

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Katarina Kurić

**Procjena ekološke kvalitete morske vode u području Zadarske  
županije korištenjem CARLIT metode**

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Petra Kružića, izv. prof., predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja Magistra znanosti o okolišu.

*Ovim putem želim se zahvaliti mag. oecol. et prot. nat. Hrvoju Čižmeku bez kojeg ovaj rad ne bi ni nastao. On je zaslužan za provedbu terenskog dijela rada, cijelim putem stvaranja bio je nepresušni izvor ideja, prijedloga i savjeta.*

*Zahvaljujem najboljem mentoru dr. sc. Petru Kružiću, izv. prof. na strpljenju, stručnom vodstvu i usmjeravanju te na dozi humora kojom je olakšao stvaranje ovog rada.*

*Želim se zahvaliti cijeloj ekipi Biologije mora koja je pomogla u terenskom dijelu posla, posebno voditeljima, dragoj prijateljici i kolegici Vivien i Pavelu.*

*Najveće hvala mojoj majci Vesni bez koje ne bih ni bila tu gdje jesam, koja mi je pružila i omogućila sve. Hvala ocu Elvisu i teti Marjani na potpori te ostatku obitelji koja je uvijek uz mene.*

*Hvala svim prijateljima, najviše Margareti i Valentini koje su od početka studija bile najbolje prijateljice koje sam mogla zamisliti.*

*I za kraj, hvala mom dečku Mariu na potpori i ljubavi.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### PROCJENA EKOLOŠKE KVALITETE MORSKE VODE U PODRUČJU ZADARSKE ŽUPANIJE KORIŠTENJEM CARLIT METODE

Katarina Kurić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Kartiranje litoralnih zajednica stjenovite obale (*cartography of littoral rocky–shore communities*, CARLIT) je metoda određivanja ekološke kvalitete priobalnog mora putem zajednica makroalgi koje nastanjuju stjenovitu podlogu. Makroalge su jedan od bioloških elemenata kakvoće preko kojeg možemo odrediti ekološku kvalitetu vodenih tijela. Različite vrste algi pokazuju različite stupnjeve tolerancije na zagađenje pa su dobri biološki indikatori kvalitete vode. Ova metoda je nedestruktivna i jednostavna, omogućuje brzo i pregledno dobivanje niza podataka. Temelji se na vizualnom promatranju geomorfoloških značajki obale te zastupljenosti određenih vrsta algi u gornjoj sublitoralnoj zoni. Istraživanje je provedeno na zadarskom području u travnju i svibnju 2016. i 2017. godine jer su u to vrijeme populacije algi najrazvijenije. CARLIT metoda se pokazala kao dobra i precizna metoda analize kvalitete priobalnog mora. Rezultati na istraživanim postajama pokazuju da je more izvrsne i umjereno dobre kvalitete. Blizina marikulturnih aktivnosti na nekim postajama smanjuje kvalitetu mora.

(53 stranice, 12 slika, 5 tablica, 176 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: ekološki status, Okvirna direktiva o vodama, makroalge, *Cystoseira*, Jadransko more

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

Ocijenitelji: Dr. sc. Petar Kružić, izv. prof., Dr. sc. Sven Jelaska, izv. prof., Dr. sc. Alan Moro, izv. prof., Dr. sc. Neven Bočić, izv. prof., Dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, izv. prof.

Rad prihvaćen:

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### ASSESSMENT ECOLOGICAL QUALITY OF COASTAL WATERS IN THE ZADAR COUNTY USING CARLIT METHOD

Katarina Kurić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Cartography of littoral rocky–shore communities (CARLIT) is a method of determining the ecological status in coastal waters through the macroalgae communities inhabiting the rocky surface. Macroalgae is a biological element for the assessment of the ecological status of water quality. Different macroalgal community types have different sensitivity levels to pollution and are good biological quality indicators of water. This method is non–destructive and simple, allowing quick and easy access to a variety of data. It is based on the observation of coast geomorphological factors and upper–sublittoral algae communities. We conducted a survey in the Zadar area in April and May 2016 and 2017 because at that time the algae population are most developed. CARLIT method has proved to be a good and precise method of coastal sea quality analysis. The results of the research stations show that the sea is excellent and moderate quality. The proximity of maricultural activities to some stations reduces the quality of the sea.

(53 pages, 12 figures, 5 tables, 176 references, original in: croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: ecological status, Water framework directive, macroalgae, Cystoseira, Adriatic Sea

Main supervisor: Dr. sc. Petar Kružić, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. sc. Petar Kružić, Assoc. Prof., Dr. sc. Sven Jelaska, Assoc. Prof., Dr. sc. Alan Moro, Assoc. Prof., Dr. sc. Neven Bočić, Assoc. Prof., Dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, Assoc. Prof.

Thesis accepted:

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 1  |
| 1.1. Alge .....  | 3  |
| 1.1.1. Bioraznolikost algi.....                                    | 4  |
| 1.1.2. Ekološki čimbenici i rasprostranjenost.....                 | 5  |
| 1.1.3. Horizontalna i dubinska rasprostranjenost makroalgi .....   | 11 |
| 1.1.4. Promjene u zajednicama makroalgi.....                       | 14 |
| 1.1.5. Zajednice makroalgi kao bioindikator ekološkog stanja ..... | 15 |
| 2. Područje istraživanja .....                                     | 19 |
| 3. Materijali i metode .....                                       | 21 |
| 4. Rezultati .....   | 27 |
| 5. Rasprava.....   | 38 |
| 6. Zaključak.....  | 41 |
| 7. Literatura.....   | 42 |
| 8. Prilozi.....  | 58 |

## 1. Uvod

Jadransko je more, zbog svojih fizikalno–kemijskih i geomorfoloških svojstava, podijeljeno na sjeverni, srednji i južni dio (Pérès i Gamulin Brida 1973; Buljan i Zore–Armanda 1976). Duž obale se od juga prema sjeveru mijenjaju gotovo svi ekološki čimbenici koji pri tome stvaraju različite uvjete za razvoj bentoske flore. Geografska raščlanjenost i razvedenost obale hrvatskog dijela Jadranskog mora uvjetuje raspodjelu bentoske flore na onu unutarnjeg pojasa priobalno–kanalnih voda i onu vanjskog pojasa otvorenih voda (Ercegović 1964). Zbog kontinentalnog položaja dubokog jadranskog zaljeva, njegove vode izložene su znatnom utjecaju kopna što se odražava, posebno u priobalnim vodama, na sastav i rasprostranjenost bentoske flore. Velika raznolikost strukture morskog dna, od hridinastog do muljevitog dna i jedinstvenih krških podmorskih tvorevina, uzrokuje veliku brojnost mikrostaništa i ekoloških niša i to se smatra jednim od glavnih čimbenika bogatstva jadranske bentoske flore (Ercegović 1960b). Uzimajući u obzir sve studije koje su do sada pokušale prikazati morsku floru u hrvatskom dijelu Jadranskog mora, do sada zabilježeni broj od 638 svojti bentoskih makroalgi čini 60% od oko 1100 svojti makrofitobentoske flore u Sredozemnom moru (Lüning 1990). Zabilježena razlika u bogatstvu flore pojedinih regija djelomično je rezultat prirodnih čimbenika, a djelomice manjka istraživanja u pojedinim područjima.

Jadransko more je zaljev Sredozemnoga mora najdublje uvučen u europsko kopno (najsjevernija točka: 45° 47' N). Nalazi se između Apeninskog i Balkanskog poluotoka. Današnji oblik Jadranskog mora nastao je podizanjem morske razine za 96 m nakon posljednjeg ledenog doba u pleistocenu, kad su potopljene doline i zavale, a uzvišenja postala izduženi otoci međusobno odvojeni morskim kanalima. Jadransko more je zatvoreno more povezano s Jonskim morem i preko njega Sredozemnim morem. Otrantska vrata koja su široka 75 km, a nalaze se između Albanije i Italije spajaju Jadransko i Jonsko more. Jadransko more je relativno plitko, prosječna dubina iznosi oko 173 m. Dubina mora se povećava od sjevera (do 100 m) prema jugu, a najveću dubinu (1228 m) ima u južnom dijelu (tzv. Južnojadranska podmorska kotlina). Površina mu iznosi 138 595 km<sup>2</sup>, duljina 783 km, prosječna širina 248 km. Duljina obalne kopnene linije cijeloga Jadranskoga mora iznosi 3690 km, od čega Hrvatskoj pripada 1777 km. Hrvatska ima 718 otoka i otočića, 389 hridi i 78 grebena, pa se opravdano naziva „zemljom tisuću otoka“. S otocima ukupna duljina obalne linije iznosi čak 5835 km, što je približno 3/4 ukupne obalne linije Jadranskog mora. Po

duljini obalne linije Hrvatska je treća u Sredozemlju, iza Grčke i Italije. Zbog razvedenosti i strukturno–geoloških osobitosti takav tip obale se naziva dalmatinskom obalom.

Prosječna temperatura mora ljeti iznosi 22–27 °C, dok je zimi uz obalu oko 7 °C. Slanost mora se povećava od sjevera prema jugu te u južnom dijelu iznosi 38‰, što je više od svjetskog prosjeka. Morska struja u Jadran ulazi uz albansku obalu, a duž hrvatske obale teče ograncima između otoka prema sjeverozapadu. Prozirnost mora raste od sjevera (oko 20 m) prema jugu (do 56 m) i veća je na otvorenom moru nego uz obalu.

Jadransko more je slabo produktivno, oligotrofno more. Produktivnost se povećava uz obalu i u području kanala. Razlog niske razine organske produkcije je mala količina hranjivih soli u vodi, naročito fosfora i dušika. Ipak sjeverni Jadran se smatra jednim od najproduktivnijih područja u Sredozemnom moru zbog različitih specifičnih utjecaja. Prema grubim procjenama, u Jadranskom je moru do sada pronađeno 6000–7000 biljnih i životinjskih vrsta. Velik broj skupina, posebno beskralježnjaka, je za sada nedovoljno istražen.

Okvirna direktiva o vodama Europske unije (DIREKTIVA 2000/60/EC) zahtjeva od zemalja članica procjenu ekološkog statusa voda s ciljem poboljšanja planova upravljanja koji će spriječiti daljnju degradaciju. Jedan od navedenih bioloških elemenata kakvoće preko kojeg možemo odrediti ekološku kvalitetu vodenih tijela su makroalge. Različite vrste algi pokazuju različite stupnjeve tolerancije na zagađenje i dobri su biološki indikatori kvalitete vode. Kartiranje litoralnih zajednica stjenovite obale (cartography of littoral rocky–shore communities, CARLIT) je metoda određivanja ekološkog stanja priobalnog mora putem zajednica makroalgi koje nastanjuju stjenovitu podlogu. Razvijena je 2007. godine u Španjolskoj, a danas se primjenjuje kao metoda monitoringa i u Francuskoj, Italiji, Malti, te u Hrvatskoj. Prilagodbu CARLIT metode za Jadransko more napravio je Nikolić (2012) u svojoj doktorskoj disertaciji te je iz tog rada preuzeta metodologija. CARLIT metoda je ne destruktivna i jednostavna, omogućuje brzo i pregledno dobivanje niza podataka. Temelji se na vizualnom promatranju geomorfoloških značajki obale te procjenu zastupljenosti određenih vrsta algi u gornjoj sublitoralnoj zoni.



## 1.1. Alge

Pojam “alga” (lat. *algae*) obuhvaća filogenetski vrlo različite skupine fotosintetskih organizama bez korijena, stabljike i listova koji naseljavaju kopnena, slatkovodna i morska staništa. Njihove zajedničke karakteristike su postojanje fotosintetskog pigmenta klorofila *a* i manjak sterilnog ovoja oko rasplodnih stanica, a zigota se ne razvija u višestanični embrio (Hoek i sur. 1995; Lee 2008). U ovu kategoriju organizama svrstavaju se prokariotske cijanobakterije (odjel Cyanobacteria) te svi eukariotski fotosintetski organizmi, osim biljaka. Tu pripadaju crvene alge (Rhodophyta), zelene alge (Chlorophyta), alge parožine (Charophyta), zeleni bičaši (Euglenophyta), svjetleći bičaši (Dinophyta) te smeđe alge, zlatno–smeđe alge, dijatomeje i druge skupine koje sačinjavaju veliki odjel Ochrophyta (Guiry i Guiry 2012). U moru se alge nalaze u obliku fitoplanktona ili su pričvršćene za morsko dno–fitobentos. Danas je opisano od 30000 do 40000 svojti algi (Norton i sur. 1996), no smatra se da je broj još neopisanih svojti barem četiri do osam puta veći. Neki autori pretpostavljaju da samo broj svojti dijatomeja doseže 10 milijuna (John 1994). Alge su najveći proizvođači kisika i obavljaju oko 50% primarne produkcije (John 1994), čine osnovu prehrambenih mreža i grade značajna staništa mnogim morskim organizmima. Fitobentos zauzima uski, ali iznimno važan obalni pojas od površine do najčešće 150 m dubine. U tom području, makroskopske alge ili makroalge kao primarni proizvođači imaju značajnu ekološku ulogu, posebno na stjenovitim dnima umjereno toplih mora (Nybakken i Bertness 2005). U makroalge se ubrajaju većinom alge iz koljena Rhodophyta, Chlorophyta i razreda Phaeophyceae. One na morskom dnu tvore zajednice visoke produktivnosti koje služe kao izvor hrane, stanište, rastilište i mrijestilište velikom broju različitih morskih organizama (Wiencke i Bischof 2012). Charpy–Roubaud i Sournia (1990) procjenjuju da je ukupna primarna produkcija makroalgi nekoliko puta veća od primarne produkcije mikrofitobentosa, a manja od primarne produkcije fitoplanktona za cijeli red veličine. Međutim, primarna produkcija makroalgi po jedinici površine veća je od fitoplanktonske i mikrofitobentoske nekoliko puta (Charpy–Robaud i Sournia 1990). Procjenjuje se da ona iznosi od 500 do 2000 grama ugljika po metru četvornome godišnje (Mann i Chapman 1975). Važnost makroalgi kao primarnih proizvođača najveća je u priobalnom području kontinentske podine, a posebno u tropskim područjima. Kao primarni proizvođači, makroalge se nalaze na početku hranidbene mreže i služe kao hrana mnogim skupinama morskih organizama, poput mekušaca, bodljikaša, rakova, riba te različitih filtratora i detritivora koji se hrane sporama ili raspadajućim talusima makroalgi (Cannicci i sur. 2002; Wiencke i Bischof 2012). Puževi roda

*Patella* u pojasu plime i oseke u Sredozemnom moru hrane se cijanobakterijama i algama svih taksonomskih odjeljaka (Della Santina i sur. 1993), kao i rak *Pachygrapsus marmoratus*, kojemu alge čine oko polovine potrebne hrane (Cannicci i sur. 2002). Morski ježinci često najviše utječu na količinu i raspored makroalgi i morskih cvjetnica u priobalnom pojasu (Lawrence 1975). Prehrana hridinskog ježinca *Paracentrotus lividus* u Sredozemnom moru sastoji se većinom od smeđih i crvenih algi, ali i listova morske cvjetnice *Posidonia oceanica* te drugih odjeljaka algi (Verlaque 1987). Prehrana herbivornih vrsta riba, poput salpe *Sarpa salpa*, također se sastoji većinom od algi. Salpa se u Jadranskom moru hrani s preko 100 svojiti makroalgi, većinom iz odjeljka Rhodophyta (Antolić 1994a).

Važnost makroalgi kao osnove hranidbenih mreža je velika, no još važnija je njihova uloga u oblikovanju različitih staništa na morskom dnu (Steneck i sur. 2002) koja se po svojoj funkciji mogu mjeriti s kopnenim šumama i koraljnim grebenima. U Sredozemnom moru smeđe alge reda Fucales tvore najvažnija takva staništa gdje alge roda *Cystoseira* svojim razgranatim talusima stvaraju složeni pokrov koji pruža specifično stanište raznolikoj zajednici makroalgi i životinja (Feldmann 1937; Boudouresque 1971, 1972; Giaccone 1973; Ballesteros 1988, 1990a, 1990b). Nestanak pokrova makroalgi roda *Cystoseira* u Sredozemnom moru uzrokuje značajne poremećaje u ekosustavu, što uključuje smanjenje bioraznolikosti i potpunu promjenu funkcija staništa (Benedetti–Cecchi i sur. 2001; Perkol–Finkel i Airoidi 2010). Značajne promjene u ekosustavu mogu nastupiti i samim smanjenjem brojnosti i gustoće svojiti makroalgi koje oblikuju stanište (Maggi i sur. 2009). Na kraju hranidbene mreže, makroalge tvore značajne količine raspadnute organske tvari i tako sudjeluju u mikrobnom krugu (Lüning 1990).

### **1.1.1. Bioraznolikost algi**

Analiza dostupnih literaturnih podataka pokazuje da je u istočnom dijelu Jadranskog mora do danas zabilježeno 638 svojiti bentoskih makroalgi (Antolić i sur. 2001; Antolić i sur. 2009; Antolić i sur. 2010; Antolić i sur. 2011). Bogatstvo jadranske bentoske flore istraživali su krajem 19. i početkom 20. stoljeća Naccari (1829), Zanardini (1841, 1860–1876), Agardh (1842), Frauenfeld (1855), Lorenz (1863), Hauck (1885), Techet (1906), Schiller (1915), Cammerloher (1915), Vouk (1915, 1930, 1936), Schiffner (1916, 1933), Vatova (1928), a kasnije Ercegović (1932, 1949, 1952, 1955a, 1955b, 1956, 1957, 1960a, 1960b, 1963, 1964, 1966, 1980), Linardić (1949), Munda (1954, 1960, 1974, 1979, 1980a, 1980b, 2000), Matjašič

i sur. (1975), Rizzi Longo (1972–1973), Bressan (1974), Pignatti i Giaccone (1977), Giaccone (1978), Špan (1980), Špan i Antolić (1981, 1983, 1994, 1997, 1999), Vuković (1980), Zavodnik i sur. (1981), Zavodnik i Zavodnik (1982, 1986), Zavodnik (1983), Antolić (1986a, 1986b, 2002), Antolić i Špan (1992), Antolić i sur. (1995, 2001, 2008, 2009, 2010, 2011), Špan i sur. (1996, 2002), Žuljević i sur. (1998, 2003, 2011), Iveša (2005) te Nikolić i sur. (2013). Također, istraživanja koja se trenutno provode na području cijele istočne obale Jadranskog mora zasigurno će doprinijeti boljem poznavanju bentoske flore i pronalasku novih svojiti za ovo područje.

