tinctoria, Dictyota dichotoma* i *Anadyomene stellata* (Tablica 7). Na postaji Barbariga utvrđena je prosječna sličnost od 65,43%. Prisutnost i biomasa 8 svojti zaslužna je za kumulativno 92,88% sličnosti unutar postaje, od kojih najviše doprinosi *Laurencia obtusa* sa 33,01%. Sličnosti također doprinose svojte *Chaetomorpha* sp., *Dichtyota dichotoma, Ceramim* sp., morske

cvjetnice, *Rytiphlaea tinctoria*, *Halimeda tuna* i *Flabellia petiolata* (Tablica 8). Na postaji Šćuza utvrđena je prosječna sličnost od 74,93%. Prisutnost i biomasa 5 svojti zaslužne su za kumulativno 93,75% sličnosti unutar postaje, od kojih najviše doprinosi *Rytiphlaea tinctoria*, sa 30,35%, a slijede ju druge svojte poput *Polysiphonia* sp., morske cvjetnice, *Valonia* sp. i *Cladophora* sp. (Tablica 9).

Tablica 6. Prikaz vrijednosti dobivenih jednosmjernom SIMPER analizom, kojom su determinirane svojte čija prisutnost i biomasa najviše pridonosi zabilježenoj sličnosti unutar postaje Lovrečica. Prosj. ab. = prosječna abundancija, Prosj. sl. = prosječna sličnost, SD = standardna devijacija.

Svojta	Prosj. ab.	Prosj. sl.	Prosj. sl. /SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Laurencia obtusa	5,01	39,87	9,54	54,3	54,3
Ceramium sp.	2,14	11,03	1,11	15,02	69,32
Halimeda tuna	1,07	6,48	2,11	8,82	78,14
Dictyota dichotoma	1,18	4,95	1,01	6,75	84,89
Rytiphlaea tinctoria	0,78	3,93	1,22	5,36	90,25

Tablica 7. Prikaz vrijednosti dobivenih jednosmjernom SIMPER analizom, kojom su determinirane svojte čija prisutnost i biomasa najviše pridonosi zabilježenoj sličnosti unutar postaje Hotel Delfin. Prosj. ab. = prosječna abundancija, Prosj. sl. = prosječna sličnost, SD = standardna devijacija.

Svojta	Prosj. ab.	Prosj. sl.	Prosj. sl. /SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Cystoseira compressa	3,58	16,48	3,74	34,38	34,38
Sargassum sp.	1,47	6,37	1,45	13,29	47,67
Halimeda tuna	1,62	6,1	1,13	12,73	60,4
Laurencia obtusa	1,79	6,05	1,55	12,61	73,01
Cystoseira foeniculacea	0,78	2,32	1,11	4,85	77,86
Cystoseira pustulata	0,82	2,06	0,75	4,31	82,16
Rytiphlaea tinctoria	1,32	1,59	0,37	3,32	85,48
Dictyota dichotoma	0,82	1,53	0,67	3,19	88,68
Anadyomene stellata	0,61	1,19	0,69	2,49	91,17

Tablica 8. Prikaz vrijednosti dobivenih jednosmjernom SIMPER analizom, kojom su determinirane svojte čija prisutnost i biomasa najviše pridonosi zabilježenoj sličnosti unutar postaje Barbariga. Prosj. ab. = prosječna abundancija, Prosj. sl. = prosječna sličnost, SD = standardna devijacija.

Svojta	Prosj. ab.	Prosj. sl.	Prosj. sl. /SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Laurencia obtusa	4,56	22,84	9,61	33,01	33,01
Chaetomorpha sp.	2,37	10,19	3,01	14,73	47,74
Dictyota dichotoma	2,5	9,96	1,6	14,39	62,14
Ceramium sp.	1,83	7,44	4,14	10,76	72,9
Morske cvjetnice	1,34	4,52	1,18	6,54	79,73
Rytiphlaea tinctoria	0,92	3,62	2,77	5,23	84,66
Halimeda tuna	0,83	3,04	1,93	4,39	89,05
Flabellia petiolata	0,75	2,65	1,52	3,83	92,88

Tablica 9. Prikaz vrijednosti dobivenih jednosmjernom SIMPER analizom, kojom su determinirane svojte čija prisutnost i biomasa najviše pridonosi zabilježenoj sličnosti unutar postaje Šćuza. Prosj. ab. = prosječna abundancija, Prosj. sl. = prosječna sličnost, SD = standardna devijacija.

Svojta	Prosj. ab.	Prosj. sl.	Prosj. sl. /SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Rytiphlaea tinctoria	4,87	24,65	5,99	30,35	30,35
Polysiphonia sp.	3,88	19,23	5,33	23,69	54,04
Morske cvjetnice	2,74	13,25	6,96	16,32	70,36
Valonia sp.	2,92	11,79	1,76	14,52	84,88
Cladophora caespitosa	2,03	7,2	2,13	8,87	93,75

Koristeći SIMPER statističku analizu također je utvrđena prosječnu različitost između postaja na temelju sastava i biomase svojti makrofitobentosa unutar naplavina. Između postaja Lovrečica i Hotel Delfin utvrđena je prosječna različitost od 72,03%. Prisutnost i biomasa 13 svojti zaslužni su za kumulativno 90,38% razlike između postaja, od kojih najviše doprinose *Cystoseira compressa* (18,35%), koja dominira na postaji Hotel Delfin, te *Laurencia obtusa* (17,14%), koja dominira na postaji Lovrečica (Tablica 10). Između postaja Lovrečica i Barbariga utvrđena je prosječna različitost od 39,66%. Prisutnost i biomasa 10 svojti zaslužni su ta kumulativno 92,69% razlike između postaja, od kojih najviše doprinose *Chaetomorpha* sp. (21,58%), koja je dominantna u Barbarigi, te *Ceramium* sp. (17,72%), koja je dominantna

na postaji Lovrečica (Tablica 11). Između postaja Hotel Delfin i Barbariga utvrđena je prosječna različitost od 69,75%. Prisutnost i biomasa 15 svojti zaslužni su za kumulativno 91,44% razlike između postaja, a time najviše doprinose svojte *Cystoseira compressa* (15,73%), koja je dominantna na postaji Hotel Delfin, te *Laurencia obtusa* (12,61%) i *Chaetomorpha* sp. (10,64%), koje su dominantne na postaji Barbariga (Tablica 12). Između postaja Šćuza i Lovrečica utvrđena je najveća prosječna različitost, sa iznosom od 90,12%. Prisutnost i biomasa 9 svojti zaslužni su za kumulativno 90,36% razlike između postaja, a tome najviše doprinosi svojta *Laurencia obtusa* (18,72%), koja je dominantna na postaji Lovrečica, te svojte *Rytiphlaea tinctoria* (15,42%) i *Polysiphonia* sp. (14,59%), koje su dominantne na postaji Šćuza 92,38% (Tablica 13). Između postaja Hotel Delfin i Šćuza utvrđena je prosječna različitost od 89,65%. Prisutnost i biomasa 14 svojti zaslužni su za kumulativno 90,09% razlike između postaja, a tome najviše doprinose svojte *Polysiphonia* sp. (12,74%) i *Rytiphlaea tinctoria* (12,37%), koje su dominantne na postaji Šćuza, te *Cystoseira compressa*, koja je dominantna na postaji Hotel Delfin (Tablica 14). Između postaja Barbariga i Šćuza utvrđena je prosječna različitost od 85,70%. Prisutnost i biomasa 11 svojti zaslužni su za kumulativno 91,73% razlike između postaja, a tome najviše doprinose svojte *Laurencia obtusa* (15%), koja je dominantna na postaji Barbariga, te *Rytiphlaea tinctoria* (13,52%) i *Polysiphonia* sp. (12%), koje su dominantne na postaji Šćuza (Tablica 15).

Tablica 10. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Lovrečica i Hotel Delfin na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

	Lovrečica	Hotel Delfin				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Cystoseira compressa	0	3,58	13,24	2,13	18,38	18,38
Laurencia obtusa	5,01	1,79	12,35	1,96	17,14	35,52
Ceramium sp.	2,14	0,62	6,79	1,43	9,42	44,94
Sargassum sp.	0	1,47	5,52	1,71	7,66	52,6
Rytiphlaea tinctoria	0,78	1,32	4,83	1,38	6,71	59,31
Halimeda tuna	1,07	1,62	3,98	1,41	5,53	64,84
Dictyota dichotoma	1,18	0,82	3,67	1,1	5,1	69,94
Cystoseira foeniculacea	0	0,78	2,76	1,09	3,83	73,77
Flabellia petiolata	0,69	0,38	2,75	1,32	3,82	77,58
Cystoseira pustulata	0	0,82	2,7	1,22	3,75	31,33
Morske cvjetnice	0,68	0,51	2,68	1,6	2,68	85,06
Anadyomene stellata	0	0,61	1,93	1,04	2,65	87,73
Gelidium sp.	0	0,55	1,91	0,94	1,98	90,38

Tablica 11. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Lovrečica i Barbariga na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

	Lovrečica	Barbariga				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Chaetomorpha sp.	0	2,5	8,56	8,56	21,58	21,58
Ceramium sp.	2,14	1,83	5,04	5,04	12,72	34,3
Dictyota dichotoma	1,18	2,37	5,01	5,01	12,63	46,93
Laurencia obtusa	5,01	4,56	3,98	3,98	10,05	56,98
Morske cvjetnice	0,68	1,34	3,35	3,35	8,44	65,42
Cystoseira foeniculacea	0	0,75	2,53	2,53	6,39	71,81
Cystoseira pustulata	0	0,7	2,39	2,39	6,02	77,83
Halimeda tuna	1,07	0,83	2,14	2,14	5,39	83,23
Rytiphlaea tinctoria	0,78	0,92	2,04	2,04	5,13	88,36
Flabellia petiolata	0,69	0,64	1,72	1,72	4,33	92,69

Tablica 12. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Hotel Delfin i Barbariga na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

	Hotel Delfin	Barbariga				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Cystoseira compressa	3,58	0,07	10,97	1,97	15,73	15,73
Laurencia obtusa	1,79	4,56	8,8	1,83	12,61	28,35
Chaetomorpha sp.	0	2,5	7,42	2,07	10,64	38,98
Dictyota dichotoma	0,82	2,37	5,23	1,68	7,49	46,48
Sargassum sp.	1,47	0	4,65	1,66	6,66	53,14
Ceramium sp.	0,62	1,83	4,52	1,68	6,49	59,62
Rytiphlaea tinctoria	1,32	0,92	4,19	1,45	6	65,63
Halimeda tuna	1,62	0,83	3,57	1,2	5,12	70,75
Morske cvjetnice	0,51	1,34	3,49	1,4	5	75,75
Cystoseira pustulata	0,82	0,7	2,37	1,35	3,4	79,15
Flabellia petiolata	0,38	0,64	2,05	1,35	2,94	82,1
Cystoseira foenicolacea	0,78	0,75	1,88	1,03	2,69	84,78
Anadyomene stellata	0,61	0	1,66	1,02	2,38	87,16
Gelidium sp.	0,55	0	1,62	0,92	2,33	89,49
Corallina sp.	0,4	0	1,36	0,76	1,94	91,44

Tablica 13. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Lovrečica i Šćuza na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

	Lovrečica	Šćuza				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Laurencia obtusa	5,01	0	16,87	7,77	18,72	18,72
Rytiphlaea tinctoria	0,78	4,87	13,9	4,07	15,42	34,14
Polysiphonia sp.	0	3,88	13,15	4,87	14,59	48,73
Valonia sp.	0,01	2,92	9,5	2,51	10,54	59,26
Ceramium sp.	2,14	0	7,02	1,65	7,79	67,05
Morske cvjetnice	0,68	2,74	6,92	3,12	7,68	74,72
Cladophora sp.	0	2,03	6,65	1,98	7,38	82,1
Gongolaria barbata	0	1,73	5,58	1,28	6,2	88,3
Dichtyota dichotoma	1,18	0	3,79	1,42	4,2	92,5

Tablica 14. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Šćuza i Lovrečica na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

	Hotel Delfin	Šćuza				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Polysiphonia sp.	0	3,88	11,43	4,2	12,74	12,74
Rytiphlaea tinctoria	1,32	4,87	11,09	1,76	12,37	25,11
Cystoseira compressa	3,58	0	10,6	2,17	11,82	36,93
Valonia sp.	0,05	2,92	8,22	2,36	9,17	46,1
Morske cvjetnice	0,51	2,74	6,71	2,19	7,48	53,58
Cladophora sp.	0	2,03	5,8	1,9	6,47	30,05
Laurencia obtusa	1,79	0	4,86	1,77	5,42	65,47
Halimeda tuna	1,62	0	4,83	1,47	5,39	70,86
Gongolaria barbata	0,11	1,73	4,7	1,24	5,24	76,1
Sargassum sp.	1,47	0	4,4	1,75	4,91	81,01
Cystoseira foeniculacea	0,78	0	2,22	1,14	2,48	83,49
Dictyota dichotoma	0,82	0	2,21	1,22	2,46	85,95
Cystoseira pustulata	0,82	0	2,12	1,03	2,37	88,32
Anadyomene stellata	0,61	0	1,59	1,03	1,77	90,09

Tablica 15. Svojte koje su najviše doprinijele razlici između postaja Hotel Delfin i Lovrečica na temelju podataka o biomasi. Pros. ab. = Prosječna abundancija, Pros. raz. = Prosječna različitost, SD = standardna devijacija.

