

# Utjecaj globalnih klimatskih promjena na greben koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) u Nacionalnom parku Mljet

---

Guić, Rita

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:217:747614>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-01**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Rita Guić

UTJECAJ GLOBALNIH KLIMATSKIH PROMJENA  
NA GREBEN KORALJA *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767)  
U NACIONALNOM PARKU MLJET

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad izrađen je u Laboratoriju za biologiju mora na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Petra Kružića. Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

## ZAHVALE

Hvala izv. prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović na izdvojenom vremenu i velikoj pomoći u nabavljanju literature.

Hvala prof. dr. sc. Mirku Orliću na ustupljenoj literaturi i savjetima.

Hvala doc. dr. sc. Sunčici Bosak i dr. sc. Anti Žuljeviću na pomoći u determinaciji.

Hvala mentoru, izv. prof. dr. sc. Petru Kružiću na ustupljenim materijalima i pomoći u obradi podataka.

Hvala Zavodu za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije.

Hvala obitelji i prijateljima na podršci. Posebno hvala onima koji su bili uz mene i savjetovali me kad sam se susretala s izazovima.

Hvala Davidu na brojnim idejama i prijedlozima, instrukcijama iz kemije i beskrajnoj vjeri u mene.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Utjecaj globalnih klimatskih promjena na greben koralja  
*Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) u Nacionalnom parku Mljet

Rita Guić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Tijekom istraživanja u 2018. godini utvrđene su povećane temperature mora (temperaturne anomalije) do 29 °C u Velikom jezeru (NP Mljet). Negativan utjecaj povišene temperature mora vidljiv je prvenstveno kao odumiranje (nekroza) tkiva na kamenim koraljima te kao mortalitet jedinki i smanjenje populacija. Usporedba promjena u Velikom jezeru u zadnjih 20 godina kod grebena koralja pokazuje pozitivnu korelaciju između povišenja temperature mora i povećanja nekroze tkiva i smrtnosti koralja. Mjerenjem brzine rasta čaški koralja radiografskom metodom utvrđene su manje vrijednosti brzine rasta za razdoblje od 2002. do 2018. godine u odnosu na razdoblje od 1980. do 2002. godine. Rast čaški kolonija pokazuje pozitivnu korelaciju s prosječnom godišnjom temperaturom mora u Velikom jezeru. Brzina rasta vrste *Cladocora caespitosa* na grebenu izmjerena u ovom radu (od 1,75 mm do 5,67 mm godišnje) podudara se s rezultatima istraživanja ove vrste u Sredozemnom moru. Koralj *C. caespitosa* pokazuje stupnjeve oštećenja populacija vezano za temperaturne anomalije. Uz nekrozu tkiva polipa koralja utvrđeno je i izbacivanje simbiotskih zooksantela (engl. *coral bleaching*), što je dokaz temperaturnog šoka. Značajan je udio novih nekroza unutar istraživanih kvadrata na grebenu utvrđenih prilikom ovog istraživanja tijekom 2018. godine. Invazivna alga *Caulerpa cylindracea* i riba papigača *Sparisoma cretense* velike su prijetnje grebenu koralja *C. caespitosa* u Velikom jezeru.

Rad sadrži: 52 stranice, 37 fotografija, 6 tablica, 53 literaturna navoda.

Jezik izvornika: hrvatski.

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: *Cladocora caespitosa*, NP Mljet, greben koralja, klimatske promjene, Jadransko more

Voditelj: Dr. sc. Petar Kružić, izv. prof.

Ocjenitelji: Dr. sc. Ana Galov, izv. prof.

Dr. sc. Alan Moro, izv. prof.

Dr. sc. Ivan Čanjevac, doc.

Rad prihvaćen: 20. veljače 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

The influence of global climate change on *Cladocora caespitosa*  
(Linnaeus, 1767) bank in the National Park Mljet

Rita Guić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The research conducted in 2018. showed an increased sea temperature (temperature anomaly) which reached 29°C in Veliko jezero (Mljet National Park). Negative impact of an increased sea temperature is primarily visible through tissue necrosis of stony corals. Comparison of changes in Veliko jezero in the last 20 years on coral reef shows a positive correlation between increased sea temperature and necrosis of corals and mortality. Measuring the growth rate of the corals using X-ray method, lower values of growth rate for the period from 2002 to 2018 were determined compared to the period from 1980 to 2002. The growth of the coral colony shows a positive correlation with the average annual sea temperature in Veliko jezero. The growth rate of the *Cladocora caespitosa* species on the reef measured in this paper (from 1.75 mm to 5.67 mm per year) is consistent with the results gathered in the study in the Mediterranean Sea. Coral *C. caespitosa* shows degrees of population damage due to temperature anomalies. Along with necrosis, coral bleaching was also detected, which is a proof of temperature shock. Significant share of new necrosis was established within the investigated squares at the reef during this research in 2018. Invasive algae *Caulerpa cylindracea* and parakeet fish *Sparisoma cretense* are great threats to the coral reef of *C. caespitosa* in Veliko jezero.

Thesis contains: 52 pages, 37 figures, 6 tables, 53 references. Original in: Croatian.

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: *Cladocora caespitosa*, NP Mljet, coral reef, climate change, Adriatic Sea

Supervisor: Dr. Petar Kružić, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Ana Galov, Assoc. Prof.

Dr. Alan Moro, Assoc. Prof.

Dr. Ivan Čanjevac, Asst. Prof.

Thesis accepted: February 20, 2019

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Geografska obilježja otoka Mljeta .....	1
1.2. Geološka obilježja otoka Mljeta .....	3
1.3. Klimatske promjene u Sredozemnom moru .....	4
1.4. Razred Anthozoa: koralji.....	6
1.5. Koralj <i>Cladocora caespitosa</i> (Linnaeus, 1767).....	7
1.5.1. Sistematika vrste.....	7
1.5.2. Nalazi vrste.....	7
1.5.3. Građa koralja <i>C. caespitosa</i> .....	8
1.5.4. Biologija koralja <i>C. caespitosa</i> .....	10
1.5.5. Kalcifikacija i rast koralja <i>C. caespitosa</i> .....	10
1.5.6. Ekologija koralja <i>C. caespitosa</i> .....	11
1.6. Rod <i>Symbiodinium</i> .....	12
1.7. Simbioza zooksantela – koralj .....	13
1.8. Bioraznolikost na koraljnom grebenu .....	14
1.8.1. Alga <i>Caulerpa cylindracea</i> Sonder .....	15
1.8.2. Riba <i>Sparisoma cretense</i> (Linnaeus, 1758) .....	16
1.9. Cilj istraživanja .....	16
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	17
3. MATERIJALI I METODE .....	18
4. REZULTATI.....	22
4.1. Temperatura mora u Velikom jezeru .....	22
4.2. Količina svjetlosti u Velikom jezeru.....	27
4.3. Hranjive soli na grebenu koralja .....	29
4.4. Brzina pridonjenih struja na grebenu koralja.....	29
4.5. Brzina rasta na grebenu koralja.....	30

4.6. Oštećenja kolonija na grebenu koralja .....	33
4.7. Utjecaj invazivnih vrsta na grebenu koralja .....	40
5. RASPRAVA .....	43
6. ZAKLJUČCI .....	48
7. LITERATURA .....	49



# 1. UVOD

## 1.1. Geografska obilježja otoka Mljeta

Otok Mljet pripada južnodalmatinskoj otočnoj skupini. Od većih hrvatskih otoka, Mljet je najjužniji i najistočniji otok. Pruža se u smjeru zapad-sjeverozapad - istok-jugoistok, čime predstavlja prijelazni oblik između dinarskog i hvarskog smjera pružanja otoka. Nalazi se južno od poluotoka Pelješca od kojega ga razdvaja Mljetski kanal, jugoistočno od otoka Korčule, istočno od Lastovskog otočja te sjeverozapadno od Elafitskih otoka. Prosječna širina otoka iznosi 3 km, a najveća 4,8 km. Najveća duljina, odnosno zračna udaljenost od rta Goli do rta Gruj iznosi 37 km. Površina Mljeta je 100,4 km<sup>2</sup>, što ga čini osmim hrvatskim otokom po veličini (Riđanović i sur., 1995).

Sjeverozapadni dio Mljeta proglašen je nacionalnim parkom 11. studenog 1960. godine, a 37 godina kasnije Sabor RH donosi Zakon o proširenju Nacionalnog parka Mljet na more i podmorje, čime je granicama nacionalnog parka obuhvaćeno okolno morsko područje (Slika 1). To je četvrti po redu nacionalni park u Hrvatskoj, a pokriva površinu od 5375 ha. Posebnosti ovoga kraja su morska jezera i očuvane šume alepskog bora i hrasta crnike. Na jugoistočnoj strani Mljeta 15. travnja 1965. godine proglašen je značajni krajobraz Saplnunara (HAOP).



**Slika 1.** Granice Nacionalnog parka Mljet. Izvor: <http://www.bioportal.hr/gis/> (9.1.2019.)

Otok Mljet dio je Dubrovačko-neretvanske županije, a broji 14 naselja i 4 zaseoka. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, na otoku živi 1088 ljudi prosječne starosti 47,5 godina. Najveće i jedno od najstarijih naselja je Babino polje s 270 stanovnika, ujedno administrativno središte općine Mljet. Slijede ga Goveđari sa 151 stanovnikom, Sobra sa 131 stanovnikom i Polače sa 113 stanovnika (DZS RH).

Prema Köppenovoj klasifikaciji klima, na ovom području zastupljena je sredozemna klima sa suhim vrućim ljetom (Csa), takozvana „klima masline“, koju odlikuju suha i vruća ljeta te blage i kišovite zime. Ljeti prevladavaju vedro vrijeme i jaka insolacija, koji su posljedica subtropskih anticiklona. Kao i ostali krajevi sa sredozemnom klimom, Mljet ima znatnu količinu oborina, ali su one nejednoliko raspoređene tijekom godine. Maksimum oborina pojavljuje se krajem jeseni i početkom zime, a ljeti su česte suše (Šegota i Filipčić, 1996).

Na Mljetu se razlikuju tri velike reljefne cjeline: zapadni, središnji i istočni dio otoka. Zapadni dio otoka odlikuju razvedena obala i niski teren. Dio ove cjeline su Veliko i Malo jezero, fenomeni otoka Mljeta, koji su nastali u postglacijalnom razdoblju potapanjem krških depresija. Granica između zapadnog i središnjeg dijela je Ivanje polje. Središnji dio seže do naselja Sobre i to je najviši, najširi i najslabije razvedeni dio otoka. Značajno geomorfološko obilježje Mljeta je izmjenjivanje uzvisina i udolina, što je najviše vidljivo upravo u tom dijelu zbog slabije mikrotektonske poremećenosti u odnosu na zapadnu i istočnu cjelinu. Najveća udolina je Babino polje, u blizini kojega se na 514 m nadmorske visine nalazi Velji grad, najviši vrh Mljeta. Istočni dio otoka je najduži i također relativno visok. Rtovi na južnoj obali i otočići oko nje ostatak su uzvišenja potopljenog u postglacijalnom razdoblju. Zapadna i istočna cjelina mikrotektonski su poremećenije zbog većeg broja poprečnih rasjeda, a njima je uvjetovana i veća razvedenost obala u odnosu na središnji dio. Mljet je denudacijsko-tektonska morfostruktura koja je konformna cijelom površinom osim na području Velikog i Malog jezera te obližnjih Solina. Ondje je u prošlosti bilo tjeme prevrnute antiklinale, tijekom vremena je denudiralo i potom u postpleistocenskoj ingresiji, kada je razina mora porasla za oko 100 m, bilo potopljeno. Najzastupljeniji morfološki oblici reljefa su krški, fluviokrški i padinski, a na jugu otoka i fluvioeolski. Oni su posljedica pretežno karbonatnog sastava otoka. Krški oblici reljefa koji se pojavljuju na vapnenačkoj podlozi su škrape, koje ponegdje tvore škrapar ili ljuti krš, ponikve, špilje i jame. Ponikve nastaju na vapnenačkim i dolomitnim podlogama, često su ispunjene crvenicom i zato korištene kao obradive površine. Ponikve u dolomitima većeg su promjera i dubine od onih u vapnencima. Najzanimljiviji fluviokrški oblici su blatine, kriptodepresije koje se vodom opskrbljuju putem kišnice i, u

manjoj mjeri, iz okolnih izvora te su tijekom cijele godine ispunjene bočatom vodom. Zadržavanje vode na površini omogućava dolomitna podloga koja je manje propusna od vapnenačke. Najveća je Blatska blatina u blizini naselja Blata, čija površina varira od 0,08 km<sup>2</sup> ljeti do 0,2 km<sup>2</sup> u vlažnom razdoblju godine (Bognar i Curić, 1995). Poljoprivredno najvažniji fluviokrški oblici su krške uvale i zavale polja u kršu, koje se na Mljetu skupno nazivaju poljima, a u čijoj su podlozi dolomiti. Raspadom dolomita nastala su gospodarski vrijedna plodna tla (Gušić i sur., 1995). Padinski oblici vidljivi na otoku Mljetu su sipari, točila i jaruge. Fluvioeolski reljef uočljiv je na jugoistoku otoka, gdje je mjestimično vjetrom doneseno i u pleistocenu istaloženo 10 do 20 m sitnog pijeska nastalog erozijom flišnih sedimenata (Bognar i Curić, 1995).

## 1.2. Geološka obilježja otoka Mljeta

Otok Mljet se, uz Korčulu, Lastovo i Pelješac, nalazi na južnome dijelu Jadranske karbonatne platforme. Jadranska karbonatna platforma obuhvaća današnje krško područje Dinarida od rijeke Soče do rijeke Bojane, predio širine oko 150 km. Na području Jadranske karbonatne platforme u trajanju od skoro 220 milijuna godina prosječno je istaloženo čak 6 km karbonatnih naslaga, mjestimice do 8 km (Husinec, 2002).

Geološka građa otoka Mljeta dijeli se u dvije cjeline: mezozojske karbonatne naslage te kvartarne naslage. Između nastanka mezozojskih i kvartarnih naslaga došlo je do kolizije Jadranske mikroploče i Europske ploče te je početkom kvartara Mljet dobio približno današnji izgled i oblik (Gušić i sur., 1995). Otok su gotovo posve izgradile mezozojske karbonatne naslage (Husinec, 2002).

Mezozojske karbonatne naslage mogu se podijeliti na četiri litostratigrafske jedinice; najstariji od njih su gornjojurski vapnenci. Gornjojurski vapnenci izgrađeni su od litificiranog vapnenačkog mulja, mikrita, a nastali su taloženjem sitnih vapnenačkih čestica (< 4 μm) biogenog i abiogenog podrijetla u plitkom i toplom okolišu. U gornjih 150 m gornjojurskih naslaga pronađen je fosil vrste *Clypeina jurassica* Favre, jednostanične zelene kalcificirajuće alge koja je bila važan provodni fosil za razdoblje između 140 i 130 milijuna godina prije sadašnjosti. Jursko-kredni dolomiti nastali su kasnodijagenetskom dolomitizacijom vapnenaca. Pojas dolomita najširi je u području Nacionalnog parka, a prema jugoistoku otoka se sužava (Gušić i sur., 1995).

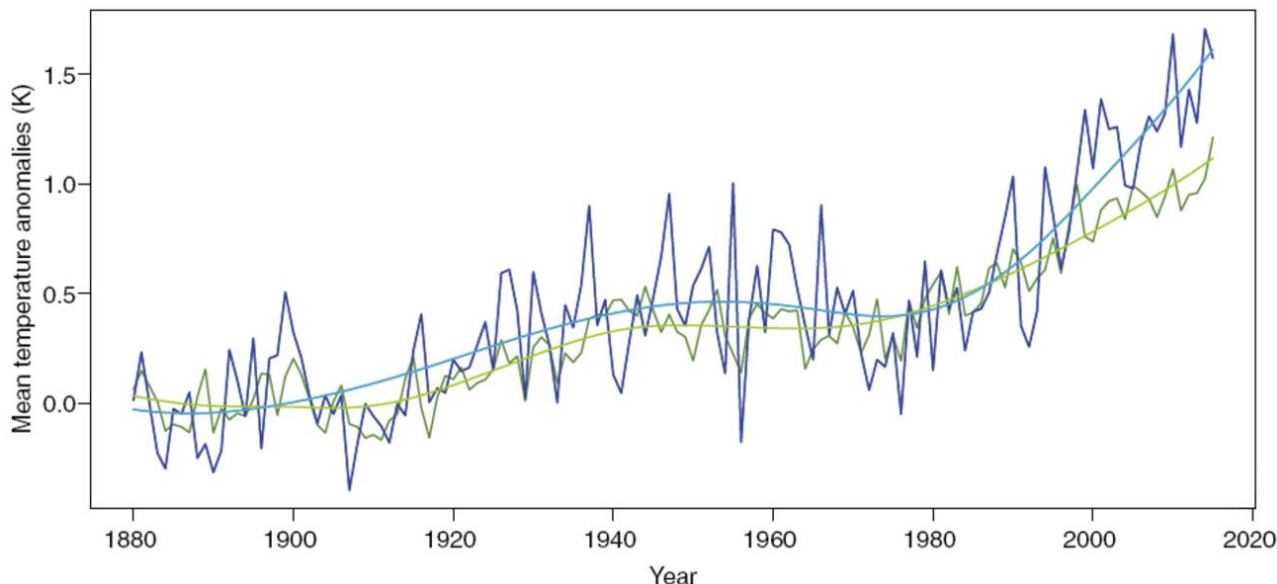
Donjokredni vapnenci zbog povremenih oplićavanja u donjoj kredi mjestimice imaju izraženu fenestralnu građu koju karakteriziraju šupljine u stijenskoj masi nastale isušivanjem taloga, vadozne tvorbe kroz koje se procjeđuje oborinska voda te proslojci breča i konglomerata. Provodni fosili koji se mogu naći u ovim naslagama su zelene kalcificirajuće alge iz reda Dasycladales te velike bentičke foraminifere. Kredni vapnenci i dolomiti u izmjeni nastali su u razdoblju između 102 do 90 milijuna godina prije sadašnjosti. Razlika u odnosu na donjokredne vapnence je veći udio dolomitnih proslojaka, koji u ovoj litostratigrafskoj jedinici doseže čak 50 %. Vapnenci iz ovog razdoblja taloženi su uglavnom u nemirnom okolišu te umjesto mikrita sadrže sparit, kalcitno vezivo nastalo kemijskim izlučivanjem u porama vapnenačkog taloga. Gornjokredne naslage lako su prepoznatljive po školjkašima rudistima, ujedno facijesnim i provodnim makrofosilima. Kvartarne naslage dijele se na kvarcne pijeske pleistocena, koji su prisutni na jugoistoku otoka, a zbog eruptivnog i metamorfnog postanka pretpostavlja se da su na ovo područje naneseni vjetrom, te na jezersko-močvarne i druge holocenske taložine, koje su tijekom sušnih razdoblja vidljive u isušanim ponikvama i blatinama kao svijetli pelitni glineni talog. Ostale holocenske taložine danas su vrijedna obradiva tla, a čine ih crvenica, humozna tla i karbonatni detritus (Gušić i sur., 1995).

### **1.3. Klimatske promjene u Sredozemnom moru**

Jedan od prvih dokaza o zagrijavanju mora u Sredozemlju bilo je 30-godišnje istraživanje temperature homogenog sloja ispod 250 m dubine, provedeno u sjeverozapadnom dijelu Sredozemlja u razdoblju od 1959. do 1989. godine. Trend rasta temperature bio je oko 0,12 °C u 30 godina, odnosno oko 0,004 °C godišnje. Nakon toga je i na manjim dubinama uočen trend zatopljenja mora, ali i sve češći ekstremni vremenski i klimatski događaji. Još jedno 30-godišnje istraživanje, ovoga puta litoralne zone do 80 m dubine, provedeno je u razdoblju od 1974. do 2005. godine uz španjolsku obalu na području Katalonije. Zabilježen je trend porasta na sve četiri dubine, a na dubini od 20 m porast je iznosio čak 1,4 °C, odnosno oko 0,05 °C godišnje. Druga istraživanja u tom razdoblju na sjeverozapadnom dijelu Sredozemnog mora pokazala su trendove porasta temperature od 0,8 do 1 °C u 30 godina (Lejeusne i sur., 2009).

