

Stanje populacija gorgonija reda Malacalcyonacea i Scleralcyonacea (Cnidaria, Octocorallia) u Nacionalnom parku Kornati i Parku prirode Telašćica

Žunić, Dorotea

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:450699>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Dorotea Žunić

**Stanje populacija gorgonija reda
Malacalcyonacea i Scleralcyonacea
(Cnidaria, Octocorallia) u Nacionalnom
parku Kornati i Parku prirode Telašćica**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Dorotea Žunić

**Status of gorgonian populations of the order
Malacalcyonacea and Scleralcyonacea
(Cnidaria, Octocorallia) in Kornati
National Park and Telašćica Nature Park**

Master thesis

Zagreb, 2024.

ZAHVALA

Hvala profesoru Petru Kružiću na razumijevanju, susretljivosti i pomoći oko izrade diplomskog rada.

Hvala mojim roditeljima, mojoj obitelji i prijateljima koji su uvijek bili podrška, vjerovali u mene kada ja nisam te trpili sve moje uspone i padove tokom mog dugog studiranja.

Posebno hvala mojoj baki Đurđi koja je čuvala moju dječicu kako bi ja mogla u miru odraditi obaveze vezane za učenje, polaganje ispita i konačno izrade diplomskog rada.

Ovaj rad je izrađen Laboratoriju za biologiju mora na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Petra Kružića. Istraživanje je provedeno u sklopu projekta Utjecaj klimatskih promjena na bioraznolikost koralja - istraživanje slučaja masovnih ugibanja u Jadranskom moru - ADRICOR. (IP-2019-04-3389) financiranog od Hrvatske Zaklade za Znanost. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre znanosti o okolišu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Stanje populacija gorgonija reda Malacalcyonacea i Scleralcyonacea (Cnidaria, Octocorallia) u Nacionalnom parku Kornati i Parku prirode Telašćica

Dorotea Žunić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Koraligenska zajednica je jedna od najvažnijih biocenoza po bioraznolikosti u Jadranskom moru. Povišenje temperature mora je jedan od glavnih razloga događaja masovnog izumiranja bentoskih organizama zabilježenih u ovom stoljeću. Ovo istraživanje je napravljeno na osam postaja u PP Telašćica i NP Kornati tijekom 2021-2023 godine. Vrijednosti temperature mora na istraživanim postajama na dubinama od 30, 40 i 50 metara pokazuju povišene ljetne temperature mora koje se penju i do 28°C. U periodu istraživanja zabilježene su pojave znatnog povećanja količine nakupina sluzi koje su prekrivale organizme u koraligenskoj biocenozi uključujući gorgonije. Sve vrste gorgonija pokazuju stupnjeve oštećenja većinom vidljivo kao nekroza na vrhovima grana, osobito žuta gorgonija *Eunicela cavolini* i crvena gorgonija *Paramuricea clavata*, dok je kod jedinki crvenog koralja *Corallium rubrum* zabilježen manji postotak oštećenja, jer se populacija nalaze na većim dubinama. Na svim postajama za sve vrste utvrđeno je od 10 do 20 % uginulih kolonija te je za smanjivanje populacija vjerojatno zaslužan utjecaj povišene temperature mora pri većim dubinama. Dobiveni podaci koristit će se kao podloga za daljnja istraživanja i monitoring biocenoza unutar PP Telašćica i NP Kornati. Istraživanje i sustavno praćenje osjetljivih sesilnih vrsta glavni je dobivanja što boljeg uvida u stanje koraligenske biocenoze i promjena koje se zbivaju pod utjecajem globalnih klimatskih promjena.

Ključne riječi: Gorgonije, ugroženost, klimatske promjene, Jadransko more
(69 stranica, 45 slika, 3 tablice, 66 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Mentor: Prof. dr. sc. Petar Kružić

Ocjenitelji: Prof. dr. sc. Petar Kružić
Izv. prof. dr. sc. Sunčica Bosak
Izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj
Doc. dr. sc. Danijel Orešić

Rad prihvaćen: 05.09.2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

Status of gorgonian populations of the order Malacalcyonacea and Scleralcyonacea (Cnidaria, Octocorallia) in Kornati National Park and Telašćica Nature Park

Dorotea Žunić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The coralligenous biocenosis is one of the most important biocenoses in terms of biodiversity in the Adriatic Sea. The increase in sea temperature is one of the main reasons for the mass extinction events of benthic organisms recorded in this century. This research was done at eight stations in PP Telašćica and NP Kornati during 2021-2023. Sea temperature values at the researched stations at depths of 30, 40 and 50 meters show elevated summer sea temperatures for these depths, which go up to 28°C. Significant algal bloom and an increase in the amount of mucous aggregates over gorgonians in the coralligenous biocenosis were found at all stations during the three-year research. All gorgonian species show degrees of damage, but among the most endangered are *Eunicela cavolini* and *Paramuricea clavata* (mostly as necrosis on the tips of branches), while *Corallium rubrum* is less endangered, because the population is found at greater depths. At all stations, a partial reduction of populations (from 10 to 20% of dead colonies) and a negative impact of increased sea temperature were found. The obtained data will be used as a basis for further research and monitoring of biocenoses within PP Telašćica and NP Kornati. Research and systematic monitoring of sensitive sessile species is the main way to get the best possible insight into the state of the coralligenous biocenosis and the changes that are taking place under the influence of global climate change.

Keywords: Gorgonians, endangerment, climatic change, Adriatic Sea
(69 pages, 45 figures, 3 tables, 66 references, original in: Croatian)
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Prof. Petar Kružić, PhD

Reviewers: : Prof., Petar Kružić, PhD
Assoc.Prof., Sunčica Bosak, PhD
Assoc.Prof., Kristina Pikelj, PhD
Asst.Prof. Danijel Orešić

Thesis accepted:05.09.2024.

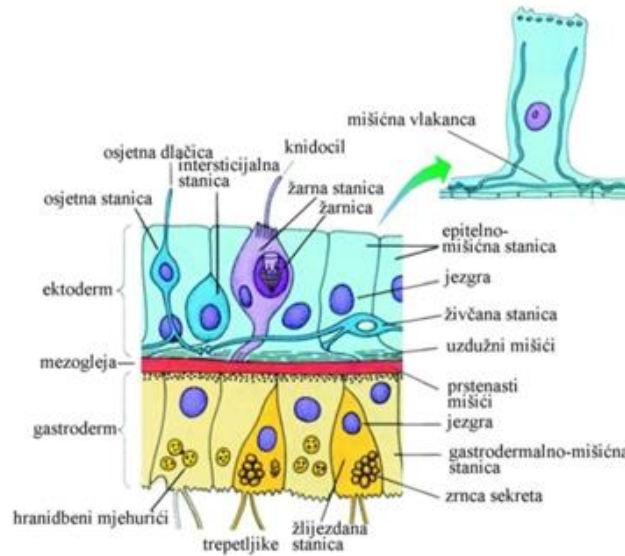
SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Biologija i osnovna obilježja koralja	1
1.2. Redovi Malacalcyonacea i Scleralcyonacea (Cnidaria, Octocorallia).....	4
1.2.1. <i>Paramuricea clavata</i> (Risso, 1827)	5
1.2.2. <i>Eunicella cavolini</i> (Koch, 1887)	6
1.2.3. <i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758).....	7
1.3. Koraligenska biocenoza.....	9
1.3. Opasnosti i prijetnje koraligenskoj zajednici.....	11
2. CILJEVI RADA	15
3. MATERIJALI I METODE	16
3.1. Područje istraživanja: Nacionalni Park Kornati i Park prirode Telašćica te opis istraživanih postaja	16
3.2. Metodologija istraživanja	27
4. REZULTATI.....	31
4.1. Ekološki čimbenici na istraživanim postajama	31
4.1.1. Temperatura mora	31
4.1.2. Salinitet, pH morske vode, koncentracija otopljenog kisika na istraživanim postajama	34
4.2. Stanje populacija gorgonija na istraživanim postajama	36
4.2.1. <i>Eunicella cavolini</i> (Koch, 1887)	36
4.2.2. <i>Paramuricea clavata</i> (Risso, 1826)	42
4.2.3. <i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758).....	49
4.2.4. Odnos temperature mora i smrtnosti istraživanih vrsta	56
5. RASPRAVA.....	57
6. ZAKLJUČCI.....	62
7. LITERATURA.....	63
ŽIVOTOPIS	69

Koralji posjeduju rudimentarni živčani sustav i pokazuju sposobnost rasta, razmnožavanja, formiranja kolonija i izravne konzumacije okolne vodene faune. Osnovu zadruga koralja čini cenenheim koji se sastoji od želatinozne mezogleje u koju su usađeni polipi. Pojedinačni polipi koje zovemo antakodijima povezani su međusobno gastrodermalnim sustavom cijevi, odnosno solenijima (Habdija i sur., 2011). Gastrovaskularna šupljina polipa odgovorna je za cirkulaciju, obradu, pohranu i krajnju probavu hrane te je podijeljena pregradama (septama) u gastralne džepove.

Između usta i gastrovaskularne šupljine nalazi se ždrijelo bogato žljezdanim stanicama. Na ždrijelu se nalaze trepetljikavi žljebovi, sifonoglifi ili sulkusi, kroz koje struji voda i koji olakšavaju hidrodinamički dotok vode u gastrovaskularnu šupljinu. Istovremeno, produženje mezenterijskih filamenata u želudac bitno pridonosi probavnim procesima unutar gastrovaskularne šupljine. Ovdje bičaste stanice olakšavaju transport čestica hrane putem hidrodinamičkih struja, koje potom presreću žljezdane stanice koje izlučuju potrebne probavne enzime (Habdija i sur., 2011).

Stijenka tijela polipa podijeljena je u tri sloja (Slika 2), vanjski jednoslojni epiderm, unutarnji jednoslojni gastroderm i središnji sloj mezogleja (Habdija i sur., 2011). Epiderm i gastroderm primarno se sastoje od epitelno-mišićnih stanica. U epidermi uz njih se nalaze još i specijalizirane mehanoreceptorske i kemoreceptorske žarne stanice (knidocyte), zatim živčane stanice te nediferencirane intersticijske stanice sposobne za staničnu diferencijaciju. Osobito su vrijedni pažnje knidocyte, stanice karakteristične za organizme koji pripadaju koljenu Cnidaria (žarnjaka). Žarne stanice su ključne u obrambenim, predatorskim, lokomotornim i adhezivnim funkcijama. U žarnoj stanici nalazi se žarnica ili knida (knidocista) kapsula ispunjena tekućinom u kojoj je smotana žarna nit. Kada žarna nit primi odgovarajući podražaj, cjevčica se eksplozivno izvrne prema van te može ubosti, toksinima paralizirati svoj plijen ili prilijepiti se za određeni supstrat ili životinju. Postoje tri tipa žarnica, nematociste koje sadrže toksine te ih imaju svi organizmi unutar koljena Cnidaria te spirociste i ptihociste koje su bez otrova te ih isključivo samo imaju pripadnici razreda Anthozoa (koralji) (Habdija i sur., 2011).



Slika 2. Histološka građa koralja (preuzeto iz Habdija i sur., 2011).

Mezogleja, srednji sloj koja čini želatinozni matriks, sadrži zvjezdaste ili ameboidne stanice. Gastroderma oblaže gastrovaskularnu šupljinu, njenu osnovu čine gastrodermalno-mišićne stanice, a uz njih sadrži još žljezdane i živčane stanice. Osjetni centar naziva se ropalij (Habdija i sur., 2011).

Skelet sastavljen od organskih i anorganskih tvari ima potpornu funkciju u koralja. Razlikujemo vanjski skelet koji luči epiderma i unutarnji skelet koji luče skleroblasti koji stvaraju vapnena tjelešca, sklerodermite, koji se nalaze u mezogleji. Za ekskreciju i izmjenu plinova nemaju posebne organe, već se to odvija preko stijenke tijela.

Koralji su većinom karnivori te se hrane zooplanktonskim organizmima poput račića veslonošaca (copepoda), dinoflagelata, cilijata i sl. te također i suspendiranim česticama organskog ugljika. Hvatanje plijena olakšavaju lovke, pojačane trepetljikama. Nakon hvatanja, plijen se usitnjava na čestice i makromolekule te prolazi početnu izvanstaničnu probavu unutar gastrovaskularne šupljine, posredovanu probavnim enzimima koje luče žljezdane stanice. Naknadna unutarstanična probava događa se unutar gastrodermalno-mišićnih stanica i hranidbenih vakuola koje fagocitiraju prethodno usitnjene čestice. Neprobavljeni ostaci se izbacuju kroz usta. Kod zadružnih koralja razmjena hranjivih tvari među članovima kolonije je olakšana putem solenija (Matoničkin i sur., 1998). Osim toga, veliki broj vrsta koralja posjeduju simbiotske fotosintetske alge (zooksantele) koji ih opskrbljuju s hranjivim tvarima (Habdija i sur., 2011).

Razmnožavanje koralja može biti spolno i nespolno, a oplodnja vanjska ili unutarnja. Nespolno razmnožavanje se odvija uzdužnim i poprečnim dijeljenjem, pedalnom laceracijom ili

pupanjem. Kod pupanja, nova se jedinka razvija kao izdanak ili pupoljak iz roditeljskog organizma koji se odvoji i postane zasebna jedinka.

Fragmentacija, s druge strane, uključuje cijepanje ili lomljenje organizma na dva ili više dijela, od kojih se svaki može regenerirati u novu jedinku. To se može dogoditi na različite načine, poput slučajnog cijepanja zbog fizičkog oštećenja ili namjernog cijepanja kao metode razmnožavanja. U oba slučaja, nove jedinke su u biti klonovi roditeljskog organizma, jer su genetski identični. Ovaj način reprodukcije može biti koristan u stabilnim okruženjima gdje su uvjeti povoljni za preživljavanje i gdje je genetski sastav organizma dobro prilagođen okolišu. Međutim, ovakav način reprodukcije može ograničiti genetsku raznolikost, što može biti nedostatak u promjenjivim ili izazovnim okruženjima.

Koralji se spolno razmnožavaju na način da kroz usta zrele gamete dospijevaju u okolnu vodu gdje se odvija vanjska oplodnja. Nakon što se pričvrsti za podlogu, ličinka planula se razvija u pojedinačnog ili združnog koralja. Kod dvospolnih koralja, oplodnja se odvija u gastrovaskularnoj šupljini (Habdija i sur., 2011).

1.2. Redovi Malacalcyonacea i Scleralcyonacea (Cnidaria, Octocorallia)

Unutar razreda Anthozoa (koralji) razlikujemo dva podrazreda: Hexacorallia i Octocorallia. Podrazred Hexacorallia karakterizira šestozrakasta simetrija ili simetrija umnoška broja šest i vrste unutar tog podrazreda mogu poprimiti združni ili solitarni oblik.

Kod podrazreda Octocorallia, vrste uvijek imaju osam lovki, a gastrovaskularna šupljina je podijeljena s osam pregrada. Lovke na sebi imaju peraste nastavke, pinule te su isključivo združni oblici.

Podrazred Octocorallia sadrži dva glavna reda, Malacalcyonacea i Scleralcyonacea. Imena potječu od grčkih riječi *malacos* ("meko") i *scler* ("tvrd"). Među Malacalcyonacea nalazimo većinu mekih koralja i gorgonija te razne rodove Stolonifera. Scleralcyonacea se sastoji od gorgonija Calcaxonia i Scleraxonia, plavih koralja, morskih pera, nekoliko mekih koralja s relativno krutim kolonijama. Oba reda otprilike su jednaki u smislu raznolikosti na razini vrste, ali dok su Malacalcyonacea uključivali mnoge koralje poznate akvaristima, Scleralcyonacea se mnogo rjeđe viđaju. Velika većina koralja reda Scleralcyonacea nalaze su duboko u moru te preferiraju kriptične i ekstremne ekološke niše (Rowlett, 2023; 2023a).

Dvije vrste gorgonija koje su ciljani organizmi ovog diplomskog rada, a pripadaju redu Malacalcyonacea su: *Paramuricea clavata* (Risso, 1827), velika rožnjača/crvena gorgonija i

Eunicella cavolini (Koch, 1887), žuta gorgonija dok *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) crveni koralj pripada redu Scleralcyonacea.

1.2.1. *Paramuricea clavata* (Risso, 1827)

Velika rožnjača ili crvena gorgonija vrsta je kolonijalnog mekog koralja iz porodice Paramuriceidae. Nalazi se u plitkim morima sjeveroistočnog dijela Atlantskog oceana, sjeverozapadnog dijela Sredozemnog mora, kao i Jonskog mora.

Crvena gorgonija ima razgranatu strukturu koja tvori koloniju u obliku lepeze u jednoj ravnini. Rožnati kostur od složenog proteina gorgonina stvara „stabljiku i grane“ crvene gorgonije. Tanak živi sloj stanica (cenenhim), prekriva kostur, a polipi strše iz njega, svaki s osam lovki za hranjenje koja okružuju središnja usta. Polipi su visoki do 10 mm, a cijela kolonija može biti visoka do jednog metra i jedan metar široka. Boja je obično crvena, ali može biti djelomično žuta (Slika 3).

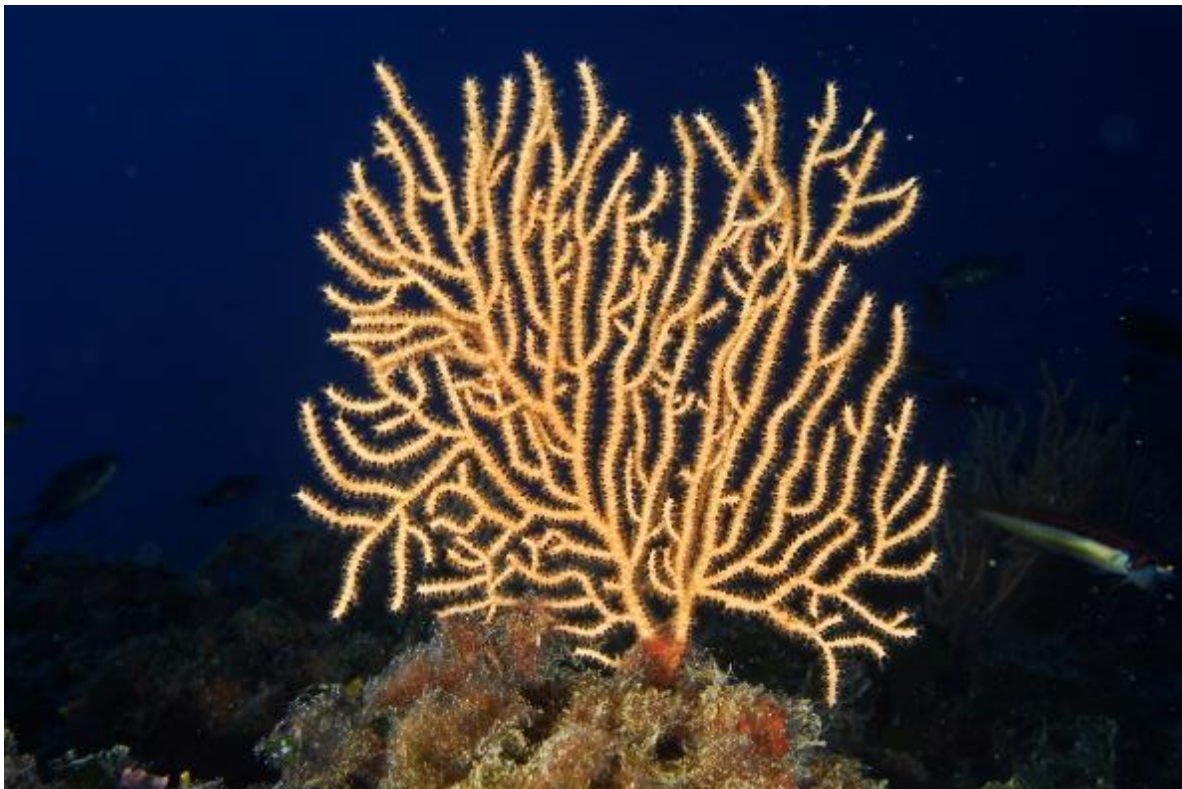


Slika 3. Kolonija vrste *Paramuricea clavata*. (P. Kružić)

Crvena gorgonija raste na čvrstoj podlozi, stijenama između 10 i 100 m dubine, što je zabilježeno u Sredozemnom moru, dok je u Jadranu zabilježena prisutnost između 30 i 80 m dubine. Smatra se inženjerom ekosustava, budući da njena prisutnost mijenja protok vode, mijenja stopu sedimentacije i distribuciju hranjivih tvari, čime utječe na mnoge organizme u svojoj blizini. Spororastuća je vrsta i kolonije vjerojatno žive više od 50 godina (van Ofwegen, 2014).

1.2.2.. *Eunicella cavolini* (Koch, 1887)

Žuta gorgonija, *Eunicella cavolini*, iz porodice Eunicellidae jedna je od najčešćih gorgonija široko rasprostranjena u zajednicama duž Sredozemnog mora (Slika 4). Nije prisutna na svim staništima u usporedivoj brojnosti te je zabilježena od zapadnog Sredozemlja i obala Tunisa do Egejskog mora i Mramornog mora (Sini i sur., 2015).



Slika 4. Kolonija vrste *Eunicella cavolini*. (P. Kružić)

Žuta gorgonija je dobro razgranata gorgonija koja naraste do oko 40 cm u visinu, raste sporo, oko 1 cm godišnje. Lepezaste, nepravilne cilindrične grane rastu u istoj ravnini. Stabljika ima povećanu bazu pričvršćenu za podlogu, a grane su glatke i kratke, debljine oko 3 mm. Cenenhim koji pokriva rožnati skelet je žućkasto-narančaste boje (Slika 4). Polipi su bijeli do žuti, dugi oko 2 mm i raspoređeni u 4 reda (Sini i sur., 2015).

Žuta gorgonija uglavnom raste između 10-50 m dubine, ali se može naći i do dubina od 150 m. Lepeze su obično usmjerene okomito na struju kako bi se maksimalno povećalo hvatanje plijena. Obično se nalazi u plićim zonama od crvene gorgonije. Često ih nalazimo zajedno sa drugim koraljima (Anthozoa), spužvama (Porifera), mnogočetinašima (Polychaeta), mahovnjacima (Bryozoa), vitičarima (Cirripedia) i mekušcima (Mollusca) poput vrste *Pteria hirundo* (Linnaeus, 1758) (Sini i sur. 2015).

Za žutu gorgoniju nedostaju podaci o rasprostranjenosti i ekološkim značajkama u različitim dijelovima Sredozemlja, dok su populacijski trendovi i status očuvanosti uglavnom nepoznati. Novije informacije dolaze prvenstveno iz istraživanja o učincima događaja masovne smrtnosti („*mass mortality events*“ MME) na žute gorgonije (Sini i sur., 2015).

1.2.3. *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758)

Crveni koralj *Corallium rubrum*, crveni koralj, iz porodice Coralliidae, endem je Sredozemnog mora (Slika 5). Glavne morfološke značajke *C. rubrum* prvi je opisao Lacaze-Duthiers (1864) u svojoj temeljnoj monografiji o ovoj vrsti (Giordano i sur., 2023).

Uglavnom je rasprostranjen u zapadnom dijelu Sredozemnog mora od 10 sve do 300 metara dubine. Na plićim lokacijama, kao što su špilje ili potopljena udubljenja pod utjecajem stalnih hladnih morskih struja, karakterizirana smanjenim prodorom svjetlosti, kolonije crvenih koralja obično poprimaju manje dimenzije. Suprotno tome, na većim dubinama, kolonije imaju tendenciju rasta na okomitim stijenama ili na vodoravnom koraligenom platou. Crveni koralj pokazuje izraženu stenotermiju i stenohalinost, što ukazuje na sklonost okolišima u kojima su godišnje fluktuacije temperature i saliniteta minimalne. Zabilježeno je da se stopa rasta crvenog koralja kreće između 0,5 do 2 milimetara godišnje u visinu. Anatomski, crveni koralj ima relativno jednostavnu strukturu, s tkivom (cenenhim) koje obavija središnji osni kostur. Osni skelet crvenog koralja prvenstveno se sastoji od organske tvari, uglavnom sastavljene od bjelančevina, a osim organskih sastojaka uključuje i kalcit. Ova kompozitna priroda skeleta

crvenog koralja daje strukturnu otpornost koju pružaju organski proteini i krutost koju osigurava kalcit (Harmelin, 1984; Garrabou i Harmelin, 2002; Kružić i Teskeredžić, 2002). Suprotno prethodnim vjerovanjima, grimizna nijansa koja je sinonim za koralj, a koja ima značajnu komercijalnu i estetsku vrijednost, ne potječe od sadržaja željeza u kosturu. Nijansa koralja proizlazi iz prisutnosti karotenoidnih pigmenata koji se nalaze u spikulama i osnom skeletu. Ovi pigmenti daju kolonijama crvenih koralja njihovu živopisnu crvenu/ružičastu boju, čime se povećava njihova privlačnost i poželjnost u morskom okruženju (Kružić i Teskeredžić, 2002). Prema preglednom radu Kružić i Teskeredžić, 2002, zbog visoke vrijednosti na tržištu nakita intenzivno se vadi, što je dovelo do prekomjernog iskorištavanja i lokalnog nestanka populacija te je izazvalo zabrinutost znanstvenika i ekologa za njegovo očuvanje.



Slika 5. Kolonija vrste *Corallium rubrum*. (P. Kružić)

1.3. Koralijska biocenoza

Koraljen je endemsko stanište karakteristično za Sredozemno more koje ima golemu ekološku, ekonomsku i estetsku važnost. Osnovicu koraljenkih staništa čine vapnenačke formacije algi te se nadograđuju s dugoživućim, ali spororastućim makrobentoskim organizmima.

Taksonomija organizama unutar zajednice koraljenkih biocenoza organizirana je na temelju njihove ekološke uloge i značaja. Uz alge, faunu koja doprinosi gradnji koraljena možemo podijeliti u četiri kategorije. Prva kategorija uključuje mahovnjake (Bryozoa), mnogočetinaše (Polychaeta), koralje (Anthozoa) i spužve (Porifera), koji zajedno predstavljaju 24% ukupne raznolikosti vrsta. Druga kategorija "kriptofauna" nastanjuje pukotine i špilje unutar koraljena, sastoji se od mekušaca (Mollusca), rakova (Crustacea) i dodatnih mnogočetinaša, što čini 7% sastava vrsta. Treća kategorija su "epifauna" i "endofauna" koje obuhvaćaju većinu vrsta koraljena, što čini 67% ukupnog broja vrsta. Konačno, "erodirajuće vrste" čine manji dio, samo 1% zajednice i koji uništavaju te vapnenačke strukture te ih još dodatno možemo podijeliti na strugače, mikrobušaće i makrobušaće (Hong, 1980).