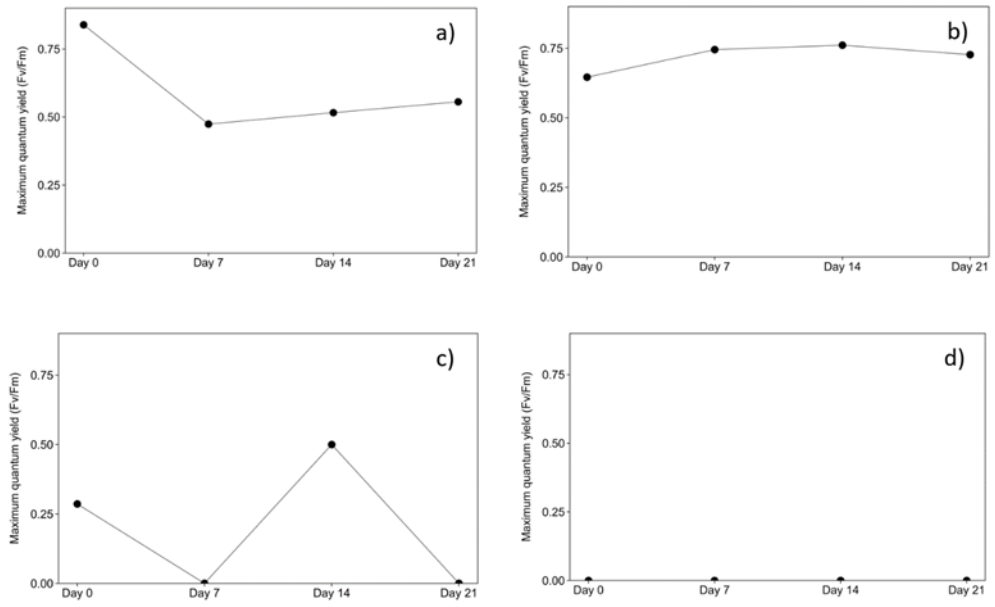
	Barbariga	Šćuza				
Svojta	Pros. ab	Pros. ab	Pros. raz	Pros. raz./SD	Doprinos (%)	Ukupni doprinos (%)
Laurencia obtusa	4,56	0	12,86	6,68	15	15
Rytiphlaea tinctoria	0,92	4,87	11,59	3,15	13,52	28,53
Polysiphonia sp.	0,34	3,88	10,29	3,45	12	40,53
Valonia sp.	0	2,92	8,19	2,37	9,56	50,09
Chaetomorpha sp.	2,5	0	6,96	2,15	8,12	58,21
Dictyota dichotoma	2,37	0	6,55	3,14	7,64	65,85
Cladophora sp.	0	2,03	5,72	1,89	6,67	72,52
Ceramium sp.	1,83	0	5,03	2,47	5,87	78,39
Gongolaria barbata	0	1,73	4,81	1,25	5,61	84
Morske cvjetnice	1,34	2,74	4,3	1,4	5,02	89,02
Halimeda tuna	0,83	0	2,32	1,82	2,71	91,73

4.4. Utvrđivanje fiziološkog stanja smeđih algi reda Fucales koristeći PAM fluorimetriju

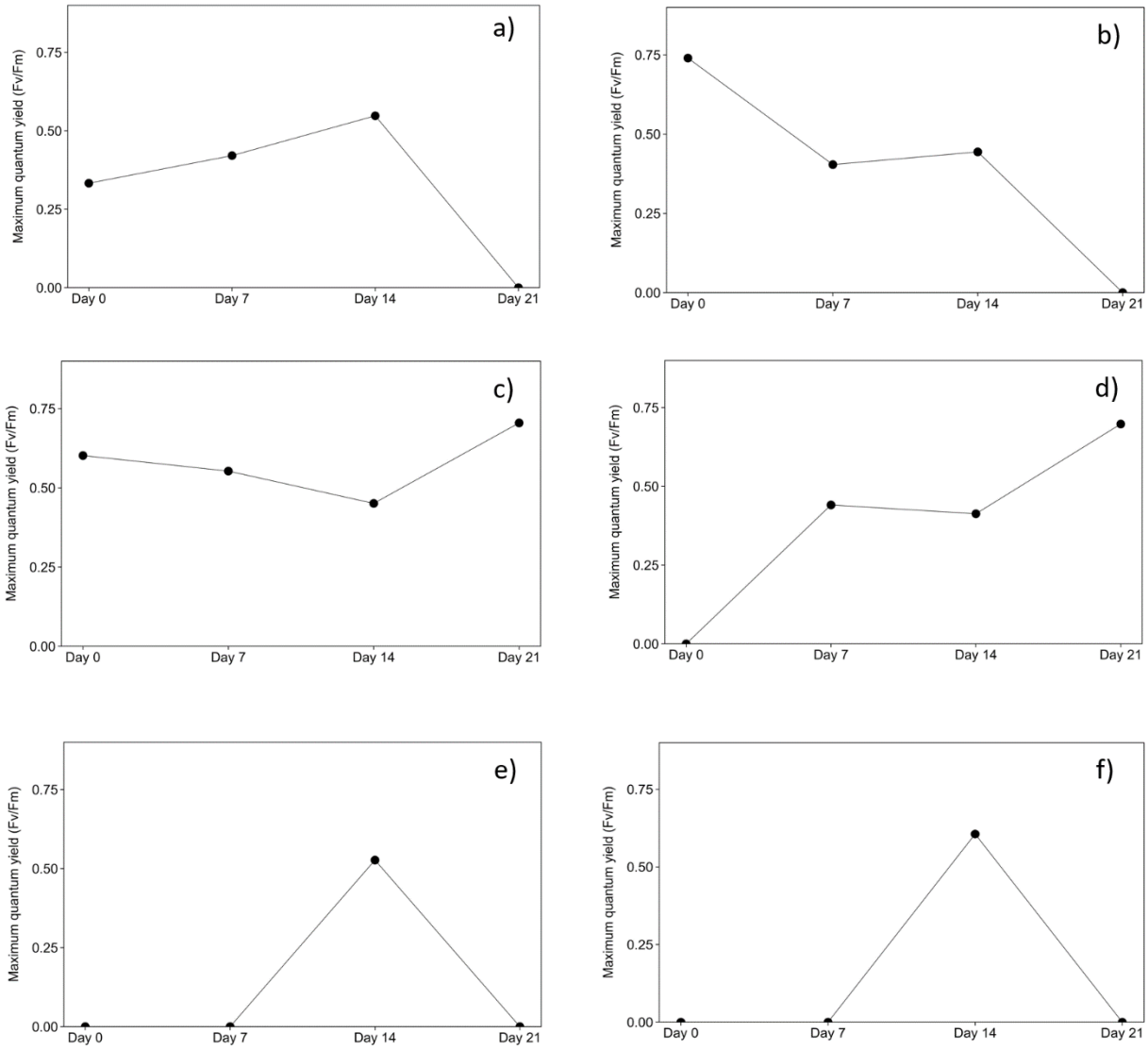
4.4.1. Postaja Šćuza

4.4.1.1. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales

Vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava PSII (Fv/Fm), izmjerenih na talusima 10 jedinki vrste *Gongolaria barbata* znatno su varirale kroz istraživani period od 3 tjedna. Jedinka kodnog imena SC8 pokazala je najveći rast vrijednosti; prvi dan vrijednost Fv/Fm iznosila je 0, a nakon 21 dan vrijednost se povisila na 0,698 (Slika 22d). Jedinka SC6 pokazala je najveći pad vrijednosti Fv/Fm, sa 0,740 izmjerenih prvog dana na vrijednost 0 nakon 21 dana (Slika 22b). Neke jedinke poput SC1, SC2, SC7 imale su većinom kontinuirane vrijednosti Fv/Fm u analiziranom razdoblju (Slika 21a, b; Slika 22c), dok su vrijednosti Fv/Fm jedinki SC3, SC4, SC5, SC9, SC10 većinom varirale, te su nakon 3 tjedna bile 0 (Slika 21c, d; Slika 22a, e, f).



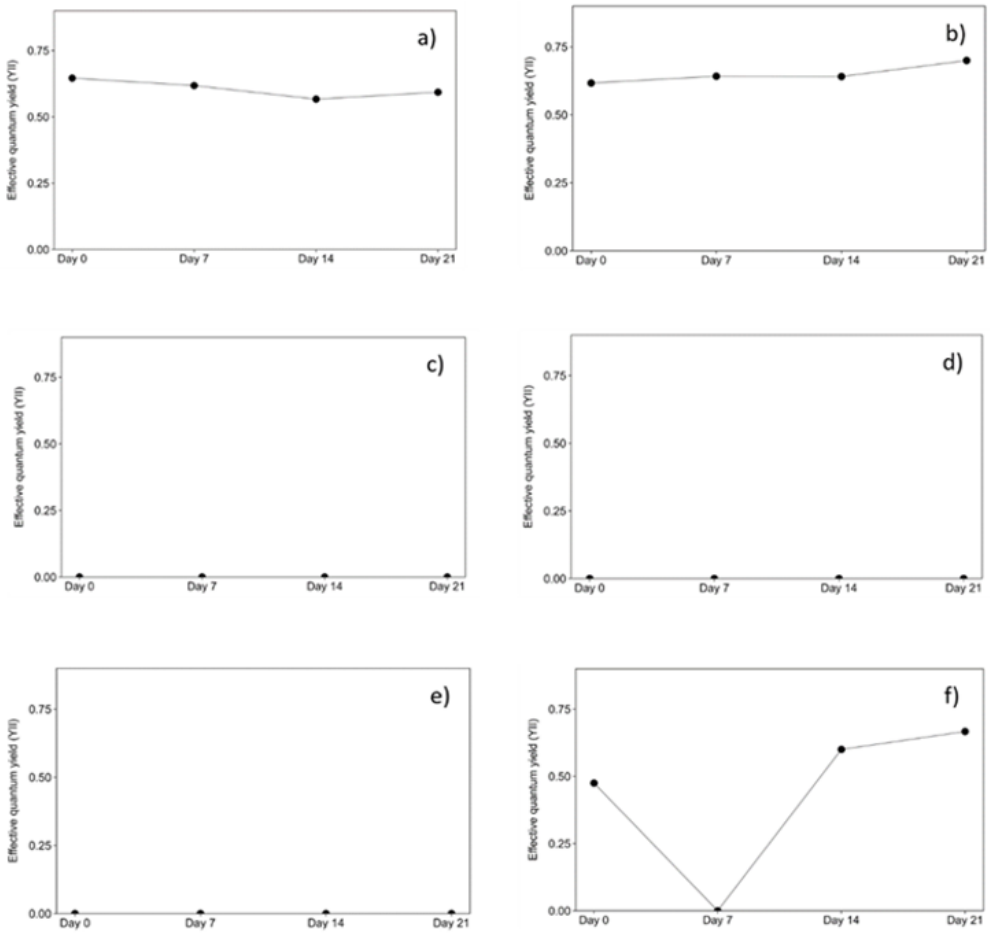
Slika 21. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinke smeđih algi vrste *Gongolaria barbata*, kodnih imena: SC1 **a**), SC2 **b**), SC3 **c**), SC4 **d**).



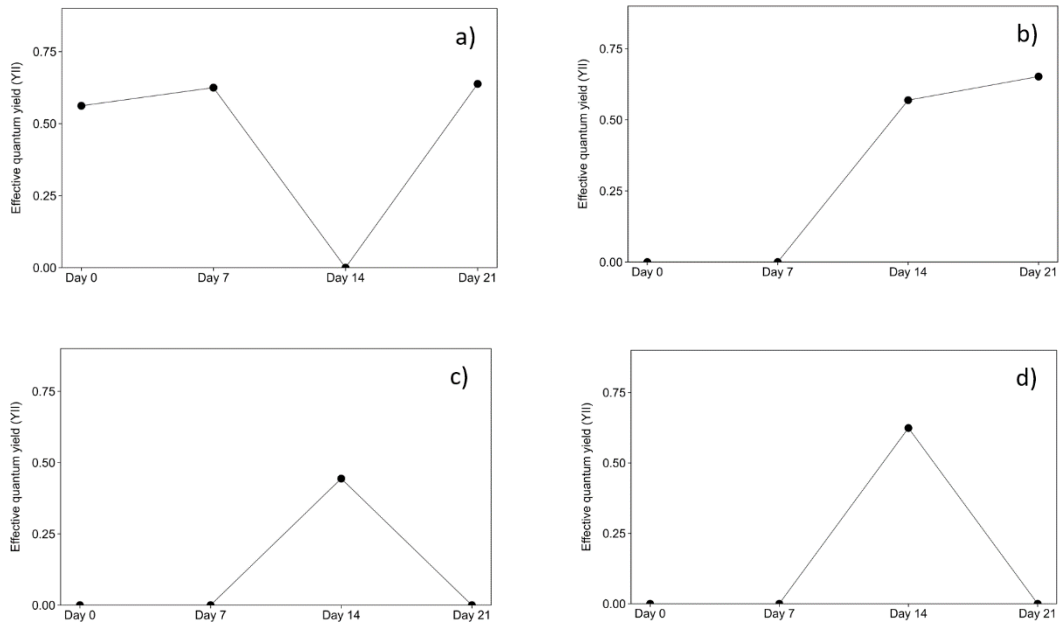
Slika 22. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinke smeđih algi vrste *Gongolaria barbata*, kodnih imena: SC5 **a**), SC6 **b**), SC7 **c**), SC8 **d**), SC9 **e**), SC10 **f**), kroz period od 21 dan.

