

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Mihael Gamulin

Utjecaj invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na bentoska staništa  
u Nacionalnom parku Mljet

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019

Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Petra Kružića, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja Magistra ekologije i zaštite prirode.

*Ovim putem zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Petru Kružiću na pomoći pri odabiru teme, stručnoj pomoći, korekciji i sugestijama pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se i komisiji povjerenstva te ostalim okupljenima na prisutnosti obrane diplomskog rada.*

*Također, zahvaljujem se svim kolegama iz Dubrovnika, Zagreba, i Češke s Erasmus+ programa bez čije prisutnosti i stečenih prijateljstva ovo moje razdoblje studiranja ne bi bilo upola uspješno i zabavno.*

*Zahvaljujem se i svim prijateljima te rodbini koja je uvijek bila uz mene, i kad je išlo a i kad nije.*

*Ipak, za sam kraj najviše se zahvaljujem roditeljima koji su me i usmjerili na ovaj put te mi dali priliku da prepoznam ono što volim.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### Utjecaj invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na bentoska staništa u Nacionalnom parku Mljet

Mihael Gamulin

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Alga *Caulerpa cylindracea* Sonder organizam je tropskih do umjereno toplih mora široko rasprostranjena diljem svijeta. Invazivni varijetet ove alge raste od površine pa do preko 50 m dubine, na svim vrstama morskog dna, u zagađenom i čistom moru. U Sredozemnom moru je prvi put utvrđena 1926. godine u Tunisu, te se smatra kako pripada skupini lesepskih vrsta. Terenska istraživanja obavljena su u Nacionalnom parku „Mljet“ na 8 postaja. Na području NP Mljet na svim istraživanim postajama utvrđen je jak hidrodinamizam mora zbog čega je otkidanje i raznošenje djelića alge morskim strujama najčešći način njenog širenja. Mjerenja rasta kauloida alge *C. cylindracea* u ovom istraživanju obavljena su u ljetnim i jesenskim mjesecima. Izmjereni godišnji rast alge *C. cylindracea* u prosjeku je iznosio 10,1 milimetar na dan na svim istraživanim postajama, a maksimalni prosječni rast alge izmjeren na postaji Veliko jezero iznosio je 15,6 mm na dan. Brzina rasta talusa alge *Caulerpa cylindracea* u pozitivnoj je korelaciji s povišenom ljetnom temperaturom mora. Količina svjetlosti ima manji utjecaj na rast nego povišena temperatura mora. Rast alge na 40 i više metara dubine u Jadranu, te veličina tih naselja potvrđuje tezu kako ova zelena alga ne treba puno svjetlosti za svoj rast. Bentoski sesilni organizmi, poput alga, spužvi, koralja, mnogočetinaša i mahovnjaka najviše su ugroženi prerastanjem njihovih staništa od strane invazivne alge *C. cylindracea*. Livade morske cvjetnice *P. oceanica* zaustavljaju širenje invazivne alge, te alga raste samo na oštećenim dijelovima livada. Prilikom istraživanja niti na jednoj postaji nije utvrđeno hranjenje ježinaca invazivnom algom, dok ribe iz porodice Sparidae hranjenjem vjerojatno više pospješuju rasprostranjenost alge, nego što pomažu u eradikaciji naselja invazivne alge. Kao najbolji način čišćenja invazivne alge *C. cylindracea* pokazalo se ručno čišćenje. Mamut pumpa i prekrivanje crnom folijom negativno utječe na bentoske organizme.

(52 stranica, 27 slika, 8 tablica, 125 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski i engleski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Caulerpa cylindracea*, bentos, eradikacija, NP Mljet, Jadransko more

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

Ocjenitelji: Izv. prof. dr. sc. Zrinka Ljubešić i prof. dr. sc. Domagoj Đikić

Rad prihvaćen:

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

### The influence of the invasive alga *Caulerpa cylindracea* Sonder on benthic habitats in the National Park Mljet

Mihael Gamulin

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Algae *Caulerpa cylindracea* Sonder is organism of tropical and moderately warm seas widespread around the world. Invasive variety of this algae is growing from surface to 50 m of depth, at all types of marine benthic habitat in the polluted and clean seas as well. In the Mediterranean Sea was first found in 1926. in Tunisia and is considered to belong to a group of lesepian species. Field research was conducted at the National Park "Mljet" at 8 stations. In the area of NP Mljet in the all research stations, strong hydrodynamism has been noticed, which is why the breaking and dispersion of algae particles by sea currents is the most common way of spreading it. The measurements of the alga *C. cylindracea* cauloide growth were carried out in summer and fall months. The measured annual growth of *C. cylindracea* algae averaged 10.1 millimetres per day at all research stations, and the maximum average algae growth measured at the Veliko jezero station was 15.6 mm per day. The growth rate of the algae *C. cylindracea* thallus is in a positive correlation with the higher summer temperature of the sea. The amount of light has a lower impact on growth than the higher sea temperature. Algae growth at 40 and more meters of depth in the Adriatic Sea, and the size of its habitats confirms the thesis that this green algae does not need much light for its growth. Benthic sessile organisms, such as algae, sponges, corals, polychaetes and bryozoans, are the most endangered by the extinction of their habitats by invasive algae *C. cylindracea*. Meadows of seagrass *P. oceanica* stops spreading invasive algae, and algae grows only on damaged parts of the meadow. During the research at any stations, no feeding of sea urchins with invasive algae was found, while the fish from the Sparidae family by feeding are likely to increase the spread of algae rather than help eradicate the invasive algae. The best way to clean the invasive *C. cylindracea* algae was to clean it manually. Mamuth pump and black foil cover negatively affects benthic organisms.

(52 pages, 27 figures, 8 tables, 125 references, original in: croatian and english)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: *Caulerpa cylindracea*, benthos, eradication, NP Mljet, Adriatic Sea

Supervisor: dr. sc. Petar Kružić, Associate Professor

Reviewers: dr. sc. Zrinka Ljubešić, Associate Professor and dr. sc. Domagoj Đikić, Professor

Thesis accepted:

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
1.1. Rod <i>Caulerpa</i> .....	1
1.1.1. Rod <i>Caulerpa</i> u Jadranskom moru.....	2
1.1.2. Biologija vrste <i>Caulerpa cylindracea</i> Sonder.....	3
1.1.3. Ekologija vrste <i>Caulerpa cylindracea</i> Sonder.....	4
1.2. Veliko jezero (NP Mljet).....	5
1.3. Korallj <i>Cladocora ceaspitosa</i> (Linnaeus, 1767).....	6
<b>2. Cilj rada</b> .....	9
<b>3. Područje istraživanja</b> .....	10
<b>4. Materijal i metode</b> .....	11
<b>5. Rezultati</b> .....	13
5.1. Fizikalno-kemijski parametri na postaji Rt Lenga.....	13
5.2. Rast i širenje alge <i>Caulerpa cylindracea</i> .....	18
5.3. Utjecaj alge <i>Caulerpa cylindracea</i> na bentoske organizme.....	21
5.4. Utjecaj alge <i>Caulerpa cylindracea</i> na bentoske biocenoze.....	26
5.4.1. Biocenoza infralitoralnih alga.....	26
5.4.2. Biocenoza naselja vrste <i>Posidonia oceanica</i> .....	27
5.4.3. Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka.....	28
5.4.4. Biocenoza infralitoralnih šljunaka.....	288
5.4.5. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala.....	29
5.4.6. Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridnenih struja....	29
5.4.7. Biocenoza obalnih detritusnih dna.....	30
5.4.8. Koralligenska biocenoza.....	30
5.4.9. Utjecaj riba na naselja alge <i>Caulerpa cylindracea</i> .....	32
5.5. Kartiranje naselja invazivne alge u Velikom jezeru.....	322
5.6. Čišćenje naselja invazivne alge u Velikom jezeru.....	322
5.6.1. Veliki greben (Veliko jezero).....	333
5.6.2. Srednji greben (Veliko jezero).....	38
5.6.3. Južni greben (Veliko jezero).....	388
5.6.4. Solinski kanal (zapadni dio-uz Jezero).....	38
<b>6. Rasprava</b> .....	422
<b>7. Zaključci</b> .....	477
<b>8. Literatura</b> .....	488

# 1. Uvod

## 1.1. Rod *Caulerpa*

Rod *Caulerpa* pripada porodici *Caulerpaceae*, te ih ubrajamo u zelene alge. Do današnjeg dana u rod *Caulerpa* uvrštene su 72 svojte, i to vrste, podvrste, varijeteti i forme rasprostranjene u svim tropskim i subtropskim, te u nekim umjereno toplim morima (Calvert i sur.1976). Francuski botaničar Jean Vincent Félix Lamouroux opisao je rod *Caulerpa* 1809.godine, te mu je ime dao prema grčkoj riječi "*caulos*"- stabljika i "*erpo*"- ja pužem. Njemački prirodoslovac Samuel Gottlieb Gmelin (1745 - 1774) opisao je prvu vrstu roda *Caulerpa* 1768. godine, danas poznatu kao *Caulerpa sertularioides* (Gmelin 1768).

Alge roda *Caulerpa* se mogu razmnožavati vegetativno i spolno što im pridonosi veliki uspjeh u širenju te nastanjivanju novih područja. Rod *Caulerpa* je poseban po tome što vrste koje mu pripadaju su najveći jednostanični organizmi na svijetu. Iako je cijela alga građena od samo jedne stanice njen razgranat kauloid može narasti i nekoliko metara te imati na sebi tisuće rizoida i stotine filoida. Vegetativno razmnožavanje podrazumijeva fragmentaciju (otkidanje) dijelova alge koje potom brzom regeneracijom izrastaju u novi talus. Kod spolnog razmnožavanja iz fertilnog dijela talusa u citoplazmi se razvije na milijune mikroskopski malenih gameta. U ranu zoru muške i ženske gamete napuštaju roditeljsku stanicu, spajajući se u zigotu koja tone na dno i razvija se u novu algu te pritom roditeljska alga ugiba.

Sredozemno more trenutačno nastanjuje 8 svojti roda *Caulerpa* od kojih čak 7 nisu autohtone. Jedino se *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J. V. Lamouroux, 1809. smatra autohtonom vrstom u Sredozemnom moru. Preostalih 7 svojti su alohtone, podrijetlom iz Crvenog mora. Prokopavanjem Sueskog kanala mnoge vrste su prvi puta došle na novo područje, uključujući 7 svojti roda *Caulerpa*:

- *C. mexicana*,
- *C. racemosa* var. *turbinata- uvifera*,
- *C. racemosa* var. *lamourouxii* f. *requienii*,
- *C. racemosa* var. *cylindracea*,
- *C. scalpelliformis*,
- *C. sertularioides*
- *C. taxifolia*.

Sve takve vrste nazivamo Lessepskim organizmima, koji su naziv dobili po Ferdinandu de Lessepsu, konstruktoru Sueskog kanala.

Pojedine invazivne svojte iz roda *Caulerpa* na novom staništu mogu poremetiti prirodnu ravnotežu, misleći prvenstveno na kompeticiju u borbi za prostor. Razlog tomu je otpornost na okolišne uvijete te uspješno vegetativno razmnožavanje koje pruža prednost

nad ostalim algama te morskim cvjetnicama, ugrožavajući već ne samo njih, nego i ostale bentonske organizme.



Slika 1. Herbarski primjerak invazivnog varijeteta alge *Caulerpa cylindracea*.

### 1.1.1. Rod *Caulerpa* u Jadranskom moru

U Jadranskom moru do sada su evidentirane 3 svojte roda *Caulerpa*: *C. prolifera*, *C. cylindracea* i *C. taxifolia*. Autohtona sredozemna alga *C. prolifera* u Jadranu je rijetka i utvrđena je uz talijansku i albansku obalu na dva, te uz hrvatsku obalu na šest nalazišta (Žuljević 2005.)

*C. taxifolia* je u Jadranu prvi put viđena 1994. godine u Starogradskom zaljevu (o. Hvar). Deset godina nakon prvog nalaza, 2004. godine pronađena je ukupno još na dva lokaliteta: Starogradski zaljev, Malinska i Barbatski kanal (Špan i sur. 1998). Za Malinsku (o. Krk) se smatra da je jedan od najsjevernijih nalazišta rasprostranjenosti roda *Caulerpa* u svijetu (Iveša i sur., 2006). Alga *Caulerpa taxifolia* danas je prisutna jedino na području Starogradskog zaljeva, dok u Barbatskom kanalu i Malinskoj, nakon provedenih projekata



uklanjanja i vrlo niskih zimskih temperatura nije više uočena. U Barbatskom kanalu alga je uspješno uklonjena 2001., a Malinskoj krajem 2005. godine (Iveša i sur. 2006).

Nedavna istraživanja temeljena na morfološkim i genetičkim saznanjima pokazala su da u Sredozemnom moru postoje tri varijeteta alge *Caulerpa racemosa*:

- 1) *C. racemosa* var. *turbinata uvifera*
- 2) *C. racemosa* var. *lamourouxii f. requieni*
- 3) *C. racemosa* var. *cylindracea*

Prvi službeni nalaz *C. cylindracea*, zabilježen je u kolovozu 2000. godine u podmorju Paklenih otoka (o. Hvar) (Žuljević i sur, 2003; Žuljević i Antolić 2005). Kroz iduće četiri godine zabilježena je uz obalu Crne Gore, Italije i Albanije te još na 35 lokaliteta duž Hrvatske obale (Žuljević 2005). Genetička istraživanja ovog varijeteta *C. racemosa* pokazuju veliku srodnost sa algama iz jugozapadne Australije (Bello i sur. 2004; Varlaque i sur. 2003).

### 1.1.2. **Biologija vrste *Caulerpa cylindracea* Sonder**

*Caulerpa cylindracea* Sonder hrvatskog naziva "grozdasta kaulerpa" je alga kojoj je autohtono područje Crveno more. Naziv je dobila po svojim 15-20 cm dugim filoidima koji nalikuju nezrelom grozdu grožđa (Slika 1). Grozdasta kaulerpa se razlikuje od ostalih varijeteta ove vrste po svojim jako tankim rizoidima, te je po tome izrazito prepoznatljiva.

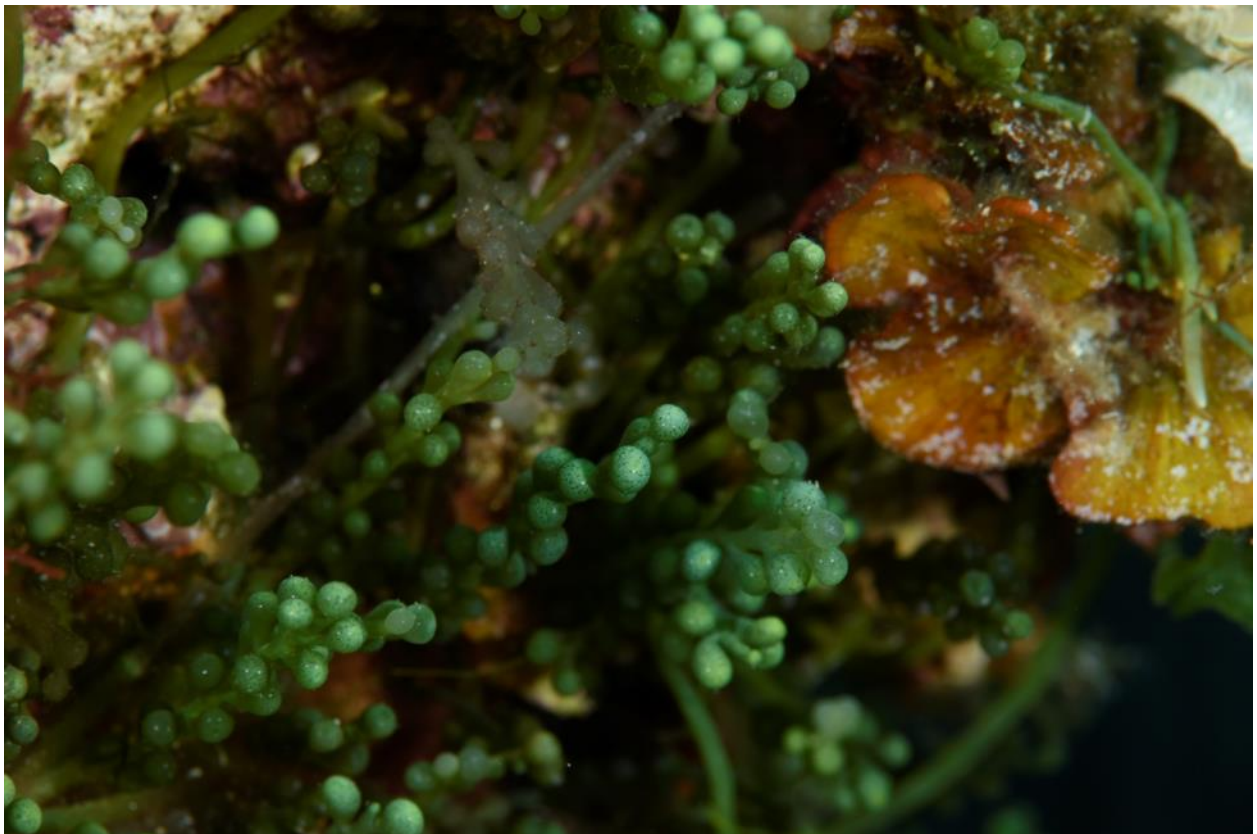
*C. cylindracea* ima tanki talus, pričvršćen na podlogu pomoću tankih korijenskih rizoida 1-10 (do 20) mm dugih i 0,3-0,8 (do 1,0) mm širokih, koji su usko postavljeni duž stolona (nadzemni biljni organ nitastog ili razgranjenog oblika, kojim se biljka pridržava za podlogu). Promjer stolona kreće se od 0,7 do 2,0 mm; te on nosi jednostavne ili povremeno razgranate uspravne osi filoida, 1-11 cm visoke (do 19 cm na Mediteranu) i 3-10 mm široke. Bazalni dio uspravnih filoida lagano se napuhava neposredno iznad mjesta gdje je vezan na stolon. Filoidi nose rijetke pinule "grozdove" koji su radijalno raspoređeni (ponekad na istom talusu) na cilindričnoj osi filoida (rachis). Pinule su klavozne, (1,5- 7 mm) duge, 1-2 mm (do 3 mm na Mediteranu) i usmjerene prema gore (Verlaque i sur. 2003).