Prema kretanju temperature u razdoblju od 1980. do 2000. godine predviđeno je da će između 2080. i 2100. godine prosječna temperatura zraka na Sredozemlju porasti između 2,2 i

5,1 °C, a da će količina oborina na kopnu biti od 4 do čak 27 % manja (IUCN). Od predindustrijske ere do danas prosječna temperatura zraka na Sredozemlju porasla je za 1,4 °C, što je 0,4 °C više u usporedbi s globalnim porastom (EC) (Slika 2).



**Slika 2.** Globalno zagrijavanje atmosfere (zeleno) i zagrijavanje atmosfere u Sredozemnom bazenu (plavo).

Izvor: <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/worrying-effects-accelerating-climate-change-mediterranean-basin> (5.1.2019.)

Na osnovi podataka prikupljenih satelitskim snimkama Sredozemnog mora, u razdoblju od 1985. do 2006. godine najveći porast prosječne lipanjske temperature na površini mora (engl. *sea surface temperature*, SST) izmjeren je na području Tirenskog, Ligurskog i Jadranskog mora te uz obalu Afrike. Na tom području porast iznosi 0,16 °C godišnje, odnosno za oko 3,5 °C u cjelokupnom 22-godišnjem istraživanju (Nykjaer, 2009).

Vilibić i suradnici (2013) su na pet postaja duž Palagruškog praga mjerili temperaturu, salinitet i koncentraciju otopljenog kisika na standardnim oceanografskim dubinama. Istraživanje je trajalo od 1952. do 2010. godine. Dobiveni trendovi svih mjerenih varijabli jasno upućuju na dugoročne promjene u moru, što je moguća posljedica globalnih klimatskih promjena. Trend saliniteta mora je u porastu na svih pet postaja te iznosi između 0,2 i 0,5 promila u 100 godina. Najveći porast zabilježen je na postajama najviše izloženima dotoku slatke vode tekućicama s kopna, što je posljedica smanjenog snabdijevanja tekućica vodom. Temperatura mora je u gornjih 20 m na svim postajama u snažnom rastu, a najviši porast zabilježen je na južnim postajama, gdje iznosi 3 °C u 100 godina. Koncentracija otopljenog kisika bilježi negativan trend, a najveći pad iznosi -1 mL L<sup>-1</sup> u 100 godina i izmjeren je na

najdubljim točkama istraživanog područja. Razlog negativnom trendu u većim dubinama pripisan je povećanom donosu organske tvari zbog pojačane primarne proizvodnje. Promjenama temperature i saliniteta došlo je do slabljenja termohaline cirkulacije Jadranskog mora, što je uzrokovalo slabiju ventilaciju dubljih dijelova mora i smanjivanje koncentracije otopljenog kisika.

U posljednja dva desetljeća zabilježena su masovna ugibanja koralja na području sjeverozapadnog Sredozemlja, a najveći je razlog umiranja nekroza tkiva. Jedno od najvećih masovnih umiranja u Sredozemnom moru dogodilo se 1999. godine na području Ligurskog mora, od Toskanskog otočja do Marseillesa te je zahvatilo spužve, koralje i mahovnjake većinom u prvih 40 m dubine. Glavni razlog ovog događaja bila je iznimno visoka temperatura mora, čak 5 °C viša od prosječne ljetne temperature tog područja. Ova je kobna anomalija trajala nekoliko tjedana, što je predugo razdoblje da bi se zajednice uspjele oporaviti (Rodolfo-Metalpa, 2005).

#### **1.4. Razred Anthozoa: koralji**

Žarnjaci (koljeno: Cnidaria) su radijalno simetrične životinje koje nemaju izgrađene organske sustave. Većina pripadnika ovog koljena ima dva strukturalna oblika: polip i meduzu. Jedan od razreda unutar koljena Cnidaria je razred Anthozoa (koralji). Pripadnici te skupine žive isključivo u moru i imaju samo polipoidnu generaciju, za razliku od reznjaka, obrubnjaka i kubomeduza, koji imaju i meduzoidnu generaciju. Koralji se dijele u dva podrazreda: Hexacorallia, čiji pripadnici pretežito imaju simetriju broja šest ili umnoška broja šest te Octocorallia, čiji je broj lovki, pregrada i odjeljaka u gastrovaskularnoj šupljini uvijek osam. U podrazred Hexacorallia spada red Scleractinia (kameni koralji), koji obuhvaća oko 3600 vrsta solitarnih i zadružnih koralja, a svima je zajedničko obilježje vapnenački egzoskelet. Solitarni kameni koralji koji žive u Jadranskom moru su vrste *Balanophyllia europaea*, *Caryophyllia inornata* i *Leptopsammia pruvoti*, a zadružni *Cladocora caespitosa* (Habdija i sur., 2011).

## 1.5. Koralj *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767)

### 1.5.1. Sistematika vrste

Koralj *Cladocora caespitosa*, busenasti koralj ili granati zvijezdovac, najrasprostranjeniji je združni kameni koralj u Jadranskom moru (Habdija i sur., 2011) (Slika 3). Pripada porodici Faviidae, jednoj od skupina koralja koje izgrađuju koraljne grebene. Uz ovu vrstu, u Atlantskom oceanu mogu se naći *Cladocora arbuscula* (Lesueur, 1821) i *Cladocora debilis* Milne Edwards i Haime (Zibrowius, 1980). Međutim, za razliku od prvih dviju vrsta, *C. caespitosa* pronađen je tek na uskom pojasu uz južnu obalu Portugala i sjeverozapadnu obalu Maroka, a raširen je diljem Sredozemlja, što ga čini endemom Sredozemnog mora (Kružić, 2005).

#### Sistematika busenastog koralja:

**Carstvo: Animalia**

**Koljeno: Cnidaria**

**Razred: Anthozoa**

**Podrazred: Hexacorallia**

**Red: Scleractinia**

**Podred: Faviina** Vaughn i Wells, 1943

**Porodica: Faviidae** Gregory, 1900

**Potporodica: Montastreinae** Vaughn i Wells, 1943

**Rod: *Cladocora*** Ehrenberg 1834

**Vrsta: *Cladocora caespitosa*** (Linnaeus, 1767)

Busenasti koralj je na IUCN-ovoj listi označen kao ugrožena vrsta, a populacije su mu u padu. Generacijsko vrijeme je 30-ak godina, a životni vijek nepoznat, ali se predviđa da iznosi više od 100 godina (Casado de Amezua i sur., 2015).

### 1.5.2. Nalazi vrste

Prvi nalazi roda *Cladocora* datiraju iz kasne krede (Wells, 1956), a vrsta *Cladocora caespitosa* pojavljuje se u pleistocenu (Cuerda, 1975). Fosilni nalazi pronađeni su uz južnu i



istočnu obalu otoka Mallorce, uz istočnu obalu Tunisa, uz obalu južne Italije i u Korintskom zaljevu na istoku Jonskog mora (Cuerda, 1975, Zibrowius, 1980).



**Slika 3.** Kolonija koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru (NP Mljet).

U Hrvatskoj se veće kolonije nalaze u Limskom kanalu kod Rovinja, u uvali Remac kod Rapca, u blizini otoka Prvića, u Ljubačkom zaljevu kod Zadra te u blizini Paklenih otoka (Kružić, 2001). Najveće grebenaste tvorbe nalaze se u blizini otoka Prvića, na dubini od 11 do 19 m, površine 190 m<sup>2</sup>; u blizini otoka Paga, na dubini od 15 do 21 m, površine 120 m<sup>2</sup> (Kružić i Benković, 2008); u blizini otoka Iža, na dubini od 12 do 16 m, površine 150 m<sup>2</sup> te u Velikom jezeru na Mljetu, na dubini od 6 do 18 m, površine 650 m<sup>2</sup> (Kružić i Požar-Domac, 2002) (Slika 5).

### 1.5.3. Građa koralja *C. caespitosa*

Polip koralja građen je od epiderme, želatinozne mezogleje i endoderme (Slika 4). Epiderma luči vanjski skelet koralja. Skelet je izgrađen od vapnenca u kristalnoj modifikaciji aragonita. Kod združnih kamenih koralja kao što je *C. caespitosa*, polip neprestano izlučuje poprečne vapnenačke ploče, tabule, koje dijele gastrovaskularnu šupljinu na slojeve. Skelet



pojedinačnog polipa zove se koralit. Svaki koralit građen je od teke, cilindrične tvorbe koju izlučuje epiderma podnožne ploče, od kolumele, stožaste tvorevine u središtu osnovne ploče također epidermalnog podrijetla, od pregrada koje se zrakasto šire te nadvisuju rub čaške (Habdija i sur., 2011). Promjer čaške koralja iznosi od 3 do 6 mm, a broj pregrada varira između 30 i 40, kod većih koralita često i više. Pregrade mogu biti od prvog do četvrtog reda; pregrade prvog reda su starije i razvijenije od pregrada višeg reda te su katkad spojene s palijem, vapnenačkom tvorbom koja okružuje kolumelu (Kružić, 2005). Rast skeleta ove vrste sastoji se od produljivanja zida čaške i unutarnjeg spajanja elemenata skeleta (Barnes i Lough, 1993), zbog čega je omogućen neograničen rast skeleta, kao i veoma dug životni vijek polipa. Prema Laborelu (1987) ova vrsta pripada tzv. hermatipičnim vrstama koralja jer živi u simbiozi sa zooksantelama i može graditi koraljne grebene.



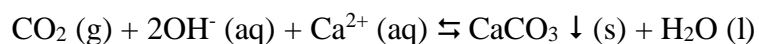
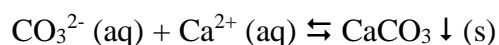
**Slika 4.** Polipi koralja *Cladocora caespitosa*. Veliko jezero (NP Mljet).

#### 1.5.4. Biologija koralja *C. caespitosa*

Boja polipa i lovki varira od prozirne u odsustvu simbiotskih zooksantela do zelenosmeđe u njihovom prisustvu, a nakupine žarnica vidljive su kao bijele točke na lovkama. *C. caespitosa* može se hraniti heterotrofno i autotrofno (Kružić, 2005) (Slika 4). Polipi busenastog koralja luče mukus koji pomaže u heterotrofnom načinu prehrane (Sorokin, 1993). Ova se vrsta nespolno razmnožava pupanjem. Novi polipi nastali pupanjem po nastanku počinju rasti usporedno s matičnim čaškama. U spolnom razmnožavanju oplodnja je vanjska. U istome polipu na mezenterama nastaju muške i ženske gamete pa je riječ o hermafroditnim polipima. Kod ove vrste proces izbacivanja gameta odvija se jednom godišnje, ljeti (Kružić i sur., 2007). Zrele gamete iz gastrovaskularne šupljine kroz usta dospijevaju u okolno more. Iz zigote nastaje slobodnoplivajuća ličinka planula, koja se zatim pričvrsti za dno i razvije u mladu jedinku (Habdija i sur., 2011).

#### 1.5.5. Kalcifikacija i rast koralja *C. caespitosa*

Općenito, termodinamička ravnoteža između kalcijevog karbonata i otopljenog anorganskog ugljika u vodi može se napisati na tri načina:



Pritom je u drugoj jednadžbi vidljiva značajna prevlast hidrogenkarbonatnih iona nad karbonatnim ionima u vodama u prirodi (C. Copin Montégut i G. Copin Montégut, 1999). Proces kalcifikacije kod kamenih koralja najtočnije bi bio prikazan sljedećom jednadžbom:



Prvi korak su apsorpcija i prijenos kalcijevih iona iz okolne morske vode u polip koralja do mjesta kalcifikacije. Potom dolazi do reakcije kalcijevih i hidrogenkarbonatnih iona, pri čemu nastaje kalcijev karbonat, koji izgrađuje skelet koralja. U toj kemijskoj reakciji oslobađa se voda, ali i CO<sub>2</sub>, koji smanjuje pH vrijednost vode. Dakle, iako se CO<sub>2</sub> troši u procesu stvaranja hidrogenkarbonatnih iona, dio se vraća u okoliš kao jedan od produkata

kalcifikacije. Prema Wareu i suradnicima (1991), tijekom kalcifikacije jednog mola istaloženog  $\text{CaCO}_3$  oslobađa se 0,6 mol  $\text{CO}_2$ , zbog čega kalcifikacija na koraljnim grebenima nema veliki značaj u smanjenju efekta staklenika. Kalcifikacija se pospješuje na tri načina: povećanjem koncentracije hidrogenkarbonatnih iona, povećanjem pH vrijednosti okolne vode te uključivanjem enzima karbonatna anhidraza, koji katalizira pretvorbu  $\text{CO}_2$  u hidrogenkarbonatne ione, a u isto vrijeme odstranjuje višak protona i povisuje pH vrijednost (Kružić, 2005). Topljivost  $\text{CO}_2$  smanjuje se povećanjem temperature vode: povećanjem temperature mora za 1 °C parcijalni tlak  $\text{CO}_2$  povećava se za oko 4 %. U slučaju pojačane kalcifikacije, koncentracija  $\text{CO}_2$  u vodi se povećava te uzrokuje dva ishoda: smanjenje pH vrijednosti zbog novonastalog  $\text{CO}_2$  i tim smanjenjem ograničava se mogućnost daljnje kalcifikacije, što sprječava uzimanje  $\text{CO}_2$  iz okoliša (Gattuso i sur., 1999). Uz kamene koralje, alge iz porodice Corallinaceae i jednostanične alge iz reda Coccolithophorida provode više od 50 % kalcifikacije  $\text{CaCO}_3$  na svijetu (Milliman i Droxler, 1996).

Sklerokronološka metoda istražuje promjene u fizikalnoj i kemijskoj građi te rastu čvrstih tkiva organizama kroz određeno razdoblje (Hudson i sur., 1976). Sklerokronologija ima veliku važnost u objašnjavanju načina i brzine rasta koralja. Tamne i svijetle pruge na koralitima vidljive na radiografskim snimkama ukazuju na različito taloženje kalcijevog karbonata tijekom godine: tamne pruge (engl. *high-density bands*) nastaju zimi, kada su temperatura i intenzitet svjetla niski, a svijetle pruge (engl. *low-density bands*) formiraju se ljeti, tijekom jakog osvjetljenja i visoke temperature (Peirano i sur., 1999, 2005).

#### 1.5.6. Ekologija koralja *C. caespitosa*

Simbiotski koralji umjerenih mora eurivalentniji su od tropskih koralja te mogu preživjeti na temperaturama nižima od 20 °C, na nižem salinitetu i u manje prozirnim morima. *C. caespitosa* u usporedbi s tropskim vrstama ima relativno veliku temperaturnu valenciju. Može živjeti na temperaturi ispod 10 °C, a gornja granica iznosi 28 °C. Iznad te temperature povećava se učestalost poremećaja u simbiozi koralj-zooksantele, što uzrokuje izbacivanje algi iz polipa, odnosno pojavu koja se naziva izbjeljivanje koralja (engl. "*bleaching*"). Osim izbjeljivanja koralja, povišena temperatura može prouzročiti pojačan rast i razvoj Dinoflagellata, koji prerastaju polipe koralja, time obustavljaju fotosintezu endosimbiotskih algi i uzrokuju ugibanje obraslih dijelova kolonije (Kružić, 2005). Ova vrsta najčešće živi u rasponu dubina od 5 do 40 m na različitim supstratima, a dinamika

okolne vode može varirati od male, odnosno mirnoga mora, do izražene, kao što je slučaj u Velikom jezeru na otoku Mljetu (Kružić i Benković, 2008).

Način rasta čaški, a time i izgled kolonija, uvelike ovisi o energiji vode. U mirnom okolišu rast je usmjeren u visinu i čaške su razdvojenije nego na područjima sa snažnom strujom vode. U takvim područjima čaške pojedinog koralita su zamjetno niže, visine 2-3 cm i gusto zbijene. Ova vrsta ima sposobnost čišćenja usne ploče u slučaju visoke sedimentacije, čime je prilagođena na život na mekanom supstratu. Razlikuju se kolonije i grebenaste tvorbe koralja *C. caespitosa*: kolonije su manje formacije promjera 10-50 cm, a grebenaste tvorbe imaju površinu od nekoliko m<sup>2</sup> i više su od 1 m (Kružić, 2005).



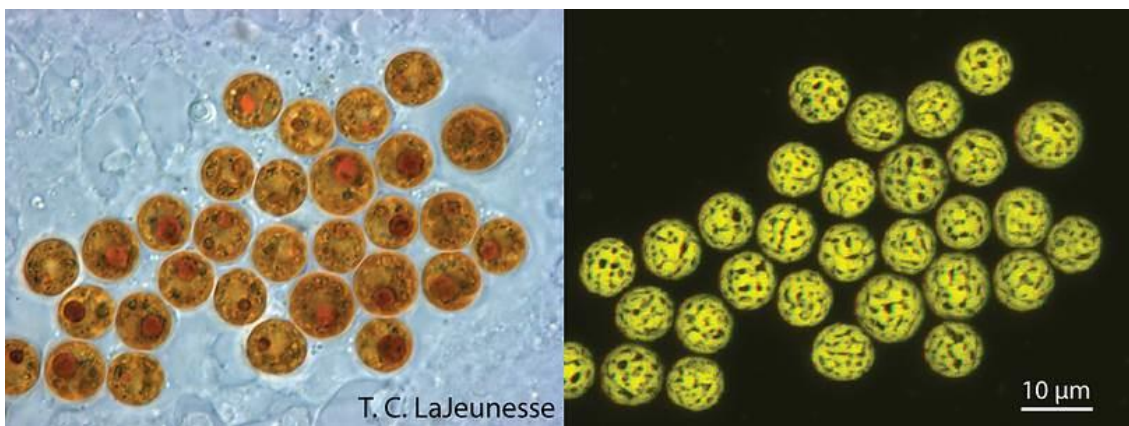
**Slika 5.** Greben koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru (NP Mljet).

### **1.6. Rod *Symbiodinium***

U svijetu je opisano oko 2500 recentnih vrsta svjetlećih bičaća (potkoljeno: Dinoflagellata), jednostaničnih algi od kojih oko 90 % živi u moru. Stalan oblik daje im pelikula sastavljena od vanjske membrane – plazmaleme, fibrilarnih struktura ispod plazmaleme i pelikularnih alveola, koje imaju vlastitu membranu i mogu biti prazne (kod



atekatnih vrsta) ili ispunjene celuloznim pločicama (kod tekatnih vrsta). Svjetleći bičaši imaju uzdužni i poprečni bič koji na ventralnoj strani izlaze iz sjecišta uzdužne i poprečne brazde, sulcusa i cingulum. Bičevi stanici omogućavaju kretanje unaprijed i okretanje oko vlastite osi. Nespolno se razmnožavaju binarnom diobom, a neke se vrste razmnožavaju i spolno. Gotovo 50 % recentnih vrsta su fotosintetski organizmi, a dio njih živi intracelularno, u simbiozi s domaćinima. Primjer su zooksantela (rodovi *Zooxanthella* i *Symbiodinium*), koje mogu živjeti u simbiozi sa zrakašima, krednjacima, spužvama, mekušcima, meduzama, moruzgvama i prvenstveno koraljima. Zbog prisustva pomoćnih pigmenata peridinina,  $\beta$ -karotena i dinoksantina, zooksantela svojim domadarima daju zelenosmeđu boju (Habdija i sur., 2011).



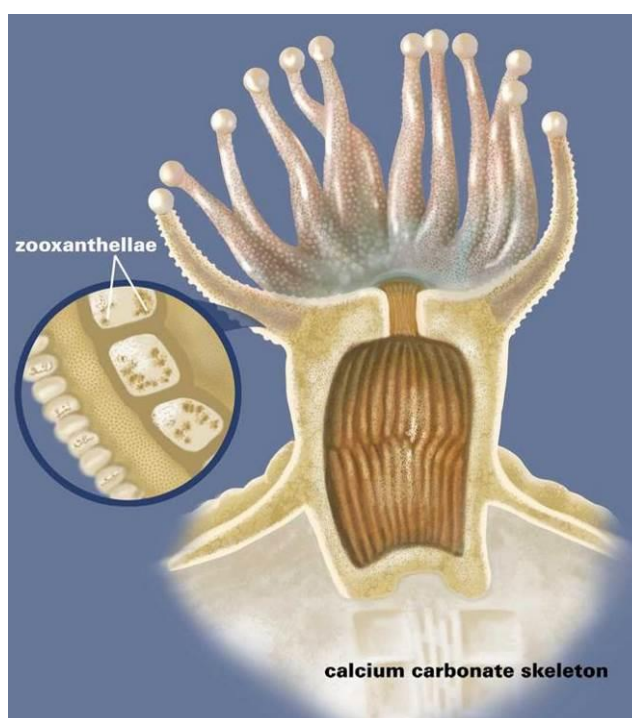
**Slika 6.** Stanice vrste *Symbiodinium microadriaticum* u tkivu domadara (lijevo) i kloroplast unutar stanica (desno) snimljeni konfokalnim mikroskopom.  
Izvor: <http://tolweb.org/Symbiodinium/126705> (5.1.2019.)