4.4.1.2. Efektivni kvantni prinos PSII (Y(II)) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales

Vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa fotosustava (Y(II)), izmjerenih na talusima 10 jedinki vrste *Gongolaria barbata* znatno su varirale kroz istraživano razdoblje od 3 tjedna. Jedinka kodnog imena SC8 pokazala je najveći rast vrijednosti; prvi dan mjerenja vrijednost (Y(II)) je iznosila 0, a nakon 21 dan 0,652 (Slika 24b). Jedinka SC10 pokazala je najveći pad vrijednosti (Y(II)); vrijednost (Y(II)) sa 0,624 izmjerenih nakon 14 dana na vrijednost (Y(II)) 0 nakon 21 dan (Slika 24d). Neke jedinke poput SC1, SC2, SC6, SC7 imale su većinom kontinuirane (Y(II)) vrijednosti kroz analizirano razdoblje (Slika 23a, b, f; Slika 24a), dok su vrijednosti (Y(II)) za jedinke SC3, SC4, SC5 ostale 0 kroz sva tri tjedna (Slika 23c, d, e).



Slika 23. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinke smeđih algi vrste *Gongolaria barbata*, kodnih imena: SC1 **a**), SC2 **b**), SC3 **c**), SC4 **d**), SC5 **e**), SC6 **f**).

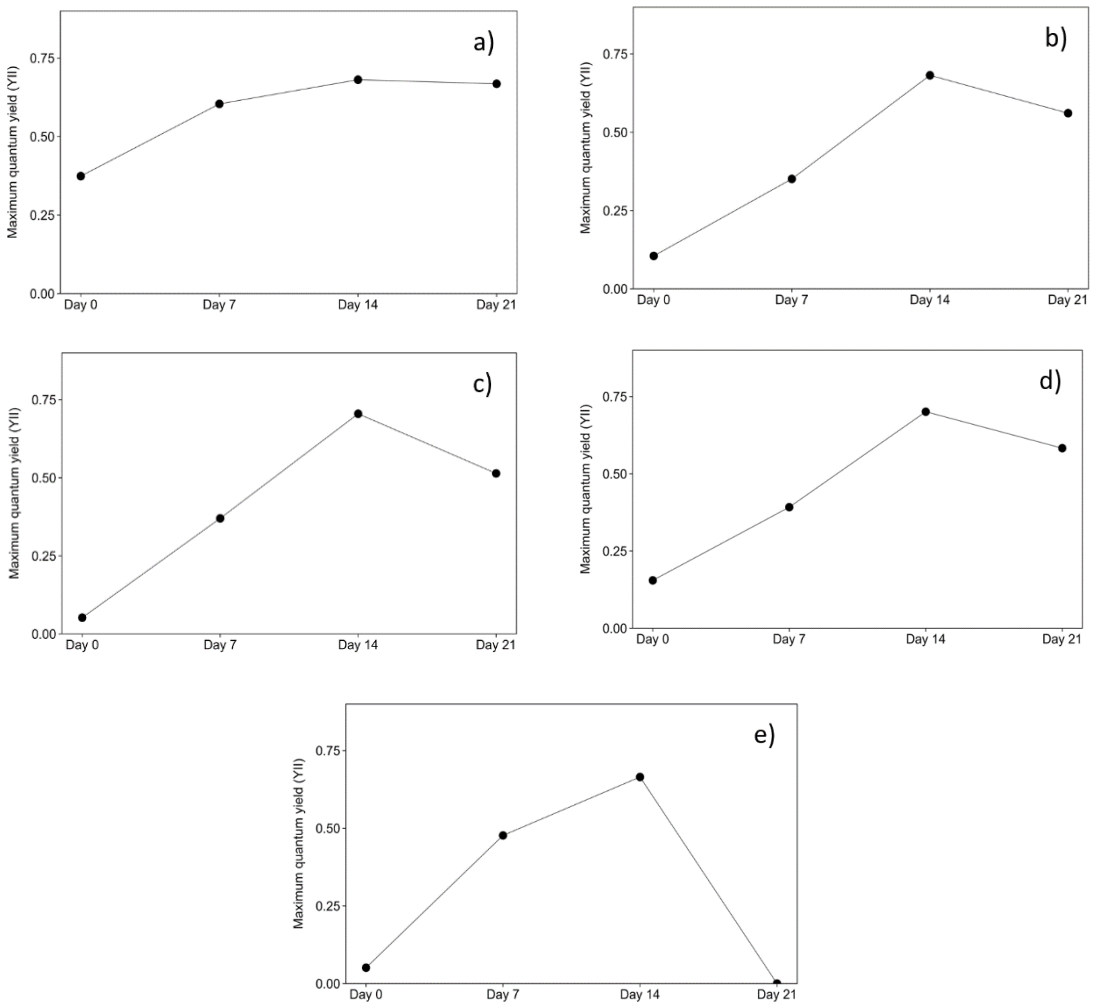


Slika 24. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinke smeđih algi vrste *Gongolaria barbata*, kodnih imena: SC7 **a**), SC8 **b**), SC9 **c**), SC10 **d**), kroz period od 21 dan.

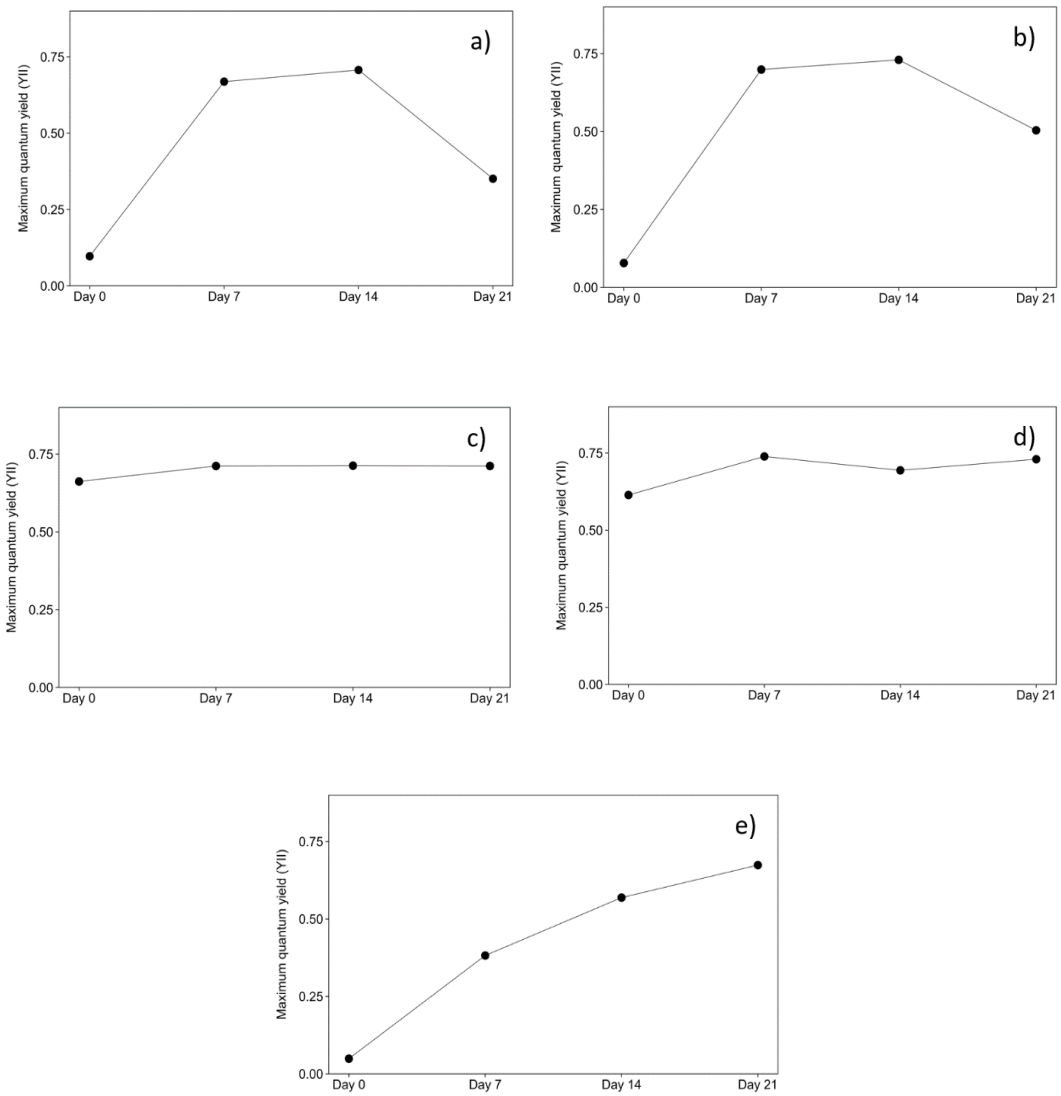
4.4.2 Postaja Hotel Delfin

4.4.2.1. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (F_V/F_m) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales

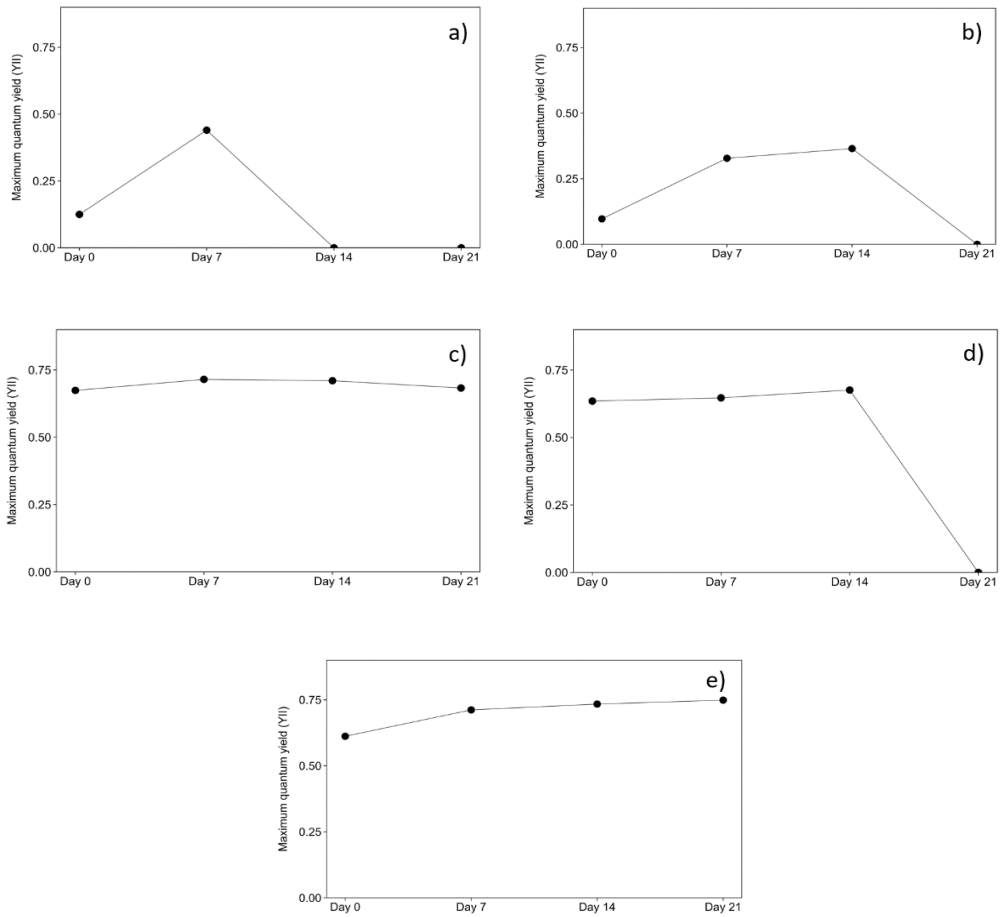
Vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (F_V/F_m) za jedinke smeđih makroalgi reda Fucales prikupljenih u naplavinama na postaji Hotel Delfin, uz nekoliko iznimki, uglavnom su se poboljšale kroz razdoblje od tri tjedna. Jedinke kodnih imena HD1, HD2, HD3 HD4, HD7, HD16 pokazale su kontinuirani rast F_V/F_m vrijednosti kroz razdoblje od tri tjedna (Slika 25a, b, c, d; Slika 26b; Slika 28). Vrijednosti F_V/F_m zabilježene na jedinkama kodnih imena HD8, HD9, HD10, HD13, HD15 bile su uglavnom konstantne kroz razdoblje od tri tjedna (Slika 26c, d, e; Slika 27c, e), dok su jedinke HD5, HD11, HD12, HD14 odumrle kroz isto razdoblje (Slika 25e; Slika 27a, b, d). Najveći rast vrijednosti F_V/F_m, zabilježen je kod jedinke vrste *Cystoseira compressa*, kodnog imena HD10, gdje je prvi dan mjerenja vrijednost F_V/F_m bila 0,049, a nakon 21 dan 0,674 (Slika 26e), dok je najveći pad vrijednosti F_V/F_m zabilježen na jedinki vrste *Cystoseira humilis*, kodnog imena HD14 sa vrijednosti F_V/F_m od 0,676 izmjerenih nakon dana 14 dana na vrijednosti od 0 nakon 21 dan (Slika 27d).



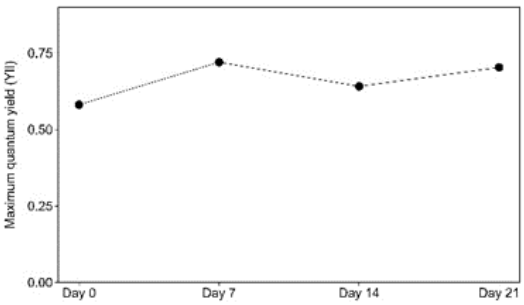
Slika 25. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira foeniculacea*, kodnih imena: HD1 **a**), HD2 **b**), HD3 **c**), HD4 **d**), HD5 **e**), kroz period od 21 dan.



Slika 26. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira compressa*, kodnih imena: HD6 **a**), HD7 **b**), HD8 **c**), HD9 **d**), HD10 **e**), kroz period od 21 dan.