U sredozemnom moru ova vrsta nastanjuje plitki dio obalnog mora u zoni dubine od 1-70 metara. "Mrtvi" dijelovi livada *Posidonia oceanica* čine se kao njeno najomiljenije stanište, no može se brzo širiti na bilo koji tip morskog dna ( stjenovito dno, beton, pijesak, mulj), uz izuzetak nestabilnog pijeska.

Najniže zimske temperature na kojim preživljava iznose 10,5 °C (Verlaque et al., 2000), dok na temperaturama oko 10 °C preživljava u obliku zigota i/ili malih fragmenata.

Sezonski ciklus *C. cylindracea* na sjeverozapadnom Mediteranu karakterizira maksimalni razvoj od ljeta do jeseni, drastična regresija zimi i obnova rasta u proljeće (Ruitton i sur. 2005).

*C. cylindracea* (Slika 2) može se širiti fragmentacijom (Smith i Walters 1999; Ceccherelli i Piazzzi 2000) i spolnom reprodukcijom (Panayotidis i Žuljević 2001), a njezine sferične grančice mogu djelovati kao propagule (Renoncourt i Meinesz 2002). Uspješnoj reprodukciji pridonosi prijenos planktonske oplođene jajne stanice gibanjem mora, što omogućuje algi brzo širenje na velike udaljenosti.



Slika 2. Alga *Caulerpa cylindracea*. NP Mljet.

### 1.1.3. Ekologija vrste *Caulerpa cylindracea* Sonder

Tijekom intenzivnog vegetacijskog rasta kauloid ima dnevni prirast od gotovo 2 cm (Piazzzi i Cinelli 1999). Istraživanje godišnjeg prirasta provedeno je u Leghorn (Italija), te su na njemu promatrane dvije zahvaćene površine. Dio zahvaćen algom *C. taxifolia* pokazao je prirast od 64,5% dok je područje zahvaćeno *C. cylindracea* imalo prirast od 248%, ukazujući nam da je *C. cylindracea* invazivnija vrsta (Verlaque i sur. 2000; Verlaque i sur. 2004; Piazzzi i sur. 1994; Piazzzi i sur. 2001).

U razdoblju od samo 6 mjeseci gusto isprepleten talus alge može prekriti morsko dno u više slojeva što direktno potiskuje autohtone sesilne organizme, prvenstveno alge (Panayotidis i sur. 1994; Piazzzi i sur. 2001). Važno je napomenuti kako osim navedenih organizama ova invazivna alga štetno djeluje i na sve ostale bentonske organizme. Morske cvjetnice koje su važni primarni producenti mora te jedno od najvažnijih staništa za riblju mlađ pod izravnim su utjecajem *C. cylindracea* zbog istog staništa koje nastanjuju. Gusto isprepletena alga djeluje kao filter koji zarobljava organske i anorganske čestice koje se nakupljaju ispod talusa zarobljavajući autohtone sesilne organizme (Aleem 1992; Piazzzi i sur. 2001).

Alga s lakoćom zauzima naselja nižih morskih cvjetnica kao što su *Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii* (Ceccherelli i Campo 2002). Alga ne razvija gusta naselja u dobro naseljenim livadama morske cvjetnice *Posedonia oceanica*, a razlozi tome još su uvijek nepoznati. Prorijeđeno naselje posidonije predstavlja problem za njenu livadu, jer se u takvom naselju *C. cylindracea* uspješnije razvija te u potpunosti prekriva rizome posidonije, naročito u jesen kad je rast najintenzivniji (Špan i sur. 1998; Žuljević 2005).

Zbog kemijskih spojeva koje proizvodi, vrlo mali broj vrsta je sposoban hraniti se algom *C. cylindracea*. Sidrenjem se također alga širi na način da odlomljeni fragmenti zahvaćeni sidrom padaju na novu površinu izrastajući u novi talus (vegetativno razmnožavanje). Osim sidrenja u ovakvom vegetativnom razmnožavanju sudjeluju mreže te ostali ribolovni alati s kojima se antropogeno pospješuje širenje alge.

Zbog svih navedenih razloga invazivna alga *C. cylindracea* nalazi se na IUCN-ovom (International Union for Conservation of Nature) popisu „100 najinvazivnih vrsta na svijetu“.

Do sada je u Jadranu provedeno nekoliko akcija uklanjanja, ali nisu sve bile posve uspješne, kao ni drugdje u Sredozemlju.

## **1.2. Veliko jezero (NP Mljet)**

Nacionalni park Mljet prvo je zaštićeno morsko područje u Hrvatsko, proglašeno 11. studenog 1960. godine. Njegovom statusu zaštite uvelike je pridonio naš istaknuti znanstvenik i akademik Branimir Gušić.

Morski pojas koji obuhvaća površinu mora uključujući njegovo podmorje iznosi 500 metara od obale, zauzimajući otprilike trećinu površine otoka. Cijeli otok iznimno je bogat životom, a najistaknutiji su specifični lokaliteti poput Velikog i Malog jezera te morem potopljenih zaljeva o čemu svjedoče brojne endemske i ugrožene vrste.

Veliko jezero ima površinu od 1,45 km<sup>2</sup>, dužina mu se proteže 2,5 km, a širina 1 km. Najveća dubina Velikog jezera iznosi 47 metara. Spoj Velikog jezera s morem događa se na

mjestu zvanom Veliki most, što je zapravo ulaz u Solinski kanal koji vodi sve do otvorenog mora.

### Temperature i slanost Velikog jezera

1) Temperature u prosincu iznose:

-min. 10,6 °C (pri dnu); max. 15,2 °C (srednji sloj);

U kolovozu:

-min. 11,6 °C (dublje od 25 m); max. iznad 25 °C (površinski sloj)

2) Slanost u prosincu iznosi:

-min. 37,5 ‰ (0-10 m); max. 38,75 ‰ (10-15 m);

U kolovozu: min. 37 ‰ (17-20 m); max. 38,4 ‰ (površinski sloj)

(Izvor: <http://np-mljeta.hr/o-parku/geologija/> )

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

Vrsta *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767), busenasti koralj ili granati zvijezdavac, je kameni koralj iz porodice Faviidae. Živi u simbiozi s jednostaničnim algama (zooksantelama). Upravo zbog toga kolonije, izgrađene od kalcij-karbonata, mogu biti vrlo velike, te se ponekad razvijaju u prave grebene (Slika 3), slične onima u tropskim morima. Vrsta je ograničena samo na eufotičku zonu, od par metara ispod površine mora do oko 50 metara dubine. Vrsta *C. caespitosa* razvija se kao veći broj manjih polukuglastih kolonija od 10 do 50 cm u promjeru ili kao velika kolonija, visoka do 1 metar i površine nekoliko kvadratnih metara. Kolonije vrste *C. caespitosa* naseljavaju sesilni i vagilni organizmi (spužve, mnogočetinaši, pužve, školjkaši, rakovi i zmijače) koji ovdje nalaze sklonište.

Vrsta *C. caespitosa* je endem Sredozemnog mora, te je do danas zabilježeno samo nekoliko nalaza u susjednom Atlantiku uz obale južnog Portugala i sjevernog dijela Maroka (Zibrowius 1974, 1979, 1980; Laborel 1987). Veće nakupine vrste *C. caespitosa* nalazimo uz obale Tunisa (Zibrowius 1974, 1980), Egejskog mora (Laborel 1961, 1987; Koukouras i Kühlmann 1991; Kühlmann i sur. 1991), Ligurskog mora (Morri i sur. 1994) i uz istočnu obalu Jadranskog mora (Kružić 2001; 2005). Veće kolonije ili grebene vrste *C. caespitosa* prvi put za Jadransko more spominje Babić (1911) na osnovi istraživanja u Šibenskom kanalu. Vuletić (1953) spominje, a Pax i Müller (1962) opisuju grebene uz sjevernu stranu otoka Koločepa i u Velikom jezeru na otoku Mljetu. Grebeni ove vrste koralja utvrđene su i u Limskom kanalu kod Rovinja, u uvali Remac kod Rapca, kod otoka Prvića (sjeverni Jadran), u Ljubačkom zaljevu pokraj Zadra i kod Paklenih otoka pokraj otoka Hvara (Kružić 2001; 2005).





Slika 3. Greben koralja *Cladocora caespitosa* na postaji Mljet (Veli most), na dubini od 10 m.



Slika 4. Invazivna alga *Caulerpa cylindracea* na koraljnom grebenu *Cladocora caespitosa* (u Velikom jezeru (NP Mljet))



Vrsta *C. caespitosa*, slično kao i tropske vrste, koristi za prehranu detritus ili čestice organske tvari, otopljenu organsku tvar i organsku tvar koju proizvode zooxantele fotosintezom. Polip vrste *C. caespitosa* može se hraniti i većim plijenom od čestica detritusa. U slučaju hvatanja manjeg račića, polip se prilikom probave može izdužiti iz čaške i do 10 mm (Kružić 2001; 2005).

Važan ekološki čimbenik za razvoj grebena koralja su i pridnene morske struje koje imaju velik utjecaj na sedimentaciju, na morfologiju kolonija unutar grebena i na morfologiju samih grebena vrste *C. caespitosa* (Kružić 2001; 2005).



Slika 5. Alga *Caulerpa cylindracea* na koloniji koralja *Cladocora caespitosa*.

Kolonije vrste *C. caespitosa* nisu nikada pronađene bez zooxantela, stoga je vrsta ograničena samo na eufotičku zonu, od nekoliko metara ispod površine mora do dubine od oko 50 metara, ovisno o prozirnosti mora (Kružić 2001; 2005).

Ova vrsta koralja u zemljama Sredozemnog mora nalazi na popisu zaštićenih i ugroženih vrsta (IUCN Red list kategorija - EN/CR).

Masovna smrtnost koralja zabilježena je u ljeto 1999. godine, dok je 2003. neuobičajeno toplo ljeto bilo uzrok smrtnosti busenastog koralja na širokom području uključujući ugrožene populacije na Mljetu i otočju Columbretes u Španjolskoj (Kružić 2001; 2005).

Trenutačno najveća prijetnja za koraljni greben *Cladocora caespitosa* u Velikom jezeru na otoku Mljetu je agresivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* (Slike 4 i 5). Zbog izuzetne otpornosti, brzog širenja (fragmentacija), nedostatku predatora ova invazivna alga predstavlja veliki problem na lokacijama od izuzetnog ekološkog značaja potiskujući razne autohtone organizma s njihovog staništa.

Alga se u početku uklanjala prekrivanjem crnim folijama koje su na taj način onemogućavale fotosintezu. Unatoč privremenom zaustavljanju širenja alge na koraljni greben 2015. primijećeno je novo širenje alge. Od tada akcija uklanjanja se vrši pomoću crnih folija, ručnim sakupljanjem te usisavanjem podvodnim pumpama.

Kontroliranje utjecaja invazivnih vrsta kako na kopnu tako i na moru, NP Mljet provodi su sklopu Godišnjeg programa zaštite održavanja, očuvanja, promicanja i korištenja u vidu zaštite najstarijeg morskog zaštićenog područja u Sredozemnom moru.

## **2. Cilj rada**

Unatoč njenom iznimno brzom širenju Sredozemnim morem, do danas je objavljen mali broj radova o utjecaju alge *Caulerpa cylindracea* na prirodne organizme i zajednice premda je iz njih sasvim jasan invazivni karakter alge.

Cilj istraživanja je prikazati dinamiku i načine širenja vrste *C. cylindracea* u Velikom jezeru, te utvrditi negativan utjecaj širenja alge na bentoske zajednice unutar Nacionalnog parka Mljet. Kartiralo se područja sa invazivnom algom i analizirao obraštaj alge na sesilnim vrstama kako bi se objasnio njen negativan utjecaj. Uz utvrđene bentoske organizme, najveća pozornost posvetila se grebenu koralja *Cladocora caespitosa*, te se utvrdila njegova ugroženost od strane alge. Opisane su i metode čišćenja invazivne alge i suzbijanja njenog širenja na istraživanom području. Također se utvrdio potencijalni negativni utjecaj čišćenja alge na bentoske zajednice. Procijenilo se koje su metode najbolje za čišćenje (eradikaciju) invazivne alge *C. cylindracea*, te koja metoda ima najmanji utjecaj na bentoske organizme.

### 3. Područje istraživanja

Terenska istraživanja obavljena su uz vanjsku, otvorenu stranu NP „Mljet“ na postajama o. Glavat, Goli rat, Hrid Štit, Korizmeni rat, Velika Priveza, Rt Lenga, Vranji Škoj, te grebenu koralja u Velikom jezeru (Slike 6 i 7). Izabrane su postaje sa velikom bioraznolikošću koralja i relativno lako dostupne ronionicima za istraživanje.

Lokacije istraživanih profila:

**Postaja otok Glavat** (N 42° 48' 26, E 17° 21' 42)

**Postaja Goli rat** (N 42° 47' 10, E 17° 19' 04)

**Postaja Korizmeni rat** (N 42° 46' 28, E 17° 19' 42)

**Postaja Hrid Štit** (N 42° 46' 18, E 17° 19' 58)

**Postaja Velika Priveza** (N 42° 45' 40, E 17° 22' 17)

**Postaja Rt Lenga** (N 42° 45' 21, E 17° 23' 17)

**Postaja Vranji Škoj** (N 42° 45' 09, E 17° 23' 58)

**Postaja Veliko jezero** (N 42° 46' 08, E 17° 22' 26)



Slika 6. Istraživane postaje NP Mljet sa utvrđenim naseljima invazivne alge *Caulerpa cylindracea*.





Slika 7. Područje Velikog jezera, Solinskog kanala i uvala (Gonoturska i Blace) sa naseljima invazivne alge *Caulerpa cylindracea* (strelica pokazuje greben koralja - žuto).

#### 4. Materijal i metode

Pregled područja rasprostranjenosti invazivne alge i kartiranje njenog naselja odrađen je uporabom autonomne ronilačke opreme u sklopu projekta „Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* u NP Mljet“ u razdoblju od 2016. do 2018. godine. Temperatura mora i količina svjetlosti na postaji Lenga mjerene su na dubinama od 5, 10 i 20 metara pomoću *Onset Computers* data logger-a. Na postaji Veli most (greben) parametri su mjereni na 5, 10 i 15 metara. Kartiranje naselja invazivne alge napravljeno je na osnovi standardne metodologije koja razlikuje tri razine rasprostranjenosti ovisno o veličini naselja - glavno naselje, veća okolna naselja i manja okolna naselja (Vaugelas et al. 1999). Napravio se detaljan pregled istraživanih postaja od 1 do 20 metara dubine. Brzina rasta kauloida mjerena je *in situ*. Plastične su pločice s identifikacijskom oznakom pričvršćene za biljke pomoću spajalica tako da ne dođe do oštećenja talusa. Prvi je filoid od oznake prema vršnom dijelu kauloida služio kao referentna mjerna točka. Brzina rasta dobivena je iz razlike dužina pojedinih dijelova alge u razdoblju od 24 i 48 sati za određene uvjete temperature, dubine i supstrata. Dužine rasta mjerene su plastičnom pomičnom mjerkom. Statistička

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

Zabilježio se potencijalno negativan utjecaj alge na određene bentoske vrste. Uz istraživanja utjecaja alge na bentoske zajednice (nema utjecaja, pojačan utjecaj), oko grebena koralja uklonili su se dijelovi naselja invazivne alge. Primijenile su se tri osnovne metode uklanjanja alge: a) ručno sakupljanje, b) sakupljanje uz pomoć podvodnih crpki (mamut), te c) prekrivanje crnim plastičnim folijama (Slika 8). Uz samo čišćenje invazivne alge, utvrdio se potencijalni negativni utjecaj metoda eradikacije na sesilne bentoske organizme, prvenstveno spužve i koralje. Primarno se pratila razlika u abundanciji organizama između područja koja nisu pokrivena crnom folijom i područja pokrivena folijom, te količina živog materijala izvađena uz algu mamut crpkom.

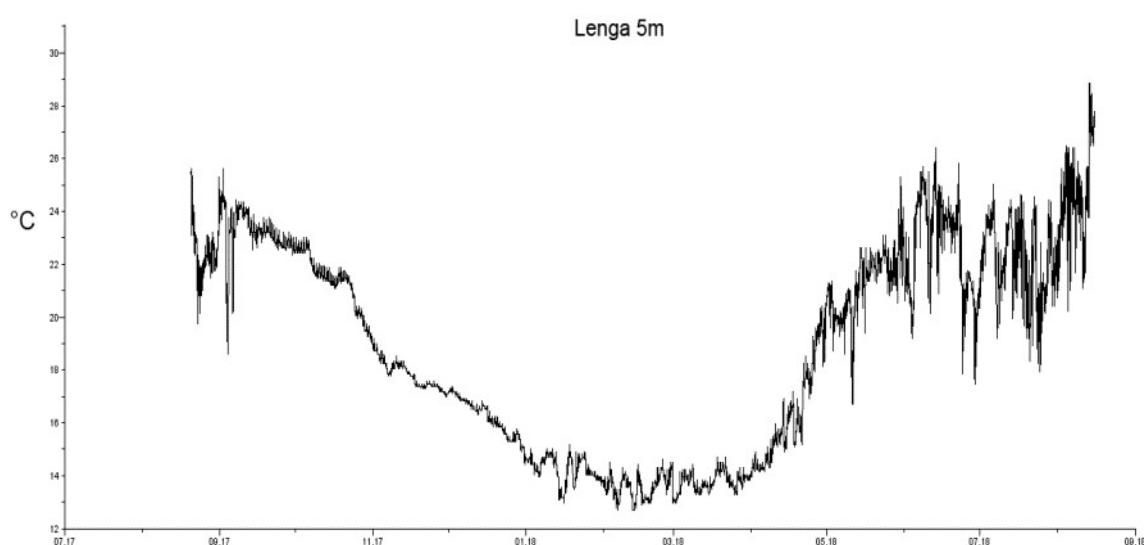


Slika 8. Uklanjanje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* uz kolonije koralja na srednjem grebenu u Velikom jezeru.

