Invazivne vrste algi iz roda Caulerpa u Jadranskom moru

Oljica, Anđela

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:987466

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

University of Zadar Institutional Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Preddiplomski sveučilišni studij primijenjene ekologije u poljoprivredi (jednopredmetni)

Anđela Oljica

Invazivne vrste algi iz roda Caulerpa u Jadranu

Završni rad

Zadar, 2017.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Preddiplomski sveučilišni studij primijenjene ekologije u poljoprivredi (jednopredmetni)

Invazivne vrste algi iz roda Caulerpa u Jadranu

Završni rad

Student/ica:
Anđela Oljica

Mentor/ica:
Doc.dr.sc. Zoran Šikić

Zadar, 2017.

Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Anđela Oljica,** ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Invazivne vrste algi iz roda Caulerpa u Jadranu** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 14. srpanj 2017.

Sadržaj

1. UVOD **1**

2. CILJEVI I SVRHA RADA **1**

3. RAZRADA TEME **2**

3.1. Opće karakteristike Jadranskog mora 2

3.2. Pojavljivanje invazivnih algi roda *Caulerpa* u Jadranskom moru 2

3.3. Opis vrsta 4

3.3.1. *Caulerpa taxifolia* 4

3.3.2. *Caulerpa racemosa* 7

3.4. Praćenje i eventualne metode sprječavanja širenja 12

4. ZAKLJUČAK **15**

5. POPIS LITERATURE **16**

Invazivne vrste algi iz roda *Caulerpa* u Jadranskom moru

Zadnjih nekoliko desetljeća Jadransko more je ugroženo dolaskom novih invazivnih vrsta. Prokopom Sueskog kanala mnogim organizmima otvorio se put prema Sredozemlju. Klimatske promjene ali i drugi antropogeni utjecaji također su omogućili naseljavanje invazivnih vrsta na nova staništa. U ovom su radu obrađene dvije vrste algi koje se velikom brzinom šire podmorjem Jadranskog mora, *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa*. Opisan je habitus svake alge, njezin način razmnožavanja, područja gdje je se može naći te kakav utjecaj ima na ostale organizme. Izložena je ideja o mogućoj kontroli koju znanstvenici proučavaju zadnjih par godina, iako se još ne zna koliko će proći do njezine realizacije. Potrebno je da sve zemlje Sredozemlja ulažu zajedničke napore kako bi stale na kraj negativnom utjecaju ovih algi, te kako bi se pronašlo učinkovito rješenje za smanjenje njihova širenja.

Ključne riječi: invazivne alge, *Caulerpa*, Jadransko more

Invasive algae species from the *Caulerpa* genus in the Adriatic Sea

For the last few decades, the Adriatic Sea has been threatened by the arrival of new invasive species. The opening of the Suez Canal to many organisms opened the way to the Mediterranean Sea. Climate change and other anthropogenic influences also allowed the invasive species to inhabit new areas. In this paper, two types of algae are decribed and they are spreading rapidly along the Adriatic Sea, *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. Also, this paper describes the habitus of each algae, its propagation mode, the area where it can be found, and what influence it has on other organisms. There is an idea of possible control that scientists have been studying over the last couple of years, although they still do not know how long it will take to complete it. It is necessary that all Mediterranean countries make joint efforts to end the negative impact of these algae and to find an effective solution to reduce their spread.

Key words: invasive algea, *Caulerpa*, Adriatic Sea

1. UVOD

Jadransko more karakterizira velika bioraznolikost, te je proučavanjem flore i faune u njemu pronađeno između 6000 i 7000 vrsta organizama. Specifičan položaj i jedinstvenost Jadrana omogućili su i razvoj većeg broja endema, no njihov životni prostor biva ugrožen pojavom introduciranih vrsta, klimatskim promjenama i antropogenim utjecajem (Viličić, D. i Kršinić, F. 2016.) Vrste koje prirodno ne obitavaju na određenom staništu, a tu su unesene namjernin ili slučajnim putem nazivamo alohtone vrste. Takva vrsta postaje invazivna ukoliko se brzo širi, razmnožava, te štetno djeluje na ekosustav. Istraživanjem i praćenjem u Jadranu je zabilježeno čak 113 invazivnih vrsta (Narodne novine, br. 194/2014.). Smatra se da su jedan od glavnih razloga ugroženosti ekološke ravnoteže i trajnih promjena u ekosustavu upravo invazivne alohtone vrste. Razvitak trgovine, transporta i morskog prometa u 20. stoljeću dovode do ubrzanja širenja invazivnih vrsta, te su i Jadran nastanile dvije vrste algi iz roda *Caulerpa*. Zbog brzine širenja i negativnog utjecaja u podmorju gdje su pronađene, *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) (C. Agardh, 1817.) i *Caulerpa racemosa* (Forsskål) (J.Agardh, 1873.) izazvale su veliki interes znanstvene i stručne javnosti koja svoje napore usmjerava na praćenje stanja dok su metode spriječavanja širenja ovih invazivnih algi još uvijek upitne učinkovitosti (akvarij.net).

2. CILJEVI I SVRHA RADA

Cilj ovog rada je pregledno obraditi dvije vrste algi koje se velikom brzinom šire podmorjem Jadranskog mora, *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa*. Opisan je habitus svake alge, njezin način razmnožavanja, te područja gdje se mogu naći.