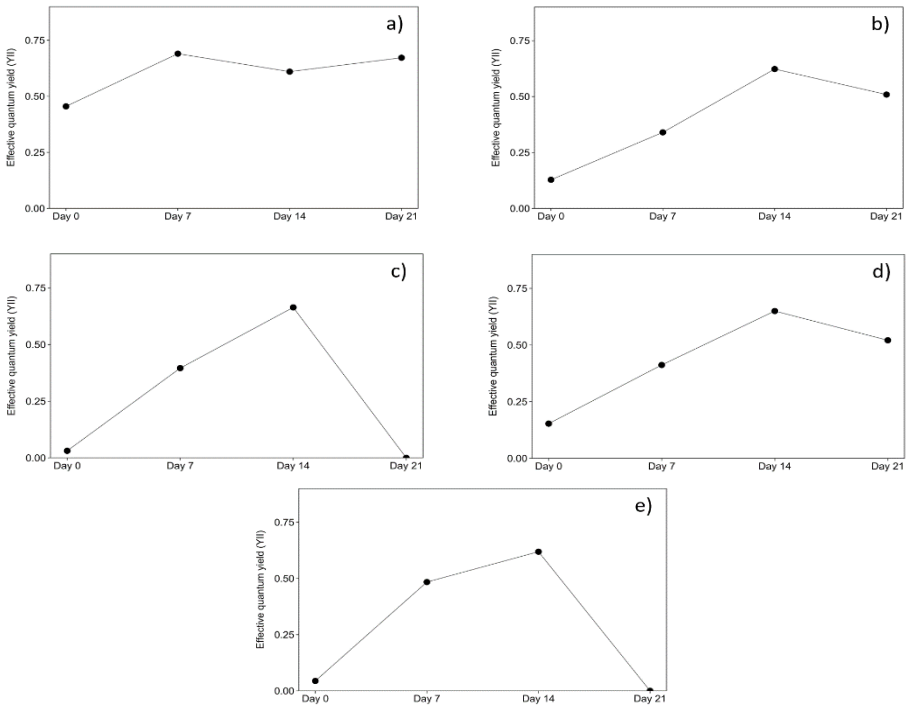
Slika 27. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira humilis*, kodnih imena: HD11 **a**), HD12 **b**), HD13 **c**), HD14 **d**); HD15 **e**), kroz period od 21 dan.



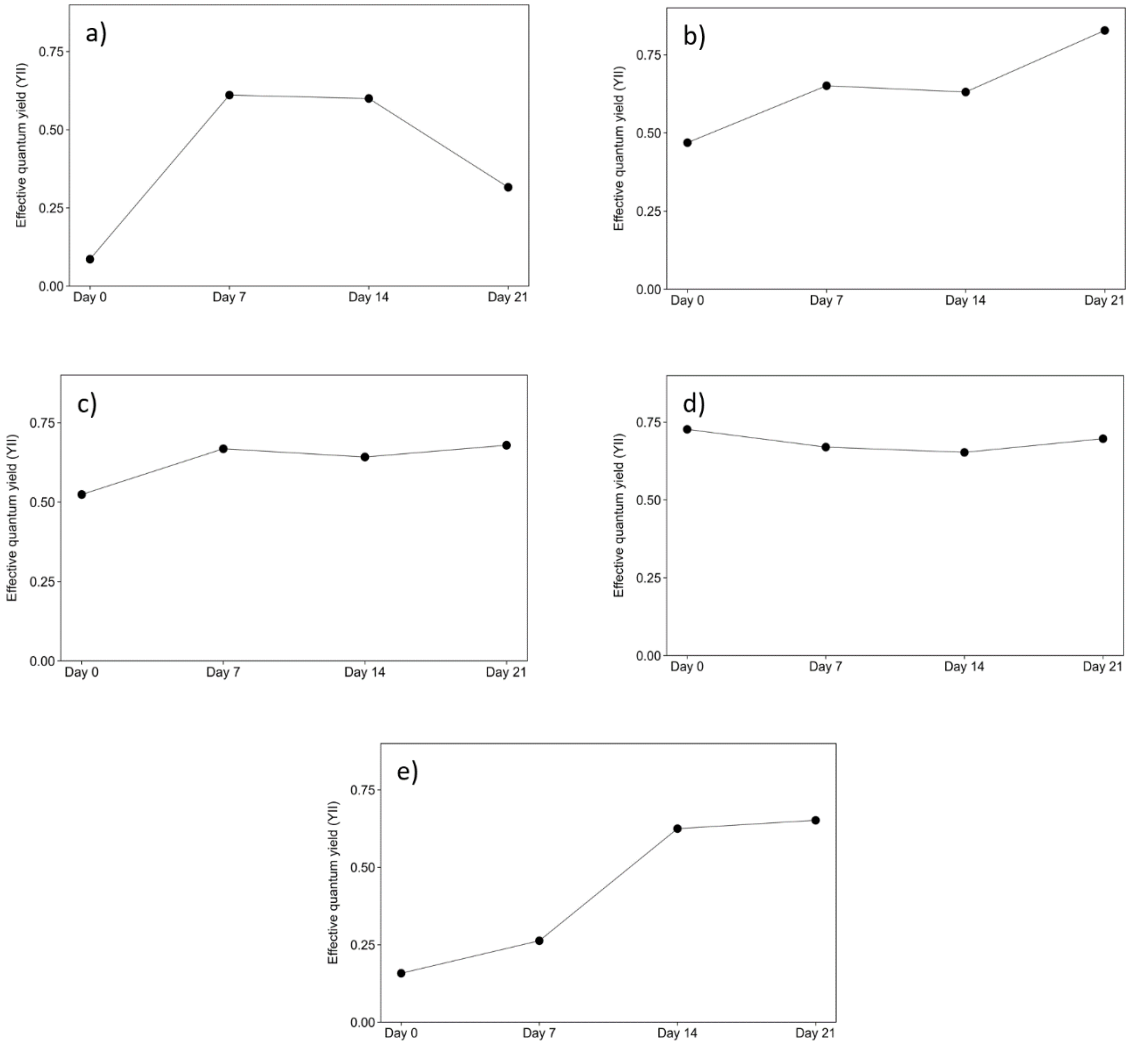
Slika 28. Prikaz vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) za jedinku smeđe alge *Ericaria crinita*, kodnog imena HD16, kroz period od 21 dan.

4.4.2.2. Efektivni kvantni prinos PSII (Y(II)) na jedinkama smeđih makroalgi reda Fucales

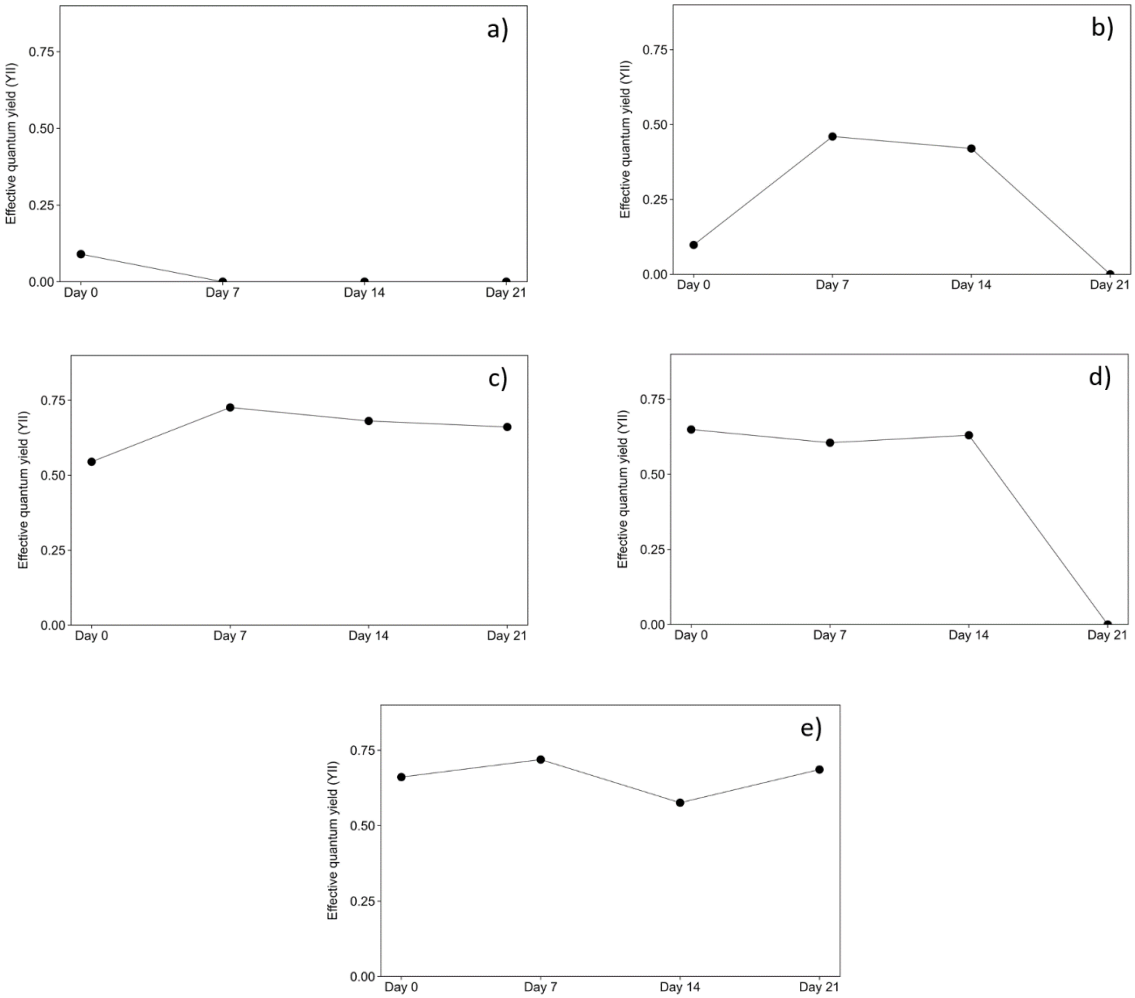
Vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)), kao mjere fiziološkog stanja jedinki smeđih algi reda Fucales, prikupljenih iz naplavina postaje Hotel Delfin, pokazale su značajne različitosti u stanju jedinki nakon tri tjedna oporavka. Pet jedinki kodnih imena HD2, HD4, HD6, HD7, HD10, pokazale su kontinuirani rast Y(II) vrijednosti kroz razdoblje od tri tjedna (Slika 29b, d; Slika 30a, e). Vrijednosti Y(II) zabilježene na jedinkama kodnih imena HD1, HD8, HD9, HD13, HD15, HD16 bile su uglavnom konstantne kroz razdoblje od tri tjedna (Slika 29a; Slika 30c, d; Slika 31c, e; Slika 32), dok su jedinke HD3, HD5, HD11, HD12, HD14 odumrle kroz isto razdoblje (Slika 29c, e; 31a, b, d). Najveći rast vrijednost Y(II) zabilježen je kod jedinke vrste *Cystoseira compressa*, kodnog imena HD10, gdje je prvi dan mjerenja vrijednost Y(II) iznosila 0,158, a 21. dana 0,652 (Slika 30e), dok je najveći pad vrijednosti Y(II) zabilježen za jedinku vrste *Cystoseira foeniculacea*, kodnog imena HD3, gdje je Y(II) vrijednost iznosila 0,664 nakon dana 14 dana, a nakon 21 dana 0 (Slika 29c).



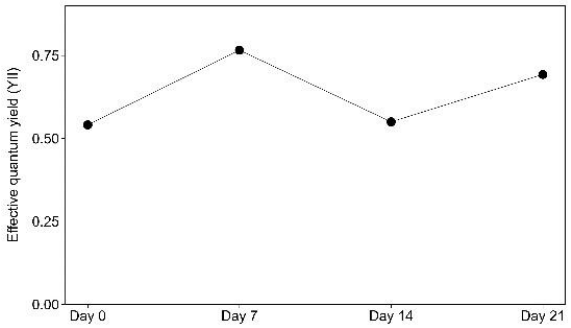
Slika 29. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira foeniculacea*, kodnih imena: HD1 **a**), HD2 **b**), HD3 **c**), HD4 **d**), HD5 **e**), kroz period od 21 dan.



Slika 30. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira compressa*, kodnih imena: HD6 **a**), HD7 **b**), HD8 **c**), HD9 **d**), HD10 **e**), kroz period od 21 dan.



Slika 31. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinke smeđih algi vrste *Cystoseira humilis*, kodnih imena: HD11 **a**), HD12 **b**), HD13 **c**), HD14 **d**), HD15 **e**), kroz period od 21 dan.



Slika 32. Prikaz vrijednosti efektivnog kvantnog prinosa PSII (Y(II)) za jedinku smeđe alge *Ericaria crinita*, kodnog imena HD16, kroz period od 21 dan.

5. RASPRAVA

5.1. Naplavine

Kvantitativna i kvalitativna analiza makrofitobentosa unutar naplavina provedena je na pojedinim lokalitetima diljem svijeta, primjerice u Španjolskoj (Romano 2013), Keniji (Ochieng i Erftemeijer 1999), Kanadi (Orr i sur. 2005), Latviji (Suursaar i sur. 2014), Finskoj (Berglund i sur. 2003), Argentini (Piriz i sir. 2003), međutim, isti takvi podaci nedostaju za Jadransku obalu i njezine plaže. U ovom radu provedena je prva detaljnija analiza naplavina u Jadranu. Utvrđen je kvalitativni i kvantitativni sastav makrofitobentosa unutar naplavina pronađenih na četiri postaje duž zapadne obale Istre. Nadalje, u neposrednoj blizini istraženih postaja, u zoni gornjeg infralitorala, utvrđen je sastav i pokrovnost svojti makrofitobentosa, kako bi se ustanovilo postoje li sličnosti između dominantnih svojti makrofitobentosa u naplavinama i u neposrednom morskom okolišu.