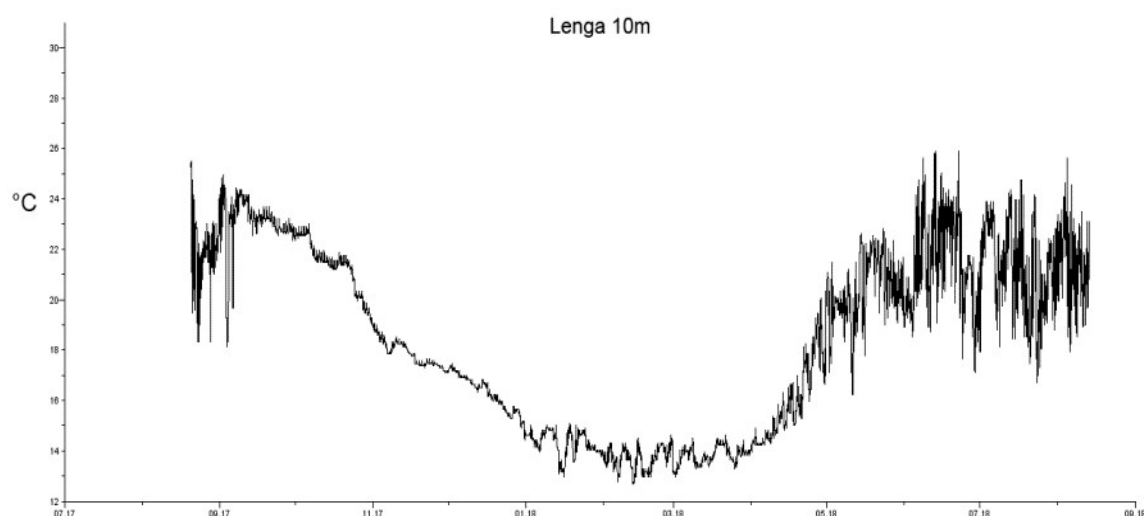
## 5. Rezultati

### 5.1. Fizikalno-kemijski parametri na postaji Rt Lenga

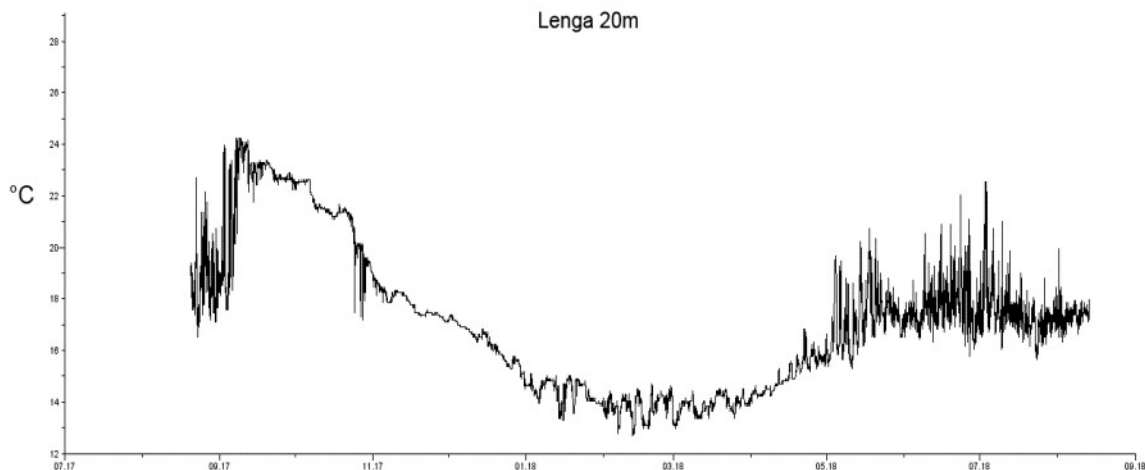
Izmjerene temperature mora na postaji Rt Lenga na dubinama od 5, 10 i 20 metara tijekom 2018. godine pokazuju manji utjecaj temperaturnih anomalija nego prijašnjih godina. Tijekom 7., 8. i 9. mjeseca 2018. godine temperatura se na 5 metara dubine popela i do 30°C, ali se uglavnom kretala između 26 i 28°C (Slika 9). Na većim dubinama (10 i 20 metara dubine) tijekom 2018. godine temperature mora i dalje pokazuju povišene vrijednosti za ove dubinu mora (Slike 10 i 11). Temperature na tim dubinama nisu prelazile 26°C tijekom



Slika 9. Vrijednosti temperature mora na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.



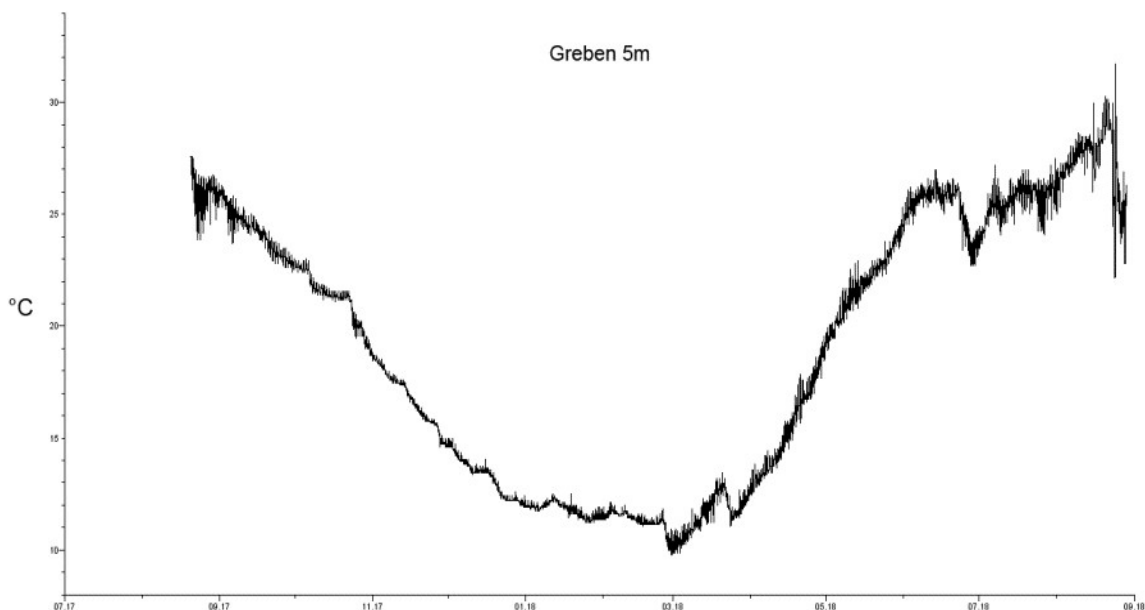
Slika 10. Vrijednosti temperature mora na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.



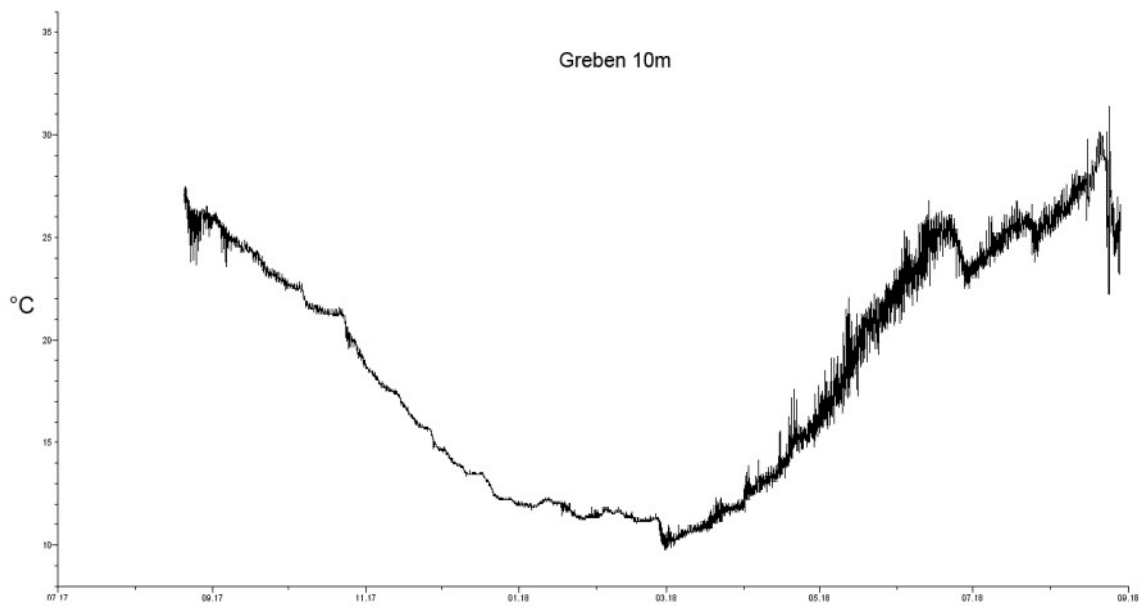
Slika 11. Vrijednosti temperature mora na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 20 metara.

ljeta i jeseni na 10 metara dubine, te 24°C na 20 metara dubine. Vanjska strana NP „Mljet“ je tijekom 2018. godine bila je često pod udarom bure koja je miješanjem i strujanjem mora hladila njegove gornje slojeve.

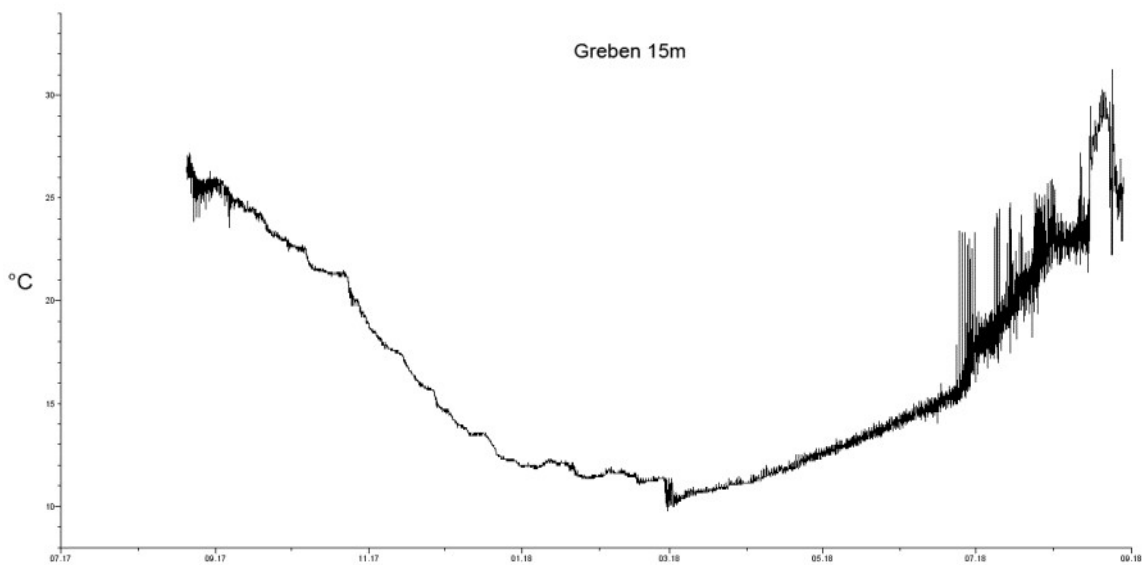
Na postaji Veliko jezero izmjerene su povišene temperature u ljetnim mjesecima (od 6. do 10. Mjeseca, do 30°C na sve tri dubine) (Slike 12, 13 i 14). U dubljem dijelu grebena utvrđena je jaka fluktuacija termokline i nagle promjene temperature mora (u jednom danu promjena temperature od 10°C). To je čest uzrok (uz povišenu temperaturu mora) izbjeljivanju polipa koralja na grebenu.



Slika 12. Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.

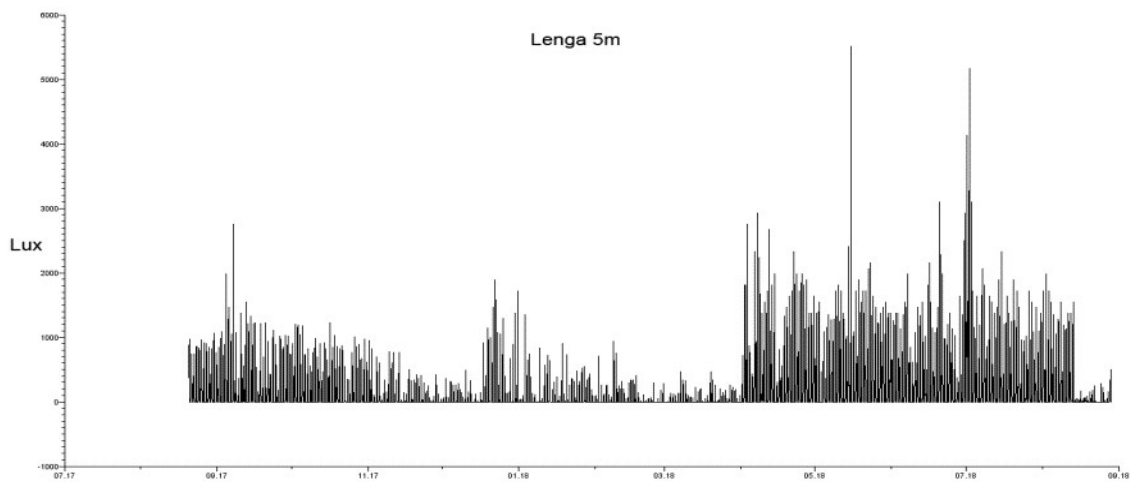


Slika 13. Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.

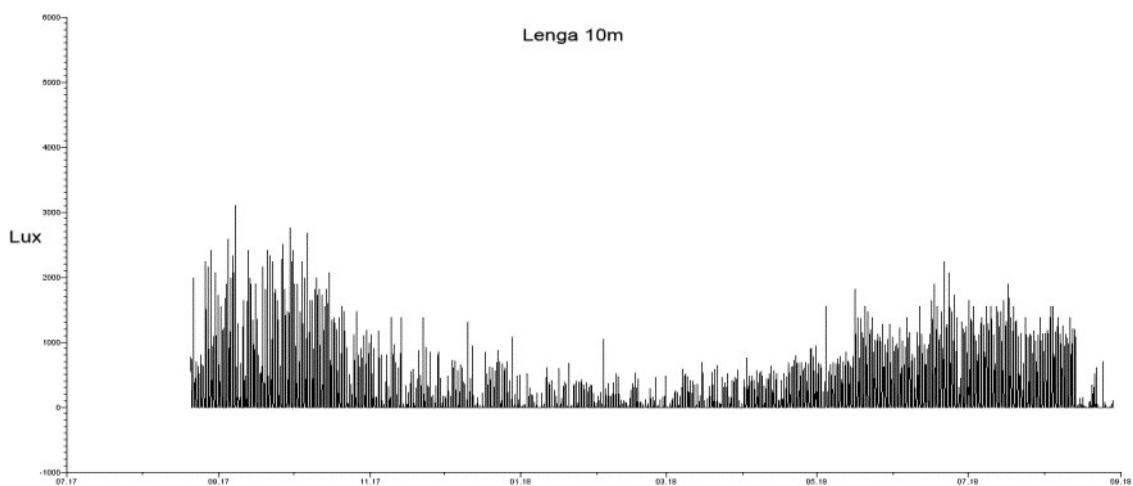


Slika 14. Vrijednosti temperature mora na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 15 metara.

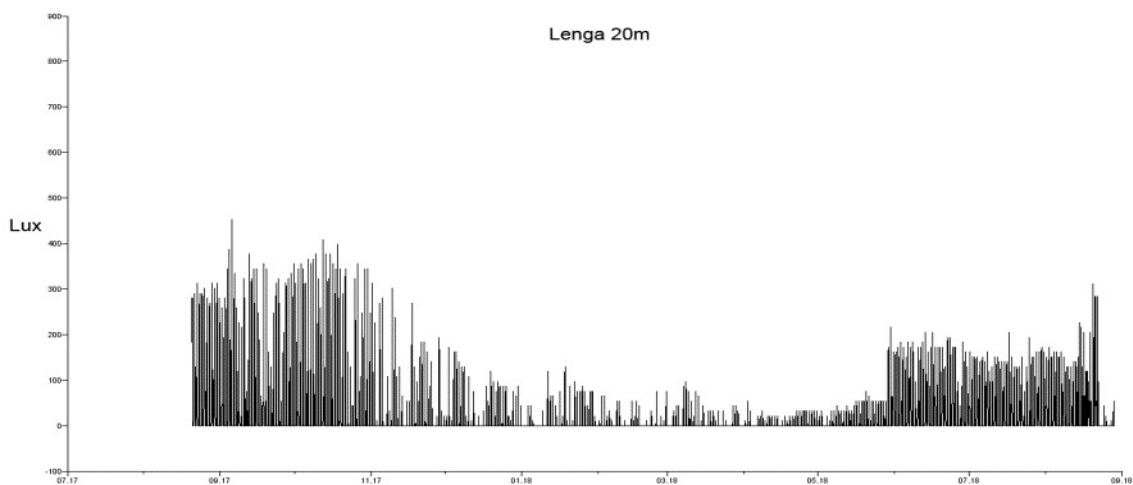
Količina svjetlosti u moru podudara se s vremenskim prilikama (oblačnost, vjetrovi, valovi), te ne pokazuje znatnija odstupanja od prošlogodišnjih mjerenja (Slike 15, 16 i 17).



Slika 15. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.