### **1.1.2. Ekološki čimbenici i rasprostranjenost**

#### **Abiotski čimbenici**

##### Podloga

Podloga služi algama samo za pričvršćivanje i nema prehrambenu ulogu u njihovom životu (Smith 1951; Ercegović 1966). Za moguće naseljavanje gotovo svih svojiti makroalgi od velike su važnosti fizikalna svojstva podloge: tvrdoća, nagib i reljefna struktura, a manje njezin kemijski sastav (Ercegović 1964). Kemizam podloge ipak može imati utjecaj na razvoj vegetacije bentoskih makroalgi, što se vidi pri usporedbi zajednica makroalgi koje rastu na vapnenačkoj podlozi i zajednica koje rastu na granitnoj podlozi (Guidetti i sur. 2004). Fizikalna svojstva podloge posebice nagib i struktura mogu biti važni za naseljavanje spora, pri čemu različite svojite imaju sklonost ka rastu na određenoj vrsti podloge, poput čvrste stijene, izoliranih blokova ili šljunka. U Jadranskom moru je najpogodniji supstrat za razvoj bentoske vegetacije vapnenačko hridinasto dno koje može imati kompaktnu ili reljefno vrlo strukturiranu površinu različitog nagiba (Ercegović 1964). Povećanjem dubine supstrat postaje sve sitniji, uz samu obalu nalazimo hridinasto dno koje postupno prelazi u kamenito, šljunkovito i pjeskovito, te na većim dubinama u muljevito–pjeskovito i muljevito dno (Ercegović 1964). Zbog velikih površina navedenih tipova dna, jadranska flora pokazuje veliku horizontalnu rasprostranjenost. Prema Ercegoviću može se razlikovati unutarnji pojas priobalnih voda u kojem prevladava pjeskovito i muljevito dno te vanjski pojas otvorenih voda s hridinastim dnom koje seže do razmjerno velikih dubina zbog veće prozirnosti tih voda i slabijeg taloženja čestica. Taloženje mulja ima izrazito nepovoljan utjecaj na pričvršćivanje i

rast bentoskih makroalgi. Osim na anorganskoj podlozi (epiliti), alge kao epifiti rastu na drugim algama i morskim cvjetnicama, a kao epizoiti na životinjama.

### Temperatura

Raspon morskih temperatura je mnogo manji od temperatura zraka zbog visoke vrijednosti specifične topline morske vode. U moru godišnja kolebanja temperature ovise o geografskoj širini i klimatskim prilikama, a temperatura se mijenja i s dubinom. Ovisno o klimatskom području i dubini na kojoj žive, različite svojte algi imaju različite tolerancije na promjene temperature, te različite optimalne temperature za rast i razmnožavanje (Lüning 1990). Euritermne svojte karakteristične su za mediolitoralni pojas s velikim kolebanjima temperature, dok su svojte koje rastu u sublitoralu većinom stenotermne. Mnoge alge imaju različite životne stadije prilagođene sezonskim kolebanjima temperature. Na primjer, makroskopski životni stadij završava svoj razvoj prije pojave sezonske promjene temperature, recimo ljeti, kada se razvija mikroskopski životni stadij prilagođen višoj temperaturi (Lüning 1990). Svojte široke rasprostranjenosti mogu imati temperaturne ekotipove u različitim geografskim područjima, kao što je to slučaj s kozmopolitskom vrstom *Ectocarpus siliculosus* (Bolton 1983). Temperatura ima vrlo važan utjecaj na razmnožavanje algi, postoje optimumi temperature za razvoj pojedinih rasplodnih struktura. Često je temperatura okoliša okidač za početak ili prestanak razvoja određenih rasplodnih struktura (Lüning 1990). Fiziološki procesi poput fotosinteze i disanja također su regulirani temperaturom. Kolebanje temperature Jadranskog mora razlikuje se u pojedinim njegovim dijelovima (Buljan i Zore–Armanda 1976). Sjeverni Jadran karakteriziraju niže zimske i više ljetne temperature, dok se u južnom Jadranu bilježe niže ljetne, a više zimske temperature od prosjeka za Jadransko more. Unutarnji pojas otoka i priobalno područje karakteriziraju niže zimske i više ljetne temperature od vodenih masa otvorenog Jadrana (Buljan i Zore–Armanda 1976). Temperaturni režim znatno utječe na trajanje vegetacijske sezone makroalgi, pa tako neke svojte koje nalazimo u drugim morima, npr. Atlantskom oceanu, u Jadranskom moru imaju duži vegetacijski period i obrnuto (Smith 1951). Smanjenje rasprostranjenosti pojedinih svojti u Jadranskom moru, poput borealne vrste *Fucus virsoides*, može se tumačiti kao posljedica zatopljenja, odnosno "tropikalizacije" cijelog Sredozemnog mora (CIESM 2008), no potrebna su detaljnija istraživanja.

## Svjetlost

Najvažniji ekološki čimbenik koji utječe na dubinsku rasprostranjenost makroalgi je svjetlost (Lobban i sur. 1985). Količina i spektralni sastav svjetlosti mijenjaju se povećanjem dubine, a ovise i o namrežkanosti morske površine i količini otopljenih tvari u stupcu morske vode. Primjerice, u prozirnim oceanskim vodama alge rastu na dubini od 175 m, gdje dopire samo 0,05% površinske svjetlosti, dok u Sredozemnom moru koralinske alge rastu na dubini od 120 m gdje dopire 0,1% površinske svjetlosti (Lüning 1981). S obzirom na potrebnu količinu svjetlosti za obavljanje fotosinteze, alge se mogu podijeliti na fotofilne i scijafilne. Većina jadranskih makroalgi je scijafilnog karaktera, a mnoge imaju adaptacije kojima ublažuju štetne učinke intenzivnog sunčevog zračenja, poput epifitizma, iridiscencije i mijenjanja oblika talusa (Ercegović 1966). Zahvaljujući razmjerno malim količinama otopljenih hranjivih soli i velikoj prozirnosti u Jadranskom moru, neke svojte rastu u najvećim dubinama Jabučke kotline (Ercegović 1960a). U Jadranu zelene i smeđe alge uglavnom naseljavaju plitka područja, a crvene veće dubine (Ercegović 1964). Osim na fotosintezu, svjetlost utječe na brojne fiziološke procese makroalgi. Neki od tih procesa su fotoperiodizam, odnosno sposobnost razlikovanja sezona na osnovu trajanja prirodne svjetlosti, fototropizam, odnosno kretanje i rast makroalgi prema izvoru svjetlosti, različitost morfoloških oblika pod utjecajem količine i spektra svjetlosti te sinkronizirano ispuštanje gameta pod utjecajem Sunca ili Mjeseca (Lüning 1990).

## Salinitet

Morska voda sadrži otopljene soli zbog kojih ima vrlo niski osmotski potencijal (Lobban i sur. 1985). Stoga su svi morski organizmi izloženi osmotskom tlaku od 2 MPa i opasnosti od stanične plazmolize. Alge su razvile evolucijske prilagodbe koje im omogućuju održanje staničnog turgora, odnosno postizanje osmotskog tlaka koji je nešto viši od onog u okolišu (Lüning 1990). Važni životni procesi, poput fotosinteze, disanja i rasta imaju svoj optimum saliniteta za svaku svojtu makroalgi. Većina makroalgi ima vrlo nisku toleranciju na promjene saliniteta (stenohaline svojte), no svojte koje rastu u mediolitoralnom i supralitoralnom pojasu imaju fiziološke i morfološke prilagodbe koje im omogućuju preživljavanje u uvjetima vrlo niskog ili visokog saliniteta (eurihaline svojte). Jedna vrsta može imati i više ekotipova prilagođenih različitim uvjetima saliniteta, a neke vrste zbog promjena saliniteta pokazuju različite morfotipove (Lobban i sur. 1985). Utjecaj saliniteta na makroalge usko je povezan s temperaturom i isušivanjem.

Vrijednosti saliniteta u Jadranskom moru rastu od površine prema dnu, od obale prema otvorenom moru te od sjeverozapada prema jugoistoku. Kolebanja vrijednosti saliniteta na otvorenom dijelu Jadrana su razmjerno mala, dok su u priobalnom dijelu pod utjecajem dotoka kopnenih slatkih voda, a posebno u sjevernom dijelu ta kolebanja znatna (Buljan i Zore–Armanda 1976). Eurihalini organizmi, poput svojiti roda *Enteromorpha*, mogu preživjeti velika kolebanja, a stenohalini, poput vrste *Dunaliella salina*, imaju vrlo nisku toleranciju na promjene saliniteta (Smith 1951). Male promjene saliniteta ne utječu znatno na vegetaciju makroalgi, dok veće promjene uzrokuju zonaciju vrsta tako da u pojasu gdje dolazi do jakih promjena saliniteta (supralitoralne lokvice, mediolitoral, vrulje, ušća rijeka) nalazimo samo eurihaline svojite (Ercegović 1966).

### Hranjive soli

Raspoloživost hranjivih (mineralnih) soli je za alge jedan od najvažnijih ekoloških čimbenika (de Boer 1981). Dušik i fosfor su najvažniji za rast algi i ujedno su najčešći čimbenici koji ograničavaju njihov rast zbog razmjerno male količine tih elemenata u morskoj vodi. Makroalge mogu koristiti dušik uglavnom u obliku nitrata i amonijevog iona, a fosfor u obliku ortofosfatnog iona (Lobban i sur. 1985; Lüning 1990). Na uzimanje hranjivih soli utječe količina svjetlosti, temperatura, gibanje mora, isušivanje i vrsta iona. Način i količina uzimanja hranjivih soli ovise i o vrsti tkiva, starosti i fiziologiji pojedinih vrsta (Lobban i sur. 1985). Eutrofikacija se smatra glavnom i ozbiljnom prijetnjom priobalnim ekosustavima u svijetu (Nixon 1995; Morand i Briand 1996). Eutrofikacija može biti prirodan proces koji se odvija sporo ili je izazvana aktivnostima čovjeka i tada se ubrzano odvija te se naziva antropogena eutrofikacija. Iako u procesima prirodne i antropogene eutrofikacije ne postoje bitne razlike, antropogena eutrofikacija ipak najčešće dovodi do dramatičnih promjena u ekosustavu poput bujnog razvoja algi rodova *Ulva*, *Enteromorpha*, *Cladophora* i *Chaetomorpha* (Fletcher 1996). Intenzitet primarne produkcije ovisi o dostupnosti svjetla i koncentraciji hranjivih soli. S udaljenošću od obale smanjuje se koncentracija hranjivih soli, ali se povećava dubina eufotičke zone, odnosno raste prozirnost mora. Prema tome, primarna je proizvodnja u blizini obale ograničena svjetlošću, a na većoj udaljenosti od obale hranjivim solima, pa se maksimalna proizvodnja može očekivati negdje između ova dva ekstremna područja. Zimi je primarna proizvodnja ograničena količinom svjetla i temperaturom, dok je ljeti ograničena količinom dostupnih hranjivih soli (Nikolić 2012).

U Jadranskom moru koncentracije fosfata i nitrata smanjuju se od juga prema sjeveru, osim na krajnjem sjeveru gdje je osjetan utjecaj rijeke Po, te u blizinama ušća drugih rijeka. Razmjerni manjak fosfata u Jadranskom moru znači da je fosfor ograničavajući čimbenik biološke proizvodnje organske tvari (Buljan i Zore–Armanda 1976). Razvoj različitih svojti može biti ograničen različitim mineralnim solima (nitrata ili fosfatima) u različito godišnje doba. Björnsäter i Wheeler (1990) tvrde da se ne mogu donositi zaključci o ograničavajućim utjecajima hranjivih soli samo na osnovu izmjerenih koncentracija u okolišu zbog brzih promjena njihove količine i različite sposobnosti pojedinih svojti makroalgi da iskorištavaju hranjive soli. Autori predlažu mjerenje odnosa dušika i fosfora ugrađenih u talus makroalgi, njihove brzine rasta i intenziteta fotosinteze. Istraživanje koje su proveli Villares i Carballeira (2004) je pokazalo da svojte roda *Ulva* pokazuju veliku ovisnost brzine rasta i fotosinteze o količini hranjivih soli, dok su svojte roda *Enteromorpha* manje ograničene hranjivim solima, posebno fosfatima. Ova istraživanja ukazuju na raznoliku potrebu makroalgi za hranjivim solima i njihovo različito iskorištavanje, što uvelike ovisi i o lokalnim uvjetima u ekosustavu. Dosadašnja istraživanja ukazuju i na relativnu neosjetljivost pojedinih svojti smeđih algi na povećani unos hranjivih soli, odnosno ustanovljeno je da eutrofikacija ne povećava značajno njihovu biomasu (McClanahan i sur. 2004).

### Gibanje mora

More je u stalnom gibanju koje se najviše očituje u strujanjima, valovima i morskim mijenama. Gibanje mora, osim što je samo po sebi ekološki čimbenik, značajno utječe i na raspoloživost kisika i hranjivih soli, dostupnost svjetla, temperaturu i salinitet (Lobban i sur. 1985). Strujanja su važna za rasprostranjenje spora i zigota, a izloženost obale udaranju valova i amplituda morskih mijena u velikoj mjeri određuju raspodjelu morske flore i vegetacije (Smith 1951). Makroalge su različito prilagođene utjecaju valova. Najčešće se za podlogu pričvršćuju pomoću jakih prihvatnih pločica. Primjerice, kod vrste *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, koja živi na izloženim mjestima, razvijena je snažna prihvatna pločica, dok je kod vrste *Cystoseira barbata*, koju obično nalazimo u zaklonjenim uvalama, ta pločica mnogo slabije razvijena (Ercegović 1952). Djelovanje morskih valova moguće je osjetiti i do 30 m dubine, ali je ono mnogo slabije nego pri površini. Međutim, na većim dubinama mogu se razviti snažne morske struje koje uzrokuju da i dubinske makroalge čvrsto prirastu za podlogu (Ercegović 1966). Veliki utjecaj na rasprostranjenost makroalgi ima sedimentacija, koja je u uskoj vezi s količinom donesenog terigenog materijala i jačinom morskih struja. U priobalnim kanalnim vodama sedimentacija je povećana, a prozirnost vodenog stupca

smanjena zbog velike količine čestica s kopna i smanjenog gibanja mora. U tim se vodama sitne čestice mulja talože već na malim dubinama od desetak metara. Suprotno se događa u otvorenim vodama, gdje je sedimentacija smanjena uslijed nedostatka čestica, a velika gibanja morskih masa odnose sitne čestice na veće dubine, nekada dublje od 100 m (Ercegović 1964).

Morske mijene u Jadranskom moru nisu jako izražene, tako da izmjena plime i oseke nema značajniji utjecaj na raspodjelu bentoskih makroalgi. Međutim, morske mijene uzrokuju razdoblja izronjenosti, pri čemu su talusi algi izloženi isušivanju i različito se tome prilagođavaju. Feldmann (1937) je pokazao da vrste *Bangia fuscopurpurea* i *Pyropia leucosticta* mogu opstati i do 15 dana izvan morske vode.

### **Biološki čimbenici**

Biološki čimbenici koji utječu na razvoj i rasprostranjenost bentoskih makroalgi obuhvaćaju odnos između makroalgi i njihovih epifitskih bakterija, gljiva, algi i životinja, kompeticiju među algama te odnos između algi, herbivornih organizama i predatora herbivornih organizama (Lobban i sur. 1985; Lüning 1990).

Postoje složeni odnosi između epifitskih algi i svojti na koje se one pričvršćuju. Epifitske alge su često morfološki vrlo slično prilagođene epifitskom načinu života (npr. diskoidni oblik roda *Melobesia*), neke rastu samo na specifičnim svojtima (npr. *Contarinia squamariae* na svojti *Peyssonnelia squamaria*), a cijeli niz svojti su zapravo endofiti, hemiparaziti ili paraziti, odnosno nastanjuju talus drugih makroalgi (Smith 1951). Alge žive i u mnogim životinjskim organizmima, a s nekima čak i u simbiotskom odnosu. Prerastanje neke alge epifitima može utjecati negativno na njen rast zbog smanjenja dostupnosti svjetla i hranjivih soli, a povećanje površine i ukupne težine može uzrokovati otkidanje alge od podloge. Različitim mehanizmima obrane, alge se štite od negativnih utjecaja epifita. Neke svojte poput zelene alge *Ulva intestinalis* ili smeđe alge *Halidrys siliquosa* odbacuju površinske slojeve stanične stijenke (McArthur i Moss 1977; Moss 1982), a druge proizvode različite vrste protuobraštajnih i toksičnih spojeva, najčešće na bazi fenola (Lüning 1990). Makroalge su također podložne bakterijskim (Correa 1996) i virusnim infekcijama (Müller i sur. 1998), ali i infekcijama mnogih drugih, eukariotskih organizama, poput patogenih protista razreda Oomycetes (Müller i sur. 1999). Kompeticija među makroalgama za ograničavajuće ekološke čimbenike poput svjetla, prostora i hranjivih soli vrlo je važna u mnogim morskim životnim zajednicama (Carpenter 1990).



Važan biološki čimbenik u Jadranskom moru je odnos između hridinskog ježinca *Paracentrotus lividus* i bentoskih makroalgi. Hridinski ježinac se hrani s preko 50 različitih svojiti makroalgi (Maggiore i sur. 1987). Brojna istraživanja bavila su se hranjenjem ježinaca, sezonskim kolebanjima u populacijama makroalgi zbog predatorskog pritiska ježinaca i pojavom eksplozije populacija ježinaca i potpunog ogoljenja stjenovitog morskog dna (Verlaque 1987; Benedetti–Cecchi i Cinelli 1995; Benedetti–Cecchi i sur. 1998; Bulleri i sur. 1999). Zabilježeno je da se smanjenjem predacijskog pritiska populacija riba koji se hrane hridinskim ježincima povećala brojnosti ježinaca (Sala i Zabala 1996), koji onda intenzivno brste infralitoralne zajednice makroalgi. Odnosi u ovoj trofičkoj kaskadi često su bili predmet istraživanja (Fina 2004; Guidetti 2004; Cardona i sur. 2007; Guidetti i Sala 2007).

### **1.1.3. Horizontalna i dubinska rasprostranjenost makroalgi**

Bentoske makroalge nalazimo u više morskih staništa, a najrasprostranjenije su na plitkom stjenovitom dnu. Na takvim staništima makroalge tvore bujne životne zajednice koje karakteriziraju čitave bionomske stepenice. Bentoske stepenice su određene prema karakterističnim zajednicama organizama koji ih naseljavaju. Pérès i Gamulin Brida (1973) prikazuju podjelu stepenica u Jadranu prema životinjskim i biljnim zajednicama i takva podjela je slična većini današnjih podjela u svjetskim morima. Međutim, ranija podjela koju je načinio Ercegović (1960b, 1964) osmišljena je prema rasporedu zajednica makroalgi i kao takva bolje odražava zonalni raspored vegetacije.