Svrha ovoga rada je iz dostupne literature pregledno analizirati mogući utjecaj na ekosustav Jadranskog mora.

3. RAZRADA TEME

3.1. Opće karakteristike Jadranskog mora

Jadransko more je pretežno zatvoreno, plitko i relativno toplo more, preko Otranskih vrata i Jonskog mora povezano je sa Sredozemnim morem (Moranta, 2008.). Morske struje su tople i razmjerno slabe. Jadran se rasprotire na 138 595 km^2, a najveća dubina je 1233 m. Temperature u površinskom sloju variraju ljeti od 22 do 24 ^oC, te zimi od 12 do 14 ^oC, ako isključimo sjeverni dio Jadrana u kojem temperature zimi padaju i do 9 ^oC. Razlike u salinitetu također su prisutne i kreću se od 38 do 39 ‰, te ga svrstavamo u vrlo slana mora. Južni dio Jadrana je malo slaniji zbog dotoka slanije morske vode iz istočnog Sredozemlja. Zbog čistoće mora i homogenosti u površinskom sloju prozirnost Jadrana je velika, a povećava se od sjevera (oko 20 m) prema jugu (do 56 m). Utjecaj morskih mijena je slabo izražen, rasponi umjerenih plima i oseka kreću se od 0,3 m na jugu do 1,1 m na sjeveru te se pojavljuju periodično. Jadransko more zbog cjelokupne slabe produktivnosti pripada oligotrofnim morima, no utjecaj rijeke Po povećava njegovu primarnu proizvodnju u sjevernom dijelu. Flora i fauna kakvu danas poznajemo u Jadranu rezultat je brojnih klimatskih, bioloških, te gografskih i geoloških utjecaja u prošlosti Zemlje pri njegovu stvaranju. (Lipej, L. i Dulčić, J. 2004.).

3.2. Pojavljivanje invazivnih algi roda *Caulerpa* u Jadranskom moru

U Jadranskom prisutne su tri vrste zelenih algi iz roda *Caulerpa*, porodice *Caulerpaceae* koje naseljavaju topla i umjerena mora. To su: *Caulerpa taxifolia*, nešto kasnije otkrivena *Caulerpa racemosa*, te *Caulerpa prolifera* koja je autohtona vrsta (www.akvarij.net). Ime roda dolazi od grčke riječi "caulos"- stabiljka, i "erpo"- puzati. *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* spadaju u 100 najgorih invazivnih vrsta svijeta. Rod *Caulerpa* je jedan od najraznovrsnijih skupina, sa preko 70 različitih vrsta i varijeteta. Svojim pojavljivanjem uništavaju kompletne biocenoze, ekosisteme i provode homogenizaciju podmorja (Ilakovac, B. 2016.). Njihova invazivnost leži u brzoj pilagodljivosti, otpornosti te nepostojanju prirodnih neprijatelja. Smatra se da je *Caulerpa taxifolia* slučajno unešena u more iz akvarija

kod Monaka 1984.godine, te se proširila Sredozemljem, a strujama i ljudskom aktivnošću i Jadranom. Pronađena je 1994. godine u Starigradskom zaljevu na otoku Hvaru. *Caulerpa racemosa* je 1930. primjećena u Tunisu, gdje se proširila Sueskim kanalom iz Crvenog mora. U Jadranu je prvi put zabilježena 2000. godine u porečkom podmorju, a smatra se da je raširena pomoću balastnih voda i nekontroliranog sidrenja (Žuljević, A. 2005.). Alge iz roda *Caulerpa* su specifične po tome što se sastoje od samo jedne stanice s velikim brojem staničnih jezgara i kloroplasta, te se smatraju najvećim jednostaničnim organizmima. Alge ovog roda su građene od kauloida, tj. puzajuće stabiljke debele 2-3 mm, i duge do 2 m. Za podlogu su pričvršćene nitastim strukturama sličnim korijenju, a iz stabiljke se prema svjetlu pružaju filoidi odnosno listići koji se razlikuju među pojedinim vrstama. Razmnožavaju se spolno i vegetativno (www.akvarij.hr). Kod spolnog razmnožavanja iz citoplazme nastaje mnogo sitnih gameta, te u ranu zoru spajanjem muških i ženskih gameta nastaje zigota koja tone na dno. Kroz deset dana se razvija u novu algu, a roditeljska alga ugiba. Regeneracijom i otkidanjem fragmenata odvija se vegetativno razmnožavanje. Širenjem alge potpuno prekriju dno i kroz invazivan karakter zapravo mijenjaju staništa i biocenoze. Invazivnost ovih algi se očituje u njihovoj otpornosti na velik raspon ekoloških čimbenika (Žuljević A. i sur., 2011.). Uspijevaju na gotovo svim tipovima morskog dna, na različitim dubinama i temperaturama pri različitim razinama onečišćenja i uz brzu regeneraciju nakon stresa ili oštećenja. Njihovo razmnožavanje se nastavlja prekrivajući sve više raspoloživih područja morskog dna, istiskuju sve ostale alge, te negativno utječu na druge organizme. Ove dvije vrste iz roda *Caulerpa* poput tepiha prekrivaju dno, a kao glavna posljedica je stvaranje anoksičnog sloja u kojem dolazi do proizvodnje sumporovodika, te truljenja detritusa. *Caulerpa racemosa* parazitira i na morskim spužvama. Ekskrete spužve ove inzvazivne alge iskorištavaju kao hranjive tvari. Nakon začepljenja otvora kroz koje filtriraju more, spužve ugibaju. Truljenje i razgradnja spužve te otpuštanje hranjivih soli pogoduju daljnjem razvoju alge. Alge iz roda *Caulerpa* za razliku od drugih vrsta zimi ne propadaju već bivaju u stanju mirovanja, pokazujući blaga oštećenja pri vrhovima filoida. Toksini koje prizvode *C. taxifolia* i *C. racemosa* ugrožavaju druge organizme i vrste te jajašca viših organizama. Djelujući tako na organizme s nižih trofičkih razina indirektno utječu i na više organizme poput riba i glavonošaca, koji zbog nemogućnosti hranidbe na tako osiromašenim područjima migriraju ili ugibaju (Žuljević A. 2005.). Pošto ove alge ne ulaze u prehrambene lance njihov je ekološki utjecaj još izraženiji. Razdoblje jačeg širenja i povećanja volumena ovih vrsta jest od svibnja do rujna (Pavešić, D. 1998.). U Jadranu nalazimo još jednu algu iz roda *Caulerpa*, koja je