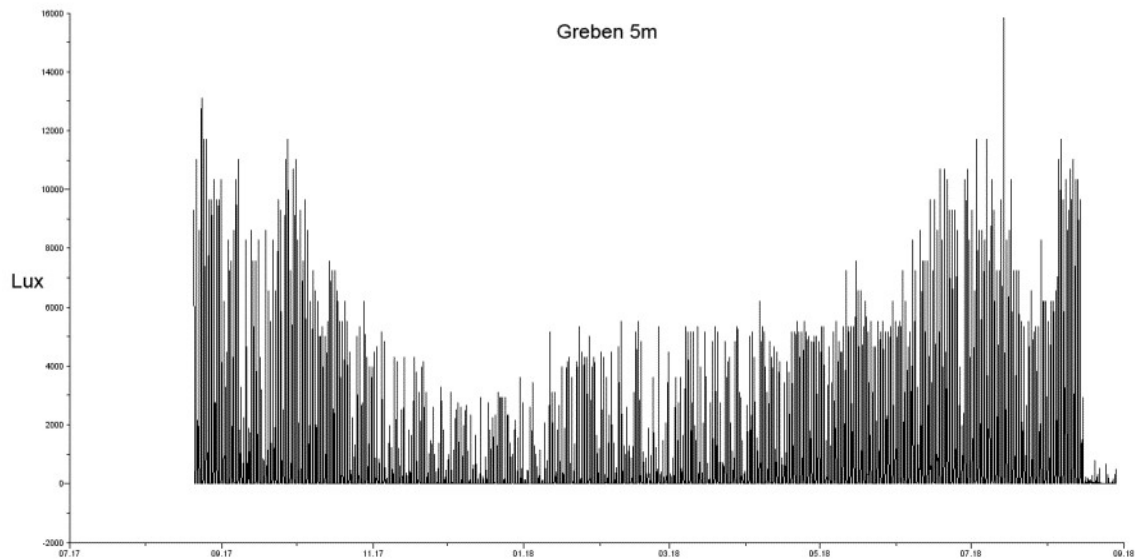


Slika 16. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.

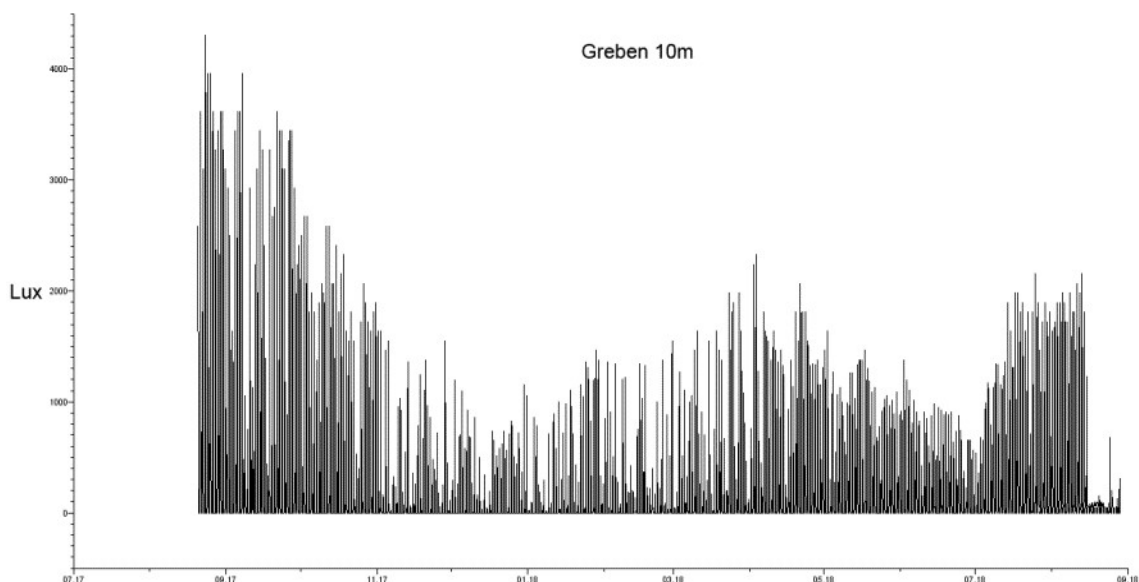


Slika 17. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Rt Lenga (2017. i 2018. godina). Dubina 20 metara.

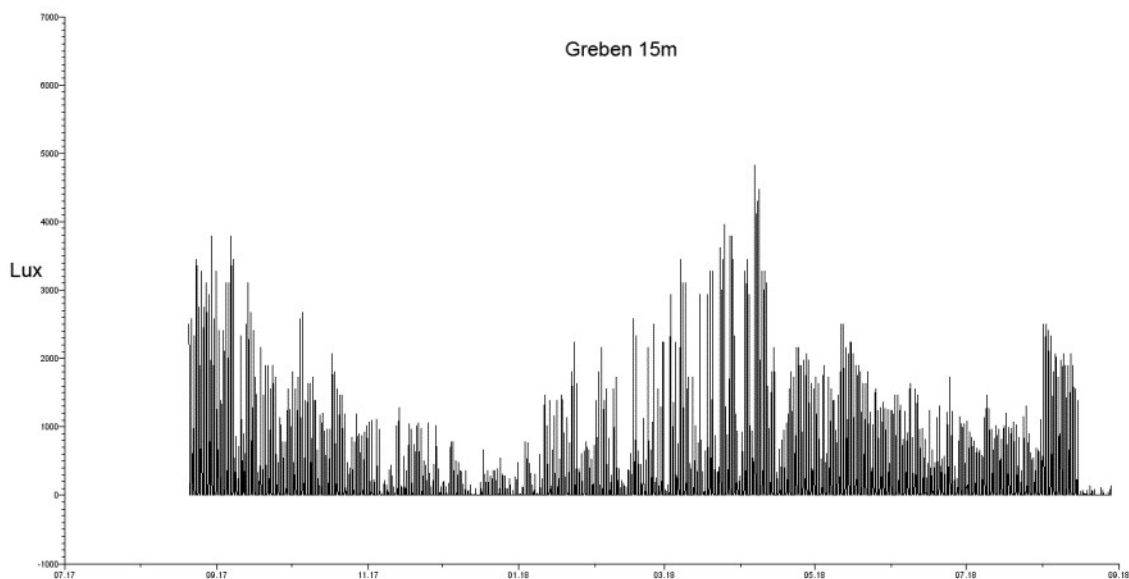
Fluktuacije vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero tijekom 2018. godine uobičajene su za godišnja doba i oblačnost u južnom Jadranu (Slike 18, 19 i 20). Na količinu svjetlosti utječe i količina fitoplanktona u jezerima (u proljetno i ljetno vrijeme), jer smanjuje prodor svjetlosti na ovoj postaji tijekom toplijeg vremenskog razdoblja.



Slika 18. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 5 metara.



Slika 19. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 10 metara.



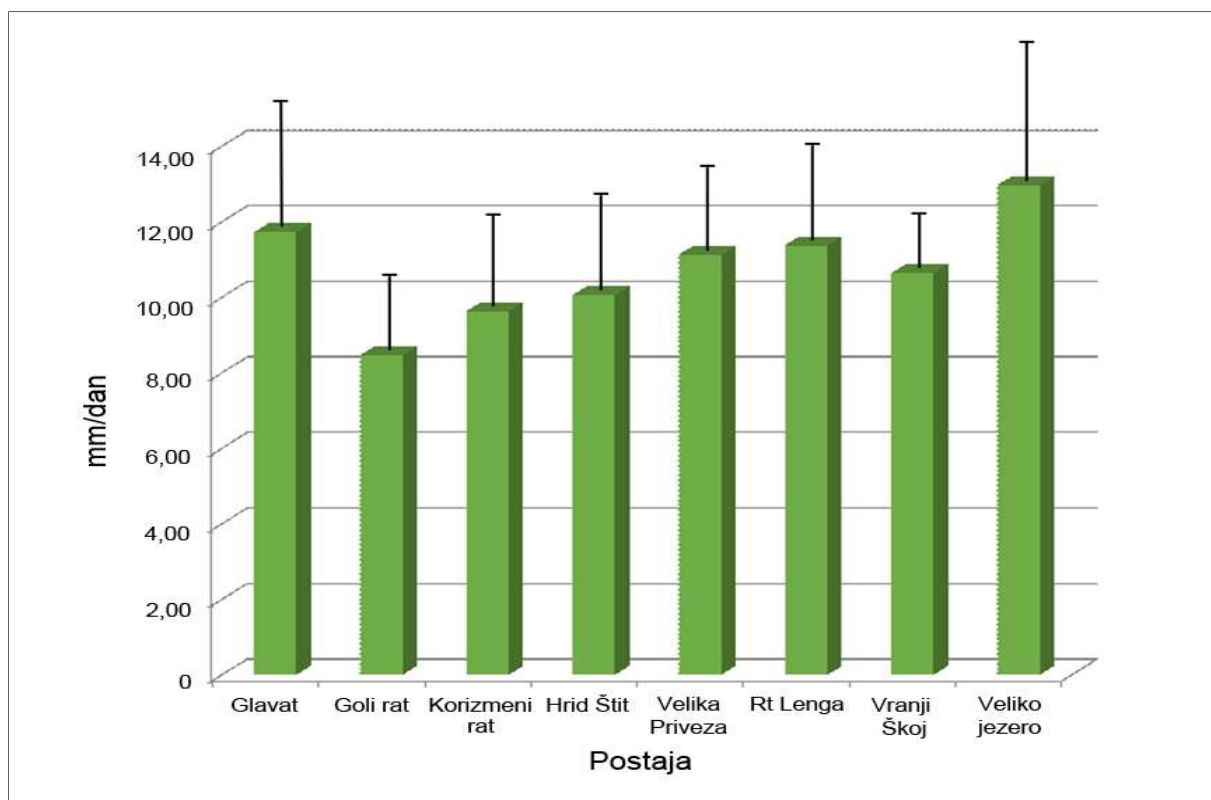
Slika 20. Vrijednosti količine svjetlosti na postaji Veliko jezero (2017. i 2018. godina). Dubina 15 metara.

## 5.2. Rast i širenje alge *Caulerpa cylindracea*

Na području NP Mljet na svim istraživanim postajama utvrđen je jak hidrodinamizam mora (prvenstveno jake pridnene struje), posebno na dubinama od desetak metara. Zbog toga je otkidanje i raznošenje djelića alge *Caulerpa cylindracea* čest način njenog širenja. Jači utjecaj hidrodinamizma mora utvrđen je na postajama okrenutim prema otvorenom moru, gdje je iznimno jak utjecaj južnog vjetrova (jugo). Pri tome se djelići alge prenose prema plićem području i rasipaju se uzduž obalne linije. U plićem području dijelovi alge nošeni hidrodinamizmom zapletu se među druge alge i na tim mjestima dolazi do razvitka novih naselja invazivne alge. Često se takav način širenja alge događa i unutar livade morske cvjetnice *Cymodocea nodosa*, kao na području Solinskog kanala. Zbog toga što djelići talusa alge tonu, često je onemogućeno njihov prijenos u stupcu mora na veće udaljenosti. Najznačajnije je kasnije širenje naselja uslijed rasta puzajućeg kauloida. Mjerenje dnevnog prirasta kauloida na istraživanim postajama tijekom ljetnog razdoblja pokazalo je kako on raste najviše 18 mm na dan. Rast i grananje kauloida najviše utječu na razvoj gustih, isprepletenih naselja utvrđenih na svim istraživanim postajama, a najviše u Solinskom kanalu i Velikom jezeru.

Mjerenja rasta kauloida alge *Caulerpa cylindracea* u ovom istraživanju obavljena su u ljetnim i jesenskim mjesecima (od lipnja 2016. do travnja 2017.) na postajama unutar NP Mljet. Utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih postaja vezano za brzinu rasta alge (One-way ANOVA,  $p < 0.001$ ). Najveće prosječne dnevne brzine rasta kauloida



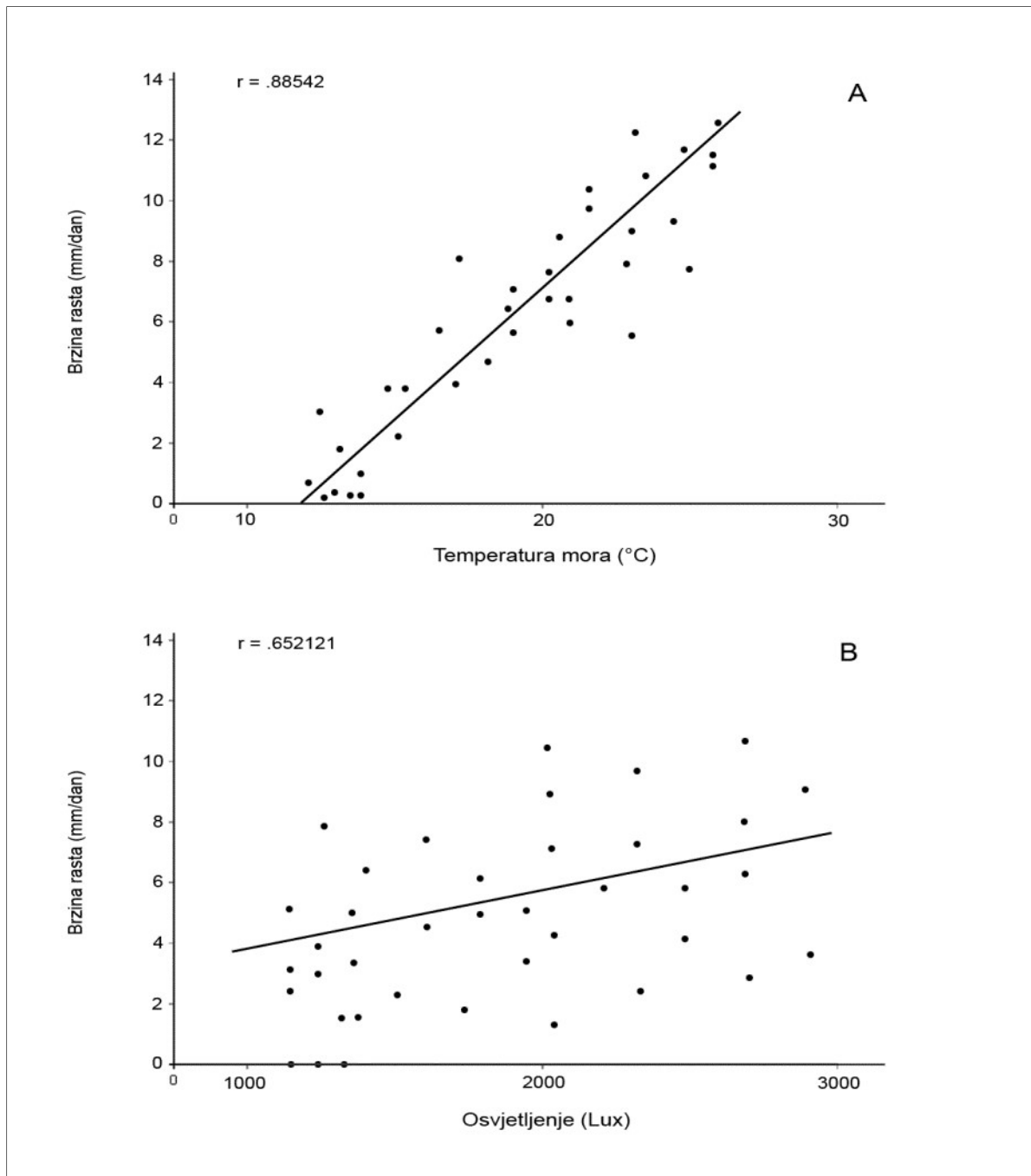


Slika 21. Prosječna dnevna brzina rasta kauloida alge *Caulerpa cylindracea* (milimetara po danu ± standardna devijacija) u ljetnim i jesenskim mjesecima (lipnja - studeni) na postajama u NP Mljet.

Tablica 1. Prosječna brzina rasta (sa standardnom devijacijom) alge *Caulerpa cylindracea* po mjesecima na istraživanim postajama u Nacionalnom Parku „Mljet“. Na postajama Korizmeni rat i Hrid Štit. Brzina rasta je mjerena u razdoblju od lipnja do studenog 2016.

	Postaja					
	Glavat	Korizmeni rat	Hrid Štit	Rt Lenga	Vranji Škoj	Veliko jezero
	<b>Rast alge (mm/dan ± SD)</b>					
Lipanj 2016	10,6 ± 1,4	8,33 ± 2,4	9,34 ± 3,1	11,23 ± 2,7	9,97 ± 3,2	13,96 ± 2,4
Srpanj 2016	11,9 ± 2,7	8,96 ± 2,6	9,73 ± 2,5	11,48 ± 3,1	10,19 ± 2,7	14,33 ± 3,7
Kolovoz 2016	12,6 ± 4,3	9,18 ± 3,1	10,19 ± 1,7	11,56 ± 2,8	10,36 ± 0,9	14,79 ± 4,1
Rujan 2016	12,9 ± 3,9	11,03 ± 2,9	10,93 ± 2,9	11,89 ± 3,3	10,48 ± 1,8	14,92 ± 3,7
Listopad 2016	13,2 ± 4,4	11,43 ± 3,7	10,47 ± 2,6	11,97 ± 3,2	11,56 ± 2,1	15,64 ± 3,2
Studen 2016	9,17 ± 2,1	7,39 ± 1,9	9,58 ± 2,1	9,12 ± 4,6	8,98 ± 2,4	9,33 ± 1,7
Siječanj 2017	0,00 ± 0,0	-	-	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0
Veljača 2017	0,00 ± 0,0	-	-	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0
Ožujak 2017	0,00 ± 0,0	-	-	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,23 ± 0,0
Travanj 2017	1,03 ± 0,2	-	-	1,06 ± 0,3	0,94 ± 0,5	1,14 ± 0,4

alge u ljetnim i jesenskim mjesecima (lipnja - studeni) izmjerene su na postaji Veliko jezero ( $12,96 \pm 3,56$  mm/dan), Glavat ( $11,72 \pm 3,12$  mm/dan) i Rt Lenga ( $11,37 \pm 2,57$  mm/dan) (Slika 21). Najmanju prosječnu dnevnu brzinu rasta kauloida alge imale su postaje Goli rat ( $8,46 \pm 2,29$  mm/dan) i Korizmeni rat ( $9,53 \pm 2,68$  mm/dan). Kako alga na području NP Mljet raste samo tijekom toplijih mjeseci (kasno proljeće, ljeto i jesen), prema mjerenjima prosječnog dnevnog prirasta vršnog dijela kauloida na postaji Veliko jezero od  $13,82$  mm na dan, proizlazi da mogući godišnji prirast alge iznosi i do  $250$  cm.