Izuzevši morske cvjetnice, čije se svojte nisu determinirale, tijekom istraživanja sastava naplavina utvrđena je prisutnost 27 različitih svojti makrofitobentosa, od kojih je 17 determinirano do razine vrste, a 9 do razine roda. Najbrojnije su smeđe alge (Ochrophyta) i zelene alge (Chlorophyta) sa ukupno 9 svojti, crvene alge (Rhodophyta) sadržavale su 8 svojti, dok se morske cvjetnice nisu determinirale. Antolić i sur. (2001, 2010, 2011, 2013) posljednji su ažurirali ukupan popis vrsta makroalgi u Jadranu, gdje su također specificirali vrste prisutne u sjevernom dijelu Jadrana, od kojih zelene alge (Chlorophyta) čine 122 vrsta, smeđe alge (Ochrophyta) 129 vrsta i crvene alge (Rhodophyta) 328. Može se dakle zaključiti, da je tijekom istraživanja utvrđena relativno mala bioraznolikost makrofitobentosa, ako usporedimo sa ukupnim brojem vrsta makroalgi u sjevernom Jadranu, no sve utvrđene svojte tipične su i ključne sastavnice infralitoralnih zajednica fotofilnih algi Jadranskog mora, te njegovog sjevernog dijela (Antolić i sur. 2001; Antolić i sur. 2010; Antolić i sur 2011; Antolić i sur. 2013; Iveša i sur. 2016; Munda 1980; Munda 1993; Munda 2000).

Brojnost svojti varirala je duž postaja zapadne obale Istre: Hotel Delfin 23 svojti; Šćuza, 7 svojti; Barbariga, 14 svojti i Lovrečica, 8 svojti. Dobiveni rezultati podudaraju sa istraživanjem Orr i sur. (2005), unutar kojeg su zaključili da je brojnost svojti unutar naplavina povezana sa hidrodinamičkim obilježjima okolnog okoliša, jer veću brojnost nalazimo unutar umjereno zaštićenih i umjereno izloženih plaža, u odnosu na zaštićene i izložene plaže. U kontekstu ovog

rada, Barbariga i Lovrečica mogu se smatrati umjereno zaštićenim plažama, Hotel Delfin umjereno izloženom plažom, dok je Šćuza svakako zaštićena plaža.

S druge strane, ukupna biomasa naplavina pronađena na plažama ne podudara se sa rezultatima istraživanja Valiela i Rietsma (1995) i Orr i sur. (2005). Oni su pronašli da različita vrsta supstrata ima snažan utjecaj na biomasu naplavina, tj. da se biomasa povećava, što su čestice supstrata veće, sugerirajući da je taloženje naplavina na pješčanim i muljevitim plažama manje u odnosu na šljunak i kamene oblutke. Unutar ovog rada dobiveni su različiti rezultati, štoviše, postaja Šćuza koja predstavlja jedinu postaju sa muljevitim supstratom sadrži najveću biomasu makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata, 2057,4 g mokre težine na 3600 cm^2 dok postaje sa supstratom sačinjenim od kamenih oblutaka Barbariga i Lovrečica sadrže 1855,16 g mokre težine na 3600 cm^2 i 1834,26 g mokre težine na 3600 cm^2, a postaja Hotel Delfin sačinjena od šljunka sadrži najmanje, 1411,03 g mokre težine na 3600 cm^2. Takvi rezultati mogu biti posljedica brojnih abiotičkih i biotičkih čimbenika, primjerice, moguće je da je abundancija makrofitobentosa veća u okolnom priobalju na postaji Šćuza u odnosu na druge postaje. Također treba uzeti u obzir hidrodinamičke parametre poput morskih mijena, valova i morskih struja neposredno prije uzorkovanja, koji bi potencijalno uvjetovali kolika se biomasa prenijela ili odnije sa plaže. Romano (2013) je u svom istraživanju utvrdio da plaže s izraženim utjecajem valova imaju manju biomasu naplavina od zaštićenih plaža, zato što valovi svojim djelovanjem odnose naplavine sa plaža natrag u morski okoliš. Ulogu u ukupnoj biomasi svakako može imati i abundancija detritivora, bakterivora i drugih organizama koji razgrađuju i hrane se naplavinama (Hyndes i sur. 2022).

U ovom istraživanju su u naplavinama dominirale svojte crvenih algi, sa 5400,4 g mokre težine na 14400 cm^2, što je 72,09% ukupne biomase, a slijedile su ih smeđe alge, 1174,72 g mokre težine na 14400 cm^2, zelene alge, 707,93 g mokre težine na 14400 cm^2 te morske cvjetnice, sa 207,78 g mokre težine na 14400 cm^2. Dominacija biomase crvenih algi zajedno sa značajnom biomasom i brojnosti svojti smeđih algi, a naročito svojti reda Fucales pokazuje podudarnosti sa povijesnim podacima koji opisuju sastav i strukturu makrofitobentoskih zajednica u pojasu infralitorala na području zapadne obale Istre (Munda 1993; Munda 2000).

Nadalje, kako bi se utvrdile značajne razlike u sastavu i strukturi makrofitobentosa između plaža korišten je Bray-Curtis indeks, koji je postaje shodno podacima, na temelju prostorne varijabilnosti rasporedio u 3 grupe. Prva grupa, sa najvećom sličnosti sastava makrofitobentosa pronađenih unutar kvadrata utvrđena je između postaja Barbariga i Lovrečica, sa 74,97%

sličnosti. Postaje su izrazito sličnih geomorfoloških karakteristika, istog su supstrata (kameni obluci), obje se mogu karakterizirati kao džepne plaže /eng. *pocket beach*/, uvučene su u kopno te konkavnog oblika, sa slabo izraženom hidrodinamikom. Obje postaje karakterizira velika abundancija vrste *Laurencia obtusa*, te prisutnost svojti poput: *Dictyota dichotoma, Rytiphlaea tinctoria, Halimeda tuna, Ceramium* sp., *Flabellia petiolata,* morske cvjetnice i dr. Drugu grupaciju čini postaja Hotel Delfin i Barbariga, sa 37,70% sličnosti, te Hotel Delfin i Lovrečica sa 35,14% sličnosti. Postaja Hotel Delfin se od Barbarige i Lovrečice najviše razlikuje svojim izraženom hidrodinamikom, zbog izloženosti prema otvorenom moru. Također, supstrat na postaji je umjetnog porijekla i sastoji se najčešće od nasipanog šljunka, uz ponešto kamenih oblutaka, dok su Barbariga i Lovrečica prirodnog supstrata i sastoje se isključivo od kamenih oblutaka. Hotel Delfin i Barbariga imaju neke zajedničke svojte, no najčešća se uvelike razlikuju po abundanciji istih, primjerice, u odnosu na Barbarigu, Hotel Delfin ima veliku abundanciju svojti *Cystoseira compressa* i *Halimeda tuna,* dok Barbariga ima veliku abundanciju svojti *Laurencia obtusa, Dictyota dichotoma* i *Ceramium* sp. Lovrečica i Hotel Delfin dijele 11 zajedničkih svojti, no abundancije se razlikuju, primjerice, Hotel Delfin ima puno veću abundanciju svojti poput *Laurencia obtusa* i *Ceramium* sp. Zanimljivo, postaja Hotel Delfin ima najveću raznolikost svojti makroalgi čiji talusi sadrže aerociste (*Sargassum* sp., *Cystoseira foeniculacea, Cystoseira compressa, Cystoseira humilis, Cystoseira pustulata, Ericaria crinita, Gongolaria barbata*), koje im povećavaju tako uzgon i omogućuju lakše naplavljivanje na plaže. Romano (2013), te Orr i sur. (2005) sugerirali su da su makroalge sa aerocistama važne za snadbjevanje plaža sa izraženijom hidrodinamikom organskim materijalom. Također sugeriraju da su makroalge sa aerocistama prve koje bivaju isprane na plaže nakon epizoda većih morskih mjena i/ili valova. Najmanju sličnost pronalazimo u trećoj grupaciji, gdje je sastav makrofitobentosa postaje Šćuza uspoređen sa onim iz postaja Lovrečica, Hotel Delfin i Barbariga. Takvi rezultati su posljedica jedinstvenih obilježja postaje Šćuza. Ona je jedina postaja koja je dio obalne lagune, ugroženog i rijetkog staništa u Republici Hrvatskoj. Karakterizira ju uvučenost u kopno i slaba povezanost sa morem, te shodno time, vrlo niski hidrodinamizam (Knežević 2021). Šćuza se također razlikuje od drugih postaja sa svojim muljevitim sastavom supstrata.

Koristeći SIMPER analizu za procjenu sličnosti sastava i abundancije makrofitobentosa unutar pojedinačnih postaja utvrdila se prosječna sličnost preko 65%, izuzev postaje Hotel Delfin, gdje je sličnost bila 45,41%. Takva razlika može se potencijalno pripisati kombinaciji čimbenika, poput geomorfologije obale, hidrodinamizma, vrsti zajednica u okolnom moru,

biomasi dominantnih svojti, udaljenosti između promatranih kvadrata na plaži te samom obliku naplavina (Hyndes i sur. 2022). Treba se podalje istražiti, no postoji potencijalna mogućnost da će sličnost sastava svojti makrofitobentosa unutar naplavina biti veća na plažama gdje je oblik pojasa naplavina fragmentiran, u odnosu na plaže gdje je oblik pojasa kontinuiran i/ili slojevit.

Usporedivši brojnost svojti makrofitobentosa iz naplavina (27) sa ukupnom determiniranom brojnosti svojti makrofitobentosa u pojasu gornjeg infralitorala (18), od kojih su crvene alge (Rhodophyta) sačinjavale 6 svojti, smeđe alge (Ochrophyta) 5 svojti, a zelene alge (Chlorophyta) 6 svojti, može se pretpostaviti, da će se pri analizi naplavina na plažama pronaći veća bioraznolikost makrofitobentosa nego u neposrednom morskom okolišu, što se i podudara sa radom Suursaar i sur. (2014), koji su sličnom metodologijom to utvrdili u Riškom zaljevu, u Baltičkome moru. Dobivanje takvih rezultata može se pripisati većoj preciznosti prilikom laboratorijske analize uzoraka naplavina u usporedbi sa *in situ* vizualnom procjenom zajednica u pojasu gornjeg infralitorala. Gledajući općenito, sastav naplavina u ovom istraživanju uglavnom odgovara sastavu svojti makroalgi u gornjem infralitoralu istraženih postaja. Morske cvjetnice u naplavinama bile su uglavnom izuzetak, u pojasu infralitorala pronađene su jedino na postaji Šćuza, a razlog tome je što su ostale postaje bile hridinaste, te kao takve nepogodno stanište za njih (Short i sur. 2016). Na postaji Lovrečica dominirala je svojta *Laurencia obtusa,* biomasom u naplavinama te pokrovnošću unutar analiziranih kvadrata u zoni gornjeg infralitorala. Na postaji Hotel Delfin zabilježena je dominacija smeđih makroalgi reda Fucales, i to po biomasi unutar naplavinama te pokrovnošću u zoni gornjeg infralitorala. Međutim, u naplavinama je pronađeno čak 6 različitih svojti reda Fucales (*Cystoseira foeniculacea, Cystoseira compressa, Cystoseira humilis, Cystoseira pustulata, Ericaria crinita* i *Gongolaria barbata*), dok su u neposrednoj blizini postaja, u pojasu infraliorala pronađene samo dvije (*Ericaria crinita* i *Cysotoseira compressa*). Kao što je prethodno navedeno, svojte reda Fucales imaju aerociste koji im omogućuju bolji uzgon i lakši transport, a shodno time, rezultati ovog istraživanja potvrđuju izraženiji hidrodinamizam na postaji Hotel Delfin, što upućuje da "donor" okoliš makrofitobentosa može biti puno udaljeniji od neposredne blizine plaža. Također, pri tumačenju rezultata valja uzeti u obzir da je takva bioraznolikost svojti reda Fucales unutar naplavina utvrđena nakon samo jednog terenskog uzorkovanja, stoga postoji mogućnost da bi se ponavljanjem uzorkovanja, naročito nakon oluja i velikih plima, utvrdila i veća bioraznolikost svojti. Na postaji Barbariga, u zoni gornjeg infralitorala i unutar naplavina dominirala je svojta *Laurencia obtusa*, no zanimljivo je da su u zoni infralitorala utvrđene samo

3 svojte makrofitobentosa, u odnosu na naplavine gdje je pronađeno 15 svojti, što nadalje potvrđuje prethodne hipoteze, kao što je transport svojti iz udaljenijih područja i detaljnija analiza naplavina kvantitativnim uzorkovanjem naspram nedestruktivnog uzorkovanja *in situ* metodom fotografije, kojom je bilo moguće vidjeti sastav makroalgi samo u površinskom sloju forografije. Postaja Šćuza bila je jedina iznimka, osim veće bioraznolikost svojti u morskom okolišu (10) nasuprot u naplavinama (7), u infralitoralu su svojom pokrovnosti dominirale morske cvjetnice te svojta *Laurencia obtusa* dok su u naplavinama dominirale *Rytiphlaea tinctoria* i *Polysiphonia* sp.