naša autohtona vrsta. *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V.Lamouroux je zelene do tamno zelene boje. Najčešće se nalazi na plitkim i pjeskovitim dnima. Ova zavičajna alga u Jadranu je rijetka pa njezin pronalazak ima iznimnu vrijednost. Jedino nalazište ove alge u Jadranu je u podmorju otoka Lokrum, gdje je zabilježena krajem 2004. godine (Žuljević A. 2005.).

Slika 1. Autohtona *C.prolifera* (Izvor internetska stranica Pinterest)

3.3. Opis vrsta

3.3.1. *Caulerpa taxifolia*

Caulerpa taxifolia je vrsta tropske alge, iz porodice *Caulerpaceae*. Prirodna staništa su joj tropska mora i Indijski ocean. Fluorescentno je zelene boje, građena od puzajuće i razgranjene stabiljke (kauloida), debljine 2-3 mm. Stabalce može narasti preko 1 m, a sastavljeno je od filoida dugačkih 5- 65 cm. Za površinu je pričvršćena korjenčićima (kauloidima) dugim 4-5 cm. Svoj naziv alga je dobila nalikom na grančicu crnogoričnog stabla tise (*Taxus*). Prvo korištenje zabilježeno je u akvariju u Stuttgartu, tamo je načinjen genetski otporniji hibrid,

koji je nešto kasnije predan drugim oceanografskim institutima. *C. taxifolia* je u more puštena iz Oceanografskog instituta u Monacu 1984.godine, gdje je služila kao autohtona podloga i hrana tropskih riba, te je vrlo brzo zavladala Sredozemljem. Hibrid se razlikuje od prirodne vrste otpornošću prema nekim čimbenicima te lako preživljava u moru s nižim temperature 5 -10 °C (akvarij.hr). Ova vrsta može biti naseljena na sve podloge morskog dna, podnosi širok raspon temperatura, te ima brz i snažan razvoj. U tropskim morima jedini prirodni neprijatelj *C.taxifolie* je puž *Elysia subornata*, ali on ne obitava u Sredozemnom području. Najčešće je nalazimo na dubinama od 3 - 40 m, ali u Sredozemlju je prisutna na dubinama do čak 100 m. *C.taxifolia* na visokim ljetnim temperaturama raste 1-2 cm na dan te brzo osvaja nove površine. Razmnožavanje se odvija i vegetativno i spolno. Kod vegetativnog razmnožavanja iz svakog komadića otrguntog s matične alge nastaje klon. Spolno razmnožavanje započinje ispuštanjem muške i ženske gamete koje se spajaju u vodenom stupcu, te nastaje nova alga. U napadnutim područjima smanjuje se biološka raznolikost, počinju se osjećati posljedice na ekonomiju, ribolov te druge ljudske djelatnosti. Brzim procesom širenja *C. taxifolia* kroz 5 godina zahvati 10 hektara morskog dna te spada u 100 najgorih invazivnih vrsta. Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* L. (Delile) također je ugrožena dolaskom ove alge. Oštećenjem livade *P.oceanice*, iz nepoznatih razloga *C.taxifolia* je zagušuje i zauzima njezino mjesto. Zbog lijepog izgleda i boje ova vrsta se često koristi u akvaristici (akvarij.hr). *C. taxifolia* proizvodi 9 otrovnih metabolita od kojih je dominantan kaulerpin, specifičan za rod *Caulerpa*. Njegova koncentracija mijenja se tijekom godine, a najveća je tijekom ljeta i jeseni. *C. taxifolia* postaje jedan od najsnažnijih morskih stanovnika te je ujedno i najveći razaratelj autohtonih morskih ekosustava. U tami, pri temperaturi od 18 ^{o}C, vlažnosti od 85- 95% ova invazivna vrsta može preživjeti dulje razdoblje izvan mora (Koljatić, V. 2000.). Na temelju procjena zauzetih područja do 1991. godine, počevši od 1 m^2 u 1984. godini, može se izračunati da se okupirana područja godišnje povećavaju za faktor od 6.4. Širenje je sezonsko, koje se odvija od lipnja do studenog i prestaje kad su zimski uvjeti najnepovoljniji (Meinesz A. i sur., 1993.).