*Supralitoralna stepenica* (Ercegović 1960b, 1964; Pérès i Gamulin Brida 1973) je pojas morske obale između donje granice kopnene vegetacije i gornje granice plime koji je izložen stalnom prelijevanju i prskanju valova. Prepoznaje se po tamnosivoj do maslinastozelenoj boji stijena koja dolazi od epilitskih svojiti cijanobakterija rodova *Pleurocapsa*, *Brachynema* i *Epilithia* (Ercegović 1960b). U supralitoralnom pojasu svi su ekološki uvjeti podložni velikim dnevnim i sezonskim kolebanjima. Dolazi do jakog isušivanja ljeti, stalnog vlaženja za vrijeme jakog utjecaja valova, a dnevno–noćne oscilacije u temperaturi mogu biti i po nekoliko desetaka stupnjeva. Zbog nestalnih ekoloških uvjeta ovaj pojas naseljavaju većinom cijanobakterije, a rijetko makroalge, poput crvene alge *Catenella caespitosa* (Ercegović 1960b).

*Eulitoralna* (Ercegović 1960b, 1964) ili *mediolitoralna* (Pérès i Gamulin Brida 1973) *stepenica* je pojas morskog dna čija je gornja granica razina najviše plime, a donja granica razina normalne oseke. To je pojas kojeg označavaju morske mijene, stalno vlaženje i isušivanje, velike promjene temperature i saliniteta te jak utjecaj valova. U tom pojasu opstaju svojte makroalgi koje imaju prilagodbe koje im omogućuju čvrsto priljubljanje uz podlogu, podnose povremeno izranjanje i isušivanje te velika dnevna i sezonska kolebanja saliniteta i temperature. U mediolitoralnoj stepenici izražen je zimskoproljetni vegetacijski period (Ercegović 1960b).

Na donjoj granici ove stepenice u Jadranskom moru je razvijena vrsta *Cystoseira amentacea* var. *stricta* na izloženim, a na zaštićenim lokalitetima vrsta *Ellisolandia elongata* (Ercegović 1960b). Na izloženim mjestima čest je i pokrov u obliku tepiha kojeg tvore svojte *Entocladia endolithica*, *Laurencia* spp., *Polysiphonia opaca*, *Cladophora coelothrix*, *Valonia utricularis*, zatim pojas s vrstama *Lithophyllum incrustans*, *Phymatolithon lenormandii* i *Lithophyllum byssoides* koje oblikuju biogene tvorbe koje se nazivaju trotoar, pojas *Ralfsia verrucosa*, pojas *Neosiphonia sertularioides* i *Nemalion elminthoides* koji čini gornju granicu mediolitorala prema supralitoralu (Ercegović 1960b, 1966). U onečišćenim područjima ove stepenice razvija se posebna vegetacija bentoskih makroalgi u kojoj prevladavaju svojte iz rodova *Ulva* i *Enteromorpha*, a od životinja dagnja *Mytilus galloprovincialis* (Pérès i Gamulin Brida 1973).

*Infralitoralna stepenica* (Pérès i Gamulin Brida 1973) se proteže od srednje granice oseke do 120 ili 150 m dubine do koje postoji jednolika rasprostranjenost bentoskih makroalgi. Prema Ercegoviću (1960b, 1964) se ta stepenica dijeli na *gornju infralitoralnu* (između srednje granice oseke i 6–8 m dubine), *srednju infralitoralnu* (između 6–8 m i 35–45 m dubine) i *donju infralitoralnu stepenicu* (između 35–45 m i 120–150 m dubine).

Na *gornjoj infralitoralnoj stepenici* su zbog oligotrofnih karakteristika Jadranskog mora i velike prozirnosti najbujnije razvijene zajednice bentoskih makroalgi. To je zona najboljeg osvjetljenja sunčevom svjetlosti i obogaćivanja kisikom, ali i velikih sezonskih promjena temperature i saliniteta (Ercegović 1960b). U tom pojasu se nalazi glavna stjenovite podloge koja pruža raznolike uvjete za rast makroalgi. Gornju granicu na izloženim lokalitetima čini pojas *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, a na manje izloženim mjestima crvena alga *Ellisolandia elongata*. Ispod tog pojasa rastu svojte roda *Cystoseira*: *C. compressa*, *C. crinitophylla*, *C. crinita*, *C. barbata*, *C. spinosa* i *C. foeniculacea* (Ercegović

1960b). Osim cistozira, tu su i mnoge vrste epilitskih fotofilnih makroalgi: *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia*, *Dictyota dichotoma*, *Cladostephus spongiosus*, *Sargassum vulgare*, *Sphacelaria cirrosa* i mnoge druge. Na zasjenjenim mjestima razvijene su epilitske scijafilne svojte koje podnose smanjene uvjete osvjetljenja. To su *Peyssonnelia rubra*, *Peyssonnelia polymorpha*, *Schottera nicaeensis*, *Rhodymenia ardissoni*, *Cladophora prolifera*, *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna* i druge. U vegetaciji ove bionomske stepenice sudjeluju i mnoge epifitske svojte kojih na pojedinim cistozirama može biti preko stotinu. Od epifitskih svojti najznačajniji su oblici rodova *Ceramium*, *Griffithsia*, *Spermothamnion*, *Mirionema*, *Fosliella*, *Acrochaetium*, *Ectocarpus*, *Feldmannia*, *Hyncksia* i druge. U površinskim dijelovima ove stepenice u onečišćenom moru razvija se poseban oblik vegetacije. U njoj prevladavaju svojte rodova *Ulva* i *Enteromorpha* (zelene alge), *Pterocladia* i *Gigartina* (crvene alge), te *Dictyota* i *Petalonia* (smeđe alge) (Nikolić 2012).

Na pjeskovitom dnu *srednje infralitoralne stepenice* u Jadranu je razvijena livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* s velikim brojem epifitskih algi. Ukupno je na listovima i rizomima posidonije u srednjem Jadranu određeno 230 svojti bentoskih makroalgi. Samo na listovima ih je određeno 184, a na rizomima 185 svojti (Antolić 1994b). Na mjestima gdje je pjeskovito dno zamijenjeno niskim stijenama ili brakovima razvijena su naselja bentoskih makroalgi među kojima su česte svojte *Cystoseira corniculata* subsp. *laxior* i *Cystoseira spinosa*. Međutim, tu dolaze i mnoge druge epilitske svojte: *Cystoseira foeniculacea*, *Sargassum salicifolium*, *Dasycladus vermicularis*, *Polysiphonia elongata*, *Codium bursa*, *Codium vermilara*, *Halimeda tuna*, *Flabellia petiolata*, *Peyssonnelia rubra* i mnoge druge. Bogatstvu razvijene vegetacije ovog dijela srednjeg infralitorala pridonose i mnoge epifitske svojte iz rodova *Aglaothamnion*, *Antithamnion*, *Spermothamnion*, *Fosliella*, *Sphacelaria*, *Myrionema*, *Myriactula* i mnoge druge (Nikolić 2012).

*Donja infralitoralna* (Ercegović 1960b, 1964) ili *cirkalitoralna* (Pérès i Gamulin Brida 1973) *stepenica* pruža se između donje granice rasprostranjenja fotofilnih algi i morskih cvjetnica i krajnje granice kontinuiranog rasprostranjenja morske bentoske vegetacije. Ova bionomska stepenica se najčešće proteže od 35 do 120 m dubine (Pérès i Gamulin Brida 1973). Ekološki čimbenici jako malo kolebaju, a svjetlost je ograničavajući čimbenik za razvoj makroalgi. Vegetaciju oblikuju svojte rodova *Phymatolithon* i *Lithophyllum*, te mnoge dubinske svojte. Najznačajnije su neke dubinske vrste roda *Cystoseira* (*C. dubia*, *C. spinosa* var. *compressa*, *C. zosteroides*), zatim vrste *Laminaria rodriguezii* i *Gloiocladia repens*, svojte roda *Halymenia* i mnoge druge. U pojedinim međuotočnim kanalima u sjevernom i

srednjem Jadranu ove stepenice razvijena su obilna naselja crvenih algi *Osmundaria volubilis* i *Rytiphlaea tinctoria* (Ercegović 1960b, 1964).

Na donju infralitoralnu stepenicu nastavlja se *elitoralna stepenica* (Ercegović 1960b, 1964) koja se proteže između 120–150 m i 200–250 m dubine, odnosno do ruba kontinentske podine. To je donja granica rasprostiranja vegetacije u Jadranu. Na ovoj stepenici se ekološki čimbenici gotovo uopće ne mijenjaju. Svjetlost je na donjim graničnim vrijednostima pri kojima se mogu još razvijati bentoske makroalge, a dno je pjeskovito–muljevito i muljevito. Vegetacija je razvijena u obliku rijetkih i pojedinačno raspršenih primjeraka makroalgi koje naseljavaju i prethodnu stepenicu (Ercegović 1960).

#### **1.1.4. Promjene u zajednicama makroalgi**

Za opstanak višegodišnjih svojiti makroalgi potrebni su stalni uvjeti okoliša. Jednogodišnje ili sezonske svojte se pojavljuju redovito, a pojedine neredovito, ovisno o kolebanju ekoloških čimbenika (Munda 1960; 1979). Zbog toga zajednica makroalgi jednog područja može kroz različite sezone i različita razdoblja imati vrlo različiti sastav (Munda 1960, 1980a, 1980b, 2000; Iveša 2005). Nakon izrazitog poremećaja u ekosustavu, poput jake oluje, može doći do promjene u sastavu zajednice koji odudara od prirodnih promjena (Nybakken i Bertness 2005).

Zbog izrazite sezonske promjenjivosti ekoloških čimbenika, u umjereno toplim morima postoji jasna sezonska varijabilnost zajednica makroalgi (Smith 1951). U Jadranskom moru je izražen proljetni vegetacijski period kada dolazi do bujnog razvoja svojiti roda *Cystoseira*, dok se u ljetnom i jesenskom razdoblju mogu bujnije razviti svojte drugih rodova, a vegetacija u pravilu stagnira do zime kada opet započinje rast svojiti koje u proljeće dostižu svoj maksimum (Ercegović 1952; Ercegović 1964). Sezonske promjene u naseljima bentoskih makroalgi su pod utjecajem mnogih promjenjivih čimbenika, poput temperature, hranjivih soli, onečišćenja i varijabilnosti u dinamici populacije pojedinih svojiti. Promjene mogu biti značajno različite na prostornoj ljestvici od samo nekoliko stotina metara ili kilometara, a vegetacijski periodi biti različiti svake godine, ovisno o općim klimatskim prilikama (Nikolić 2012). Analiza dinamike populacija makrofitobentosa na hridinastim dnima zapadne Istre pokazala je da broj svojiti i pokazatelji bioraznolikosti kolebaju sezonski na različitim postajama na sasvim nepredvidljiv način (Iveša 2005). Strukturu i dinamiku fitobentoskih

zajednica u zapadnom Sredozemnom moru prikazao je Ballesteros (1991), a dinamiku bentoskih zajednica u ovisnosti o sezonskim promjenama svih važnijih čimbenika s dubinom proučavali su Garrabou i suradnici (2002) u Sredozemnom moru, a Munda (1960) u Jadranskom moru.

Svi ekološki čimbenici poput kompeticije, herbivornog pritiska i fizikalno–kemijskih čimbenika u prirodi djeluju zajedno i često ih je teško međusobno razlučiti. Zbog toga je uzroke promjena u zajednicama makroalgi nemoguće točno i precizno tumačiti bez poznavanja prostorne i vremenske varijabilnosti prirodnog sastava zajednica i svih značajnih ekoloških čimbenika (Nikolić 2012).

### **1.1.5. Zajednice makroalgi kao bioindikatori ekološkog stanja**

Bioindikatori su svojte ili skupine organizama čija se funkcija, populacija ili stanje može upotrijebiti za procjenu stanja ekosustava ili okoliša (Marques i sur. 2009; Holt i Miller 2011). Promjena nekih svojstava organizma ili skupine organizama, poput biokemijskih, fizioloških ili ponašanja može ukazivati na problem u ekosustavu (Gerhardt 2002). Bioindikatori mogu također pokazati kumulativni učinak nekog zagađivala, što često nije moguće ustanoviti drugim metodama (Holt i Miller 2011). Dobar bioindikator trebao bi pokazivati lako mjerljivu promjenu neke osobine koja je proporcionalna utjecaju na cijeli ekosustav, trebao bi biti široko rasprostranjen, lako dostupan za uzorkovanje, imati dobro istraženu ekologiju i životni ciklus, a istraživanja bi trebala biti jednostavna, brza i jeftina (Holt i Miller 2011). Budući da ne postoji svojta koja zadovoljava sve navedene kriterije, često se kao bioindikatori upotrebljavaju različite skupine organizama (Gerhardt 2002). Bioindikatorske metode imaju nedostatke koje je potrebno uzeti u obzir pri izvođenju biomonitoringa. Promjene uzrokovane ljudskim utjecajem ponekada se ne mogu razlučiti od prirodnih promjena (Levine 1984; Holt i Miller 2011). Također, bioindikatori često pokazuju utjecaj samo ograničenog broja stresora na određeni dio ekosustava, a njihova valjanost često nije potvrđena detaljnim istraživanjima (Marques 2009). Unatoč nedostacima, bioindikatori se vrlo uspješno koriste od 1960–ih godina te je zbog koristi u određivanju negativnog ljudskog utjecaja na ekosustave njihova upotreba propisana međunarodnim sporazumima i zakonodavstvom velikog broja država (Holt i Miller 2011). Poticaj razvoju novih bioindikatorskih metoda i indeksa dala je Okvirna direktiva o vodama Europske Unije (*Water Framework Directive*) koja propisuje da zemlje potpisnice trebaju postići barem dobru

kvalitetu svih svojih voda do 2015. godine. U Direktivi je prepoznata ključna važnost bioloških pokazatelja u procjeni ukupnog stanja okoliša. Za morski okoliš se koristi više bioloških elemenata kakvoće (fitoplankton, makroalge, morske cvjetnice, bentoski beskralješnjaci i ribe) za koje su izrađene metode procjene ekološke kvalitete voda primjenom brojčanih indeksa koji predstavljaju omjer izmjerenih i prirodnih, referentnih uvjeta.

Makroalge su, obzirom na svoju raznolikost, biomasu, rasprostranjenost i ulogu u ekosustavu, vrlo pogodan indikator promjena ekoloških čimbenika u okolišu (Levine 1984). Mnoga istraživanja su potvrdila da urbano i industrijsko onečišćenje negativno utječu na zajednice makroalgi (Munda 1974, 1980a; Littler i Murray 1975; Belsher 1977; Levine 1984; Gorostiaga i Díez 1996; Díez i sur. 1999; Terlizzi i sur. 2002; Arévalo i sur. 2007; Wells i sur. 2007; Guinda i sur. 2008). Zajednice makroalgi pod utjecajem stresa, prirodnih ili antropogenih promjena pokazuju smanjenje brojnosti ili nestanak ključnih svojti i smanjenje bioraznolikosti. U sredinama gdje je prisutno antropogeno onečišćenje i eutrofikacija bentoske zajednice se mijenjaju, a u zajednicama makroalgi dolazi do postepenog porasta kvalitativne i kvantitativne dominacije oportunističkih svojti (Golubić 1970; Díez i sur. 1999; Orfanidis i sur. 2001, 2003; Iveša 2005). U prvoj fazi smanjuje se brojnost nekih svojti, a u drugoj fazi one potpuno nestaju, što uzrokuje nestanak epifitskih vrsta i životinjskih svojti koje se njima hrane. Dinamika zajednice bentoskih makroalgi u cjelini, opisana na što širem području i na određenoj vremenskoj ljestvici, je jedan od najpouzdanijih pokazatelja stanja u morskom okolišu (Iveša 2005). Utjecaj svih prirodnih čimbenika i onečišćenja teško je pratiti na osnovu kvalitativno–kvantitativne dominacije samo pojedinih svojti ili rodova jer postoje svojte koje se smatraju pokazateljima prirodnog netaknutog stanja, a nalaze se u područjima pod antropogenim pritiskom i obrnuto. Iveša (2005) je pokazala da su zajednice, a ne pojedine svojte, dobri pokazatelji urbanog onečišćenja. Potrebno je poznavati odnos svake svojte i zajednica prema biotskim i abiotskim čimbenicima koji utječu na njenu rasprostranjenost i brojnost.

Do sada korišteni tradicionalni načini procjene kvalitete morskog okoliša pomoću makroalgi temeljili su se gotovo isključivo na univarijatnim pokazateljima, indikatorskim svojutama i funkcionalnim skupinama. Za procjenu karakteristika zajednica makroalgi najčešće se koriste sljedeći pokazatelji: ukupni broj svojti, ukupna biomasa, florističko bogatstvo (Cormaci i sur. 1992), Shannon–Wienerov indeks (Boudouresque 1970), Margalefov indeks (Margalef 1958), R/P indeks (Feldmann 1937), indeks onečišćenja (Belsher 1982) i ekološke skupine prema Boudouresqueu (1984). Mnogi autori pokušali su svrstati alge u skupine prema

njihovim morfološkim i fiziološkim karakteristikama, vodeći se pretpostavkom da su određeni životni oblici evolucijski prilagođeni preživljavanju u određenim ekološkim uvjetima (Nikolić 2012). Littler i Littler (1980, 1983) su opisali karakteristike svojti makroalgi svrstanih u dvije skupine: oportunističke i kasno-sukcesijske svojte. Njihova podjela temelji se na ekološkoj teoriji r i K-selekcije, prema izrazima iz formule za logistički model rasta populacije (Pianka 1970). U okolišu koji je naseljen do popunjenosti njegovog nosivog kapaciteta (K) vlada visoka kompeticija za resursima. Prirodna selekcija djeluje u smjeru odabira svojti sporog rasta i razmnožavanja koje koriste puni kapacitet okoliša i to se naziva K-selekcija. U nestabilnom okolišu nema izražene kompeticije zbog viška resursa i postoji opasnost od trenutnog uništenja populacije uslijed nepredvidivog i značajnog kolebanja ekoloških čimbenika. U takvom okolišu prirodna selekcija odabire svojte brzog rasta, ranog razmnožavanja i kratkog životnog vijeka, što se naziva r-selekcija. Nakon poremećaja u okolišu, obično prevladaju r-selektirane svojte koje rastu brzo, ali njihova populacija brzo naraste preko nosivog kapaciteta okoliša te se urušava. Time je omogućen rast i prevladavanje K-selektiranih svojti koje na kraju oblikuju konačnu zajednicu ili klimaks. Između ovih ekstrema postoji kontinuum, odnosno svojte koje imaju karakteristike i r i K selektiranih svojti (Pianka 1970). Sličnu podjelu napravili su Steneck i Dethier (1994) koji smatraju da postoji relativno mali broj osobina po kojima se alge mogu svrstati u skupine i da te osobine često dijele svojte iz vrlo udaljenih sistematskih kategorija. Kada se promatraju takve skupine, vrlo su male sezonske i dugoročne varijacije na razini zajednice, za razliku od promatranja na razini svojte ili prije opisanih funkcionalnih skupina, tvrde autori (Steneck i Dethier 1994). Razlog je različitost specifičnih fizioloških funkcija, poput brzine apsorpcije hranjivih soli, fotosinteze, otpornosti na biljojedne organizme i otpornosti na promjene ekoloških čimbenika. Zbog toga Padilla i Allen (2000) predlažu grupiranje algi na osnovu specifičnih fizioloških funkcija umjesto samo prema vanjskoj morfologiji. Da bi takva klasifikacija bila uspješna, potrebno je provesti sveobuhvatno testiranje ponašanja pojedinih svojti u odnosu na pojedine funkcije. Upravo se podjela na ekološke skupine prema Boudouresqueu (1984) temelji na iscrpnoj statističkoj obradi podataka o ekološkim preferencijama pojedinih svojti koje je autor prikupio dugotrajnim terenskim istraživanjima. U posljednje vrijeme pokušavaju se pronaći bioindikatorske metode koje sagledavaju ekosustav kao cjelinu. Jedna od takvih metoda je mjerenje specifične ili strukturalne eksergije, kao mjere termodinamičke ravnoteže, odnosno zdravlja ekosustava (Jørgensen 1997). U izračunu specifične eksergije se koristi informacija o biomasi i količini genetičke informacije pojedinih svojti, a upravo veća dostupnost podataka o genomu makroalgi omogućuje i njihovo korištenje u takvim indeksima (Austoni i sur. 2007).