Zooksantela koja živi u simbiozi s mnogim vrstama koralja graditelja koraljnih grebena, a među njima i s vrstom *C. caespitosa*, jest *Symbiodinium microadriaticum* (Slika 6). Zooksantela u endoderm domadara mogu doći na dva načina: iz okolnog mora fagocitima preko gastrovaskularne šupljine te spajanjem s ličinkom planulom u gastrovaskularnoj šupljini (Kružić, 2005). Jedan kvadratni centimetar polipa kamenih koralja može sadržavati od 1 do 8 milijuna stanica zooksantela (Rowan i Powers, 1991).

### 1.7. Simbioza zooksantela – koralj

Odnos koralja i zooksantela je mutualistički. Naime, zooksantela kroz proces fotosinteze proizvode kisik i nastale organske tvari kojima opskrbljuju domadara, a koralj zooksantelama pruža fizičku zaštitu, ugljikov dioksid potreban za fotosintezu te anorganske

produkte metabolizma (Slika 7). Muscatine (1990) je utvrdio da čak 71 % energije potrebne za metabolizam tropskih koralja dolazi od fotosinteze zooxantela, 17 % koralj dobiva kroz heterotrofnu prehranu, a 12 % uzimanjem otopljenih organskih tvari iz vode i probavom bakterija. Gustoću zooxantela u polipima određuje sam koralj, koji svaki dan obnavlja populaciju simbiotskih algi te višak izbacuje u okolno more (Baker i Rowan, 1997). U stresnim uvjetima koralj iz tkiva izbacuje veliki broj zooxantela, a to u slučaju dužeg trajanja nepovoljnih uvjeta dovodi do smrti koralja (Kružić, 2005). U slučaju kratkotrajnog izlaganja koralja visokim temperaturama te zatim snižavanja temperature mora, koncentracija klorofila ponovno postaje stabilna (Rodolfo-Metalpa, 2006).



**Slika 7.** Smještaj zooxantela u tkivu polipa.

Izvor: <https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/zooxanthellae-and-coral-bleaching> (7.1.2019.)

### **1.8. Bioraznolikost na koraljnom grebenu**

Fauna kolonije *C. caespitosa* zasniva se na različitim vrstama spužvi, mekušaca, mnogočetinaša, rakova i zmijača te se naziva kriptofaunom. Kriptofauna ovdje pronalazi boravište i sklonište od predatora. Spužve mogu zauzimati i do 70 % međuprostora unutar kolonije koralja, iako je unutar kolonije upravo broj vrsta spužava najmanji u odnosu na ostatak kriptofaune (Kružić, 2001). Iako većina stanovnika ne šteti koloniji, čak može

doprinijeti širenju koralja, postoje vrste koje uzrokuju propadanje polipa ili dijela kolonije. Primjer je već spomenuto „cvjetanje“ Dinoflagellata, ali i invazivna alga *Caulerpa cylindracea* Sonderi te riba papigača, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758).

### 1.8.1. Alga *Caulerpa cylindracea* Sonder

Grozdasta kaulerpa (*Caulerpa cylindracea* Sonder) je invazivna zelena alga u Sredozemnom moru (Slika 8). Jedna je od lesepsijskih vrsta, pridošlica iz Crvenog mora, a u Sredozemlju je prvi put pronađena 1930. godine na području Tunisa. Živi u relativno toplim morima, a sa zatopljenjem mora proširila se i u Jadran. U našem je moru prvi put zabilježena na Paklinskim otocima 2000. godine (CIV). Steljka ove alge je jedna višejezgrema cjevasta stanica, a lako se prepoznaje po filoidima s kijačastim bočnim izdancima. Kauloidi mogu biti dugački nekoliko metara te u razvijenim naseljima graditi tepihe debele nekoliko centimetara (Turk, 2011). Ova se vrsta nesporno razmnožava fragmentacijom, procesom koji joj omogućava lako širenje na udaljene lokacije i stvaranje nove populacije iz tek jednog fragmenta. Prerasta dno i autohtone vrste nekog područja te ih s vremenom može posve zamijeniti, zbog čega uvelike mijenja sastav bentosa te smanjuje bioraznolikost na tom području (CIV). U Nacionalnom parku Mljet prvi je put uočena 2004. godine, i to u uvali Gonoturska te u Solinskom kanalu, a u roku od nekoliko mjeseci proširila se u Veliko jezero (NP Mljet).



**Slika 8.** *Caulerpa cylindracea*.

Izvor: <http://np-mljet.hr/uklanjanje-invazivne-alge-iz-velikog-jezera/> (1.2.2019.)

### 1.8.2. Riba *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758)

Papigača, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758), obitava na kamenitom infralitoralnom dnu te se hrani algama i malim beskralježnjacima (Slika 36). Za ovu vrstu karakterističan je spolni dimorfizam, pri čemu su ženke jarko crvene boje s velikom svijetlomodrom mrljom na stražnjem dijelu glave, a mužjaci jednolične sive boje s tamnom glavom i tamnom mrljom iznad prsne peraje (Turk, 2011).

Papigača svoje ime nosi zbog ustiju oblikovanih poput papiginog kljuna, unutar kojih su četiri prednja zuba spojena i preobražena u pločice. Živi ponajviše uz južnu i istočnu obalu Sredozemnog mora, no u posljednje se vrijeme zbog zagrijavanja mora širi na sjever te je dosad uočena uz sve velike dalmatinske otoke (Turk, 2011).

## 1.9. Cilj istraživanja

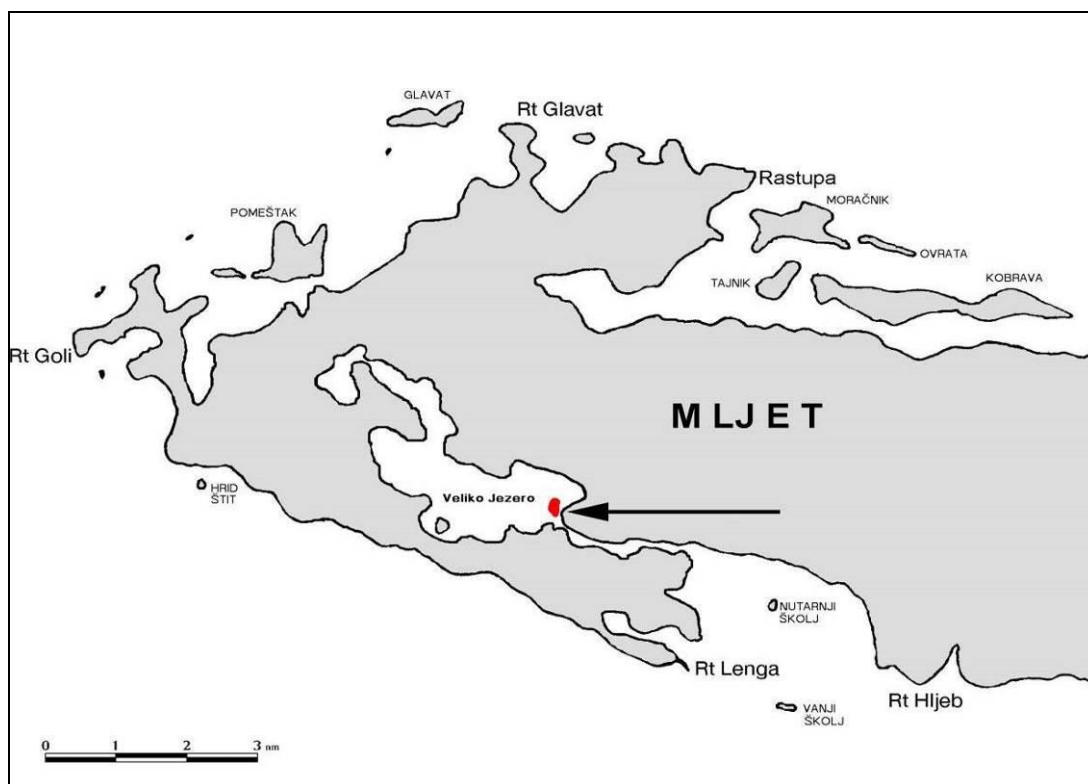
Ciljevi ovoga rada su:

1. utvrđivanje uvjeta na koraljnom grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru na otoku Mljetu mjerenjem hidrografskih parametara;
2. utvrđivanje povezanosti brzine rasta skeleta koralja i temperaturnih anomalija pomoću sklerokronoloških metoda;
3. procjena utjecaja invazivnih vrsta na greben koralja *C. caespitosa*.



## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

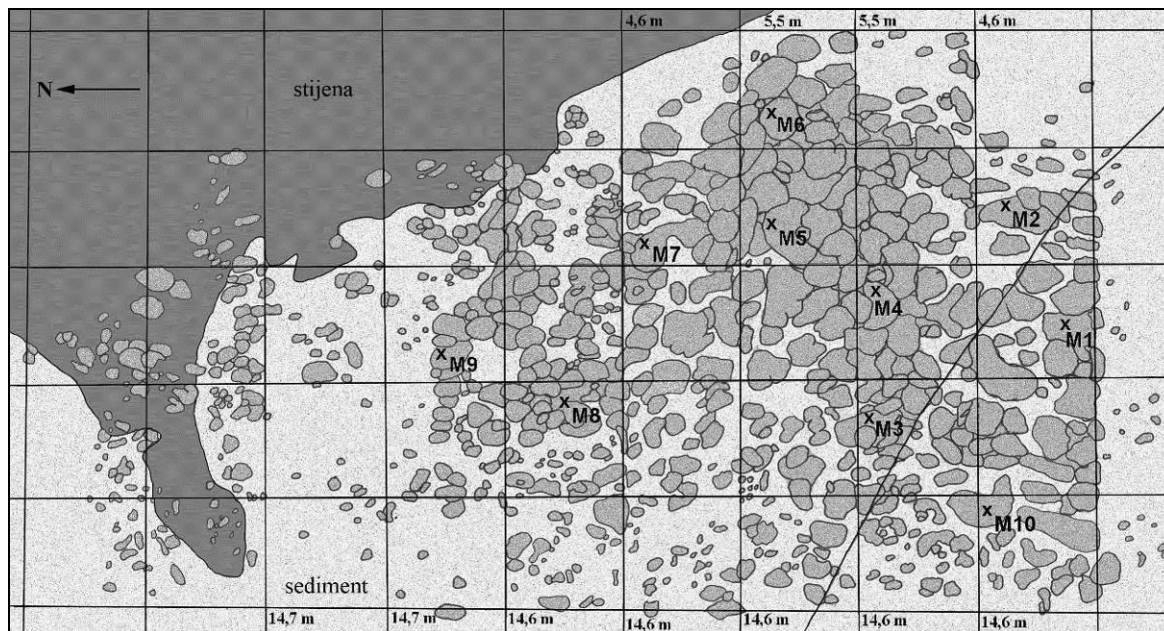
Istraživanje je provedeno na koraljnom grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru na otoku Mljetu (Slika 9). Veliko i Malo jezero smještena su na zapadnoj strani otoka Mljeta, spojena s otvorenim morem preko Solinskog kanala (Govorčin i sur., 2001). Kanal je popločan kamenim blokovima, širine je 12 m, dužine 60 m i dubine 3,5 m (Kružić i sur., 2013). Veliko i Malo jezero su krške udoline nastale na mezozojskoj karbonatnoj podlozi, čija su dna po nastanku bila iznad razine mora. U holocenu je morska razina porasla iznad dna udolina te spriječila otjecanje oborinskih voda iz Velikog i Malog jezera, zbog čega su u tom razdoblju bila ispunjena slatkom vodom. Prije između 2000 i 4000 godina razina mora porasla je na današnju razinu, što je omogućilo izmjenu slatke jezerske vode i slane vode iz okolnog mora (Juračić i sur., 1995). Širina Velikog jezera iznosi oko 1 km, duljina oko 2,5 km, a površina je 1,45 km<sup>2</sup>.



**Slika 9.** Položaj grebena koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru (strelica).

Najveća dubina jezera je 46 m (Riđanović i Šimunović, 1995). Na području kanala prisutne su jake morske struje, koje su posljedica izmjene vode između jezera i otvorenog mora tijekom plime i oseke (Kružić i sur., 2013). Greben koralja *C. caespitosa* prostire se od 6 do 18 m

dubine i površine je 650 m<sup>2</sup> (Kružić i Požar-Domac, 2002) (Slika 10). Nalazi se na ulazu u Veliko jezero, pored prolaza Veliki most, zbog čega je veliki dio grebena izložen jakim strujama.



**Slika 10.** Karta grebena koralja *Cladocora caespitosa* s uzorkovanim kolonijama u Velikom jezeru.

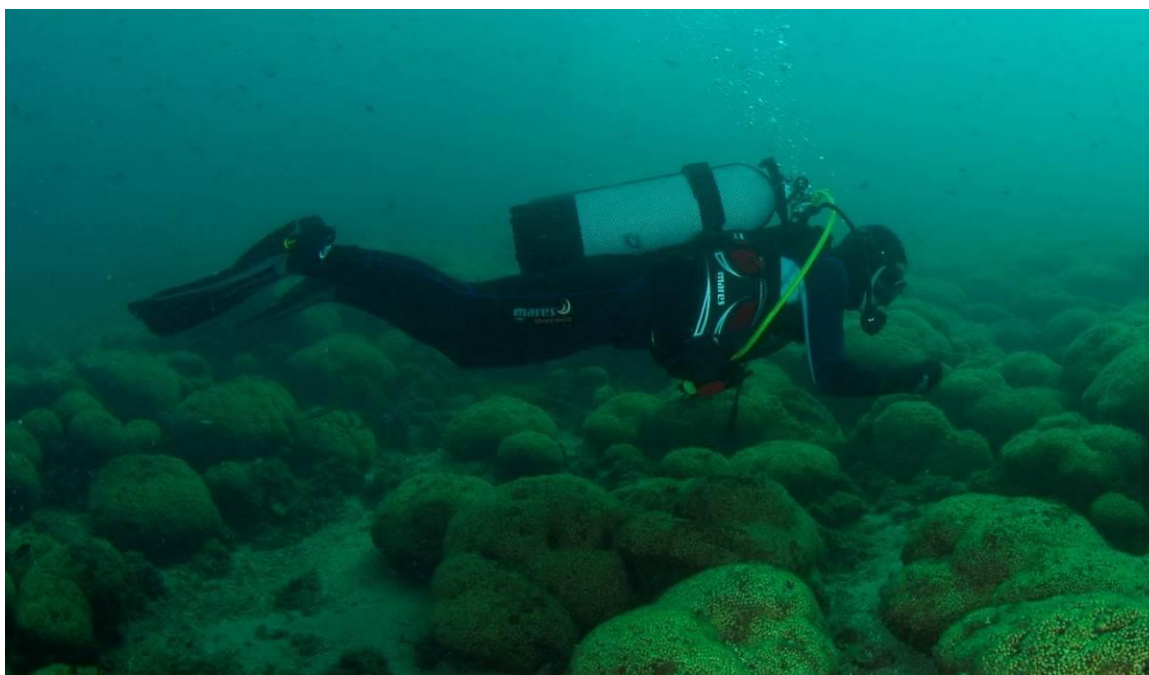
### 3. MATERIJALI I METODE

Terenski dio istraživanja proveden je na otoku Mljetu u kolovozu 2018. godine (Slika 12). Tijekom SCUBA ronjenja pomoću metalnog okvira dimenzija 25 x 25 cm nasumično su izdvojena 24 segmenta koraljnog grebena: po četiri segmenta fotografirana su na različitim dijelovima grebena na dubini od 8, 9 i 12 metara, tri segmenta na dubini od 10 metara, dva segmenta na dubini od 11 metara, pet segmenata na dubini od 14 metara te jedan segment na dubini od 15 metara (Slika 11). Fotografije su načinjene pomoću fotoaparata Nikon D7200, Sea&Sea podvodno kućište. Zatim je na svakoj fotografiji izračunat broj zdravih, oštećenih i mrtvih polipa. U programu Paint dodana je rešetka radi lakšeg prebrojavanja. Svaki uračunati polip označen je točkom određene boje (crno: zdravi polip, crveno: mrtvi polip, dvije crvene točke: oštećeni polip).



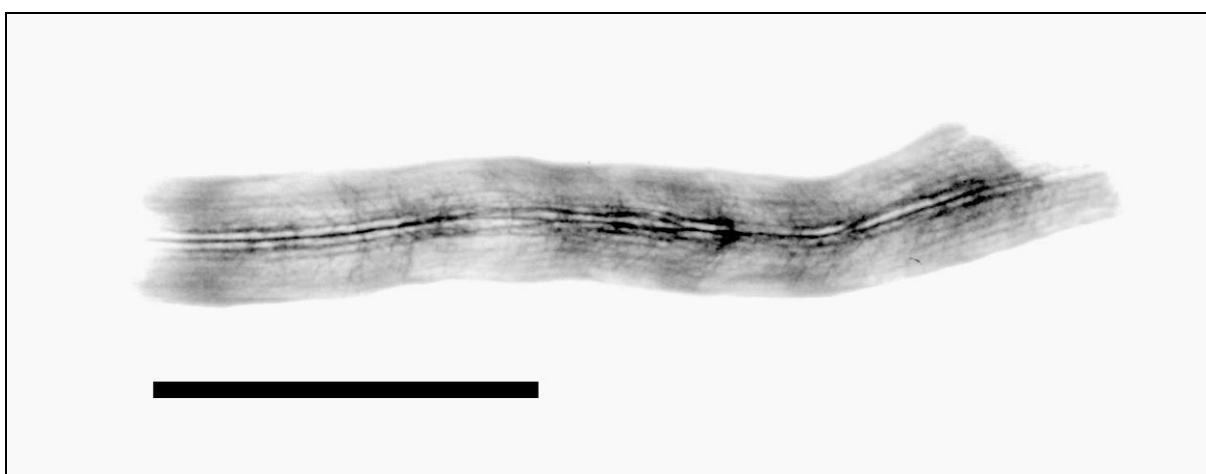
**Slika 11.** Snimljeni kvadrat na grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru.

Polipi koji su bili unutar metalnog kvadrata s manje od 50 % svoje površine nisu ubrojani. Vizualno je procijenjen postotak površine prekriven obraštajem. Unutar svakog kvadrata izdvojen je manji kvadrat, površine 5 x 5 cm, na mjestu gdje je zakrivljenost malena i gdje nema obraštaja ni šupljina među polipima. Izbrojani su polipi unutar manjeg kvadrata te je izračunata prosječna gustoća polipa na 1 cm<sup>2</sup>. Pomoću podataka o gustoći i obraštaju procijenjen je ukupni broj mrtvih polipa unutar kvadrata. Tablice i grafovi napravljeni su u programu Excel. Podaci o temperaturi i količini svjetlosti analizirani u diplomskom radu izmjereni su pomoću data loggera (HOBO, Onset Computer Corporation) u razdoblju od siječnja 2014. do prosinca 2018. godine. Data loggeri su na tri dubine (5, 10 i 15 m) u navedenom razdoblju vrijednosti bilježili svaki sat.