Rezultati ovog rada pokazatelj su prostorne različitosti sastava i strukture makrofitobentosa unutar naplavina na plažama zapadne obale Istre, a također su pokazatelj kako hidrodinamičke i geomorfološke karakteristike određenog područja mogu uvjetovati sastav i biomasu zajednice. Ovaj rad može poslužiti kao uvid u nulto stanje kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika naplavina na plažama zapadne obale Istre, te kao primjer kako bi se ovom metodom uzorkovanja naplavina u budućnosti moglo pratiti stanje bioraznolikosti okolnog infralitorala, s ciljem praćenja rasprostranjenosti ključnih vrsta infralitoralnih zajednica fotofilnih algi Jadranskong mora, kao sto su vrste reda Fucales. Za daljnju analizu kojom bi se nadogradilo dosadašnje znanje o naplavinama potrebno bi bilo nadopuniti prostornu analizu sa vremenskom analizom naplavina, koja bi obuhvaćala različite vremenske periode tijekom dana i različitih godišnjih doba uz bilježenje vremenskih epizoda poput visokih plima i oluja.

5.2. Smeđe makroalge reda Fucales

Vrste reda Fucales dugoživuće su svojte smeđih makroalgi koji predstavljaju klimaks stadij u moru (Ercegović 1952). Ukoliko su abundantne, nalazimo ih u obliku gustih pojasa ili "šuma" na kamenitom supstratu, a mogu biti nastanjenje od zone mediolitorala do cirkalitorala (Iveša i sur. 2016). Smatraju se graditeljima staništa i pružaju drugim organizmima sklonište, stoga imaju ključnu ulogu u održavanju bioraznolikosti obalnih ekosustava (Ballesteros i sur. 1998). Povijesni podaci ukazuju kako su vrste reda Fucales prije bile bogato rasprostranjene, no negativni antropogeni pritisak, na kojeg su vrste osjetljive, doveo ih je do značajne regresije tijekom 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća (Munda 1982; Munda 1993; Iveša i sur. 2016). Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je utvrditi mogu li se vrste reda Fucales pronaći u naplavinama na plažama. Unatoč tome što je istraživanje provedeno samo u proljeće na maloj

prostornoj skali tj. na četiri postaje, uočena je velika bioraznolikost vrsti reda Fucales. Na postaji Hotel Delfin pronađeno je čak 6 različitih vrsta: *Cystoseira foeniculacea, Cystoseira compressa, Cystoseira humilis, Cystoseira pustulata, Ericaria crinita* i *Gongolaria barbata*. Postaja Barbariga sadržavala je vrste: *Cystoseira foeniculacea, Cystoseira compressa, Cystoseira humilis* i *Cystoseira pustulata,* dok je postaja Šćuza sadržavala samo vrstu *Gongolaria barbata*. Iz rezultata ovog rada može se zaključiti da su naplavine u kojima su pronađene vrste reda Fucales dobri indikatori, te da su iste vrste prisutne i u neposrednom infralitoralu istraživanih postaja. Nadalje, jedinkama postaje Šćuza i Hotel Delfin utvrdio se maksimalni kvantni prinos fotosustava PSII (F_V/F_m) te efektivni kvantni prinos fotosustava PSII (Y(II)) kao mjere njihovog fiziološkog stanja neposredno nakon separacije iz naplavina te tijekom faze rehidracije u kamenim bazenima u trajanju od 21 dan. Dobiveni podaci bili su većinom raznoliki, ali općenito gledajući, jedinke *Gongolaria barbata* sa postaje Šćuza pokazivale su ponešto slabije znakove oporavka od jedinki *Cystoseira foeniculacea, Cystoseira compressa, Cystoseira humilis* i *Ericaria crinita* na svim postajama. Od ukupno 10 istraživanih jedinki vrste *Gongolaria barbata* 5 jedinki se oporavilo ili zadržalo vrijednosti nakon 21 dan. Kod vrste *Cystoseira foeniculacea* 3 od 5 jedinki se oporavilo, kod vrste *Cystoseira compressa* su se sve jedinke oporavile, kod vrste *Cystoseira humilis* 2 od 5 jedinki se oporavilo, dok je jedinka *Ericaria crinita* pokazivala slične vrijednosti tijekom faze oporavka. Moguće je da su neke vrste, poput *Gongolaria barbata* osjetljivije na ekstremne vremenske uvijete kao što je isušivanje na kopnu, no tu pretpostavku nije moguće dokazati dok se ne provedu daljnja istraživanja u kojima bi se determiniralo koliko se vremena svaka jedinka nalazi naplavljena na plažama, što u ovom istraživanju nije bilo poznato. Istraživanje je pokazalo da se vrste reda Fucales mogu koristiti u laboratorijskim uvjetima za ispitivanje njihovog fiziološkog stanja, te da se pomoću korištene metodologije može dobro istražiti njihova morfometrija i vijabilnost. Također je utvrđeno da je nevezano za promatranu vrstu, u kontroliranim uvjetima moguća regeneracija kroz vremenski period od 3 tjedna. Ovakvi rezultati su ohrabrujući jer bi shodno njima vrste reda Fucales, ukoliko su vijabilne, mogle poslužiti u daljnem *ex situ* uzgoju ili u „pošumljavanju“ morskih područja u kojima su iste ove vrste nestale ili su u fazi regresije. Za predvidjeti je također, da se u prirodnim uvjetima vrste reda Fucales potencijalno mogu same od sebe oporavljati ako ih valovi ili plime vrate iz naplavina u morski okoliš.

6. ZAKLJUČCI

- U ovom istraživanju utvrđeno je 27 različitih svojti makrofitobentosa unutar naplavina na 4 plaže duž zapadne obale Istre, dok je u neposrednoj blizini postaja, u pojasu gornjeg infralitorala utvrđeno 18 svojti makrofitobentosa.
- Sastav naplavina u ovom istraživanju uglavnom je odgovarao sastavu svojti makroalgi u gornjem infralitoralu istraženih postaja.
- U naplavinama su najbrojnije bile smeđe alge (Ochrophyta) i zelene alge (Chlorophyta) sa 9 svojti, crvene alge (Rhodophyta) sadržavale su 8 svojti, dok se morskim cvjetnicama (Tracheophyta) svojte nisu determinirale. U pojasu gornjeg infralitorala crvene alge (Rhodophyta) i zelene alge (Chlorophyta) sadržavale su 6 svojti, smeđe alge 5 svojti dok se morske cvjetnice nisu determinirale.
- Ukupna mokra biomasa makrofitobentosa unutar analiziranih kvadrata iznosila je 7490,83 g na 14400 cm^2, a najdominantnija svojta na temelju mokre biomase bila je *Laurencia obtusa* (39,20%), a slijede ju *Rytiphlaea tinctoria* (20,59%), *Cystoseira compressa* (10,09%), *Polysiphonia* sp. (6,77%), *Valonia* sp. (3,20%), *Ceramium* sp. (3,02%), *Dictyota dichotoma* (2,46%), *Chaetomorpha* sp. (2,45%), dok je doprinos preostalih svojti bio je manji od 2%.
- Glavni faktori koji uvjetuju sastav i strukturu makrofitobentosa unutar naplavina su: vrsta zajednice u moru, hidrodinamika okolnog okoliša, geomorfologija plaža te preferencija nekih vrsta da se lakše otkinu iz prirodnog okoliša i naplave na obalu.
- Kvantitativni i kvalitativni podaci iz ovog rada pružaju uvid u nulto stanje makrofitobentosa u naplavinama na plažama zapadne obale Istre te omogućavaju daljne praćenje njihovoga stanja kao i zajednica makrofitobentosa u infralitoralu.
- Naplavine mogu biti dobar indikator da su vrste reda Fucales prisutne u neposrednom priobalju istraženog područja.
- Rezultati istraživanja fiziološkog stanja vrsta reda Fucales neposredno nakon separacije iz naplavina te tijekom faze rehidracije u kamenim bazenima u trajanju od 21 dan pokazuju da su regeneracije jedinki vrsta reda Fucales moguće u kontroliranim laboratorijskim uvjetima.
- Regenerirane jedinke mogle bi poslužiti u daljnjem *ex situ* uzgoju ili u „pošumljavanju“ morskih područja u kojima su ove vrste nestale ili su u fazi regresije.

7. LITERATURA

1. Anderson M. J., ter Braak C. J. F. (2003): Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. Journal of Statistical Computation and Simulation, 73(2): 85–113.
2. Anderson M. J., Gorley R. N., Clarke K. R. (2008): PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. Plymouth: PRIMER-E, str. 213.
3. Antolić, B., Špan, A., Nikolić, V., Gubelić, I., Despalatović, M., Cvitković, I. (2010): A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: II. Heterokontophyta: Phaeophyceae. Acta Adriatica, 51(1): 9-33.
4. Antolić, B., Špan, A., Žuljević, A., Vukovič, A. (2001): Checklist of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: I. Chlorophyta. Acta Adriatica, 42(2): 43-58.
5. Antolić, B., Špan, A., Žuljević, A., Nikolić, V., Grubelić, I., Despalatović, M., Cvitković, I. (2011): A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: III. Rhodophyta 1: Ceramiales. Acta Adriatica, 52(1): 67-86.
6. Antolić, B., Špan, A., Žuljević, A., Nikolić, V., Grubelić, I., Despalatović, M., Cvitković, I. (2013): A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: IV. Rhodophyta 2: Ceramiales excluded. Acta Adriatica, 54(1): 41-66.
7. Ballesteros, E., Sala, E., Garrabou, J., Zabala, M. (1998): Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* (Phaeophyta) in the Northwestern Mediterranean. European journal of Phycology, 33(2): 121-128.
8. Banić, E. (2017): Promjene u ultrastrukturi, proteomu i fotosintetskoj učinkovitosti klijanaca duhana (*Nicotiana tabacum L.*) pod utjecajem nanočestica i iona srebra (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Science. Department of Biology), str. 7.
9. Beltran, R., Beca-Carretero, P., Marbà, N., Jiménez, M. A., Traveset, A. (2020): Spatio-temporal variation in macrofauna community structure in Mediterranean seagrass wrack. Food Webs, 25: e00178.
10. Berglund, J., Mattila, J., Rönnberg, O., Heikkilä, J., Bonsdorff, E. (2003): Seasonal and inter-annual variation in occurrence and biomass of rooted macrophytes and drift algae in shallow bays. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56(5-6): 1167-1175.
11. Biber, P. D. (2007): Hydrodynamic transport of drifting macroalgae through a tidal cut. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 74(3): 565-569.

12. Bird, E. C. (2008): Coastal geomorphology: an introduction. John Wiley & Sons, str. 134-135.
13. Boller, M. L., i Carrington, E. (2006): The hydrodynamic effects of shape and size change during reconfiguration of a flexible macroalga. Journal of Experimental Biology, 209(10): 1894-1903.
14. Bowen, R. E., Frankic, A., Davis, M. E. (2006): Human development and resources use in the coastal zone: Influences on human health. Oceanography, 19(2): 62-71.
15. Bowman, D., Guillén, J., Lopez, L., Pellegrino, V. (2009): Planview geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast (Spain). Geomorphology, 108(3-4): 191-199.
16. Bray, J. R., i Curtis, J. T. (1957): An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27(4): 326-349.
17. Brown, A. C., i McLachlan, A. (2010): The ecology of sandy shores. Elsevier, str. 229-233.
18. Brown, A. C., i Odendaal, F. J. (1994). The biology of oniscid Isopoda of the genus Tylos. Academic Press, In Advances in Marine Biology, 30: 89-153.
19. Chubarenko, B., Woelfel, J., Hofmann, J., Aldag, S., Beldowski, J., Burlakovs, J., ... i Schubert, H. (2021): Converting beach wrack into a resource as a challenge for the Baltic Sea (an overview). Ocean & Coastal Management, 200: 1-15.
20. Clarke K. R. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology, 18: 117–143.
21. Colombini, I., i Chelazzi, L. (2003): Influence of marine allochthonous input on sandy beach communities. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review, 41: 115-159.
22. Dauer, D. M. (1983): Functional morphology and feeding behavior of *Scolelepis squamata* (Polychaeta: Spionidae). Marine Biology, 77: 279-285.
23. de Bettignies, F., Dauby, P., Thomas, F., Gobet, A., Delage, L., Bohner, O., ... i Davoult, D. (2020): Degradation dynamics and processes associated with the accumulation of *Laminaria hyperborea* (Phaeophyceae) kelp fragments: an in situ experimental approach. Journal of Phycology, 56(6): 1481-1492.
24. Dethier, M. N., Graham, E. S., Cohen, S., Tear, L. M. (1993): Visual versus random-point percent cover estimations:'objective'is not always better. Marine Ecology Progress Series, 96(1): 93-100.