Slika 22. Korelacije između dnevne brzina rasta kauloida alge *Caulerpa cylindracea* (mm/dan) u odnosu na temperaturu mora (A) i osvjetljenje (B) na postajama u NP Mljet.

Najveći rast alge izmjeren je na svim postajama u rujnu i listopadu. Na postaji Veliko jezero u listopadu je izmjeren prosječni rast kauloida alge od  $15,64 \pm 3,2$  mm, a u rujnu  $14,92 \pm 3,7$  mm (Tablica 1). Visok rast izmjeren je i na postaji Glavat u listopadu ( $13,2 \pm 4,4$  mm). Najmanji rast za vrijeme toplijih mjeseci izmjeren je u listopadu na postajama Hrid Štit ( $10,47 \pm 2,6$  mm) i Korizmeni rat ( $11,43 \pm 3,7$  mm). Tijekom hladnijih mjeseci (siječanj, veljača i ožujak) rast alge se u potpunosti zaustavlja. Rast alge ponovo započinje u proljeće, u mjesecu travnju. Utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih postaja vezano za prosječnu mjesečnu brzinu rasta alge (One-way ANOVA,  $p < 0.002$ ), te između mjeseci u godini (One-way ANOVA,  $p < 0.001$ ). Izmjereni godišnji rast alge *Caulerpa cylindracea* u prosjeku je iznosio 10,1 milimetar na dan na svim istraživanim postajama.

Utvrđena je pozitivna korelacija između dnevne brzina rasta kauloida alge *Caulerpa cylindracea* (mm/dan) u odnosu na temperaturu mora (Pearson  $r = 0,89$ ;  $p < 0.01$ ) i dnevne brzina rasta kauloida alge u odnosu na osvjetljenje (Pearson  $r = 0,65$ ;  $p < 0.01$ ) na postajama u NP Mljet (Slika 22).

### 5.3. Utjecaj alge *Caulerpa cylindracea* na bentoske organizme

Iako je alga *Caulerpa cylindracea* prisutna već dugi niz godina u Sredozemnom moru, do danas je objavljeno jako malo radova o o njenom utjecaju na bentoske zajednice. Brzim rastom i grananjem kauloida, alga može u potpunosti prekriti supstrat u samo 6 mjeseci od njenog pojavljivanja na određenoj lokaciji. Istraživanje utjecaja na bentos, ova alga pokazuje nedvojben negativan učinak na pokrovnost i broj autohtonih vrsta alga i sesilnih životinja. Alga istiskuje autohtone organizme, prvenstveno bentoske alge što dovodi do ujednačavanje strukture morskoga dna i na ujednačavanje flore i faune. Na svim istraživanim postajama utvrđen je značajan utjecaj na bentoske alge, jer ih alga *C. cylindracea* preraštanjem „guši“ i na taj način ugrožava njihov opstanak. Najviše se to vidi na postajama Glavat i Rt Lenga (Slika 23).

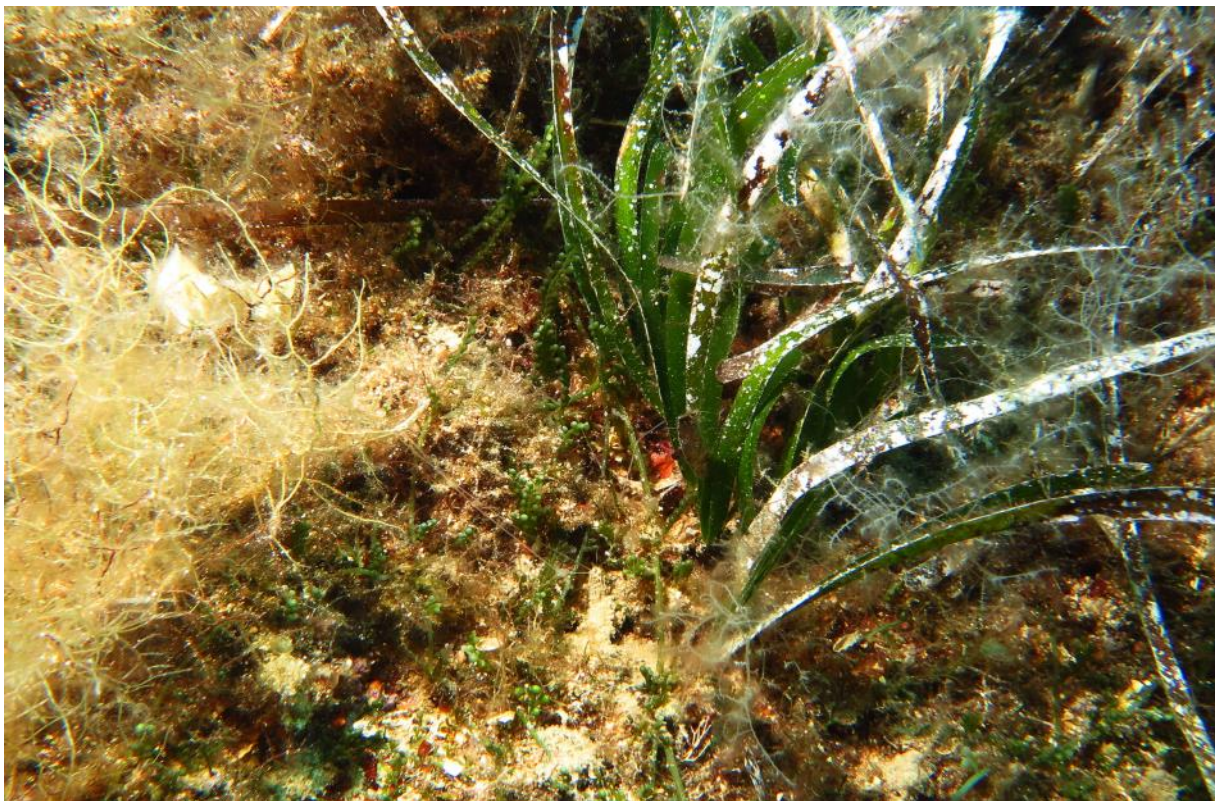
Livade morske cvjetnice *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, pogodno su stanište za brzi razvoj alge *Caulerpa cylindracea*, jer su većina livada rijetke gustoće između kojih raste alga. Ako su filoidi alge duži od listova cvjetnice, dolazi do njenog zasjenjivanja te je moguća posljedica i povlačenje cvjetnice. Međutim, takva pojava nije utvrđena u Solinskom kanalu gdje su utvrđene najveće površine ove morske cvjetnice.

Kompeticija s morskom cvjetnicom *Posidonia oceanica* L. Dellile još uvijek nije dovoljno istražena. Na istraživanim postajama u NP Mljet nije došlo do ulaska invazivne vrste *Caulerpa cylindracea* u livadu posidonije, iako su okružene gustim naseljem alge. Razlog je u gustoći izdanaka kod livade, te zdrave, dobro razvijene livade služe kao prirodna barijera





Slika 23. Rast alge *Caulerpa cylindracea* preko autohtonih alga na postaji Rt Lenga. Dubina 12 metara.



Slika 24. Rast alge *Caulerpa cylindracea* uz morskú cvjetnicu *Posidonia oceanica* na postaji Rt Lenga. Dubina 10 metara.

širenju alge (Slika 24). Kod oštećenih livada (zbog onečišćenja ili sidrenja brodova) dolazi do ulaska alge unutar livada, ali i dalje bez znatnijeg negativnog utjecaja.

Na svim istraživanim postajama alga *Caulerpa cylindracea* prerasta spužve. Spužve imaju „repelente“ koji odbijaju organizme da ih obraštaju, ali to očito ne vrijedi i za ovu algu. Potpuno prerastanje spužve dovodi do njenog gušenja i ugibanja. Na stjenovitom dnu između 3 i 15 metara dubine lako uočiti spužve koje su djelomično ili potpuno prerasle algom *C. cylindracea*. Vrste *Aplysina aerophoba*, *Chondrilla nucula*, *Petrosia ficiformis*, *Ircinia* sp. i *Spongia officinalis* najčešće su vrste koje alga obrašta i ugrožene su na svim istraživanim postajama (Tablica 2; Slike 25 i 26). Na svim postajama utvrđeno je oko 30% uginulih jedinki ovih spužava.

Kod žarnjaka jedino kod zelene moruzgve *Anemonia viridis* nije utvrđeno preraštanje alge, već ona zaobilazi moruzgvu. Kod drugih vrsta preraštanje alge je utvrđeno na svim postajama. Najviše su ugroženi koralji *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea*,

Tablica 2. Utjecaj alge *Caulerpa cylindracea* na bentoske vrste na istraživanim postajama u Nacionalnom Parku „Mljet“. (P - pojačan utjecaj; N - nema utjecaja).

Vrsta	Postaja							
	Glavat	Goli rat	Korizmeni rat	Hrid Štit	Velika Priveza	Rt Lenga	Vranji Škoj	Veliko jezero
<i>Aplysina aerophoba</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Chondrilla nucula</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Petrosia ficiformis</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Spongia officinalis</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Ircinia</i> sp.	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Parazoanthus axinellae</i>	P	P	P	P	P	P	P	-
<i>Anemonia viridis</i>	N	N	N	N	N	N	N	N
<i>Condylactis aurantiaca</i>	N	N	P	P	N	P	P	P
<i>Cerianthus membranaceus</i>	N	N	P	N	N	P	N	-
<i>Cladocora caespitosa</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Balanophyllia europaea</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Madracis pharensis</i>	P	N	N	N	P	P	P	-
<i>Serpula vermicularis</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Protula tubularia</i>	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Phallusia mammillata</i>	P	P	P	P	P	P	P	-





Slika 25. Rast alge *Caulerpa cylindracea* preko spužve *Aplysina aerophoba* na postaji Goli rat. Dubina 8 metara.



Slika 26. Rast alge *Caulerpa cylindracea* preko spužve *Chondrilla nucula* na postaji Glavat. Dubina 12 metara.





Slika 27. Rast alge *Caulerpa cylindracea* preko kolonije kamenog koralja *Cladocora caespitosa* na postaji Glavat. Dubina 8 metara.



Slika 28. Rast alge *Caulerpa cylindracea* uz moruzgvu *Cerianthus membranaceus* na postaji Korizmeni rat. Dubina 10 metara.



a najmanje moruzgva *Cerianthus membranaceus* (Slike 27 i 28). Mnogočestinaši *Serpula vermicularis* i *Protula tubularia*, te mješćićnica *Phallusia mammillata* ugrožene su na svim postajama preraštanjem alge (Tablica 2).

## 5.4. Utjecaj alge *Caulerpa cylindracea* na bentoske biocenoze

### 5.4.1. Biocenoza infralitoralnih alga

Biocenoza infralitoralnih alga nalazi se na čvrstoj podlozi, a rasprostranjena je svugdje na Jadranu, od površine do 25 - 30 metara dubine (ovisno o količini svjetlosti). U ovoj biocenozi dominiraju fotofilne alge. Ova biocenoza je najugroženija invazivnom algom *Caulerpa cylindracea* (Slike 29 i 30). Unutar gusto isprepletenih naselja alge *C. cylindracea* dolazi do pojačane sedimentacije na inače čvrstom kamenitom dnu ove biocenoze, što nepovoljno djeluje na razvoj ranih stadija autohtonih svojti. Velikom biomasom i visokim talusom, *C. cylindracea* zasjenjuje podlogu i time potiskuje autohtone fotofilne vrste alga. Istraživanje utjecaja na fotofilnu zajednicu algi, pokazuje nedvojbenu negativan učinak na pokrovnost i broj autohtonih vrsta algi na svim istraživanim postajama u NP Mljet.



Slika 29. Rast alge *Caulerpa cylindracea* unutar biocenoze fotofilnih alga. Postaja Glavat. Dubina 10 metara.



Kod ježinca *Paracentrotus lividus* nije utvrđeno da se hrani algom *C. cylindracea* niti na jednog postaji. Međutim, utvrđeno je da ježinci hraneći se autohtonim algama stvaraju голу podlogu (stijenu) koju naseljava invazivna alga i tako ubrzava širenje.

#### 5.4.2. Biocenoza naselja vrste *Posidonia oceanica*

Biocenoza naselja vrste *Posidonia oceanica* nalazi se na pjeskovitom i šljunkovitom dnu, osobito u srednjem i južnom Jadranu, gdje dopire do dubine od 40 metara. Na svim istraživanim postajama kod ove biocenoze nije utvrđen negativan utjecaj invazivne alge na livade. Alga *Caulerpa cylindracea* lako se širi u livade relativno niske vrste cvjetnica kao što su *Zostera noltii* i *Cymodocea nodosa* pogotovo ako livade nisu guste poput onih u Solinskom kanalu prije Velikog jezera. S druge strane, gusta i dobro razvijena livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, ne dozvoljava invaziju alge, većinom zbog gustog lišća koje stvara jaku sjenu. Na prostorima unutar livada gdje je livada posidonije oštećena, invazivna alga zauzima prostor. Isto tako je na postajama alga utvrđena na donjem rubu livada posidonije gdje je livada manje gusta. Na postaji Goli rat alga *C. cylindracea* utvrđena je na kraju livade posidonije, na dubini od 42 metra, gdje stvara gustu isprepletenu mrežu kauloida. To je dobar primjer da algi nije potrebno puno svjetlosti.

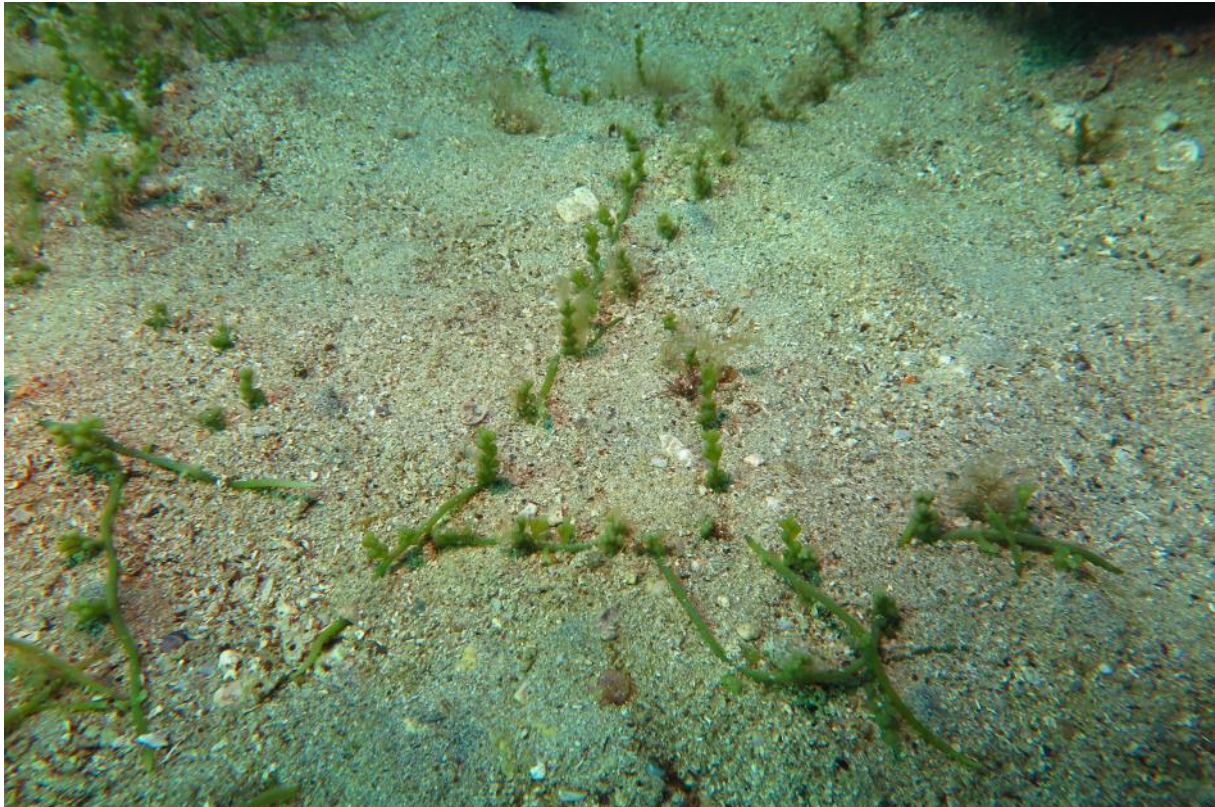


Slika 30. Rast alge *Caulerpa cylindracea* unutar biocenoze fotofilnih alga. Postaja Hrid Štit. Dubina 12 metara.



### 5.4.3. Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka

Biocenozu sitnih ujednačenih pijesaka nalazimo na dubini od 2 do 25 metara, u svim dijelovima Jadrana. Alga *Caulerpa cylindracea* je vrlo česta unutar ove biocenoze na svim istraživanim postajama u NP Mljet, ali naselja nisu gusta, pa nema veće ugroze prema organizmima (prvenstveno moruzgve poput vrste *Condylactis aurantiaca*).



Slika 31. Rast alge *Caulerpa cylindracea* na sedimentu unutar biocenoze krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridnenih struja. Postaja Veliko jezero. Dubina 14 metara.