Slika 2. *Caulerpa taxifolia* (Izvor internetska stranica Ekoplus)

Caulerpa taxifolia zasad u Jadranu pronađena je jedino na tri lokacije: Starogradski zaljev kod otoka Hvara, kod Malinske na otoku Krku i u Barbatskom kanalu između otoka Raba i otočića Dolin kako je i prikazano na slici 3.

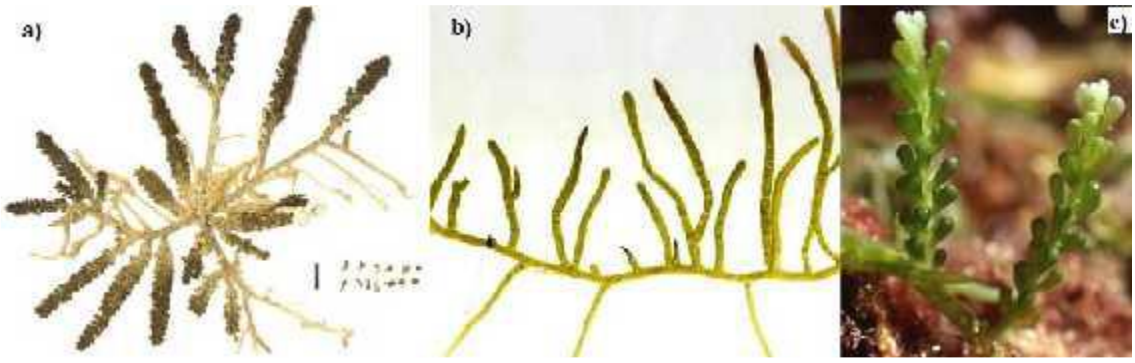
Slika 3**.** Nalazišta *C. taxifolia* u Jadranu 2008. g. (Izvor internetska stranica Baltazar izor)

Prvi put je pronađena 1994. godine u Starogradskom zaljevu uz trajektno pristanište. Primjećeno je da je do kraja 1995. g. zahvatila područje od 6 hektara do 15 metara dubine. Utjecajem valova i jakih nevremena koji su pospješili njezino vegetativno razmnožavanje brzo je zauzimala nova područja. 1996. godine pronađena je na dvije nove udaljene lokacije gdje je donesena na ribarskim alatima. Tako se *Caulerpa taxifolia* do 2005. godine proširila zaljevom i osvojila površine od preko 70 hektara. Njeno uklanjanje se odvija periodično od 1997. godine, no alga je zauzela preveliku površinu pa je nije moguće u potpunosti suzbiti. Iste godine kad i u Starogradskom zaljevu *Caulerpa taxifolia* pronađena je i kod Malinske na otoku Krku gdje je bila rasprostranjena na četiri mjesta od kojih je bila uklonjena usisnim pumpi tijekom 1996. i 1997. godine (Iveša Lj. i sur., 2006.). Uglavnom se razmnožavala na muljevitom i pjeskovitom području dubine od 2 do 13 metara (Žuljević A. 1997.). Treća lokacija na kojoj je uočena *Caulerpa taxifolia* je Barbatski kanal gdje je pronađena 1996. godine uz otočić Dolin. Alga je zauzimala područje od 20 m^2 na dubinama od 2 do 8 metara, ali ručnim sakupljanjem je suzbijena te na tom području alga se više nije pojavljivala. Tijekom proljeća 2001. godine pronađena je novo područje 500 m zapadnije od prijašnje lokacije gdje se alga raširila 100 metara duž obalne linije i prekrila 100 m^2 dna dubine od 7 do 9 metara. Odmah je započeta akcija suzbijanja prekrivanjem crnim folijama, zatrpavanje vapnom i ručno uklanjanje što se pokazalo izrazito učinkovitim te nakon dvije godine alge više nije bilo (Žuljević, A. i Ninčević, Ž. 2005.). U Starogradskom zaljevu tijekom 2007. godine nalazište alge *C. racemosa* se sastojalo od četiri naselja promjera oko 2 m, 6 naselja promjera oko 1 m, te tridesetak inicijalnih stadija i brojnih fragmenata listića. Fragmenti listića rezultat su hranjenja autohtonog puža *Lobiger serradifalci*. Pošto je mali broj ovih puževa oni dovode do fragmentacije talusa i time pozitivno utječu na vegetativno razmnožavanje ove invazivne vrste (Žuljević, A. i Ninčević, Ž. 2005.).