25. Dugan, J. E., Hubbard, D. M., McCrary, M. D., i Pierson, M. O. (2003). The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 58: 25-40.
26. Dugan, J. E., Hubbard, D. M., Page, H. M., Schimel, J. P. (2011): Marine macrophyte wrack inputs and dissolved nutrients in beach sands. Estuaries and Coasts, 34: 839-850.
27. Ercegović, A. (1952): Jadranske cistozire: njihova morfologija, ekologija i razvitak. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, str. 1-172.
28. Feagin, R. A., Sherman, D. J., Grant, W. E. (2005): Coastal erosion, global sea-level rise, and the loss of sand dune plant habitats. Frontiers in Ecology and the Environment, 3(7): 359-364.
29. Fedor, P., i Zvaríková, M. (2019): Biodiversity indices. Encyclopedia of Ecology, 1: 337-346.
30. Hayes, W. B. (1974). Sand-beach energetics: importance of the isopod *Tylos punctatus*. Ecology, 55(4): 838-847.
31. Hyndes, G. A., Berdan, E. L., Duarte, C., Dugan, J. E., Emery, K. A., Hambäck, P. A., ... i Schlacher, T. A. (2022): The role of inputs of marine wrack and carrion in sandy-beach ecosystems: a global review. Biological Reviews, 97(6): 2127-2161.
32. Ince, R., Hyndes, G. A., Lavery, P. S., Vanderklift, M. A. (2007): Marine macrophytes directly enhance abundances of sandy beach fauna through provision of food and habitat. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 74(1-2): 77-86.
33. Iveša, L., Djakovac, T., Devescovi, M. (2016): Long-term fluctuations in *Cystoseira* populations along the west Istrian Coast (Croatia) related to eutrophication patterns in the northern Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin, 106(1-2): 162-173.
34. James, R. J. (2000): From beaches to beach environments: linking the ecology, human-use and management of beaches in Australia. Ocean & Coastal Management, 43(6): 495-514.
35. Jedrzejczak, M. F. (2002): Spatio-temporal decay'hot spots' of stranded wrack in a Baltic sandy coastal system. Part I. Comparative study of the pattern: 1 type of wrack vs 3 beach sites. Oceanologia, 44(4): 491-512.
36. Kautsky H, Martin G, Mäkinen A, Borgiel M, Vahteri P, Rissanen J (1999) Structure of phytobenthic and associated animal communities in the Gulf of Riga. Hydrobiologia, 393: 191–200

37. Kautsky, H., van der Maarel, E., Van der Maarel, E. (1990): Multivariate approaches to the variation in phytobenthic communities and environmental vectors in the Baltic Sea. Marine Ecology Progress Series, 60: 169-184.
38. Kirkman, H., i Kendrick, G. A. (1997): Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: a review. Journal of Applied Phycology, 9: 311-326.
39. Knežević, T. (2021). Mikrobiološka analiza mora u uvali Ribnjak i u luci Pomer (Doctoral dissertation, University of Pula. Department of Natural and Health Studies).
40. Knox, G. A. (2000). The ecology of seashores. CRC Press, str. 145-180.
41. Koop, K., i Griffiths, C. L. (1982): The relative significance of bacteria, meio-and macrofauna on an exposed sandy beach. Marine Biology, 66: 295-300.
42. Komar, P. D. (1998). The 1997-98 El Niño and erosion on the Oregon coast. Shore & Beach, 66(3): 33-41.
43. Kruskal, J. B., i Wish, M. (1978): Multidimensional scaling. Sage, str. 11-15.
44. Marković, M., Micallef, A., Povh, D., & Williams, A. T. (2010): Guidelines and priority action for the sustainable management of beaches, str. 1-5.
45. Maxwell, K., i Johnson, G. N. (2000): Chlorophyll fluorescence—a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51(345): 659-668.
46. McLachlan, A. (1990): Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. Journal of Coastal Research, 6(1): 57-71.
47. McLachlan, A., i Defeo, O. (2001): Coastal beach ecosystems. Encyclopedia of Biodiversity, 1: 741-751.
48. McLachlan, A., i Young, N. (1982): Effects of low temperature on the burrowing rates of four sandy beach molluscs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 65(3): 275-284.
49. McLachlan, A., i Defeo, O. (2017): The ecology of sandy shores. Academic Press, str. 20-30.
50. Mews, M., Zimmer, M., i Jelinski, D. E. (2006): Species-specific decomposition rates of beach-cast wrack in Barkley Sound, British Columbia, Canada. Marine Ecology Progress Series, 328: 155-160.
51. Munda, I. M. (1980): Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. Acta Adriatica, 21(2): 299-332.

52. Munda, I. M. (1993): Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. Hydrobiologia, 260: 239-253.
53. Munda, I. M. (2000): Long-term marine floristic changes around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) estimated on the basis of historical data from Paul Kuckuck's field diaries from the end of the 19th century. Nova Hedwigia Beihefte, 71(1): 1-36
54. Ochieng, C. A., i Erftemeijer, P. L. (1999): Accumulation of seagrass beach cast along the Kenyan coast: a quantitative assessment. Aquatic Botany, 65(1-4): 221-238.
55. Oldham, C. E., Lavery, P. S., McMahon, K., Pattiaratchi, C., Chiffings, T. (2010): Seagrass wrack dynamics in Geographe Bay, Western Australia. Report to Western Australian Department of Transport, and Shire of Bussleton, str. 69-72.
56. Orr, M., Zimmer, M., Jelinski, D. E., Mews, M. (2005): Wrack deposition on different beach types: spatial and temporal variation in the pattern of subsidy. Ecology, 86(6): 1496-1507.
57. Palatinuš, I. (2022): Košna konglomerati: sastav i porijeklo čestica (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Science. Department of Geology), str. 20.
58. Peduzzi, P., i Herndl, G. J. (1991): Decomposition and significance of seagrass leaf litter (*Cymodocea nodosa*) for the microbial food web in coastal waters (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). Marine Ecology Progress Series, 71(2): 163-174.
59. Pennings, S. C., Carefoot, T. H., Zimmer, M., Danko, J. P., Ziegler, A. (2000): Feeding preferences of supralittoral isopods and amphipods. Canadian Journal of Zoology, 78(11): 1918-1929.
60. Piriz, M. L., Eyras, M. C., Rostagno, C. M. (2003): Changes in biomass and botanical composition of beach-cast seaweeds in a disturbed coastal area from Argentine Patagonia. Journal of Applied Phycology, 15: 67-74.
61. Robertson, R. C. L. A., i Hansen, J. A. (1982): Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish. Marine Ecology Progress Series, 9: 51-57.
62. Romano, F. B. (2013): Ecology of macroalgal wrack on exposed sandy beaches (Doctoral dissertation, Universidade de Vigo), str. 18-59.
63. Scapini, F., Buiatti, M., De Matthaeis, E., Mattoccia, M. (1995): Orientation behaviour and heterozygosity of sandhopper populations in relation to stability of beach environments. Journal of Evolutionary Biology, 8(1): 43-52.
64. Schlacher, T. A., Dugan, J., Schoeman, D. S., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., ... i Defeo, O. (2007): Sandy beaches at the brink. Diversity and Distributions, 13(5): 556-560.

65. Schlacher, T. A., Schoeman, D. S., Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A. (2008): Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. Marine Ecology, 29: 70-90.
66. Shannon, C. E. (1948): A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27(3): 379-423.
67. Short, F. T., Short, C. A., i Novak, A. B. (2016): Seagrasses. The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation. Springer Science, str. 6.
68. Small, C., i Nicholls, R. J. (2003): A global analysis of human settlement in coastal zones. Journal of Coastal Research, 19(3): 84-599.
69. Speed, S. R. (2005): Beach-cast seaweed: a review. New Zealand Fisheria Assessment Report, str. 5-13.
70. Suursaar, Ü., Torn, K., Martin, G., Herkül, K., Kullas, T. (2014): Formation and species composition of stormcast beach wrack in the Gulf of Riga, Baltic Sea. Oceanologia, 56(4): 673-695.
71. Šolić, M., (2015): Kvantitativne metode u ekologiji zajednica. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, str. 56-63.
72. Valiela, I., i Rietsma, C. S. (1995): Disturbance of salt marsh vegetation by wrack mats in Great Sippewissett Marsh. Oecologia, 102: 106-112.
73. Viles, H., i Spencer, T. (1995): Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast. Oceanographic Literature Review, 9(42): 812.
74. Williams, A., i Micallef, A. (2009): An Introduction to Beach Management. In Beach Management (pp. 1-30). Routledge, str. 10-20.
75. Yasso, W. E. (1965): Plan geometry of headland-bay beaches. The Journal of Geology, 73(5): 702-714.

ŽIVOTOPIS

Rođen 29.3.1999. u Rijeci, sa prebivalištem u Opatiji gdje završavam Osnovnu školu „Rikard Katalinić Jeretov“. 2013. godine upisujem Prvu riječku hrvatsku gimnaziju u Rijeci, te maturiram 2017. Iste godine upisujem Preddiplomski studij Znanosti o moru na Sveučilištu „Jurja Dobrile“ u Puli. Preddiplomski studij Znanosti o moru završavam 2020. braneći završni rad: „Procjena ekološkog stanja priobalnih voda na području Opatije pomoću metode CARLIT“ pod mentorstvom dr. sc. Ljiljane Iveše, čime stečem titulu prvostupnika struke Znanosti o moru (univ. bacc. mariscient). Iste godine upisujem diplomski studij na Prirodoslovno matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer Ekologija i zaštita prirode modul More.

PRILOZI

Prilog 1. Podaci o biomasi svojti (izraženi u gramima) za svaki kvadrat unutar transekta na postaji Lovrečica. (Lo – Lovrečica; Tr – transekt; Kv - kvadrat).

Vrsta	LoTr1Kv1	LoTr1Kv2	LoTr1Kv3	LoTr2Kv4	LoTr2Kv5	LoTr2Kv6	LoTr3Kv7	LoTr3Kv8	LoTr3Kv9
Laurencia obtusa	73,01	51,95	264,7	360,39	111,12	149,68	101,19	201,14	286,2
Dictyota dichotoma	0	0	7	10,96	2,59	1,65	1,74	8,04	0,83
Ceramium sp.	0	0	5,63	16,9	10,69	7,2	20,77	43,11	20,37
Polysiphonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetomorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enteromorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halimeda tuna	2,89	1,26	1,45	5,91	0,66	2,61	0,27	2,42	2,97
Flabellia petiolata	2,25	1,67	2,66	2,09	0,52	0,99	0	0,54	0,11
Cystoseira foeniculacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira compressa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira humilis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira pustulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ericaria crinita	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gongolaria barbata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morske cvjetnice	2,98	1,16	0,27	2,71	0,6	1,67	0,1	0,59	0,49
Rytiphlea tinctoria	3,91	0,85	0,34	2,8	2,03	0,89	0	0,43	1,99
Cladophora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valonia sp.	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0
Ulva intestinalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sargassum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corallina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anadyomene stelata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peyssonnelia rubra	0	0	0	0,34	0	0,17	0	1,15	0,14
Boergeseniella fruticulosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelidium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caulerpa cylindracea	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Padina pavonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Prilog 2. Podaci o biomasi svojti (izraženi u gramima) za svaki kvadrat unutar transekta na postaji Hotel Delfin. (HD – Hotel Delfin; Tr – transekt; Kv - kvadrat).

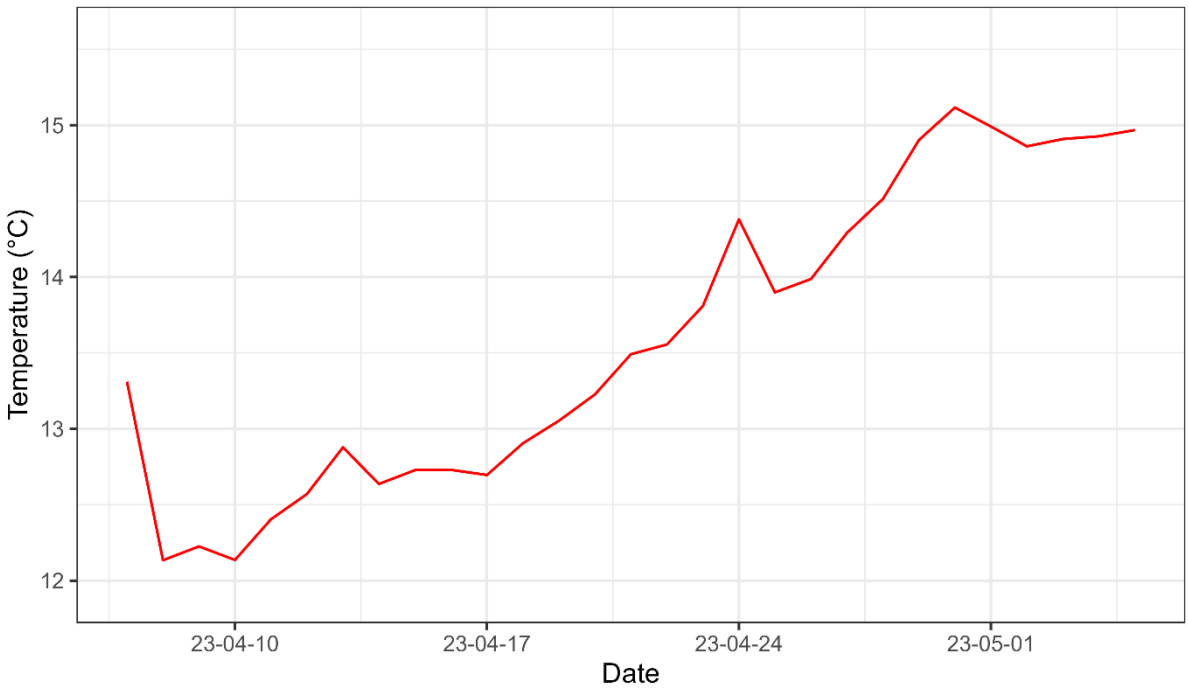
Vrsta	HDTr1Kv1	HDTr1Kv2	HDTr1Kv3	HDTr2Kv4	HDTr2Kv5	HDTr2Kv6	HDTr3Kv7	HDTr3Kv8	HDTr3Kv9
Laurencia obtusa	2,92	1,01	2,69	3,76	3,62	0	21,25	55,78	11,75
Dictyota dichotoma	0,66	0,34	0	0	1,28	0	5,07	11,04	3,36
Ceramium sp.	0	0	0	0	0,12	0	3,05	16,38	2,33
Polysiphonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetomorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enteromorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halimeda tuna	11,73	7,93	10,34	4,58	38,26	0,42	0,92	0,62	0,78
Flabellia petiolata	0	0	0	0	0,1	0	0,24	1,2	9,06
Cystoseira foeniculacea	1,01	0	1,21	0,1	1,24	6,33	0,89	3,71	0,51
Cystoseira compressa	225,12	13,87	43,31	191,58	221,67	57,77	1,22	18,01	5,33
Cystoseira humilis	0	0,35	0	2,24	0	0	0	0	0
Cystoseira pustulata	0	0	1,59	0	3,24	2,55	0,66	7,58	1,85
Ericaria crinita	1,74	0	0	0	0	0	0	0	0
Gongolaria barbata	1	0	0	0,34	0	0	0	0	0
Morske cvjetnice	0	0	0	0	0	0	3,97	5,32	2,27
Rytiphlea tinctoria	0	0	0	0,11	0,98	0	32,4	86,84	20,58
Cladophora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0,18	0,36
Ulva intestinalis	0,1	0,4	0	0	0,11	0,32	0,1	0,14	0
Sargassum sp.	4,64	1,99	2,38	13,52	6,84	9,09	1,73	2,24	0
Corallina sp.	1,03	1,81	2,61	0	0,79	0	0	0	0
Anadyomene stelata	0,88	0	0,37	2,16	4,66	0	0	2,73	0,37
Peyssonnelia rubra	0	0	0,88	0	3,58	0	0	0	0
Boergeseniella fruticulos	0	0	0,1	0	0	0,49	0	7,66	0,82
Gelidium sp.	0	0	1,35	1,82	5,46	0,3	1,51	0	0
Caulerpa cylindracea	0	0	0	0	0,1	0	0,59	1,33	1,06
Padina pavonica	0	0	0	0	0	0	1,26	0	0

Prilog 3. Podaci o biomasi svojti (izraženi u gramima) za svaki kvadat unutar transketa na postaji Barbariga. (Ba - Barbariga, Tr - transekt, Kv - kvadrat).