### 5.4.4. Biocenoza infralitoralnih šljunaka

Biocenoza infralitoralnih šljunaka nalazi se mjestimično u svim područjima Jadrana, obično do približno 5 metara dubine. Obuhvaća obalne pješčane plaže često miješane sa šljunkom, više ili manje zamuljene. Ako stanište nije na udaru valova, alga *Caulerpa cylindracea* je gotovo uvijek prisutna. S obzirom da nema puno sesilnih organizama u ovoj biocenozi, nema niti posebne ugroze.



#### 5.4.5. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala

Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala nalazi se mjestimično u svim područjima Jadrana, obično do približno 5 metara dubine. Obuhvaća obalne pješčane plaže često miješane sa šljunkom, više ili manje zamuljene. U NP Mljet ovu biocenozu nalazimo u dubokim uvalama (uvale Blace i Gonoturska kod Solina) i kanalima (Solinski kanal). Ova biocenoza je uz biocenozu fotofilnih alga najviše ugrožena invazivnom algom. Nalazimo je uz sve istraživane postaje i možemo za nju reći da je „rasadnik“ alge *Caulerpa cylindracea* prema drugim biocenzama. Ovdje nalazimo i naselja morskih cvjetnica roda *Cymodocea* i *Zoostera* koje su vrlo ugrožene od strane invazivne alge, slično kao i moruzgva *Cerianthus membranaceus*.

#### 5.4.6. Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridnenih struja

Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridnenih struja nalazi se u plitkom infralitoralu na izloženim obalnim mjestima, na krupnim pijescima i finim šljuncima. Zbog utjecaja valova, nema taloženja sitnih čestica. U NP Mljet nalazimo je u svim dubokim



Slika 32. Alga *Caulerpa cylindracea* na „maerlu“. Postaja Veliko jezero. Dubina 24 metra.

uvalama, a najviše u Velikom jezeru. Alga *Caulerpa cylindracea* je prisutna na svim postajama sa ovom biocenozom, a najgušća naselja gradi baš na postaji Veliko jezero (Slika 31). Zbog stalnog strujanja mora kroz Solinski kanal zbog plime i oseke, prisutan je stalan donos novih fragmenata alge iz vanjskih postaja i Solinskog kanala pogotovo za vrijeme jakog juga. Ugrožene su manje kolonije kolonijalnog kamenog koralja *Cladocora caespitosa* koje se nalaze ispod glavnog grebena koralja na dubinama između 15 i 25 metara. Kod facijesa rodolitnih crvenih alga („Maerl“) u Velikom jezeru invazivna alga *C. cylindracea* prekriva znatan dio površine i „guši“ kalcificirajuće alge (Slika 32).

#### **5.4.7. Biocenoza obalnih detritusnih dna**

Biocenoza obalnih detritusnih dna vrlo je razvijena u priobalnim područjima istočnog Jadrana, većinom između 20 i 90 m dubine. U ovoj biocenozi na postajama u NP Mljet invazivna alga najčešće prerasta crvenu algu *Vidalia volubilis*. Na postajama Goli rat, Korizmeni rat i Hrid Štit invazivna alga na detritusnom dnu ulazi u rubne dijelove posidonije, iako ne ugrožava samu morsku cvjetnicu.

#### **5.4.8. Koraligenska biocenoza**

Koraligena biocenoza značajna je za čvrstu podlogu. Scijafilnog je karaktera i široko rasprostranjena u svim područjima Jadranskog mora, do oko 100 metara dubine. Osnovu zajednice čine scijafilne crvene alge koje ugrađuju kalcijev karbonat u svoje taluse (porodica *Corallinaceae*), po njima je zajednica i dobila ime. Na taj način, biokonstrukcijom, alge stvaraju veće ili manje biogene nakupine s puno zasjenjenih šupljina koje su stanište brojnim beskralježnjacima. Naseljava i položene dijelove morskog dna crvene alge i sesilni beskralježnjaci kalcificiranog skeleta razvijaju i na sedimentnom dnu prekrivenom praznim ljušturama, rastresitim kamenjem i šljunkom. Preduvjet oblikovanja takvih koraligenskih platoa („otoka“ čvrstoga dna okruženog sedimentnim dnom) jače je strujanje mora, jer je razvoj crvenih alga i biogeno učvršćivanje dna ograničeno ako je izrazita sedimentacija finih čestica.

Invazivna alga prisutna je na svim istraživanim postajama u gornjem dijelu koraligenske biocenoze do 40 metara dubine, dok se na postaji Vranji Škoj alga spušta do 45 metara (Slika 33). Rast alge u koraligenskoj biocenozi na ovim dubinama je prilično iznenađujući. Invazivna alga predstavlja potencijalnu opasnost za sesilne vrste u koraligenskoj biocenozi, prvenstveno za inkrustrirajuće crvene alge, spužve, koralje i





Slika 33. Alga *Caulerpa cylindracea* unutar koraligenske biocenoze na postaji Vranji Škoj. Dubina 44 metra.



Slika 34. Salpa *Sarpa salpa* na postaji Veliko jezero. Dubina 12 metara.

mahovnjake. Do danas nisu utvrđena gusta naselja ove alge u koraligenskoj biocenozi istraživanih postaja.

#### **5.4.9. Utjecaj riba na naselja alge *Caulerpa cylindracea***

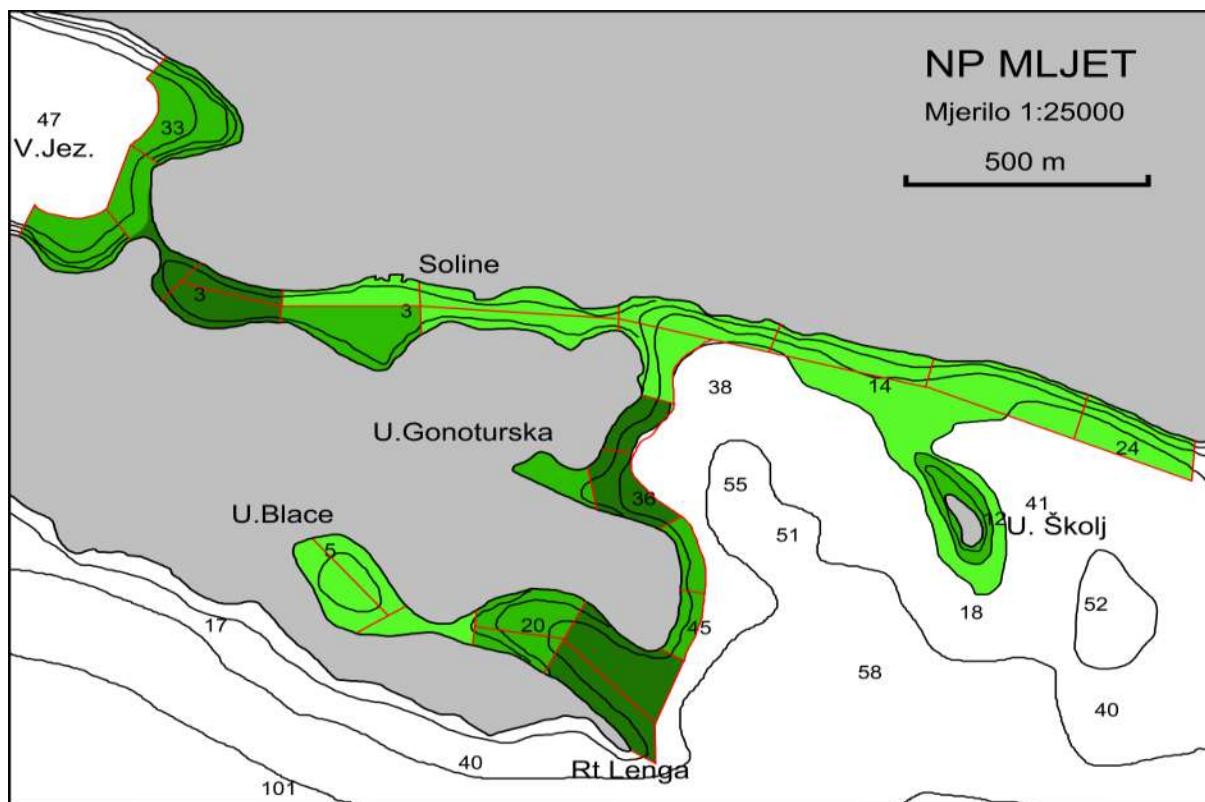
Tijekom istraživanja u NP Mljet utvrđeno je hranjenja invazivnom algom od strane dvije vrste riba iz porodice Sparidae, *Boops boops* i *Sarpa salpa*. Obje vrste se hrane algom *Caulerpa cylindracea*, međutim utvrđeno je da u isto vrijeme izbacuju fecesom komadiće alge, te zbog toga mogu biti potencijalni širitelji areala alge. Svaki taj komadić alge je nova alga koja se dalje širi. Na ovaj način ribe zapravo pomažu u širenju alge na nova područja.

#### **5.5. Kartiranje naselja invazivne alge u Velikom jezeru**

Naselja invazivne alge *Caulerpa cylindracea* kartirana su za potrebe njenog čišćenja u području postaje Veliko jezero, te Solinski kanal, uvale Blace i Gonoturska i Utrnji Školj. Kartiranjem se utvrdilo da se najgušća naselja invazivne alge *C. cylindracea* nalaze u Solinskom kanalu i uvalama Gonoturska i Blace (Slika 35).

#### **5.6. Čišćenje naselja invazivne alge u Velikom jezeru**

Alga *Caulerpa cylindracea* zahvaća cijelo područje ulaza u Veliko jezero. Sva tri grebena su okružena su algom, s time da se najgušće naselje alge nalazi na srednjem grebenu (unutar kanala Veliki most). Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* odrađeno je u jesen 2018. godine oko sva tri grebena u Velikom jezeru, te u Solinskom kanalu uz Veliki most). Čišćenje alge napravljeno je ručno (pažljivim sakupljanjem alge u ronilačke vreće), te pokrivanjem crnim plastičnim folijama na mjestima gdje je naselje alge vrlo gusto. Ručno čišćenje alge i stavljanje alge u ronilačke vreće zahtijeva veliki oprez da se komadići alge ne otrgnu i da ih morske struja ne odnese na druga mjesta gdje će nastaviti rasti. Jedan od olakšavajućih čimbenika kod ručnog čišćenja alge je taj da je za algi pričvršćena veća količina kamenja i kamenčića koji ne dozvoljavaju da alga otpluta strujanjem ili „pobjegne“ iz vreće. S druge strane, takav način čišćenja brzo puni ronilačke vreće, jer se uz algu sakuplja i 50% sedimenta.



Slika 35. Rasprostranjenost invazivne alge *Caulerpa cylindracea* u južnom dijelu NP Mljet (tamno zeleno-gusta naselja; zeleno-pojedinačna naselja; svjetlo zeleno-rijetka naselja).

### 5.6.1. Veliki greben (Veliko jezero)

**Središte naselja:** Područje oko grebena koralja *Cladocora caespitosa* (sjeveroistočni dio).

**Dubina:** 3-26 metara.

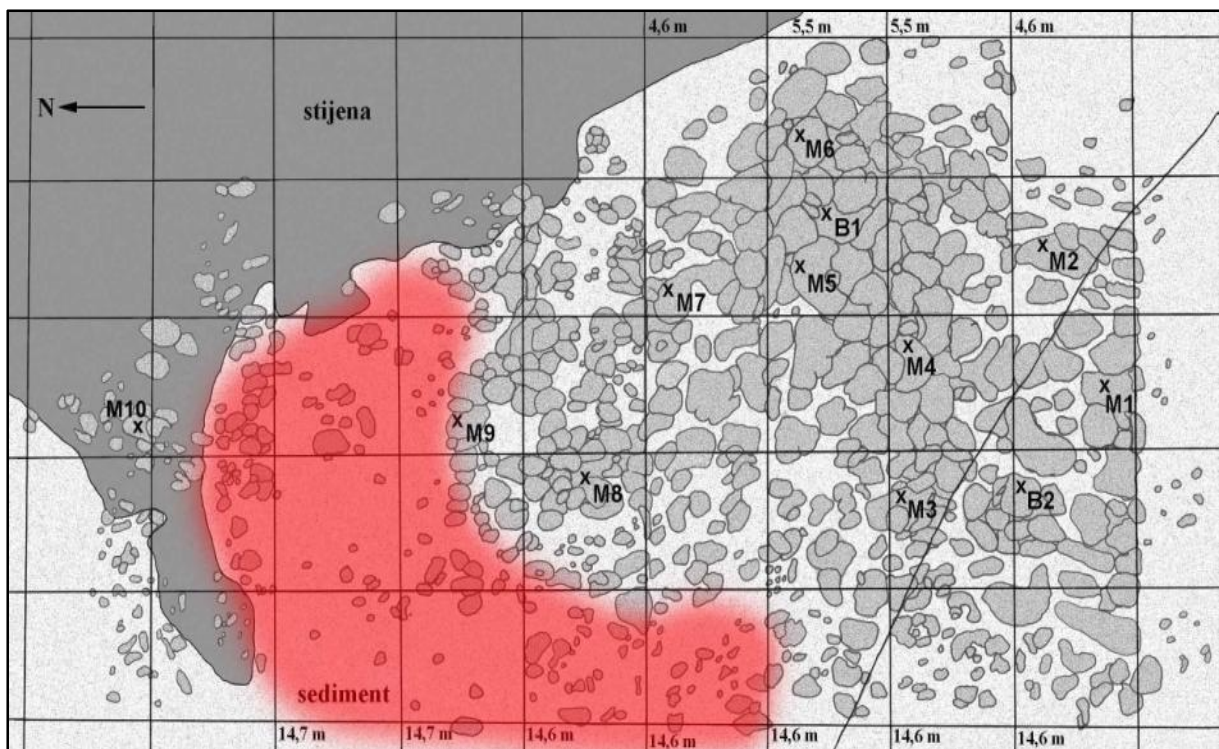
**Dno:** do 8 metara dubine stjenovito dno, dublje se nastavlja pjeskovito dno.

**Površina pod algom:** 2500 m<sup>2</sup>.

Kod glavnog grebena alga je prisutna u najvećem dijelu iza samog grebena, na mjestima prijašnjeg čišćenja 2004. i 2008. godine (Slika 36). Naselje na velikom grebenu na nekim mjestima prelazi preko kolonija koralja. Slično se događa i kod naselja alge iza glavnog grebena, gdje alga raste između postavljenih crnih folija. Prednji dio grebena je bez alge, što je najvjerojatiji uzrok brzina ulaznog pridnenog strujanja mora zbog plime.

**Način čišćenja alge:** Na mjestima gdje alga raste oko kolonija čišćenje je odrađeno ručno, pažljivim vađenjem alge uz pomoć malih grablji (Slika 37). Veća područja bez kolonija prekrivena su crnom plastičnom folijom. Folija se koristi samo na područjima gdje nema jake





Slika 36. Karta grebena koralja *Cladocora caespitosa* i područje čišćenja invazivne alge (crveno) u jesen 2016. godine.



Slika 37. Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* uz kolonije koralja na glavnom grebenu u Velikom jezeru.





Slika 38. Stare crne folije na području sjeveroistočni dijela velikog grebena u Velikom jezeru postavljene 2004. godine.



Slika 39. Novopostavljene crne folije na području sjeveroistočni dijela velikog grebena u Velikom jezeru.



Slika 39. Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* uz kolonije koralja na glavnom grebenu u Velikom jezeru.

pridnene struje uzrokovane izmjenom plime i oseke. Na ovaj način će se izbjeći moguće izdizanje folije i onečišćenje Velikog jezera. Većina folija koristila se tako da su stare folije postavljene 2008. godine pomicate na nova područja sa invazivnom algom (Slike 38 i 39). Folije su dobro učvršćene s većim komadima kamena prikupljenih u blizini postavljanja, kako bi se izbjeglo moguće pomicanje samih folija. Na mjestima na kojima su postavljene plastične folije, prije samog postavljanja uklonjeni su svi organizmi kojima bi folije mogle štetiti (trpovi, manje kolonije koralja, školjkaši, rakovi, moruzgve, te veći komadi kamenja s algama).

Na nekoliko mjesta je alga počela prelaziti preko kolonija koralja *Cladocora caespitosa*, pa su ta područja imala prioritet u čišćenju. Alge su oprezno skidane s kolonija kako se ne bi oštetile kolonije. Većina ostalih područja oko glavnog grebena očišćene su sa sedimenta (ljuštuni pijesak i ljuštuni pijesak sa primjesom mulja) ili sa većih kamenja. Na tim mjestima je čišćenje obavljeno kvadratni metar po kvadratni metar (čim se očistio jedan kvadrat prelazilo se na drugi). Zanimljivo je i to da je na sedimentu alga poprilično duboko prihvaćena za sediment (do 3-4 centimetara u dubinu), što bi mogao biti rezultat jake sedimentacije na tom području.





Slika 40. Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* uz kolonije koralja na srednjem grebenu u Velikom jezeru.



Slika 41. Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* uz kolonije koralja na srednjem grebenu u Velikom jezeru.

### 5.6.2. Srednji greben (Veliko jezero)

**Središte naselja:** Unutrašnji dio Velikog mosta (kanal)

**Dubina:** 6-19 metara.

**Dno:** do 8 metara dubine stjenovito dno, dublje se nastavlja pjeskovito dno.

**Površina pod algom:** 2500 m<sup>2</sup>.

Način čišćenja alge: Naselje na srednjem grebenu već prelazi preko kolonija koralja, te se na ovom lokalitetu čišćenju pristupilo mnogo opreznije. Oko samih kolonija, te na kolonijama koje je alga *Caulerpa* obrasla čistilo se ručno, pažljivim skidanjem alge sa sedimenta. Veće površine sa gustim slojem alge očišćene su od vagilnih organizama (prvenstveno trpovi) i prekrivene sa crnim folijama. Folije su učvršćene većim komadima kamenja. Između postavljenih folija grabljama i ručno se sakupljala alga u ronilačke vreće (Slike 40 i 41).