3.3.2. *Caulerpa racemosa*

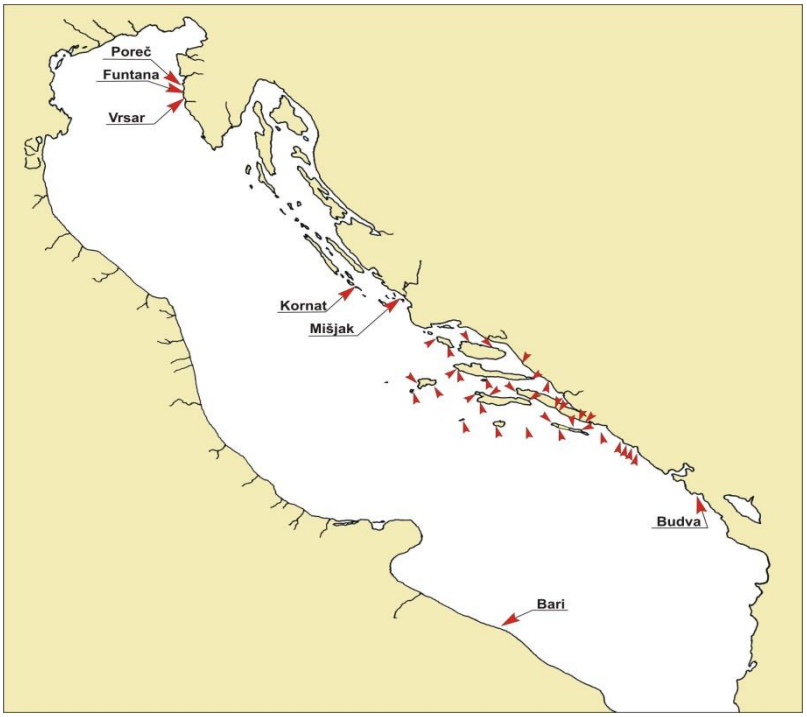
Caulerpa racemosa je jedna od najraširenijih tropskih alga, te česta vrsta toplih i umjereno toplih mora. Početkom 90-ih godina uzduž libijske obale prvi put je zapažena u Sredozemlju, u kratkom razdoblju započinje njeno ubrzano širenje i osvajanje novih površina i Jadranskom podmorju. Pregled kolonizacije 2003. godine ukazuje na registraciju ove vrste alge u 11 mediteranskih zemalja (Antolić B. i sur.,2008.). Tolerantnost na velik raspon ekoloških čimbenika te sposobnost brze regeneracije omogućava joj preživljavanje i razmnožavanje u

različitim uvjetima okoline. Nalazišta u blizini luka ukazuju na njezinu otpornost prema onečišćenju i sedimentaciji (akvarij.hr). Zagasito je zelene boje s razgranatim horizontalnim stabalcem, a kratki grozdasti listići razvijaju se prema svjetlu te imaju mnogo kuglastih isperaka. U slučaju da dođe do oštećenja ove alge, na mjestu gdje se citoplazma dodiruje s morskom vodom, nastaje citoplazmatski čep, koji zatvara mjesto ozljede i na taj način prekida curenje citoplazme. Alga *Caulerpa racemosa* razmnožava se i spolno i vegetativno, iako brojni autori do sad nisu pronašli dokaze njezinog spolnog razmnožavanja u Sredozemlju. Istraživanjima u Jadranu primijećena je pojava samo ženskih gameta koje roditeljskim algama zbog crvene očne pjege daju smeđe-crvenu boju. Pomoću fragmenata odvija se vegetativno razmnožavanje koji zbog svoje morgologije ne plutaju, ali tonu sporije nego dijelovi alge *C. taxifolia* (dzzp.hr). Usporedbom brzine širenja algi *C .racemosa* i *C. taxifolia* primijećeno je brže širenje *C. racemose,* tako da je broj lokaliteta s *C. racemosa* mnogo veći od lokaliteta na kojima obitava *C. taxifolia*. Različita istraživanja dokazala su da u Jadranskom podmorju obitavaju 3 varijeteta *C. racemosa* prikazana na slici.



Slika 4. Različiti varijeteti vrste *C.racemosa* (Izvor internetska stranica Akvarij)

Prvi varijetet je *C. racemosa var. turbinata- uvifera* ili Hamelov varijetet (Sl. 4.a), drugi varijetet *je C. racemosa var. lamourouxii f. requieni*, specifičan po odsustvu isperaka na listićima (Sl. 4. b), te treći varijetet je *C. racemosa var. cylindracea* (Sl. 4.c). Dr. Ante Žuljević sa Instituta za Oceanografiju i Ribarstvo u Splitu prvi je otrkio ovu invazivnu vrstu u Jadranskom moru. Prvi put je primijećena na Paklinskim otocima u 2000. godine, a do danas je nađena na više od sto lokaliteta duž hrvatske obale, te i u zaštićenim područjima NP Kornati, NP Mljet, NP Brijuni te PP Lastovsko otočje, a 2010. godine se prvi put javlja i na Kvarneru (geografija.hr). Najveće površine pronađene su uz otok Mljet, a do kraja 2005. godine proširene su na više od 14 km obalne linije kako je i prikazano na slici 5.