Prema Hong (1980) koraljenkom zajednicom dominiraju mahovnjaci (Bryozoa), koje čine 62% ukupne brojnosti, a slijede ih mnogočetinaši (Polychaeta) s 23,4%. Žarnjaci (Cnidaria), mekušci (Mollusca) i spužve (Porifera) su manje brojni: svaki predstavlja 4% zajednice, s rakovima (Crustacea) koji čine 1,6%, a krednjaci (Foraminifera) 0,9% (Hong, 1980). Struktura i raznolikost koraljenkih zajednica varira ovisno o lokaciji unutar Sredozemnog mora (Casas-Güell i sur., 2016). Na varijabilnost sastava koraljenke biocenoze utječu čimbenici kao što su nagib stjenovitih podloga i niz ekoloških parametara uključujući morske struje, stope sedimentacije, temperaturne režime i razine saliniteta. Unatoč toj varijabilnosti, koraljen se smatra za drugim po redu najnaseljenijim staništem u Sredozemnom moru, nakon naselja morske cvjetnice posidonije (Boudouresque, 2004). Složena struktura koraljena osigurava raznolikost staništa za razne tipove organizama te se procjenjuje da ga nastanjuje oko 1600 različitih vrsta (Ballesteros, 2006). Značajno je da su u jadranskoj regiji koralji, spužve i mahovnjaci prevladavajući sastavni dijelovi zajednice koraljena, dok primjerice u Španjolskoj i Francuskoj dominiraju gorgonije, a u Grčkoj crvene alge (Kružić, 2007; Ačkar, 2020; Jelić, 2022). Iz navedenog su stoga vidljive razlike u koraljenu kojeg nalazimo u različitim regijama Sredozemnog mora.

Dostupnost svjetla je kritična odrednica u formiranju koraljena, s rezidentnim vrstama koje su prilagođene na uvjete slabog osvjetljenja. Potrebna dubina za razvoj koraljena ovisi o opsegu

prodora svjetlosti, obično u rasponu od 0,05% do 3% površinskog svjetlosnog zračenja (Ballesteros, 1992). Ekosustavi koraligena obično se manifestiraju unutar raspona dubina od 12 do 120 metara, moduliranih dinamikom prozirnosti vode. U slučajevima smanjenog prodora svjetlosti zbog замуćenja vode, koraligenske zajednice mogu se pojaviti na manjim dubinama (Ballesteros, 2006).

Koraligenski organizmi su sesilni (sjedilački) organizmi koji su pričvršćeni za podlogu te su zbog svoje slabe ili nikakve mogućnosti kretanja vrlo osjetljivi na poremećaje okoliša. Žive u određenim temperaturnim rasponima, obično između 10 i 23°C i netolerantni su na visoke stope sedimentacije (Ballesteros, 2006). Proces litifikacije, u kojem se čestice sedimenta ugrađuju u koraligenske formacije, može dovesti do gušenja talusa algi zbog brzih stopa taloženja. To onemogućuje ključni prodor svjetlosti nužne za rast i reproduktivne procese algi (Marshall, 1983; Laborel, 1961; Sartoretto, 1996). Štoviše, koraligenski organizmi prilagođeni su niskim koncentracijama hranjivih tvari u morskoj vodi, budući da višak hranjivih tvari može znatno promijeniti sastav zajednice, potisnuti rast i pogoršati stope degradacije staništa (Hong, 1980). Morfološka struktura koraligena ovisi o čimbenicima kao što su dubina, topografija i dominantna vrsta konstruktivnih algi, ocrtavajući dva glavna morfološka oblika: plato i liticu (Laborel, 1961). Plato se obično razvija na horizontalnim podlogama, debljine od 0,5 do 4 metra, dok se litice uočavaju na vertikalnim zidovima i vanjskim dijelovima morskih špilja, čija se debljina kreće od 20 centimetara do 2 metra (Laborel, 1987).

Koralji unutar koraligenske zajednice imaju temeljne ekološke uloge, uključujući fiksaciju hranjivih tvari, prosijavanje sedimenta što dovodi do taloženja kalcijevog karbonata i znatnu akumulaciju biomase. Osim toga, koralji služe kao supstrat za epibiontsku kolonizaciju. Naime, gorgonije su često kolonizirane raznim organizmima kao što su mahovnjaci (npr. *Pentapora fascialis*, *Turbicellepora avicularis*), obrubnjaci (npr. *Eundendrinum* sp. ili *Sertularella* sp.) ili spužve (npr. *Dysidea* sp., *Hemimycale columella*). Nadalje, mogu poslužiti kao mrijestilište za određene vrste riba, kao što je blijedi som *Scyliorhinus canicula* (Aguilar, 2004).

Koraligenski ekosustav može se pohvaliti raznolikim nizom vrsta koralja, koji obuhvaća više od 40 poznatih predstavnika. Istaknuti taksone uključuju *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolini*, *E. singularis*, *E. verrucosa*, *Corallium rubrum* i *Alcyonium palmatum* (Aguilar, 2004; Matas, 2010; Mučić, 2016).

Zabrinjavajuća je sve manja brojnost crvenog koralja, *C. rubrum*, u mediteranskim regijama zbog pojačanog komercijalnog iskorištavanja (Weinberg, 1991). Populacije gorgonija kao što su *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolini* i *E. singularis*, uz žutu gerardiju *Gerardia savaglia*,

ugrožene su oštećenjem i uklanjanjem koje proizlazi iz ljudskih aktivnosti kao što je ronjenje, što pogoršava njihovu ranjivost (Coma i sur., 2004; Boudouresque, 2004).

Prepoznajući njegovu iznimnu vrijednost i status ugroženosti, koraligen je proglašen staništem pod strogom zaštitom prema Protokolu za posebno zaštićena područja (SPA/BIO) Barcelonske konvencije za očuvanje biološke raznolikosti u Sredozemnom moru te je formuliran akcijski plan kako bi se osiguralo očuvanje ovog krhkog i jedinstvenog staništa (Aguilar, 2004).

1.3. Opasnosti i prijetnje koraligenskoj zajednici

Sredozemno more smatra se jednim od glavnih vrućih točaka biološke raznolikosti (Bianchi i Morri, 2000; Coll i sur.2010). Negativan utjecaj klimatskih promjena zajedno s antropogenim djelovanjem (onečišćenje mora, pretjerani izlov morskih vrsta, nasipavanje obale), ostavlja posljedice na sesilne bentoske organizme, koji takav utjecaj ne mogu izbjeći (Cerrano i Bevestrello, 2009; Kovačev, 2014; Jelić, 2022).

Nagle promjene ekoloških čimbenika, prvenstveno povišene vrijednosti temperature mora, glavni su razlog masovne smrtnosti bentoskih organizama koja su zabilježena u posljednjih dvadesetak godina (Cerrano i sur. 2000; Coma i sur., 2000; Linares i sur. 2005, Garrabou i sur. 2009; Rodić, 2015; Kružić i sur., 2016; Kovačev, 2014; Jelić, 2022). Prisutni su i antropogeni utjecaji poput nepropisnog sidrenja i destruktivnog ribolova (Bavestrello i sur. 1997), rekreativnog ronjenja (Coma i sur., 2004), razvoj sluzavih nakupina alga (Linares i sur. 2005), invazivne vrste (Cebrian i sur., 2012) te nekontrolirano vađenje i skupljanje morskih organizama unutar koraligenske biocenoze (Kružić, 2009; Ačkar, 2020).

Poluzatvorena mora, poput Sredozemnog mora (ujedno i Jadranskog mora) su iznimno osjetljiva na recentne klimatske promjene, te se svrstava među područja na svijetu za koje se predviđaju najveće stope zagrijavanja. Uz izravne ljudske utjecaje, klimatske promjene tjeraju osjetljive ekosustave Sredozemnog mora prema nepredvidivoj budućnosti (Bianchi, 1997).

Klimatske promjene sve se više očituju kao neosporna stvarnost, koja ima te su posljedice značajne upravo u području Sredozemnog mora. Projekcije predviđaju povećane stope isparavanja uz smanjenu količinu oborina i riječni protok, što dovodi do povišenih razina saliniteta. Istodobno, očekuje se da će povišene temperature i saliniteti smanjiti topljivost kisika i ubrzati razgradnju organske tvari, čime se pojačava gubitak kisika, te povećava mogućnost za epizode hipoksije i anoksije. Takve promjene imaju jak utjecaj na sastav bentoskih zajednice (Prvan i sur., 2016).

Osim promjena u salinitetu, dolazi do promjena u količini hranjivih tvari, sastavu fitoplanktona, trofičkog stupnja i cirkulacije u sjeveroistočnom dijelu Jadrana tijekom posljednje četiri desetljeća (Viličić, 2014). Sesilne vrste koje žive na dubinama do 50 metara posebno su osjetljive na temperaturne fluktuacije, stvarajući ozbiljne prijetnje populacijama spužvi, koralja, mahovnjaka, plaštenjaka i ostalih.

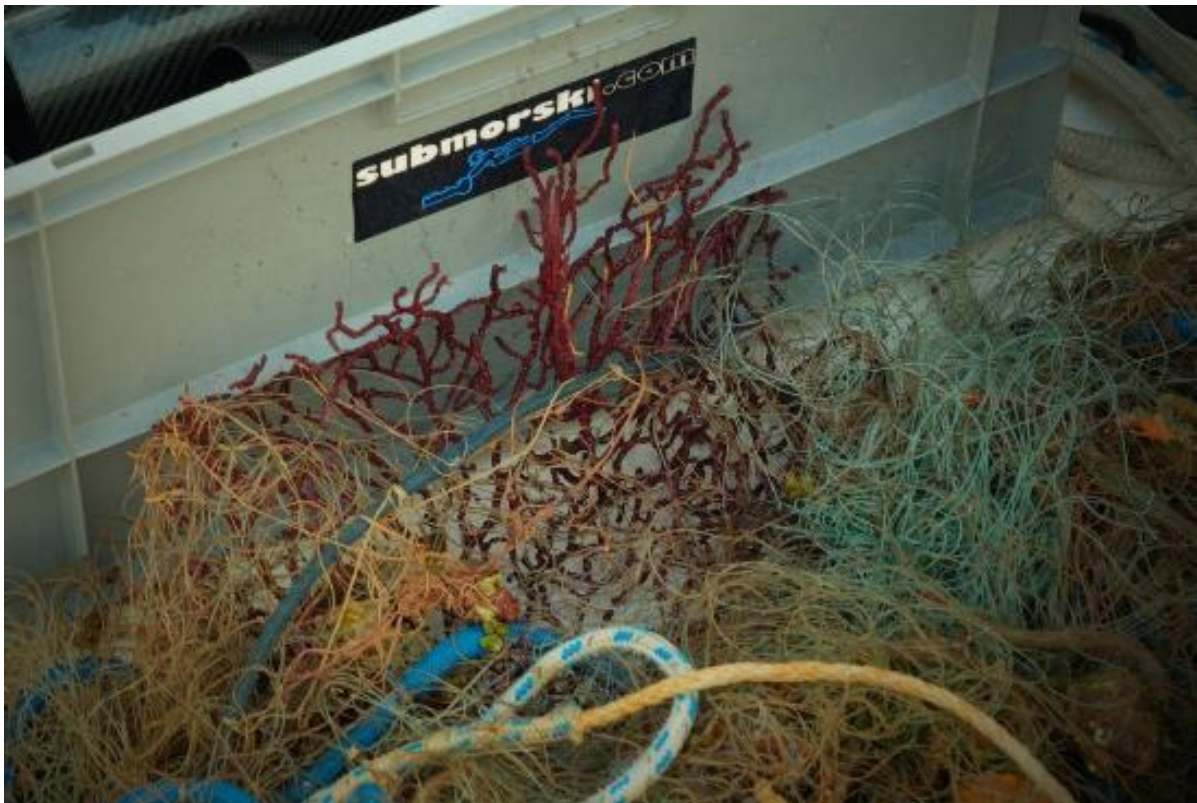
Temperatura mora u koraligenskoj biocenozi na 40 metara dubine do kraja 1990-tih godina uglavnom nije prelazila 14°C tijekom ljeta, a novija istraživanja pokazuju temperaturne anomalije od gotovo 10°C, pa temperature mora na 50 metara dubine znaju rasti i do 25°C (Bianchi, 1997; Cerrano i sur., 2000; Garrabou i sur., 2009; Kovačev, 2014). Ovakve temperaturne anomalije u vodenom stupcu koji okružuje koraligensku biocenozu zabilježene su i na području Jadranskog mora (Kružić i sur., 2016).

S obzirom na ranjivost cjelokupne hrvatske obale (prvenstveno sastavljene od karbonatnih stijena i krških staništa) na fizičke poremećaje, ta su područja posebno osjetljiva na klimatske promjene. Očekuje se da će klimatske promjene pogoršati prevladavajuće prijetnje kao što su prekomjerni ribolov, onečišćenje i promjene obalnih staništa, potencijalno katalizirajući masovna izumiranja (Prvan i sur., 2016).

Fenomen poznat kao cvjetanje mora je prirodna pojava koja se pojavljuje pri specifičnim ekološkim uvjetima, kao što je povećana količina oborina u kratkom vremenskom periodu što uzrokuje povećani dotok rijeka te dovodi do povećanog unosa hranjivih soli poput dušika i fosfora, što u kombinaciji s povišenim temperaturama mora može uzrokovati nagli i znatni rast populacija fitoplanktonskih vrsta koji proizvode prvenstveno kompleksne ugljikohidrate. (Degobbis i sur., 1999).

Kod oslabljene cirkulacije u nekim područjima mora, ove nakupine organskih tvari pojavljuju se uglavnom na površini ali fenomen se odvija u cijelom vodenom stupcu, od površine do morskog dn. Iako je cvjetanje mora prirodna pojava koja se sporadično opaža u priobalnim i priobalnim vodama, postoji sve veća zabrinutost u vezi s eskalacijom učestalosti, intenziteta i trajanja tih događaja. Taj se trend uvelike može pripisati nepovoljnom utjecaju antropogenih aktivnosti na okoliš, posebice klimatskim promjenama. Uz to, ljudske intervencije poput ispuštanja otpadnih voda i drugih antropogenih aktivnosti mogu značajno utjecati na intenzitet i trajanje ovih neugodnih prirodnih pojava (Degobbis i sur., 1999). Zabilježena su i cvjetanja bentičkih makroalgi odnosno sluz koja potiče od njih. Gorgonije su vrlo osjetljive na rast sluzi zbog svojih dugih, razgranatih struktura, koje su usmjerene okomito na struju kako bi uhvatile plankton, ali također lako hvataju nitastu sluz koja pluta u vodi (Giuliani i sur., 2005).

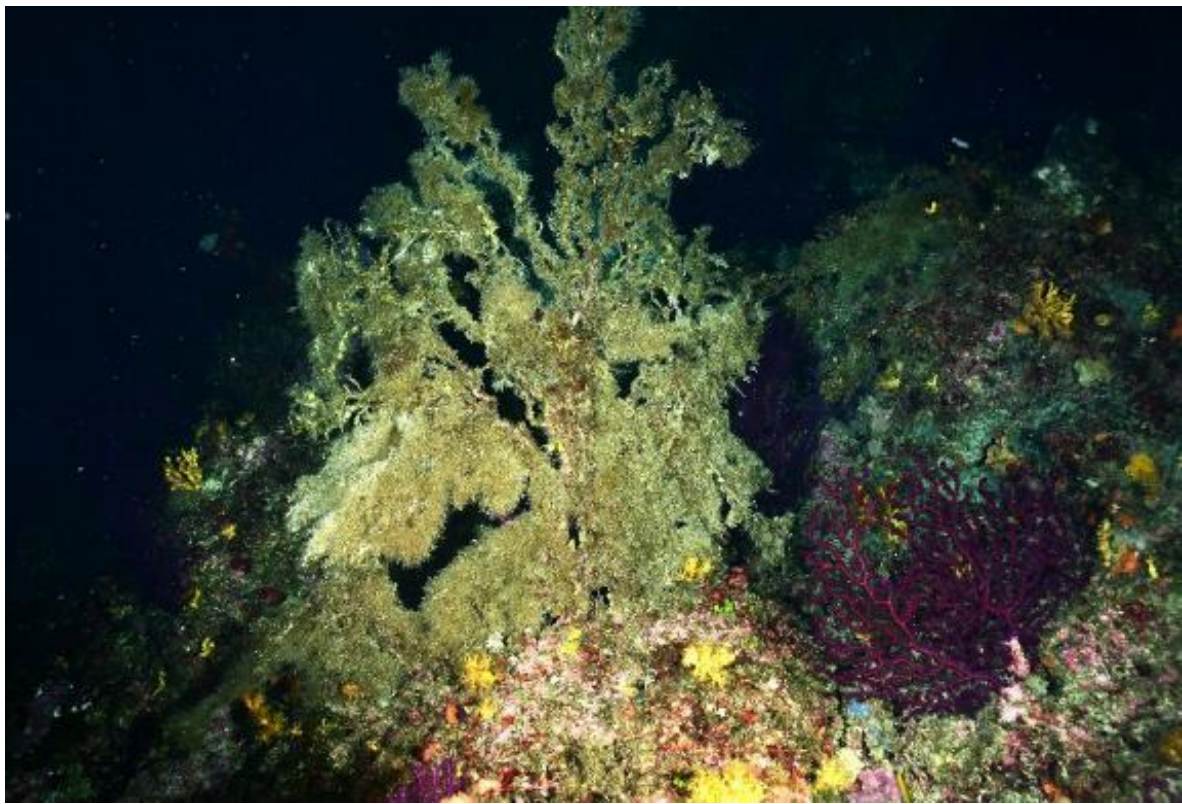
Također, ribolovni alat koji se obično koristi u obalnom ribolovu unutar infralitoralne zone (livade morskih cvjetnica, zajednice fotofilnih algi) značajno fizički šteti morskim ekosustavima (Slika 6). Sidrenje, koje je osobito rašireno u nautičkom turizmu, ima izražen štetan učinak na vitalna obalna staništa poput morskih cvjetnica i koraljnih zajednica. Aktivnosti sidrenja, zajedno s povlačenjem lanaca preko osjetljivih staništa, rezultiraju njihovom fizičkom degradacijom, smanjenjem površine i u teškim slučajevima, njihovim potpunim nestankom (Prvan i sur., 2016).



Slika 6. Kolonija crvene gorgonije *Paramuricea clavata* u ilegalnoj ribarskoj mreži izvađenoj na postaji Balun, NP Kornati. (P. Kružić)

Negativan utjecaj na morski ekosustav tijekom posljednja dva desetljeća zabilježen je kroz porast broja termofilnih vrsta algi (prvenstveno crvena alga *Womersleyella setacea*), beskralješnjaka i riba alohtonog podrijetla u Jadranskom moru, od kojih mnoge pokazuju invazivna svojstva (Slika 7). Ove vrste uključuju i južnosredozemne svojte koje šire svoj areal u Jadran te one iz Crvenog mora unesene kroz Sueski kanal, a potencijalno putem balastnih voda. Među 100 vrsta koje su identificirane kao najinvazivnije u Sredozemlju najmanje ih je 30 zabilježeno u Jadranu od 2006. Također, od 19 invazivnih vrsta algi, najmanje 11 je identificirano u Jadranu (Prvan i sur., 2016).

Uz spomenutu tropsku invazivnu crvenu algu *Womersleyella setacea*, nalazimo još i smeđu algu *Acinetospora crinita*. te zelene invanzivne alge *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa cylindracea*. Invazivne vrste predstavljaju veliku prijetnju bioraznolikosti Jadranskog mora zbog toga što agresivno koloniziraju obalna staništa, tvoreći guste prostirke koje guše domaće vrste poput spužvi i koralja, što dovodi do značajnog ekološkog poremećaja. Njihov pretjerani rast autohtonim vrstama onemogućuje potrebne svjetlosne uvjete i prostor za rast dok detritus zarobljen ispod njihovog gustog talusa stvara anoksične uvjete i oslobađa sumporovodik te dodatno štetno djeluje na morske organizme (Prvan i sur., 2016).



Slika 7. Uginula kolonija crvene gorgonije *Paramuricea clavata* sa obraštajem crvene alge *Womersleyella setacea* na postaji Mali Obručan, NP Kornati. (Autor slike Petar Kružić)

2. CILJEVI RADA

Primarni cilj ovog istraživanja je utvrditi stanje populacija tri vrste gorgonija (*Paramuricea clavata* (Risso, 1827), *Eunicella cavolini* (Koch, 1887) i *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) na istraživanim postajama u NP Kornati i PP Telašćica. Cilj je istražiti brojnost kolonija, morfološke karakteristike, stupanj njihove oštećenosti (postotak nekroze tkiva na kolonijama), dubinsku rasprostranjenost, te negativne utjecaje poremećaja povezanih sa globalnim promjenama (povišena temperatura, negativan utjecaj ribarstva, pojava invazivnih vrsta) na istraživane vrste unutar koraligenske biocenoze.

Cilj je također napraviti bazu podataka utjecaja na ove osjetljive vrste koralja kako bi se dugoročno omogućilo praćenje utjecaja temperaturnih promjena na ove ugrožene organizme u prirodnim staništima.

Istraživanja su rađena u sklopu projekta Utjecaj klimatskih promjena na bioraznolikost koralja - istraživanje slučaja masovnih ugibanja u Jadranskom moru - ADRICOR (IP-2019-04-3389) financiranog od Hrvatske Zaklade za Znanost.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja: Nacionalni Park Kornati i Park prirode Telašćica te opis istraživanih postaja

Opis i nacrtani profili istraživanih postaja napravljeni su za potrebe HRZZ projekta Adricor i monitoring programa u PP Telašćica i NP Kornati te su korišteni podaci sakupljeni od 2021. do 2023. godine (Kružić, 2021a; 2021b).

Kornatski arhipelag, kao zasebna i posebna otočna skupina smještena između šibenskih i zadarskih otoka predstavlja jedan od najsloženijih razvedenih otočnih sustava u regiji, koji obuhvaća približno 12% svih hrvatskih jadranskih otoka (Slika 8). Sastavljen od oko 150 otoka, otočića i hridi, arhipelag pokriva ukupnu površinu od 69 km² te svojom ljepotom i posebnošću privlači pozornost nautičara, ronilaca, planinara i ostalih ljubitelja prirode (Nacionalni park Kornati, 2023). S relativno malom površinom i malom nadmorskom visinom, otoci doživljavaju ujednačenu mediteransku klimu koju karakteriziraju blage, kišne zime i topla, suha ljeta. Srednja godišnja temperatura iznosi 15,6°C, s prosječnom količinom oborine koja doseže 800 mm, uglavnom u obliku kiše, a vrhunac je u listopadu (Birin i Draganović, 1994). Dominantni vjetrovi su sjeveroistočna bura (19,4%) i jugozapadni jugo (Nacionalni park Kornati, 2023). Otoci pripadaju zoni vazdazelene vegetacije, a trenutno kameniti pašnjaci pokrivaju oko 80% površine. Šume hrasta crnike i stadiji njihove degradacije rijetki su zbog ljudskih aktivnosti kao što su spaljivanje i sječa za stvaranje pašnjaka. Krčenje šuma dovelo je do erozije tla, što je rezultiralo travnjacima na tankom tlu (Birin i Draganović, 1994). Na otocima su karakteristični suhozidi koji dijele područja na kojima prevladava otporna vegetacija u obliku pašnjačkih zajednica. Radi osebujne geomorfologije arhipelag Kornata obuhvaća i više od tri četvrtine površine parka uronjenog ispod mora, s iznimnom raznolikosti morskih ekosustava. Od živopisnih koraljnih grebena do livada morskih cvjetnica, od jata šarenih riba do nedostižnih morskih stvorenja, podmorje Kornata je utočište biološke raznolikosti (Matas, 2010; Kovačev, 2014; Kučinar, 2016; Mučić, 2016; Ačkar, 2020; Jelić, 2022; Nacionalni parkovi, 2024).



Slika 8. Nacionalni park Kornati (izvor: www.kornati.hr)

Područje današnjeg NP Kornati prvi put je zaštićeno 1967. godine kada je Izvršno vijeće Sabora Hrvatske donijelo odluku o proglašenju cijelog Kornatskog arhipelaga i jugoistočnog dijela Dugog Otoka sa zaljevom Telašćica rezervatom prirodnih predjela (NN 31/67) (Plan upravljanja Nacionalnim parkom Kornati, 2024).

Nacionalni park Kornati pokriva veći dio Kornatskog akvatorija. Zbog iznimne pejzažne ljepote, zanimljive geomorfologije, izrazito razvedene obale, kao i zbog bogatih zajednica podmorskog ekosustava, otoci su 1980. godine proglašeni nacionalnim parkom (Nacionalni park Kornati, 2023). Prvim izmjenama Zakona o Nacionalnom parku Kornati iz 1988. godine (NN 14/88), iz područja NP Kornata je isključeno područje današnjeg Parka prirode Telašćica. Današnje granice Parka utvrđene su drugim izmjenama zakona 1997. godine (NN 13/97) (Plan upravljanja Nacionalnim parkom Kornati, 2024).

Zaštićeno područje NP Kornati se u dva smjera nastavlja na druga dva zaštićena područja: zaštićeno područje Parka prirode Telašćica na SZ i zaštićeno područje Značajnog krajobraza Sitsko-žutska otočna skupina na SI (Plan upravljanja Nacionalnim parkom Kornati, 2024).