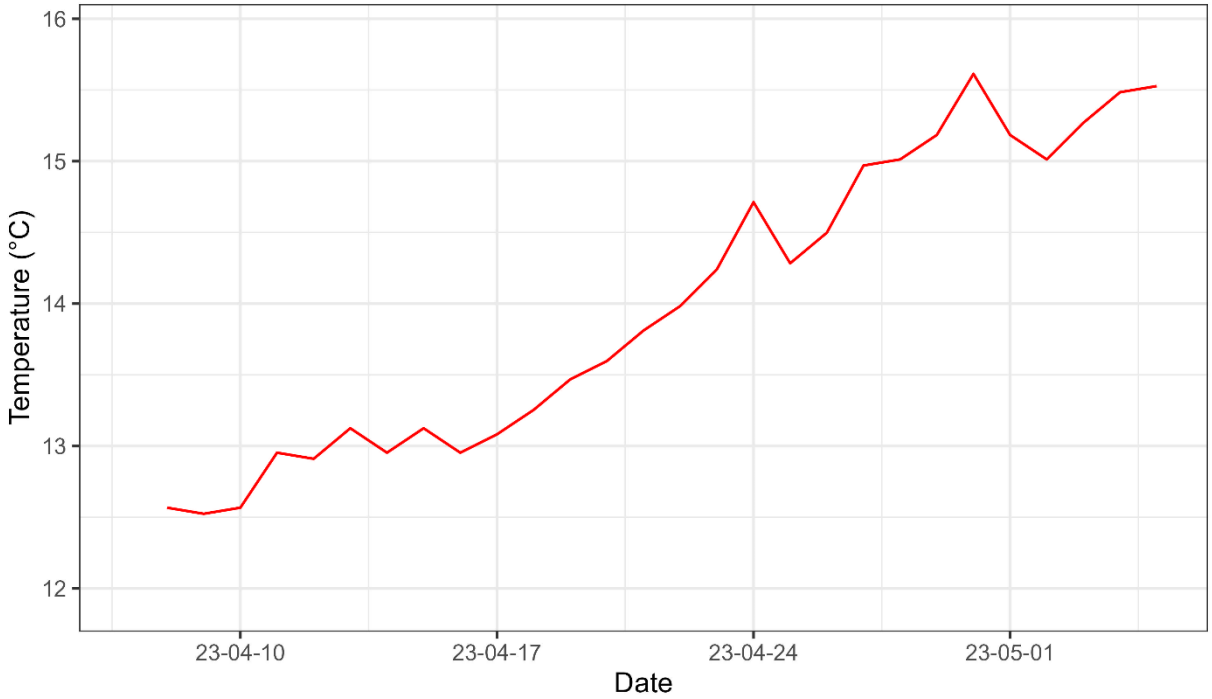
Vrsta	BaTr1Kv1	BaTr1Kv2	BaTr1Kv3	BaTr2Kv4	BaTr2Kv5	BaTr2Kv6	BaTr3Kv7	BaTr3Kv8	BaTr3Kv9
Laurencia obtusa	377,12	143,05	51,31	28,5	106,21	69,87	14,87	317,65	213,28
Dictyota dichotoma	21,57	48,8	6,22	0,92	15,93	10,03	2,67	12,19	11,76
Ceramium sp.	48,9	10,72	3,61	1,1	3,56	3,52	1,63	10,43	3,03
Polysiphonia sp.	1	0	0,22	0,88	0	0,13	0	2,1	0,38
Chaetomorpha sp.	52,36	22,31	13,44	10,06	57,41	14,61	1,16	0,1	12,52
Enteromorpha sp.	0,16	0,1	0	0	0,11	0,1	0,1	0	0
Halimeda tuna	0,48	1,83	1,08	0,81	0,4	2,07	0,25	4,71	2,72
Flabellia petiolata	1,53	2,13	0,3	0,73	0,49	1,25	0,1	1,17	1,16
Cystoseira foeniculacea	1,21	0,85	2,34	1,3	0,78	0,48	0	1	4,09
Cystoseira compressa	0	0	0	0	0	0	0	0,85	0
Cystoseira humilis	0	0,47	1,39	0	0	0	0	0	0
Cystoseira pustulata	0,42	1	1,81	0	3,15	0,29	0,43	0	8,3
Ericaria crinita	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gongolaria barbata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morske cvjetnice	8,47	7,76	3,62	2,55	4,36	9,98	0,18	0,57	0,14
Rytiphlea tinctoria	1,23	1,69	1,63	0,81	0,91	1,02	0,26	4,72	3,95
Cladophora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valonia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulva intestinalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sargassum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corallina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anadyomene stelata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peyssonnelia rubra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boergeseniella fruticulo.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelidium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caulerpa cylindracea	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Padina pavonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Prilog 4. Podaci o biomasi svojti (izraženi u gramima) za svaki kvadrat unutar transekta na postaji Šćuza. (Šć - Šćuza, Tr - transekt, Kv - kvadrat).

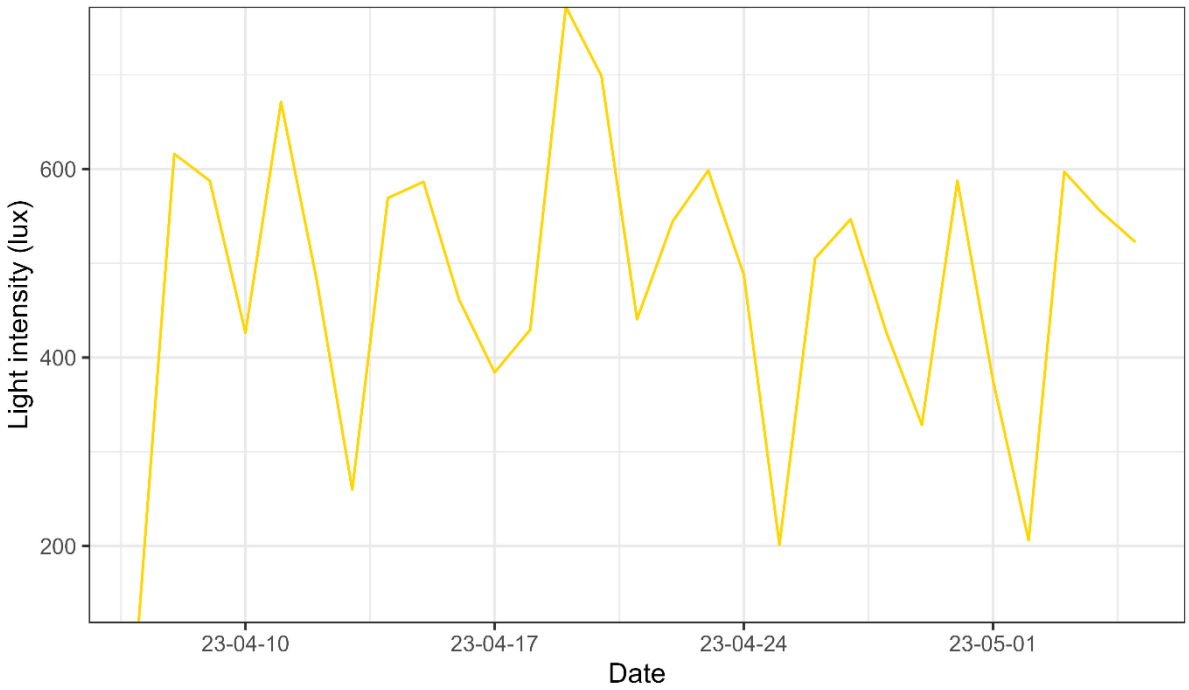
Vrsta	ŠćTr1Kv1	ŠćTr1Kv2	ŠćTr1Kv3	ŠćTr2Kv4	ŠćTr2Kv5	ŠćTr2Kv6	ŠćTr3Kv7	ŠćTr3Kv8	ŠćTr3Kv9
Laurencia obtusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dictyota dichotoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceramium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polysiphonia sp.	92,66	30	49,86	13,2	31,28	37,13	97,93	121,23	44,84
Chaetomorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enteromorpha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halimeda tuna	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flabellia petiolata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira foeniculacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira compressa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira humilis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cystoseira pustulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ericaria crinita	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gongolaria barbata	19,91	15,65	0,35	0,2	0,35	0,31	5,89	31,39	25,03
Morske cvjetnice	6,46	11,6	6,43	26,01	8,97	26,58	22,1	16,67	23,28
Rytiphlea tinctoria	39,89	118,5	88,67	272,22	244,18	191,26	95,6	63,3	304,57
Cladophora sp.	3,04	0,58	1,26	59,68	6,17	4,72	7,15	9,68	27,32
Valonia sp.	41,65	8,26	0	16,68	23,4	32,56	15,21	38,5	70,44
Ulva intestinalis	0,11	0,16	0,34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Sargassum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corallina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anadyomene stelata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peyssonnelia rubra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boergeseniella fruticulosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelidium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caulerpa cylindracea	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Padina pavonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0



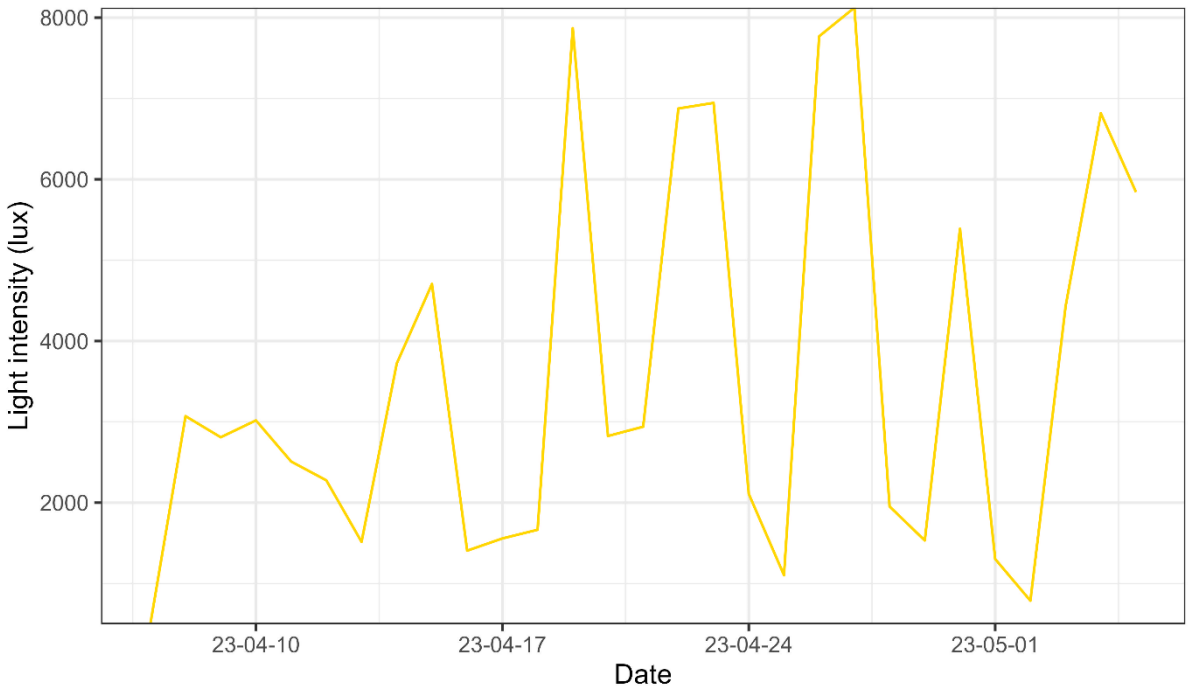
Prilog 5. Prikaz srednje dnevne temperature u bazenu kroz period od 21 dan.



Prilog 6. Prikaz maksimalne dnevne temperature u bazenu kroz period od 21 dan.



Prilog 7. Prikaz srednje dnevne svjetlosti u bazenu kroz period od 21 dan.



Prilog 8. Prikaz maksimalne dnevne svjetlosti u bazenu kroz period od 21 dan.