Slika 5. Nalazišta alge *C.racemosa* u Jadranu 2008. godine (Izvor internetska stranica Baltazar izor)

Na Paklinskim otocima kolonizirano područje bilo je oligotrofno i izloženo jakim valovima. Kolonije su bile raspršene na dubini od 5 do 15 m na 100 m od obalne crte. Najveća i najvjerojatnije najstarija kolonija (promjera 6 m), bila je smještena na stjenovitom kamenu na dubini od 5 do 8 m (Žuljević A. i sur., 2003.). Broj nalazišta u hrvatskom podmorju je u neprestalnom porastu. Raspored nalazišta vrste C.racemosa ukazuje na činjenicu da se širi morskim strujama te valovima tijekom snažnih istočnih i južnih vjetrova. Njezina gusta naselja mogu pronaći od površine do čak 70 metara dubine. Najdublje zabilježeno nalazište ove vrste u Jadranu je između 55 i 60 metara. Invazivnost *C. racemosa* krije se u njenoj otpornosti i prilagodljivosti na više okolnih čimbenika; uspijeva na većini tipova morskog dna, otporna je na nizak intezitet svjetla, a koliko je prilagodljiva na kolebanja temperature dokazuje nam njeno obitavanje na području Vrsara u Istri gdje se temperatura zna spustiti i ispod 8°C (geografija.hr). *C. racemosa* drastično smanjuje brojnost autohtonih makroalgi jer smanjuje dostupnu svjetlost. Unatoč padu pokrova i biomase *C. racemosa* od prosinca do svibnja, autohtone zajednice algi se ne regeneriraju. Štoviše, trajnost nekih stolona omogućuje brz povrat biljnih oblika C. racemosa početkom ljeta (Antolić B. i sur.,2008.). Ekstremna

gustoća algi u Jadranu izmjerena je u Vrsaru (Sjeverni Jadran) s oko 32.000 listova i 1.200 m stolona na m^2, te na Paklenskim otocima (Srednji Jadran) sa 27.000 listova i 2.600 m stolona na m^2 (Žuljević A. i sur., 2011.). U unutrašnjosti gustog spleta stabalca dolazi do akumulacije anorganskih čestica sedimenta i organske tvari, te biološkom razgradnjom dolazi do povećane potrošnje kisika što ponekad dovodi i do anoksije koja je smrtonosna za većinu organizama. *C.racemosa* se vrlo lako razvija na morskim spužvama jer joj za rast koriste ekskreti spužve koje iskorištava kao hranjive tvari a spužva počinje ugibati. Biološkom razgradnjom spužve i oslobađanjem hranjivih soli potiče se daljnji rast alge. Spužva promjera 10 cm bila je zahvaćena sa 31 metrom stabalca dok je alga imala miris na sumporovodik i bila u potpunosti nekrotična. Bijeli sloj anoksičnih bakterija *Beggiatoa spp.* je često vidljiv ispod stolona na spužvama potpuno prekrivenim *C. racemosa* (Žuljević A. i sur., 2011.).

Slika 6. Parazitiranje C.racemosa na morskoj spužvi (Izvor internetska stranica E-skola)

Primijećeno je da se *C.racemosa* slabo razvija u zdravim livadama *P. oceanica*, no kad je ova vrsta oštećena invazivna alga je s lakoćom nadvlada i zauzima nove površine. Radi proizvodnje toksičnih metabolita jedini predatori ove vrste su dvije vrste puževa (*Lobiger serradifalci i Oxynoe olivacea*). Međutim, ti puževi nemaju brojne populacije, pa ne mogu zaustaviti širenje ovog invazivnog organizma. Njeno suzbijanje je vrlo teško, a preporučljivo je samo na manjim nalazištima od iznimnog biološkog značaja, te ako alga nije zahvatila područje veće od 10 km^2. Na području Velikog jezera u NP Mljet širenje alge prijeti jedinstvenom morskom ekosustavu i najvećem Sredozemnom koraljnom grebenu pa je to jedini projekt uklanjanja koji se provodi kod nas. Taj greben gradi endemski kameni koralj, *Cladocora caespitosa*. Pošto je alga u jezeru zamijećena odmah pri početku širenja

mehaničkim metodama suzbijanja može se kontrolirati njezino daljnje negativno djelovanje. Alge se sakupljaju podvodnim sisaljkama ili ručno ali ako su zauzete veće površine potrebno je natkrivanje crnim plastičnim folijama kako bi im se uskratilo svijetlo potrebno za rast (akvarij.hr).

3.4. Praćenje i eventualne metode sprječavanja širenja

Izazivajući ekonomske i ekološke štete ove alohtone vrste postale su globalni problem. Invazivne vrste modificiraju staništa, ugrožavaju bioraznolikost te negativno utječu na autohtone organizme a nekontrolirano sidrenje i neinformiranost javnosti potpomažu njihovom zauzimanju novih površina. Glavni razlog tako brzog širenja vrsta *C. taxifolia* i *C. racemosa* je taj što ne postoje herbivorne vrste koje se njima hrane i koje bi na taj način mogle kontrolirali njihovo širenje, zato svakog dana te alge osvajaju sve veće morske površine (ikorculainfo.com). Jedna se skupina puževa prilagodila hranjenju ovim invazivnim algama jer su napretkom u evoluciji razvili tolerantnost na njezine toksične metabolite, to su *Oxynoe olivacea* i *Lobiger serradifalci* . Puževi se ovim algama hrane tako da isisaju njihovu citoplazmu, obitavaju u Sredozemlju a do pojave *C. taxifolia* i *C. racemosa* njihova jedina hrana bila je autohtona vrsta, *C. prolifera* (akvarij.hr). Ipak puževi nisu sposobni svojim načinom ishrane spriječiti širenje algi. Ove vrste puževa nemaju brojne populacije, a razlog leži u planktonskom stadiju razvoja. Plaktonska ličinka 3 tjedna provodi u stupcu mora, pošto biva odnesena morskih strujama lak je plijen. Ličinke koje prežive nepovoljne uvjete moraju naići na mjesta sa invazivnim algama kako bi se nastavile hraniti i završile svoj razvoj, no vjerojatnost za to je jako mala. Neke vrste puževa koji se hrane samo ovim algama nastanjuju druga mora, i njihov ciklus razvoja je različit. Polaganje jaja iz kojih izlaze već razvijeni puževi omogućuje im izgradnju većih populacija. Ove vrste puževa temelj su ideje o biološkoj kontroli širenja invazivnih kaulerpi (slika 7) (dzzp.hr).