Uvala Telašćica je u 1980. osnovana kao zaštićeno područje, a kasnije 1988. godine je proglašena Parkom prirode Telašćica (Prvan i sur., 2016). Park prirode nalazi se u središnjem dijelu istočnog Jadranskog mora, na jugoistočnom rubu Dugog otoka i prostire se na oko 70 km² (Slika 9). U parku možemo naći tri glavna jedinstvena područja: prostrani zaljev Telašćica, poznat kao jedno od najvećih i najsigurnijih utočišta na Jadranu; litice Stene na Dugom Otoku, koje se uzdižu 200 metara iznad razine mora i strmoglavo poniru ispod razine mora na dubinu od 90 metara; i slano jezero Mir, smješteno u krškoj depresiji, poznato po svojim poznatim ljekovitim svojstvima. Geološku podlogu Parka prirode Telašćica prvenstveno čine dolomiti i karbonatne vapnenačke formacije, karakteristične za razdoblje donje i gornje krede (Kružić, 2007).



Slika 9. Litice “Stene” na Dugom otoku i slano jezero Mir (izvor: Ivo Finka, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons)

Park prirode Telašćica predstavlja stanište za brojne životinjske i biljne vrste. Na kopnu je do sada zabilježeno 486 životinjskih vrsta i 339 biljnih vrsta, a u podmorju 469 životinjskih vrsta, 70 vrsta algi i dvije morske cvjetnice (Prvan i sur. 2016).

Zbog svoje bogate bioraznolikosti i ekološkog značaja, park je zanimljiva ronilačka lokacija, a strateški položaj uvale Mir učinio ga je omiljenim sidrištem za nautičare koji plove srednjodalmatinskim vodama.

Terenska istraživanja čiji su podaci korišteni u ovom diplomskom radu obavljena su uz strnce na postajama uz otoke Veli Garmenjak, Vela Sestrica, Mali Obručan, Levrnaka, Balun, Mana, Kamičići i Veli Rašip (Slika 10).

Otočić Mali Obručan je uključen u zonu stroge zaštite unutar Nacionalnog parka Kornati. Na svim istraživanim postajama utvrđen je raspored životnih zajednica, napravljena inventarizacija pripadajuće faune gorgonija, te je određen stupanj njihove oštećenosti.

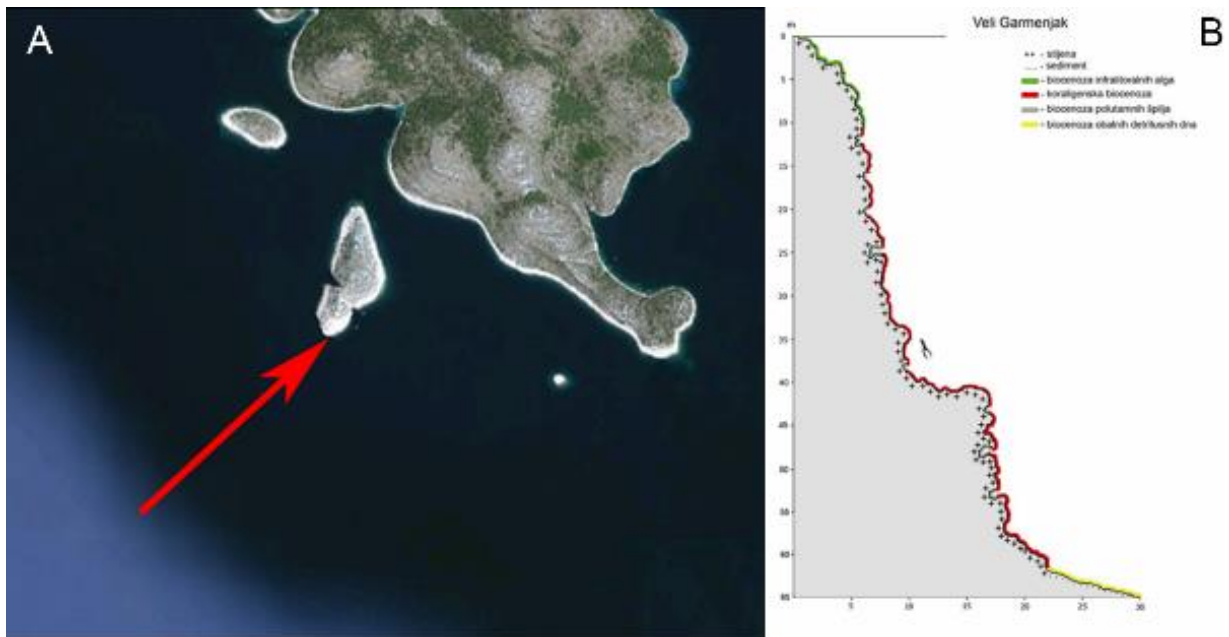


Slika 10. Istraživane postaje u Parku prirode Telašćica i Nacionalnom parku Kornati.

Postaja Veli Garmenjak (N 43° 51' 55, E 15° 10' 52)

Istraživanje se provodilo na južnoj strani otočića Veli Garmenjak (Slika 11A). Najveća dubina istraživanja bila je 60 metara (Slika 11B). Litica obiluje rupama, prevjesima i manjim špiljama te je na području razvijena koraligenska biocenoza i biocenoza polutamnih špilja. Na 25 metara dubine nalazi se polušpilja u koju su utvrđene kolonije kamenog koralja *Madracis pharensis*, te ribe *Anthias anthias* i *Phycis phycis*. Populacija žute gorgonije *Eunicella cavolini* zabilježena je od 14 do 38 metara dubine. Na 40 metara dubine nalazi se stepenica širine 8 metara s većim jedinkama spužvi roda *Axinella*, te populacijama žute moruzgve *Parazoanthus axinellae*. Na dubinama od 55 do 57 metara utvrđena je degradirana populacija crvenog koralja *Corallium*

rubrum. Od 62 metra dubine započinje pjeskovito ljuštuno (detritusno) dno na kojem je razvijena tipična biocenoza obalnih detritusnih dna.

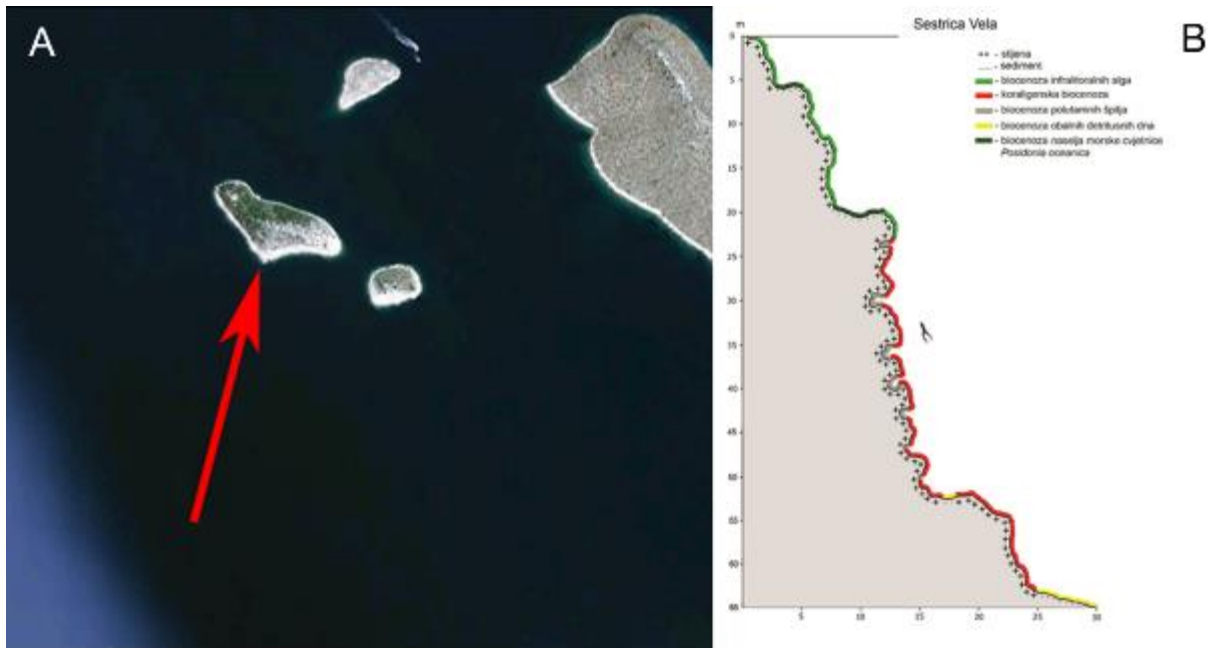


Slika 11. A) Položaj istraživane postaje Veli Garmenjak u PP Telašćica. B) Profil Veli Garmenjak s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Sestrica Vela (N 43° 51' 01, E 15° 12' 23)

Lokacija korištena u ovom istraživanju nalazi se na jugo-zapadnoj, vanjskoj strani otočića Sestrica Vela (Slika 12A). Više-manje okomiti hridinasti strmac s nekoliko manjih polušpilja spušta se do dubine od 63 metra pod kutom od oko 80° (Slika 12B). Na dubini od 24 metara utvrđena je veća populacija žute gorgonije *Eunicella cavolini*, koje se dalje sporadično prisutna sve do 53 metra dubine. Od 23 metra dubine počinje lijepo razvijena koraligenska biocenoza koja se spušta do 63 metra dubine. Dominiraju crvene alge *Wrangelia penicillata* i *Peyssonnelia squamaria*.

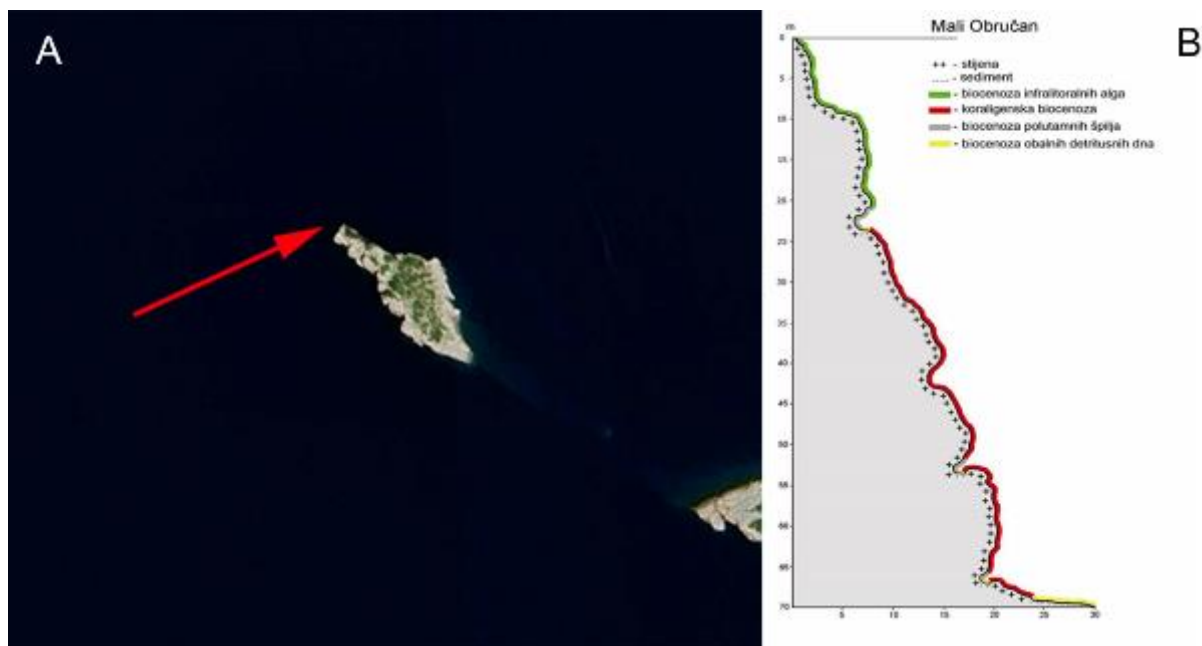
Dobro razvijenu populaciju crvene gorgonije *Paramuricea clavata* nalazimo od 38 do 58 metra dubine. U čestim polušpiljama razvijena je biocenoza polutamnih špilja s dominirajućim kamenim koraljima *Hoplangia durothrix*, *Leptopsammia pruvoti* i *Madracis pharensis*. Na dubini od 52 metra utvrđeno je nekoliko većih kolonija žute gerardije *Gerardia savaglia*. Od 63 metra dubine započinje biocenoza obalnih detritusnih dna.



Slika 12. A) Položaj istraživanih postaja Sestrica Vela u PP Telašćica. B) Profil Sestrica Vela s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Mali Obručan (N 43° 50' 11, E 15° 13' 11)

Istraživana postaja nalazi se na zapadnoj, vanjskoj strani otoka Mali Obručan (Slika 13A). Okomita hridinasta litica s par većih polušpilja spušta se do dubine od 68 metra pod kutom od 80 do 90° (Slika 13B). Duž okomitog strmca na dubini od 24 do 68 metra nalazimo dobro razvijenu koraligensku biocenozu. Na stijenama od 22 metara dubine prevladava žuta rožnjača *Eunicella cavolini*, a od 34 metara dubine i crvena gorgonija *Paramuricea clavata*. Od 22 do 53 metara dubine litica obiluje rupama, prevjesima, prolazima (uglavnom od većih stijena odlomljenih s obale) i manjim polušpiljama sa razvijenom biocenzom polutamnih špilja. Na prevjesima dominiraju kameni koralji *Leptopsammia pruvoti*, *Caryophyllia inornata* i *Madracis pharensis*. Manje populacije crvenog koralja *Corallium rubrum* utvrđene su na dubinama od 52 do 57 metara. Od 68 metara dubine započinje biocenoza obalnih detritusnih dna.

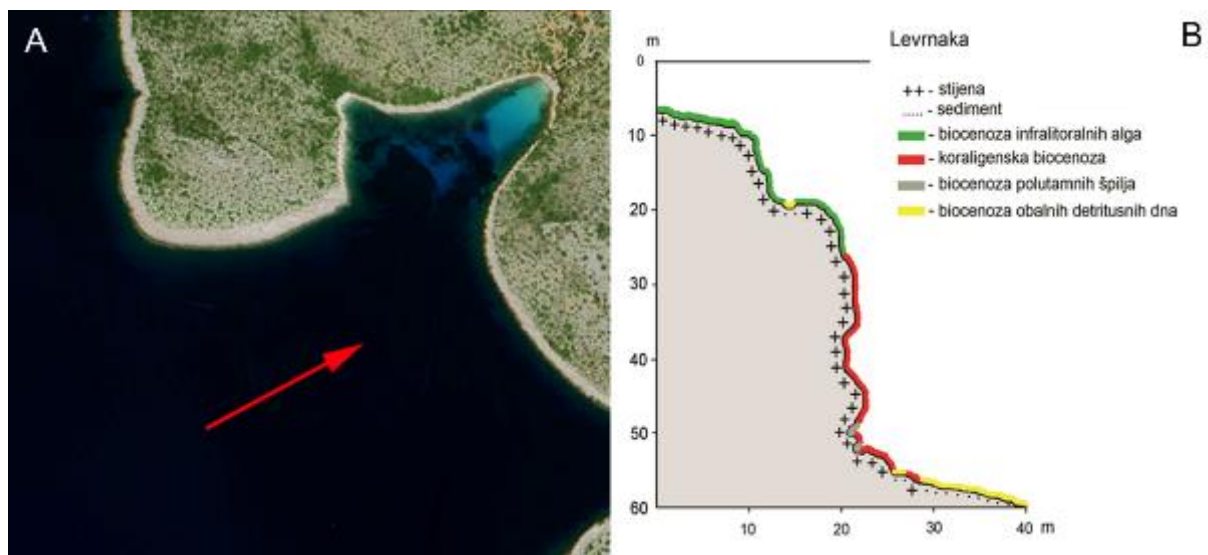


Slika 13. A) Položaj istraživane postaje Mali Obručan u NP Kornati. B) Profil Mali Obručan s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Levrnaka (N 43° 49' 01, E 15° 14' 48)

Istraživana postaja nalazi se na vanjskoj strani otočića Levrnaka, ispred uvale Lojena kao podmorska hrid sa vrhom na 8 metara dubine (Slika 14A). Hridinasta litica spušta se do dubine od 20 metara pod kutom od 45°, a dalje pod kutom od 90° do dubine od 57 metra, gdje prestaje koraligenska biocenoza i nastavlja se pod laganim padom biocenoza obalnih detritusnih dna (Slika 14B).

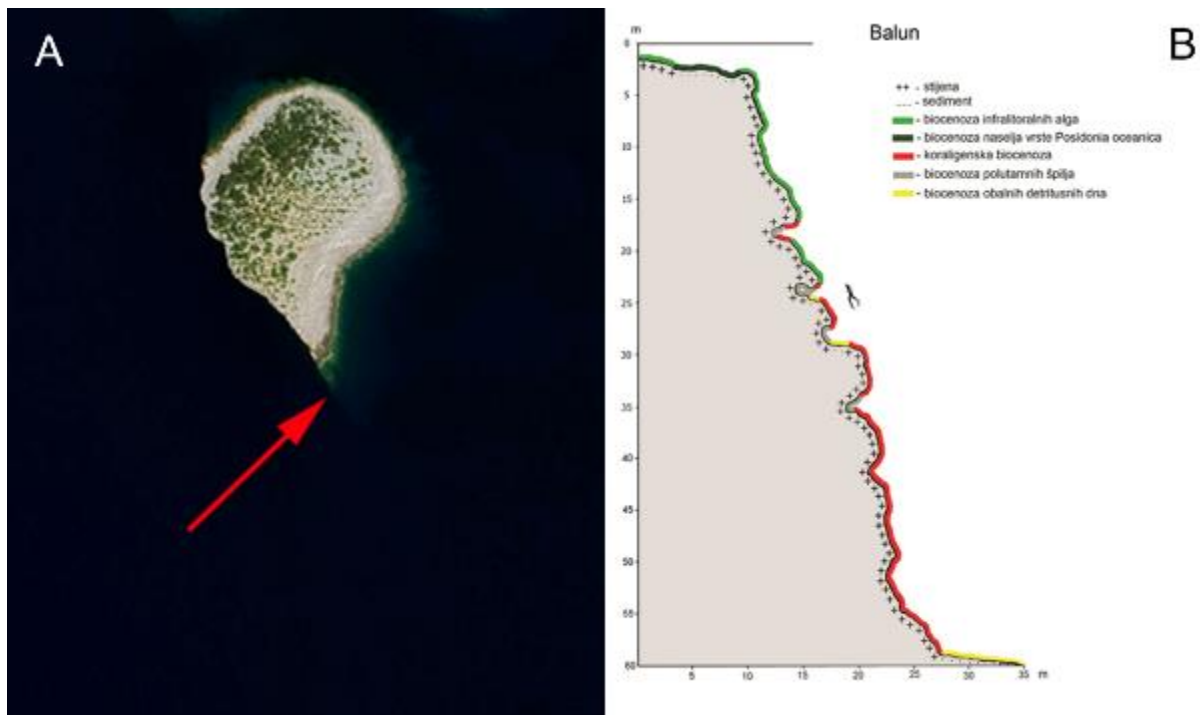
U razvijenoj koraligenskoj biocenozi između 26 i 57 metara dubine dominiraju crvene alge *Peyssonnelia squamaria* i *Lithophyllum stictiforme*, spužve *Aplysina cavernicola* i *Haliclona mediterranea*, te gorgonije *Eunicella cavolini* i *Paramuricea clavata*. Na dubini između 42 i 44 metra, u rupama, nalazi se očuvana manja populacija crvenog koralja *Corallium rubrum*. Nakon 57 metara dubine nastavlja se biocenoza obalnih detritusnih dna.



Slika 14. A) Položaj istraživane postaje Levrnaka u NP Kornati. B) Profil Levrnaka s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Balun (N 43° 48' 14, E 15° 15' 16)

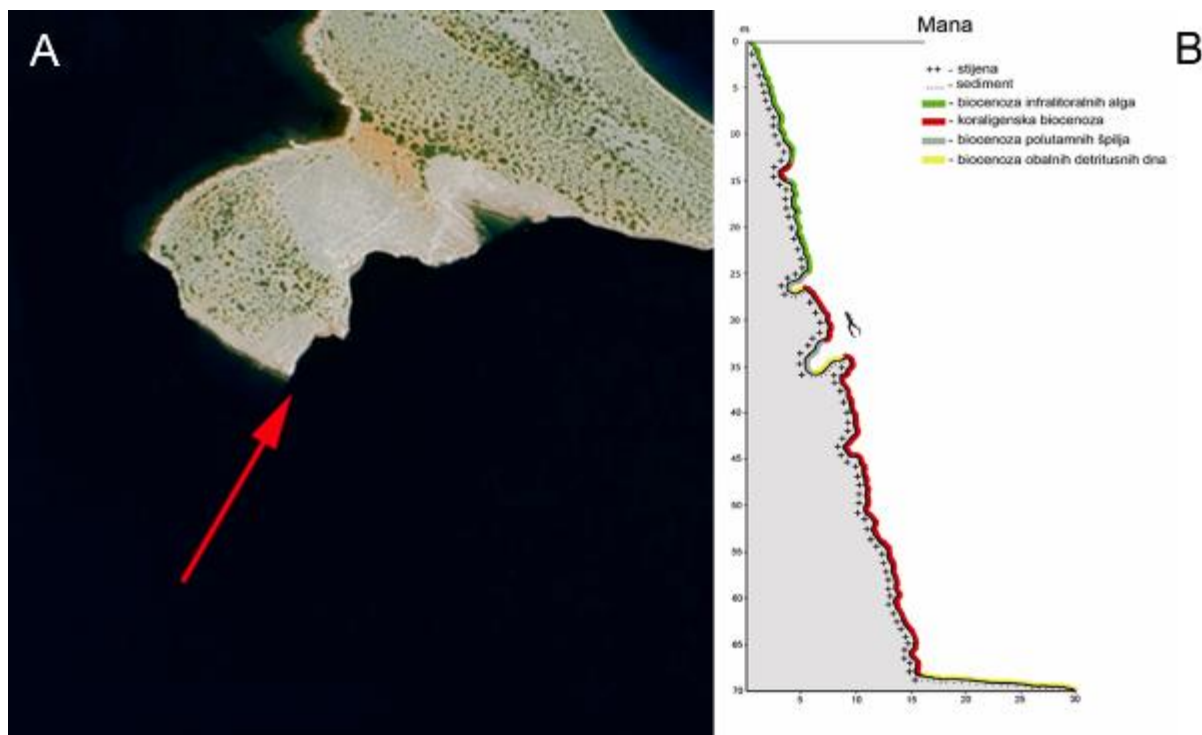
Postaja se nalazi na jugozapadnom dijelu otočića Balun (Slika 15A). Istraživano dno je blagog nagiba do 3 metra dubine, a nakon toga počinje strmac do dubine od 48 metara pod kutom od 75° (Slika 15B). Na dubini od 25 do 58 metara na stjenovitoj podlozi utvrđena je koraligenska biocenoza u kojoj prevladavaju crvene alge *Peyssonnelia squamaria* i *Lithophyllum stictiforme*, zadružne moruzgve *Parazoanthus axinellae*, kameni koralj *Leptopsammia pruvoti*, te dobro razvijene populacije gorgonija *Eunicella cavolini* i *Paramuricea clavata*. Duž koraligenske biocenoze utvrđeno je nekoliko polušpilja s biocenzom polutamnih špilja, gdje prevladava kameni koralj *Leptopsammia pruvoti*. Uz rubove polušpilja čest je kolonijalni kameni koralj *Madracis pharensis*. Manje populacije crvenog koralja *Corallium rubrum* utvrđene su na dubinama od 48 do 54 metra. Od 58 metara dubine započinje biocenoza obalnih detritusnih dna.



Slika 15. A) Položaj istraživane postaje Balun u NP Kornati. B) Profil Balun s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Mana (N 43° 48' 00, E 15° 15' 44)

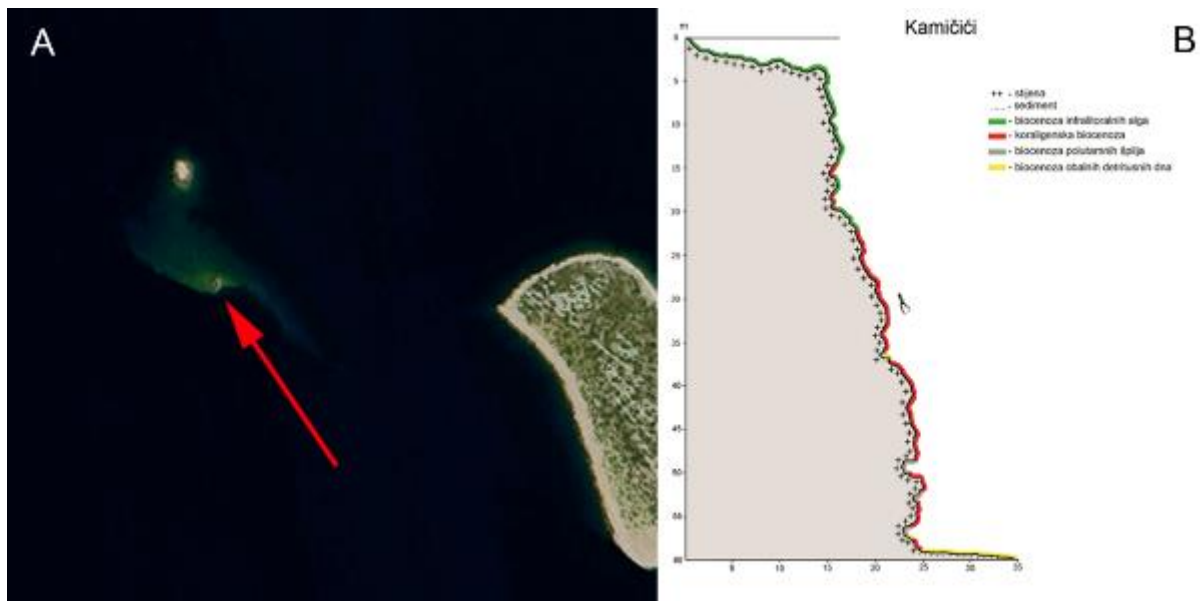
Istraživano područje nalazi se na jugozapadnoj strani otočića Mana (Slika 16A). Razveden okomit hridinasti strmac s nekoliko većih prevjesa i polušpilja spušta se do dubine od 67 metara pod kutom od oko 80° (Slika 16B). Od 25 do 67 metara razvijena je koraligenska biocenoza u kojoj se mjestimično nalaze i biocenoza polutamnih špilja, te biocenoza obalnih detritusnih dna. U koraligenskoj biocenozi prevladavaju crvene alge *Peyssonnelia squamaria*, *Amphiroa rigida*, *Ceramium diaphanum* var. *strictum*, te dobro razvijene inkrustrirajuće alge *Lithophyllum stictiforme*, *Pseudolithophyllum expansum* i *Mesophyllum lichenoides*. Duž cijelog profila koraligenske biocenoze utvrđene su guste populacije žute gorgonije *Eunicella cavolini*, dok su na dubini od 53 metra utvrđene su dvije jedinke rijetke gorgonije *Paramuricea macrospina*. Od 32 do 62 metra utvrđena je dobro razvijena populacija crvene gorgonije *Paramuricea clavata*. Od dubine od 67 metara nastavlja se biocenoza obalnih detritusnih dna koje se spušta pod blagim nagibom od 20° dalje u dubinu.