Potaknuti usvajanjem Okvirne direktive o vodama Europske Unije, znanstvenici u Sredozemnom području su predložili dva biotička indeksa koji koriste makroalge za procjenu stanja morskog okoliša, EEI (*Ecological Evaluation Index*) i CARLIT (*CARtography of LITtoral*) (Orfanidis i sur. 2001, 2003; Panayotidis i sur. 2004; Ballesteros i sur. 2007a; Pinedo i sur. 2007). Iako su oba indeksa usklađena s odrednicama Direktive, njihova metodologija se temelji na različitim osnovama. EEI indeks (Orfanidis i sur. 2001, 2003; Panayotidis i sur. 2004) koristi postotnu pokrovnost svojti makroalgi svrstanih u dvije funkcionalne skupine sakupljenih sezonskim destruktivnim uzorkovanjem s diskretnih postaja, dakle podatke o abundanciji svojti s prostorne mikroskale. CARLIT indeks (Ballesteros i sur. 2007a) pretpostavlja kartiranje zajednica makroalgi u proljetnom razdoblju, dakle podatke o vrsti i rasprostranjenosti zajednica na širokoj kontinuiranoj prostornoj skali, bez podataka o abundanciji pojedinih svojti.

U Sredozemnom moru, u stabilnim uvjetima okoliša, na stjenovitoj podlozi prevladavaju zajednice algi roda *Cystoseira* s različitim ključnim svojtima u svakoj bionomskoj stepenici (Feldmann 1937). Poremećajem nekog od ekoloških čimbenika dolazi do promjena u zajednici, u prvom redu osiromašenja florističkog bogatstva, sastava vrsta (npr. zamjena fotofilnih vrsta scijafilnim) i pojave oportunističkih vrsta (Cormaci i sur. 2004). Određujući brojnost, pokrovnost i biomasu svojti pojedinih skupina moguće je donijeti zaključke o ekološkom stanju ekosustava. U Jadranskom moru se za potrebe procjene stanja morskog ekosustava u različitim znanstvenim istraživanjima i monitoring programima do danas koristio niz pokazatelja, poput brojnosti, raznolikosti, biomase, kvalitativne kvantitativne dominacije skupina makroalgi prema Boudouresqueu, R/P indeksa, EEI indeksa i drugih (npr. IOR 2008; Iveša i sur. 2009; Slišković i sur. 2011).

Korištenje svih ovdje navedenih bioindikatorskih indeksa pretpostavlja njihovo opširno testiranje znanstvenim metodama, prilagodbu posebnostima područja u kojem se primjenjuje, trajnu provjeru rezultata usporedbom s nizom drugih indeksa i ekološkim čimbenicima koji pokazuju stanje okoliša te testiranje nesigurnosti njihove primjene, odnosno robusnosti metode (Ballesteros 2007a; Kelly 2009; Martínez-Crego i sur. 2010). Samo indeksi utemeljeni na čvrstim znanstvenim dokazima njihove primjenjivosti mogu se upotrebljavati u odlučivanju o načinu upravljanja morskim okolišem. Pojednostavljenje prikaza dinamike prirodnih zajednica makroalgi koje donose upotreba metoda za procjenu i praćenje promjena u bentoskim ekosustavima može se često pokazati kao ograničavajući čimbenik. Upotrebljivost pojedinih metoda često je predmet rasprava među znanstvenicima



(Ballesteros i sur. 2007b; Orfanidis 2007) koji su istakli potrebu korištenja jednostavnih bioindikatorskih metoda utemeljenih na ekološkim istraživanjima u različitim ekosustavima i geografskim područjima.

## **Cilj istraživanja**

Ovim istraživanjem odredila se ekološka kvaliteta priobalnog mora na zadarskom području (unutar i oko Srednjeg kanala) pomoću CARLIT metode. Istražena je kvaliteta mora u Parku prirode Telašćica. Istražen je utjecaj marikulturnih aktivnosti na okolno more.

## **2. Područje istraživanja**

U 2016. godini terensko istraživanje je provedeno na 8 lokacija:

Park prirode Telašćica nalazi se u središnjem dijelu istočne obale Jadranskog mora, u jugoistočnom dijelu Dugog otoka. Park prirode je proglašen 1988. godine. Ukupna površina Parka je 70,50 km<sup>2</sup> od čega 29,95 km<sup>2</sup> otpada na kopno a 44,55 km<sup>2</sup> na okolno more. Najveći prostorni fenomen Parka je uvala Telašćica koja je uvučena u kopno otprilike 8 km, te je na svom najširem južnom dijelu, široka oko 1,6 km. Zaljev je vrlo razveden, sadrži dvadeset i pet manjih uvala, pet otočića i jednu hrid te se sastoji od tri dijela koji su međusobno odvojeni suženjima („Tripuljak“, „Fafarikulac“ i „Telašćica“). Ta tri dijela zaljeva su zapravo krške ponikve koje su potopljene morem za vrijeme zadnje oledbe prije desetak tisuća godina. Istraživanje je napravljeno u uvali Mir (1) (geografske koordinate: 43°53'32.2"N 15°09'33.5"E) i uvali Tripuljak (2) (geografske koordinate: 43°53'56.2"N 15°09'01.4"E). Telašćica je izabrana kao jedna od lokacija istraživanja jer je zaštićeno područje.

Fulija (3) i Kudica (4) su nenaseljeni otočići zapadno od Iža, u Iškom kanalu. Površina Fulije iznosi 0,088 km<sup>2</sup>. Dužina obalne linije iznosi 1,23 km. Geografske koordinate: 44°01'00.4"N 15°06'50.7"E. Površina Kudice iznosi 0,038 km<sup>2</sup>. Dužina obalne linije iznosi 0,71 km. Uz otočić je smješteno uzgajalište ribe „Kudica“. Geografske koordinate: 44°01'52.1"N 15°06'13.9"E. Ova područja su izabrana za istraživanje zbog blizine uzgajališta tuna kako bi se vidjelo ima li to utjecaj na kvalitetu okolnog mora.

Uvala Velo žalo (5) nalazi se na Dugom otoku. U uvali je smješteno uzgajalište „Dugi otok“. Geografske koordinate: 44°00'01.0"N 15°03'46.3"E. Ovo područje je također izabrano zbog uzgajališta koje se nalazi u uvali.

Nenaseljeni otočići Veli škoj (6), Bisage (7) i Golac (8) nalaze se južno od uvale Vela Lamjana na jugu otoka Ugljana. U blizini su smješteni kavezi za uzgoj ribe zbog čega je i ovo područje izabrano za istraživanje. Površina Velog škoja iznosi 0,17 km<sup>2</sup>, dužina obalne linije iznosi 1,57 km. Geografske koordinate: 44°01'49.1"N 15°12'41.7"E. Otočić Bisage zauzima površinu od 0,046 km<sup>2</sup>, a obalna linije iznosi 0,86 km. Geografske koordinate: 44°01'23.7"N 15°13'10.3"E. Površina Golca iznosi 0,87 km<sup>2</sup>, dužina obalne linije iznosi 0,33 km. Geografske koordinate: 44°01'42.6"N 15°13'33.5"E.

2017. godine terensko istraživanje je nastavljeno na 2 lokacije:

Istraživanje je započelo u zaljevu Pantera (9) na krajnjem sjeveru Dugog otoka u uvali Slatine (geografske koordinate: 44°08'48.0"N 14°50'05.3"E), nastavljeno je kroz uvale Kanalić (geografske koordinate: 44°08'38.0"N 14°50'41.8"E), Drstalo (geografske koordinate: 44°08'09.7"N 14°51'38.2"E) i Čuna (geografske koordinate: 44°08'24.5"N 14°51'42.5"E). Ovo područje je izabrano za istraživanje kako bi se vidjelo ima li blizina marine i naselja utjecaj na kvalitetu okolnog mora.

S vanjske strane Dugog otoka (10) istraživanje je provedeno cijelom dužinom otoka (53 km) izuzevši nekoliko manjih područja koja nisu bila pogodna za provedbu CARLIT metode zbog neodgovarajućeg pješčanog dna (uvala Saharun). Na vanjskoj strani Dugog otoka nema naselja i gotovo nema nikakvog antropogenog utjecaja. Ovo područje netaknute prirode koje graniči s otvorenim morem upravo je zato izabrano za istraživanje.

Ukupna duljina obalne linije na kojoj je primijenjena CARLIT metoda iznosi 71 km.

### 3. Materijali i metode

Istraživanje je provedeno na zadarskom području tijekom svibnja 2016. i 2017. godine. U prvom dijelu istraživanja 2016. godine obuhvaćeno je 64 segmenta prosječne duljine 200 m na 8 lokacija; 2017. godine obuhvaćeno je 6 segmenata duljine 200 m i 100 segmenata prosječne duljine 500 m na 2 lokacije. Među izabranim lokacijama su izolirana područja bez antropogenih utjecaja (Slika 1.), te područja većeg antropogenog utjecaja kao što su područja u blizini marikulturnih aktivnosti (uzgajališta riba i školjkaša) (Slika 2.).



Slika 1. Detalj područja istraživanja stjenovite obale bez antropogenih utjecaja (Foto: K. Kurić 2016)



Slika 2. Područje istraživanja u blizini marikulturnih aktivnosti (Foto: K. Kurić 2016)

Metoda CARLIT obuhvaća kartiranje zajednica makroalgi u mediolitoralu i gornjem infralitoralu te obradu prikupljenih podataka pomoću geografskog informacijskog sustava (GIS) (Ballesteros i sur. 2007). Terenski dio istraživanja proveden je gumenim čamcem koji plovi na što manjoj udaljenosti od obale (Slika 3.). Promatrane su i zapisane geomorfološke karakteristike morskog dna i zajednice makroalgi koje nastanjuju podlogu.



Slika 3. Istraživanje gumenim čamcem (Foto: K. Kurić 2016)

Terenske bilješke su kasnije uz pomoć GIS programske podrške unesene u geo-referencirane računalne kartografske prikaze te su precizno izmjerene duljine svakog obrađenog segmenta obale. Karte su izrađene u GIS programu QGIS verzija 2.18.10. Klasifikacija algi prema obliku zajednice i razini osjetljivosti na zagađenje je preuzeta od Nikolić i sur. (2013) prema kojoj su zajednicama dodijeljene razine osjetljivosti (*sensitivity level*, SL) kao mjera osjetljivosti na poremećaje u okolišu, u rasponu vrijednosti od 1 do 20 (Tablica 1.). Najviša razina osjetljivosti 20 je dodijeljena neprekinutim pojasevima vrste *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, srednje vrijednosti degradiranim zajednicama s fotofilnim i busenastim algama te najniže vrijednosti zelenim algama i cijanobakterijama koje možemo naći u jako zagađenim područjima. Najzastupljenija vrsta u područjima koja smo promatrali bila je *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, ali u zasebnim manjim zajednicama (*patches*) sa razinom osjetljivosti 15 i fotofilne alge s razinom osjetljivosti 10. Nakon promatranja i prikupljanja podataka za svaki segment je izračunata vrijednost ekološke kvalitete (*ecological quality value*, EQ) prema formuli:

$$EQ = \frac{\sum(l_i * SL_i)}{\sum l_i}$$

EQ = vrijednost ekološke kvalitete

$l_i$  = duljina segmenta  $i$

$SL_i$  = stupanj osjetljivosti zajednica u segmentu  $i$

Tablica 1. Popis i opis zajednica makroalgi i njihovih razina osjetljivosti (SL – *Sensitivity Level*) (preuzeto i prilagođeno od Nikolić i sur. 2013)

| Zajednica                | Opis zajednice  | Razina osjetljivosti (SL) |
|--------------------------|---|---------------------------|
| Cystoseira stricta 3     | Neprekidan pojas vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i>  | 20                        |
| Cystoseira crinitophylla | Populacije vrste <i>Cystoseira crinitophylla</i>  | 20                        |
| Cystoseira crinita       | Populacije vrste <i>Cystoseira crinita</i>  | 20                        |
| Cystoseira corniculata   | Populacije vrste <i>Cystoseira corniculata</i>  | 20                        |
| Cystoseira foeniculacea  | Populacije vrste <i>Cystoseira foeniculacea</i>   | 20                        |
| Trotoar                  | Organogene tvorbe vrste <i>Lithophyllum byssoides</i> i drugih koralinskih algi (trotoar)   | 20                        |
| Cystoseira barbata       | Populacije vrste <i>Cystoseira barbata</i> bez drugih svojiti roda <i>Cystoseira</i>  | 16                        |
| Cystoseira stricta 2     | Nakupine vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i>  | 15                        |
| Cystoseira compressa     | Populacije vrste <i>Cystoseira compressa</i> bez drugih svojiti roda <i>Cystoseira</i>  | 12                        |
| Cystoseira stricta 1     | Rijetki pojedinačni talusi vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i>  | 10                        |
| Fotofilne alge           | Zajednica fotofilnih algi uz prevladavanje rodova <i>Padina</i> / <i>Dictyota</i> / <i>Dictyopteris</i> / <i>Taonia</i> / <i>Halopteris</i> | 10                        |
| Corallina                | Zajednica u kojoj prevladavaju vrste <i>Ellisolandia elongata</i> i/ili <i>Jania virgata</i>  | 8                         |
| Mytilus                  | Zajednica u kojoj prevladava vrsta <i>Mytilus galloprovincialis</i>   | 6                         |
| Zelene alge              | Zajednica u kojoj prevladavaju svojite rodova <i>Ulva</i> / <i>Enteromorpha</i> / <i>Cladophora</i>   | 3                         |
| Cijanobakterije          | Pojas cijanobakterija   | 1                         |

Razvoj, vrsta i abundancija prirodnih plitkovodnih zajednica makroalgi su, osim kvalitetom morske vode, određeni geomorfološkim karakteristikama obale koje određuju intenzitet većine ekoloških čimbenika (Ercegović 1964; Ballesteros 1992). Zbog toga je načinjen popis svih važnih geomorfoloških čimbenika na jadranskoj obali, a svakom čimbeniku su dodijeljene moguće kategorije pojavnosti (Tablica 2.).

Tablica 2. Popis geomorfoloških čimbenika i njihovih kategorija (preuzeto od Nikolić i sur. 2013)

| Geomorfološki čimbenik       | Kategorija   |
|------------------------------|--|
| Morfologija obale            | Visoka obala<br>Niska obala<br>Blokovi   |
| Vrsta podloge                | Vapnenac<br>Metamorfna stijena<br>Pješčenjak<br>Breča                                      |
| Nagib obale                  | Horizontalni (0°–30°)<br>Subvertikalni (30°–60°)<br>Vertikalni (60°–90°)<br>Prevjes (90°+) |
| Orijentacija obale           | Sjever<br>Sjeveroistok<br>Istok<br>Jugoistok<br>Jug<br>Jugozapad<br>Zapad<br>Sjeverozapad  |
| Struktura podloge            | Glatka<br>Hrapava  |
| Prirodna ili umjetna podloga | Prirodna<br>Umjetna  |
| Izloženost valovima          | Zaštićeno<br>Umjereno izloženo<br>Vrlo izloženo  |

Metoda izračuna CARLIT indeksa se zasniva na omjeru izmjerene ekološke kvalitete i referentne ekološke kvalitete za dio obale gdje je zabilježena određena zajednica makroalgi. Analizom je utvrđeno da su “morfologija obale” i “nagib” najvažniji geomorfološki čimbenici koji utječu na razvoj zajednica makroalgi u prirodnim područjima. Kombinacijom najvažnijih čimbenika je dobiveno devet različitih “geomorfološki relevantnih situacija” (GRS) specifičnih za istraživano područje. Pomoću podataka iz prirodnih područja, za svaku GRS je moguće izračunati najveću moguću vrijednost ekološke kvalitete ( $EQ_{ref}$ ) prema CARLIT metodologiji (Tablica 3.). Najveće vrijednosti ekološke kvalitete u potpuno prirodnim, netaknutim područjima srednjeg i južnog Jadranskog mora prikazane su u Tablici 3. Prema geomorfološkim karakteristikama obalne linije svakom segmentu je dodijeljena referentnu vrijednost ( $EQ_{ref}$ ) koju su ranije odredili Nikolić i sur. (2013).

Rezultati primjene CARLIT metode izraženi su u obliku EQR (*Ecological quality ratio*) vrijednosti prema sljedećoj formuli:

$$EQR = \frac{\sum \frac{EQ_i * l_i}{EQ_{refi}}}{\sum l_i}$$

gdje je:

$i$  – geomorfološki relevantna situacija (GRS)

$EQ_i$  – ekološka kvaliteta (EQ) za situaciju  $i$

$EQ_{refi}$  – ekološka kvaliteta (EQ) u referentnom području za situaciju  $i$






$l_i$  – duljina obale za situaciju  $i$

EQR vrijednost može biti veličine od 0 do 1 i prema njoj su vodena tijela klasificirana u 5 ekoloških statusa (ES): vrlo loše, loše, umjereno dobro, dobro, izvrsno (Tablica 4.).