### 5.6.3. Južni greben (Veliko jezero)

**Središte naselja:** Područje oko južnog grebena koralja *Cladocora caespitosa* (južna strana kanala Veliki most).

**Dubina:** 3-20 metara.

**Dno:** do 6 metara dubine stjenovito dno, dublje se nastavlja pjeskovito dno.

**Površina pod algom:** oko 2000 m<sup>2</sup>.

Način čišćenja alge: I na ovom području naselje alge *Caulerpa cylindracea* prelazi preko kolonija koralja, te se čišćenju pristupilo oprezno da se ne oštete kolonije koralja. Naselje alge je na području od 8-20 metara dubine izrazito gusto, ali je na sedimentnom dnu i lakše se čistilo. Područje između 3 i 8 metara dubine je krupni šljunak i kamenje, te je ovdje bilo otežano čišćenje, jer se alga snažno pričvrstila za podlogu. Zbog nedostatka crnih folija, na ovom području se također čistilo ručno s puno opreza, jer su pridnene struje za vrijeme plime i oseke poprilično jake.

### 5.6.4. Solinski kanal (zapadni dio-uz Jezero)

**Središte naselja:** zapadni dio Solinskog kanala (uz Veliki most).

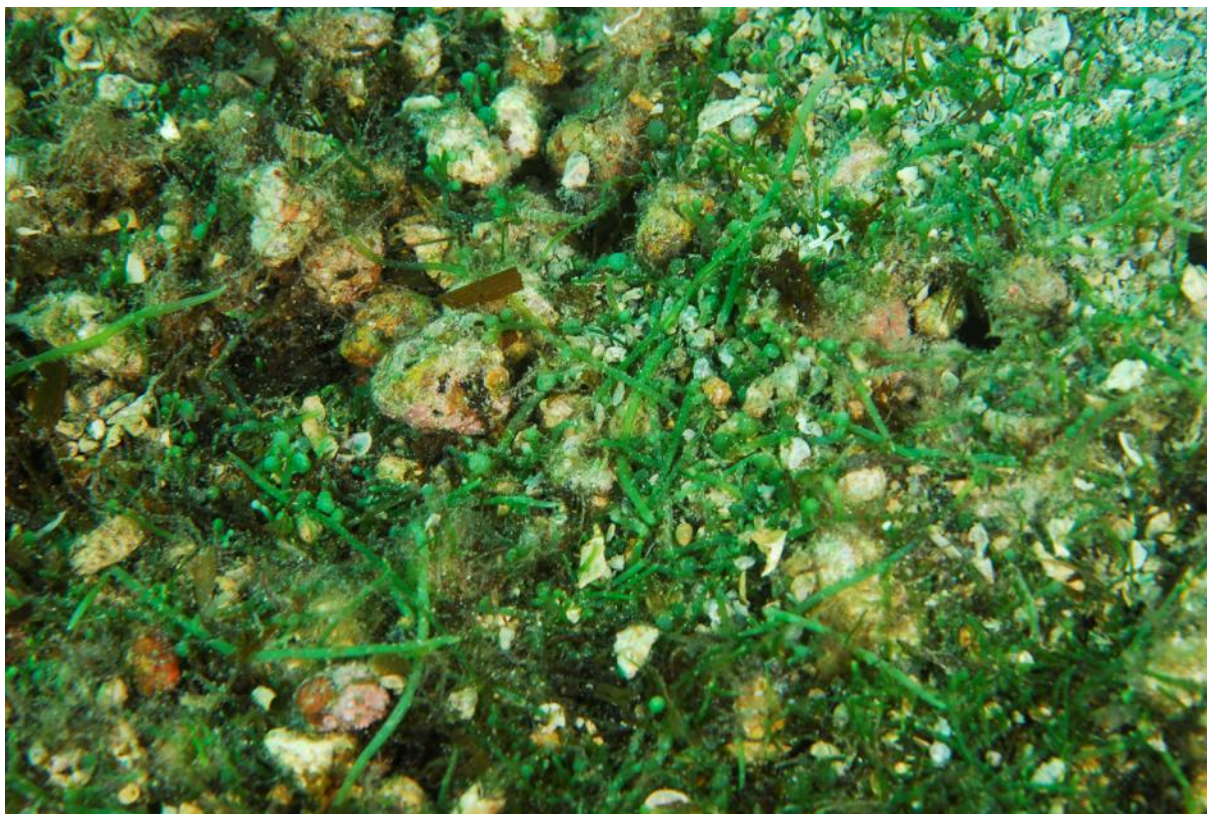
**Dubina:** 2-5 metara.

**Dno:** do 1 metar dubine stjenovito dno, dublje se nastavlja pjeskovito dno i morska cvjetnica *Cymodocea nodosa*.

**Površina pod algom:** 15000 m<sup>2</sup>.

Alga *Caulerpa cylindracea* zahvaća cijelo područje zapadnog dijela Solinskog kanala (uz Veliki most). Novo gusto naselje nalazi se u sjeverozapadnom dijelu ovog područja. Na južnom dijelu ovog područja postavljene su crne folije 2004. i 2008. godine, ali alga ponovo raste između njih. Kako ovo područje nije pod jakim utjecajem strujanja mora, alga se lakše širi. Ovo područje predstavlja veliku opasnost za stalno širenje u Veliko jezero, te je na ovom području posvećena veća pažnja kod čišćenja.

Najveći dio naselja alge *C. cylindracea* nalazi se na sedimentnom dnu (pijesak i ljuštuni pijesak) (3-5 metara dubine), pa je taj dio lako čistiti. Veći problem su stjenovita podloga i veće kamene gromade (2-3 metra dubine) za koje se primila alga (Slike 42 i 43). Na tom području sa stjenovitom podlogom, alga raste u vrlo gustim naseljima i zbog jake veze sa kamenjem, puno se teže čisti.



Slika 42. Širenje alge u zapadnom dijelu Solinskog kanala na kamenitoj podlozi.

Način čišćenja alge: Na južnom dijelu kanala veća područja s algom pokrivena su sa starim crnim plastičnim folijama koje su učvršćene većim kamenim gromadama. Na ovaj način će se izbjeći moguće izdizanje folije i onečišćenje okolnog područja. Područja oko folija čistila su se ručno, većinom sakupljajući veći šljunak zajedno sa algama u ronilačke vreće.



Odvajanje alge sa većeg kamenja je rizično, jer postoji opasnost od odvajanja komadića alge i njen prijenos na drugo područje gdje bi nastavila rasti.



Slika 43. Čišćenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* na južnom dijelu kanala Solinskog kanala.

Čišćenje na sjevernom dijelu Solinskog kanala uz Veliki most bilo je lakše zbog toga, jer je alga naseljena na sedimentnu podlogu (fina šljunak i pijesak), sa tek nešto manje većih kamenih oblutaka ili gromada na koje se naselila alga *Caulerpa*. Sa sedimenta se alga sakupljala po kvadratima. Odredili su se kvadrati (1 x 1 metar) i unutar svakog kvadrata uz pomoć malih grablji sakupljala se alga i stavljala u ronilačku vreću.

Na svim lokalitetima (tri lokaliteta u Velikom jezeru oko grebena koralja, te dva lokaliteta u Solinskom kanalu uz Veliki most) alga je sakupljena i kasnije na kopnu prebačena u veće plastične vreće koju se odnesene na prostor za otpad u Pomeni. Ukupno je odneseno 12 velikih vreća sa sedimentom i invazivnom algom *Caulerpa cylindracea* (Slika 44).



Slika 44. Izvađena alga *Caulerpa cylindracea* u ronilačkim vrećama.



## 6. Rasprava

Istraživanja utjecaja širenja naselja invazivne alge *Caulerpa cylindracea* na bentoske organizme do danas nisu rađena u istočnom dijelu Jadranskog mora. Isto tako, mali broj radova objavljen je o njenom utjecaju na autohtone bentoske organizme i zajednice unatoč njenom jasnom invazivnom karakteru. Alga *C. cylindracea* rastom i grananjem kauloida može u potpunosti prekriti supstrat, a u razdoblju od 6 mjeseci alga je sposobna u više slojeva prekriti površinu 400 cm<sup>2</sup> (Piazzi i sur. 1997; 2001). Takva isprepletana struktura "zarobljava" čestice sedimenta, što negativno djeluje na prirodne sesilne organizme (Piazzi & Cinelli 1999). Istraživanje utjecaja na fotofilnu zajednicu algi, pokazuje negativan učinak na raznolikost i pokrovnost autohtonih vrsta algi (Piazzi i sur. 2001). Geografski raspored većine nalazišta alge *C. cylindracea* u Jadranskom moru ukazuje kako je ciklonalna Jadranska struja osnovni vektor širenja alge na velike udaljenosti (Žuljević, 2004). Međutim, još nije utvrđeno koja se faza životnog ciklusa alge (fragment, propagula, zigota) prenosi strujama.

Temperatura mora mjerena na postaji Veliko jezero i Rt Lenga pokazuje povišene temperaturne anomalije, iako su 2017. i 2018. godine bile blaže od prijašnjih mjerenih godina kada su površinske temperature mora dosezale i preko 30°C. Alga *C. cylindracea* raste i razvija se na temperaturama višim od 15°C. Gornja je letalna temperatura za algu iznad 31,5°C, a na temperaturama između 10 i 15°C naselja alge preživljavaju razdoblje do 3 mjeseca (Komatsu i sur. 1997). Preživljavanje na niskim temperaturama potvrđuju naselja alge koja se uspješno održavaju i razvijaju na području NP Mljet, pogotovo na postaji Veliko jezero gdje je temperatura mora tijekom zime oko 12°C. Promjene u građi talusa i biomasi tijekom godine naselja značajnije su za plića područja gdje tijekom zime i početkom proljeća filoidi mogu u potpunosti propasti, a održe se samo puzajući kauloidi. Porastom temperature mora iz njih i zaostalih djelića dolazi do obnavljanja naselja (Žuljević, 1997). U dubljim područjima biomasa naselja nema značajnijih godišnjih promjena osim na početku ljeta kada dolazi do kraćeg porasta biomase zbog naglog rasta novih dijelova biljaka i još uvijek prisutnih starih dijelova talusa (Meinesz i sur. 1995). Već u 11. mjesecu u Velikom jezeru gustoća filoida se drastično smanjuje, iako ne nestaju u potpunosti. Zbog toga ih nalazimo i tijekom cijelog zimskog perioda kada je more najhladnije.

Maksimalni prosječni rast alge *Caulerpa cylindracea* izmjeren je na postaji Veliko jezero u listopadu 2016. i iznosio je 15,6 mm na dan. Na istoj postaji je izmjeren najveći prosječni rast alge od svih istraživanih postaja. S obzirom da je u Velikom jezeru izmjerena i najviša prosječna temperatura mora, može se izravno povezati brzina rasta i povišena ljetna temperatura mora. Dnevni rast alge *C. cylindracea* u ljetnim mjesecima (srpanj i kolovoz) na jugu Francuske iznosio je 13,5 mm (Ruitton i sur. 2005). Očito je da su povišena temperatura mora u Velikom jezeru, te ulazne morske struje nastale plimom glavni razlog za brzo širenje

alge u Veliko jezero. Na rast alge utječe i količina svjetlosti, ali prema istraživanju manje nego temperatura mora. Stoga ne čudi da ovu istraživanu algu možemo pronaći do 40 metara dubine u koraligenskoj biocenozi ili na donjim, krajnjim dijelovima livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* gdje je manje svjetlosti, a temperatura mora zbog klimatskih promjena se svake godine ima više vrijednosti. Najveći prirast kauloida kroz jednu godinu može iznositi do 190 cm u dužinu, dok širenje naselja uslijed prijenosa djelića alge hidrodinamizmom ima djelovanje na području do nekoliko stotina metara (Komatsu, 1997). Slično se događa i na postaji Veliko jezero. Jako jugo uništava i mrvi algu *C. cylindracea* u uvalama Blace I Gonoturska, te ih uz pomoć plime stalno nosi unutar Velikog jezera. Upravo je zbog toga teška eradikacija alge u samom Velikom jezeru, pogotovo ako se ne čiste od alge i spomenute uvale.

Analiza negativnog utjecaja alge *Caulerpa cylindracea* na bentoske organizme napravljena je na sesilnim vrstama koje su odabrane kao najranjivije vrste. Usporedna istraživanja utjecaja invazivnih alga *C. cylindracea* i *C. taxifolia* na zajednice fotofilnih makroalga pokazala su kako je utjecaj *C. cylindracea* puno značajniji (Balata i sur. 2004). Dodatna je činjenica da je brzina širenja naselja *C. cylindracea* veća od naselja vrste *C. taxifolia*, ukazuje kako je *C. cylindracea* invazivnija vrsta (Piazzi i sur. 2001). Ovo istraživanje je pokazalo da su sve alge unutar biocenoze fotofilnih alga ugrožene prerastanjem njihovih staništa od strane invazivne alge *C. cylindracea*. Širenje alge na stjenovitom dnu i na mrtvim rizomima cvjetnice *Posidonia oceanica* dovodi do drastičnog smanjenja prirodnog pokrova makroalgi (Piazzi, 2001). Usporedno s brzim prerastanjem, zasjenjivanjem i povećanjem sedimentacije, dolazi do razvoja hipokasičnih i anoksičnih uvjeta te razvoja toksičnog sumporovodika, a što su vjerojatno najznačajniji čimbenici koji utječu na brojnost i raznolikost prirodnih organizama (Žuljević, 2004).

Alga *Caulerpa cylindracea* lako invadira u livade relativno niske vrste cvjetnica kao što su *Zostera noltii* i *Cymodocea nodosa* (Ceccherelli i Campo 2002). Gusta i dobro razvijena livada cvjetnice *Posidonia oceanica*, ne dozvoljava invaziju alge (Ceccherelli i sur. 2000). Na svim istraživanim postajama gdje je utvrđena *P. oceanica* alga se zaustavila kada je došla do ruba cvjetnice i prestaje se dalje širiti. Ipak, uz rub livade cvjetnice kao i u prorijeđenoj livadi alga može u potpunosti prekriti supstrat i rizome cvjetnice (Piazzi, 1999; Ceccherelli i sur. 2000). Isto je utvrđeno u NP Mljet, gdje alga prekriva područja između livada posidonije ili tamo gdje je ona oštećena (sidrenje ili ilegalni lov ribe dinamitom).

Kod životinjskih vrsta među najugroženijima su spužve. Iako mnoge vrste morskih spužvi stvaraju sekundarne metabolite koji inhibiraju obraštaj po njma (Tsoukatou, 2002), alga *C. cylindracea* razvija vrlo gusti obraštaj na spužvama. Rizoidi alge mogu prodirjeti i u oskulum spužve. Poznato je kako alge roda *Caulerpa* mogu preko rizoida, a uz pomoć simbiotskih bakterija, iskorištavati nutrijente (Žuljević, 2004). Zbog toga se rast rizoida u

oskulum može se objasniti jednom vrstom kemotropizma. Kada alga u potpunosti preraste spužvu, zbog smanjenja cirkulacije morske vode, spužva ugiba. Gušenje ne nastupa odjednom u cijeloj spužvi, već se vide djelomične nekroze na površini spužve. Na kraju prerastanje dovodi do potpunog ugibanja spužve. Od svih istraživanih spužava najviše je ugrožena vrsta *Aplysina aerophoba*, vjerojatno i zato što je unutar biocenoze fotofilnih alga ima najviše. Širenje alge *C. cylindracea* u Sredozemnom moru opisano kao velika prijetnja za njegovu biološku raznolikost (Žuljević, 2004). Njen utjecaj na morske spužve pomaže u razumijevanju utjecaja na autohtone zajednice Sredozemnog mora, te isto tako komercijalno iskorištavanje spužava u nekim dijelovima Sredozemnog mora može biti značajno smanjeno širenjem ove invazivne alge.

Kod koralja utvrđen je jak utjecaj preraštavanja alge na vrste *Balanophyllia europaea* i *Cladocora caespitosa*, te djelomično na vrste u koraligenskoj biocenizi (na granici biocenoze fotofilnih alga i koraligenske biocenoze) i na vrstu *Madracis pharensis*. Kod prve dvije vrste i prijašnja istraživanja pokazala su da invazivna alga ima vrlo negativan utjecaj na njih i da dolazi do gubitka čitavih populacija (Kružić, 2008).

Uz spužve i koralje i sesilni mnogočetiinaši su također vrlo ugroženi. Utvrđeno je preraštavanje alge preko vrsta *Serpula vermicularis* i *Protula tubularia* i njihova smrtnost na svim istraživanim postajama u NP Mljet. Slično je i sa mješčincicom *Phallusia mammillata*. Alga ovu vrstu potpuno preraste i, kao kod spužava, sprječava protok morske vode kroz životinju.

Na osnovi istraživanja utjecaja alge *Caulerpa cylindracea*, smatra se kako širenje ove invazivne alge predstavlja jedan od najvećih opasnosti za infralitoralne zajednice Sredozemnog mora, uključujući i livade cvjetnice *P. oceanica* sa biološkom raznolikošću koju one podržavaju (Piazzi, 1999; 2001). Sve istraživane biocenoze su ugrožene, kako na tvrdj podlozi (stijene), tako i na mekim podlogama (sedimenti). Iznenaduje rast i rasprostranjenost invazivne alge *C. cylindracea* u dubinu. U Sredozemnom moru razvija gusta naselja od površine do 30 metara dubine (Meinesz i sur, 1993). Rast alge na 40 i više metara dubine u Jadranu, te veličina tih naselja potvrđuje kako alga ne treba puno svjetlosti za svoj rast. U Sredozemnom moru se razvija na gotovo svim tipovima podloge: kamenu, pijesku, mulju, rizomima (mrtvim ili živim) morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, te na sesilnim životinjskim organizmima. Nalazimo je na različitim staništima; fotofilna i sciafilna, oligotrofna i izrazito eutrofna, zaklonjena ili izložena znatnijem gibanju mora (Meinesz i Hesse 1991; Meinesz i sur, 1993). Obzirom na fotosintetsku kompenzacijsku točku, istraživanja su pokazala da vrsta *Caulerpa taxifolia* u Sredozemnog mora može doseći i 80 metara (Komatsu i sur, 1997), dok Belsher i Meinesz (1995) i Belsher i suradnici (1994) navode da su pojedinačni primjerci iste alge pronađeni i dublje, u cirkalitoralnom području na gotovo 100 metara dubine.