Slika 16. A) Položaj istraživane postaje Mana u NP Kornati. B) Profil Mana s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Kamičići (N 43° 47' 30, E 15° 16' 53)

Istraživana postaja nalazi se na podvodnom grebenu, uz dvije hrudi, koji se pruža između otočića Mana i Malog Rašipa (Slika 17A). Do dubine od 3 metra dno pada pod blagim kutom od oko 10° (Slika 17B). Uz razvijenu biocenozu infralitoralnih alga, mjestimično je razvijena biocenoza morske cvjetnice *Posidonia oceanica*. Od 3 metra dubine započinje strmec koji pod kutom od oko 80° pada do dubine od 58 metara. Duž cijele litice nalazimo žutu gorgoniju *Eunicella cavolini*. Manje dijelove koraligenske biocenoze nalazimo unutar par udubina na 15 i 19 metara dubine gdje prevladavaju kameni koralji *Leptopsammia pruvoti* i *Madracis pharensis*. Od 22 metra dubine počinje dobro razvijena koraligenska biocenoza. Veći primjerci spužve *Axinella polypoides* utvrđeni su na dubini od 38 metara, gdje je u rupama utvrđeno i nekoliko manjih kolonija crvenog koralja *Corallium rubrum*. Na dubini od 38 metra utvrđeni su veće kolonije gorgonije *Paramuricea clavata*, te dvije jedinke kolonijalnog žarnjaka *Gerardia savaglia*. Na dubini od 57 metara završava koraligenska biocenoza i započinje biocenoza obalnih detritusnih dna koje se nastavlja blagim nagibom dalje u dubinu. Ljuštorno detritusno dno prekrivaju većinom crvene alge *Vidalia volubilis* i *Lithophyllum racemus*.



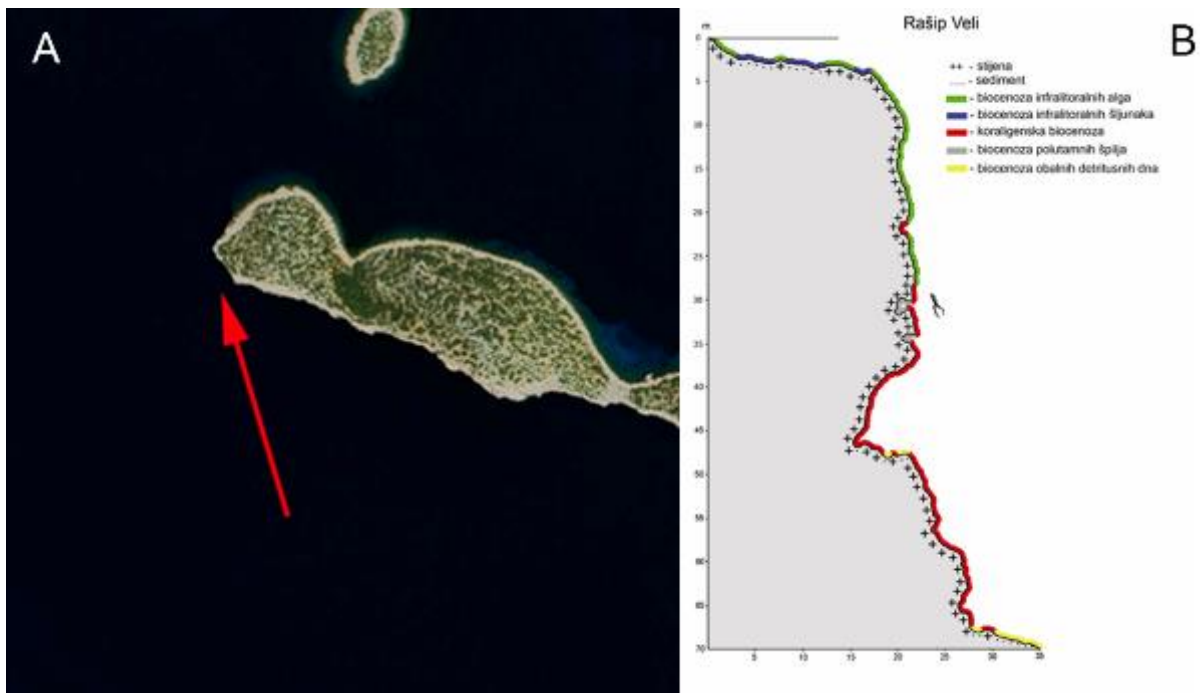
Slika 17. A) Položaj istraživane postaje Kamičići u NP Kornati. B) Profil Kamičići s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

Postaja Veli Rašip (N 43° 46' 47, E 15° 17' 47)

Istraživana postaja nalazi se na sjevernoj, vanjskoj strani otočića Veli Rašip (Slika 18A). Dno pada pod blagim kutom od oko 10° do dubine od 3 metra, a dublje započinje okomita stijena s biocenzom infralitoralnih alga do 27 metara dubine (Slika 18B). Već unutar biocenoze infralitoralnih alga (na 16 metara dubine) započinju veća naselja žute gorgonije *Eunicella cavolini*. Između 22 i 23 metra dubine utvrđen je manji prevjes s koraligenskom biocenzom u kojoj dominira kameni koralj *Leptopsammia pruvoti*.

Koraligenska biocenoza počinje na 29 metra dubine i spušta sve do 67 metara dubine. Ovdje prevladavaju većinom crvene alge *Wrangelia penicillata* i *Peyssonnelia squamaria*. U dvije polušpilje na 30 i 34 metra dubine utvrđene su spužve *Aplysina cavernicola* i *Haliclona mediterranea*, te koralji *Madracis pharensis*, *Leptopsammia pruvoti*, *Caryophyllia inornata* i *C. smithii*, dok je na rubu polušpilja utvrđen kolonijalni koralj *Phyllangia mouchezi*. Od 36 do 47 metara na okomitoj stijeni nalazi se veći prevjes gdje je utvrđeno veće naselje crvene gorgonije *Paramuricea clavata*, čije populacije idu do 58 metara dubine. Populacije crvenog koralja *Corallium rubrum* utvrđene su na dubinama od 45 do 57 metara.

Na dubini od 67 metara započinje biocenoza obalnih deritusnih dna koje se spušta dalje u dubinu.



Slika 18. A) Položaj istraživane postaje Veli Rašip u NP Kornati. B) Profil Veli Rašip s vertikalnim rasporedom razvijenih biocenoza.

3.2. Metodologija istraživanja

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, terensko istraživanje provelo se na području podmorja Nacionalnog parka Kornati i Parka prirode Telašćica tijekom 2021., 2022. i 2023. godine. Istraživački podaci sakupljeni su na 8 postaja u Parku prirode Telašćica i Nacionalnom parku Kornati opisanih u prehodnom potpoglavlju.

Sve postaje karakterizira čvrsta, gotovo okomita podloga te je na svim lokalitetima utvrđena dobro razvijena koraligenska zajednica. Najveća dubina zarona iznosila je do 60 metara dubine te je korištena autonomna ronilačka oprema.

Na svim postajama tijekom 2021., 2022., i 2023. godine postavljeni su mjeraci podataka temperature mora *Onset Computers data logger (Onset Computers Corporation)* na dubinama od 30, 40 i 50 metara (Slika 19). Prilikom pojedinačnih terenskih izlazaka, korištena je oceanografska sonda *Seabird SBE 19 plus V2* radi određivanja vertikalnih profila saliniteta i temperature vodenog stupca te otopljenog kisika i pH. Za fotodokumentaciju prilikom zarona korišten je fotoaparati Nikon D810 u *Sea&Sea* podvodnom kućištu.



Slika 19. Mjerač podataka za mjerenje temperature i količine svjetlosti na postaji Mana (NP Kornati).

Na postajama na dubinama od 30 do 60 metara gdje su vizualnim pregledom utvrđene populacije gorgonija sakupljeni su uzorci morske vode (1 litra) pomoću boca za analizu hranjivih soli (nitrati, nitriti, fosfati i amonijak) koje je analiziran u Zavodu za javno zdravstvo u Zadru. Brojnost kolonija gorgonija *Paramuricea* i *Eunicella* određena je pomoću 20 metara dugog konopa na transektu postavljenom horizontalno na dubine rasprostranjenosti kolonija u tripletima svakih 5 metara dubine ovisno gdje se nalaze istraživane populacije. Za određivanje brojnosti crvenog koralja *Corallium rubrum* korištena je metoda fotografiranja kvadrata 25 x 25 cm (Slika 20).



Slika 20. Snimljeni kvadrat (25 x 25 cm) korišten za određivanje brojnosti crvenog koralja.

Stanje populacija procijenjeno je određivanjem osnovnih parametara populacija (direktno ronjenjem i pregledavanjem fotodokumentacije) poput brojnosti kolonija, morfoloških karakteristika, stupnja njihove oštećenosti (postotak nekroze tkiva na kolonijama) te dubinske rasprostranjenosti pojedinih jedinki. Visina i brojnost kolonija po kvadratnom metru utvrđene su pri prvom istraživanju 2021. godine. Transekt je korišten za procjenu postotnog dijela golog skeleta i obraštaja na njemu po svakoj gorgoniji za cijelu populaciju. Smatra se da je kolonija ugrožena kada stopa nekroze zahvaća više od 10% njene ukupne površine. Za oštećene kolonije se bilježi da je li nekroza nedavna (prisutnost ogoljenog skeleta ili kostur koloniziraju pionirske vrste (poput alga, obrubnjaka i sl.) ili je stara (kostur prekriven vrstama poput mahovnjaka, vapnenastih crvenih alga). Na jedinakama je moguća je prisutnost oba tipa nekroza, nedavnih i starih te epibioze.

Na temelju rezultata mjerenja fizikalno – kemijskih parametara na predmetnim postajama tijekom lipnja i listopada 2023. godine, utvrdila sam okolišne uvjete koji vladaju u koraligenskoj biocenozi u predmetnoj godini, te sam ih povezala sa zabilježenim stupnjem oštećenosti istraživanih vrsta gorgonija. Pratio se i negativan utjecaj ribarskih aktivnosti kroz zabilježenu prisutnost ribolovnog alata te sam na temelju zabilježenih podataka procijenila sam utjecaj na istraživanim postajama. Zabilježila se i prisutnost invazivnih vrsta algi i riba kao što

su alga *Womersleyella setacea*, riba papigača *Sparisoma cretense* i mnogočetinaš *Hermodice carunculata*. Za statističku obradu podataka koristila sam programe Statistica 14. i Microsoft Excel. Primijenila sam neparametrijsku korelacijsku analizu (Spearmanov rank order, Statistica verzija 14.0, StatSoft, Inc.), jer podaci ne pokazuju normalnu distribuciju, niti homogenost varijanci nakon različitih transformacija. Kruskal-Wallisova analizu koristila sam za testiranje razlika u utjecaju između područja istraživanja za sve tri vrste gorgonija.

4. REZULTATI

4.1. Ekološki čimbenici na istraživanim postajama

4.1.1. Temperatura mora

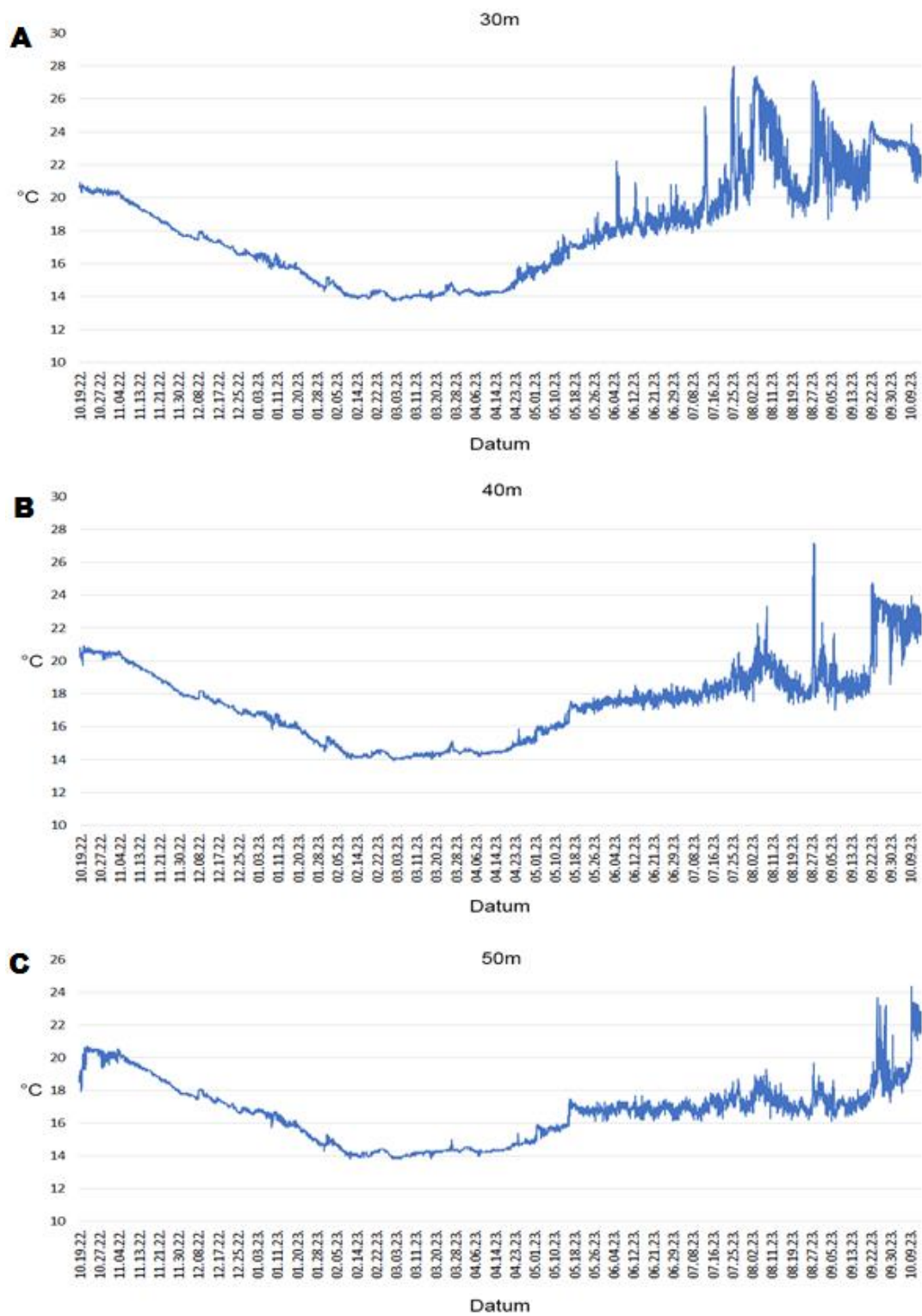
Izmjerene temperature mora na istraživanoj postaji Veli Garmenjak (PP Telašćica) na dubinama od 30, 40 i 50 metara tijekom 2023. godine su prikazane na Slici 21. Na 30 m dubine (Slika 21A) temperatura mora se kretala od 14°C do 28°C. Najniže temperature mora iznosile su 14°C i zabilježene su tijekom 2., 3. i 4. mjeseca. Najviše temperature mora na 30 metara dubine izmjerene su krajem 7. mjeseca, te u 8. i 9. mjesecu, kada su izmjereni skokovi temperature koji su dostizali čak do 28°C. Srećom, ovi skokovi temperature mora trajali su relativno kratko, do dva dana uz jake oscilacije.

Na dubini od 40 metara (Slika 21B) zabilježene temperature su se kretale do 27°C, s najnižom od 14°C, dok su se tijekom 8. i 9. mjeseca zabilježene temperature mora kretale između 19 i 22°C, te kratkim skokom do 27°C krajem 9. mjeseca.

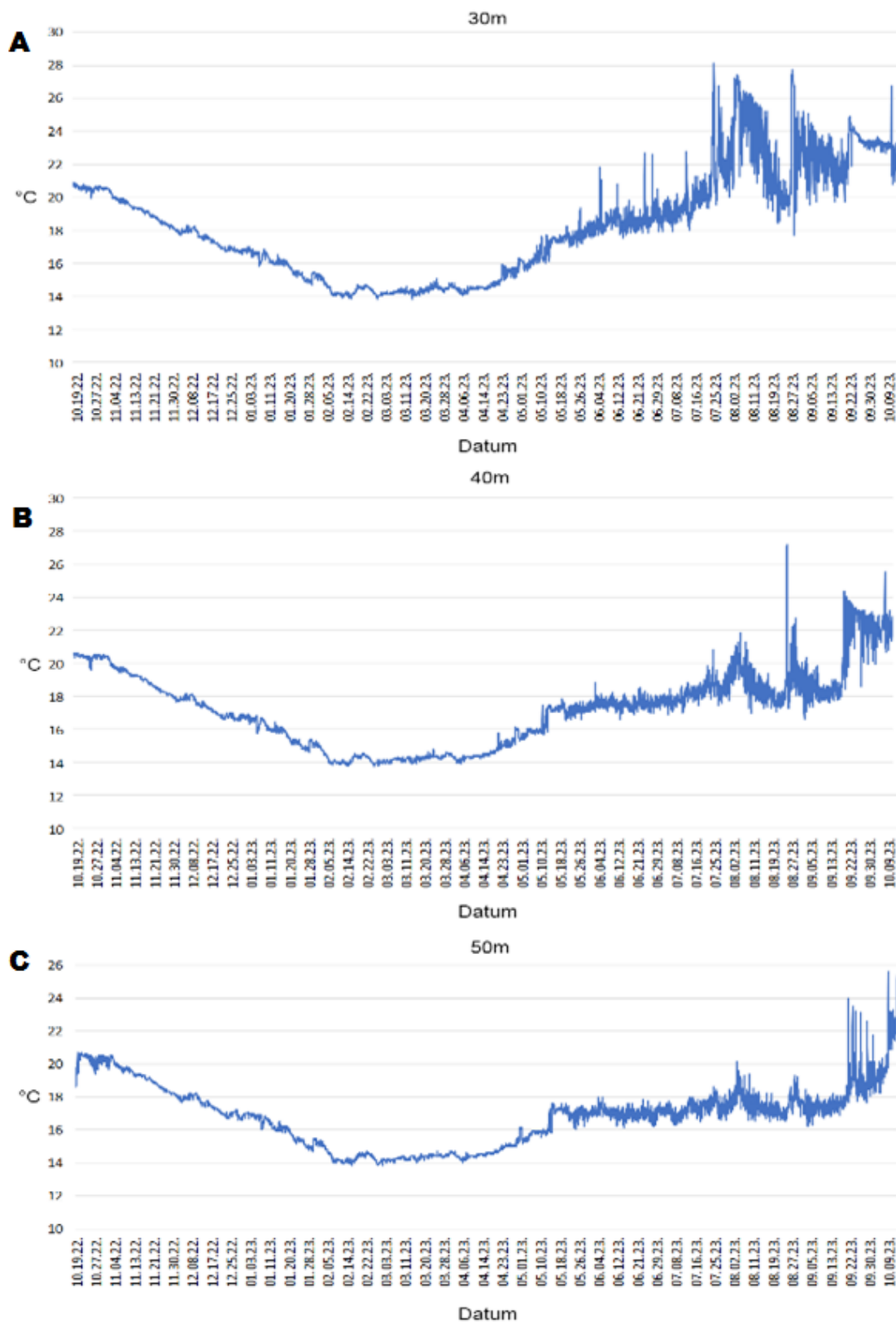
Na 50 metara (Slika 21C) dubine izmjerene su temperature od 14°C do 27°C, od 17 do 19°C kroz 8. i 9. mjesec, dok se tijekom 10. mjeseca iznosile do 24°C.

Izmjerene temperature mora na istraživanoj postaji Mana (NP Kornati) na dubinama od 30, 40 i 50 metara tijekom 2023. godine prikazane su na slici 22. Na 30 metara dubine (Slika 22A) zabilježene temperature mora od 14°C do 28°C. Najviše temperature mora izmjerene su krajem 7. mjeseca, te u 8. i 9. mjesecu (do 28°C). I na ovoj mjerenoj postaji skokovi temperature mora su trajali kratko, uz jake oscilacije. Na dubini od 40 metara (Slika 22B) temperature mora kretale su se između 14°C i 27°C. U 8. i 9. mjesecu temperature mora iznosile su između 19 i 22°C, sa zabilježenim kratkim skokom do 27°C krajem 9. mjeseca. Na 50 metara dubine (Slika 22C) izmjerene su temperature 14°C do 25°C, a kroz 8. i 9. mjesec od 17 do 19°C, dok se tijekom 10. mjeseca temperature penju do 22°C sa kratkotrajnim pikovima do 25°C.

Podaci o izmjerenim temperaturama na preostalim istraživanim postajama dostupni su u podacima projekta ADRICOR, međutim i na ostalim postajama su zabilježene slične temperature mora na promatranim dubinama, radi male udaljenosti i istih meteoroloških uvjeta.



Slika 21. Temperature mora na postaji Veli Garmenjak od listopada 2022. do rujna 2023. izmjerena na dubinama A) 30, B) 40 i C) 50 metara.



Slika 22. Temperature mora na postaji Mana tijekom 2023. godine izmjerene na dubinama A) 30 B) 40 C) 50 metara.

4.1.2. Salinitet, pH morske vode, koncentracija otopljenog kisika na istraživanim postajama

Tablica 1. Vrijednosti mjenjenih hidrografskih parametara na istraživanim postajama u lipnju i listopadu 2023. godine.

Salinitet (‰)								
	Veli Garmenjāk		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	38,0	38,3	38,1	38,3	38,2	38,3	38,1	38,4
40m	38,3	38,4	38,1	38,4	38,2	38,3	38,2	38,4
50m	38,2	38,3	38,2	38,4	38,2	38,3	38,2	38,3
60m	38,3	38,3	38,1	38,3	38,3	38,1	38,1	38,3
O₂ (mg/L)								
	Veli Garmenjāk		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	8,37	8,17	8,32	8,22	8,26	8,11	8,29	8,18
40m	8,32	8,15	8,30	8,17	8,29	8,12	8,27	8,16
50m	8,27	8,14	8,26	8,15	8,28	8,12	8,25	8,16
60m	8,26	8,16	8,22	8,09	8,22	8,10	8,24	8,12
pH								
	Prisika		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	8,17	8,14	8,21	8,17	8,19	8,12	8,20	8,14
40m	8,17	8,12	8,19	8,18	8,18	8,14	8,19	8,15
50m	8,16	8,11	8,18	8,14	8,18	8,16	8,18	8,17
60m	8,15	8,11	8,17	8,14	8,16	8,16	8,15	8,16

Koncentracije hranjivih soli izmjenjenih na istraživanim postajama Veli Garmenjāk, Vela Sestrica, Mana i Veli Rašip u lipnju i listopadu 2023. godine prikazani su u Tablici 1. Podaci za ostale postaje dostupni su u sklopu projekta ADRICOR.

Tablica 2. Sezonske varijacije hranjivih soli na istraživanim postajama tijekom istraživanja u lipnju i listopadu 2023. godine.

NO₃⁻ (μmol/L)								
	Veli Garmenjak		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubin	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	0,37	0,33	0,36	0,33	0,36	0,37	0,36	0,34
40m	0,35	0,32	0,33	0,32	0,35	0,32	0,35	0,35
50m	0,36	0,31	0,28	0,32	0,35	0,32	0,28	0,32
60m	0,33	0,33	0,26	0,29	0,33	0,31	0,26	0,30
NO₂⁻ (μmol/L)								
	Veli Garmenjak		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	0,079	0,079	0,062	0,042	0,081	0,084	0,064	0,066
40m	0,074	0,074	0,058	0,041	0,079	0,079	0,061	0,063
50m	0,058	0,063	0,059	0,040	0,062	0,073	0,059	0,058
60m	0,055	0,065	0,049	0,036	0,059	0,071	0,056	0,057
PO₄³⁻ (μmol/L)								
	Prisika		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	0,036	0,035	0,043	0,038	0,038	0,041	0,043	0,046
40m	0,038	0,032	0,040	0,035	0,038	0,040	0,040	0,044
50m	0,033	0,032	0,038	0,034	0,033	0,038	0,038	0,044
60m	0,031	0,027	0,035	0,033	0,032	0,037	0,037	0,042
NH₄⁺ (μmol/L)								
	Veli Garmenjak		Vela Sestrica		Mana		Veli Rašip	
Dubina	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad	Lipanj	Listopad
30m	0,054	0,437	0,071	0,608	0,127	0,161	0,108	0,216
40m	0,048	0,121	0,066	0,387	0,122	0,154	0,101	0,203
50m	0,038	0,071	0,062	0,108	0,096	0,126	0,092	0,196
60m	0,036	0,035	0,049	0,098	0,089	0,94	0,081	0,099

Mogu se primijetiti odstupanja (povišenje) koncentracije amonijaka u listopadu (Tablica 1), kao i smanjene koncentracije količine kisika u listopadu u odnosu na lipanj (Tablica 2). Ostale koncentracije hranjivih soli, saliniteta i pH ne variraju drastično.

4.2. Stanje populacija gorgonija na istraživanim postajama

Za istraživanje su izabrane vrste (*Eunicella cavolini*, *Paramuricea clavata*, *Corallium rubrum*) koje su česte u koraligenskoj biocenozi istočne strane Jadranskog mora, ali i vrlo osjetljive na temperaturne anomalije i posljedice zagrijavanja mora pod utjecajem klimatskih promjena. Dubinska rasprostranjenost i negativan utjecaj povišene temperature mora na gorgonije prikazan je u Tablici 3.

Tablica 3. Dubina rasprostranjenosti unutar istraživanih postaja (m) i utjecaj zagrijavanja mora na vrste gorgonija na istraživanim postajama (P - pojačan utjecaj; N - nema utjecaja).