Tablica 3. Najveće vrijednosti ekološke kvalitete ( $EQ_{ref}$ ) izračunate za devet geomorfološki relevantnih situacija na temelju podataka iz prirodnih područja srednjeg i južnog Jadranskog mora. (GRS – geomorfološki relevantna situacija, Duljina obale – duljina obale u metrima koja je uključena u analizu,  $EQ_{ref}$  – vrijednost ekološke kvalitete u prirodnim, referentnim područjima) (preuzeto od Nikolić i sur. 2013)

| GRS | Morfologija obale | Nagib obale   | Duljina obale | $EQ_{ref}$ |
|-----|-------------------|---------------|---------------|------------|
| 1   | Visoka obala      | Horizontalni  | 60            | 20,00      |
| 2   | Visoka obala      | Subvertikalni | 2311          | 17,55      |
| 3   | Visoka obala      | Vertikalni    | 15045         | 12,96      |
| 4   | Visoka obala      | Prevjes       | 241           | 10,00      |
| 5   | Niska obala       | Horizontalni  | 4160          | 19,02      |
| 6   | Niska obala       | Subvertikalni | 37156         | 17,72      |
| 7   | Niska obala       | Vertikalni    | 34300         | 14,62      |
| 8   | Niska obala       | Prevjes       | 1966          | 9,66       |
| 9   | Blokovi           |               | 575           | 12,76      |

Tablica 4. Naziv, raspon i boja za označavanje razreda ekološkog stanja za primjenu CARLIT indeksa (preuzeto i prilagođeno od Nikolić i sur.)

| Ekološko stanje | EQR        | Boja  |
|-----------------|------------|---|
| Izvršno         | >0,75–1    |  |
| Dobro           | >0,60–0,75 |  |
| Umjereno dobro  | >0,40–0,60 |  |
| Loše            | >0,25–0,40 |  |
| Vrlo loše       | 0–0,25     |  |

Obale sa nevezanim sedimentnim dnom nisu uključene u istraživanje jer se metoda ne može tamo primijeniti zbog nedostatka vidljive vegetacije makroalgi (Ballesteros i sur. 2007).

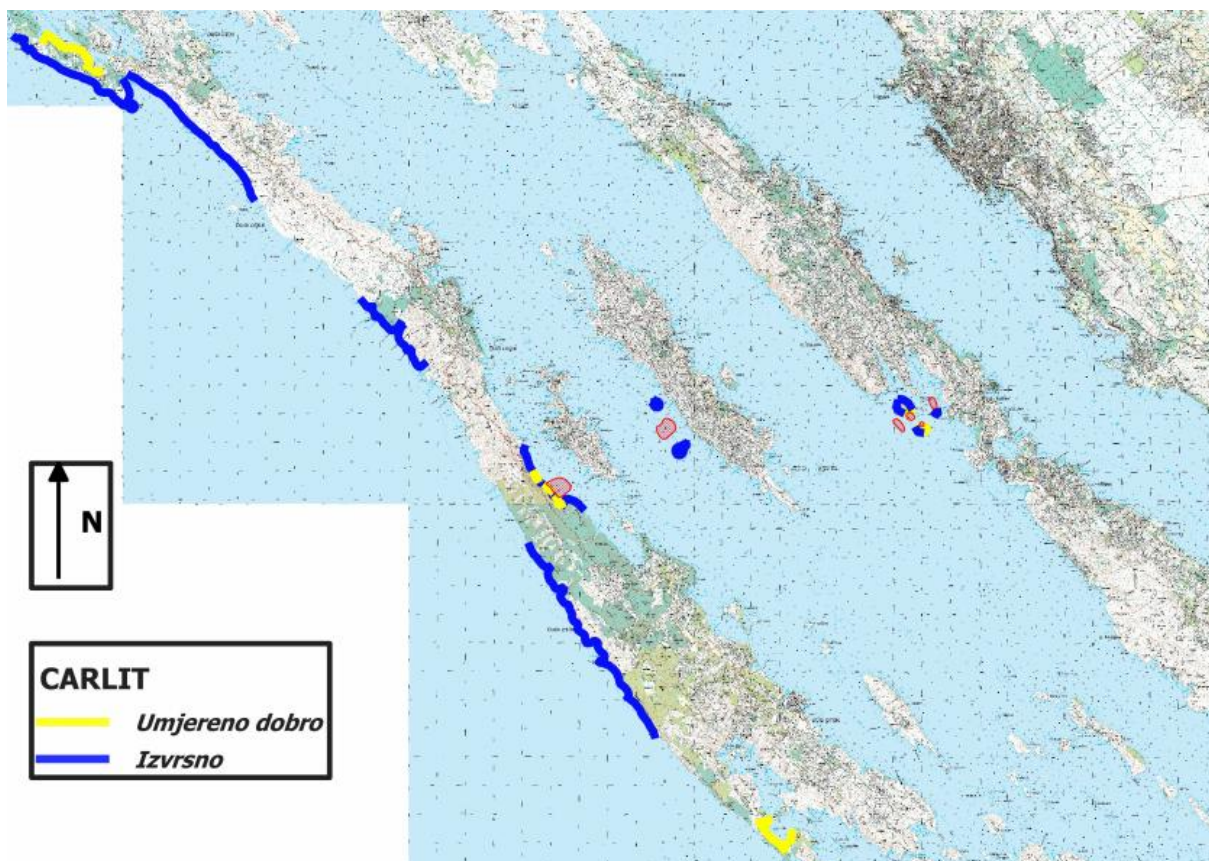


## 4. Rezultati

Od 71,3 km obalne crte na kojem smo proveli istraživanje 10,4% (7,4 km) priobalnog mora je umjereno dobrog i dobrog ekološkog stanja, a sve ostalo je izvrsno (Tablica 5., Slika 4.). More slabije ekološke kvalitete nalazi se u Parku prirode Telašćica (Slika 5.) koji je opterećen turizmom i turističkim brodovima u ljetnoj sezoni. Prosječan EQR za Telašćicu iznosi 0,54 što znači da spada u područje umjerene kvalitete mora. Osim Telašćice more slabije kvalitete se nalazi neposredno uz objekte za marikulture aktivnosti (uvala Velo žalo, otočići Veli škoj, Bisage i Golac) (Slike 6. i 7.). Prosječan EQR za Velo žalo iznosi 0,69 pa prema tome ovo područje spada u područje dobre ekološke kvalitete. Prosječan EQR za Veli škoj iznosi također 0,69 pa je i ovo područje svrstano u područje dobre ekološke kvalitete. Prosječan EQR za otočić Bisage iznosi 0,54 pa se ovo područje svrstava u područje umjerene kvalitete. Prosječan EQR za otočić Golac iznosi 0,71 što znači da je kvaliteta mora dobra. Također zaljev Pantera koji je duboko uvučen u otok pati zbog marine i velikog broja nautičara koji se tamo okupljaju (Slika 8.). Prosječan EQR ovog područja je 0,53 pa je ovo područje umjerene kvalitete. Za ostatak istraživanog područja (vanjska strana Dugog otoka i područja udaljena od antropogenog utjecaja), koje zauzima čak 89,6% dobili smo izvrsne rezultate ekološke kvalitete priobalnog mora sa prosječnim EQR 0,98 (Slike 9., 10., 11., i 12.). Zasebne nakupine vrste *Cystoseira amentacea* var. *stricta* zauzimaju 7,6% istraživanog područja. Rijetki pojedinačni talusi vrste *Cystoseira amentacea* var. *stricta* nalaze se na 4,5% istraživanog područja. Fotofilne alge nalazimo na 7,3% istraživanog područja. Sve ostalo, 80,6%, zauzima neprekidan pojas vrste *Cystoseira amentacea* var. *stricta*.

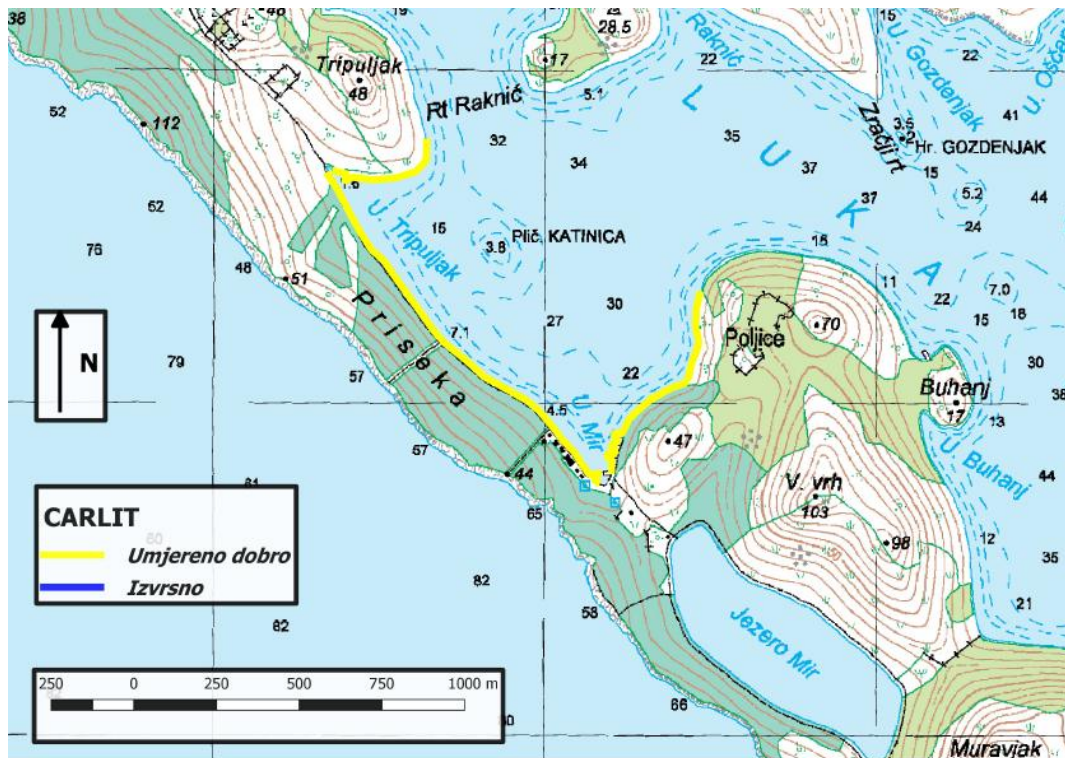
Tablica 5. Lokacije istraživanja i njihov prosječni EQR

| <b>Lokacija</b>            | <b>Prosječni EQR</b> | <b>Bonitet</b> |
|----------------------------|----------------------|----------------|
| Mir                        | 0,55                 | Umjereno dobro |
| Tripuljak                  | 0,53                 | Umjereno dobro |
| Fulija                     | 0,93                 | Izvrсно        |
| Kudica                     | 0,79                 | Izvrсно        |
| Velo žalo                  | 0,69                 | Dobro          |
| Veli škoj                  | 0,69                 | Dobro          |
| Bisage                     | 0,54                 | Umjereno dobro |
| Golac                      | 0,71                 | Dobro          |
| Dugi otok (vanjska strana) | 0,98                 | Izvrсно        |
| Pantera                    | 0,53                 | Umjereno dobro |



Slika 4. Karta cijelog područja istraživanja s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

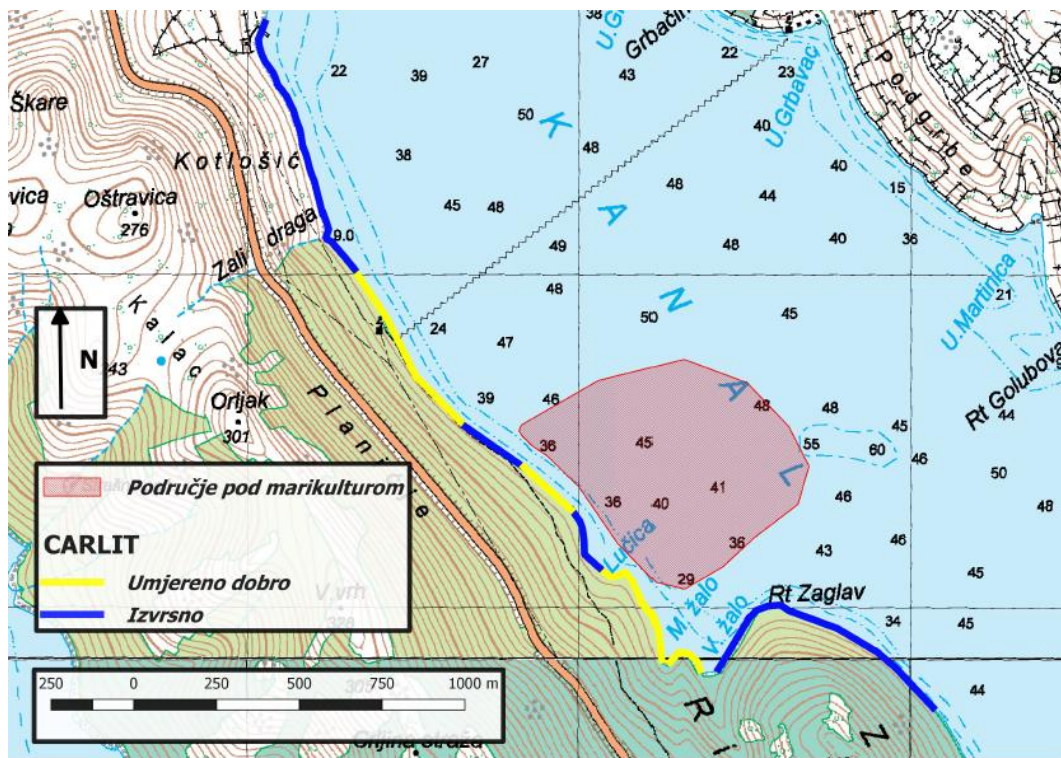
Rezultati cijelog područja na kojem je provedeno istraživanje pokazuju da je more na većini istraživanih postaja izvrsne kvalitete (Slika 4.). Umjereno dobri i dobri rezultati istraživanja dobiveni su na lokacijama u neposrednoj blizini naselja, marina i marikulturnih aktivnosti.



Slika 5. Karta Telašćice s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

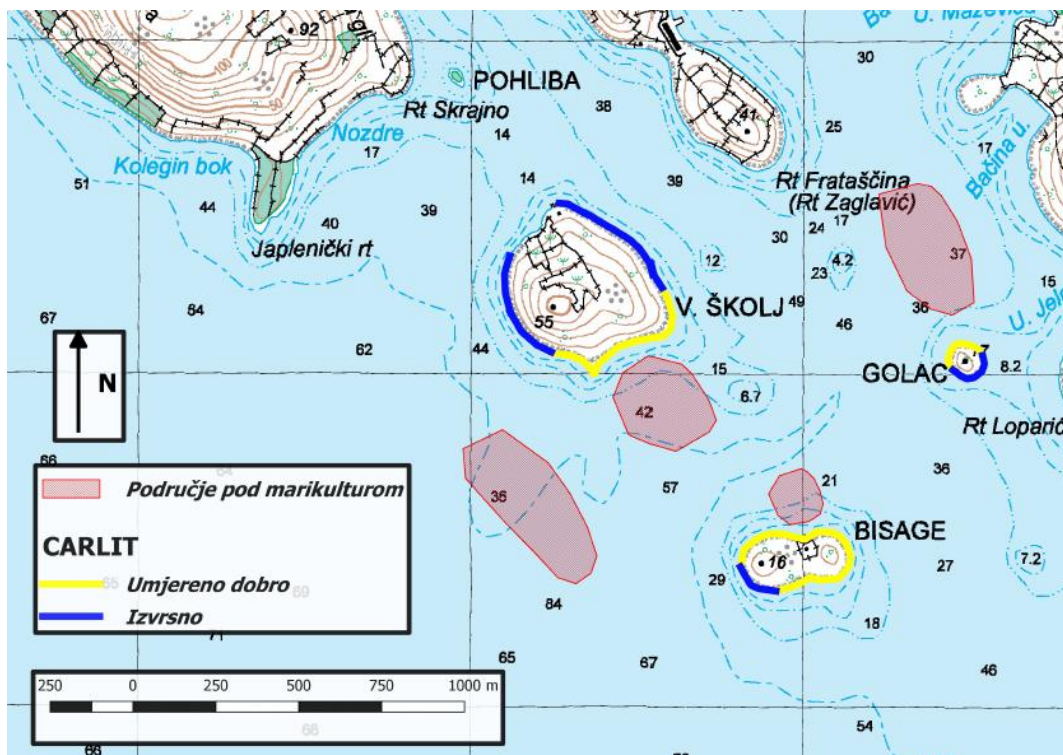
Rezultati istraživanja u Parku prirode Telašćica pokazuju da je priobalno more ovog područja umjereno dobre kvalitete (Slika 5.). Ovo područje je pod velikim antropogenim pritiskom iako je zaštićeno. Velik godišnji broj posjetitelja i turističkih brodova te razni ljudski zahvati kako bi ovo područje bilo turistički atraktivno zajedno sa uvučenim geografskim smještajem ove lokacije može negativno utjecati na kvalitetu mora ovog područja.





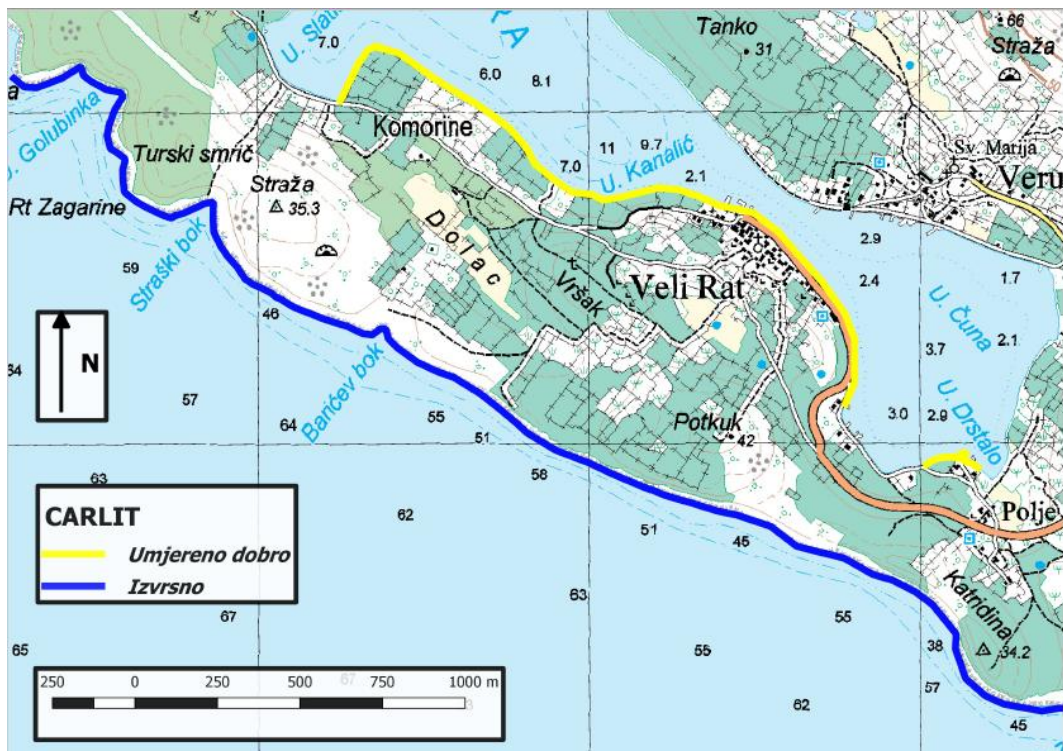
Slika 6. Karta Velog žala s procjenom ekološke kvalitete mora korištenjem CARLIT metode

Na lokaciji istraživanja Velo žalo na kojoj se nalaze objekti za marikulturne aktivnosti rezultati istraživanja pokazuju da je priobalno more ove lokacije mjestimično umjereno dobre kvalitete a mjestimično izvrsne (Slika 6.). Blizina kaveza za uzgoj ribe ima negativan utjecaj na vrste koje nastanjuju ovo područje.