**Slika 12.** Istraživanje grebena koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru (NP Mljet).

Za potrebe radiografskih mjerenja izolirane su najduže čaške s istraživanih kolonija na grebenu koralja s 10 kolonija (kolonije M1 do M10) unutar grebena (Slika 10). Sa svake kolonije izolirano je 20 čaški dužine do 10 cm. Čaške koralja očišćene su 30%-tnom otopinom vodikovog peroksida ( $H_2O_2$ ) i snimljene mamografom *Siemens Mammomat 300* s ekspozicijom od 31 kV, 25 mAs na udaljenosti od 30 cm. Fotografski negativivi su analizirani pomoću programa *CoralXDS 3.0* koji izračunava godišnji rast kamenih koralja na radiografskim snimkama (Chalker i sur., 1985). Mjerile su se tamne i svijetle pruge kao godišnje razlike u taloženju  $CaCO_3$  (Slika 13).



**Slika 13.** Radiografska snimka čaške koralja *Cladocora caespitosa* na kojoj se vide svijetle i tamne pruge (štapić = 10 mm).



Koristeći podatke o gustoći aragonita na presjeku koralja, zone prirasta u obliku tamnih (TP) i svijetlih (SP) pruga određene su kroz tri uzastopna ponavljanja mjerenja kako bi se dobili što točniji podaci. Mjerenjem brzine rasta, gustoće i kalcifikacije dobiven je cjelovit prikaz razlika kod rasta koralja. Mjerila se brzina rasta za razdoblje od 2002. do 2018. godine, dok su se podaci za brzinu rasta od 1980. do 2002. godine preuzeli iz prijašnjih istraživanja (Kružić, 2005).

Brzina pridnenih struja na postaji Veliki most izmjerena je u ljetnim mjesecima 2018. godine pomoću strujomjera General Oceanics Digital Clutch Flowmeter (2031HRC) na tri dubine (5, 10 i 15 metara dubine) za vrijeme plime i oseke unutar 24 sata.

Za određivanje količine hranjivih soli na postaji Veliko jezero uzimani su uzorci morske vode Niskim crpcem u srpnju i listopadu 2018. godine, a analize su rađene spektrofotometrijskom metodom (Coleman Junior II) u Zavodu za javno zdravstvo, laboratorij Dubrovnik.

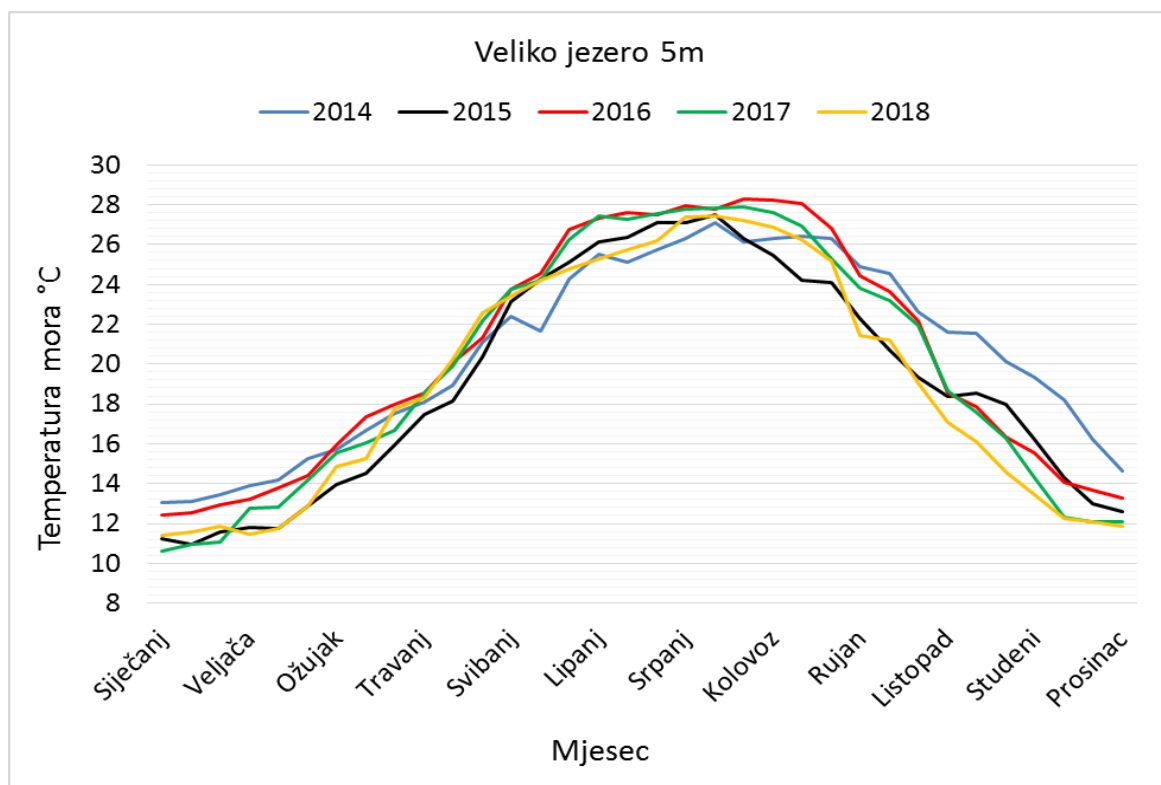
Kod invazivnih vrsta, u Velikom jezeru je bilježena pojavnost alge *Caulerpa cylindracea* Sonder te ribe papigače, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758). Tijekom istraživanja 2018. godine, napravljen je pregled oštećenja čaški koralja uzrokovan hranjenjem ribe papigače na kolonijama u Velikom jezeru. Postotak oštećenja određen je pomoću fotografija kolonija koralja. Podaci o oštećenju kolonija unutar jezera uspoređeni su s podacima oštećenja na vanjskim postajama u NP Mljet (postaje Kulijer, Rt Stupe i Goli rat). Broj riba papigača u plovi određen je vizualnim cenzusom.

Statistička analiza podataka (one-way ANOVA i Pearson r korelacija) napravljena je programom Statistica 13 za Windows.

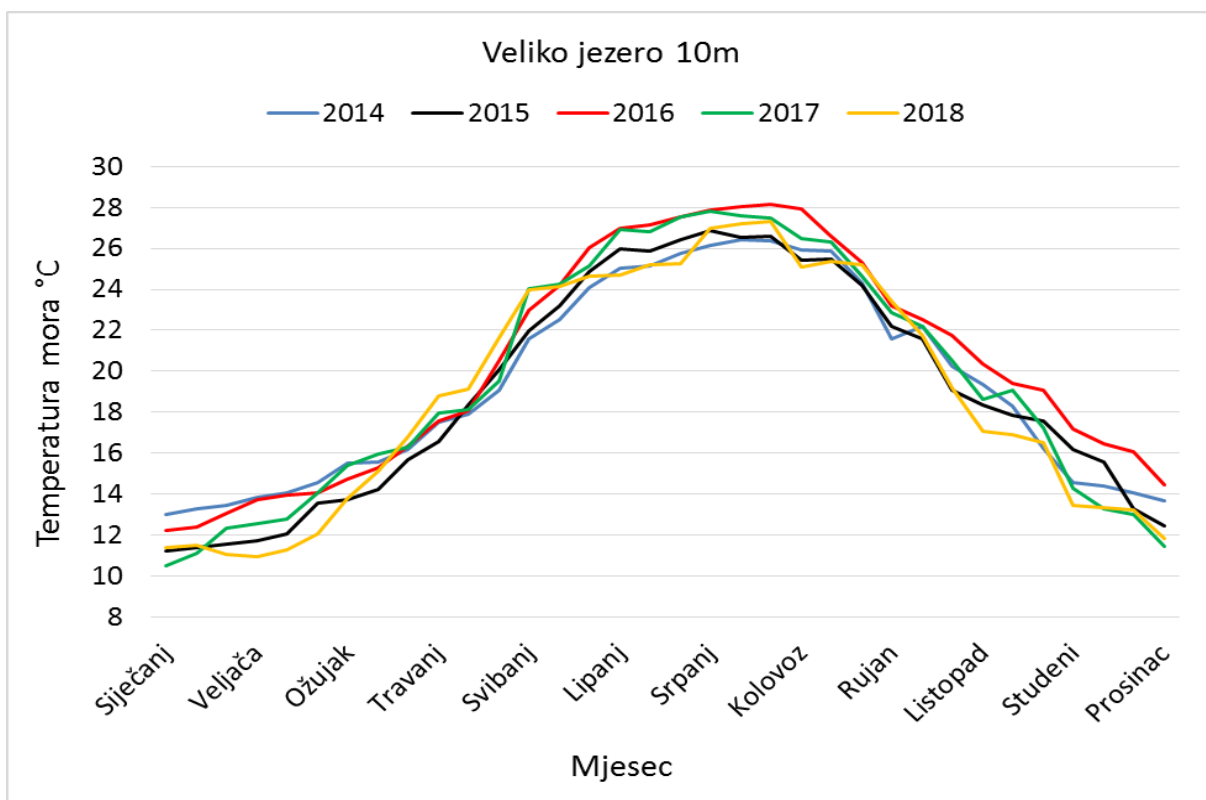
## 4. REZULTATI

### 4.1. Temperatura mora u Velikom jezeru

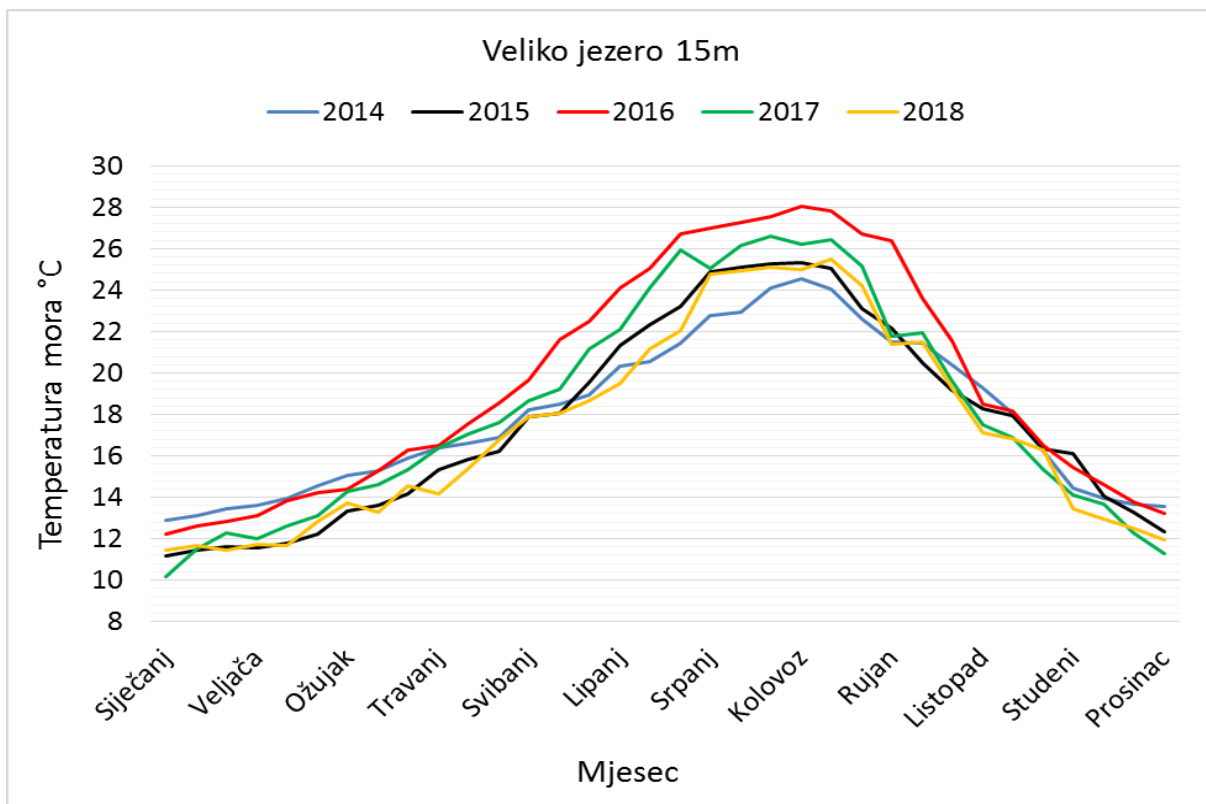
Temperatura mora u Velikom jezeru poprilično varira u zadnjih 5 godina. Najviša prosječna mjesečna temperatura mora na 5 metara dubine na postaji Veliki most izmjerena je u srpnju 2016. godine (28,29 °C), a najmanja u siječnju 2017. (10,60 °C) (Slika 14). Najviša temperatura mora na 5 metara dubine izmjerena je također 2016. godine i iznosila je 29,15 °C (Tablica 1). Na 10 metara dubine najviša prosječna temperatura mora izmjerena je u srpnju 2016. godine (28,13 °C), a najmanje vrijednosti izmjerene su u siječnju 2017. (10,48 °C) (Slika 15). Najviša temperatura mora na 10 metara dubine izmjerena je 2016. godine i iznosila je 28,79 °C. Na dubini od 15 metara najviša prosječna temperatura mora izmjerena je u kolovozu 2016. i iznosila je 28,04 °C (Slika 16). Najviša temperatura mora na 15 metara dubine izmjerena je također 2016. godine i iznosila je 28,56 °C (Tablica 1). Najniža prosječna temperatura mora na 15 metara dubine izmjerena je u siječnju 2017. godine i iznosila je 10,16 °C.



**Slika 14.** Prosječne mjesečne vrijednosti temperature mora na 5 metara dubine na postaji Veliko jezero u zadnjih pet godina.



**Slika 15.** Prosječne mjesečne vrijednosti temperature mora na 10 metara dubine na postaji Veliko jezero u zadnjih pet godina.



**Slika 16.** Prosječne mjesečne vrijednosti temperature mora na 15 metara dubine na postaji Veliko jezero u zadnjih pet godina.

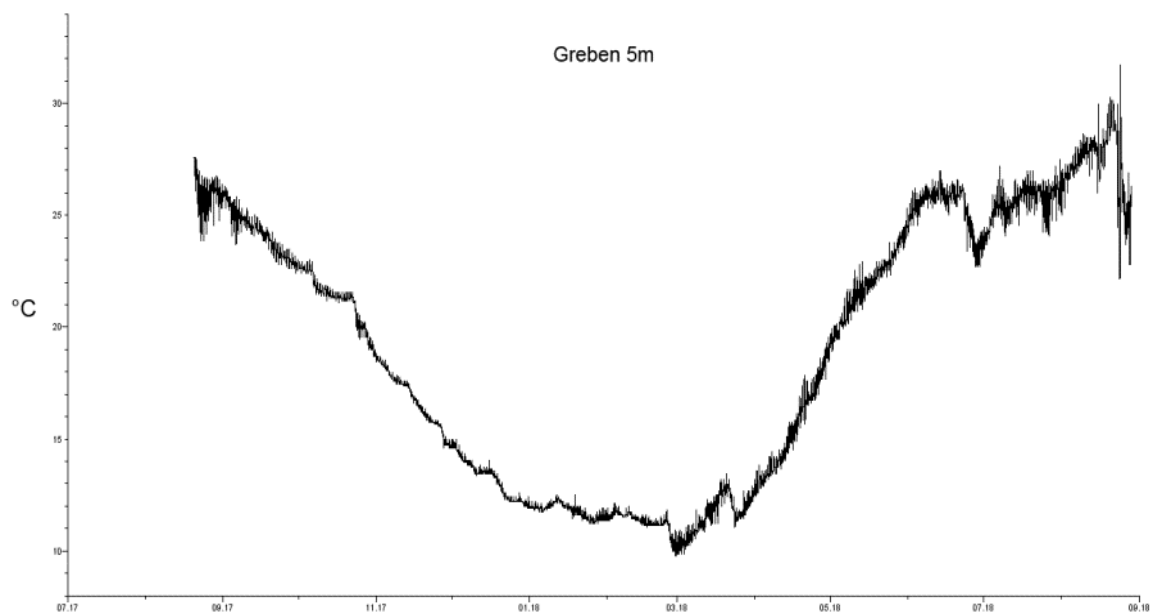
Prema dobivenim rezultatima, najviše vrijednosti temperature mora u zadnjih 5 godina izmjerene su 2016. godine, kada su na sve tri mjerene dubine temperature mora u ljetnim mjesecima prelazile 28 °C.

**Tablica 1.** Vrijednosti temperature mora (°C ± standardna devijacija) na 5, 10 i 15 metara dubine za vrijeme ljetnih mjeseci (od lipnja do rujna) izmjerene na postaji Veliki most.

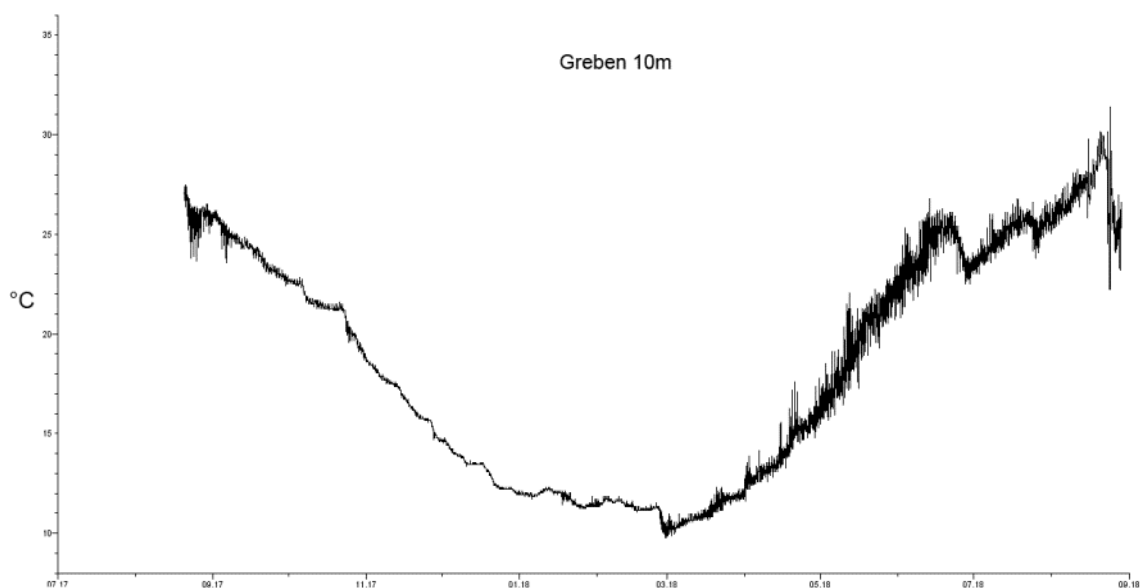
Dubina	Godina	T (prosjeak ± SD)	T min	T max
<b>5 m</b>				
	2014	25,85 ± 3,05	21,63	28,07
	2015	26,28 ± 2,37	19,97	28,39
	2016	27,63 ± 4,15	22,29	29,15
	2017	26,34 ± 2,42	19,63	28,29
	2018	26,23 ± 1,27	19,98	28,01
<b>10 m</b>				
	2014	25,15 ± 2,77	20,17	27,93
	2015	25,48 ± 2,29	19,23	28,15
	2016	26,44 ± 2,24	21,63	28,79
	2017	25,69 ± 3,82	19,07	27,88
	2018	25,17 ± 1,47	19,31	27,91
<b>15 m</b>				
	2014	22,39 ± 1,17	19,53	26,96
	2015	23,48 ± 2,72	20,49	27,94
	2016	26,38 ± 2,19	22,34	28,56
	2017	24,69 ± 3,57	21,17	27,29
	2018	23,19 ± 1,56	19,92	27,54

Na postaji Veliko jezero temperature mora izmjerene tijekom 2018. godine ne odstupaju znatno od vrijednosti proteklih 5 godina (Slika 17, 18 i 19). Izmjerene su povišene temperature u ljetnim mjesecima (od lipnja do listopada, do 29 °C na svim trima dubinama). Utvrđeno je cvjetanje algi i njihovo taloženje na kolonijama koralja *Cladocora caespitosa*, kao i mukus algi na kolonijama koralja, koji guši polipe i uzrokuje njihovo ugibanje. U dubljem dijelu grebena utvrđena je jaka fluktuacija termokline i nagla promjena temperature mora (u jednom danu promjena temperature i do 8 °C). Ovako velike dnevne fluktuacije vrijednosti temperature mora čest su uzrok izbjeljivanju polipa koralja na grebenu na dubini između 15 i 20 metara.