Vrsta	Postaja							
	Veli Garmenjak	Vela Sestrica	Mali Obručan	Levrnaka	Balun	Mana	Kamičići	Veli Rašip
	Dubina rasprostranjenosti unutar postaje (m) / utjecaj na vrste							
<i>Eunicella cavolini</i>	14-38/P	24-53/P	22-58/P	21-42/P	18-55/P	16-56/N	14-53/P	16-54/P
<i>Paramuricea clavata</i>	-	38-58/P	34-56/P	36-48/P	36-54/P	32-62/P	38-48/P	36-58/P
<i>Corallium rubrum</i>	55-57/P	-	52-57/P	42-44/P	48-54/P	-	-	45-57/P

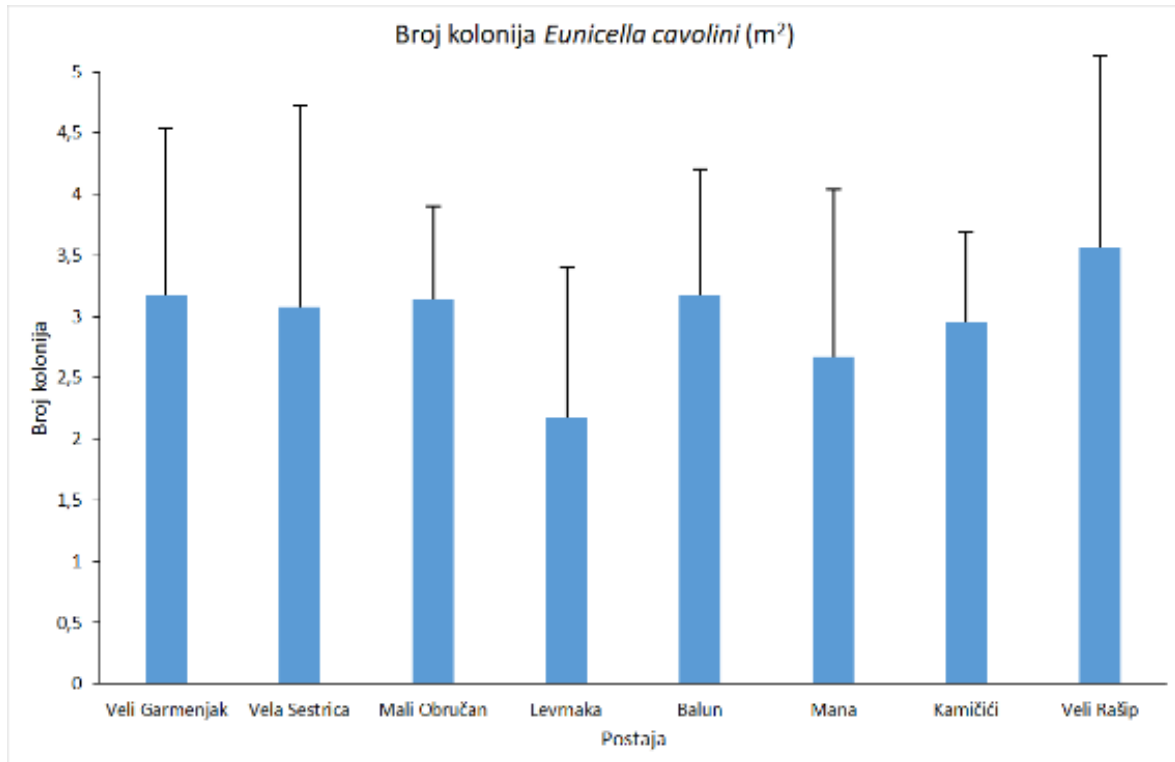
4.2.1. *Eunicella cavolini* (Koch, 1887)

Žuta rožnjača je utvrđena na svim istraživanim postajama PP Telašćica i NP Kornati (Slika 23). Najpliće je utvrđena na postajama Veli Garmenjak i Kamičići, na 14 metara dubine, a najdublje počinje na 24 metara dubine na postaji Vela Sestrica (Tablica 3). Brojnost kolonija vrste žute rožnjače po kvadratnom metru varira od $2,18 \pm 1,27$ (SD) na postaji Levrnaka do $3,56 \pm 1,91$ (SD) kolonija na postaji Veli Rašip (Slika 24).

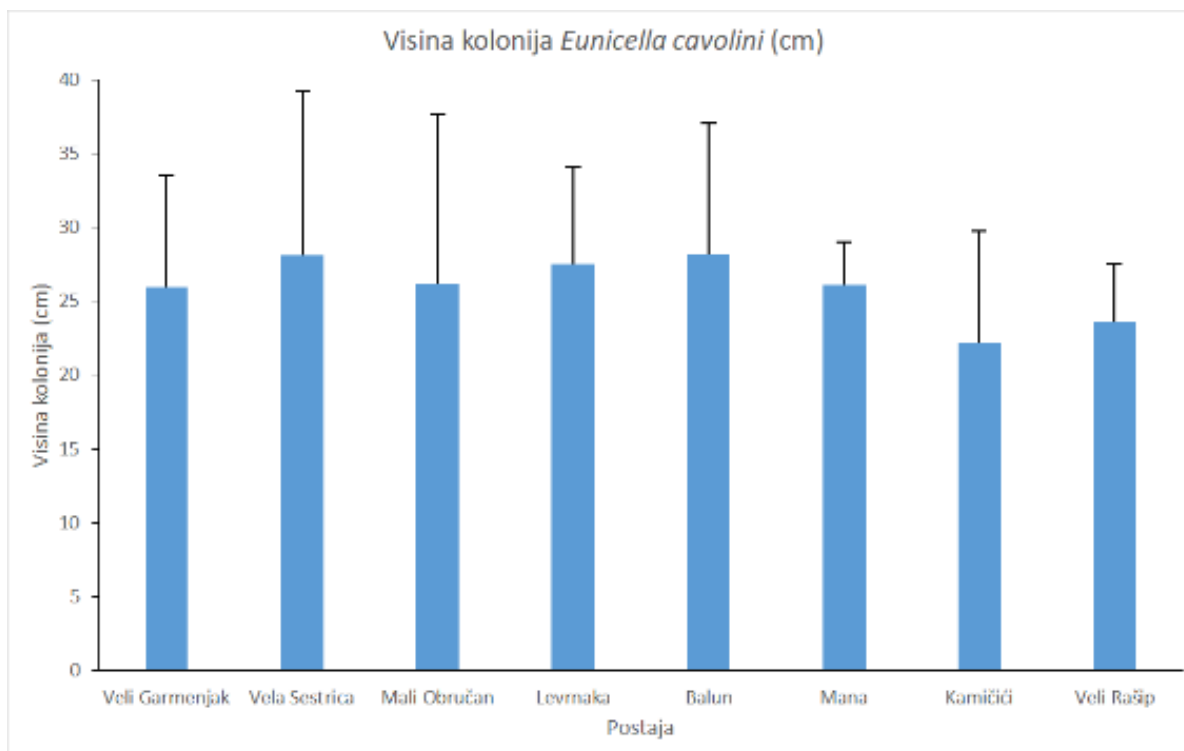
Najveća prosječna visina kolonija žute rožnjače izmjerena je na istraživanim postajama Balun ($28,14 \pm 5,4$ cm) i Vela Sestrica ($28,12 \pm 6,9$ cm), dok su najmanje kolonije izmjerene na postajama Kamičići ($22,18 \pm 6,15$ cm) i Veli Rašip ($23,58 \pm 4,32$ cm) (Slika 25).



Slika 23. Žuta rožnjača *Eunicella cavolini* na postaji Mana. Dubina 38 metara. (Autor slike P. Kružić)



Slika 24. Brojnost kolonija (po kvadratnom metru) vrste *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama (prosječna vrijednost ± standardna devijacija (SD)).

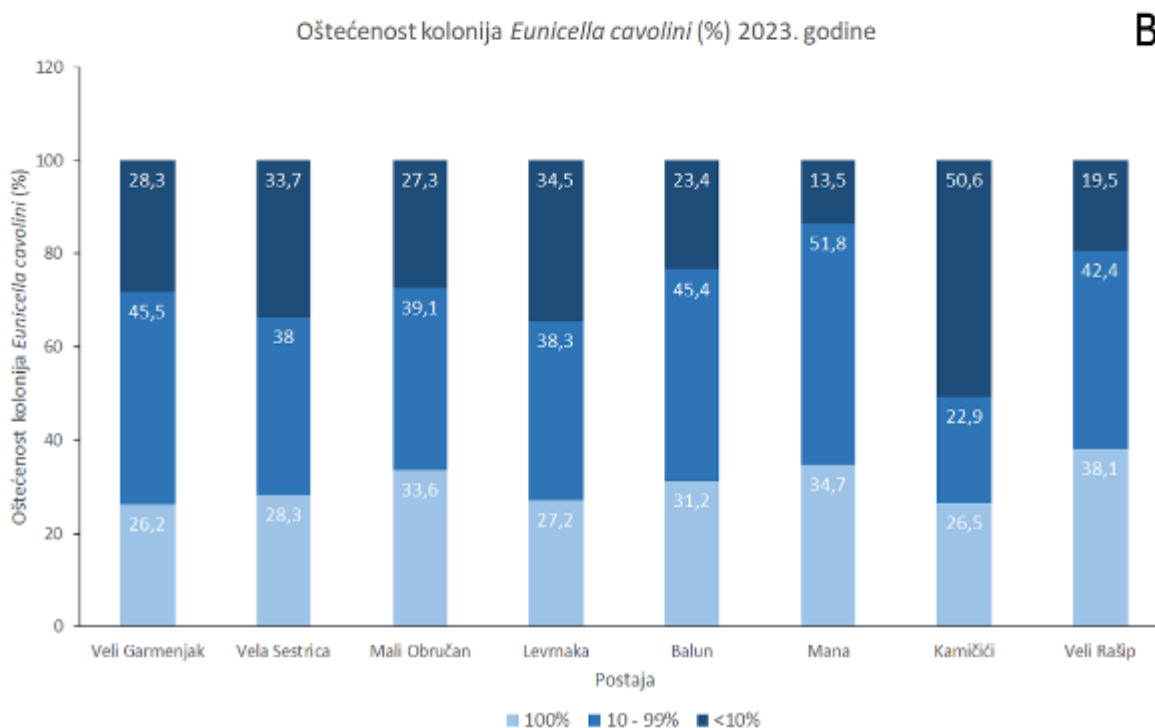
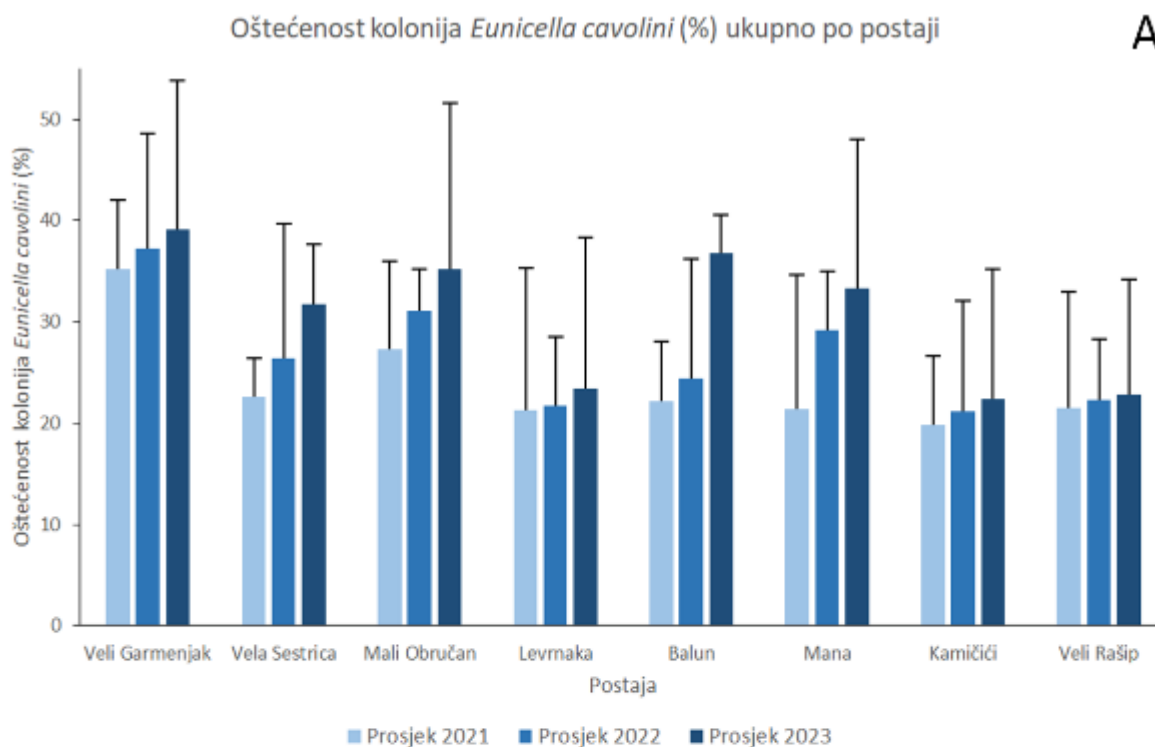


Slika 25. Visina kolonija vrste *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama (prosjek \pm SD).

Ugroženost žute rožnjače vidljiva je primarno kroz nekrozu vršnih dijelova kolonije, a ugroženije su kolonije u plićem dijelu koraligena, do 40 metara dubine. Na svim istraživanim postajama utvrđene su stare uginule kolonije žute rožnjače i stara oštećenja, jer je na njima vidljiv jaki obraštaj na skeletu kolonija gorgonije. Nova oštećenja na organizmima prisutnim na istraživanim postajama se povećavaju tijekom analiziranog trogodišnjeg razdoblja. Novije nekroze su utvrđena većinom na vršnim granama kolonija (Slika 26). Najviše oštećenja na kolonijama žute rožnjače utvrđeno je na postajama Veli Garmenjak i Mali Obručan, a najmanje na postajama Kamičići i Veli Rašip (Slika 27A). U tri godine istraživanja, to je znatno povećanje u odnosu na svaku prošlu godinu istraživanja (5 do 6 % godišnje), što predstavlja znatnu ugrozu za jedinke. Ove razlike u oštećenosti kolonija vrste *E. cavolini* kroz tri godine istraživanja su statistički značajne (Kruskal-Wallisov test, $H=53,21$, $df=52$, $P<0,001$). Najveća ukupna oštećenja na kolonijama žute rožnjače tijekom 2023. godine utvrđene su na postajama Veli Garmenjak ($39,1 \pm 14,1\%$), Balun ($36,8 \pm 5,7\%$) i Mali Obručan ($35,2 \pm 15,8\%$), dok su najmanja ukupna oštećenja utvrđena na postajama Kamičići ($22,4 \pm 11,8\%$) i Veli Rašip ($22,8 \pm 9,4\%$).



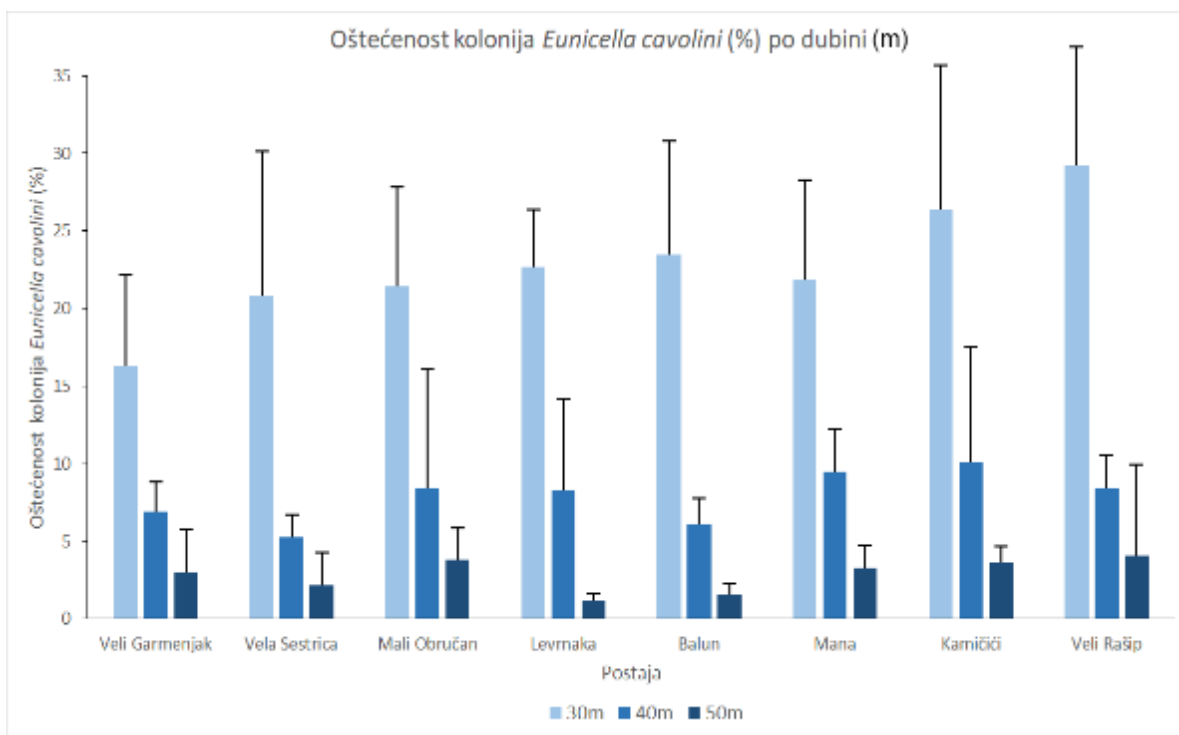
Slika 26. Žuta rožnjača *Eunicella cavolini* na postaji Mali Obručan na dubini 24 metara, s vidljivom nekrozom tkiva na vrhovima grana (autor slike P. Kružić)



Slika 27. Oštećenost žute rožnjače *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama (prosječan broj oštećenih kolonija \pm SD). A) ukupno oštećenih kolonija; B) postoci oštećenih kolonija (<10% oštećenja), zahvaćenih kolonija (između \geq 10% i \leq 99% oštećenja) i mrtvih kolonija (100% oštećenja).

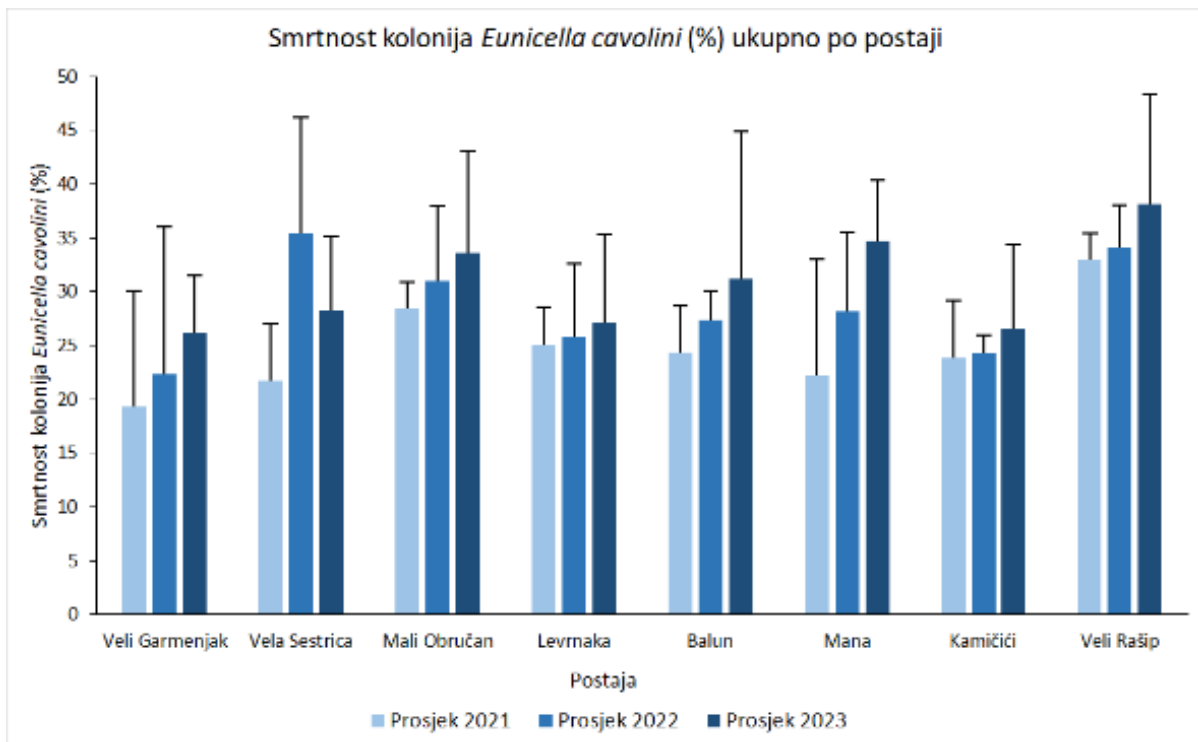
Omjeri oštećenosti kolonija žute rožnjače *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama prikazani su na Slici 27B. Najviše 100%-tnog oštećenja kolonija bilo je na postajama Veli Rašip (38,1%), Mana (34,7%) i Mali Obručan (33,6%), dok je najmanje bilo na postajama Veli Garmenjak (26,2%) i Kamičići (26,5%). Do 10% oštećenja najviše je utvrđeno na postajama Kamičići (50,6%), Levrnaka (34,5%) i Vela Sestrica (33,7%).

Najviše oštećenih kolonija utvrđeno je na 30 metara dubine, na postajama Veli Rašip (29,2%), Kamičići (26,4%), Balun (23,5%) i Levrnaka (22,7%) (Slika 28).



Slika 28. Oštećenost kolonija žute rožnjače *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama po dubinama (prosječan broj oštećenih kolonija za 2012., 2022. i 2023. godinu \pm SD).

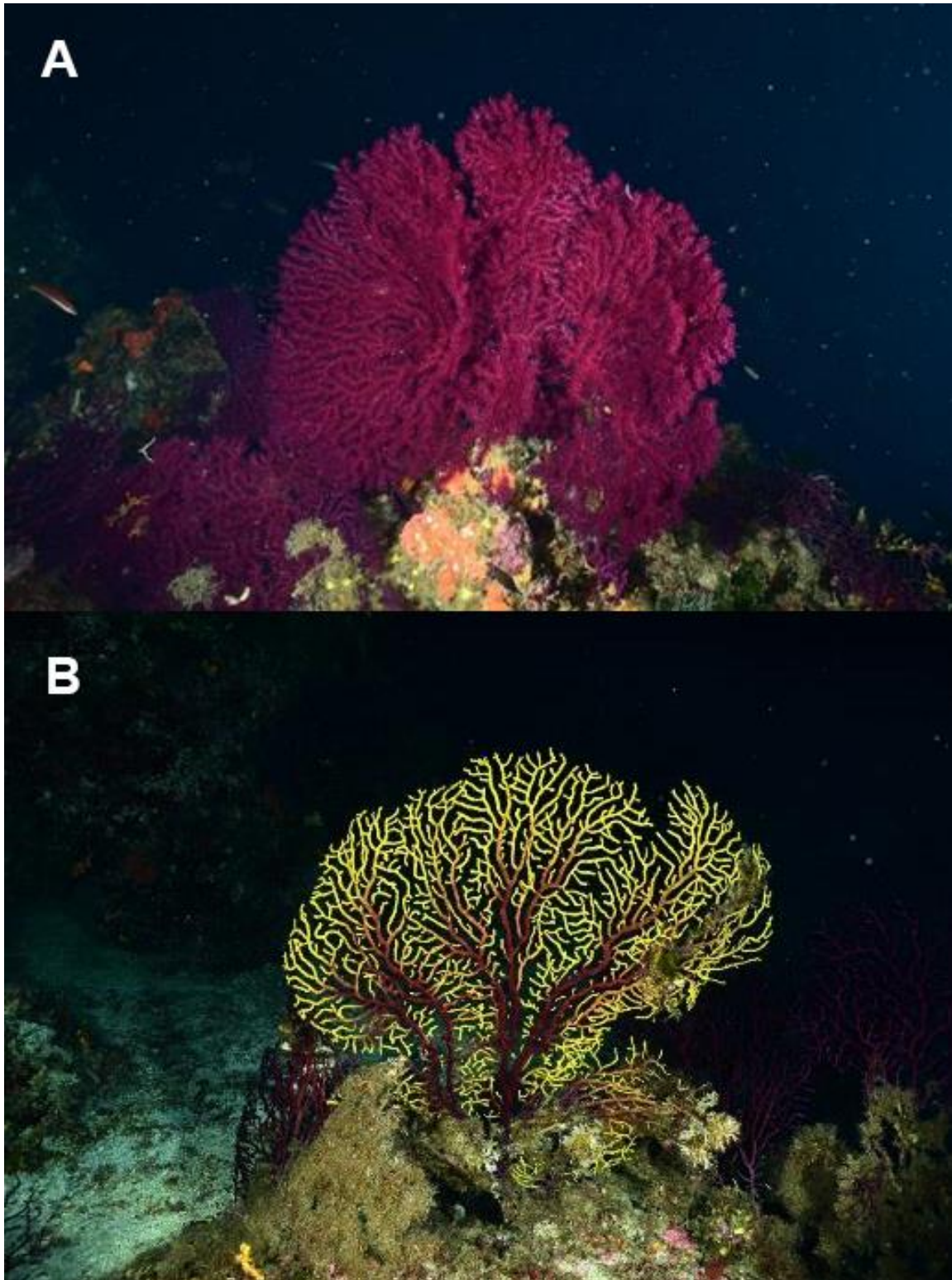
Kod ukupne smrtnosti kolonija žute rožnjače svake godine se bilježi porast (Kruskal-Wallisov test, $H=49,87$, $df=55$, $P<0,001$), osim kod postaje Vela Sestrica koja ima pad smrtnosti kolonija u 2023. godini (Slika 29). Najviše uginulih kolonija žute rožnjače u 2023. godini utvrđeno je na postajama Veli Rašip, Mana i Mali Obručan.