Slika 7. Karta otočića Veli Škoj, Golac i Bisage s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

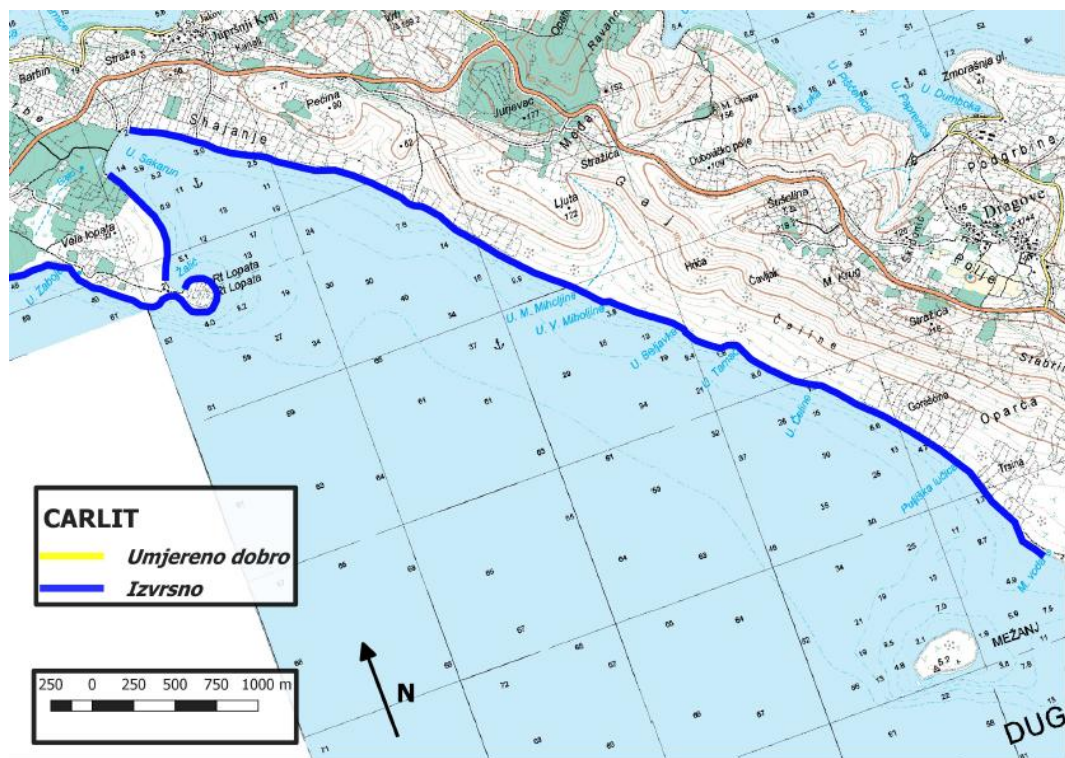
Rezultati istraživanja u uvali Mala Lamjana s otočićima Veli škoj, Golac i Biage u čijoj se blizini nalaze objekti za marikulturnu aktivnost pokazuju da je na stranama otoka koji su okrenuti prema kavezima za uzgoj ribe more umjereno dobre kvalitete dok strane okrenute od kaveza imaju more izvrsne kvalitete (Slika 7.). Na ovom primjeru možemo dobro vidjeti razliku u kvaliteti mora koje je pod utjecajem antropogenih zahvata od onog koji je ostao prirodan i netaknut.



Slika 8. Karta dijela uvale Pantera i dijela vanjske strane Dugog otoka s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

Na sjeverozapadnom dijelu Dugog otoka istraživana je dio zaljeva Pantera i dio vanjske strane Dugog otoka (Slika 8.). U zaljevu Pantera nalazi se nekoliko naseljenih mjesta koja sadrže marine i razne antropogene objekte. Kvaliteta mora u ovom području je zbog toga umjereno dobre kvalitete. Vanjski dio otoka koji je izoliran od antropogenog utjecaja pokazuje izvrsne rezultate istraživanja.

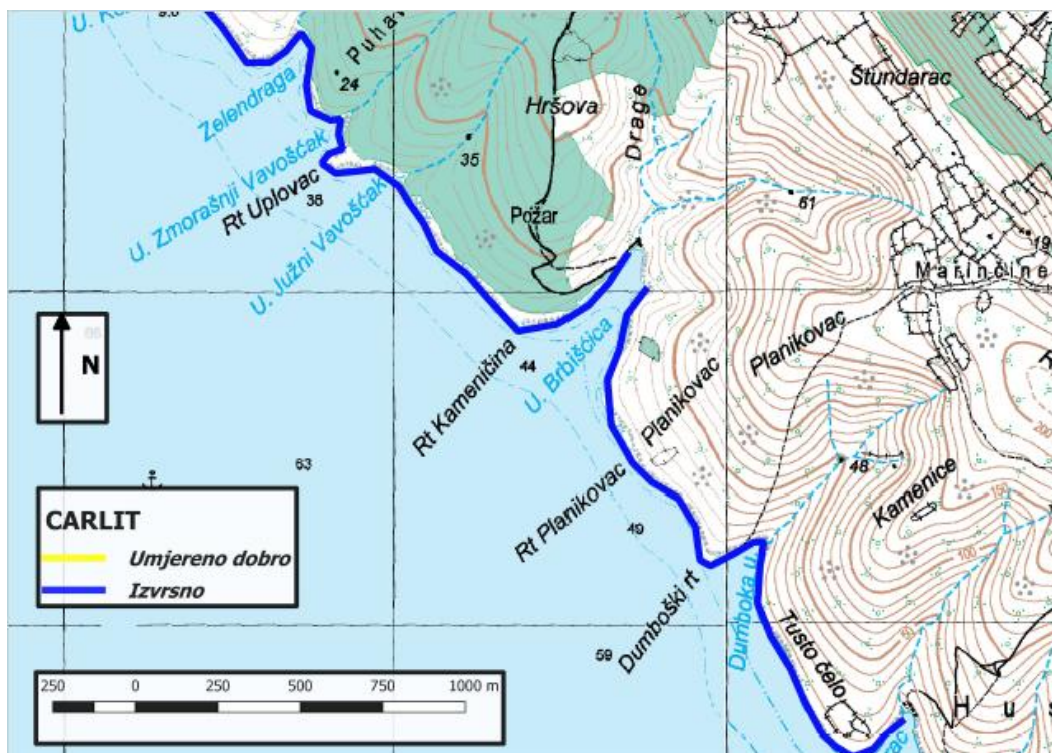




Slika 9. Karta SZ dijela Dugog otoka s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

Iz istraživanja sjeverozapadne vanjske strane Dugog otoka je izuzeta uvala Saharun zbog nemogućnosti provedbe CARLIT metode zbog pješčanog dna uvale. Rezultati istraživanja pokazuju da je na vanjskoj strani Dugog otoka more izvrsne kvalitete (Slika 9.). Ovo područje udaljeno je od bilo kakvog antropogenog utjecaja i okrenuto prema otvorenom moru pa nema poremećaja u ekosustavu, a vrste koje nastanjuju ovo područje mogu neometano razvijati svoje populacije.

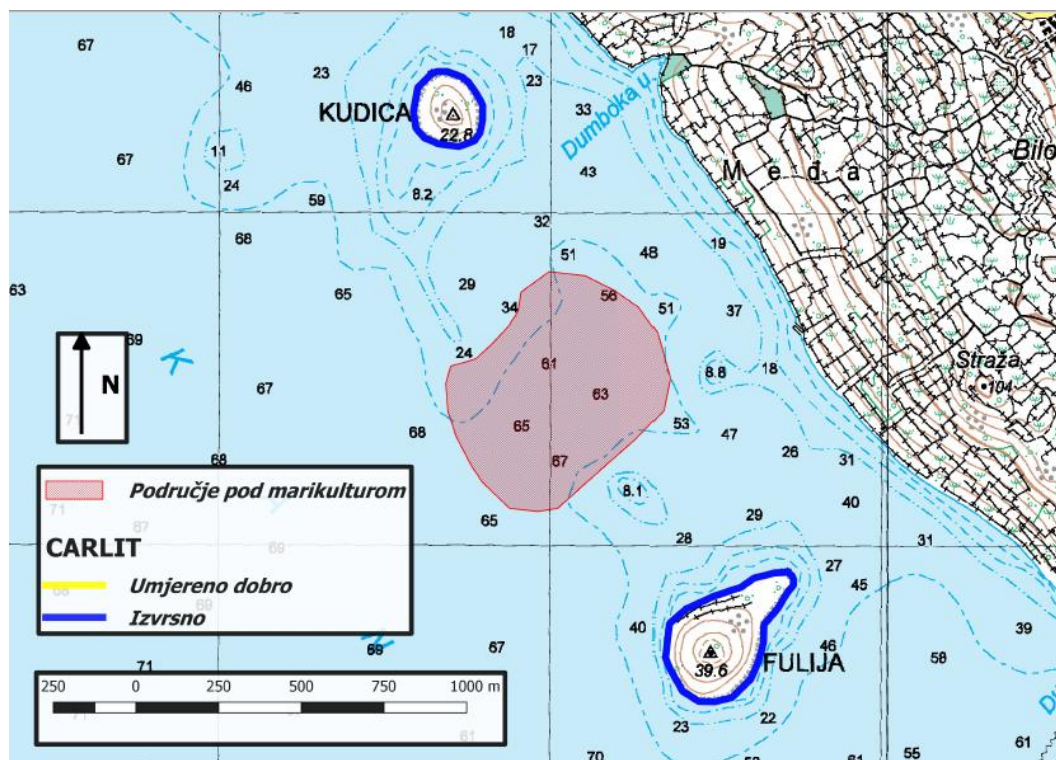




Slika 10. Karta vanjskog dijela Dugog otoka s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

Vanjska strana Dugog otoka je područje je udaljeno od naselja i antropogenog utjecaja, okrenuto otvorenom moru. Ovo područje također pokazuje izvrsne rezultate kvalitete priobalnog mora (Slika 10.).





Slika 12. Karta otočića Kudica i Fulija s procjenom ekološke kvalitete morske vode korištenjem CARLIT metode

Otočići Kudica i Fulija se nalaze sa zapadne strane otoka Iža. Između ova dva otočića postavljeni su marikulturni objekti za uzgoj tune no to ne utječe na kvalitetu priobalnog mora otočića. Rezultati analize pokazuju da je more izvrsne kvalitete bez obzira na blizinu postavljenih kaveza za uzgoj (Slika 12.).

## 5. Rasprava

Praćenje ekološkog stanja mora CARLIT metodom i pohranjivanje podataka u GIS bazu podataka može se u budućnosti pokazati vrijednim sredstvom za procjenu stanja ekosustava i primjenu pravnih propisa za zaštitu okoliša, poput EU Direktive o staništima (EEC 1992) i Okvirne direktive o morskoj strategiji (EC 2008). Martínez–Crego i sur. (2010) su ustanovili da većina bioindikatorskih metoda za procjenu ekološkog stanja priobalnih voda još uvijek ima dva osnovna nedostatka: 1) nisu primjenjive na širokoj prostornoj skali i 2) nemaju dobro određene referentne uvjete s kojima uspoređuju izmjereno stanje. Obalna linija hrvatskog dijela istočnog Jadranskog mora dugačka je 5835 km, što uključuje više od 1000 otoka i otočića. Procjena ekološkog stanja morskog okoliša u takvom složenom geografskom okruženju predstavlja veliki izazov i zahtijeva odabir metode kojom se u razmjerno kratko vrijeme može odrediti ekološko stanje velike površine vodenih masa priobalnog mora.

Glavni izvori onečišćenja se nalaze u blizini velikih gradskih i industrijskih centara, ali postoje i točkasti izvori onečišćenja, poput nezakonitih kanalizacijskih ispusta, malih lučica i marina, poljoprivrednih površina i kaveza za uzgoj riba. Drugi izvori negativnog utjecaja na morski okoliš, poput izgradnje u obalnom pojasu, nasipanja i morskog prometa mogu se pronaći uzduž većeg dijela obale. Nikolić i suradnici (2013) su zabilježili najmanju EQR vrijednost u blizini brodogradilišta, ratne vojne luke i industrijskih postrojenja (tvornice cementa, suhih dokova za popravak brodova i slično). Blizina navedenih objekata znači i povećanu mogućnost izloženosti oblicima onečišćenja koji mogu imati iznimno štetan utjecaj na zajednice makroalgi, što uključuje metale, organske spojeve, pesticide i druge toksične kemijske spojeve (Levine 1984; Pavoni i sur. 2003; Sales i Ballesteros 2009).

Neravnomjerno raspoređeni izvori onečišćenja su vjerojatno glavni izvor nesigurnosti u određivanju ekološkog stanja priobalnih voda Jadranskog mora pomoću POMI metode (*Posidonia oceanica* Multivariate Index) (Mascaró i sur. 2012). Procjenu ekološkog stanja stoga bi trebalo raditi na osnovu veće prostorne replikacije uzorkovanja. Díaz i sur. (2004) su zaključili da je uslijed velike prostorne varijabilnosti procjena stanja zajednica makroalgi moguća tek ukoliko se poduzme široko kartiranje njihove rasprostranjenosti.

Na obalama zapadnog Sredozemnog mora, na granici mediolitorala i infralitorala, rastu smeđe alge *Cystoseira mediterranea* i *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, koje oblikuju vidljivi smeđi pojas vegetacije na obali horizontalnog i subvertikalnog nagiba (Ballesteros 1988;

Pinedo i sur. 2007). Isto stanište u Jadranskom moru zauzima svojta *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, koja također oblikuje tamno smeđi pojas na umjereno do vrlo izloženim obalama horizontalnog i subvertikalnog nagiba (Ercegović 1952). Na okomitim izloženim obalama u oba područja Sredozemnog mora razvija se zajednica koralinskih algi koja gradi biogenu tvorbu za koju se najčešće upotrebljava naziv “trotoar” (Pérès i Picard 1952; Ercegović 1964). Svi važniji ekološki čimbenici (podloga, temperatura, svjetlost, salinitet, hranjive soli, gibanje mora, složene biološke interakcije) imaju slične odlike i načine na koji oblikuju zajednice makroalgi u zapadnom Sredozemnom moru (Ballesteros 1992) i Jadranskom moru (Ercegović 1960b, 1964, 1966).

Prema dobivenim rezultatima more slabije ekološke kvalitete nalazi se u Parku prirode Telašćica koji je opterećen turizmom i turističkim brodovima, a u uvali Mir postoje kanalizacijski ispusti. Uvala je zatvorena pa se stoga onečišćenja duže zadržavaju u tom prostoru i uzrokuju promjenu zajednica koje nastanjuju ovo područje. Rezultati pokazuju slabe učinke zaštite ovog područja i potrebno je poraditi na boljem upravljanju i strožoj zakonskoj regulativi. Osim Telašćice more slabije kvalitete se nalazi neposredno uz objekte za marikulture aktivnosti (uvala Velo žalo, otočići Veli škoj, Bisage i Golac). Pri uzgoju ribe unos hrane te ekskrecijski produkti mogu negativno utjecati na kvalitetu okoliša. Prilikom bavljenja marikulture aktivnostima treba paziti na mnoge faktore koji mogu negativno utjecati na okoliš i prirodnu populaciju u njemu (npr. odabir lokacije za smještaj marikulture objekata, odabir hrane za uzgojne vrste) kako ne bi došlo do eutrofikacije i poremećaja stanja okoliša. Na istraživanim područjima u neposrednoj blizini objekata za uzgoj rezultati kvalitete mora su umjereno dobri, marikultura utječe na promjenu zajednica u okolišu i smanjuje kvalitetu mora za dva razreda ekološkog stanja mora. Utjecaj dušika i fosfora što ih proizvodi riblja farma u obliku fecesa ili nepojedenih ostataka hrane nema veće značenje za morski ekosustav i općenito je od male važnosti u usporedbi s unosom što ga čine drugi korisnici obalnih resursa. Utjecaj na sediment i pridnene zajednice uglavnom je lokalna i kratkotrajna te ovisi o broju i veličini farmi, kao i o obilježjima same lokacije. Priobalno more u zaljevu Pantera pokazuje umjereno dobre rezultate analize zbog marine i velikog broja nautičara koji se tamo okupljaju, ali i blizina manjih naseljenih mjesta. Geografski smještaj ovog zaljeva koji je duboko uvučen u kopno onemogućava dobru cirkulaciju i pročišćavanje morske vode pa ovo područje nastanjuju vrste karakteristične za područja slabije kvalitete okoliša. Najbolji rezultati analize dobiveni su na vanjskoj strani Dugog otoka gdje većinu staništa zauzima neprekidan pojas vrste *Cystoseira amentacea* var. *Spicata*. Ovo područje je



najudaljenije od antropogenog utjecaja pa ga karakterizira izvrsna kvaliteta i čistoća priobalnog mora.