Slika 7. Puževi *Oxynoe olivacea* (a) i *Lobiger serradifalci* (b) (Izvor internetska stranica Pinterest)

Međutim ako se takve vrste i pronađu potrebne su stroge laboratorijske analize, koje bi potvrdile da će se puževi hraniti isključivo invazivnim algama, te moraju ustanoviti promjene koje će nastati nakon njihovog ispuštanja u more, a takva istraživanja i testovi se provode godinama. Za ovu metodu praćenja i kontrolu širenja algi potrebno je još puno rada, vremena i znanja. Iskorjenjavanje algi iz roda *Caulerpa* je osjetljiv posao jer ukoliko nismo pažljivi povećava se opasnost širenja i prijenosa na nova područja. Danas se brojnim metodama i načinima nastoji ukloniti i smanjiti širenje ovih algi. U primijeni su različita fizička i kemijska sredstva, od ručnog sakupljanja, prekrivanja crnim folijama, korištenja soli i bakra, usisavanja, do zatrpavanja vapnom (Žuljević, A. 2005.). Najučinkovitijom metodom za sada smatra se prekrivanje folijom. Kako bi ova metoda bila efikasna alga mora biti prekrivena 3 mjeseca što je veliki problem, jer djelovanjem valova i korištenja različitih ribarskih alata, folija može biti oštećena. Problem leži u tome što prekrivanje folijom ne uništava samo invazivne alge već i autohtone organizme, te utječe na cijeli ekosustav. Na pjeskovito muljevitim područjima gdje se nalaze brojne male alge najbrža metoda suzbijanja je isisavanje "mamutima", dok se brojni fragmenti sakupljaju i rukama. Žuljević (2005.) napominje kako je za iskorjenjivanje ovih invazivnih algi važna edukacija te rano otkrivanje novih staništa te navodi da fizičko suzbijanje algi iz roda *Caulerpa* daje rezultate jedino ako su zauzete male površine. Značajni rezultati postignuti su na dvije lokacije: na području Starigradskog zaljeva i u Nacionalnom parku "Mljet", međutim znanstvenici smatraju da te metode ne mogu u potpunosti riješiti problem širenja ovih invazivnih algi i njihovog uništavanja (Žuljević, A. 2005.). Pošto je *C. racemosa* mnogo invazivnija njeno suzbijanje je iznimno teško, a preporučljivo je samo na staništima od iznimnog biološkog značaja, ukoliko zahvaćeno područje nije veće od 10 km^2. Jedini projekt uklanjanja alge *C. racemosa* kod nas provodi se na području NP Mljet jer širenje alge prijeti jedinstvenom morskom ekosustavu kojeg gradi endemski kameni koralj, *Cladocora caespitosa*. Pošto je alga u jezeru primijećena u ranoj fazi širenja mehaničkim metodama suzbijanja može se kontrolirati njezino daljnje negativno djelovanje. Alge se sakupljaju podvodnim sisaljkama ili ručno ali ako su zauzete veće površine potrebno je natkrivanje crnim plastičnim folijama kako bi im se uskratilo svjetlo potrebno za rast. *Caulerpa taxifolia* i *C. racemosa* se šire mnogo brže negoli je

stručnjaci mogu suzbiti. Najugroženiji je južni Jadran, jer se nalazi na putanji ulaznih struja koje su jedan od glavnih načina širenja ovih algi. Uklanjanje ovih vrsta je težak posao koji bi se isključivo trebao odvijatu uz odobrenje nadležnih organa i prisutnost stručnjaka. Bilo kakvim rukovanjem i neznanjem, ove alge se veoma brzo prenose i šire od već napadnutih mjesta na nova područja (ikorculainfo.com).

Slika 8. Uklanjanje algi iz roda *Caulerpa* nanošenjem bakrenog sulfida (Izvor internetska stranica Geografija)