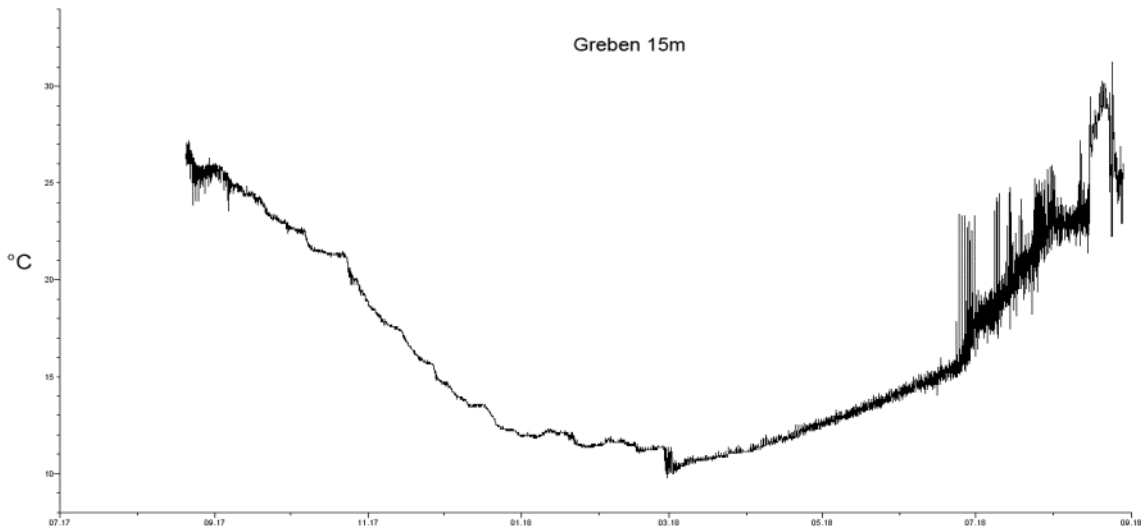


**Slika 17.** Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.



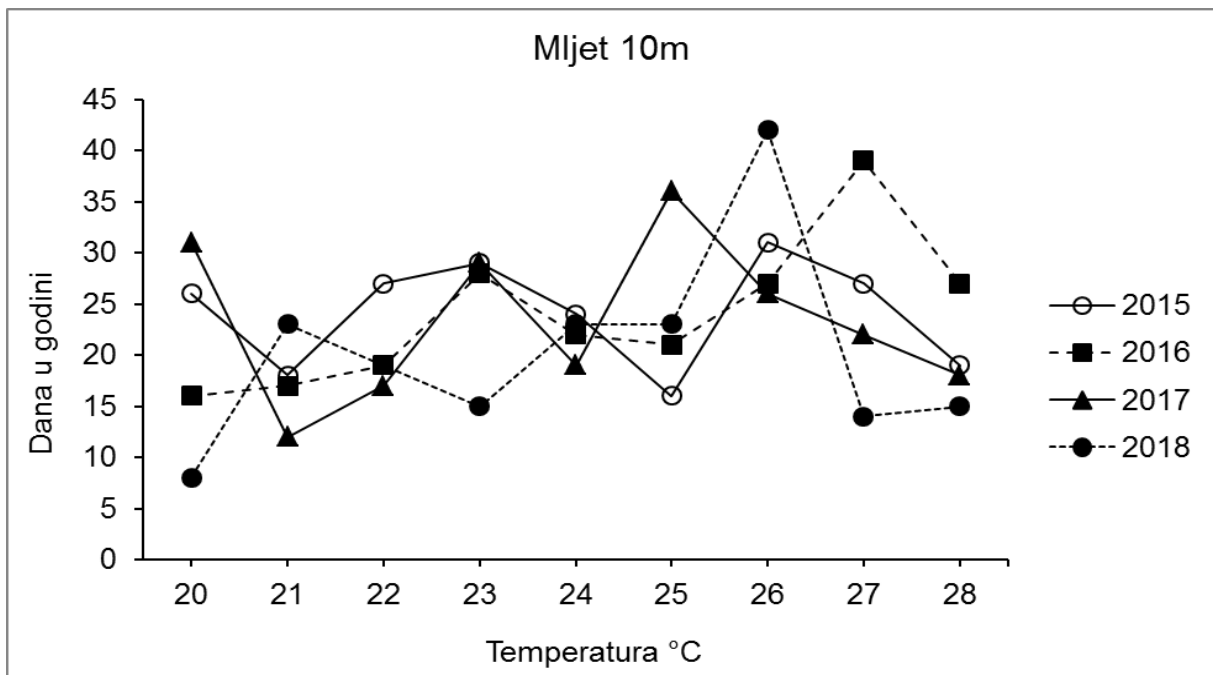
**Slika 18.** Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.

Zbog povišene temperature mora u Velikom jezeru utvrđena je i povećana kompeticija algi s koraljima (zelene alge roda *Codium* i *Anadyomene*), što postaje jedan od glavnih problema vezanih uz preživljavanje kolonija na grebenu zbog borbe algi i koralja za životni prostor. Izražena kompeticija koralja i algi (uz veliku prijetnju tropske zelene alge *Caulerpa cylindracea*) pogubna je za daljnji razvoj i opstanak grebena koralja *Cladocora caespitosa*.

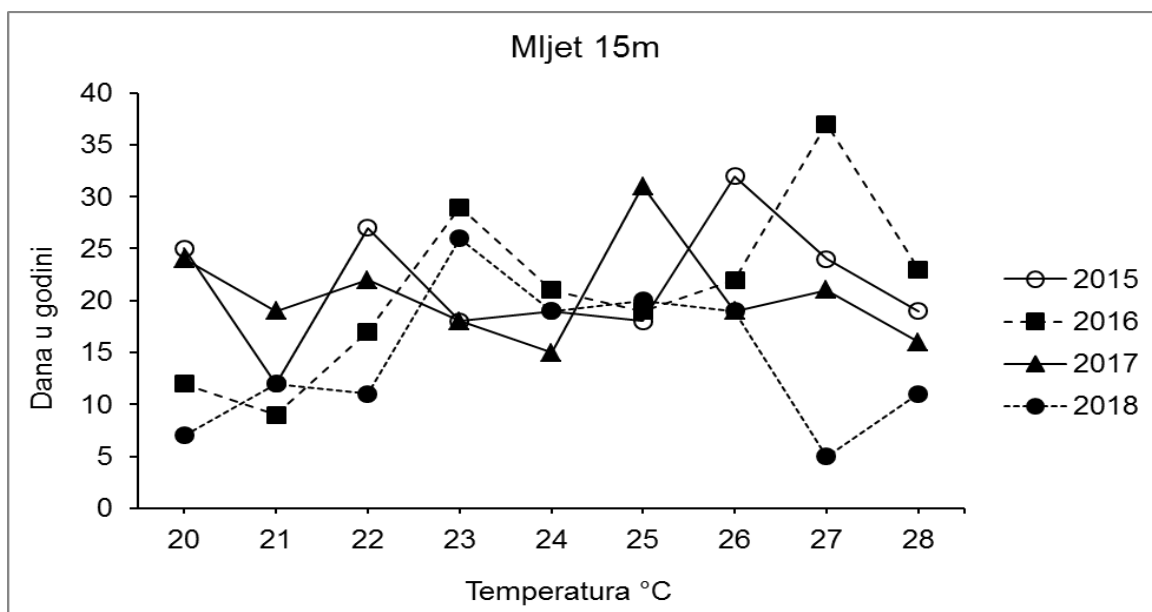


**Slika 19.** Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 15 metara.

Ako je njeno trajanje kratko, visoka temperatura mora nije glavni uzrok ugroženosti. Najveći problem za polipe koralja *Cladocora caespitosa* predstavlja duže razdoblje visoke temperature mora (više od 10 dana u nizu). Duža razdoblja povišene temperature mora događaju se tijekom ljetnih mjeseci kad nema bure i potpomognuta su južnim vjetrom (jugom). Tijekom istraživanja 2016. godine, temperatura mora od 28 °C na 10 metara dubine tijekom srpnja i kolovoza trajala je neprekidno 27 dana, a 18 dana tijekom 2018. (Slika 20).



**Slika 20.** Broj dana po godini s najvišim izmjerenim vrijednostima temperature mora (°C) na postaji Veliki most na 10 metara dubine.

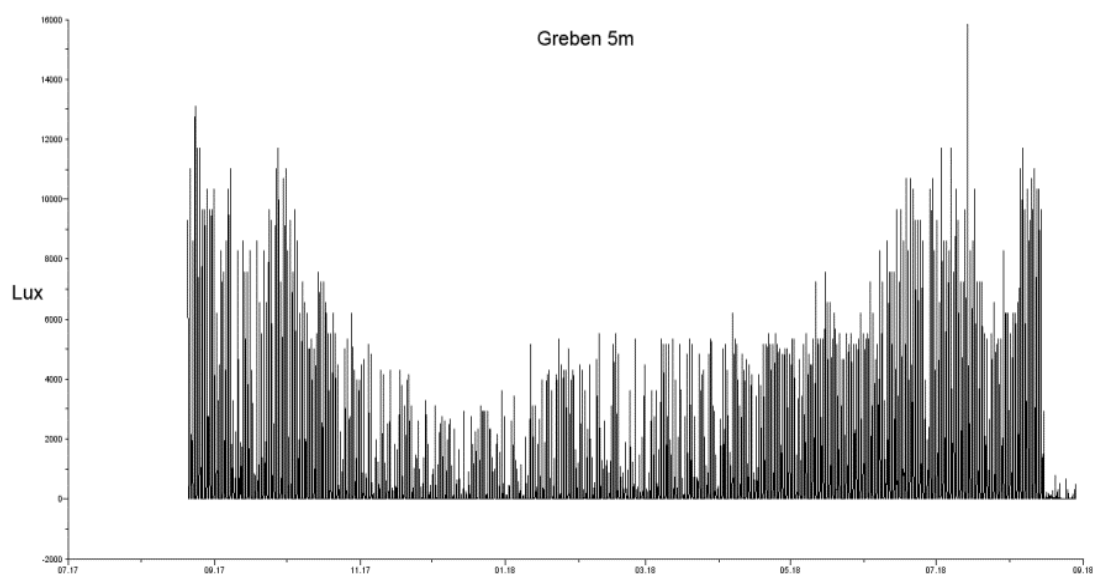


**Slika 21.** Broj dana po godini s najvišim izmjerenim vrijednostima temperature mora (°C) na postaji Veliki most na 15 metara dubine.

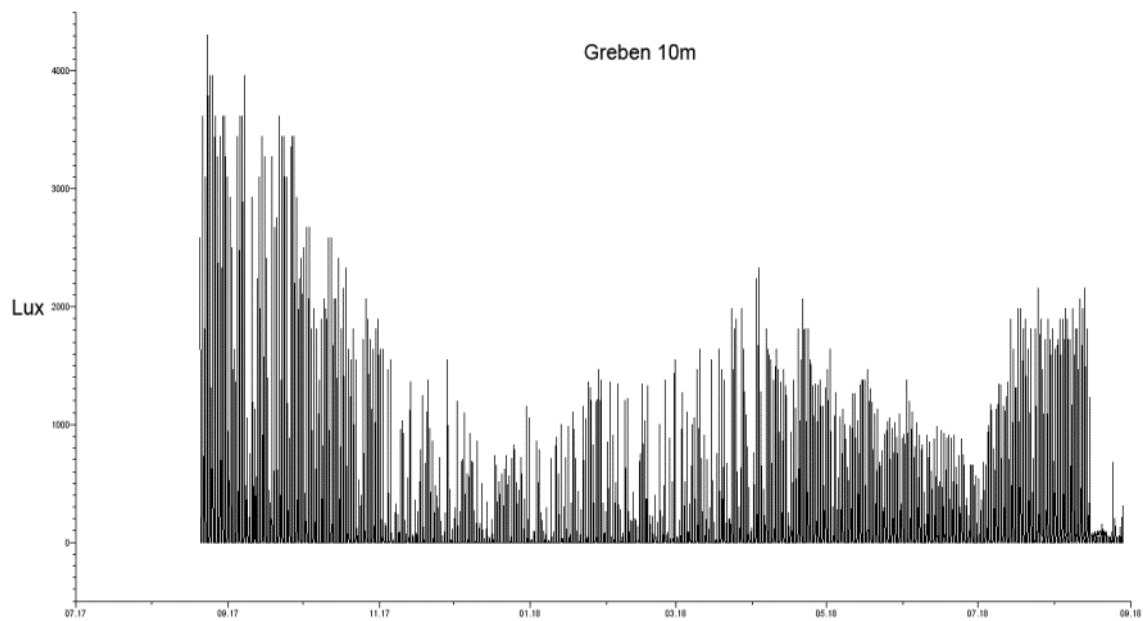
Na 15 metara dubine najduži period temperature mora od 28 °C izmjeren je također 2016. godine i trajao je 23 dana (Slika 21). Iste godine temperatura mora od 27 °C trajala je 37 dana.

#### 4.2. Količina svjetlosti u Velikom jezeru

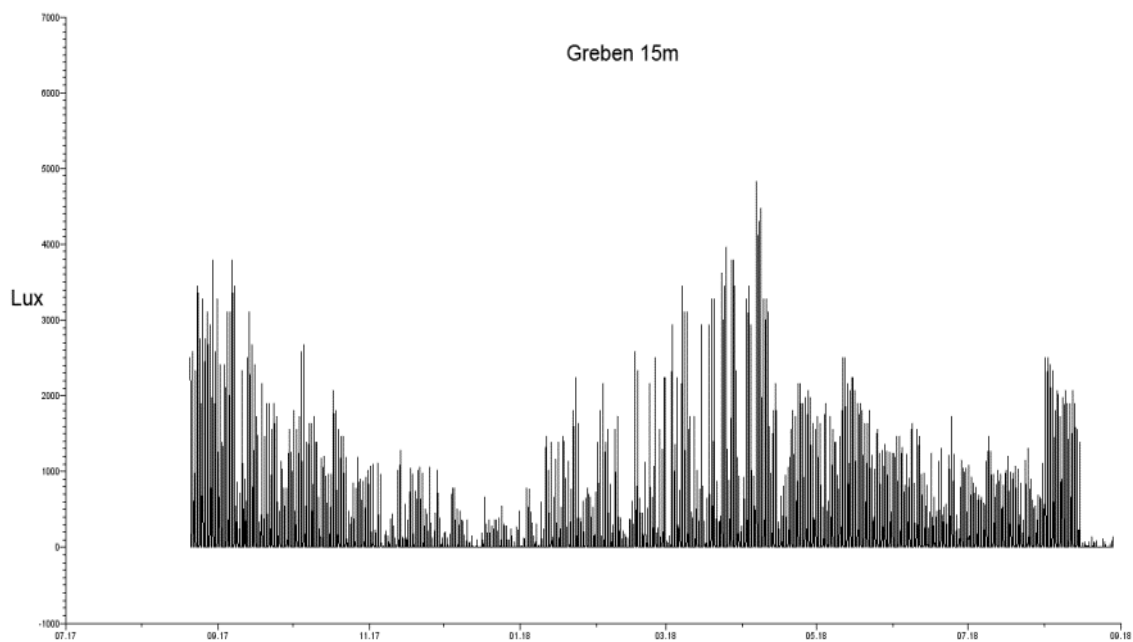
Fluktuacije vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero tijekom 2018. godine uobičajene su za godišnja doba i oblačnost u južnom Jadranu (Slika 22, 23 i 24).



**Slika 22.** Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.



**Slika 23.** Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.



**Slika 24.** Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 15 metara.

Na količinu svjetlosti utječe i količina fitoplanktona u jezerima (u proljeće i ljeto) jer smanjuje prodor svjetlosti na ovoj postaji tijekom toplijeg vremenskog razdoblja.

### 4.3. Hranjive soli na grebenu koralja

Izmjerene vrijednosti hranjivih soli u srpnju i listopadu 2018. godine ne pokazuju drastična odstupanja od prosječnih vrijednosti za otvoreno more južnog Jadrana (Tablica 2). Veće koncentracije hranjivih soli i amonijaka izmjerene su na postaji Veliko jezero, a razlog tome bi mogao biti što Veliko jezero ima oblik poluzatvorene uvale, ali i to što dio kanalizacije iz manjih naselja odlazi u Veliko jezero. Tijekom ljeta 2018. godine utvrđeno je manje cvjetanje mora i stvaranje mukoznih prevlaka preko koralja u Velikom jezeru. Pojava cvjetanja mora, uz povećanje količine hranjivih soli, povezana je i s temperaturom mora koja je bila manja nego prethodnih godina. Jedino je povišena koncentracija amonijaka tijekom mjerenja u srpnju te pogotovo u listopadu. To bi mogao biti jedan od razloga cvjetanja mora i smanjene prozirnosti na postaji Veliko jezero u listopadu.

**Tablica 2.** Sezonske varijacije hranjivih soli na istraživanoj postaji Veliki most u NP Mljet tijekom istraživanja u srpnju i listopadu 2018. godine.

Dubina	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μM)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μM)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (μM)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μM)	
	Srpanj	Listopad	Srpanj	Listopad	Srpanj	Listopad	Srpanj	Listopad
5 m	1,362	1,275	0,034	0,044	0,051	0,069	0,910	1,264
10 m	1,184	1,298	0,027	0,037	0,066	0,071	0,924	1,371
15 m	1,211	1,383	0,029	0,069	0,069	0,089	0,962	1,332
20 m	1,277	1,365	0,027	0,066	0,060	0,087	0,973	1,426

### 4.4. Brzina pridnenih struja na grebenu koralja

Brzina pridnenih struja mjerena je kroz 24 sata kako bi se izmjerilo strujanje tijekom dviju plima i dviju oseka. Ulazna struja u Veliko jezero (plima) puno je jača nego izlazna struja iz Velikog jezera (oseka). Prilikom mjerenja brzine pridnenih struja u srpnju 2018. godine najviše vrijednosti izmjerene su kod prve, jutarnje plime na 10 metara dubine ( $2,18 \pm 0,69$  m/s) (Tablica 3). Upravo je na 10 metara dubine brzina pridnenih strujanja najjača i kod plime i kod oseke. Najviša vrijednost kod oseke izmjerena je na 10 metara dubine za vrijeme prve oseke (u podne) i iznosila je  $1,41 \pm 0,36$  m/s. Najmanje vrijednosti utvrđene su na 20 metara dubine i kod plime i kod oseke. Pridnene morske struje vrlo su važne za greben koralja jer donose hranu (plankton i organske čestice). Međutim, postoji i negativna strana jer se strujama donosi i otpad (plastični i drveni predmeti) koji oštećuje čaške koralja. Brzina

pridnenih morskih struja pojačava se za vrijeme jakih vjetrova, primjerice juga, koje pojačava ulaznu plimnu struju.

**Tablica 3.** Prosjek brzine pridnenih struja (m/s ± standardna devijacija) na istraživanoj postaji Veliki most u NP Mljet tijekom istraživanja u srpnju 2018. godine mjerene kroz 24 sata (2 plime i 2 oseke).