Upravo je CARLIT metoda jedini do sada predloženi biotički indeks koji omogućuje procjenu ekološkog stanja cijele obalne linije uz prihvatljive troškove i razmjerno kratko vrijeme istraživanja. Metoda litoralne kartografije ima mnoge prednosti pred tradicionalnim uzorkovanjem na stalnim postajama istraživanja. Procjena stanja zajednica makroalgi na čitavom području je vrlo precizan i točan pokazatelj ekološkog stanja priobalnih voda jer potpuno uklanja mogućnost pogreške zbog varijabilnosti zajednica u prostoru. Vrijednosti CARLIT indeksa na obali Ligurskoga mora u Italiji pokazale su da je prirodna varijabilnost vrijednosti indeksa vrlo malena na vremenskoj skali, dok postoji određena varijabilnost na prostornoj skali zbog čega se preporuča pregled cjelokupne obalne linije (Asnaghi i sur. 2009). Mnoge druge prednosti CARLIT metode čine je vrlo pogodnom za primjenu monitoring programa prema EU Okvirnoj direktivi o vodama. Terensko istraživanje je brzo i može ga obavljati posebno izučeno neznanstveno osoblje. Nema dodatnog rada u laboratoriju, a predstavljanje rezultata u GIS sučelju je razumljivo javnosti i državnim agencijama. Naposljetku, to je ne destruktivna metoda koja osigurava zaštitu ugroženih zajednica makroalgi. Prirodne zajednice koje čine alge roda *Cystoseira* sve su ugroženije i u dijelovima Sredozemnog mora zamijećen je njihov djelomični i potpuni nestanak uslijed negativnog utjecaja čovjekovih aktivnosti (Thibaut i sur. 2005). U Hrvatskoj su mnoge svojte roda *Cystoseira* zakonom zaštićene kao strogo zaštićene zavičajne svojte i nalaze se na crvenom popisu ugroženih morskih algi prema kriterijima IUCN-a (Antolić i sur. 2012).

## 6. Zaključak

- CARLIT metoda omogućuje dobru i preciznu procjenu ekološkog stanja priobalnog mora
- Istraživanje pomoću CARLIT metode se mora izvoditi u točno određenom periodu godine kada su promatrane alge najrazvijenije
- Priobalno more na istraživanim postajama u zadarskom području pokazuje umjereno dobre i izvrsne rezultate analize pomoću CARLIT metode
- Marikulture aktivnosti i kavezni uzgoj imaju značajan utjecaj na promjenu kvalitete mora jer smanjuju kvalitetu za dva razreda ekološkog stanja mora
- U Parku prirode Telašćica kvaliteta mora je smanjena unatoč zaštiti ovog područja zbog zatvorenosti velike uvale, antropogenog pritiska turističkih brodova tijekom ljetne sezone i kanalizacijskih ispusta u uvali Mir
- U zaljevu Pantera kvaliteta mora je smanjena zbog velike uvučenosti zaljeva u kopno te zbog turizma i naselja koja se tamo nalaze

## 7. Literatura

- Agardh J.G. (1842) *Algae maris Mediterranei et Adriatici*. Paris.
- Antolić B., Nikolić V., Žuljević A. (2012) Crveni popis morskih algi i morskih cvjetnica Hrvatske. Izvještaj projekta. 61 str.
- Antolić B., Špan A., Žuljević A., Nikolić V., Grubelić I., Despalatović M., Cvitković I. (2011) A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: III. Rhodophyta 1: Ceramiales. *Acta Adriatica* 52 (1): 67-86
- Antolić B., Špan A., Žuljević A., Nikolić V., Grubelić I., Despalatović M., Cvitković I. (2010) A check-list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: II. Heterokontophyta (Phaeophyta): Phaeophyceae. *Acta Adriatica* 51 (1): 9-33
- Antolić B., Žuljević A., Nikolić V. (2009) Rijetke i nove svojte bentoskih makroalga uz istočnu obalu Jadrana. Zbornik sažetaka 10. Hrvatskog biološkog kongresa, V. Besendorfer i I. Filipović (ur.). Zagreb, Hrvatsko biološko društvo 1885. str. 216
- Antolić B., Žuljević A., Despalatović M., Grubelić I., Cvitković I. (2008) 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 (1-2): 155-167
- Antolić B. (2002) Epiphytic flora and vegetation on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in the Hvar Island area (middle Adriatic, Croatia). *Acta Adriatica* 43 (2): 3-27
- Antolić B., Špan A., Žuljević A., Vuković A. (2001) Check list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: I. Chlorophyta. *Acta Adriatica* 42 (2): 43–58
- Antolić B., Špan A., Draganović E. (1995) Prilog poznavanju bentoske flore otoka Mljeta. - Contribution to the knowledge of the benthic flora of Mljet Island (southern Adriatic, Croatia). Hrvatsko ekološko društvo. Ekološke monografije 6, Mljet: 531-542
- Antolić B. (1994a) Food and feeding habits of a herbivore fish *Sarpa salpa* (L.) (Teleostei, Sparidae) in the southern Adriatic (Croatia). *Acta Adriatica* 35 (1/2): 45–52
- Antolić B. (1994b) Floristički sastav i struktura zajednice posidonije, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, u srednjem Jadranu. Disertacija. PMF Sveučilište u Zagrebu, Zagreb. 349 str.



- Antolić B., Špan A. (1992) The inventory of benthic flora of the Bay Boka Kotorska (southern Adriatic). *Acta Adriatica* 33 (1/2): 75-84
- Antolić B. (1986a) Epiphytic flora on leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile from the area Dubrovnik (South Adriatic). *Acta Adriatica* 27 (1-2): 37-49
- Antolić B. (1986b) Epifitska flora na rizomima morske cvjetnjače *Posidonia oceanica* (L.) Delile na području Dubrovnika, južni Jadran. *Biosistematika* 12 (1): 1-14
- Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. (2007) Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55: 104–113
- Asnaghi V., Chiantore M., Bertolotto R.–M., Parravicini V., Cattaneo–Vietti R., Gaino F., Moretto P., Privitera D., Mangialajo L. (2009) Implementation of the European Water Framework Directive: Natural variability associated with the CARLIT method on the rocky shores of the Ligurian Sea (Italy). *Marine Ecology* 30: 505–513
- Austoni M., Giordani G., Viaroli P., Zaldívar J.M. (2007) Application of specific exergy to macrophytes as an integrated index of environmental quality for coastal lagoons. *Ecological Indicators* 7: 229–238
- Ballesteros E., Torras X., Pinedo S., García M., Mangialajo L., de Torres, M. (2007a) A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 172–180
- Ballesteros E., Pinedo S., Arévalo R. (2007b) Comments on the development of new macroalgal indices to assess water quality within the Mediterranean Sea: A reply. *Marine Pollution Bulletin* 54: 628–630
- Ballesteros E. (1992) Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. *Arxius Secció Ciències I.E.C.* 101, 616 str.
- Ballesteros E. (1991) Structure and dynamics of North–Western Mediterranean marine communities: a conceptual model. *Oecologia Aquatica* 10: 223–242

- Ballesteros E. (1990a) Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North–Western Mediterranean. *Scientia Marina* 54: 155–168
- Ballesteros E. (1990b) Structure and dynamics of the community of *Cystoseira zosteroides* (Turner) C. Agardh (Fucales, Phaeophyceae) in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 54: 217–229
- Ballesteros E. (1988) Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental. *Investigacion Pesquera* 52: 313–334
- Belsher T. (1982) Measuring the standing crop of intertidal seaweeds by remote sensing. U: Last F.T., Hotz M.C., Bell B. (ur.) Land and its uses actual and potential: An environmental appraisal. NATO seminar on land and its uses, Edinburgh. str. 453–456
- Belsher T. (1977) Analyse de répercussions de pollutions urbaines sur les macrophytobenthos de Méditerranée (Marseille, Port–Vendres, Port–Cros). Doktorska disertacija. Université d’Aix–Marseille II. 287 str.
- Benedetti–Cecchi L., Pannacciulli F., Bulleri F., Moschella P.S., Airoidi L., Relini G., Cinelli F. (2001) Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large–scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* 214: 137–150
- Benedetti–Cecchi L., Bulleri F., Cinelli F. (1998) Density–dependent foraging of sea urchins in shallow subtidal reefs on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 163: 203–211
- Benedetti–Cecchi L., Cinelli F. (1995) Habitat heterogeneity, sea urchins grazing and the distribution of algae in littoral rock pools in the west coast of Italy (western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 126: 203–212
- Björnsäter B.R., Wheeler P.A. (1990) Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales, Chlorophyta). *Journal of Phycology* 26 (4): 603–611
- de Boer J.A. (1981) Nutrients. U: Lobban C.S., Wynne H.J. (ur.) *The Biology of Seaweeds* Botanical Monographs 17: 356–392

- Bolton J.J. (1983) Ecocline variation in *Ectocarpus siliculosus* (Phaeophyceae) with respect to temperature growth optima and survival limits. *Marine Biology* 73: 131–138
- Boudouresque C.F. (1972) Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée Occidentale (fraction algale): la sous-strate sciaphile d'un peuplement photophile de mode calme, le peuplement à *Cystoseira crinita*. *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille* 32: 253–263
- Boudouresque C.F. (1971) Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée Occidentale (fraction algale): la sous-strate sciaphile des peuplements des grandes *Cystoseira* de mode battu. *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille* 31: 79–104
- Boudouresque C.F. (1970) Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). *Doktorska disertacija. Univ. Aix-Marseille II.* 625 str.
- Boudouresque C.F. (1984) Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: Une revue. *Giornale Botanico Italiano* 118 (2): 7–42
- Bressan G. (1974) Rodoficee calcaree dei mari italiani. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali di Trieste* 59: 1-132
- Buljan M., Zore-Armanda M (1976) Oceanographical properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology – An Annual Review* 14: 11–98
- Bulleri F., Benedetti-Cecchi L., Cinelli F. (1999) Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 241: 81 – 95
- Cammerloher H. (1915) Die Grünalgen der Adria. *Gebrüder Borntraeger, Berlin*, 136 str.
- Cannicci S., Gomei M., Boddi B., Vannini M. (2002) Feeding habits and natural diet of the intertidal crab *Pachygrapsus marmoratus*: Opportunistic browser or selective feeder? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54: 983–1001

- Cardona L., Sales M., López D. (2007) Changes in fish abundance do not cascade to sea urchins and erect algae in one of the most oligotrophic parts of the Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72: 273–282
- Carpenter R.C. (1990) Competition among marine macroalgae: a physiological perspective *Journal of Phycology* 26: 6–12
- Charpy–Roubaud C., Sournia A. (1990) The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans. *Marine Microbial Food Webs* 4 (1): 31–57
- CIESM (2008) Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota. N° 35 in *CIESM Workshop Monographs* (ur. F. Briand), Monaco, 152 str.
- Cormaci M., Furnari G., Giaccone G. (2004) Macrophytobenthos. U: Gambi M.C., Dappiano M. (ur.) *Mediterranean marine benthos: A manual of methods for its sampling and study*. Società Italiana di Biologia Marina, Genova. str. 217–246
- Cormaci M., Furnari G., Scammacca B., Serio D., Pizzuto F., Alongi G., Dinaro R. (1992) La vegetazione marina di substrato duro dell'isola di Salina (Isole Eolie). *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania* 25: 115–144
- Correa J.A. (1996) Infectious diseases of marine algae: current knowledge and approaches. U: Round F.E., Chapman D.J. (ur.) *Progress in Phycological Research*, Biopress, Bristol, United Kingdom. str. 149–180
- Della Santina S., Sonni C., Sartoni G., Chelazzi G. (1993) Food availability and diet composition of three coexisting Mediterranean limpets (*Patella* spp.). *Marine Biology* 116: 87–95
- Diaz R.J., Solan M., Valente R.M. (2004) A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management* 73: 165–181
- Díez I., Secilla A., Santolaria A., Gorostiaga J.M. (1999) Phyto-benthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin* 38: 463–472

- EC (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, Legislative Acts and other instruments, ENV221 CODEC 513. European Union.
- Ercegović A. (1980) Étude comparative de la végétation de basses eaux et de celle des eaux profondes de l'Adriatique. *Acta Adriatica* 21: 11-40
- Ercegović A. (1966) Pogled na floru i ekologiju plitkovodne vegetacije alga u srednjem Jadranu. *Ekologija*. 1 (1-2): 55-75
- Ercegović A. (1964) Dubinska i horizontalna raščlanjenost jadranske vegetacije alga i njezini faktori. *Acta Adriatica* 11 (9): 75-84
- Ercegović A. (1963) Prilog poznavanju nekih rodova crvenih alga u Jadranu. - Contribution a la connaissance de quelques de genres d'algues rouges de l'Adriatique. *Acta Adriatica* 10 (5): 1-54
- Ercegović A. (1960a) La végétation des algues sur les fonds pêcheux de l'Adriatique. *Izješća. Ribarstveno-biološka ekspedicija m/b Hvar*. 4: 1-32
- Ercegović A. (1960b) Značajne crte vegetacije alga Jadranskog mora. *Acta Botanica Croatica* 18-19: 17-36
- Ercegović A. (1957) La flore sous marine de l' ilot Jabuka. - Podmorska flora jabuke. *Acta Adriatica* 8: 1-130
- Ercegović A. (1956) Famille des Champiacées (Champiaceae) dans l' Adriatique moyenne. *Acta Adriatica* 8 (2): 1-63
- Ercegović A. (1955a) Contribution a la connaissance des ectocarpes (*Ectocarpus*) de l'Adriatique moyenne. *Acta Adriatica* 7 (5): 1-74
- Ercegović A. (1955b) Contribution a la connaissance des pheophycees de l'Adriatique moyenne. *Acta Adriatica* 7 (6): 1-49
- Ercegović A. (1952) Jadranske cistozire. Njihova morfologija, ekologija i razvitak. – Sur les *Cystoseira* Adriatiques. Leur morphologie, écologie et évolution. *Fauna et Flora Adriatica, IOR, Split*. 2: 1-212

- Ercegović A. (1949) Sur quelques algues rouges, rares ou nouvelles de l'Adriatique. *Acta Adriatica* 4 (3): 1-81
- Ercegović A. (1932) Ekološke i sociološke studije o litofitskim cijanoficejama sa jugoslavenske obale Jadrana. "Rad" Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti 244: 129-220
- Feldmann J. (1937) Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Revue Algologique* 10: 1–339
- Fina B.H. (2004) The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwest Mediterranean rocky infralittoral. Doktorska disertacija. Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona.
- Fletcher R.L. (1996) The occurrence of "green tides" – a review. U: Schramm W. i Nienhuis P.H. (Ur.) *Marine benthic vegetation. Recent changes and effects of eutrophication. (Ecological studies, 123).* Springer–Verlag, Berlin, Heidelberg: 7–43
- Frauenfeld G. (1855) Die algen der Dalmatischen Küste. Der Kaiserl. Königl. Hof. Und Staatsdruckerei, Wien: 78 str.
- Garrabou J., Ballesteros E., Zabala M. (2002) Structure and dynamics of north–western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 493–508
- Gerhardt A. (2002) Bioindicator species and their use in biomonitoring. U: Inyang H.I., Daniels J.L. (ur.) *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the auspices of the UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK.*
- Giaccone G. (1978) Revisione della Flora Marina del Mare Adriatico. WWF & Ann. Parco Mar. Miramare (Trieste) 6: 1-118
- Giaccone G. (1973) Écologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. Rapport Commission International Mer Méditerranée 22 (4): 49–50
- Golubić S. (1970) Effect of organic pollution on the benthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 1: 56–57

- Gorostiaga J.M., Diez I. (1996) Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (northern Spain). *Marine Ecology Progress Series* 130: 157–167
- Guidetti P., Sala E. (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 335: 43–56
- Guidetti P. (2004) Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research* 58: 110–116
- Guidetti P., Bianchi C.N., Chiantore M., Schiaparelli S., Morri C., Cattaneo-Vietti R. (2004) Living on the rocks: substrate mineralogy and the structure of subtidal rocky substrate communities in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*: 274: 57–68
- Guinda X., Juanes J.A., Puente A., Revilla J.A. (2008) Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. *Ecological Indicators* 8: 743–753
- Guiry M.D., Guiry, G.M. (2012) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hauck F. (1885) *Des Meeresalgen Deutschlands und Österreichs*. Rabenhorst Kryptogamenflora, 2. Aufl., Bd., 2, Leipzig.
- Hoek C. van den, Mann D.G., Jahns, H.M. (1995) *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 623 str.
- Holt E. A., Miller S. W. (2011) Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge* 2 (2): 8
- IOR (2008) *Kontrola kakvoće obalnog mora (Projekt Pag–Konavle 2007)*. Izvještaj projekta. 253 str.
- Iveša LJ., Lyons D.M., Devescovi M. (2009) Assessment of the ecological status of North–Eastern Adriatic coastal waters (Istria, Croatia) using macroalgal assemblages for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater* 19: 14–23

- Iveša L.J. (2005) Dinamika populacija makrofitobentosa na hridinastim dnima uz zapadnu obalu Istre. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet, Biološki odsjek. 167 str.
- John D.M. (1994) Biodiversity and conservation: an algal perspective. *The Phycologist* 38: 3–15
- Jørgensen S.E. (1997) Integration of ecosystem theories: A pattern. Second ed. Kluwer, Dordrecht.
- Kelly M., Bennion H., Burgess A., Ellis J., Juggins S., Guthrie R., Jamieson J., Adriaenssens V., Yallop M. (2009) Uncertainty in ecological status assessments of lakes and rivers using diatoms. *Hydrobiologia* 633: 5–15
- Lawrence J.M. (1975) On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology – An Annual Review* 13: 213–286
- Lee R.E. (2008) *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 547 str.
- Levine H.G. (1984) The use of seaweeds for monitoring coastal waters. U: Shubert E. (ur.) *Algae as Ecological Indicators*. Academic Press, London. str. 189–210
- Linardić J. (1949) Studies on an adriatic furoid alga (*Fucus virsoides*). *Acta Botanica* 12-13: 7-132
- Littler M.M., Littler D.S., Taylor P.R. (1983) Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional–form groups of marine macroalgae. *Journal of Phycology* 19 (2): 229–237
- Littler M.M., Littler D.S. (1980) The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *American Naturalist* 116 (1): 25–44
- Littler M.M., Murray S.N. (1975) Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macroorganisms. *Marine Biology* 30: 277–291
- Lobban C.S., Harrison P.J. i Duncan M.J. (1985) *The physiological ecology of seaweeds*. Cambridge University Press. Cambridge. 242 str.