Poznato je kako populacije hridinskih ježinaca utječu na rasprostranjenost fotofilnih alga u području biocenoze fotofilnih alga. Hraneći se na nekom području ježinci mogu značajno smanjiti količinu alga i morskih cvjetnica (Verlaque 1987; Žuljević 2004; 2005). Ako ježinci dosegnu veliku brojnost, mogu potpuno obrstiti pokrov alga na stjenovitoj podlozi. Kod alge *Caulerpa taxifolia* ježinci izbjegavaju hranjenje ovom vrstom, dok kod vrste *C. cylindracea* ježinci intenzivnim hranjenjem ne dozvoljavaju širenje alge (Žuljević, 2005). Razlog hranjenja ili ne hranjenja pojedinom vrstom alge vjerojatno leži u količini metabolita alge, to jest repelentnih tvari. Isto tako, većina populacije hridinskog ježinca rasprostranjena je unutar prvih 5 metara dubine (osobno promatranje), dok je većina naselja alge *C. cylindracea* razvijena između 5 i 30 metara dubine. Prilikom istraživanja vezanih uz ovaj rad niti na jednoj postaji nije utvrđeno hranjenje ježinaca invazivnom algom, što zbog dubine, a što zbog toga što nisu utvrđene jedinice ježinaca (zbog dubine ili jakog pridnenog strujanja mora kao na postaji Veliko jezero). Hranjenja algom od strane riba iz porodice Sparidae pokazuju da ove vrste vjerojatno više pospješuju rasprostranjenost alge, nego što pomažu u eradikaciji naselja invazivne alge.

Tijekom istraživanja u Velikom jezeru 2015. godine utvrđeno je novo intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea*, te je ponovo ugrožen greben koralja *Cladocora caespitosa* (dosada najveći utvrđeni koraljni greben u Sredozemnom moru). Na ovom području 2004. i 2008. godine postavljene su crne folije na naselja alge, međutim alga se ponovo intenzivno širi, te su utvrđena i nova izolirana naselja u području Solinskog kanala i područja oko Velikog mosta. Alga se ponovo proširila iza velikog grebena koralja, na području koje je već čišćeno i pokriveno folijama 2008. godine. Na tom dijelu većina naselja alge je na sedimentnom dnu. Uklanjanjem rubnog područja "glavnog naselja" te izdvojenih naselja u Solinskom kanalu, moguće je spriječiti ili barem značajno usporiti njeno u intenzivno širenje na greben koralja u Velikom jezeru. Tijekom zimskih mjeseci alga gotovo prestane sa rastom i ne širi se intenzivno kao u ljetnim mjesecima. Na žalost, zime na Mljetu nisu toliko jake da bi mogle uništiti algu, te se ona nakon zimskog inhibiranog stanja u kasno proljeće (kraj 5. mjeseca) ponovo intenzivno širi i stvara gusta naselja.

Problem kod naseljavanja alge utvrđen je na srednjem grebenu, gdje ja algu najteže čistiti zbog podloge (krupni šljunak i stijena). Ovo područje je prvo na udaru nakon Solinskog kanala i potreban je stalan godišnji monitoring na ovom području, kao i po potrebi čišćenje područja.

Kao najbolji način čišćenja invazivne alge *Caulerpa cylindracea* pokazalo se ručno čišćenje po određenim kvadratima. Na taj način se najmanje negativno utječe na bentoske organizme. Mamut pumpa nije selektivna, te se sa njom odnosi uz algu i druge vrste koje nisu cilj čišćenja. Slično je i sa pokrivanjem crnim folijama (na mjestima koja se ne mogu ručno čistiti poput stijena), jer ispod folija ugibaju i druge alge koje tamo žive.



Točno vrijeme obavljanja svake aktivnosti na uklanjanju alge odredio se ovisno o situaciji na terenu. Kako jednom akcijom uklanjanja nije moguće u potpunosti ukloniti naselje, bez obzira na njegovu veličinu, potrebno je provesti monitoring za svaku slijedeću godinu i po potrebi ponovnim čišćenjem ukloniti nove fragmente. Ovim se omogućuje maksimum efikasnosti uklanjanja invazivne alge. Monitoring grebena koralja *Cladocora caespitosa* trebao bi se raditi svake godine pregledom očišćenog područja i po potrebi bi se u slučaju nove pojave alge pristupilo čišćenju. Ovo istraživanje je pokazalo i da je čišćenja alge *C. cylindracea* nužno samo u područjima od posebne važnosti za zaštićena područja (u ovom slučaju greben koralja *Cladocora caespitosa*) koja se mogu spasiti od invazivne alge, dok se u drugim područjima čišćenje ne isplati zbog njene jake invazivnosti. Za nadati se da će i ova vrsta alge kao što je slučaj sa vrstom *C. taxifolia*, jednom početi gubiti na rasprostranjenosti. Da li će to biti prirodni neprijatelj (predator) ili negativni ekološki čimbenici, ostaje za vidjeti u, nadamo se, skoroj budućnosti.

Također je nužno potrebno poduzeti mjere kako bi se smanjila mogućnost prijenosa alge ribolovnim alatima i sidrima (posebno nautičkim brodovima) na nova područja unutar Velikog jezera.

## 7. Zaključci

- Brzina rasta talusa alge *Caulerpa cylindracea* u pozitivnoj je korelaciji s povišenom ljetnom temperaturom mora. Na rast alge utječe i količina svjetlosti, ali manje nego povišena temperatura mora. Rast alge na 40 i više metara dubine u Jadranu, te veličina tih naselja potvrđuje tezu kako ova zelena alga ne treba puno svjetlosti za svoj rast.
- Izmjereni godišnji rast alge *C. cylindracea* u prosjeku je iznosio 10,1 milimetar na dan na svim istraživanim postajama. Maksimalni prosječni rast alge izmjeren je na postaji Veliko jezero u listopadu 2016. i iznosio je 15,6 mm na dan.
- Na području NP Mljet na svim istraživanim postajama utvrđen je jak hidrodinamizam mora (jake pridnene struje koje jačaju s južnim vjetrovom), posebno na dubinama od desetak metara. Zbog toga je otkidanje i raznošenje djelića alge *C. cylindracea* najčešći način njenog širenja.
- Bentoski sesilni organizmi ugroženi su prerastanjem njihovih staništa od strane invazivne alge *C. cylindracea*. Alge, spužve, koralji, mnogočetonaši i mahovnjaci su među najugroženijima bentoskim organizmina.
- Na svim istraživanim postajama gdje je utvrđena *P. oceanica* alga se zaustavila kada je došla do ruba cvjetnice i prestala se dalje širiti. Alga raste samo na oštećenim dijelovima livada posidonije.
- Prilikom istraživanja niti na jednoj postaji nije utvrđeno hranjenje ježinaca invazivnom algom, što zbog dubine (većina naselja alge *C. cylindracea* razvijena između 5 i 30 metara dubine), a što zbog jakog pridnenog strujanja mora (kao na postaji Veliki most). Hranjenja algom od strane riba iz porodice Sparidae pokazuju da ove vrste vjerojatno više pospješuju rasprostranjenost alge, nego što pomažu u eradikaciji naselja invazivne alge.
- Kao najbolji način čišćenja invazivne alge *C. cylindracea* pokazalo se ručno čišćenje, jer se najmanje negativno utječe na bentoske organizme.

## 8. Literatura

- Ahmetagić J (2017), CAULERPA TAXIFOLIA (M. Vahl) C. Agardh, 1817, seminarski rad, Universitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet
- Aleem AA (1992) *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) on the Mediterranean coast of Egypt. *Phycologia* 31:205-206.
- Babić, K. (1911) Pogledi na biologičke i bionomičke odnose u Jadranskom moru. Znanstvena djela za opću naobrazbu 5:1-138.
- Bello G, Casavola N, Rizzi E (2004) Aliens and visitors in the Southern Adriatic Sea: effects of tropicalization *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, p 491.
- Belsher T, Youenou G, Dimeet J, Raillard J-M, Bertrand S, Mereau N (1994) Eléments cartographiques et évolution de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée (Alpes-Maritimes et Monaco, 1992). *Oceanol. Acta*, 17 (4):443-451.
- Belsher T, Meinesz A (1995) Deep-water dispersal of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean. *Aqua. Bot.*, 51:163-169.
- Calvert, H.E., C.J. Dawes, M. A. Borowitzka (1976). Phylogenetic relationships of *Caulerpa* (Chlorophyta) based on comparative chloroplast ultrastructure. *J. Phycol.* 12: 149-162.
- Ceccherelli G, Piazzini L, Cinelli F (2000) Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskael) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 243:227-240.
- Ceccherelli G, Campo D (2002) Different Effects of *Caulerpa racemosa* on Two Co-occurring Seagrasses in the Mediterranean. *Botanica Marina* 45:71-76.
- Gmelin S, (1968) *Historia fucorum*. St. Petersburg. XII + 236 + 6
- Iveša Lj, Jaklin A, Devescovi M (2006) Vegetation patterns and spontaneous regression of *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Malinska (Northern Adriatic, Croatia). *Aquatic Botany* 85: 324-330.
- Klein J, Verlaque M (2008) The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine Pollution Bulletin*, 56(2): 205-225.
- Komatsu T, Meinesz A, Buckles D (1997) Temperature and light responses of alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 146: 145-153.
- Koukouras A, Kühlmann DHH (1991) Rasenkorallen als Biotope in der Ägäis. *Naturwiss. Rdsch.* 44(11): 444-445.
- Kružić P (2001) „Greibenaste tvorbe vrste *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) (Anthozoa, Scleractinia) u Jadranskom moru“. Magisterij. Sveučilište u Zagrebu. 1-107.

- Kružić P (2005) „Ekologija vrste kamenog koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) i njegove grebenaste tvorbe u Jadranskom moru“. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. 1-198.
- Kružić P, Žuljević A, Nikolić V (2008) The highly invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* poses a new threat to the banks of the coral *Cladocora caespitosa* in the Adriatic Sea. *Coral Reefs*. 27 (2): 441.
- Kühlmann DHH, Chintiroglou Ch, Koutsoubas D, Koukouras A (1991) Korallenriffe in Mittelmeer? *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 44(8):316.
- Laborel J (1961) Sur un cas particulier de concrétionnement animal. Concrétionnement à *Cladocora caespitosa* L. dans le Golfe de Talante. *Rapp. P. V. Comm. Intl. Expl. Sci. Médit.* 16(2): 429- 432.
- Laborel J (1987) Marine biogenic constructions in the Mediterranean: a review. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*. 13: 97-126.
- Meinesz A, Hesse B (1991) Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée Occidentale. *Oceanol. Acta*, 14:415-426.
- Meinesz A, Vaugelas J, Hesse B, Mari X (1993) Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *J. Appl. Phycol.*, 5:141-147.
- Meinesz A, Benichou L, Blachier J, Komatsu T, Lemee R, Molenaar H, Mari X (1995) Variations in the structure, morphology and biomass of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean Sea. *Botanica Marina* 38:499-508.
- Morri C, Peirano A, Bianchi CN, Sassarini M (1994) Present-day bioconstructions of the hard coral, *Cladocora caespitosa* (L.) (Anthozoa, Scleractinia), in the Eastern Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Biol. mar. Medit.* 1(1):371-372.
- Ivković N (2015), Invazivne tropske alge iz roda *Caulerpa* u Jadranskom moru, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju
- Panayotidis P, Montesanto B (1994) *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) on the Greek coasts. *Cryptogamie: algologie*. Paris 15:159-161.
- Panayotidis P, Žuljević A (2001). Sexual reproduction of the invasive green alga *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 24:199-203.
- Pax F, Müller I (1953) Der Anthozoenfauna der Bucht von Kaštela bei Split, *Acta Adriat.* 5 (1):1-35.
- Piazzzi L, Balestri E, Cinelli F (1994) Presence of *Caulerpa racemosa* in the north-western Mediterranean. *Cryptogamie: Algologie* 15:183-189.
- Piazzzi L, Balestri E, Magri M, Cinelli F (1997) The spread of the tropical alga *Caulerpa racemosa* (Forsskall) J.Agardh (Bryopsidophyceae, Chlorophyta) along the Tuscan coast (Italy). *Cryptogamie: Algologie* 18:343-350.



- Piazzì L, Cinelli F (1999) Development and seasonal dynamics of a population of the tropical alga *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh in the Mediterranean. *Cryptogamie: Algologie* 20:295-300.
- Piazzì L, Ceccherelli G, Cinelli F (2001) Threat to macroalgal diversity: Effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 210:149-159.
- Piazzì L, Meinesz A, Verlaque M, Akçali B, Antolìc B, Argyrou M, Balata D, Ballesteros E, Calvo S, Cinelli F, Cirik S, Cossu A, D'archino R, Djellouli AS, Javel F, Lanfranco E, Mifsud C, Pala D, Panayotidis P, Peirano A, Pergent G, Petrocelli A, Ruitton S, Žuljević A, Ceccherelli G (2005) Invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: an assessment of the spread. *Crypt. Algol.* 26:189-202.
- Renoncourt L, Meinesz A (2002) Formation of propagules on an invasive strain of *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) in the Mediterranean Sea. *Phycologia* 41:533-535.
- Ruitton S, Verlaque M, Boudouresque CF (2005) Seasonal changes of the introduced *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) at the northwest limit of its Mediterranean range. *Aquatic Botany.* 82:55-70.
- Smith CM, Walters LJ (1999) Fragmentation as a strategy for *Caulerpa* species: fates of fragments and implications for management of an invasive weed. *Marine Ecology* 20: 307-319.
- Špan A, Antolìc B, Žuljević A (1998) The genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) in Adriatic Sea Rapp. Comm. int. Mer Médit., p 584-585.
- Tsoukatou M, Hellio C, Vagias C, Harvala C, Roussis V (2002) Chemical defense and antifouling activity of three Mediterranean sponges of the genus *Ircinia*. *Z Naturforsch* 57C, 161-171.
- Vaugelas J, Meinesz A, Antolìc B, Ballesteros E, Belsher T, Cassar N, Ceccherelli G, Cinelli F, Cottalorda JM, Frada Orestano C, Grau AM, Jaklin A, Morucci C (1999) Standardization proposal for the mapping of *Caulerpa taxifolia* expansion in the Mediterranean sea. *Oceanol. Acta.* 22:85-94.
- Verlaque M (1987) Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale in: Colloque International Sur *Paracentrotus Lividus* et Les Oursins Comestibles. GIS Posidonie Publ, Marseille, 5-36.
- Verlaque M, Boudouresque CF, Meinesz A, Gravez V (2000) The *Caulerpa racemosa* Complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Botanica Marina.* 43: 49-68.

- Verlaque M, Durand C, Huisman M.J, Boudouresque C-F, Le Parco Y (2003). On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). Eur. J. Phycol. 38:325-339.
- Verlaque M, Afonso-Carrillo J, Gil-Rodríguez MC, Durand C, Boudouresque C-F, Le Parco Y (2004) Blitzkrieg in a Marine Invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) Reaches the Canary Islands (North-East Atlantic). Biological Invasions 6:269-281.
- Veseli M (2015), ZOOKSANTELE I SIMBIOZA S MORSKIM ORGANIZMIMA, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet
- Vuletić A (1953) Structure géologique du fond du Malo et du Veliko jezero, sur l'île de Mljet. Acta Adriat. 6(1):1-66.
- Zibrowius H (1974) *Oculina patagonica*, Scléactiniaire hermatypique introduit en Méditerranée. Helgoländer Meeresunters. 26:153-173.
- Zibrowius H (1979) Campagne de la Calypso en Méditerranée nord-orientale (1955, 1956, 1960, 1964). 7. Scléactiniaires. Ann. Inst. océanogr. Paris. 55: 7-28.
- Zibrowius H (1980) Les Scléactiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. Mém. Inst. océanogr. 11:1-284.
- Žuljević A (1997) Pojava i širenje tropske alge *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh u Starigradskom zaljevu. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 1-40.
- Žuljević A (2004) The spread of the invasive variety of *Caulerpa racemosa* in the Adriatic Sea Rapp. Comm. int. Médit., p 466.
- Žuljević, A (2005) Rod *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) u Jadranskom moru. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. 1-218.
- Žuljević A, Anotolic B, Onofri V (2003) First record of *Caulerpa racemosa* (Caulerpales: Chlorophyta) in the Adriatic Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 83:711-712.
- Žuljević A, Antolić B (2005) Appearance and spread of the invasive *Caulerpa* species in the Adriatic Sea. In 47<sup>th</sup> International Symposium ELMAR-2005 (Grgić M, Kos T, Grgić S. editors), 245-247. 8-10 June 2005, Zadar, Croatia.

## Izvori s weba:

- Nacionalni park Mljet, <<http://np-mljet.hr/o-parku/geologija/>> Pristupljeno 15.11.2018.
- Invasive Species Compendium <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/107735>> Pristupljeno 15.11.2018.
- Centar za invazivne vrste, <<http://civ.iptpo.hr/grozdasta-kaulerpa/>> Pristupljeno 16.11.2018.
- Nacionalni park Mljet, staništa i ekosustavi <<http://np-mljet.hr/o-parku/stanista-i-ekosustavi/>> Pristupljeno 16.11.2018.
- Živi svijet Jadrana, <[http://dalibor-andres.from.hr/uw/jza\\_008.htm](http://dalibor-andres.from.hr/uw/jza_008.htm)> Pristupljeno 20.11.2018.
- Članak: Busenasti koralj s Mljeta u opasnosti od izumiranja <<https://www.index.hr/vijesti/clanak/busenasti-koralj-s-mljeta-u-opasnosti-od-izumiranja/968941.aspx>>
- Crvena lista, <<https://www.iucnredlist.org/species/133142/75872554>>