	(m/s) + SD			
Dubina	1. plima	1. oseka	2. plima	2. oseka
<b>5 m</b>	1,33 ± 0,41	0,82 ± 0,19	1,24 ± 0,27	0,69 ± 0,29
<b>10 m</b>	2,18 ± 0,69	1,41 ± 0,36	1,97 ± 0,29	1,31 ± 0,33
<b>15 m</b>	1,79 ± 0,32	1,17 ± 0,25	1,82 ± 0,24	1,12 ± 0,27
<b>20 m</b>	0,64 ± 0,15	0,45 ± 0,14	0,51 ± 0,16	0,43 ± 0,29

#### 4.5. Brzina rasta na grebenu koralja

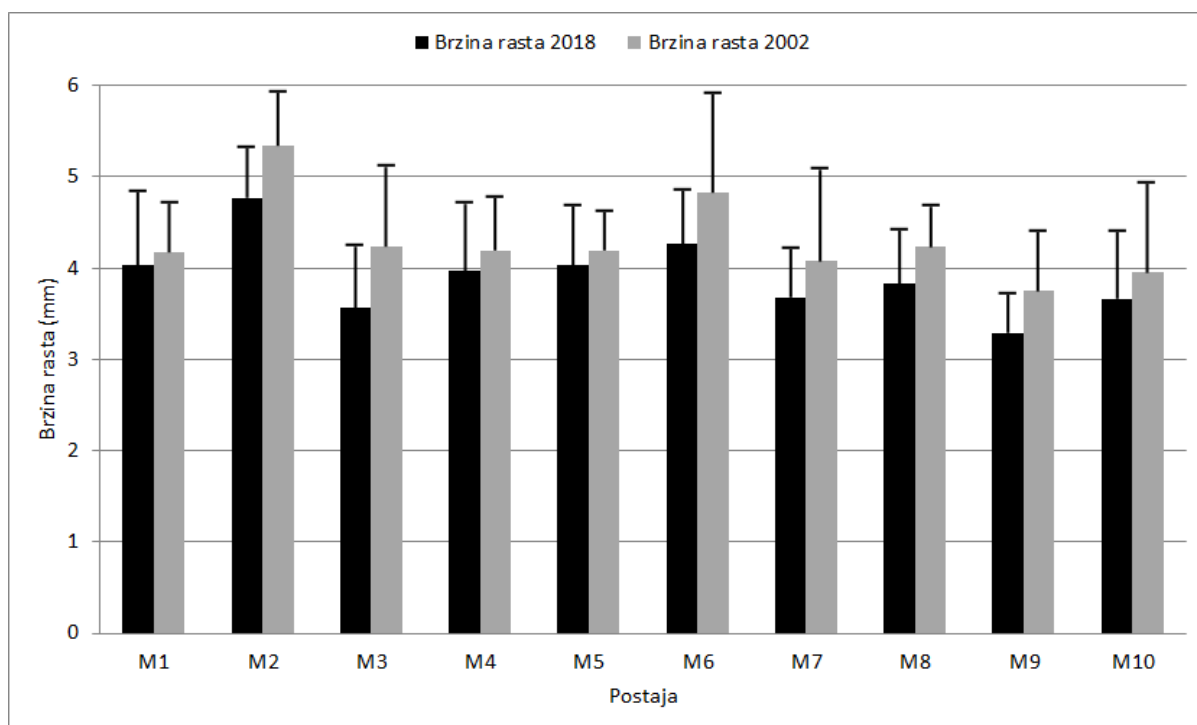
Za određivanje brzine rasta uzeti su uzorci dužih (20 čaški dužine oko 10 i više centimetara) čaški koralja s 10 lokacija na grebenu koralja (Slika 10). Za svaku koloniju s koje su izvađene čaške izračunat je prosječan rast dobiven mjerenjem prosječnog rasta čaški kolonije. Najmanji rast čaški izmjeren je na kolonijama M9 (prosjek 3,29 mm, SD = 0,25) i M3 (prosjek 3,56 mm, SD = 0,32) (Tablica 4). Najveći rast čaški izmjeren je na kolonijama M2 (prosjek 4,77 mm, SD = 0,27) i M6 (prosjek 4,27 mm, SD = 0,28). Najveći pojedinačni godišnji rast izmjeren je na čaškama kolonija M2 (5,67 mm) i M6 (5,43 mm). Statistički značajne razlike dobivene su između svih istraživanih kolonija na grebenu koralja ovisno o prosječnoj brzini rasta (One-way ANOVA,  $p < 0,001$ ). Razlike brzine rasta unutar kolonija na postaji Veliki most posljedica su varijabilnosti u rastu svake pojedine mjerene čaške. Ne postoji statistički značajna razlika među dobivenim vrijednostima rasta čaški unutar istraživanih kolonija.

Rezultati dobiveni mjerenjem brzine rasta tijekom 2018. godine uspoređeni su s rezultatima brzine rasta s istih kolonija dobivenih prilikom istraživanja 2002. godine (Kružić, 2005). Na svim istraživanim kolonijama utvrđen je sporiji rast čaški koralja izmjeren 2018. godine u odnosu na 2002. godinu te je utvrđena statistički značajna razlika među dobivenim vrijednostima (One-way ANOVA,  $p < 0,002$ ). Najveće smanjenje godišnjeg rasta čaški utvrđeno je na koloniji M3 (2002. godina - prosjek 4,24 mm, SD = 0,42; 2018. godina - prosjek 3,56 mm, SD = 0,27), M2 (2002. godina - prosjek 5,34 mm, SD = 0,64; 2018. godina

- prosjek 4,77 mm, SD = 0,39) i koloniji M6 (2002. godina - prosjek 4,83 mm, SD = 0,95; 2018. godina - prosjek 4,27 mm, SD = 0,38) (Slika 25).

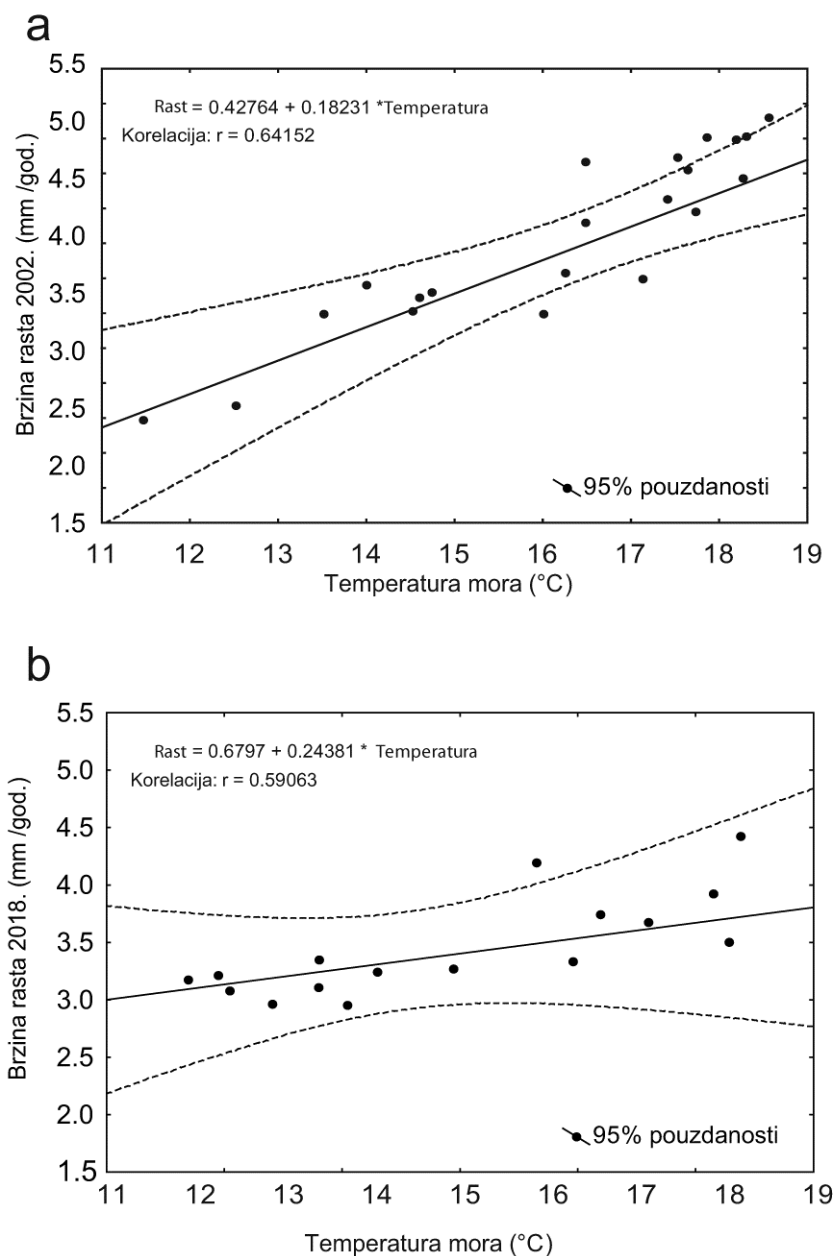
**Tablica 4.** Prosječne vrijednosti godišnje brzine rasta čaški koralja (mm ± standardna devijacija) i najveći godišnji rast na istraživanim kolonijama na grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru tijekom 2018. godine.

Kolonija	Dubina (m)	Brzina rasta (mm) ± SD	Najveća izmjerena vrijednost rasta (mm)
<b>M1</b>	10,2	4,03 ± 0,46	5,19
<b>M2</b>	7,7	4,77 ± 0,27	5,67
<b>M3</b>	12,6	3,56 ± 0,32	4,86
<b>M4</b>	12,2	3,98 ± 0,38	5,14
<b>M5</b>	11,9	4,04 ± 0,36	4,79
<b>M6</b>	6,1	4,27 ± 0,28	5,43
<b>M7</b>	10,1	3,67 ± 0,29	4,23
<b>M8</b>	12,9	3,83 ± 0,29	4,76
<b>M9</b>	11,3	3,29 ± 0,25	4,55
<b>M10</b>	14,2	3,66 ± 0,42	5,12



**Slika 25.** Prosječne vrijednosti godišnje brzine rasta (mm ± standardna devijacija) na istraživanim kolonijama na grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru tijekom istraživanja 2002. i 2018. godine.

Utvrđena je pozitivna korelacija između godišnje brzine rasta čaške koralja 2002. godine u odnosu na temperaturu mora na 10 metara dubine (Pearson  $r = 0,64$ ;  $p < 0.01$ ) te između brzine rasta čaške koralja 2018. godine u odnosu na temperaturu mora na 10 metara dubine (Pearson  $r = 0,59$ ;  $p < 0.01$ ) na svim istraživanim kolonijama u Velikom jezeru (Slika 26). Zbog manjih vrijednosti godišnje brzine rasta 2018. godine korelacija s temperaturom mora je također manja.

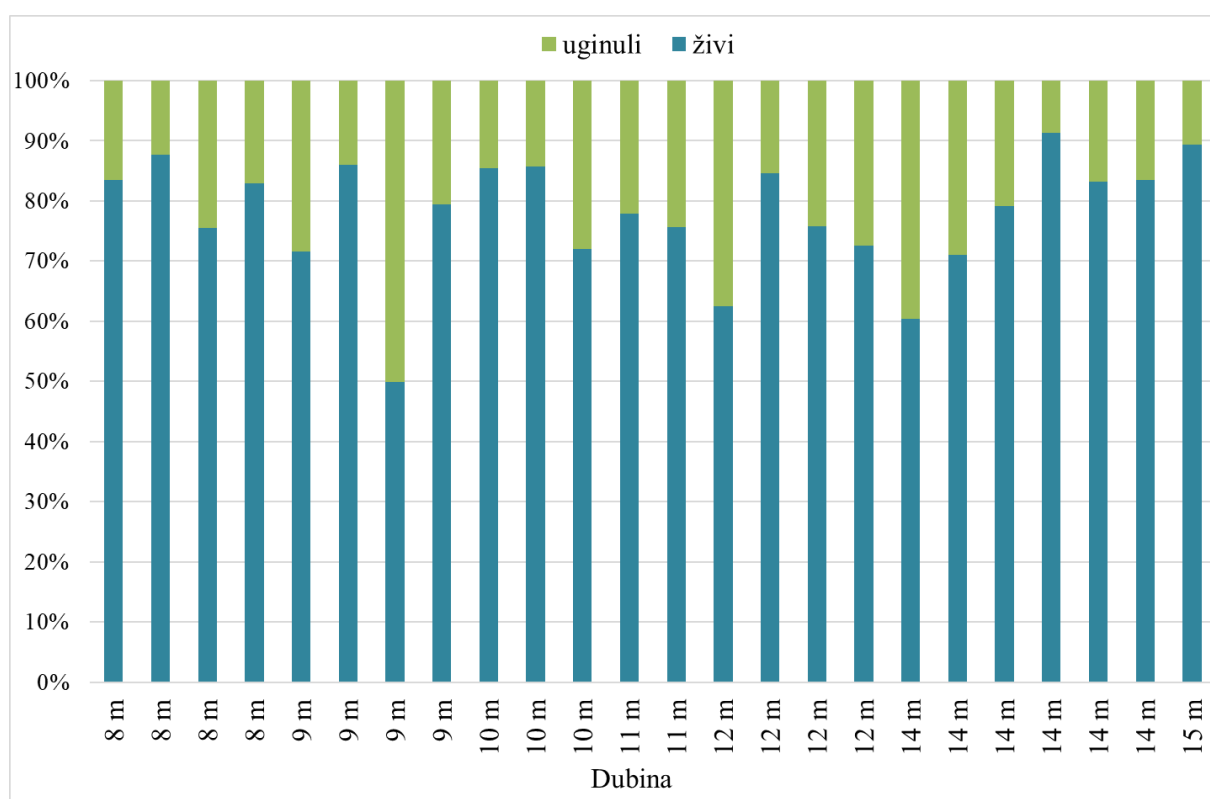


**Slika 26.** Korelacija prosječne vrijednosti godišnje brzine rasta čaški koralja (mm) i prosječne godišnje temperature mora na istraživanim kolonijama na grebenu koralja *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru tijekom istraživanja 2002. i 2018. godine (a - za razdoblje od 1980. do 2002.; b - za razdoblje od 2002. do 2018.).



#### 4.6. Oštećenja kolonija na grebenu koralja

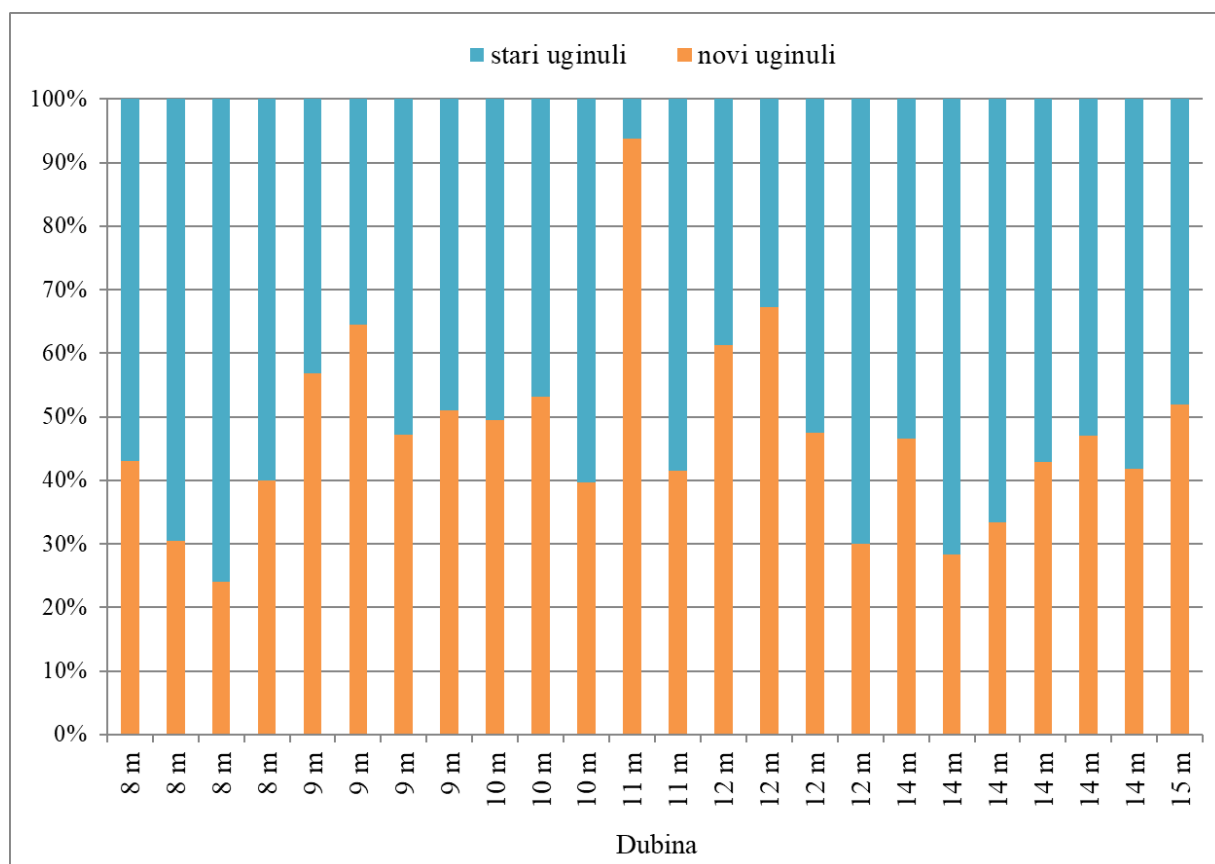
Prebrojavanjem čaški koralja unutar fotografiranih kvadrata dobiven je broj zdravih, oštećenih te mrtvih polipa. Procijenjen je i postotak prekrivenosti kvadrata obraštajem (uglavnom alge, a u malom postotku spužve i obrubnjaci). Dobiveni rezultati pokazali su da je unutar istraživanih kvadrata postotak uginulih polipa prilično visok (i do 50 %). Postotak uginulih polipa kretao se od 9,78 % na 14 metara dubine do 50,4 % na 9 metara dubine (Slika 27). Utvrđena je statistički značajna razlika između postotaka uginulih polipa i dubine kvadrata (One-way ANOVA,  $p < 0,001$ ).



**Slika 27.** Postotni udio zdravih i uginulih polipa u istraživanim kvadratima ovisno o dubini.

Kod uginulih polipa razlikuju se novi uginuli polipi (čaške bez polipa i obraštaja) i stari uginuli polipi (čaške bez polipa s obraštajem, najčešće crvene alge). Rezultati su pokazali da je unutar istraživanih kvadrata tijekom 2018. godine postotak novouginulih polipa vrlo visok. Na 7 od 24 istraživana kvadrata novouginulih polipa bilo je iznad 50 % (Slika 28). Najviše novouginulih polipa unutar istraživanih kvadrata utvrđeno je na 11 metara dubine (93,8 %). Najmanje novouginulih polipa utvrđeno je na 8 metara dubine (24,1 %). Utvrđena

je statistički značajna razlika između novouginulih polipa i dubine kvadrata (One-way ANOVA,  $p < 0,001$ ).



**Slika 28.** Postotni udio novih uginulih i starih uginulih polipa u istraživanim kvadratima ovisno o dubini.



**Slika 29.** Kompeticija koralja *Cladocora caespitosa* i zelenih algi (na slici zelena alga *Codium bursa* i *C. coralloides*) na postaji Veliko jezero.



**Slika 30.** Kompeticija koralja *Cladocora caespitosa* i alge zelene *Halimeda tuna* na postaji Veliko jezero.



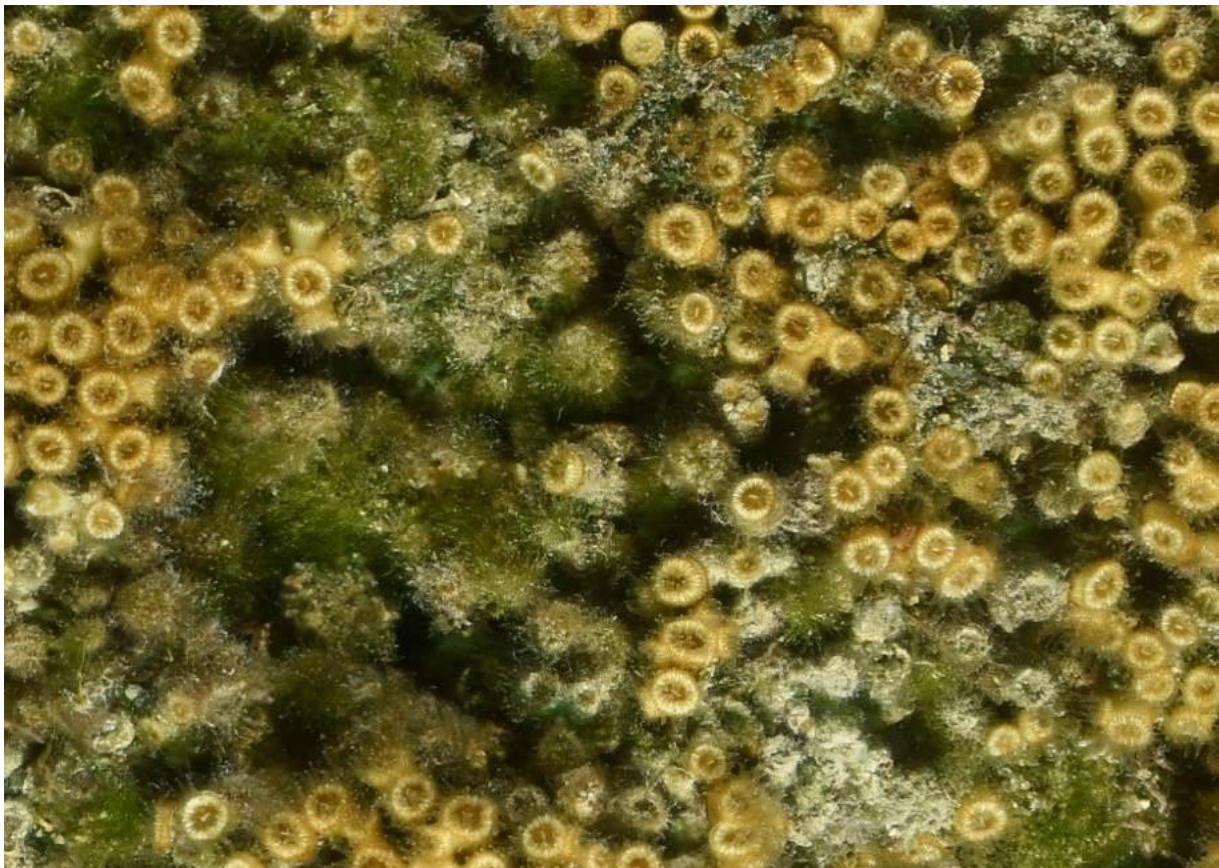


**Slika 31.** Istaložen mukus smeđe alge *Acinetospora crinita* na kolonijama vrste *Cladocora caespitosa* na postaji Veliko jezero.