- Lorenz J.R. (1863) *Physikalische Verhältnisse und Verteilung der Organismen im Quarnerischen Golfe*. Kais. Kön. Hof. und Staatsdruck, Wien. 12: 382 str.
- Lüning K. (1990) *Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology*. Wiley Interscience. 527 str.
- Lüning K. (1981) Light. U: Lobban C.S. i Wynne M.J. (ur.) *The biology of seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. str. 326–355
- Maggi E., Bertocci I., Vaselli S., Benedetti–Cecchi L. (2009) Effects of changes in number, identity and abundance of habitat–forming species on assemblages of rocky seashores. *Marine Ecology Progress Series* 381: 39–49
- Maggiore F., Berthon J.F., Boudouresque C.F., Lawrence J. (1987) Donnees preliminaires sur les relations entre *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et le phytobenthos dans la baie de Port–Cros (Var, France, Méditerranée). U: Boudouresque C.F. (ur.) *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. GIS Posidonie, Marseille. str. 65–82
- Mann K.H., Chapman A.R.O. (1975) Primary production of marine macrophytes. U: Cooper J.P. (ur.) *Photosynthesis and productivity in different environments*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, str. 207–223
- Margalef R. (1958) Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36–71
- Marques J.C., Salas F., Patrício J., Teixeira H., Neto J.M. (2009) *Ecological indicators for coastal and estuarine environmental assessment. A user guide*. Universidade de Coimbra. WIT Press, Southampton, Boston. 183 str.
- Martínez–Crego B., Alcoverro T., Romero J. (2010) Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses. *Journal of Environmental Monitoring* 12: 1013–1028
- Mascaró O., Bennett S., Marbà N., Nikolić V., Romero J., Duarte C.M., Alcoverro T. (2012) Uncertainty analysis along the ecological quality status of water bodies: The response of the *Posidonia oceanica* multivariate index (POMI) in three Mediterranean regions. *Marine Pollution Bulletin* 64: 926–931

- Matjašič J., Štirn J., Avčin A., Kubik L., Valentinčič T., Velkovich F., Vukovič S. (1975) Flora in favna Severnega Jadrana. Prispevek 1. - The flora and fauna of the North Adriatic. Contribution 1. SAZU (Ljubljana), 54 str.
- McArthur D.M., Moss B.L. (1977) The ultrastructure of cell walls in *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. British Phycological Journal 12: 359–368
- McClanahan T.R., Sala E., Mumby P.J., Jones S. (2004) Phosphorus and nitrogen enrichment do not enhance brown frondose “macroalgae”. Marine Pollution Bulletin 48: 196–199
- Morand P., Briand X. (1996) Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance. Botanica Marina 39: 491–596
- Moss B. (1982) The control of epiphytes by *Halidrys siliquosa* (L.) Lyngb. (Phaeophyta, Cystoseiraceae). Phycologia 21: 185–191
- Munda I. (2000) Long-term marine floristic changes around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) estimated on the basis of historical data from Paul Kuckuck's field diaries from the end of the 19th century. Nova Hedwigia 71: 1–36
- Munda I. (1980a) Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. Acta Adriatica 21 (2): 299–332
- Munda I. (1980b) Survey of the algal biomass in the polluted area around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic). Acta Adriatica 21 (2): 333–354
- Munda I. (1979) Some Fucacean associations from the vicinity of Rovinj, Istrian coast, Northern Adriatic. Nova Hedwigia, 31: 607–666
- Munda I. (1974) Changes and succession in the benthic algal associations of slightly polluted habitats. Revue Internationale Oceanographie Méditerranéenne 24: 37–52
- Munda I. (1960) On the seasonal distribution of the benthonic marine algae along the North–Eastern coast of the Isle of Krk (Surroundings of Šilo); Northern Adriatic. Nova Hedwigia 2: 191–242
- Munda I. (1954) O rasporeditevi bentonskih alg na obrežnem področju rta Šila na Krku. Biološki Vestnik, 3: 78-90

- Müller D.G., Küpper F.C., Küpper H. (1999) Infection experiments reveal broad host ranges of *Eurychasma dicksonii* (Oomycota) and *Chytridium polysiphoniae* (Chytridiomycota), two eukaryotic parasites in marine brown algae (Phaeophyceae). *Phycological Research* 47 (3): 217–223
- Müller D.G., Kapp M. i Knippers R. (1998) Viruses in marine brown algae. *Advances in Virus Research* 50: 49–67
- Naccari F.L. (1829) *Algologia Adriatica*. Bologna, 97 str.
- Nikolić V., Žuljević A., Mangialajo L., Antolić B., Kušpilić G., Ballesteros E. (2013) Cartography of littoral rocky–shore communities (CARLIT) as a tool for ecological quality assessment of coastal waters in the Eastern Adriatic Sea. *Ecol. Indic.*, 34 (2013), pp. 87–93
- Nikolić V. (2012) Zajednice makroalgi kao bioindikator ekološkog stanja priobalnih voda Jadranskog mora. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet, Geološki odsjek. 176 str.
- Nixon S.W. (1995) Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concerns. *Ophelia* 41: 199–219
- Norton T.A., Melkonian M., Andersen R.A. (1996) Algal biodiversity. *Phycologia* 35 (4): 308–326
- Nybakken J.W., Bertness M.D. (2005) *Marine Biology. An ecological approach*. Pearson Education, San Francisco, SAD. 579 str.
- Orfanidis S. (2007) Comments on the development of new macroalgal indices to assess water quality within the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 54: 626–627
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. (2003) An insight to the ecological evaluation indeks (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27–33
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. (2001) Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes–based model. *Mediterranean Marine Science* 2: 45–65

- Padilla D.K., Allen B.J. (2000) Paradigm lost: reconsidering functional form and group hypotheses in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250: 207–221
- Panayotidis P., Montesanto B., Orfanidis S. (2004) Use of low–budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology* 16: 49–59
- Pavoni B., Caliceti M., Sperti L., Sfriso A. (2003) Organic micropollutants (PAHs, PCBs, pesticides) in seaweeds of the lagoon of Venice. *Oceanologica Acta* 26 (5-6): 585-596
- Pérès J.M., Gamulin Brida H. (1973) Biološka oceanografija. Bentos. Bentoska bionomija Jadranskog mora. Školska knjiga. Zagreb. 493 str.
- Perkol–Finkel S., Airoidi L. (2010) Loss and recovery potential of marine habitats: An experimental study of factors maintaining resilience in subtidal algal forests at the Adriatic Sea. *PLoS ONE* 5 (5): 1–11
- Pianka E.R. (1970) On r– and K–selection. *American Naturalist* 104: 592–597
- Pignatti S., Giaccone G. (1977) Flora sommersa del Golfo di Trieste. *Nova Thalassia* 3 (1): 1-17
- Pinedo S., García M., Satta M.P., de Torres M., Ballesteros E. (2007) Rocky–shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 55, 126–135
- Rizzi Longo L. (1972-1973) Campionamenti di alghe bentoniche nel Quarnero. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 28: 147-166
- Sala E., Zabala M. (1996) Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 140: 71–81
- Sales M., Ballesteros E. (2009) Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships with environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 476-482

- Schiffner V. (1933) Meeresalgen aus Süd-Dalmatien. Österreichische Botanische Zeitschrift 82: 283-304
- Schiffner V. (1916) Studien über Algen des Adriatischen Meeres. Wissenschaft Meeresuntersuchungen N.F. Abteilung Helgoland 11 (2):129-198
- Schiller J. (1915) Oesterreichische Adriaforchung. Berichte über die allgemeinen biologischen Verhältnisse der Flora des Adriatischen Meeres. International Revue des gesampfte Hydrobiologie und Hydrographie 6 (15)
- Slišković M., Jelić-Mrcelić G., Antolić B., Aničić I. (2011) The fouling of fish farm cage nets as bioindicator of aquaculture pollution in the Adriatic Sea (Croatia). Environmental Monitoring and Assessment 173: 519–532
- Smith G.M. (1951) *Manual of Phycology: An Introduction to the Algae and their Biology*. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass., USA. 375 str.
- Steneck R.S., Graham M.H., Bourque B.J., Corbett D., Erlandson J.M., Estes J.A., Tegner M.J. (2002) Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. Environmental Conservation 29: 436–459
- Steneck R.S., Dethier M.N. (1994) A functional group approach to the structure of lgal-dominated communities. Oikos 69: 476–498
- Špan A., Antolić B., Zavodnik N. (2002) Bentoska flora Makarskog područja (srednji Jadran, Hrvatska). Hrvatsko ekološko društvo, Ekološke monografije 5 (2), Prirodoslovna istraživanja Biokovskog područja. str. 287-301
- Špan A., Antolić B. (1999) The benthic marine flora of the Brač Island area (Middle Adriatic, Croatia). Acta Adriatica 40: 87-104
- Špan A., Antolić B. (1997) Sastav, rasprostranjenost i stanje bentoske flore na širem području Splita. HAZU, Zagreb. Tisuću godina prvoga spomena ribarstva u Hrvata. str. 493–513
- Špan A., Antolić B., Ercegović A. (1996) Sastav i rasprostranjenost bentoske flore alga i morskih cvjetnica na području otoka Palagruže. - Composition and distribution of benthic marine algal flora and seagrasses in the Palgruža Island area. Zbornik Palagruža-Jadranski dragulj, Hrvatska pomorska ekološka služba. str. 191-204

- Špan A., Antolić B. (1994) Benthic marine flora of Kornati National Park (Kornati Archipelago, Middle Adriatic, Croatia). *Acta Adriatica* 34: 29-44
- Špan A., Antolić B. (1983) Prilog poznavanju fitobentosa Crnogorskog primorja, južni Jadran. - A contribution to the knowledge of phytobenthos of an open region (Crnogorsko primorje) in the eastern South Adriatic. *Studia Marina* 13-14: 87-110
- Špan A., Antolić B. (1981) Fitobentos šireg područja Malostonskog zaljeva. -Phytobnthos of the wide area of Mali Ston Bay. Savjetovanje "Malostonski zaljev: prirodna podloga i društveno valoriziranje", Dubrovnik. str. 162-174
- Techet K. (1906) Über die marine Vegetation des Triester Golfes. *Abhandlungen der K.K. botanischen Gesellschaft* 3: 52 str.
- Terlizzi A., Frascetti S., Guidetti P., Boero F. (2002) The effects of sewage discharge on shallow hard substrate sessile assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 44: 544–550
- Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E. (2005) Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50 (12): 1472–1489
- Vatova A. (1928) Compendio della flora e fauna del mare Adriatico presso Rovigno. *Memorie del Comitato Talassografico Italiano* 143: 614 str.
- Verlaque M. (1987) Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. U: Boudouresque C.F. (ur.) Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ., Marseille. str. 5–36
- Villares R., Carballeira A. (2004) Nutrient limitation in macroalgae (*Ulva* and *Enteromorpha*) from the Rías Baixas (NW Spain). *Marine Ecology–Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 25 (3): 225–243
- Vouk V. (1936) Studien über adriatische Codiaceen. *Acta Adriatica* 1 (8): 1-47
- Vouk V. (1930) Prirodoslovna istraživanja sjevernodalmatinskog otočja. I. Dugi otok i Kornati. Morske alge. Prirodoslovna istraživanja Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti 16: 163-171

- Vouk V. (1915) O istraživanju fitobentosa u Kvarnerskom zaljevu. Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije 2: 20 str.
- Vuković A. (1980) Asocijacije morskih bentoških alg v Piranskem zalivu. - Associations of marine benthic algae in the Piran Bay (Gulf of Trieste). Biološki Vestnik 28 (2): 103-124
- Wells E., Wilkinson M., Wood P., Scanlan C. (2007) The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 55: 151–161
- Wiencke C., Bischof K. (2012) Seaweed biology. Novel insights into ecophysiology, ecology and utilization. Ecological Studies 219: 1–510
- Zanardini G. (1860-1876) Iconographia phycologica Mediterraneo-Adriatica. Tip. G. Antonelli, Venezia, Vol. I-III.
- Zanardini G. (1841) Synopsis algarum in mari Adriatico. Mem.R.Acc. Torino, 2(4): 105-255
- Zavodnik D., Zavodnik N. (1986) Bentos. Pomorski zbornik 24: 535-554
- Zavodnik N. (1983) Prilog poznavanju morskih alga i cvjetnica zapadne obale Istra. - Observations on the flora of seaweeds and seagrasses on the western coast of Istria (North Adriatic). Biosistematika 9: 1-13
- Zavodnik D., Zavodnik N. (1982) Survey of benthic communities in the area of Osor (North Adriatic Sea). Acta Adriatica 23 (1-2): 259-270
- Zavodnik D., Špan A., Zavodnik N., Antolić B. (1981) Benthos of the western coast of the Island Krk (Rijeka Bay, the North Adriatic Sea). Thalassia Jugoslavica 17 (3-4): 289-340
- Žuljević A., Thibaut T., Despalatović M., Cottalorda J.-M., Nikolić V., Cvitković I., Antolić B. (2011) Invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* makes a strong impact on the Mediterranean sponge *Sarcotragus spinosulus*. Biological Invasions 13 (10): 2303-2308

Žuljević A., Antolić 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 (4): 711-712

Žuljević A., Antolić B., Špan A. (1998) Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Starigrad bay (island Hvar, Croatia). "Third international Workshop on *Caulerpa taxifolia*", Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A. & Paulluy F. edit., GIS Posidonie publ., str. 51 - 59

## 8. Prilozi

Prilog 1. Terenska tablica za Veli Škoj

| Lokacija  | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet   |
|-----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Veli Škoj | 1       | 178        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Veli Škoj | 2       | 212        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Veli Škoj | 3       | 188        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate  |
| Veli Škoj | 4       | 164        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate  |

Prilog 2. Terenska tablica za Bisage

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet  |
|----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------|
| Bisage   | 1       | 172        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Bisage   | 2       | 188        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Bisage   | 3       | 142        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Bisage   | 4       | 213        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |

Prilog 3. Terenska tablica za Golac

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet   |
|----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Golac    | 1       | 183        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Golac    | 2       | 152        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |



Prilog 4. Terenska tablica za uvalu Mir

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet  |
|----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------|
| Mir      | 1       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 2       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 3       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 4       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 5       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 6       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Mir      | 7       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Mir      | 8       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |

Prilog 5. Terenska tablica za uvalu Tripuljak

| Lokacija  | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet  |
|-----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------|
| Tripuljak | 1       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate |
| Tripuljak | 2       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 3       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 4       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 5       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 6       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 7       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 8       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |
| Tripuljak | 9       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate |

Prilog 6. Terenska tablica za Fuliju

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet   |
|----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Fulija   | 1       | 200        | High coast        | Vertical     | 12,96                 | 15                  | 1,15740741     | excellent |
| Fulija   | 2       | 200        | High coast        | Vertical     | 12,96                 | 10                  | 0,77160494     | excellent |
| Fulija   | 3       | 200        | High coast        | Sub-vertical | 17,55                 | 15                  | 0,85470085     | excellent |
| Fulija   | 4       | 200        | High coast        | Sub-vertical | 17,55                 | 15                  | 0,85470085     | excellent |
| Fulija   | 5       | 200        | High coast        | Sub-vertical | 17,55                 | 15                  | 0,85470085     | excellent |
| Fulija   | 6       | 200        | High coast        | Sub-vertical | 17,55                 | 15                  | 0,85470085     | excellent |
| Fulija   | 7       | 200        | High coast        | Vertical     | 12,96                 | 15                  | 1,15740741     | excellent |

Prilog 7. Terenska tablica za Kudicu

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib      | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet   |
|----------|---------|------------|-------------------|------------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Kudica   | 1       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Kudica   | 2       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Kudica   | 3       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Kudica   | 4       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Kudica   | 5       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Kudica   | 6       | 200        | Low coast         | Horizontal | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |

Prilog 8. Terenska tablica za Panteru

| Lokacija | Segment | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet  |
|----------|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------|
| Pantera  | 1       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,525762355    | moderate |
| Pantera  | 2       | 200        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,564334086    | moderate |
| Pantera  | 3       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,525762355    | moderate |
| Pantera  | 4       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,525762355    | moderate |
| Pantera  | 5       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,525762355    | moderate |
| Pantera  | 6       | 200        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,525762355    | moderate |

Prilog 9. Terenska tablica za Velo Žalo

| Lokacija  | Broj segmenta | Duljina(m) | Morfologija obale | Nagib        | Referentna vrijednost | Dobivena vrijednost | EQR vrijednost | Bonitet   |
|-----------|---------------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Velo Žalo | 1             | 209        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Velo Žalo | 2             | 173        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate  |
| Velo Žalo | 3             | 198        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |
| Velo Žalo | 4             | 213        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |
| Velo Žalo | 5             | 215        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 15                  | 0,78864353     | excellent |
| Velo Žalo | 6             | 192        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |
| Velo Žalo | 7             | 203        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Velo Žalo | 8             | 199        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |
| Velo Žalo | 9             | 185        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 10                  | 0,56433409     | moderate  |
| Velo Žalo | 10            | 131        | Low coast         | Horizontal   | 19,02                 | 10                  | 0,52576236     | moderate  |
| Velo Žalo | 11            | 177        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Velo Žalo | 12            | 199        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Velo Žalo | 13            | 234        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |
| Velo Žalo | 14            | 239        | Low coast         | Sub-vertical | 17,72                 | 15                  | 0,84650113     | excellent |

Prilog 10. Terenska tablica za vanjsku stranu Dugog otoka

|                |    |     |            |            |    |    |      |           |
|----------------|----|-----|------------|------------|----|----|------|-----------|
| Vanjska strana | 1  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 15 | 0,75 | good      |
| Vanjska strana | 2  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 3  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 4  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 5  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 6  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 7  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 8  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 9  | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 10 | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |
| Vanjska strana | 11 | 500 | High coast | Horizontal | 20 | 20 | 1    | excellent |

## **9. Životopis**

### **Osobni podaci:**

Ime i prezime: Katarina Kurić

Datum rođenja: 16. siječnja 1993.

Adresa: Frane Alfirevića 10, 23000 Zadar

Broj mobilnog telefona: 097 791 9260

E-mail adresa: kkuric@stud.biol.pmf.hr

Nacionalnost: Hrvatica

### **Obrazovanje:**

2011 – 2017: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Biološki odsjek, Znanosti o okolišu

2007 – 2011: Gimnazija Vladimira Nazora, Zadar

### **Ostale aktivnosti i interesi:**

Prisustvovanje u projektu Noć biologije organiziranog od strane Prirodoslovno – matematičkog fakulteta

1.godine – vodič

2.godine – vodič

Kroz sudjelovanje u naučno – popularnoj manifestaciji Noć biologije koja se održava na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu stekla sam brojne socijalne i komunikacijske vještine prenošenja znanja i informacija različitim generacijama.

Kroz laboratorijsku praksu i terensku nastavu u sklopu obrazovanja na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu usvojila sam glavna načela ophođenja u laboratoriju, pravilno i dosljedno izvođenje pokusa te analizu dobivenih i relevantnih rezultata istih.

### **Ostale vještine:**

Poznavanje jezika:

Engleski (aktivan)

Talijanski (pasivan)

Kompjuterski programi:

MS Office (Word, Excel, PowerPoint)

GIS softver

Vozačka dozvola: B kategorija