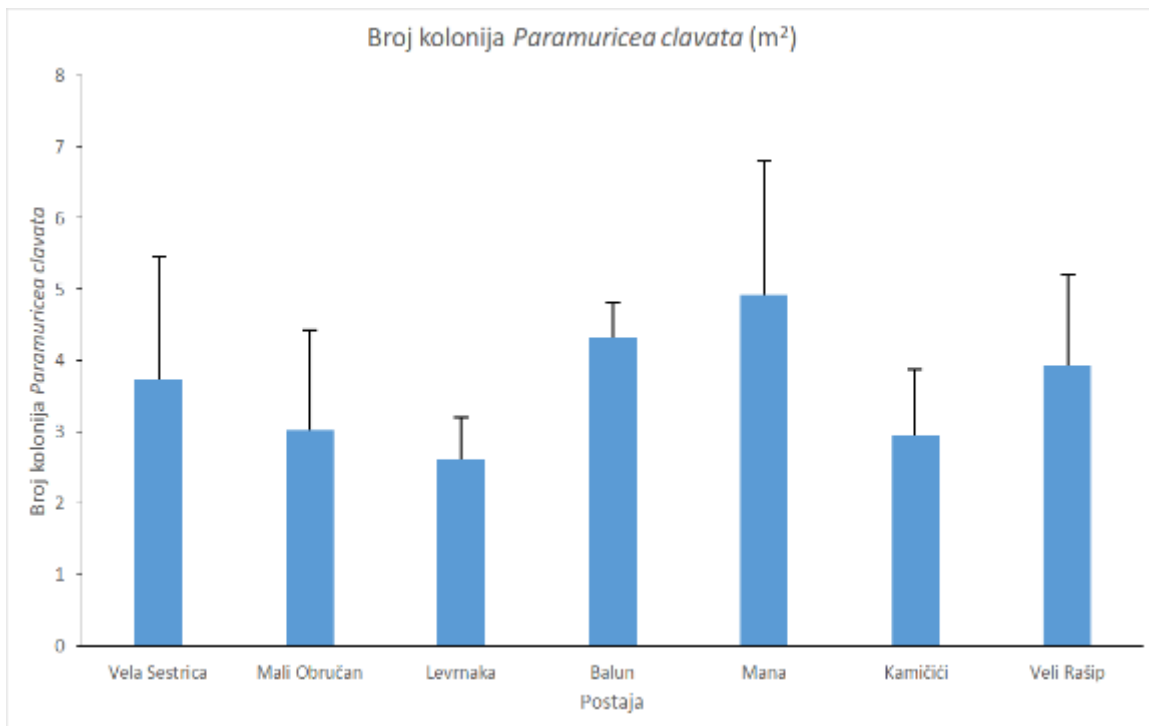
Slika 29. Smrtnost kolonija žute rožnjače *Eunicella cavolini* na istraživanim postajama (prosječan broj uginulih kolonija \pm SD).

4.2.2. *Paramuricea clavata* (Risso, 1826)

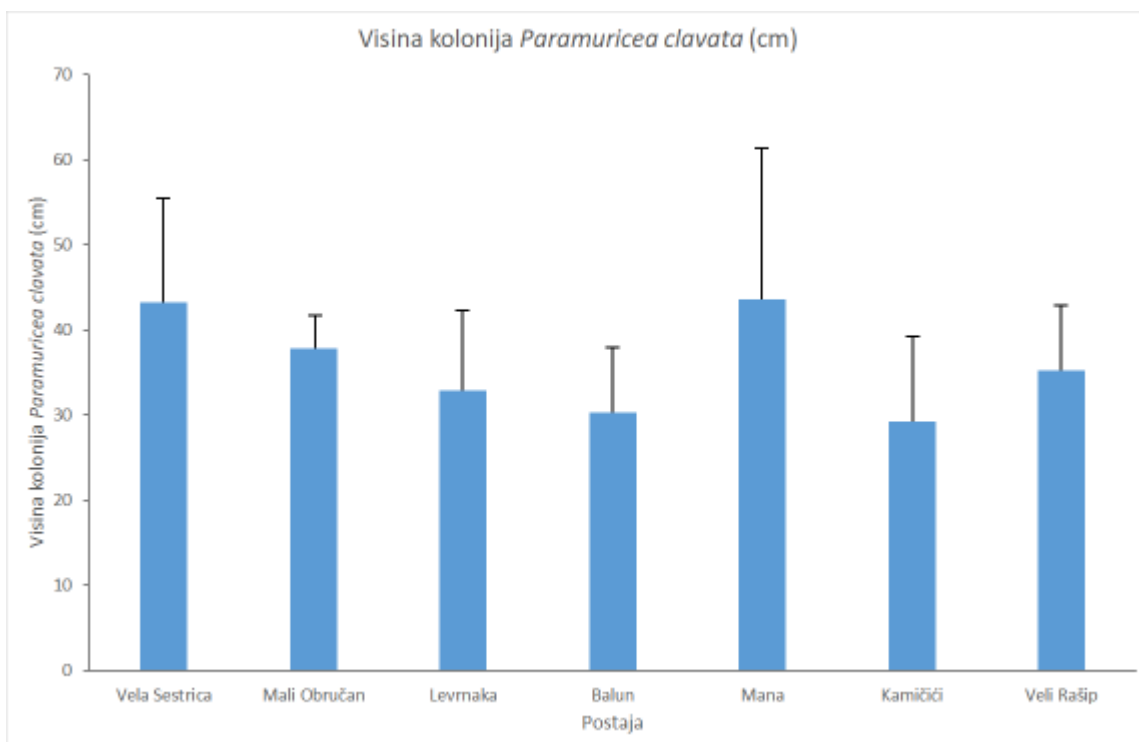
Crvena gorgonija *Paramuricea clavata* nije utvrđena samo na postaji Veli Garmenjak. Populacije su na postajama široko rasprostranjene unutar koraligenske biocenoze, između 32 i 62 metra dubine (Slika 30). Brojnost kolonija po kvadratnom metru je najveća na postajama Mana ($4,92 \pm 1,68$), Balun ($4,33 \pm 2,16$) i Veli Rašip ($3,94 \pm 1,12$), a najmanje na postajama Levrnaka ($2,63 \pm 0,62$) i Kamičići ($2,95 \pm 0,84$) (Slika 31). Najveće prosječne visine kolonija crvene gorgonije izmjerene su na postajama Mana ($43,64 \pm 14,68$ cm) (maksimalno 58,2 cm, a minimalno 24,7 cm) i Vela Sestrica ($43,22 \pm 12,34$ cm) (maksimalno 59,3 cm, a minimalno 16,9 cm). Najmanji prosjek visine izmjeren je na postajama Kamičići ($29,18 \pm 9,72$ cm) i Balun ($30,28 \pm 7,57$ cm) (Slika 32).



Slika 30.A) Kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na postaji Balun. Dubina 50 metara. (autor slike Petar Kružić) B) Kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* žute boje na postaji Vela Sestrica. Dubina 48 metara (autor slike P. Kružić)



Slika 31. Brojnost kolonija (po kvadratnom metru) vrste *Paramuricea clavata* na istraživanim postajama (prosjeak ± SD).



Slika 32. Visina kolonija vrste *Paramuricea clavata* na istraživanim postajama (prosjeak ± SD).

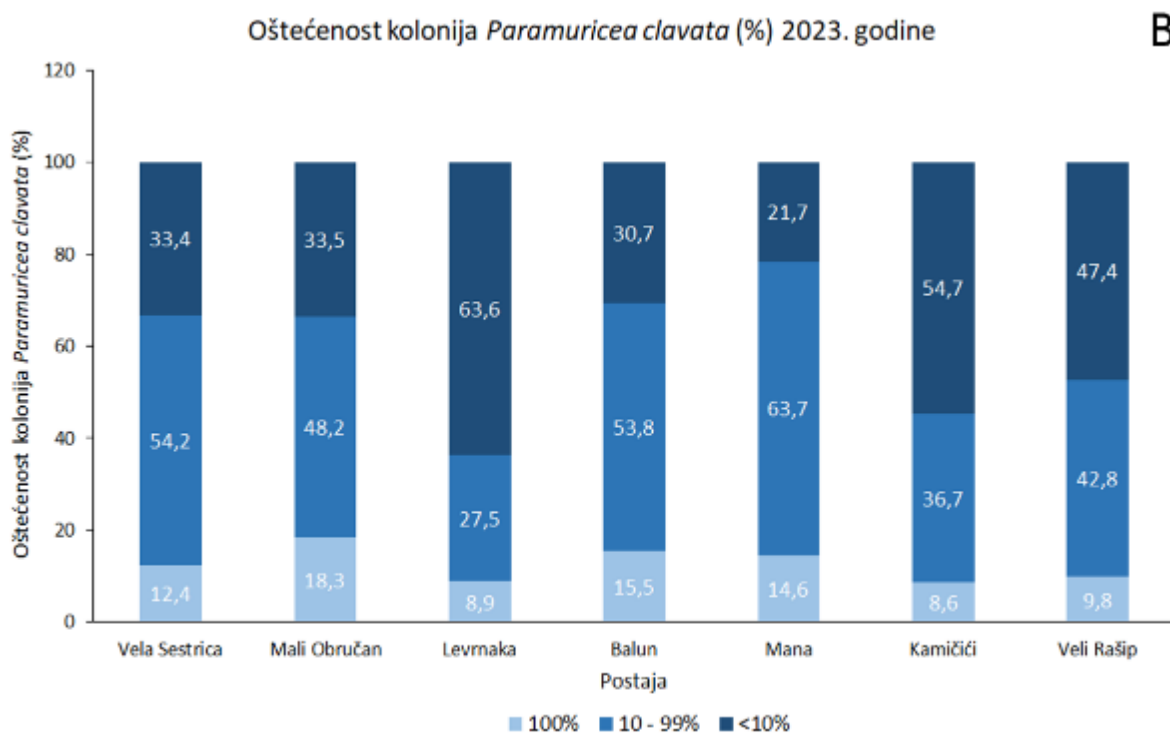
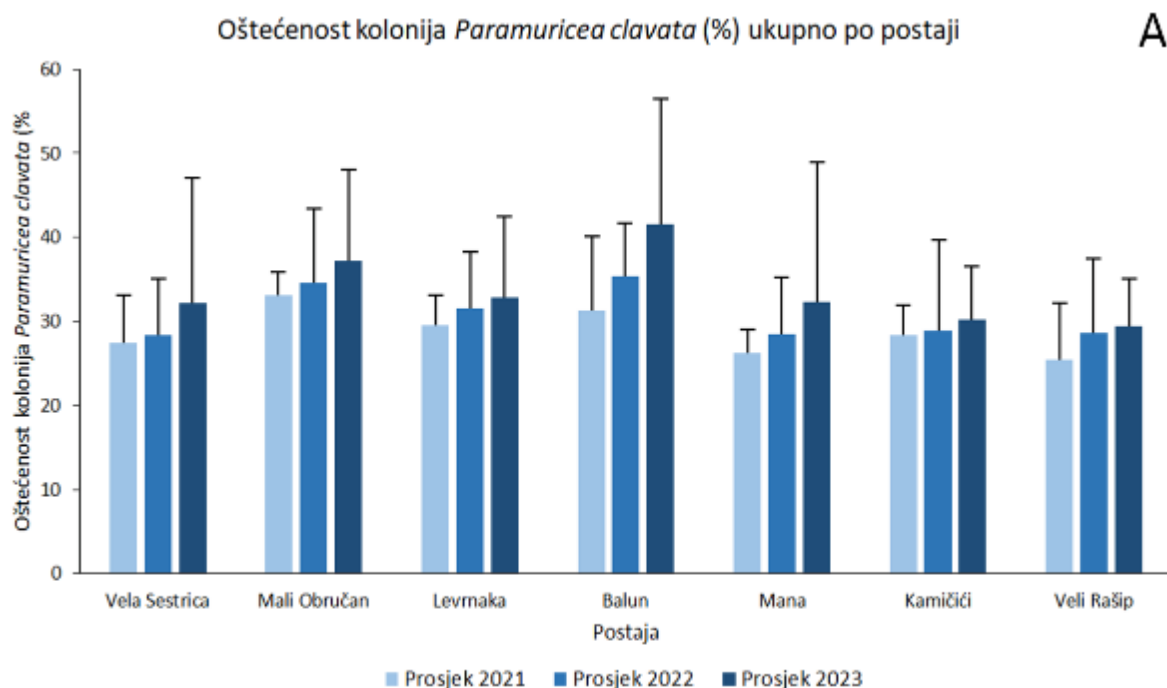
Na svim istraživanim postajama kroz tri godine istraživanja utvrđene su stare uginule kolonije i stara djelomična oštećenja kolonija crvene gorgonije na kojima je vidljiv jaki obraštaj na skeletu kolonija gorgonije (Slika 33). Tijekom istraživanja 2023. godine utvrđeno je 41,6% oštećenih kolonija na postaji Balun, što je za 6,3% više nego tijekom istraživanja 2022. godine (35,3%). Razlike u oštećenosti kolonija vrste *P. clavata* kroz tri godine istraživanja su statistički značajne (Kruskal-Wallisov test, $H=56,03$, $df=48$, $P<0,001$). Na dubini između 36 i 50 metara utvrđeno je ukupno 9 uginulih kolonija i sve su sa znatnim obraštajem (2 više nego kod istraživanja 2022. godine). Najviše utvrđenih oštećenja crvene gorgonije je starijeg datuma, jer rožnati skelet ima na sebi obraštaj, za čiji nastanak je potrebno više od godine dana. Svake godine, unutar 3 godine istraživanja, se novije utvrđene nekroze povećavaju za 5-10% (većinom su na vrhovima gdje se vidi skelet gorgonije) (Slika 34). Najveća ukupna oštećenja na kolonijama crvene gorgonije na istraživanim postajama utvrđena su na postajama u NP Kornati (Slika 35A). Najveća ukupna oštećenja na kolonijama crvene gorgonije tijekom 2023. godine utvrđena su na postajama Balun ($41,6 \pm 16,3\%$), Mali Obručan ($37,2 \pm 11,6\%$) i Levrnaka ($32,8 \pm 9,4\%$), dok su najmanja ukupna oštećenja utvrđena na postajama Veli Rašip ($29,4 \pm 5,7\%$) i Kamičići ($30,2 \pm 6,7\%$).



Slika 33. Kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na postaji Balun. Dubina 42 metara. Vidi se jaki obraštaj na koloniji crvene gorgonije. (Autor slike Petar Kružić)



Slika 34. Kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na postaji Mali Obručan. Dubina 40 metara. Vide se nova oštećenja (goli skelet) na vrhovima kolonije. (Autor slike Petar Kružić)

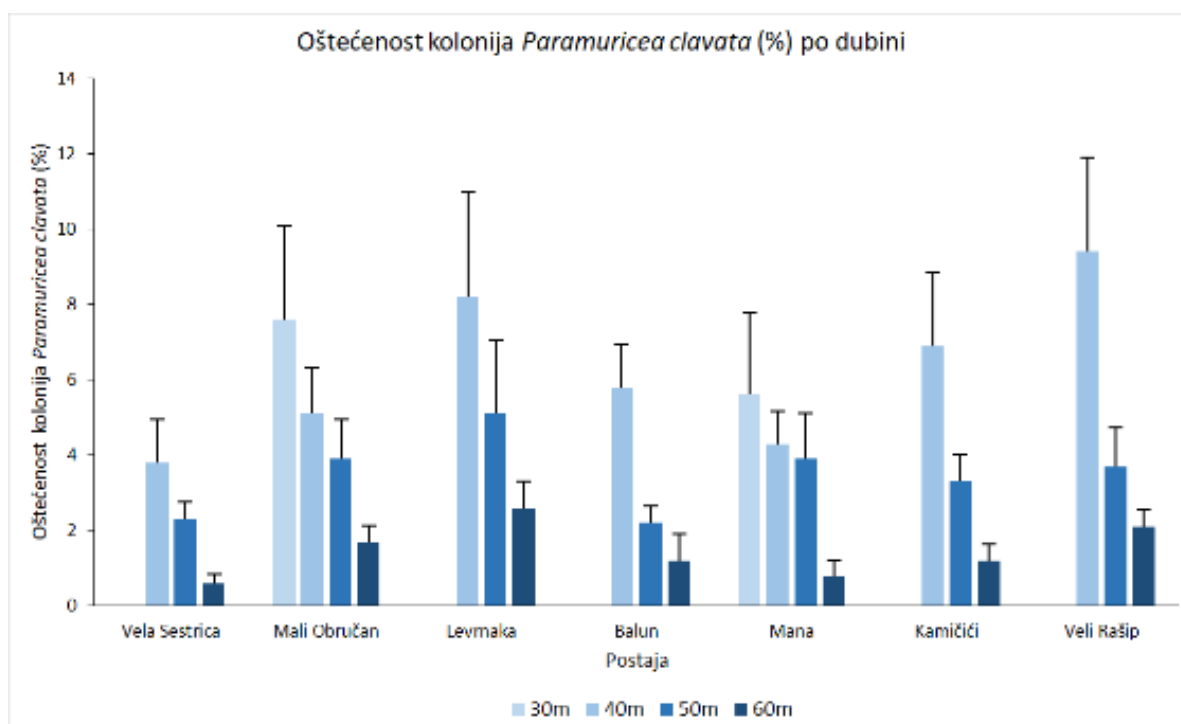


Slika 35. Oštećenost crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na istraživanim postajama (prosječan broj oštećenih kolonija \pm SD). A) ukupno oštećenih kolonija; B) postoci oštećenih kolonija (<10% oštećenja), zahvaćenih kolonija (između \geq 10% i \leq 99% oštećenja) i mrtvih kolonija (100% oštećenja).

Omjeri oštećenosti kolonija crvene gorgonije na istraživanim postajama prikazani su na Slici 35B. Najviše 100%-tnog oštećenja kolonija bilo je na postajama Mali Obručan (18,3%), Balun (15,5%) i Mana (14,6%), dok je najmanje bilo na postajama Kamičići (8,6%) i Levrnaka (8,9%). Do 10% oštećenja najviše je utvrđeno na postajama Levrnaka (63,6%), Kamičići (54,7%) i Veli Rašip (47,4%).

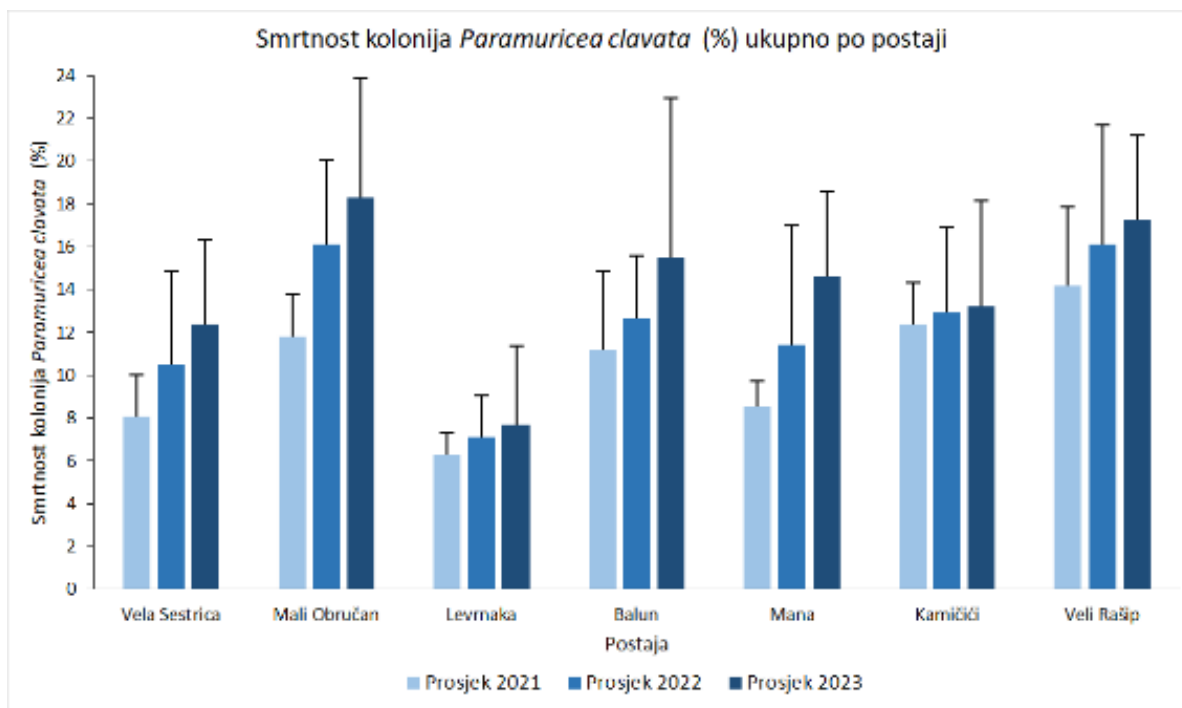
Najviše oštećenih kolonija utvrđeno je kod postaja sa najplićim populacijama, na postajama Veli Garmenjak (7,6% na 34 metara dubine) i Mana (5,67% na 32 metra dubine) (Slika 36). Zabrinjava i postotak oštećenosti kolonija *Paramuricea clavata* na 60 metara dubine na postaji Levrnaka (2,6%), što pokazuje negativan utjecaj na populacije crvene gorgonije i na tim dubinama.

Kod ukupne smrtnosti kolonija crvene gorgonije svake godine se bilježi porast (Kruskal-Wallisov test, $H=46,33$, $df=59$, $P<0,001$).



Slika 36. Oštećenost kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na istraživanim postajama po dubinama (prosječan broj oštećenih kolonija za 2021., 2022. i 2023. godinu \pm SD).

Najviše uginulih kolonija crvene gorgonije u 2023. godini utvrđeno je na postajama Mali Obručan, Veli Rašip i Balun. Najmanja smrtnost utvrđena je na postaji Levrnaka (Slika 37).



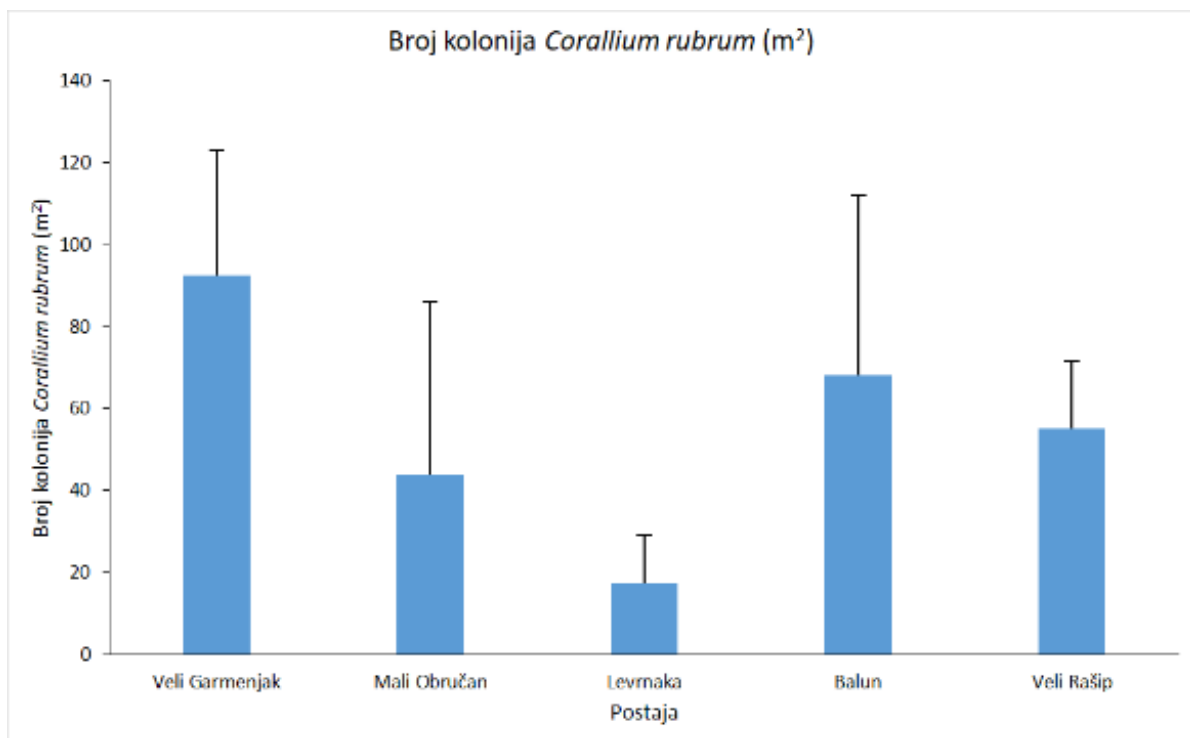
Slika 37. Smrtnost kolonija crvene rožnjače *Paramuricea clavata* na istraživanim postajama (prosječan broj uginulih kolonija \pm SD).