4. ZAKLJUČAK

Znanstvenim spoznajama o načinu života, brzom razmnožavanju i razarajućem utjecaju invazivnih vrsta algi iz roda Caulerpa potvrđena je invazivnost, a tim i prijetnja Jadranskom podmorju. Njihovo praćenje, suzbijanje, te kotrola utjecaja na autohtone vrste i kompletne ekosustave glavni je zadatak suvremene ekologije i akvakulture. Potrebno je uložiti više truda u pronalaženje djelotvornog rješenja, edukaciju znanstvenika te međunarodnu suradnju. *Caulerpa taxifolia* u Jadranu pronađena je na tri lokacije: Starogradski zaljev kod otoka Hvara, kod Malinske na otoku Krku i u Barbatskom kanalu, dok je *Caulerpa racemosa* primijećena na više od sto lokaliteta duž hrvatske obale, te i u zaštićenim područjima NP Kornati, NP Mljet, NP Brijuni, PP Lastovsko otočje, te na Kvarneru. Invazivne vrste *C. racemosa* i *C. taxifolia* svaki dan zauzimaju sve veće površine i jedne su od najgorih neprijatelja bioraznolikosti. Znanstvenici moraju pronaći učinkovitu metodu kojom će invazivan utjecaj biti zaustavljen, inače će alge roda *Caulerpa* nastaviti razarati ekosustave Sredozemlja. Pretpostavke su da bi od površine do dubine od četrdeset metara mogla „vladati“ *Caulerpa racemosa*, a jedina vrsta koja bi mogla biti uz nju i zauzimati veće površine bila bi *Caulerpa taxifolia,* dok bi sve ostale autohtone vrste u Jadranu zasigurno mogle biti potisnute i nestati.

5. POPIS LITERATURE

1. Antolić B., Žuljević A., Despalatović M., Grubelić I., Cvitković I.,: Impact of the invasive green alga *Caulerpa racemosa var. cylindracea* on the epiphytic macroalgal assemblage of *Posidonia oceanica* seagrass rhizomes in the Adriatic Sea// Nova Hedwigia, 86., (2008.) str. 155.- 167.
2. Ilakovac, B.: Invazivne vrste u Jadranu // Hrvatska Vodoprivreda, br. 215 (2016.) str. 94- 99. Hrvatske vode, Zagreb.
3. Iveša Lj., Jaklin A., Devescovi M.,: Vegetation patterns and spontaneous regression of *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Malinska (Northern Adriatic, Croatia) // Aquatic Botany 85. (2006.) str. 324.–330.
4. Koljatić, V.,: Zelena tropska alga *Caulerpa taxifolia* u Jadranskom moru// Hrvatska vodoprivreda, 2000., br.90., str. 60.-65. Hrvatske vode, Zagreb.
5. Meinesz A., Vaguelas J., Hesse B., Mari X.,: Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* innorthern Mediterranean waters// Journal of Applied Phycology 5: 141-147, 1993.
6. Pavešić, D.: Sušačka revija 1998., br.22, str. 45-48., Klub Sušačana, Rijeka.
7. Žuljević A., Antolić B., Onofri V.,: First record of *Caulerpa racemosa* (*Caulerpales: Chlorophyta*) in the Adriatic Sea// . Mar. Biol. Ass. U.K.(2003.), 83, str.711.-712.
8. Žuljević A., Thibaut T., Despalatović M., ´Cottalorda JM., Nikolić V., Cvitković I., Antolić B.,: Invasive alga *Caulerpa racemosavar.cylindracea* makes a strong impact on the Mediterranean sponge *Sarcotragus spinosulus* // Biol Invasions (2011.) 13., str.2303.–2308.
9. Žuljević, A.: Pojava, širenje i ukljanjanje tropske alge *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C.Agardh u Malinskoj (Otok Krk) // Pomorski zbornik, br. 35 (1997.) str. 259-269.
10. Žuljević, A.: Rod *Caulerpa* u Jadranskom moru, 2005., Ljevak, Zagreb.

Internetski izvori:

1. Lipej, L., Dulčić, J., 2004. "Fish Biodiversity in the Adriatic Sea". https://sh.wikipedia.org/wiki/Jadransko_more - (pristupljeno 13.05.2017.)
2. Marić, N. 2004.: *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* http://www.akvarij.net/index.php/morska-akvaristika-200/biljke-othermenu-276 (pristupljeno 13.05.2017.)

3. Mušin D. 2004. Alga ubojica u Strećici http://www.ikorculainfo.com/net/4798-alga-ubojica-u-streici/ (pristupljeno 01.06.2017.)
4. Narodne novine (2014.) Sustav praćenja i promatranja za stalnu procjenu stanja jadranskog mora. Zagreb: Narodne novine d.d.,br 194., 13 (2) . http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/434153.pdf (pristupljeno 12.06.2017.)
5. Orešić, D. 2004.: *Caulerpe* i dalje u Jadranu http://www.geografija.hr/hrvatska/caulerpe-i-dalje-u-jadranu (pristupljeno 11.05.2017.)
6. Viličić, D., Kršinić, F. 2016.: Ekološka i specifična biološka svojstva hrvatskoga dijela Jadrana https://morehrvatskoblago.files.wordpress.com/2016/03/72-d-viliccc8ciccc81.pdf (pristupljeno 11.05. 2017.)
7. Žuljević, A. i Ninčević, Ž. 2005.: Unos i širenje invazivnih vrsta http://baltazar.izor.hr/azopub/indikatori (pristupljeno 01.06.2017.)
8. https://www.pinterest.com/pin/227572587394263311/ (pristupljeno 01.06.2017.)
9. http://www.ekopuls.org (pristupljeno 04.05.2017.)
10. http://www.akvarij.net (pristupljeno 12.05.2017.)
11. http://www.geografija.hr (pristupljeno 01.06.2017.)
12. http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor364.htm (pristupljeno 20.06.2017.)
13. http://www.dzzp.hr (pristupljeno 11.07. 2017.)
14. http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex (pristupljeno 11.07. 2017.)