Veliki problem grebena koralja *C. caespitosa* predstavlja kompeticija s algama (prvenstveno vrste zelenih algi *Anadyomene stellata*, *Halimeda tuna* te rodovi *Codium* i *Valonia*) (Slika 29, 30, 31 i 32). Zbog velike količine hranjivih soli u Velikom jezeru i povišene temperature mora u toplijim mjesecima, ova kompeticija sve više ide u korist algi, koje preraštanjem kolonija znatno doprinose propadanju grebena. U zadnjih 20 godina istraživanja na grebenu koralja u Velikom jezeru stalno se utvrđuju nova cvjetanja algi i mukus (većinom smeđa alga *Acinetospora crinita*), koji prekriva i guši kolonije (Slika 31). „Tepih“ mukusa i kompeticija sa zelenim algama (*Anadyomene stellata* i rodovi *Codium* i *Valonia*) na pojedinim fotografiranim kvadratima zauzima i 30 % površine (Tablica 5). Ispod naselja algi i „tepiha“ mukusa dijelovi kolonije koralja ugibaju i nepovratno su uništeni. Bujanje algi na grebenu koralja dobar je primjer klimatskih promjena u Jadranskom moru i utjecaja povišene temperature mora na pojedine morske vrste i njihovu međusobnu kompeticiju.

**Tablica 5.** Udio obraštaja algi u istraživanim kvadratima.

Broj kvadrata	Dubina kvadrata	Udio obraštaja algama
1	8 m	5 %
2	8 m	3 %
3	8 m	12 %
4	8 m	10 %
5	9 m	25 %
6	9 m	5 %
7	9 m	35 %
8	9 m	15 %
9	10 m	5 %
10	10 m	6 %
11	10 m	20 %
12	11 m	10 %
13	11 m	20 %
14	12 m	30 %
15	12 m	10 %
16	12 m	20 %
17	12 m	20 %
18	14 m	30 %
19	14 m	17 %
20	14 m	20 %
21	14 m	5 %
22	14 m	10 %
23	14 m	10 %
24	15 m	10 %



**Slika 32.** Zelena alga *Cladophora prolifera* na koloniji koralja *C. caespitosa* (isječak iz kvadrata na dubini od 14 metara).

Izbjeljivanje polipa kolonija prilikom istraživanja 2018. godine utvrđeno je na svim dubinama (Slika 33 i 34). Primarno dolazi do izbacivanja simbiotskih zooxantela zbog dužih vremenskih razdoblja visoke temperature mora (Slike 15 i 16). Nadalje, visoke temperature mora doprinose i razvoju patogena – bakterija i virusa – zbog kojih dolazi do nekroze tkiva. Kod izbjeljivanja polipa koralja primarna posljedica je nedostatak hrane koju polip dobiva od simbiotskih algi (šećeri i lipidi). Kako koralj od zooxantela dobiva i više od 50 % hrane, odbacivanje simbiotskih algi često dovodi do izgladnjivanja polipa i pojave nekroze tkiva. Na dubini gdje je prisutna termoklina tijekom ljetnih mjeseci (između 16 i 18 metara) također dolazi do izbjeljivanja polipa zbog stalnog temperaturnog šoka. To se događa zbog velikih oscilacija u temperaturi jer dnevne oscilacije tijekom toplijih mjeseci dosežu i do 5 °C. Nažalost, oporavak koralja u Velikom jezeru nije utvrđen kao u području sjevernog Jadrana, već sve kolonije nakon izbjeljivanja polipa ugibaju. Izbjeljivanje polipa koralja utvrđeno je i kod vrste *Balanophyllia europaea*, koja je također ugrožena u Velikom jezeru zbog klimatskih promjena. I jedna i druga vrsta kamenih koralja dobar su indikator klimatskih promjena u Jadranskom moru.





**Slika 33.** Izbjeljivanje polipa koralja *C. caespitosa* na grebenu u Velikom jezeru.



**Slika 34.** Izbjeljivanje kolonije koralja *C. caespitosa* na grebenu u Velikom jezeru.

#### 4.7. Utjecaj invazivnih vrsta na grebenu koralja

Od 2002. godine jak pritisak na biocenoze u NP Mljet, uz povišenu temperaturu mora, stvaraju i invazivne vrste. Tijekom istraživanja 2018. godine u Velikom jezeru je ponovo utvrđeno intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder. Danas alga *C. cylindracea* zahvaća čitavo područje ulaza u Veliko jezero. Sva tri grebena okružena su algom (veliki, glavni greben te manji, srednji i južni greben). Najgušće naselje alge nalazi se na srednjem grebenu (unutar kanala Veliki most), dok je najrjeđe naselje uz južni greben. Kod glavnog grebena alga je prisutna u najvećem dijelu iza samog grebena, na području očišćenom 2008. godine. *C. cylindracea* svojim rastom i velikom gustoćom naselja guši kolonije koralja. Naselje alge na srednjem grebenu već prelazi preko kolonija koralja (Slika 35).



**Slika 35.** Alga *Caulerpa cylindracea* na koloniji koralja *C. caespitosa* na grebenu u Velikom jezeru.

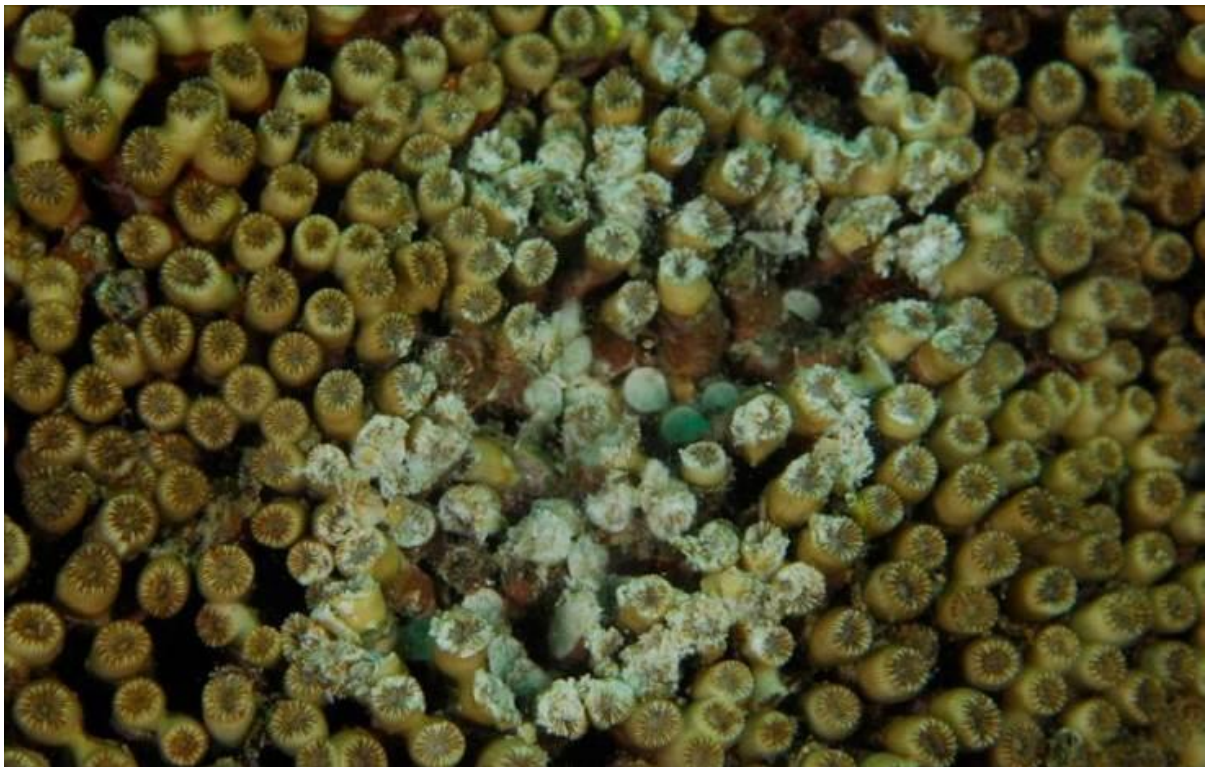


Plove riba papigača, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758) također predstavljaju veliki problem za koralje u NP Mljet. Stalno se utvrđuju nove štete na vrstama *Cladocora caespitosa*, *Madracis pharensis*, *Balanophyllia europaea* i *Caryophyllia inornata*, prvenstveno na vanjskim postajama, ali u zadnjih nekoliko godina papigača ulazi i u Veliko jezero (Slika 36).



**Slika 36.** Vrsta *Sparisoma cretense* u podmorju NP Mljet.

Hranjenje papigače morskim beskralješnjacima tipično je za ovu vrstu i jednako je pogubno za koralje kao i u tropskim morima. Štete na grebenu koralja u Velikom jezeru uzrokovane hranjenjem papigače još nisu velike, ali povećanjem populacija povećat će se i ugroženost grebena koralja (Slika 37).



**Slika 37.** Oštećene čaške (hranjenje papigače) kod vrste *Cladocora caespitosa* na postaji Veliko jezero.

Tijekom istraživanja 2018. godine utvrđeno je ukupno 28 kolonija oštećenih hranjenjem papigača (Tablica 6). Šteta na čaškama koralja unutar kolonije iznosila je 4,8 % od ukupne površine kolonija. Vanjske postaje imaju znatno veći postotak oštećenja kolonija, od 12,8 % na postaji Rt Stupe do 28,2 % na postaji Goli rat.

**Tablica 6.** Usporedba broja riba papigača *Sparisoma cretense* u plovama, broj oštećenih kolonija i postotak oštećenja na pojedinoj koloniji na istraživanim postajama prilikom istraživanja 2018. godine.

Postaja	Dubina (m)	Prosječan broj riba u plovi	Broj oštećenih kolonija	% oštećenja na koloniji
Veliko jezero	5-16	6,4 ± 1,22	28	4,8 ± 2,17
Goli rat	8-18	12,5 ± 5,04	16	28,2 ± 4,36
Kulijer	4-15	5,6 ± 1,27	12	17,3 ± 6,79
Rt Stupe	9-20	9,6 ± 3,06	15	12,8 ± 5,52

## 5. RASPRAVA

Tijekom istraživanja u 2018. godini utvrđene su povećane temperature mora (temperaturne anomalije) do 50 metara dubine u NP Mljet. Međutim, zabilježene anomalije blaže su u usporedbi s prijašnjim godinama. Temperature zraka bile su u skladu s klimatskim promjenama. Temperature mora nisu slijedile trend povećanja prijašnjih godina, najvjerojatnije zbog znatno nemirnijeg mora uzrokovanog vjetrom (prvenstveno bura i maestral). Nije bilo dugotrajnih razdoblja izuzetno toplih dana na području Mljeta tijekom kojih bi se more zagrijalo ni čestog južnog vjetra koji bi potpomogao zagrijavanje priobalnog mora Mljeta. Uspoređujući dobivene podatke o temperaturi mora na sve tri istraživane dubine (5, 10 i 15 metara dubine) može se vidjeti kako se 2016. godina ističe po najvišim izmjerenim temperaturama mora u zadnjih 5 godina. Vrlo je važan i uzastopan broj dana s visokim temperaturama mora (Kružić i sur., 2016). Broj dana s visokom temperaturom mora proporcionalan je s mortalitetom morskih organizama, uključujući i greben koralja *Cladocora caespitosa*. Negativni utjecaj povišene temperature mora vidljiv je prvenstveno kao odumiranje (nekroza) tkiva na spužvama, kamenim koraljima i mahovnjacima, a ponekad i kao mortalitet jedinki i smanjenje populacija. Usporedba promjena biocenoza u zadnjih 20 godina kod istraživanih staništa unutar NP Mljet pokazuje pozitivnu korelaciju između povišenja temperature mora i povećanja nekroze tkiva i smrtnosti koralja. Cvjetanje mora ugrožava podmorski svijet te je utvrđeno i u Velikom jezeru, no ne u zabrinjavajućoj mjeri.

Količina svjetlosti nije pokazala veća odstupanja na mjerenim dubinama od mjerenja na vanjskim postajama u NP Mljet. Manje varijacije utvrđene su samo u proljetnim i ljetnim mjesecima zbog povećanja količine fitoplanktonskih organizama, što je uobičajena pojava. Na količinu svjetlosti utječe i broj oblačnih dana.

Koncentracije hranjivih soli su u Velikom jezeru veće nego na vanjskim postajama i često su uzrok povećanog cvjetanja mora. To se prvenstveno vidi u obliku većih nakupina mukusa na kolonijama koralja, a najčešća vrsta je smeđa nitasta alga *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageau. Ispod mukusa („plahti“) polipi koralja ugibaju i ostaje goli skelet. Uz nekrozu tkiva zbog povišene temperature mora, mukus na površini kolonija jedna je od glavnih ugroza grebena koralja u Velikom jezeru.

Pridnene struje donose hranu polipima koralja na grebenu. Zbog uskog kanala (Solinski kanal) koji spaja Veliko jezero s otvorenim morem brzina struja je kod izmjene plime i oseke vrlo velika. Ulazna struja tijekom plime često je pojačana južnim vjetrom. Za potpunu izmjenu morske vode u Velikom i Malom jezeru na Mljetu potrebno je oko jedne

godine. Pritom se sloj mora ispod 35 metara dubine zbog većeg saliniteta ne miješa (Kružić, 2005). Ovdje je zbog manjeg miješanja mora i velike količine organske tvari (mrtvi planktonski organizmi) česta anoksija. Brzina pridnениh struja ima direktan utjecaj na godišnji rast čaški koralja (Kružić, 2005; Kružić i Benković, 2008). Dio grebena koji je na udaru jake ulazne pridnene struje zbog plime ima manji godišnji rast čaški od drugih dijelova grebena. Najjača strujanja izmjerena su na dubinama od 10 i 15 metara, dok je na 5 metara i na 20 metara pridnena struja manje brzine.

Na rast kolonija na postaji Veliki most veliki utjecaj ima reljef grebena koji usmjerava pridnene morske struje. Jaka ulazna struja za vrijeme plime ima izravan utjecaj na manji rast kolonija na samom početku grebena (Kružić, 2005). Na jačinu dodatno djeluje i jako jugo, pogotovo u zimskim mjesecima. Virovi na površini mora nastali plimnom strujom nastaju točno iznad grebena i imaju znatan utjecaj na donošenje hranjivih organskih čestica polipima kolonija.

Rast čaški kolonija pokazuje značajnu povezanost s prosječnom godišnjom temperaturom mora (Kružić, 2005; Kružić i Benković, 2008; Peirano i sur., 1999; Peirano i sur., 2005). Brži rast čaški kolonija podudara se s razdobljem viših temperatura mora, a manji rast podudara se s razdobljem nižih temperatura mora (Kružić, 2005). Ovim istraživanjem utvrđene su manje vrijednosti brzine rasta za razdoblje od 2002. do 2018. godine u odnosu na razdoblje od 1980. do 2002. godine. Uspoređujući vrijednosti rasta čaške koralja i temperature mora moguće je zaključiti da u zadnjih 15 godina brzina rasta pada s rastom temperature mora (Peirano i sur., 1999; Kružić, 2005). Ovo je prvi dokaz da duže vremensko razdoblje povišene temperature mora u Sredozemnom moru može inhibirati rast koralja umjerenih područja. Ovu tvrdnju treba dodatno istražiti.

Brzina rasta vrste *C. caespitosa* izmjerena u ovom radu (od 1,75 mm do 5,67 mm godišnje) podudara se s rezultatima od 1,3 do 4,3 mm godišnje iz Ligurskog mora (Peirano i sur., 1999), NP Mljet (Kružić, 2005) i otočja Columbrates u Španjolskoj (Kersting i sur., 2013). Ovi se podaci podudaraju s brzinom rasta od 2,9 do 5,2 mm godišnje koje je izmjerio Schiller (1993) u Piranskom zaljevu pomoću Alizarin metode. Vrijednosti godišnjeg rasta koralja *C. caespitosa*, izmjerene radiografskom metodom pokazuju sličnosti i s ostalim vrstama porodice Faviidae, koje žive u tropskom području (primjerice, vrste *Favia speciosa* (Dana, 1846) i *Favia pallida* (Dana, 1846)). Dobivene vrijednosti rasta u ovom radu pokazuju kako vrsta *C. caespitosa* ima potencijal rasta kao mnogi tropski koralji, graditelji koraljnih grebena. Međutim, u Sredozemnom moru rast kolonija i grebena ograničen je dominacijom viših algi u plićem području. Greben u Velikom jezeru dobar je primjer takvog odnosa.

Naselja algi na grebenu svake godine sve su veća i ozbiljno ugrožavaju dijelove grebena. I u ovom slučaju je moguće da temperatura mora ima znatan utjecaj na širenje algi. Lokalna raširenost koralja *C. caespitosa* povezana je s aktivnošću morskih ježinaca koji se hrane algama te s djelovanjem pridnenih morskih struja koje također mogu inhibirati rast algi (Herndl i Velimirov, 1986). Prisutnost jakih pridnenih struja ne utječe na pojavnost algi, ali uzrokuje neprisutnost ježinaca na grebenu koralja u Velikom jezeru. Iako smanjena jačina sunčeve svjetlosti daje prednost koraljima sa simbiotskim algama u odnosu na više alge, pogotovo na dubinama ispod 15 metara (Zabala i Ballesteros, 1989), kod grebena to nije slučaj. Ovdje profitiraju i alge i simbiotski koralji.

Koralji kao vrste indikatori klimatskih promjena pokazuju stupnjeve oštećenja populacija povezane s temperaturnim anomalijama. Najugroženiji su kameni koralji *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea*, *Madracis pharensis* te *Leptopsammia pruvoti* (Kružić i sur., 2015; Kružić i sur., 2016). Izbjeljivanje polipa kod vrsta *Cladocora caespitosa*, *Madracis pharensis* i *Balanophyllia europaea* utvrđeno je i tijekom ljetnih mjeseci 2018. godine. Ove vrste indikatori pokazale su se pogodnima za provedbu monitoringa jer su izuzetno osjetljive na klimatske promjene i negativne antropogene utjecaje.

Vrsta *Cladocora caespitosa* na grebenu u Velikom jezeru pokazuje značajnu nekrozu tkiva polipa pri povišenim temperaturama mora (više od 27 °C), a utvrđeno je i izbacivanje simbiotskih zooksantela, odnosno izbjeljivanje koralja, što je dokaz temperaturnog šoka. Nekroza tkiva i izbjeljivanje polipa koralja glavni su čimbenik ugroženosti grebena koralja *C. caespitosa* na postaji Veliko jezero. Postotak uginulih kolonija na grebenu u Velikom jezeru se povećava, a jedan od razloga je i pojava krupnog otpada (staklene boce, veće grane drveća, plastična ambalaža) koji iz otvorenog mora na greben dospijeva nošen morskim strujama. Ipak, temperaturne anomalije glavni su razlog ugroženosti ove vrste u Sredozemnom moru. Potrebno je pratiti pojave izbjeljivanja polipa i nekroze tkiva polipa ove vrste te navedene pojave uspoređivati s povećanom temperaturom mora. U godinama bez temperaturnih anomalija moguć je oporavak koralja, što je uz samo razumijevanje ekologije vrste dodatan razlog za provođenje monitoringa.