4.2.3. *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758)

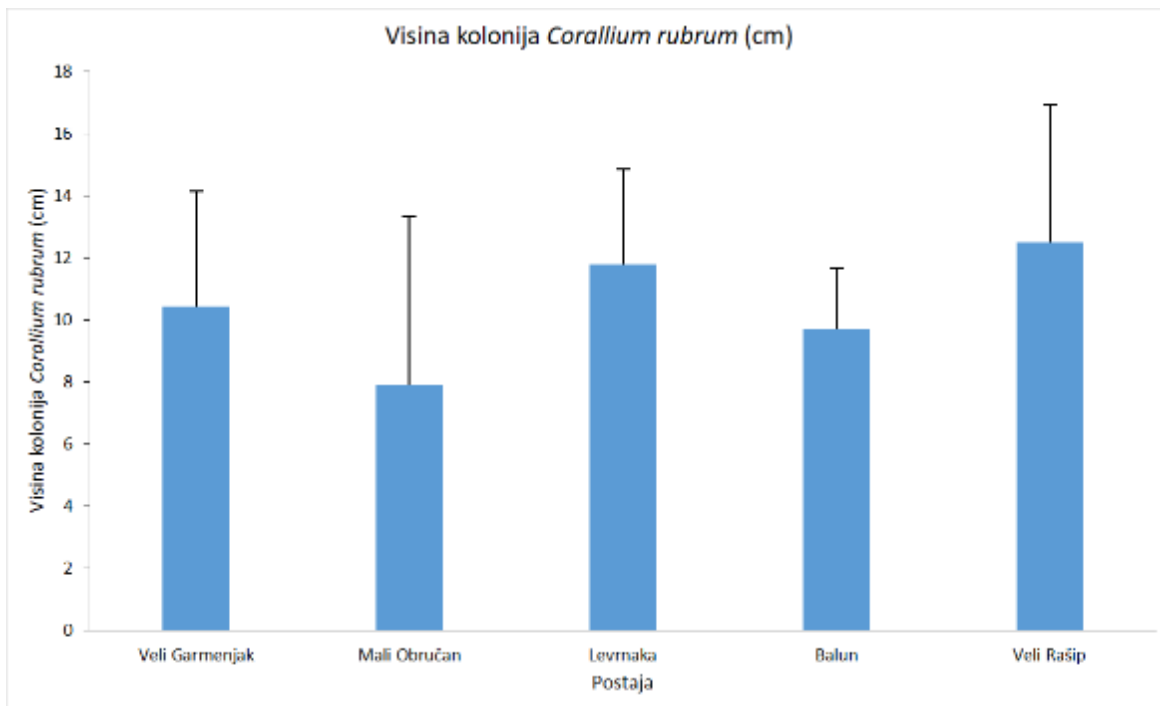
Crveni koralj je utvrđen na postajama Veli Garmenjак, Mali Obručan, Levrnaka, Balun i Veli Rašip (Slike 38). Najveći prosječan broj kolonija crvenog koralja po kvadratnom metru (\pm SD) utvrđen je na istraživanim postajama Veli Garmenjак ($92,4 \pm 27,7$) i Balun ($68,1 \pm 36,3$) (Slika 39). Najmanji broj kolonija utvrđen je na istraživanim postajama Levrnaka ($17,4 \pm 12,9$). Najveća prosječna visina kolonija crvenog koralja izmjerena je na postajama Veli Rašip ($12,51 \pm 4,47$) i Levrnaka ($11,83 \pm 3,29$), a najmanja na postaji Mali Obručan ($7,91 \pm 5,65$) (Slika 40). Razlike u prosjeku vezano uz trogodišnja istraživanja ne pokazuju realno odstupanje, niti statistički značajne razlike (Kolgomorov–Smirnov test, $P=0,156$), već samo razliku u gustoći kolonija ovisno o postavljanju kvadrata za brojanje kolonija kao slučajan odabir mjesta uzorkovanja/brojanja („random sampling“).



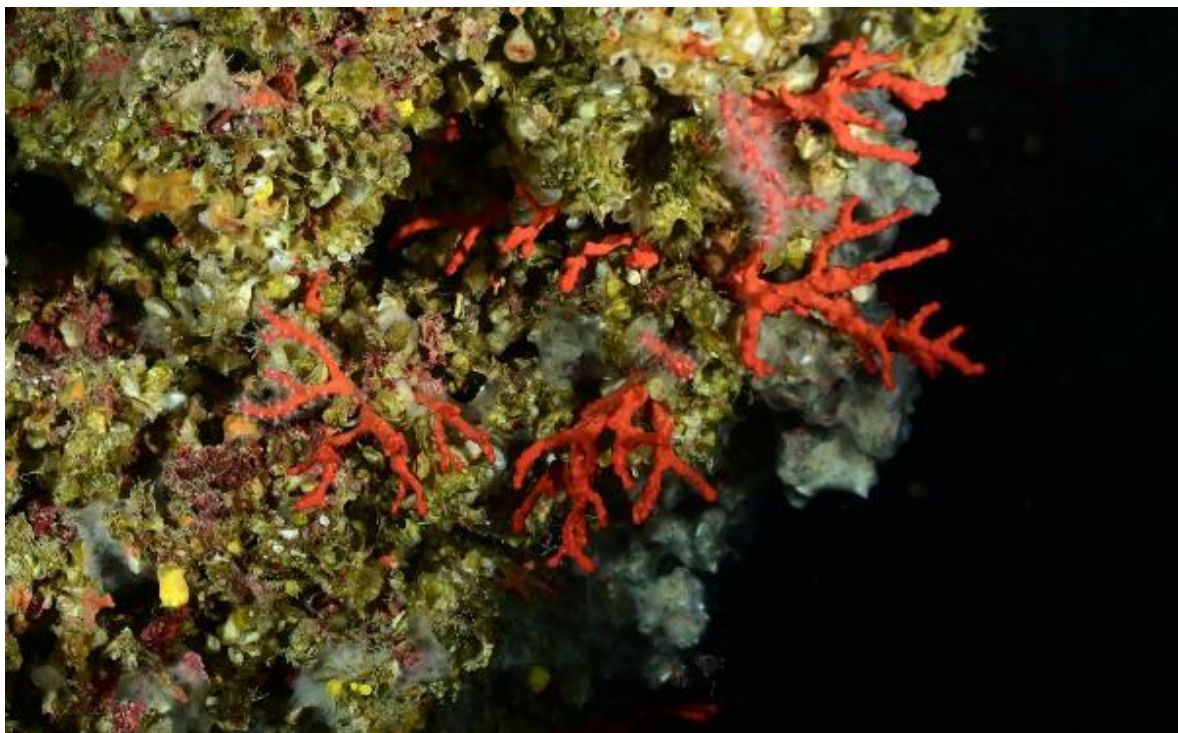
Slika 38. Mala kolonija crvenog koralja *Corallium rubrum* na postaji Balun. Dubina 57 metara. (P. Kružić)



Slika 39. Brojnost kolonija (po kvadratnom metru) vrste *Corallium rubrum* na istraživanim postajama (prosjeak ± SD).



Slika 40. Visina kolonija vrste *Corallium rubrum* na istraživanim postajama (prosjek \pm SD).

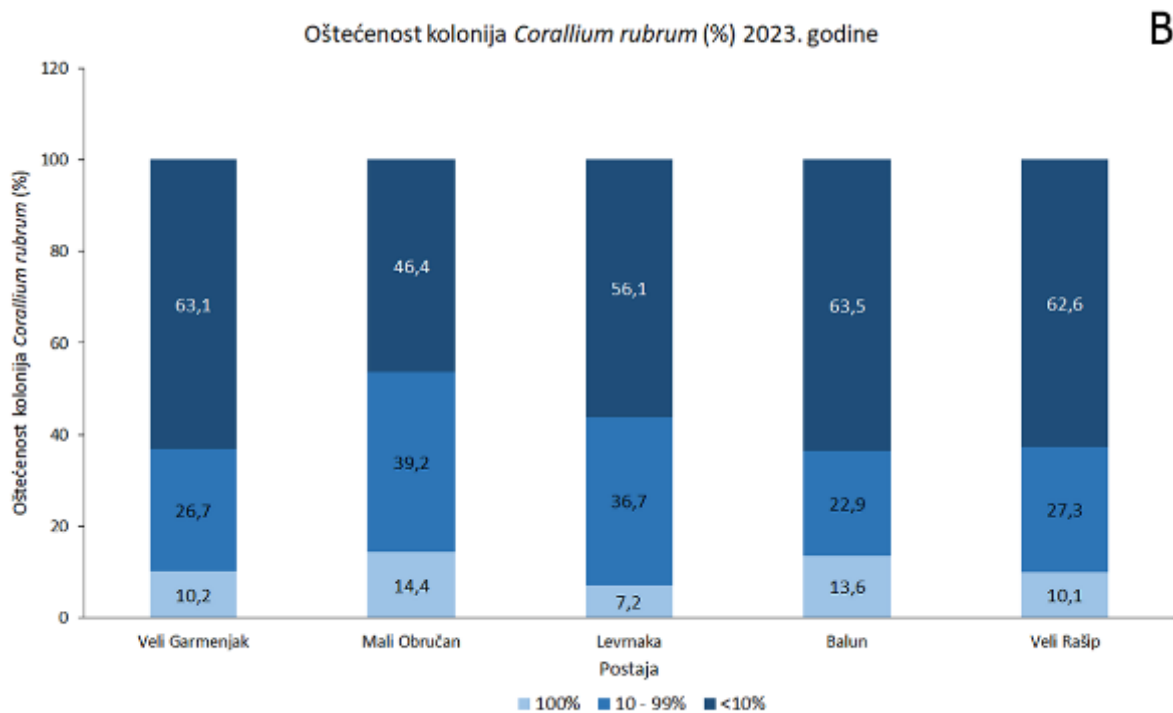
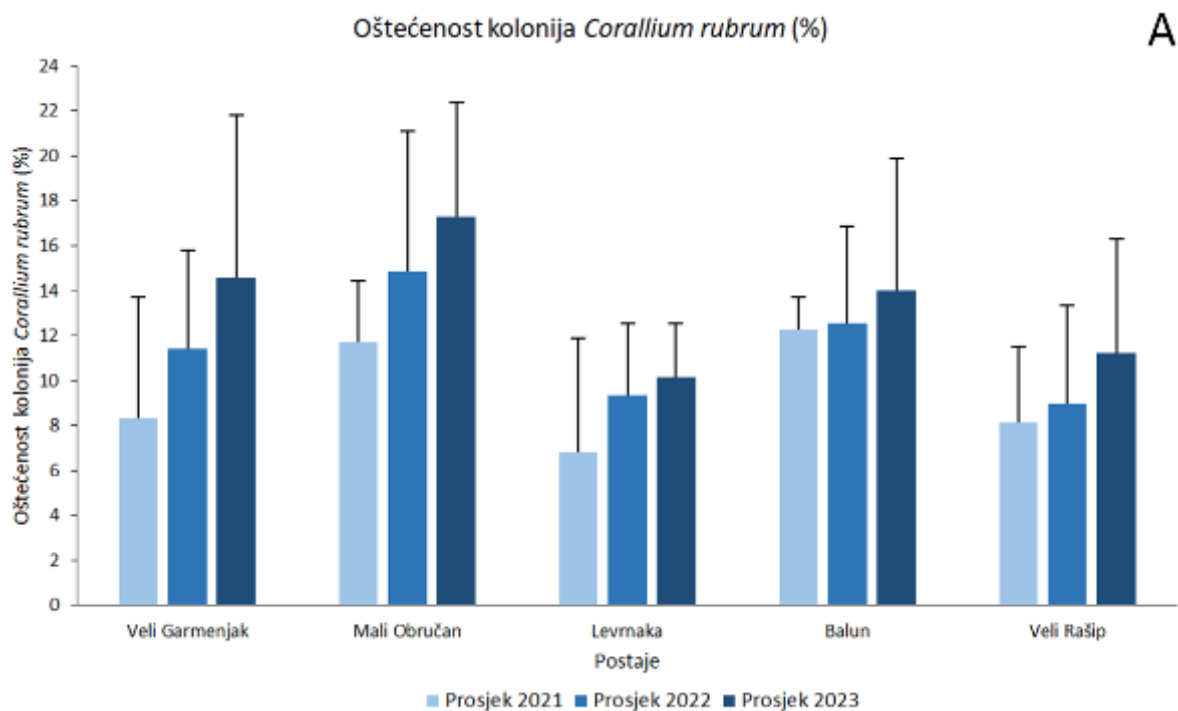


Slika 41. Kolonije crvenog koralja *Corallium rubrum* sa zatvorenim (uvučenim) polipima na postaji Levnaka. Vidljiv je početak nekroze tkiva kolonije. Dubina 44 metara. (P. Kružić)

Većina utvrđenih oštećenja kolonija crvenog koralja bila je starijeg datuma, iako ima popriličan postotak kolonija koje su sa zatvorenim polipima, a među njima i početnom nekrozom tkiva kolonija. Nekroza tkiva kod crvenog koralja je zabilježena i na vrhovima i na središnjem dijelu kolonije (Slika 41).

Unutar istraživanih kvadrata najveći postotak ukupnog oštećenja kolonija tijekom 2023. godine utvrđen je na postajama Mali Obručan ($17,29 \pm 5,41\%$) i Veli Garmenjak ($14,57 \pm 7,67\%$), a najmanji na postaji Levrnaka ($10,15 \pm 3,08\%$) (Slika 42A). Razlike u oštećenosti kolonija vrste *C. rubrum* kroz tri godine istraživanja su statistički značajne (Kruskal-Wallisov test, $H=51,69$, $df=59$, $P<0,001$).

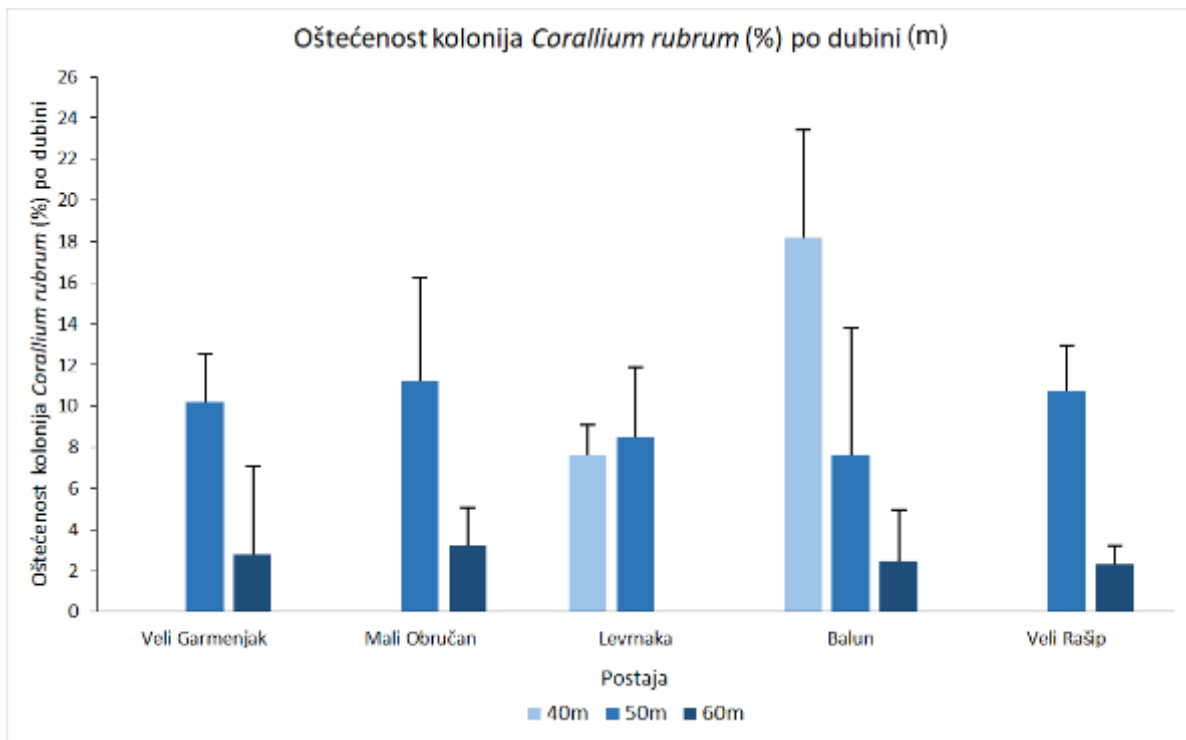
Omjeri oštećenosti kolonija crvenog koralja na istraživanim postajama prikazani su na Slici 42B. Najviše 100%-tnog oštećenja kolonija bilo je na postajama Mali Obručan (14,4%) i Balun (13,6%), dok je najmanje bilo na postaji Levrnaka (7,2%). Najveći postotak do 10% oštećenja je utvrđen na postajama Balun (63,5%), Veli Garmenjak (63,1%) i Veli Rašip (62,6%).



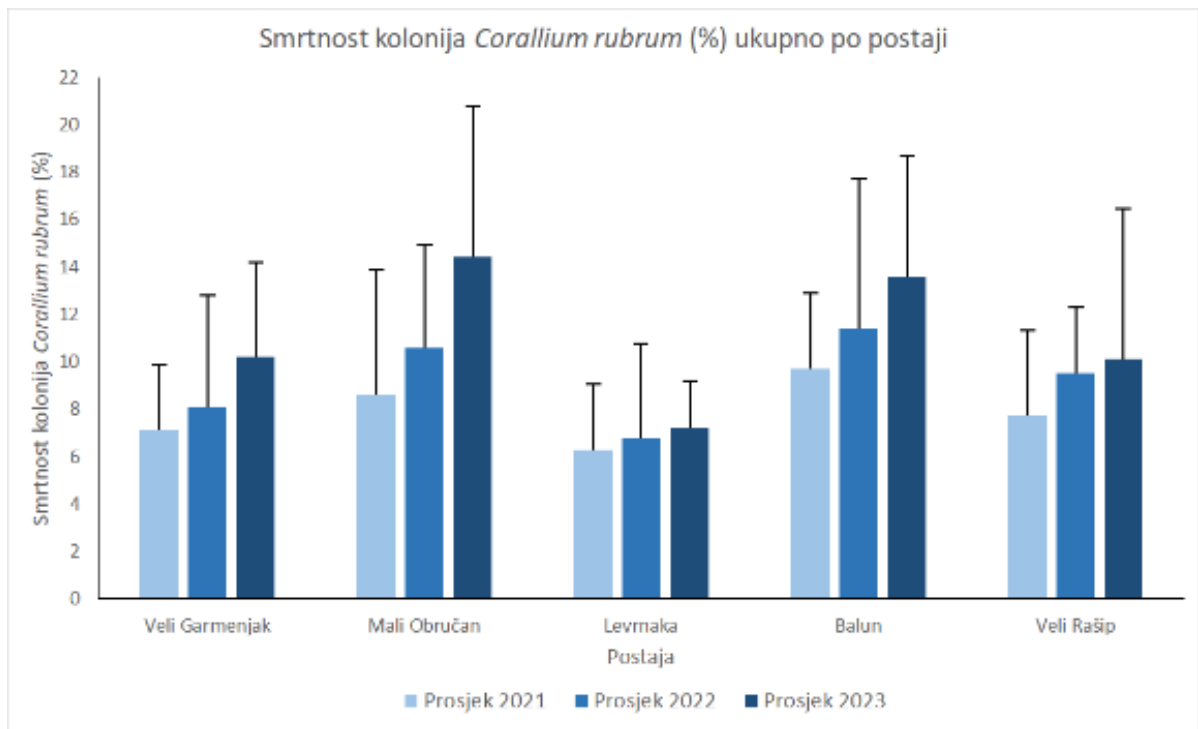
Slika 42. Oštećenost crvenog koralja *Corallium rubrum* na istraživanim postajama (prosječan broj oštećenih kolonija \pm SD). A) ukupno oštećenih kolonija; B) postoci oštećenih kolonija (<10% oštećenja), zahvaćenih kolonija (između \geq 10% i \leq 99% oštećenja) i mrtvih kolonija (100% oštećenja).

Najviše oštećenih kolonija utvrđeno je većinom kod postaja sa populacijama koje počinju najpliće, na postajama Balun (18,2% na 48 metara dubine) i Mali Obručan (11,2% na 52 metra dubine) (Slika 43). I na 55 metara dubine na postajama su utvrđena oštećenja, Mali Obručan (3,2%), Veli Garmenjak (2,8%), Balun (2,3%) i Veli Rašip (2.3%).

Kao i kod prve dvije istraživane gorgonije, ukupna smrtnost kolonija crvenog koralja svake godine istraživanja bilježi blagi statistički značajan porast (Kruskal-Wallisov test, $H=51,27$, $df=52$, $P<0,001$) (Slika 44). Najviše uginulih kolonija crvenog koralja u 2023. godini utvrđeno je na postajama Mali Obručan(15%) i Balun (14%). Najmanja smrtnost utvrđena je na postaji Levrnaka (7%).



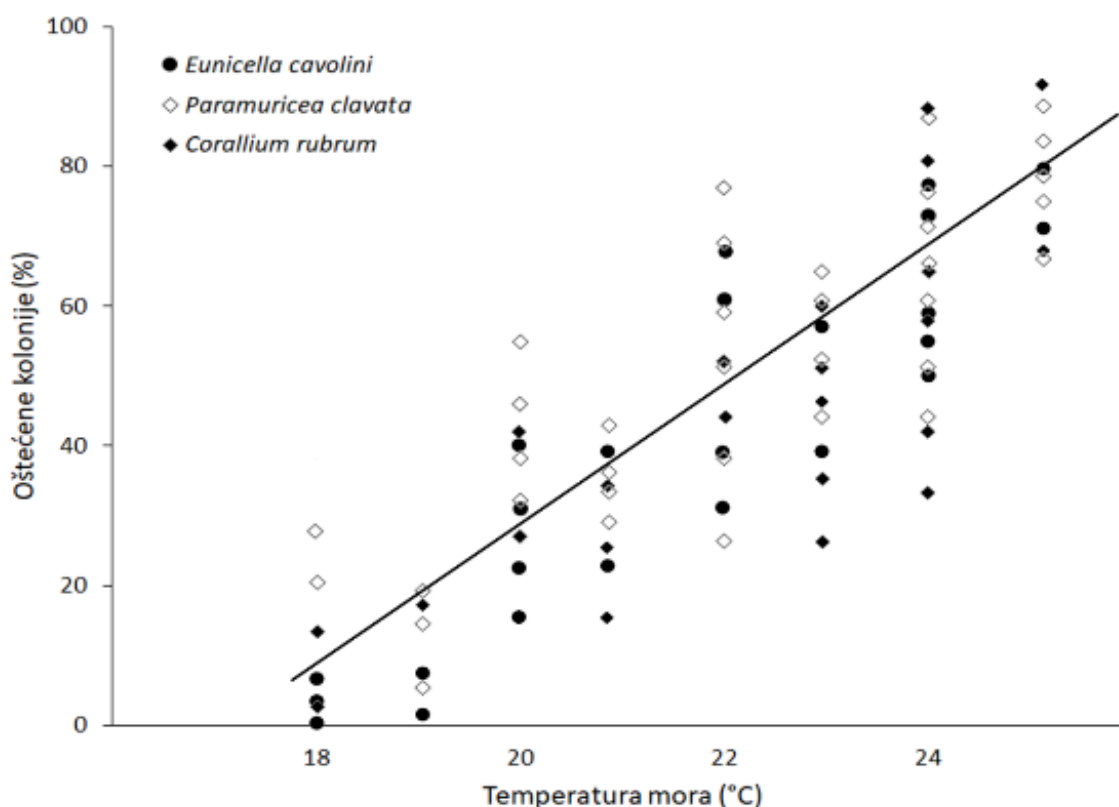
Slika 43. Oštećenost kolonija crvenog koralja *Corallium rubrum* na istraživanim postajama po dubinama (prosječan broj oštećenih kolonija za 2012., 2022. i 2023. godinu \pm SD).



Slika 44. Smrtnost kolonija crvenog koralja *Corallium rubrum* na istraživanim postajama (prosječan broj uginulih kolonija \pm SD).

4.2.4. Odnos temperature mora i smrtnosti istraživanih vrsta

Spearmanova analiza korelacije rangiranja između izmjerene temperature mora na svim istraživanim postajama i postotka oštećenjima zahvaćenih kolonija pokazala je značajnu povezanost ($r=0,53$, $P<0,05$). Postotak oštećenja kod sve tri vrste gorgonija raste s porastom temperature mora (Slika 45). Najniže vrijednosti odgovarale su istraživanjima na dubinama gdje je smrtnost mala ili je nije bilo.



Slika 45. Odnos između ljetnih temperaturnih uvjeta na istraživanim postajama unutar 3 godine istraživanja (prosjeak od lipnja do listopada 2021., 2022., 2023.) i postotka zahvaćenih kolonija u području PP Telašćice i NP Kornati. Temperaturni podaci su uzeti za sve mjerene dubine (30, 40 i 50 metara).

Za istraživanje su izabrane vrste koje su česte u koraligenskoj biocenozu istočne strane Jadranskog mora, ali i vrlo osjetljive na temperaturne anomalije i posljedice zagrijavanja mora pod utjecajem klimatskih promjena. Utjecaj povišene temperature mora na gorgonije je na svim postajama i svim dubinama pojačan osim na postaji Mana na *Eunicellu clavatu*.

5. RASPRAVA

Povišene temperature mora (temperaturne anomalije) do 50 metara dubine utvrđene su u Jadranskom moru u zadnjih 20-tak godina (Kružić i sur., 2016; Kovačev, 2014; Jelić, 2022). Rijetke su godine kada nisu zabilježene povišene temperature mora uz istočnu jadransku obalu. Takav mirniji „trend“ temperature mora na istraživan postajama vjerojatno je posljedica nemirnog mora (prvenstveno utjecaja bure i maestrala u srednjem dijelu Jadrana) tijekom kojih se more hladilo u ljetnim mjesecima. Tada također nije bilo većeg niza dugotrajnih izuzetno toplih dana koji bi zagrijali more, niti čestog južnog vjetrova koji bi pojačao zagrijavanje obalnog mora (Kružić i sur., 2016).

Na istraživanim postajama Veli Garmenjak i Mana na dubinama od 30, 40 i 50 metara i tijekom 2023. godine zabilježene su maksimalne temperature mora do 28°C i minimalne do 14°C. Na 40 metara dubine izmjerene temperature mora pokazuju u 8. i 9. mjesecu vrijednosti između 19 i 22°C, te kratkim skokom do 27°C krajem 9. mjeseca. Na 50 metara dubine izmjerene su temperature od 17 do 19°C kroz 8. i 9. mjesec, dok se tijekom 10. mjeseca temperature penju i do 22°C. Radi male udaljenosti i istih meteoroloških uvjeta podaci o temperaturi mora na preostalim istraživanim postajama su sličnih vrijednosti.

Tijekom istraživanog razdoblja od 2021. do 2023. godine u ovom radu zabilježene visoke temperature na većim dubinama mora, vjerojatna su posljedica neuobičajenog zagrijavanja tijekom produženog perioda stabilnosti vodenog stupca što dovodi do pojave povišenih temperatura koje su nekad bile ograničene na plitke slojeve (do dubine od 20 metara) (Garrabou i sur., 2009; Bianchi, 2007). Na svim istraživanim postajama utvrđen je negativan utjecaj povišene temperature mora, vidljiv kroz odumiranje (nekrozu) tkiva istraživanih vrsta gorgonija a na nekim postajama i kao mortalitet jedinki i kolonija što je prikazano u ovom radu (P. Kružić, neobjavljeni podaci). Gorgonije na utvrđene postaje sa ne pokazuju trend oporavka već se oštećenja povećavaju svake godine te je vjerojatna posljedica znatno smanjenje populacija gorgonija na istraživanom području u budućnosti.

Kod sesilnih vrsta u koraligenskoj biocenozi najveći problem predstavlja broj dana sa povišenom temperaturom mora, što ponekad može trajati i više od mjesec dana. Također, polipi pojedinih kolonija stalno su uvučeni, pa se kolonija ne hrani, što također uzrokuje mortalitet. Zbog nekroze tkiva na gorgonijama ostaje goli skelet na koji se hvataju organizmi koji trebaju čvrstu podlogu za život kao što su crvene alge, obrubnjaci i mahovnjaci.

Koncentracije hranjivih soli na istraživanim postajama u lipnju i listopadu 2023. godine pokazuju prosječne vrijednosti bez većih odstupanja za otvoreno more srednjeg Jadrana i stanje

se nije znatnije mijenjalo otkada se provode mjerenja (Kružić, 2013a; 2013b; 2021a; 2021b). Jedino je utvrđeno povišenje koncentracije hranjivih soli tijekom mjerenja u listopadu. Uzrok povišenih koncentracija je moguća posljedica povećanog ispusta kanalizacija i otpadnih voda sa brodova tijekom turističke sezone (Kružić, 2013a; 2013b; 2021a; 2021b). Ovaj negativan utjecaj vidljiv je i na vanjskim otocima srednjeg i južnog Jadrana. Nije utvrđeno snižavanje koncentracija pH mora, pa trenutno ne postoji negativan utjecaj na biokonstrukture (organizmi sa skeletom od kalcij-karbonata, primarno inkrustirajuće crvene alge i kameni koralji).

Kod vrsta *Eunicella cavollini*, *Paramuricea clavata* i *Corallium rubrum* utvrđuju se svake godine nove nekroze tkiva na svim istraživanim postajama u PP Telašćica i NP Kornati većinom kao nekroza na vrhovima grana ili na cijeloj gorgoniji kao kod crvene gorgonije (Kovačev, 2014; Ačkar, 2020; Jelić, 2022).

Žuta rožnjača *Eunicella cavolini* pripada vrstama koje su najugroženije u koraligenskoj biocenozi Sredozemnog mora, pa tako i istočnog dijela Jadranskog mora. U ovom istraživanju zabilježeno je da se nova, znatna oštećenja na istraživanim postajama povećavaju u odnosu na svaku istraživanu prijašnju godinu. Oštećenja su utvrđena najviše na vršnim granama kolonija, a najviše oštećenja na kolonijama utvrđeno je na postajama Veli Garmenjak (39,1%), Balun (36,8%) i Mali Obručan (35,2%). Najviše uginulih kolonija žute rožnjače u 2023. godini utvrđeno je na postajama Veli Rašip, Mana i Mali Obručan. Izmjerene vrijednosti visine kolonija su u rasponu srednjih vrijednosti za istočni dio Jadranskog mora unutar koraligenske biocenoze (Rodić, 2015).

Crvena gorgonija *Paramuricea clavata* nije utvrđena samo na postaji Veli Garmenjak. Jedna od najljepših Jadranskih gorgonija vrlo je ugrožena povišenom temperaturom mora, cvjetanjem alga i ribolovnim alatima. Tijekom istraživanja 2023. godine najviše oštećenja na kolonijama crvene gorgonije utvrđeno je na postajama Balun (41,6%) i Mali Obručan (37,2%). Velika oštećenost kolonija utvrđena je i na postaji Levrnaka (32,8%) i Mana (32,3%). Na dubinama između 34 i 55 metara na istraživanim postajama utvrđene su ukupno 22 nove uginule kolonije u PP Telašćica i NP Kornati. Svake godine se novije utvrđene nekroze na vrhovima grana povećavaju za više od 5%, a povećava se i broj kolonija s obraštajem (prvenstveno crvena alga *Womersleyella setacea*). Kao i kod žute rožnjače vjerojatni glavni razlozi nekroze tkiva su povišene temperature mora i cvjetanje mora u toplijim mjesecima (od lipnja do listopada), utvrđenog u velikim količinama tijekom sve tri godine istraživanja. Populacije crvene gorgonije najviše stradavaju u plićem dijelu koraligena zbog povišene temperature mora do 50 metara dubine. Kolonije su vrlo dalje ugrožene starim, ostavljenim ribolovnim alatima na svim istraživanim postajama, ali i novopostavljenim ribarskim mrežama (na postajama Balun i

Kamičići su zabilježene novopostavljene ribarske mreže tijekom terenskih istraživanja u sklopu ovog diplomskog rada). Tijekom svih godina istraživanja utvrđen je velik broj ribolovnih alata (i novih i starih) na istraživanim postajama. Većinom su to ribarske mreže, te manjim dijelom vrše.

Populacije crvenog koralja (*Corallium rubrum*) su u Sredozemnom moru najviše ugrožene vađenjem (legalnim i ilegalnim), te previsokim temperaturama mora na dubinama do 50 metara (Garrabou i sur. 2001; Garrabou i Harmelin, 2002; Kovačev, 2014; Jelić, 2022). I kod istraživanja 2023. godine veliki dio kolonija na istraživanim postajama je bio sa zatvorenim polipima ili je utvrđena nekroza tkiva. Najčešće je to znak ugroženosti radi povišene temperature mora. Ipak, utvrđena oštećenja kolonija crvenog koralja većinom je bila starijeg datuma. Najviše je oštećenih kolonija na postajama Mali Obručan (17,3%), Veli Garmenjask (14,6%) i Balun (14%), a najmanja na postaji Levrnaka (10,2%). Razlog je povišena temperatura mora, iako su kolonije na istraživanom području najviše ugrožene vađenjem (pogotovo ilegalnim kojeg ima i unutar zaštićenih područja). Kod ovog istraživanja nije utvrđeno ilegalno vađenje crvenog koralja, što je i rezultat dobrog rada nadzornih službi. Zagrijavanje mora pogađa populacije i do 60 metara dubine (Garrabou i Harmelin, 2002). Ugroženost crvenog koralja kod ovog istraživanja, kao i kod prethodnih istraživanih vrsta, dolazi zbog ostavljenih ribarskih alata. Budućnost plitkih populacija crvenog koralja, vrlo je neizvjesna zbog zagrijavanja mora i spuštanja termokline u ljetnim mjesecima (Kružić, 2009). Velik problem za koraligensku biocenozu na vanjskim postajama NP Kornati je crvena alga *Womersleyella setacea* čije je znatno širenje utvrđeno svake godine istraživanja. Ona obrašta dijelove skeleta gorgonija koje su načete nekrozom uzrokovanom povišenom temperaturom mora, ali i zdrave dijelove gorgonija. Također se širi po samoj koraligenskoj zajednici gušeći sesilne vrste (alge, spužve, koralje, mahovnjake). Također, na svim postajama utvrđen mnogočetinaš *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766), kojeg nalazimo kako se hrani žutom rožnjačom.

Tijekom istraživanja 2021-2023 utvrđeno je pojavljivanje znatne povećanje količine sluzavih prevlaka. Zbog svojih dugih, razgranatih struktura, koje su usmjerene okomito na struju kako bi uhvatile plankton, gorgonije su vrlo osjetljive na rast sluzi. Također lako hvataju nitastu sluz koja pluta u vodi i na taj način zbog prekrivanja gorgonija sluzave prevlake mogu negativno utjecati na njih (Giuliani i sur., 2005).

Posljedice cvjetanja mora u toplijim mjesecima najviše pogađa sesilne morske organizme u biocenozi fotofilnih alga, a sve više i u koraligenskoj biocenozi, gdje stradavaju spužve, kameni koralji i gorgonije, te mahovnjaci, a isto je vidljivo duž cijele istočne obale. Utvrđen je znatan

rast filamentoznih alga na svim istraživanim postajama. Cvjetanje bentoskih alga je, uz povišenu temperaturu mora, jedan od ključnih pokretača nekroze tkiva i masovne smrtnosti kod koralja zabilježenih u Jadranskom moru (Kružić, 2009). Tijekom istraživanja utvrđena su cvjetanja bentoskih alga na svim istraživanim postajama (od 6. do 11. mjeseca), a najčešća je smeđa alga *Acinetospora crinita*. Ova alga prekriva sesilne vrste, poput spužvi i koralja (kamenih koralja i gorgonija), te nakupljanje njenog talusa i pripadajuće sluzi ra smanjuje otpornost na oportunističke bakterije i gljivice koje uzrokuju bolesti i propadanje tkiva kod spomenutih sesilne vrste (Martin i sur., 2002; Chimienti i sur., 2021). Ovakvim procesom mogu stradati veće populacije spužvi, kamenih koralja, crvene i žute gorgonije i mahovnjaka. Cvjetanje bentoskih alga je učestalije na lokacijama koje su bliže naseljima, vjerojatno zbog kanalizacijskih ispusta, kojih nema na vanjskoj strani parka (osim potencijalne opasnosti od marine Piškera i restorana u uvalama). Jedan od mogućih razloga za povećanje organske tvari uz vanjske otoke su ispusti crnih tankova većih turističkih brodova kojih za vrijeme turističke sezone ima jako puno na Jadranu.

Plove riba papigača *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758) predstavljaju potencijalnu opasnost za kamene koralje i gorgonije u koraligenskoj biocenozi. Iako vrsta obitava u biocenozi fotofilnih alga, često se spušta do većih dubina unutar koraligena. Najdublje je utvrđena uz otok Mana na 42 metra dubine kod ovog istraživanja. Brojnost papigače u podmorju NP Kornati raste u zadnjih desetak godina i to širenje njihovog areala povezujemo sa klimatskim promjenama i zagrijavanjem Jadrana. Većinom su utvrđene manje plove od dvije do tri jedinke, ali ponekad može biti i do desetak jedinki u plovi (P. Kružić, neobjavljeni podaci).

Zbog klimatskih promjena i globalnog zagrijavanja mora, ugroženost i masovna smrtnost gorgonija bi se, nažalost, mogla ponavljati sve češće tijekom sljedećih desetljeća (Cerrano i sur., 2000; Coma i sur., 2000; Garrabou i sur., 2001; 2009; 2015), što bi dovelo do drastičnog smanjenja bioraznolikosti čitavog Sredozemnog mora (Ballesteros, 2003; 2006; Bianchi i Morri, 2000; Cerrano i Bavestrello, 2009). Kao rezultat ovog rada, napravljena je baza podataka (fotografije oštećenja, tablice oštećenja, podaci o morfometriji kolonija i podaci o ekološkim čimbenicima na istraživanim postajama) koja će se upotpunjavati novim istraživanjima. Za bolje praćenje stanja koraligenske biocenoze i promjena koje se događaju u ovoj biocenozi pod utjecajem globalnih klimatskih promjena u Jadranu, potrebna su stalna mjerenja temperature mora i fizikalno-kemijskih parametara (promjene saliniteta, koncentracije kisika, promjena pH, te koncentracije teških metala), kao i monitoring osjetljivih morskih vrsta, poput gorgonija u ovom radu. Odabrane gorgonije pokazale su se kao odlične vrste na kojima se može provoditi monitoring, jer su izuzetno osjetljive na povišene temperature mora kao

posljedica klimatskih promjena, te antropogene utjecaje koji se stalno povećavaju zbog snažnog pritiska turizma i marikulture.

6. ZAKLJUČCI

- Izmjerene temperature mora na istraživanim postajama Veli Garmenjak (PP Telašćica) i Mana postaja (NP Kornati) na dubinama od 30, 40 i 50 metara pokazuju visoke ljetne anomalije koje se na 50 metara dubine penju i do 25°C. Negativan utjecaj na bentoske organizme kroz nekroze dijelova kolonija ili smrtnost kolonija zbog povišene temperature mora utvrđen je na svim istraživanim postajama.
- Izmjereni fizikalno-kemijski parametri na istraživanim postajama su na razini prosjeka koncentracija otvorenog mora hrvatskog dijela Jadrana, iako oscilacije u koncentracijama hranjivih soli (poput dušika i fosfora), dovode do cvjetanja mora na istraživanim postajama i ugroze za sesilne bentoske vrste.
- Značajno povišene temperature mora primarni su uzrok nekroze tkiva istraživanih vrsta gorgonija.
- Sve tri odabrane vrste istraživanih gorgonija pokazuju različite stupnjeve oštećenja, a najugroženije su žuta rožnjače *Eunicela cavolini* i crvena gorgonija *Paramuricea clavata*. Crveni koralj *Corallium rubrum* je također ugrožen, ali manje, jer su populacije većinom dublje, ispod 40 metara dubine. Populacije crvenog koralja više su ugrožene ilegalnim vađenjem.
- Cvjetanje alga, većinom nitaste smeđe alga roda *Acinetospora*, utvrđeno je na svim postajama i prekrivalo je gorgonije od početka ljeta do kraja jeseni. Cvjetanje planktonskih i bentoskih alga je uz povišenu temperaturu mora glavni uzrok smrtnosti kolonija.
- Žuta gorgonija *Eunicela cavolini* otpornija je na temperaturne anomalije u odnosu na crvenu gorgoniju *Paramuricea clavata*. Najviše oštećenja kod žute rožnjače *Eunicella cavolini* na kolonijama utvrđeno je na postajama Veli Garmenjak (39,1%) i Balun (36,8%), kod crvene gorgonije *Paramuricea clavate* na postajama Balun (41,6%) i Mali Obručan (37,2%), a kod crvenog koralja *Corallium rubrum* na postajama Mali Obručan (17,3%), Veli Garmenjak (14,6%).
- Na svim istraživanim postajama utvrđeni su ribolovni alati (i stari i novopostavljeni), što pokazuje da je potrebna bolja zaštita zaštićenih područja u Jadranu.
- Invazivne tropske vrste sve više negativno utječu na bentos koraligenske biocenoze zbog zagrijavanja Jadranskog mora. Najveći problem su crvena alga *Womersleyella setacea*, riba papigača *Sparisoma cretense* i mnogočetinaš *Hermodice carunculata*.

7. LITERATURA

1. Ačkar, B. (2020) Struktura, bioraznolikost i ugroženost koraligenske biocenoze istočnog dijela Jadranskog mora. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb. 1-114.
2. Aguilar R. (2004): The Corals of the Mediterranean. Oceana, Madrid. 1-86.
3. Ballesteros E. (1992): Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Institut d'Estudios Catalanas, Barcelona.
4. Ballesteros E. (2006): Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology* 44: 123-195.
5. Ballesteros, E., (2003): The coralligenous in the Mediterranean sea. 1-74.
6. Barth, H., Fegan, L. (1990) Eutrophication-related phenomena in the Adriatic sea and in other Mediterranean coastal zones – Proceedings of a workshop organised by the Accademia Nazionale dei Lincei, the Istituto di Ricerca Sulle Acque of CNR and the Commission of the European Communities, and held in Rome, Italy, on 28-30 May 1990, Barth, H. (editor) and Fegan, L. (editor), European Commission, European Commission: Directorate-General for Research and Innovation. 1-264.
7. Bavestrello, G., Cerrano, C., Zanzi, D., Cattaneo-Vietti, R. (1997): Damage by fishing activities to the gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 7: 253–262.
8. Bianchi, C.N. (1997): Climate change and biological response in the marine benthos. In: Piccazzo, M. (eds.). Proceedings of the Italian Association for Oceanology and Limnology, Genova, 1: 3-20
9. Bianchi, C.N., Morri, C. (2000): Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 367–376.
10. Birin I., Draganović E. (1994): Nacionalni Park Kornati. Izletnička karta. NP Kornati, Murter.
11. Boudouresque, C.F. (2004): Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Scientific Report of Port-Cros National* 20: 97-146
12. Casas-Güell E, Cebrian E, Garrabou J, Ledoux JB, Linares C, Teixidó N. Structure and biodiversity of coralligenous assemblages dominated by the precious red coral

- Corallium rubrum over broad spatial scales. *Sci Rep.* 2016 Nov 18;6:36535. doi: 10.1038/srep36535. PMID: 27857209; PMCID: PMC5114658.
13. Cebrian, E., Linares, C., Marschal, C., Garrabou, J. (2012): Exploring the effects of invasive algae on the persistence of gorgonian populations. *Biological Invasions*, 14:2647-2656.
 14. Cerrano, C., Bavestrello, G. (2009): Massive mortalities and extinctions. U: Wahl, M.(ur.), *Marine Hard Bottom Communities. Patterns, Dynamics, Diversity, and Change.* Springer- Verlag, Berlin: Ch. 21. *Ecological Studies*, 206: 295–307.
 15. Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C.N., Cattaneo-Vietti, R., Bava S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F. (2000): A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian sea (NW Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3: 284-293.
 16. Chimienti, G., De Padova, D., Adamo, M. i sur. (2021) Effects of global warming on Mediterranean coral forests. *Scientific Reports* 11. 20703.
 17. Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F. i sur. (2010): The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. *Plos One.* e11842. doi:10.1371/journal.pone.0011842.
 18. Coma R., Polà E., Ribes M., Zabala M. (2004): Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns in protected and unprotected areas: a contribution to conservation and management needs. *Ecological Applications* 14: 1466–1478.
 19. Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., Gili, J. M. (2000): Seasonality in coastal benthic ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 448–453.
 20. Degobbis, D., Malej, A. and Umani, S.F., 1999. The mucilage phenomenon in the northern Adriatic Sea. A critical review of the present scientific hypotheses. *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, 35(3), pp.373-38.
 21. *Eunicella Cavolini*, Encyclopedia, Science News & Research Reviews <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/eunicella-cavolini> (Pristupljeno 14.02.2024.).
 22. Garrabou J., Harmelin J.G. (2002): A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insight into conservation and management needs. *J. Anim. Ecol.* 71: 966-978.
 23. Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeusne, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixido, N., Torrents,

- O., Zabala, M., Zuberer, F., Cerrano, C. (2009): Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15: 1090-1103.
24. Garrabou, J., Kipson, S., Kaleb, S., Kružić, P., Jaklin, A., Žuljević, A., Rajković, Ž., Rodić, P., Jelić, K., Župan, D. (2015): Monitoring protocol for coralligenous community. Tunis: RAC/SPA publications: 1-39.
25. Garrabou, J., Perez, T., Sartoretto, S., Harmelin, J.G. (2001): Mass mortality event in red coral (*Corallium rubrum*, Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia) population in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecology*; 217, 263–272.
26. Giordano, B., Bramanti, L., Perrin, J., Kahramanoğulları, O., Vielzeuf, D. (2023): Early stages of development in Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*): The key role of sclerites. *Front. Mar. Sci.* 10:1052854.
27. Giuliani S., Virno Lamberti C., Sonni C., Pellegrini D. (2005): Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian sea
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969705006479>
(Pristupljeno 19.09.2024.)
28. Habdija; I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): Protista-protozoa i metazoa invertebrata: Strukture i funkcije. *Alfa*. Zagreb. 102-117.
29. Harmelin, J.G. (1984): Biologie du corail rouge. Paramètres de populations, croissance et mortalité naturelle. Etat des connaissances en France. *FAO Rapport sur les pêches*, no. 306: 99-103.
30. Hong J.S. (1980): Étude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis á un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat. Université d'Aix, Marseille. 1-137.
31. Jelić, K. (2022). Rasprostranjenost i stanje populacija koralja (Anthozoa) koraligenske biocenoze u podmorju Šibensko-kninske županije (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:295613>
32. Kalafatović, L. (2020). 'Struktura i ugroženost populacija crvenog koralja *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) u istočnom Jadranu', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, citirano: 18.09.2024.,
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:688717>

33. Kovačev, A. (2014). Utjecaj temperaturnih anomalija na naselja koralja u koraligenskoj biocenozi na strmcima u Nacionalnom parku Kornati (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:975716>
34. Kružić P, 2013a. Monitoring of coralligenous community on the cliffs of the Nature Park Telašćica. Park prirode Telašćica, 1-50.
35. Kružić P, 2013b. Influence of temperature changes on the settlement of corals in coralligenous community on the cliffs of the N. P. Kornati, 1-36.
36. Kružić, P. (2007). Anthozoan fauna of Telašćica Nature Park (Adriatic Sea, Croatia). *Natura Croatica*, 16 (4), 233-266. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/28925>
37. Kružić, P. (2009): Kartiranje morskih staništa na vanjskim strmcima NP Kornati - Izvještaj. Biološki odsjek, Sveučilište u Zagrebu, PMF: 1-59.
38. Kružić, P. (2021a) Influence of temperature changes on the settlement of corals in coralligenous community on the cliffs of the National Park Kornati. Monitoring Report - National Park Kornati, 1-36.
39. Kružić, P. (2021b) Monitoring of coralligenous community on the cliffs of the Nature Park Telašćica. Monitoring Report - Park prirode Telašćica, 1-50.
40. Kružić, P., Rodić, P., Popijač, A., Sertić, M. (2016): Impacts of temperature anomalies on mortality of benthic organisms in the Adriatic Sea. *Marine ecology* 37: 1190-1209.
41. Kružić, P. i Teskeredžić, E. (2002). Mogućnosti vađenja i uzgoja crvenog koralja (*Corallium rubrum*, Linnaeus, 1758) u Hrvatskoj, *Croatian Journal of Fisheries*, 60 (4), 149-164. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/4685>
42. Kučinar, I. (2016). Raznolikost makroalgi u koraligenskoj zajednici istočnog Jadrana (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:885905>
43. Laborel J. (1987): Marine biogenic constructions in the Mediterranean. *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 13: 97–126.
44. Laborel, J. (1961): Le concretionnement algal “coralligène” et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Recueil Travaux Station Marine d’Endoume* 23: 37-60.
45. Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B., Dantart, L. (2005): Immediate and delayed effects of a mass mortality event on a gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Mar.Ecol.Prog.Ser.*305: 127 – 137.

46. Marini, M., Grilli, F., Guarnieri, A., Jones, B. H., Klajic, Z., Pinardi, N., Sanxhaku, M. (2010) Is the southeastern Adriatic Sea coastal strip an eutrophic area?, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 88, 395–406, doi:10.1016/j.ecss.2010.04.020.
47. Marshall, J.P. (1983): The fate of borings: relations between bioerosion, internal sediment infill and submarine cementation. *Proceedings of the inaugural GBR conference, Australia*, 129-234.
48. Martin Y, Bonnefont JL, Chancerelle L (2002) Gorgonians mass mortality during the 1999 late summer in French Mediterranean coastal waters: the bacterial hypothesis. *Water Research* 36: 779-782
49. Matas, V. (2010) Usporedba koralja (Anthozoa) na području Parka prirode Telašćica, Nacionalnog parka Kornati i Nacionalnog parka Mljet. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb. 1-104.
50. Matoničkin I., Habdija I., Primc-Habdija B. (1998): *Biologija nižih avvertebrata*. Školska knjiga, Zagreb. 1-702.
51. Mučić, M. (2016). *Fauna koralja u koraligenskoj biocenozi istočnog Jadrana* (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:490621>
52. Nacionalni park Kornati (2023) <https://www.kornati.hr/> (Pristupljeno 06.02.2024.)
53. Nacionalni parkovi, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2024) <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/zasticena-podrucja/nacionalni-parkovi/1194> (Pristupljeno 06.02.2024.)
54. Narodne novine NN 14/(1988): Zakon o proglašenju parka prirode "Telašćica" (1988)
55. Norse, E.A., Crowder, L.B. (2005): *Marine Conservation Biology: The Science of Maintaining the Sea's Biodiversity*. Island Press, Washington, DC. 1-470.
56. Plan upravljanja Nacionalnim parkom Kornati (PU 6012) 2024.-2033 (2023), NP Kornati https://www.np.kornati.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=230&lang=hr (Pristupljeno 05.02.2024)
57. Prvan M., Berković, B., Jakl, Z., Žuljević, A., Bitunjac, I., Plepel, I., Dragičević, B., Pleslić, G., Holcer, D. (2016): Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana. Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce, Split. 1-310.
58. Rodić, P. (2015). *Ekološka obilježja koraligenske zajednice u istočnom dijelu Jadranskoga mora* (Disertacija). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:189477>

59. Rowlett, J. (2023): The New Octocorallia: Malacalcyonacea Part 1, reefbuilders <https://reefbuilders.com/2023/01/23/the-new-octocorallia-malacalcyonacea-part-1/> (Pristupljeno 13.02.2024)
60. Rowlett, J. (2023a): The New Octocorallia: Scleralcyonacea (And A Few Remaining Mysteries), reefbuilders <https://reefbuilders.com/2023/01/25/the-new-octocorallia-scleralcyonacea-and-a-few-remaining-mysteries/> (Pristupljeno 13.02.2024)
61. Sartoretto, S. (1996): Vitesse de croissance et bioérosion des concrétionnements “coralligènes” de Méditerranée nord-occidentale. Rapport avec les variations Holocènes du niveau marin. Thèse Doctorat d’Écologie, Université d’Aix, Marseille
62. Sini, M., Kipson, S., Linares, C., Koutsoubas, D., Garrabou, J. (2015): The Yellow Gorgonian *Eunicella cavolini*: Demography and Disturbance Levels across the Mediterranean Sea. PLoS ONE 10(5): e0126253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126253>
63. Turk, T. (2011): Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, Zagreb, 1-592.
64. van Ofwegen, Leen (2014). "Paramuricea clavata (Risso, 1826)". WoRMS. World Register of Marine Species. Retrieved 2014-12-16.
65. Viličić, D. (2014): Specifična oceanološka svojstva hrvatskog dijela Jadrana. Hrvatske vode. 90, 297-314
66. Weinberg, S. (1991): Faut-il protéger les gorgones de Méditerranée? In Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée, C.F. Boudouresque i sur. (eds), GIS Posidonie, Marseille, 47-52.

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 09.12.1996.godine u Zagrebu. Pohađala sam Prvu osnovnu školu Dugave, a srednješkolosko obrazovanje nastavila sam u IX.gimnaziji u Zagrebu koju sam završila 2015.godine. Iste godine upisala sam preddiplomski studij Urbanog šumarstva, zaštite prirode i okoliša na Šumarskom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu. Titulu sveučilišne prvostupnice inženjerke ostvarila sam 2020. godine s temom završnog rada „Onečišćenje morskog okoliša plastičnim otpadom“. Završenim preddiplomskim studijem osposobljena sam za stručnog suradnika za poslove šumarske struke koji se obavljaju u urbanim sredinama kao i za poslove koji su vezani za zaštitu prirode i okoliša. Kroz razne seminare, radionice i terenske nastave tijekom studija educirana sam za individualni i timski rad te upoznata s trendovima u urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša u zemlji i svijetu.

Zatim, 2020. godine upisala sam diplomski studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Aktivno se služim engleskim jezikom u govoru i pismu.