Visoki postotak nekroze tkiva na pojedinim fotografiranim kvadratima iznosi do zabrinjavajućih 50 %. Najugroženiji je srednji dio grebena, a postotak nekroze polipa smanjuje se prema većoj dubini. Ovi rezultati pokazuju veću ugroženost vrste *Cladocora caespitosa* u Jadranu od drugih područja u Sredozemnom moru, gdje su postoci znatno manji (do 20 % nekroze tkiva po kvadratu) (Kersting i sur., 2013). Također je značajan udio novih nekroza utvrđenih prilikom ovog istraživanja tijekom 2018. godine (i preko 90 %). Ovaj

podatak dokazuje da čak i manje temperaturne anomalije zabilježene tijekom istraživanja 2018. godine mogu biti pogubne za kolonije koralja na grebenu u Velikom jezeru.

Izbjeljivanje polipa koralja utvrđeno je na svim dubinama grebena, ali manje nego prošlih godina. Ono je tipično za tropske koralje, ali otkriveno je i kod koralja umjereno toplih mora (Kružić i sur., 2014). Izbjeljivanje polipa koralja na grebenu u Velikom jezeru nije tolikog intenziteta kao nekroza tkiva polipa (do 10 % polipa istraživanih kolonija), iako im je uzrok zajednički. Ipak, ako se trend povećanja temperature mora nastavi, postoji mogućnost da u skoroj budućnosti izbjeljivanje polipa koralja bude glavni uzrok smrti simbiotskih koralja u Sredozemnom moru. Najvjerojatniji uzroci izbjeljivanja polipa u dubljem dijelu grebena (15 do 20 metara dubine) su fluktuacija termokline te nagle promjene temperature mora (u jednom danu promjena temperature od 8 °C).

Veliki problem mogu biti i zimske fluktuacije temperature koje dovode do zimskog izbjeljivanja polipa (engl. “*winter coral bleaching*”). Zimsko izbjeljivanje je identično ljetnom, samo što je uzrok niska temperatura mora koja može iznositi i 8 °C, a prisutna je svake godine od siječnja do travnja. Sličan primjer zimskog izbjeljivanja utvrđen je i na sjevernom dijelu Jadrana, u Piranskom zaljevu (Kružić, 2014; Kružić i sur., 2014). Srećom, zimsko izbjeljivanje je znatno manjeg intenziteta od ljetnoga. Posljedica ljetnog izbjeljivanja je odumiranje kolonija, a u slučaju zimskog izbjeljivanja polipi se uglavnom uspiju oporaviti.

Tijekom istraživanja utvrđene su i povećane pojave kompeticije alga s koraljima, pri čemu alge – prvenstveno zelene alge *Anadyomene stellata*, *Halimeda tuna* i rodovi *Codium* i *Valonia* – prerastaju kolonije, koje nakon toga ugibaju zbog nemogućnosti odvijanja fotosinteze simbiotskih algi i nemogućnosti hranjenja polipa. Suvišak hranjivih tvari u Velikom jezeru te dovoljno toplih dana i svjetlosti u plićim dijelovima grebena tijekom ljetnih mjeseci pružaju optimalne uvjete za rast algi. Na istraživanim kvadratima postotak obraštaja algama penje se i do 35 %, što je znatan udio ako se u obzir uzme da su kvadrati birani nasumično. Ovako intenzivni razvoj algi poguban je za daljnji razvoj i opstanak grebena koralja *C. caespitosa*.

Jedna od negativnih posljedica klimatskih promjena su invazivne vrste u Jadranskom moru. Sve utvrđene invazivne vrste na grebenu koralja u Velikom jezeru povezane su s povećanjem temperature mora u zadnja dva desetljeća. Vrlo veliki problem je zelena alga *Caulerpa cylindracea* Sonder koja okružuje greben koralja u Velikom jezeru i prijati preraštanjem kolonija. Ova se invazivna alga u Veliko jezero širi kroz Solinski kanal iz uvala Gonoturska i Blace, najčešće tijekom jakog juga, koje valovima trga fragmente alge i pospješuje njihov ulazak u Veliko jezero. Godine 2004. i 2008. naselja alge u Solinskom

kanalu i oko grebena koralja u Velikom jezeru prekrivena su crnim folijama. Međutim, godine 2015. utvrđena su nova izolirana naselja u području velikog kanala (Veliki most) i s obje strane obale uz kanal. Time je greben koralja *Cladocora caespitosa* nanovo ugrožen, iako se posljednje dvije godine na području grebena i Solinskog kanala provodi eradikacija ove invazivne vrste. Potrebno je utvrditi mjere smanjenja mogućnosti prijenosa alge ribolovnim alatima i sidrima, posebno nautičkim brodovima, na nova područja unutar jezera i na područje cijelog parka.

Vrsta koja se „udomaćila“ u Jadranu je riba papigača, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758). Populacija papigače se u zadnjih desetak godina utrostručila i danas predstavlja opasnost za kamene koralje u Jadranskom moru (Kružić, 2018). Vrsta se širi prema sjeveru te je utvrđena na području NP Kornati i PP Telašćica. Papigača se hrani polipima simbiotskih koralja (*Cladocora caespitosa*, *Madracis pharensis* i *Balanophyllia europaea*) i može napraviti veliku štetu populacijama koralja. U zadnjih 10 godina populacije papigače sve su veće, a njihove plove sve brojnije (i do 50 jedinki unutar plove).

S obzirom na uzlazni trend negativnih utjecaja na morske organizme zbog globalnih klimatskih promjena u Sredozemnom moru, smanjeni mortalitet na istraživanim kolonijama na grebenu koralja utvrđen tijekom 2018. godine vjerojatno je tek mali „predah“ pred nova zagrijavanja mora u Jadranu i daljnji negativni utjecaj na koralje u Velikom jezeru.

## 6. ZAKLJUČCI

- Tijekom istraživanja u 2018. godini utvrđene su povećane temperature mora (temperaturne anomalije) u Velikom jezeru (NP Mljet) na mjerenim dubinama (5, 10 i 15 metara dubine), ali manjeg intenziteta nego prošlih godina. Jedino izmjerene vrijednosti temperature mora u 2016. godini odudaraju od ostalih godina po najvišim izmjerenim temperaturama mora u zadnjih 5 godina (do 29 °C).
- Vrijednosti godišnjeg rasta koralja *C. caespitosa* u ovom radu (prosjek brzine rasta čaški koralja od 1,75 mm do 5,67 mm godišnje) podudaraju se s dosadašnjim rezultatima mjerenja u Sredozemnom moru, ali su dobivene vrijednosti nešto manje u odnosu na prijašnja mjerenja na grebenu u Velikom jezeru.
- Istraživanjem su utvrđene manje vrijednosti brzine rasta na grebenu koralja za razdoblje od 2002. do 2018. godine u odnosu na razdoblje od 1980. do 2002. godine. Uspoređujući vrijednosti rasta čaške koralja i temperature mora zaključuje se da u zadnjih 15 godina brzina rasta pada s porastom temperature mora.
- Usporedba promjena u zadnjih 20 godina na istraživanim staništima unutar NP Mljet pokazuje pozitivnu korelaciju između povišenja temperature mora i povećanja nekroze tkiva i smrtnosti koralja.
- Nekroza tkiva i izbjeljivanje polipa koralja zbog povećane temperature mora glavni su čimbenici ugroženosti grebena koralja *C. caespitosa* na postaji Veliko jezero. Značajan je udio novih nekroza utvrđenih prilikom istraživanja u 2018. godini (i preko 90 %). Ovaj podatak dokazuje da su čak i manje temperaturne anomalije, zabilježene tijekom ovog istraživanja, pogubne za kolonije koralja na grebenu u Velikom jezeru.
- Tijekom istraživanja utvrđene su i povećane pojave kompeticije algi s koraljima, pri čemu alge (prvenstveno zelene alge *Anadyomene stellata*, *Halimeda tuna* i rodovi *Codium* i *Valonia*) prerastaju i uništavaju kolonije.
- Invazivna alga *Caulerpa cylindracea* Sonder svojim rastom i gustoćom naselja guši kolonije koralja prerastajući preko njih. Širenje alge unutar Velikog jezera ugrožava opstanak grebena koralja *C. caespitosa*.
- Populacija papigače *Sparisoma cretense* u zadnjih se desetak godina utrostručila. Velika brojnost ove populacije zbog hranjenja polipima koralja danas predstavlja opasnost za greben koralja u Velikom jezeru.



## 7. LITERATURA

- Baker, A. C., Rowan, R. (1997): Diversity of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae) in scleractinian corals of the Caribbean and Eastern Pacific. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium 2*: 1301-1306.
- Barnes, D. J., Lough, J. M. (1993): On the nature and causes of density banding in massive coral skeletons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 167: 91-108.
- Bognar, A., Curić, L. (1995): Geomorfološke značajke otoka Mljeta. U: Simpozij Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta: priopćenja (ur. Durbešić, P., Benović, A.). Hrvatsko ekološko društvo, Državna uprava za zaštitu kulturne i prirodne baštine, Nacionalni park Mljet, Pomena, str. 73-84.
- Casado-Amezúa, P., Kersting, D.K., Linares, C., Bo, M., Caroselli, E. et al. (2015): *Cladocora caespitosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species*.
- Chalker, B. E., Carr, K., Gill, E. (1985): Measurement of primary production and calcification *in situ* on coral reefs using electrode techniques. *Proceedings of the 5th International Coral Reef Symposium 6*: 167-172.
- Copin Montégut, C., Copin Montégut, G. (1999): Theoretical considerations about the reactions of calcification in sea water. *Marine Chemistry* 63: 213-224.
- Cuerda, B. J. (1975): Los tiempos cuaternarios en Baleares. *Instituto de Baleáricos*, Palma de Mallorca. 1-304.
- Gattuso, J.-P., Allemand, D., Frankignoulle, M. (1999): Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: a review on interactions and control by carbonate chemistry. *American Zoologist* 39: 160-183.
- Govorčin, D. P., Juračić, M., Horvatinčić, N., Onofri, V. (2001): Holocene sedimentation in the Soline Channel (Mljet Lakes, Adriatic Sea). *Natura Croatica* 10 (4): 247-258.
- Gušić, I., Velić, I., Sokač, B. (1995): Geološka građa otoka Mljeta. U: Simpozij Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta: priopćenja (ur. Durbešić, P., Benović, A.). Hrvatsko ekološko društvo, Državna uprava za zaštitu kulturne i prirodne baštine, Nacionalni park Mljet, Pomena, str. 35-53.
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): Protista – Protozoa – Metazoa – Invertebrata: strukture i funkcije. Alfa, Zagreb.

- Herndl, G. J., Velimirov, B. (1986): Microheterothropic utilization of mucus released by the Mediterranean coral *Cladocora caespitosa*. *Marine Biology* 90: 363-369.
- Hudson, H. J., Shinn, E. A., Halley, R. B., Lidz, B. (1976): Sclerochronology: A tool for interpreting past environments. *Geology* 4 (6): 361-364.
- Husinec, A. (2002): Stratigrafija mezozojskih naslaga otoka Mljeta u okviru geodinamske evolucije južnog dijela Jadranske karbonatne platforme. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Juračić, M., Sondi, I., Barišić, D., Vdović, N., Pravdić, V. (1995): Sedimenti i sedimentacija u mljetskim jezerima (Hrvatska). U: Simpozij Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta: priopćenja (ur. Durbešić, P., Benović, A.). Hrvatsko ekološko društvo, Državna uprava za zaštitu kulturne i prirodne baštine, Nacionalni park Mljet, Pomena, str. 107-116.
- Kersting, D.K., Bensoussan, N., Linares, C. (2013): Long-term responses of the endemic reef-builder *Cladocora caespitosa* to Mediterranean warming. *Plos ONE* 8: e70820.
- Kružić, P. (2001): Grebenaste tvorbe vrste *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) (Anthozoa, Scleractinia) u Jadranskom moru. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Kružić, P. (2005): Ekologija vrste kamenog koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus 1767) i njegove grebenaste tvorbe u Jadranskom moru. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Kružić, P. (2018): Monitoring koralja u Nacionalnom parku Mljet: Izvještaj za 2017. godinu. Hrvatsko biološko društvo, Zagreb.
- Kružić, P., Požar-Domac, A. (2002): Skeleton growth rates of coral bank of *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in lake Veliko Jezero (Mljet National Park). *Periodicum biologorum* 104 (2): 123-129.
- Kružić, P., Žuljević, A., Nikolić, V. (2007): Spawning of the colonial coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Southern Adriatic Sea. *Coral Reefs* 27: 337-341.
- Kružić, P., Benković, L. (2008): Bioconstructional features of the coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Adriatic Sea (Croatia). *Marine Ecology* 29: 125-139.
- Kružić, P. (2014): Bioconstructions in the mediterranean: Present and future. *The Mediterranean Sea: Its History and Present Challenges* 435-447.
- Kružić, P., Lipej, L., Mavrič, B., Rodić, P. (2014): Impact of bleaching on the coral *Cladocora caespitosa* in the eastern Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 509, 193-202.

- Kružić, P., Popijač, A. (2015): Mass mortality events of the coral *Balanophyllia europaea* (Scleractinia, Dendrophylliidae) in the Mljet National Park (eastern Adriatic Sea) caused by sea temperature anomalies. *Coral Reefs* 34 (1), pp. 109-118.
- 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 (6), pp. 1190-1209.
- Laborel, J. (1987): Marine biogenic constructions in the Mediterranean: a review. *Scientific reports of the Port-Cros National Park* 13: 97-126.
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., Pérez, T. (2009): Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution* 25 (4): 250-260.
- Milliman, J. D., Droxler, A. W. (1996): Neritic and Pelagic Carbonate Sedimentation in the Marine Environment: Ignorance is not Bliss. *Geologische Rundschau* 85: 496-504.
- Muscatine, L. (1990): The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. U: *Ecosystems of the world: 25 – Coral Reefs* (ur. Dubinsky, Z.). Elsevier, Amsterdam: 75-87.
- Nykjaer, L. (2009): Mediterranean Sea surface warming 1985–2006. *Climate Research* 39: 11-17.
- Peirano, A., Morri, C., Bianchi, C. N. (1999): Skeleton growth and density pattern of the temperate zooxanthellate scleractinian *Cladocora caespitosa* from the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 185: 195-201.
- Peirano, A., Abbate, M., Cerrati, G., Difesca, V., Peroni, C., Rodolfo-Metalpa, R. (2005): Monthly variations in calix growth, polyp tissue, and density banding of the Mediterranean scleractinian *Cladocora caespitosa* (L.). *Coral Reefs* 24: 404-409.
- Riđanović, J., Šimunović, V. (1995): Geografska obilježja otoka Mljeta. U: *Simpozij Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta: priopćenja* (ur. Durbešić, P., Benović, A.). Hrvatsko ekološko društvo, Državna uprava za zaštitu kulturne i prirodne baštine, Nacionalni park Mljet, Pomena, str. 55-72.
- Rodolfo-Metalpa, R., Bianchi, C. N., Peirano, A., Morri, C. (2005): Tissue necrosis and mortality of the temperate coral *Cladocora caespitosa*. *Italian Journal Of Zoology* 72: 271-276.
- Rodolfo-Metalpa, R., Richard, C., Allemand, D., Bianchi, C. N., Morri, C., Ferrier-Pagès, C. (2006): Response of zooxanthellae in symbiosis with the Mediterranean corals

- Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica* to elevated temperatures. *Marine Biology* 150: 45-55.
- Rowan, R., Powers, D. A. (1991): Molecular genetic identification of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae). *Marine Ecology Progress Series* 71: 65-73.
- Schiller, C. (1993a); Ecology of the symbiotic coral *Cladocora caespitosa* (L.) (Faviidae, Scleractinia) in the Bay of Piran (Adriatic Sea): I. Distribution and biometry. P.S.Z.N.I.: *Marine Ecology* 14 (3): 205-219.
- Sorokin, Y. I. (1993): Coral reef ecology. Ecological studies 102. Springer, Berlin.
- Šegota, T., Filipčić, A. (1996): Klimatologija za geografe. Školska knjiga, Zagreb.
- Turk, T. (2011): Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, Zagreb. 1-590.
- Vilibić, I., Šepić, J., Proust, N. (2013): Weakening thermohaline circulation in the Adriatic Sea. *Climate Research* 55: 217–225.
- Ware, J. R., Smith, S. V., Reaka-Kudla, M. L. (1991): Coral reefs: sources or sinks of atmospheric CO<sub>2</sub>? *Coral Reefs* 11: 127-130.
- Wells, J. W. (1956): Scleractinia. U: Treatise of invertebrate paleontology. Part F: Coelenterata (ur. Moore R. C.). Geological Society of America, University of Kansas Press: 328-444.
- Zabala, M., Ballesteros, E. (1989): Surface - dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. *Scientia Marina*, 53: 3-17.
- Zibrowius, H. (1980): Les Scléreactiniales de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de l'Institut océanographique* 11: 1-284.

#### INTERNETSKI IZVORI

- Centar za invazivne vrste (CIV). URL: <http://civ.iptpo.hr/> (7.12.2018.)
- Državni zavod za statistiku RH (DZS RH). URL: <https://www.dzs.hr/> (14.12.2018.)
- European Commission (EC). URL: [https://ec.europa.eu/commission/index\\_en](https://ec.europa.eu/commission/index_en) (5.1.2019.)
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP). URL: <http://www.haop.hr/hr/pocetna-stranica> (16.12.2018.)
- IUCN. URL: <https://www.iucn.org/> (8.1.2019.)
- IUCN Red List of Threatened Species. URL: <https://www.iucnredlist.org/> (14.12.2018.)
- Nacionalni park Mljet. URL: <http://np-mljet.hr/> (7.12.2018.)

# ŽIVOTOPIS

Rita Guić

## OBRAZOVANJE

---

2016. – danas	Diplomski studij Znanosti o okolišu Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
2013. – 2016.	Preddiplomski studij Znanosti o okolišu Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu Tema završnog rada: „Mikroplastika u morskom okolišu“

## RADIONICE

---

lipanj 2018.	International School of Marine Conservation Science - isMCS, Koper (Slovenija)
--------------	---

## PROJEKTI

---

rujan – listopad 2018.	Organizacija i provedba projekta „Istraživanje bioraznolikosti podmorja Silbanskih grebena“
travanj 2018.	Organizacija i provedba projekta „Upoznavanje studenata sa znanstvenim istraživanjima i inovacijama u hrvatskoj marikulturi“ kroz posjet uzgajalištu tvrtke Cromaris
studeni 2017.	Organizacija i provedba eko-akcije i monitoringa otpada na plaži Puntamika
2016. i 2017.	Akcija uklanjanja alge <i>Caulerpa cylindracea</i> u NP Mljet
svibanj i rujan 2017.	Istraživačko–edukacijski projekt „Insula Tilagus 2017.“
listopad 2016.	Projekt monitoringa no-take zona unutar nacionalnih parkova i parkova prirode Republike Hrvatske (Društvo 20000 milja)
travanj – svibanj 2016.	Istraživanje ekološkog stanja mora CARLIT metodom

## PRIZNANJA I NAGRADE

---

ožujak 2016.	Dobitnica Dekanove nagrade za izvrsnost
--------------	---

## TEČAJEVI

---

srpanj 2016. CMAS tečaj ronjenja, R1 kategorija

## ČLANSTVA

---

listopad 2017. – danas voditeljica Sekcije za biologiju mora, Udruga studenata biologije (BIUS)

listopad 2015. – danas članica Sekcije za biologiju mora, BIUS

## VJEŠTINE

---

Jezici: hrvatski jezik – materinji  
engleski jezik – razina C2  
talijanski jezik – razina A2  
francuski jezik – razina A1

Vozačka dozvola: B

Ostalo: pjevanje u Oratorijskom zboru „*Cantores sancti Marci*“  
završena srednja Glazbena škola Blagoja Berse, gitara  
fotografija